

GSM alapú helymeghatározáshoz távolság definiálása földrajzi koordináták figyelembevételével

Jánvári Attila

Mérnök Informatikus Bsc.

Pázmány Péter Katolikus Egyetem

Információs Technológia Kar



Témavezető:

Tihanyi Attila

2012.

Alulírott Jánvári Attila, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai Karának hallgatója kijelentem, hogy ezt a diplomatervet meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és a diplomamunkában csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen a forrás megadásával megjelöltem. Ezt a Diplomamunkát más szakon még nem nyújtottam be.

2012. május 15.

.....

Aláírás

SZAKDOLGOZAT-TÉMA BEJELENTÉS

Név: Jánvári Attila

Tagozat: nappali

Szak: Mérnök Informatikus BSc IANI-MI

Témavezető Tihanyi Attila

neve:

A dolgozat

GSM alapú helymeghatározáshoz távolság definiálása földrajzi

címe:

koordináták figyelembevételével

A dolgozat témája

Mutassa be a GSM alapú helymeghatározás egyes módszereit, felhasznált hálózati jellemzőit. Ismertesse az egyetem által készített GSM alapú helymeghatározási rendszer adatainak tárolására szolgáló adatbázis felépítését, az adatbázisban található összefüggéseket és az adatbázis felhasznált részeit. Mérési eredményeken mutassa be a földrajzi és a GSM koordináták lehetséges összefüggést.

Alkalmazza a kiválasztott helymeghatározási módszert az egyetemi adatbázisban rögzített adatokra. Jelenítse meg grafikonon és jellemezze a kapott eredményeket.

Feladatok:

4. Tanulmányozza a GSM alapú helymeghatározás módszereit, nemzetközi szakirodalom alapján!
5. Ismertesse az Ön által kiválasztott módszer jellegzetességeit, módszerből adódó eltéréseit!
6. A vizsgálatokhoz használja fel az egyetemen létrehozott adatbázist!
7. Alkalmazza a kiválasztott módszert az egyetemen használt adatbázisban rögzített adatokra!
8. Ábrázolja és vizsgálja meg a kapott eredményeket!
9. Indokolja a kapott eredményekben található eltéréseket!

2. Tartalomjegyzék

1. Tartalmi összefoglaló	4
2. Abstract	5
3. Bevezetés	
4. Műholdas helymeghatározás - GPS	
5. GSM alapú helymeghatározás	
5.1 GSM hálózat felépítése	
5.2 Helymeghatározás módszerei	
5.2.1 Ívmetszéssel	
5.2.2 ...	5 oldal
6. Egyetemi adatbázis GSM helymeghatározáshoz	
6.1 Adatbázis felépítés	
6.2 Tárolt adatok jelentősége a GSM hálózatban	3-4
oldal	
7 A feladat megvalósítása	20 oldal
7.2.1 felhasznált adatok	
7.2.2 program ismertetése	
7.2.3 (Ábrák, magyarázattal)	
7.3 Konklúzió	
7. További feladatok, javaslatok	1-2
oldal	
8. Összefoglalás	

3. Tartalmi összefoglaló

Szakedolgozatom a GSM alapú helymeghatározás témájával foglalkozó egyetemi projekt része. Ismertetem benne a helymeghatározás lehetséges jelenleg használt módszereit. Az egyik legelterjedtebb módszer a műholdas, azaz a GPS helymeghatározás pozíciónk meghatározására. A GPS készülék a föld körül keringő műholdakkal kommunikálva - akár milliméter pontossággal - határozza meg helyzetünket.

A műholdas helymeghatározásnak is vannak hátrányai, melyeket egy alternatív helymeghatározási módszerrel GSM hálózat adatait felhasználva kívánunk kiküszöbölni. Mivel a bázisállomás és a készülék között folyamatos kommunikáció van, elérhetők számunkra olyan információk, melyekre építve lehetőségünk van szolgáltatótól függetlenül GSM helymeghatározásra. Ismertetésre kerül a GSM hálózat felépítése és annak működése, részletezem a cellarendszer felépítését és működési elvét. A dolgozat tartalmazza a GSM alapú helymeghatározás lehetséges módszereinek áttekintését.

A szakdolgozatban a korábban GSM helymeghatározással foglalkozó hallgatók méréseinek eredményeit használom fel. Az egyetemi GSM alapú helymeghatározás keretén belül hordozható mérőműszer készült, melynek segítségével a hallgatók gyorsan és egyszerűen rögzíthetnek méréseket. Ehhez a műszerhez egy adatbázist hoztak létre a mért adatok feltöltésére, a dolgozat tartalmazza a mérésekhez korábban elkészített adatbázis részletes bemutatását, az egyes táblák közötti kapcsolatok, az adatbázis általam felhasznált adatainak jelentőségét.

Ismertetem az általam választott helymeghatározási módszer paramétereinek meghatározását, GPS koordináták felhasználását távolság meghatározáshoz, majd ennek kültéri használhatóságát bemutatom az egyetemi adatbázisból kinyert információkon. Az alkalmazott módszer eredményeit ábrákon mutatom be, majd azokat vizsgálom. Végül javaslatot teszek az adatbázis további tömörítési lehetőségeire.

4. Abstract

5. Bevezetés

„A technika fejlődésével, és a lehetséges szolgáltatások bővülésével egyre nő az igény arra, hogy minél pontosabban, gyorsabban, és olcsóbban meg tudjuk határozni saját, vagy esetleg társunk tartózkodási helyét.” [1]

Napjainkban a legelterjedtebb helymeghatározási módszer a műholdak kommunikációját használó GPS helymeghatározási rendszer. A rendszer nagy pontossággal tudja meghatározni pozíciónkat, mégis vannak hátrányai az egyik, hogy az Amerikai Egyesült Államok fejlesztette ki és üzemelteti a rendszert. A GPS pontatlan is lehet, ha egy szűk utcában akarjuk lekérdezni pozíciónkat és épületen belül a készülék leárványoltsága miatt nem használható. A GPS helymeghatározás mellett lehetőség van az egyes mobilszolgáltatók által kiépített GSM hálózat segítségével meghatározni pozíciónkat, a mobilkészülék által küldött és fogadott információkra alapozva.

Manapság a mobilszolgáltatók is kínálnak külön díj kifizetésével járó helymeghatározói szolgáltatást. A szolgáltató a GSM hálózat segítségével pontosan meg tudja állapítani melyik cellában van a bekapcsolt készülék, és mivel a szolgáltató ismeri az általa telepített cellák elhelyezkedését pontos adatot tud adni pozíciónkról.

Mivel a szolgáltató által nyújtott helymeghatározás drága és mert a GPS helymeghatározás sokszor pontatlan, az egyetemen alternatív helymeghatározás keretében a szolgáltatótól független GSM alapú helymeghatározással foglalkozunk.

A dolgozatban ismertetem a ma használatos GPS és GSM alapú helymeghatározási módszert, az általam vizsgált modell használhatóságát és összefüggését a földrajzi koordinátákkal. Az általam vizsgált módszert az egyetemen létrehozott adatbázisban rögzített méréseken mutatom meg, hogy a módszer alkalmas a bázisállomástól számított távolság meghatározására. Az eredmények értékelése után továbbfejlesztési javaslatot teszek.

6. A feladatkiírás

Az egyetemen alternatív helymeghatározás keretén belül szolgáltatótól független GSM alapú helymeghatározással foglalkozunk. A projektben több hallgató is részt vett és részt vesz a továbbiakban is. Ahhoz hogy megértsük miként lehetséges a helymeghatározás GSM hálózat segítségével meg kell értenünk a GSM hálózat működését. Az általunk vizsgált szolgáltatótól független megoldás alapja, hogy a szolgáltató által rejtett bázisállomás és a mobilkészülék között folyamatos kommunikáció van, mert a bázisállomásnak mindig tudnia kell a mobil pontos helyét, különben a hívás nem találná meg a készüléket. A bázisállomás tehát folyamatosan küldi az információkat, melyeket a készülék fogad, azt feldolgozza, majd visszaküldi az állomásnak. A kommunikáció során létrejött információ cseréből lehetőségünk van bizonyos adatok felhasználásával mobilkészülékünk helyzetének meghatározására.

A dolgozatban ismertetésre kerülnek az egyes GSM helymeghatározási módszerek, a helymeghatározási módszerek mindegyikénél szükségünk van a bázisállomás helyzetére. Mivel a szolgáltató nem árulja el az egyes bázisállomások pontos helyét, feltételezéssel és számítással határozom meg az aktuális cella állomását. Az általam ismertetésre kerülő(vagy választott) módszer kiindulásaként feltételezem, hogy a választott modell által definiált

jelveszteség és a mobilkészülék által vett jelszint összevetésével a mobilkészülék bázistól vett távolságának meghatározása lehetséges.

A korábban ezzel a témával foglalkozó hallgatók sok mérést végeztek Budapesten-főként az egyetem környékén-, ezeknek a méréseknek az eredményeit egy jól strukturált adatbázisba töltötték. Az adatbázis megismerése után a benne lévő adatokat használok fel a jelveszteség változására alapuló helymeghatározási módszernél. Az én feladatom, hogy földrajzi koordináták felhasználásával olyan módszert ismertessek, melynek segítségével az eddigi mérésekkel feltöltött adatbázisban található mérési pontok bázistól való távolsága meghatározható.

A később ismertetésre kerülő GSM helymeghatározási módszerek közül a választott modell egyes paramétereinek meghatározása után az adatbázisból lekérdezett mérésekre algoritmust írtam, mely algoritmus a választott cellához tartozó pontokra meghatározza a jelveszteséget és a vételi jelszintet. Az algoritmus eredményeként rajzolt grafikonok elemzésével és összevetésével vizsgálom az általam választott módszer helyességét.

7. Műholdas helymeghatározás [2]

Jelenleg a legelterjedtebb helymeghatározási módszer a föld körül keringő műholdak és egy vevőkészülék közötti kommunikáción alapuló, korábban még csak katonai célokra használt, de ma már bárki számára elérhető GPS helymeghatározás.

7.1 GPS (Global Positioning System)

A GPS egy magas szintű műholdas helymeghatározói rendszer, melynek segítségével földön, vízen és levegőben is meg tudjuk határozni helyzetünket. Az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma fejlesztette ki katonai navigációs célokra. Az Egyesült Államokon kívül az Európai Unió, Oroszország és Kína is fejleszti saját műholdas helymeghatározó rendszerét. A GPS a Földön és közvetlen környezetében a nap 24 órájában, minden időjárási körülmény között alkalmas a hely, idő és sebesség meghatározására.

A GPS rendszer felépítése:

Mesterséges holdak rendszere (24 db, 12 órás keringési idejű műhold)

Követő hálózat rendszere (feladata: műholdak napi követése, vizsgálta)

Felhasználók rendszere

GPS alapú helymeghatározás időmérésből kiszámított távolságmérésen alapul. Ha ismerjük néhány műholdtól való pontos távolságunkat és egy műhold helyét, akkor saját pozícióunkat a következő elv alapján határozhatjuk meg: A műholdak folyamatosan rádióhullámokat sugároznak, ha tudjuk, hogy az egyik műhold X távolságra van, egy másik műhold Y , akkor saját pozícióunk az X és Y sugarú gömbök metszetén keletkező körön van. Ha egy harmadik műhold távolságát is tudjuk, akkor a távolságból keletkezett gömb két ponton metszi a körünket. A két pontból kell kiválasztanunk a pozícióunkat. A két pont közül az egyik irreálisan messze van a Föld felszínétől, vagy a Föld gyomrában található. Ha adott egy negyedik műhold távolsága, akkor az abból rajzolt gömb már csak az egyik pontot metszi a két metszéspont közül. Így elmondható, hogy ha négy műholdat látunk, akkor háromdimenziós helymeghatározást hajtunk végre, mert a tengerszint feletti magasságot is megkapjuk. A műholdak pályájának elrendezését úgy alakították, hogy bárhol is legalább négy műholdat lásson a vevőkészülék, ha mégsem pár perc várakozás után biztos a négy műhold láthatósága.

A műholdak és vevőkészülék közötti távolság számítása a következő komponensekből áll: a rádióhullám terjedési sebessége, kibocsátásának és beérkezésének ideje. Mivel a rádióhullám terjedési sebessége rendkívül nagy, a műholdakon nagyon pontos atomóra van szükség. Ezen kívül a műholdak órái szinkronizáltak, ezáltal a rádióhullámokat egy időben küldik a vevőkészülék felé.

A helymeghatározás pontossága csökken, ha az adó és vevőkészülék antennája között bármilyen akadály található például, ha egy szűk utcában, magas házak között használjuk készülékünket. A magas házak beárnyékolása miatt kevesebb műholdat látunk, ráadásul a jelek visszaverődve érkeznek. A vasbeton házak belsejében leárnyékoltság miatt beltéri helymeghatározásra nem használható, mert a vevőkészülék egyáltalán nem látja a műholdakat.

7.2 GPS koordinátákkal leírt pontok távolsága [2]

A szakdolgozat későbbi fázisában szükségem lesz két GPS koordinátákkal meghatározott pont távolságára, ezért a következőkben ismertetném a távolságmérés lehetséges formuláit, azok tulajdonságait. A paraméterek és a távolság számítása mindhárom

esetben a következőképpen alakul:

$$\Delta\hat{\sigma}$$

a pontok által bezárt központi szög

$$\phi_s, \lambda_s$$

a kiinduló pont szélességi és hosszúsági koordinátája

$$\phi_f, \lambda_f$$

a végpont szélességi és hosszúsági koordinátája

$$\Delta\phi$$

szélesség különbség

$$\Delta\lambda$$

hosszúság különbség

$$d = r\Delta\hat{\sigma}$$

a távolság: központi szög megszorozva a sugárral

Gömb alapú koszinusz tétel

$$\Delta\hat{\sigma} = \arccos \left(\sin \phi_s \sin \phi_f + \cos \phi_s \cos \phi_f \cos \Delta\lambda \right)$$

Az arccos függvény nagy kerekítési hibái miatt kis távolságokra alkalmazva a formulát csökken a pontosság.

Haversine formula

$$\Delta\hat{\sigma} = 2 \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos \phi_s \cos \phi_f \sin^2 \left(\frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right)$$

A Gömb alapú koszinusz tétellel ellentétben ez a módszer kis távolságokra jól alkalmazható, viszont a Föld átteljes pontjain kevésbé pontos.

Vincenty formula

$$\Delta\hat{\sigma} = \arctan \left(\frac{\sqrt{(\cos \phi_f \sin \Delta\lambda)^2 + (\cos \phi_s \sin \phi_f - \sin \phi_s \cos \phi_f \cos \Delta\lambda)^2}}{\sin \phi_s \sin \phi_f + \cos \phi_s \cos \phi_f \cos \Delta\lambda} \right)$$

Kis és nagy távolságok meghatározására is jól alkalmazható, de összetettsége miatt lassabb, mint az előző két módszer.

GPS alapú helymeghatározást referenciaként használom kültéri helymeghatározáshoz, mivel a műholdas helymeghatározás jelenleg a legpontosabb, akár milliméter pontosságú is lehet. Valamint a korábban elkészített mérőműszer nem csak GSM adatokat képes rögzíteni, hanem az egyes mérési pontokhoz GPS koordinátákat rendel, hogy tudjuk hol történt a mérés. A mérésekhez rendelt GPS koordináták segítségével adott két mérési pont közötti távolságot a GPS alapú távolságméréssel számítom. A távolságmérés ismertetett formulái közül a második és harmadik formula bármelyikét használhatom, mert esetünkben a mérési pontok kis távolságra vannak egymástól.

8. GSM alapú helymeghatározás

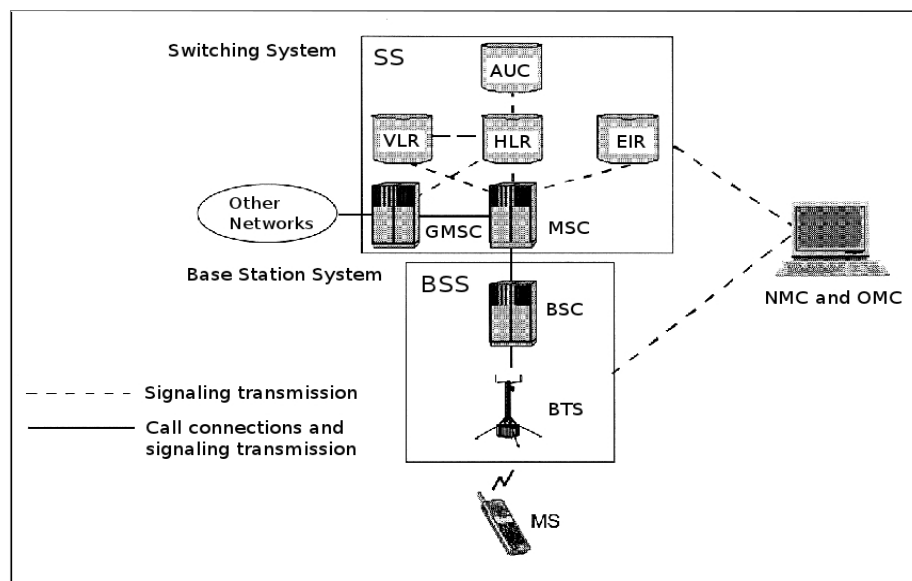
Az előző pontban ismertetett műholdas helymeghatározási módszeren kívül lehetőség van GSM hálózat használatával meghatározni pozíciónkat. A következő fejezetekben a GSM hálózat felépítését, annak működési elvét, valamint a GSM adatokra épülő helymeghatározás lehetséges módszereit ismertetem.

8.1 GSM hálózat felépítése

A mobiltelefonok kifejlesztése alapvetően azért indult útnak, hogy a telefon használója akármikor, akárhonnan kezdeményezhessen és fogadhasson hívásokat. A GSM (Global Systems for Mobile Telecommunications) rendszer európai országok által létrehozott szabvány. Specifikációjának első fázisát 1990-ben publikálták. Azóta szinte a mobiltelefonok világszerte elterjedtek, Magyarországon több, mint 10 millió mobil előfizető van.

A GSM hálózat alapvetően négy alrendszerből épül fel mobil állomás(Mobil Station), bázisállomás alrendszer (Base Station Subsystem), hálózati és kapcsoló alrendszer (Network and Switching Subsystem) és üzemeltetési alrendszer (Operation Subsystem).

Mobil állomás alatt az előfizető mobilkészülékét értjük vagy esetemen az egyetemi GSM helymeghatározás projektben mérések rögzítésekor felhasznált GSM antennával ellátott mérőműszert. A GSM hálózatban a szolgáltató az általa meghatározott és kiépített geometriai szerkezetben helyezi el a csomópontokat. Az egy csomópont által besugárzott területet cellának nevezzük. A bázis állomás alrendszer (BSS) a cellás hálózat kialakításához szükséges adó-vevő és vezérlő berendezéseket tartalmazza, valamint kapcsolatot teremt az Mobil Állomás és a Hálózati Kapcsoló rendszer között. A BSS két részből áll Bázis Adó-vevő állomás, amely kapcsolatban áll az Mobil állomással és itt található az antenna, a másik része a Bázis Állomás Vezérlő (BSC), amely a rádiócsatorna felépítéséért –, valamint a frekvenciaugrásokért felelős. A BSC biztosítja a kapcsolatot az Mobil Állomás és a Hálózati Kapcsoló rendszer között. Az előfizető által felépített kommunikáció a Mobil Állomás és a Hálózati Kapcsoló rendszer között zajlik. Az MSC végzi a mobil előfizetővel kapcsolatos műveleteket, regisztrációt, a hitelesítést, a hívásátírányítást. A GSM hálózatot felügyeletét az Üzemeltetési Alrendszer látja el, fő feladatai a szolgáltató tájékoztatása a szolgáltatás minőségéről, az esetleges riasztásokról. A GSM hálózat főbb építő elemei és kapcsolataik látható a 8.1 ábrán.



8.1 GSM hálózat felépítése[Takács Tanár Úr diája]

A bázisállomások által lefedni kívánt területeken több különböző frekvencia tartományon sugárzó antennákat használnak. A rendelkezésre álló frekvencia sávok száma véges, ezt elkerülendő a cella hálózat kiépítése olyan módon történik, hogy az egyes frekvencia tartományokat újra felhasználhassák. A GSM sávokon a rádióhullám csillapítás elegendően nagy ahhoz, hogy a vivőfrekvenciát városi közegben néhány száz méteren belül újra fel lehessen használni. Az egyes cellahálózatok megtervezése komoly feladat, hiszen a forgalom növekedésével a cellák felosztását és a bázisállomások elhelyezkedését újra kell gondolni, hogy az egyes bázisállomások által kisugárzott frekvenciák ne zavarják a szomszédos cella jelét. Bázisállomások elrendezésének tervezéséhez városokban, ahol nagyobb a forgalom, az Okumura – Hata modell alkalmazásával kisebb méretű cellákat hoznak létre. A cellák felosztásával városokban többszörös lefedettség alakul ki, mivel a makro és mikro cellák rendszere ezt biztosítják. A XXX ábrán a többszörös cella felosztást láthatjuk. A cellák elrendezése leginkább a forgalomsűrűségtől függ, ezért a cellák elrendezése a valóságban nem az ábrán látható szabványos alakzatot mutatja.

IDE MÉG KELL EGY ÁBRA

GSM rendszerben lehetőség van bázisállomások között beszéd közbeni hívásátadásra. A mobilkészülék kezdeményezi a bázisállomás-váltást. Ez akkor lehetséges, ha a mobilkészülék tudja az egyes bázisállomások azonosítóját. Mivel a bázisállomás folyamatosan közli a körzetében lévő készülékekkel az azonosítóját, a készülékben elhelyezett algoritmus mindig az optimális következő bázisállomást választja a vételben bekövetkező változások alapján. A cellaváltást a Kapcsoló Központ vezérli.

Magyarországon 3 mobil szolgáltató egymástól független mobilhálózatot épített ki. 2012 márciusától egy 4 úgynevezett virtuális mobilszolgáltató is megjelent a piacon a Tesco Mobile, saját hálózattal nem rendelkezik a Vodafone hálózatát használja.

8.2 Helymeghatározás módszerei [3]

Az előző fejezetben ismertetett hívásátadás folyamatából látszik, hogy a mobil-készülék és cellahálózat bázisállomásai között folyamatos kommunikáció van. A hálózat tudja, hogy hol van a mobil-készülék. A bázisállomások különböző információkat küldenek a vevő készüléknek, melyet fel lehet használni a dolgozat témájául szolgáló GSM alapú helymeghatározásnál. A mobil helymeghatározás alapja, hogy rögzített bázisállomás által küldött jelet fogad a vándorló készülék és ennek a fix állomásnak küldi vissza azokat.

8.2.1 Leszármaztatott autonóm helymeghatározás (DR- Dead Reckoning)

A leszármaztatott autonóm helymeghatározás indulásaként feltesszük, hogy a kiindulási pont ismert például, ismerjük a pont GPS koordinátáit. A kiindulási ponttól számítva folyamatosan méri a mobiltelefon a pillanatnyi gyorsulásának nagyságát és irányát, A mozgás

pillanatnyi gyorsulásából az eltelt idő alapján kiintegrálható az aktuális helyzet.

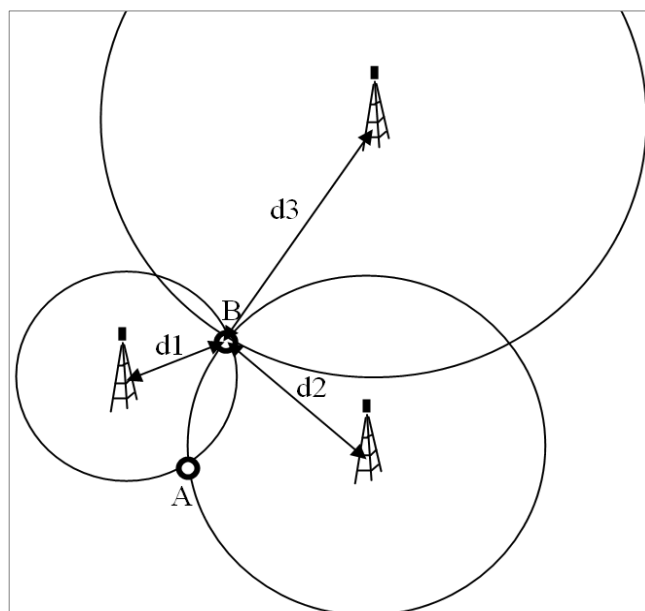
A módszer GPS alapú helymeghatározásra épül, de nagy előnye vele szemben, hogy csak a kezdeti pont meghatározásához van szükség GPS kapcsolatra, tehát ha megszakad a GPS kapcsolat – például épület belsejében, szűk utcában- a mobilkészülék akkor is képes saját pozíciójának meghatározására.

8.2.2 Helymeghatározás bázisállomás-azonosítóik alapján (Cell-ID, Signal Signature)

A módszer alapja az adó és vevő közti kommunikáció. A bázisállomás a cella azonosítóját átadja a mobilkészüléknek, melyet az felhasznál működése során. A készülék mindig a hozzá legközelebb lévő bázisállomáshoz csatlakozik. A cellaazonosítóhoz a szolgáltató hozzá rendel egy földrajzi koordinátát, amely az aktuális cella közepét jelenti. Ez persze nem feltétlenül a bázisállomás pozíciója. A helyváltoztatás következtében a cellák is folyamatosan változnak, a cellaazonosítók követésével, a mozgási irány és sebesség kalkulálásával a becslés pontosítható. Nagyvárosokban a cellák mérete kisebb, ezért a helymeghatározás még pontosabb lehet.

8.2.3 Helymeghatározás ívmetszéssel (Trilateration)

A helymeghatározás azon elven alapszik, hogy ha két különböző bázisállomástól mért távolságunkat meg tudjuk határozni, akkor ez a két távolság két kör sugarát adja. E két kör két pontban metszi egymást, ha vesszük egy harmadik bázisállomástól számított távolságunkat és kört rajzolunk a bázisállomásból, akkor a három kör egy pontban metszi egymást, ekkor már kiválasztható a valódi helyzetünket leíró pont.(5.2.3 ábra)



5.2.3 ábra Helymeghatározás ívmetszéssel

8.2.4 Távolságmérés a vett jel szintje alapján

A távolságot meghatározhatjuk a jelerősség mérésével. A vevő által vett rádiófrekvenciás jelszintje a következő tényezőktől függ:

- adó teljesítménye
- adóantenna nyeresége
- adóantenna iránykarakterisztikája
- vevőantenna nyereségétől
- adó és vevő távolságától
- terjedést befolyásoló tényezőktől

Terjedési veszteség számítására városi környezetben az Okumura-Hata modellt használják. A modell a következőképpen írható fel:

$$PL = 69,55 + 26,16 * \log(f) - 13,82 * (h_t - h_r) - c(h_r) + (44,9 - 6,55 * \log(h_t - h_r)) * \log(d)$$

[1 képlet]

PL – (Path Loss) terjedési veszteség dB -ben

f – frekvencia MHz-ben

h_t – adóantenna magassága méterben

h_r – vevő antenna magassága méterben

d – adó és vevő távolsága kilométerben

$c(h_r)$ – korrekciós tényező, melynek értéke

nagyvárosban:

$$c(h_r) = 3,2 * (\log(11,75 * h_r))^2 - 4,97$$

városban:

$$c(h_r) = (1,1 * \log(f) - 0,7) * h_r - (1,56 * \log(f) - 1,8)$$

elővárosban:

$$c(h_r) = 2 * (\log(f / 28))^2 + 5,4$$

nyílt területen:

$$c(h_r) = 3,2 * (\log(f))^2 - 18,33 * \log(f) + 40,94$$

A képletben szereplő konstansok 200 MHz és 1500 MHz közötti tartományra érvényesek. Mivel a hálózatüzemeltető számára az adó antenna magassága és helye ismert, az adóantenna

teljesítményét kódolva kisugározza, a vevőantenna magassága 1-1,5 m, a vételi szintet a mobilkészülék méri, a korrekciós tényező számítható attól függően milyen a beépítettség, csak a távolság marad ismeretlen számunkra így a hálózat és a mobilkészülék együttműködésével a mobiltelefon helyzete ívmetszéssel meghatározható.

8.2.5 Távolságmérés a vett jel késleltetése alapján (Time of Arrival, TOA)

Az eljárás kezdetén feltesszük, hogy a jel terjedési sebessége ismert. Ha az adó és vevő szinkronizált, akkor a vett jel késleltetése az adó és vevő távolságától függ. Mobil rendszerekben nincs elvi akadálya, hogy egy bázisállomás utasítására a mobilkészülék küldjön egy jelcsomagot. Ezt a bázisállomás fogadja, a beérkezési idő alapján pedig meg tudjuk határozni a távolságot. Az egyes bázisállomások által kért jelcsomagok küldéséből megkapunk annyi távolságot, melyekből ívmetszéssel a mobilkészülék helyzete meghatározható.

Hasonló elvet alkalmaznak a GPS rendszerekben, azzal a különbséggel, hogy a szinkronizált adók csak a műholdakon vannak, a vevő órája nem szinkronizált. Az ebből fakadó hibát egy ismert mérés technikai fogással küszöbölik ki.

A harmadik generációs (3G) mobil rendszerekben alkalmazott terjedési idő mérésén és ívmetszésen alapuló helymeghatározó megoldások elterjedt nevei:

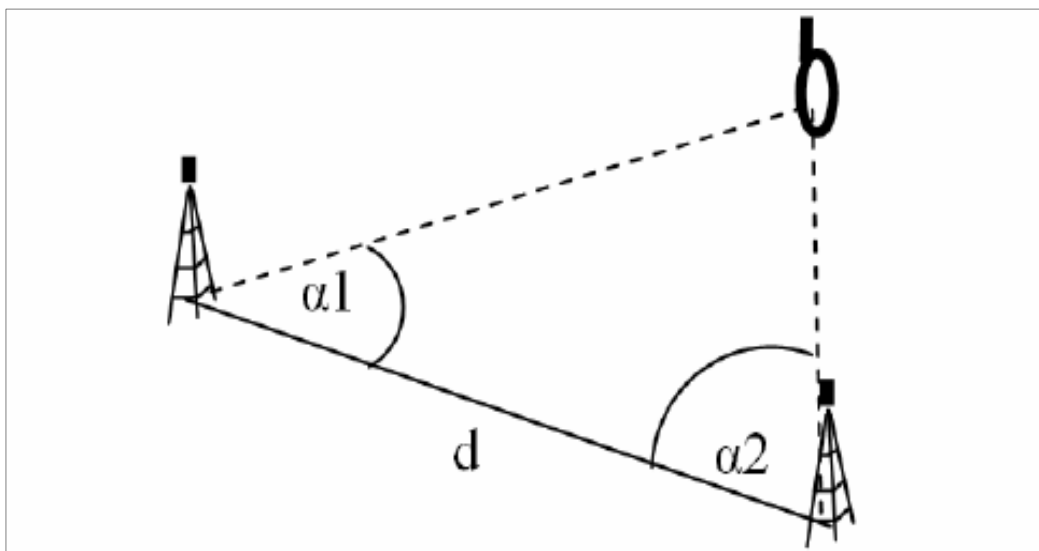
AFLT – Advanced Forward Link Trilateration, valamint

EFLT – Enhanced Forward Link Trilateration.

Műszaki, jogi és biztonságtechnikai megfontolás alapján döntenek el, hogy a felmenő vagy lemenő irányú terjedési ideje alkalmasabb a helymeghatározásra.

8.2.6 Helymeghatározás a háromszögelés elvével (AOA – Angle of Arrival)

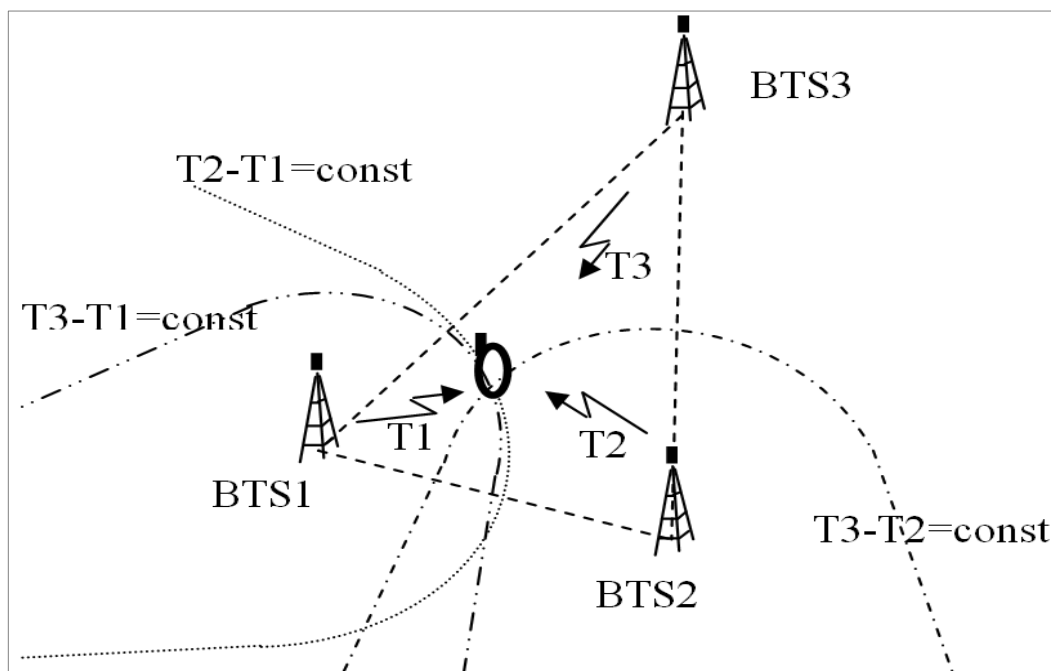
Ez az eljárás a rádióállomások bemérésének módszerét alkalmazza. Különböző bázisállomások mérik, hogy a mobilkészülék jele milyen irányból érkezik. Két bázisállomásból vett mérésből két irányszöget kapunk, valamint a két bázisállomás és a mobilkészülék által meghatározott háromszög egy oldalát, ami a két bázisállomás közti távolság. Elvileg ebből a két mérésből a mobilkészülék helyzete meghatározható, a meghatározás hibájának csökkenését további mérésekkel érhetjük el.



5.2.6 ábrán a háromszögelés elve látható

8.2.7 Helymeghatározás az észlelt időkülönbség mérése alapján (OTD – Observed Time Difference)

Az eljárás kiindulásaként feltesszük, hogy a bázisállomások órái szinkronizáltak működnek. A bázisállomásokból a mobilkészüléknek küldött jelsorozatok, a távolságnak megfelelően bizonyos késéssel érkeznek. Legyenek ezek az ábrán T1, T2, T3. A mobiltelefon a saját pontos, de nem szinkronizált órája alapján ugyanazt a jelsorozatot generálva korrelációs módszerrel azt tudja kellő pontossággal mérni, hogy különböző bázisállomásokról egyszerre küldött kódsorozatot milyen időeltéréssel veszi (T3-T1, T3-T2, T2-T1). Azok a pontok, amelyeknek távolságkülönbsége egy bázisállomás-pártól állandó, egy hiperbola mentén helyezkednek el. A mobilkészülék helye tehát a hiperbolák metszéspontjában van.



8.3 Általam használt elgondolás

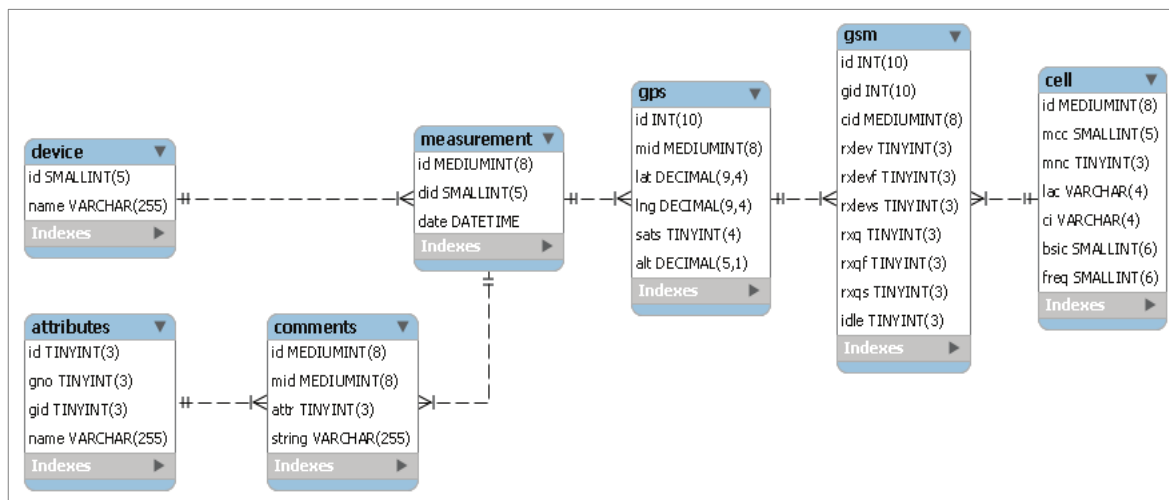
Az előző helymeghatározási módszerek mindegyikénél a szolgáltató birtokában van az egyes bázisállomások pontos pozíciója, mivel ezek az információk nem publikusak, és mivel mi szolgáltatótól független megoldást keresünk helyzetünk meghatározására, ezért csak feltételezésekkel élünk a bázisállomás helyzetének meghatározásnál. A bázisállomás pozícióját a méréseket tartalmazó egyetemi adatbázis információinak felhasználásával becsülöm meg. Feltételezem, hogy az egyetemi adatbázisban rögzített mérésekre az 5.2.4 fejezetben leírt modell által definiált jelvesztésnek és a mérési pontokban a mobilkészülék által vett jelszintek összevetésével sikerül igazolnom, hogy szolgáltatótól függetlenül az alkalmazott modellt felhasználva a mérési pontok bázistól vett távolságának meghatározása lehetséges.

9. Egyetemi adatbázis GSM helymeghatározáshoz

Az egyetemen korábban a GSM alapú helymeghatározás témájával foglalkozó hallgató Kelemen Mihály készített egy hordozható mérőműszert, mely GPS és GSM információk rögzítésére szolgál. A műszer adatainak könnyebb tárolásának érdekében és hogy a mérések a későbbiekben is hozzáférhetők legyenek adatbázist hozott létre, mely adatbázisba egy webes felületen lehet a mérés eredményeit feltölteni. Az adatbázis Postgres szerver segítségével kívülről is elérhető a feladattal foglalkozó hallgatók számára.

9.1 Mobihely adatbázis felépítés [4]

A mért adatok tárolása MySQL adatbázisban történik, amely gyors hozzáférést biztosít a témával foglalkozó hallgatók számára. Az adatokat hét egymással kapcsolatban álló táblában



tároljuk, ezáltal csökkentve az adatbázis méretét valamint növelve az áttekinthetőséget.

9.1 ábra Egyetemi adatbázis felépítése [4]

Az egyes méréseket egy-egy rekord jelöli a „measurement” táblában. Ebben a táblában a mérés azonosítóján kívül tároljuk a mérés rögzítésének időpontját és a mérőműszer azonosítóját. A „measurement” tábla a „did” azonosítón keresztül kapcsolódik a „device” táblához ahol az adatgyűjtők egyedi azonosítóját, valamint nevét tároljuk. Jelenleg három adatgyűjtő eszköz áll a hallgatók rendelkezésére, a legelső notebook-kal kapcsolatban álló adatgyűjtő, Kelemen Mihály által elkészített hordozható mérőműszer, valamint android telefon.

Az egyes mérés információi a „comments” táblába kerülnek. Minden mérés ezután külön kategóriába sorolható.

„Vegyük például az időjárást. A mérést többféle időjárási körülmény között végezhetjük. Ilyen körülmény lehet a napos, esős, szeles, stb megjegyzés. Ezek a körülmények az „attributes” táblában szerepelnek. Az egy kategóriába tartozó opciók „gno” mezője azonos számot tartalmaz. A napos, esős, szeles szövegek a „name” mezőben olvashatóak. Ónos eső esetén például lehetőségünk van az adott opcióhoz szöveges kiegészítést tárolni. Ez úgy történik, hogy a „comments” tábla „string” adattagjába bírjuk, hogy „ónos eső”, közben az „attr” mezőbe pedig annak az „attributes” beli rekordnak az azonosítóját írjuk, amelyik az esős időjáráshoz tartozik. Ezáltal mindkét táblát hozzákapcsoltuk a mérésekhez. Az „attributes” táblában a kategóriák és a kategórián belüli típusok száma is tetszőleges, utólag

megváltoztatható.”

A mérőeszköz GPS és GSM modulja által rögzített adatok a „gps” és „gsm” táblában tárolódnak. Minden mérési pontot egy azonosítóval jelölünk a „gps” táblában (id). Az adatgyűjtő másodpercenként rögzíti az aktuális pozíciókat és a hozzá tartozó adatokat, ezért a mérések növekvő azonosítóval rendelkeznek. A „gps” tábla a „measurement”, azaz a mérés táblához a „mid” attribútummal kapcsolódik. A mérési pontokról a következő információk kerülnek még a „gps” táblába:

- lat : GPS koordináta szélességi foka (Latitude)
- lng : GPS koordináta hosszúsági foka (Longitude)
- sats : a mérési pontban a látható műholdak száma
- alt : tengerszint feletti magasság (Altitude)

Az egyes mérési pontokhoz tartozó GSM modul által lekért vételi jelszint tulajdonságai a „gsm” táblában szerepelnek. Mivel egy pontban több bázisállomás is látható a „gsm” tábla a „gps” táblával a „gid” attribútumon keresztül egy-sok relációval van összekötve. A tábla további fontos attribútumai:

- cid : kapcsolat cell táblával azonosítójával
- rxlev(Received signal level): értéke a jel mért erősségéből dBm-ben és egy offsetből áll. Értéke:0...63

A „cell” táblában a méréskor éppen látott cellák tulajdonságait találhatjuk meg. Helytakarékosság szempontjából úgy lett kialakítva, hogy egy bázisállomás, frekvencia páros csak egyszer szerepeljen benne. A „cell” táblában található információk[5]:

- id: az egyes cellák azonosítója
- mcc (Mobil Country Code, Mobil országkód), ennek hossza 3 számjegy, egyértelműen azonosítható a mobil előfizető hálózata szerinti országkód. Ezeket a kódokat az ITU jelöli ki. Magyarország mobil országkódja 216.
- mnc (Mobile Network Code) Mobil hálózati kód. A T-Mobile mobil hálózati kódja

30, Pannon 20, Vodafone 70.

Az mcc és az mnc együtt azonosítja az előfizető hálózatát.

- bsc (Base Station identity code) mobil készüléket segíti a különböző bázisállomások megkülönböztetésében
- lac (Location Area Code), amely egy nagyobb területet azonosít, amely több cellát foglal magában. Az azonosító 4 számjegyből áll.
- ci (Cell Identifier, cellaazonosító) 4 hexadecimális számjegyből áll. A LAC és a CI segítségével elméletileg már egyértelműen azonosítható a bázisállomás.
- freq (Frekvencia) sugárzási frekvencia csatornaszáma

A korábban GSM helymeghatározással foglalkozó hallgatók adatbázisban rögzített méréseit használok fel a helymeghatározás általam választott módszerének alkalmazására. Az adatbázis megismerése és feltérképezése után a feladat megoldásához a GSM, GPS és CELL táblákban tárolt információkra lesz szükségem.

10. Távolság definiálása Okumura - Hata modell segítségével

A 5.2 fejezetben ismertetett helymeghatározási módszerek alkalmazásánál nehézséget okoz, hogy a szolgáltató által rejtve van a bázisállomás pontos helye. A bázisállomások elrendezésénél az Okumura – Hata modellt alkalmazzák, hogy az adott terület teljes lefedettség alatt álljon. A feladatban az Okumura-Hata modellt fordítva alkalmazom, azt szeretném bizonyítani, hogy ha a bázisállomást feltételezett helyét jól közelítem akkor a modellt alkalmazva az egyes mérési pontok távolsága a jelvesztesség és a jelszint csökkenés összevetésével meghatározható. Ideális esetben a jelvesztesség és a jelerősség változása a távolság növekedésével fordítottan arányos.

10.1 Feladat megoldásához szükséges adatok

A feladat célja, hogy igazoljam az 5.2.4 fejezetben ismertetett GSM alapú helymeghatározási módszer szolgáltatótól független alkalmazása lehetséges. Valamint bemutatni az Okumura-Hata modell alkalmazását az egyetemi adatbázisban rögzített mérésekre. A feladatban használt algoritmust JAVA nyelven írtam. JAVA-ban JDBC segítségével lehet SQL adatbázishoz csatlakozni, valamint SQL parancsokat végrehajtani. Az

adatbázis már ismerttetett GPS, GSM illetve CELL tábláiból kérdezem le a szükséges információkat. JDBC használatával csatlakozom a külső adatbázishoz és egy SQL lekérdezéssel megnézem, hogy mely pontok tartoznak egy cellához . Egy ponthoz legfeljebb hét cella tartozhat, tehát egy pont több cellánál is megjelenhet. Ezt láthatjuk a következő lekérdezés eredményeként:

```
SELECT DISTINCT(gid) FROM gsm WHERE cid=cellid
```

Az utasításban található „cellID” változó helyére a 30, 31, 32 –es cellaazonosítót helyettesítettem. A lekérdezés eredményében az első kiemelt szám a cellához rendelt azonosító, utána pedig a hozzá tartozó GPS azonosítóval ellátott mérési pontok. Megfigyelhető hogy a 31 és 32 cella pontjai szerepelnek a 30-as azonosítóval ellátott cella mért pontjai között.

30 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185
186 187 188 189 190 191 192 193 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 208 210 213 214 215 216 217 218 219 220
221 222 1 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250
251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280
281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292

31 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 179 180 181 182 183 184 185 186

32 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181

Az adatbázisban helyet foglaló összekapcsolt táblákban található információkból nekem a cellid-ra, a GPS koordinátákra, a vételi jelszintre, és a frekvenciára lesz szükségem a továbbiakban. Ennek megfelelően egy SQL utasítással lekérdezem a vizsgálathoz szükséges mérési pontokhoz tartozó információkat. Az utasítás eredményeként kapott adatokat a lekérdezés sorainak megfelelően egy „többdimenziós” tömbben tárolom. A tömb feltöltéséhez szükséges információk lekérdezésének SQL utasítása a következő:

```
SELECT gps.id, gps.lat, gps.lng, gsm.rxlev, cell.freq FROM gsm,  
cell, gps WHERE cell.id =cellid AND gps.id = gsm.gid AND gsm.cid =  
cell.id ORDER BY gsm.rxlev DESC
```

Az SQL utasításban kihasználom az adatbázis jó strukturáltságát és az egyes táblák

közötti kapcsolatot. Ez abban nyilvánul meg, hogy a „gsm” táblában lévő gid és cid rekordoknál megkövetelem, hogy egyezzen a „gps” táblában lévő mérési pont azonosítójával és a „cell” táblában található cellák azonosítójával.

A lekérdezésben használt „cellId” változó a vizsgálni kívánt cella azonosítója, melyet tetszőlegesen változtathatok megkönnyítve ezáltal azt, hogy az egyes cellákhoz tartozó információkat külön vizsgáljam. Az utasítást a 31-es azonosítóval ellátott cellára alkalmazva a következő eredményt kapom:

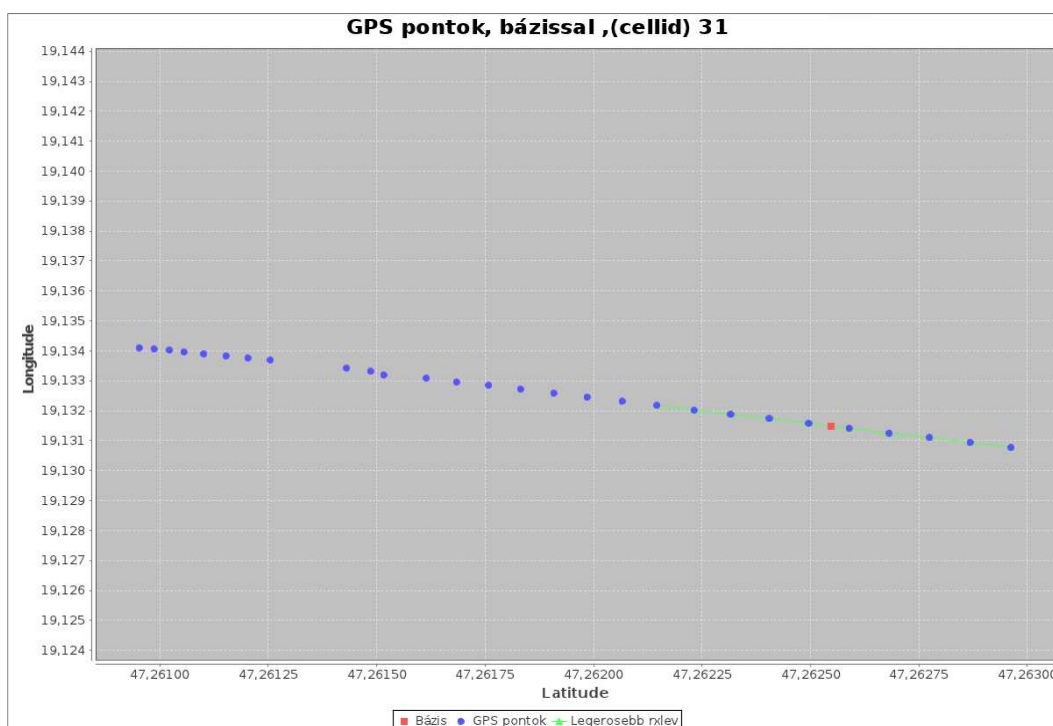
166.0	47.262146	19.132176	21.0	528
165.0	47.262232	19.132033	21.0	528
164.0	47.262316	19.131887	21.0	528
163.0	47.262405	19.131738	21.0	528
162.0	47.262496	19.131584	21.0	528
161.0	47.262589	19.131427	21.0	528
160.0	47.262681	19.131265	21.0	528
159.0	47.262774	19.131103	21.0	528
158.0	47.262868	19.130938	21.0	528
157.0	47.262961	19.130769	21.0	528
171.0	47.261758	19.132846	18.0	528
170.0	47.261832	19.13272	18.0	528
169.0	47.261908	19.132589	18.0	528
168.0	47.261985	19.132454	18.0	528
167.0	47.262066	19.132315	18.0	528
176.0	47.26143	19.133416	16.0	528
175.0	47.261486	19.133313	16.0	528
174.0	47.261516	19.133204	16.0	528
173.0	47.261614	19.13309	16.0	528
172.0	47.261683	19.13297	16.0	528
185.0	47.260986	19.134066	14.0	528

A 31-es azonosítóval (cid) ellátott cellához tartozó lekérdezett mérési pontok adatai a következők: első oszlopban a mért GPS koordinátákhoz rendelt azonosítók, a másodikban a GPS földrajzi szélesség koordinátája, harmadik oszlopban a földrajzi hosszúságkoordinátája, negyedik oszlopban a vételi jelszint, ötödik oszlopban a sugárzási frekvencia csatornaszáma látható. A további vizsgálatok alapjául ez az SQL utasítás szolgál, melyet minden egyes vizsgálat elején meghívok, hogy az aktuális cellára vonatkozó információkat az egyetemi adatbázisból lekérdezzem.

10.2 Bázisállomás helyének meghatározása

Azért hogy az Okumura-Hata képletet alkalmazni tudjam szükségem lesz a bázisállomás helyzetére. Mivel a bázisállomás pozíciója a szolgáltató által rejtve van, az adott

cella bázisállomásának meghatározásához feltételezéssel élek. A mérőműszer által rögzített, egy cellához tartozó mérési pontok vételi jelszintjei közül feltételezem, hogy a legmagasabb vételi jelszinttel rendelkező pont lesz a bázisállomás helye. A korábbi hallgatók által rögzített mérések rengeteg adatot eredményeztek előfordult olyan cella amelyben nagy számban található azonos vételi jelszinttel rendelkező mérési pont. Ebben az esetben az egy cellához tartozó pontokat a vételi jelszint alapján két csoportba osztottam, a legnagyobb vételi jelszinttel rendelkező és az attól kisebb jelszinttel rendelkező pontok halmazára. Már a 7.1 pontban ismertetett lekérdezés során rendezem az egyes adatokat vételi jelszint szerint csökkenő sorrendben. A rendezett tömb elemét vizsgálom, aszerint hogy mely mérési pontoknak egyezik a vételi jelszintje a legnagyobb jelszinttel, majd ha több pontban megegyezést találok, akkor geometriai (mértani) közép képletét alkalmazva a GPS koordinátákra kiszámolom a bázisállomás feltételezett helyét. A 7.2.1. ábrán látható a 31 cellához tartozó GPS koordináták által meghatározott mérési pontok. Zöld színnel a legnagyobb vételi jelszintű pontok, melyekből a bázisállomás helyzetét meghatároztam. A piros színnel jelzett mérési pont a bázisállomás feltételezett helye és kékekkel az alacsonyabb jelszinttel rendelkező pontok.



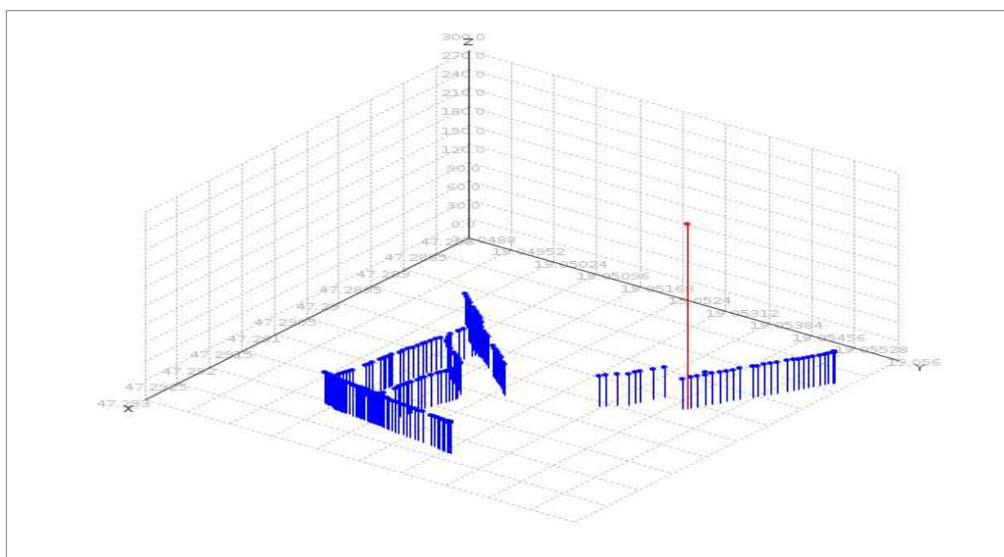
10.2.1 ábra A 31-es cellához tartozó mérési pontok és a bázisállomás

Az 7.2.1 ábra X és Y tengelyeit a földrajzi hosszúsági, illetve a szélességi koordináták adják. A mérési pontokat és a bázisállomást ábrázoló diagramon látható pontok elhelyezkedéséből következtethetünk a bázisállomáson lévő antenna típusára ezek lehetnek:

szektorsugárzó: amely 30-120 fokban sugározza be az adott cella területét

körsugárzó: 360 fokban sugároz.

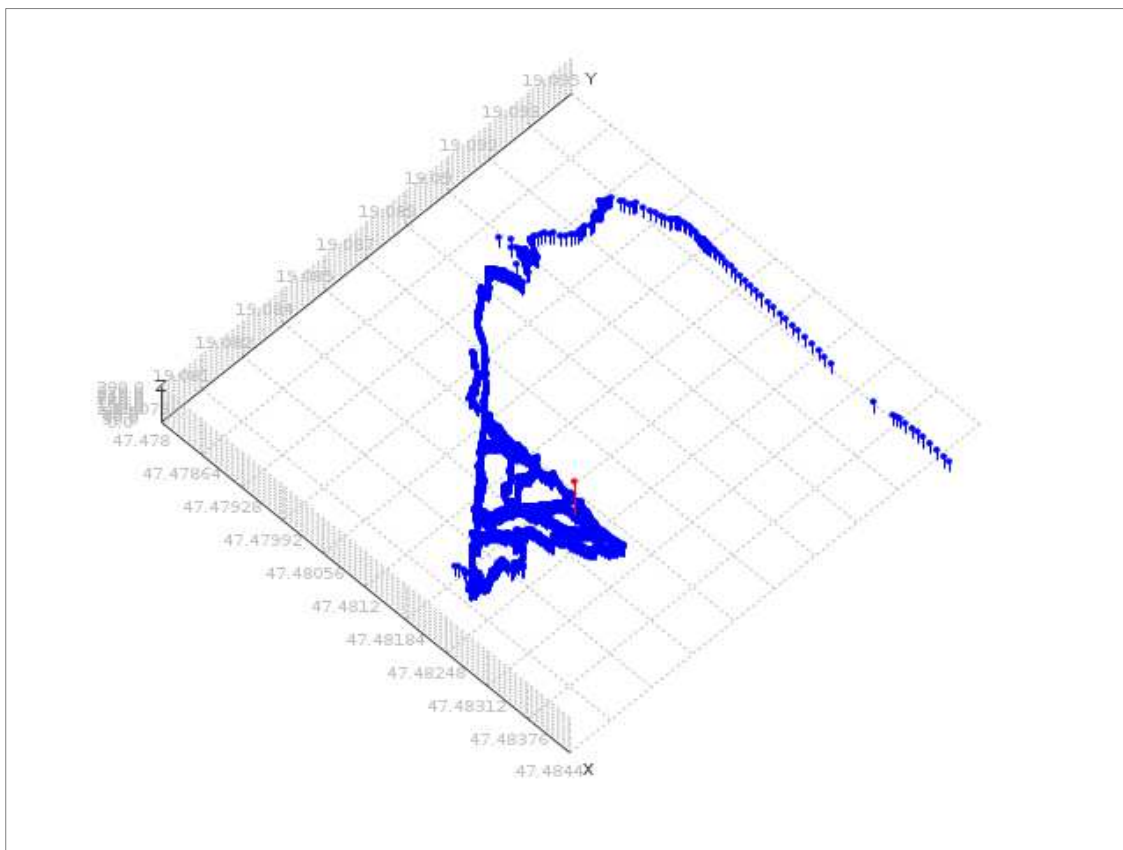
Az ábrán látható egymás után vonalban elhelyezkedő mérési pontok elrendezéséből arra lehet következtetni, hogy az adott cella bázisállomása szektorsugárzó. A pontok közötti közel egyenlő távolságokból látható a mérőműszer egyenletesen kérdezte le az információkat. A 31-es cella egy méréshez tartozó pontokat tartalmaz.



7.2.2 ábra körsugárzó 946-os cella

Az 7.2.2 ábrán jól látható a piros színnel jelölt bázisállomás által lefedett terület. A mérési pontok elhelyezkedéséből megállapítható, hogy a bázisállomás antennája körsugárzó. Az X és Y tengely jelöli a hosszúsági és szélességi fokokat, a Z koordináta az egyes pontok vételi jelszintjét. A piros színnel jelzett bázisállomásnak megegyezik a vételi jelszintje a közvetlen környezetében található mérési ponttal csak a szemléltetés miatt nagyobb a Z koordináta értéke. Az adat bázisban a „measurement” tábla segítségével megállapítottam, hogy ehhez a

cellához tartozó mérési pontok három különböző mérés során lett rögzítve, de ezen mérések egyazon napon és nem nagy időeltéréssel történtek. A körsugárzó antenna egy másik cellában még talán jobban szemlélteti az antenna 360 fokos terület lefedését. (7.2.3 ábra)



7.2.3 ábra 168-as cella bázisállomása által lefedett terület

10.3 Távolságmérés

A bázisállomás helyzetének meghatározása után az 5.4 képlet értelmében szükség lesz a bázisállomás és a mérőeszköz közötti távolságára. Ezt a már említett GPS pontok közötti távolságméréssel határozom meg. A lekérdezés eredményeként kapott mérési pontok GPS koordinátáit és a bázisállomás helyzetét leíró koordinátákat egy távolságmérő metódus paramétereként megadva megkapom a számított bázis és az aktuális cella egy rögzített pontjának távolságát kilométerben. A metódusban a 4.2 pontban említett GPS távolságmérésre

használt Haversine formulát alkalmazom. A metódust a lekérdezett pontok mindegyikére meghívom, majd az egyes távolságokat egy új tömbben tárolom. A 31-es cella pontjaihoz tartozó távolságok a következő oszlopokban láthatóak:

0.07146008083868637	0.09577518074844805
0.06819800161183394	0.0819502418336363
0.05378175685032615	0.19110845810243554
0.03933890988225841	0.18109765554207424
0.024362451261639474	0.17270715222496458
0.008957256476685325	0.1590592931631816
0.006780074794137153	0.14711886712542055
0.02270928801111617	0.2604012925519397
0.038719637157942424	0.25516433873014055
0.054974565560455144	
0.1346596679179438	
0.12208601286216071	
0.10908127528297713	

10.4 Bázisállomás és mérőeszköz magasságának meghatározása

Az Okumura – Hata modellben az adó- és vevőállomás közti távolságon kívül szükség van ezen állomások magasságára is. Mivel a szolgáltató közbenjárása nélkül szeretnénk az egyetemen GSM helymeghatározást végezni valamint ugyanúgy, mint a bázisállomások helyzetét, a szolgáltató a magasságát sem árulja el, ezért a bázisállomás magasságának meghatározásánál feltételezéssel élek. A korábban rögzített mérések az egyetem környékén és nagyrészt Budapest belvárosában készültek, ezért azt feltételezem, hogy az egyes bázisállomások a mérés környezetében lévő házak tetején találhatóak. Mivel a környéken lévő házak zömében 10 emeletesek a bázisállomás magasságát 30m -nek veszem.

Az adatbázist mérésekkel feltöltő hallgatók a mérőeszközt a mérés rögzítésekor a kezükben tartva vitték az aktuális útvonalon, ezért feltételezem, hogy a vevő készülék magassága 1.5m.

10.5 Frekvencia meghatározása

A GSM hálózat felépítésénél láttuk, hogy az egyes cellák elrendezésénél a frekvenciákat úgy választják meg, hogy a szomszédos cellák sugárzása ne zavarják egymást. A frekvencia jelölésére csatorna sorszámot használnak, ami egy táblázat segítségével alakítható.

A mérő műszer által rögzített sugárzási frekvencia csatornaszámának segítségével a frekvencia átváltható, ha a csatorna száma kisebb, mint 700 akkor 900MHz-es frekvencia sávon sugároz, ha nagyobb, akkor 1800MHz frekvencián. Az algoritmusban vizsgálom az egyes mérési pontokhoz tartozó csatornaszámokat, ennek megfelelően választom a később felhasznált sugárzási frekvenciát. Ezt a frekvenciát használom majd a XXX képletbe helyettesítve. A 31-es cella lekérdezéséből kiolvasva az antenna a 528-as frekvencia csatornán sugároz így az Okumura – Hata modellben szereplő frekvencia változó helyére 900MHz-et helyettesít az algoritmus. A 946-os körsugárzó antennával ellátott cella frekvencia tartománya 731.3, ezért ezt a tartományt az 1800MHz frekvenciának feleltetem meg.

10.6 Okumura – Hata modell alkalmazása mérési pontokra

Az előző pontokban ismertettem az Okumura-Hata modell paramétereinek meghatározását. Az algoritmus az SQL lekérdezés után az adatokat egy tömbben tárolja. A GPS koordináták lekérdezett adatait a későbbiekben – az alkalmazott távolságmérés miatt – tizedes fokban fogom használni, az adatbázisban fok-perc alakban lettek rögzítve, ezért még az adatok tömbbe mentése előtt átváltom a következő összefüggést alkalmazva:

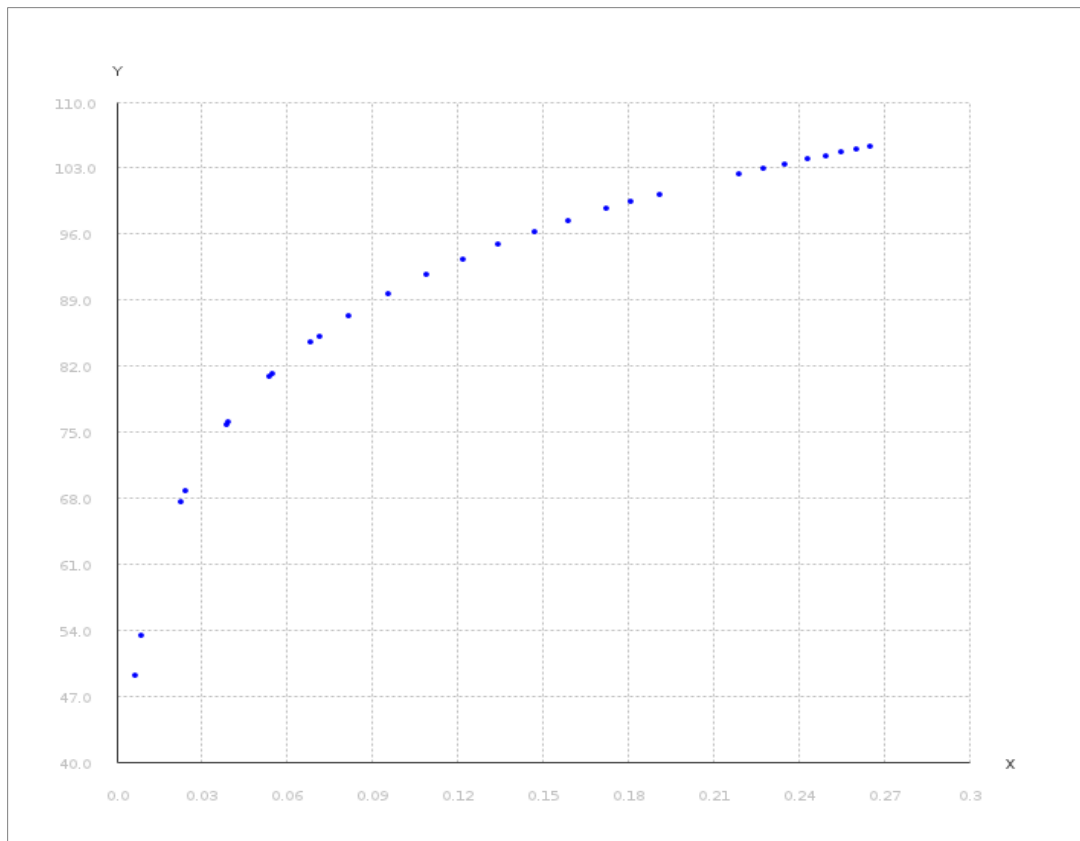
$$\text{Tizedes fok} = \text{fokok egész száma} + \text{percek száma osztva 60-nal}$$

Ezt a műveltet a szélességi és hosszúsági fokokra az algoritmus getDecimalDegree() függvénye végzi el a lekérdezés után.

A meglévő tömbben összeszámolom hány azonos vételi jelszinttel rendelkező mérési pont található a cellában, ha nem csak egy pontra igaz, hogy rendelkezik a legnagyobb vételi jelszinttel, akkor egy ciklus segítségével az algoritmus kiszámolja GPS koordináták felhasználásával a bázis állomás feltételezett pozícióját. A számított koordináták szintén a meglévő tömbbe kerülnek.

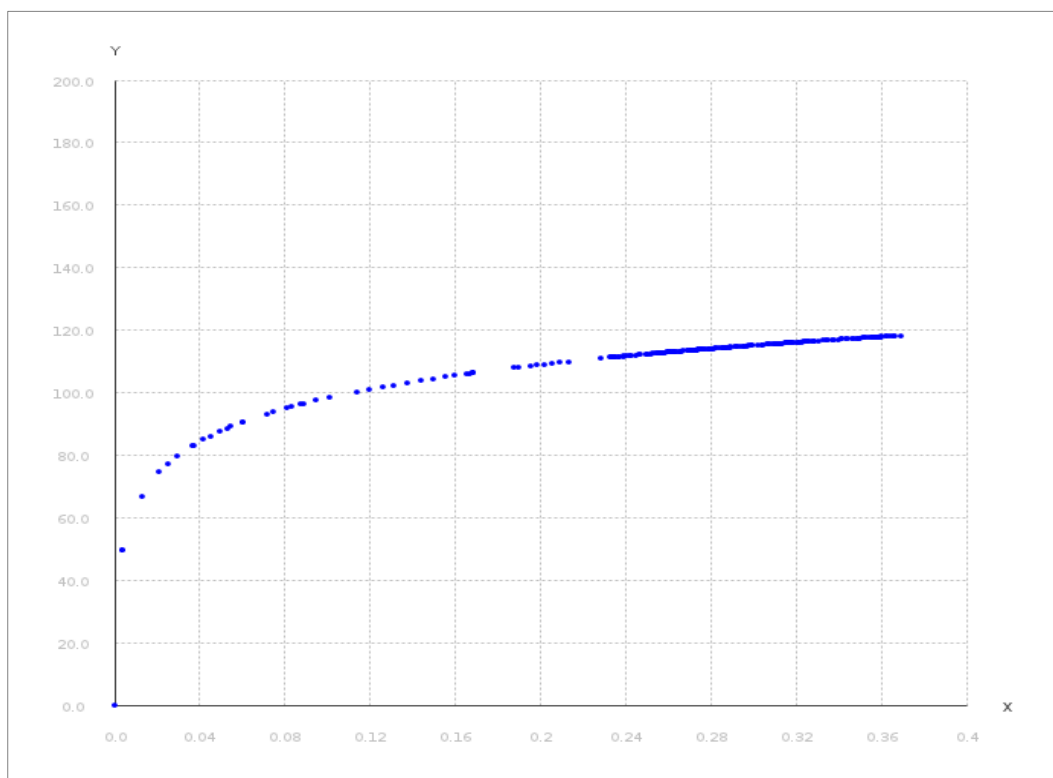
A mérési pontok GPS koordinátáit megadva a *getDistanceBetweenPoints()* metódusnak kiszámolom mekkora távolságra vannak a bázisállomástól. Az egyes távolságokat egy másik tömbben tárolom, hogy később felhasználhassam a tömb elemeit. Az algoritmusban a 7.1 fejezetben ismertetett lekérdezés után kapott mérőműszer által mért frekvencia csatornaszámának átváltásával megkapom az adott frekvenciát. Így minden szükséges paraméter rendelkezésemre áll, hogy a választott módszer képletét alkalmazzam az adatbázis lekérdezett adataira.

A *getOkumuraHata()* metódusba átadva az egyes paramétereket (frekvencia, bázisállomás és mobil magassága, távolság) megkapom a jelvesztéséget, amit egy harmadik tömbben tárolok. Az algoritmus futása után az egyes részeredményeket a vizsgált pontokat és a bázisállomást, az Okumura – Hata jelvesztéséget, a vételi jelszintet koordináta rendszerekben ábrázolom egy általam átalakított API segítségével.



7.6.1 ábra Okumura- Hata jelveszteség 31 -es cellán

Az 7.6.1 ábra a 31-es azonosítóval jelölt cella jelveszteségét mutatja. Az ábra X tengelye a mérési pontok bázisállomástól való távolságát mutatja kilométerben, az Y tengely pedig az Okumura – Hata modell által számított jelveszteséget dB-ben. Az ábráról jól olvasható, hogy minél távolabb vagyunk a bázisállomástól annál nagyobb lesz a jelveszteség.

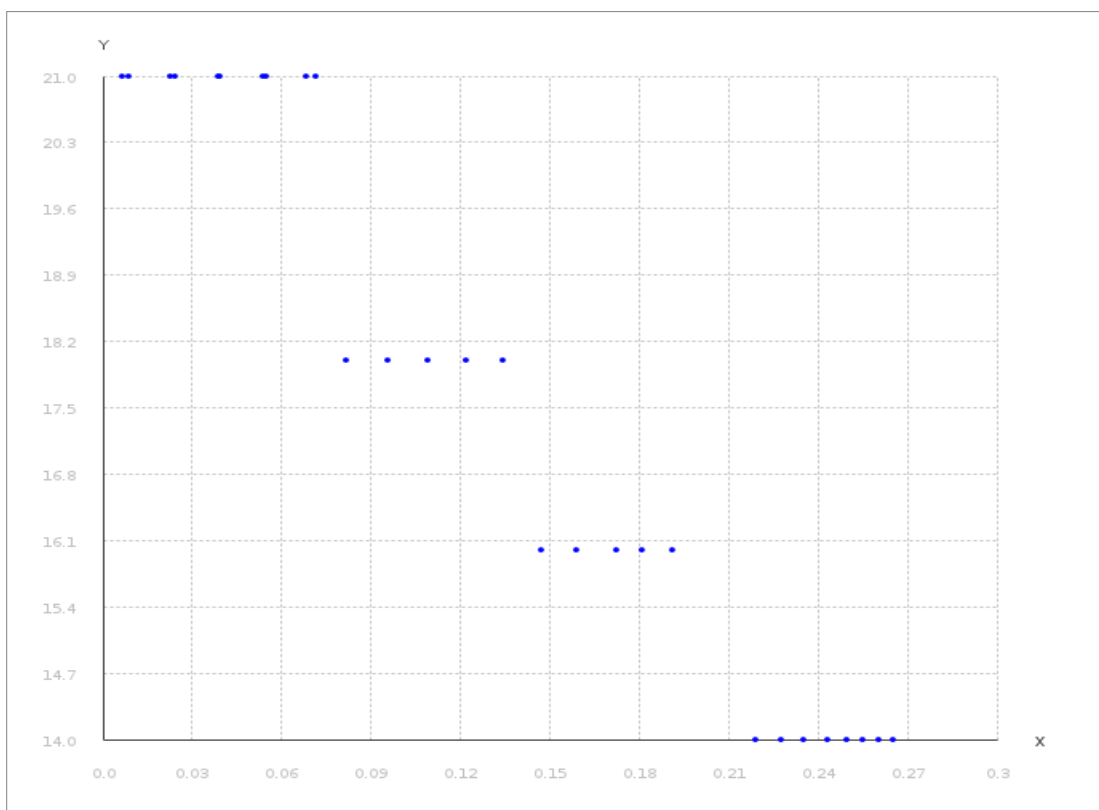


946 cella körsugárzóval, Okumura -Hata jelveszteség

10.7 Vételi jelszint és jelveszteség viszonya

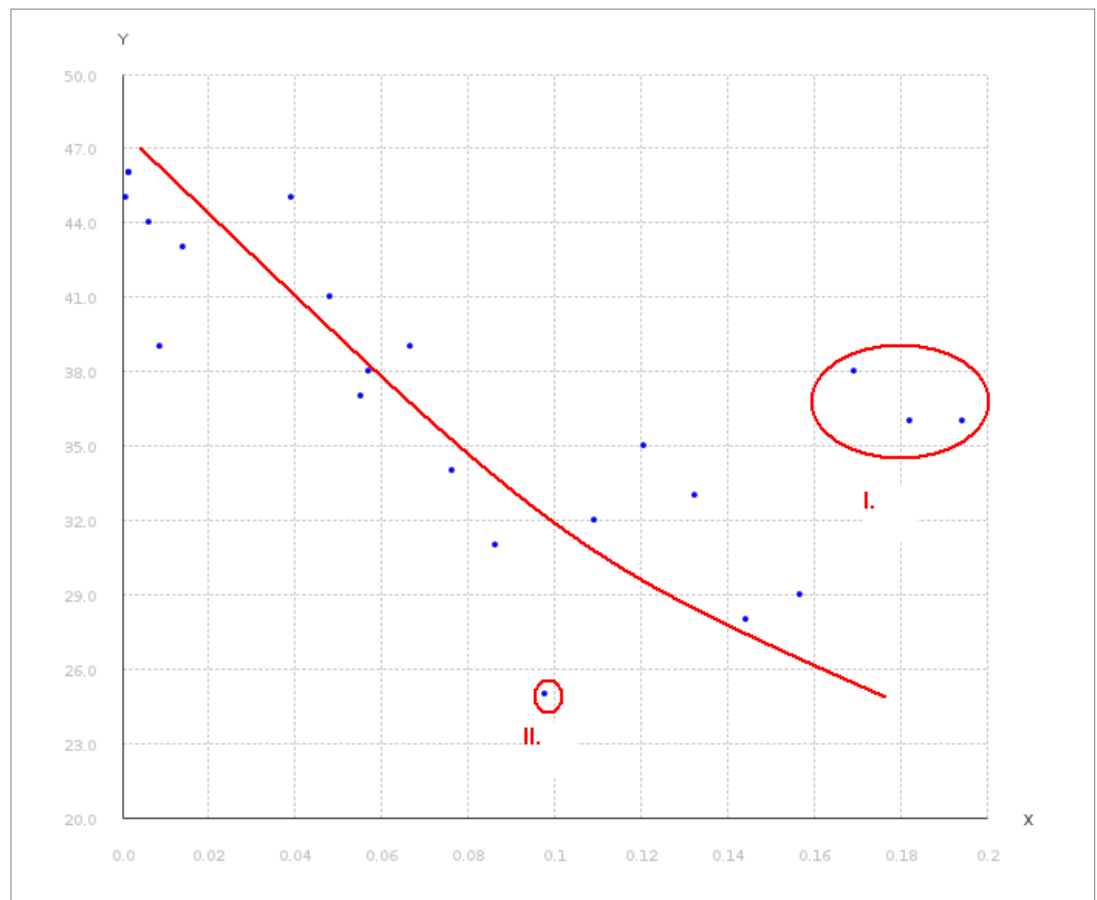
A mérőműszer GSM modulja által vett jelszinteket is vizsgáltam. Az egyes jelszintekre elmondható, hogy ideális esetben, ha az adott cella bázisállomásán sektorsugárzót használnak a vételi jelszint a távolság növekedésével egyre inkább csökken.

Az xxx ábrán a 31-es cella mérési pontjainak vételi jelszintjét ábrázolja, hasonló lépcsős jelszint változás látható még pl. az 1198, 1203 cellákban.



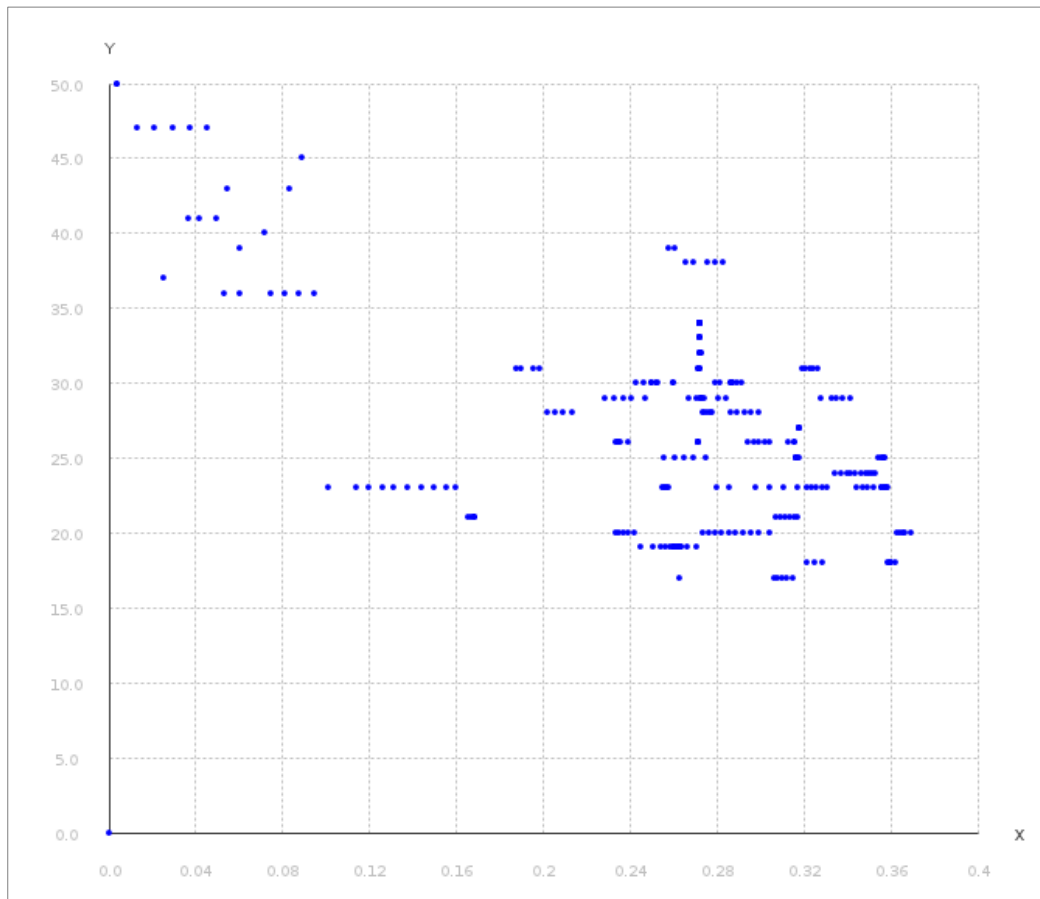
ábra 31-es cellaazonosítóhoz tartozó vételi jelszintek

Az ideális jelszint csökkenéstől eltérően lehetnek olyan celláink, ahol a jelszint nem folytonos lépcsős alakban csökken, lehetnek pontok ahol a vételi jelszint kiugrik. Ezt láthatjuk a 10.7.2 ábrán. Ilyenkor a jelszint csökkenés kezdeti szakaszában lehetséges lenne átlagolni a jelszinteket, de a távolabb lévő az ábrán I. és II. ponthalmazok jelszintből számított távolságának meghatározása nagyon pontatlan lenne.



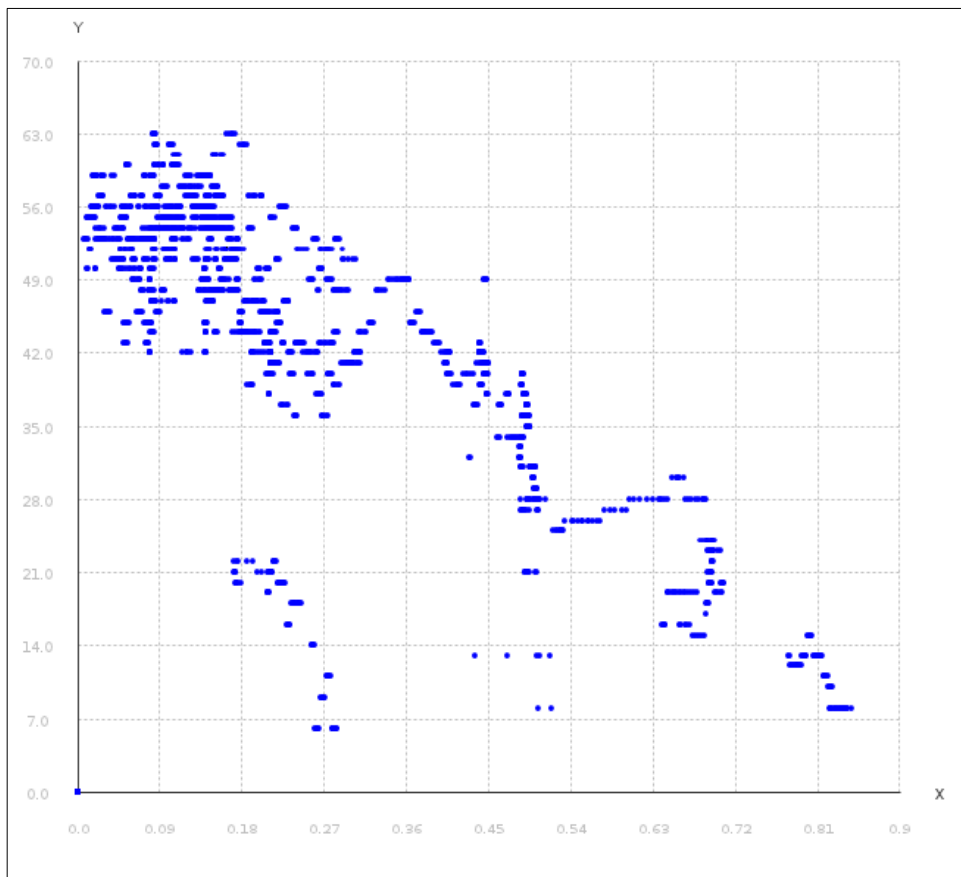
10.7.2 ábra 1281 cella vételi jelszintja a távolság függvényében

Az olyan bázisállomásoknál ahol körsugárzót használnak a szektorsugárzó által vett jelszint csökkenéshez képest eltérő eredményeket kaptam. Ez főként azért lehetséges, mert a mérési pontokban vett jelerősséget a környezet erősen befolyásolta. Itt gondolok arra, hogy a méréseket városban házak között, park területén stb. rögzítették. A különböző visszaverődés eredményeként a jelerősség nem olyan egyenletes, mint a szektorsugárzó esetében. A xxx ábrán látható bázisállomás által sugárzott jelerősségek remek példával támasztják alá a szektorsugárzó által mutatott eltéréseket. Nagyjából itt is látható a jelerősség csökkenése, de bizonyos távolságoknál magasabb jelszint fogható, mint a tőle kisebb távolságban mért pontban. Az ábrán jól látható, hogy 200 m távolságig még nagyjából követi a távolság és jelszint csökkenés ideális görbáját a jelerősség változása, de attól nagyobb távolságokban már teljesen megváltozik a jelerősség távolság arány.



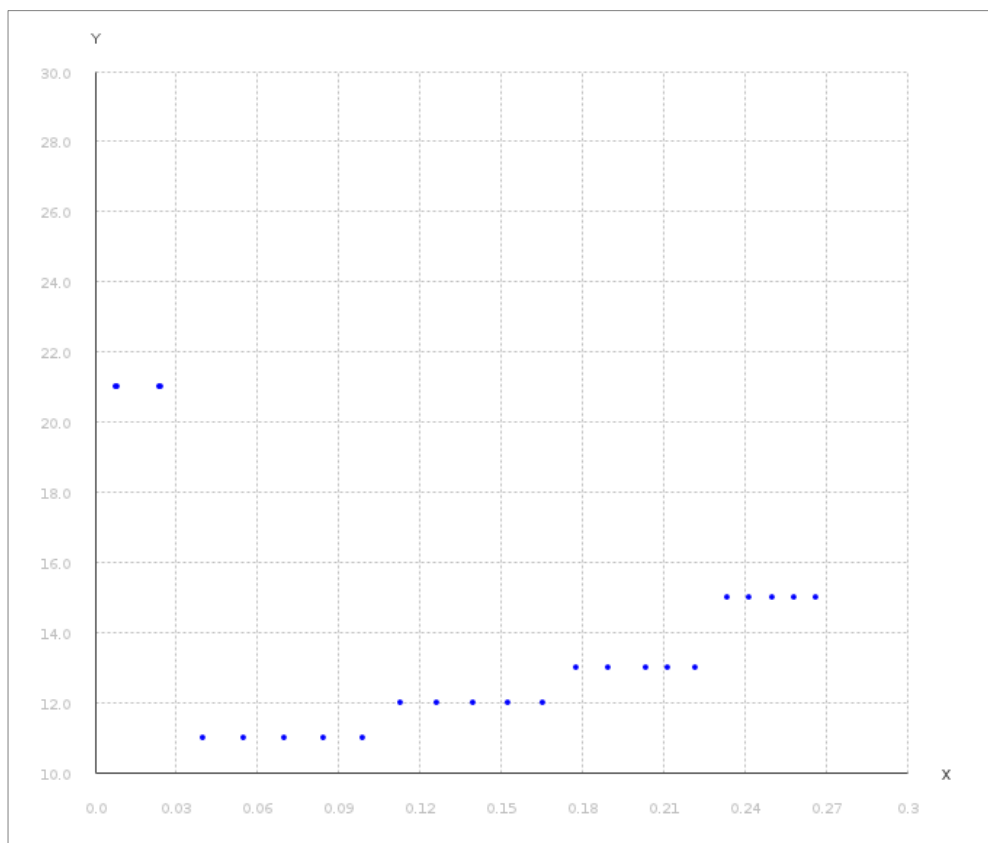
10.7.3. ábra 946 cellaazonosítóhoz tartozó mérési pontok jelerőssége a távolság függvényében

A 10.7.4 ábrán is egy körsugárzó antennával lefedett cellában végzett mérésekre a következő vételi jelszint változást kapjuk. Itt is, mint az előző ábránál az X koordináta a távolságot, az Y koordináta a jelerősséget jelöli. Az ábrán látható, hogy itt az előző körsugárzóval ellentétben nem csak a távolabbi pontoknál jelentkezik eltérés, hanem a bázishoz közeli mérési pontoknál is.



10.7.4 ábra 168-as cella vételi jelszintje a távolság függvényében

Az említett antenna típusokon kívül találkoztam olyan esettel is ahol a bázisállomás több antennával is rendelkezik. A 32-es azonosítóval ellátott cellában található mérési pontok vételi jelszintjeit ábrázoló grafikon nagyban eltér az elvárt szektorsugárzók jelszintjeire rajzolt görbétől. Az olvasható le az ábráról, hogy a bázisállomástól egyre távolodva nő a vételi jelszint. Ez abban az esetben fordulhat elő, ha a bázisállomáson egy melléksugárzó antennát is elhelyeznek. Ilyenkor a melléksugárzó által küldött jelet a legközelebbi lévő pontok jól érzékelik, ez látható az ábra első két mérési pontjánál, a melléksugárzó azonban csak kis területet sugároz be. A „fő” sugárzó viszont a távolabbi pontok felé erősebb jelet küld.



XXX ábra 32-es cella vételi jelszintje a távolság függvényében

A vételi jelszintet és az Okumura – Hata modell által számított jelvesztéséget összeadva egy konstans értéket kell kapnunk. A

10. Konklúzió

Az adatbázisban rögzített cellákhoz tartozó mérési pontokon alkalmazva az Okumura – Hata modellt arra a következtetésre jutottam, hogy minél távolabb vagyunk az aktuális cella bázisállomásától annál nagyobb lesz a jelvesztesség. Ez az állítás mindkét antenna típusra igaz. Ezzel igazoltam, hogy a bázisállomások elrendezéséhez használt modell visszafelé alkalmazva hasznos lehet. Az Okumura – Hata modell eredményeit összeadva a hozzá tartozó jelszinttel egy konstans eredményt kell kapnunk.

Szektorsugárzó antennák esetében sok mérésből következtetni lehet, hogy a mérőműszer követi a jelvesztesség csökkenését. Ideális jelszint vesztéségnél az Okumura-Hata modell jó távolság meghatározási módszernek bizonyul. . A jelvesztesség és a jelerősség fordított arányban változik, tehát ha a bázisállomástól mért távolság nő a jelvesztesség is nő, a jelerősség viszont csökken.

A xxx ábrán láthattuk, hogy a szektorsugárzó bizonyos eseteiben a jelszint változás az ideálistól jóval eltér, ezért itt a modell felhasználása a mérési pontosság romlását eredményezi, mivel a mérési pontnál vett jelerősség és jelvesztesség összevonása nem minden esetben adja az általunk várt konstans eredményt. Az ilyen esetekben az ismertetett modell felhasználása nem elegendő a távolság meghatározásához.

Az xxx fejezetben vizsgált körsugárzó bázisállomásoknál olyan mértékű eltéréseket tapasztaltam melyek arra adnak következtetést, hogy az olyan cellákban ahol körsugárzó antennát használnak a modell alkalmazása a nagy reflexiók miatt nem lehetséges, mert a jelvesztesség és jelerősség összevonásával nagyon pontatlan távolság adatokat kapunk. Az ábrán látható, hogy milyen kiugrások lehetnek a körsugárzó antenna jelerősségében. Ez azért alakulhatott így mert, többutas terjedés megváltoztatja a cellák alakját. A jelenség főleg a mérések környezetében található házakról visszaverődő hullámok miatt lehetséges. A visszaverődés hatására eltérő jelerősségek alakulnak ki egyes helyeken. Ebben az esetben a modell alkalmazását irányfüggővé kell tenni. A bázisállomástól különböző irányokra nézve vizsgálni kell a mérési pontokat.

A vizsgált modellt és a jelerősséget felhasználva lehetőség van a mérési pontokat tartalmazó adatbázis tömörítésére. Mivel a jelveszteségből ívmetszéssel lehet számítani a bázisállomástól mért távolságunkat, nincs szükség arra, hogy az egyes mérési pontokhoz háromnál több cella információját tároljuk. (??? Ez lehet nem igaz, de az az elgondolás, hogy elég a három legnagyobb vételi jelszinttel rendelkező cellát tárolni???)

12. Továbbfejlesztési javaslatok

Az Okumura – Hata modell és a vételi jelszint összevetésével kapott eredmények alapján a továbbiakban úgy lehetne az adatbázist tömöríteni, hogy a szektorsugárzó ideális esetre, tehát abban az esetben amikor a vételi jelszint a távolságnak megfelelően csökken és nincsenek a kiugró vételi jelszintek még sok mérést kellene rögzíteni, ezeknek a méréseknek az átlagolásával lehetne az adatbázist úgy tömöríteni hogy az egyes cellákhoz a jelveszteség és jelszint összevetését alkalmazzuk. Az egyes pontokhoz tartozó bázisállomások által vett jelszintek közül csak a legnagyobb hármat nézzük.

Az olyan bázisállomásokra ahol körsugárzót alkalmaznak irányfüggővé kell tenni a számított távolságokat és minden irányba megnézni a jelveszteség - jelszint kapcsolatát.

Mindenképp új méréseket is kell végezni, mert sokszor a GPS koordináták nem foghatók, ez lehet azért mert beltéri mérések is tartoztak az egyes cellákhoz, vagy mert olyan helyen történt a mérés ahol a mérőműszer GPS antennája nem fogta a jeleket.

13. Összefoglalás

A szakdolgozatban vizsgált helymeghatározási módszer GPS helymeghatározást használja fel referenciaként, mivel az alkalmazott algoritmust a korábbi mérések által rögzített GPS koordináták által meghatározott pontjain végeztem el. Az eljárás nagyban függ tehát a GPS mérések pontosságán. A szolgáltatótól való függés kiküszöbölése érdekében a bázisállomás helyzetét és magasságát feltételezéssel határoztam meg.

Adatbázison alkalmazom...

GSM helymeghatározási módszerek megismerése után ...

Eredmények alapján elmondható ...

14. Köszönetnyilvánítás



16. Függelék

Rövidítések jegyzéke

GSM:

GPS:

MSC:

BSS:

BSC:

JDBC:

Ábra jegyzék

8.1 GSM hálózat felépítése

16. Irodalomjegyzék:

[1] Bányai Balázs, Feldhoffer Gergely, Tihanyi Attila :Helymeghatározás

GSM hálózat felhasználásával a hálózatüzemeltető aktív közreműködése nélkül

[2] A GPS rendszer www.soltvadkert.hu/media/konferencia_2007/a_gps-rendszer.ppt

[3] GPS pontok távolságának számítási lehetőségei

<http://uni-obuda.hu/users/leczfalvy.adam/K+F%20II/01.pdf>

[4] dr. Takács György: Helymeghatározás mobil telefonnal és mobil hálózattal

[5] Kelemen Mihály: Diplomamunka

Takács György : Kommunikációs rendszerek órai diák

Okumura-Hata modellre vonatkozó irományok