

4. HÁLÓZATOK

A távközlő hálózatok különféle távközlési rendszerelemek összekapcsolásával, az átviteli és kapcsolási funkciók kombinálásával jönnek létre. A távközlő hálózatokon egyidejűleg nagyszámban létesülhetnek összeköttetések, amelyek különféle távközlési szolgáltatások hordozói. Az összeköttetések lehetnek egy-, és kétirányúak. A távközlő hálózat jellegét, méretét, kapacitását a rá kapcsolódó felhasználók mennyisége, földrajzi eloszlása és az igényelt szolgáltatások összetettsége, frekvenciasáv-igénye, forgalmi sajátosságai és minőségi elvárásai szabják meg. E tárgy értelmezés szerint, e fejezet tárgyalja a műsorelosztást és műsorszórást is. (Ezért a hálózatok ilyen együttesét újabban elektronikus hírközlő hálózatoknak is hívják.)

A távközlő hálózatok felépítése, architektúrája a hálózati eszközök és technológiák átható fejlődése és az igények óriási növekedése folytán jelentősen változott. A hálózatok intelligenciája és az összeköttetések számára rendelkezésre álló sávszélesség roppant növekedésének voltunk tanúi. Kezdetben a különféle híryananyagok továbbításához, annak sajátosságaihoz legjobban illeszkedő célorientált hálózatokat létesítettek, mint a távbeszélő hálózat, az adathálózat, a műsorelosztó hálózat. A technológiai lehetőségek bővülésével, illetve a szolgáltatások választékának szélesedésével az integrált, sokféle szolgáltatást nyújt és nagyobb hálózati kihasználtságot kínáló megoldások kerültek előtérbe, mint az ISDN, az ATM és az IP hálózatok. A hálózati architektúrák fejlődésében a sávszélesség és hálózati intelligencia mellett a mobilitás, a mozgó felhasználók részére nyújtott hálózati hozzáférés játszik mind meghatározóbb szerepet.

A távközlő hálózatok tervezése során a figyelembe vett szolgáltatási igényeket (a szolgáltatások választékát, minőségét, forgalmuk időben változó mennyiségét és eloszlását) a rendelkezésre álló hálózati eszközök és technológiák felhasználásával úgy elégítjük ki, hogy számításba vesszük:

- a meglévő hálózatot, annak konfigurációját, kapacitását, bővíthetőségét, fejleszthetőségét, illetve elavultságát, lecserélhetőségét;
- a telepítési korlátokat, azaz a földrajzi (domborzati, vízrajzi, beépítettségi) vagy egyéb megállapodásokból származó megszorításokat;

- a hálózattal szemben támasztott műszaki, minőségi, megbízhatósági és életképességi (biztonsági) követelményeket, amelyeket műszaki szabványok, szabályozások, specifikációk és egyezmények írnak le;
- a gazdasági szempontokat, a források korlátait, rendelkezésre állásuk ütemét, a kiépítés lehetséges lépcsőzését;
- a hálózati eszközök és technológiák várható fejlődését, a költségek változását, új műszaki megoldások színre lépését, valamint
- a szolgáltatási igények előrejelzésének bizonytalanságait, a forgalom eltérő alakulását, újabb szolgáltatások megjelenését, stb.

A hálózat tervezése során eredményül kapott hálózati megoldás magában foglalja a hálózat konfigurációját, kapacitásjellemzőit és kiépítésének ütemezését. A fenti feltételeknek egyaránt megfelelő hálózati megoldások közül gazdasági optimalizálás esetén egy adott időintervallumban jelentkező beruházási és működtetési költségek számbavételével választanak. Jellemzően az igényeket minimális költséggel kielégítő megoldást tekintik az optimális megoldásnak. A források elégtelensége esetén az igények maximális kielégítésére optimalizálunk. Bizonyos esetekben az igény-költség arány maximumát, a maximális hatékonyságot keressük. A legjobb hálózati megoldás kiválasztásánál a gazdasági kritériumok mellett más, beruházás-védelmi megfontolások is szerepet kapnak, mint a meglévő és új hálózat együttélésének kérdése, az új hálózati megoldás rugalmassága előre nem látható szolgáltatások befogadására, a szolgáltatások szélesebb integrációját nyújtó újabb hálózati platform megjelenése.

A fejezet két részre tagolódik. Az első rész az első három alfejezetből áll, amelyek a távközlő hálózatokkal kapcsolatos általános ismereteket összegzik, magába foglalva a hálózatok osztályozását, a hálózatok rétegmodelljét, felépítésük tervezésének gazdasági, megbízhatósági, életképességi és egyéb követelményeit, valamint a hálózatok különféle célú tervezésének általánosan használt eljárásait.

A fejezet második része kilenc alfejezetet ölel fel, egy-egy alfejezetet szentelve a hálózatok különféle típusainak. Először a helyhez kötött, beszéd-célú hálózatokat tárgyaljuk (távbeszélő hálózat, ISDN), aztán az adathálózatok különböző formáit (itt említjük meg a telex hálózatot is), majd a tradicionális kötött nyomvonalas hálózatokat. Ezt a műsorszétoztás, műsorszórás és a kábeltelevízió-hálózatok bemutatása követi. A földfelszíni, cellás mobil hálózatok alfejezete felöleli nemcsak GSM és a harmadik generációs mobil (UMTS) hálózatokat, hanem kiter a személyhívó, zsinórnélküli és trónkólt rádió rendszerekre is. A műholdas hálózatok

és a tradicionális IP hálózatok taglalása után, a záró alfejezet a valós-idejű IP hálózatokat ismerteti, mint amelynek ernyője alatt, jelenlegi ismereteink szerint, az infokommunikációs konvergencia megvalósulhat.

Dr. Sallai Gyula fejezet szerkesztő

4.1. Hálózatok felépítése

Szerző: dr. Henk Tamás

Lektor: dr. Sallai Gyula

Ezen alfejezet a hálózatokkal kapcsolatos általános ismereteket összegezi, felölelve a hálózatok értelmezését, osztályozását és fejlődési trendjét, a forgalomirányítás alapjait, funkcionális és topológiai modelljét. A tárgyalás során alapvetően az 1.11. alfejezetben bemutatott hétrétegű OSI hivatkozási modellre támaszkodunk (Open System Interconnection, nyílt rendszerek összekapcsolása), amelyet a továbbiakban röviden OSI modellnek nevezünk. A hálózatok felépítését az OSI modell harmadik, úgynevezett hálózati rétegében írjuk le.

4.1.1. Hálózatok fogalma

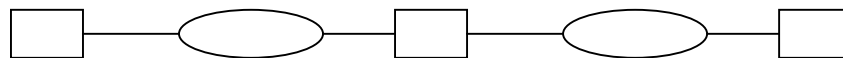
A fizikai hálózat *különbéle információ típusoknak* (pl. beszéd, hang, dokumentum, szöveges vagy multimédia üzenet, mozgókép, üzenetfolyamú adat, bájt-folyamú adat, interaktív adat) külön-külön vagy integrált átvitelére szolgál. Az átvitt információ típusoknak megfelelően *különbéle hálózatok* alakultak ki, amelyek *különbéle forgalmi (logikai) szolgáltatásokat* nyújtanak, pl. távbeszélő szolgáltatású hálózat, vagy röviden távbeszélő-hálózat; integrált szolgáltatású hálózat, vagy röviden integrált hálózat. A különféle szolgáltatásokat nyújtó hálózatok gyakorlati megvalósításuk során részben közös elemekre épülhetnek, de a nyújtott szolgáltatásuk alapján elvileg külön-külön értelmezhetők. A hálózatok fejlődnek, változnak, közelednek egymáshoz, a sokféleségüket együttesen hagyományosan távközlő hálózatnak (legújabb elektronikus hírközlő hálózatnak) nevezik. A továbbiakban a *hálózat* kifejezést a legtágabb értelemben használjuk.

A hálózat által nyújtott szolgáltatás alapvetően kétféle, *hordozó szolgáltatás* vagy *távszolgáltatás* lehet. A *hordozó szolgáltatás* végberendezés nélküli és alkalmazás nélküli elektronikus információátvitelt jelent, pl. 64 kbit/s-os átlátszó adatátvitel. A hordozó szolgáltatást *hordozó hálózat* nyújtja. A *távszolgáltatás* a hálózati *végberendezés* által megvalósított *műszaki alkalmazást* is magában foglalja, pl. távbeszélő vagy távmásoló szolgáltatás. A műszaki alkalmazás különféle

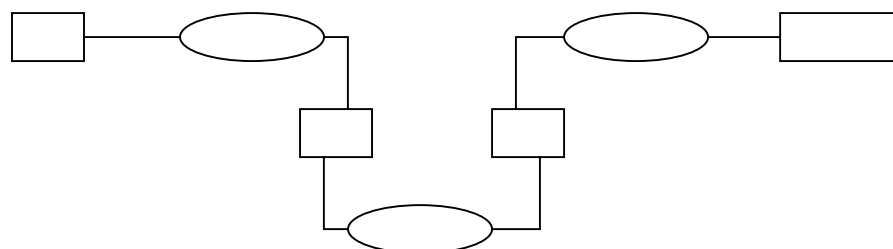
társadalmi célú alkalmazásokat támogathat (pl. nyilvános távbeszélő-hálózat, távoktatás), amelyet a *felhasználó* vesz igénybe. A felhasználó ember vagy gép lehet.

Hálózatok *egyenrangúan és/vagy hierarchikusan kapcsolhatók össze*. Így *összetett hálózatot* kapunk, amely *elemi hálózatokból* és az ezeket összekapcsoló *együttműködtető egységekből (átjárókból)* áll. Az elemi hálózatok technológiájukban, területükben, igazgatási valamint üzemeltetési egységükben különbözhetnek egymástól.

Egyenrangúan együttműködő hálózatokról akkor beszélünk, ha az elemi hálózatok vagy csak távszolgáltatást, vagy csak hordozó szolgáltatást nyújtanak, továbbá az általuk külön-külön nyújtott szolgáltatásoknak vannak közös elemei, amelyek egy részét vagy egészét nyújtja az összekapcsolt hálózat. Az összekapcsolás vázlata egyszerű (4.1.1. ábra). Példaként említhetjük két azonos vagy különböző technológiájú helyi távbeszélő-hálózat összekapcsolását nagyobb földrajzi terület lefedése érdekében.



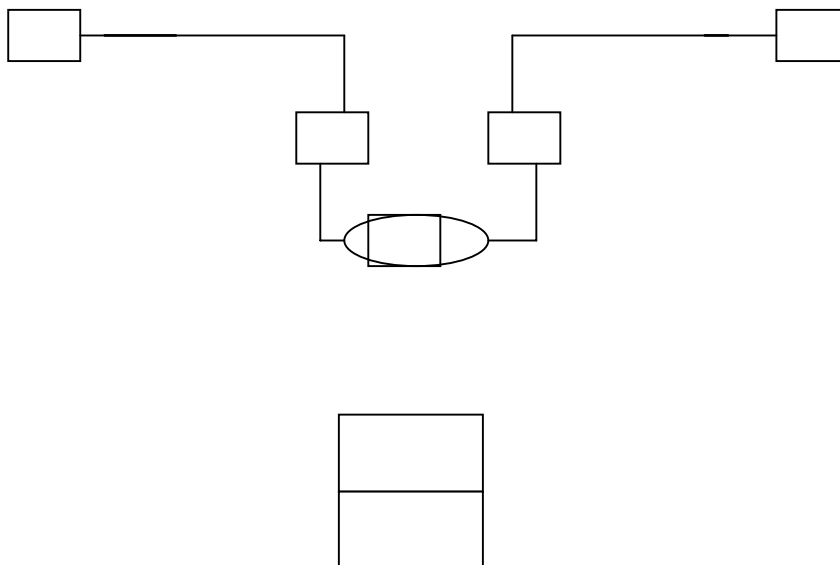
Hierarchikusan együttműködő hálózatokról akkor beszélünk, ha a hordozó hálózat hordozó szolgáltatást nyújt egy másik, hordozó vagy távszolgáltató *ráépített hálózat* számára. A ráépített hálózat részei közrefogják a hordozó hálózatot az összekapcsolás vázlatán (4.1.2.a ábra). Hálózatok többszörösen is egymásra építhetők. A hordozó és ráépített hálózatokból felépített összetett hálózatot *hálózatarchitektúrának* vagy *hálózatépítménynek* nevezzük, amely *hálózatrétegekből*



áll. A hálózatrétegek tehát technológiai, területi, igazgatási vagy üzemeltetési szempontból különülnek el; míg az OSI modell rétegei, pl. a hálózati réteg, funkcionális szempontból különböznek egymástól (4.1.6. szakasz).

A legfelső hálózatréteg az egyik vagy mindkét oldalon elfajulhat csak végberendezéssé is (4.1.2.b ábra). Az együttműködő egységet ilyen esetben végberendezés *illesztő egységnek* is nevezik. Pl. másodlagos adatátvitel igénybevétele hordozó távközlő hálózaton modemmel, mint illesztő egységgel. A felhasználó által elérhető szolgáltatás készletet csak a legfelső hálózatréteg határozza meg, de a szolgáltatás minőségére az alsóbb hálózatrétegek is hatással lehetnek. A hálózatépítményre réteges modell is rajzolható (4.1.2.c ábra). Ez a modellezés azt emeli ki, hogy az információátvitel során egy felsőbb hálózatréteg igénybe veszi az alatta lévő hálózatréteg szolgáltatását.

A hálózatok – a hálózati rétegben – csomópontokkal és azok között az információt átvivő útszakaszokkal modellezhetők. A hálózat e modelljét *logikai vagy forgalmi hálózatnak* is nevezik. Az útszakaszokat az alsóbb rétegek valósítják meg. A fizikai rétegben irányított közegben (vezeték, irányított földfelszíni vagy műholdas rádió), vagy osztott közegben (sínvezeték, sugárzott földfelszíni vagy műholdas rádió) terjed a jel. Osztott közegről akkor beszélünk, ha az adó jele fizikailag sok vevőhöz jut el. A fizikai réteg e modelljét *fizikai hálózatnak* is nevezik.



Figyelembe véve a hálózatra csatlakoztatható végberendezéseket, valamint a hálózatok összekapcsolásának lehetőségét is, a hálózat az alábbi elemekből áll:

- *csomópontok*, amelyek be-és kimenetekkel rendelkeznek,
- egy- vagy kétirányú útszakaszok, (röviden utak vagy szakaszok)
- hálózati végződések
 - végberendezések, csak távszolgáltatás esetén,
 - illesztő egységek, ha a végberendezés és hálózat többi részének technológiája eltérő,
 - együttműködtető egységek vagy átjárók, hálózatok összekapcsolására,
- *hálózati csatlakozópontok*, amely a hálózati végződéseket a hálózat többi részéhez csatlakoztatja.

A hálózat csatlakozópontja a hálózat *határcsomópontjához* csatlakozik. A végberendezéseket, a végberendezésekhez csatlakozó határcsomópontokat, valamint e kétféle elem közötti hálózatrészeket együttesen *hozzáférési hálózatnak* (access network) nevezzük. A csomópontokat és az ezek közötti hálózatrészeket együttesen *törzshálózatnak* (core network) nevezzük.

A csomópont valamelyik bemenetére érkező információt

- tárolhatja, törölheti, átalakíthatja
- tovább küldheti
 - egy kimeneti útra (egyesadásos csomópont)
 - több kimeneti útra (többsadásos csomópont)
 - az összes kimeneti útra (szórtadásos csomópont).

Egyesadásos vagy többsadásos csomópont esetén a csomópont *útválasztó* képességgel rendelkezik. A hálózat csomópontjainak útválasztó képességét együttesen *forgalomirányításnak* nevezzük.

A csomópontok és az útszakaszok információtovábbítási képességét kapacitásuk szabja meg, pl. kapcsolópontok száma, sávszélesség, stb. Ha egy csomóponthoz vagy útszakaszra érkező információ mennyisége meghaladja a csomópont vagy az útszakasz kapacitását, akkor a hálózatban *torlódás* keletkezik. A torlódás megelőzésére vagy feloldására a hálózat *torlódásvédelmi* képességekkel rendelkezik. Az OSI modell hálózati rétegének két alapvető feladata az átvitel, a forgalomirányítás és a torlódásvédelem.

A forgalomirányítás és a torlódásvédelem módja függ attól, hogy az információ továbbítása során áramkör felépítésére illetve csomagokra bontásra sor kerül-e. *Valós áramkör alapú* hálózatokban valós áramkör épül fel a végberendezések között és az információt nem bontjuk fel csomagokra. A valós áramkör rögzített útvonalat jelent a hívás vagy bérlet teljes idejére a hálózatban, amely csak a végberendezések mozgása miatt változhat (mobil hálózatokban). Egy-egy csomóponton vagy útszakaszon sok (2 – 100 000 – 20 000 000) áramkör fut keresztül a *fizikai csatornák nyalábolása* révén. A valós áramkör a fizikai és az adatkapcsolati rétegben valósul meg, de forgalomirányítási és torlódásvédelmi szempontból a hálózati rétegben is értelmezzük. *Csomag alapú* hálózatokban az információt csomagokra bontjuk, és a csomagok továbbítására két lehetőség van: a csomagok útvonalát rögzítjük a hívás vagy bérlet *teljes idejére*, ezzel látszólagosan áramkört, úgynevezett *látszólagos áramkört* hozunk létre a hálózati rétegben; vagy nem rögzítjük a csomagok útvonalát a hívás vagy bérlet teljes idejére, vagyis látszólagosan sem hozunk létre áramkört a hálózati rétegben. Az utóbbi esetet *hálózati rétegben áramkörmentes hálózatnak*, röviden *áramkörmentes hálózatnak* nevezzük. Az elektromos jeleket a fizikai rétegben ilyenkor is áramkörök, fizikai jeláramkörök viszik át. Ezek alapján a hálózatokat így csoportosíthatjuk:

- valós áramkör alapú hálózatok (áramkör alapú, nem csomag alapú),
- látszólagos áramkör alapú hálózatok (áramkör alapú, csomag alapú),
- áramkörmentes hálózatok (nem áramkör alapú, csomag alapú).

4.1.2. Hálózatok osztályozása

Az elektronikus hírközlő hálózatok osztályozását 4.1.1. táblázatban mutatjuk be a hálózatok mai fejlettségi szintjének megfelelően. E hálózatokat részletesen a 4.4.-4.12. alfejezetek ismertetik. A 4.1.1. táblázat szerinti osztályozás a hálózatok forgalomirányító és torlódásvédelmi képességeinek 4.1.1. szakaszban bemutatott csoportosításán alapul.

A *műsorszétosztó hálózatok* többesadásos hordozó szolgáltatást nyújtanak a műsorszóró hálózati adók és kábel-TV tápfejek számára. A *hagyományos műsorközlő hálózatokban* (analóg műsorszóró vagy kábel-TV hálózat) minden hozzáférési ponton ugyanazok az információk vehetők, vagyis e hálózatok szórtadásos távszolgáltatást nyújtanak. Az *interaktív műsorközlő hálózatokban* (digitális műsorszétosztó és műsorszóró-hálózat, interaktív kábel-TV hálózat) az uralkodó szórtadáshoz járulékos forgalomirányítási képesség is társul.

Az *információközlő hálózatok* forgalomirányítással, vagy elsősorban forgalomirányítással és járulékosan szórtadással működnek. Az áramkör alapú hálózatokat a 4.1. és 4.2. alfejezetekben a továbbiakban – a gyakorlati szóhasználatot követve – röviden *távközlő hálózatoknak* nevezzük. A távközlő hálózatok az áramköralapú működésnek köszönhetően – a hálózat felépítésének koncepciójától függően – garantálják a szolgáltatás minőséget, továbbá területi kiterjedésben és sáv szélességben jól skálázható közegmegosztást valósítanak meg.

Az egyes *keskenysávú távközlő hálózatokat* döntő mértékben a valós áramkör és PCM (Pulse Code Modulation, impulzuskód-moduláció) alapú PDH

(Plesiochronous Digital Hierarchy, pleziokron digitális hierarchia) továbbá a látszólagos áramkör alapú X.25 technológia valósítja meg. E technológiák egyaránt alkalmasak távszolgáltatásra és hordozó szolgáltatásra. A távszolgáltatást nyújtó keskenysávú távközlő hálózatokban a végberendezés általában egyszerű és olcsó, ami lehetővé teszi a széleskörű felhasználást. Az egyszerű végberendezés csak egy-két féle szolgáltatást tesz lehetővé egyféle szolgáltatásosztályban. Az intelligencia döntően a hálózatban valósul meg. A hozzáférési hálózat tipikusan analóg, a törzshálózat digitális.

A szélessávú távközlő hálózatok közül a látszólagos áramkör alapú FR (Frame Relay, kerettovábbítás) és ATM (Asynchronous Transfer Mode, aszinkron átviteli mód) hálózatok elvileg távszolgáltatást is nyújthatnának, a gyakorlatban azonban eddig csak hordozó szolgáltatást nyújtanak. A valós áramkör alapú SDH (Synchronous Digital Hierarchy, szinkron digitális hierarchia) és az optikai hálózatok első sorban hordozó szolgáltatásra alkalmasak. Az egyes szélessávú távközlő hálózatok megnevezései ezért a megvalósító technológiára utalnak, elektronikus és optikai, vagy teljesen optikai eszközökkel.

Számítógép-hálózatokat számítógépek közötti információközlésre tervezik és optimalizálják. A számítógép-hálózatok csomag alapúak, és látszólagos áramkört nem építenek fel. A bonyolult végberendezés működési mechanizmusai alapvetően hozzájárulhatnak a hálózatok szolgáltatás minőségének kialakításához, pl. forgalomszabályozás révén. A szolgáltatási paraméterekre azonban garancia vagy nem adható, vagy legfeljebb csak relatív garancia adható. A csomóponti útválasztók hozzáférési sebessége jól skálázható: e sebesség több nagyságrendben változó tartományt fed le (1 kbit/s – 10 Gbit/s). Bár a hálózat elemei gyakran nem eléggé megbízhatóak, az útválasztó algoritmusok dinamikus tulajdonsága és a végberendezés intelligenciája együttesen megbízható átvitelt eredményez. A legelterjedtebb számítógép-hálózat az Internet, amely az IP (IP: Internet Protocol, Internet protokoll) protokoll családon alapul. A család lényegesebb tagjai: Ethernet vagy PPP (Point-to-Point Protocol, pont-pont protokoll) hozzáférés, MPLS (Multi-Protocol Label Switching, több protokollal címkékapcsolás) hordozó hálózat címkékapcsolással, IP alapú útválasztás, TCP (Transmission Control Protocol, átvitel-szabályozó protokoll) szállítás forgalomszabályozással vagy UDP (User

Datagram Protocol, felhasználói adatcsomag protokoll) szállítás forgalomszabályozás nélkül.

A távközlő iparban egyfelől a számítógép-hálózatot egyszerűen távközlő adathálózatnak tekintik. A számítógépiparban másfelől a távközlő hálózatot gyakran nem is említik, vagy egyszerűen a számítógép-hálózat fizikai összeköttetést megvalósító részeként kezelik. A 4.1 alfejezet szemléletmódja a fenti két szemléletmód között egyensúlyt tart. Ennek megfelelően a számítógép-hálózatok többnyire hordozó távközlő hálózatokra építve működnek a már kiépített távközlő hálózatok felhasználásával: pl. hordozó távközlő törzshálózaton TCP/IP/ATM/SDH felépítéssel, vagy hordozó távbeszélő-hálózaton modem illesztő egységgel, stb. Másrésztől távközlő hálózat is ráépülhet számítógép-hálózatra, pl. beszédátvitel hordozó IP hálózaton. Harmadrészt, távközlő hálózat és számítógép-hálózat egyenrangú együttműködése is lehetséges, pl. WAP (Wireless Application Protocol, vezeték nélküli alkalmazási protokoll) képességű GSM (Global System for Mobile communications, egyetemes mobil távközlő rendszer) végberendezés és a hálózat WAP átjárója között adathálózati átvitel valósul meg áramkörkapcsolt hálózaton, majd a WAP átjáró és a WWW (World Wide Web, világháló) kiszolgáló között számítógép-hálózatot működik. A számítógép-hálózat interaktív műsorközlő hálózatokra is ráépülhet és viszont.

Az információközlő hálózatok fejlődésére visszatekintve megállapítható, hogy a forgalomirányítási és torlódásvédelmi technológia spirálszerűen fejlődött: üzenetkapcsolás távíró-hálózatban¹, valós áramkörkapcsolás távbeszélő hálózatban, látszólagos áramkörkapcsolás adathálózatban, útválasztás csomagszinten IP hálózatban, dinamikus útvonalkezelés címkekapcsolással MPLS hálózatban (lásd 4.1.3.). Hasonló fejlődési spirál figyelhető meg az átviteli közegegyesztési technológiában is: térosztás, frekvenciaosztás, időosztás pl. a távbeszélő hálózatban, majd az optikai hálózatokban is. A spirális fejlődés értelmezhető a

¹ A távíróhálózat kézi üzenetkapcsolást valósított meg. Ez azt jelenti, hogy az információt üzenetegységekbe foglalva továbbították úgy, hogy az üzenetet csomópontokra újra átválasztották. Az üzenet tárolása egy-egy hálózati csomópontban papírszalagra írt vagy lyukasztott Morse kód formájában valósult meg. Adás közben az üzenet első részét még az adóoldali, másik részét már a vevő oldali papírszalag tárolta. Minden hálózati csomópontban eldöntötték, hogy melyik úton továbbítsák az üzenetet. A távíróhálózat volt az első elektronikus távközlő hálózat, amely a „tárolj és továbbíts” elvet alkalmazta – üzenet szinten. A távgépíró-hálózat eleinte szintén üzenetkapcsolással működött. A későbbiekben a távgépíró-hálózat áramkörkapcsolásra tért át, átvéve a távbeszélő-hálózati megoldást. A „tárolj és továbbíts” elvet ma a csomagalapú hálózatok alkalmazzák, sokkal gyorsabb tárolókkal.

forgalomirányítási algoritmusok elveire (4.1.4. szakasz) és topológiai modellek hálózatformáira (4.1.7. szakasz) is. Az egyes technológiák és elvek megjelenésükkor gyakran egyes információtípusok átvitelére szolgáló hálózatokhoz kötődtek, majd kiterjedtek más információtípusok másodlagos átvitelére, valamint célszerűen többféle információtípus egyidejű átvitelére szolgáló integrált hálózatokra is. Ezt a folyamatot tekintjük hálózati konvergenciának. A fejlődés és a konvergencia folyamatát gazdasági és szakmapolitikai tényezők befolyásolják.

4.1.3. A forgalomirányítás elemei

Információközlő hálózatokban a forgalmat úgy irányítjuk, hogy a hálózat csomópontjaiban megoldjuk az útválasztás problémáját. Az útválasztás megoldásának lehetőségeit és eszközeit a 4.1.2. táblázat foglalja össze. Az elnevezéseket részben a táblázat logikája, részben a nemzetközi szóhasználat határozza meg.

A hálózatmenedzser – a felhasználóhoz hasonlóan – ember vagy gép lehet. A hálózatmenedzser feladata, hogy a hálózat vagy elemi hálózat csomópontjainak és útjainak kapacitásait igény szerint csoportosítsa és lefoglalja az alábbi hálózatokban:

- nyilvános vagy magán kapcsolt hálózatok törzshálózatában
- nyilvános vagy magán bérelt-vonali hálózatok törzs- és hozzáférési hálózatában
- látszólagos magánhálózatokban.

A forgalomirányítási lehetőségek az alábbiak:

- felhasználó hívást kezdeményez és a hálózat forgalomirányító algoritmusai

Forgalomirányítás típusa			Felhasználói vezérlés			Hálózatmenedzseri vezérlés		
			Irányítás neve	Irányítás eszköze	Pl.	Irányítás neve	Irányítás eszköze	Pl.
áramkör alapú		valós áramkör alapú	hívás irányítás	áramkör-kapcsoló	PDH	áramkör rendezés	digitális rendező, optikai rendező (OXC)	SDH
	cso-mag alapú	látszólagos áramkör alapú			ATM			ATM
		áramkör-mentes	csomag irányítás	útválasztó	IP	útvonal irányítás	címke-kapcsoló	MPLS

4.1.2. táblázat. A forgalomirányítás elemei.

felépítik az áramkör útvonalát a hívás időszakára (hívás irányítás)

- felhasználó csomagot küld egyedi címezéssel és a hálózat forgalomirányító algoritmus csomagonként dönt a csomagküldés útvonaláról (csomag irányítás)
- hálózatmenedzser áramkör nyálábokat vagy áramköröket hoz létre hosszabb időtartamra, pl. több hónapra vagy évre (áramkör rendezés)
- hálózatmenedzser látszólagos részhálózatot hoz létre, amelyben egyes küldő-fogadó párok csomagjai kijelölt útvonalakon haladnak, az útvonalak azonban dinamikusan újrendezhetők a csomagok küldése közben is (útvonal irányítás).

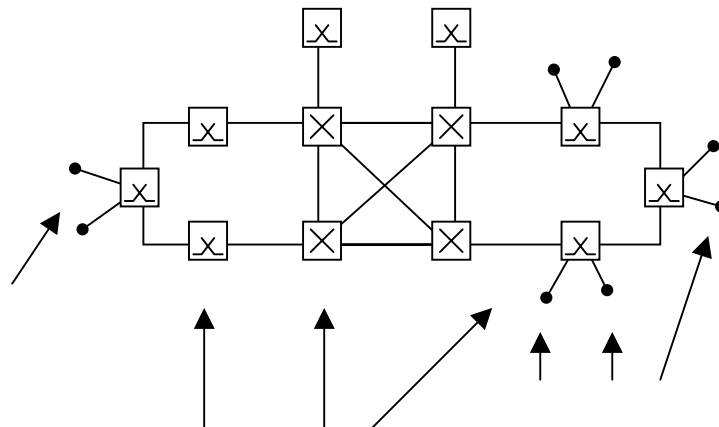
Egy csomópont egyidejűleg áramkörkapcsoló és digitális rendező funkciókat is megvalósíthat. Pl. ATM hálózatokban nemcsak látszólagos áramkört definiálnak a hálózat hozzáférési pontjai között, de látszólagos útvonalat is értelmeznek látszólagos áramkörnyálábokra, amely a hálózat csatlakozópontjai között vagy az ATM hálózaton belül részhálózatokon halad.

Ha egy áramkörkapcsoló bemeneti áramköreinek száma nagyobb, mint a kimeneti áramköreinek száma, akkor az áramkörkapcsoló *forgalomsűrítést* (koncentráció) is végez. Ilyenkor egy áramkör felépítése hívástorlódás következtében blokkolódhat. Hasonlóan, ha egy útválasztó bemeneteinek sávszélesség összege nagyobb, mint a kimeneteinek sávszélesség összege, akkor forgalomsűrítő útválasztóról beszélhetünk. A forgalomsűrítés itt csomagtorlódást idézhet elő, ami minőségromlással jár. Cserében, a hálózat kihasználtsága javul. Valós áramkör alapú vezérelhető digitális rendezőben nincs forgalomsűrítési lehetőség, azaz a bemeneti sávszélesség összeg megegyezik a kimeneti sávszélesség összeggel. Ugyanakkor látszólagos áramkör alapú vezérelhető digitális rendezőnél és címkekapcsolónál van forgalomsűrítési lehetőség is.

Ha a hálózat áramkörkapcsolót tartalmaz, akkor *áramkörkapcsolt*, röviden *kapcsolt hálózatról* beszélünk. A kapcsolt hálózat digitális rendezőket is tartalmazhat. Garantált sávszélességet és minőséget nyújtó *bérelt hálózat* csomópontjai a digitális rendezők, e hálózatokban áramkörkapcsoló, útválasztó, továbbá forgalomsűrítő digitális rendező vagy címkekapcsoló nem lehet. Díjszabással szabályozott sávszélességű és korlátozott minőséget nyújtó csomag alapú bérelt hálózat forgalomsűrítő digitális rendezőt, forgalomsűrítő útválasztót és/vagy forgalomsűrítő címkekapcsolót is tartalmaz, pl. *látszólagos bérelt hálózat*, *látszólagos magánhálózat*.

Hálózatépítményben, pl. IP/ATM/SDH hálózatban az útválasztás, a látszólagos áramkör/útvonal alapú rendezés és az áramkör alapú rendezés együttesen lehet jelen. Így a jó hálózat-kihasználás, a hálózati megbízhatóság és a hálózati erőforrások rugalmas forgalomhoz igazításának lehetősége hálózatrétegenként valósul meg. A 4.1.3. ábrán távbeszélő PDH/SDH hálózatot mutatunk be.

A 4.1.3. ábra közepén levő négy SDH digitális rendezőt a hálózatmenedzser vezérli, így az áramkörnyalábok számára a továbbhaladás iránya ezekben hosszú időszakokra, pl. hónapokra rögzített. Az SDH digitális rendező kapacitása igen nagy, pl. egy 2,4 Gbit/s-os SDH úthoz mintegy 30 000 PCM áramkör tartozik. A négy digitális rendező *szállító törzshálózatot* alkot. Ebbe tartozna a címkekapcsoló is. A szállító hálózatot PDH áramkörkapcsolók veszik körül. Ezekkel együtt már *kapcsolt törzshálózatról* beszélünk. Ebbe értenénk bele az útválasztót is. Ha a szállító és a kapcsolt törzshálózat közötti különbséget nem akarjuk hangsúlyozni, akkor röviden csak *törzshálózatot* mondunk.



4.1.4. A forgalomirányítás alapelvei

Az útválasztó képességű hálózati réteg szintű csomópontok (ilyenek: áramkörkapcsolók, digitális rendezők, útválasztók vagy címkekapcsolók, de nem ilyen a szórtadásos csomópont), e szakaszban a továbbiakban röviden csomópontok, forgalomirányító algoritmusait az alábbi szempontok határozzák meg:

- a hálózat csomópontjainak száma

- a hálózat topológiája
- a hálózat csomópontjainak és útjainak megbízhatósága
- az a maximális időtartam, amelyre a forgalmi statisztikák jól becsülhetők
- speciális szolgáltatás követelmények (pl. mobilitás, többesadás, stb.)
- az algoritmusok megvalósíthatósága bonyolultság és időigény szempontjából az adott technológiai fejlettségi szinten.

Kevés csomópontot tartalmazó hálózatban *egyenrangú forgalomirányítás* működhet: a csomópontok *egyenrangúan* választanak utat. Az útvonal kiválasztása során nincs olyan szempont, hogy valamely kitüntetett csomóponton át kelljen haladni. Az útvonal kiválasztását csak az egyes utak és csomópontok forgalmi terheltsége befolyásolja. Ettől függetlenül a forgalomirányító algoritmus lehet központosított vagy elosztott. *Központosított forgalomirányító algoritmus* esetén a forgalomirányító-központ előzetes vagy dinamikus forgalombecslés alapján kiosztja az útvonalakat és az alternatív útvonalakat. *Elosztott forgalomirányító algoritmus* esetén az útválasztó csomópontok nem koncentrálnak az irányítási képességeket, hanem tájékoztatják egymást szomszédaik elérhetőségéről és az utak, csomópontok forgalmi terheléséről.

Nagyobb csomópontszám esetében, technológiától függően 5-200 csomópont felett azonban nagyon megnő az útválasztó táblák mérete. Ezért a hálózatokban többnyire valamilyen *hierarchikus forgalomirányítást* alkalmaznak. A hierarchikus forgalomirányítás alapmodelljéhez úgy jutunk, hogy a hálózat csomópontjait csoportokra osztjuk, majd minden csoportnak kijelöljük a vezető csomópontját. Minden csomópont a vezető és csak a vezető csomóponttal van összekötve egy közvetlen szakasszal. Másodrendű hierarchia esetén a vezető csomópontokból is csoportokat képezünk, stb. A magasabb hierarchikus forgalomirányítás alapmodellje végül is *hierarchikus többszintű csillag* követ, ahol a struktúra elemei a hálózati csomópontok. Az azonos szintű csomópontok *hierarchikus hálózati síkokat* alkotnak. Az útvonal a hierarchián keresztül egyértelmű, ezért *közvetlen forgalomirányításnak* nevezik. Ez a hálózat azonban sérülékeny, mert egy magasabb rendű út vagy csomópont kiesése a hálózat szétesését idézi elő. Megbízható hierarchikus forgalomirányítást az elemek kettőzésével érhetjük el. Ezek egyenként vagy csoportonként kapcsolódhatnak össze. A megbízható hierarchikus forgalomirányítás megvalósítására másik elvi lehetőség a *hierarchikus gyűrűk struktúrája*: egy-egy csoport csomópontjait gyűrű topológiával kötjük össze, majd minden elsőrendű

gyűrűből két vezércsomópontot választunk, és ezeket másodrendű gyűrűvel kötjük össze, stb.

A gyakorlatban az egyenrangú és a hierarchikus, valamint a központosított és elosztott forgalomirányítási modelleket együttesen alkalmazzák. A különböző távközlő hálózatok fejlődése során a konvergencia e tekintetben is megfigyelhető. A 4.4. – 4.12. alfejezetek bemutatnak egy-egy konkrét hálózati megoldást.

A forgalomirányítás akkor hatékony, ha a hálózati síkoknak megfelelően a *számozás* illetve *címzés* is hierarchikus. Minden hierarchia síkban megvalósulhat forgalomsűrítés is. Összetett hálózatépítmény esetén az egyes hálózatrétegek gyakran külön-külön digitális rendezőkből, vagy áramkörkapcsolókból, vagy útválasztókból, vagy címkekapcsolókból állnak. A hierarchia rendszer követi a földrajzi kiterjedést és a forgalom összegződését a szóban forgó területen.

4.1.5. Vezérlő és segédhálózatok

A hálózati csomópontok nemcsak az információt átvivő hálózat részei, a csomópontokhoz *logikailag elkülönülő vezérlő hálózatok* is csatlakoznak, mint:

- *jelző hálózat*: áramkör alapú hálózat esetén az áramkör létrehozását és bontását vezérli a hálózati végződés kezdeményezésére, továbbá nyilvános hálózat esetén jogosultsági és számlázási adatokat továbbít,
- *forgalomirányító hálózat*: áramkörkapcsolók és útválasztók forgalomirányító algoritmusait működteti,
- menedzselő hálózat:
 - digitális rendezőket és címkekapcsolókat vezérli
 - áramkörkapcsolók és útválasztók forgalomirányító algoritmusait szükség esetén megváltoztatja
 - áramkörkapcsolók és útválasztók útválasztó tábláit statikusan feltölti a hálózat forgalomirányító algoritmusainak rendellenes működése esetén.

Elvileg mindhárom vezérlő hálózat kézi vagy automatikus vezérléssel működtetheti a csomópontokat. A jelző hálózat automatizálása már 1889-től megkezdődött. A forgalomirányító hálózat is automatikusan működik kb. 1940 óta. A menedzselő hálózat részben kézi, részben automatikus vezérlésű.

A hálózaton és a vezérlő hálózaton túlmenően számos *segédhálózat* támogatja a hálózat üzemeltetését, pl. távtápláló hálózat, mérési adatokat gyűjtő hálózat, védelmi kapcsolást működtető hálózat, stb.

Hagyományosan a vezérlő hálózatok és a segédhálózatok együttes forgalma nem haladja meg a hálózat forgalmának 10%-át. Újabban az integrált és a mobil hálózatok többféle szolgáltatásainak, valamint a kiegészítő szolgáltatások (pl. hívásvárakoztatás) kezelése jelentősen megnöveli e hálózatok forgalmát, akár a hálózat forgalmának 50%-áig is.

4.1.6. Hálózatok funkcionális modellje

A hálózatok funkcionális modellezése során az általuk ellátott feladatokat hierarchikus funkcionális rétegekbe csoportosítjuk. Az elektronikus hírközlő hálózatok funkcionális modellje nem terjed túl az információközlő hálózatok modelljén, a műsorközlő hálózatokban ugyanis az információközlő hálózatokhoz képest kevesebb fajta hálózati feladat valósul meg. Az információközlő hálózatok modelljét pedig úgy nyerjük, hogy összevetjük a számítógép-hálózatok és a távközlő hálózatok különböző funkcionális modelljeit.

A hálózat funkcionális modellezése azt jelenti, hogy az egyes hálózati feladatokat megvalósító protokollokat hierarchikusan csoportosítjuk. Egy-egy ilyen csoportot (*funkcionális*) *rétegnek* nevezünk, amelyekből hierarchikus *funkcionális építményt* képezünk. Két hálózati eszköz közötti információközlést úgy modellezzük, hogy a két hálózati eszköz azonos rétege között látszólagos az információátvitel. Valójában a rétegek egy eszközön belül, hierarchikusan közlik egymással az információt. Csomag alapú hálózatokban pl. a funkcionális réteget protokollrétegnek (röviden rétegnek) nevezik, és az információt továbbítja az adó oldalon a hierarchiában lefelé haladva minden réteg adatcsere-egységét az alatta lévő réteg újabb csomag-fejléccel ellátva. A két hálózati eszköz között a tényleges információátvitel a fizikai közegben valósul meg. A vevő oldalon a hierarchiában felfelé haladva minden réteg lebont egy fejléctet. Az egyes rétegek a hálózat – részben különböző – részeinek működését modellezzik. A hierarchikus modellezés azt emeli ki, hogy a információátvitel során egy felsőbb funkcionális réteg igénybe veszi az alatta lévő funkcionális réteg szolgáltatását.

Az OSI modellt eredetileg csomag alapú számítógép-hálózatok modellezésére dolgozták ki [4.1.8] és [4.1.3], részletesebben lásd az 1.11. alfejezetben. A hét rétegű OSI modell protokolljai azonban – az 1990-es várakozásokkal ellentétben – a gyakorlatban nem terjedtek el. A megvalósított csomag alapú számítógép-hálózatok nem az OSI modellt követik, és egymáshoz képest is sokfélék. De az OSI modell mai napig a különböző protokollépítmények összehasonlítási alapja maradt. Az OSI modellben a hálózat részei az alábbiak szerint rendelhetők rétegekhez:

- a.) 1.-2. réteg: a hálózat két szomszédos csomópontja között, vagy a hálózati végződés és a határcsomópont között, vagy a végberendezés és az illesztő egység között,
- b.) 3. réteg: a hálózati határcsomópontok között,
- c.) 4.-7. réteg: a hálózati végzések között.

Az első három rétegben az adatcsere-egységnek külön neve is van: 1. rétegben bit, 2 rétegben keret, 3. rétegben csomag. Az OSI modell általánosításához a csomag alapú hálózatokon belül maradva sem ragaszkodunk a bit-keret-csomag struktúrához, sőt digitális valós áramkör alapú, továbbá analóg hálózatok modellezésére is használható.

A 4.1.3. táblázatban feltüntettük az OSI modellt, a főbb rétegfunkciókat és az öt rétegű hibrid Internet modellt [4.1.3], [4.1.4] és [4.1.8]. A távközlő hálózatokat szintén sokféle réteges modellel írják le. Az OSI modellt csak a távközlő hálózatok speciális esetére, az adathálózatokra adaptálták az ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication Standardisation Sector, Nemzetközi Távközlési Egyesülés – Távközlési Szabványosítási Ágazat) ajánlásaiban [4.1.4]. A távbeszélő-hálózatot négy rétegű, az ATM hálózatot három rétegű, az SDH hálózatot másfajta három rétegű modellel írják le, stb. A 4.1.3. táblázatban feltüntettük a távközlő hálózatok általunk javasolt öt rétegű modelljét, amely – célszerű engedményekkel – lehetővé teszi a különböző hálózatok együttes modellezését. Az együttes modellezést úgy végezzük el, hogy az a), b) valamint c) pontokban felsorolt rétegek fő feladatait összehasonlítjuk és megfeleltetjük egymásnak, függetlenül attól, hogy egy hálózat csomag alapú vagy sem. A modellezés során tett engedmények abból fakadnak, hogy a különböző hálózatok funkcionális réteges modelljeinek határvonalai nem esnek pontosan egybe.

OSI modell	Rétegfunkciók	Internet hibrid modell	Információközlő hálózatok modellje	Információközlő részhálózatok rétegeterjedelme		
7. Alkalmazási réteg	• távszolgáltatás	5. Alkalmazási réteg	5. Alkalmazási réteg			hozzáférői hálózat
6. Megjelenítési réteg	• forráskódolás • titkosítás		4. Illesztési réteg			
5. Viszonyi réteg	• iránykezelés • összehangolás					
4. Szállítási réteg	• forgalomszabályozás • nyálábolás/bontás	4. Szállítási réteg	3. Kapcsolási réteg	szállító törzshálózat	kapcsolt törzshálózat	
3. Hálózati réteg	• forgalomirányítás • torlódásvédelem	3. Hálózati réteg				
		2. Hálózati-elérési réteg				2. Átviteli réteg
2. Adatkapcsolati réteg	• közegmegosztás • forgalomszabályozás • hibakezelés	1. Fizikai réteg	1. Fizikai réteg			

4.1.3. táblázat. Információközlő hálózatok funkcionális modellezése.

A számítógép-hálózatok világában a bérelt vagy kapcsolt távközlő hálózatot csak „alhálózatnak” tekintik, amely a fizikai réteg része. Az FR és az MPLS protokollokat pedig a 2. rétegben helyezik el. Ezzel szemben az információközlő hálózatok réteges modelljét úgy állítottuk össze, hogy minden forgalomirányító eszköz (áramkörkapcsoló, útválasztó, digitális rendező, címkekapcsoló) az OSI modell hálózati rétegének megfelelően helyezkedjék el. Ezért a digitális rendezőt, és címkekapcsolót magába foglaló átviteli réteg felnyúlik a hálózati réteg magasságába. A valós áramkörkapcsoló, a látszólagos áramkörkapcsoló és az útválasztó a kapcsolási rétegben helyezkedik el. Az FR keretkapcsolót és az ATM cellakapcsolót a látszólagos a látszólagos áramkörkapcsolók egyik fajtájának tekintjük.

Az információközlő hálózatok réteges modelljében az illesztési réteg egyrészt a számítógép-hálózatok végberendezései közötti *forgalomszabályozást* modellezi (lásd TCP a 4.11. szakaszban), másrészt az ATM-IP együttműködő egységben történő cím nyálábolást/bontást modellezi. Hierarchikusan együttműködő összetett hálózatok protokollépítményében a hálózati rétegek (4.1.2.c. ábra), és esetleg az adatkapcsolati és a szállítási rétegek is egymásra építve többszörösen megjelennek.

A 4.1.3. táblázat réteges modelljei az információt átvivő hálózatokra vonatkoznak. A vezérlő és segédhálózatokra hasonló módon, de más funkcionális modellek állíthatók fel.

4.1.7. Topológia modellek

Az információközlő hálózatokat pontokból és élekből álló gráfokkal is modellezhetjük. A hálózati réteg szintjén a pontoknak a csomópontok, az éleknek az útszakaszok felelnek meg, a gráfot pedig forgalmi topológiának nevezik. Az előforduló főbb topológiai modelleket a 4.1.4. táblázatban tekintjük át. A gyakorlati hálózatokban ezek kombinációját alkalmazzák.

A 4.1.4. táblázatban vizsgált szempontok közül csak az „Utak sávszélesség terhelése” kíván magyarázatot. Összekötendő csomópontoknak tekintjük a fa és kettős fa topológiák levélpontjainak megfelelő csomópontokat, továbbá csillagpontot vagy csillagpontokat tartalmazó topológiákban az minden egyes pontnak megfelelő csomópontot a csillagpontok kivételével, továbbá az összes többi topológiában az minden egyes pontnak megfelelő csomópontot. Tételezzük fel, hogy minden összekötendő csomópontban egységnyi sávszélességű forgalomforrást helyezünk el. Kérdés, hogy mekkora sávszélességgel terheljük az egyes hálózatok útjait? A kérdés megválaszolásához az egy-egy kapcsolatot és az egy-összes kapcsolatot, mint két szélsőséges esetet vizsgáljuk meg. *Egy-egy kapcsolat* esetén feltételezzük, hogy minden összekötendő csomópont csak egyetlen másik összekötendő csomópontnak küld üzenetet úgy, hogy kétirányú forgalompárok jöjjenek létre. Így működik pl. egy távbeszélő végberendezés alapesetben. Csillag és fa hálózatokban megengedhető, hogy az előfizetői vonalon 2/4 huzalos átalakítást alkalmazzunk. Így ezen hálózatokban az előfizetői utak sávszélesség terhelését felezzük. *Egy-összes kapcsolat* esetén feltételezzük, hogy minden összekötendő csomópont az összes

Topológia	Sín	Fa	Csillag	Egyirányú gyűrű	Kétirányú gyűrű	Kettős sín	Kettős fa	Kettős csillag	Kettős gyűrű	Csillag + kétirányú gyűrű	Teljes háló
Gráf élek száma	n-1	n-1	N	n	N	2n-2	2n-1	2n+1	2n	2n	n(n-1)/2
Utak sávszélesség terhelése egy-egy kapcsolat esetén	2n	max. n	1	n/2	-	n	max. n/2	-	-	-	-
Utak sávszélesség terhelése egy-összes kapcsolat esetén	n(n-1)	max. n2/2	2n-2	n(n-1)/2	n2/4 vagy (n2-1)/4	n(n-1)/2	max. n2/4	n-1	n2/8 vagy (n2-1)/8	~ 2n+8-4√(2n+4,25) ≈ n	2
Hálózati hiba tűrése	Rossz								Nagyon jó	kiváló	
Intelligencia igény az összekötendő csomópontokban	van		Nincs	Van							
Ígény kiemelt intelligenciájú csomópontokra	Nincs	gyökérben	csillag-pontban	nincs	nincs	nincs	gyökérben	csillag-pontokban	Nincs	csillag-pontban	nincs
Adatvédelmet támogatja-e	nem		Igen	nem				Igen	nem		nagyon
Terjedési késleltetés	Közepes			nagy	közepes						minimális
Alkalmazás példa	Ethernet	hierarchikus forg. irányítás	távbeszélő hozzáférési hálózat	vezérjeles gyűrű	SDH hálózat	DQDB hálózat	jelzés-hálózat	távbeszélő nagyvárosi hálózat	FDDI, SDH hálózatok	távbeszélő nagyvárosi hálózat	PDH törzs-hálózat

4.1.4. táblázat. Hálózatforma modellek információközlő hálózatokban n csomóponttal.

többi összekötendő csomópontnak üzenetet küld. Így egyszerűen modellezhetők a törzshálózatok. A csillag + kétirányú gyűrű topológia útjainak sávszélesség terhelésének számítása során feltételeztük, hogy a gyűrű hálózatrészen az egymáshoz közeli csomópontok forgalmát vezetjük el.

A táblázatban az egyes hálózatformáknál felsorolt tulajdonságok jellemzőek a táblázatban feltüntetett alkalmazási példákra. Az alkalmazási példák közül két rövidítést nem oldunk korábban még fel [4.1.8]:

- DQDB: Distributed Queue Dual Bus, osztott várósoros kettős sín
- FDDI: Fiber Distributed Data Interface, fényvezeték alapú osztott adat határfelület.

Irodalomjegyzék

- [4.1.1] Cinkler T., Henk T., Ziegler G. szerk.: Távközlő hálózatok, elektronikus jegyzet, BME, 2002, <http://leda.ttt.bme.hu/~cinkler/TavkHal/>
- [4.1.2] Balogh T. és mások: A keskenysávú ISDN kézikönyve, *Távközlési Könyvkiadó*, Budapest, 1997.
- [4.1.3] Hosszú G.: Internetes médiakommunikáció, *LSI Oktatóközpont*, Budapest, 2001.
- [4.1.4] ITU-T: Data Communication Networks: Open Systems Interconnection (OSI) Model and Notation, Service Definition. Recommendations X.200-X.219.
- [4.1.5] Keshav, S.: An Engineering Approach to Computer Networking: ATM Networks, the Internet and the Telephone Network, *Addison-Wesley*, Reading, Massachusetts, US, 1997.
- [4.1.6] Perros, H. G.: An Introduction to ATM Networks, *John Wiley and Sons*, Chichester, 2001.
- [4.1.7] Stallings, W.: ISDN and Broadband ISDN, *Maxwell Macmillian International*, New York, 1992.
- [4.1.8] Tanenbaum, A. S.: Számítógép-hálózatok, *Panem-Prentice Hall*, Budapest, 1999.

4.2. Hálózati követelmények és teljesítésük elvei

Szerzők: dr. Henk Tamás (4.2.1-4), dr. Cinkler Tibor (4.2.5-7)

Lektor: dr. Sallai Gyula

Ezen alfejezet összegzi azokat a követelményeket, melyeket a távközlő hálózatoknak teljesíteni kell, felölelve a gazdasági, megbízhatósági és használhatósági szempontokat, a szolgáltatásokhoz illeszkedő forgalmi és minőségi igényeket, továbbá áttekinti a minőségbiztosítás alapelveit és a hálózatok életképességének műszaki alapjait. A 4.2. alfejezetben jelentős mértékben támaszkodunk a 4.1. alfejezetben bevezetett fogalmakra.

4.2.1. Hálózatfelépítési követelmények

Az távközlő hálózatokat a szolgáltatásminőség (QoS, Quality of Service), a megbízhatóság, a használhatóság, az életképesség, a területi lefedés és a gazdaságosság követelményei szerint építik fel és üzemeltetik. Az alábbiakban sorra vesszük e követelmények értelmezését.

A *szolgáltatásminőség* (QoS) főbb elemei a következő események bekövetkezési valószínűségeként fogalmazható meg: az igényelt információátvitel megkezdhető, az átvitt információ megérkezik, megtűrt hibával vagy hibamentesen, továbbá megtűrt késleltetéssel és késleltetésingadozással érkezik meg. A QoS kérdését a 4.2.2-4. szakaszokban fejtjük ki. A *megbízhatóság* a hálózat meghibásodási gyakoriságának reciprok értéke. A *használhatóság*, a *rendelkezésre állás* a kiesési idő hányad reciproka vagyis a hibaelhárítás átlagos idejét is számításba veszi. A meghibásodás gyakoriságát megbízható építőelemek alkalmazásával és a hálózat *életképességét* fokozó megoldásokkal, mint a védelmi kapcsolás és a hálózati kerülőutak alkalmazása, lehet elfogadható korlát alatt tartani (lásd a 4.2.5-7 szakaszokat). A hiba elhárítás átlagos idejét tartalék egységek készletezésével, ügyeleti üzemeltető szolgálat szervezésével, továbbá a berendezéseket szállító cégekkel kötött határidős riasztási, kiszállási és hibajavítási szerződésekkel lehet az elfogadható értéket elérni. A *területi lefedés* főbb elemei: a hálózat által nyújtott szolgáltatások fajtái, ezek hozzáférési helyeinek területi

eloszlása, és a felhasználók esélyegyenlősége a szolgáltatásminőség, a megbízhatóság és a használhatóság paramétereire.

A hálózat *gazdaságossága* összetett kérdés. Az információközlő hálózatok társadalmi hasznosítása szempontjából megkülönböztetünk magán és nyilvános hálózatokat. *Magánhálózatok* valamely gazdasági társaság vagy intézmény infrastrukturális részét képezik, csak jogosult felhasználók vehetik igénybe jogosultságuk mértékéig, de többnyire időbeli korlátozás és térítés nélkül. *Nyilvános hálózatokat* bármely felhasználó igénybe veheti, aki a hálózathoz hozzáfér, a végberendezést használni tudja és a használat díját kiegyenlíti. Nyilvános hálózatokat üzleti alapon és állami támogatással, vagy csak üzleti alapon üzemeltetnek. A hálózat gazdaságosságáról üzleti alapon üzemeltetett nyilvános hálózatok esetében beszélhetünk. A gazdaságosság főbb elemei: a hálózat amortizációjának és üzemeltetésének költségei, a hálózat kihasználása, valamint a díjszabás alapján eredőben keletkező üzleti *nyereség*. A gazdaságosság főbb elemei között bonyolult összefüggések figyelhetők meg.

A hálózat *amortizációja* attól függ, hogy mekkora hálózati kapacitást hoztunk létre, valamint az alkalmazott technológiák fajlagos beruházási költségei mekkora összeget tesznek ki. A hálózat *üzemeltetési költségeit* a hálózatigazgatás automatizáltságának foka, a hálózatelemek meghibásodási gyakorisága, a hibajavítás időigénye és költsége, valamint az üzemeltetéshez felhasznált energia mennyisége határozza meg. A *hálózat kihasználását* azzal a mérőszámmal értelmezzük, amely megmutatja, hogy a forgalmas órában az átvitt forgalom a törzshálózat elemei forgalmi kapacitásának hányad részét foglalja le. A hálózat kihasználása függ a felhasználók forgalmi és QoS igényeitől, a díjszabás politikától, a hálózat menedzselési és átkonfigurálási lehetőségeitől, valamint a hálózati technológiától. A *díjszabás* alapján származó bevétel általában függhet a hálózatban lebonyolított forgalomtól, a forgalom sávszélesség és QoS paramétereitől, valamint a információátvitel távolságától, időtartamától és napszakától.

A továbbiakban a fenti összefüggések néhány műszaki elemét tekintjük át. Ennek során jellemezzük a szolgáltatási követelményeket, összefoglaljuk e követelmények teljesítésének fő elemeit: a torlódásvédelem eszközeit és a QoS biztosításának lehetőségeit, továbbá rámutatunk a QoS és a kihasználtság

kapcsolatára. Majd a hálózat használhatóság és életképességi követelmények teljesítését elemezzük.

4.2.2. A szolgáltatási követelmények csoportosítása

Adott hálózatban igénybe vehető egyes szolgáltatásokat jellemezhetjük

- a forgalomforrások sajátosságaival, amelyek a szolgáltatást igénybe vehetik, és
- a szolgáltatás teljesítéséhez szükséges minőségi követelményekkel.

Valamely hálózat szolgáltatásait e két szempont szerint elhatárolható osztályokba, úgynevezett *szolgáltatásosztályokba* csoportosíthatjuk.

A *forgalom* egy forrásból származó információ vagy több forrásból illetve más hálózatból származó összesített információ átviteli igényét jelenti. Adott forgalmi igény teljesítése többféle hálózati koncepció alapján lehetséges. Ha a forgalmi igény huzamos ideig (pl. több hónap vagy év) jelentős kitöltéssel (pl. az idő 50%-ában) fennáll és az igényelt QoS is magas követelményű, akkor a forgalmi igényt érdemes lehet bérelt-vonallal kielégíteni. A hálózatmenedzser ilyenkor külön áramkört bocsát rendelkezésére. Ha azonban forgalom csak az idő kisebb hányadában jelentkezik és a QoS követelmény is megengedi a hívásblokkolás és a véletlen bontás lehetőségét, akkor a forgalmi igény valós áramkörkapcsolt hálózattal teljesíthető. Ha az adott forgalom nem kíván szigorúan valós idejű átvitelt, akkor csomag alapú hálózat is megfelelő. Kódolt forgalomforrások, (pl. kódolt videó) a csomagokat löketekben állítják elő. Összegezve tehát a forgalmat az időskála szerint többféleképpen vihetjük át: az lehet a két pont közötti bérelt vonal, hívásonként, csomaglöketben vagy csomagban.

Ha a hálózaton új forgalmi igény jelentkezik, akkor a többi forgalmat *háttér forgalomnak* tekintjük, és QoS szempontból a következő kérdéseket kell megválaszolni:

a.) az új forgalom megjelenésével továbbra is teljesíthetők-e a háttérforgalmakra vonatkozó QoS követelmények?

b.) az új forgalomra teljesíthetők-e a QoS követelmények a háttérforgalom jelenlétében?

E kérdések megválaszolásához modellezni szükséges a forgalomforrásokat és a QoS paraméterekre ható hálózati mechanizmusokat. Ez a modellezés meglehetősen összetett, különösen *integrált szolgáltatású hálózatokban*, amelyekben a hálózat egyidejűleg többféle forgalmi igény teljesítésére alkalmas. A probléma úgy egyszerűsíthető, hogy a szolgáltatási követelményeket csoportosítjuk az alábbiak szerint.

A különböző táv- és hordozó szolgáltatások különböző információátviteli követelményeket támasztanak. Így az egyes szolgáltatások *forgalmi paraméterei* (pl. hívás gyakoriság, átlagos tartásidő, átlagos bitsebesség, maximális bitsebesség, lökethosszúság, fenntartandó minimális bitsebesség, a mobil végberendezés sebessége), továbbá a *szolgáltatásminőség követelményei* (pl. késleltetés, késleltetés ingadozás, hibaarány, csomagvesztés valószínűsége, téves csomagkézbesítés valószínűsége, stb.) együttesen alkotják a *szolgáltatási követelményeket*. A szolgáltatási követelmények csoportosíthatók és így osztályokba sorolhatók. Ezek a hálózat úgynevezett *szolgáltatásosztályai*. Az osztályba sorolással egyszerűsödik a hálózat felépítésének és működésének tervezése, különösen integrált hálózatokban: egy-egy szolgáltatásosztályon belül azonos hálózati mechanizmusok biztosítják a QoS paramétereket. Ilyen működési elveket a 4.2.3-4. szakaszokban mutatunk be.

A történeti fejlődés során kialakult hálózatok közül több hálózatra is bevezethetők szolgáltatásosztályok. Példaként integrált információközlő hálózatokon átvitt fő információ típusoknak megfelelő szolgáltatásosztályokat mutatunk be a 4.2.1. táblázatban.

A szolgáltatások osztályba sorolása ugyanúgy nem tekinthető lezárt kérdésnek, mint a hálózatok fejlődése.

Információ típusa	beszéd	tömörített videó	adat
Késleltetés	érzékeny		nem érzékeny
Érzékenység			
Bitsebesség	állandó	változó	

4.2.1. táblázat. Fő információ típusoknak megfelelő szolgáltatásosztályok integrált hálózatokban.

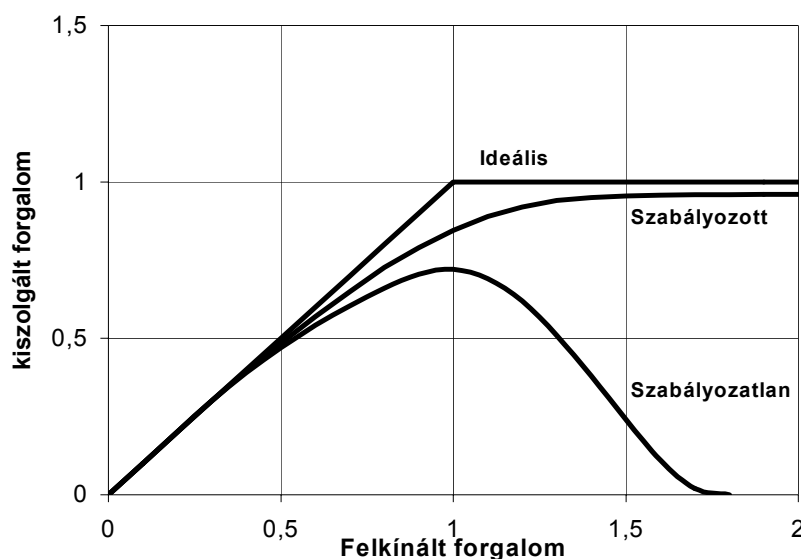
4.2.3. Torlódásvédelem

A hét rétegű OSI hivatkozási modell (továbbiakban OSI modell, lásd 1.10. alfejezet) hálózati rétegének két fő feladata a forgalomirányítás és a torlódásvédelem (4.1. alfejezet). A torlódásvédelem a QoS biztosításának egyik eszköze a hálózati rétegben. A QoS biztosításához azonban a megfelelő forgalomirányítás is és a többi réteg is (4.2.4. szakasz) hozzájárul.

A hálózatban két okból keletkezhet *torlódás*:

- valamely csomópont nagyobb sebességgel kapja bemenetén az információt, mint ahogy összességében azokat fel tudja dolgozni;
- valamely csomópont nagyobb sebességgel adná valamelyik kimenetére az információt, mint e kimenetéhez csatlakozó átviteli út maximális sebessége.

Torlódásmentes hálózatban a hálózat *átbocsátás* görbéje ideális (4.2.1. ábra). Ez azt jelenti, hogy az összesített átvitt forgalom megegyezik a felajánlott forgalommal mindaddig, amíg az átvitt forgalom el nem éri a hálózat kapacitását, míg e felett az átvitt forgalom megegyezik a hálózat kapacitásával. A megvalósított hálózatokban mindig fellép valamilyen mértékű torlódás. Megfelelő torlódásvédelem esetén az át bocsátás görbe monoton növekvő, és a görbe végérintője párhuzamos az ideális görbével. Torlódásvédelem hiányában az át bocsátás görbe visszafordulhat a nulla át bocsátás felé. Ilyenkor a hálózat befulladás. A hálózat kihasználásának egyik követelménye, hogy az át bocsátás görbe monoton növekvő legyen.



4.2.1. ábra. Tipikus át bocsátás görbék.

A torlódásvédelem három fő eleme a megfelelő forgalomirányítás, a forgalomkezelés és az erőforrás-kezelés. A különböző hálózati technológiák különböző mértékben és különböző megvalósítási technikával élnek e lehetőségekkel.

A *forgalomirányítás* a gyakorlatban egyenrangú és hierarchikus irányítási elvek kombinációjaként épül fel (4.1.4. szakasz). Az egyenrangú elv jelenléte azzal jár, hogy valamely hierarchikus forgalomirányítási hálózati síkon a közvetlen út torlódása esetén alternatív útvonal választható. A statikus alternatív forgalomirányítás azt jelenti, hogy a forgalomirányító algoritmus néhány előre meghatározott, kevés szakaszból álló alternatív útvonal szakaszait vizsgálja meg az alternatív útvonalakra előre megadott sorrendben. Dinamikus alternatív forgalomirányítás esetében sok, pl. száz és akár több szakaszos alternatív útvonal is megvizsgálható, és a megvizsgálás sorrendje függhet a hálózat forgalmi viszonyaitól. Kis forgalmi terhelésnél az átbocsátás szempontjából előnyös a dinamikus forgalomirányítás. Jelentős mértékű torlódásnál azonban a hálózat mindinkább az alternatív útvonal keresésével van elfoglalva és nem az információ továbbításával, ha a forgalomirányítás dinamikus. Jelentős mértékű torlódás esetén tehát célszerű átváltani statikus forgalomirányításra.

A *forgalomkezelés* az alábbi eszközökkel valósítható meg:

- forgalombeléptetés és rendszabás
- forgalmi sebességkezelés: sebességszabályozás, forgalomformálás, részleges vagy teljes forgalomkiiktatás.

Ha a hálózatban *forgalombeléptetést* alkalmazunk, akkor beléptetés a 4.2.2. szakaszban megfogalmazott a) és b) feltételek teljesítése esetében lehetséges. A beléptetésről a hálózat *hívás* jelentkezésekor, valós időben dönt. Pozitív döntés esetén a hálózat és a hívó felhasználó szerződést köthet a forgalomforrás és a QoS paramétereiről, valamint a díjszabásról. A hívás blokkolása esetén hívás várakoztatás vagy hívás visszautasítás lehetséges. Az utóbbi esetben a felhasználó újra hívást kezdeményezhet. Így végső soron a hívásblokkolás mindkét esete híváskésleltetést eredményez. A beléptetéshez *rendszabás* is járulhat: a hálózat ilyenkor ellenőrzi, hogy az adott forgalomforrás üzem közben nem lépi-e túl a megállapodott sebességadatokat. Túllépés esetén a hálózat megemelheti a díjtételeket és alacsonyabb kiszolgálási rangsorba sorolhatja az adott forgalmat, ami

akár az adott forgalom kiiktatásához is vezethet. A *sebességszabályozás* azt jelenti, hogy a torlódó csomópont jelzést küld a megelőző csomópontoknak, hogy lassítsák információtovábbítási sebességüket. Ez a mechanizmus láncreakciónak szerűen terjed az információtovábbítás útján visszafelé a hálózatban, és végül a hálózat felkérheti az információforrást is adási sebességének csökkentésére. A *forgalomformálás* valamely útszakaszra jutó információ sebességének maximálása úgy, hogy a torlódó csomagokat a hálózat egy erre a célra kijelölt tárolóban tárolja. A *forgalomkiiktatás* jelentheti az adott forgalom teljes kiiktatását, vagy csomagjainak részleges eldobását.

Az erőforrás-kezelés az alábbi eszközökkel valósítható meg:

- erőforrás túlméretezés
- erőforrás foglalás.

Erőforrás túlméretezés alkalmazásakor olyan mértékű hálózati kapacitásokat építünk, amely biztosítja, hogy a becsült forgalmi adatok mellett csak egy tűrhető valószínűségi korlát alatt lép fel torlódás. A túlméretezés ugyan költséges, de egyszerű és a többi torlódásvédelmi módszernek is megvan az ára.

Az erőforrás-foglalás a következő lépésekből áll:

- útvonal kijelölés vagy útvonalak kijelölése az adott forgalomterhelés megosztásával (forgalomirányítás),
- a csomópontok és utak erőforrásainak lefoglalása az adott forgalom számára a kijelölt útvonal/útvonalak mentén,
- erőforrás felszabadítás az adott forgalom megszűnésekor.

Az erőforrás-foglalást hívás formájában kezdeményezheti a felhasználó. Ilyenkor az erőforrás-foglalást forgalombeléptetés előzi meg, és normális üzemi körülmények között az erőforrás felszabadítást is a hívást kezdeményező felhasználó vezérli bontás kezdeményezésével. Megjegyezzük azonban, hogy forgalombeléptetés alkalmazható erőforrás-foglalás nélkül is. Az erőforrás-foglalást másrésztől kezdeményezheti a hálózatmenedzser is, akár összesített forgalom számára is. A mértéktelen erőforrás-foglalás igényeket megfelelő díjszabás politikával lehet korlátozni.

Az erőforrás-foglalás *összeköttetés* felépítését jelenti a hálózati rétegben. Ha a hálózati rétegben az adott hálózati technológia nem épít fel összeköttetést, akkor a hálózati réteget *összeköttetés-mentesnek* nevezzük. Az összeköttetés felépítése

tehát a QoS biztosításának olyan eszköze, amely garantálja a QoS paramétereket, ha az összeköttetést sikerült felépíteni. Az összeköttetés elvont fogalom, megvalósítása a hálózati rétegben egy rögzített útvonal, áramkör (4.1.1. és 4.1.3. szakaszok) vagy dinamikus útvonal felépítésével lehetséges (4.2.2. táblázat). A dinamikus útvonalat úgy értelmezzük, hogy az útvonal nem rögzített az információátvitel teljes idejére, hanem az útvonal és ezzel együtt az erőforrások lefoglalása is az információ átvitele közben is megváltozhat, ha a hálózat forgalmi terhelése ezt igényli.

Megnevezés	valós áramkör	látszólagos áramkör	dinamikus útvonal	adatcsomag alapú
Összeköttetés	összeköttetéses			összeköttetés-mentes
Áramkör	áramkör alapú		áramkörmentes	
Csomag	nem csomag alapú	csomag alapú		
Technológia, pl.	PDH, SDH, optikai hálózat	X.25, FR, ATM	MPLS, QoS IP	IP

4.2.2. táblázat. Összeköttetések megvalósítása a hálózati rétegben.

4.2.4. Hálózati technológiák összehasonlítása

A szolgáltatásminőséget a funkcionális réteges modell (4.1.6. szakasz) valamennyi rétege befolyásolja. Ennek érdekében minden rétegben lehet erőforrásokat igénybe venni, amelynek egyik eszköze az összeköttetés felépítése. Elvileg az OSI modell valamennyi rétege lehet összeköttetéses vagy összeköttetés-mentes. Összeköttetés felépítése azonban csak a hálózati rétegben jelenti áramkör vagy dinamikus útvonal kijelölését. A többi rétegben az összeköttetés más eszközökkel valósul meg. A különböző információközlő hálózati technológiák különböző rétegekben fektetnek súlyt a QoS szempontokra. A 4.2.3. táblázatban a + jel azt jelenti, hogy az adott réteg jelentősen hozzájárul a QoS biztosításához a szóban forgó hálózati technológiában. Az adatkapcsolati rétegben védelmi

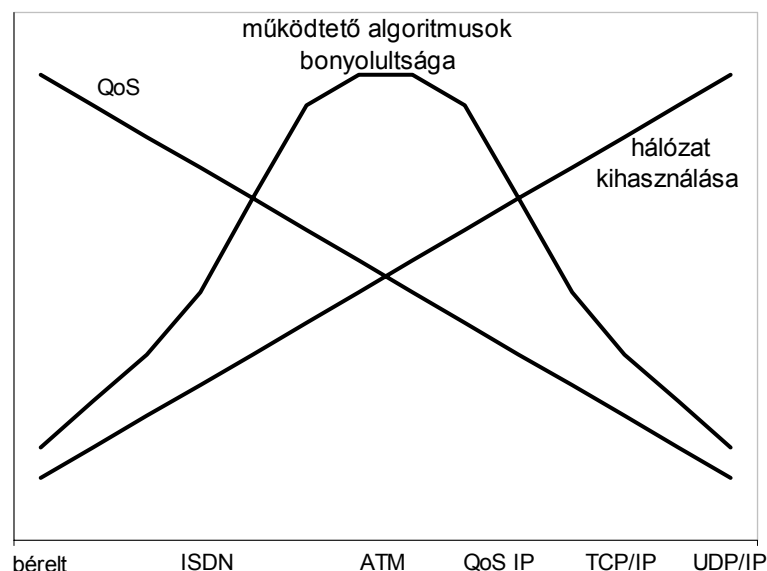
Technológia	Vonal kapcsolt	Keretkapcsolt		Csomagkapcsolt	
		X.25	ATM	TCP/IP	MPLS, QoS IP
Szállítási réteg	-	-	-	+	-
Hálózati réteg	+	+	+	-	+
Adatkapcsolati réteg	+	+	-	-	-
Fizikai réteg	-	-	+	+	+

4.2.3. táblázat. Az egyes rétegek hozzájárulása a QoS biztosításához.

kapcsolással vagy nyugtázással és ismétléssel, azaz adatkapcsolati rétegben megvalósított összeköttetéssel lehet megbízható átvitelt elérni. A hálózati rétegben a torlódásvédelem jelenti a QoS probléma megoldását. A szállítási rétegben a *forgalomszabályozás* járulhat hozzá a QoS biztosításához. A forgalomszabályozás az információ forrás és az információnyelő közötti összeköttetést valósítja meg a szállítási rétegben. Eszközei a nyugtázás, ismétlés, sebességcsökkentés.

A hibamentes vagy kis hibavalószínűségű átvitel megvalósítása minden rétegben lehetséges. A kis késleltetésű és késleltetés ingadozású átvitel megvalósítása azonban csak az alsó három rétegben lehetséges. Hálózati építményben a különböző hálózati technológiák QoS biztosítási módszerei és menedzselhetőségi képességei előnyösen ötvözhetők.

A 4.2.2. ábra a hálózat nyereségét befolyásoló néhány tényező hatását mutatja be néhány hálózati technológiára. A hálózat nyereségét pozitívan befolyásolja a hálózat kihasználása is és az elérhető QoS is a díjszabás révén. Másrészt, a hálózat nyeresége csökken, ha a hálózatot működtető algoritmusok (pl. torlódásvédelem) bonyolultabbak, mert növekszik az amortizáció és az üzemeltetés költsége.



Az ábrán az egyes hálózati technológiák balról jobbra haladva rendre a valós áramkör alapú bérelt hálózatot, a valós áramkör alapú kapcsolt hálózatot, a

látszólagos áramkör alapú kapcsolt hálózatot, a dinamikus útvonal alapú hálózatot, a forgalomszabályozás alapú hálózatot és az adatcsomag alapú hálózatot képviselik. A két egyenes metszéspontjában elhelyezkedő ATM előnyös kompromisszum. A kompromisszum ára a hálózatot működtető algoritmusok bonyolultsága. Ebből a szempontból az ATM hátrányos. Vagyis többféle hálózati technológiának is meg lehet a maga létjogosultsága a különböző felhasználói igények függvényében és összetett hálózati építményben történő alkalmazásban.

4.2.5. Hálózatok használhatósága és életképessége

A forgalom mennyisége gyakran növekszik. Ezáltal, egy hálózati elem meghibásodása (szakasz, csomópont, adó/vevő, stb.) hatalmas mennyiségű forgalom vesztéséhez vezet, ami nemcsak a felhasználónak jelent kellemetlenséget, de a hálózat üzemeltetőjének is jelentős bevétel-kiesést okoz. Ezért, például egy bérelt vonal esetén nemcsak annak sávszélessége, időtartama és ára a kérdés, hanem az is, hogy mennyi az adott szakasz *használhatósága*, azaz pl. egy éves időtartamra átlagolva az idő mekkora hányadában lesz üzemképes az adott bérelt vonal. Például amennyiben egy felhasználó "öt kilences" (azaz 99.999%) használhatóságot követel meg, az azt jelenti, hogy az adott bérelt vonal egy év alatt legfeljebb alig több mint 5 percig lehet forgalom szállítására alkalmatlan. Mivel egy meghibásodás észlelését és helyének meghatározását követően, a szerelő csapat ki kell jusson a helyszínre és hozzáférjen a meghibásodott hálózati eszközhöz, mielőtt elhárítaná a hibát, ez órákig, sőt napokig is eltarthat. Ez gyakran megengedhetetlen. A megkövetelt használhatóság eléréséhez a hálózatot fel kell ruházni "túlélőképességgel", azaz rugalmassággal, ellenállóképességgel a meghibásodásokkal szemben. Az alfejezet további részében a hálózati követelmények e körének fogalmait és jellemző megoldásait tárgyaljuk.

Védelem vagy helyreállítás?

A hálózat életképességét alapvetően kétféle módon fokozhatjuk: statikusan és dinamikusán. E két megoldás közt az a leglényegesebb különbség, hogy míg a *védelem* előre kijelölt elkülönített erőforrásokat használ a sérült üzemi útvonalak védelmére, addig a *helyreállítás* a meghibásodás pillanatában használatlan/lefoglalatlan erőforrásokat használja fel. Tehát, helyreállításnál egyrészt

nem foglalunk előre erőforrást, másrészt nem is jelöljük ki előre az útvonalakat, hanem az adott helyzetben a körülmények függvényében döntünk. A leírtakból következik, hogy a *védelem* erőforrásigényesebb (tehát költségesebb is) mint a helyreállítás, de cserébe működése gyorsabb, tehát kisebb mennyiségű forgalmat veszít meghibásodás esetén. A *helyreállítás* állandóan és jelentősen változó forgalmi viszonyok esetén előnyös, hiszen a pillanatnyi állapot függvényében dönt.²

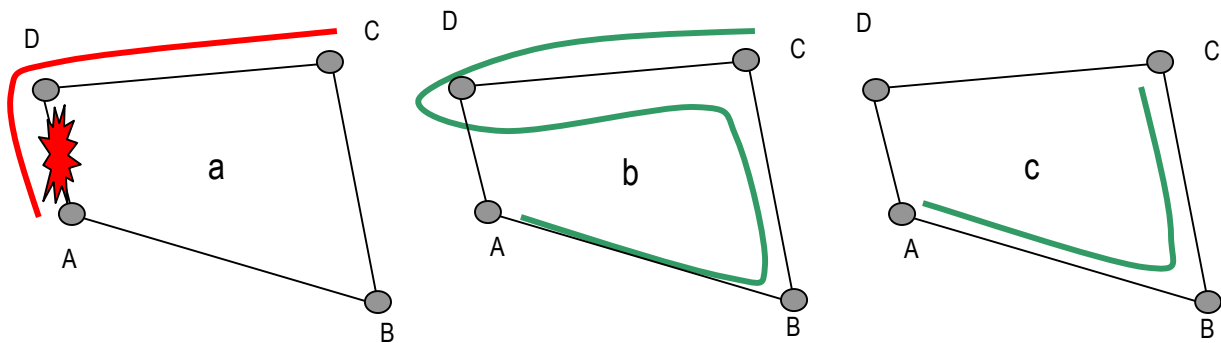
Mind a védelem, mind a helyreállítás elvét használva számos megoldás született. A legigéretesebb megoldások azonban együttesen használják a *védelmet* és *helyreállítást*. Például, a megszakadásra érzéken összeköttetéseket védjük, míg a kevésbé érzékenyeket a maradék erőforrások újrahasznosításával helyreállítjuk. Vagy például, noha helyreállítást használunk, előre megtervezett stratégiákra támaszkodunk, hogy gyorsítsuk működését. Természetesen számolni kell a védettség, illetve a helyreállíthatóság *részlegességével*, azaz a kiesett kapacitások *részbeni* pótlásának esetével is.

Szakasz- vagy útvonal-védelem?

A *szakasz védelem* egy szakasz meghibásodása esetén csak az adott szakaszt hidalja át. Tekintsük példaként a 4. 2. 3. ábrát. Az **a** hálózatban az A és C csomópontokat összekötő útvonal egyik szakasza (A-D) meghibásodik(4. 2.3.a ábra). *Szakaszvédelem* esetén csak a meghibásodott A-D szakaszt védjük, így a C-D szakaszon kétszer továbbítjuk az információt (4.2.3.b ábra). Ebből adódik, hogy ez egy erőforrásigényes megoldás, azonban igen gyors és egyszerű.

Az *útvonalvédelem* az egyes útvonalakat védi. Pontosabban, amennyiben egy út meghibásodik akkor átkapcsolunk egy másik útvonalra. Például a 4.2.3.c ábrán az A-D szakasz meghibásodása esetén átkapcsolunk az A-B-C útvonalra. *Útvonalvédelmen* belül is két technikát különböztetünk meg. A *diszjunkt utas útvédelem* esetén minden üzemi útvonalra előre definiálunk olyan útvonalat, mely teljes mértékben diszjunkt, azaz a végpontok kivételével nem tartalmaz közös hálózati elemet. *Szakaszos útvonalvédelem* esetén egy üzemi útvonal minden egyes szakaszának meghibásodására más-más védelmi utat határozunk meg. Tehát akár annyi védelmi útvonal is tartozhat egy üzemi útvonalhoz, ahány szakaszból az áll.

² Az angol „restoration” szó szerinti fordítása. A hazai gyakorlatban azonban ez átirányítás. Helyreállítás pedig az eredeti összeköttetés hibájának kiküszöbölése és a forgalom átvitele a zavarmentes esetben megvalósított módon.



Amennyiben nem csak egy, hanem kettő vagy több egyidejű meghibásodásra számítunk, akkor egy-egy üzemi útvonalhoz több védelmi útvonalat szükséges biztosítani. Helyreállítás esetén elegendő csak újrafuttatni a helyreállító algoritmust.

Szakasz vagy csomópont diszjunkt-utas védelem?

Az útszakaszok, a reprezentáló gráf éleinek meghibásodása a leggyakoribb, amit részben a kábelek (pl. földmunkák okozta) megrongálódása, másrészt az adó lézerek, ritkábban vevők meghibásodása jelent. A csomópontok, a gráf csúcsainak meghibásodása ritkább, ezt például a légkondicionáló meghibásodása, elemi csapás vagy a tápellátás huzamos idejű megszakadása okozhatja nem megfelelő szünetmentes táplálás esetén.

Ennek megfelelően a védelmi útvonal megválasztása él- vagy csúcs-diszjunkt kell legyen. Nyilván a csúcs-diszjunkt követelmény szigorúbb, minden csúcs-diszjunkt útvonalpár egyben él-diszjunkt is. Így egy csúcs-diszjunkt útvonalpár általában több erőforrást igényel mint egy él-diszjunkt.

Megosztott vagy hozzárendelt védelem?

Amennyiben minden üzemi útvonalnak lefoglalunk egy saját védelmi útvonalat is, az jellemzően hosszabb lesz mint az üzemi útvonal, hiszen mindig arra törekszünk, hogy az üzemi útvonal a lehető legrövidebb legyen. Ez azt jelenti, hogy amennyiben *hozzárendelt* védelmi útvonalakat biztosítunk, akár 2-3-szor több erőforrás szükséges mint védelem nélkül.

A *hozzárendelt védelemnek* (DP: Dedicated Protection) két típusát különböztetjük meg: "1+1" védelem esetén mind az üzemi, mind a védelmi útvonalon küldjük egyidőben az adatot, és a vevő dönti el, hogy melyik jelet használja, annak

minőségét folyamatosan mérve. Ezzel szemben az "1:1" védelem esetén csak az üzemi útvonalon küldjük az információt, és meghibásodás esetén mind az adót, mind a vevőt értesítjük arról, hogy kapcsoljon át a védelmi útvonalra. Ezt nevezik önműködő védelmi kapcsolásnak (APS: Automatic Protection Switching). Az 1+1 védelem gyorsabb, de üzemeltetése költségesebb.

Sok esetben ez megengedhetetlen többletköltséget jelent tekintettel a meghibásodások igen kis gyakoriságára. Ezen esetben *megosztott védelmet* (SP: Shared Protection) használunk. Általában abból indulunk ki, hogy egyidőben csak egy meghibásodás éri a hálózatot, azaz a hiba elhárítását igen rövidnek tekintjük a meghibásodások várható időintervallumához képest. Ezen esetben elegendő több (N darab) üzemi útvonalnak egy (1: N), vagy M darab (M : N) védelmi útvonalat biztosítani. Ennek az a feltétele, hogy mindazon üzemi útvonalak, melyek osztoznak ugyanazon védelmi erőforrásokon egymástól diszjunktak kell legyenek. Így jelentős mennyiségű erőforrást takaríthatunk meg, anélkül, hogy a rendelkezésre állás jelentősen csökkenne.

4.2.6. Hálózatvédelmi struktúrák

A hálózat védettségét fokozó, előző szakaszban bemutatott technikák jelentősen topológia- és forgalomfüggőek. Például, a hálózatok sűrűsége nagy mértékben befolyásolja a fenti megoldások hatékonyságát. A gyűrűk védelme igen egyszerű, igen gyors, és helyi döntés alapján működik. Ezért a hálózat üzemeltetői gyakran valamennyi forgalomigényt logikai gyűrűkbe sorolják a védelem érdekében. E megoldás különösen az SDH hálózatoknál terjedt el. A hátránya e módszernek viszont az, hogy nagy az erőforrásigénye. Azáltal, hogy az összekötött gyűrűk helyett mindinkább szövevényes topológiát használnak, a jobb erőforrásgazdálkodás érdekében mindinkább terjed a szövevényes védelem is.

További védelmi struktúrák a metaszövevény, ahol a 3-nál kisebb fokszerű szomszédos csomópontok összevonásával egyszerűsítik a védelem meghatározását, vagy a védőkörök definiálása (*p-cycle*) úgy, hogy bármely üzemi elem meghibásodása esetén e gyűrűre irányítjuk át a forgalmat, de akár a védőfákat (*p-tree*) is említhetjük, ahol a hálózatot lefedjük egy üzemi és egy védelmi fával, úgy,

hogy bármely hálózati elem meghibásodása esetén vagy az üzemi vagy a védelmi fázis mentén elérjük bármely csomópontból bármely másikat.

A többrétegű hálózatok az optikai technológiák fejlődésével és a forgalommenyiség rohamos növekedésével jöttek létre. Példaként említhetnénk az IP/ATM/SDH/DWDM struktúrát, vagy az IETF javasolta GMPLS (Generalised MultiProtocol Label Switching: Általánosított Többprotokollos Címkekapcsolás) megoldást, vagy akár az ITU-T által kidolgozott G.825-t (Automatic Switched Transport Network: Önműködő Kapcsolt Szállító Hálózat).

Ilyen többrétegű hálózatok kapcsán felmerül a kérdés, hogy egy meghibásodás esetén mely hálózatréteg védjen? Legjobb, ha abban a rétegben védünk, amely meghibásodott. Ennek viszont az lehet a hátránya, hogy minden rétegben külön-külön lefoglalunk védelmi erőforrásokat. Minden meghibásodás befolyásolja valamennyi fölötte lévő réteget. Ezért fontos, hogy ne kezdjen el valamennyi érintett réteg egyidőben védekezni a meghibásodás hatásainak mérséklése érdekében. Amennyiben forgalom összefogást (*traffic grooming*) használunk, érdemes ezen összefogott forgalmakat együttesen védeni. Noha ez több hálózati kapacitást igényel, gyorsabb és kevesebb jelzésforgalmat igényel, mintha minden egyes összeköttetést külön-külön irányítunk át a védelmi erőforrásokra.

A hálózat védelmének és az útvonalválasztásnak megoldása szoros összefüggésben van azzal, hogy a hálózat statikus vagy dinamikus, illetve hogy a hálózat statikus szállító vagy dinamikus kapcsolt részében alkalmazzuk. Mindaddig míg a hálózatunk statikus, azaz bérelt vonal jellegű (pl. az SDH hálózatok jelenleg ilyenek) addig az utak megválasztása, és szükség esetén a védelem biztosítása központosított lehet. A hálózat egészének naprakész ismerete egy központi helyen összpontosul, ahol az útvonalválasztási döntés is születik. E közelítésnek az a hátránya, hogy egy összeköttetés kialakításához napokra van szükség, és az adott erőforrásokat a vonalat bérlő állandóan lefoglalja, függetlenül, hogy küld-e hasznos információt vagy sem.

Az erőforrások hatékonyabb kihasználása érdekében önműködő kapcsolást alkalmaznak, így csak addig foglalunk erőforrást amíg az szükséges. E megoldásnak az a hátránya, hogy bonyolult jelzésrendszerre van szükség és nagy mennyiségű információt kell árasztani a hálózatban annak érdekében, hogy elosztott módon is megfelelő útválasztási döntést hozzanak. Ilyen környezetben, a hálózatot felosztva

egy-egy részhalmazban megfelelően működik az útvonalválasztás, a hozzárendelt védelem is megvalósítható, ám a megosztott védelem alkalmazása korlátokba ütközik: Nem elegendő csak a topológiára és a szakaszok terheltségére vonatkozó információt terjeszteni, hanem minden egyes szakaszra terjeszteni kell az azt használó üzemi útvonalakat, sőt azok védelmi útvonalait is pontosan kell ismerni!

4.2.7. A használhatóság számítása

A hálózat hálózati elemekből áll. Ilyen például két kapcsolót vagy rendezőt összekötő szakasz, mely jelfrissítő (regenerator) szakaszokból áll, jelfrissítőkből, jeladókból és vevőkből, illetve a szakaszvégeztető kártyákból. A hálózatok zavartalan működéséhez a kapcsoló-mátrix, a szinkronizáló óra, az összeköttetés-vezérlő kontroll és menedzsment síkok is zavartalanul kell működjenek.

A fent felsorolt valamennyi elemre külön-külön meghatározhatjuk a *rendelkezésre állást*. Például, ha egy vasútvonal mentén lefektetett 300 km hosszú fényvezető szálakat hordozó kábelt átlagban minden 7 évben egyszer vágják át és a javítása 1 napig tart, akkor az adott szakasz *használhatóságát* (rendeltetésszerű üzemelésének valószínűségét) A_i az alábbi módon határozzuk meg. Jelöljük MTBF-fel (Mean Time Between Failures) két meghibásodás közt eltelt idő várható (átlagos) idejét (esetünkben 7 év), továbbá jelöljük MTTR-rel (Mean Time to Repair) a meghibásodás pillanata és a javítást követő ismételt üzembehelyezés pillanata közt eltelt idő várható idejét (esetünkben 1 nap). Ekkor az adott i elem *használhatóságát* (A_i) az alábbi módon határozzuk meg:

$$A_i = 1 - \text{MTTR}_i / \text{MTBF}_i, = 1 - \text{DTR}_i \text{ (down time ratio)}$$

ami esetünkben 0.9996, azaz az adott szakasz az idő 99.96%-ban üzemképes.

Egyszerűség kedvéért a meghibásodás valószínűségének eloszlása egy kábel mentén egyenletesnek (uniform eloszlás) tekinthető, így ha a szakaszunk 300 helyett csak 100 km hosszú, akkor ennek megfelelően használhatósága 0.9999 lesz. Nem mindegy, hogy egy meghibásodás következtében mennyi ideig tart elhárítani a hibát, ezért ezt is külön megadják.

Egy hálózatban két pontot számos hálózati elem segítségével kötünk össze, melyek közül akár csak egy meghibásodása is az egész összeköttetés

megszakadásához vezet. Egy I elemből álló összeköttetés *használhatóságát* az alábbi módon határozzuk meg:

$$A(i=1,2,\dots,I) = A_1 A_2 A_3 \dots A_I$$

Látjuk, hogy az egész összeköttetés *használhatósága* rosszabb, mint a legrosszabb rendelkezésre állású elemé. Továbbá látjuk, hogy minél hosszabb egy út, illetve minél több elemből áll, annál rosszabb (kisebb) lesz a *használhatósága*.

Hogyan tudunk akkor "öt kilences" használhatóságot elérni? Úgy, hogy minden üzemi útvonalnak biztosítunk olyan erőforrásokat, melyekre néhány század, vagy tized másodperc alatt átkerüljünk a sérült üzemi útvonal forgalmát. Tegyük fel, hogy 1+1 védelmet használunk. Ezen esetben a védelmi kapcsolás 10 ms alatt megtörténik. Ez az idő elhanyagolható az 1 napos kieséshez képest, és ebben az esetben úgy tekintjük, hogy egy összeköttetés csak akkor szakad meg ha mind az üzemi mind a védelmi út megszakadt.

Jelöljük most p_i -vel ($i=1\dots I$) az egyes útvonalak rendelkezésre állását. Egy üzemi és $I-1$ védelmi útvonal esetén az eredő rendelkezésre állás most az alábbi módon értékelhető ki:

$$A(i=1,2,\dots,I) = 1 - (1-A_1)(1-A_2)(1-A_3)\dots(1-A_I)$$

Látjuk, hogy az egyes pontpárok közti összeköttetés használhatósága nagyobb (jobb) lesz mint az egyes útvonalak rendelkezésre állása. Továbbá látjuk, hogy minél több védelmi útvonalat biztosítunk annál jobb lesz a rendelkezésre állás. Így biztosítani tudjuk viszonylag nagy, könnyen hibásodó elemekből épülő hálózatokban is a rendelkezésre állás kívánt szintjét.

Irodalomjegyzék

[4.2.1] Cinkler T., Henk T., Ziegler G. szerk.: Távközlő hálózatok, elektronikus jegyzet, BME, 2002, <http://leda.ttt.bme.hu/~cinkler/TavkHal/>

[4.2.2] Hosszú G.: Internetes médiakommunikáció, *LSI Oktatóközpont*, Budapest, 2001.

[4.2.3] Keshav, S.: An Engineering Approach to Computer Networking: ATM Networks, the Internet and the Telephone Network, *Addison-Wesley*, Reading, Massachusetts, US, 1997.

[4.2.4] Perros, H. G.: An Introduction to ATM Networks, *John Wiley and Sons*, Chichester, 2001.

[4.2.5] Tanenbaum, A. S.: Computer Networks, Prentice-Hall, 1996

[4.2.6] Tanenbaum, A. S.: Számítógép-hálózatok, *Panem-Prentice Hall*, Budapest, 1999

- [4.2.7] Dhillon, B.S.: Reliability in Computer System Design, *Ablex*, 1987
- [4.2.8] Kershenbaum, A.: Telecommunications Network Design Algorithms, *McGraw-Hill*, 1993
- [4.2.9] Ramesh Bhandari: Survivable Networks: Algorithms for Diverse Routing, *Kluwer*, 1999
- [4.2.10] Bertsekas, D.P.: Network Optimisation: Continuous and Discrete Models, *Athena Scientific*, 1998

4.3. Hálózatok tervezése

Szerkesztő: Jakab Tivadar

Lektor: dr Jereb László

A hálózattervezés a hálózati erőforrások műszaki-gazdasági szempontból optimális konfigurálását és méretezését jelenti, tudományosan megalapozott módszerek alkalmazásával. A tradicionális hálózattervezés - szolgáltatási prognózisokból zárt (analitikus) forgalmi modellek alapján származtatott mennyiségi követelményekből és minőségi előírásokból kiindulva - az optimális hálózati szerkezet meghatározását, valamint a hálózati erőforrás-méretezés és a berendezés-választás problémáinak megoldását kínálja. A hagyományos tervezési feladatok időbeli strukturálása három különböző, más-más tervezési megközelítéssel jellemezhető időtávlatra épült.

A *távlati* tervek szerepe alapvetően a stratégiai hálózati kép kialakítása, a hálózat hosszú távon érvényes jellemzőinek (hálózati szerkezet, infrastruktúra) meghatározása. A *középtávú terv* alapvetően a meglévő hálózati képnek a stratégia által kijelölt iránynak megfelelő fejlesztését szolgálja. A *rövidtávú tervek* szerepe a közvetlenül felmerülő hálózatbővítési igényeknek megfelelő beruházás-előkészítés.

Az eltérő tervezési célkitűzéseknek eltérő részletezettségű tervek felelnek meg, melyek kidolgozása különböző modelleket és módszereket igényel. Kulcskérdés, hogy az egymásra épülő folyamatokban alkalmazott megközelítések, modellek, módszerek koherensen szolgálják a hálózat gazdaságos és hatékony működtetését és fejlesztését. A hálózattervezési modellek, eredmények ellenőrzésére, a névlegestől eltérő működési feltételek hálózatjellemzőkre gyakorolt hatásának vizsgálatára hálózatanalízis (teljesítőképességi, megbízhatósági/használhatósági) módszerek szolgálnak.

A logikai hálózati szerkezet meghatározása mellett a tervezési folyamat lényeges részét képezi a hálózat fizikai megvalósításának megalapozása, az átviteli utak műszaki jellemzőinek méretezése, a hardver- és szoftverelemek együttműködési feltételeinek biztosítása.

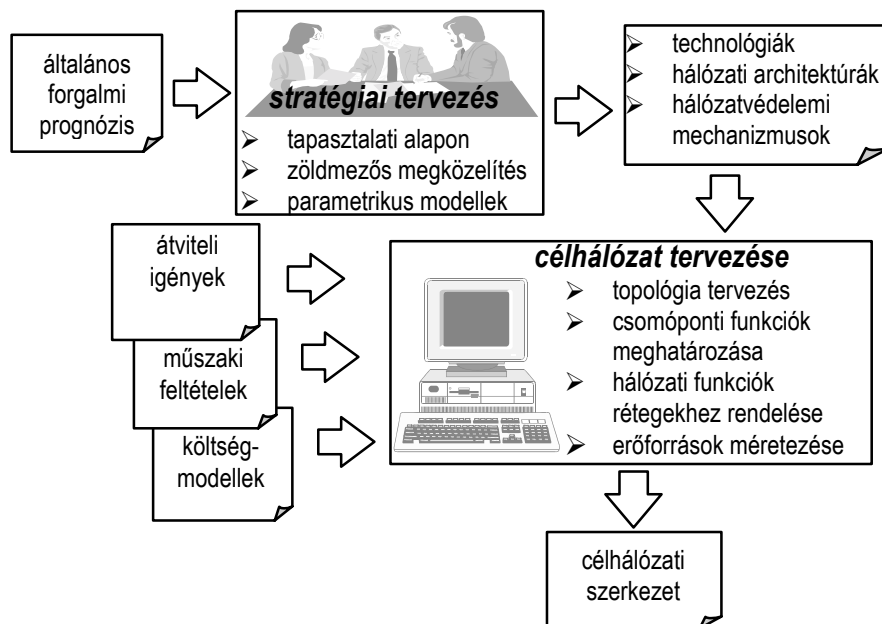
Az elmúlt évtizedben a távközlő hálózatok a permanens migráció állapotában voltak, és a közeljövőben ez az állapot nagy valószínűséggel fennmarad. Az alapvetően új szolgáltatások megjelenése, az új technológiák, a lényegesen megváltozott piaci feltételek, egyenként is a hálózatok jelentős átalakulását eredményeznék, együttes hatásuk következménye a folyamatos változás. A hagyományos távközlési szemléletet jelentős mértékben átalakító IP (Internet Protocol) technológia és az Internet alapú szolgáltatások térhódítása, a piaci verseny növekvő hatása is változásokat eredményez a hálózattervezés jellegében, tartalmában és módszereiben.

A vázolt fejlődési folyamat közvetlen következménye a különböző hálózati technológiák hosszú távú együttélése, ebből adódóan a kulcskérdés az optimális migrációs stratégiák kidolgozása, az együtt élő technológiák gazdaságos együttműködési feltételeinek megteremtése és fenntartása.

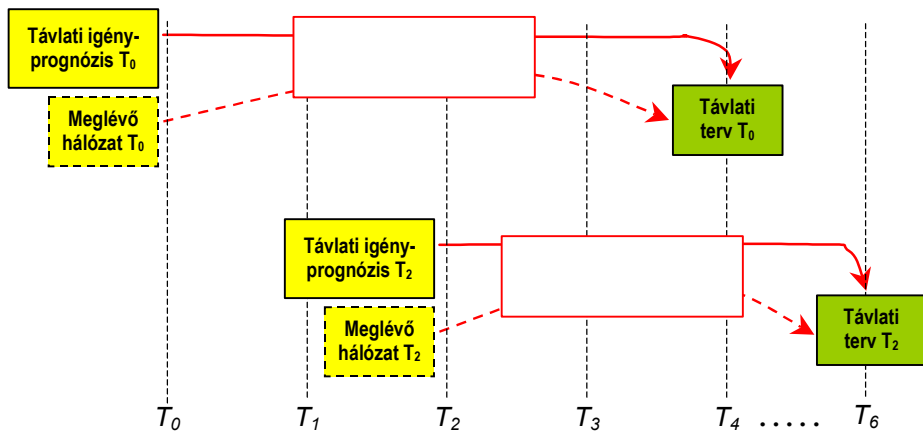
4.3.1. A tervezési megközelítések változása

A megváltozott logikai hálózat tervezésének folyamata és a tervezési módszerek jelentős mértékben átalakulnak. A gyors technológiai fejlődés, a rövidülő innovációs ciklus, a bizonytalanul prognosztizálható környezet, a korábbiaknál rövidebb tervezési időtávlatokat eredményez. Ennek egyik meghatározó jele a stratégiai tervezés felértékelődése. Ugyanakkor a stratégiai hálózati víziónak alapvetően csak orientáló szerepe van, hiszen egy-egy távlati tervezési ciklusban többször is szükségessé válhat a stratégiai hálózati kép ártértékelése.

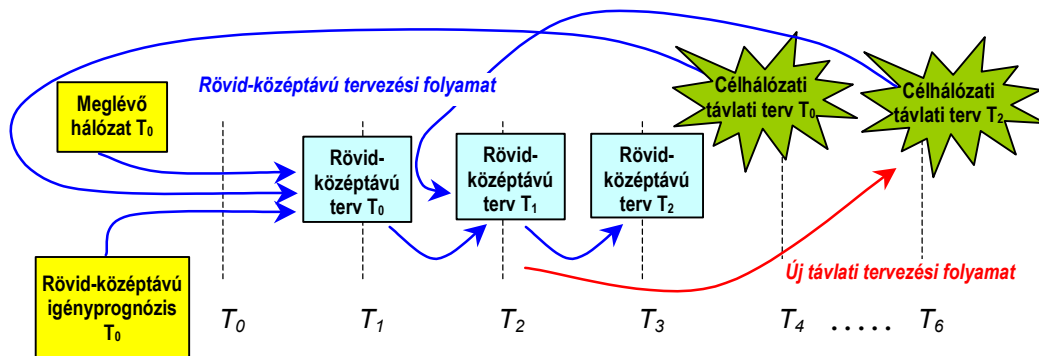
A technológiák, a szolgáltatások fejlődése és a piaci helyzet változásai a hálózatok meghatározó jellemzőinek módosítását igényelhetik. Ezen változtatási szándékok hosszabb folyamatokban érvényesülhetnek, melyek tervszerű alapja a célszerűen meghatározott távlati hálózati kép, mely egy olyan célhálózatot körvonalaz, amely az aktuális és prognosztizálható feltételek és hatások mellett optimálisnak tekinthető (4.3.1. ábra).



A tervezési ciklusok változásának másik lényeges következménye a rövidtávú tervezés meghatározóvá válása. Az elmúlt évek során a klasszikus középtávú tervezési ciklus egyre rövidült, majd a rövidtávú szempontok kiemelése mellett gyakorlatilag összeolvadt a rövidtávúval. A 4.3.2.a ábra a távlati (célhálózati) tervezés középtávú tervezési időszakokon áthúzódó megközelítését mutatja. A 4.3.2.b ábra által bemutatott középtávú tervezési megközelítésben, a középtávú tervezési ciklusok célja nem a rögzített célhálózat fokozatos kialakítása, hanem a hálózatnak a célhálózat által meghatározott irányba történő fejlesztése. Ebben az esetben a távlati tervezési időtartományon belül a távlati tervezés megismétlődik, a célhálózat az időközben módosult feltételek mellett újratervezendő mielőtt a középtávú tervezési lépések a távlatilag kitűzött időhorizontot elérnék. Ezt a technikát a tervezési gyakorlatban gördülő tervezésnek nevezik. Ennek lényege, hogy a távlati tervezési időhorizontján (4.3.2.a ábrán szereplő példánkban T_4) belül megtörténik a célhálózati terv aktualizálása (példánkban T_2 idő elteltével), azaz gyakorlatilag a távlati időtáv által meghatározott „időablak” nem illeszkedő, hanem átfedő jelleggel halad előre. A megközelítést az a gyakorlati megfontolás teszi, teheti szükségessé, hogy a tervezési feltételrendszer meghatározó elemei (technológia, igények, piaci, gazdasági feltételek) a távlati tervezési időszakon belül is jelentősen megváltozhatnak.



a) Távlati tervezési megközelítés



b) Rövid-középtávú tervezési megközelítés

A tervezési megközelítések, folyamatok, feladatok köre bővül. Egyre hangsúlyosabb szerepet kap a taktikai tervezés: a meglévő hálózati szerkezet és infrastruktúra folyamatos értékelése a változó feltételek mellett. Ez a tervezési elem az analízis-módszerek felértékelődését eredményezi.

Részben már említett felgyorsult folyamatok, valamint a prognóziskészítés nehézségei, továbbá az összetett, nehezen kezelhető modellekkel leírható (Internet) forgalom kezelésére két megoldás adódik. Vagy a hálózatot kell jelentősen túlméretezni, hogy az előre nem látható változásokra reagálni tudjon, vagy hálózat flexibilitására támaszkodva kell a mérés alapú tervezésre (konfigurálás) áttérni. Ennek során a hálózaton mért forgalmi jellemzők alapján rövidtávon az átkonfigurálás segítheti a hálózat hatékonyságának és a szolgáltatások megkívánt minőségének elérését. Amennyiben az átkonfigurálással a kívánt célok nem érhetők el, az erőforrás-bővítés szükségességének jelzése, majd a hálózatfejlesztés következő ciklusában az erőforrások tényleges bővítése következik.

A fentieknek megfelelő folyamat alapfeltétele a megfelelő mennyiségű erőforrással ellátott hálózati szerkezet, és az üzemeltetési (menedzsment) rendszerre alapozható gyors (automatikus) átkonfigurálást támogató hálózati technológia.

A hálózattervezésben szükséges változások másik meghatározó oka a hasonló hálózati funkciók megvalósítására alkalmas különböző technológiák huzamos együttélése. Ennek közvetlen következménye, hogy a technológiaválasztás, az alapvető hálózati funkciók (mindenekelőtt a hálózatvédelmi megoldások) megvalósításának technológiai rétegek közötti optimális szétosztása a megoldandó tervezési problémák egyike. A hálózati funkciók technológiai rétegek közötti optimális szétosztását jelentős mértékben befolyásolhatja a különböző technológiai rétegek együttműködési képessége.

A gyors technológiai változásokat sokszor nehezen követi a tervezési módszerek, a tervezést támogató szoftvereszközök fejlődése. Ezen módszerekkel és eszközökkel szemben ma már alapvető elvárás hogy egységes modellek és szemlélet alapján közelítsenek a különböző technológiájú hálózatok tervezési problémáihoz. Az új elvárásoknak megfelelő módszerek technológia-független alapmodellre épülő többretegű tervezési megközelítést igényelnek.

4.3.2. A tervezési folyamatok illesztése

A sikeres hálózatfejlesztés és a hatékony beruházás szempontjából kulcsfontosságú, hogy a hálózattervezés különböző időtávlatú folyamatai koherensen illeszkedjenek egymáshoz. Mivel az egyre bonyolódó tervezési problémák mellett ennek biztosítása nem triviális, tekintsük át a nem illesztettség lehetséges okait és az inkoherenciák kiküszöbölésére szolgáló módszereket (4.3.1. táblázat).

Inkoherencia oka	Hol jelentkezik?
előrejelzések bizonytalansága	távlati – középtávú középtávú – rövidtávú
korlátozott költségvetés	távlati – középtávú
eltérő optimalizálási kritériumok	távlati – középtávú
Eltérő erőforrás-felhasználási stratégiák	távlati – középtávú középtávú – rövidtávú

4.3.1. táblázat. Tervezési folyamatok inkoherens illeszkedésének okai

A tervezési lépések és eredményeik illesztlenségének egyik alapvető oka a prognózisok és előrejelzések bizonytalansága. A hosszabb időtávra előretekintő előrejelzések nagyobb bizonytalansága a kapcsolódó tervezési folyamatok illeszkedésének zavaraihoz vezethet. Ez a veszély alapvetően az igényprognózisok kapcsán jelentkezik, de a költségrendek és a technológiai fejlődés ütemének előrejelzési kapcsán is felmerülhet. Az átviteli igények váratlan változásai (különösen új szolgáltatások megjelenése és gyors elterjedése idején) jelentős zavarokat eredményezhetnek a hálózatfejlesztésben.

A ok az anyagi erőforrások korlátossága, illetve a hálózatfejlesztésre rendelkezésre álló költségvetés változásaiból is eredhet. Ennek következtében bizonyos hálózati erőforrások az eredeti tervekhez képest későbbi időpontban állnak csak rendelkezésre, ami a beruházás-ütemezés felborulásához vezethet.

A harmadik tipikus ok az egyes tervezési periódusok eltérő optimalizálási kritériumaiból és az erőforrás-felhasználás eltérő stratégiájából is származhatnak. Mindkét ok felmerülésének lehetősége a távközlési piaci versennyel növekszik.

A távlati és középtávú tervezés közti inkoherencia a stratégia döntéseket gyengíti, de nem befolyásolja közvetlenül a piaci jelenléttel kapcsolatos megfontolásokat. A középtávú és rövidtávú tervezési folyamatok illeszkedési zavarainak következménye ugyanakkor az is lehet, hogy bizonyos átviteli igények csak részben vagy egyáltalán nem elégíthetők ki, ami a piaci jelenlétet, a szolgáltatásokat, vagy azok minőségét is közvetlenül befolyásolhatja. Mindezek

Inkoherencia oka	Megelőző intézkedés	Korrigáló intézkedés
Előrejelzések bizonytalansága	az előrejelzési módszerek javítása, az időtávlatok rövidítése, mérés alapú tervezés és konfigurálás	kockázati analízis
Korlátozott költségvetés	a hálózatfejlesztési folyamatok tökéletesítése, hálózatátrendezés	-
Eltérő optimalizálási kritériumok	kritériumok egységes szemléletű megfogalmazása	-
Eltérő erőforrás-felhasználási stratégiák	a hálózatfejlesztési folyamatok tökéletesítése, az időtávlatok rövidítése, hálózatátrendezés, egyszerűbb hálózati megoldások preferálása	dinamikus igénynövekedési modellek

4.3.2. táblázat. Tervezési folyamatok illesztlenségének kiküszöbölésére szolgáló intézkedések

hatásának kiküszöbölésére megelőző és korrigáló intézkedések alkalmazhatók (4.3.2. táblázat).

4.3.3. Mérés alapú tervezés

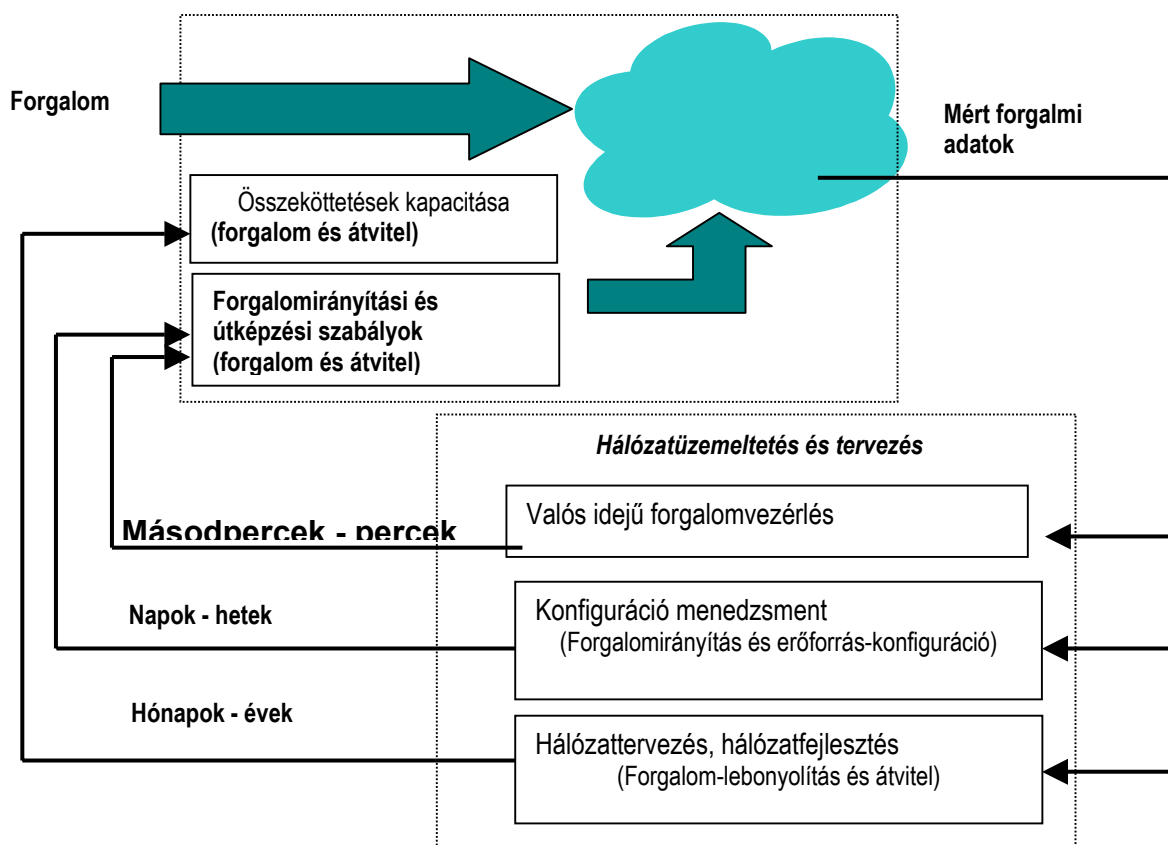
Az IP alapú hálózatok tervezése során sok bizonytalansági tényezővel kell szembenézni:

- Új alkalmazások, melyek forgalmi viselkedése kevésbé ismert.
- A meglévő alkalmazások forgalmi modellezése bonyolult (pl. önazonos folyamatok), a rendelkezésre álló modellek alkalmazása a tervezési folyamatban nagyon nehézkes (forgalmi paraméterek meghatározása, illesztése).
- A hálózati csomópontokban megjelenő igények forgalmi érdekeltisége nehezen becsülhető.
- Az Internet rohamos fejlődésének következményeként a hálózat egy-egy pontján megjelenő forgalom nagysága csak nagy bizonytalansággal prognosztizálható.

A felsorolt hatások következtében a hagyományos tervezési módszerek és ezekre alapozott hálózatfejlesztési megközelítések alkalmazhatósága kérdéses. A bizonytalanságok kezelésére, csökkentésére új tervezési megközelítés szükséges. Az új tervezési módszer alapja a forgalmi prognózisok helyett a *hálózat aktuális forgalmának és kihasználtságának* mérése. Ennek alapján kialakítható egy olyan komplex hálózatkonfigurációs és hálózattervező rendszer, melyben az automatikus hálózatkonfigurálást és a hálózatbővítések szükségességét, továbbá az aktuális hálózat forgalmi jellemzőit mérés alapján állapíthatjuk meg.

A mérés alapú tervezés egyik kulcseleme a beavatkozási időpontok definiálása. A két egymást követő beavatkozási időpont közötti időszakban a tervezőrendszer mérési modulja folyamatosan kiértékeli a hálózat forgalmi állapotát. A beavatkozási időpontok közötti időtartam megválasztása függ a hálózatban kiszolgálandó igények változásának dinamikájától és a hálózat teljesítőképességétől.

A mérés alapú hálózatkonfigurálás és hálózattervezés másik kulcseleme a mért forgalmi jellemzők alkalmas feldolgozása, a hálózati állapot, az optimális hálózatkonfiguráció és hálózatbővítés meghatározásához szükséges forgalmi jellemzők előállítása a közvetlenül mérhető adatokból. Az aktív és passzív mérések, és a hálózatelemek által gyűjtött forgalmi információk lekérdezése lehet a hálózati



forgalom jellemzésének alapja. A 4.3.3. ábra egy egyszerűsített sémát vázol fel a forgalom mérésre alapozott hálózatmenedzsment, hálózatkonfiguráció és hálózattervezés komplex együttesére.

4.3.4. Tervezési problémák és modellek

A távközlő hálózatok tervezése, műszaki tartalmát tekintve is sokrétű folyamat, mert számos, a tervezési probléma megfogalmazását, a feladat kitűzését és megoldását befolyásoló tényező jelenlétét kell a tervezés során figyelembe venni. Az alkalmazható modelleket és módszereket a megoldandó műszaki probléma mellett a tényezők is jelentősen befolyásolják. Jelen keretek között a kérdéskör rövid áttekintését adjuk csupán, a részletek iránt érdeklődők [4.3.3]-ban a témák bővebb kifejtését és kapcsolódó publikációk hivatkozásainak sorát találhatják.

A hálózattervezési problémák sajátosságai

A tervezési problémák jellegét, tartalmát befolyásoló lényeges szempontok három csoportját emeljük ki:

A) A technológiák folyamatos fejlődése: A technológiák változása az eltérő hálózatszerkezeti megfontolásokra alapozott megoldások sokszínűségéből adódóan hat alapvetően a tervezésre. Illusztrációul két példa szolgálhat. A forgalomlebonyolító hálózati sík technológiájának változásai a vonalkapcsolt (PSTN - Public Switched Telephone Network), cellakapcsolt (ATM - Asynchronous Transfer Mode), csomagkapcsolt (IP) a hálózatszerkezés és hálózatműködtetés alapvető változásait eredményezik, és így közvetlen hatással vannak a tervezésre is (pl. az alkalmazható forgalmi modelleken keresztül). A transzportkapacitásokat biztosító, alapvetően vezetékes átviteli technológiák (PDH - Pleisochronous Digital Hierarchy, Public, SDH - Synchronous Digital Hierarchy, WDM - Wavelength Division Multiplexing) fejlődése a megvalósítható hálózati funkciók fejlődését eredményezte. Elég csak a preferált hálózati szerkezet változásainak szövevényes – gyűrűs – ismét szövevényes sorozatát említeni ahhoz, hogy a változások tervezési módszerekre gyakorolt hatását érzékeltessük. Ezek a változások egyrészt a modellek és módszerek folyamatos megújítását igénylik annak érdekében, hogy tervezési feladatok az új technológiák, hálózati megoldások megjelenésének korai szakaszában már vizsgálható és a hálózatok stratégiai jövőképeire gyakorolt hatásuk felmérhető legyen. A folyamatos fejlődés és a gyors változások másik következménye – mint arra már utaltunk – a különböző, technológiák hosszabb távú együttélése, amiből a több technológiai rétegből felépülő hálózatok tervezésének számtalan nehezen leírható problémája ered.

B) Az adott gazdasági környezet és piaci szabályozás: A külső gazdasági tényezők hatása a tervezett hálózat létrehozására felhasználható anyagi forrásoktól a gazdaságos üzemeltetés, a beruházás jellegéből eredő hosszabb távú megtérülés kockázataig közvetlenül az üzleti vonatkozásokat érinti, de ezeken keresztül a műszaki megoldásokra is jelentős befolyással lehet. Példaként tekintsük azt az egyszerű helyzetet, amikor egy új technológiára épülő piac minél nagyobb szegmensének megszerzése érdekében a közvetlenül megragadható gazdasági és műszaki előnyök megjelenése előtt stratégiai kérdéssé válik az új technológia bevezetése.

C) A tervezendő hálózatot felhasználó szervezet jellege is jelentős befolyást gyakorolhat a tervezésre. A folyamatos megújulás kényszere, az adott szervezet innovációs képessége, az új technológiát befogadó szervezet nyitottsága a szélesebb értelemben tekintett tervezés során lényeges szempontok. Legjobb példa erre az IP technológia térhódításának ellentmondásos lefolyása a hagyományos távközlési szolgáltatók körében. Az adott szervezet technológia-orientált vagy költségorientált jellege befolyásolhatja a kialakuló hálózati megoldásokat. A szervezet felhasználói jellege (magánhálózat tervezése saját igények kielégítésére saját beruházásban) vagy szolgáltatói jellege (nyilvános hálózat tervezése piaci igények kiszolgálására) alapvetően eltérő megközelítéseket igényelhet. Ugyanakkor az alkalmazott tervezési metodológia és apparátus sok esetben azonos alapokra építkezik.

A technológiáktól, a felhasználás jellegétől és az eltérő hálózatszerkezeti elvektől függetlenül megragadható *néhány olyan általános tényező*, amely a hálózat tervezése szempontjából meghatározó:

- A szolgáltatások iránti igények nem determinisztikus (statisztikus módszerekkel leírható) jellemzői a hálózati technológia kiszolgáló (forgalomlebonyolító) képességeivel együttesen határozzák meg az adott hálózat viselkedésének leírására alkalmas modellt.
- A tipikusan sokszereplős, a sokféle célú, felépítésű, technológiájú hálózatot magában foglaló távközlési környezet a műszaki, szolgáltatási és üzleti együttműködési kereteken keresztül befolyásolja a tervezést.
- A megragadható, prognosztizálható növekedési tendenciák nyilvános és magánhálózatok esetében egyaránt meghatározó tervezési szempontokat szolgáltatnak (fejleszthetőség, bővíthetőség, gazdaságosság, megtérülés).
- A tervezett hálózat megvalósításában felhasználható hardver és szoftver termékek sokszínűsége mind gazdaságossági, mind modellezési-tervezési, mind pedig együttműködési szempontból lényeges tervezési problémákat vet fel.
- Az együttműködés, az együttműködtethetőség (mind saját hálózaton belül, mind a külvilág felé) feltételeit meghatározó szabványok és ajánlások műszaki tartalma alakítja a lehetséges műszaki megoldások körét, jellegét.
- A befektetések és beruházások hosszú távon megtérülő jellegéből adódó kockázatok (rugalmas fejlesztetőség, gazdaságos üzemeltethetőség) a tervezés gazdasági vonatkozásait befolyásolják számottevően.

Optimalizálási kritériumok és feladatok

A tervezési célkitűzések alapvetően két nagyobb csoportba sorolhatók:

- A *gazdaságos méretű* hálózati erőforrások kialakítása a megfelelő (specifikált) minőség biztosítása mellett. Determinisztikus igények esetén a nyálábolás (multiplexálás) teremti meg a megfelelő méretű és kitöltöttségű átviteli rendszerek kialakításának lehetőségét. Nem determinisztikus igények (forgalom) esetén a cél az erőforrások megfelelő kihasználtsága, aminek elérésére a forgalomkoncentráció (statisztikus multiplexálás) módszerei szolgálnak. A csoportba tartozó tervezési feladatok adott specifikáció minimális ráfordítás (erőforrás-mennyiség, beruházási, üzemeltetési költség) mellett történő kielégítését célozzák.
- A *véges erőforrások felhasználásával elérhető maximális teljesítményre koncentráció megközelítés* alapvetően más jellegű feladatot eredményez. Ekkor tipikusan a meglévő hálózati erőforrások, vagy a célok eléréséhez felhasználható finanszírozási keret korlátossága a meghatározó jellemző, és a cél a maximális hatékonyság elérése.

A jellegzetes tervezési, optimalizálási feladatok függnek:

- a tervezés részletezettségétől,

- a hálózat és a támogatott szolgáltatások jellegétől, az alkalmazott technológiától,
- a tervezés időtávlátától,

és jellegükből fakadóan négy nagyobb csoportot alkotnak:

1. Az első csoport a *klasszikus méretezési problémák* tartoznak (adott specifikáció teljesítése minimális költséggel), amelyek megjelenhetnek közvetlenül kitűzött feladatként, vagy összetettebb problémába ágyazottan (logikai, fizikai hálózatszerkezet tervezése) a lehetséges megoldások kiértékelése során.

2. A második csoportot a *hálózatátrendezési, hálózatkonfigurálási problémák* alkotják, ekkor a meglévő hálózat korlátozott mennyiségű erőforrásainak optimális felhasználása mellett kell valamilyen hálózati teljesítményjellemző (pl. kiszolgált felhasználók száma, átvitt forgalom, rendelkezésreállítás, stb.) maximalizálását biztosítani.

3. A harmadik csoportba tartozó feladatok az előző kettő kombinációjának is tekinthetők, ekkor az *optimális hálózatbővítési probléma megoldása* a cél részben a meglévő erőforrások optimális felhasználásával, részben új erőforrások optimális létesítésével (a megoldás korlátozódhat a meglévő szabad erőforrások felhasználására, de magában foglalhat komplett hálózatátrendezést is).

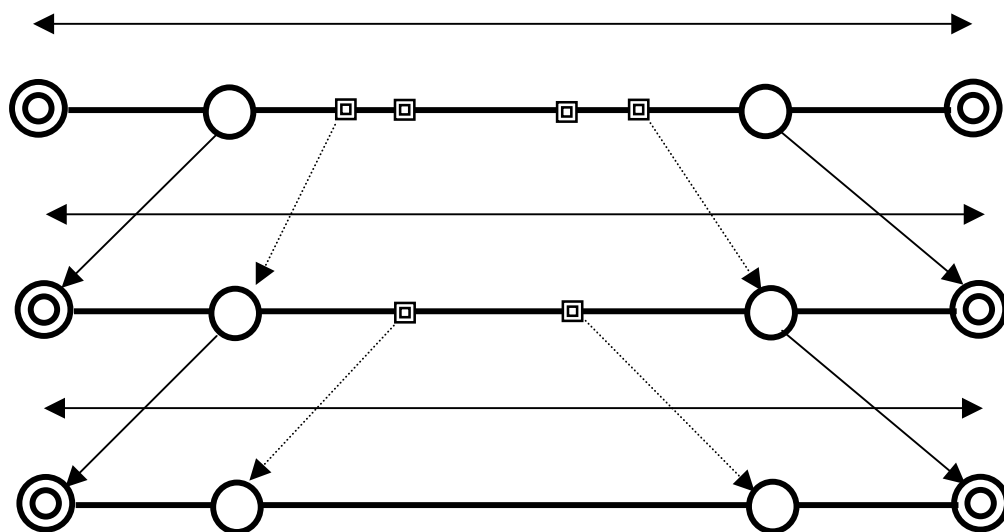
4. A negyedik csoportot olyan összetett tervezési feladatok alkotják, melyek alapvetően a *hálózatszerkezet optimális kialakítása* során jelentkeznek. A logikai és fizikai hálózatszerkezet kialakítása elhelyezési feladatok megoldását (központok, koncentrátorok, adatbázisok, stb. számának, helyének és illetékességének meghatározása), valamint a hálózati struktúra (forgalomirányítási szerkezet, szegmentált transzporthálózati szerkezet) és topológia (alépítmény- és kábelhálózat) meghatározását foglalja magába (l. 4.3.5. szakaszt).

4.3.5. A hálózattervezés általános rétegmodellje

A hálózatok tervezési, analízis problémáinak megoldásához célszerű egységes modellt felállítani. Ennek előnye egyrészt a modellre alapozott tervezési és analízismódszerek hordozhatósága, másrészt a többrétegű hálózatok összetett problémáinak egységes szemléletű kezelése. A modell alapja a különböző technológiák hasonló funkcionális elemeinek modellszintű kiemelése. Egy potenciális technológia-független tervezési alapmodell és megközelítés azon az általános törvényszerűségeen alapul, hogy a távközlő hálózatok nagy többségének felépítését a véletlen forgalom kapcsolókra alapozott koncentrálása, valamint a determinisztikus átviteli kapacitások nyálábokba multiplexálása határozza meg.

Véletlen (forgalmi) igények esetében a forgalomkoncentráció célja az osztott erőforrások jobb kihasználtságának biztosítása meghatározott szolgáltatási minőség mellett (*Logikai hálózatszerkezet*). A determinisztikus (átviteli kapacitás-) igények nyalábokba multiplexálásakor a motiváció a moduláris felépítésű erőforrások (multiplex rendszerek) jobb kitöltöttségének biztosítása (*Fizikai hálózatszerkezet*).

A technológia-független tervezési megközelítés a hálózatok rétegmodelljének (G.803, G.805, M1400) általánosításán alapul. A hierarchikus rétegstruktúrában minden réteg egy réteghálózatot alkot, amely logikai értelemben a magasabb koncentráltaságú, fizikai értelemben a magasabb multiplexáltságú réteg erőforrásait használja. A szomszédos rétegek közötti kapcsolatot az alacsonyabb réteg magasabb rétegben nyalábolt szakaszai adják. A nyalábképzés szabályait a rendelkezésre álló csomóponti funkciók és a technológia sajátosságai (berendezések modularitása, üzemeltetési megfontolások, gazdaságossági szempontok, stb.) határozzák meg.



Például hullámhossz-multiplexált szemi-permanens hálózatok esetén az optikai csatornák nyalábolásának feltétele, hogy a csomópontok multiplexálási, demultiplexálási, szükség esetén hullámhossz-konverziós funkciókkal legyenek ellátva. A multiplexált nyaláb méretét egyszerűen a nyalábolt csatornák számának összege határozza meg. A hálózati szintű nyalábképzési szabályok szempontjából

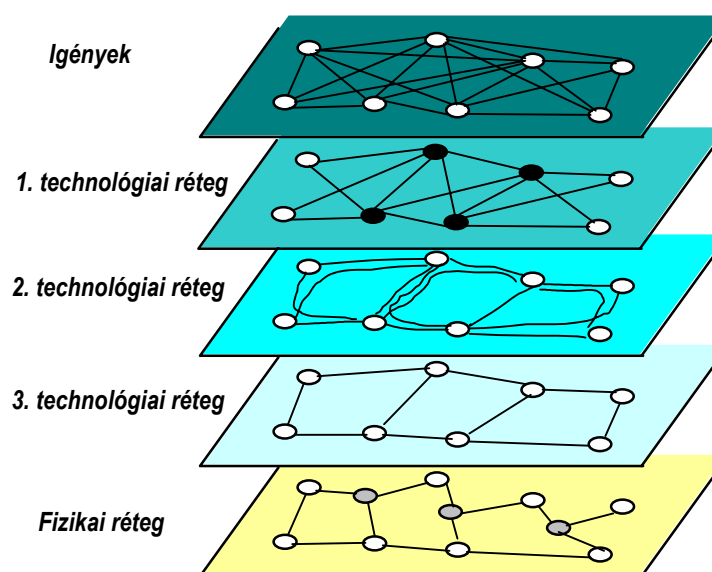
meghatározó lehet, ha az optikai leágazó multiplexer funkciót megvalósító berendezés csak korlátozottan fér hozzá az optikai multiplex hullámhosszaihoz (nem minden optikai csatorna végződteshető).

Vonal- vagy cellakapcsolt hálózatok esetén a csatornák nyálábolásának feltétele az alkalmas kapcsolófunkció csomóponti jelenléte. A koncentrált nyáláb méretét a technológiára jellemző forgalmi-tömegkiszolgálási modell alapján lehet meghatározni.

Többrétegű hálózatok tervezése

A több technológiai rétegből felépülő hálózatok üzemeltetésének, és ebből adódóan tervezésének is meghatározó eleme a technológiai rétegek közötti együttműködési képességek kialakítása, kihasználása, rétegekben megvalósítható hálózati funkciók optimális kombinációja és együttes alkalmazása. A technológiai rétegek együttműködésének alapja a koordináció. A különböző rétegek függetlenül, koordinációs technikák alkalmazása nélkül is működtethetők, ez azonban redundanciát eredményezhet az erőforrás-felhasználásban, és instabilitást a működésben (nemkívánatos redundancia a védelemben, működési zavarok a hibaeseményekre reagálásban).

A technológiai rétegek közötti legegyszerűbb koordinációs mechanizmus alapja az időzítés. Ekkor a hosszabb reakcióidejű réteg vár a gyorsabbra, és akcióit



csak egy adott (akár eseményfüggő) várakozás után indítja. A megoldás előnye, hogy az üzemeltető rendszerek függetlenül működtethetők, hátránya, hogy a hálózat reakcióideje megnő.

Szorosabb koordináció az üzemeltetési rendszerek korlátozott információcseréjére alapozottan érhető el (token alapú együttműködés), az optimális együttműködéshez pedig integrált üzemeltetési rendszer szükséges. A különböző technológiájú hálózati rétegek üzemeltetési rendszereinek integrálása a nem szabványos felületek és folyamatok mellett bonyolult egyedi fejlesztéseket igényelhet, skálázhatósági, beszállítói korlátokat eredményezhet. A távközlési technológiák fejlődése az alapjaiban egységes szemléletű és jelzésrendszerű intelligens hálózat – GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switching) alapú ASTN (Automatic Switched Transport Network) - felé haladva keres megoldást a problémára.

A multiplexelés általánosítására alapozott rétegelt modellhez jól illeszkedik egy fentről lefelé haladó rétegenkénti tervezés, amikor a kliens rétegek szerver réteggel szembeni elvárásait pont-pont igényeken és ezek kielégítésének szabályain keresztül adottak. Ez a klasszikus folyamat lehetőséget ad az egyes technológiai rétegek sajátosságainak maximális figyelembevételére, ugyanakkor a hasonló hálózati funkciók optimális megvalósítását jelentősen nehezítheti, például a védelmi és helyreállítási funkciók ilyen jellegű tervezése nemkívánatos redundanciákhoz vezethet.

Egy másik lehetséges megközelítésként az alulról felfelé haladó tervezési folyamat is felmerül. A hagyományos tervezési gyakorlat alapján eretnekségnek tűnhet kliensigények származtatása nélkül egy szerverréteg tervezése, méretezése. Van e realitása egy ilyen megközelítésnek?

Ha a technológiai hálózatrétegek tervezésével alulról felfelé haladunk, ekkor a pontosan meghatározott átviteli igények és igénymegvalósítási szabályok ismeretének hiánya korlátozhatja az optimális tervezést. Ugyanakkor a transzport-hálózatokban domináns optikai hálózatok nagy kapacitása és viszonylag alacsony fajlagos költsége lehetővé teheti hogy a kapacitás-tervezés helyett a strukturális és funkcionális tervezésre kerüljön a hangsúly.

A harmadik lehetőség a rétegek együttes tervezése. Ez mindenképpen jobb megoldásra vezethet az előbbieknél, de fennáll annak a veszélye, hogy a tervezési szempontból eltérő tulajdonságú kliensek együttes kezelése túlságosan elbonyolítja a folyamatot. Ezért célszerű kompromisszum lehet egy iteratív megközelítés, amely mind a felülről lefelé, mind az alulról felfelé haladó tervezési folyamat eredményességét jelentősen javíthatja.

A fajlagosan jelentősen olcsóbb optikai átvitel mellett nem tűnik ésszerűtlennek egy, a hagyományos kapacitás optimalizálástól eltérő tervezési megközelítés, melynél adott határok között változó kliensigények kiszolgálására képes hálózatszerkezet kialakítása a cél. Ez alkalmas olyan kliensréteg kiszolgálására szolgáló szerverréteg tervezésére, mely kliensréteg a mérés alapú hálózatkonfigurálás és hálózattervezés során vázolt séma szerint működtethető. Az aktuálisan felmérhető technológiai fejlődési irányok alapján az IP kliens és annak optimális kiszolgálására kifejlesztendő automatikusan kapcsolt optikai hálózatok (ASON - Automatic Switched Optical Network) együttese közel áll a fentiekben felvetett általános elképzeléshez.

4.3.6. Hálózatoptimalizálási módszerek

A hálózattervezési problémák megoldása összetettségéből, sokrétűségéből adódóan több tudományág eredményeit integrálják. A tömegkiszolgálás (sorbanállás)-elmélet modelljei és módszerei a sztochasztikus forgalmi viselkedés leírására, a statisztikai módszerek a nagymennyiségű hálózati információ feldolgozását igénylő feladatok (forgalmi mérések, hálózatanalízis) megoldása kapcsán kapnak szerepet. Az operációkutatás, a matematikai programozás, a gráfelmélet módszerei az optimalizálási problémák specifikálására és megoldására szolgálnak. Az egzakt módszerek korlátozott alkalmazhatóságuk ellenére fontos szerepet játszanak a tervezésben, mert az optimalizálási problémák kapcsán alkalmazott heurisztikus megoldások értékeléséhez szükséges egzakt referenciákat szolgáltatathatják. Jelentős a szerepe a tömegkiszolgálás-elméletből levezethető analitikus egzakt és közelítő módszereknek, valamint az analitikus kezelhetőséget meghaladó bonyolultság esetén a szimuláció alapú módszereknek.

A permanens összeköttetéseket tartalmazó hálózatok tervezési és méretezési problémáinak megoldása függ az alkalmazott technológia sajátosságaitól, ugyanakkor

a jellegükben sokszor hasonló feladatok megoldása az operációkutatás optimalizálási módszereire alapozható. A részproblémák (pl. legrövidebb út keresése, kifeszítő fa, vágatok, körök, folyamatok meghatározása, stb.) egzakt megoldása gráfalgoritmusokra épülhet, vagy az egészértékű matematikai programozás módszereivel (ILP – Integer Linear Programming) állítható elő. Az ILP alapú módszerek nem elég hatékonyak, valós méretű feladatok megoldása esetén jelentős erőforrásigényt támasztanak. Ugyanakkor új tervezési módszerek és megoldások kialakítását és használatát megkönnyítik.

A legkézenfekvőbb egzakt megoldást a *kimerítő keresés* szolgáltatja. Ekkor valamilyen szisztematikus bejárési stratégia szerint az összes megengedett megoldást kiértékelve határozzuk meg a globális optimumot. A megoldás egyszerűsége előny, de gyakorlati méretű feladatokra a megengedett megoldások nagy száma miatt általában nem alkalmazható.

Ha alkalmas modellezési és feladatkitűzési megközelítést választunk, akkor konstruálhatók a célfüggvényre olyan hatékony becslési eljárások, amelyek lehetővé teszik a megengedett megoldások globális optimumot (optimumokat) tartalmazó térrészének lépésenkénti szűkítését. Ekkor a megengedett megoldások egy jelentős részéről azok kiértékelése nélkül eldönthető, hogy rosszabbak a globális optimumnál. A módszer neve *Branch and Bound*, ami a vizsgált megoldások körének fokozatos kiterjesztésére (*branch*) és a megvizsgáltakra alapozott becslések alapján történő szűkítésére (*bound*) utal. A módszer nyilvánvalóan hatékonyabb a kimerítő keresésnél, alkalmazásának nehézsége abból származik, hogy a megfelelő modellt és becsléseket az egyes feladatokra egyedileg kell megkonstruálni.

A megengedett megoldások teljes terének bejárása helyett stratégiánk lehet egy (heurisztikus megfontolások alapján kiválasztott) *trajektória bejárása*. Ehhez megközelítés a megoldások szomszédosságát értelmezi, és egy adott megoldásból kiindulva egy-egy aktuális megoldás összes szomszédját kiértékelve határozza meg a továbblépés irányát.

Három módszer említünk ennek a stratégiának a megvalósítására. Az egyik a *mohó algoritmus*, amely egy aktuális állapot összes szomszédjának kiértékelése alapján a célfüggvényt leginkább javító állapot felé halad tovább. A módszer egyszerűen implementálható, gyors, ugyanakkor tipikusan lokális optimumra vezet. A másik szisztematikus módszer a *tabu search* (*tabu keresés*). Ez szintén egy aktuális

állapot összes szomszédjának kiértékelése alapján halad, de a továbblépés iránya ez esetben a célfüggvény alapján legjobbnak bizonyuló szomszéd, a visszalépés alapesetben tiltott (tabu). A szolgáltatott megoldás a bejártak közül a legjobbnak bizonyuló. Harmadikként említhető a *gradiens módszer*, amely deriválható célfüggvény esetén, nevéből következően egy aktuális állapotból a gradiensirányba eső szomszédos megoldás felé halad tovább.

A véletlen keresési stratégiák köréből három heurisztikus módszerre utalunk. Az egyik a *klasszikus Monte-Carlo módszer*, amely a megoldások terében folytatott véletlen bolyongás során kiválasztja a bejárt megoldások közül az optimálisat. A másik a *hegymászó módszer*, amely egy aktuális megoldás szomszédai közül véletlenszerűen választ, és ha a választott szomszédhoz tartozó célfüggvény jobb, akkor továbblép a lokális optimum felé. A harmadik módszer a szimulált lehűtés (*Simulated Annealing*), amely egy adott állapot véletlenszerűen kiválasztott szomszédjának célfüggvényét kiértékeli, és ha jobbnak találja, akkor mindig továbblép, ha nem találja jobbnak, akkor is véges valószínűsége van annak, hogy a rosszabb megoldás felé halad. A rosszabb megoldás választásának jelentősége a lokális optimumokból kikerülés lehetőségét adja. Az algoritmus konvergencia-sebessége és a keresett megoldás jósága paraméterekkel hangolható. Egy-egy feladatra az algoritmus viszonylag egyszerűen megkonstruálható (kiinduló megoldás, szomszédossági reláció értelmezése, célfüggvény és annak kiértékelése), optimális „felparaméterezése” azonban hosszabb vizsgálatokat igényel.

Szemléletében más a *genetikus algoritmus*, amely az evolúció analógiájára építve a kiértékelt megoldások jó tulajdonságainak átöröklésére alapozza az optimális megoldás keresését (szelekció, keresztezés, mutáció adott populáción). Ha a jó tulajdonságok átöröklhetősége az adott feladat kapcsán nehezen megragadható, akkor tisztán véletlen keresésre (mutációra) épít, de mindig a jó tulajdonságokkal rendelkező megoldásokra (egyedekre) alapoz.

A gyakorlati méretű és bonyolultságú hálózattervezési problémák megoldása számítógépes támogatás nélkül elképzelhetetlen. Ez a szoftverháttér a fejlett adatbázis-kezelési technikákat a hálózatokat leíró információk rendszerezésére és a hálózatüzemeltetés-hálózatnyilvántartás-hálózattervezés egységes információs alapjának folyamatos fenntartására használja. A korszerű szoftvertechnológia (objektum-orientált programozás, komponens alapú szoftverstruktúrák) egyre

fontosabb szerepet játszik a tervezési folyamatok számítógépes támogatását biztosító szoftverek létrehozásában..

Irodalomjegyzék

- [4.3.1] ITU ajánlások: G.ASON, G.ASTN, G.803, G.805
- [4.3.2] EURESCOM P709 D3: Tervezési megközelítések és módszerek összefoglalása (további hivatkozásokkal): www.eurwscm.de
- [4.3.3] Robertazzi, Thomas G.: Planning Telecommunication Networks, IEEE Press, New York, US, 1999
- [4.3.4] Wu, Tsong-Ho: Fiber Network Service Survivability, Artech House, Boston, US, 1992
- [4.3.5] Nemhauser, G. L. , Rinnooy Kan, A. H. G. , Todd, M J. : Optimization, Elsevier, New York, US, 1989
- [4.3.6] Bazara, M. S., Jarvis, J. J., Sherali, H. D.: Linear Programing and Network Flows, Wiley, New York, 1990
- [4.3.7] Bellman, R. E., Dreyfus, S. E.: Applied Dynamic Programming, Princeton University Press, Princeton NJ, 1962
- [4.3.8] Cooper, L., Steinberg, D.: Methods and Application of Linear Programming, Saunders, Philadelphia, 1974
- [4.3.9] Davis, L.: Handbook of Genetic Algorithms, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
- [4.3.10] Kaufmann, A., Henry-Labordère, A.: Integer and Mixed Programming: Theory and Applications. Academic Press, New York, 1977.
- [4.3.11] Kershenbaum, A.: Telecommunication Network Design Algorithms, McGraw-Hill, New York, 1993.
- [4.3.12] Otten, R.M.H., van Ginneken, L. P. P.: The Annealing Algorithm. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1989.
- [4.3.13] Kleinrock, L.: Queueing Systems, Vol. I: Theory. Wiley, New York, 1975.
- [4.3.14] Robertazzi, T. G.: Computer Networks and Systems: Queueing Theory and Performance Evaluation. Springer-Verlag, New York, 1994.
- [4.3.15] Sharma, R. L.: Network Topology Optimization: The Art and Science of Network Design, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990
- [4.3.16] Spohn, D. L.: Data Network Design. McGraw-Hill, New York, 1993.

4.4. Távbeszélő hálózatok

Szerző: Dely Zoltán

Lektor: dr. Sallai Gyula

A távbeszélő-technika több mint 125 éves története során a távbeszélő hálózatok a világon elterjedtek és azt szinte tökéletesen lefedik. Soklépcsős fejlődésen keresztül egyre magasabb színvonalon valósították meg eredeti céljukat, a beszédátvitelt, a kiegészítő, kényelmi szolgáltatások folyamatosan bővülő készletével társítva. A kezdetben minden elemében a beszédátvitelt szolgáló hálózat differenciálódott, különvált a kapcsolt *forgalmi hálózat* és az *átviteli hálózat*, mely utóbbi közös hordozójává vált a különböző célú *forgalmi hálózatoknak*: adathálózatok, mobil hálózatok, stb. Az átvitel és a kapcsolás digitalizálása lehetővé tette a beszédátvitel mellett adatok átvitelét is, megszületett a keskenysávú ISDN, amely a digitális távbeszélő hálózat többszolgáltatású kiterjesztésének tekinthető. Azonban a mindeddig alapelveként megtartott *áramkörkapcsolás* korlátjává vált a megnövekedett és nagyon változó átviteli sebességigényű szolgáltatások közös hálózaton való gazdaságos megvalósításának. A jövő sokszolgáltatású integrált hálózata – mai ismereteink és elképzeléseink szerint – a *csomagkapcsolás* elvén alapul.

A mobil hálózatok az utóbbi években felgyorsult, intenzív fejlődéssel átvették a vezető szerepet a beszédszolgáltatások terén. A távbeszélő és ISDN hálózat, bár szolgáltatásai helyhez kötött végpontokon érhetők el, ma már gyakorlatilag – igény esetén – minden épületbe elér. Ezért a távbeszélő hálózat *kapcsolt hozzáférési* megoldásként használatos más szolgáltatási célú hálózatok számára, amelyeknek nincs a széles használói közönséget elérő saját hozzáférési hálózatuk. Így például ez az eszköze az Internet eljuttatásának a lakossági használókhoz.

A kiterjedt vezetékes hozzáférési hálózat a távbeszélő hálózat legköltségesebb szegmense, ezért igen nagy az értéke. A hagyományos rézvezetős előfizetői hálózat a *DSL* (digital subscriber loop/line) digitális átviteltechnikai megoldásokkal többszörös kihasználásúvá válik: a távbeszélő, illetve ISDN használat

mellett, azoktól függetlenül szélessávú hozzáférésként használható, például adathálózatokhoz.

Ebben az alfejezetben a távbeszélő hálózatot, mint önálló forgalmi hálózatot tárgyaljuk, elhatároljuk az átviteli hálózattól, azonban bemutatjuk viszonyukat. Áttekintjük a távbeszélő hálózat legfontosabb sajátosságait, az áramkörkapcsolást, a hálózatra vonatkozó elvárásokat és a hálózat kialakítását meghatározó tényezőket. Bemutatjuk a forgalmi struktúrákat és a forgalomirányítási rendszereket, a ma használatos megoldásokra fókuszálva. Nem célunk a fejlődés történetét részletezni, korábbi állapotokra csak röviden, az összefüggések megértését segítő szándékkal térünk ki.

4.4.1. A távbeszélő hálózat sajátosságai

Forgalmi és átviteli hálózat

A távbeszélő hálózat beszédátviteli távszolgáltatásokat nyújtó forgalmi hálózat, amely a kapcsolást végző központokból és az azokat összekötő áramkörnyalábokból áll.

A *forgalmi áramkör* egyidejűleg egy *hívás* lebonyolítására alkalmas, kétirányú kommunikációt valósít meg és fogalma hasonlatos egy gráf-éléhez: hossza és nyomvonala érdektelen, csak az számít, hogy melyik két központot köti össze. A távbeszélő hálózat ráépített hálózatként az *átviteli hálózat* átviteli képességeit veszi igénybe a forgalmi áramkörök megvalósítására. Az átviteli hálózat átviteli csomópontokból és fizikai áramkörökből áll. Az átviteli csomópont lehet szakaszvégpont, ahol átviteli végberendezések, multiplexek vannak, továbbá elágazási pont, ahol multiplexekkel és/vagy rendezőkkel különböző irányok fizikai áramkörei összeköthetők, illetve elágaztathatók. A fizikai áramkörnek a nyomvonala és – a tárgyalás céljától függően – a technikája, és számos más paramétere is meghatározó. A forgalmi áramkörök számára ezek a fizikai sajátosságok mindaddig érdektelenek, amíg a központok felületeihez illeszkedő, adott tulajdonságú (pl. digitális hálózatokban 64 kbit/s sebességű) átviteli csatornákat nyújtanak. A két hálózat viszonyát, illetve eltérő jellegét szemlélteti a 4.4.1. ábra egy egyszerű háromközpontos példán. Az a) ábra a forgalmi hálózatot, a b), c) és d) ábrák ennek az egy forgalmi hálózatnak három különböző lehetséges átviteli hálózati (fizikai) megvalósítását mutatják.

Az előfizetői végberendezés és az előfizetői központ (*határcsomópont*) közötti előfizetői, vagy *hozzáférési hálózat* esetében a forgalmi és az átviteli hálózati szintek szétválasztása még nem általános, azonban a multiplex, osztott használatot biztosító rendszerek terjedésével, a több-szolgáltatású hozzáférési hálózatok kiépülésével folyamatban van (ld. DSL rendszerek).

Áramkörkapcsolás

A távbeszélő hálózat igénybevétele hívások kezdeményezésével történik. A hívás kiszolgálásához a hálózat központjai a forgalmi áramkörök összekapcsolásával egy hívásutat építenek fel a hívó és a hívott között. Ez adott átviteli kapacitással a hívás teljes időtartama alatt az adott híváshoz tartozik, függetlenül a ténylegesen átvitt információtól, annak időben változó tényleges intenzitásától (valós áramkör-alapú kapcsolat, v.ö. 4.1.1. szakasz). Ki kell hangsúlyoznunk, hogy a távbeszélő hálózatban az áramkörkapcsolás a központokban valósul meg és független az átviteli hálózat technikájától. A kezdetben fémes kapcsolást a digitalizálás során felváltotta a be- és kimenő időosztásos jelfolyamok megfelelő időréseinek összerendelése. A

digitális átviteli hálózatban a legelterjedtebben szintén időosztásos jelfolyam időrései képviselnek egy áramkört, de az átvitel már csomag (pl. ATM cella) alapú virtuális áramkörök formájában is lehetséges.

Forgalom

A távközlési forgalom a hálózat valamely elemének, kiszolgáló egységének (kapcsoló egység, átviteli szakasz, stb.) átlagos foglaltságát, igénybevételét jelenti. A távbeszélő hálózatban a forgalom a hívásokkal, azok összességével kapcsolatos, hiszen a hívásút felépítése során foglaljuk le a csomóponti eszközöket és az azokat összekötő forgalmi áramköröket. Megjegyzendő, hogy a távbeszélő hálózat az átviteli hálózatban az egyes központ-párok között a várható igénybevételre méretezett áramkörnyalábokat, és az azokat megvalósító, megfelelő kapacitású átviteli utat foglalja le, tartósan. Ezt a tartós lefoglalást az átviteli hálózat szempontjából lehet forgalomnak tekinteni, azonban a távbeszélő hálózat tárgyalásánál forgalomnak csak a használok által kezdeményezett hívások általi átlagos igénybevételt tekintjük.

Veszteséges kiszolgálás

Az áramkörkapcsolt távbeszélő hálózat fontos sajátossága, hogy a forgalmat veszteséges módon szolgálja ki: ha az egyes hívások számára a forgalomirányítási rendszerben lehetséges szakaszokon, kiszolgáló egységekben a hívás elakad, nem található szabad csatorna a felépítendő forgalmi útvonal következő szakasza számára, akkor a hálózat a hívást visszautasítja, azaz az adott híváskísérlet elvész. Más szóval a távbeszélő hálózat kiszolgáló egységeiben nincs mód várakozásra.

A hálózat kialakítására ható tényezők

A hálózat tervezésekor az alapvető cél az igények kielégítése a műszaki megfelelés és a gazdaságosság összehangolásával, azaz: az előfizetői és forgalmi igények kielégítése a minőségi elvárásoknak megfelelően a műszaki képességek felhasználásával a lehető leggazdaságosabban. A műszaki és gazdasági szempontból optimális hálózat kialakításának tényezői: előfizetői és forgalmi igények, szolgáltatás minőségi követelmények, a hálózat elemek tulajdonságai és képességei, továbbá költség-jellemzői, a meglévő hálózat

adottságai, a környezeti feltételek, telepítési korlátok, valamint műszaki és szabályozási követelmények, előírások.

a) Előfizetői igények

- a hálózat lehetséges használóinak, leendő előfizetőinek földrajzi eloszlása: prognosztizálni kell az előfizetői igényeket a forgalmi szokásaik, forgalmi igényük mértéke és más sajátosságai, pl. irányultság szerinti eloszlása alapján különböző *használói kategóriákban*, piaci szegmensekben;
- az igénylők területi eloszlása nagyvárosi területeken folytonosként írható le, míg vannak elszórt és csomósodottan elhelyezkedő igények;

b) Forgalmi igények

- az időben változó forgalmi igények mértékadó értéke, amit a hálózat tervezésénél figyelembe veszünk a *forgalmas órai forgalom*, amit a forgalom napi és heti lefolyásának ismeretében határozzunk meg;
- *fajlagos forgalmi* paraméterek előfizetői kategóriánként, azaz átlagosan egy előfizető forgalmi igénye, és annak megoszlása helyi, belföldi és nemzetközi viszonylatok között;

c) Szolgáltatás-minőségi követelmények

- a távbeszélő hálózatra vonatkozó követelmények egy része a *beszédátvitel minőségére* vonatkozik: zaj, csillapítás, torzítás, késleltetés, stb.
Ezek az átviteli jellemzők és az eredő mértékükre vonatkozó követelmények az analóg hálózatokban nagyon fontosak, a hálózat egészére kihatnak. Digitális hálózatok központközi részében az átviteli hálózatban megoldható ezek kielégítése, így a távbeszélő hálózat struktúrája az átviteli minőségi paraméterektől közel függetlenül alakítható; az előfizetői hálózatban, annak rézvezetős analóg jeleket használó szegmenseiben tekintettel kell lenni az áthidalható távolságra;
- a szolgáltatás szintjét a távbeszélő hálózatban a forgalmas órai hívások megengedett veszteségével adjuk meg: a felajánlott hívások hány százalékát utasíthatja vissza a hálózat a kiszolgáló egységek foglaltsága miatt;

d) Központ jellemzők és képességek

- a központok híváskezelési, forgalomirányítási képességei meghatározzák a távbeszélő hálózat szolgáltatásait, és lényeges hatással vannak a hálózat kialakítására is;
- a központok csatlakozó felületei (interfészei), jelzésrendszerek és hálózattírányítási (menedzselési) rendszerek, képességek;

- a központok összetett rendszerek, melyek felépítése, a különböző funkciójú egységeik alapmoduljainak kapacitása és ezek variálhatósága, valamint a kiépíthető legnagyobb kapacitás meghatározó fontosságú;
- a központok áramkörei részét képezik a felépített hívásutaknak, ezért átviteli jellemzőik is számíthatnak (a digitális központokból álló, digitális átviteli hálózatra épülő távbeszélő hálózatban az átviteli jellemzők a hálózat kialakítását már nem befolyásolják);

e) A hálózatelemek költségstruktúrája

- a hálózat kialakítására döntő hatással van a hálózat-elemek költségstruktúrája, különösen a csomóponti eszközök (központok és átviteli végberendezések) költségeinek és az átviteli út távolságtól függő költségének aránya.

4.4.2. Forgalmi struktúrák

A távbeszélő hálózat két, alapvetően különböző jellegű szegmensre, részhálózatra osztható: az előfizetői végpontokat az első helyi (ill. előfizetői) központtal összekötő *előfizetői hálózatra* és a helyi központok közötti kapcsolatokat felölelő *központközi hálózatra*.

Előfizetői (hozzáférési) hálózat

Az előfizetői vagy más szóval hozzáférési hálózat *forgalmi értelemben* hagyományosan csillag-struktúrájú: minden előfizetői végpont számára egy forgalmi áramkör lehetséges a központ előfizetői fokozatáig, útvonal-választás nélkül. A műszaki megvalósítás lehetőségei a rézvezetéktől a fényvezetőkön keresztül a vezeték-nélküli rendszerekig terjednek, beleértve ezek kombinációt is. A rézvezetékes hálózatokban fizikailag egy érpár áll egy előfizető rendelkezésére. Az előfizetői hálózat gazdaságossága osztott használatú eszközök alkalmazásával javítható. Figyelembe véve egy részterület előfizetőinek fajlagos forgalmi igényeit és szokásait, *forgalomkoncentráló eszközök* alkalmazásával a kitűzött szolgáltatási szint az előfizetői hálózat bizonyos szakaszain az előfizetők számánál kevesebb csatornával is biztosítható.

Az elektronikus eszközök alkalmazása lehetővé tette nagyobb távolságok gazdaságos áthidalását és ezzel nagyobb területek egyetlen központtal való ellátását. Az elektronikus, forgalom-koncentráció *kihelyezett előfizetői fokozattal* sikeresen megvalósítható. A mai digitális kapcsolástechnikával igen nagy, akár több

számozási körzetet is lefedő terület ellátható egyetlen *host* (anya-) központtal és általa vezérelt több kihelyezett fokozattal.

Központközi hálózat

Az előfizetői központok tápterületeinek kialakítása nyomán adottak a központközi hálózat alappontjai, a helyi központok. A forgalmi érdekelttség általában a közigazgatási, gazdasági, kulturális szempontból egy terület egységbe tartozó központok között erősebb, a távolsággal pedig csökken. A hálózat gazdaságos felépítése egy többszintű csillag-struktúra, amely illeszkedik a többszintű terület-beosztáshoz: több helyi hálózat alkot egy elsőszintű (primer) területet, több primer terület alkot egy második szintű (szekunder) területet, és így tovább.

Minden területen egy kiemelt központ – a terület forgalmi centruma – *tranzitálja* a forgalmat a terület többi központja között, és *kapu-központként* lebonyolítja a terület ki- és bejövő forgalmát a többi terület felé. Így egy hierarchikus struktúrát kapunk, amely a távbeszélő hálózat hagyományos, általános struktúrája. Bármely két központ között egy meghatározott forgalmi út áll rendelkezésre, más szóval az ilyen hálózat *egyszeres összekötöttségű*. A területek kapu központjai koncentrálják a távolabbi területek közötti forgalmat, ezzel biztosítják a hálózat távolsági szakaszainak kihasználtságát.

A távbeszélő hálózatot a hierarchia mentén helyi és helyközi hálózatra, az utóbbit körzeti és helyközi tranzithálózatra osztjuk. A belföldi (nemzeti) hálózat *nemzetközi (kapu) központokkal* kapcsolódik a nemzetközi hálózathoz. A hálózat szintjeinek száma a forgalom növekedésével, a hálózatelemek fejlődésével és a költség-struktúra módosulásával fokozatosan csökkent. A hazai hálózat 1974-ben a crossbar kapcsolástechnika bevezetésével 5-ről 4 szintűre, majd 1990-ben a digitális központok elterjesztésével 3 szintűre változott, mindkét esetben fokozatosan, több éves átmenettel.

Ha egy többközpontos hálózatban, hálózatrészben a központok között páronként erős forgalmi érdekelttség van, nincs kitüntetett vonzaspont, célszerű a *szövevényes* struktúra, azaz közvetlen áramkör-nyaláb köti össze páronként a központokat. Ez a hatékony megoldás nagyvárosok helyi hálózatában és nagy méretű és forgalmú hierarchikus hálózatok legfelső szintjén is.

A hazai távbeszélő hálózat struktúrája

A hazai távbeszélő és ISDN hálózat³ primer körzeti hálózatokra és az azokat összekötő helyközi tranzithálózatra tagolódik. A helyközi tranzithálózat kétszintű, a felső, szekunder szint központjai szövevényesen kapcsolódnak egymáshoz. A nemzetközi központok a hálózati hierarchiában a szekunder szinten helyezkednek el. A primer körzeti hálózatok elvileg szintén kétszintűek, azonban a legtöbb körzet egyközpontos. A jelenlegi trendek (igények stagnálása, sőt némelykor csökkenése, a host központok kapacitásának növekedése) a hálózat további egyszerűsödését, a jelenlegi 3 szint 2-re való csökkenését hozhatják. A különböző szintű kapcsolási funkciókat a legtöbb esetben összevontan egy kapcsoló eszköz valósítja meg.

A budapesti helyi hálózat egy különleges primer körzeti hálózat: a belső, helyi tranzitálást két azonos szerepű tandem központ végzi, a helyközi tranzithálózat felé a kapu szerepet külön primer központok látják el. A kettős tranzit központok növelik a hálózat hibatűrő képességét, a hálózatban kettős összekötöttséget biztosítanak. Gazdaságosan alkalmazhatók egy terület tranzit funkciójában, ha a forgalmi igény

³ A 2001. 12. 23-án hatályba lépett szabályozással induló verseny kezdetén fennálló állapot a 26/1993 KHVM rendelet szerint.

elegendően nagy két központ kihasználására. Kettős tranzit központok a jelenlegi hálózatban a budapesti tandem és a kombinált primer-szekunder központok, valamint a nemzetközi központok. A kettős összekötöttség úgy általánosítható, ha például minden primer központot két szekunder központhoz kötünk, a forgalmat megosztva.

Megjegyzendő, hogy amíg a koncessziós időszakban az egyes szolgáltatók hálózata a vázolt struktúrába illeszkedtek, a liberalizált szabályozás mellett adott földrajzi területeken párhuzamosan jelennek meg. Az egyes körzetek részleges lefedése lényegesen kevesebb kapcsoló ponttal építhető ki gazdaságosan, mint az eddigi struktúrában.

4.4.3. Forgalomirányítási rendszerek

Az áramkörkapcsolással működő távbeszélő hálózatban a forgalomirányítás feladata a hívások útvonalának megválasztása a kezdő és a végpont között. Ez nyilván akkor jelent csak problémát, ha a hálózat struktúrája különböző irányválasztási lehetőséget ad, azaz a központ-párok között általában egynél több út lehetséges.

Az előző szakaszban leírt több-szintű csillagstruktúránál említettük, hogy azon bármely két központ között egyetlen útvonal adott. Ez az útvonal biztosítja a különböző viszonylatok forgalmának közös útra, közös eszközökre koncentrálását és ezzel az eszközök hatékony kihasználását. Másfelől azonban, a központ-párok többsége számára szükségszerűen egy vagy több tranzit központon keresztül biztosít összeköttetést, ami emeli a hívásutak költségét. Ha a hálózatot kiegészítjük haránt áramkörnyalábokkal, amelyek a hierarchiában össze nem rendelt központokat kötnek össze, alkalmassá válik forgalomirányítás bevezetésére, melynek elsődleges célja a hálózat gazdaságos kialakítása: az elegendően nagy forgalmú viszonylatokban közbenső kapcsolóeszközök igénybevétele nélkül bonyolítjuk le a forgalmat, míg a kis forgalmú viszonylatok számára a közös utakat használjuk.

Hívásfelépítési elvek

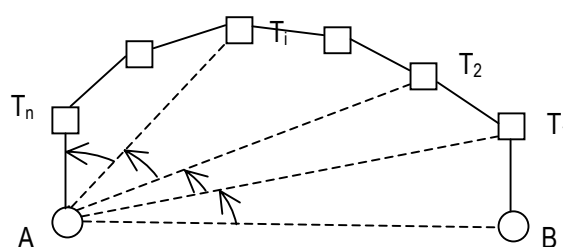
Távbeszélő hálózatokban a legelterjedtebb a hívás-felépítési mód a *vándorló pontos vezérlés*, ami azt jelenti, hogy minden tranzitpont önállóan választja

meg a hívásút következő szakaszát. Analóg központok esetén a tranzitpontok úgy irányítják a hívást, mintha ott kezdeményezték volna. Digitális központoknál a kimenő irány kiválasztásánál az is figyelembe vehető, hogy a hívás melyik nyálábon érkezett a központba.

A vándorlóponthoz vezérlés a gyakorlatban nagyon jól működik. Elvileg lehetséges hátránya, hogy egy szakasz kiválasztásánál nem ismert a következő tranzitponthoz túl hálózat állapota, ha ott nincs szabad út, a hívás elvesz. A hálózat helyes méretezésével, és a már több szakaszt foglaló hívások prioritizálásával ennek gyakorlati kockázata csekély.

Hierarchikus irányítási rendszerek

Az irányítási rendszer hierarchikus, ha bármely forgalmi irány számára adott, hogy túlcsoportosítás esetén melyik további utak és milyen sorrendben választandók, függetlenül az arra az irányra felajánlott hívások céljától és korábban vizsgált irányaitól. Ez azt jelenti, hogy bármely A-B viszonylat számára a $T_1, T_2, \dots, T_i, \dots, T_n$ tranzitpontok választási sorrendje kötött és az A- T_i viszonylat számára a felsorolt tranzitpontok közül csak a T_i utániak megengedettek (4.4.3. ábra). Ez praktikus módon úgy biztosítható, hogy a hálózat váza hierarchikus, többszintű csillag-struktúra és egy tranzitpontban a lehetséges haránt szakaszok abban a sorrendben választandók, ahogyan végpontjuk egyre közelebb esik a vázhálózati útvonalon.



A) *Direkt-utas irányítás* - ha a hálózat működése során a tranzitpontokban minden célpontra adott a választandó irány, amit a tervezés során határozzunk meg a vázhálózati szakasz és a lehetséges haránt nyálábok közül. Alkalmazásának oka a központok korlátozott képessége.

B) *Alternatív irányítás* - ha a központok több lehetséges kimenő irányon adott sorrendben szabad áramkört keresnek és az első szabad irányt választják. Ehhez a központok megfelelő képessége szükséges. Mivel az egyes haránt irányok

foglaltsága esetén az alternatív irányítási rendszer további szabad utat keres és a hívást csak akkor utasítja vissza, ha az utolsó választású (vázhálózati) nyaláb is foglalt, lehetővé teszi a *nagy-kihasználtságú nyalábok* alkalmazását. A nagy-kihasználtságú nyaláb torlódás valószínűsége nagy, de a torlódó forgalom továbbjut (túlcserdül) a következő választású irányokra, végső soron a vázhálózatra. Csak a vázhálózati szakaszokat kell kisveszteségre méretezni, azonban ezek több viszonylat koncentrált forgalmát viszik, a hierarchikus viszonylat forgalmával együtt, így általában viszonylag nagy, megfelelő kihasználtságú nyalábban.

Nemhierarchikus irányítási rendszerek

Ha a hálózat struktúrája szövevényes, a központok között nincs hierarchia, az irányítás időszakoktól vagy a hálózat állapotától függően változik, akkor *dinamikus*, illetve *adaptív* nemhierarchikus irányításról beszélünk. Ezek csak digitális (programvezérelt) központokkal valósíthatók meg, amelyek irányítási táblái időszakonként változnak, vagy egy hálózatvezérlő központ a hálózat állapotának figyelése és kiértékelése alapján határozza meg és adja meg az irányítási táblákat.

Irodalomjegyzék

- [4.4.1] Wilkinson, R.I.: Theories for toll traffic engineering in the USA. Bell System Techn. Journ. Vol. 35. No.2. 1956.
- [4.4.2] Larsson, T.: Technical long-range scheme of a country advanced in telecommunications. 3rd Telecom Forum, Part 2. No.311. Geneva, Sept. 1979.
- [4.4.3] Lajtha, Gy., Borsos, K., Sallai, Gy., Papp, Z.: A change of the cost-effective network hierarchy. 3rd Telecom Forum, Part 2. No.354. Geneva, Sept. 1979.
- [4.4.4] Sallai Gyula (szerk.): Távközlő hálózatok forgalmi tervezése. KÖZDOK, 1980.
- [4.4.5] Sallai Gy., Papp, Z.: A statistical method for optimizing hierarchical networks. First Internat. Telecommunication Network Planning Symp. pp. 131-137. Paris, 1980.
- [4.4.6] Sallai Gy., Dely Z.: Modular engineering and full grouping theorems for alternate routing networks. 10th Intern. Teletraffic Congress, No. 4.3 B-2. Montreal, 1983.
- [4.4.7] Ash, G. R., Kafker, A.H., Krishnan, K.R.: Intercity dynamic routing architecture and feasibility. 10th Intern. Teletraffic Congress, No. 3.2.2. Montreal, 1983.
- [4.4.8] Sallai Gy., Dely Z.: Dimensioning alternate routing networks with overload protection. 11th Intern. Teletraffic Congress, pp. 189-194. Kyoto, 1985.
- [4.4.9] Roosma, H. A.: Optimization of digital network structure, 11th Intern. Teletraffic Congress, No. 2.4A-4. Kyoto, 1985.
- [4.4.10] Girard, A., Cote, Y., Quimet, Y.: A comparative study of nonhierarchical alternate routing. 2nd Internat. Telecommunication Network Planning Symp. pp. 70-74, Brighton, March 1983.
- [4.4.11] Sallai, Gy.: Computerized planning of telecommunication networks. Journ. Communications, Vol. XLII. March 1991. pp. 20-26.
- [4.4.12] Dely Z., Pauka L., Balogh I.: No.7-es jelzeshálózatok. OKTIG jegyzet, 1995.

[4.4.13] Dely Z.: Jelzeshálózatok kialakítási lehetőségei. PKI Napok előadás, 1995.

[4.4.14] Kovács Oszkár (szerk.): A keskenysávú ISDN kézikönyve. Távközlési Könyvkiadó, 1997.

4.5. Adathálózatok

Szerző: Mazgon Sándor

Lektor: dr. Bartolits István

Az adathálózatokban adat-végberendezések (végrendszerek) cserélnek adatokat más adat-végberendezésekkel (végrendszerekkel) vagy hálózati eszközökkel. Az adatcserét mind az adat-végberendezések, mind a velük kommunikáló hálózati berendezések protokollnak nevezett adatcsere-szabályok szerint bonyolítják le. Ebben az értelemben számítógép-hálózatok is adathálózatok. Ebben az alfejezetben az adathálózatokkal általában foglalkozunk, azon belül nagyobb figyelemmel az adatkapcsolati réteg kérdéseire.

Az adathálózatokban minden adatcsere adatáramkörökön továbbított jelek adásával és vételével történik. Ha az adat-végberendezések sok viszonylatban bonyolítanak adatcserét az egyes viszonylatokban kiépített közvetlen adatáramkörök helyett hálózatot képezünk, és a hálózati csomópontok közötti adatáramköröket használva több szakaszon át adatáramkörrel adatáramkörre továbbítva juttatjuk el az adatjeleket a rendeltetési pontra. Áramkörmódú (valós áramkör-alapú) hálózatok az adatjelek továbbítása előtt teljes összeköttetést építenek fel, majd az adatcsere befejezése után lebontják az összeköttetést. Ezzel szemben a tároló-továbbító elven működtetett hálózatok az adatjelek továbbításához nem építenek fel összeköttetést, hanem a rendeltetés irányában rendelkezésre álló valamelyik adatáramkörön továbbítják az adatokat. Továbbítás előtt az adatok a hálózat közbenső csomópontjainak tárolóin várakoznak a következő útszakasz adatáramkörének felszabadulásáig, amíg az mások üzeneteinek továbbításával van elfoglalva. A várakozás egyszerűsítésére és a jobb kezelhetőség érdekében az elvileg korlátlan méretű üzenetet véges méretű csomagokra vagy cellákra bontjuk, és ennek technikája szerint beszélünk kerettovábbító, csomagüzemmódú és cellaalapú hálózatokról. Ehhez a technológiához egyaránt alkalmazkodhat az átviteli berendezések nyálábképzése és a csomóponti berendezések kapcsolástechnikája.

4.5.1. Adatátviteli hálózatok osztályozása

Sokféle szempontból lehet osztályozni a hálózatokat.

a.) Az első szempont az ipari kör vagy használói közösség, akik számára az adott hálózat elérhető és adatátviteli szolgáltatások hordozója. Egyes adathálózatok bárki számára szabadon elérhetőek, tehát **nyilvánosak**, mások csak meghatározott használói csoportokat szolgálnak. Ez utóbbiak **magánhálózatok** és szolgáltatásaikat többnyire forgalommérés és elszámolás nélkül, tehát ellenszolgáltatás nélkül nyújtják. Virtuális magánhálózatok viszont a nyilvános adathálózatok zárt használói csoportjait úgy szolgálják ki, mintha a „nyilvános” használóktól el lennének különítve.

b.) A második szempont az adathálózatban alkalmazott **technológia**, mely nagyban összefügg a hálózat kiterjedésével is. Minél nagyobb távolságot fog át az adott adathálózat, annál fontosabb költségtenyező a sáv szélesség, a válaszidő, a kommunikáció helyreállítása. Ezért állandó a technológiák fejlesztése, hogy folyamatosan illeszkedjék a változó igényekhez, hogy egyre robusztusabb, hatékonyabb megoldásokat kínálhasson az alkalmazások folyamatosan kiterjedő, bővülő világa számára. Nagy, világméretű adathálózatokon a tengeralatti kábelek és a műholdas összeköttetések segítségével bonyolódik a nemzeti, regionális és kontinentális adathálózatok között folyó nemzetközi adatforgalom, másrészt vannak olyan „kis kiterjedésű” adathálózatok, amelyek egyetlen hajó, repülőgép vagy jármű irányító, szabályozó és kezelő szerveit, azaz vezérlő processzorait és folyamatait fogja össze egyetlen hálózatba. A legtöbb adathálózat sem magában álló, minden más hálózattól elkülönülő hálózat, hanem bizonyos kapcsolattal rendelkezik a külvilág felé, más hálózatokhoz. Ezért az alkalmazott technológia függ a hálózatok közötti együttműködés, a kölcsönös információcsere követelményeitől is.

c.) Harmadik szempont az alkalmazott adatátvitel módja. A adathálózatot adatforgalomra kell tervezni, de figyelembe kell venni azokat a szempontokat is, amelyek az egyes adathálózati összeköttetéseken alkalmazott adatátviteli módból következnek. Azt például, hogy a hálózatot összeköttetés alapú avagy összeköttetésmentes módú hálózati működésre tervezzük. Részleteket lásd a 4.5.2. szakaszban.

Az adathálózati osztályozás további lehetőségét mutatja a 4.5.1. táblázat, amelyben a felhasználói kör számára hasznosítható formában adatátviteli megoldásokat állítottunk szembe egymással. A 4.5.2 táblázat az egyik hagyományos felosztásmódot mutatja a hatótávolság szempontjából, míg a kapcsolásmód alapján való felosztást mutat a 4.5.3. táblázat.

4.5.1. táblázat. Adathálózatí megoldásmódok

Megnevezés	analóg - PSTN	digitális 64 kb/s kapcsolt magán-hálózat	X.25	Bérelt vonal	Kerettovábbítás (FR)	xDSL	Kábeltévé	ISDN	ATM (szélessávú B-ISDN)
Fajta	Nyilvános vonal-kapcsolt összeköttetés	Vonalkapcsolt magánhálózati összeköttetés	Csomagkapcsolt, nyilvános vagy magánhálózat	Pont-pont magán-összeköttetés	Csomagkapcsolt, nyilvános vagy magánhálózat	Áramköralapú üzemmódú	Pont-pont magán-összeköttetés	Nyilvános, vonal- és csomagkapcsolt	Cellaalapú üzemmód
Bitsebesség	adatmodemtől függően 9.6-33,3 kb/s (14.4 kb/s tipikus)	64 kb/s	≤64 kb/s	E1: 2 Mb/s, E3:34 Mb/s	64 kb/s - 2 Mb/s	64 kb/s - 140 Mb/s (technológiától függően)	<140 Mb/s adatra és videóra	64-128 kb/s (BRI) 2 Mb/s (PRI) mind beszéd-, adat- mind videokommu.- ra	Beszéd, hang, adat, videó: 2 Mb/s-622 Mb/s (tipikusan 25-155 Mb/s)
Alkalmazás	Beszédhívás és adathívás elkülönül	Beszédátvitel és adatátvitel elkülönül	Gép-gép és gép-terminál protokoll hatékony ha stabil, nagy megbízhatóságú csomagtovábbításra van szükség	Nagysebességű beszéd és adatátvitel tranzakció-alapú környezeti alkalmazásokhoz és Internet eléréshez	Adatátvitelre és pont-pont környezetre optimalizálva ha az alaphálózat eléggé stabil és megbízható	Adathívás (Internet-eléréshez, távoli LAN-eléréshez), videóhívás (videókonf.-hoz, igény szerinti videóhoz)	Sajáthasználátú on-lájn Internet és információkeresés, LAN-összeköttetés és videósolgáltatás, csatlakozás nyilvános hál.-hoz	A digitális előfizetői vonalon integrálja a beszéd-, adat- és videókommunikációt	Beszéd, hang, adat, videó egyformán optimálisan kapcsolt (cellakapcsolási technológiával)
Végpontok gazdaságos száma	Korlátlan	Korlátlan	Korlátlan	Csekély	Bérelt vonalak helyett néhány pont között, X.25 helyett több pont között is költséghatékony	Korlátlan de csak a helyi hozzáférés tekintetében	Korlátlan	Korlátlan	Nagyforgalmú, úttörő alkalmazók, előbb főként LAN-ok gerinceként alkalmazták
Erősség	Általánosan hozzáférhető, mindenki elérhető, olcsó	Általánosan hozzáférhető, mindenki elérhető, közepesen olcsó, telefonrendszerű a számozása, együttműködtethető ISDN-el	Általánosan hozzáférhető, mindenki elérhető, lüktető forgalomra hatékony, automatikus a hibajelzés és a hibajavítás, biztonsági szolgáltatások, szabványosak a protokolljai	Nagysebességű, magas szinten menedzselt, megbízható, biztonságos, szabványos; Internethez közvetlen kapcsolódhat	Nagysebességű, csekély a változékonysága (latency), igény szerinti a sáv szélessége. könnyen skálázható, szabványosak a protokolljai, pont-pont kapcsolatot szolgáltat	Egyidejű digitális szélessávú adatátviteli és telefon szolgáltatás, multimédia alkalmazásokat is kiszolgál	Igen nagysebességű, meglévő infrastruktúrán alapul, gyorsan létesül	Nagysebességű; integrált vonalán digitálisan kezeli az adatot, beszédet, képet, hangot, videót, gyors hívásfelépítés, biztonságos, megbízható, stabil digitális kapcsolatrendszer, lüktető forgalomra is hatékony, szabványosak az eljárásai	Igen nagysebességű; integrált vonalán digitálisan kezeli az adatot, beszédet, képet, hangot, videót, gyors hívásfelépítés, biztonságos, megbízható, stabil digitális kapcsolatrendszer, lüktető forgalomra is hatékony

4.5.1. táblázat. Adathálózati megoldásmódok (folytatás)

Megnevezés	analóg - PSTN	digitális 64 kb/s kapcsolt magánhálózat	X.25	Bérelt vonal	Kerettovábbítás (FR)	xDSL	Kábeltévé	ISDN	ATM (szélessávú B-ISDN)
Gyengeség	Korlátozott és fix a sávszélessége, állandóval szemben a lüktető forgalomra nem hatékony, menedzselése szállítófüggő	Csak adatátvitelt kezel, ISDN-hez képest korlátozott a sávszélessége, szolgáltatók elnyomják, sajátos vonalcsatlakozó berendezést igényel	Korlátozott a sávszélessége, mivel hibajelzése teljesítménycsökkentő és költségnövelő, LAN-közi kapcsolatra csak határesetben alkalmas igényel	A teljesen összekötött hálózat (mindenki mindenkivel) nagyon költséges	ISDN-hez képest drága, egyéni hozzáférési utat igényel, nem általánosan hozzáférhető, költséges és bonyolult a változtatása vagy áthelyezése	Szabványai és infrastruktúrája fejlesztés alatt állnak, a kiszolgált körzet hatótávolsága korlátozott, az adatátviteli áramkör csatornaszimmetriája változó	Még fejlesztik, beszedátviteltől elkülönül, használókat sávszélességre bontja, nincs tűzfala, ügyféltámogatása gyenge, többnyire egyirányú	Európán kívül nem egységes, esetenként ellentmondó tarifálású, nehézkes a létesítés és a konfigurálás	Nem mindenütt hozzáférhető, egyes szabványrészeit még fejlesztik, elérhető gyártmányai drágák, egyesek szabványok hiánya miatt együttműködési nehézséggel terheltek
Díjelemek	Belépési díj (egyszeri és változó); havi alapidj és használati/forgalmi díj	Belépési díj (egyszeri és változó); havi alapidj és használati/forgalmi díj	Belépési díj (egyszeri és változó); havi alapidj és használati/forgalmi díj	Belépési díj (egyszeri és változó); havi átalánydíj sávszélesség- és távolságfüggő	Belépési díj (egyszeri és változó); havi átalánydíj sávszélesség- és távfüggő különböző engedményekkel		Belépési díj (egyszeri és változó); havi átalánydíj és használatfüggő díj	Belépési díj (egyszeri és változó); havi alapidj és használati/forgalmi díj	Esetről-esetre változó díjazás

4.5.2. táblázat. Adathálózatok osztályozása hatótávolságra

Nyilvános/Magán	Nyilvános adathálózat	Magán adathálózat				
Elnevezés	Nyilvános adathálózat	Nagykiterjedésű adathálózat	Nagyvárosi adathálózat	Lokális adathálózat	Kis kiterjedésű adathálózat	Eszközön belüli adathálózat
Rövidítés	PDN	WAN	MAN	LAN	SAN	DAN
Hatótávolság	korlátlan	≥ 100 km	≤ 100 km	≤ 10 – 35 km	≤ 100 – 500 m	≤ 10 – 35 m
Lefedettségi	Nemzeti és nemzetközi PDN-ek függetlenek a terület nagyságától és az abban lévő körzetek számától	Igen sok rendszer kapcsolódhat több különböző körzetből, főként LAN-ok és MAN-ok	Sok rendszer kapcsolódhat egyetlen nagy körzetből, főként LAN-ok	Több rendszer kapcsolódhat egy épületben vagy „egyetemvárosnyi” területen	Több eszköz kapcsolódik egyetlen berendezésen vagy járművön belül (hajó, vonat, repülő stb.)	Egyetlen kiterjedt eszközt behálózóan sok egység kapcsolódik közös közegen át
Interfészek szabványossága	Nemzetközi ITU-T ajánlásokban előírt interfészek	Világszabványos interfészek	Szabványos interfészek	Szabványos interfészek pl. ISO 8802 azaz IEEE 802	Több szállító közös gyári interfésze	Az egyetlen szállító saját gyári interfésze
Együttműködőképesség	Bármely végberendezésnek OSI értelemben nyílt rendszernek kell lennie	Igen sok nyílt rendszer képes együttműködni, főként OSI alapon	Igen sok nyílt rendszer képes együttműködni, közös, pl. OSI alapon	Igen sok nyílt rendszer képes együttműködni, közös alapon	Eszközcsoporthoz sajátos szabályai és eljárásai szerint vannak kölcsönhatásban	Az eszközök a szállító sajátos szabályai és eljárásai szerint vannak kölcsönhatásban
Protokollok szabványossága	Nemzetközi ITU-T ajánlásokban előírt protokollok Lásd az 1/X.220 ábrát	Nemzetközi szabványok és egyezmények rögzítette protokollok	Főként nemzetközi szabványos protokollok	Elsősorban nyilvánosan elérhető protokollok	Több szállító közös gyári protokolljai	Egy szállító sajátos gyári protokolljai

4.5.3. táblázat. Kapcsolásmódok összehasonlítása adathálózati szempontból:

Jellemző	Vonalkapcsolás	Üzenetkapcsolás	Csomagkapcsolás: 1. Virtuális hívás	Csomagkapcsolás: 2. Adatgramma	Kerettovábbítás és kapcsolás	Cellakapcsolás
A végszakasz kommunikációs szünetállapota	"A kézibeszélő visszaakasztott" (a vonal szabad) állapota	Üres állapot (a vonal állandóan átvitelre kész) állapotban	Üres állapot (a vonal állandóan átvitelre kész) állapotban	Üres állapot (a vonal állandóan átvitelre kész) állapotban	Üres állapot (a vonal állandóan átvitelre kész) állapotban	Üres állapot (a vonal állandóan átvitelre kész) állapotban
Hívásfelépítés	Adatátvitel előtt a teljes valós út kiépül	Nincs hívásfelépítés,	Adatátvitel előtt egy virtuális utat lefoglal	Nincs hívásfelépítés	Dinamikus hívásfelépítés	Dinamikus hívásfelépítés
Hálózati erőforrás-terhelés a hívásfelépítés előtt és alatt	hívásészlelés, forgalomirányítás, kapcsolás	virtuális pufferkiosztás készen vár minden üzenetközlést	virtuális pufferkiosztás készen vár minden csomagközlést	virtuális pufferkiosztás készen vár minden adatgrammaközlést	virtuális pufferkiosztás készen vár minden keretközlést	virtuális pufferkiosztás készen vár minden cellaközlést
Átviteli csatorna foglалás	végától végig a teljes hívásidőre	szakaszonként egy teljes üzenetre	szakaszonként és csomagonként	szakaszonként és adatgrammanként	szakaszonként és keretenként	szakaszonként cellánként
Elfoglalt csatorna sávszélessége	valamennyi szakaszon azonos sávszélesség	szakaszonként eltérő sávszélesség (trónkvonalakon dinamikusan kiosztott)	szakaszonként eltérő sávszélesség (trónkvonalakon dinamikusan kiosztott)	szakaszonként eltérő sávszélesség (trónkvonalakon dinamikusan kiosztott)	szakaszonként eltérő sávszélesség (trónkvonalakon dinamikusan kiosztott)	szakaszonként eltérő sávszélesség (trónkvonalakon dinamikusan kiosztott)
Üzenettárolás a csomópontokon	nincs üzenettárolás	teljes üzeneteket tárolják feldolgozás (irányítás) előtt	csomagokat sorban tárolják és továbbítják	csomagokat önálló táviratként tárolják és továbbítják	a kereteket sorban tárolják és továbbítják	a cellákat sorban tárolják és továbbítják
Adategységek hossza	tetszőleges	a tároló korlátozza	a csomag legnagyobb hossza hálózati jellemző	a csomag legnagyobb hossza hálózati jellemző	a keret legnagyobb hossza hálózati jellemző	a cella hossza szabványos (48+5 oktet)
Az átviteli idő ingadozása	nincs érzékelhető ingadozás	várakozási és feldolgozási idő erősen ingadozó	várakozási és feldolgozási idő erősen ingadozó	várakozási és feldolgozási idő erősen ingadozó	várakozási és feldolgozási idő erősen ingadozó	várakozási és feldolgozási idő erősen ingadozó
A forgalmi díjazás alapja	a távolság és a hívás időtartama	a továbbított adatmennyiség ill. üzenetméret, valamint a sürgősség	adatszegmensek mennyisége és a távolság	adatszegmensek mennyisége és a távolság	adatszegmensek mennyisége és a távolság	adatcellák mennyisége és a távolság

4.5.2. Adatátviteli hálózatok működése

Az adatátviteli hálózatok szolgáltatásalapúak, azaz felépítésük, működés módjuk, tervezésük stb. nagyban függ attól, kinek nyújtják szolgálataikat (magáncsoportnak vagy a nyilvánosságnak), és hogy mely szolgáltatások ellátására tervezték azokat. A nemzetközileg szabványosított adatátviteli szolgáltatások (lásd az ITU-T X.7 és F.600 ajánlásait):

vonalkapcsolt adatátviteli szolgálat (CSDTS)

csomagkapcsolt adatátviteli szolgálat (PSDTS)

kerettovábbító adatátviteli szolgálat (FRDTS)

bérelt áramköri adatátviteli szolgálat (LCDTS).

Az adathálózatok működése még az alábbiaktól is függ:

Összeköttetés-mentes vagy összeköttetés alapú működés

Az összeköttetés-mentes adatátvitelben ritkán használnak sorszámozást és nyugtázást. A sorszámozás nélküli csomagközvetítés azt jelenti, hogy a csomagok egyedi adatgrammaként egymástól függetlenül bolyonganak a hálózatban. Ez a fajta adatátvitel nem igényli, hogy összeköttetést létesítsünk az adattovábbítás megkezdése előtt. Ezért hasonló egy távirat, vagy egy levél feladásához. A helytelen címezés csak akkor derül ki, amikor a hálózat nem képes a csomagot a kívánt címzettnek kézbesíteni. Többnyire a felsőbb szintű protokollok gondoskodnak a kívánt minőséghez szükséges, az összeköttetés alapú adatátvitelben alkalmazottnál erősebb (robusztusabb) és rugalmasabb hibajelzésről és hibajavításról. Az UDP protokoll összeköttetés-mentes.

Az összeköttetés alapú adatátvitelben majdnem mindig használnak sorszámozást és nyugtázást. Ha a küldőhöz nem érkezik nyugta, akkor ismételi. Ezen a módon képes gondoskodni bármely összeköttetés alapú protokoll az adatok sorrendhelyes kézbesítéséről. Minden protokoll, ha sorszámozást alkalmaz, „összeköttetés alapúnak” és „megbízhatónak” tekinthető. Ez a mód igényli, hogy (valós vagy virtuális) összeköttetést létesítsünk az adattovábbítás megkezdése előtt. Ezért hasonló a telefonhíváshoz (telefonban sem lehet azonnal társalogni a kézbesítő felemelésekor, csak a hívóhang megérkezése, a tárcsázás befejezése, a hívott felcsengetése, a hívott jelentkezése után, azaz ha tudjuk, hogy „figyel ránk”).

Az összeköttetés alapú adatátvitel többnyire jóval megbízhatóbb az összeköttetésmentes adatátvitelnél. Az X.25 hálózat és a TCP protokoll összeköttetés alapú.

Adathálózati protokollok

Mindmáig éles határt vontunk olyan különböző rendszerek között, amelyeket általános célú, nyilvános távközlő hálózatokon folyó adatátvitelre terveztek és olyan rendszerek között, amelyeket kimondottan számítógépek közötti hírközlésre, főként külön célú (magán)hálózati és ilyen hálózatok hálózatainak céljaira fejlesztettek. Napjainkra ez az éles elhatárolás kezdi elveszteni létjogosultságát, mert egy részről a Nemzetközi Távközlési Egyesület (**ITU**, International Telecommunication Union)⁴ és a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (**ISO**, International Standards Organization)⁵ tagszervezetei által kidolgozott **OSI** (nyílt rendszerek összekapcsolása, Open System Interconnection) szabványok, másrészt az Internet céljaira az Internet Műszaki Célcsoport (**IETF**, Internet Engineering Task Force)⁶ által kidolgozott számítógépközi együttműködési protokollok megkülönböztetése egyre inkább elmosódik.

Mindazonáltal fennáll bizonyos aszimmetria az OSI alkalmazási szabványok és az Internet alkalmazási szintű protokollok között, mert műszaki természetük különbözősége megjelenik azokban az alapelvekben, amelyek az OSI hivatkozási modelljét és az Internet protokollkészletét megkülönböztetik, vagy azokban a munkamódszerekben, amelyekkel az OSI szabványokat, illetve az Internet protokollokat kidolgozták:

- az OSI alkalmazási szabványok a felső rétegek architektúráján alapulnak és önálló modulokból állanak. A három felső réteg adja az együttműködtetés teljes rugalmasságát, sajnos a bonyolultság árán. Az OSI felső rétegei ugyanúgy függetlenek az alsó rétegektől, mint ahogy – elvileg - valamennyi rétegben a rétegprotokollok a többi rétegtől függetlenül cserélhetők.
- az Internet alkalmazási protokollok alulról felfelé építkeznek. A TCP/IP alapú alkalmazási szolgáltatások, mint az FTP vagy a TELNET közvetlenül a szállítási (transport) rétegszolgáltatásokra támaszkodnak, illeszkednek (plugged in).

⁴ <http://www.itu.int>; <http://www.itu.ch>

⁵ <http://www.iso.ch>

⁶ <http://www.ietf.org>; <http://www.ietf.cnri.reston.va.us>

Elvben lehetséges, hogy OSI alkalmazási szolgálatokat bármely alsó rétegegyüttes felett működtessünk, akár TCP/IP felett is. Még általánosabban tekintve az OSI és a TCP/IP viszonyát két különböző, bár erősen összefüggő szempontból kell megítélnünk: egyrészt a felső rétegek protokolljait, másrészt a szállítási réteg protokolljait. Az OSI, a TCP/IP és a gyári sajátosságú (proprietary) protokollkészletek együttélését és együttműködését az utóbbi időben a többprotokoll (multiprotocol) specifikációk kidolgozása és elterjesztése tette lehetővé. Ezek a kereszt-kapcsolatú alkalmazások gyakorlatilag bármely alkalmazási szolgálatot az alsó rétegekre kiterjedő bármelyik protokollkészlettel képesek kiszolgálni.⁷

4.5.3. Adathálózatok egyértelmű működési feltételei

Adathálózatok alapvető tulajdonsága kell legyen a nemzetközi együttműködtethetőség, amit csak széles körben egyeztetett és elfogadott, nemzetközileg szabványosított együttműködési feltételek szerint lehet elérni. Ilyen szabványok egyik sorozatát képezik a mechanikai interfész csatlakozók szabványai. Ezekben, és általában minden adathálózatban a működés alapja az, hogy a hálózat határait átlépő adatokat és vezérléseket hordozó jelek és jelzések egyértelműek és világméretben azonosan értelmezettek legyenek. Ezt mutatja be az alábbi 4.5.4. táblázat.

Bitsorrend az adatátvitelben

Hasonlóan egyértelmű nemzetközi megállapodás kell legyen az adatok vonali bitsorrendje. A második rétegből, a keretszintről nézve a címezések, parancsok, válaszok és sorszámok adatátvitelkor a legkisebb helyi értékű bittel kezdve továbbítják az oktetteket, pl. a sorszám elsőként továbbított bitjének súlyozása 2^0 . A keretellenőrző sorozatokat (FCS, frame checking sequence) a legmagasabb értékű tényezővel kell kezdeni (a 16-os bitpozícióval). (Lásd az ITU-T X.25/X.75 ajánlását.)

A faksimile kép-adatokat oldalszélességnyi sorokba rendezik és a sorokat egymástól függetlenül kódolják. A sorokat egymás után közvetítik a lap tetejéről lefelé haladva egész az aljáig. A FAX kódoló kimenetén a kódolt adatok bitsorrendje

⁷ Ilyen specifikációk egy hozzáférhető készletét írja le az EWOS „Technical Guide ETG 053, *Overview of approaches to multiprotocol coexistence and convergence in support of the Transport Service*”.
[lásd: <http://www.ewos.be>]

	JELLEMZŐ ÁLLAPOT		MEGJEGYZÉS
CCITT szerinti megnevezés	A állapot	Z állapot	alapkoncepció
Jelkép (szimbólum)	0	1	Lásd a CCITT V.1 V.4, V.10, V.11 és X.4 ajánlásait
Bináris számjegy	0	1	
Logikai érték (bit)	0	1	
Start-stop kódjel	start-jelelem	stop-jelelem	Lásd a CCITT V.1 U.1–U.12, X.20, X.21, X.70 és X.71 ajánlásait
Kétállapotú modulációban	start-állapot	stop-állapot	kétállapotú AM, R.31 OOK (On-Off-Keying)
Előfizetői vonal	szabad állapot	foglalt állapot	
Amplitúdóbillentyűzés	nincs hang	van hang	kétállapotú FM
Frekvenciabillentyűzés	nagyobb frekvencia	kisebb frekvencia	a referenciához képest
Fázismoduláció referenciával	ellentétes fázis	egyező fázis	az előző jelelemhez képest
Differenciális fázismoduláció	nincs fázisfordítás	van fázisfordítás	
Lyukszalagon	nincs lyukasztás	van lyukasztás	
ADAT interfész áramkör	0	1	Lásd a CCITT ill. ITU-T R-, S-, T-, V-sorozatú és X-sorozatú ajánlásait
VEZÉRLÉS interfész áramkör	BE	KI	
IDŐZÍTÉS interfész áramkör	BE	KI	
FESZÜLTÉG	pozitív	negatív	interfész áramkörön
Vételi jelszint	⎓+ 0,3 V	⎓ - 0,3 V	A-ágon a B-ághoz képest (V.10 és V.11)
Vételi jelszint	⎓+ 3 V	⎓ - 3 V	A-ágon a földhöz képest (V.28)
NYELVI KONVENCIÓ: A KÉTÁLLAPOTÚ KÓDBAN			
magyarul	jel	szünet	(állapot v. elem)
angolul	space	mark	(condition or element)
franciául	travail	repos	
spanyolul	trabajo	reposo	
németül	Zeichen	Trenn	(Schritt)
németül	Arbeits	Ruhe	(Zustand)

4.5.4.táblázat. Ekvivalencia a bináris jelölés szimbólumai és a kétállapotú rendszerek jellemző állapotai között (lásd a CCITT V.1 ajánlását)

A nyelvi konvenció nem tükörfordítás, hanem a nemzetközi megállapodásoknak megfelelő gyakorlat. A magyar nyelvi forma nem az angolnak, hanem a kontinentális (európai) formának felel meg (tükörfordításban).

[„≥„ ez a jel „nagyobb mint” jelentésű, „≤„ pedig „kisebb mint” jelentésű]

a legmagasabb értékűvel kezdődik, azaz amikor oktettekbe osztják, akkor a legmagasabb helyi értékű bittel kezdik. Valamennyi többbittes adatot is mindig a legmagasabb értékű elemmel kezdik, azaz valamennyi érték első oktettyét a legmagasabb értékű oktetttel képezi, legutolsó oktettyét pedig a legalacsonyabb értékű

oktett képezi. Az adatokat oktett-füzérekbe fogják össze és az adattleírásban az oktettek a legmagasabb helyiértékkel kezdődnek, ugyanakkor az **adatátvitelben** a legkisebb helyi értékű bittel kezdve haladnak a legmagasabb felé. A kezdeményező FPAD-ból is a csomagkapcsolt adathálózat fizikai vonala felé oktettről oktettre haladva a vonalon ugyanaz a bitsorrend (oktettenként a legkisebbtől a legnagyobb felé halad), mint a helyi PSTN telefonvonalon a 3-as csoportú facsimile készüléktől az FPAD-nak szóló bitfolyamban. A vevő facsimile készülék az, amelyik a vonalról kapott bitfolyamot a maga céljára átrendezi úgy, hogy amikor a facsimile dekódere az adatokat feldolgozásra beolvassa, akkor azt az első oktett legmagasabb helyi értékű bitjével kezdi és így halad oktettről oktettre. [ITU-T T.4 (G.3 fax)]

4.5.4. Adathálózatok elemei

A csomagkapcsolt nyilvános adathálózatok X.25-ös előfizetői (UNI) interfésze

Az „X.25” azt az összeköttetés alapú, csomagkapcsolt interfészt jelenti, amely a nyilvános adathálózat és a csomagüzemmódú adatvégállomás között az OSI hivatkozási modell alsó három rétegére vonatkozik és ezen rétegek protokolljait szabja meg. Az ITU CCITT 7-es tanulmányi bizottsága dolgozta ki a távközlési szolgáltatók nyilvános adathálózatai számára. [A CCITT a mai ITU-T jogelődje. Ennek 7-es bizottsága 1970 óta felelős valamennyi X-sorozatú, az adathálózatokra vonatkozó ajánlás kidolgozásáért és karbantartásáért]. Az X.25 ajánlás írja elő azt, hogyan lehet felépíteni, fenntartani és lebontani adatösszeköttetéseket („data connections”) olyan jelzésekkel, amelyeket a végső használó („end user”) adatvégberendezése (DTE, „data terminal equipment”), az azt a hálózathoz csatlakoztató adatáramkörüi végberendezés (DCE, „data circuit-terminating equipment”) vált egymás között. Az X.25-ös ajánlás a távközlési szolgáltatók kezdeményezésére alakult ki a 70-es évek elején, a nyilvános hálózatok számára, amikor még csak néhány olyan magánhálózat és kutatóhálózat létezett, amelyekből később az Internet kialakult.

Az X.25 szerinti fizikai interfész csatlakozhat közvetlen áramkörön az ITU-T X.21 vagy X.21 bis ajánlása szerint, vagy kapcsolt ISDN vonalon X.31-nek, vagy kapcsolt PSTN vagy ISDN vagy CSPDN vonalon X.32-nek megfelelően. Az átvitel maga bitenként szinkron módon, vagy karakterenként start-stop karakterekkel

történik. A második szinten magas szintű adatkapcsolat-vezérlő (HDLC, High-level Data Link Control) eljárások kiegyenlített adatkapcsolat-elérési protokollját (LAPB, Link Access Procedures Balanced), akár egykapcsolati (SLP, Single Link Procedure), akár többkapcsolati (MLP, MultiLink Procedure) formában alkalmazzák. Utóbbi esetben, ha több fizikai kapcsolat van, az azokon létesített, a közös MLP által kezelt egyes SLP-k egymástól függetlenek. A hálózati rétegben a csomagszintű protokoll (**PLP**, Packet Layer Protocol) kezeli a virtuális áramkör szolgáltatásokat, azaz mind az állandó virtuális áramkör (PVC permanent virtual circuit), mind a virtuális hívás (VC, virtual call) szolgáltatást, mely utóbbi nem más, mint egy kapcsolt virtuális áramkör szolgáltat (SVC, switched virtual circuit service). Egyetlen adatkapcsolaton több virtuális áramkör is létesíthető, amelyeket logikai csatornacsoporthoz sorszámmal és logikai csatorna-sorszámmal azonosít. A logikai csatornák mindkét irányban egyidejűen képesítettek adatátvitelre.

A csomagkapcsolt nyilvános adathálózatok X.75-ös hálózatközi (NNI) interfésze

Az X.25-ös ajánlás szerinti előfizetői (UNI) interfészű hálózatok között az ITU-T X.75 ajánlása szerinti hálózatközi (NNI) interfészt alkalmazzák, amely a természeténél fogva aszimmetrikus X.25-ös eljárások szimmetrizált változata és ki van egészítve a hálózatok közötti információváltáshoz szükséges eszközökkel.

A PAD/FPAD

Gyakran szükségesek X.25 hálózatokban olyan illesztő eszközök, amelyek egyszerű DTE-k (pl. karaktermódú terminálok) illesztését végzik, ha ezek nem képesek a csomagműködéssel járó minden feladatot ellátni. Ezeket összefoglaló néven csomagösszeállító-szétbontó (PAD, packet assembler/disassembler) eszközöknek nevezzük, a DTE és a DCE közé helyezzük. Feladatuk csomagok tárolási feldolgozása, összeállítása és szétbontása, továbbá segítik a csomagműködésnek megfelelő virtuális hívások felépítését és lebontását, valamint a start-stop DTE illesztéséhez elvégzik a start- és stop-elemek ki- és beiktatását. Ezeknek kell a csomagnyi adatot a DTE-től átvenniük, X.25-ös fejrészrel ellátniuk, majd a DCE-nek átadniuk, és ugyanígy a DCE-től átvett csomagokat adatokra bontaniuk, a csomagok X.25 fejrészét leválasztaniuk és az adatokat a DCE-nek átadniuk. G3 facsimile terminálok közötti X.25-alapú kommunikáció kiszolgálását sajátos

FPAD egységek végzik. (A PAD-ról és az FPAD-ról lásd az ITU-T X.3 illetve X.5 ajánlását.)

LAPB, a HDLC családba tartozó második rétegi protokoll

Az X.25 szerinti hálózatok adatkapcsolat-vezérlése olyan eljárásokat tartalmaz, mint pl. a hibából való visszatérési eljárások, amelyeket a keretelutasítás (FRaMeReject), az elutasítás (REJect) és a szelektívelutasítás (SelectiveREJect) keretek által kiváltott visszatérési eljárásokként használnak. Valamint a hívásütközés feloldásának eljárásai, az "ablak-mechanizmus" alapján működő adatfolyamvezérlő eljárások, amelyekkel a kivételes(nek nevezett) helyzetek feloldhatók, valamint az egyes rendszerparamétereket kezelő-beállító folyamatok, amelyekkel például a még nyugtázatlan, még "kintlévő" csomagok legnagyobb számának "k" értékét lehet beállítani. Tartalmazhatja továbbá azt a többkapcsolati (MLP, Multi-link procedures) eljárást, amelynek révén a csomagszinttől átvett csomagokat több, különböző egykapcsolatú eljárásra (SLP, Single Link Procedure) osztják szét. Majd továbbítás után az egyes SLP-ktől kapott csomagokat újra sorba rendezve kézbesítik a túlvégen a csomagrétegnek. A hibahelyzeteket és más rendkívüli problémákat a többkapcsolati ablakmechanizmus megfelelő végrehajtásával kezelik.

A LAPB keretfajta, keretfelépítés és a keretcímzés

Az X.25 keretei között használt LAPB közvetlen fizikai kapcsolatot feltételez egyetlen DTE és egyetlen DCE között, amelyen az információt keretek közvetítik. Minden keret vagy parancs- vagy válaszkeret.

- **Információkeret:** az (I) keret csak parancskeret lehet.
- **Felügyeleti keretek:** Vételkész (RR), Nem vételkész (RNR) és Elutasítás (REJ) keretek akár parancs- akár válaszkeretek lehetnek, Szelektív elutasítás (SREJ) keret csak válaszkeret lehet.
- **Sorszámozatlan keretek:** Aszinkron kiegyenlített válaszmód beállítás (SABM), Aszinkron kiegyenlített kiterjesztett válaszmód beállítás (SABME), Válaszmód beállítás (SM) és Szétkapcsolás (DISC) keretek csak parancskeretek lehetnek, Sorszámozatlan nyugtázás (UA), Szétkapcsolt üzemmód (DM) és Keretelutasítás (FRMR) keretek csak válaszkeretek lehetnek.

Valamennyi keret nyitó **zászló**sorozatból (flag), **címmező**ből, **vezérlésmező**ből, esetleg **információmező**ből, **keretellenőrző sorozat**ból (**FCS**, frame check sequence) és záró **zászló**sorozatból áll. Egyetlen **zászló**sorozat (a

01111110 bitfüzér) lehet egyidejűleg valamely keret zárózászlója és a közvetlen utána következő keret nyitózászlója. A **címmező** azonosítja a parancskeret szándékolt címzettjét (a vevőt) illetve a válaszkkeret küldőjét. A **vezérlésmező** formátumának három faja van: sorszámozott információkeret (I) formátum, a sorszámozott felügyeleti keret (S) formátum és a sorszámozatlan vezérlőkeret (U) formátum. Az információtovábbításra szolgáló **I formátum** sorszámokat és ettől független P bitet tartalmaz. A nyugtázásra, ismétléskérésre, valamint az átvitel ideiglenes felfüggesztésére szolgáló **S formátum** a következőként elvárt I keret várt adási sorszámát és egy ettől független P/F bitet tartalmaz. A P/F bitet parancskeretben P kérőbitnek nevezzük (p=1 lekérdezés=poll, azaz választ kikényszerítő jelzés), válaszkkeretben F végbitnek (f=1 vége=final, azaz a választ ezzel megadtuk). Az adási sorszám annak a keretnek a sorszáma, amelyben szerepel, a vételi sorszám nyugtázásra szolgál. A sorszámnak három üzemmódja van: az egyszerű (moduló 8 üzemben), a kiterjesztett (moduló 128 üzemben), és a szupernagy (moduló 32 768 üzemben). Ez az üzemmód szabja meg a sorszámot tartalmazó keretek vezérlésmezejének a hosszát, amely lehet egy oktettnyi (egyszerű sorszámozás), két oktettnyi (kiterjesztett sorszámozás), vagy négy oktettnyi (szupernagy sorszámozás). A kiegészítő adatkapcsolat-vezérlési feladatokat képező **U formátum** nem tartalmaz sorszámot, tehát egy oktettnyi a vezérlésmezeje, viszont tartalmaz 5 funkciómódosító bitet és egy P/F bitet. Külön algoritmus szerint számított 16-bites sorozat az FCS, amely a nyitó és záró zászló között valamennyi bitet védi (a vonali továbbításhoz beiktatott szinkronizáló biteket és zászlóvédő 0-biteket nem számítva).

A keretben használt (második rétegbeli) cím függ attól, hogy az parancs- vagy válaszkkeret-e, és hogy azon egykapcsolati vagy többkapcsolati eljárás folyik-e:

	Parancs (az ön neve)	Válasz (az én nevem)
a DCE-től a DTE-nek	SLP: A cím MLP: C cím	SLP: B cím MLP: D cím
a DTE-től a DCE-nek	SLP: B cím MLP: D cím	SLP: A cím MLP: C cím

4.5.5. táblázat

4.5.4.1. HDLC eljáráscsalád (protokollok az OSI második rétegében):

HDLC magasszintű adatkapcsolatvezérlő eljárások (lásd az ITU-T LAP-jait)

LAPB kiegyenlített adatkapcsolatvezérlő eljárások (ITU-T X.25/X.75)

LAPD D-csatornás adatkapcsolatvezérlő eljárások (ITU-T Q.921)

LAPF kerettovábbító adatkapcsolatvezérlő eljárások (ITU-T Q.922)

LAPM modemek adatkapcsolatvezérlő eljárásai (ITU-T V.sorozathoz)

LAPX félduplex adatkapcsolat-elérési eljárások (see ITU-T T.71 + X.32)

A PLP, a harmadik réteg protokollja

A PLP üzemmódjai: a hívások felépítése, azok lebontása, az adatátvitel, az újraindítás és az üres állapot (idle). A hívásokat DTE-től DTE-ig virtuális áramkörönként építi fel és bontja le, ez csak SVC esetén szükséges. Adatátvitelkor mind a PVC, mind az SVC az adatokat a virtuális áramkörön sorrendhelyesen közvetíti a DTE-k között. A PLP végzi az adatátvitelben a csomagok darabolását (segmentation) és egyesítését (reassembly), a bitbetoldást és bitpárnázást (bit padding), a hibaszabályozást (error control) és a forgalomvezérlést (flow control). Az **üres állapot** a PLP-nek az üzemmódja, amelyben a virtuális áramkör fel van építve, de azon nem folyik adattovábbítás (data transfer). Az **újraindítás** (restart) a DTE és a DCE között a helyi fizikai kapcsolaton folyó jelátvitel szinkronizálását végzi, azaz indítja vagy újraindítja a csomagszintű DTE/DCE interfészt, ez annak valamennyi virtuális áramkörét érinti: a PVC-ket alaphelyzetbe hozza, a virtuális hívásokat (SVC-ket) mind lebontja. A **megszakítási eljárás** teszi lehetővé, hogy a DTE a távoli DTE-nek a közönséges adatcsomagokra érvényes adatfolyamvezérlési (flow control) eljárástól független módon, azt kikerülve küldhessen adatokat, de csak egyenként (nyugtázásonként). Csak az adatcsomagoknak van sorszáma. Az adatcsomagok sorszámozása, moduló 8 alapon (alapl mód), moduló 128 alapon (kiterjesztett mód), vagy moduló 32 768 alapon történik (szuper-kiterjesztett mód). A sorszámozás módja azonos mindkét irányban és valamennyi logikai csatornán. Az adatfolyamvezérlést ablakmechanizmus szolgálja. A szabványos ablakméret értéke mindkét irányban 2, de egyeztetett időszakokra választható más méretérték is egyes állandó virtuális áramkörökre, illetve hívásonként egyeztethető az adatfolyamvezérlési paraméteregyeztető szolgáltatás segítségével. Az alaphelyzetbe

visszaállítási (reset) eljárás a virtuális hívást illetve állandó virtuális áramkört újratekinti. További eljárások szolgálnak a hibahelyzetek, ütközések, kivételes helyzetek stb. feloldására, visszatérésre.

A PLP csomag és a PLP cím

A DTE/DCE interfészen át haladó valamennyi csomag legalább három oktetet tartalmaz, amelyben van az általános formátumazonosító (**GFI**, general format identifier), a logikai csatorna azonosítása (**LCI**, logical channel identifier) és a csomagtípus azonosítója (**PTI**, packet type identifier). Adatcsomagokban használói adatmező is található, moduló 32 768 működéshez egy további oktet is tartozik (a csomagban az első oktetbe helyezett) protokollazonosító mező. A **GFI** azt azonosítja, hogy a csomag adatot vagy vezérlési információt hordoz, milyen az ablakmechanizmus, hogy kérnek-e kézbesítés visszaigazolást/megerősítést és hogy TOA/NPI címformátumot használnak-e. Az **LCI** a virtuális áramkört logikai csatorna sorszámaival és logikai csatorna csoport sorszámaival azonosítja. A **PTI** azonosítja a lehetséges 39 csomagfajta egyikét. Használói adatok a felsőbb rétegek „beágyazott” információküldeményét jelentik. További csomag-mezők képezhetők igény szerint.

A hívást felépítő és a lebontást végző csomagok címblokkot tartalmaznak. Ez a címblokk két formátumú lehet: **TOA/NPI** formátumú vagy **nem-TOA/NPI** formátumú. Az utóbbi olyan, az **ITU-T X.121** és **X.301** ajánlásai szerinti címet hordozhat, amely az előtagokat (prefix-eket) és az átlépési (escape) kódokat is beleértve legfeljebb 15 számjegyből állhat. A **TOA/NPI** formátum olyan, az **ITU-T X.121** és **X.301** ajánlásai szerinti címet hordozhat, amely 15 számjegynél többől is állhat, sőt képes arra is, hogy a hívott DTE címmezőjében alternatív címet jelenítsen meg. A **TOA/NPI** formátum szerinti címblokk lehetővé teszi, hogy ha egy DTE címmező jelen van, annak három almezője legyen, egy almező a címfajta (**TOA, Type of Address**) megadásához, egy almező a számozási terv azonosítására (**NPI, Numbering Plan Identification**), valamint egy almező a cím számjegyei számára.

4.5.5. Lokális és nagyvárosi adathálózatok

Eredetileg a helyi adathálózatokat (LAN-okat) egyetlen közegen közösködő adatállomások egymásközi kommunikációjának megszervezésére hozták létre. Később speciális eszközök alkalmazásával lehetségessé vált az is, hogy különböző

közegeken folyó különböző közegelésismódok, más és más elrendezésű hálózatszervezések és hálózatmenedzselési rendszerek is együttműködhessenek valamely közös szervezési, alkalmazáspolitikai megegyezés alapján. A rendszer kiterjesztése mindenképp korlátokba ütközött, amelyet a csatlakoztató elemekben kellett kiegyenlíteni és ez bizonyos határon túl már új kört alkot, a nagyvárosi hálózatok (MAN, Metropolitan Area Network) világát. A leginkább ismert LAN technika kétségtelenül az Ethernet.

Ethernetről beszélve igen sokféle LAN-megvalósítást érthetünk e név körében. Az eredeti megoldást Robert Metcalf szabadalma alapján a DEC, az Intel és a Xerox cégek együttesen dolgozták ki, és ennek alapján készült el az első amerikai IEEE 802.3 szabvány 1984-ben. Az IEEE 802 szabványkészlet lett minden szabványos LAN architektúra és technológia alapja és ebben alakult ki az a mód, ahogyan az OSI elveket az első két rétegben a LAN-ok számára alkalmazzuk. Világméretű elfogadását az is mutatja, hogy az ISO és az IEC közös JTC 1 műszaki bizottsága 8802 (valamint 11802 és 15802) számon az amerikai nemzeti szabványszintről világszabvánnyá emelte. A sorozat az Etherneten túlmenően kiterjed a vezérjeles gyűrű (token ring), vezérjeles sín (token bus) és több más technikára is az alábbi táblázat szerint. A leírásba felvettük a 802 szabványsorozaton túl a LAN/MAN technikákban jelentős szerepet játszó FDDI & CDDI technikákat is.

A LAN/MAN közegelési protokollok többnyire az Ethernet ütközés-észleléses, vivőérzékelő, többszörös hozzáférésmódját (CSMA/CD, *carrier sense multiple access with collision detection*) vagy a vezérjeles (*token passing*) eljárások valamelyikét alkalmazzák. Ez utóbbi csoportba a vezérjeles sín, a vezérjeles gyűrű, és az FDDI közegelés-technikája tartozik.

Az FDDI és a CDDI

Az **FDDI** (*Fiber Distributed Data Interface*) az a LAN-technika, amely fényvezető kábelén 100 Mb/s sebességet tesz lehetővé. Vezérjeles (*token passing*) elven működik és két egyirányú (egymással szemben működő) fényszálas gyűrűt alkalmaz. Az eredetileg fényvezető technikára alapozott FDDI gyakran más LAN megoldások számára gerinchálózatául szolgál. Újabban az FDDI protokollokat sodrott rézérpárokra is alkalmazzák, ezt nevezik **CDDI** (*Copper Distributed Data Interface*) technikának.

Az **FDDI** keretében használt kettős gyűrűn a forgalom ellenirányban folyik. Az elsődleges és a másodlagos gyűrű szerepe eltérő, zavartalan üzemen az elsődleges gyűrű viszi az adatátviteli forgalmat, a másodlagos gyűrű csak tartalékot képez. A kettős gyűrű használata tehát a megbízhatóság növelését szolgálja. Multimódusú kábel alkalmazásával 2 km-es szakaszokhoz érhető el, monomódusúval még nagyobb távolság is áthidalható. Jellemzően azonban multimódusú szálakat használnak. Az akár 1000 állomás összekötésére alkalmas FDDI kiterjedése így is több száz km-es lehet. A CDDI esetében a csatlakoztatott gép és a hálózati koncentrátor között a réz-érpár hossza kb 100 méter lehet.

802/	Áttekintés és architektúra	IEEE 802-1990	ISO/IEC 8802
1	LAN/MAN hidak és a hálók menedzselése	IEEE 802.1-1993 IEEE 802.1G, 1998	ISO/IEC 8802.1 ISO/IEC TR11802-x ISO/IEC 15802-x ISO/IEC15802-5:1998
2	Logikai kapcsolatvezérlés	IEEE 802.2-1998	ISO/IEC 8802-2:1998
3	CSMA/CD elérésmód	IEEE 802.3-2000	ISO/IEC 8802-3:2000
4	A vezérjeles sín elérésmódja	IEEE 802.4-1990 (R1995)	ISO/IEC 8802-4:1990
5	A vezérjeles gyűrű elérésmódja	IEEE 802.5-1998	ISO/IEC 8802-5:1998
6	DQDB elérésmód	IEEE 802.6-1994	ISO/IEC 8802-6:1994
7	Szélessávú LAN	IEEE 802.7-1989 (R1997)	
10	LAN/MAN biztonságtechnika	IEEE 802.10-1998	
11	Vezetéknélküli LAN-technika	IEEE 802.11-1999 IEEE 802.11a-1999	ISO/IEC 8802-11: 1999 ISO/IEC 8802-11/Amd 1:2000(E)
12	Igény szerinti elsőbbségű elérésmód	IEEE 802.12-1998	ISO/IEC 8802-12:1998
14	Vezetéknélküli személyi körzeti hálózat	IEEE 802.14	
15	Szélessávú Vezetéknélküli elérés	IEEE 802.15	
16	Szabványos rádióinterfész	IEEE 802.16	
17	Rugalmas csomag-gyűrű	IEEE 802.17	

4.5.6. táblázat

Az FDDI specifikációs előírásai négy kötetben készültek, ezek: **MAC** (Media Access Control, közeghozzáférés vezérlés), **PHY** (Physical Layer Protocol, a fizikai réteg protokollja), **PMD** (Physical-Medium Dependent, a fizikai közegtől függetlenítés), és **SMT** (Station Management, állomásmenedzselés). A **MAC specifikáció** azt határozza meg, hogyan kell a közeget elérni, beleértve a keretformátumot, a vezérjelek kezelését, a címzést, a ciklikus redundanciaellenőrzés (**CRC**, cyclic redundancy check) kiszámításának algoritmusait, valamint a hibából visszatérés mechanizmusait. A **PHY specifikáció** többek között azt határozza meg, hogyan kódolják az adatokat jelekké és alakítják vissza, beleértve az órajelképzés és keretalkotás követelményeit. A **PMD specifikáció** azt határozza meg, hogy milyenek az átviteli közeg jellemzői (karakterisztikái), beleértve a fényszálas összeköttetést, a teljesítményszinteket, bithibaarányokat, az optikai alkatrészeket és csatlakozókat. Az **SMT specifikáció** azt határozza meg, hogy miből áll az FDDI állomás, milyen a gyűrű elrendezése, milyenek a gyűrű vezérlésviszonyai, beleértve az állomások be- és kiiktatását, a kezdő indítást, a hibabehatárolást, a hibából visszatérést, az ütemezést és a forgalmi statisztikák összeállítását.

Az **FDDI** annak a három berendezésfajtának a meghatározása, amelyekkel a végállomások a hálózatra csatlakoztathatók: a SAS egyszeres csatlakozást, a DAS kettős csatlakozást, a koncentrátor többszörös csatlakozást ad. A SAS előnye, hogy csak a primer gyűrűhöz csatlakoztat, ezért a SAS révén csatlakoztatott készülék (tápegységének) kikapcsolása vagy lekapcsolása (a hálózatról) nincs hatással az FDDI gyűrű működőképességére. A DAS révén csatlakoztatott készülék mind a primer mind a szekunder gyűrűhöz csatolva van és ki- vagy lekapcsolása hat az FDDI gyűrűre. Az FDDI DAC koncentrátora mindkét gyűrűhöz csatlakoztatható és gondoskodik arról, hogy a SAS révén csatlakoztatott elemek ki- vagy lekapcsolása nem hat az FDDI gyűrűre. Ez különösen ott előnyös, ahol olyan PC jellegű eszközök alkotják az FDDI állomásait, amelyeket gyakran szoktak ki- és lekapcsolni. Az FDDI fő hibatűrő képességet adó eleme a kettős gyűrű. Ha a kettős gyűrű bármelyik állomása meghibásodik vagy kikapcsolják, vagy ha a kábelt éri sérülés, akkor a kettős gyűrűt automatikusan visszahurkolják a hibahely kizárására és ezáltal az FDDI egyetlen gyűrűvé válik. Az adatfolyam változatlanul folyik a működő állomások mentén és az FDDI hatékonysága is megmarad. Ha egyetlen állomás esik ki, akkor a hibás állomás két szomszédja hurkol vissza és teszi az FDDI-t egyetlen gyűrűvé és a

többi állomás változatlanul működik. Az FDDI azonban csak egyetlen hibát tud így áthidalni. Két vagy több meghibásodott elem az FDDI-t több független gyűrűvé tördeli, amelyek egymást már nem látják, tehát a részek kapcsolata ellehetetlenül.

Címzés módok

Adathálózatokban alkalmazott adatszórás technikák abban különböznek, hogy a csomagokat egycímű (*unicast*), többcímű (*multicast*) vagy körözvény (*broadcast*) módban közvetítik. Egycímű adásban a küldő forrás-állomás egyetlen csomagot küld el a hálózaton át a rendeltetési állomásnak. Küldés előtt a küldő a küldendő csomagot ellátja a rendeltetési állomás (egyedi) címével. A csomag áthalad a hálózaton és a hálózat a rendeltetési állomásra kézbesíti. Többcímű adásban az elküldött egyedi csomagban csoportcímet helyeznek el, és a hálózat a csoport minden tagjának külön-külön „lemásolja” és kikézbcsíti a csomagot. Küldés előtt a küldő ellátja a küldendő csomagot a rendeltetési állomás-csoport csoport-címével. Körözvényadás üzemmódban többnyire a hálózat valamennyi állomásának kikézbcsítik a csomagot (*általános körözvény*) vagy adott csoportoknak (*korlátozott körözvény*). Ebben az üzemmódban a küldő forrás-állomás elküldendő csomagjához körözvénycímezést alkalmaz, a hálózat a csomagot valamennyi érintettnek kikézbcsíti. Egyszerű LAN hálózatok ugyanezt a címezéstechnikát alkalmazzák egyetlen közegükön azzal, hogy a csomagok válogatása a rendeltetési állomás vételi folyamatában történik, hiszen a közegre ráadott valamennyi csomagot valamennyi működő adatállomás megkapja.

Topológia

LAN **hálózati topológiák** az általános hálózati alapelrendezésekhez hasonlóak és négy fő típust képviselnek: a sít, a gyűrűt, a csillagot és a fa-elrendezést. Ezek elsősorban logikai architektúrát jelentenek, a valóságos fizikai elrendezés ettől különbözhet. A sín-elrendezés olyan soros architektúra, amelyben a közeg mentén halad végig a küldött csomagot hordozó jel és valamennyi többi állomás képes annak vételére. Az IEEE 802.3 hálózatok sín-elrendezésűek. Amikor a sorba egymás után egyirányú átviteli közegszakaszokkal összefűzött állomások egyetlen nagy „visszahurkolt” kört alkotnak, akkor ezt gyűrű-elrendezésnek nevezzük. A vezérjeles gyűrűs IEEE 802.5 hálózatok ennek példái. Hasonló gyűrű-elrendezést alkot az FDDI hálózat is. Csillag-elrendezésben a központi csomópont-hoz egyedileg

vannak „bekötve” a „végállomások”. A fa-elrendezés a csillagtól abban különbözik, hogy a központból induló egyedi vonalak „külső” vagy „közbenső” csomópontokon minden „visszahurkolás” nélkül szétágazhatnak a végállomások felé. Lényegében olyan sín, amelynek egyes szakaszai szétágaznak.

LAN/MAN hálózatok különleges eszközei

A jelfrissítő vagy jelismétlő (repeater) az a fizikai rétegbeli eszköz, amely azonos technikájú LAN szakaszokat köt össze, hogy az egy szakasszal elérhető hatótávolságot kiterjessze. Ilyenkor több kábelszakasz egyetlen kábelként viselkedik, mert a jelfrissítő a kábelszegmenstől kapott jelet felerősíti és újravidőzíti (újravidőzít) és így adja rá a következő kábelszakaszra elhárítva ezzel a kábel hossza és a rácsatlakozó eszközök nagy száma miatti jelcsökkenést. A jelfrissítő nem képes bonyolult szűréseket és egyéb bonyolult forgalmi műveleteket végezni. Sőt a vonalon jelentkező valamennyi elektromágneses zavaró hatás jelét is felerősíti és továbbadja. Az adott LAN technikát korlátozó tényezők (mint pl. az időzítések és futásidők) behatárolják az adott technika esetén alkalmazható jelfrissítők és kábelszakaszok teljes számát.

A csatoló-csomópont (hub) a fizikai rétegben az az eszköz, amelyik több, egyéni vonallal csatlakoztatott adatállomást is összeköt (egymással és a hálózat többi részével). Villamos csatlakoztatást a csatoló-csomóponton belül úgy oldják meg, hogy a fizikai topológia csillagelrendezése ne zavarja a LAN logikai gyűrű vagy logikai sín elrendezés szerinti működését. Bizonyos szempontból a csatoló-csomópont többirányú (többcsatlakozású) jelfrissítőként működik.

Irodalomjegyzék

[4.5.1] Sebestyén Béla: Helyi számítógép-hálózatok, Lektor: Mazgon S. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1987

[4.5.2] Balogh Sándor, Berkes Jenő, Kovács László: A számítógépes távközlés telemaikai szolgálataiOMIKK LSI Alkalmazástechnikai Tanácsadó Szolgálat, Budapest. 1988

[4.5.3] Berkes Jenő, Gonda László, Szabó Károly, Verebélyi Attila: Adatátvitel számítógép felhasználóknak. Ipari Informatikai Központ (Informatik), Budapest. 1989

[4.5.4] Uyless D. Black: Data Networks, concepts, theory and practice. Prentice-Hall. 1989

[4.5.5] Tannenbaum, Andrew S.: Számítógép-hálózatok. Panem-Prentice-Hall. New Jersey 1996. Harmadik kiadás magyar változata. Budapest. 1999. Szerk.: dr. Harangozó József.

[4.5.6] „Free on-line dictionary of computing” hálózati témában egy sor kifejezést definiál az alábbi címen:
<http://www.nightflight.com/foldoc/contents/networking.html>, lásd többek között: összeköttetés alapú (connection oriented) pl. TCP, vagy összeköttetésmentes (connectionless) pl. UDP.

[4.5.7] LAN és TCP/IP témában egyetemi kiegészítő magyarázó szövegek (főként OSI alapon): Lecture Information by Godred Fairhurst: EG3561/EG3567 Communications Engineering.

<http://www.erg.abdn.ac.uk/users/gorry/eg3561/road-map.html>,

<http://www.erg.abdn.ac.uk/users/gorry/eg3561/index.html>

[4.5.8] Műszaki információ, ismertető, útmutatók stb. adatátvitelről (is):

általános: <http://www.internet.com/sections/downloads.html>

<http://webreference.com/internet/tutorials.html>

webopedia: <http://www.webopedia.com/>

<http://www.pcwebopedia.com/>

nanotech planet: <http://www.nanotechplanet.com/>

Internet lists: <http://www.internet.com/sections/lists.html>

Internet technology: <http://www.internet.com/sections/it.html>

Internetdotcom: <http://www.webreference.com>

datacom: <http://www.alliancedatacom.com/>

Internet-standards: <http://webreference.com/internet/standards.html> <http://www.wssn.net/WSSN/>

info-superhighway: <http://www.netsquirrel.com/index.html>

4.6. Technológiai hálózatok

Szerzők: Bély András és Jutasi István

Lektor: dr. Bartolits István

A távközlés általánosságban egyfajta szolgáltatás - a kétirányú információcsere lehetőségének biztosítása -, így kézzelfogható terméket nem állít elő és nem is forgalmaz, és ezen belül a távközlés különösképpen *személyes szolgáltatás*; mindenkinek igénye és jártassága szerinti készüléke lehet, amelyen át kapcsolatba kerülhet a távközlési szolgáltatás megrendelt területével.

A távközlésben ugyanakkor létezik egy speciális, egy kevésbé közismert terület, amely többnyire *személytelen*, és az előbbinél jóval nagyobb használhatóságot biztosítva *szolgáltatást* nyújt, mint valamilyen adott technológiai folyamat vagy rendszer szerves tartozéka. A távközlés ez utóbbi, speciális területét nevezzük **technológiai távközlésnek**, illetve szűkített értelemben magát a hálózatot **technológiai (korábban külön célú) hálózatnak**.

A technológiai távközlés követelményrendszerében meghatározó a kiszolgált technológia, és ezzel összefüggésben a technológiai hálózatoknál alapvető követelmény a magas szintű *használhatóság* vagy más néven *rendelkezésre állás* és egy sor, a technikai feladatnak megfelelő specifikus szolgáltatás.

4.6.1. Közlekedési technológiai hálózatok

Szárazföldi viszonylatokban a szállítási feladatok gazdaságos és egyben biztonságos megoldását a modern vasútközlekedés hozta magával. A vasúti forgalom sebességének növelését - közvetve ugyan - de mégis az 1844-ben Washington és Baltimore között üzembe helyezett Morse-rendszerű **távíróvonal** tette lehetővé. A vasúti közlekedésnek ettől fogva elválaszthatatlan tartozéka volt a távközlés.

A tengeri hajózásban sorsdöntő fordulatot hozott Marconi felfedezése, a **szikratávíró**, majd belépett a rádió-távközlés és napjainkban a műholdas távközlés.

Vasúti technológiai hálózat

A távközlés célja a vasúti forgalom biztonságos irányításának elősegítése, a vasúti forgalmi és fenntartási szolgálat információ ellátása. A távíróvonalon továbbított információ a "*távírat*" - írásos jellegéből következően - okmányként is szolgál, míg a *távbeszélő* a szóbeli utasítások, és jelentések közlését teszi lehetővé a forgalom és a fenntartás számára.

A vasúti technológiai hálózatot kezdetben - Magyarországon 1847-ben - a vasútvonallal párhuzamosan kiépített, faoszlopsoron feszített bronz vezetőjű távíró vonal jelentette, ami később távbeszélő céljára is felhasználásra került. A vasút által felkínált nyomvonalat a nyilvános távbeszélő szolgáltatást nyújtó Magyar Királyi Posta is kihasználta saját hálózata kiépítésére, így a vasútvonal egyik oldalán a vasút technológiai hálózatának, míg másik oldalán a Posta nyilvános távbeszélő hálózatának oszlopsorai épültek meg.

A vasutak általában hatalmas szervezetek. A vasúti szervezetben a végrehajtás üzemeltetésre és fenntartásra osztható. Az üzemeltetési szolgálat a szállítási tevékenységet, a forgalom közvetlen lebonyolítását végzi. Az üzemeltetési szolgálat operatív irányítása a meghatározott állomásoknak, csomópontoknak, vasútvonalaknak az üzemi folyamatokkal (technológiákkal) közvetlen kapcsolatban lévő távközlő eszközeit használja fel. Ide tartoznak a "különcélú" vagy "magán" távbeszélő összeköttetések, diszpécser rendszerek, a rádiós körzetek és rendszerek, az utasítást adó hangrendszerek, a villamos órahálózat, a hangrögzítő berendezések, a kultúrált utazás feltételeit biztosító hangos és vizuális utas-tájékoztató berendezések és a helyfoglalás célberendezései. Ide tartozik még a "központi forgalomellenőrzés" és a "központi forgalomirányítás", is.

A vasútüzem 24 órás, folyamatos jellege miatt a távközléstől folyamatos rendelkezésre állást és az előforduló hibák azonnali megszüntetését kívánja meg,

A vasútüzemnek két fő területét lehet megkülönböztetni: az áruszállítást és a személyszállítást. A fentiekhez kapcsolódik a "Szállításirányítási Rendszer" (SZIR), amely lehetővé teszi egyrészt a teherkocsik állomási szintű követését és ez által a fuvaroztatók megfelelő kiszolgálását, előértesítését a rakomány érkezéséről, másrészt a teherkocsi irányítás automatizálását. A személyszállításra is kiterjed a SZIR, a vonatok és a személykocsik követése és irányítása területén. Továbbá a

rendszer kapcsolatot biztosít a külföldi vasutakkal és a nemzetközi vasúti információs hálózattal.

A fenntartási munkákat a pályafenntartási, a járműfenntartási, továbbá a távközlő- és biztosítóberendezési szolgálat végzi.

A villamos vontatás bevezetésével egyidejűleg fel kellett számolni a légvezetékes hálózatokat, melyeket kezdetben magas védőtényezőjű (alumínium burkolatú) földkábelek váltottak ki, majd a fényvezető kábeltechnika bevezetése a vasúti távközlés alapvető hálózati elemévé vált, mégpedig általában a villamos vontatás oszlopsorára önhordó kivitelben szerelve.

A vasúti távközlésben alkalmazott átviteltechnika és kapcsolástechnika egy lépéssel mindig megelőzte a közcélú távbeszélő hálózatoknál alkalmazottat. Az adatátviteli és más, nem-beszéd jellegű szolgálatok (szállítá irányítás, helyfoglalás, járműkövetés stb.) céljára kezdetől digitális átviteli utak kiépítése vált szükségessé és ehhez a legkorszerűbb eszközök kerültek alkalmazásra.

A vezetéknélküli távközlésnek is jelentős szerep jut a vasúti távközlésben egyrészt a mozgásban lévő szerelvényekkel való folyamatos kapcsolattartásra (a "mozdonyfedélzeti számítógépes rendszer" közvetlen adatcsere kapcsolatot tart fenn a SZIR-rel a vonali rádiós hálózaton keresztül), másrészt a rendező-pályaudvarok működtetése (kocsirendezése) területén.

Vízi-közlekedési technológiai hálózat

A vezetéknélküli távközlés tette lehetővé a *tengeri hajózásnál a **vészjelzés*** (S.O.S) és az ***időjárás jelentések*** bevezetését, amely nagyban növelte a hajózás biztonságát. A *folyami hajózás* sem nélkülözheti azoknak a távközlési szolgáltatásoknak az igénybevételét, amelyek a tengerhajózásban terjedtek el.

Műholdas helymeghatározásra több rendszert is kifejlesztettek, például az amerikai GPS (Global Positioning System) rendszer az, amelyik a Föld bármely pontján helymeghatározást tesz lehetővé. A GPS használata sok esetben kötelező (pl. tengeren vitorlás hajóknál).

Az utas kényelmi szolgáltatások (távbeszélő, fax, stb.) ma már természetes együtt járói mind a tengeri, mind a folyami hajózásnak.

Az ENSZ által 1979-ben létrehozott világméretű szervezet az **INMARSAT** (International Maritime Satellite Organisation) eredeti működési területe a tengeri, a légi és a mozgó szárazföldi távközlés. Az INMARSAT a világtengerek nagy részén (a sarki területek kivételével) beszéd- és adat-összeköttetést, valamint segélykérést tesz lehetővé.

Közúti-közlekedési technológiai hálózat

A közúti közlekedésben a technológiai hálózat szerepe egyrészt a városi közúti közlekedés-irányításában, másrészt az autópályák menti segélyhívó szolgálat működtetésében játszik szerepet. Egyre jelentősebb a közutak forgalmi helyzetéről adott folyamatos tájékoztatás (UTINFORM), amit elsősorban rádióan közvetítenek.

A városi közúti közlekedés-irányítás vezetékes hálózata általában a nyilvános távbeszélő hálózattól elkülönülten épült fel, külön e célra létesített alépítmény hálózatban. A távközlési monopóliumok megszűntével ezek az alépítmény hálózatok felértékelődtek, mivel az újabb szolgáltatások számára egyre nehezebb és költségesebb újabb nyomvonalhoz jutni, és alépítményt építeni. Napjainkban a közúti technológiai hálózatok, illetve ezek alépítményei egyre nagyobb részt vállalnak a nyilvános távközlésben.

Az autópályák menti segélyhívó szolgálatban vezetékes vagy vezeték nélküli megoldások egyaránt alkalmazhatóak. Mindkét megoldásnál felértékelődött az alapinfrastruktúra, vagyis vezetékes esetben az alépítmény hálózat (a kiépített védőcsövekbe fényvezető kábelek húzhatók be) míg vezeték nélküli esetben az antenna tartó oszlopok, tornyok (GSM antennák helyezhetők el az oszlopokon, tornyokon).

A műholdas helymeghatározó rendszer a közúti-közlekedésben nemcsak a vezetőt segíti a tájékozódásban, hanem a rendőrséget az eltűnt (ellopott) járművek felkutatásában is.

Az INMARSAT rendszer automatikus műholdas helymeghatározással kiegészítve lehetővé teszi nagyszámú jármű egyidejű felügyeletét és irányítását. Az INMARSAT kiegészítő helymeghatározási korrekciós rendszerével, a GPS pontosságát 100 m-ről 5 m-re javították.

Légi-közlekedési technológiai hálózat

A korszerű légi közlekedés elválaszthatatlan tartozéka a **"légi irányítás"**. A légi irányítás egyrészt a földi és a fedélzeti rádiólokációs (RADAR) rendszer működésére, másrészt a földi irányítók és a repülőgép vezetők közötti információcserén alapul. A légi közlekedés biztonságát a "légi irányítás" nemzetközi együttműködése garantálja. A légi közlekedés technológiai hálózata, egyrészt a vezetékek nélküli hálózatok igénybevételén, másrészt a földi irányító központok közötti vezetékes összeköttetésen alapul.

A légi közlekedéssel szoros kapcsolatban áll a *nemzetközi helyfoglaló rendszer*, amely a légiforgalmi társaságok közötti távközlő hálózaton alapul.

Az utas kényelmi szolgáltatások (távbeszélő, fax, stb.) ma már a repülőgépeken is igénybe vehetők, ugyanakkor a mobil rádiótelefonok használata a fedélzeten tilos.

4.6.2. Csővezetéki szállítás

Kőolaj, gáz, kőolajtermék csővezetéki szállítás hálózata

Magyarországon az olajipari technológiai távközlő hálózat kiépítése már a 40-es évek elején megkezdődött, amikor a zalai olajmezőkről kiindulva, a Balaton déli partját követve, a csepeli olajfinomítóig kiépült az úgynevezett MAORT-vezeték és a hozzá tartozó önálló légvezeték hálózat.

Tekintettel arra, hogy a szénhidrogének szállítási technológiája, de különösen az üzemeltetés biztonsága megköveteli a megfelelő minőségű, kiváló megbízhatóságú és használhatóságú távközlési szolgáltatásokat, az iparág vezetése a Postától független, úgynevezett tartozék (különcélú) hálózat kiépítése mellett döntött.

Az olajipar önálló technológiai hálózata kialakulásában meghatározó volt, hogy a kezdeti időszakban a csővezetékek nyomvonala mentén, annak védelmi sávjában kiépültek a távközlő kábelek a csővezetéki szállítás technológiájának kiszolgálására és az üzemeltetési biztonság növelése érdekében.

Az 1980-as évek kezdetére kiépült "olajipari" technológiai hálózat főbb jellemzői:

- a távközlő kábelek nyomvonala megegyezik a csővezeték nyomvonalával;
- a telemechanikai és a diszpécser távbeszélő összeköttetések számára négyhuzalos, hangfrekvenciás áramkörök állnak rendelkezésre;
- az iparág távolsági összeköttetéseit 12 csatornás, vivőfrekvenciás berendezésekből felépített átviteli utak biztosítják;
- a hálózat tervezését, építését és fenntartását is az iparághoz tartozó vállalatok végzik;
- a hálózathoz felhasznált kábeleket, készülékeket és berendezéseket a magyar ipar gyártja.

A több évtizedes tapasztalatok azt mutatják, hogy a csővezeték védelmi sávjában (biztonsági övezetében) épített olajipari kábelek sokkal védettebbek, mint a postai kábelek, amelyek legtöbbször a közutakat követik.

Vízvezetéki szállítás hálózata

Az ivóvíz csővezetéki szállítását az ókorra vezethető vissza, Róma vízellátását az időszámításunk előtti IV. században a Via Appián megépült az első nagy vízvezeték az Aqua Claudia. Mindez ideig a vízvezetéki szállítás és a távközlés kapcsolata nem volt kimutatható. A legutóbbi időkben azonban - miután a nyomvonal felértékelődött - olyan műszaki megoldások is napvilágot láttak, hogy a vízvezeték belsejében a távközlő kábel elhelyezésére is lehetőség nyílik. E megoldásban fényvezető kábel jöhet számításba, a műszaki problémát elsősorban a kábelnek a csővezetékbeli való kivezetése jelenti, a meglehetősen nagy nyomáskülönbség miatt. Léteznek azonban ma már olyan "tömszelencés" megoldások, amelyek e problémát megoldották.

Szennyvíz csatorna hálózata

A szennyvíz csatorna távközlő hálózatáról nem igen beszélhetünk, azonban a nyomvonal felértékelődés következtében - hasonlóan, mint a vízvezeték hálózathoz - a csatorna belsejében távközlő kábel elhelyezésére lehetőség nyílik. A műszaki megoldás egyrészt egyszerűbb, mint a vízvezetékénél (nincs nagy nyomáskülönbség), másrészt komplikáltabb a kábelre veszélyes vegyi hatások miatt.

Távfűtő csővezeték hálózat

A távfűtő csővezeték hálózat, mint egy lehetséges megoldás a városokban, ugyancsak szóba jöhet távközlő kábel elhelyezésére.

4.6.3. A villamosenergia rendszer technológiai hálózata

Technológiai igény

A villamosenergia szolgáltatás megindulásával egy időben kezdődött a technológiához szorosan kötődő saját távközlési rendszer kiépítése és a szolgáltatás megkezdése. Ez a folyamat az 50-es években az egyesült energia rendszer (VER), majd a nemzetközi kooperáció fejlődésével (CDU⁸, UCPTÉ⁹, CENTREL¹⁰, UCTE¹¹) párhuzamosan felgyorsult.

Kezdetben az átviteltechnika alapvetően a közvetlen postai, kábeles bérleményekre és a távvezetékekre közvetlenül csatolt távvezetési vivőfrekvenciás (TVF) technológiára alapozódott. Már ebben az időben is előírás volt az energetikai objektumok (erőművek, távvezetési állomások, diszpécser központok) közötti független kétutas elérhetőség, mivel a villamosenergia termelés, szállítás és fogyasztás egyensúlyát minden pillanatban biztosítani kell az azt kiszolgáló automatika, mérő és adatfeldolgozó rendszereknek, valamint az ezt koordináló diszpécser szolgálatoknak.

A hazai villamosenergia szolgáltatás stratégiai fontossága, valamint a nemzetközi együttműködésből fakadó kötelezettségei miatt jóval magasabb színvonalú volt, mint az adott térség távközlési infrastruktúrája, így rákényszerült, hogy a saját követelményeinek megfelelő távközlési és informatikai szolgáltatást ennek megfelelően fejlessze.

⁸ Centralnoje Diszpercerszkoje Upravlénijje

⁹ Union for the Coordination of Production and Transmission of Electricity

¹⁰ Union for the Coordination of Transmission of Electricity

¹¹ Cseh, Lengyel, Magyar és Szlovák villamosenergia irányító és üzemeltető társaságok egyesülése

Hálózati szolgáltatások

Kiépült a hazai TVF hálózat mellé a mikrohullámú gerinchálózat a legfontosabb irányokban (pl. Paksi Atomerőmű) ORION berendezésekkel és az üzemzavar-elhárítást szolgáló többszinten URH hálózat a BRG berendezésekre alapozva. Az országos távválasztást messze megelőzve BHG központokkal kiépült az iparág saját távválasztó távbeszélő hálózata, ami a diszpécseri hálózat alátámasztása mellett a korszerű ügyvitelt is szolgálta.

A komplex átviteli rendszeren világszínvonalú informatikai szolgáltatást lehetett kialakítani az Országos Villamos Teherelosztó (OVT), valamint a Körzeti Diszpécser Szolgálatok (KDSZ) részére a folyamatirányító számítógépes rendszerek kiszolgálásához.

A távműködtetés, a fogyasztói korlátozó automatika (FKA), a belső energia-elszámolási rendszer, a zavarító automatika lekérdezés, mind igen fontos technológiai informatikai alrendszer. Újabban igen fontos szerepkört töltenek be a környezetvédelmi, meteorológiai és biztonsági monitoring rendszerek.

Az együttműködő anya- és leányvállalatok közötti kapcsolatokban a LAN/WAN rendszerek és különböző integrált gazdaságirányító (SAP) rendszerek összekapcsolása is elsősorban a saját átviteli hálózatot veszi igénybe.

A 90-es években a digitális technika igen gyors, szinte párhuzamosan a nyugati világban zajló fejlődéssel, a közép-európai térség különhálózataiban is fejlődést eredményezett. A fénykábeles technika és a korszerű digitális átviteli eljárások (SDH, ATM) és távbeszélő központok olyan lehetőségeket eredményeztek, amely a minimális technikai kiépítési szinten is meghaladta a technológia által megkövetelt kapacitásokat mind sebesség, átviteli sávszélesség, mind vonalszám tekintetében. Ez előre vetítette ezeknek a technológiai rendszereknek az üzleti, közcélú hasznosítását, különösen az adatátviteli, informatikai szolgáltatás (Internet) de a vezetékes és vezeték nélküli (GSM) piac területén is.

Hálózatépítés

Ma már a TVF technológia háttérbe szorult, bár végponti berendezésként még működnek többcsatornás kvázi digitális berendezések. Alkalmazásuk elsősorban a

diszpécser telefonhálózat és a távvezetési védelmi automatikák kiszolgálására korlátozódik.

A mikrohullámú berendezések frekvenciagazdálkodási okok és sávzsélesség problémák miatt nem versenyképesek az optikai kábelekkel kiépített rendszerekkel.

A villamosenergia iparban úgy tűnik, hogy az optikai hálózat a viszonylagos drága építési költség és az alaptermékkel való együttes üzemeltetés nehézségei ellenére is a legjobb megoldás. A távvezetésekre a védővezetőbe telepített optikai kábelnek (OPGW) számtalan előnye van. Teljesen védett a mechanikai károsodástól, az elektromágneses zavaroktól. A nyomvonal a viszonylag sűrű távvezetési rendszer miatt (120, 220, 400, 750 kV-os hálózat) szinte mindenhol egyszerűen biztosítható, energetikai szempontból fontos felhasználási helyekre. A szál kapacitás szinte korlátlan ($n \times 96$ szál), a közbenső erősítő pontok, leágazások könnyen kiépíthetőek. Egyéb hálózati szolgáltatókkal együttműködve teljesen független második út biztosítható a villamosenergia rendszer kábeleiben. Alacsonyabb feszültség szinten (20, 35, 120 kV) a távvezetési tartóoszlopokra műanyag burkolatú légkábel is felépíthető.

A távvezetési tartóoszlopoknak újabban antennatoronyként való hasznosítása is megvalósult (GSM, DCS).

A nemzetközi távvezetési kapcsolatok miatt a transznacionális szolgáltatók részéről is érdeklődés van a villamosenergia-ipari fénykábeles hálózat iránt.

A tervezett új villamos energiatörvény (VET) az európai csatlakozás követelményeinek megfelelően szabályozni fogja a villamosenergia piac résztvevőinek szerepét a nyitott energia-kereskedelem szempontjai szerint. Ez kihatással lesz a szektor különhálózatára is, mivel a folyamatirányítás a független rendszerirányító (MAVIR) önálló felhasználóként, vagy üzemeltetőként fog a későbbiekben működni, saját fejlesztési koncepcióval.

PLC (Power Line Communication)

A PLC a 230 V-os elosztóhálózaton távközlési helyi hozzáférést tesz lehetővé a fogyasztói hely és az utolsó transzformátor állomás között. 1MHz, illetve e feletti frekvenciasávban, 1-8 Mbit/s sebességű kétirányú adatátvitel valósítható meg a fogyasztónál, illetve a transzformátor állomáson elhelyezett PLC berendezések

között. A transzformátor állomástól már nem az erősáramú hálózaton, hanem a szokványos távközlő hálózaton történik az adatátvitel.

4.6.4. Vízügyi hálózat

A vízügyi hálózat ár- és belvíz-, valamint vízminőség-védelmi célokat szolgál. Az ár- és belvízvédelem mindig is kiemelt jelentőséggel bírt, főleg olyan ország esetében, mint Magyarország. A környezetvédelem jelentőségének növekedésével együtt a vízminőség védelem is jelentős szerepet kapott.

Mindhárom esetben az előrejelzés a legfontosabb, hogy a hatóság és a lakosság kellő időben felkészülhessen a veszély elhárítására akár töltésmagasítással, akár a lakosság, az állatállomány, és más gazdasági értékek evakuálásával, mentésével.

Tekintettel arra, hogy Magyarországra a folyóvizek kivétel nélkül külföldön lévő forrásvidékekről származnak, az előrejelzéseket is külföldről kell megkapnunk. Ennek érdekében többoldalú megállapodás jött létre a vízparti ökörendszerekre kiterjedően. Megállapodás született a megfigyelési helyek, a mérendő jellemzők és a rendszeresen értékelendő paraméterek felől, nyilvántartásba veszik a szennyezőforrásokat, határértékeket állapítanak meg a szennyezőanyag-bebocsátásokra, meghatározzák a vízminőségi célállapotot.

A védelmi tevékenység a gazdaságban előállított javak megóvásában, az élet- és vagyonvédelem területén játszik fontos szerepet. A védelmi tevékenység az alábbi területekre terjed ki:

- árvízvédekezés,
- belvízvédekezés,
- jégvédekezés,
- vízminőség kárelhárítás.

A termelési jellegű vízügyi tevékenységek:

- vízellátás és csatornázás,
- vízhasznosítás,
- egyéb.

Például a Dunával kapcsolatban közös programokat dolgoznak ki és hajtanak végre a vízviszonyok rendszeres megfigyelésére (a lefolyásra, a vízminőségre, a

hordalékra), és elkészítik az egész Duna-medence vízmérlegét. Közös értesítő-, figyelmeztető- és riasztórendszerek létrehozása is szerepel; a kétoldalúan kialakított meglévő rendszerek kiegészítéseként pedig megszervezik a sokoldalú tájékoztatást az árvíz- és jégveszélyről, továbbá a rendkívüli vízszennyezésekről. Vállalják a Felek a rendszeres információcserét a vízi- és vízparti környezet általános állapotáról.

Hazánk vízgazdálkodásában kiemelt szerepet játszik a vízügyi távközlő rendszer, amely egyrészt a védelmi tevékenységgel, másrészt a termelési feladatokkal összefüggő távközlési igények kielégítésére hivatott. Tekintettel arra, hogy a védelmi tevékenység túlnyomórészt a vízfolyáshoz kötött, ezért a vízügyi távközlő hálózat szinte teljes egészében a védelmi töltések mentén helyezkedik el.

Ár- és belvíz-, valamint vízminőség-védelmi hálózat működtetésénél - különösen katasztrófa helyzetekben - igen fontos szerep jut a rádiós összeköttetéseknek. E területen a készenléti rádiószolgálat (pl. TETRA rendszer) veendő figyelembe.

4.6.5. Technológiai hálózatok jövője

A termelési folyamatban az anyag, energia átvitel optimalizálása révén mind gyakrabban közvetlen termelőerővé válik az információátvitel, s e miatt a távközlő hálózatok a technológiai folyamatok létfontosságú alkatelemeivé válnak.

A nyilvános és a technológiai hálózatok közeledését, integrációját is megfigyelhetjük. A nyilvános és a technológiai hálózatok közötti konvergencia egyrészt a hálózatok, másrészt a szolgáltatások mentén jelentkezik. E kettős konvergencia alapját egyrészt a távközlésben végbement *szabályozás változás (liberalizáció)*, másrészt a távközlésben lejátszódott *technológiai váltás (digitalizáció)* teremtette meg

A liberalizáció lehetővé tette, hogy a technológiai távközlő hálózatok, együttműködve illetve versenyezve a nyilvános hálózatokkal előfizetői szolgáltatásokat nyújthassanak, belépjenek a távközlési piacra. A digitalizálás pedig azt tette lehetővé, hogy a nyilvános távközlő hálózatok képesek a különböző technológiai folyamatok informatikai igényeinek kielégítésére (pl. interaktivitás).

Irodalomjegyzék

[4.6.1] Jutasi István: *A technológiai távközlés kialakulása, jelenlegi és jövőbeni szerepe* Híradástechnika XXVIII. évf. (1977) 9. sz.

[4.6.2] Jutasi István: *Olajipari távközlő hálózat Magyarországon*. Kőolaj és Földgáz 17. (117.) évf. (1984) 3. sz.

[4.6.3] Jutasi István: *Különcélú hálózatok a távközlési piacon*. Híradástechnika XLV. évf. 1994. december

[4.6.4] Bély András: *MVM Rt. távközlési hálózata*. MVM Rt. Közleményei 1999/4

[4.6.5] Bély András: *Informatika stratégia*. MVM Rt. Közleményei 2000/3

4.7. Műsorszóró hálózatok

Szerző: dr. Kovács Imre

Lektor: dr. Gschwindt András

A műsorszórás egyes megoldásait a következő speciális csoportosításban ismertetjük. Először átfogó képet adunk a műsorszóró adók ellátására kiépített műsorszétoosztó hálózatokról, majd ismertetjük a műsorszórás rendszertechnikai vázlatát, kitérve néhány speciális megoldásra, különösen a műsorszóráshoz ma már szorosan kapcsolódó interaktív rendszertechnikára.

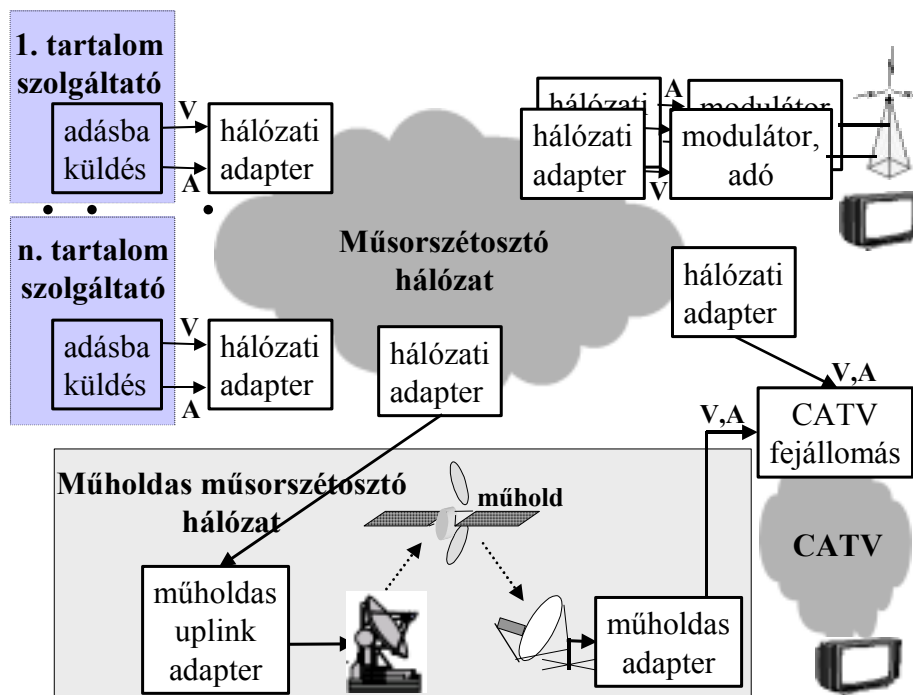
4.7.1. Műsorszétoosztó hálózatok

A műsorszétoosztás feladatát gyakorlati szempontból a legjobban és legegyszerűbben úgy tudjuk megfogalmazni, ha megadjuk azokat a végpontokat, amelyek között a műsorszétoosztás, mint távközlési szolgáltatását értelmezzük. Eszerint az egyik végpont minden esetben az az egység, ami természetes része a tartalom szolgáltató stúdiójának, beleértve annak valamennyi berendezését, amely gondoskodik a tartalom folyamatos, az előre kiadott műsorrend szerinti kijátszásáról. E stúdió komplexum a kijátszáson kívül számos egyéb feladatot is ellát, csak felsorolás jelleggel: felvételkedészítés, átmeneti tárolás, utó-munkálatok, archiválás, hírszerkesztés, stb. Számunkra jelen fejezetben csak a kimeneti jelformátumok bírnak jelentőséggel.

A műsorszétoosztás másik végpontja az ellátott közegtől függ. Földfelszíni műsorszórás kiszolgálása esetén a végpont a műsorszóró adó, műholdas műsorszórás esetében a műholdas feladó (uplink), míg a műsorelosztás (kábeles, vagy vezeték nélküli) táplálásakor a műsorelosztó fejállomás. Ez a struktúra igaz mind a hang, mind a kép műsorterjesztésre, teljesen függetlenül attól, hogy az analóg, vagy digitális technológiájú. Természetesen a jelformátumok és alkalmazott modulációk az egyes technológiák és továbbított jelek esetében különböző.

4.7.1. ábrán felrajzoltunk egy általánosnak tekinthető műsorszétoosztási rendszertechnikát. Ezen jelöltük mind a három legfontosabbnak ítélt megoldást. Az

ábrán baloldalt találjuk a forrás jeleket szolgáltató stúdiókat, kettőt tüntettünk fel, de természetesen ezek száma a konkrét megvalósítástól függ. A „V” a videó, az „A” a hangjeleket azonosítja. Természetesen, rádió program esetén csak hangjel, vagy hangjelek vannak. A hálózati adapter feladata, hogy a bemeneteire adott jelet, vagy jeleket a műsorszétosztó hálózat átviteli módjának és protokolljának megfelelően alakítsa át. Ezért az adapter felépítését a bemeneti formátum és az alkalmazott hálózat egyértelműen meghatározza.



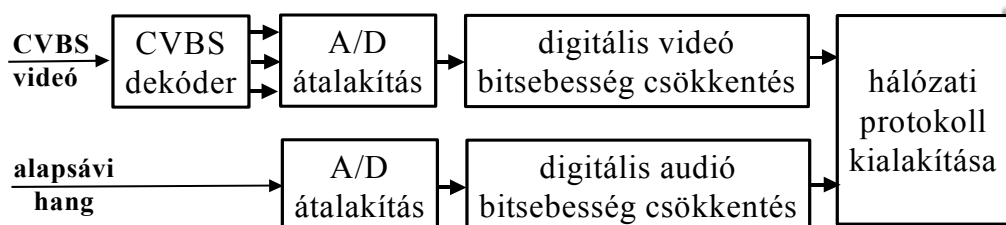
4.7.1. ábra. A műsorszétosztás elvi vázlat

A műsorszétosztó hálózat megvalósítása sokféle lehet, pl. tisztán egyirányú műsorszolgáltatás alapú, de lehet a szükséges adatsebesség továbbítására alkalmas bármely kétirányú távközlő hálózat is.

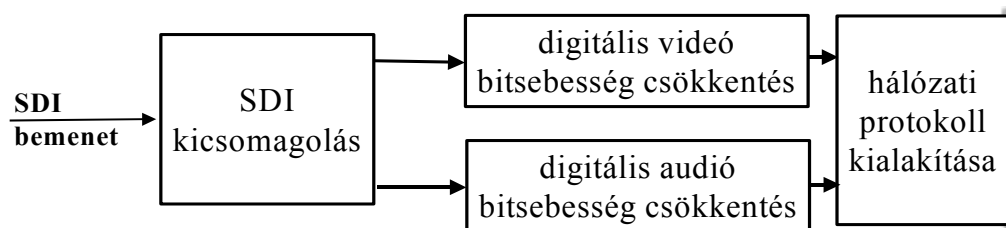
Analóg jelek analóg műsorszétosztásakor a leggyakoribb megoldás az FM RF mikró, amely lényegesen jobb átviteli paraméterekkel rendelkezik, mint amit a műsorszóró szabvány előír, így nem korlátozza a szolgáltatott minőséget. Ebben az esetben a hálózati adapter fogadja az összetett PAL¹², SECAM, vagy NTSC jelet [4.7.1] és az alapsávi hangjeleket, melyeket az FM mikro rendszer modulációs módjának megfelelően alakít át.

Digitális technológiájú műsorszétosztás esetében a hálózati adapter felépítése természetesen attól függ, hogy milyen formátumú a bemenőjel, és a műsorszétosztó digitális hálózat technológiája, továbbá milyen audio és videó bitsebesség csökkentést alkalmazunk.

A 4.7.2. ábrán felrajzoltuk az adapter két lehetséges funkcionális felépítését. A felső arra az esetre utal, ahol CVBS¹³ jeleket küldenek adásba, dolgozik, míg a műsorszétosztó hálózaton, valamilyen bitsebesség csökkentés után továbbítjuk a jeleket. Az alsó funkcionális vázlat már a modernebb, itt feltételeztük, hogy a stúdió soros digitális interfészen (Serial Digital Interface: SDI, [4.7.2], [4.7.3]) szolgáltatja a videó és az audio jeleket. Mivel ezen interfész adatsebessége 270 Mbit/s, ezért a hálózati adaptert a stúdió kimenetéhez közel kell elhelyezni.



Műsorszétosztás CVBS-digitális adapterének funkcionális felépítése



Műsorszétosztás SDI-digitális adapterének funkcionális felépítése

4.7.2. ábra. A hálózati adapter két lehetséges funkcionális vázlata

A 4.7.2. ábra vázlatán az utolsó blokk a hálózati protokoll szerinti keretezés és csomagolás, amelyeknél a két legfontosabb paraméterre, a programonkénti hatalmas adatsebességre és az on-line átvitel szükségességére hívjuk fel a

¹² **PAL:** Phase Alternation Line; Soronkénti fázis váltás elve, mellyel a PAL rendszer képes a színezet hibát telítettség hibává konvertálni.

¹³ **CVBS:** Composite Video Blanking Sync; Összetett videójel, amely tartalmaz a világosságjelet, a modulált színjelet, a sor és a félkép kioltási időt, valamint az összetett szinkronjelet.

figyelmet. Ez utóbbi természetesen azt jelenti, hogy a hálózaton bekövetkező esetleges folytonossági és jitter hibákat magában a hálózatban, jobban mondva a hálózati adapterben kell lekezelni.

A videó és audió bitsebesség csökkentési eljárások a legkritikusabb pontjai a láncnak. Több okból is, hiszen ezen a ponton feszül egymásnak a továbbított hang és képminőség, és a továbbításhoz szükséges adatsebesség és annak költsége. Az első digitális műsorszétoztó hálózatokban az alkalmazott adatsebesség 140 Mbit/s volt, amely Transzparens (a kódolási veszteség nem érzékelhető még többszöri oda-vissza kódolás alkalmazásakor sem) eljárások közé tartozik, azonban a hatalmas bitsebesség megnehezítette alkalmazását, a szükséges sávszélesség költsége miatt. A műsorszétoztó hálózatokon a következő alkalmazott adatsebesség a 34 Mbit/s [4.7.4] volt, amely már számos hálózaton (PDH, SDH, ATM) gazdaságosan továbbítható. A kódolás és a szükségszerű dekódolás kép- és hangminősége teljesíti a követelményeket, de nem nevezhető transzparensnek, hiszen a dekódolás utáni, esetleges tovább feldolgozás (pl. editálás) észrevehető minőségromláshoz vezet. Szerencsére ezt a műsorszétoztást csak a legkritkább esetben használjuk stúdiók közötti kommunikációra.

A bitsebesség csökkentési eljárások fejlődése további adatsebesség csökkenést eredményezett, miközben a kép- és hangminőség alig észrevehetően csökkent csak. Ezért ha csak a kisugárzási minőség biztosítása a cél (műsorterjesztés), akkor a 34 Mbit/s-nál lényegesen alacsonyabb bitsebesség (6 – 15 Mbit/s) is megengedhető. Néhány éve kezdték el alkalmazni műsorszétoztási célra az MPEG¹⁴-2 videó [4.7.5], az MPEG-1 audió [4.7.6], és MPEG-2 audió [4.7.7] kódolásokat és azok MPEG-2 rendszer [4.7.8] szerinti transzport adatfolyamba történő multiplexelését.

4.7.2. A műsorszóró rendszerek típusai és felépítésük

A műsorszétoztó hálózat fogadó oldalán található hálózati adapterek a táplálási oldal funkcióinak csak egy részét hajtják végre, hiszen ezek kimenőjele nem feltétlenül azonos azzal, amit a feladó oldalon bemenő jelként kapunk. A 4.7.3. ábrán

¹⁴ **MPEG:** Motion Picture Export Group; A videó és hang jelek bitsebesség csökkentési eljárásait kidolgozó és szabványosító szakértői csoport.

az analóg és digitális földfelszíni műsorszórás esetében alkalmazható adapterek és kapcsolódó elemek, míg a 4.7.4. ábrán az analóg és digitális műholdas műsorszórás esetében alkalmazható adapterek és kapcsolódó elemek funkcionális vázlatát tüntettük fel.

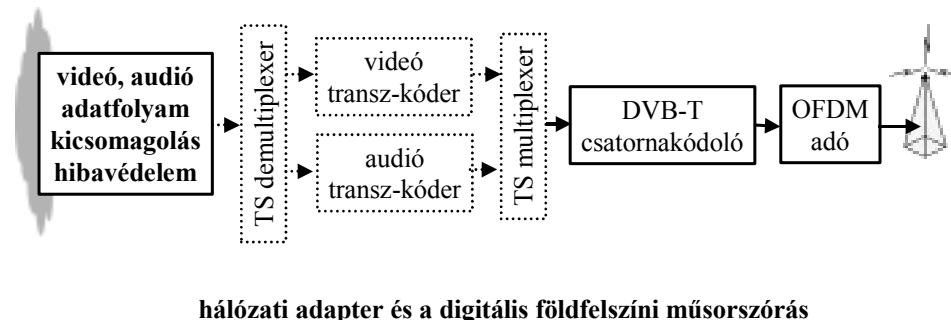
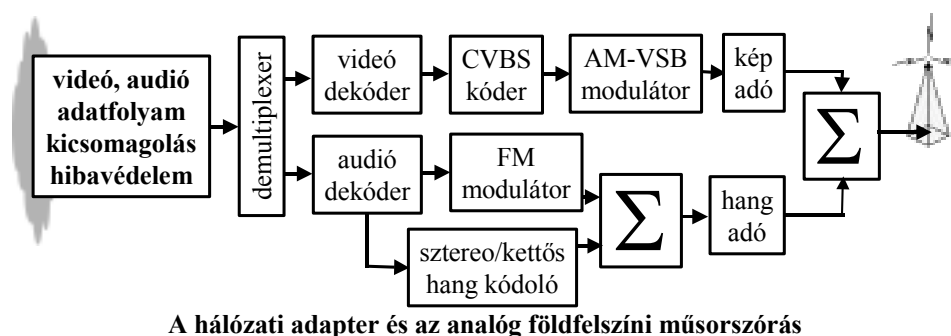
Az analóg földfelszíni műsorszórás ellátása során a hálózati adapter végrehajtja a hibaellenőrzést és hibajavítást, kicsomagolja a videó és audió komponenseket. Lévéen, hogy a hálózaton egy időben több program is továbbítható demultiplexálni kell a kisugárzandó program videó, audió és egyéb szolgáltatási komponenseit, majd azokat az alkalmazott bitsebesség csökkentési eljárásnak megfelelő dekóderrel vissza kell alakítani az analóg kép és hang jellé. Ezt követően végre kell hajtani az analóg kisugárzási szabványnak megfelelő kép és hangkódolást és modulációt.

A 4.7.3. ábrán jelöltük, hogy már az analóg földfelszíni műsorszórás is képes a kettős/sztereó hangátviteli mód biztosítására, mono kompatibilisen, amely azt jelenti, hogy a plusz információ továbbítása mindig további átviteli eljárások alkalmazásával történik. Ma Európában a sztereó/kettős hang továbbítására kétféle egymással össze nem férő eljárást alkalmaznak. Az egyik a digitális NICAM¹⁵-728 [4.7.9], a másik az analóg két hangvivős német rendszer [4.7.10].

A 4.7.3. ábra alján a digitális földfelszíni műsorszórás és annak műsorszétoosztási táplálása található. A bemeneten a műsorszétoosztó hálózat átviteli protokolljától függő kiegészítő adatok eltávolítása után a hibavédelem, majd a videó és audió, valamint kísérő, értéknövelő szolgáltatások adatainak kinyerése következik. Az ábrán ezután következő funkcionális egységeket szaggatott vonallal ábrázoltuk, amely azt jelzi, hogy e műveletekre csak akkor van szükség, ha a műsorszórás, a műsorszétoosztásban használt digitális kompressziós eljárás helyett valamilyen másikat használ, vagy ha pl. az átviteli sebességet csökkentjük. Mindkettőre van már példa. Hiszen pl. ha a műsorszétoosztás során ETSI 34 Mbit/s-os kompressziót alkalmaznak, akkor arról biztosan át kell térni a műsorszórás során az MPEG-2/DVB-T¹⁶ [4.7.11] kódolásra. Az analóg és digitális műsorszórás között

¹⁵ **NICAM:** Near Instantaneously Companded Audio Multiplex; Közel pillanatnyi időtartamot alapul vevő kompressziós eljárás.

¹⁶ **DVB-T:** Digital Video Broadcasting Terrestrial; Tisztán digitális modulációs eljárást és bitsebesség-csökkentési eljárást alkalmazó földfelszíni műsorszóró rendszer.

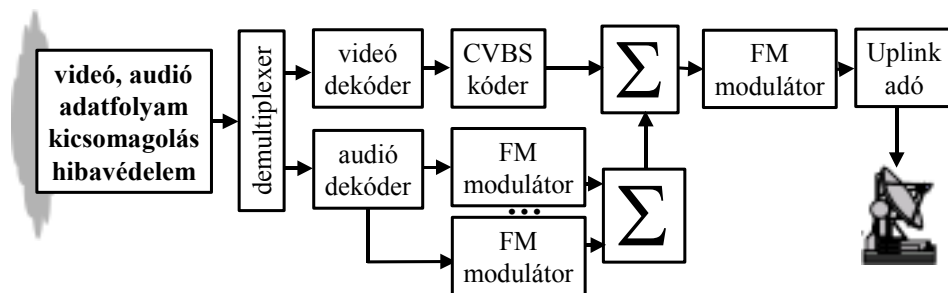


4.7.3 ábra. A földfelszíni műsorszórás táplálása analóg és digitális esetben

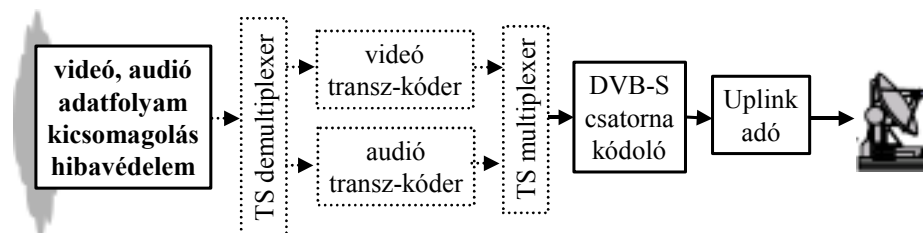
sok egyéb mellett az egyik legfontosabb különbség, hogy digitális esetben egyetlen frekvencián több programot sugárzunk ki, míg analóg esetben ez csak egyetlen program lehet. Ennek megfelelően számtalan speciális eset képzelhető el, hiszen az átviteli láncon kialakul egy új funkció, a transzport adatfolyam multiplexer, amely nemcsak az egy frekvencián kisugárzandó programok és azok komponenseinek (videó, audio) multiplexálást végzi, de feladata minden egyéb, pl. elektronikus program kalauz, EPG¹⁷ járulékos adatainak a beültetése is [4.7.12].

A 4.7.4. ábra felső részén találjuk az analóg műholdas műsorszórás táplálásának vázlatát. E szerint a műsorszétosztó hálózaton érkező jelet a hálózati adapterrel alakítjuk vissza az audio és videó információkat tartalmazó adatfolyammá. A digitális műsorszétosztás egy időben több program továbbítására is képes, míg az analóg műholdas műsorszórás egyetlen transzponderen egyetlen teljes program továbbítására képes csak, ezért az adatfolyamból ki kell választani annak a programnak a komponenseit (videó, audio, egyéb értéknövelő szolgáltatások), melyiket ki akarunk sugározni. Az ábrán csak a videó és audio komponensek feldolgozását jeleztük.

¹⁷ **EPG:** Electronic Program Guide; Elektronikus programkalauz.



A hálózati adapter és az analóg műholdas műsorszórás



A hálózati adapter és a digitális műholdas műsorszórás

4.7.4. ábra. Az analóg és digitális műholdas műsorszórás és a megfelelő hálózat adapter

A demultiplex által szolgáltatott program komponenseket a videó és audio dekóder dekódolja, és előállítja az analóg kép és hang jeleket. A képet frekvencia modulációval, míg a hangot általában frekvencia moduláció és valamilyen zajcsökkentő eljárás együttes alkalmazásával továbbítják. Számos esetben az analóg hang mellett újabb hang segédvívökön, digitális moduláció alkalmazásával továbbítják a bitsebesség csökkentett hangjeleket, a forráskódolás általában az MPEG-audio valamelyik változata.

A 4.7.4. ábra alján a digitális műholdas műsorszórás és annak táplálása található. Hasonlít a földfelszíni megoldásra, csak az alkalmazott csatorna modulációban (DVB-S¹⁸ [4.7.13]) van különbség (lásd még: 4.7.3. szakaszt).

Az analóg és digitális hang-műsorszórás vázlatát és néhány rendszertechnikai kérdését a 2.2.9 szakaszban találjuk meg.

¹⁸ **DVB-S:** Digital Video Broadcasting Satellite; Tisztán digitális modulációs eljárást és bitsebesség-csökkentési eljárást alkalmazó műholdas műsorszóró rendszer.

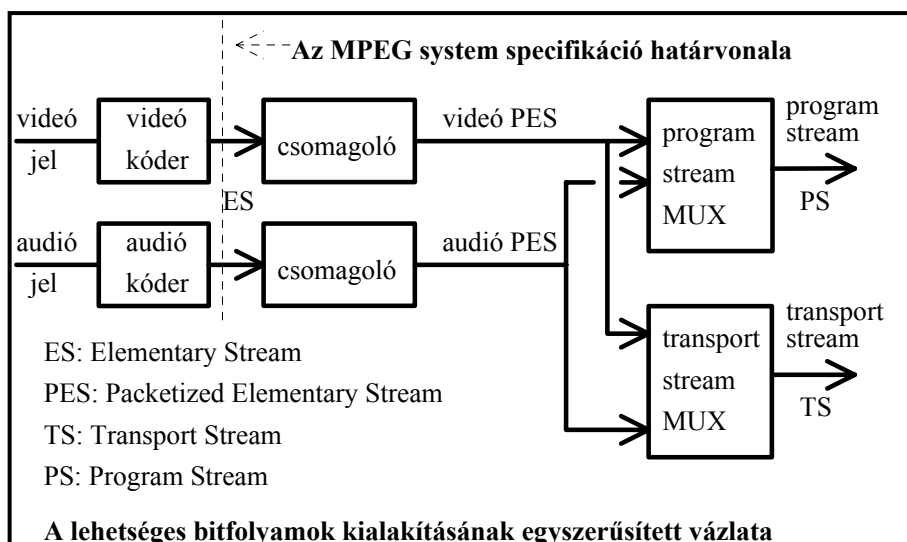
4.7.3. Digitális képműsorszórás

A 80-as években teret hódító digitális technika felvetette a műsorok digitális átvitelének lehetőségét, azonban azok átvitele tömörítetlen formában igen nagy sávszélességet igényelne, ezért a 80-as évek végén, 90-es évek elején, világszerte számos, egymással nem kompatibilis bitsebesség csökkentési eljárást dolgoztak ki a sávszélesség-takarékos hang- és képkódolásra és átvitelre. Az áttekinthetetlenül válóhelyzet rendezése érdekében az ISO/IEC létrehozta az ISO/IEC/JTC1/SC2/WG11 jelű munkacsoportját, melyet rövidítve ISO/MPEG-nek (Moving Pictures Experts Group) neveztek el.

Ezzel párhuzamosan 1991-ben műsorszóró társaságok és fogyasztói készülégyártók egy közös, pán-európai platform létrehozását indítványozták a digitális műsorszórás kifejlesztésére. Az év végére megállapodás született egy bizottság, az ELG (European Launching Group) létrehozására, amelynek feladata az európai digitális műsorszórás fejlesztési feladatainak felügyelete lett. A bizottság 1992-ben publikálta az Egyetértési Okmányt (Memorandum of Understanding), ami tartalmazta a fejlesztők munkája során szem előtt tartandó szempontokat. A létrehozott szervezet a DVB (Digital Video Broadcasting) projekt, amely alapvető célnak tekintette a kábeles, műholdas és földfelszíni terjesztésű digitális televíziózás összehangolt és piacorientált kialakítását.

A DVB a kép és hangátvitel szabványául az MPEG csoport által kidolgozott MPEG kódolási technikát választotta, ami a hatékony tömörítés mellett megbízható átviteli adatstruktúrát és skálázható kódolási minőséget tesz lehetővé. Azóta a projekt minden lényeges átviteli közegre kidolgozta a megfelelő átviteli eljárást. A csatornakódolás lépéseit az adott közeg tulajdonságaihoz és az elérendő célokhoz, főleg a robosztusság tekintetében alakították ki.

Mivel minden *DVB* alapú átviteli rendszer az *MPEG-2* adatstruktúrát használja, ezért a következőkben, az adatfolyam kialakítás néhány szempontját ismertetjük.



4.7.5. ábra. A PES (Packetized Elementary Stream) előállításának folyamata

MPEG-2 adatstruktúra

A videó kódoló a videó jelet az ISO/IEC 13818-2 [4.7.5] szabványnak, míg az audió kódoló az audió jeleket az MPEG-1 [4.7.6] és MPEG-2 [4.7.7] audió szabványoknak megfelelően tömöríti (4.7.5. ábra).

Az MPEG-2 szabvány első része [4.7.8] határozza meg az adatfolyamok szintaktikáját és szemantikáját. A szabvány e része írja elő az audio, videó illetve egyéb adatokat tartalmazó elemi adatfolyamok átvitel számára megfelelő összefűzési módját. Az audio és videó kódolók kimenetein a kódolás után állnak elő az ún. ES¹⁹ elemi adatfolyamok. Ezek csomagolt változata a PES²⁰ azaz a csomagolt elemi adatfolyam.

Az MPEG rendszer ezen kívül azon járulékos adatok átvitelét is előírja, amelyek elengedhetetlenül szükségesek a szinkronizált dekódoláshoz. Ezt a funkciót az időbélyegek (Time Stamp) alkalmazásával valósítja meg. A szinkronizált dekódolásra azért van szükség, hogy a dekódoló a megfelelő pillanatban tudja dekódolni és megjeleníteni a képet, valamint generálni a megfelelő hangot.

¹⁹ **ES:** Elementary Stream; A bitsebesség csökkentés által generált egyedi komponens adatfolyam.

²⁰ **PES:** Packetized Elementary Stream: A bitsebesség csökkentett elemi komponens átvitelre csomagolt változata.

Mivel a PES-ek elemi programkomponenseket tartalmaznak, ezért egy adott programhoz általában több PES tartozik (videó, audio, teletext...). Ezeket egy közös multiplex rendszerbe kell összefogni.

Az MPEG-2 rendszer két multiplexelési eljárást, a TS²¹-t (Transport Stream) és a PS²²-t (Program Stream) definiálta. A TS-t alapvetően zajos és veszteséges átviteli környezetre optimalizálták, ezért a bitfolyam kialakításakor fontos szerepet kap a hibák felismerése és javítása. A műsorszóró csatornák mindegyike idesorolható, ezeken tehát kizárólag a TS továbbítható, ezért nem foglalkozunk a PS felépítésével.

A TS lehetővé teszi több program, független továbbítását egyetlen TS multiplexen belül, azáltal hogy mindegyik számára külön időreferenciát biztosít. Ez azért fontos, mert ha a programokat nem egy helyen kódolják, akkor a kódolóik rendszerórái nem járnak azonosan, így az időzítési információik sem lesznek egyformák. A gyakorlatban a programokat számos esetben eltérő helyen, általában az előállítási helyükön kódolják.

Az MPEG-2 a műsorokhoz kapcsolódó járulékos információk átvitelét egy külön struktúrában, a PSI-ben (Program Service Information), azaz a programokat jellemző információs adatszerkezetben írja le.

A DVB által definiált átviteli módok és rendszerek

A DVB a következő átviteli módokat dolgozta ki:

- **DVB-S** (Satellite) – műholdas rendszer [4.7.13],
- **DVB-C** (Cable) – kábelhálózati rendszer [4.7.22],
- **DVB-T** (Terrestrial) – földfelszíni rendszer [4.7.11],
- **DVB-CS** (Community System) – kisközösségi rendszer [4.7.14],
- **DVB-MS** (Multipoint Satellite) – sokpontos műsorelosztó rendszer [4.7.15],
- **DVB-MC** (Multipoint Cable) – sokpontos műsorelosztó rendszer [4.7.16].

²¹ **TS:** Transport Stream; Olyan átviteli adatfolyam, melynek kialakításakor a legfontosabb szempont a megfelelő hibavédelem biztosítása.

²² **PS:** Program Stream; Egyetlen program (videó és kísérő hang) komponenseiből kialakított adatfolyam.

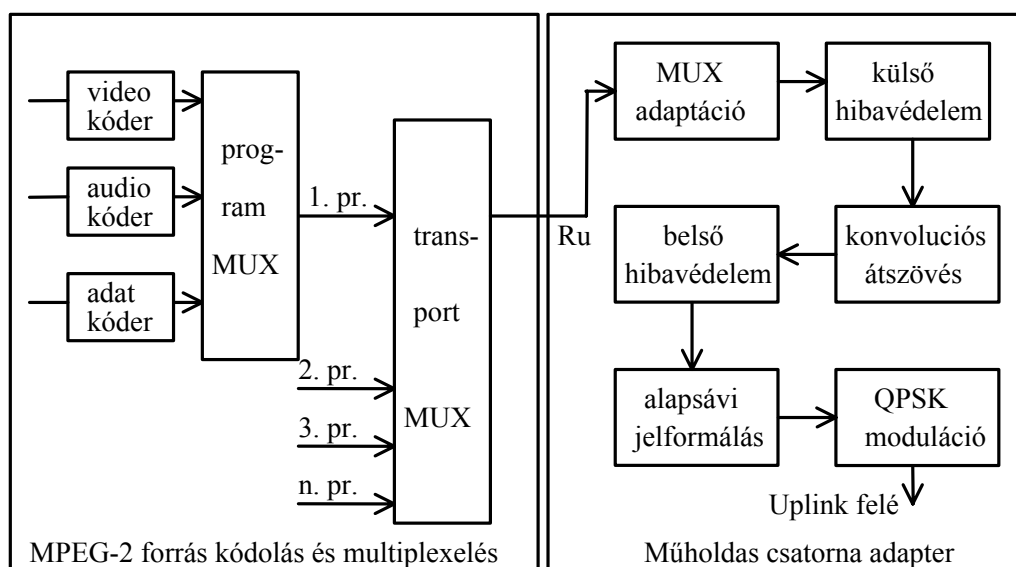
A fent említett alapvető átviteli módokon kívül a DVB szabvány még további néhány fontos alkotóelemet és adatátviteli módot is definiál, melyekre terjedelmi okok miatt nem térünk ki.

A DVB rendszerre jellemző, hogy az egyes átviteli módok kódolási lépései hasonlóak, valamint az átvitel szempontjából teljesen mindegy, hogy képet, hangot, vagy valamilyen egyéb adatot továbbítanak. A nagyfokú hasonlóság lehetővé tette a közös funkciók összevonását és ezáltal azt, hogy a DVB vevőben a három közegnek megfelelő demodulátor és dekódoló egységek közös chipre integráltan jelenhessenek meg.

Nézzük a két legfontosabb műsorszóró közeg (műholdas és földfelszíni) átviteli rendszerét.

Műholdas digitális képműsorszórás (DVB-Satellite: DVB-S)

A 11/12 GHz-es Ku-sávban történő, műholdas műsorszórás és műsorszétoztás átviteli rendszere. A [4.7.13] szabvány definiálja a digitális, sok-programos normál és nagyfelbontású műsorszórás modulációs és csatorna jellemzőit. A kódoló felépítését a 4.7.6. ábra mutatja.



4.7.6. ábra. A DVB-S kódolás adó oldali felépítése

A csatorna moduláció kialakításakor a meghatározó alapparaméterek a következők voltak:

- műhold transzponder EIRP-je (Equivalent Isotropically Radiated Power),

- az adó nem-lineáris torzítása,
- a távolságból számítható szabadtéri csillapítás (205 dB),
- a légkör csillapítása,
- a vevő jósági tényezője (gain/temperature: G/T).

A vétel korlátozó paramétere a vett jel teljesítménye, ezért az elsődleges szempont a zajjal szembeni megfelelő robosztusság biztosítása volt. Ezzel magyarázható a külső és belső hibavédelem együttes alkalmazása.

A transzponder nem-lineáris torzítása és a nagy szabadtéri csillapítás olyan modulációs mód alkalmazását tette szükségessé, amely a rosszabb jel-zaj viszony mellett is megfelelő bit-hiba arányú vételt tesz lehetővé. Ez eleve meghatározta a modulációt, amely a kvadratúra fázisbillentyűzés (Quarternary Phase Shift Keying: QPSK).

A megfelelő bit-hiba arány biztosítása végett nagy hatékonyságú hibajavító kódolási algoritmust használnak. Ez a kódolási algoritmus két egymástól alapvetően eltérő tulajdonságú hibavédelmi eljárást (pontozott konvolúciós kódolás és Reed-Solomon blokk-kódolás) és egy hibaterítő un. konvolúciós átszövést alkalmaz. Ennek eredményeképpen a bithibák és a bájt hibák is javíthatók. Sőt az egymás melletti hosszú hibacsomók is detektálhatók és javíthatók. Ezenkívül a konvolúciós kódolás magas hatékonyságú transzponder sávszélesség adaptációt is lehetővé tesz.

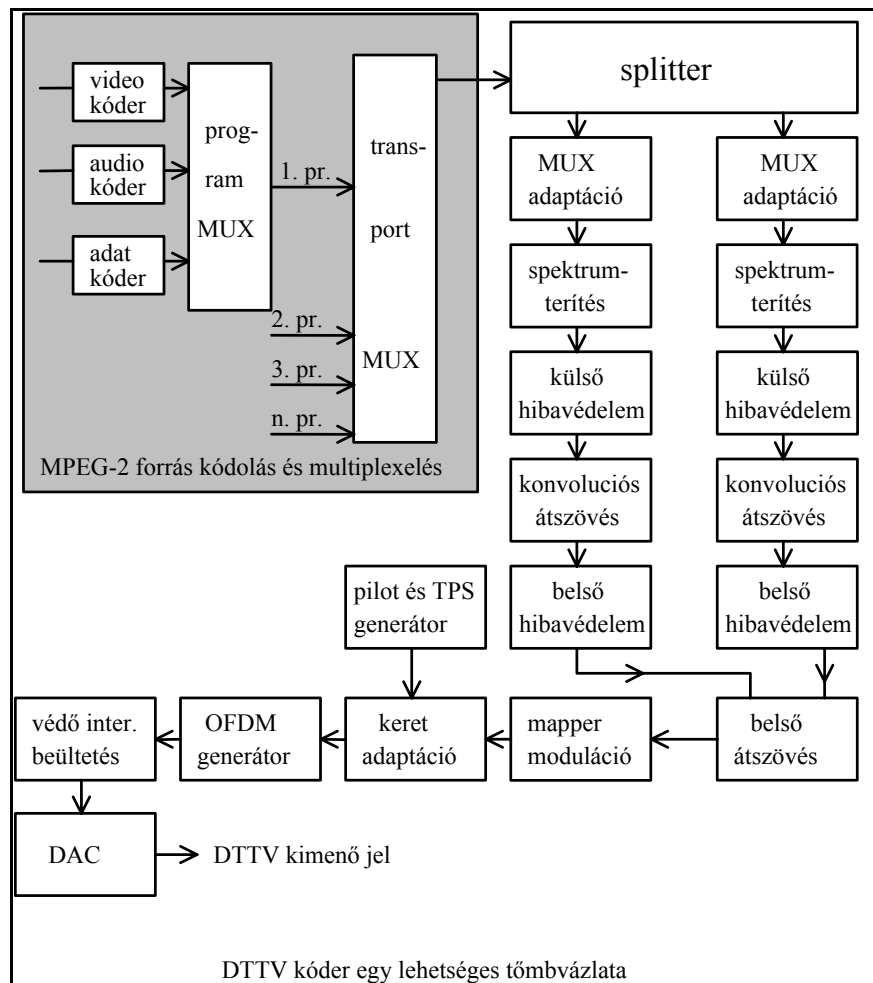
Bár a teljes rendszert úgy alakították ki, hogy az optimális legyen, az un. TDM elvű átvitelekre, amelyek egy vivőn több programot továbbítanak (MCPC²³), de lehetséges a több-vivős FDM elvű átvitel is, ahol egy vivő csak egy program adatait hordozza (SCPC²⁴).

Az alkalmazott hibavédelmi eljárás biztosítja, hogy a küszöb feletti vivő-zaj viszony esetén gyakorlatilag hibamentes vétel (QEF²⁵) valósítható meg.

²³ **MCPC:** Multi Channel Per Carrier; Egyetlen vivőn számos bitsebesség csökkentett programot továbbító műholdas átviteli rendszer.

²⁴ **SCPC:** Single Channel Per Carrier; Vivőnként csak egy programot továbbító műholdas átviteli rendszer.

²⁵ **QEF:** Quasi Error Free; Kvázi hibamentes átvitel, ahol maximum egy nem javított hiba fordul elő műsor óránként.



4.7.7. A DVB-T csatornamodulátor felépítése

Földfelszíni digitális képműsorszórás (DVB-Terrestriál: DVB-T)

A DVB-T szabvány [4.7.11] definiálja a digitális földfelszíni sok-programos normál és nagyfelbontású műsorszórás és a csatorna jellemzőit. A szabvány megalkotása során a következő fő szempontokat vették figyelembe:

- a kisugárzott jel a meglévő 8 MHz-es UHF csatornába beleférjen,
- robosztusság a csatornán belüli és a szomszéd csatornák közötti zavarokkal szemben,
- spektrum-hatékonyság – egyfrekvenciás hálózatok (SFN²⁶) alkalmazása,
- tegye lehetővé a mozgó és beltéri hordozható vételt is (OFDM²⁷).

²⁶ **SFN:** Single Frequency Network; Olyan műsorszóró hálózat típus, ahol a tartalmat mindenhol azonos rádiófrekvencián továbbítjuk.

²⁷ **OFDM:** Orthogonal Frequency Division Multiplex. Olyan sokvivős modulációs eljárás, ahol a vivők ortogonális rendszert alkotnak, mellyel a vivők közötti interferencia elkerülhető.

Az OFDM moduláció, kiegészítve a kettős hibavédelemmel és átszövésével, nagyfokú zavarvédeettséget biztosít, amely lehetővé teszi mind a nagyvárosi, mind a mozgó vételt. A 7.4.7. ábrán a teljes rendszer tömbvázlatát rajzoltuk fel.

Az alkalmazott hibavédelmi eljárás, hasonlóan a DVB-S-hez, biztosítja, hogy a küszöb feletti vivő-zaj viszony esetén gyakorlatilag hibamentes vétel (QEF) valósítható meg.

4.7.4. Interaktív digitális képműsorszórás

A DVB rendszer megalkotása során nyilvánvalóvá vált, hogy szükség lesz az interaktív multimédiás szolgáltatások kialakításának biztosítására. Ezért a DVB 1995-ben megalakította a SIS munkacsoportot (System for Interactive Services), amelynek célja interaktív szolgáltatásokat lehetővé tevő rendszermodell kidolgozása volt. A rendszert 1997 novemberében szabványosították. A kidolgozott modell legfontosabb jellemzője, hogy a néző felé egy nagy sávszélességű csatorna (letöltési csatorna) kialakítását teszi lehetővé, miközben a vissz irányú (a szolgáltató felé haladó) csatorna sávszélessége ennél lényegesen alacsonyabb. Míg a letöltési csatorna sávszélessége egészen a műsorszóró csatorna sávszélességéig, azaz akár 48 Mbit/s-in terjedhet, addig a vissz irányú csatorna sávszélessége maximálisan 150 kbit/s lehet.

A rendszer felépítése lehetővé teszi, hogy a tartalmat szolgáltató (BSP²⁸) és az interaktív szolgáltatást nyújtó (ISP²⁹) egység ne egy helyen helyezkedjen el – csupán interaktív kapcsolatban kell, hogy legyenek. A szolgáltatások elsősorban az interaktív szolgáltatásokkal kiegészített digitális televízió műsorok szolgáltatásából állnak. A rendszer segítségével kialakítható interaktív szolgáltatások köre igen széles. Az egyik legegyszerűbb alkalmazás az lehet, pl. NVOD³⁰, de természetesen lehetőséget kínál összetettebb funkciók elérésére is (e-mail, web, online vásárlás). A SIS munkacsoport a rendszermodellt a következő rétegekre osztotta:

- Fizikai réteg: csatornakódolás, modulációs mód stb.

²⁸ **BSP:** Broadcast Service Provider; Műsorszóró tartalom szolgáltató

²⁹ **ISP:** Interactive Service Provider; Interaktív tartalom előállító.

³⁰ **NVOD:** Near Video On Demand; Közel igény szerinti videó biztosítás, ahol a felhasználó választhat a tartalom kezdési időben és részben a tartalomban is.

- Szállítási réteg: az adatstruktúrák és a kommunikációs protokollokat definiálása.
- Alkalmazási réteg: interaktív szolgáltatás szoftvere és a szükséges környezet.

A SIS rétegmodell gyakorlatilag az OSI rétegmodell egyszerűsített változata.

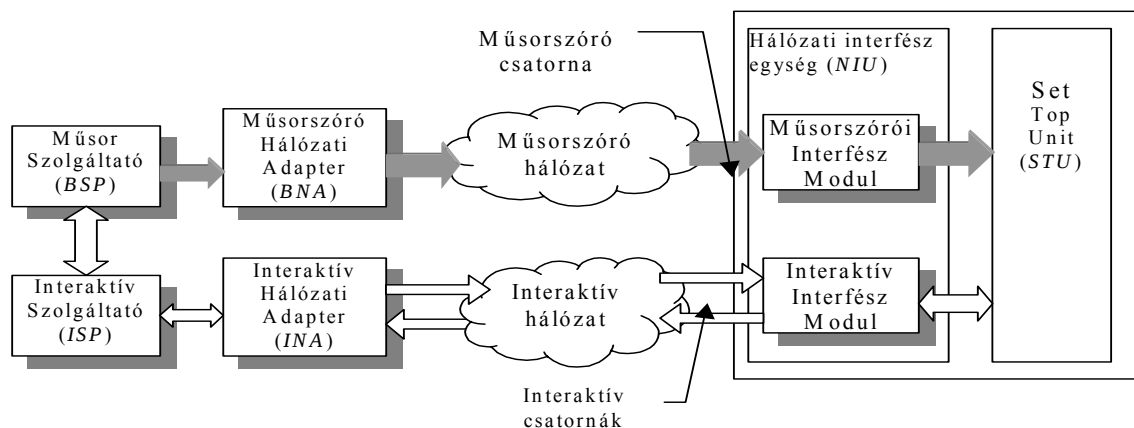
Az egyszerűsítés célja az implementációk megkönnyítése volt. A SIS rendszermodellje a következő adatátviteli csatornákat tartalmazza:

- Műsorszóró csatorna: egyirányú adatátvitel, tartalma lehet audio, videó illetve adat.
- Interaktív csatorna: felhasználó és szolgáltató között jön létre, két adatcsatornából áll:
 - Letöltési adatcsatorna: a szolgáltatótól a felhasználó felé irányuló opcionális csatorna, lehetséges, hogy a műsorszóró csatornában kap helyet.
 - Visszirányú adatcsatorna: kis sávszélességű csatorna a felhasználótól a szolgáltató felé. Általában kérések továbbítására és válaszadásra szolgál.

A letöltési irány fizikai és szállítási réteg specifikációját az adott átviteli mód szabványai tartalmazzák (DVB-S, DVB-T). Az interaktív csatorna kialakítására a DVB számos további szabványt dolgozott ki, pl.:

- PSTN/ISDN [4.7.18],
- DECT [4.7.19],
- Műholdas rendszerekre [4.7.21],
- GSM mobiltelefon rendszerekre [4.7.20], stb.

Végül a 4.7.8. ábra a műsorszóró interaktív rendszerek általános felépítését mutatja.



4.7.8. ábra. A műsorszóró interaktív rendszerek általános felépítése

Irodalomjegyzék

- [4.7.1] Recommendation ITU-R BT.470-4: Conventional, Enhanced And High-Definition Television Systems;
- [4.7.2] Recommendation ITU-R BT.656-3: Interfaces For Digital Component Video Signals In 525-line And 625-line Television Systems Operating At The 4:2:2 Level Of Recommendation ITU-R BT.601 (Part A);
- [4.7.3] Recommendation ITU-R BT.672-3: Video-Frequency Characteristics Of A Television System To Be Used For The International Exchange Of Programmes Between Countries That Have Adopted 625-line Colour Or Monochrome Systems;
- [4.7.4] ETSI ETS 300 174/A1: Network Aspects Digitalis Coding of Component Television Signals for Contribution Quality Applications In The Range 34-45 Mbit/s;
- [4.7.5] ISO/IEC 13818-2: Generic Coding of Moving Pictures And Associated Audio: Video;
- [4.7.6] ISO/IEC 11172-3: Coding of Moving Pictures And Associated Audio For Digital Storage Media At Up To About 1.5 Mbps – Part 3 Audio;
- [4.7.7] ISO/IEC 13818-3: Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio: Audio;
- [4.7.8] ISO/IEC 13818-1: Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio: Systems;
- [4.7.9] ETSI EN 300 163: Television Systems; NICAM-728: Transmission System Of Two-Channel Digital Sound With Terrestrial Television Systems B, G, H, I, K1 and L;
- [4.7.10] Recommendation ITU-R BS. 707-2: Broadcasting Service (Sound), Transmission Of Multisound In terrestrial Television Systems PAL B, G, H And I, And SECAM L;
- [4.7.11] ETSI EN 300 744 (1999-07): Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, Channel Coding And Modulation For Digital Terrestrial Television;
- [4.7.12] ETSI ETS 300 707 (1997): Electronic Programme Guide (EPG); Protocol For A TV Guide Using Electronic Data Transmission;
- [4.7.13] EN 300 421 (1997-08): Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, Channel Coding And Modulation For 11/12 GHz Satellite Services;
- [4.7.14] EN 300 473 V1 (1997-08): Digital Video Broadcasting (DVB); Satellite Master Antenna Television (SMATV);
- [4.7.15] EN 300 749 (1997-08): Digital Video Broadcasting (DVB); Microwave Multipoint Distribution Systems (MMDS) Below 10 GHz;

[4.7.16] EN 300 748 (1997-08): Digital Video Broadcasting (DVB); Multipoint Video Distribution Systems (MVDS) At 10 GHz And Above;

[4.7.17] ETS 300 802 (1999-11): Digital Video Broadcasting (DVB); Network-Independent Protocols for DVB Interactive Services;

[4.7.18] ETS 300 801 (1997-08): Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction Channel Through Public Switched Telecommunications Network (PSTN) / Integrated Services Digital Networks (ISDN)

[4.7.19] EN 301 193 (1998-07): Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel Through The Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT)

[4.7.20] EN 301 195 (1999-02): Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction Channel Through The Global System for Mobile Communications (GSM)

[4.7.21] EN 301 790 (2000-12): Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction Channel For Satellite Distribution Systems;

[4.7.22] EN 300 429 (1998-04): Framing Structure, Channel Coding And Modulation For Cable Systems;

Web linkek:

www.etsi.org

www.itu.org

www.dvb.org

www.digitag.org

www.drm.org

www.mpeg.org

4.8. Műsorelosztó hálózatok

Szerző: dr. Mátyás Gábor

Lektor: Stefler Sándor

4.8.1. A közösségi antenna rendszerektől a szélessávú kábelhálózatokig

A kábeles műsorelosztás nagyon régi időkre nyúlik vissza és az előfizetők hangműsorral történő ellátásával indult. Magyarországi példaként gondoljunk a távbeszélő hálózaton megvalósított *Telefonhírmondó* szolgáltatásra, vagy az 1950-es években még üzemeltetett *vezetékes rádióra*. A televízió (tv) tömeges elterjedése, az egy adott helyen vehető tv-műsorok számának növekedése és a soklakásos lakóépületek lakótelepi építése szükségessé tette az egyedi vétel közösségi vétellel történő felváltását gazdasági, városképi és EMC³¹ szempontból. A *közösségi vevőantenna-rendszerek* bevezetésével az antennaerdő a háztetőkről eltűnt és az egyedi vétel esetén az antennákra a tv-vevőkészülékekből visszajutó és általuk kisugárzott oszcillátorjelek okozta zavarás más készülékek vételi sávjában megszűnt.

A *közösségi vevőantenna-rendszer (KVR³²)* vevőantennából származó tv- és rádióműsorjelek vezetékes, helyi elosztására szolgáló egyirányú rendszer, amely fejállomásból és az előfizetői csatlakozóaljzatokban végződő elosztóhálózattól áll. Két fő típusa: a *kisközösségi* és a *nagyközösségi vevőantenna-rendszer (KKVR³³ és az NKVR³⁴)*. A két típus kiterjedésében, az előfizetők és az elosztott műsorok számában különbözik. Közös jellemzőjük az *egyirányú információ-átvitel*. A több épületre vagy épületcsoportra kiterjedő NKVR-ben az épületek között föld- vagy légkábelek továbbítják a jeleket. Az elosztóhálózat több pontján a kábelcsillapítás és

³¹ EMC - electromagnetic compatibility: elektromágneses összeférhetőség.

³² KVR - közösségi vevőantenna-rendszer.

³³ KKVR - kisközösségi vevőantenna-rendszer.

³⁴ NKVR - nagyközösségi vevőantenna-rendszer.

a passzív elemek beiktatási csillapításának az ellensúlyozására erősítők találhatók. A jelenleg világszerte működő *kábeltelevízió (KTV³⁵) rendszerek* a közösségi vevőantenna-rendszerekből fejlődtek ki, de minőségi átalakuláson mentek keresztül [4.8.1].

A *KTV-hálózatok*, vagy ahogyan ma nevezik, a *szélessávú kábelrendszerek* és a közösségi vevőantenna-rendszerek közötti alapvető különbség, hogy a KTV-rendszerek még több műsorcsatornát (számuk a műholdas műsorszétoosztással jelentősen megnőtt) szolgáltatnak és *a rendszer interaktív*. Az interaktivitás azt jelenti, hogy a visszirányú információáramlás révén a rendszer az előfizető által kiadott parancsokat, vagy egyéb adatokat is képes továbbítani és azokra reagálni az előfizető felé. Az interaktivitás megköveteli *a kétirányú információáramlást* a fejállomástól az előfizetőig terjedő úton. A *KTV-rendszerek tehát kétirányúak*, mely lehetővé teszi új, *értéknövelő*, a műsorelosztáshoz és/vagy az adatátvitelhez kapcsolódó szolgáltatások (lásd 5. és 6. fejezetet különös tekintettel 5.5., 6.2., 6.3., 6.4., és 6.9. alfejezetekre) bevezetését. Ezek egyre nagyobb szerepet kapnak a műsorelosztási funkciók mellett.

A *szélessávú kábelhálózatok* (KTV-hálózatok) jelenlegi változását és jövőbeli fejlődését a következők befolyásolják:

- a távközlés, műsorszórás, műsorelosztás és számítógépes multimédia szolgáltatások közötti *konvergenciák*;
- a KTV-hálózatokon nyújtható *szolgáltatások fejlődése a műsorelosztás* (pay-per-view³⁶, interaktív tv³⁷, VOD³⁸, NVOD³⁹) és az *adatátvitel* (Internet, telefónia, távvásárlás, banki ügyintézés, közüzemi adatgyűjtés, távmunka, telemedicina stb.) területén;

³⁵ KTV - kábeltelevízió.

³⁶ pay-per-view: "fizess csak a megnézett műsorért" alapon működő fizető műsorelosztás.

³⁷ interaktív tv: a szélesebb értelemben vett interaktivitású tv, mely azt jelenti, hogy a tv-készülék előtt ülő néző részt vehet a nézett műsorban, vagy befolyásolhatja a műsorban folyó eseményeket.

³⁸ VOD - video on demand: igény szerinti műsorszolgáltatás, melynél a szolgáltató lehetővé teszi előfizetői számára, esetenkénti díjfizetés ellenében, hatalmas műsorválasztékának szabad igénybe vételét, sőt az igényelt műsort, mint egy távoli videomagnót használva, azt bármikor megállíthatja, visszacsévévelhesse, lelassíthatja, stb. A szolgáltatás díjazásánál, természetesen az igényelt tételek, valamint a szolgáltatásban eltöltött időt lehet alapul venni.

³⁹ NVOD - near VOD: "majdnem VOD", kötött műsornak szekvenciálisan ismételt, előre meghatározott időütemben történő elérhetőségét biztosító szolgáltatás, melynél az előfizetők a számukra megfelelő időpontban jelentkeznek egy műsor megnézésére és annak elfogadásakor kapnak hozzáférési engedélyt.

- fejlődés a jelfeldolgozás és jeltovábbítás technikájában, digitális rendszerek gyors terjedése a hang- és képműsorszórás területén;
- technológiai fejlődés az átviteli közegekben és berendezésekben;
- kis és közepes KTV-rendszerek *nagy rendszerekké történő integrációja* a szolgáltatások bővülése és a tökekoncentráció következtében.

A felsorolt, a KTV-hálózatok fejlődését meghatározó tények külön-külön, és kölcsönösen is hatnak egymásra és az egymásrahatás eredményeképpen a műsorelosztáson kívül sokféle interaktív szolgáltatást is biztosító, szélessávú és gazdaságosan üzemeltethető KTV-rendszer épül. A kisebb KTV-hálózatok integrálódásával nagy regionális szélessávú kábelhálózatokba és az adat-típusú szolgáltatások bővülésével *növekszik a hálózati menedzsment szerepe*. A digitális rendszerek gyors terjedése a hang- és képműsorszórásban (DAB⁴⁰, DVB⁴¹) és a technológiai fejlődés kiemelkedően fontos szerepet játszanak.

A DVB területén a legfontosabb európai döntés volt az *MPEG-2*⁴² szabványok felhasználása forráskódolásra, hang-, video- és rendszerszinten. Az ETSI⁴³ által kidolgozott európai DVB szabványok (DVB-S műholdas, DVB-T földi adásra, DVB-C kábeles átvitelre) [4.8.2] videokompresszióra *MPEG-2*-t, hangkompresszióra az *MPEG-2 II. réteg*-et használják.

Ez számos előnnyel jár, nevezetesen:

- sokkal több tv-műsor tehető be egy analóg tv-csatornának megfelelő csatornába (például műsorszétoztásnál a DVB-t felhasználó műhold transzponderek 6-8 -szor több tv-műsort képesek továbbítani, mint analóg esetben);
- a teljes digitalizálás révén a DVB megnyitja az utat az elektronikus műsorprogram-kiválasztás (EPG⁴⁴), az Internet, az adatszórás, a magasabb szintű interaktív-tv, stb. világa felé.
- a DVB átviteli rendszer adatcsomag-szállítási módja lehetővé teszi különböző átviteli közegeken (műhold, földi műsorszórás, KTV, MMDS⁴⁵) az összes adatfajta kvázi-hibamentes módon történő továbbítását;

⁴⁰ DAB - **d**igital **a**udio **b**roadcasting: digitális hangműsorszórás.

⁴¹ DVB - **d**igital **v**ideo **b**roadcasting: digitális képműsorszórás.

⁴² MPEG-2: a "**m**oving **p**icture **e**xpert **g**roup" által képtömörítésre kidolgozott szabvány új változata.

⁴³ ETSI - the **E**uropean **T**elecommunications **S**tandards **I**nstitute

⁴⁴ EPG - **e**lectronic **p**rogramme **g**uides: a műsorprogramok elektronikus kiválasztását segítő rendszer.

⁴⁵ MMDS - **m**icrowave **m**ultipoint **d**istribution **s**ystem: mikrohullámú pont-sokpontos elosztórendszer.

- a DVB átviteli rendszer transzparens az SDTV⁴⁶, HDTV⁴⁷, tetszőleges minőségű hang és bármifajta adat számára.

A KTV technológia fejlődése elsősorban az elosztóhálózatban alkalmazott átviteli közegek kibővülésén alapul. A kezdetben kizárólagosan használt *koaxiális kábel* mellett megjelent a *fény kábel* és újabban az igen nagy kiterjedésű elosztóhálózatok utolsó szakaszán a ritkán lakott ellátni kívánt területeken a *rádiócsatorna* (MMDS). Gazdasági okokból rendszerint egy elosztóhálózat többféle átviteli közeget használ. A jelenlegi korszerű hálózatok többsége HFC⁴⁸ technológiájú. A folyamatos fejlődés következtében az optikai szakasz végpontja egyre közelebb kerül az előfizetői csatlakozási ponthoz.

A szélessávú kábelrendszerek háromféle *nyalábolási eljárást* alkalmaznak a tv-, rádióműsorok és az adatok közös nyomvonalon való egyidejű átvitelére. Vannak *frekvenciaosztású* (FDM⁴⁹), *kábelosztású* (SDM⁵⁰) és *időosztású* (TDM⁵¹) rendszerek. Egy rendszeren belül a különböző nyalábolási eljárások együttesen is előfordulhatnak. A jelenleg működő KTV-rendszerek zöme frekvenciaosztású. A mobiltelefoniai használt kódosztású nyalábolás (CDM⁵²) elterjedése KTV-rendszerekben a távolabbi jövőben várható.

4.8.2. A KTV-rendszerek felépítése

A *KTV-hálózat* helyét a műsorátviteli *referenciahálózatban* a 4.8.1. ábra mutatja. A referenciahálózat részei a következők: a *nemzetközi hálózatrész*, a *regionális hálózatrész* és a *nemzeti hálózatrész*, ezen belül a műsorsugárzás és a

⁴⁶ SDTV - **s**tandard **d**efinition **t**elevision: az ATSC (Advanced Television Standards Committee, szabványbizottság az USA-ban) által kidolgozott 18-féle videoformátumból a kisebb felbontású képet biztosító digitális tv-készülék szabvány, melyhez 12-féle formátum tartozik (16:9 és 4:3 képméretarányú, különböző felbontású és letapogatású) [4.8./3].

⁴⁷ HDTV - **h**igh **d**efinition **t**elevision: az ATSC által kidolgozott 18-féle videoformátumból a legnagyobb felbontású képet biztosító digitális tv-készülék szabvány, melyhez 6-féle formátum tartozik (mind a hat 16:9 képméretarányú, 3-3 különböző felbontású, és csak egy félképes letapogatású) [4.8./4].

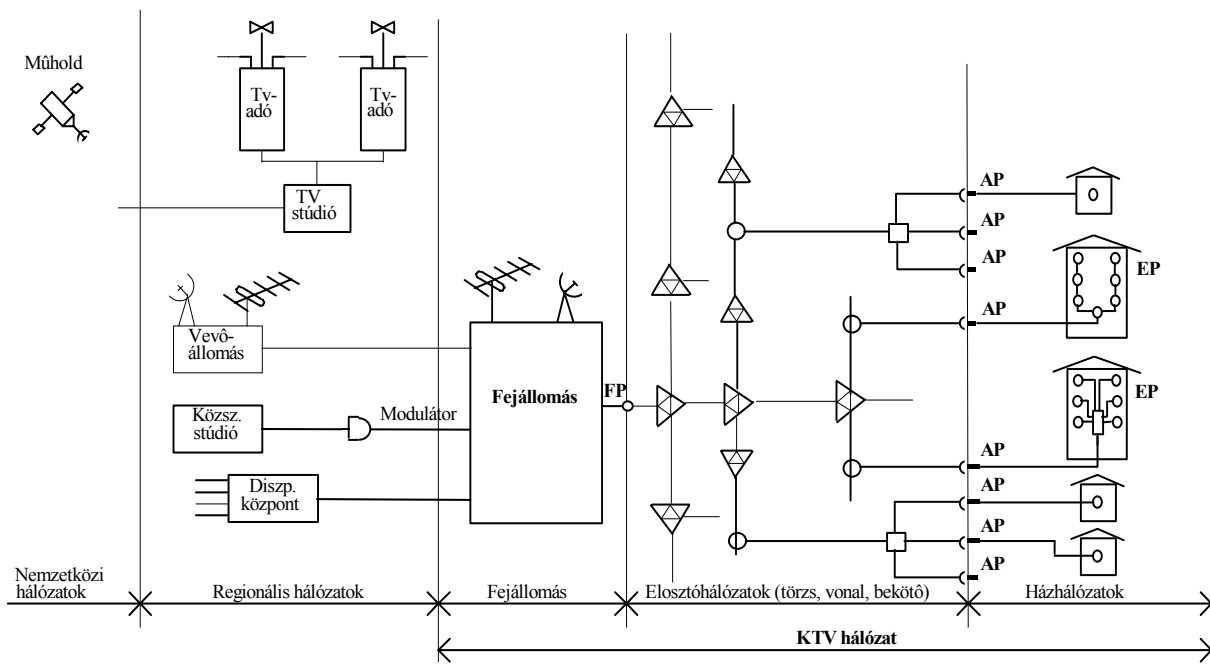
⁴⁸ HFC - **h**ybrid **f**iber **c**oaxial: az elosztóhálózatában vegyesen optikai és koaxiális kábelt használó KTV.

⁴⁹ FDM - **f**requency **d**ivision **m**ultiplexing: frekvenciaosztású nyalábolás

⁵⁰ SDM - **s**pace **d**ivision **m**ultiplexing: kábelosztású nyalábolás

⁵¹ TDM - **t**ime **d**ivision **m**ultiplexing: időosztású nyalábolás

⁵² CDM - **c**ode **d**ivision **m**ultiplexing: kódosztású nyalábolás



4.8.1. ábra. A KTV-hálózat a referenciahálózatban

KTV-hálózat (fejállomás, elosztóhálózat). Nemzetközi és regionális hálózatrész csak egyes kitüntetett nagyszisztemekben van.

A KTV-rendszerek fejállomásból, elosztóhálózatból és annak végén elhelyezkedő házhálózatokból és előfizetői csatlakozókból áll.

A *fejállomás* a vevőállomásról és/vagy az antennákról, valamint az egyéb forrásokból érkező jeleket dolgozza fel és elosztásra alkalmas formában továbbítja az elosztóhálózat felé. Az antennák is a fejállomáshoz tartoznak, ha nincs külön vevőállomás. A fejállomás feladatai a KTV-rendszerek fejlettségétől függően a következők lehetnek:

- vevőközpont a földi-, műholdas-, analóg és digitális műsorokra;
- vevőállomásról érkező és helyi stúdiókban készült jelek fogadópontja;
- adatátviteli szolgáltatások csatlakozási pontja;
- a rendszer üzemeltetésével kapcsolatos felügyeleti, illetve adatfeldolgozási központ.

A fejállomás felépítése függ az alkalmazott nyálábolástól, a rendszer által nyújtott szolgáltatásoktól, a rendszer nagyságától és az előfizetői vevőkészülékektől is. A fejállomás rendszertechnikai felépítését FDM esetén a 2.2.3. szakasz tárgyalja.

A KTV-rendszer elosztóhálózata a következő részekből épül fel: törzshálózat, vonalhálózat, bekötőhálózat.

A *törzshálózat* az elosztóhálózatnak a fejállomás és a vonalhálózat közötti része. Feladata a fejállomás által nyalábolt jelek átvitele nagy távolságra az előfizetők nagyobb csoportjait összefogó vonalhálózati szakaszokhoz.

Vegyes technológiájú ún. HFC elosztóhálózatok esetén optikai törzshálózatot alkalmaznak, amely elektromos-optikai (E/O) átalakítóból, egymódusú fény kábelből és optikai-elektromos (O/E) átalakítóból álló építőelemekből, leágazó típusú O/E átalakítókból áll. A törzshálózat leágazó típusú O/E átalakítója és a törzshálózat kimenetén lévő O/E átalakító végpontja az ún. *optikai csomópont* (ON⁵³), melyhez a vonalhálózat vagy annak hiánya esetén a bekötőhálózat csatlakozik. Az optikai szakaszon az előre- és a visszirány átvitelére egy-egy fényvezető szolgál, melyen a nyalábolt jelek intenzitásmodulációval kerülnek átvitelre. Az egymódusú szál csillapítási tényezője 1310 nm-en 0,4 dB/km, 1550 nm-en pedig 0,25 dB/km. Gazdasági okokból a KTV-hálózatokban az 1310 nm használata gyakoribb (lézeradó olcsóbb). Az fényvezető csillapítása közel állandó a KTV gyakorlatban előforduló hőmérsékleti tartományban és független az RF frekvenciától (lásd 2.1.4. szakasz).

Tiszta koaxiális elosztóhálózatok (ma már ritkán fordulnak elő) igen kis csillapítású kábelekből, nagylinearitású erősítőkből épülnek fel. A jelek ki- és becsatolása a leágazóerősítőknél történik. A kábelcsillapítás frekvencia- és hőmérsékletfüggését szabályozott erősítők egyenlítik ki (lásd a 2.2.3. szakaszt). Erre azért van szükség, mert koaxiális kábel csillapítás tényezőjének lineáris hőmérsékleti együtthatója viszonylag nagy, 0,2 %/fok.

A *vonalhálózat* az elosztóhálózatnak a törzshálózat és a bekötőhálózat közé eső része. A törzshálózatból kapott jeleket osztja el az előfizetők kisebb csoportjai számára, ill. az onnan származó jeleket gyűjti össze a törzshálózat felé. A vonalhálózat a mai rendszerekben rendszerint koaxiális technológiájú. A koaxiális vonalhálózat kis csillapítású koaxiális kábelekből, szabályozott vagy szabályozatlan erősítőkből, elosztósűrők⁵⁴-ből és leágazókból épül fel.

⁵³ ON - optical node, vagy gyakran a helyette használt ONU (optical node unit) az optikai csomóponti egység rövidítésére használt angol betűszavak

⁵⁴ elosztósűrők: FDM rendszerű elosztóhálózatokban meghatározott díjtételekhez tartozó műsorcsomagok vételét vagy kizárását biztosító sűrők.

A *bekötőhálózat* a vonalhálózat leágazási pontjai és a házhálózat bemenetei közötti hálózatrész. Többnyire nem tartalmaz erősítőt, csak elosztószűrőket és leágazókat.

A *házhálózat* a elosztóhálózathoz az átadási ponton (AP) kapcsolódó, egy épületen vagy épületcsoporton belüli hálózatrész, amely az előfizetői csatlakozási pontokban (EP) végződik. Feladata az előreirányú jelek elosztása és a vissz irányú jelek összegyűjtése. A jelek elosztása történhet minden előfizető számára hozzáférhető módon (alapszolgáltatások) és szelektíven, az egyes előfizetőnek címezve (külön díj fizetése esetén nyújtott szolgáltatások).

Az *elosztóhálózat felépítése* lehet *fa-*, *gyűrű-*, *csillag-* és *vegyes topológiájú*. Sok tv-műsort és egyéb műsor- és adatátviteli-szolgáltatásokat is nyújtó rendszerek túlnyomó része *vegyes topológiájú*. Az egyes topológiák külön-külön és egyben is a törzs-, vonal-, bekötő- és házhálózatokban is előfordulhatnak, bár a gyűrű topológiát főként törzshálózatokban a szolgáltatás megbízhatóságának növelése, a csillagstruktúrát pedig házhálózatokban alkalmazzák (a külön díjért nyújtott műsorok FDM rendszerek esetén egyszerűen sávzáró szűrők beiktatásával "lelithatók", a nem fizetők lekapcsolhatók a többi előfizetőnek nyújtott szolgáltatás bármiféle változása nélkül). A topológia megválasztását az ellátandó terület elrendeződése, gazdasági megfontolások (a rendszerben felhasznált összkábelhossz minimalizása) és a megbízhatósági előírások határozzák meg.

4.8.3. A KTV-rendszerek jellemzői

A rendszerjellemzők rövid áttekintéséhez feltesszük, hogy a KTV-rendszer frekvenciaosztású, elosztóhálózata HFC technológiájú és az előfizetői tv-készülékek AM-VSB⁵⁵ analóg tv-jelek vételére alkalmasak. Ez utóbbi azt jelenti, hogy DVB-műsorok vételére kiegészítőegységet STB⁵⁶-t (mely ez esetben egy digitális vevő /QAM demodulátorral, MPEG dekóderrel és a titkosított műsorok feloldására szolgáló eszközökkel/) kell a tv-készülék mellett alkalmazni. Ez rendszerint alapsávon

⁵⁵ AM-VSB - vestigial side band AM: csonkaoldalsáv AM

⁵⁶ STB - set top box: a tv-készülék tetején elhelyezett kiegészítő egység, mely lehetővé teszi, hogy az analóg készülékkel az elosztóhálózaton érkező egyébként általa nem vehető műsorok is nézhetővé váljanak.

csatlakozik a tv-vevő video- és hangcsatorna bemenetére, vagy rádióműsorok vételekor a sztereo-erősítő bemenetére.

A *KTV-rendszer frekvenciái* külső- és a belső frekvenciatartományokba sorolhatók. A KTV-rendszerbe bevitt műsorok által elfoglalt frekvenciasávok összességét a rendszer *külső frekvenciatartományának*, a fejállomásban előállított frekvenciákat és az elosztóhálózatban a műsorcsatornák és az adatok átvitelére használt sávok összességét a rendszer *belső frekvenciatartományának* nevezzük. Az elosztóhálózaton történő kétirányú információáramlás biztosítására *az 5 MHz-től 862 MHz-ig terjedő sávot az előre- és a vissz irány számára ketté kell hasítani*. Műsorelosztásra a 47 MHz-től 862 MHz-ig terjedő sávot használják (a 47 MHz - 124 MHz közti részt annak máscélú alkalmazása miatt jelenleg egyre ritkábban használják). Ezen a sávon belül helyezkedik el az FM-rádió a 87,5-108 MHz-es sávban, valamint az előreirányú adatátviteli sáv. Egy analóg tv-csatorna sáv szélessége a VHF sávban 7 MHz az UHF sávban 8 MHz. A műhold transzponder 11,7 - 12,75 GHz-es sávban elhelyezkedő RF csatornájába betett analóg tv- és rádióműsorok FM modulációval, a digitális tv- és rádióműsorok QPSK⁵⁷ modulációval érkeznek a fejállomás vevőantennájába. A vett jeleket az LNC⁵⁸ 950-2150 MHz-es sávba keveri le, majd a jelek az analóg- vagy a digitális fejállomási csatorna konverterekbe jutnak. Innen moduláció- és frekvenciakonverzió után kerülnek az elosztóhálózatba. Az analóg tv-műsorok AM-VSB modulációval a 630 MHz-ig terjedő sávban elhelyezkedő tv-csatornákban kerülnek elosztásra. A műhold transzponder egy RF csatornájában lévő digitális programok (rendszerint 8 tv- és 8 rádióműsor) a fejállomás digitális egységéből m-QAM⁵⁹ modulációval jutnak az elosztóhálózat 630 - 862 MHz sávjában elhelyezkedő 8 MHz-es csatornákba.

A rendszertervezői igényekhez igazodó építőelemgyártók adatlapjai alapján általában a gyakorlatban az alábbi frekvenciasáv-hasítások terjedtek el:

⁵⁷ QPSK - **q**uadrature **p**hase **s**hift **k**eying: négyállapotú fázismoduláció

⁵⁸ LNC - **l**ow **n**oise **c**onverter: a műhold-vevőantennával egybeépített kiszajú konverter

⁵⁹ QAM - **q**uadrature **a**mplitude **m**odulation: kvadratura amplitúdó moduláció, m-QAM-nek az állapot-diagramban m- állapot felel meg, m = 16, 64, 128, 256 (megjegyzés: a QPSK funkcionálisan a 4-QAM-nek felel meg).

- legalsó hasítású (subsplit) rendszer: 5 (3, 10) MHz-től 25 (26, 30) MHz-ig a visszirány és 47 (45) MHz-től 862 MHz-ig az előreirány, vagy 5 MHz-től 30 (33) MHz-ig a visszirány és 54 (50) MHz-től 862 MHz-ig az előreirány;
- alsó hasítású (lowsplit) rendszer: 5 MHz-től 55 (50, 68) MHz-ig a visszirány és 70 (87) MHz-től 862 MHz-ig az előreirány;
- közép hasítású (midsplit) rendszer: 5 MHz-től 108 (110) MHz-ig a visszirány és 174 (150, 164) MHz-től 862 MHz-ig az előreirány;
- felsőhasítású (highsplit) rendszer: 5 MHz-től 168 (174, 180) MHz-ig a visszirány és 230 (222, 225 260) MHz-től 862 MHz-ig az előreirány.

Európában, így *hazánkban is az alsó hasítású rendszerek* terjedtek el. Előreirányban az analóg műsorcsatornák átvitelére a 630 MHz-ig terjedő sávot, a digitális műsorcsatornák átvitelére pedig a 630-862 MHz-es sávot használják. Ez egyben azt is jelenti, hogy a ma és a közeljövő rendszerei vegyes: *analóg-digitális technikájúak*. Ez az átmeneti állapot az analóg földi műsorszórás fennmaradásáig fog tartani, hiszen csak ezután várható a digitális tv-vevők teljeskörű elterjedése. A digitális műsoroknak az előreirányú sáv végén történő elhelyezését az indokolja, hogy átvitelükhöz kb. 20 dB-lel kisebb jel-zaj viszony is elegendő. A koaxiális kábelek csillapítása a sáv végén nagyobb (csillapításuk közelítőleg $\sqrt{f}$ -fel arányos, lásd a 2.1.3. szakaszt).

A referenciahálózatban a KTV-rendszer a regionális hálózat és az előfizetői csatlakozási pontok (EP) között helyezkedik el (4.8.1. ábra). A *teljes rendszer minőségi jellemzői* a fejállomás (vagy vevőállomás) bemenete és az előfizetői csatlakozási pontok közötti jelátviteli útra vonatkoznak.

A KTV-rendszer bemenetén a sugárzott műsorok által a vevőantennánál észlelhető térerősségek vagy modulált RF jelek hordozzák az átvinni kívánt információt. Az információ a KTV-rendszeren való áthaladás során torzul (a lineáris és a nemlineáris torzítás, reflexiók következtében) és zajok, zavarok adódnak hozzá.

A KTV-rendszer kimenetein, az előfizetői pontokon (EP) az információt hordozó jelek szintje, minősége és a mellettük megjelenő zajok és zavarok szintje meg kell, hogy feleljen az előírásoknak. Ezt a *referencia-vevőkészülék* átalakítóján (hangszóró, képcső) megjelenő hang és kép vizsgálatával ellenőrzik. A jelek, zajok

és a nemlineáris torzításból eredő *intermodulációs*-(diszkrét és összetett /CTB⁶⁰ és CSO⁶¹/) és *keresztmodulációs termékek* szintjeinél fontos megjegyezni, hogy a *névleges impedancia* értéke a rendszer összes csatlakozási pontján 75 ohm (a rendszer koaxiális kábeleinek hullámellenállása). A zajok és torzítási termékek szintjét a hasznos jelhez viszonyítva dB-ben szokás előírni a rendszer különböző csatlakozási pontjain. A fejállomás kimenetétől (főcsatlakozási pont, FP) az előfizetői csatlakozási pont (EP) felé haladva a zajok és zavarójelek szintje a csökkenő jelszinthez viszonyítva nő. Az EP-n minimálisan szükséges jel-zaj viszony és jel-torzítási termék viszony elérése korlátozza a rendszer nagyságát, az adott átvinni kívánt csatorna esetén. Ugyanis az átvihető csatornák számát a felhasználható frekvenciasávon kívül döntően a nemlinearitások határozzák meg [4.8.5].

A rendszerben előforduló illesztetlenségek okozta *reflexiók* analóg képátvitel esetén szellemképet okoznak. Zavaró hatásuk nemcsak a reflexiótényező nagyságától, hanem a késleltetési időtől is függ.

A *zavarsugárzás* a KTV-rendszer fontos jellemzője. Minden egyes építőelemét úgy kell árnyékolni, hogy a rendszerben fellépő jelszintek mellett a kisugárzott teljesítmény ne haladja meg az MSZ EN 50083-2 szabványban [4.8.6] előírt értékeket. Ez a határérték például a 30-1000 MHz-es frekvenciasávban 20 dBpW. A hatékony árnyékolás védeltséget is ad a rendszernek a külső elektromágneses tér okozta zavarokkal szemben.

A *előfizetői csatlakozóaljzatok közötti csillapítás* a vevőkészülékeket védi a kölcsönös zavartatás ellen.

A KTV-rendszer jellemzőire vonatkozó határértékek az MSZ EN 50083-7 szabványban találhatók [4.8.7].

4.8.4. KTV adatátvitel

A KTV-rendszeren nyújtott adatátviteli szolgáltatás jelei nem ronthatják le a műsorszolgáltatás minőségét és ez fordítva is igaz. A digitális jelátvitel két fontos

⁶⁰ CTB - composite triple beat: összetett harmadfokú torzítás - a diszkrét harmadfokú torzítási termékek eredője egy tv-csatorna 1 kHz-nyi szűk sávjában (AM-VSB analóg tv-csatornákra a legnagyobb zavaró hatást a kép- és színsegédvívó közelében való előfordulása esetén fejtí ki).

⁶¹ CSO - composite second order: összetett másodfokú torzítás - a diszkrét másodfokú torzítási termékek eredője egy tv-csatorna 1 kHz-nyi szűk sávjában.

műszaki jellemzője: a *bithibaarány* (BER^{62}) és a *jitter*. KTV-hálózatokban a BER-re előírt érték függ a szolgáltatástól. Interaktív szolgáltatások esetén értéke $1 \cdot 10^{-10}$ [4.8.8] és $1 \cdot 10^{-4}$ [4.8.9], adatátviteli szolgáltatásnál $1 \cdot 10^{-8}$ előre- és $1 \cdot 10^{-6}$ vissz irányban [4.8.10], [4.8.11]. A megkívánt BER érték eléréséhez szükséges vivő-zaj viszony függ a választott modulációtól. Az adatátvitelre használatos kábelmodemeket gyártók többnyire 64QAM modulációt használnak előre irányban és QPSK-t vissz irányban. Kivételesnek számít pl. a Terayon cég szórt spektrumú modulációt használó kábelmodeme. A QAM kiváló spektrális hatékonyságú (egy csatorna sávszélességigénye kisebb mint más modulációké), a QPSK választása pedig jó kompromisszum a spektrális hatékonyság és a zajos csatornán történő adatátviteli megbízhatóság között [4.8.12]. Tipikus *effektív adatátviteli sebesség*⁶³ 2 MHz sávszélességű, 16 dB vivő-zaj viszonyú ($\text{BER}=1 \cdot 10^{-9}$), QPSK-t használó vissz irányú csatorna esetén 1,92 Mbit/s; előre irányban pedig 6 MHz sávszélesség, 23 dB vivő-zaj viszony ($\text{BER}=1 \cdot 10^{-9}$) és 64QAM esetén 23 Mbit/s.

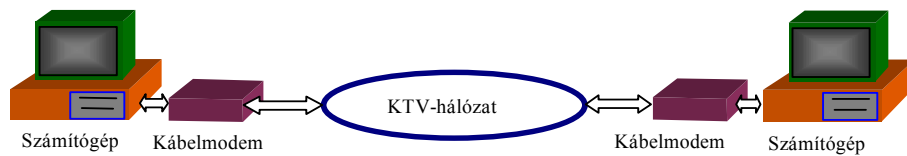
A KTV számítógépes hálózaton keresztül nyújtható szolgáltatások más és más követelmények teljesítését várják el a hálózattól. A legfontosabb műszaki követelmények a különböző típusú forgalmak kiszolgálásával, a különféle hálózati protolloknak történő megfeleléssel, a közös médiumhoz való hatékony és igazságos hozzáféréssel, valamint a hatékony és gazdaságos IP⁶⁴ címkezeléssel kapcsolatosak [4.8.13]. Ez az alfejezet csak a KTV adatátvitel fizikai rétegének műszaki kérdéseivel foglalkozik.

A KTV adatátviteli rendszert a 4.8.2. ábra mutatja. Részei: a *két adatforrás és adatnyelő*, a *kábelmodemek*, és a *kétirányú KTV-hálózat*. Adatforrásként és adatnyelőként személyi számítógépek (PC-k) szerepelnek az 4.8.2. ábrán, a kábelmodemek pedig mint illesztő egységek működnek a kétirányú KTV-hálózat és a PC-k között.

⁶² BER - **bit error rate**: bithibaarány

⁶³ effektív adatátviteli sebesség: adatátviteli sebesség a hibajavító kódolás (pl. Reed-Solomon kódolás) után.

⁶⁴ IP - **I**nternet **p**rotocol

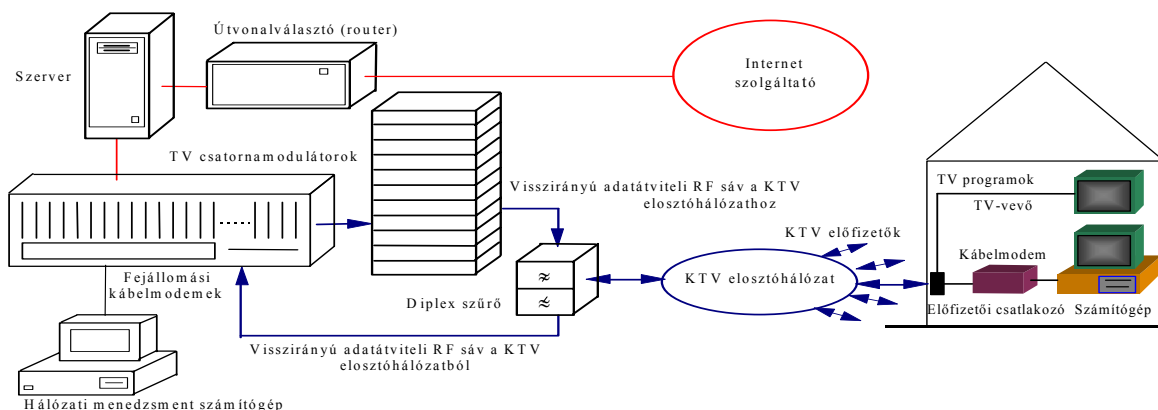


4.8.2. ábra. A KTV adatátviteli rendszer

A KTV-rendszer adatátvitelre használt sávja visszirányban a teljes visszirányú (előfizető-fejállomás irány) 25, 45, 55, 60 MHz-es (alsóhasítás esetén a kettéhasítástól függő) frekvenciasávnak azon része, melyben az adatátviteli csatornák elhelyezkednek. FDM esetén függ az egy adatátviteli csatorna (kábelmodem), sáv szélességétől a kiszolgálni kívánt előfizetők számától és a közeghozzáféréstől. A visszirányra vonatkozó rendszerkövetelményeket az EN 50083-10 szabvány tartalmazza [4.8.14]. A HFC technológiájú rendszerek visszirányú hálózatának az előreiránytól eltérő tervezési kérdéseit részletesen tárgyalja a [4.8.15] szakirodalom.

Az adatátvitelre szánt odairány (fejállomás-előfizető irány) sáv szélessége szimmetrikus forgalom esetén meg kell hogy egyezzen a visszirányú adatátviteli sáv szélességgel. Vegyes (analóg és digitális) műsorelosztást is nyújtó KTV-hálózatok esetén az odairányú adatátviteli csatornák sávját a 630 MHz feletti, digitális műsorátviteli sávban logikus elhelyezni. Ez megtehető, mert a legtöbb kábelmodem gyártó modemje képes fogadni 60 MHz és 862 MHz sávban érkező előreirányú jeleket.

Az adatátviteli szolgáltatásra példaként az *Internet hozzáférést biztosító*



4.8.3. ábra. Az Internet hozzáférést biztosító kábelmodem rendszer

kábelmodem rendszert mutatjuk be (lásd 4.8.3. ábrát) A kábelmodem rendszer - az Internethez történő csatlakozáshoz szükséges eszközök mellett - három fő részből áll: az előfizetői oldalon lévő *kábelmodemből*, a kábeltelevízió fejállomáson megtalálható *központi egységből*, valamint a *hálózati és előfizetői menedzsment szoftverből*.

4.8.5. A szélessávú kábelrendszerek jövője

A jelenlegi korszerű KTV-hálózatok az elosztott műsorokat tekintve analóg-digitális technikát, elosztóhálózatukban HFC technológiát használnak, tehát mindkét szempontból vegyes hálózatoknak tekinthetők. Ez a technika és technológia is rendkívül sokféle szolgáltatás biztosítását lehetővé tenné a szélessávú átviteli közegként használt KTV-hálózatokon a telefonszolgáltatástól és az NVOD-től a videokonferenciáig. A fejlődést tehát nem a műszaki lehetőségek, hanem a gazdasági megfontolások korlátozzák, azaz a *szolgáltatásokat igénylő fizetőképes kereslet* határozza meg. A tisztán digitális technika és az előfizetői pontig terjedő fény kábel alkalmazása nem műszaki, hanem gazdasági kérdés. Az áramkörti technológia fejlődésével és a felhasználásával készült berendezések elterjedésével a berendezések ára olyan mértékben fog csökkenni, hogy a ma még igen drágának ítélt műszaki megoldásokkal megvalósított szolgáltatások is elérhető közelségbe kerülnek nagyszámú előfizető számára.

Az előfizetői szám növekedése, a kis rendszerek nagy hálózatokba való integrációja, a szolgáltatások bővülése szükségszerűen magával hozza az *előfizetői- és a hálózatmenedzsment igen gyors fejlődését*. A szolgáltatások körébe bekerülnek olyanok is, melyek a professzionális távközlésben szokásos megbízhatóságot és minőséget (QoS-t) követeli. Ezt csak *új hálózati topológiák* alkalmazásával, tartalékolt rendszerekkel, párhuzamos átviteli utak kialakításával és *hibatűrő modulációs eljárásokkal* lehet biztosítani. Ez utóbbinál ugyancsak nagy a jelentősége a digitális technika alkalmazásának (lásd 4.8.1. szakaszt).

A szolgáltatások bővülése felveti a *biztonság* kérdését mind az adatátvitel, mind a műsorátvitel tekintetében. A műsortulajdonosok a műsorlopás elkerülésére titkosítási eljárásokat alkalmaznak. A *titkosítási eljárások szabványosítása* és a KTV adatátviteli rendszerek *kábelmodemjeiben az egységes műszaki megoldások*

bevezetése csökkenteni fogja a szolgáltatások megvalósításához szükséges berendezések árát.

A szolgáltatások iránti igényt a fizetőképességen kívül a *szolgáltatást igénybevevők kulturális színvonala* is meghatározza, azaz a társadalmi fejlődés áttételesen kihat a szélessávú kábelrendszerek fejlődésére is.

Irodalomjegyzék

[4.8.1] Géher Károly: Híradástechnika, 21.5. alfejezet, Műszaki könyvkiadó, Budapest 2000., ISBN 963 16 3065 X, 252-258. oldal

[4.8.2] Digital Video Broadcasting (DVB), DVB Homepage, (DVB és a kapcsolódó szabványok jegyzéke), <http://www.etsi.org/broadcast/dvb.htm> , 2001. április 29.

[4.8.3] HDTV FAQ - January 31, 2001,
<http://www.nettable.com/HDTVFAQ.HTM> , 2001. május 3.

[4.8.4] Advanced Television Standards Committee, ATSC Approved Standards, 11 January 2001,
http://www.atsc.org/Standards/stan_rps.html , 2001. május 3.

[4.8.5] Ciciora, Walter; James Farmer; David Large: Modern Cable Television Technology: Video, Voice, and Data Communications, 1st edition, 912 pages, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California, 1998 December, ISBN 1 55860 416 2,

[4.8.6] MSZ EN 50083-2:1997, Kábeles kép- és hangjelelosztó rendszerek, 2. rész: Berendezések elektromágneses összeférhetősége, MSZT 1997. október, 36 oldal

[4.8.7] MSZ EN 50083-7:1998, Kábeles kép- és hangjelelosztó rendszerek, 7. rész: Rendszerjellemzők, MSZT 1998. január, 62 oldal

[4.8.8] IEC 100D/46/NP Cabled distribution systems for television and sound signals, IEC Standard proposal, October 1997.

[4.8.9] ETS 300 800, Digital Video Broadcasting (DVB) Interaction channel for Cable-TV distribution system, ed1, European Telecommunication Standard, June 1998

[4.8.10] IEEE 802.14/a. Cable-TV access method and physical specification, Draft 2, July 1997.

[4.8.11] MCNS Data-Over-Cable Service Interface Specification, September 1997.

[4.8.12] Mátyás, G.: Data Transmission on Cable Television Networks, 2nd ELMAR International Workshop on Video Processing and Multimedia Communications, June 28-30, 2000, Zadar, Croatia, Proceedings VIPromCom-2000, pp. 59-63.

[4.8.13] Gróf Róbert: Kábelmodemek az interaktív kábeltelevízió hálózatban., Diplomaterv, BME-Mikrohullámú Híradástechnika Tanszék, 1997.

[4.8.14] MSZ EN 50083-10:2000, Televíziójelek, hangjelek és interaktív szolgáltatások kábeles elosztóhálózatai. 10. rész: A visszirány rendszerjellemzői.

[4.8.15] Raskin, Donald; Dean Stoneback: Broadband Return Systems for Hybrid Fiber/Coax Cable TV Networks, Prentice Hall, New Jersey 1998., 297 pages, ISBN 0 13 636515-9

4.9. Földi mobil hálózatok

Szerzők: Schmittererné dr. Bausz Andrea (4.9.0.-3.), dr. Fiala Károly (4.9.3.),

dr. Simon Gyula (4.9.4-8.)

Lektor: Maradi István

A mobil távközlés kifejezés gyűjtőfogalom, az eltérő felhasználói igények kielégítésére kifejlesztett és így különböző szolgáltatásokat nyújtó mobil rendszerek összefoglaló elnevezése. Közös jellemzőjük, hogy bár eltérő mértékben, de mozgásszabadságot, mobilitást biztosítanak a használó számára. A mobil végberendezések rádiós összeköttetésen keresztül csatlakoznak a mobil hálózathoz, és a rendszer feladata a mobilitás menedzselése, azaz a használó tartózkodási helyének követése és nyilvántartása, valamint a felépített összeköttetés fenntartása mozgás közben is.

A földi mobil rendszerek különböző fajtáit a 4.9.1. táblázatban tekintjük át, és példaként felsorolunk néhány ismertebb szabványt. A nagy területű, akár globális lefedettséget biztosító műholdas mobil rendszereket a 4.10 alfejezet mutatja be.

Az egyes mobil rendszerkategóriákon belül a technológiai fejlődés több generáció kialakulását eredményezte. Az első mobil rendszert 1946-ban helyezték üzembe St. Louis-ban (USA), a széleskörű elterjedést azonban az elektronikus eszközök integrálásának és a mikroprocesszorok fejlődésének eredményeként a nyolcvanas években létesült ún. első generációs (1G) rendszerek hozták. Az 1G hálózatokat analóg rendszereknek nevezzük, mivel analóg rádiótechnikai eszközökre épülnek, azonban az alkalmazott kapcsolás- és az átviteltechnika ezekben rendszerekben is digitális. A kilencvenes években megjelenő második generációs (2G) rendszerekben pedig már a rádiós technika is digitálissá vált.

Az 1G rendszerek alapvetően egyedi fejlesztésűek voltak, bár néhány közülük de-facto szabvánnyá vált, mint pl. az NMT rendszer, amely észak-európai regionális együttműködés keretében valósult meg, elsőként bevezetve a nemzetközi barangolást. A 2G tervezésekor már érvényre jutottak az Európai Közösség célkitűzései: a liberalizáció előkészítése, a verseny erősítése egységes európai szabványok létrehozásával; a világ többi része azonban nem harmonizálta a 2G

szabványosítást, így ott változatlanul több mobil szabvány létezhet egy-egy kategórián belül párhuzamosan.

Ebben a fejezetben a legfontosabb földi mobil rendszereket mutatjuk be: a közcélú mobil rádiótelefon rendszereket az európai GSM szabványon és annak további 2,5G és 3G fejlesztésein keresztül, valamint a nyálábolt rádió rendszereket és a személyhívó hálózatokat.

Földi mobil rendszerek		
Rendszer kategória	1G	2G
Nyilvános/közcélú mobil rádiótelefon hálózatok (PLMN), más néven cellás hálózatok	NMT450/900, TACS, AMPS	GSM, PDC, IS-95 CDMA, IS-136 TDMA
Nyalábolt rádió hálózatok, más néven zárt- és külön célú mobil rádiótelefon hálózatok (PMR/PAMR)	MPT1327	TETRA, TETRAPOL
Zárt- és külön célú mobil adatátviteli hálózatok	MOBITEX, MOBICOM	-
Személyhívó hálózatok (Paging) közcélú rendszerek nem-közcélú, ún. telephelyi rendszerek	POCSAG	ERMES
Közcélú földi légiközlekedési távközlési rendszer	-	TFTS
Zsinórnélküli (cordless) telefon(rendszerek)	CT0, CT1	CT2, DECT
Vezetéknélküli LAN (WLAN, Wireless LAN)	-	HIPERLAN1, 2 IEEE 802.11
Kis hatótávolságú rádiós rendszerek (SRD)		DSRR Bluetooth

4.9.1. táblázat. A földi mobil rendszerek áttekintése néhány 1G és 2G példával

4.9.1. Közcélú mobil rádiótelefon hálózatok - a GSM hálózat

A GSM (Global System for Mobile Communications) az ETSI által szabványosított pán-európai digitális cellás rendszer. A GSM kidolgozásakor a célkitűzés az európai szintű harmonizáció volt. Ezzel lehetővé vált, hogy a mobil készülékek nemzetközi méretekben, az összes résztvevő országban egyaránt használhatóak legyenek (nemzetközi barangolás), valamint a különböző szállítók berendezései egymással kompatibilisek legyenek és együttműködjenek, ezáltal a berendezések, és ennek eredményeképpen a szolgáltatások ára is jelentősen alacsonyabb szintre kerüljön, mint a korábbiakban. Ezért a GSM szabványok a hálózati funkciókat és interfészeket pontosan specifikálják, de hardver követelményeket nem írnak elő.

A GSM rendszer számára Európában egységesen kijelölt első frekvenciasáv a 900 MHz tartományban helyezkedik el (890-914/935-959 MHz). Az 1800 MHz-en (1710-1785/1805-1880 MHz) működő GSM-változat — melynek eredeti elnevezése DCS1800 (Digital Cellular System) —, néhány, az eltérő frekvenciasáv jellemzőiből adódó rádiós különbségtől eltekintve megegyezik a GSM900 alapszabvánnyal. A GSM 1900 MHz-en üzemelő változata 1995-ben készült el az USA számára.

A GSM szabványok kidolgozása folyamatos. A szabványok kiadása a rendszer összetettsége miatt két fázisban történt 1991-ben és 1995-ben, azóta az ún. 2+ fázis az egyes új képességekkel évente került kibocsátásra (R, Release) az R99-ig. Az új adatátviteli fejlesztések a GSM-re, mint alapra építve már a jövő mobil hálózatát alapozzák meg.

A sikeres európai koncepció eredményeképpen a GSM világszerte elterjedt. 2001 április végén a világ 169 országában több, mint 400 GSM hálózat üzemelt, az előfizetők száma pedig meghaladta a félmilliárdot, ezzel a digitális cellás piacon a GSM részesedése 70%.

A GSM rendszer négy alrendszerből épül fel, ahogyan ez a 4.9.1. ábrán látható [4.9.1].

Mobil állomás (MS, Mobile Station)

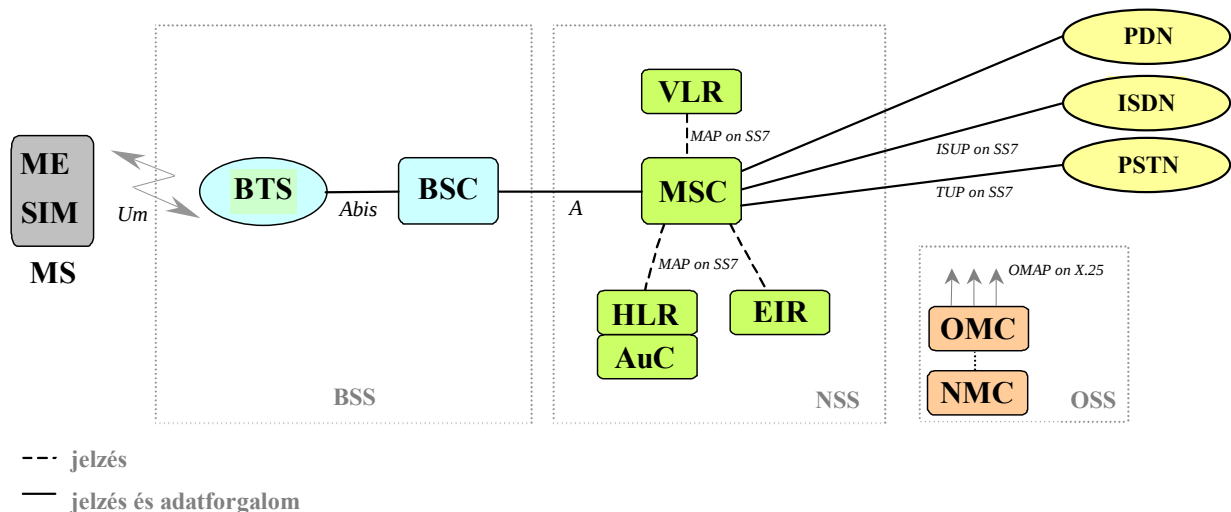
A mobil állomás az előfizető által használt készülék, amely a rádiós interfészen keresztül hozzáférést biztosít a hálózat szolgáltatásaihoz. A mobil állomás részét képezi az előfizetéshez tartozó chip-kártyás előfizetői azonosító modul, a SIM (Subscriber Identity Module), amely az előfizetőre vonatkozó szolgáltatási adatokat tárolja és biztonsági feladatokat is ellát.

A mobil állomás végberendezés adapterként (Terminal Adapter, TA) is működhet, az adott készülék által támogatott szolgáltatásoktól függően csatlakozást biztosítva valamely más végberendezés, pl. fax-készülék vagy számítógép felé.

Bázisállomás alrendszer (BSS, Base Station Subsystem)

A bázisállomás alrendszer feladata a mobil állomás számára a folyamatos rádiós kapcsolat biztosítása a hálózat eléréséhez. A BSS funkcionális egységei a következők:

- **Bázisállomás (BTS, Base Transceiver Station):** leegyszerűsítve tulajdonképpen egy rádió adó-vevő berendezés antennával, amely egy adott területen, az ún. cellában biztosítja a rádiós ellátottságot.
- **Bázisállomás-vezérlő (BSC, Base Station Controller):** egy kisebb kapacitású kapcsolóközpont, amely az összes rádiós vonatkozású feladat vezérlését végzi: irányítja a bázisállomások és a mobil állomások számára a csatornák lefoglalását és a cellák közötti hívásátadás (handover) folyamatát. Mivel a BSC és a BTS közötti A-bis interfész szabványosítása nem terjedt ki minden részletre, a bázisállomás alrendszer nem bontható meg.



4.9.1. ábra. A GSM rendszer felépítése [4.9.2]

Hálózati és kapcsoló alrendszer (NSS, Network and Switching Subsystem)

A BSS és NSS alrendszer a szabványosított A interfészen csatlakoznak, így a különböző gyártók rádiós és a hálózati alrendszerei együttműködnek egymással.

Az NSS a GSM rendszer kapcsolási feladatait végzi, vezérli a hívások felépítését, illesztést biztosít más hálózatokhoz, és itt található az előfizetők azonosítását, nyomonkövetését, és a végberendezések ellenőrzését támogató adatbázisok is. Az NSS egyes elemei közötti információcsere a SS7 jelzésrendszeren alapul. Az NSS részei:

- **Mobil szolgálati kapcsolóközpont (MSC, Mobile services Switching Centre):** Alapját egy ISDN központ képezi, ehhez adódnak hozzá a rádiós erőforrások és az előfizetői mobilitás kezeléséből származó járulékos funkciók (pl. helyzet-regisztráció, handover).

A GSM hálózat más távközlő hálózatok felé az ún. átlépő vagy kapu MSC-ken (GMSC, Gateway MSC) keresztül csatlakozik. A GMSC feladata bejövő hívás

esetében a hívás továbbítása az aktuálisan kiszolgáló MSC felé. Az üzemeltető döntése, hogy hány GMSC-t jelöl ki a hálózatában, akár minden MSC lehet egyben GMSC is. Az IWF (Interworking Function) a GMSC részét képező együttműködési funkció, amely protokoll konverziót valósít meg a GSM hálózat és a külső fix hálózatok között.

- *Látogató előfizetői helyzetregiszter (VLR, Visitor Location Register):* Minden MSC-hez tartozik egy VLR adatbázis, amely nyilvántartja, hogy aktuálisan mely előfizetők tartózkodnak az adott MSC szolgáltatási területén.
- *Honos helyzetregiszter (HLR, Home Location Register):* A mobil szolgáltató a HLR adatbázisban tartja nyilván összes előfizetőjét és az egyes előfizetésekre vonatkozó adatokat: az előfizetői azonosítókat, a szolgáltatási jogosultságokat, valamint az aktuális tartózkodási hely eléréséhez szükséges irányítási információt.
- *Előfizető hitelesítő központ (AuC, Authentication Center):* Az AuC minden, a HLR-ben regisztrált mobil előfizetőhöz nyilvántart egy azonosító kulcsot, melyet az előfizetők hitelesítésekor és a rádiós út titkosításához használ fel a rendszer, a jogosulatlan használat megakadályozására.
- *Készülék azonosító regiszter (EIR, Equipment Identity Register):* Az EIR adatbázisban tartják nyilván a mobil állomásokat azonosító IMEI (International Mobile Equipment Identity) számokat. Három különböző lista létezik: a fehér lista a típusengedélyezett berendezéseket tartalmazza, a szürke listán a megfigyelés alatt álló készülékek vannak, a fekete listán pedig a letiltott készülékek szerepelnek, lopás vagy működési problémák miatt.

Üzemviteli és karbantartó alrendszer (OSS, Operation & maintenance SubSystem)

Az OSS hierarchikus felépítésű. Regionális szinten a GSM hálózat elemei X.25 adathálózati összeköttetésekkel kapcsolódnak az OMC (Operation & Maintenance Center) felügyeleti rendszerhez, amely a hálózat állapotáról nyújt információt, illetve számos rendszer-paraméter állítására nyújt lehetőséget. A központi felügyeletet és a hálózat menedzselését az NMC (Network Management Center) biztosítja, melyből egy GSM hálózatban egyetlen darab szükséges, ez vezérli a helyi OMC-ket. Az NMC stábja a nemzeti koordinációt igénylő, a teljes hálózatra kihatással lévő ügyekkel, forgalom-menedzseléssel foglalkozik, míg a helyi OMC csapatok a rövid távú, regionális ügyeket kezelik.

4.9.2. Adatátviteli fejlesztések a GSM hálózatban – a 2,5G hálózat

Az ISDN jelentős hatással volt a GSM szolgáltatások és jelzésprotokollok kialakítására. Már a rendszer-koncepció „beszéd + adat” rendszerként határozta meg a GSM-et, és célul tűzte ki, hogy a rendszer maximális flexibilitást mutasson ISDN-típusú szolgáltatások lehetővé tételében. A GSM adatátviteli szolgáltatások szabványosítása a kezdetektől folyt: 1994-től készen állt a mobil kezdeményezésű rövid üzenet szolgáltatás (SMS, Short Message Service) és a 9,6 kbit/s faxátvitel, 1995-től pedig a vonalkapcsolt adatszolgáltatás ugyancsak 9,6 kbit/s átviteli sebességgel. A következő lépést a 2+ fázis új, 14,4 kbit/s átviteli sebességet nyújtó kódolása jelentette. Ezután 1998-ban elkészült a **HSCSD** (High Speed Circuit Switched Data), amely 4 időrés összevonásával max. 57,6 kbit/s sebességet biztosít, és támogatja az aszimmetrikus forgalmat. Bevezetéséhez hálózati oldalról csupán szoftver-váltás szükséges.

Időközben azonban a GSM fejlesztésekkel párhuzamosan megkezdődött a 3G kidolgozása, és az ott megfogalmazott szolgáltatási követelmények visszahatottak a GSM 2+ fázis szabványosítására. Mivel az új képességekkel kibővített GSM bizonyos mértékben már biztosítani fogja a 3G elvárások egy részét, és új hálózati elemei felhasználhatóak lesznek a 3G bevezetések, a új GSM adatátviteli megoldásokat 2.5 generációnak is nevezik.

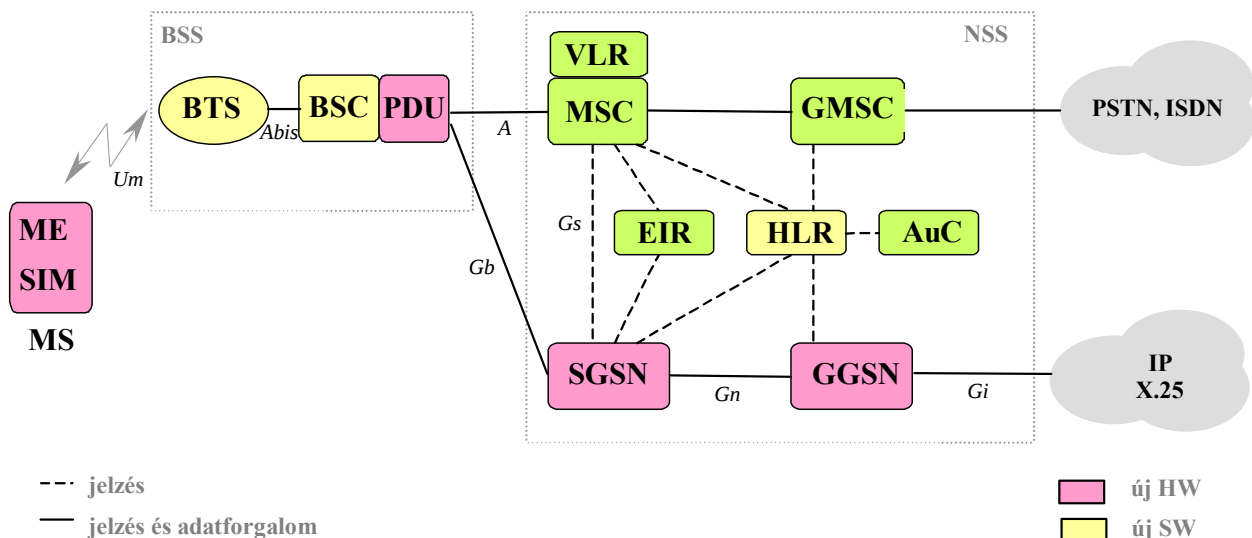
GPRS (General Packet Radio Service)

A GPRS a jelenlegi GSM architektúra kibővítésével és új csatornakódolási eljárások bevezetésével kialakított új hordozószolgálat, mely csomagkapcsolt adatátvitelt nyújt. A GPRS az első lépés a mobil világ és az IP alapú szolgáltatások integrálása felé: számos IP szabványt (IETF RFC) beépítettek a GPRS-be.

A GPRS-el elérhető elvi max. adatsebesség 171,2 kbit/s a legkisebb adatvédelmet biztosító csatornakódolási eljárás mellett, 8 időrés összefogásával. A gyakorlatban azonban jelenleg a CS2 kódolás mellett 3 időrés összefogásával max. 40,2 kbit/s érhető el a rádiócsatornán, ami az alkalmazói réteg szintjén 30-33 kbit/s sebességre csökken az alkalmazástól függően. A csomagkapcsolás révén a GPRS állandó virtuális kapcsolatot biztosít (always-on), és az elküldött csomagmennyiség

szerint történő díjazás váltja fel a vonalkapcsolt rendszerekben szokásos időtartam szerinti tarifálást.

A GPRS forgalom elkülönül a hagyományos vonalkapcsolt beszéd- és adatforgalomtól. A GPRS felépítését, viszonyát a GSM alaphálózathoz a 4.9.2. ábra mutatja be. A központ hálózat elkerüléséhez a meglévő GSM infrastruktúra mellé új, IP routing berendezésekre épülő csomópontok létesítése szükséges.



4.9.2. ábra. A GPRS hálózat felépítése [4.9.3]

A hálózati oldalon a HLR kiegészül a GPRS regiszterrel, így a GPRS előfizetési adatokat is tartalmazza. Az új fix hálózati elemek:

- az **SGSN** (Servicing GPRS Support Node) a Frame Relay alapú Gb interfészen keresztül kapcsolódik a BSS alrendszerhez, és a mobilitás menedzselését, a biztonsági funkciókat (azonosítás, titkosítás), valamint a csomagok irányítását kezeli,
- a **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) más külső hálózatok felé teremti meg az összeköttetést, ellátja a biztonsági és számlázási funkciókat, biztosítja az IP címek dinamikus kijelölését. A GPRS első fázisa kifelé a szabványos TCP/IP és X.25 protokollokat támogatja. A GGSN és az SGSN közötti Gn interfészen IP alapú az összeköttetés.

A bázisállomás alrendszerben:

- a BSC HW kibővül a csomag-vezérlő egységgel (PCU, Packet Control Unit), mely az SGSN-hez kapcsolódik egy új interfészen keresztül, és új szoftver is szükséges.

- a BTS új szoftverrel biztosítja a dinamikus forrás-megosztást a GSM és a GPRS között.

Mobil állomás oldalról GPRS képességű készülékek szükségesek a szolgáltatás igénybe vételéhez. A készülékek három osztályba sorolhatóak: az A és B osztályú terminálok GSM/GPRS képességűek, de csak az A képes vonal- és csomagkapcsolt szolgáltatások egyidejű kezelésére, a B nem, a C osztály pedig csak GPRS képességgel rendelkezik.

EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

A teljesség kedvéért meg kell említenünk az EDGE technológiát is, melynek keretében új modulációs és kódolási eljárások bevezetésével lehetőség nyílik arra, hogy a lassan vagy egyáltalán nem mozgó felhasználók számára jelentősen megnöveljék a jelenlegi GSM rádió interfészen elérhető adatsebességeket. Az EDGE tehát új rádiós egységek – bázisállomások, vagy legalább új TRX-ek - bevezetését jelenti a GSM hálózatba.

Az EDGE keretében a továbbfejlesztett (enhanced) vonalkapcsolt adatszolgáltatás, az ECSD időreseként 28,8 kbit/s sebességet biztosít majd, a 64 kbit/s korlát a hálózati oldalon, az A-interfészen adódik. A csomagkapcsolt EGPRS maximum 384 kbit/s adatátviteli sebességet fog nyújtani 100 km/h haladási sebesség alatt. A GSM hálózatra épülő evolúcióba az EDGE szervesen illeszkedik, előnyösen alkalmazható vidéki területeken, ahol az UMTS ellátottság kiépítése nem gazdaságos.

4.9.3. A 3G mobil hálózatok

Az ITU 1986 óta koordinálja a széleskörű beszéd és adat, valamint multimédia szolgáltatásokat biztosító harmadik generációs mobil rendszerek, azaz az IMT-2000 szabványcsalád kidolgozását. Ennek része az UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems), melynek szabványosítását az ETSI 1991-ben kezdte meg, 1999 óta pedig a 3GPP (3G Partnership Project) folytatja. A 3GPP célja, hogy olyan 3G szabványokat hozzon létre, amelyek a továbbfejlesztett GSM maghálózaton és az ETSI által kidolgozott rádiós interfészen, az UTRÁ-n (UMTS Terrestrial Radio Access) alapulnak.

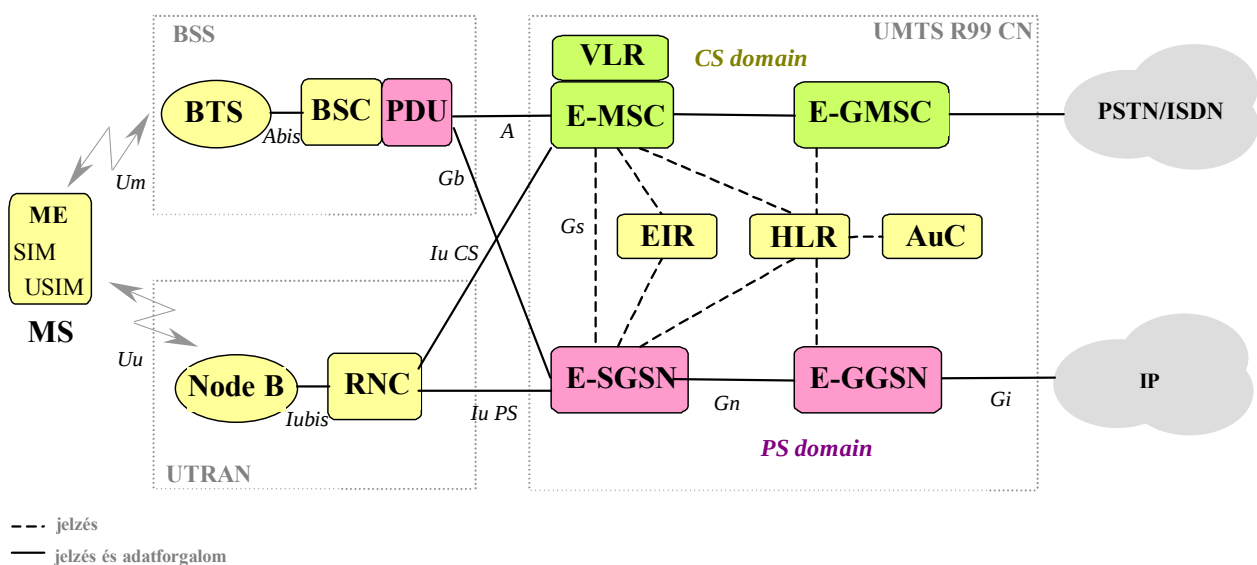
Az UMTS felépítése (Bausz A.)

Az UMTS hálózat kialakításában fontos szemponttá vált a meglévő GSM/GPRS hálózatok figyelembe vétele, hiszen politikai és gazdasági megfontolásokból is tekintettel kellett lenni a GSM előzményekre: a megszerzett előfizetői bázisra, a fejlesztésre és a létesítésekre irányuló hatalmas befektetésekre, valamint a kialakult versenyhelyzetben a hosszú megtérülési időkre. A harmadik generáció sikerének kulcsa a már létező infrastruktúra felhasználása és a mérsékeltebb befektetéseket kívánó evolúciós fejlesztés.

Az UMTS maghálózat (CN, Core Network) a GSM és GPRS hálózati elemekre épül, ezáltal biztosítva, hogy a korábbi berendezések adott ráfejlesztéssel továbbra is használhatóak legyenek. Az UMTS maghálózat több lépésben kerül szabványosításra.

Az R99 szabványcsomag hibrid architektúrát ad meg, a maghálózatban külön vonalkapcsolt és csomagkapcsolt hálózatrész (CS/PS domain) található, melyek az UMTS-specifikusan továbbfejlesztett GSM mobil központra (E-MSC) és GPRS csomópontokra (E-GSN) épülnek, mint az a 4.9.3. ábrán is látható. Az UMTS rádiós alrendszerében a bázisállomás elnevezése Node B, a bázisállomás vezérlő pedig az RNC (Radio Network Controller).

A Release 5 keretében készülő megoldás elosztott, IP alapú architektúrát

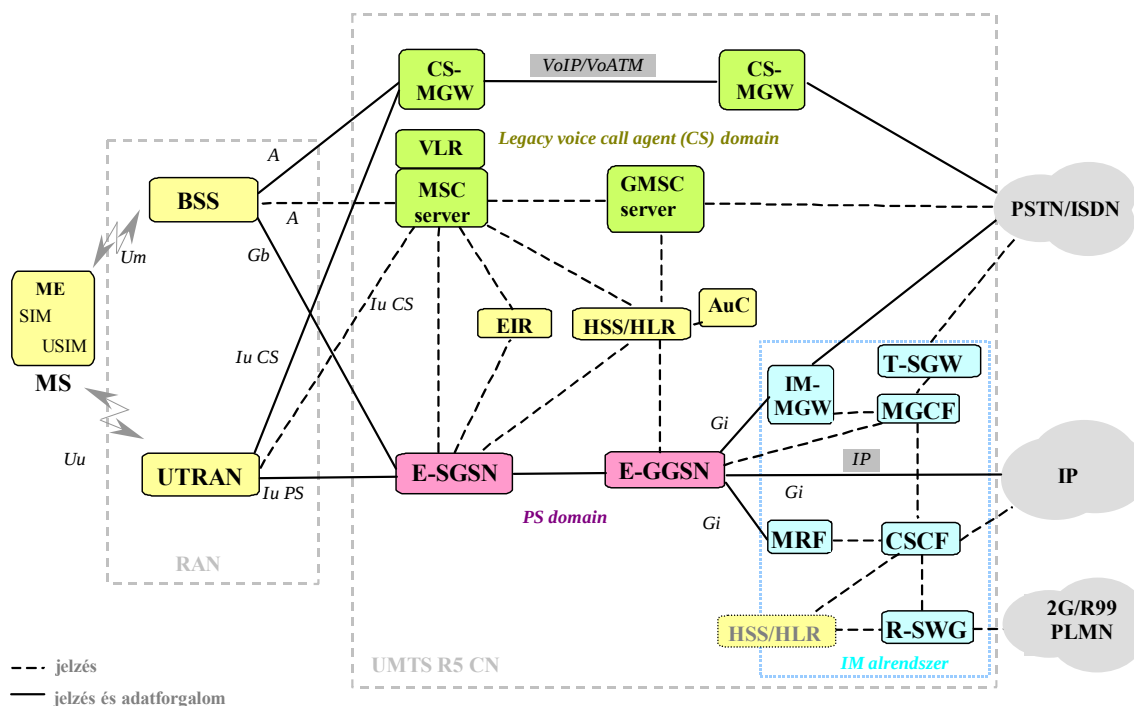


4.9.3. ábra. Az UMTS R99 felépítése [4.9.4]

tartalmaz (All IP based core network), szabványosítása várhatóan 2001 decemberére fejeződik be [4.9.5]. Lényege a GSM/UMTS beszéd-szolgáltatás áterelése a csomagkapcsolt domain-be, a maghálózat megerősítése egy általános sok-szolgáltatású (multi-service) felhordó (connectivity) hálózat irányába, a transzport és a hívásvezérlési funkciók szétválasztása, valamint széles körű valósidejű multimédia és információs szolgáltatások bevezetése IETF SIP (Session Initiation Protocol) alapon, amelyhez a maghálózatban egy új IP-Multimédia (IM) alrendszer kialakítása is szükséges.

Az új IM alrendszer elemei:

- A CSCF (Call State Control Function) a bejövő hívásokra kapuként működik, feladata a hívásvezérlés és címkezelés.
- Az MGCF (Media Gateway Control Function) PSTN/PLMN végződési pont, feladata a protokoll-konverzió az ISUP és az IM alrendszer hívásvezérlő protokolljai között.
- Az MGW (Media Gateway Function) PSTN/PLMN transzport végződési pont, feladata az erőforrás vezérlés.
- Az MRF (Multimedia Resource Function) biztosítja a többrésztvevős és multimédia konferencia funkciókat és ehhez ellátja a hordozó vezérlési feladatokat.
- A T-SWG (Transport Signalling Gateway Function) PSTN/PLMN végződési



4.9.4. ábra. Az UMTS R5 felépítése [4.9.6]

pont, a hívással kapcsolatos jelzéseket a PSTN/PLMN felé/felől IP hordozóra teszi át.

- Az R-SGW (Roaming Signalling Gateway Function) a barangolás biztosítása a 2G/R99 illetve a 3G/R5 CS és PS domain-ek között.

További új elemek:

- A HSS (Home Subscriber Server) a HLR funkcióit biztosítja a 3G elvárásoknak megfelelően, IP alapú interfészekkel.
- Az MSC szerver a GSM/UMTS R99 MSC hívás- és mobilitásvezérlési funkcióit biztosítja.

A UMTS/IMT-2000 frekvenciasáv biztosítása (Fiala K.)

WARC-1992 Malaga-Torremolinos: a „mag”- sáv, 1885-2025 és a 2110-2200 MHz kijelölése

1992-ben Malaga-Torremolinos-ban az Igazgatások Rádiós Világértekezlete meghatározta a harmadik generációs rendszer (FPLMTS) frekvenciasávjait (S5.388) a 2 GHz-es tartományban összesen 230 MHz „magsáv” kijelölésével, amiből 60 MHz a műholdas komponensé és 155 MHz a földi 3G rendszerek frekvenciasávja (15 MHz a DECT sávban van.). A magsáv az 1885-2025 és a 2110-2200 MHz, a földi rendszerek sávja: 1900-1980 MHz, 2010-2025 MHz és 2110-2170 MHz. 1997. június 30-án az Európai Rádiótávközlési Bizottság döntést (ERC/DEC/(97)07) hozott, miszerint 2002. január 1-re legalább 2x40 MHz frekvenciasávot biztosítani kell UMTS céljára, ha ezt a piaci igények alátámasztják. A UMTS Fórumnak jelentős szerepe volt abban, hogy az Európa Bizottság XIII. Igazgatósága utasította a CEPT-et ezen döntés felülvizsgálatára és a teljes 155 MHz-es sáv kötelező elérhetővé tételének előírásában. A UMTS Fórum kiterjedt vizsgálatokat végzett a frekvenciaigények felmérésére (5, 6 és 7. sz. Jelentések), amelyek alátámasztották azt, hogy a 2x40 MHz frekvenciatartomány nem elégséges már a 2002-ben tervezett indulásnál sem. A jelenleg hatályos ERC Döntés, amely 2000. március 28-án született (ERC/DEC/(00)01), a teljes 155 MHz széles földfelszíni UMTS frekvenciasáv (1900-1980 MHz, 2010-2025 MHz és 2110-2170 MHz) rendelkezésre állásának biztosítását írja elő a CEPT tagországok Igazgatásainak legkésőbb 2002. január 1-re a földfelszíni UMTS és más az IMT-2000 szabványcsaládba tartozó rendszerek számára. (A magyar Igazgatás nem kötelezte el magát az ERC/DEC/(00)01 Döntés megvalósítására). A UMTS Fórum 2x15 MHz duplex és 5 MHz szimplex frekvenciatartomány – pályáztatás keretében történő - kijelölését javasolja az

Igazgatásoknak minimum követelményként egy UMTS szolgáltató számára indulási frekvenciakészletként. Az ERC/DEC/(99)25 Döntés, amely 1999. november 29-én született, tartalmazza a „magsáv” vonatkozásában a frekvencia tervet. A UMTS európai harmonizált frekvencia felhasználása végett az ERC/DEC(99)25 meghatározza az FDD működés frekvenciasávját, ami a 1920-1980/2110-2170 MHz tartomány, valamint a TDD működés sávjait, amelyeket az 1900-1920 MHz, valamint 2010-2025 MHz frekvenciatartományok alkotják. A magyar Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázata (FNFT) H141-es nemzeti lábjegyzete alapján az 1900-1980 MHz, a 2010-2025 MHz és a 2110-2170 MHz-es sávok az állandóhelyű és a mozgószolgálat keretében az egyetemes mozgó távközlő rendszer (UMTS) földfelszíni alkalmazásai részére tervezettek. A H143-as nemzeti lábjegyzet szerint az 1980-2010 MHz és a 2170-2200 MHz-es sávok az egyetemes mozgó távközlő rendszer (UMTS) műholdas alkalmazásai részére tervezettek.

WRC- 2000 Isztambul: kiegészítő frekvenciasávok: 2500-2690 MHz, 1710-1885 MHz, 806-960 MHz

Az isztambuli rádiós világértekezleten döntés született a kiegészítő frekvenciasávokról. A UMTS Fórumnak nagy szerepe volt a frekvencialehetőségek bővülésében, hiszen 2005-re 403 MHz-et, 2010-re 582 MHz frekvenciaigényt prognosztizált a UMTS Fórum Spectrum Aspect Groupja (SAG) UMTS földi rendszer részére a legmagasabb forgalmi sűrűségű területeken. A UMTS Fórum 7. sz. Jelentésében a második generációs rendszerek sávján (összesen 240 MHz) túl 187 MHz többletsáv kijelölését ajánlotta. A kiegészítő sávok lehetőséget adnak arra, hogy a UMTS több sávban is megjelenjen. Az alacsonyabb frekvenciasávok elvileg lehetőséget adnak országos területi ellátottság kialakítására, illetve arra, hogy fejlődő országok rurális területeken is bevezethessék a UMTS-t. A CEPT által preferált kiegészítő frekvenciasáv a 2500 – 2690 MHz-es sáv. Az Európa Bizottság mandátumot adott a CEPT-nek a kiegészítő frekvenciasávok európai harmonizációjára.

4.9.4. Földi nyálábolt digitális rádióhálózatok

Két csoportba sorolhatók ezek a nem nyilvános, tipikusan cellás hálózatok. Az elsőbe tartoznak a magánhálózatok (Private Mobile Radio, PMR, magán mobil

rádió), erre felhasználói példák készenléti vagy kormányzati szervezetek lehetnek. A másodiknak megfelelő hálózat üzemeltetője felhasználói (előfizetői) csoportjainak (pl. szállítási vállalat, közmű, stb.) virtuális magánhálózati szolgáltatást nyújt (Public Access Mobile Radio, PAMR, nyilvános hozzáférésű mobil rádió). Mindkét esetben a rádiós erőforrások közös használata (nyalábolás) a forgalombonyolítási tulajdonságok szempontjából kedvező tulajdonságokat biztosít. A félduplex összeköttetés lehetősége a jellemző. A mobil készülékeken kívül általában vezetékes állomások (diszpécserállomások) is a rendszer részét képezik. Gyakoriak a csoporthívások (pont - több pont összeköttetés), ahol az adó fél változhat, az általa továbbított információk a csoport minden tagjának szólnak. A csoporton belül az adó fél változhat.

Készenléti szervezeteknél fontos igény pl. a rövid (néhány száz ms-os) kapcsolat-felépítési idő, a megfelelő titkosítás és a vészhívás lehetősége.

Az alábbiakban két második generációs digitális rendszert mutatunk be.

A TETRA földi trónkölt rádiórendszer (TErrestrial TRunked RAdio)

Az Európai Szabványosítási Intézet (ETSI) által PMR és PAMR célra kidolgozott szabványos rendszerhez Európán belül 10 MHz-es duplex távolságú frekvenciasávok is tartoznak (380-390 illetve 390-400 MHz PMR, 410-420 illetve 420-430 MHz PAMR célokra). Ezeken belül háromféle rendszerszabvány is van: beszéd és adat, Voice plus Data (V+D); csak csomagformátumú adat/csomagformátumú adatra optimalizált, Packet Data Only (PDO), beszédátvitel lehetősége nélkül; közvetlen üzemmód, Direct Mode Operation (DMO).

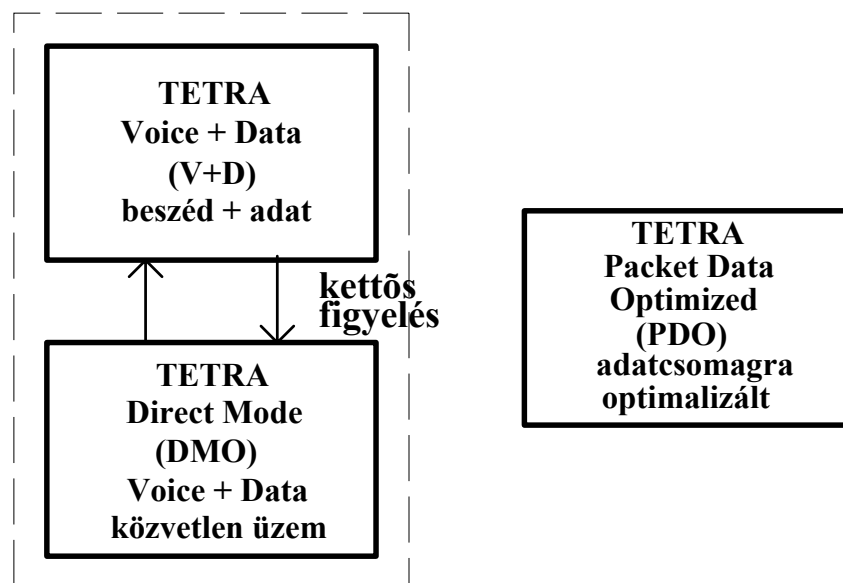
A V+D előírásokat teljesítő berendezések olyan hordozószolgálatok, távszolgálatok és kiegészítő/járulékos/többletszolgáltatások széles választékát adják, melyek az együttes beszéd- és adatátvitel igényeivel vannak összhangban. A V+D rendszer rugalmasságából származó előnyök sok alkalmazás szempontjából kívánatosabbak, mint a PDO adatra optimalizált jellegéből származó kissé nagyobb sebesség. A V+D és PDO specifikációk a rádiós fizikai rétegben azonosak (pl. moduláció, vivőfrekvenciák), de együttes működésre alkalmatlanok. A DMO mobil-mobil (akár bázisállomás nélküli) kapcsolatot tesz lehetővé, ha a mobil a hálózat által lefedett területen kívül tartózkodik, vagy ha a lefedett területen belül biztonságosabb összeköttetésre van szükség. Egy adott mobil, mely a TETRA V+D hálózaton belül

működik, egy DMO üzemmódú mobillal is kapcsolatba léphet. A mobil állomásnak ezért mindkét rendszert figyelnie kell (kettős figyelés, dual watch, lásd a 4.9.5. TETRA ábrát).

A TETRA V+D kialakításánál a multimédia célokra történő felhasználhatóság elsődleges szempont volt, így a rendszer valamennyi (erre alkalmas kialakítású) mobil állomás számára lehetővé teszi beszéd, adatok, képek, stb. adását és vételét. Az átviteli sebesség a fő korlát.

Kezdetben PMR V+D rendszerek (DMO-val kombináltan) épülnek ki.

A TETRA digitális, szabványos rendszer: mobil állomásokból (ezen belül a



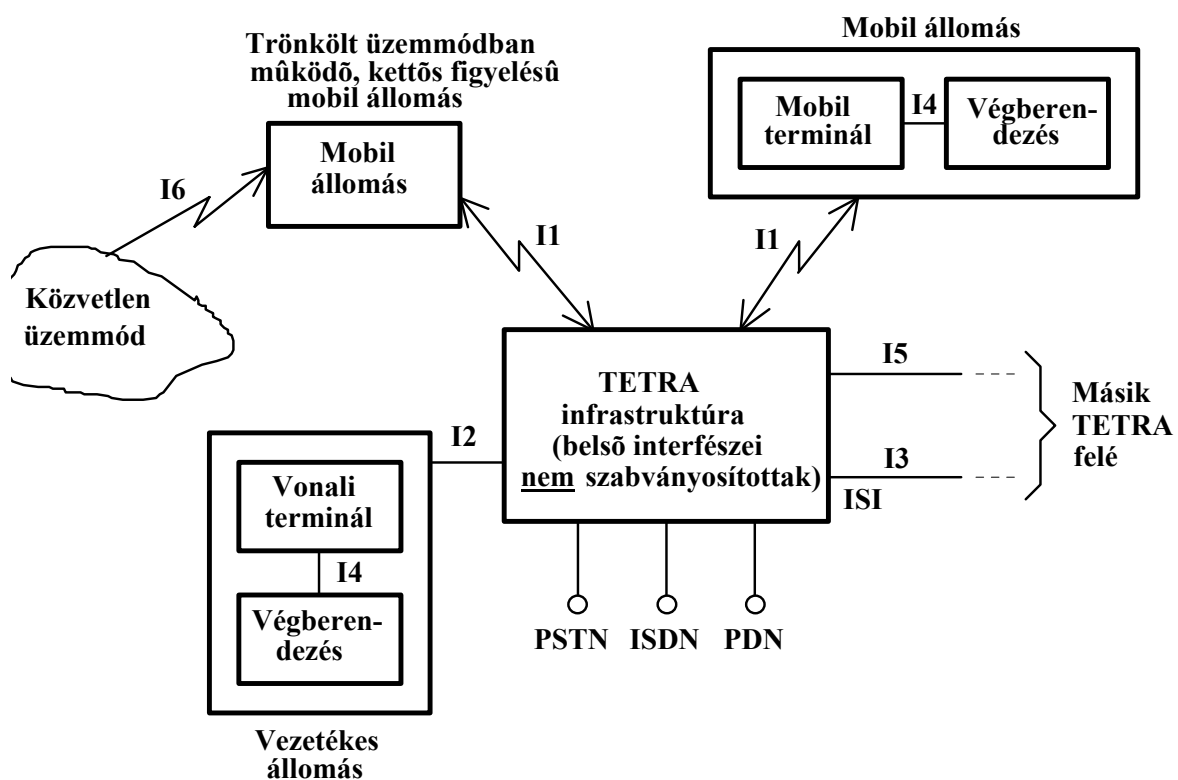
4.9.5. ábra. TETRA üzemmódok

járműbe építhető neve mobil, a hordozható neve a kézi készülék), vezetékes állomásokból és a központi infrastruktúrából (ennek lényeges részét képezik pl. a bázisállomások és a mobil kapcsolóközpont) épül fel. A rendszeren belül egyes interfészek szabványosítottak (a központi infrastruktúrán belüliek nem!). A rendszer felépítését a szabványos interfészekkel együtt a 4.9.6. ábra mutatja.

A moduláció típusa $\pi/4$ DQPSK, egy szimbólumidőn belül négyszintű, így egy szimbólum két bitet képvisel. Minden dibithez egy, az utoljára kisugárzott szimbólum fázisához képest a dibittől függően megváltozott fázishelyzet tartozik. A hozzáférés időosztásos (TDMA), egy keret négy időrésből áll. Így egy vivőfrekvencia négy átviteli csatornát szolgáltat. Egy csatorna nettó bitsebessége 7,2 kb/s, a négy időrés összevonásával 28,8 kb/s sebesség elérése válik lehetővé. Megfelelő kialakítású rendszer hívásátkapcsolást (handover) és bolyongást (roaming) is lehetővé tehet.

A TETRAPOL

PMR rendszer kialakítása TETRAPOL alapon is lehetséges, mely vállalatok által kezdeményezett rendszer. A hozzáférés frekvenciaosztásos, a csatornaosztás 12,5 kHz, a moduláció 8 kb/s sebességű GMSK. Előnye a végpontok között



I1: rádiós levegő interfész

I2: vezetékes állomás interfész

I3: rendszerek közötti interfész (Inter System Interface)

I4: végberendezés interfész

I5: hálózathelyettesítő interfész

I6: közvetlen üzemmód rádiós levegő interfész

(Megjegyzés: a jogszerű lehallgatás interfésze is szabványosított)

4.9.6. ábra. A rendszer architektúrája és a szabványos interfészek

megvalósított hatékony titkosítás, hátránya, hogy hívásátkapcsolási lehetőséget nem biztosít.

4.9.5. Személyhívó hálózatok

Rádiós személyhívó rendszerek egyirányú információátvitelre alkalmasak. Az üzenetek cellás kialakítású rendszer egyik rádióadója által kisugározva jutnak el az előfizető kis teljesítményfogyasztású (telepes), kis méretű vevőkészülékére, aminek kijelzőjéről az információ leolvasható. A küldő üzenetét a szolgáltatási központon keresztül (általában telefon közvetítésével), vagy közvetlenül számítógépről indíthatja. Az összeurópai szabványos rendszer az ERMES (európai rádiós üzenő rendszer). A nyilvános mobil rádiórendszerek és ezen belül az SMS szolgáltatás elterjedése az előfizetők számát jelentősen visszaszorította.

4.9.6. Zsinórnélküli rendszer - DECT

A DECT (Digital Enhanced Cordless System) FDMA/TDMA/TDD alapú. A csatornaosztás 1,728 MHz, a bitsebesség 1,152 Mb/s. A keret 12 uplink és 12 downlink időrészből áll. A beszédkódolás 32 kb/s sebességű ADPCM. Vezetékes telefonelőfizetéshez tartozó alkalmazásán kívül (mintegy 200 m-es körzeten belül) rádiós helyi hurokban (a helyi központ és az előfizető között) és vezeték nélküli automata alközpontokban is használható. Az egyes alkalmazásokon belül szűkítő, u.n. profilszabványok biztosítják a kompatibilitást.

4.9.7. Rádiós LAN - 802.11

A rádiós LAN működési frekvenciatartománya egy ISM (Industrial, Scientific, Medical) sávba (2400-2483,5 MHz) esik, melyben pl. a mikrohullámú sütők is üzemelnek. Ezért spektrumkiterjesztéssel (direkt szekvenciális vagy gyors frekvenciaugratásos elven) védekeznek a zavarok ellen. A maximális adóteljesítmény 100 mW, így a hatótávolság 100 m körüli lehet.

4.9.8. Kis hatótávolságú hálózat - Bluetooth

A Bluetooth rendszer nem szabványos, vállalatok összefogásával alakult ki. De-facto szabványnak is tekinthetjük.

A 802.11 által is használt ISM sávban működik, csak különleges (teljesítményszabályzásra képes) változatának lehet 100 mW-os maximális adóteljesítménye, egyébként ennél kisebb kell legyen. Ezért a hatótávolság néhány tíz méterre korlátozódik. Duplex esetben a duplexelés időosztásos. A működés réselt, a névleges résidő 625 μ s. Egy csomag 1...5 időrésből állhat. Beszédcsatorna: 64 kb/s szinkron mindkét irányban, aszinkron adatcsatorna lehet aszimmetrikus (max. 723,2 kb/s mellett max. 57,6 kb/s vissz irányban) vagy szimmetriku (2 x 433,9 kb/s). Egy u.n. piconet legfeljebb 7 eszköz lehet, ezek egyike a master, a piconet tagjai közös csatornát használnak. Egy eszköz több piconetben is tag lehet, ekkor alakul ki a scatternet hálózati struktúra. Milyenfajta rövid összeköttetés univerzális rádiós megoldása lehet (pl. mobil telefon és mikrofon/hallgató között, számítógép és perifériái között, stb.).

Irodalomjegyzék

- [4.9.1] Mouly-Pautet: The GSM System for Mobile Communications; Cell&Sys, 1992.
- [4.9.2] GSM 03.02 v5.1.0 1996-05: Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Network architecture
- [4.9.3] GSM 03.60 v5.2.0 1997-12: Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); GPRS Service description, Stage 2
- [4.9.4] 3G TS 23.002 version 3.3.0 Release 1999: Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) (GSM); UMTS Network architecture
- [4.9.5] Huber-Weiler-Brand: UMTS, the Mobile Multimedia Vision for IMT-2000: A Focus on Standardisation; IEEE Communications Magazine; Sept. 2000, pp. 129-136.
- [4.9.6] 3GPP TS 23.002 v 5.2.0 2001-04: 3GPP TSG SA, Network Architecture (Release 5)
- [4.9.7] Theodore S. Rappaport: Wireless Communications, Principles and Practice. Prentice Hall PTR, 1996

4.10. Műholdas hálózatok

Szerző: dr. Gödör Éva

Lektor: Hazay István

Műhold fedélzetén lévő elektronikus rendszerekkel sokféle feladat oldható meg, például:

- kutatás (rádiócsillagászat, radarcsillagászat, meteorológia, távérzékelés);
- navigáció;
- hírközlés.

Ezen célokra kezdetben különálló, célorientált rendszereket hoztak létre, ahol a műholdon elvégzett feladatok (pl. meteorológiai megfigyelések) jeleit a földi állomások vagy ezek hálózata feldolgozta, szétosztotta, archiválta, stb. [4.10.1]. Ma a feladatmegoldások konvergenciája többszörösen is érvényesül, pl. a navigációs műholdak (GPS = Global Positioning System) jelei megjelennek a mobiltelefonok kijelzőin is; továbbá a műholdas hírközlő hálózatokban már nem mindig különülnek el a kezdetben még szeparált fix-, mobil-, és műsorszórási feladatok (FSS = Fixed Satellite Service, MSS = Mobile Satellite Service, BSS = Broadcasting Satellite Service). Egy hálózatban az előfizetőtől az előfizetőig terjedő szakaszon felváltva lehetnek vezetett hullámú (pl. optikai sávú) összeköttetés darabok, majd földfelszíni mikrohullámú szakaszok és műholdas átviteli utak. Érthető tehát, hogy jelenleg a konvergencia és az integráció címszavak gyakran szerepelnek az irodalomban [4.10.2].

Ebben az alfejezetben a műholdas kapcsolatokkal, ezen belül különösen a mobil rendszerekkel, valamint a műholdas információgyűjtő és szétosztó rendszerekkel foglalkozunk, a műholdas műsorszóró rendszerek áttekintését a 4.7 alfejezet adja meg.

4.10.1. Műholdas kommunikáció

A klasszikus műholdas hírközlés esetén (pl. INTELSAT rendszer) a hálózat csomópontja a műhold, melyhez a többszörös hozzáférés elvét felhasználva (pl.

FDMA, később TDMA, CDMA) fix telepítésű, nagykapacitású földi állomások tartoznak: így jön létre a műholdas állandóhelyű szolgálat Fixed Satellite Service (FSS). Az egymással kapcsolatba lépő földi állomások a műholdat „átlátszó” (transparens) ismétlőállomásként használják. A fedélzeten lévő transzponder a földről érkező jelet veszi, a jelfrekvenciát megváltoztatja, a jelet erősíti és lesugározza a földi állomásra. Ez az összeköttetés egy felfelé és egy lefelé menő ágból áll (uplink és downlink), azaz egyetlen ugrásból. Ezt ábrázolva egy visszahajló jel-ágot kapunk. A fedélzeti feladatok később kiegészülnek azzal, hogy a különböző nyalábformák közül (globál-, spot-, zóna-, féltekenyaláb) az aktuális forgalmi követelményeknek megfelelőt választják, földi parancs alapján.

A hálózat földrajzi kiterjedését a műhold által lefedett terület (lábnyom) határozza meg, mely terület függ a műhold pályasíktól, pályatípustól, pályamagasságtól és az antenna sugárzási karakterisztikájától. Ha két olyan földrajzi pont között akarunk összeköttetést létesíteni, melyek közül csak az egyik tartozik a műhold lábnyomhoz, akkor két műhold közvetítésével, azaz két ugrással juthat el a jel a célig. A két ugráshoz azonban jelentős terjedési idő tartozik, pl. GEO-pálya esetén (Geostationary Orbit) egy ugrás átlag 250 ms, így a két ugrás (500ms) a beszédátvitelt és a párbeszédet (négy ugrás összesen) nehézkessé teszi. Lehetséges egy másik megoldás, pl. egy ugrás után a földfelszíni hálózaton (mikrohullámú pont-pont összeköttetés, fényvezető vagy réz kábeles összeköttetés) továbbítani a jelet, vagy egy perspektív lehetőség: létrehozni a műholdak közötti összeköttetést, az ISL-t (Inter Satellite Link). Ez volt a döntő lépés a fedélzeti jelfeldolgozás létrejöttéhez, azaz a szimpla ismétlő állomás helyett a különböző mélységű jelfeldolgozást végző műhold típusok kialakulásához.

Az FSS sikerei alapján létrejött a legalább az egyik végponton mozgó felhasználók közötti műholdas rendszer, a Mobile Satellite Service (MSS). Az első MSS-t megvalósító kereskedelmi rendszer az INMARSAT volt, mely biztosította az összeköttetést kezdetben a tengerjáró hajók és a szárazföld között, illetve a légi járműre vagy autóra szerelt, vagy kézitáskás méretű hordozható terminálok és tetszőleges helyen található felhasználó között. Az INMARSAT rendszer elemei: a világóceánok felett elhelyezett négy GEO-pályás, globál nyalábú műhold, (azaz a Földet érintő kúp nyalábú műhold), a földi jelfeldolgozó állomások és a mozgó terminálok. A terminálok típusától függően az átvitt információ: $1,2 \text{ kb/s} \div 16 \text{ kb/s}$

jelsebességű beszéd vagy adat. Így megvalósult a műholdas mobil távközlés: bárki, bárhol, bármikor elérhető. Kezdetben a korlátozott információsebesség nem okozott gondot, de az információmennyiség növekedése a szélessávú megoldások fejlesztésére ösztönözte a szolgáltatókat. Így pl. az INMARSAT rendszer 2002-ben indítja a Global Area Network (GAN) programot, melyben a THURAYA műholdak felhasználásával 144 kb/s sebességű, globális, mobil, szélessávú szolgáltatást kínálnak, hang, ISDN és IP forgalomhoz, és majd az INMARSAT-4 sorozattal 432 kb/s forgalomhoz.

A műholdas rendszerek fejlesztési irányainál fontos szempont a gazdaságosság, az igény szerinti felhasználhatóság, a mobilitás és a szélessávúság. [4.10.3], [4.10.4], [4.10.5]. A GEO-pályás mobil rendszerek mellett megjelentek a LEO(Low Earth Orbit) és MEO-pályás (Medium Earth Orbit) mobil rendszerek, pl. IRIDIUM, GLOBALSTAR, TELEDISIC, SKYBRIDGE, New ICO. Ezen rendszerek általános jellemzője a fedélzetenkénti több-tíz spotnyaláb, azaz a földfelszínen kialakított cellarendszer. Tekintettel a pályaadatokra, itt nem a felhasználó mozog a cellák tartományában, hanem a cella mozog, mert pl. egy autó 170 km/óra sebességéhez képest az IRIDIUM műhold relatív sebessége a Földhöz képest 28500 km/óra. A spotnyalábok által létrehozott cellák vagy együtt mozognak a műholddal (pl. IRIDIUM rendszer), vagy a nyalábok elektronikus vezérlésével biztosítják, hogy a nyalábok egy Földhöz rögzített ponthoz mutassanak, amíg a műhold a látóhatár felett van (ground-based cells, TELEDISIC rendszer).

A cellás rendszerek alapkérdése a hívás átadás (handover). A műholdas cellás rendszereknél a handover három alaptípusa lehetséges: [4.10.5], [4.10.6].

- műholdon belüli (intraspot és interspot);
- műholdak közötti (intersat handover, pl. IRIDIUM, TELEDISIC);
- műholdas rendszer és földi rendszer közötti (pl. ICO-hoz tartozó ICONET gerinchálózat, vagy műhold és földi GSM rendszer MSC (Mobile Services Switching Center) közötti összeköttetés, vagy GSM bázisállomások összeköttetése műholdon keresztül a földi pont- többpont mikrohullámú WILL (Wireless Local Loop) helyett).

A mobilitás mellett fontos szempont a szélessávúság, ami – többek között műholdas multimédia és Internet szolgáltatást is lehetővé tesz. E feladat megoldásához egy újabb frekvenciasávot kellett kijelölni: a Ka-sávot (20/30 GHz) és a hatásos fedélzeti jelfeldolgozáshoz az ATM-hez (Asynchronous Transfer Mode)

hasznló gyors csomagkapcsolt technikát kellett alkalmazni, pl. TELEDESIC, ASTROLINK, SPACEWAY, CYBERSTAR rendszerek.

A K_a -sáv nem egyszerűen a K_u -sáv (12/18 GHz) kiterjesztése, mert az atmoszférában való terjedési tulajdonságai jelentősen eltérőek, ezen kívül lényeges különbség van a használható antenna méreteiben. Ezek a különbségek meghatározóak a K_a sávú rendszerek felépítésére.

A szélessávú ATM-alapú műholdas rendszerek alkalmazási lehetőségére néhány példa a [4.10.4] alapján:

- kis sebességű adat/kép/rövid üzenet/személyhívás;
- interaktív számítástechnika (computing);
- információs adatok (pl.tőzsde) szétosztás (dissemination);
- tömörített (bulk) adatok átvitele (pl. ftp, http);
- videokonferencia, net-konferencia;
- többes adás (multicasting),
- (pl. nagy adat file-ok, csoportos címzésű e-mail);
- műsorszórás (broadcasting), (pl video/audio telecast).

E két utóbbi feladatra különösen előnyös műholdas hálózatot alkalmazni, mert az globális lefedettséget ad és csillag- topológiájú.

A 4.10.1-4.10.3. táblázatok néhány műholdas rendszer főbb jellemzőit foglalják össze.

Név	IRIDIUM	GLOBALSTAR	THURAYA	New ICO
Pálya	LEO	LEO	GEO	MEO
Föld-műhold távolság	780 km	1414 km	44°	10390 km
Pályasíkok Száma	6	8	-	2
Műholdak Száma	66+6	48+4	2	10+2
Nyaláb/Mh	48	16	250-300	163
sebesség kb/s	2,4/4,8	2,4/4,8/9,6	9,6 és GPS	4,8/38,4 144
Üzemkezdet	1998. nov.	1999. okt.	2001. május	2003.
Gateway darab	12	48	-	12 és ICONET
Hangcsat/Mh	1100	2800	13750	4500
Megjegyzés	regeneratív	transzparens	regeneratív	regeneratív

4.10.1. Táblázat. Keskenysávú MSS rendszerek

Név	TELEDESIC	Sky Bridge
Pálya	LEO 1400 km	LEO 1457 km
Pályasíkok Száma	12	8+8
Műholdak Száma	288	32+32
Nyaláb/Mh (műhold)	64 szupercella 9 cella/szupercella	45
Forgalom	multimédia/hang/adat 2 Mb/s uplink 64 Mb/s downlink	multimédia/ adat/video 60 Mb/s
Frekvencia	K _a -sáv	K _u -sáv
Inter Satellite Link	8 darab/Mh	nincs
Üzemkezdés	2004	2002

4.10.2 Táblázat. Szélessávú LEO rendszerek

Név	ASTROLINK	SPACEWAY
Pálya	GEO	GEO
Műholdak Száma	9 (5 pozícióban)	9
Nyaláb/Mh	58	48
Forgalom	hang/adat/video 16-9600 kb/s 6 Mb/s	multimedia/hang/adat/ video 16-6000 kb/s
Frekvencia	K _a -sáv	K _a -sáv
Fedélzeti Jelfeldolgozás	van, ATM-alapú	van, ATM alapú
Üzemkezdés	2005	2002

4.10.3. Táblázat. Szélessávú GEO rendszerek

4.10.2. Műholdas információgyűjtés és szétosztás

A 4.10.1. pontban említett szélessávú ATM-alapú műholdas rendszerek alkalmazási lehetőségei között felsorolt példák már utaltak a műholdas információgyűjtés és szétosztás lehetőségeire (többes adás; műsorszórás). Ebben a részben néhány konkrét lehetőséget vázolunk, összefoglalva a VSAT (Very Small Aperture Terminal) rendszer elvét, az SNG (Satellite News Gathering) elvét és a műholdak szerepét az Internet hálózatban.

VSAT hálózatok

A VSAT rendszer főként az üzleti hírközlés, azaz regionális vagy világméretű cégek adatátvitelére létrehozott műholdas magánhálózat, egyes esetekben beszédátvitelt is megengedve. Kezdetben ezt az igényt az IBS (Intelsat Business Service) rendszer elégítette ki, majd a növekvő kereslet miatt 1979-ben a Telecom

General (USA) kifejlesztette a VSAT márkanévű rendszerét, szállodaláncok, bankok, hírügynökségek, stb. számára.

Ma a VSAT elnevezés már elszakadt a gyártó nevétől, most minden kis antennájú ($\varnothing$ 1,2 m÷2,4 m) üzleti hírközlésre használt rendszert így neveznek.

A VSAT hálózatok GEO-pályás hírközlő műholdakat használnak, így egy út csillapítása (pl. C-sávban) 200dB és a terjedési idő minimum 120 ms. Mivel a terminálok gazdaságosan megvalósítható adóteljesítménye legfeljebb néhány Watt, és a műholdon nincs fedélzeti jelfeldolgozás, így a kis antennájú földi állomások közötti direkt összeköttetés nem lehetséges. Kell egy nagy antennájú ($\varnothing$ 4 m ÷ 11 m) központi állomás (hub), melyhez a VSAT-ok a műholdon keresztül kapcsolódnak, ez egy csillag topológiájú hálózat. Európában a VSAT hálózatok többsége K_u sávú, más földrészekben a C sávú hálózatok az elterjedtebbek. A hálózatban használt elnevezések:

- kifelé irány (outbound link), ez a hub-tól a műholdon keresztül a VSAT-ig terjedő út, azaz uplink + downlink;
- befelé irány (inbound link), ez a VSAT-tól a műholdon keresztül a hub-ig terjedő út, azaz uplink + downlink;
- egyirányú rendszer (one-way network): csak vevő VSAT van, ez egy pont - több pont összeköttetés, a hub-tól jövő információk szétosztása, pl hírek, adatok, TV-program, hirdetés szétosztása;
- kétirányú rendszer (two-way network): VSAT ad és vesz pl. banki műveletek, távnyomtatás, szállodai helyfoglalás, jegyeladás, telefonforgalom, e-mail, orvosi adatbázis, SNG (Satellite News Gathering).

A forgalomszervezés a kifelé irányban időosztású (TDM), a VSAT állomások a számukra kijelölt időrésben vesznek. A TDM keretben szinkronizáló jel és a szelektív vételt lehetővé tevő címezés is van. A befelé irányuló forgalomnál különféle hozzáférést alkalmaznak, legelterjedtebb a TDM-/TDMA rendszer, de rövid ideig tartó intenzív forgalom esetén valamelyik ALOHA- hozzáférést használják.

A VSAT állomás két fő részből áll: kültéri egység (ODU= outdoor unit) és beltéri egység (IDU=indoor unit), ezeket max. 100 m hosszú kábel köti össze. A VSAT IDU egysége tartalmazza az alapsávi interfészt és ehhez csatlakozik a felhasználói végberendezés. A hub állomás felépítése: RF egység (antenna, fel-, és lekeverő egység, adó, vevő), beltéri egység (IDU), mely tartalmazza az alapsávi interfészt és ehhez csatlakozik a központi számítógép (HC=host computer).

A GEO-pályás műholdas összeköttetésnél mind a nagy terjedési idő, és szakaszcsillapítás, valamint ezek hullámterjedési jelenségek miatti változásai következtében hibajavító kódolásra és protokoll konverzióra (emuláció, spoofing) van szükség a végberendezés és a VSAT-hálózat közötti interfésznél. A protokoll konverzió három réteget (network, data, physical) érintő, de néha szükség lehet az emulációnak a transzport-rétegnél is.

Háló-topológiájú (mesh) VSAT-hálózat hozható létre, ha a műhold fedélzetén van a jelfeldolgozás. Ilyenkor a VSAT-állomások a műholdon keresztül közvetlenül kapcsolódnak össze egymással, a hub-állomás nem szükséges. A K_a -sávú GEO-pályás műholdakon (ACTS, SPACEWAY, ASTROLINK) már van fedélzeti jelfeldolgozás, nagyobb adóteljesítményűek és a K_a -sáv miatt nagyobb sávszélességű átvitel valósítható meg, mely előnyökből a VSAT hálózatok is profitálnak.

Műholdas hírgyűjtés (SNG)

A 80-as évek elején a TV-társaságok növekvő hírigénye miatt szükség volt olyan lehetőségre, hogy egyidejűleg lehessen kép- és hangjeleket közvetíteni a földrajzilag távol eső helyekről a rendkívüli eseményekről (pl. Öböl-háború helyszínei; vulkánkitörés). Ezt az igényt elégíti ki egy-egy TV-társaság magánhálózata, a műholdas hírgyűjtő rendszer: a helyszínekre telepített földi állomások a riporterek anyagát a műholdon keresztül a stúdióba juttatják.

A telepíthető SNG berendezéseknek két fő típusa van: a hordozható (fly away) berendezés és a kocsiba szerelt berendezés. Az előbbinél a konténerekbe csomagolt SNG állomást repülővel juttatják a helyszínre, az utóbbi megoldásnál az SNG állomás a gépkocsival együtt mozog.

Az SNG rendszerek az ITU-R által kiadott ajánlásoknak megfelelően a C- és a Ku-sávban dolgoznak és egy 36MHz-es transzponderen egyidejűleg négy digitális modulációjú SNG jel vihető át. Terjednek az ennél nagyobb tömörítést alkalmazó eljárások is.

Internet műholdon keresztül

A műholdas hírközlés alkalmazása először ott volt sikeres, ahol a földfelszíni megoldások nehézkesek voltak a telepítés jelentős időigénye és költsége miatt. A

műholdas piac új szereplője az 1980-as években tömegesen megjelenő VSAT-rendszerek voltak, de ezek csak cégek számára voltak megfizethetők, mert drága volt a transzponder bérlete és a végberendezés: 2001-ben mintegy félmillió VSAT terminál üzemelt, ennek kétharmada az USA-ban.

A műholdas technika újabb alkalmazási lehetősége a digitális műsorszórás és műsorszétoztás területe, erről részletesen szól a könyv 4.7. fejezete, összefoglalva a DVB-s és DVB-MS rendszerek elvét és felépítését, valamint elemzi a műsorszóró interaktív rendszereket.

A műholdas Internet a DVB szabvány kiterjesztése adatátvitelre, azaz a műhold digitális platformján Internet adatforgalom van [4.10.7].

A műholdas Internet hálózat felépítésére két lehetőség van: az egy-utas hozzáférés (one-way access) és a két-utas (two-way access). Az egy-utas rendszernél az Internet adatbázis jelét ($2 \text{ Mb/s} \div 40 \text{ Mb/s}$) a központi állomás (hub) a műholdon keresztül továbbítja a felhasználóhoz, a K_u -sávban. A felhasználó műholdas berendezése csak vételre alkalmas, olcsó eszköz, mert az áramkörök megegyeznek a tömegesen gyártott SOHO (Small Office / Home Office) eszközökkel. A visszirányú összeköttetés nem a műholdon keresztül, hanem a meglévő földfelszíni hálózaton történik, max. 64 kb/s sebességgel.

A két-utas hozzáférés azt jelenti, hogy a visszirányú összeköttetés is a műholdon keresztül történik, ez K_a -sávú és $144 \text{ kb/s} \div 2 \text{ Mb/s}$ sebességű. A felhasználó berendezése K_a -sávú adót és K_u -sávú vevőt tartalmaz, ezért komplexebb és drágább eszköz, mind az egy-utas végberendezés. A két-utas rendszer felépítését és rendszerparamétereit a DVB-RCS (Digital Video Broadcasting Return Channel System) szabvány tartalmazza, melyet az „ADSL-in-the-sky” néven említeneek.

Ezek a műholdas Internet rendszerek GEO-pályás műholdakat (Hot Bird, SESAT, ASTRA) tartalmaznak, de vannak tervek LEO-pályás rendszerekre is (TELEDIC, SKYBRIDGE) és a jelszavuk: „Internet-in-the sky”.

Irodalomjegyzék

[4.10.1] Almár-Both-Horváth-Szabó: Űrtan. SH Atlasz. Springer Hungarica, 1996

[4.10.2] Nguyen, Hoang N.: Mobile Internet Provisioning in Satellite- IP Networks: Mobility Management, Internetworking and Integration with Terrestrial Networks. Proc.of 19th International Communications Satellite Systems Conference. 17-20. April 2001. Toulouse, France. Vol. 3. pp, 205-214.

[4.10.3] Boeke, Cynthia: Via Satellite 2001 Satellite Survey Via Satellite. July 2001. pp. 24-30.

[4.10.4] Jamalipour, Abbas: Broad-Band Satellite Networks. The Global IT Bridge. Proc. IEEE. Vol. 89.No.1. January 2001. pp. 88-104.

[4.10.5] Walke, Bernhard H.: Mobile Radio Networks. Networking and Protocols. J. Wiley 1999.

[4.10.6] Pattan, Bruno: Satellite- Based Global Cellular Communications. McGraw Hill, 1998.

[4.10.7] Blineau, J.: Satellite Contribution to the Internet. Alcatel Telecommunications Review. 2001/4. pp243-248

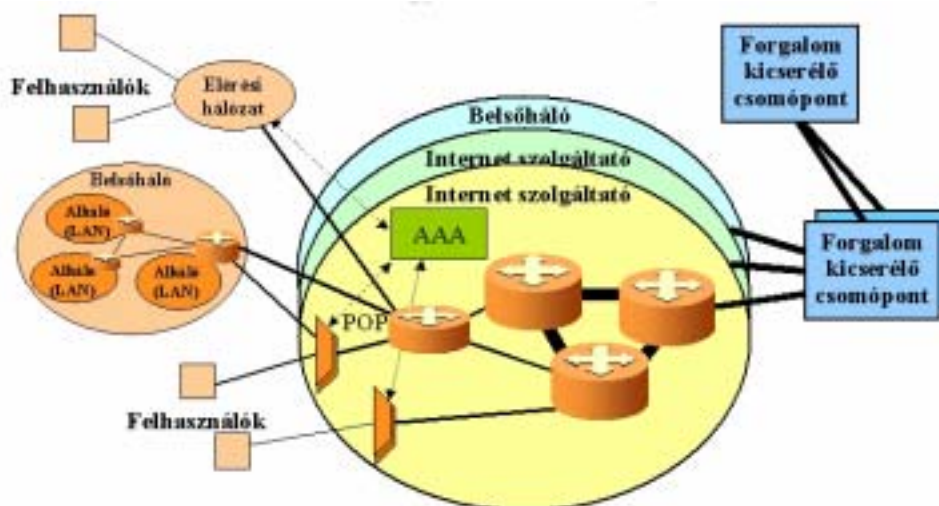
4.11. A klasszikus Internet

Szerző: dr. Réthy György

Lektor: dr. Henk Tamás

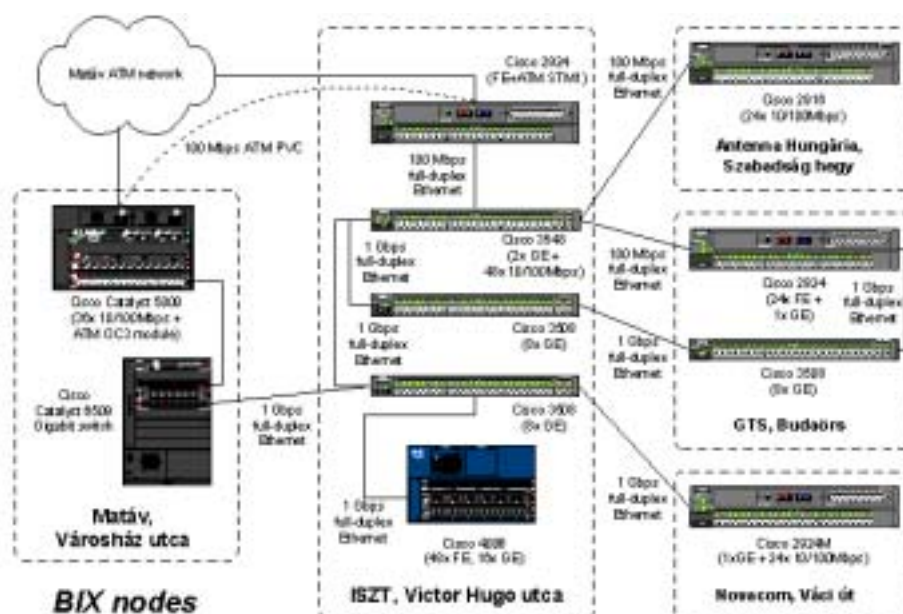
Az IP-alapú hálózatok alapjai és mai felépítése elválaszthatatlan az Internet fejlődésétől. Az Internet elődjének fejlesztését az USA hadügyminisztériumának Fejlett Kutatási Projektek Irodája (ARPA - Advanced Research Projects Agency) számítógép-hálózatok csomagmódú összekapcsolásának kutatására kezdeményezte, s egyetemi és kutatói helyi hálózatokat kötött össze. A hálózat innét kapta az ARPANET nevet. A használt protokollok több fejlődési szakaszon keresztül jutottak el a kiegészítésekkel mai is használt IP protokoll család 1981-ben történt specifikálásához (IP 4. változat). Az ARPANET 1983-ra teljesen átállt a TCP/IP használatára, s ugyanekkor a Berkeley egyetem megjelentette az első olyan UNIX változatot (4.2BSD), melybe (ingyen) beépítette a TCP/IP protokoll családot. Ettől kezdve az IP-t használó alkalmazások fokozatos elterjedésével mára a TCP/IP gyakorlatilag egyeduralkodóvá vált a vállalati hálózatok terén. Később az ARPANET-et felváltotta – a még mindig egyetemi és kutatói célú – NSFNET (National Science Foundation Network), melynek kapacitását többször is jelentősen bővíteni kellett.

Az Internet életében és struktúrájában döntő változást hozott a kereskedelmi célú használat, ami a 4.11.1. ábrán látható struktúrához vezetett. Az Internet szolgáltatók (ISP – Internet Service Provider) hálózatai forgalom kicserélő csomópontokon (NAP – Network access point) kapcsolódnak egymáshoz, melyeket röviden „peering”-nek is hívnak. A forgalom kicserélő csomópontok egymáshoz is kapcsolódnak és hálózatuk képezi az Internet nemzeti és nemzetközi gerinchálózatát. A hazai forgalomkicserélő csomópontok összességét, amely a hazai szolgáltatók és nagyobb belsőháló (Intranet) forgalmának kicserélésén kívül nemzetközi kapcsolatot is biztosít, BIX-nek (Budapest Internet eXchange) nevezik és struktúráját a 4.11.2. ábra mutatja (forrás: <http://goliat.c3.hu/bix>). A BIX-ről bővebb információk a <http://www.nic.hu/bix> címen találhatók. Az egyes ISP-k hálózatai belső struktúráját útválasztó hálózatok alkotják, melyek az ISP méretétől függően akár



4.11.1. ábra. Az Internet egyszerűsített struktúrája

többszintű hierarchiát is alkothatnak. Ezekhez elérési hálózatokon (pl. ADSL, kábelTV) keresztül állandóan vagy Internet behívó eszközök segítségével időszakosan, kapcsolt módon (modem, ISDN) csatlakoznak a felhasználók. Vállalati, intézményi és egyéb sajátcélu hálózatok, melyek általános elnevezése belsőháló (Intranet) csatlakoztatnak az ISP-k útválasztóihoz, behívó eszközökhöz vagy közvetlenül közvetlenül a forgalom kicserélő csomópontokhoz (pl. egyetemi, kutatói hálózatok, nagyobb belsőhálók).



4.11.2. ábra. A BIX struktúrája

Az Internet fő elemei:

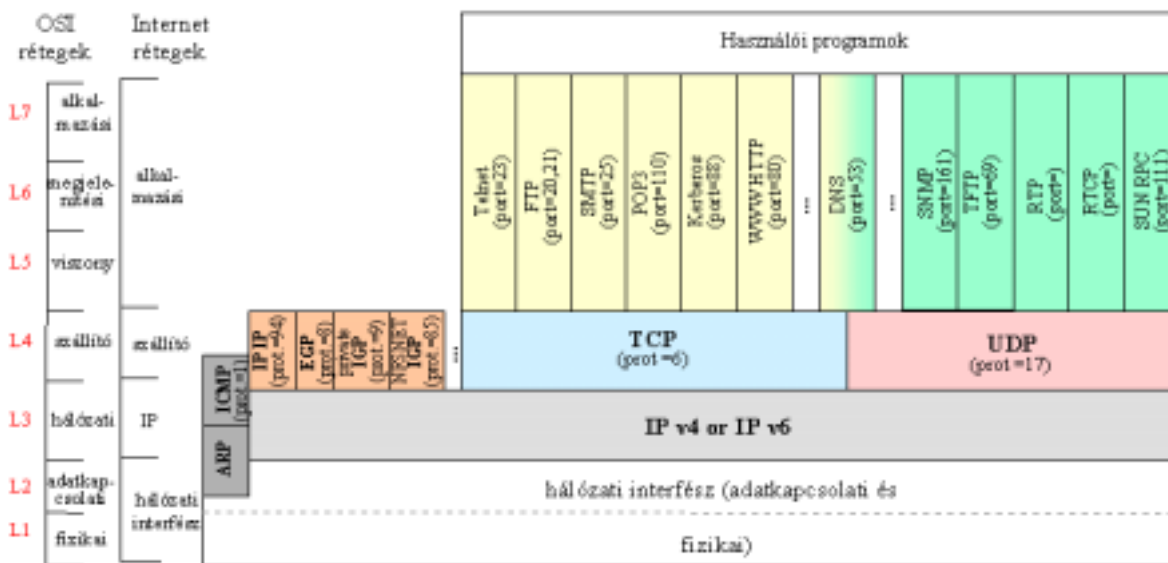
- a.) A TCP/IP protokoll architektúra,
- b.) Hálózati elemek, útválasztás (routing), és útválasztó protokollok,
- c.) Címzés és címfeloldás

A következőkben ezeket külön-külön ismertetjük.

4.11.1. Az Internet protokollok

Az IP protokoll architektúrát a 4.11.3. ábra mutatja. Az ábrán az IP és az OSI rétegeket is összevetjük (további különbség, hogy az IP rétegek kevésbé függetlenek egymástól, mint az OSI rétegei). Az IP v4 fejrészének struktúráját a

4.11.4. ábra mutatja. Az IP protokoll főbb feladatai: a felsőbb rétegektől kapott adatblokkok hálózati címzése és nyugtázatlan, összeköttetésmentes (datagram módú) továbbítása a hálózaton. Minden csomag útválasztása egyedi és az átvitel sem vesztségi, sem késleltetési garanciát nem ad (mint később látjuk, az útvonal változása valójában a hálózatban fellépő kiesések és jelentős torlódások esetén jellemző). Az IP csomagok maximális mérete 64 kbyte lehet, de a valós hálózatok többsége nem képes ekkora csomagméret átvitelére. Az aktuális csomagméretet (MTU - Maximum Transmission Unit) a használt hálózati interfész (Ethernet, ATM stb.) határozza meg. Ezért a felsőbb rétegtől kapott, ennél nagyobb méretű csomagokat az IP réteg tördeli (fragmentation), majd a vételi oldalon összeállítja (a tördelés az IP fejrész DF mezőjében megtiltható, ekkor a túlméretes csomagot törlik). Az IP csomagok (további) tördelésére, majd visszaállítására lehet szükség olyan közbenső hálózaton történő átvitelhez is, amely az őt megelőzőeknél kisebb MTU-t támogat.



4.11.3. ábra. Az IP protokoll verem

Az IP réteg gondoskodik arról, hogy a csomagok ne kerülhessenek útválasztási hurokba. A fejrészben lévő életidő (TTL- time to live) mezőt tipikusan 15-30 mp közé állítják, majd továbbküldés előtt ebből minden útválasztó annyit vesz el, amennyit a csomag nála eltöltött (de legalább 1 mp-et). Ha a mező értéke eléri a 0-t, a csomagot törlik. Az IP csomag fejrészét egy egyszerű (ezért nem túl hatékony) ellenőrző összeg (checksum) védi a bithibáktól, melyet a TTL változása miatt minden útválasztó kimenetén újra kell képezni. Az egyes csomagok relatív prioritizálására a ToS (type of service) mező szolgál, ezt viszont a meglévő eszközök jelentős része nem használja. A fejrész után következő opció mezők lehetővé teszik a csomag útvonalának közelítő (egyes pontok érintése) vagy pontos megadását. Ha az útvonal nem követhető, a csomagot törlik.

Az IP fejrész címezési szempontból legfontosabb mezői a forrás (source) és a cél (destination) IP címek és a szállító protokoll mező. Az IP címekről később lesz szó. A 8 bites szállító protokoll mező azonosítja, hogy a csomag adatmezőjében melyik felsőbb protokoll adatelemét (PDU-ját) szállítja. Ez lehet IP vezérlési és kezelési (ICMP), útválasztó (routing) vagy szállító protokoll, s az utóbbiak nem csak az Interneten elterjedten használt TCP (Transmission Control Protocol) és UDP (User Datagram Protocol), hanem számos más gyártófüggő protokoll is. Külön meg kell említeni az IP szintű tokozásra (encapsulation) használt azonosítókat, mint pl. a mobil IP-hez is használt 94-est („IP within IP”, RFC 2003), az 55-ös minimális IP tokozást (RFC 2004), a 98-as IP tokozó fejrészt (RFC 1241) vagy az IPv6

Ver	Length	Service Type	Packet Length		
Identification			DFMF	Frag Offset	
TTL	Transport		Header Checksum		
Sending Address					
Destination Address					
Options					Padding

4.11.4. ábra. Az IP v4 fejrésze

csomagokat IPv4 fejrésszel tokozó RFC 2893-at. Ezek lehetővé teszik, hogy az IP csomag adatmezőjében - akár rekurzívan is - egy másik IP csomag legyen. Az ily módon történő átvitelt IP alagútnak hívják (IP tunnelling) és különböző célokra elterjedten használják. Jelenleg 100 körüli a kiosztott szállító protokoll kódpontok száma.

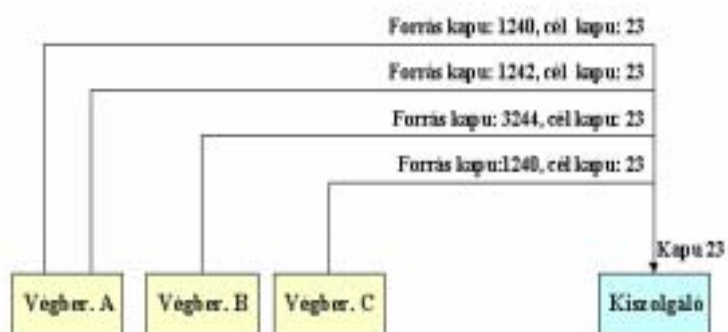
Az ICMP (Internet Control Message Protocol, RFC 792) funkcióját tekintve egy hálózati (IP) szintű protokoll, míg adatátvitelnél szállító rétegbeli protokollként kezelik és az ICMP csomagokat IP csomagok adatmezőjébe ágyazva továbbítják. Feladata a hálózatban történt csomagtörlés (pl. TTL nullázódása, célcím ismeretlen, szintaktikai hiba) jelzése a küldőnek, IP csomagok útválasztásának megváltoztatása (pl. átjárók közötti útvonal optimalizálása), forgalomvezérlés segítése (source quench). Például az ismert és népszerű ping program is az ICMP visszhangkérés és visszhangválasz (Echo Request és Echo Reply) eljárásait használja.

Az UDP az alkalmazási PDU-kat - saját fejrészával megtoldva - egyszerűen továbbadja az IP rétegnek. Vagyis az UDP kapcsolat örökli az IP tulajdonságait - veszteséges és nyugtázatlan. A fejrész a forrás és a cél kapuszámokat (port number), az ellenőrző összeget és egy hosszjelzőt tartalmaz. Érdekessége, hogy az UDP ellenőrző összeget az UDP fejrész és adatmezőn kívül a forrás és cél IP címekből és az UDP protokoll azonosítójából számítják. Ez pótlólagos védelem arra az esetre, ha a csomag az IP rétegben észrevétlen hiba miatt eltévedne.

A TCP funkciója kétirányú adatfolyamok megbízható és nyugtázott továbbítása az IP felett (az alkalmazás által átadott adattömeget a TCP tördeli a megfelelő méretűre, szemben az UDP-vel, amely eleve alkalmas méretű

adatdarabokat vár az alkalmazástól). Ezen belül több részfeladatot is ellát, mint forgalomvezérlés, multiplexelés, gyors újraküldés (az elveszett csomag újraküldése az időzítő lejárt előtt), torlódás elkerülés. A TCP adatátvitel összeköttetés-alapú, vagyis először a kapcsolatfelvétel történik meg, az adatátvitel befejezése után pedig a kapcsolatot bontják. Az ablakméret adaptív: kapcsolatfelvételnél 1, majd exponenciálisan növekszik, amíg csomagvesztést nem tapasztal. Ekkor az ablakméretet az aktuális felére csökkenti, majd lineárisan hangolja az adott irány áteresztőképességének közelébe. A kapcsolatot kezdeményező TCP egyedül aktív, míg a kiszolgáló oldali, egy alkalmazás (pl. FTP kiszolgáló program) indításakor a jól ismert kapura csatlakozó és bejövő kapcsolatfelvételre váró TCP-t passzívnak hívják.

A TCP és az UDP fejrészek szállítják a forrás és cél kapuszámokat, amelyek alapján a szállító protokoll azonosítja az alkalmazást, amely használja a szolgáltatásukat. Az 1023-65535 közötti kapuszámokat a hívó/küldő oldali végberendezés (host) osztja ki aktív alkalmazásainak, míg az 1023 alatti ún. jól ismert (well known) kapuszámokon a hívott/fogadó oldali kiszolgáló (server) várja a TCP kapcsolatfelvételt vagy UDP csomagot, s kiosztásukat az RFC 1700 szabályozza (a teljes aktuális listát az IANA honlapja tartalmazza). Ezek között az Interneten használt „szabványos” alkalmazási protokollok, mint pl. a HTTP, FTP, SMTP stb. azonosítói szintű megtekinthetők, mint a vállalati hálózatokon belül használt gyártófüggő protokollok. A végberendezés a jól ismert kapuszámon hívja meg a kiszolgáló oldali alkalmazási protokollt. Azonban a kapuszám önmagában nem mindig azonosítja a kapcsolatot. Ennek oka, hogy a kiszolgáló egy alkalmazását egyidőben több végberendezés is meghívhatja (4.11.5 ábra). Ez esetben a kiszolgáló



4.11.5. ábra. Kapu multiplexelés

egy adott kapcsolatot csak a forrás és cél oldali kapuszámok és IP címek együttesével tudja azonosítani. A protokoll típusát, kapuszámot és az IP címet együtt foglalat (socket) azonosítónak hívják.

4.11.2. Internet címzés

A jelenleg használt IP v4 címek 32 bitesek, hálózati cím és helyi cím részekre bonthatók. A címeket öt osztályba sorolják (4.11.6. ábra), ebből az egyes hálózatok – a belsőháló és az ISP-k hálói - méretük (helyi címtartomány) szerint A, B vagy C osztályú címeket kaphatnak. Az IP cím általános írásmódja – osztálytól függetlenül - a “pontosított négyes jelölés” szerint 4 csoportba osztva decimálisan történik (pl. 147.23.89.2). Így minden számjegy 8 bitet fed le és értéke 0..255 között lehet. A csupa 0-s és csupa 1-es cím(rész)eknek kitüntetett szerepük van: az előbbi jelentése “ez”, a csupa 1-es a szórásos (broadcast) cím. Így pl. a “0.0.0.0” a saját gépet, egy B osztályú címbe a hálózati cím helyére írt “0.0” a saját hálózatot, a helyi cím helyére írt “255.255” a hálózaton belül az összes végberendezést jelöli. A „255.255.255.255”-ös szórásos címet használják az ismeretlen című kiszolgálók (pl. DHCP kiszolgáló, mobil IP ügynökök) felkutatására, míg “127.0.0.0” cím a végberendezésen belüli hurkot jelöli, közvetlenül a fizikai interfész előtt.



4.11.6. ábra. IP címek struktúrája

Az IP címek lehetnek publikusak vagy magáncélúak. A publikus címek az Internet közösség által a bejegyzett hálózatokhoz rendelt állandó és ismert hálózati címek (melyeket az IANA jegyez be). Minden osztályban van magáncélra használható IP címtartomány (pl. 10.0.0.0/24, 192.168.0.0/16). Ezeket bármely hálózat szabadon használhatja, de csak a hálózaton belül a tulajdonképpeni

Interneten (hálózatok között) nem. Ebben az esetben a végberendezés magáncímét az átjárónak le kell képeznie egy, az adott hálózathoz tartozó publikus IP címre, s így továbbítani a csomagot az Internetre. Ezt hálózati címleképezésnek (Network Address Translation, rövidítve NAT) hívják.

A nagyobb hálózatokat általában alhálózatokra (röviden alhálókra) bontják, pl. egy nagyvállalat belsőhálóját telephelyek szerint (tipikusan az útvonalválasztás, forgalom optimalizálás és a könnyebb menedzselhetőség miatt). Mivel az IP v4 címtartomány korlátossága miatt pocsékolás lenne, hogy a kisebb méretű alhálóknak külön hálózati címük legyen, ezért a belsőháló helyi címtartományát tovább bontják, alhálócím és végberendezés cím részekre. Mivel ez a bontás az IP címből nem látszik (ellentétben pl. egy publikus IP cím osztályával), minden alhálóban egy helyi 32 bites alhálózati maszkot is terjesztenek, melyben az alhálózati címhez tartozó bitek helyén „1”, a végberendezés címhez tartozó bitek helyén „0” van. A hálózati és az alhálócímet együtt cím előtagnak (address prefix) is hívják.

A végberendezés az IP útválasztás részeként minden IP csomag küldésnél ráhúzza a maszkot a saját és a keresett kiszolgáló IP címekre. Ha a két eredmény megegyezik, a kiszolgáló az alhálón belül van és az IP csomagot közvetlenül kell küldeni (a kiszolgáló LAN címére). Ha nem egyezik meg, akkor a keresett kiszolgáló az alhálón kívül van és a csomagot továbbítás céljából az alapértelmezésű átjárónak (default gateway) kell megküldeni (annak LAN címére).

Hasonló probléma jelentkezik a nagyméretű hálózatoknál. A B osztályú címek elhasználása miatt nagyobb hálózatok címigényét már csak több C osztályú címmel lehet kielégíteni. Ez az Internet gerinchálózaton az útválasztó táblák és útválasztó protokoll üzenetek (lásd később a 4.11.5. szakaszban) felesleges méretnövekedését okozta. Ezért a fenti cím maszkolásos megoldást használják a gerinchálózaton is címcsoportok képzésére. Ezt osztálynélküli tartományközi útválasztásnak hívják (Classless Inter-domain Routing, CIDR, lásd az RFC 1518-at és RFC 1520-at). Figyeljük meg, hogy míg az alháló-képzésnél a maszkot a hálózati címtartomány feldarabolására alkalmazzák kisebb alhálócím tartományokra, ezért az „1”-es bitek száma több mint az IP cím hálózati részének hossza, addig a CIDR-nél ellenkezőleg, a maszkot több hálózati cím összevonására használják egyetlen útválasztási címtartományba, ezért az „1”-es bitek száma kevesebb, mint a cím hálózati részének

hossza. Az ilyen módon összevont címtartományú belsőhálókat szuperhálónak (supernet) is hívják.

4.11.3. Az IP v6

Részben területi korlátok miatt, részben, mert a jelenlegi Interneten még nem használják, az IP protokoll 6. változatának csak két legfontosabb jellemzőjét emeljük ki. Az IP v6-ról bővebben szól a 3.7. alfejezet. A 32 bites IP v4 címtartománnyal szemben (amely minden átmeneti intézkedés, dinamikus címkiosztás és a hálócímek felbontása ellenére várhatóan néhány éven belül telítődik), az IP v6 címtartománya 128 bites és 3 beépített címzési formát támogat (unicast, multicast, anycast). Tartalmaz prioritás, valamint QoS folyam azonosító mezőket, kiküszöbölhetővé téve pl. az Intserv (lásd a 4.12. alfejezetet) legnagyobb hátrányát, a csomagonkénti osztályozást. Az IP v6 képes megakadályozni a közbeső tördelést és közvetlenül támogatja a jogosultság-ellenőrzést (authentication) és a csomagok titkosítását (encryption). Fejrésze egyszerűbb, minden mező 4 bit többszöröse, s külön nem védik ellenőrző összeggel. Az első fejrész csak a legszükségesebb információkat tartalmazza. Minden más, az útválasztást, tördelést és egyéb funkciókat érintő többletinformációt egy vagy több következő fejrész szállít. Mindez gyorsabb feldolgozhatóságot eredményez. Meg kell jegyezni, hogy az IP fejrész tartalmazza a protokoll változat azonosítóját, így az IP v4 és IP v6 – eltérő fejrészüket ellenére – egyidőben kezelhetők az Interneten (és bármilyen más IP alapú hálózaton).

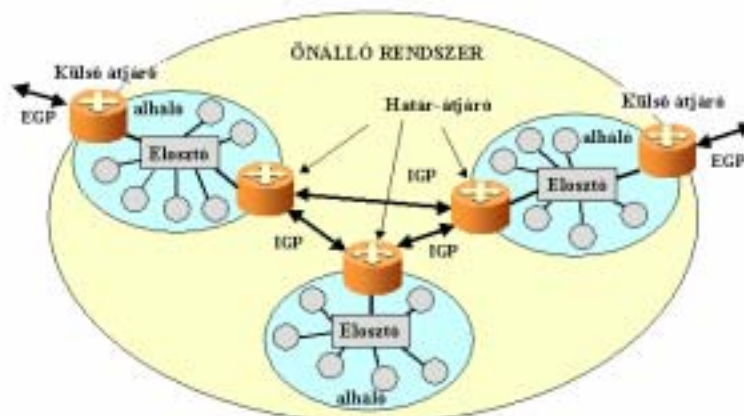
4.11.4. Útválasztás az Interneten

Az útválasztás az IP hálózatok egyik legfontosabb funkciója. Megtalálható mind a végberendezésekben (kliensek és kiszolgálók) mind a hálózati eszközökben (átjárók, útválasztók stb.). Itt röviden ki kell térnünk az átjárók és útválasztók megkülönböztetésére: az útválasztó funkció leegyszerűsítve egy IP szintű csomagkapcsolást jelent, mely az adott csomag továbbküldéséhez választja ki a megfelelő interfészt, míg az átjáró (gateway) azon hálózati funkciókat is magába foglalja, mely egy alháló (pl. LAN-t, melyeken belül már közvetlen küldés van) a külvilággal való összekötéséhez is szükség van. Vagyis az átjáró egy külön

funkciókkal is bíró útválasztó, ezért a későbbiekben, ha nem feltétlenül szükséges az átjáró funkciót kiemelni, az általánosabb útválasztó kifejezést használjuk.

Az útválasztó funkció két összetevőből áll: az útválasztási információk kezeléséből és azon következő csomópont (next hop) kiválasztásából, ahová a csomagot továbbítani kell. A végberendezésekben használt útválasztó alapfunkciót fent röviden említettük, ebben a bekezdésben a hálózati útválasztókról lesz szó. A következő csomópont kiválasztása az Interneten elég egyszerűen, a legjobb akarat elvén (best effort) történik. Ez azt jelenti, hogy az útválasztó minden bejövő csomagot az érkezés sorrendjében szolgál ki és az általa ismert optimális kimeneten küld tovább. Más szóval egyetlen minőségi (QoS) osztályt kezel. Ennek következménye, hogy a háló nem ad sem sávszélesség, sem késleltetés garanciát, csomagok elveszhetnek, sorrendjük egy adatfolyamon belül felcserélődhet vagy ugyanaz a csomag akár többszörösen is megérkezhet. Az IP réteg ezeket az eseteket nem oldja fel, azt a végberendezésekben lévő magasabb rétegekben kell kezelni.

Minden útválasztó saját útválasztó táblával rendelkezik, mely tartalmaz(hat) statikus és dinamikus bejegyzéseket. A dinamikus itt azt jelenti, hogy időről-időre, vagy ha a hálózaton változás történik (vonalkiesés, torlódás), az útválasztók saját útválasztó információikat (általuk ismert IP címek és a hozzájuk tartozó költség) elküldik minden szomszédos útválasztónak, vagyis terjesztik. Ez a terjesztés útválasztó protollok segítségével történik. Útválasztási szempontból az Internet funkcionális felépítése a 4.11.7. ábrán látható.



4.11.7. ábra. A hálózat útválasztási struktúrája

Az IGP (Interior Gateway Protocol) és az EGP (Exterior Gateway Protocol) rövidítések az útválasztó protokoll Internet architektúrában betöltött szerepét jelöli, vagyis funkcionális megkülönböztetés. Ha egy EGP funkciókra tervezett útválasztó protokollt egy autonóm, önálló rendszeren (AS) belül használnak, akkor az IGP szerepet tölt be (fordítva nem igaz, IGP-nek tervezett protokollt nem lehet EGP funkcióban használni). Az Internet szempontjából az AS az azonos adminisztratív tartományba tartozó hálózatrész, vagyis pl. egy vállalati vagy intézményi hálózat (belsőháló) vagy egy ISP hálózata. Minden alhálónak (LAN-nak) legalább egy átjárója van, s az IGP (típusú) protokollt ezek között, vagyis az AS-en belüli útválasztásra alkalmazzák. Az EGP (típusú) protokollt az önálló rendszerek átjáróinak összekötésére, vagyis az Internet gerinchálózatán használják.

Habár sok IGP létezik, a legelterjedtebbek a RIP-2, IS-IS és OSPF protokollok. A RIP-2 (Routing Information Protocol version 2, RFC 1723) az első változat sok hibáját korrigálta. Mivel a RIP-2 sem számít újnak (1994-ben fogadták el) a következőkben a különbségeket nem említjük, leírtak a RIP-2-re vonatkoznak. Az ismert címekhez tartozó költség egyszerűen a távolságvektor: az adott útválasztó melyik szomszédos útválasztón keresztül, hány csomópontnyi távolságra tudja a meghirdetett IP címtartományt. A közvetlenül csatlakozó hálózat vagy csomópont távolsága 1 és később ismertetett okokból a végtelen távolságban lévő (nem elérhető) hálózat távolsága 16. Minden útválasztó teljes útválasztási tábláját üzembe állásakor, adott időközönként (tipikusan 30 mp), kérésre vagy a tábla megváltozásakor (vonal kiesése, új információ a szomszédoktól) terjeszti. Minden útválasztó minden IP címtartományhoz a kapott táblákból kiválasztja a legkisebb költségű irányt (szomszédot) és az adott címtartományba eső minden csomagot ennek a szomszédjának továbbít. Ezt az egyszerűséget nagyobb konvergencia-idővel (időtartam, amely alatt egy változás után minden útválasztó stabil frissített útválasztó táblával rendelkezik), és hálózati méretkorláttal kell megfizetni. A problémát az un. végtelenbe számlálás jelensége okozza. A 4.11.8 ábrán bemutatott elrendezésnél a cél hálózat alháló előtagjához az egyes iránytókban a 4.11.1. táblázatban bemutatott bejegyzések tartoznak. Figyeljük meg, hogy R1 és R2 kölcsönösen tartalmazzak bejegyzést egymásról. Ha a R3 kapcsolata megszakad a cél hálózattal (nézd a b) ábrát) szétküldi frissített tábláját, melyben a cél hálót R1 és R2-n keresztül 4 egységgel tünteti fel. R1 és R2 körülbelül egyidőben kapja az értesítést és egyidőben

küldik el frissített tábláikat, melyben a cél háló legkisebb költségű elérése egymáson keresztül vezet 3 - 3 egységgel, így hozzáadva az egymáshoz csatlakozás 1 egységét az új bejegyzések mindkét irányítóban 4 egységről szólnak majd, melyet terjesztenek. Így R1, R2 és R3 egyenként növelik a költséget, miközben azt hiszik, hogy egymáson keresztül elérik a célt, addig, amíg túl nem lépnek a R4-ben bejegyzett másik irány költségén és az válik a legkisebb költségűvé. Ekkor a cél háló költsége R2-ben 13 lesz, míg R1 és R3-ban 14 egységben stabilizálódik. Ha ez az irány nem létezne és a távolságvektor értékét nem maximálták volna, R1, R2 és R3 addig lépegetne, amíg számlálóik túl nem csordulnak.

Bejegyzések az ... útirányítóban	Következő ugrás	Távolság	Státusz
R1	R3	2	választott útvonal
	R2	3	
	R4	14	
R2	R3	2	választott útvonal
	R1	3	
	R4	13	
R3	közvetlenül	1	választott útvonal
	R2	4	
	R1	4	
R4	R2	3	választott útvonal
	Másik irány	12	

4.11.1. táblázat. Útirányító tábla bejegyzések a 4.11.8.a) ábrához

Ezt az instabilitást több módszerrel is igyekeztek feloldani. A megosztott horizont (split horizon) módszernél az útválasztó a megváltozott címre vonatkozó bejegyzést nem küldi vissza annak az útválasztónak, akitől a címre vonatkozó új információt kapta. A megosztott horizont ellenméreggel (split horizon with poison reverse) módszernél a megváltozott cím szerepel a visszaküldött táblában, de 16-os értékkel. Ez utóbbi előnye, hogy az egymáson keresztül hitt nem létező utakat mindkét útválasztó azonnal elérhetetlennek minősíti, megakadályozva a hurok kialakulását. Hátránya, hogy nagyobb táblák küldését követeli meg, ami kisebb kapacitású vonalakon érezhető terhelés-növekedést okozhat. A távolság-számláló (hop count) 16-ban történő maximálása miatt az ennél nagyobb távolságra lévő címeket az útválasztó már nem tudja optimális útvonalon megkülönböztetni. A RIP egyes esetekben könnyen torlódást okozhat, mert nem veszi figyelembe sem a vonalak, sem az útválasztók kapacitásait, így valósídejű IP forgalmat bonyolító hálózatokban nem, vagy csak kemény korlátokkal használható. Egyenletes kapacitás-eloszlású kisebb és közepes hálózatoknál azonban egyszerű és jól

működik. Meg kell említeni, hogy az IP v6 protokollhoz a RIPng változatot is (RFC 2080) kidolgozták, ezt azonban itt, mivel az IP v6 még nem terjedt el, nem részletezzük.

Nagyobb hálózatok kezelésére alkalmasabb az OSPF protokoll, mely a RIP-től eltérően vonalállapot-alapú. Az alapelv egyszerű, megvalósítása viszont általában meglehetősen bonyolult: minden útválasztó „hello” csomagokkal lekérdezi szomszédjai azonosítóit, melyekhez az adott vonal állapotát (sávszélesség, terheltség) tükröző költséget rendel. Az így összeállított vonalállapot csomagot (LSP, link state packet) egy elárasztásnak (flooding) nevezett technikával terjeszti a hálózat összes útválasztója felé (egy útválasztó, ha kap egy LSP-t, azt minden szomszédjának nyugtázott módon továbbküldi, kivéve azt, akitől kapta). Az LSP-k sorszámmal vannak ellátva, így az újabb információ megkülönböztethető a régebbi, még „vándorló” információtól. Az útválasztók a vett LSP-kból maguk számolják ki a hálózat topológiai táblázatát. Egy útválasztó LSP-t küld minden 30 percben, ha új szomszédot fedezett fel, ha a vonal valamelyik szomszédja felé üzemképtelenné vált vagy költsége megváltozott (pl. torlódás). Az OSPF további előnyei, hogy lehetővé teszi a forgalommegosztást több kimenő irány között és alkalmas több minőségi osztály kezelésére, külön költséget rendelve minden támogatott osztályhoz.

Az EGP-re példa az EGP (RFC 827, RFC 888, RFC 904) és a BGP-4 (Border Gateway Protocol version 4, RFC 1771). Az EGP, bár hivatalosan még létezik, mára de-facto idejétmúlt. Így alább a BGP-4 tulajdonságait foglaljuk össze.

A BGP legfontosabb jellemzői:

- a.) Támogatja a 4.11.3. szakaszban leírt osztálynélküli tartományközi útválasztást (CIDR), vagyis minden terjesztett címhez csatolja annak hálózati cím maszkját is. Ezzel lehetővé teszi több hálózati cím egyetlen cím előtagként történő terjesztését, melyet a többi BGP kapu egyetlen cél-címként jegyez be.
- b.) Távolságvektor alapú útválasztó protokoll, de a RIP-el ellentétben a költségben több tényezőt is figyelembe vesz, és ezek alapján határozza meg a legkisebb költségű utat. Lehetővé teszi a RIP-nél tapasztalt útválasztási hurok elkerülését.
- c.) Támogatja útválasztási irányelvek (routing policy) alkalmazását. Habár ez a funkció nem része a protokollnak, hanem az útválasztó megvalósításának jellemzője, az RFC 1772 az irányelvek minimális készletét ajánlja, melyekkel az AS kezelője megadhatja, hogy egy AS mely belső hálózati címeket melyik másik AS számára hirdeti meg; mely más AS-ek számára vállal tranzitforgalmat. Minden külső AS-hez egy súlytényező rendelhető, melyet a határ-átjáró az útvonal költségével együtt

figyelembe vesz az optimális út meghatározásánál. A súlytényezőt végtelenbe állítva egyes AS-ek teljesen kizárhatók az útválasztásból.

A BGP három AS típust különböztet meg: a) vég (stub) AS, amely csak egyetlen más AS-hez csatlakozik; b) többkapcsolatú (multihomed) AS, amely több más AS-hez csatlakozik, de tranzitforgalmat nem bonyolít; c) tranzit (transit) AS amely több más AS-hez csatlakozik és tranzitforgalmat is bonyolít. Az AS típusát annak adminisztrátora az átjárókban rögzített irányelveken keresztül adja meg.

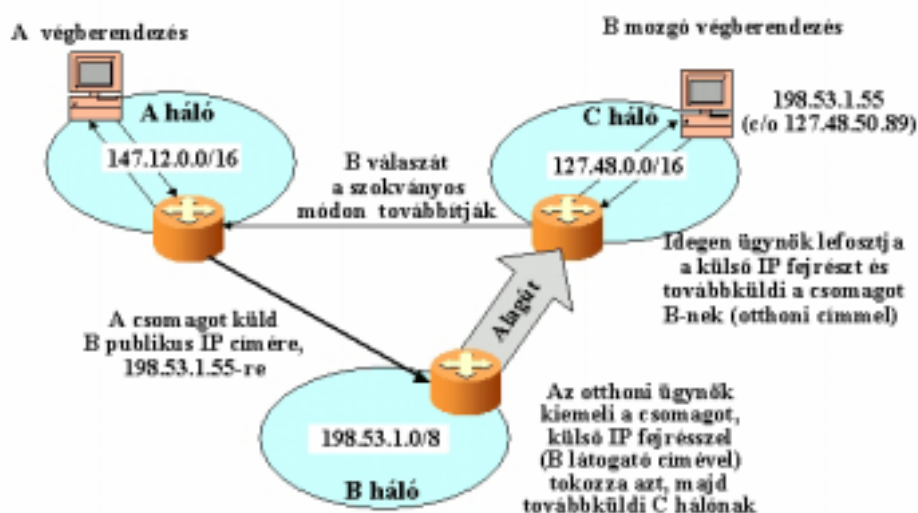
A BGP-4 protokoll a TCP 179-es kapuszámot használja. A BGP átjáró ezen a kapuszámon kezdeményez BGP kapcsolatot a szomszédjával. Mikor a TCP kapcsolat létrejött, a kezdeményező egy OPEN üzenettel küldi el azonosítóit (AS-szám és BGP azonosító), valamint megadja a tartási időzítő (hold timer, javasolt értéke 90 mp) értékét, valamint lehetőség van azonosság-ellenőrzésre (authentication) is. A szomszédok a kapcsolatot felügyelik, vagyis periodikusan BGP üzeneteket váltanak. Ha hosszabb ideig (tipikusan 30 mp-ig) nincs terjesztendő útválasztási információ, a BGP átjáró KEEPALIVE üzenettel jelzi szomszédja felé hibátlan működését. Az első KEEPALIVE üzenetet rögtön az OPEN-re adott válaszként kell küldeni. Ha a tartási időzítő valamelyik kapuban lejár, hibaüzenetet küld a szomszédjának, majd megszakítja a TCP kapcsolatot.

A szomszédok UPDATE üzenetekkel terjesztik irányítási információikat. Egy UPDATE üzenettel egyetlen cím előtag hirdethető meg és egy vagy több hálózati cím törölhető. A RIP-től eltérően azonban a BGP-4 nem csak meghirdetett alháló IP címét (előtagját) mondja meg, hanem a hozzá tartozó elérési útvonalat is. Ez nem csak az útvonal költségének kiszámítását teszi lehetővé, hanem elkerülhető a RIP-nél tapasztalt útválasztási hurok képződése és így a végtelenbe számolás jelensége sem fordul elő. A kapcsolat felvételekor minden hirdetni kívánt cím számára egy UPDATE üzenetet kell küldeni. Később csak frissítik a kapcsolat kezdetén szétküldött útválasztó információikat.

A BGP átjárók NOTIFICATION üzenettel értesítik egymást az előforduló rendellenességekről, mint pl. BGP üzenet fejrész hiba, OPEN üzenet hiba, UPDATE üzenet hiba, tartási időzítő kifutása stb.

4.11.5. Mozgó elérhetőség az Interneten

Eddig a hálózathoz egy adott ponton csatlakozó végberendezéseket feltételeztünk (jelen alfejezet szempontjából egy adott ISP-be időnként behívó végberendezést is „adott ponton csatlakozó”-nak tekintünk). A **Mobil IP** megoldás egy másik irányzatot képvisel. A „mobil” szó itt a telefóniában elterjedt értelmezéssel szemben szűkebb funkcionalitást, csak a végberendezés-mobilitást jelenti. (Ezért ezt nomád IP-nek, illetve nomaditásnak is hívják.) Vagyis azt, hogy a mozgó jellegű végberendezések, mint pl. a hordozható számítógépek, különböző helyeken kapcsolódva a hálózathoz elérhetők maradjanak „otthoni” címükön is; ez bizonyos értelemben a jövő IP alapú mobil megoldásainak előfutára. A mobil IP-t az RFC 2002 és RFC 2003 írják le. Működését a 4.11.9 ábra szemlélteti.



4.11.9. ábra. A Mobil IP működése

Az architektúrának legalább egy új eleme van, az otthoni ügynök és természetesen a végberendezésnek is képesnek kell lennie mobil IP működésre. Az otthoni ügynök speciális ICMP üzenetekkel hirdeti magát az otthoni hálón, de a mobil végberendezés le is kérdezheti, hogy van-e otthoni ügynök az adott (al)hálón. Mikor megtalálja, feljegyzi annak IP címét. Amikor a végberendezés egy idegen (al)hálózathoz csatlakozik, először megpróbál egy idegen ügynököt találni, aki az idegen alhálón szintúgy ICMP üzenetekkel hirdeti magát. Ha talál ilyet, bejegyezteti magát és kér tőle egy látogató címet (care-of address), amely az idegen alháló egy publikus IP címe. Ezzel a látogató címmel a végberendezés - közvetlenül vagy az idegen ügynökön keresztül - bejegyezteti magát az otthoni ügynöknél, aki most már tudja,

hogyan a számára érkező csomagokat hová irányítsa. Ha a mobil végberendezés számára IP csomag érkezik az otthoni címre, azt az otthoni ügynök elfogja és egy IP alagúton keresztül (lásd a 4.11.2. szakaszt), ahol a külső fejrészbe a saját és az idegen ügynök címeit teszi forrásként és célként, elküldi azt a végberendezésnek. Az alagút az idegen ügynöknél végződik, aki a külső IP fejrészt lefejt és most már az otthoni IP címmel küldi tovább a csomagot a mobil végberendezésnek. Az idegen ügynök használata azonban nem kötelező, az is elég, ha az idegen alhálón dinamikus címkiosztás (DHCP) van, és ennek van speciális, mobil IP-hez rendelt címtartománya. A fenti küldési eljárásban ekkor annyi változik, hogy az alagút nem az idegen ügynökben, hanem magában a végberendezésben végződik, vagyis a csomag az idegen alhálón is a látogató címmel utazik.

A mobil végberendezés a küldéshez saját otthoni IP címét használja forráscímként és az általa küldött csomag a címzetthez a rendes útválasztó eljárással jut el. Ha a mobil végberendezés visszatér az otthoni alhálóra, megszünteti regisztrációját az otthoni ügynöknél, és úgy működik tovább, mint a többi „egyszerű” végberendezés. Külön érdemes megemlíteni, hogy az IP v6 protokoll támogatja a mobilitást, vagyis a beépített cím autokonfigurálás és a szomszéd-feltárás (neighbour-discovery) miatt az idegen ügynökre egyáltalán nincs szükség.

Irodalomjegyzék

A 4.11. és 4.12. alfejezetek irodalomjegyzéke a 4.12. alfejezet végén található.

4.12. Valós idejű IP hálózatok

Szerző: dr. Réthy György

Lektor: dr. Henk Tamás

4.12.1. A továbbfejlesztés irányai

Mint a 4.11. alfejezetben láttuk, az Internetet műszakilag robusztus adatátviteli hálózatnak tervezték és gyakorlatilag máig megőrizte ezt a tulajdonságát. Ugyanakkor az Internet felhasználók számának és a használt sávszélesség rohamos növekedése felvetette, hogy hosszabb távon a hagyományos beszéd szolgáltatások nyújtása is olcsóbb lesz IP alapú hálózatokon (VoIP), mint a meglévő áramkörkapcsoltakon. Ennek minőségi követelményeit az ETSI TS 101 329-2 [4.12.38] szabványa határozza meg. Hasonló munka folyik az ITU-T-ben (Y.1541 tervezet) és az IETF-ben is (RFC 2330).

A TS 101 329-2 a 4.12.1 táblázatban bemutatott minőségi osztályokat és mutatókat (száj és fül között) írja elő, ahol az OTQR az Átlagos átviteli minőségi besorolás (Overall Transmission Quality Rating), melynek viszonyát az előfizetői megelégedettséggel az ITU-T G.109 ajánlása [4.12.48] adja meg. A 4.12.2 táblázat kivonat az ajánlásból.

A fenti követelményeknek a mai Internet nem képes megfelelni, hiszen nem is erre tervezték (Jelenleg még a legjobb akaratú osztály követelményei sem

	3 (Szélessávú)	2 (Kis sávú)			1 (legjobb akaratú)
		2H (magas)	2M (közepes)	2A (elfogadható)	
Viszonylagos beszédminőség (egyirányú, nem interaktív beszéd minősége)	Jobb, mint a G.711	Azonos vagy jobb, mint a G.726 32 kbit/s sebességen	Azonos vagy jobb, mint a GSM-FR	Meghatározatlan	Meghatározatlan
OTQR (R)	Meghatározatlan	> 80	> 70	> 50	> 50
Vég-vég késleltetés	< 100 ms	< 100 ms	< 150 ms	< 400 ms	< 400 ms
NOTE: Az "R" és késleltetés értékek a legjobb akaratú (best effort) osztálynál célértékek					

4.12.1. táblázat Típhon QoS osztályok és alapvető mutatóik

biztosítottak a háló bármely két végpontja között). Tehát műszaki fejlesztésekre van szükség. Ennek mikéntjére két irányzat tört utat magának. Az egyik azt mondja, hogy a sáv szélesség és az útválasztók sebességének növelésével a kívánt minőség elérhető. A másik álláspont szerint ez túl drága lenne, hiszen az Internet legdrágább része éppen a gerinchálózat és felesleges költség az adatforgalomnak - melyek a forgalom többségét teszi majd ki – valósidejű minőséget nyújtani, ráadásul a hálózatban mindig lesznek kisebb sáv szélességű helyi szakaszok, s nem megengedhető, hogy ezek felhasználói ne élvezhessék a szolgáltatást. Ez utóbbi megállapítás különösen igaz a mobilhálózatok rádiós hozzáférési hálózataira, még a 3. generációs mobilhálózatok esetében is.

A minőségi továbbfejlesztésnek két fő területe van: a telefon és multimédia hívások jelzesháttérének megteremtése és a felépült IP folyamatok valósidejű átvitelének biztosítása. Az előbbire példa az ITU-T H.323 ajánlás-családja és a BICC architektúra, valamint az IETF SIP/SDP protokolljai; az utóbbira az Intserv, Diffserv és az MPLS.

Átlagos átviteli minőségi besorolás	$90 \leq R < 100$	$80 \leq R < 90$	$70 \leq R < 80$	$60 \leq R < 70$	$50 \leq R < 60$
Előfizetői elégedettség	Nagyon elégedett	Elégedett	Néhány felhasználó elégedetlen	Sok felhasználó elégedetlen	Majdnem minden felhasználó elégedetlen

4.12.2. táblázat. Az R faktor és az előfizetői elégedettség összefüggése

Alább külön-külön röviden ismertetjük ezen megoldásokat. Hangsúlyozni kell azonban, hogy az IntServ, a DiffServ és az MPLS nem zárják ki egymást. Mindegyiküknek vannak előnyei és hátrányai, ezért a vegyes megoldások elterjedése prognosztizálható (pl. IntServ+DiffServ, MPLS+DiffServ stb.)

4.12.2. Hívásvezérlési megoldások

Ma két fő megoldás elfogadott a VoIP és IP multimédia hívások jelzesháttérének ellátására: a H.323 és a SIP/SDP. Mivel a 3.5. alfejezet ezekkel részletesen foglalkozik, itt csak említést teszünk róluk.

A „**H.323**” megoldás névadója az ITU-T H.323 ajánlása, mely a rendszert funkcionálisan és alapvető működési szinten írja le, míg az alkalmazott protokollokat és kódolásokat más (a H.323-ban hivatkozott) ajánlások specifikálják. Támogatja az IP alapú multimédia hívások felépítését és bontását, az egyéni mobilitást (a

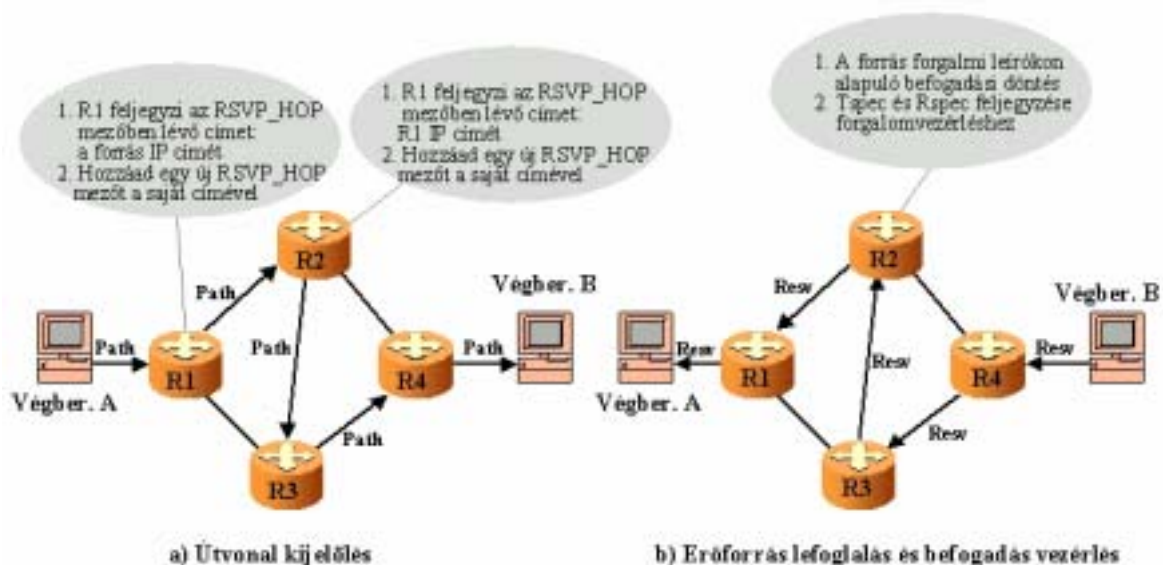
felhasználó tartózkodási helyét regisztráltatja a hálózatban és a számára érkező hívás az utolsó regisztrációs pontra követi) és számos, a PSTN/ISDN-ben megszokottal majdnem azonos többletszolgáltatást.

A H.323 alternatívája az IETF-ben specifikált **SIP/SDP** protokollok. A SIP (Session Initiation Protocol, RFC 2543) egy hívásvezérlési protokoll, funkciója két vagy többrésztvevős multimédia kapcsolatok felépítése, módosítása és bontása. A kapcsolat nem jelent feltétlenül beszéd vagy multimédia hívást, ez akár egy meghirdetett pont-többpont jellegű kapcsolathoz (pl. multimédia előadás) történő csatlakozás is lehet. A SIP szintén támogatja az egyéni mobilitást, de a támogatott néhány többletszolgáltatás (pl. hívószám kijelzés) általában nem kompatibilis a PSTN/ISDN szolgáltatásaival. A SIP-et és az SDP-t eredetileg az Internet igényeihez fejlesztették ki, de a 3GPP ezt a protokollt választotta a 3. generációs mobil hálózatok IP multimédia alrendszerének jelzésrendszeréül.

4.12.3. Integrált szolgáltatások

Az **IntServ** (IS – Integrated Services, RFC 1633, RFC 1727, RFC 2210) azon a felismerésen alapul, hogy a valósidejű forgalmat az adatforgalomtól elkülönítlen kell kezelni, előre lefoglalva a számára szükséges erőforrásokat, hogy a minőségi követelmények teljesíthetők legyenek. Az IntServ-nek három fő eleme van: a befogadás-engedélyezés (admission control), erőforrás-lefoglalás (resource reservation) és a forgalomvezérlés (traffic control). Az erőforrás-lefoglalás és a befogadás-engedélyezés egyszerre történik ugyan, a tényleges információátvitel előtt, de két különböző eljárásról van szó. Míg az erőforrás-lefoglalás a kért sávszélesség és QoS paramétereket szállítja a hálózat elemei között és kijelöli az útvonalat a háló hosszában, a befogadás-engedélyezés minden útválasztóban függetlenül működik, és arról dönt, hogy az új erőforrás-igény biztosítható-e a már meglévő forgalom minőségének garantálása mellett. A forgalomvezérlés pedig a tényleges információátvitel során ellenőrzi és kikényszeríti (policing) a lefoglaláskor megadott forgalmi paraméterek betartását. Az erőforrás-lefoglalásra az RSVP protokollt (RFC 2205) használják. Az IntServ a következőképpen működik.

Az RSVP eljárást a forrás kezdeményezi egy Útvonal (Path) üzenettel (4.12.1. ábra), amely erőforrást még nem foglal le, de fixen kijelöli az RSVP üzenetek és az



4.12.1. ábra. Az RSVP működése

adatcsomagok útját és szállítja a forrás forgalomleíróit. Az RSVP üzeneteket az adatforgalom ideje alatt is rendszeresen kell küldeni. Ez lehetővé teszi az útvonal megváltoztatását a kapcsolat közben, ha pl. hálózati okból a minőség a kijelölt útvonalon nem biztosítható tovább. A szükséges erőforrásról a cél végberendezés (destination host) a forrás forgalomleírói és saját képességei szerint dönt, majd a kijelölt útvonalon elküldi a Foglалás (Resv) üzenetet, benne a hálózattól kért sávszélesség és QoS információkkal. Minden útválasztó függetlenül dönt az új igény befogadásáról vagy elutasításáról. Befogadás esetén feljegyzi a kért sávszélesség (Tspec) és QoS értékeket (Rspec) - melyeket a forgalomvezérlésnél használ majd –, valamint a forrás és cél IP címeit és portszámait (filterspec), melyek alapján a lefoglalással rendelkező csomagokat felismerheti, és egy belső QoS azonosítót rendel a folyamhoz. Ha a befogadás sikertelen, Foglалási Hiba (ResvErr) üzenettel elutasítja a kísérletet (amely kisebb sávszélességgel újra megpróbálható).

Minden IP adatcsomag érkezésénél először az osztályozó (classifier) lép működésbe és a filterspec alapján megállapítja, van-e az adott forrásnak foglalása. Ha igen, a csomagot az időzítő (scheduler) kapja meg, amely végrehajtja a forgalomellenőrzést és kikényszerítést. Ennek mechanizmusa az ATM-nél – egyszerűsége miatt - már jól bevált lyukas vödör (leaky bucket) eljárás adaptálása változó csomagméretű forgalomhoz „token bucket filter” néven. Ennek megfelelően a forgalomleírók: az átlagos bitsebesség, a maximális csomósodásméret (burst) méret, a maximális és a minimális csomagméretek. A csomag mérete lehet a minimálisnál

kisebb, de a forgalomellenőrzésnél ezeket a csomagokat is a minimális mérettel veszik figyelembe (vagyis ekkor a garantált sávszélesség csökken).

Jelenleg az IntServ két forgami osztályt definiál: az Ellenőrzött terhelésű szolgálatot (Controlled load service), amely az adott sávszélesség garancia mellett alapján a kisterhelésű hálózatnak megfelelő késleltetést biztosítja és a Garantált szolgálatot (Guaranteed Service), amely a késleltetés értékét maximálja. Ezekről részletesebben a 3.7.5. szakasz szól.

Az IntServ egyik legnagyobb hátránya, hogy minden egyes csomagnál meg kell vizsgálni annak státuszát: a forrás IP cím, forrás portszám, cél IP cím, cél portszám alapján a csomag priorizált-e vagy sem. Ennek egyrészt nagy forgalmú gerinchálózatokban jelentős szoftver, processzor és memóriaigénye van, ami drágítja az eszközöket, másrészt az okozott késleltetés miatt önmagában minőségcsökkentő lehet. Ezen kívül a foglalás megújítás is generál némi pótlólagos forgalmat.

4.12.4. Differenciált szolgáltatások

A **DiffServ** (DS – Differentiated Services, RFC 2475) megoldás az Intserv fenti hátrányának kiküszöbölésére törekszik. A DiffServ-nek két fő komponense van:

- a.) csomagok minőségi osztályokba sorolása és ennek megfelelő megjelölése,
- b.) az útválasztók (külső) viselkedése, azaz az éppen feldolgozott csomag minőségi kategóriája függvényében az adott továbbítási minőségi jellemzőketartása.

A DiffServ az IP v4 fejrészben meglévő, de legtöbbször nem használt ToS (Type of Service) mező kódolását DS mező néven újradefiniálja: 4 minőségi osztályban összesen 15 kategóriát határoztak meg. Minden kategória rendelkezik egy előírt DS kódponntal (DSCP, DS codepoint, a ToS bájt első hat bitje – a fennmaradó két bit továbbra sem használt).

A definiált osztályok a következők: az alapértelmezésű osztály megfelel az Internet legjobb akaratú (best effort) szolgálatának. Mivel az IP v4 fejrész ToS bájtjának első három bitje elsőbbségi kategóriákat definiált, a kompatibilitás megőrzése miatt a DS ezt a három bitet nem használja, pontosabban a hagyományos módon használja. Ezek összessége egy „osztályválasztó” (class selector) osztályt alkot (RFC 2474). Az első ténylegesen is új DiffServ osztály a válogatott adatforgalom számára specifikált Biztosított továbbítású osztály (AF,

Assured Forwarding, RFC 2597). Ezen belül négy QoS alosztályt (AF1...AF4) definiáltak, melyek mindegyikéhez különböző bufferméretet és sávszélességet rendelhet a háló üzemeltetője. Minden alosztályon belül három veszteségi kategória van, s ha egy adott alosztályon belül torlódás lép fel, az útválasztó először az alosztályon belüli alacsonyabb veszteségi kategóriával rendelkező csomagokat törli. Így az AF_{xy} osztály összesen 12 kódpontot használ fel. Fontos megjegyezni, hogy a négy alosztály egymástól teljesen független, az egyikben fellépő torlódás nem terjedhet át a többire. A valósidejű forgalom számára definiálták az Akadálytalan továbbítású osztályt (EF, Expedited Forwarding, RFC 2598), amit kisveszteségű, kiskésleltetésű és kis késleltetés-ingadozású (jitter) osztályként deklaráltak.

A Diffserv másik lényeges eleme, hogy a DS képességű útválasztóknak biztosítaniuk kell a QoS osztályokból eredő továbbítási jellemzőket, mint a késleltetés, csomagvesztés stb. Ezeket a jellemzőket azonban nem az egyes folyamatokra, hanem az egyazon kategóriába tartozó (egyazon DSCP-jű) csomagok összességére garantálják, melyeket viselkedési csoportoknak (BA – behaviour aggregate) hívnak. Minden BA-hoz egy definiált viselkedésmód tartozik (PHB – per hop behaviour), amely megadja a csomagok kezelésének módját a továbbítás során. Az EF osztályú forgalom például abszolút elsőbbséget élvez minden más osztállyal szemben, ha ilyen csomag érkezik, az távozik elsőként az útválasztóból. Mivel abszolút QoS paramétereket (garantált sávszélesség, veszteség, késleltetés és jitter) nem definiáltak, valójában lehetetlen gyártó-független módon adott minőségi paramétereket garantáló hálózatokat tervezni. A DiffServ egyik lényeges vonatkozása, hogy egy útválasztón belül milyen mechanizmusokkal lehet az elvárt PHB követelményeket teljesíteni. Erről részletesebben a 3.7.6 alfejezet szól.

A DiffServ további hátránya, hogy nem definiál forrás-leírókat és csoportos kényszerítést (policing) alkalmaz; vagyis ha az egyik felhasználó túllépi a forgalmi szerződésben megadott határértéket (SLA-ról lásd a 3.7. alfejezetben), a háló nem csak azt bünteti, aki a túllépést elkövette, hanem az összes többi felhasználót is.

Az Intserv és a Diffserv előnyeit-hátrányait a 4.12.3. táblázat foglalja össze. Alapvetően mindkét megoldásnál igaz, hogy minden eszköznek rendelkeznie kell IntServ vagy DiffServ képességekkel. Ugyanakkor, míg az IntServ alkalmazásához legalább egy IS képességű útvonalnak kell lennie a hálózaton keresztül, a DiffServ használható akkor is, ha csak a hálózati eszközök egy része támogatja (de ekkor a vég-vég minőség nem garantálható).

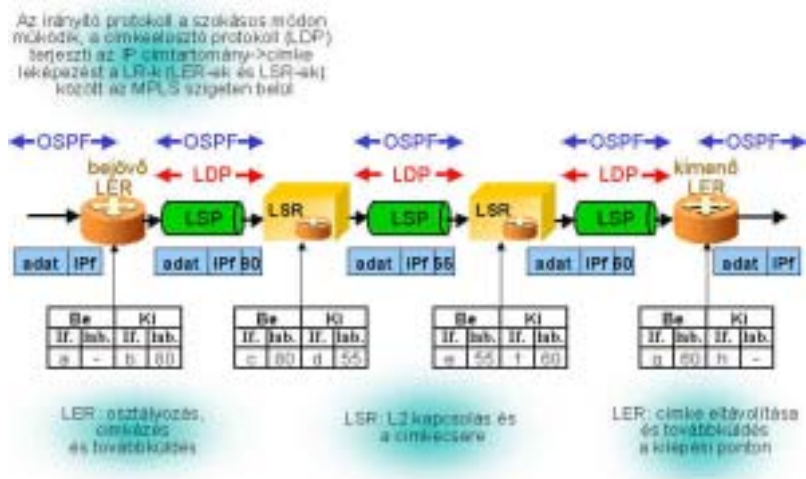
Az IntServ és a DiffServ nem zárják ki egymást, ellenkezőleg, együttes alkalmazásuk vezethet optimális eredményre. Ennek leírása megtalálható az RFC 2998-ban.

4.12.5. A Többprotokollos címkekapcsolás

A Többprotokollos címkekapcsolást (MPLS, Multiprotocol Label Switching) elsősorban az IP VPN szolgáltatáshoz fejlesztették ki, de emellett jól alkalmazható szolgáltatásminőség ellátására is. Egyrészt, mert gyorsabb kapcsolást tesz lehetővé, másrészt, mert az osztályozást csak egyszer végzi el, nem minden útválasztóban. Lényege, hogy a kapcsolat nem az IP fejrész alapján történik, hanem a csomaghoz ragasztott fix hosszúságú címke szerint (nézd a 4.12.2. ábrát). Ezért az MPLS hálórész nem keverhető más IP hálórészekkel, hanem egy zárt „felhőt” alkot. A felhőn belül lévő MPLS eszközök a címkekapcsoló útválasztók (LSR – label switch router); a felhő szélein (az éleken) lévő útválasztók (melyek érintkeznek a külvilággal) funkciója eltér a belül lévőkéitől, ezért ezeket él címke-útválasztóknak (LER – label edge router) fogjuk hívni. Amikor ilyen funkcionális megkülönböztetést nem akarunk tenni, az MPLS képességű eszközöket „LR”-ként jelöljük. Az LR-ek közötti átviteli utat, melyen a kapcsolat a címke szerint történik címkekapcsolt útnak

	Előnyök	Hátrányok
IntServ	explicit befogadás-engedélyezés, sávszélesség garancia, forrás forgalma definiált, forrásonkénti kényszerítés funkció, meghatározott útvonal	nincs explicit QoS jelölés, nagy processzor és memóriaigény, egyetlen QoS osztály folyamanként, puha foglалás (meg kell újítani)
DiffServ	explicit QoS jelölés a fejrészben, definiált QoS osztályok, útválasztók viselkedése definiált, csomagonkénti QoS (egy folyamaban különböző QoS alfolyamok lehetnek)	nincs befogadás-engedélyezés, torlódás lehetséges (garancia nem teljesül), viselkedési csoportonkénti kényszerítés funkció forgalomformázás viselkedési csoportra, nincs forrás-forgalom leíró

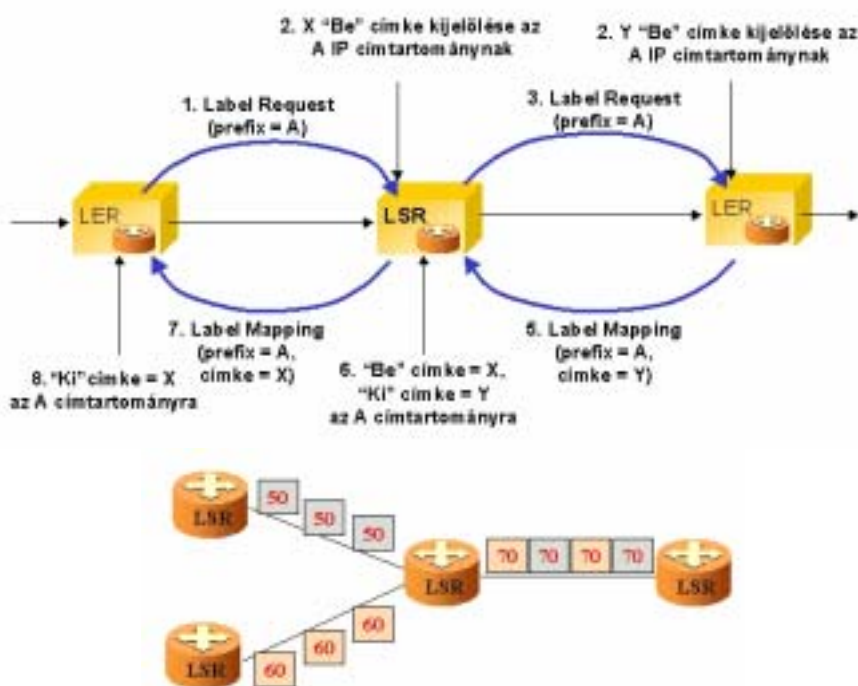
4.12.3. táblázat. Az Intserv és a Diffserv összehasonlítása



4.12.2. ábra. Az MPLS működése

(LSP, Label Switched Path) hívjuk. Az MPLS a vezérlő és a továbbító funkciókból áll össze.

A vezérlő funkció ugyanolyan IP irányító protokollt (IGP vagy EGP) tartalmaz, mint nem-MPLS esetben, de minden LR pár között vele összhangban és párhuzamosan egy címkeelosztó protokoll (LDP, Label Distribution Protocol, RFC 3036) is működik (4.12.2. ábra). Az IGP segítségével - a 4.11. alfejezetben leírt módon - minden LR-ben ugyanolyan IP útválasztó táblák állnak össze, mint a nem-MPLS útválasztókban: a bejegyzett címtartományokat kell leképezni címkekre,



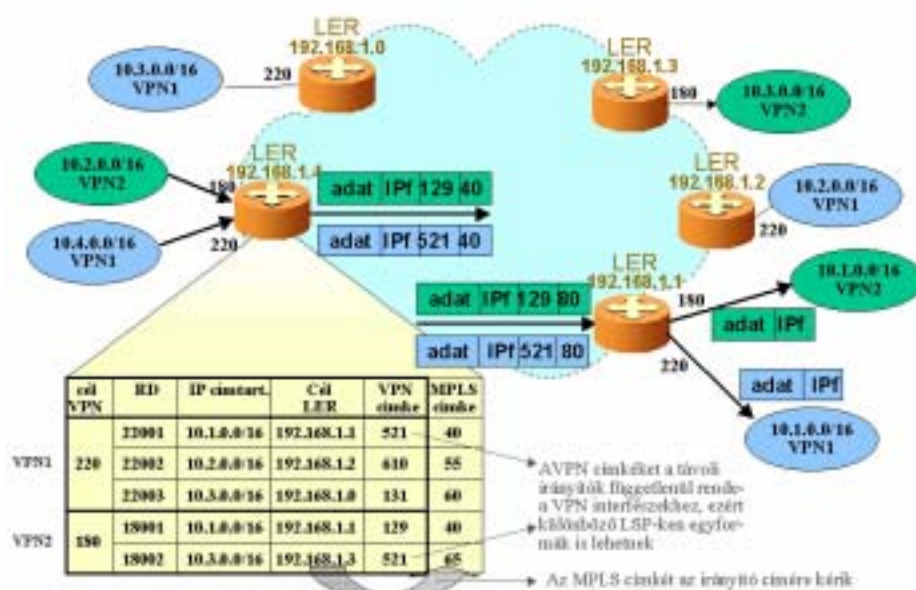
4.12.3. ábra. Sorrendmódú LDP címkeszétosztás folyamata

melyek alapján majd a tényleges kapcsolás történik. Az eljárás egyszerűsített leírása a következő: a bejövő LER minden IP címtartományra kiküld egy LDP Címkekérés (Label Request) üzenetet a következő LR-nek, amely az adott (neki bejövő oldali) interfészhez és címtartományhoz egy szabad címkét rendel. Ezt független üzemmódnál (independent mode) egy Címkeleképezés (label mapping) üzenetben azonnal visszaküldi a kérőnek, sorrendbeni üzemmódnál (ordered mode) megvárja, amíg az adott IP címtartományhoz ő is visszakap egy kimenő címkét (lásd a 4.12.3. ábrát) a reá következő LR-től (kivéve persze a kimenő LER-t, hiszen nincs reá következő LR). Ily módon az IP címtartományt használva kapocsként az általa hozzárendelt és a következő LR-től kapott bejövő és kimenő oldali címkékből és interfészekből minden LR összeállít egy címketovábbítási adatbázis (LFIB – label forwarding information base).

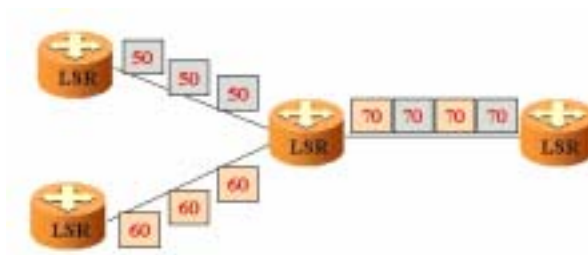
A továbbító funkció a következőképpen működik: a bejövő LER az IP csomagokat osztályozza (lásd DiffServ, IntServ) és megállapítja a kimenő interfészt és címkét. A címkét csomag elejére ragasztja és továbbítja azt. Az LSR az LFIB alapján kicseréli a címkét a kimenő oldalra, és a QoS követelmények figyelembe vételével továbbítja a csomagot a megfelelő kimenő interfészen. A kimenő LER pedig eltávolítja a címkét, és a QoS követelmények és az IP cím szerint továbbküldi a csomagot a megfelelő kimenő interfészen.

Az MPLS működése némileg eltér a fent leírt alapfunkciótól, amennyiben IP VPN-re használják. Ekkor ugyanis az egyes VPN-ek magáncélú IP címtartományokat is használhatnak, melyek két VPN között átfedhetik egymást. Ezen kívül az adatbiztonság garantálása is kiemelt feladat. Alább az IP VPN egy megvalósítási módját írjuk le (RFC 2547), mely nem zár ki más megoldásokat (pl. RFC 2917). IP VPN-nél a szolgáltató minden VPN-t egyedi cél VPN azonosítóval lát el. Ezen kívül a VPN minden interfészéhez, ahol a szolgáltató IP/MPLS hálózatához csatlakozik, egy-egy útazonosítót (RD – route distinguisher) is rendelnek. Minden cél VPN azonosítónak és útazonosítónak egyedinek kell lennie az MPLS felhőn belül, akkor is, ha a több szolgáltató területére terjed ki. Az MPLS felhőn belül az útválasztó protokoll nem a csatlakozó alháló címét terjeszti (hiszen a különböző VPN-ekben azok átfedhetik egymást), hanem egy VPN-IP címet, mely az útazonosító és az alhálócím együttese. Egy VPN-hez (annak minden csatlakozási pontjához) akár egyetlen útazonosító is rendelhető lenne, hiszen egy belsőhálóban az álháló-

címtartományok normális esetben nem fedik át egymást. Ugyanakkor az Intranet és a VPN szolgáltatást nyújtó MPLS háló külön adminisztratív tartományba tartoznak és a szolgáltató hálózatát az interfészenként eltérő RD érték védi a belsőháló címkiosztásában bekövetkező esetleges hibáktól. Az útzonosító szintén használható több útvonal kijelölésére egyetlen alhálózathoz. A 4.12.4. ábrán látható módon minden LER-ben minden VPN interfészhez, mely lehet egy fizikai interfész, de lehet virtuális is, pl. egy ATM VCs, külön útválasztó tábla tartozik, melybe statikusan vagy dinamikusan jegyzi be a csatlakozó alháló IP címtartományát és hozzárendel egy VPN címkét (más, mint az MPLS címke!). A statikus bejegyzést a VPN szolgáltatója végzi az ügyféltől kapott információk szerint, a dinamikus esetben a LER az interfészen ugyanazt az útválasztó protokoll futtatja, mint amit az alhálóban használnak és a címe(ke)t a LER önmaga fedezi fel. Az IGP-k alkalmatlanok a VPN-MPLS útválasztási követelményeinek ellátására, mert egyetlen táblát terjesztenek, és nem támogatják a speciális VPN azonosítókat. Ezért a VPN táblákat EGP protokollal (lásd a 4.11. alfejezetet) terjesztik, mint amilyen pl. a többprotokollós BGP-4. A BGP segítségével minden LER közli a nála bejegyzett VPN címtartományokat, a hozzá tartozó RD, VPN azonosító és VPN címke paraméterekkel és a saját címével együtt. Ezeket az adatokat azok a LER-ek, melyeknek van az adott VPN-t kiszolgáló interfészük, feljegyzik az adott VPN-hez tartozó útválasztó táblába, melyeknek nincsen, figyelmen kívül hagyják. Ez után a LER-ek a VPN-ek útválasztó tábláiban lévő többi LER címre (nem a rajtuk keresztül



4.12.4. ábra. MPLS VPN útválasztás



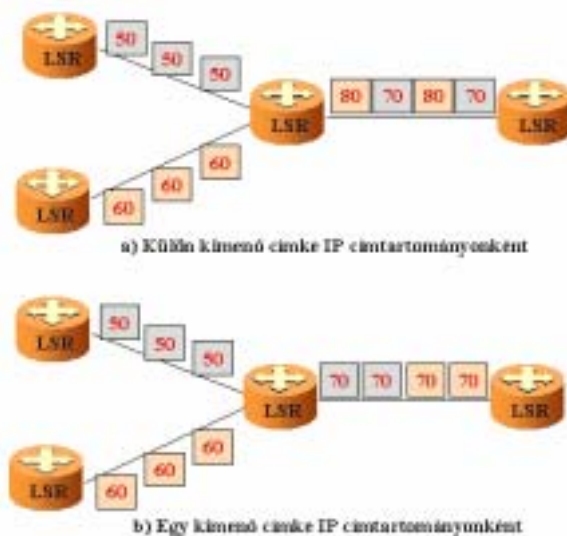
4.12.5. ábra. ATM multiplexelési probléma

elérhető címtartományokra!) kérnek MPLS címkét az LDP segítségével. Egy VPN-ből érkező csomaghoz a LER két címkét ragaszt. Először a cél VPN címhez tartozó VPN címkét, melyet az adott kimenő LER-től kapott. Majd kívülre a kimenő LER címéhez tartozó MPLS címkét, amely alapján az LSR-ek a csomagot kapcsolják. Megérkezvén a kimenő LER-hez, az a saját címéhez tartozó címkéből tudja, hogy VPN csomagról van szó, a belső VPN címke alapján pedig azonosítja, hogy a csomagot melyik VPN interfészre kell küldenie.

Az MPLS különösen jól használható ATM gerinchálózat felett. Ekkor ugyanis az MPLS szigeten belül a kapcsolás teljesen az ATM szinten történik, útválasztó funkciók csak az útvonal-kijelöléséhez szükségesek. Az IP QoS osztályok leképezhetők ATM forgalmi osztályokra és az LSP-k ennek megfelelő ATM virtuális csatornák (VC-k) lesznek. Ebben az esetben az MPLS forgalom tulajdonképpen csak az útvonal-kijelölés módjában különbözik a többi ATM forgalomtól, ami nagyon rugalmas IP/ATM integrált hálózati architektúrát eredményez. A címke maga az ATM VC azonosító. ATM MPLS esetben a belépő LER az IP csomagokat az 5-ös típusú ATM illesztőréteg (AAL5, ATM Adaptation Layer Type 5) PDU-jába illeszti, majd ATM cellákra tördeli, melyeket az ATM hálózat a kijelölt útvonalon juttat el a kilépő LER-hez. A kilépő LER visszaállítja az IP csomagot, majd az IP hálózaton továbbítja azt. Míg a nem-ATM alapú MPLS-nél IP címtartományonként elegendő volt egyetlen címke, ATM esetében a multiplexelés bonyolultabb. Egyetlen kimenő címke esetén ugyanis a különböző előző LSR-ektől érkező, de egyazon IP címtartomány felé menő csomagok a 4.12.5. ábrán látható módon összefésülődnének. Mivel az AAL5 protokoll nem támogatja a multiplexelést, ezért a LER-ben mindkét csomag bithiba miatt törődne. Két megoldást használnak:

- 1.) Egy adott IP címtartományhoz az LSR külön kimenő címkét kér minden bejövő interfészhez. Mivel a címkék eltérő ATM VC-eket azonosítanak az ATM cellák nem fésülődnek össze (4.12.6.a ábra);

2.) Az LSR mindkét bejövő interfészen összegyűjti az azonos AAL5 kerethez tartozó cellákat és az AAL5 kereteket multiplexeli egyetlen kimenő címkével (4.12.6.b ábra).



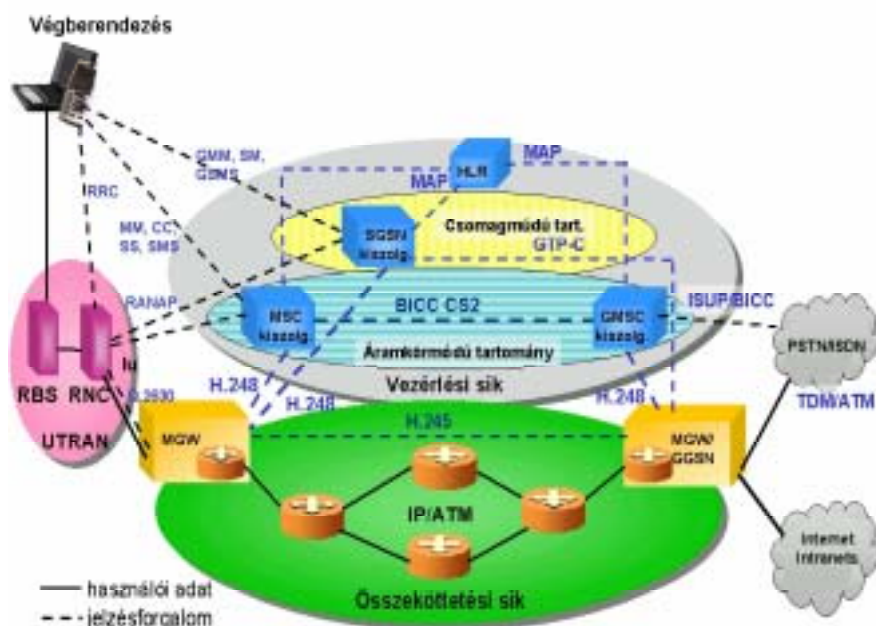
4.12.6. ábra. ATM multiplexelési probléma megoldásai

4.12.6. Integráció 3-ik generációs mobil hálózatokban

Jelenlegi az Internetet csaknem teljes egészében vezetékes módon csatlakozó felhasználók használják. Az előrejelzések azonban az IP komoly előretörését jósolják mobil hálózatokban. Ehhez a GPRS, de különösen a néhány éven belül terjedésnek induló 3. generációs mobil (3G) rendszerek, mint amilyen az UMTS (Universal Mobile Telecommunication System, az IMT-2000 család európai tagja), elegendő sávszélességet nyújtanak majd. Gazdasági okok miatt az UMTS fokozatosan és a legtöbb esetben csak a jelenlegi GSM és GPRS rendszerekkel integrálódva terjedhet el. Az integráció műszaki megoldása a hordozófüggetlen hívásvezérlési architektúra.

A hordozófüggetlen hívásvezérlési (**BICC** – Bearer independent call control) architektúrát az ITU-ban szabványosították, elsősorban arra a célra, hogy a meglévő PSTN/ISDN és GSM szolgáltatásokat a jelenlegi TDM gerinchálózatról egységes ATM/IP gerinchálózatra lehessen áttenni, integrálva az IP alapú szolgáltatásokkal. Nem szabad elfelejteni, hogy sem a H.323, sem a SIP/SDP nem támogatják az ISDN/GSM hálózatok jelenlegi szolgáltatáskészletét, míg a BICC nem támogatja a valódi multimédia hívásokat. Így a BICC nem alternatívája, hanem kiegészítője a

fenti kettőnek, a VoIP szolgáltatások mellé egyetlen közös IP gerinchálózatra integrálva a „hagyományos” szolgáltatásokat is. Alkalmazását 3G hálózatokban a 4.12.7 ábra mutatja be. A BICC lényege, hogy a hívásvezérlés jelzésfolyamatait és a híváshoz tartozó előfizetői csatorna kezelésének jelzésfolyamatait különválasztja (a hívási és a hordozóvezérlési síkokra), csakúgy, mint a H.323 rendszer. A meglévő áramkörkapcsolt központok csak kiszolgálóként működnek (ezért „telephony server”-ként is emlegetik őket) és csak vezérlik a hívások felépítését és bontását, de nem kapcsolják a hozzájuk tartozó forgalmat. A központok feladata a tényleges forgalmat bonyolító közegátjárók (MGW, Media Gateway) vezérlése a MEGACO/H.248 protokollal. Az MGW-k lehetnek ATM kapcsolók vagy IP útválasztók és a híváshoz kapcsolódó előfizetői forgalom csatornáit vagy folyamait (melyeket együttesen hordozónak hívnak) kezelik. A hordozóvezérlés bármilyen alkalmas protokollal történhet (pl. UNI, B-ISUP, SIP/SDP). Erre vonatkozólag a BICC nem tesz különösebb megkötést, mindössze annyit, hogy képesnek kell lennie a hívást a hordozóval összekapcsoló azonosító szállítására. A BICC lényege a hívásvezérlési síkon van, mivel a BICC protokoll nem más, mint egy kiegészített ISUP, melyet a PSTN/ISDN és GSM hálózatokban ma is használnak. A hozzáadott speciálisan BICC információk jó része egy a korábbi ISUP számára transzparens konténerbe került, minimalizálva a meglévő központ-szoftverekben szükséges módosításokat.

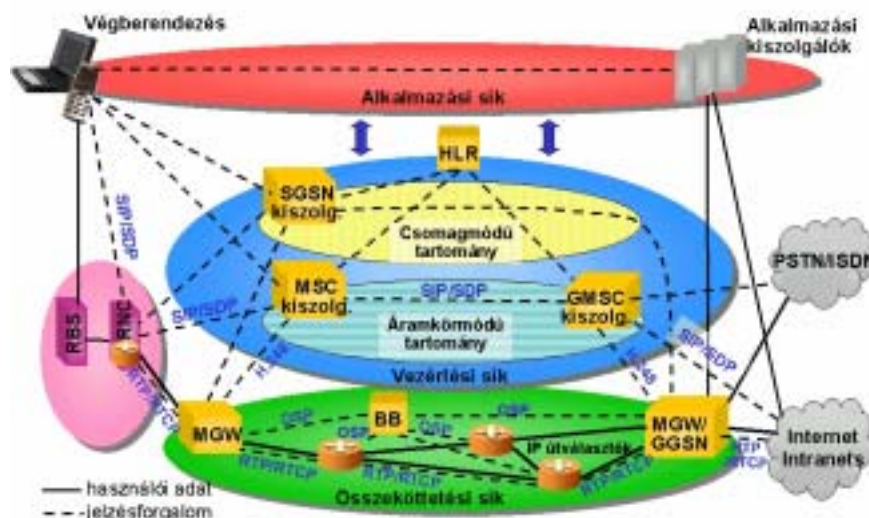


4.12.7. ábra. BICC architektúra 3G mobil hálózatokban

A mobil IP kommunikáció jövőjét a 3G mobil hálózatok (lásd 4.9.3. szakasz) jelentik. Jelen könyv írásakor Japánban már üzemel az első kereskedelmi jellegű 3G hálózat (korlátozott előfizetőszámmal) és Európában több UMTS próbaüzem is folyamatban van. Az UMTS alapvetően új eleme az ATM alapú működő rádiós hozzáférési hálózat (UTRAN, UMTS Terrestrial Radio Access Network), melynek a jelen alfejezet szempontjából legfontosabb tulajdonsága, hogy a rádiós interfészen mind a hagyományos, mind a többszörös hozzáférésű csomagmódú csatornákat támogatja. Ezzel nem csak a mai GSM és ISDN szolgálatok átvitelére alkalmas, de közvetlen IP kommunikációra is 2 Mbit/s sebességhatárig, amely jóval nagyobb a jelenlegi közcélú mobil hálózatok által elért sebességnél. A jelenlegi 3G maghálózat két különálló tartománnyal rendelkezik: az áramkőrmódú (CS) és a csomagmódú (PS) tartományok lényegében megegyeznek a GSM és a GPRS (részletesebben lásd a 4.9. alfejezetet) maghálózataival, kiegészítve az UTRAN csatlakoztatásához szükséges ATM interfésszel és protokollokkal. Lényeges elem, hogy a jelenlegi fázisban csomagmódú tartomány csak az IP adatátvitelt támogatja, a valósidejű információátvitelt nem.

A 4.12.7. ábrán látható módon az MGW és vezérlési sík eszközei különböző interfészeken kapcsolódnak az UTRAN-hoz. Míg az MSC és az SGSN kiszolgálók (lásd a 4.9. alfejezetet) a meglévő interfészeken a szabványos rádiós hozzáférési jelzésprotokollal (RANAP) vezérlik az UTRAN funkciókat, addig az MGW ATM trónkökkel és az AAL2 összeköttetések felépítéséhez és bontásához használt AAL2 jelzésrendszerrel (Q.2630), egy másik interfészen csatlakozik. A meglévő mobilközpontok a jelenlegi GSM/GPRS forgalom ellátása mellett ellátják a 3. generációs forgalom jelzési funkcióit, mint pl. az előfizetők azonosság-ellenőrzését, a rádiós erőforrások elosztását az előfizetők között, hívások felépítését, bontását, SMS küldést és vételt, külső IP hálózathoz kapcsolódást stb., míg a beszéd- és áramkőrmódú adatforgalom az IP forgalommal közös, integrált ATM/IP transzport-hálózatot használ. A rendszer által nyújtott szolgáltatáskészlet teljes egészében megfelel a megszokott GSM/ISDN és GPRS képességeknek és a BICC és H.248 protokollokon kívül a megszokott GSM/GPRS 3. rétegbeli protokollokat használja az UMTS számára némileg bővített formában. A BICC 1-es képességekészletéről részletesebb leírás [4.12.42] ad, [4.12.43] a CS2 tulajdonságait is összefoglalja.

Vélhetően idővel a 3G hálózatokban is meghatározó lesz az IP forgalom aránya. Ezért már most elkezdődött a teljesen IP alapú 3G rendszerek kutatása, fejlesztése és szabványosítása. Ennek egy lehetséges architektúráját a 4.12.8. ábra mutatja be. Feltűnő a hasonlóság a BICC-el, pedig az architektúrabeli egyezések ellenére a két megoldás között fontos különbségek vannak. A teljesen IP 3G hálózatok közvetlenül támogatják az IP feletti mobil multimédia kommunikációt, melyet a fent említett BICC és UMTS hívásvezérlési protokollok nem támogatnak. Ehhez több területen jelentős műszaki fejlesztéseket kell végrehajtani. Az egyik leglényegesebb, hogy az UTRAN-ban, és az összeköttetési síkon a 3G speciális igényeihez (pl. a kezdeteknél 85-90 % a kis csomagméretű valósidejű beszédforgalom aránya) fejlesztett valósidejű IP útválasztókat kell alkalmazni. A kívánt minőségi mutatókat csak a fent bemutatott legkülönbözőbb forgalommenedzselési technikák ötvözésével (pl. DiffServ: a prioritás kezelésére, RFC 1990 szerinti többvonalas PPP: az adatcsomagok tördelésével minimalizálja a valósidejű csomag késleltetését lassú vonalon, STM/PDH szinkron átengedése stb.) és az erőforrások menedzselésével (pl. sáv szélesség-ügynök alkalmazásával, lásd a 3.7. alfejezetet) lehet elérni. Az IP multimédia hívások kezelésére szabványos jelzésrendszert kell bevezetni - 3GPP erre a célra a SIP/SDP-t választotta-, s meg kell oldani a korlátozott erőforrású és nagyveszteségű rádiócsatornákon az IP csomagok hatékony átvitelét (pl. robusztus fejrész tömörítéssel). Mivel a 3G multimédia alrendszere csak az IPv6-ot támogatja majd (adatátvitelnél mind az IPv4-et mind az IP v6-ot), speciális átjárókkal kell megoldani az IP v4 alapú (nem



4.12.8. ábra. IP alapú 3G mobil hálózati architektúra

mobil) hálózatokkal illetve az IPv4 hálózatokon keresztül történő kommunikációt (pl. fejrész leképezés, tokozás stb.).

Míg a 3G rendszerekben az IP alapú multimédia szolgáltatások vélhetően néhány éven belül megjelennek, valószínűsíthető, hogy még hosszú ideig a 3G hálózatok alrendszereként fognak üzemelni. Vagyis a 900 és 1800 MHz-es beszédforgalom és a 3G rendszerek nem-IP forgalma még sokáig jelentős arányt fog képviselni, ami még jó ideig megköveteli a hagyományos, a BICC és teljesen IP megoldások együttélését.

Irodalomjegyzék (4.11. és 4.12. alfejezetekhez)

- [4.12.1] Martin W. Murhammer, Orcun Atakan, et.al., *"TCP/IP Tutorial and Technical Overview"*, IBM International Technical Support Organization, 1998.
- [4.12.2] William Stallings, Paul Mockapetris, Sue McLeod at all, *"Handbook of Computer Communications Standards; The TCP/IP Protocol Suite, Volume 3"*, Second Edition; Howards W.Sams &Company, 1989.
- [4.12.3] RFC 791 *"Internet Protocol"*, J. Postel, September 1981.
- [4.12.4] RFC 792 *"Internet Control Message Protocol"*, J. Postel, September 1981.
- [4.12.5] RFC 793 *"Transmission Control Protocol"*, September 1981.
- [4.12.6] RFC 768 *"User Datagram Protocol"*, J. Postel, August 1980.
- [4.12.7] RFC 1058 *"Routing Information Protocol"*, C.L. Hedrick, June 1988.
- [4.12.8] RFC 1241 *"Scheme for an internet encapsulation protocol: Version 1"*, R.A.Woodburn, D.L. Mills, July 1991.
- [4.12.9] RFC 1633 *"Integrated Services in the Internet Architecture, an Overview"*, R.Braden, D. Clark, S. Shenker, June 1994.
- [4.12.10] RFC 1700 *"Assigned Numbers"*, J.Reynolds, J. Postel, October 1994.
- [4.12.11] RFC 1723 *"RIP Version 2 - Carrying Additional Information"*, G. Malkin, November 1994.
- [4.12.12] RFC 1727 *"A Vision of an Integrated Internet Information Service"*, C.Weider, P. Deutsch., December 1994.
- [4.12.13] RFC 1771 *"A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)"*, Y. Rekhter, T. Li., March 1995.
- [4.12.14] RFC 1889 *"RTP, A Transport Protocol for Real-Time Applications"*, H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V.Jacobson, January 1996
- [4.12.15] RFC 2002 *"IP Mobility Support"*, C. Perkins., October 1996
- [4.12.16] RFC 2003 *"IP Encapsulation within IP"*, C. Perkins., October 1996
- [4.12.17] RFC 2004 *"Minimal Encapsulation within IP"*, C. Perkins: October 1996.
- [4.12.18] RFC 2205 *"Resource ReSerVation Protocol (RSVP) "Version 1 Functional Specification"*, R. Braden, Ed., L. Zhang, S. Berson, et all, September 1997
- [4.12.19] RFC 2210 *"The Use of RSVP with IETF Integrated Services"*, J. Wroclawski, September 1997

- [4.12.20] RFC 2211 "*Specification of the Controlled-Load Network Element Service*", J. Wroclawski., September 1997.
- [4.12.21] RFC 2212 "*Specification of Guaranteed Quality of Service*", S. Shenker, C. Partridge, R. Guerin., September 1997.
- [4.12.22] RFC 2327 "*SDP, Session Description Protocol*", M. Handley, V. Jacobson, April 1998.
- [4.12.23] RFC 2328 "*OSPF Version 2*", J. Moy, April 1998.
- [4.12.24] RFC 2330 "*Framework for IP Performance Metrics*", V. Paxson, G. Almes, J. Mahdavi, M. Mathis, May 1998.
- [4.12.25] RFC 2400 "*Internet Official Protocol Standards*", J. Postel, J. Reynolds, September 1998.
- [4.12.26] RFC 2474 "*Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers*", K. Nichols, S. Blake, F. Baker, D. Black, December 1998.
- [4.12.27] RFC 2475 "*An Architecture for Differentiated Service*", S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, December 1998.
- [4.12.28] RFC 2543 "*SIP, Session Initiation Protocol*", M. Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler, J. Rosenberg, March 1999.
- [4.12.29] RFC 2547 "*BGP/MPLS VPNs*", E. Rosen, Y. Rekhter, March 1999.
- [4.12.30] RFC 2597 "*Assured Forwarding PHB Group*", J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, J. Wroclawski, June 1999.
- [4.12.31] RFC 2598 "*An Expedited Forwarding PHB*", V. Jacobson, K. Nichols, K. Poduri, June 1999.
- [4.12.32] RFC 2893 "*Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers*", R. Gilligan, E. Nordmark, August 2000.
- [4.12.33] RFC 2917 "*A Core MPLS IP VPN Architecture*", K. Muthukrishnan, A. Malis, September 2000.
- [4.12.34] RFC 2998 "*A Framework for Integrated Services Operation over Diffserv Networks*", Y. Bernet, P. Ford, R. Yavatkar, et al., November 2000.
- [4.12.35] RFC 3031 "*Multiprotocol Label Switching Architecture*", E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon, January 2001.
- [4.12.36] RFC 3035 "*MPLS using LDP and ATM VC Switching*", B. Davie, J. Lawrence, K. McCloghrie et al., January 2001.
- [4.12.37] RFC 3036 "*LDP Specification*", L. Andersson, P. Doolan, N. Feldman et al., January 2001.
- [4.12.38] ETSI TS 101 329-2 v1v2.1.1 2 (07-20010-07), "*Telecommunications and Internet Protocol; Harmonization Over Networks (TIPHON); End to End Quality of Service in TIPHON Systems; Part 2, Definition of Speech Quality or Service (QoS) Classes*"
- [4.12.39] ITU-T Recommendation H.323 (11-2000), "*Packet-Based Multimedia Communications Systems*"
- [4.12.40] ITU-T Recommendation H.225.0 (11-2000), "*Call signalling protocols and media stream packetization for packet-based multimedia communication systems*"
- [4.12.41] ITU-T Recommendation H.245 (11-2000), "*Control protocol for multimedia communication*"
- [4.12.42] M. Oskar van Deventer, Iko Keesmaat, Pieter Veenstra, "*The ITU-T BICC protocol, the vital step towards an integrated voice-data multiservice platform*", IEEE Communications Magazine, Vol.39, No.5, pp.140-145, May 2001.
- [4.12.43] Réthy György, "*BICC, hálózatintegrálás szélessávon*", Magyar Távközlés, 2001, 1.szám
- [4.12.44] 3GPP 23.821 v1.0.1 (12-2000), "*Architecture Principles for Release 2000*"
- [4.12.45] 3GPP TS 23.922 v1.0.0 (12-2000), "*Architecture for an All IP network*"
- [4.12.46] 3GPP TS 24.228 v0.1.0 (12-2000), "*Signalling flows for the IP multimedia call control based on SIP and SDP; stage 3*"

[4.12.47] 3GPP TS 24.229 v0.0.6 (12-2000), "*IP Multimedia Call Control Protocol based on SIP and SDP; stage 3*"

[4.12.48] ITU-T Recommendation G.109 (1999): "Definition of categories of speech transmission quality".