

Önálló laboratórium beszámoló

Dolgozat címe: Bluetooth alapú helymeghatározás

Konzulens neve: Tihanyi Attila

A Hallgató a kitűzött feladatot megfelelő színvonalon és a kiírásnak megfelelően

teljesítette

nem teljesítette

Konzulens aláírása

Hallgató neve: Solymár Zóra

Leadás dátuma: 2009.12.09.

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	3
Elméleti összefoglaló a Bluetooth protokollról.....	4
Mérési eredmények.....	7
Következtetések.....	9
Köszönet-nyilvánítás.....	10
Irodalomjegyzék.....	11
Összefoglaló.....	12
Mellékletek.....	13

Bevezetés

Első önálló kutatási munkám témájának a Bluetooth kommunikációs protokoll tanulmányozását választottam. Társam, Góczán Péter célkitűzése a Bluetooth alapú irány és távolság meghatározás volt a lakásban elveszett pénztárca, kulcsesomó, vagy egyéb fontos használati tárgyak megtalálására.

Bár a vezeték nélküli hálózatok és általában a kommunikációs rendszerek nem tartoznak közvetlenül a szakirányomhoz, a jövőbeli témámban mégis szerepet játszanak. Céлом egy ergonomikus fülhallgató tervezése, amely nem károsítja oly mértékben a használó hallását, mint a ma elterjedt eszközök. A lehetséges halláskárosodást generációs problémának érzem, sőt, közvetlenül tapasztalom magamon és néhány társamon, ezért találtam fontosnak közelebbről megismerni egy népszerű, vezeték nélküli fülhallgatóknál használt technológiát.

Bár a munka során az eredeti cél érdekében inkább a vételi jelszintet mértük, a téma számomra szintén fontos része a Bluetooth eszközök működése és áramfelvétele, amelyre szeretnék később kitérni beszámolóim során. Az áramellátás az egyre kisebb és könnyebb eszközöknél központi szerepet játszik a mérnöki feladat körben, így mikor kiválasztottuk a használni kívánt protokollt, ez volt az egyik elsődleges szempont. Felmerült még a Bluetooth mellett a Wi-Fi, illetve az RFID technológia használata is, de ezeket elég hamar elvetettük, hiszen itt kevés adatot akarunk küldeni. A lényeg inkább a minél gyorsabb és takarékosabb kommunikáció viszonylag rövid távolságon (~10 méter) belül. Wi-Fi használata inkább internet kapcsolat megvalósítására javasolt, mert gyorsabb, és kisebb bithiba valószínűséget biztosít, ez azonban ötszörös áramfelvételt jelent a Bluetooth-hoz képest, amivel együtt az implementálás nagyjából háromszor annyiba kerül.

Ennek fényében szeretném ismertetni az elkövetkező pár oldalban a protokoll elméleti hátterét, szorítkozva a méréseink és célkitűzéseink szempontjából releváns részekre, majd összevetem azt a kapott mérési adatokkal és megpróbálom levonni a következtetést, mit jelent ez a további kutatásaink szempontjából.

Elméleti összefoglaló a Bluetooth protokollról

A Bluetooth egy távközlési ipari szabvány vezeték nélküli adatátvitelre. Kis hatótávolságú rádiós kapcsolat megvalósítására használatos, főleg olyan rendszerekben, ahol a kis fogyasztás, az alacsony költség, illetve a robusztus működés a fő szempont. Így egyre népszerűbb mobilkészülékek közötti, illetve mobil és számítógép közötti kapcsolat megvalósítására.

Érdekességként megemlítendő a Bluetooth elnevezés eredete. A név Harald Blåtand dán király nevének angol változata, akinek a legenda szerint a sok áfonya fogyasztásától kék lett a foga. Harald király egyesítette a dán, norvég és svéd törzseket, ezért lett a technológia róla elnevezve, hiszen arra szánták, hogy egyesítsen és összekössön különböző eszközöket. A logó is skandináv eredetű, a H és B betű megfelel a Haglaz és a Berkanan rúnáknak.

A Bluetooth eszközök a 2.4 GHz-es ISM(Industrial Scientific Medical) sávban működnek. Pontosabban 2400 MHz és 2483.5 MHz között, amiből 79 darab 1 MHz-es csatornát használnak. Ez a szabvány csak Európára és az USA-ra érvényes, Japánban a 2472 MHz és a 2497 MHz közötti 23 db 1 MHz-es sávot használják.

Tervezésnél három különböző osztályból választhatunk, annak megfelelően, hogy milyen hatótávolságot szeretnénk elérni:

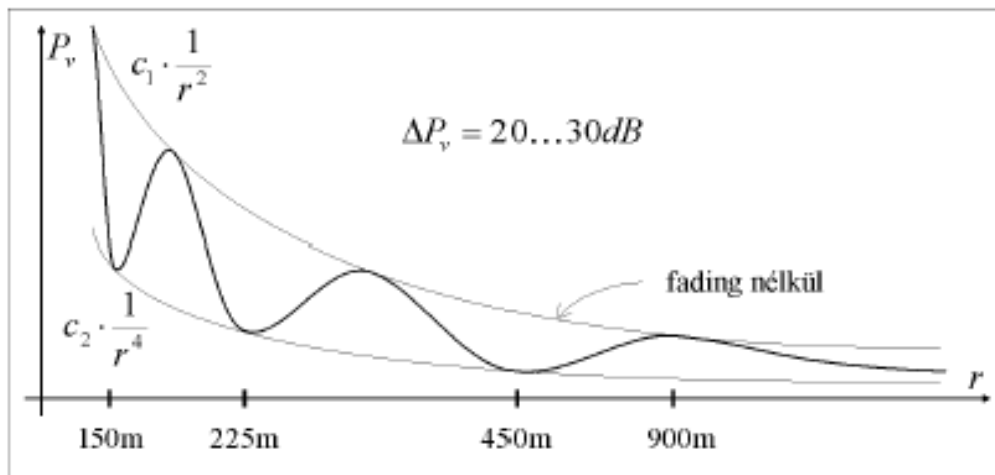
Osztály	Max. teljesítmény	Min. teljesítmény	Hatótáv
1	100 mW (20 dBm)	1 mW (0 dBm)	100 méter
2	2.5 mW (4 dBm)	0.25 mW (-6 dBm)	10 méter
3	1 mW (0 dBm)	–	1 méter

1. táblázat: Bluetooth osztályok

Természetesen, ha nagyobb hatótávolságot szeretnénk az eszközünk számára, számolnunk kell a nagyobb áramfelvétellel és a megemelkedett költségekkel.

A hullámterjedésnek megfelelően a csillapítás négyzetes, és mivel a technológia robusztus működést mutat fading ellen, az antennakarakterisztikára homogén, gömbszerű, minden irányba négyzetesen csökkenő eredményt várunk. Helymeghatározás szempontjából ez azt jelenti, hogy távolságot esetleg tudunk számolni a vételi jelszintből, irányt valószínűleg nem.

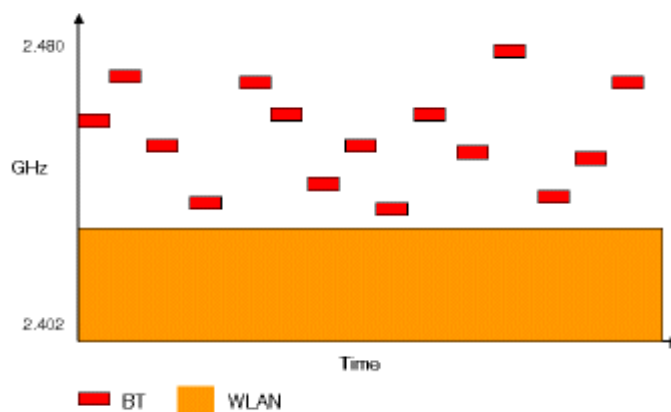
Ha a vételi szintet csak egy irányba, adott vonal mentén mérjük, a következő hullám illeszkedik elviekben az eredményre:



1. ábra: Hullámterjedés fading nélkül

Mivel egyéb vezeték nélküli rendszerek is használják a 2.4 GHz-es sávot (pl Wi-Fi), ezért a fading és az interferencia elleni küzdelem központi szerepet játszik. Ezeknek minimalizálására a szabvány tervezői az AFH(*Adaptive Frequency-hopping spread spectrum*) alkalmazását találták ideálisnak.

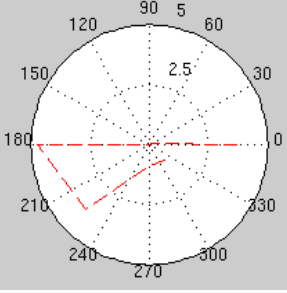
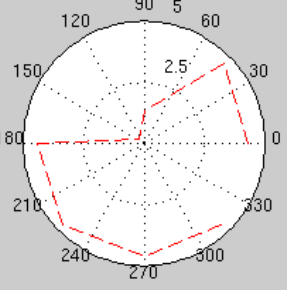
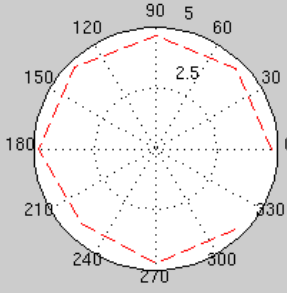
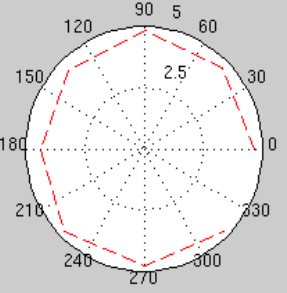
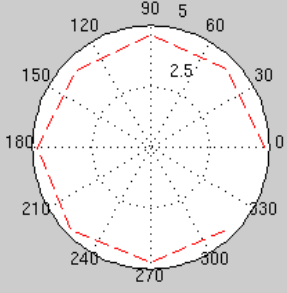
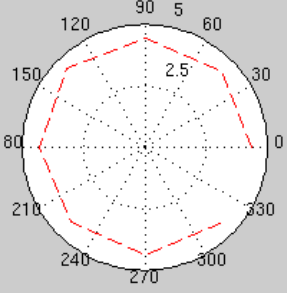
A Bluetooth eszközök a már említett 79 csatorna közt váltogatnak(*hopping*) pseudo-véletlenszámok alapján, 1600-szor másodpercenként. Az adaptív frekvenciaváltás lényege, hogy ha egy másik rádiókommunikációs eszköz kerül a környezetbe (pl. WLAN eszköz), akkor azonosítsuk az esetleges interferenciaforrásokat, és kizárjuk azokat a használandó csatornák közül(2. ábra). Ez eredményezhet csatornaszám csökkenést, de a Bluetooth specifikáció szerint ez a szám nem mehet 20 alá.

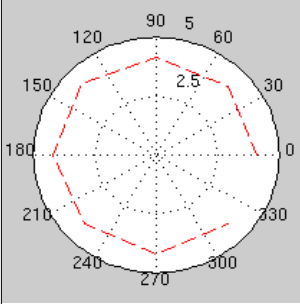
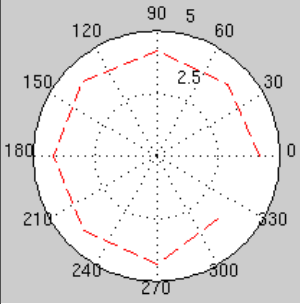
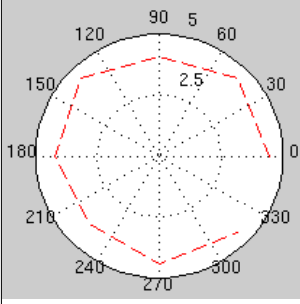
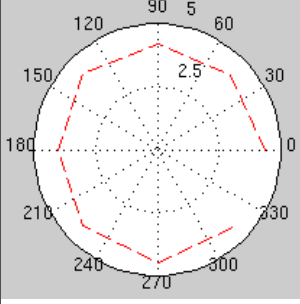
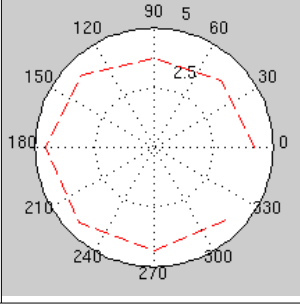
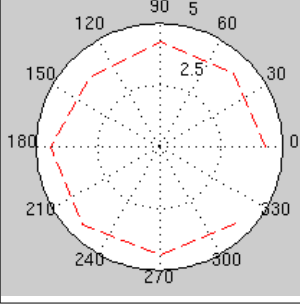


2.ábra: Adaptív frekvenciaváltás

Mérési eredmények

A mérés során egy IBM ThinkPad X30 típusú notebookot, és egy Nokia N95 típusú mobiltelefont használtunk az antennakarakterisztika meghatározására. Mindkettőben 2-es osztályba tartozó Bluetooth eszköz található, úgy gondoltuk, első megközelítésben elég, ha csak pár méteren belül vizsgáljuk, egyáltalán lehetséges-e az irány- és távolságmeghatározás. A méréshez a szoftverkörnyezetet a Linux operációs rendszer hcitool nevű parancsa adta, melynek rssi <bdaddr> (rssi = received signal strength) kapcsolójával <bdaddr> hardvercímű eszköz vételi szintje olvasható ki decibelben. A pontosság érdekében minden pontban 100-szor mértünk, majd átlagoltunk. Először a gömbkarakterisztikát akartuk meghatározni, ehhez 60 centiméterenként végeztünk méréseket, a telefont először fekvő, majd állóhelyzetbe téve. Mindkét esetben 45 fokonként forgattuk a készüléket, így 2*8 eredmény tartozik egy távolsághoz. A munkát egy rövid héjprogrammal (ld. Mellékletek) könnyítettük meg, amely elvégezte 100-szor a mérést, és a log fájlt kitöltötte. A mérések után a kapott eredményeket Matlabban ábráztuk polarplottal:

	fekvőhelyzet		állóhelyzet	
távolság(cm)	diagram	értékek (dB)	diagram	értékek (dB)
60		-3.67 -0.11 0.0 0.0 -4.730159 -3.7676768 -0.8989899 -0.88		-4.3163266 -4.646465 -1.3366337 -0.2857143 -4.4257426 -4.742574 -4.622449 -4.6391754
120		-4.7623763 -4.659794 -4.6907215 -4.7555556 -4.811881 -4.3168316 -4.74 -4.68		-4.6666665 -4.7083335 -4.811881 -4.556701 -4.4 -4.7722774 -4.76699 -4.785714
180		-4.7722774 -4.536842 -4.62 -4.425532 -4.811881 -4.78 -4.7029705 -4.707071		-4.357143 -4.379747 -4.4324327 -4.525641 -4.310811 -4.253521 -4.3714285 -4.368421

240		-4.114286 -4.1571426 -4.142857 -4.257576 -4.2173915 -4.155844 -4.2207794 -4.1044774		-4.197183 -4.0555553 -4.175676 -4.220588 -4.173333 -4.2028985 -4.3150687 -3.546875
300		-4.470588 -4.5058823 -4.056338 -4.486842 -4.2253523 -3.9722223 -4.4459457 -4.4545455		-4.36 -4.2236843 -4.1714287 -4.2394366 -4.029412 -4.294872 -4.472973 -4.364865
360		-4.230769 -3.9729729 -3.75 -4.267606 -4.5324674 -4.443038 -4.342466 -4.3333335		-4.2777777 -4.2253523 -4.2465754 -3.9733334 -4.425 -4.452055 -4.4027777 -4.3896103

2. táblázat: Gömbkarakterisztika 3 méterig

Ezek után egy egyenes mentén mértünk, szintén 60 centiméterenként. Először a telefont mozgattuk, és a notebookot nem, aztán ugyanez fordítva. Kíváncsiak voltunk, látható-e valami különbség a két karakterisztika között.

A kapott eredmények Matlabban kirajzolva:

	diagram	értékek (dB)
t e l e f o n m o z g a t á s		0.0 -3.9863014 -2.108108 -4.6578946 -4.6216216 -4.60274
l a p t o p m o z g a t á s		-3.7948718 -4.6410255 -0.44155845 -4.5263157 -4.452055 -4.679487 -4.5405407 -4.589041 -4.240506 -4.4935064

3. táblázat: Egyenes menti karakterisztika

Következtetések

A kapott eredményeket összevetve az elméleti háttér alapján elvártakkal, hiába próbálja a szabvány frekvenciaváltással kiküszöbölni a fadinget és az esetleges interferenciát, mégis zavaróak ezek a tényezők. A mérést egy szűk és hosszú folyosón végeztük, több aktív rádiókommunikációs eszköz is működött a helyszínen, például egy Wi-Fi router tőlünk néhány méterre. A gömbkarakterisztikát megvizsgálva azt tapasztaljuk, hogy a vevő eszköztől 3 méterre is átlagosan -4.5 decibeles értékeket kapunk, ami nagyjából megegyezik az 1-2 méteres távolság eredményeivel. Mivel a fizika törvényei azt diktálják, hogy ilyen kis teljesítményen pár méter után már erősen látszódnia kéne a négyzetes csillapításnak, arra a következtetésre jutottam, hogy ha hihetünk a mérési adatoknak (természetesen elképzelhető, hogy rosszul mértünk, de ezt most zárjuk ki), akkor a jelünk erősen interferált a szomszédos WLAN eszközével. Ez a társam további kutatásai szempontjából azt jelenti, hogy vagy keres egy robusztusabb szabványt, vagy további méréseket végez más körülmények közt. Én javasolnék kültéri méréseket is, noha az ötletét elsősorban házon belüli alkalmazásra szánja, mindenképpen jó lenne összevetni az eredményeket kültériekkel. Számomra, ha a fülhallgatókra reflektálok, alkalmasnak érzem a Bluetooth technológia használatát, hiszen jelenleg is remekül vizsgálzik rövid hatótávolságon belüli hangátvitelnél. Ezenkívül nekem elsődleges szempont a kis fogyasztás, hiszen a lényeg éppen a mostani fülhallgatókhoz képest a kisebb erősítés lenne, és a fül saját, nagyjából 25-30 decibeles erősítésének jobb kihasználása.

A gömbkarakterisztikánál egy fokkal kecsagetőbb az egyenes mentén mért adatsor. Ha összevetjük az elméleti összefoglalóban lévő 1. ábrával, látható, hogy nagyjából rá lehet illeszteni a négyzetes csillapítást a kapott ábrákra. A laptopmozgatás esetében ez kevésbé igaz, főleg 120 centiméternél, ahol egy kiugrás figyelhető meg, melyet valószínűleg szintén a már sokat emlegetett interferencia okozott. Ha a jövőbeni mérések azt mutatják, hogy a csillapítás azért a helyszínek nagy részén megfigyelhető, akkor a távolságot egyszerűen meg lehet becsülni.

Köszönet-nyilvánítás

Ezúttal szeretnék köszönetet nyilvánítani Tihanyi Attila és Dr. Takács György tanár uraknak, akik minden héten több órát szántak az idejükből a felmerülő kérdéseink megválaszolására, illetve a megfelelő irányba terelték munkánkat. A kedd délutáni szakkörök remek lehetőséget biztosítottak, hogy megismerjük hallgatótársaink munkáját, és esetlegesen tőlük kapjunk ötleteket a saját kutatásunkkal kapcsolatban.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm társamnak, Góczán Péternek az egész féléves közös munkát. Megtapasztalhattam, milyen együtt dolgozni egy jó baráttal.

Irodalomjegyzék

- [1] Charles Hodgdon, "Adaptive Frequency Hopping for Reduced Interference between Bluetooth® and Wireless LAN ", 2003.
- [2] Anil Madhavapeddy és Alastair Tse, *A Study of Bluetooth Propagation Using Accurate Indoor Location Mapping*, Cambridge: University of Cambridge Computer Laboratory, 2005.
- [3] Bluetooth SIG, Inc., "Bluetooth Basics", 2009. Elérhető: <http://www.bluetooth.com>.
- [4] Jim Kardach, "How Bluetooth got its name", 2008. Máj., Elérhető: http://www.eetimes.eu/scandinavia/206902019?cid=RSSfeed_eetimesEU_scandinavia
- [5] Takács György, "Rádiós átviteli közegek", *digitus.itk.ppke.hu*, 2009.Szept.21, Elérhető: <https://digitus.itk.ppke.hu/~takacsgy/komea309.ppt>
- [6] Takács György, "Kódolás, nyalábolás, kapcsolás", *digitus.itk.ppke.hu*, 2009.Szept.28, Elérhető: <https://digitus.itk.ppke.hu/~takacsgy/komea409.ppt>
- [7] Takács György, "Bluetooth, ZigBee, WiFi, WiMAX", *digitus.itk.ppke.hu*, 2009.Nov.30, Elérhető: https://digitus.itk.ppke.hu/~takacsgy/Komea12_09.ppt

Összefoglaló

Társammal, Góczán Péterrel első önálló kutatási témának a Bluetooth szabvány tanulmányozását választottuk. Az elsődleges célkitűzés annak megválaszolása volt, vajon lehetséges-e a technológiát helymeghatározásra használni. A téma noha engem is érdekelt, személyes motivációm inkább egy olyan fülhallgató tervezése a jövőben, amely nem károsítja a hallást. Ehhez fontosnak éreztem közelebbről megismerni egy kis fogyasztású, viszonylag olcsón implementálható rádiókommunikációs technológiát. Kezdetben felmerült a WiFi és az RFID szabvány használata is, de az előbb említett tulajdonságok miatt a Bluetooth mellett döntöttünk. Nem utolsó szempont a fadinggel és az interferenciával szemben mutatott ellenálló működés sem, ami a technológia által használt AFH(*Adaptive Frequency-hopping spread spectrum*) algoritmusnak köszönhető. Az eljárás lényege a 2.4 GHz-es tartományban 79 csatorna közti váltogatás pszeudo-véletlenszámok alapján. Ha adatátvitel közben interferenciaforrásba ütközünk, akkor az adott sávot kizárjuk, ezzel lecsökken a csatornaszám, azonban a Bluetooth specifikáció alapján nem eshet 20 alá. A robusztus működés, illetve a hullámterjedés négyzetes csillapítása alapján azt az eredményt vártuk, hogy a vételi szint decibelben mérve 2-3 méter után egyenletesen csökken majd minden irányba.

A méréseket az ITK épületének egyik folyosóján végeztük egy lappal és egy mobiltelefonnal. Mindkettőben 2-es osztályba tartozó Bluetooth eszköz található, ami 10 méteres hatótávolságot jelent. A helyszínen több, 2.4 GHz-es tartományt használó rádiókommunikációs eszköz is működött a mérésünk alatt, és ez az elvártnak ellentétesen olyan interferenciát okozott, ami homogén gömbkarakterisztikát eredményezett, azaz a vételi jelszint 2-3 méter után sem nagyon tért el -4 decibeltől.

A jövőre nézve ez azt jelenti, hogy ha több kültéri és beltéri mérés után sem tapasztal a társam csillapítást, akkor a Bluetooth szabvány nem alkalmas sem irány, sem távolságmeghatározásra. Számomra viszont tökéletesen megfelel egy fülhallgató esetleges tervezéséhez, hiszen olcsó, alacsony fogyasztású és rövid hatótávon belül használható hangátvitelre.

Mellékletek

A méréshez használt héjprogram:

```
#!/bin/bash  
  
deg=0  
  
echo "tavolsag(dobozban): "  
read dist  
  
echo "helyzet(allo/fekvo): "  
read pos  
  
for (( i = 0 ; i < 8; i++ ))  
    do  
        echo "">>logn95.txt  
        echo "$dist doboz $pos $deg">>logn95.txt  
        echo "">>logn95.txt  
        for (( j = 0 ; j < 100; j++ ))  
            do  
                hcitool cc 00:1A:DC:D4:01:55  
                hcitool rssi 00:1A:DC:D4:01:55>>logn95.txt  
                sleep 2  
            done  
            deg=$((deg+45))  
            echo ""  
            echo "Telefonforgatas! $deg fok jon! (press any key to continue)"  
            read key  
        done
```