

# WLANpos: Wi-Fi alapú beltéri helymeghatározó rendszer

NÉMETH LÁSZLÓ HARRI, KIS ZOLTÁN LAJOS, SZABÓ RÓBERT

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék  
{nemethl, kiszl, robert.szabo}@tmit.bme.hu

Lektorált

**Kulcsszavak:** vezeték nélküli hálózatok, Wi-Fi, helyfüggő szolgáltatások, helymeghatározás, pozicionáló algoritmus

A vezeték nélküli számítógép-hálózatok elterjedése a vezeték nélküli technológia folyamatos fejlesztésének köszönhetően ma már hétköznapiak számát. Képesek felvenni a versenyt a vezetékes szolgáltatásokkal mind kapacitás, mind megbízhatóság tekintetében, miközben a felhasználó szabadon helyet változtathat. Ehhez kapcsolódóan alakult ki a felhasználó pozíciójától függő szolgáltatások köre. Szükségessé válik egy helymeghatározó rendszer kialakítása, amely beltérben is használható és megfelelő pontossággal rendelkezik ahhoz, hogy a rá épülő alkalmazások igényeit kiszolgálja. Célunk egy Wi-Fi hálózat és egy szabványos Wi-Fi eszköz segítségével a felhasználó helyének lehető legpontosabb meghatározása volt. A problémára született megoldások általában drágák, nagy számítási igénnyel rendelkeznek, vagy csak korlátozott térben alkalmazhatók. A BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén kifejlesztett WLANpos egy teljes értékű alkalmazás, amely megfelelő megoldást igyekszik kínálni; képes térképek megjelenítésére, rajzolására és persze a pozicionálás eredményének megjelenítésére is.

## 1. Bevezetés

A helyfüggő szolgáltatások és a mindent körülvevő számítástechnikai elképzelések méginkább szükségessé teszik egy helymeghatározó rendszer kidolgozását, mely beltéren is megfelelő pontossággal rendelkezik. A GPS vagy a mobiltelefon hálózatok egyelőre nem képesek megfelelni ennek az elvárásnak, az egyre nagyobb lefedettséggel bíró WLAN segítségével történő pozicionálás viszont igen. A WLAN szabványok egy fajtája a Wi-Fi-nek nevezett szabvány.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén végzett fejlesztés célja egy Wi-Fi hálózat és egy szabványos Wi-Fi eszköz segítségével a vevő, azaz a felhasználó helyének lehető legpontosabb meghatározása. Már születtek megoldások erre a problémára, de általában drágák és csak korlátozott térben alkalmazhatók. A TMIT-en fejlesztett WLANpos próbál az igényeknek minél inkább megfelelő megoldást kínálni.

A megfelelő pozicionáló megoldás megtalálásához több helymeghatározási módszert is ki kellett próbálni, megvalósítani majd értékelni. A WLANpos alkalmazás egy teljes értékű alkalmazás, a pozicionáláson kívül képes térképek megjelenítésére, térképrajzolására, mérési adatbázis létrehozására.

## 2. Helyfüggő szolgáltatások

A mobil életmód kapcsán különösen fontos jelentőséggel bír aktuális tartózkodási helyünk az információszerzés és továbbítás szempontjából. Este az ország másik végében az úton haladva fogytán a benzinünk, de nem tudjuk, hogy hol találjuk a közelben a megszokott benzinkút-hálózatunkat.

A kérdés megválaszolásához a megoldást a helyfüggő szolgáltatások nyújtják, melyeket a következő főbb csoportokra oszthatunk fel [1]:

- **helyfüggő információk:** időjárás-előrejelzési adatok, közlekedési, forgalmi információk, szolgáltatási információk a közelben található üzletekről, bankokról, éttermekről, szálláshelyekről;
- **helyfüggő számlázás:** hívás-kezdeménnyezés és -fogadás helye alapján különböző díjzónák;
- **segélynyújtó szolgáltatások:** aktív és a passzív segélyhívások pontos helyéről információ eljuttatása a hívást fogadó szolgálat számára;
- **követés:** gyermekek, idős személyek követése biztonsági szempontból, állatok vagy járművek követése, például lopás esetén;
- **helyfüggő marketing és kereskedelem:** áruházak, kereskedők a vonzáskörzetükbe érkező mobil eszközök kijelzőjén hirdetéseket, reklámokat jelenítenek meg;
- **játékok, szabadidős alkalmazások:** helyfüggő stratégiai játékok;
- **barátkeresés:** olyan ismerősök keresése, akik a közelben tartózkodnak – Japánban már létező, ismert szolgáltatás.

## 3. A WLAN-okról

A WLAN-ok éppen olyan hálózatok, mint a LAN-ok (Local Area Network), csak az eszközök közötti átviteli közege nem vezetékes. Általában ezek a hálózatok egy nagyobb LAN részét alkotják.

Ha létezik központi elem, legalább egy elérési pont (AP, Access Point), melyhez a csomópontok kapcsolódnak, akkor infrastruktúra-alapú (Infrastructure-based) hálózatról beszélünk. Az AP-khoz kapcsolódnak a mobil

kliensek (MC, Mobil Client) tipikusan egy laptop vagy egy PDA (Personal Digital Assistant) WLAN kártyával. Ahhoz, hogy a WLAN hálózat használható legyen, AP-kat kell elhelyezni az épület különböző pontjain. Az AP-k többnyire Ethernet kábelekkel vannak összekapcsolva egymással, a helyi LAN hálózattal, egyéb hálózati eszközökkel és az Internettel.

#### 4. Helymeghatározás WLAN-nal

Számos különböző megközelítése van a mobil eszközök helymeghatározásának. Három nagy csoportba sorolhatjuk a megoldásokat: távolságvizsgálat, hely- (helyszín-) analízis és háromszögelés.

A távolságvizsgálat módszere úgy működik, hogy mérjük a jel erősségét az adó és a vevő helyén. A kető között lévő különbségből meghatározható a távolság, amit a hullám a levegőben megtett. Hasonló elven működő, WLAN-nal történő helymeghatározás esetén így megkaphatjuk az MC AP-hoz viszonyított relatív helyét.

A hely-analízis során egy külső pontból mérjük, figyeljük az eszköz pozícióját. A Microsoft által fejlesztett RADAR [2] rendszer méri az eszköz jelerősségét egy adott pontból és ez alapján helyezi el az MC-t egy épülethez viszonyított koordináta-rendszerben.

A háromszögelési módszerek két részre oszthatók. Az iránymérésen alapuló technikák az eszköz adott pontoktól való iránya alapján számolnak, míg a távolságmérésen alapulóak a tárgy távolságát határozzák meg rögzített pontoktól, ez alapján számítanak. Az irányméréshez irányított antennákra van szükség, szabványos Wi-Fi eszközök használata esetén ezért ez a módszer nem jöhet szóba. A távolságmérésen alapuló megoldások több meghatározott helyen lévő adó és a vevő közti távolságok mérésével számolják az eszköz helyét. A helymeghatározás a jel erősségének, fázisának vagy késleltetésének mérésével történhet. Rádióhullámok terjedési sebessége ismeretében, ha pontosan le tudjuk mérni az időt, amíg a jelek az adótól a vevőbe elérték (Time Of Arrival, TOA) akkor megkaphatunk az adó körül egy  $r$  sugarú kört (vagy gömböt) és ezen a körön helyezkedik el az eszköz. Több ilyen kör (vagy adott esetben gömb) metszéspontja jelöli ki a pozíciót.

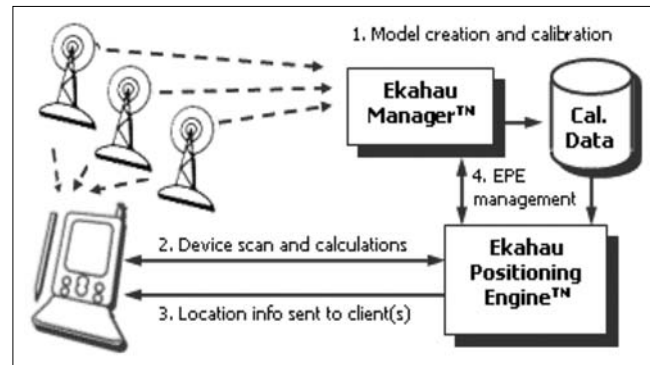
### 5. Létező megoldások Wi-Fi alapú pozicionálásra

#### 5.1. Ekahau

Következőkben néhány kereskedelmi, WLAN hálózatot használó helymeghatározó rendszer működését tekintjük át. Az első a finn Ekahau cég által fejlesztett rendszer, amely több WLAN szabvánnyal (pl. 802.11, HIPERLAN) is képes együttműködni. A rendszert arra tervezték, hogy a GPS szolgáltatásait nyújtsa épületeken belül is. A rendszer a pozicionáláshoz a szabványos Wi-Fi hálózattal együttműködni képes, opcionális

T301-es TAG-eket is használhat. Ezek egyszerű eszközök, amelyeket a pozícionálódó tárgyra, eszközre, személyre lehet rögzíteni. A rendszer három alkotórésze osztható: Ekahau Kliens, Ekahau Pozicionáló, Ekahau Manager, melyek kapcsolatát az 1. ábrán láthatjuk..

1. ábra Az Ekahau architektúrája



#### 5.2. LOCUS

A Worcester-i Politechnikumban készült LOCUS [3] szintén a mért jelerősség alapján végzi a pozicionálást. Itt létezik egy kalibrációs fázis. A programhoz tartozó grafikus felületen a kalibrációt elindítva megadhatjuk az épületet és a szintet, ahol méréseket szeretnénk végezni. A megadott pontokban mind a négy irányban el kell végeznünk a mérést, majd a program átlagolja ezeket és a pont koordinátaival együtt eltárolja azt egy adatbázisban.

A helymeghatározó algoritmus két fázist különböztet meg. Az első fázisban a rendszer azt a térképet (szintet) határozza meg, ahol a felhasználó tartózkodhat. A második fázisban a térkép meghatározása után a felhasználó pontos helyét határozza meg.

Az első fázis alatt a mért adathalmazból kiválasztunk három AP-t. Az adatbázisból kiszűrjük azon pontok halmazát, melyekhez tartozó jelerősség értékek között mindhárom AP-hoz tartozó érték szerepel. Az így kapott adatbázisból a mért értékektől a megadott határértéknél kisebb mértékben eltérő pontokat választja ki. Ezután az algoritmust addig ismételjük, míg csak egy pont marad. Így megkapjuk, melyik térképen lehetünk. A második fázisban a kiválasztott térképen felvett pontok között keresünk ugyanezzel a rekurzív módszerrel.

#### 5.3. Locadio

A Microsoft fejlesztése a Locadio nevű rendszer [4]. Ez a mi céljainkhoz hasonlóan csak a meglévő 802.11 infrastruktúrát használja fel a helymeghatározáshoz. A rendszer a pozícion kívül képes megállapítani, hogy a felhasználó éppen egyhelyben áll, vagy mozog. Hogy mozog-e a felhasználó, azt egy kétállapotú Markov-modell alapján döntenek el, a pozíciót pedig egy másik Markov-modell segítségével határozzák meg, ami az AP-k jelerősségeinek a helyváltoztatással történő változásait használja ki.

A Locadio csak a kliens oldalon használ erőforrásokat. Nincsenek központi szerverek, sem az AP-kon futó

alkalmazás, ezáltal növelve a rendszer biztonságát. Az általunk fejlesztett rendszer is ezen alapelvet alkalmaztuk.

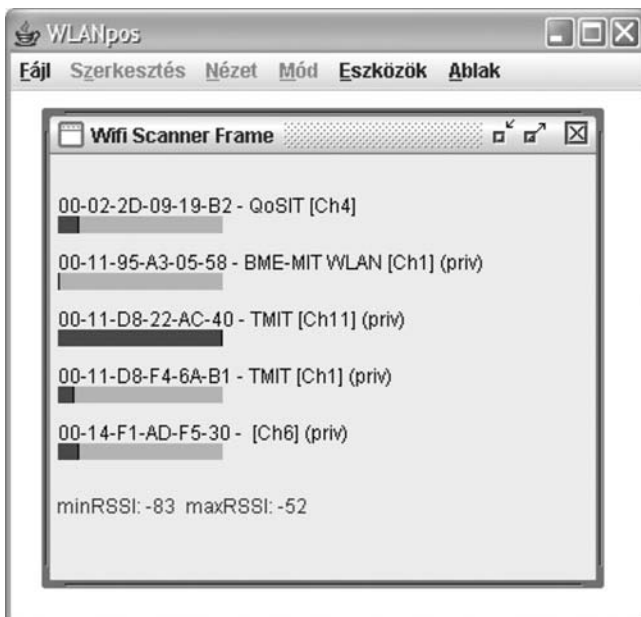
A Microsoft kutatói arra a megállapításra jutottak, hogy ha mozog a Wi-Fi vevő, az AP-k mérhető jelerőssége nagyobb mértékben ingadozik, mintha egyhelyben állna. Ennek alapján pozicionáláskor egy algoritmus végzi a döntést a felhasználó mozgásállapotáról: ha a jel nagyobb amplitúdóval, de alacsonyabb frekvenciával változott, akkor az azt jelenti, hogy a vevő áll, míg ha kisebb amplitúdóval, de gyorsan ingadozott, akkor mozog.

A felhasználó pozíciójának és mozgásának modellezéséhez rejtett Markov-modellt használtak. Ez egy olyan Markov-lánc, amelynél az aktuális állapotot nem ismerjük, csak az átmenetvalószínűségeket és bizonyos paramétereket, amelyekből egy algoritmus segítségével a Markov-lánc állapotát megbecsülhetjük. A Locadio rendszer empirikus módon működik, a pozicionáláshoz egy előzetes adatgyűjtés szükséges.

A pozicionálás működéséhez szükség van egy gráfra, ami az épület topológiájához igazodik. A gráf csomópontjai azok a pontok, ahol méréseket végeztünk, az élek pedig az egyes helyiségek közötti átmeneteket jelentik. Ez a gráf a Markov-lánc állapotgráfja is egyben. Az élek elhelyezkedése a gráfban nyilvánvalóan attól is függ, hogy milyen sűrűn vesszük fel a pontokat a térképen, ez viszont a pozicionálás pontosságát is befolyásolja.

A Markov-lánc állapotátmenet-valószínűségei a mintavételi frekvenciától (vagyis a Wi-Fi jelerősségek olvasásának gyakoriságától), a felhasználó mozgásától, a mérési pontok fizikai távolságától és az épület topológiájától függenek. (Nyilvánvaló például, hogy kicsi a valószínűsége annak, hogy rövid idő alatt a felhasználó olyan pontok között mozog, amelyek fizikailag, vagy az épület topológiája miatt távol vannak egymástól, egymáshoz közeli pontok között viszont nagyobb a mozgás valószínűsége.)

2. ábra A WifiScanner programrész



## 6. A WLANpos

A munka során egy pozicionálásra alkalmas, bárki által könnyen használatba vehető szoftver fejlesztése volt a célunk, jelen cikk célja azonban elsősorban magának a pozicionáló motornak és algoritmusnak az ismertetése. Mindazonáltal fontos említést tenni a szoftver egyéb funkcionalitásairól is, amelyek lehetővé tették a pozicionáló algoritmus implementálását, pontosságának vizsgálatát. A WLANpos szoftver a következő főbb funkciókkal rendelkezik:

- térképrajzolás,
- felmérés,
- pozicionálás,
- hibamérés,
- Wi-Fi AP-k jeleinek figyelése (2. ábra).

## 7. A pozicionálás működése a WLANpos-ban

A pozicionáló algoritmus kifejlesztése során fokozatosan egyre bonyolultabb megoldások kidolgozásában gondolkodtunk, azt remélve, hogy egy összetettebb algoritmus nagyobb pontosságot eredményez majd. A következőben két különböző algoritmus ismertetése következik. A rendszer megalkotása során a legelső általunk kifejlesztett algoritmus egy könnyen érthető és implementálható, NNSS-en (Nearest Neighbour in Signal Space – legközelebbi szomszéd a jelerősség-térben) alapuló megoldás volt, amely a mérési eredményeink szerint kis pontosságot biztosított, de a fejlesztés első lépésében megfelelőnek bizonyult. A második, részletesen ismertetett algoritmus egy jelerősségi valószínűség-eloszlást használó megoldás, amely már pontosabbnak bizonyult, de egyúttal a számítási igényei is nagyobbak. A két megoldás pozicionálási pontosságának vizsgálatával elért eredményeket a következő szakasz tartalmazza.

Az első algoritmusunk lényege, hogy az AP-k jelerősségeit úgy képzeljük el, mint egy vektor komponenseit, vagy másképpen fogalmazva; pont koordinátákat egy térben. Ha rendelkezésre áll  $n$  darab AP, akkor egy adott pozícióban mért jelerősség-adatok kijelölnek egy pontot egy  $n$  dimenziós térben. Az adatfelvétel úgy történik, hogy a programmal a felhasználó bizonyos pontokon fix számú mérést végez. A mérés eredményeként létrejött naplófájlban a mért jelerősség-értékek mediánja szerepel minden egyes AP-ra, mérési pontonként külön-külön. (Használhatnánk átlagértékeket is, a medián azért előnyösebb, mert az AP pillanatnyi kiesését, illetve a jelerősség-értékek rövid időtartamú ugrálását könnyebben kiküszöböli.) Pozicionáláskor sem az éppen az adott pillanatban mért értékeket használjuk, hanem az elmúlt néhány, például tíz mérés eredményének a mediánját számoljuk ki minden egyes AP-re.

Pozicionáláskor a mért és a naplófájlban eltárolt jelerősségvektorokat hasonlítjuk össze egymással és amelyik eltárolt vektorhoz a legközelebb vannak az éppen mért értékek, arra a pontra pozicionálunk. A távolság megállapításakor euklideszi távolságot számítunk.

A megvalósítás során azonban egyéb problémák is jelentkeznek. A különböző típusú Wi-Fi kártyák a jelerősség-értékeket nem azonos skálázás szerint adják vissza. Emiatt egy adott kártyával készült mérési logfile nem használható egy olyan kártyával történő pozicionáláskor, amely teljesen más értékeket ad vissza. A problémára egy lehetséges megoldás, hogy különböző kártyákhoz külön logfile-okat készítünk, és pozicionáláskor az adott típusú kártyának megfelelő logfile-t használjuk. Egy másik lehetséges megoldás, hogy már adatfelvételkor százalékos értékekre alakítjuk a jelerősségeket. Ez utóbbit használtuk az első pozicionáló algoritmusnál.

Algoritmusunk valójában nem is a tárolt és a mért értékek közti különbség alapján számolja az euklideszi távolságot. Veszi az  $n$ -edik és az  $(n+1)$ -edik AP mért értékének hányadosát, majd ebből kivonja ugyanezen két AP-hoz tartozó tárolt érték hányadosát.

A módszerrel kivédhetjük azokat a hibákat, mikor minden AP jele ugyanolyan mértékben csökken valamilyen külső hatásra. A módszer azonban jelentősen befolyásolja az egyes AP-k jelének súlyát az euklideszi távolság kiszámolásánál. Ezért a következő módszert használja az algoritmus, amit korrekciós módszernek nevezünk:

$$D_n = \left( \frac{M_n}{M_{n+1}} - \frac{T_n}{T_{n+1}} \right) \cdot \frac{T_{n+1}}{T_n}$$

$$D = \sqrt{\sum_{n=0}^m D_n^2}$$

ahol:

$D_n$  a távolság  $n$ -edik összetevője,

$D$  az euklideszi távolság,

$M_n$  az  $n$ -edik AP mért jelerőssége,

$T_n$  az  $n$ -edik AP adatbázisban tárolt jelerőssége az adott pontban,

$m$  azon AP-k száma, melyeknek jelerőssége nagyobb egy definiált értéknél, de minimum 3.

A második pozicionáló algoritmusunk működéséhez meg kellett változtatnunk az adatfelvételi módszert. Ennél az algoritmusnál az adatfelvételi fázisban eltároljuk az adott pont koordinátáit, a ponton mérhető AP-k MAC (Medium Access Control) címeit és az AP-k mérhető jelerősség-értékeiből készített statisztikát. Ez a statisztika gyakorlatilag egy hisztogram, ami azt adja meg, hogy az adott ponton történt mérés során az adott AP a mérések hány százalékában milyen jelerősséggel látszott. Egy ilyen mérés eredménye látható a 3. ábrán. A program tehát valójában kiszámolja annak a valószínűségnek a becslését, hogy az adott AP adott RSSI-vel látszik. A mérés eredményéről készült logfile elején külön is eltároljuk, hogy a mérés során milyen AP-k látszottak.

Mivel az emberi test a 2,4 GHz környékén lévő frekvenciájú rádióhullámok nagy részét elnyeli, ezért az adatrögzítés során az eszköz iránya befolyásolja a mérési eredményeket, tehát ugyanazon a helyen mérhetünk különböző RSSI értékeket attól függően, hogy melyik égtáj felé nézünk. Mivel az adatrögzítés során az eszközt mindig egy ember tartja a kezében, elkerülhetetlen, hogy ne befolyásolja az eredményeket ez a jelenség, ezért a

WLANpos négy különböző irányból gyűjti az AP-k RSSI értékeit, így csökkentve az emberi test hatásait.

Amikor az új WLANpos-ban a pozicionálásra kattintunk, egy összetett algoritmus kezdődik. Ez elsőként lekérdezi a WLAN interfészről az aktuális RSSI értékeket, majd tíz ilyen lekérdezés után kiszámolja minden mért AP-ra az RSSI értékek mediánját. Ezek után egy olyan algoritmus végrehajtása kezdődik, ami egy megadott logfile-ból és az aktuális pozícióban mért értékekből (medián) kiszámolja a logfile összes pontjára annak a valószínűségét, hogy abban a pontban tartózkodunk.

Első lépésként beolvassa a naplófájl tartalmát, aminek az elején felsorolt AP-k egy listába kerülnek. Minden listaelemhez egy RSSI érték tartozik (ez kezdetben egy „NOSIGNAL” érték). Ha egy AP-t mérni tudtunk, beírjuk a listába a mért értéket. Így kaptunk egy listát, melyben a térképünkhöz tartozó logfile összes AP-ja benne van, kivéve azokat, amelyeket csak pozicionáláskor látnak, de adatfelvételkor nem.

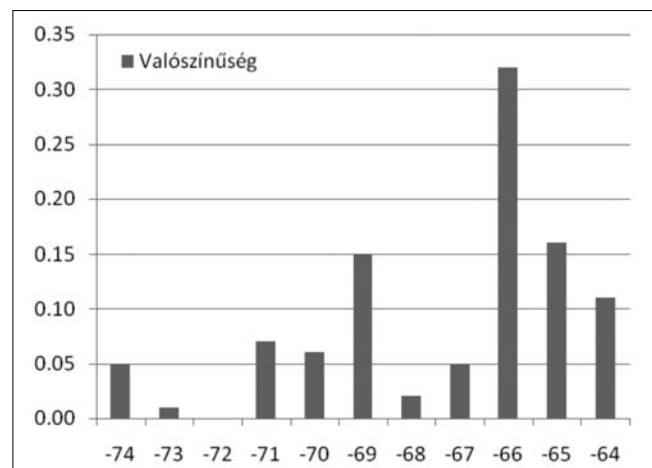
Nincs más hátra, mint a listánkban szereplő értékek és a hisztogramok összehasonlításával kiszámolni a pontok valószínűségét (4. ábra). Jelölje a pozicionáláshoz használt térkép pontjait  $X_1, X_2, \dots, X_m$ . Az előző bekezdésekben bemutatott AP-RSSI listát jelölje  $S$ , ahol  $S_1, S_2, \dots, S_m$  az egyes AP-khoz tartozó RSSI értékek. Legyen  $I$  annak az igaz/hamis értékekből álló listának a neve, ami minden AP esetén megmondja, hogy az mérhető volt-e pozicionáláskor.  $P(AP_j | X_i)$  annak valószínűsége, hogy a  $j$ . AP mérhető az  $X_i$  pontban.  $P(S_j | AP_j, X_i)$  pedig annak a valószínűsége, hogy a  $j$ . AP-t pontosan  $S_j$  térerősséggel mértük az  $X_i$  pontban.

Legyen kezdetben  $P(I, S | X_i) = 1$  minden pont esetén. Ez annak a valószínűsége, hogy az adott  $S$  illetve  $I$  listát az  $X_i$  pontban rögzítettük. Menjünk sorban végig az  $S$  illetve  $I$  listában található AP-kon a következő egyenlet alapján, így kaphatjuk meg a ponthoz tartozó igazi valószínűség értékét.

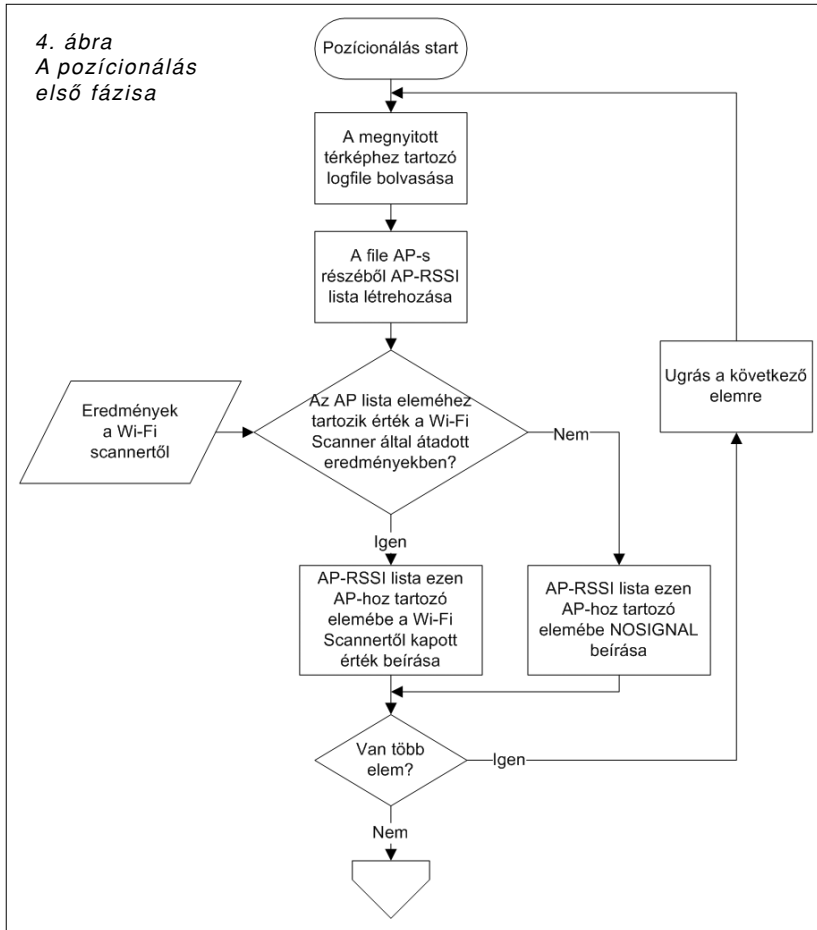
$$P(I, S | X_i) =$$

$$\prod_{j=1}^n \begin{cases} P(AP_j | X_i) * P(S_j | AP_j, X_i) & \text{Ha } I_j = \text{igaz} \\ 1 - P(AP_j | X_i) & \text{Ha } I_j = \text{hamis} \end{cases}$$

3. ábra Jelerősség-értékek hisztogramja



4. ábra  
A pozicionálás első fázisa



Tehát ha mérni tudtuk az AP-t a pozicionálás pillanatában, ellenben sosem láttuk adatrögzítés során, akkor  $P(I, S | X_i) = 0$ . Amennyiben az AP-t legalább egyszer láttuk adatfelvételkor, akkor a  $P(I, S | X_i)$ -t adó szorzat  $j$ -edik eleme egyenlő annak a valószínűségével, hogy láttuk az AP-t a logolásnál, szorozva azzal a feltételes valószínűséggel, hogy pontosan  $S_j$  térerősséggel láttuk az AP-t a logolásnál. Amennyiben nem volt mérhető az AP a helymeghatározáskor, akkor a szorzat  $j$ -edik eleme annak a valószínűsége, hogy nem láttuk az AP-t a logolásnál.

Ha minden AP-n végigértünk az AP-RSSI listában, folytathatjuk a számításokat a következő ponttal. A folyamat ezen részét az 5. ábra mutatja be. A kapott eredményeket egy újabb listába mentjük el, ami minden pont adatait és a pontokhoz tartozó valószínűséget tartalmazza.

A  $P(I, S | X_i)$  értékek tehát megmondják, mi annak a valószínűsége, hogy az adott  $S$  illetve  $I$  listát az  $X_i$  pontban rögzítettük. Mi viszont azt szeretnénk megtudni, hogy mi a valószínűsége annak, hogy  $X_i$  pontban vagyunk, ha  $S$ -t (és  $I$ -t) mértük  $(P(X_i | I, S))$ . Ahol a legnagyobb ez a valószínűség, legvalószínűbben ott tartózkodunk a pozicionálás pillanatában.

Bayes-tétele kimondja, hogy:

$$P(A | B) = \frac{P(B | A) * P(A)}{P(B)}$$

vagy más alakban:

$$P(A_i | B) = \frac{P(B | A_i) * P(A_i)}{\sum_j P(B | A_j) * P(A_j)}$$

Ezért a mi esetünkben:

$$P(X_i | I, S) = \frac{P(I, S | X_i) * P(X_i)}{\sum_{i=1}^n [P(I, S | X_i) * P(X_i)]}$$

A program feltételezi, hogy kezdetben minden pontban ugyanakkora eséllyel tartózkodhatunk  $(P(X_i) = 1/n, i=1, \dots, n)$ .

Mivel  $P(X_i)$  mindig ugyanakkora, ezért egyszerűsödik a számolás és mivel a nevező minden pontra ugyanakkora, így a  $P(X_i | I, S)$  valószínűségek nagyság szerinti sorrendjét csak a  $P(I, S | X_i)$  valószínűségek nagyság szerinti sorrendje határozza meg.

Tehát az a pont, amihez a legnagyobb  $P(I, S | X_i)$  feltételes valószínűség tartozik, ahhoz tartozik a legnagyobb  $P(X_i | I, S)$  is. Ez az  $X_i$  pont lesz a pozicionálásunk eredménye.

## 8. Eredmények

A programot mindkét eljárással húsz pozicionálást végezve teszteltük. Az átlagos hiba mértékének összehasonlítása a két algoritmus használatával a 6. ábrán látható.

A grafikonból kitűnik, hogy a pozicionálást valószínűségértékek alapján végző algoritmus a korrekciós algoritmusnál pontosabb. A korrekciós 3,53 métert, míg a valószínűségekkel dolgozó módszer 2,27 métert hibázott átlagosan.

6. ábra  
Pozicionáló algoritmusok pontosságának összehasonlítása

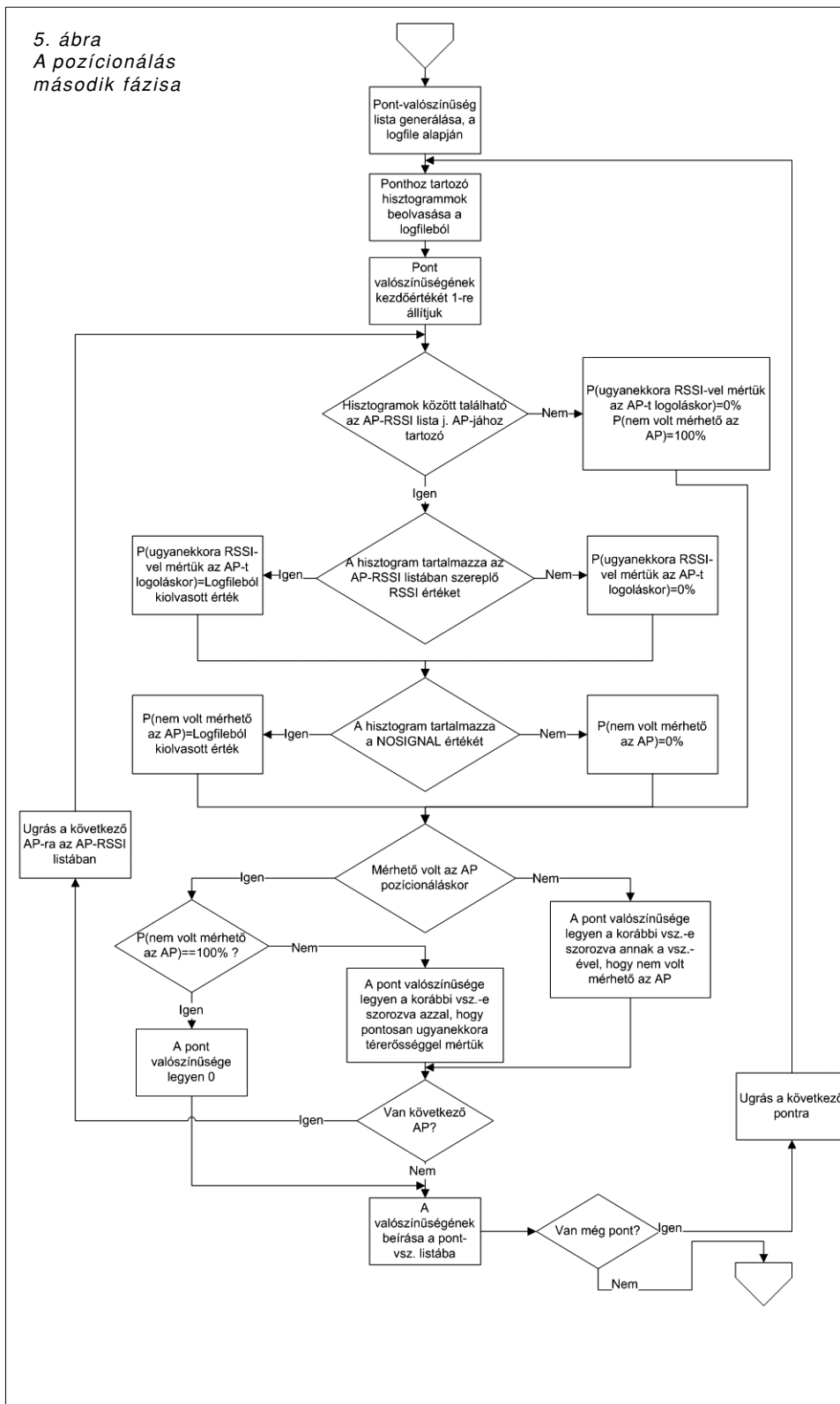


Ugyan a különbség nem túl jelentős, de egy ilyen, viszonylag kis mértékű hibánál már ez is jó eredménynek számít.

A tesztelesek alatt már tapasztalhattuk, hogy a kidolgozott rendszer működőképes. A pozícionálási hibát a munka során sikerült leszorítani 2-4 méter közöttire az alkalmazott adatrögzítési és pozícionálási módszer módosításával.

A WLANpos még közel sincs kész. A pontosság növelhető, de szem előtt kell tartani, hogy a kapott rendszer ne legyen túl nagy erőforrás-igényű, hiszen főleg olyan eszközökön használják majd, ahol a merevlemez vagy a memória, illetve a processzor kapacitása nagyon korlátozott lehet. Összességében egy ígéretes szoftverprototípust sikerült létrehozni, így mindenképpen érdemes energiát fektetni a későbbi fejlesztésbe.

5. ábra  
A pozícionálás  
második fázisa



## Irodalom

- [1] Geox Térinformatikai Kft, „Helyfüggő szolgáltatások”, [http://www.geox.hu/showPage.asp?CLICK\\_MENU=3\\_5\\_1](http://www.geox.hu/showPage.asp?CLICK_MENU=3_5_1).
- [2] Paramvir Bahl, Venkata N. Padmanabhan, Microsoft Research, “RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System”, 1999.
- [3] Arvinder Singh, “LOCUS: Wireless LAN Location Sensing”, Major Qualifying Project Rep. Worcester Polytechnic Inst., 19 January 2004.
- [4] John Krumm, Eric Horovitz, Microsoft Research, “Locadio: Inferring Motion and Location from Wi-Fi Signal Strengths”, In Proc. of the 1st Annual Int. Conf. on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, Boston, 2004.