

Helymeghatározás GSM hálózat felhasználásával a hálózatüzemeltető aktív közreműködése nélkül

BÁNYAI BALÁZS, FELDHOFFER GERGELY, TIHANYI ATTILA

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológia Kar

banba@digitus.itk.ppke.hu

{flugj, tihanyia}@itk.ppke.hu

Kulcsszavak: helymeghatározás, GPS, GSM-hálózat

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. Erre a műholdas rendszerek mellett a GSM hálózat is alkalmat kínál. A GSM hálózat működési tulajdonságainak kihasználásával szolgáltatás építhető, amely alkalmas helymeghatározásra. A felépített rendszer pontossága városi környezetben a GPS-hez mérhető. Ezzel alkalom nyílik személyi, gyalogos navigációra, akár beltéri környezetben is, ahol a műholdas helymeghatározás nem működik.

1. Bevezetés

A jelen cikkünkben bemutatott rendszer helymeghatározásra alkalmas GSM hálózat felhasználásával működik és kiküszöböli a szokásos rendszerek hátrányait. A GPS hálózat működési korlátai, üzemeltetési bizonytalansága és a GPS készülékek magas ára sem okoz gondot. A kialakított rendszer GPS-szel összemérhető pontosságú adatokat biztosít GPS felhasználása nélkül. GSM szolgáltató közreműködése nélkül igénybevehető, így biztosan nem tartozik hozzá számla és fizetési kötelezettség. A GSM szolgáltató aktívan nem vesz részt a folyamatban, hiszen a javasolt szolgáltatási megoldás ezt nem igényli. A helymeghatározás során a GSM bázisállomások által kisugárzott adatokat és a vételi tér erő eloszlásának adatait használjuk fel. Az adatok szolgáltató által történő esetleges megváltoztatása csak a pontosság romlását eredményezheti, de nem hiúsítja meg a helymeghatározást.

Az elmúlt pár évben rohamosan nőtt a világon a mobiltelefonok száma (több okostelefont adnak el egy órában, mint ahány gyermek születik) és Magyarországon 2008. július végén 11.601.000 mobil előfizető volt. A mobil készülékek processzorai egyre nagyobb teljesítményűek, mind több szolgáltatást alapoznak meg a telefonálási lehetőségen túlmenően. A szolgáltatóknak a növekvő számú mobiltelefon kiszolgálására a hálózatot bővíteni kell, tehát a forgalom növekedése következtében egyre több, és nagyobb kapacitású bázisállomást kell üzemeltetniük. A bázisállomások sűrűségének növekedése azt is jelenti, hogy lakott területen általában a bázisállomások egymáshoz közel helyezkednek el, ami növelheti a helymeghatározás pontosságát.

Az alábbiakban mérési eredményeken keresztül bemutatunk egy megoldást a helymeghatározásra, amely figyelembe veszi a GSM hálózat működésének mellékhatásaként jelentkező lehetőségeket. Ez a megoldás akár épületen belül is használható.

2. Helymeghatározási lehetőségek

2.1. Műholdas

Jelenleg a legpontosabb helymeghatározás a GPS segítségével érhető el. Mérési módszertől függően a 10-20 méteres pontosságtól akár a milliméteres pontosságig meg tudjuk határozni helyzetünket. A GPS használatakor feltétlenül tudnunk kell, hogy a rendszert az Egyesült Államok kormánya finanszírozásával fejlesztették telepítették és üzemeltetik. Ilyen értelemben kockázatot rejt magában egy GPS alapú helymeghatározó rendszer. Az EU már elindította a GALILEO projectet, ami leghamarabb 2011-ben lesz teljes és egy újabb generációt képvisel. Oroszország is megvalósította a maga helymeghatározó műholdas GLONASSZ rendszerét.

2.2. Aktuális cella alapján

Létezik a mobilszolgáltatók által üzemeltetett és tőlük megrendelhető helymeghatározási szolgáltatás, mely a GSM hálózat adottságainak kihasználására alapul. Ezen szolgáltatás alapja az, hogy a GSM hálózat meg tudja állapítani, hogy a bekapcsolt mobiltelefon pontosan melyik cellában van, s mivel a szolgáltató pontosan ismeri a saját maga által telepített cellák földrajzi elhelyezkedését, így információt tud adni a készülék helyzetéről. A szolgáltató a saját maga által üzemeltetett hálózat változásait figyelembe tudja venni a helymeghatározáskor.

A szolgáltatás igénybevétele külön szerződéssel valósítható meg, ennek megfelelően fizetési kötelezettség tartozik hozzá a felhasználó részéről és csak a bekapcsolt, hálózatra bejelentkezett mobilkészülékekről tud információt szolgáltatni.

A Google törekszik arra, hogy szolgáltató közreműködése nélkül is lehessen GSM adatok alapján az előzőekhez hasonló módon helymeghatározási szolgáltatást biztosítani [7]. Az ilyen szolgáltatás alapja, hogy valamilyen módszerrel, általában ellenőrizetlen önkéntes

adatszolgáltatással feltérképezzük és adatbázisban rögzítjük a GSM bázisállomások helykoordinátáit és sugárzási karakterisztikáit. Sajnos az ilyen rendszerek rendkívül érzékenyek a GSM hálózat üzemeltetésével összefüggő szolgáltatók által létrehozott változásokra, mint a sugárzási teljesítmény vagy karakterisztika ideiglenes vagy hosszabb távú változtatására. Amennyiben változás következik be a GSM hálózatban, akkor egy-egy területen jelentősen romolhat a helymeghatározás pontossága vagy akár teljesen használhatatlanná is válhat a rendszer.

3. Működési elvek és azok használata

A telefontechnikában már nagyon régen kialakult a gyártók és szolgáltatók együttműködési kényszere miatt az erős, jól működő szabványosítás. A mobiltelefonok rádiós interfészére vonatkozó 3GPP dokumentumokat kötelezően betartandó szabványnak tekinthetjük és eszerint működnek a felhasználó és szolgáltató készülékei, berendezései.

A GSM telefonhálózatokban a szolgáltató egy meghatározott geometriai szerkezetben helyezi el a csomópontokat. Egy csomópont által kiszolgált besugárzott területet cellának neveznek. A szabványos GSM rendszerben lehetőség van akár beszélgetés közbeni hívásátadásra a kiszolgáló bázisállomások között, akkor is, ha a váltás közben még szolgáltatót is váltani kell. A bázisállomások közötti váltást a mobiltelefon kezdeményezi. Ilyen bázisállomás-váltást kizárólag akkor tud kezdeményezni és megvalósítani egy mobiltelefon-készülék, ha a bázisállomások egyértelműen azonosíthatóak és saját azonosítójukat folyamatosan minden körzetükben levő készülék tudomására is hozzák, erre szolgál a jelzés-csatorna.

A készülék a 3GPP TS 05.08-ben leírtak szerint [4] a vett télerő-értékek folyamatos mérésével határozza meg és optimalizálja a cella választását. A készülékben elhelyezett belső algoritmus kiválasztja az optimális következő kiszolgáló bázisállomást a vételben bekövetkezett változások alapján. A cellaváltás lebonyolítását a kapcsoló központ vezérli.

Ahhoz, hogy a mobil készülékünkkel hívást tudjunk indítani, vagy elérhetőek legyünk mások számára, a készüléknek csatlakoznia kell egy bázisállomáshoz. Korlátozott körülmények között is indítható például segélyhívás a mobil készülékről akkor is, ha normál hívásra a hálózatot nem éri el. A 3GPP TS05.08 szerinti a bázisállomás által állandóan kisugárzott paraméterek (MCC, MNC, LAC, CELL_id, RSSI, Channel stb.) tartalmaznak olyan információkat, amikből lehetőség van becsülni azt, hogy éppen milyen távolságban tartózkodunk az ott található bázisállomásoktól.

Az előzőekben hivatkozott szabványrészlet a következő adatokat tartalmazza.

[MCC],[MNC],[LAC],[cell],[BSIC],[chann],[RSSI],[C1],[C2]
például:
216,30,001E,2B21,10,741,26,16,24

- **MCC** (Mobile Country Code)
Mobil országkód, melynek hossza 3 számjegy, és egyértelműen meghatározza a mobil előfizető hálózata szerinti országot. A kódokat az ITU jelöli ki. Magyarország kódja: MCC=216.
- **MNC** (Mobile Network Code)
Mobilhálózati kód, melynek hossza 2 számjegy. Az MNC az MCC-vel együtt egyértelműen meghatározza a telefonszolgáltatást igénybe vevő végberendezés vagy előfizető honos hálózatát. Az MNC az MCC-vel együtt, a mobil szolgáltatást nyújtó hálózatokkal jelzésteknikailag kompatibilis szolgáltatás nyújtása céljából egyértelműen azonosíthat helyhez kötött telefonhálózatot, vagy hálózat csoportot is. A mobilhálózati kódot a hatóság jelöli ki. A kijelölés feltételeit külön jogszabály tartalmazza.
A T-Mobile kódja pl.: MNC=30.
- **LAC** (Location Area Code)
4 számjegyből álló azonosító, ami egy nagyobb terület azonosítására szolgál. A példa szerinti sorban LAC = 0x001e.
- **CELL** (cell identifier)
4 hexadecimális számjegyből álló azonosító, ami azonosítja a cellát.
A példa szerinti sorban CellID = 2B21.
- **BSIC** = NCC + BCC
National Colour Code, a GSM PLM azonosítója. E kód az országhatár két oldalán lévő PLMN üzemeltetőket különbözteti meg.
- **Chann** ARFCN (Absolute Frequency Channel Nr.)
A frekvenciasáv kódja, amelyen az adó sugároz.
- **RSSI**
Recived signal level of BCCH carrier (0..63).
Az értéke a jel mért erősségéből dBm-ben és egy offsetből áll. Ezt az értéket a vett jel szintje alapján a mobil terminál határozza meg.
- **C1-C2**
A C1 és C2 algoritmusok által adott eredmények.
- kisugárzott teljesítmény kódja

3.1. Bázisállomás-sűrűség

A GSM sávokban (900/1800/1900 MHz), a rádióhullámok csillapítása különösen városi környezetben elég nagy ahhoz, hogy a vivőfrekvenciákat, illetve tartományokat néhány száz méteren belül ismételtelen fel lehet használni. A gyakorlatban a cellák elrendezése leginkább a forgalomsűrűségtől függ, de elméletileg jól beemutatható egy hatszögrács segítségével, melyek az egyes bázisállomások által besugárzott területet reprezentálják.

A fejlettebb hálózatokban ez azonban már nem teljesen igaz, ugyanis a mobil előfizetők számának növekedésével olyan mértékben változtak egyes helyeken a forgalmi igények, hogy a korábban kiépített cellák nem mindig tudták biztosítani az elegendő szolgáltatást, ezért a szolgáltatók arra kényszerültek, hogy a cellákon belül újabb más cellákat telepítsenek. Minden szolgáltató saját cellarendszerrel rendelkezik. A szolgáltatók a teljes használható frekvenciasáv egyes frekvenciáit hasz-

nálják. A cellahálózat csak akkor működik, jól ha az azonos frekvenciát használó cellák egymástól minél messzebb kerülnek.

A cellainformációkkal kapcsolatban jelentkezik az a probléma, hogy a szolgáltatók átkonfigurálhatják az adótornyokaikat, például a nyári időszakban a Balaton körüli települések forgalma annyira megnő, hogy ez csak az hálózat átkonfigurálásával oldható meg. A szolgáltatók ezeket a változásokat azonban igyekeznek a minimumon tartani, a 7-es jelzésrendszer kötöttségeire való tekintettel [2,3].

A világon jelenleg több mint 3 millió bázisállomás van telepítve, ezek közül körülbelül 10 ezer az, aminek időszakonként változtatják a konfigurációját. Túlnyomórészt nem a változtatás, hanem a bővítés jellemző a hálózatra. A teljes hálózat egyidőben történő átkonfigurálása a belső kapcsolati hálózat üzemeltetési nehézsége miatt sem lehetséges. A pozíció meghatározásnál kiküszöbölhető ez a kisebb, mint 1% változás.

Az Üllői út egy szakaszán a Ferenc körút és a Nagyvárad tér között többször végigmentünk egy olyan műszerrel, ami másodpercenként képes rögzíteni a hely GPS koordinátáit, a 3GPP ajánlásnak megfelelő GSM bázisállomások kisugárzott jellemzőit és a mobilkészülék által mért vételi télerő-szintértéket. A többszöri mérés eredményeiből átlagolással meghatároztuk 10-15 m-es szakaszonként az arra a szakaszra jellemző vételi szinteket.

Az összes eredményből néhány jellemző adatsort mutat be a 1. ábra. A Cella I és a Cella III az út mellett nem feltétlenül az út forgalmának kiszolgálására tervezett, de ott is jelentős szinten vehető bázisállomás jelzőcsatornájából származik. Cella IV, Cella VII az Üllői úton hosszabban elhelyezett sektorsugárzóból származó vételi szint. A Cella VI egy valószínűleg a következő szakaszra irányított sektorsugárzó jeléből volt látható. A Cella II, Cella V, olyan bázisállomás jele, ami valamilyen távolabbi területről érkezik és szakaszosan látható a vizsgált szakaszon.

Összességében a lenti ábra szemlélteti, hogy a vizsgált szakasz minden egyes részén több egymástól független bázisállomással való kapcsolatteremtés lehetséges. Az összes általunk gyűjtött adat feldolgozásakor megállapítottuk, hogy minden mérési ponton 3-7 bázisállomás jelzőcsatornája látszik a mobilkészülék vételi tartományában. Ez a sokszínűség és bonyolultság ad lehetőséget arra, hogy nagy pontosságú helymeghatározást végezzünk GSM készülék segítségével.

Hazánkban külön függetlenül kiépített cellarendszerrel rendelkeznek a szolgáltatók, ami azt jelenti, hogy egymástól részben független cellahálózatot épített ki a Pannon, a Vodafone és a T-Mobile. Ennek kihasználása tovább pontosíthatja a helymeghatározást.

A hivatkozott szabvány alapján a mobil készülékek a nem honos hálózat bázisállomásainak jeleit is venni tudja. Ez az alapja a külföldi barangolásnak is.

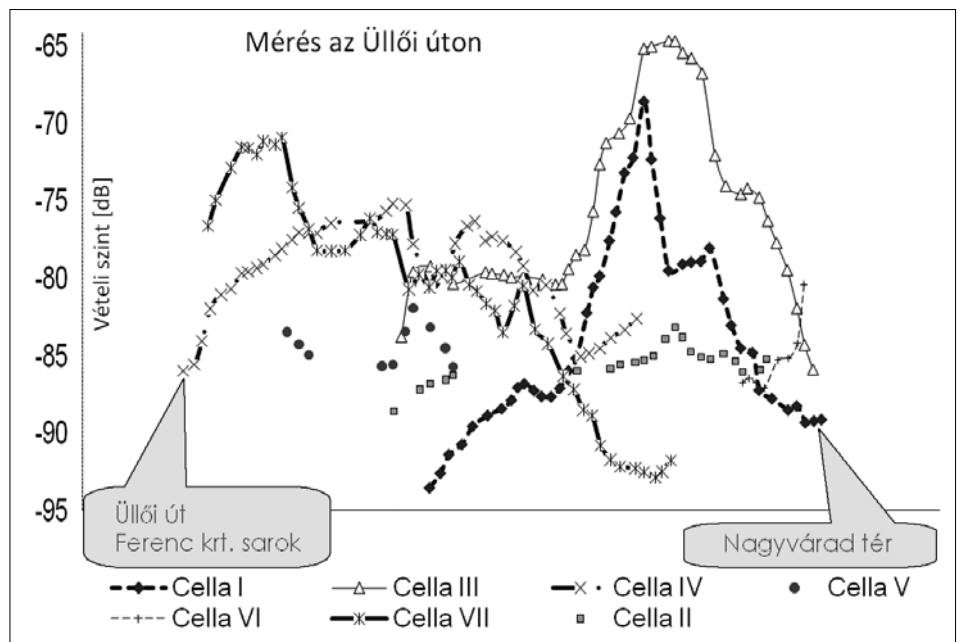
3.2. Beltéren

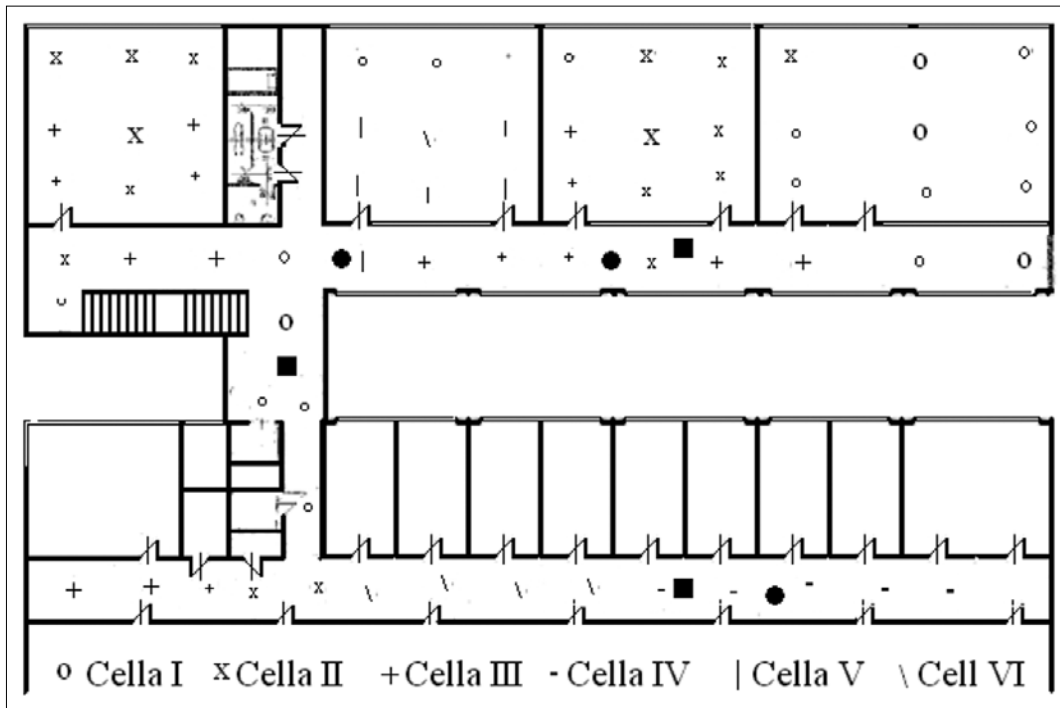
Mivel a telefonkészülék épületen belül is képes a működésre ahol lefedettség van, így ott is elérhetőek azok a jelzőcsatorna információk, melyek segítségével helymeghatározás lehetséges.

A 2. ábra az ITK épületében elvégzett mérés eredményei alapján készült. A fizikai referenciakoordináták az épületen belül természetesen nem mérhetőek GPS rendszer segítségével. A fizikai helymeghatározásra az alaprajzot használtuk.

A felvett adatok alapján készült el az ábra, mely azt mutatja, hogy a belső területeken lehetséges a mobiltelefon használata, de az egyes folyosókon, termekben különböző bázisállomások látszanak a legnagyobb térerővel. A különböző cellákat különböző jelekkel (o, x, + stb.) jelöltük, míg a jelzőcsatornán érkező rádióhullámok vételi szintjét a jelek nagyságával érzékeltetjük. Ezen túlmenően a mérési eredmények azt is mutatták, hogy minden egyes mérési ponton több bázisállomás jele is „látható”.

1. ábra
GSM vételi viszonyok az Üllői út egy szakaszán. Megfigyelhető a bázisállomások vételének helyfüggősége, amely a helymeghatározást lehetővé teszi.





2. ábra
GSM vételi viszonyok az ITK épületében, csak a kiszolgáló cellát jelölve, a vételi térrőt a szimbólum mérete jelzi

A tapasztalatok szerint a csak egyetlen kiszolgáló cellát használó helymeghatározási módszerek (például Google) épületen belül kis távolságokon nagy eltérést mutatnak.

A helymeghatározásnak a cikkben leírt módszere csak a mobil készülék használatával lehetséges, ami azt is jelenti, hogy a készülék tulajdonosa, felhasználója teljes mértékben kontrollálhatja a működést, mivel a hálózatüzemeltetőnek nem küld adatokat. A hálózatüzemeltető nem is tudhat arról, hogy a felhasználó éppen helymeghatározást végez. Az érzékeny személyes adatok körébe eső információkat a felhasználó helyzetéről a módszer nem teszi ki kockázatnak, hiszen a szükséges mérést a mobilkészülék tudja elvégezni.

4. A méréshez használt eszközök

A helymeghatározáshoz használt cellainformációk minden telefonkészülékben rendelkezésre kell, hogy álljanak, hiszen e nélkül nem lenne lehetséges a mobil kommunikáció. Sok telefonból egyszerűen le is kérhetőek. A mérések során mi a Falcom cég Samba75 típusú készülékét [5] használtuk GSM hálózati adatok meghatározására (3. ábra).



3. ábra A méréshez használt GSM készülék

A készülék képes működni a GSM 850, GSM 900, DCS 1800 és PCS 1900 MHz-en. Valamint lehetőségünk van egyszerű AT parancs segítségével lekérni az összes számunkra lényeges információt.

A helyzetadatokat GPS készülék segítségével mérjük. Ezeket a mérési eredményeket tekintettük referenciaadatoknak. A mérések során mi a Falcom cég FSA01 típusú GPS eszközt használtuk [6]. A GPS eszköz soros vonalon NMEA protokoll használatával folyamatosan kiadja az általa érzékelt adatokat, miután sikerült a megfelelő műholdak jeleit szinkronizálni.

A Híradástechnika folyóiratban korábban ismertetett módszerekkel [1], valamint a rádiós terjedés leírásából származó távolságmeghatározás segítségével a GPS abszolút helymeghatározással összemérhető pontosságú mérést lehet megvalósítani. Módszerünkkel nagyvárosi környezetben szabadtéren, épületen belül és a városon kívül pedig a lakott és emberek által gyakran használt területeken néhány méter, esetleg 100 méteres pontossággal lehet behatározni a készülék helyét.

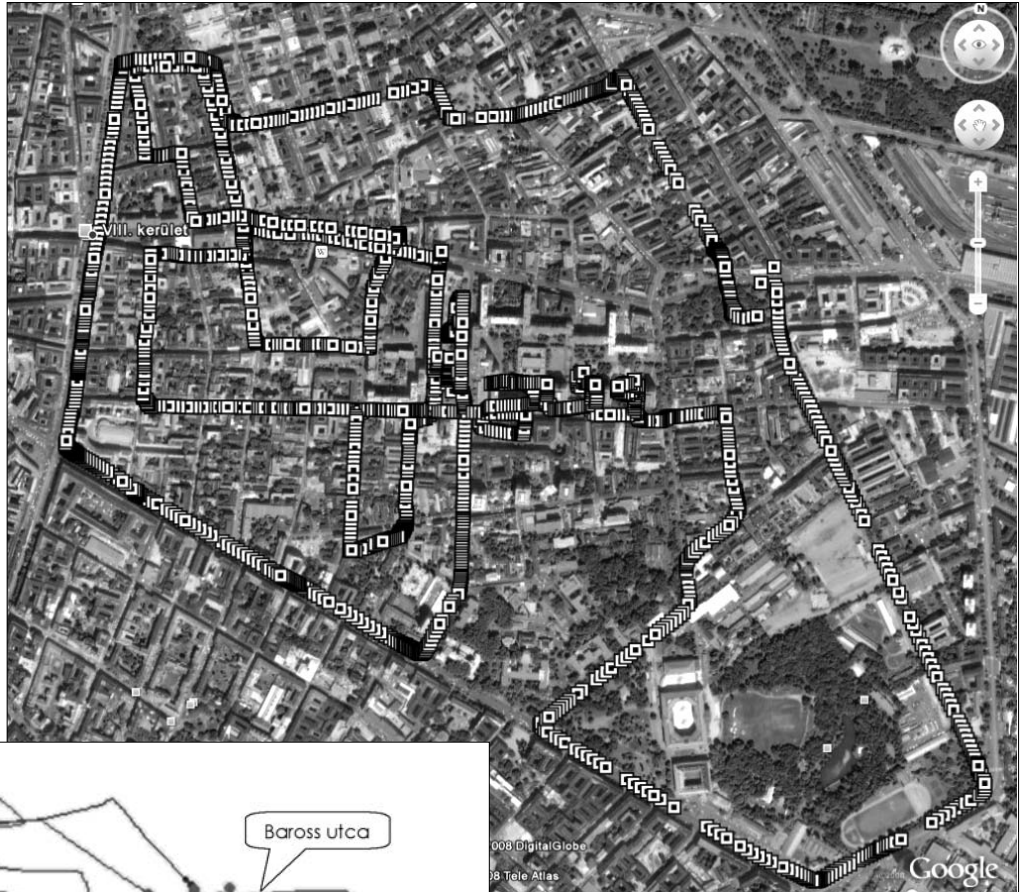
5. Mérési eredmények

5.1. Helymeghatározás épületen kívül

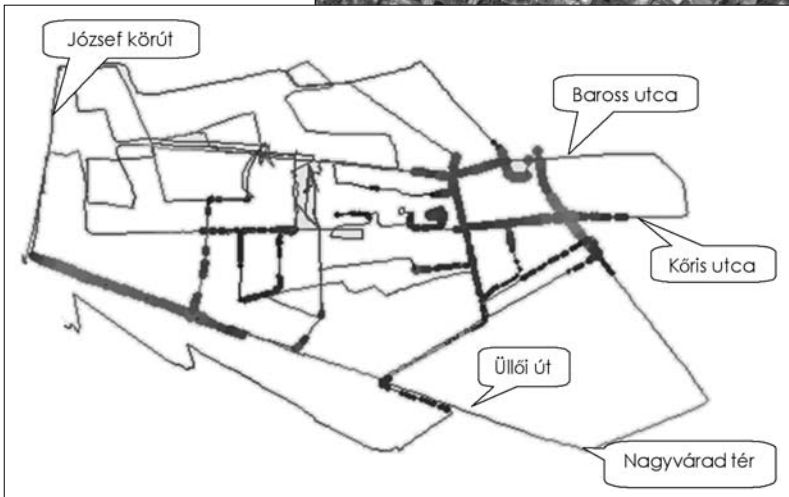
Az előzőekben ismertetett mérési elvek alapján nagyobb területen is elvégeztük a helymeghatározási feladatokat. Első lépésként készítettünk egy adatbázist, mely tartalmazza az egyetemünk környékének GSM és GPS adatait. A GPS adatokat a helymeghatározás ellenőrzésére használtuk referenciaadatként. Az ilyen módon elkészített adatbázis alapján lehetőség van a GSM alapú helymeghatározás hibájának meghatározására.

Egy helyszínen GPS és GSM adatokat mérünk. A mért GSM adatok és az adatbázis felhasználásával meghatározzuk a mérési pont fizikai helyét. A meghatározó

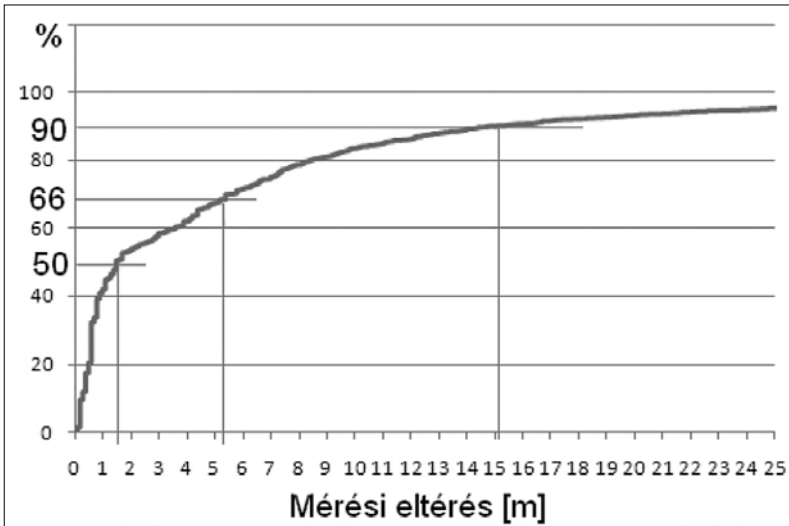
5. ábra
A teszteléshez használt pontok



4. ábra
Két bázisállomás mérésekből látható karakterisztikája: egy körsugárzó és egy szektorsugárzó



6. ábra
Külféren elvégzett mérés eredményei, azaz hány százalékban volt a mérési pontosság az adott távolság alatt.



zott fizikai hely koordinátáit a mérési pont GPS koordinátáihoz hasonlítva megkaphatjuk a GSM alapú helymeghatározás hibáját.

A mérés során használt adatbázis 12386 mérési pont adatait tartalmazza, melyből a tesztelésre véletlenszerűen kiválogattunk 4000 adatot.

A 4. ábrán látható a teszteléshez használt adatbázis két jellegzetes GSM bázisállomás sugárzási karakterisztikát mutat. A Kőrös utcában látható egy tipikus körsugárzó sugárzási karakterisztikája. Az ábrázolás során a vonal vastagodása jelzi a vételi szint növekedését. Az Üllői úton egy tipikus szektorsugárzó vételi szintje látható, ez a sugárzási jellemző látható az 1. ábra Cella IV elnevezésű karakterisztikáján is.

Az 5. ábrán a teszteléshez használt pontok láthatók térképen elhelyezve.

A 6. ábrán láthatjuk azt, hogy a 4000 mintából vett teszt esetén a minták 50%-ban 1,5 m, 66%-ban 5,3 m és még a 90%-ban is 15,1 méter alatt volt a mérésünk bizonytalansága.

A tesztelés során Budapest VIII. kerületében dolgoztunk, ahol nagy a bázisállomások sűrűsége, ami jelentősen javítja a mérés pontosságát.

5.2. Helymeghatározás épületen belül

Miután a szabadtéri mérések elég biztató eredményeket hoztak, megvizsgáltuk azt, hogy épületen belül tudunk-e elegendő adatot összegyűjteni ahhoz, hogy kellő pontossággal meghatározzuk a helyzetünket. A külső mérésekhez használt programot módosítanunk kellett, hiszen épületen belül nem állt rendelkezésünkre semmiféle GPS adat, így ezeket nem tudtuk használni. Ezért a lehető legegyszerűbb módszert választottuk. Digitalizáltuk az egyetem alaprajzát és az épületben sétálva a megfelelő helyet megadva felvettük az ott jellemző GSM adatokat.

A korábbi, 2. ábrán láthatjuk a szerzők által fejlesztett MobileInside program eredményeit az ITK épületnek 4. emeleténél mért adatokkal. Érdekes megfigyelni, hogy egy vasbeton épületben is gyakorlatilag teljes a vételi lehetőség, pedig a rádióhullámok kizárólag az ablakokon tudnak bejutni. A mérési eredményekből láthattuk, hogy egyetlen szinten is 12 különböző cella jelei biztosítják a vételi lehetőséget.

Az ábrán a „Cella I”-nek nevezett és ábrázolt jel az egyetemen szomszédos ház tetején elhelyezett bázisállomástól származik. Megfigyelhető, hogy a „Cella I”-es jel csak az észak-keleti sarokban, illetve annak környékén érzékelhető, nem terjed túl a vasbeton válaszfalakon. A képen lévő három nagy sötét pont mérés pillanatában elfoglalt helyünket mutatja, míg a nagy sötét négyzet a GSM adatok felhasználásával meghatározott helyzetünk lenne. A mérés eltérése minden esetben kisebb, mint 2,5 méter, ami azt érzékelteti, hogy a rendszer belső térben is jól alkalmazható helymeghatározásra.

További mérésekkel folyamatosan gazdagítjuk a tapasztalatainkat a változatos épületszerkezetek közötti vizsgálatokkal.

6. Alkalmazhatóság

A bemutatott helymeghatározási rendszer nagy előnyének tekinthető, hogy meglévő eszközöket használ, úgy mint mobiltelefon hálózat, mobiltelefon készülék, így alacsony beruházási ráfordítással sokat számára elérhető helymeghatározási szolgáltatás valósítható meg.

A helymeghatározás jellegéből adódóan városban, lakott területen nagy pontossággal megvalósítható, jól használható turisztikai jellegű információ-szolgáltatásokkal kapcsolatban. Lehetőséget ad az adott város nevezetességeinek felkeresésére az eltévedés veszélye nélkül. Ugyanez a rendszer biztosítja azt a lehetőséget is, hogy zárt helyen akár egy múzeumban, vagy képtárban vezesse a vendégeket.

Hasonló ehhez a funkcióhoz, hogy egy nagy bevásárlóközpontba érkező vevő a lehető leghamarabb eljusson az általa kiválasztott célhoz, vagy helyfüggő szolgáltatásokat kérjen.

Lehetséges olyan információs szolgáltatás kialakítása, mobilhálózat és adatbázis szerver igénybevételével, ami ad-hoc jelleggel ad eligazítást a legközelebbi

étteremről, pizzériáról, sörözőről. Ebben az esetben olyan jellegű kérdésre képes egy ilyen rendszer választ adni, hogy „hol találok a legközelebbi ... szolgáltatót?”.

Könnyen, minimális beruházással lehetséges nagyrészt városban működő autóflootta időszaki megfigyelése, irányítása, a megtett útvonal regisztrálására.

A rendszer rendkívüli előnye, hogy bármely módszerünkkel csak a felhasználó kérésére és ellenőrzése mellett történik a helymeghatározás, így a pontos helyzete vonatkozó érzékeny személyes adat nem kerülhet más birtokába. A rendszer nem használható személyek jogosulatlan követésére, vagy megkeresésére.

Köszönetnyilvánítás

A Projektet a Mobil Innovációs Központ finanszírozta. A szerzők ezúton is kifejezik köszönetüket a támogatásért.

A szerzőkről

BÁNYAI BALÁZS ötödéves informatikus hallgató, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai karán. Önálló kutatási területként két éve foglalkozik GSM adatátviteli eljárások felhasználásával, azok tulajdonságainak megismerésével.

FELDHOFFER GERGELY programtervező matematikus, diplomáját az Eötvös Loránd Tudományegyetem Informatikai Karán 2004-ben szerezte meg. Jelenleg a Pázmány Péter Katolikus egyetem doktorandusza. Kutatási témája a jelfeldolgozás, főként az audiovizuális beszédfeldolgozás. E témában írt cikkéért 2006-ban elnyerte a Pollák-Virág díjat.

TIHANYI ATTILA okleveles villamosmérnök. A Budapesti Műszaki Egyetem elvégzése után 10 éven keresztül az egyetem távközlési tanszékén dolgozott és tanított, ahol távközlési adatátviteli és beszédtechnológia problémák megoldása volt a feladata. Ezt követően az ipar különböző területein mérés-technikai feladatok megoldásával foglalkozott. Jelenleg a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai Karának laborvezetője. Ebben a beosztásában 2005-óta foglalkozik a kar hallgatóinak oktatásával az infokommunikáció területén.

Irodalom

- [1] Takács György,
Helymeghatározás mobiltelefonnal és mobil hálózattal,
Híradástechnika, Vol. LXIII, 2008/8, pp.20–27.
- [2] A 7-es jelzés rendszer specifikációja,
<http://www.nhh.hu/dokumentum.php?cid=10750>
- [3] Russell, Travis,
Signaling System #7,
4th edition, McGraw-Hill, New York, 2002.
- [4] 3GPP Technical Specification, 3GPP TS 05.08.
- [5] SAMBA75 –
Integrated Quad Band GSM/GPRS/EDGE Engine,
<http://www.falcom.de/products/mobile-data/samba75/>
- [6] FSA01 – FALCOM Smart antenna,
<http://www.falcom.de/products/gps-modules/fsa01/>
- [7] Google Mobile Maps:
<http://www.google.com/gmm>