

BELTÉRI NAVIGÁCIÓS RENDSZER VAKOK ÉS GYENGÉNLTÁK RÉSZÉRE

Árvai László

osztályvezető, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.
3519 Miskolc, Iglói u. 2, e-mail: laszlo.arvai@bayzoltan.hu
tanársegéd, Miskolci Egyetem, Általános Informatikai Intézeti Tanszék
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: laszlo.arvai@iit.uni-miskolc.hu

Absztrakt

A vakok és gyengénlátók számára a városi közlekedés számtalan kihívást tartogat. Az önálló közlekedés támogatására több mobiltelefonos alkalmazás készült, de ezek jellemzően a kültéri navigáció megoldását részesítik előnyben. A navigációs kihívások fontos része a pályaudvarokon, bevásárlóközpontokban és általában az épületen beüli önálló közlekedés is. Azonban míg kültéren a mindenütt elérhető GPS általános megoldást ad a helymeghatározás problémájára, illetve számos kültéri elektronikus térképi megoldás elérhető, addig beltéren a helymeghatározásra nem létezik egységes, szabványosított technológia és a térképi megoldások is csak napjainkban kezdenek megjelenni. Ezért célunk egy mobiltelefon alapú beltéri helymeghatározó és navigációs alkalmazás megtervezése és kifejlesztése, természetesen szem előtt tartva a vakok és gyengénlátók speciális igényeit, mely reményeink szerint hatékony segítséget nyújthat számokra az önálló beltéri mobilitás elérése terén.

Kulcsszavak: beltéri helymeghatározás, beltéri navigáció, navigációs alkalmazás vakok és gyengénlátók részére

Abstract

The urban mobility is a challenging task for blind and visually impaired people. Even there are some mobile phone application supporting their mobility, but they are mostly focusing on outdoor environment. The important aspects of the navigation challenges are navigation inside a railway station, shopping mall and generally navigation in indoor environment, inside buildings. However, there is no widely available and standardized localization technology exist for indoor environment which is similar to the outdoor GPS based general solution. The situation with the digitalized maps is similar, there are several outdoor digital maps are available, but the indoor digital mapping solution just emerging nowadays. Therefore, our goal is to design and develop a mobile phone application for indoor localization and navigation, of course considering the special requirements of blind and visually impaired users. We believe this application might provide significant help for its users in indoor environment.

Keywords: indoor positioning, indoor navigation, indoor navigation aid for blind people

1. Bevezetés

Számos gyalogos közlekedést támogató mobiltelefonos alkalmazás elérhető. Ezek alkalmasak az érdekes helyek (POI – Points of Interest) keresésére, a hozzájuk vezető legrövidebb útvonal meghatározására, illetve GPS vagy hasonló műholdas helymeghatározó szolgáltatás segítségével az út megtétele során folyamatos navigációs utasításokat adni. Hasonló rendszer beltéri felhasználásra még nem elérhető mobiltelefon alkalmazás formájában, egyrészt a GPS-hez hasonló, beltéren is működőképes

helymeghatározási szabvány hiányában, másrészt a beltéri digitális térképek viszonylag alacsony száma és elkészítésének bonyolultsága okán.

Ha vakok és gyengénlátók számára készül egy beltéri navigációs alkalmazás, akkor a már felsorolt problémákon túl figyelembe kell venni a vakok és gyengénlátók speciális igényeit, amely nem csak a felhasználói felület kialakítására, hanem a szükséges, tárolt adatok jellegére, részletességére is hatással van.

Az alkalmazással szemben támasztott fontosabb követelmények tehát:

- okostelefonos alkalmazás, ami egy jelenlegi átlagos teljesítményű és képességű telefonon használható,
- a felhasználói felület hang kommunikációval is kezelhető legyen,
- beltéri digitális térképek kezelése és megjelenítése,
- POI-k és a hozzájuk kapcsolódó információk tárolása és kereshetősége,
- 'Hol vagyok?' funkció, a felhasználó aktuális pozíciójának megjelenítése és a környezet szóbeli leírása,
- útvonaltervezés adott pontok között, beállítható módon elkerülve bizonyos objektumokat,
- a megtervezett útvonal virtuális bejárása, itinerek gyakorlása vagy memorizálása céljából,
- beltéri helymeghatározás, lehetőleg külön kiegészítő eszköz nélkül,
- a mobiltelefon biztonságos helyen (zsebben, táskában) történő tárolása esetén is működőképes legyen, ne csak kézben tartott telefonnal működjön,
- az alkalmazás off-line módon is képes legyen a működésre, hogy az esetleges adatkommunikációs hibák ne okozzák a navigáció bizonytalanságát,
- közösségi virtuális tér, ahol a térképek közösségi kezelése megoldható, illetve önkéntes segítők is felajánlhatják a segítségüket és felhasználók között egyszerű kommunikációs felület biztosítása.

2. Beltéri navigációs rendszerek

Beltéri helymeghatározásra sokféle eszköz és módszer alkalmas. A felhasznált megoldások három csoportba sorolhatók.

Az első csoportba azok a megoldások tartoznak melyek valamilyen elektromágneses vagy hang jel sugárzó jeladók irányának vagy távolságának meghatározása után több mért értékből képesek a pozíció meghatározása (trianguláció vagy trilateráció).

A második csoportba olyan megoldások tartoznak, amelyek speciális jelöléseket használnak, melyek közelsége elektromágneses (vagy más) úton érzékelhető és egyediségük megállapítható egy szintén érzékelhető egyedi azonosító segítségével. Ezek alapján a pozíció mindig megfeleltethető a beazonosított és ismert helyű jelölés közelsége alapján.

A harmadik csoportba azok a megoldások tartoznak, ahol a helyszín valamilyen helyfüggő és érzékelhető, mérhető tulajdonságát használjuk fel a helymeghatározásra. Az ilyen rendszerek használata előtt fel kell mérni a helyfüggő tulajdonságokat, vagyis meg kell határozni, hogy az adott tulajdonság milyen jellemzőkkel érzékelhető egy adott helyen (tulajdonság vagy 'fingerprint' térkép elkészítése), majd a helymeghatározás során az éppen érzékelt tulajdonság jellemzőihez legközelebb álló értékek térképen történő megkeresésével a pozíció meghatározható.

Az első csoportba tartozó talán legkézenfekvőbb megoldás ultrahang használata a helymeghatározásra, hiszen a hallható hangoknál nagyobb frekvenciájú hangjelek előállítására és érzékelésre meglehetősen egyszerű és több jeladó esetén a hang viszonylag alacsony levegő béli terjedési sebességéből

könnyen számíthatók távolságok melyek segítségével háromszögeléssel megállapítható a jelforrások és a vevő egymáshoz viszonyított helyzete. Ezen módszer segítségével készíthető beltéri helymeghatározási rendszer vakok és gyengénlátók számára [1,2]. Bár ez a megoldás jóval méter alatti pontosságot tesz lehetővé, hátránya, hogy mindenképpen szükségesek hozzá speciális érzékelők, amelyek, ha viselhető kivitelben készülnek is, kényelmetlenek és kezelésükről, viselésükről gondoskodni szükséges. A rendszer másik hátránya, hogy csak olyan helyeken használható, ahol kiépített infrastruktúra (ultrahangos jeladók) rendelkezésre állnak.

A közelségérzékelésen alapuló megoldás lehet rádiófrekvenciás, például RFID vagy NFC, ahol a vonatkozó szabványoknak megfelelő vevőkészülékekkel a megfelelő közelségből érzékelhető egy-egy jelölés és a rendszer biztosítja, hogy a jelölések egyedi azonosítói is meghatározhatók legyenek. Ismerve a rendszer installálásakor elhelyezett jelölések pontos pozícióját, közelség érzékelés esetén a pozíció megfelelő pontossággal behatárolható [3]. Szintén közelségérzékelésen alapul az a megoldás, ahol az épület világítási rendszerét alakítják úgy át, hogy a fényforrások a fényerősség modulációja segítségével kódot sugároznak, melyet egy mobiltelefon is képes érzékelni [4]. Előnye egy ilyen rendszernek, hogy bár szükséges kiépíteni speciális infrastruktúrát, de tekintettel arra, hogy az az egyébként is szükséges világítási infrastruktúrára épül, a kiépítése és fenntartása nem jelent számottevő többletköltséget. Hátránya viszont, hogy csak akkor működik, ha a mobiltelefon kamerája „rálát” a fényforrásokra, vagyis elsősorban kézben tartott telefon esetén működik megfelelően. Egy zsebben vagy táskában hordott telefon esetén a működése nem biztosított.

A helyfüggő tulajdonságok közül a legkézenfekvőbb a látható tulajdonságok használata. Minden épületben található ilyen – helymeghatározásra alkalmas – jellegzetességek, táblák, feliratok, egyedi mintázatú falak, kirakatok. Ha ismert ezeknek az egyedi megjelenésű objektumoknak a helye, akkor ezek felismerésével és a képtorzulásokból számítható relatív kamera pozíciókból könnyen meghatározható a pozíció [5,6]. Ezek a rendszerek is nagy pontosságot biztosítanak, hátrányuk azonban, hogy amennyiben mobiltelefonon kerülnek megvalósításra, a telefon kamerájának folyamatosan látnia kell a környezetét, vagyis a telefon nem lehet sem zsebben, sem táskában biztonságos helyen. A másik, hátrányuk, hogy nagyobb épületek esetén jelentős méretű képi adatbázisra lehet szükség, amelynek a tárolásra és a feldolgozása (keresés) is erőforrásigényes lehet. Ezért bár a látható tulajdonságok biztonságos és pontos helymeghatározási eszközt nyújtanak, céljainknak jobban megfelel valamilyen elektromágneses helyfüggő tulajdonság használata.

Az egyik leggyakrabban használt helyfüggő elektromágneses tulajdonság a Wi-Fi térerősség értéke. Ma már szinte minden épület adatkommunikációs célból le van fedve Wi-Fi eléréssel, általában egy adott ponton több Wi-Fi Access Point (AP) is érzékelhető. Ezek térereje helyfüggő, hiszen az elektromágneses jelek távolsággal arányos természetes csillapítása mellett a falak, bútorok is kialakítanak egy az épület alaprajzára és az AP-k elhelyezkedésére jellemző térerő mintázatot. Hasonló mintázatot mutat a Föld mágneses tere is, hiszen az épületben felhasznált ferromágneses anyagok jelentősen torzítják a mágneses teret, ezzel egyedi térerő mintázatot hozva létre. Ezek a paraméterek mérhetőek egy átlagos okostelefon szenzorai számára és felhasználhatók helymeghatározás céljára. Ezek a jellemzők, bár némileg pontatlanabb helymeghatározást tesznek lehetővé, bármilyen elhelyezésű telefonnal mérhetőek, akár zsebben, táskában tárolt telefonnal is működnek. A következőkben ismertetendő rendszert működése ilyen elektromágneses helyfüggő paraméterek mérésén alapul.

3. A rendszer felépítése

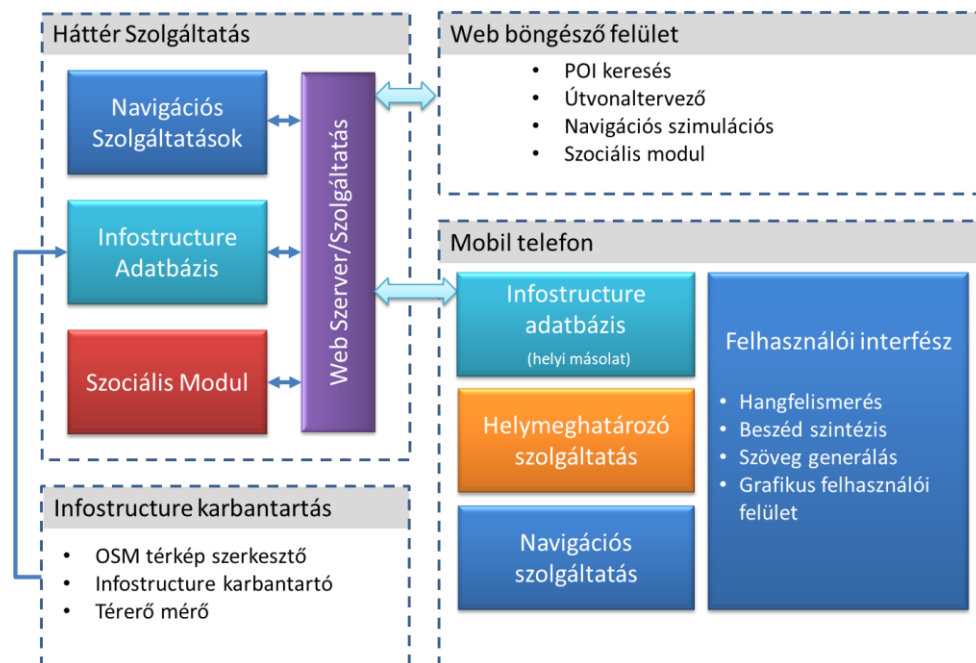
Egy olyan rendszer, ami a bevezetőben említett minden kívánalomnak megfelel nemcsak a mobiltelefonos alkalmazást foglalja magában, hanem több kiegészítő szoftvert is kell tartalmazzon.

A rendszer felépítésének vázlatát ábra mutatja (**1. ábra**). A rendszer fő eleme maga a mobiltelefon és a rajta futó mobiltelefonos alkalmazás. Ennek működését segíti egy szerver, mely a szükséges háttér szolgáltatásokat biztosítja. Például itt kerülnek tárolásra a navigációhoz szükséges adatok (digitális térképek, lokalizációs adatok, útvonal gráfok) melyet együttesen infostructure adatbázisnak nevezünk. A mobil alkalmazás WEB szolgáltatások segítségével férhet hozzá az adatbázis tartalmához, melyet minden esetben helyileg is tárol, hogy az offline működés során is hozzáférhető legyen a szükséges információk.

A háttér szolgáltatást megvalósító szerver felelős a böngésző alapú felület (font-end) kiszolgálásáért is. Ez a front-end lehetővé teszi, hogy a mobil alkalmazás legtöbb szolgáltatása (a helymeghatározás kivételével) böngészőből is elérhető legyen. Ez jelentős segítség a vakok és gyengénlátók számára, hiszen az adott utazásuk előtt, útvonalakat tervezhetnek, meghallgathatják az itiner utasításokat, illetve ezeket memorizálhatják is, ezzel is felkészülve majd a konkrét navigációs feladatra.

Ez a modul felelős még a szociális szolgáltatások megvalósításáért, amelyek szintén a böngésző alapú felületről érhetőek el. Ez magában foglal egy üzenet alapú, zárt kommunikációs felületet, ahol a felhasználók egymással oszthatják meg tapasztalataikat vagy kérhetnek segítséget azt esetleges problémáik megoldására. E mellett lehetőség van a rendszerbe helyi segítőként regisztrálni, vagyis a látó emberek, akik egy-egy helyen gyakran járnak vagy ott dolgoznak, regisztrálhatnak segítőként és őket a vak és gyengénlátó felhasználók könnyen elérhetik, egyeztethetnek a személyes segítség kéréséről.

Mivel szükséges a helymeghatározáshoz és a navigációhoz szükséges térképek kezelése is, erre a feladatra külön alkalmazások készültek. Természetesen ezen programok nem a végfelhasználóknak készültek, hanem a rendszert üzemeltető, karbantartó felhasználóknak. Ezen eszközök fő feladatai a digitális beltéri térképek elkészítésre, megfelelő adatokkal történő feltöltése és a helymeghatározáshoz szükséges mérések elvégzése, illetve a teljes infostructure adatbázis elkészítése és a szerverre juttatása.

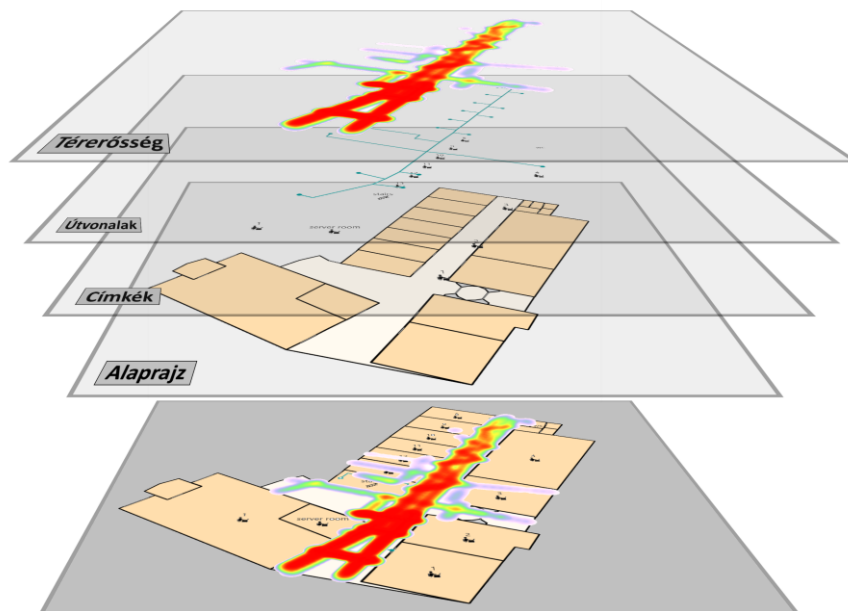


1. ábra. A rendszer blokkvázlata

A mobiltelefonos alkalmazás legfontosabb részei a helymeghatározási modul, a navigációs szolgáltatás, a helyi infostructure adatbázis kezelője és a felhasználói felület. A felhasználói felület a végfelhasználók igényeinek megfelelően készült, a gyengénlátók számára magas kontrasztú, leegyszerűsített grafikus elemeket tartalmaz, illetve beszédszintetizálás és beszédfelismerés segítségével is képes kommunikálni a felhasználóval. A beszédszintetizátor segítségével képes az infostructure adatbázisban tárolt információt a megfelelő szövegeneráló algoritmusok segítségével részletes helyszínrajzzá, vagy fontos objektum információkat átadni a felhasználóknak, mint például egy ajtó jellege (csúszó, nyíló, automata, forgó, egyszárnyú, kétszárnyú, kifelé vagy befelé nyíló) vagy például egy lépcső esetén a korlát helyének és a lépcső emelkedő vagy süllyedő jellegének megadása.

4. Infostructure adatbázis

Az egész rendszer működésének alapja a megfelelő mennyiségű és minőségű térképi információ megléte. Ennek tárolására az infostructure adatbázis szolgál. Egy ilyen adatbázis egy épület adatait tartalmazza, az adatok jellegéből adódóan több adattárolási rétegben felépítve (**2. ábra**).



2. ábra. Az infostructure adatbázis rétegei

Az adatbázis alapvető rétege az épület alaprajzának geometriáját (mérethelyesen) leíró adatok. A rendszer erre a célra az Open Street Maps (OSM) nyílt forráskódú térinformatikai alkalmazás eszközeit és fájlformátumait használja. Az alaprajzok elkészítésének módja nagyon hasonló a kültéri térképek elkészítéséhez, az egyetlen lényeges különbség, hogy amennyiben az épület többszintű, minden szintnek külön-külön el kell készíteni az alaprajzát. Mivel a rendszer az épület elhelyezkedését (orientációját) is használja, ezért az épületet olyan földrajzi szélesség-hosszúság koordinátákra kell helyezni, amelyeken valóban elhelyezkedik. Az alaprajz elkészítéséhez több alkalmazást is elkészített az OSM közössége, az egyik legegyszerűbben használható a JOSM nevű alkalmazás, mely több platformon is

elérhető, könnyen kezelhető, illetve beilleszthető műholdképekkel, de akár digitalizált alaprajzok beöltésével is segíteni tudja a beltéri térképek elkészítését.

A következő fontos rétege az infostructure adatbázisnak, a kiegészítő (nem geometriai) információkat tartalmazó, úgynevezett „címké” réteg. Az OSM rendszer minden geometriai objektumhoz képes kulcs-érték párokat (címkéket) rendelni. A kulcs értékek lényegében szabadszavas meghatározások, de az OSM rendszer tartalmaz egy részletes ajánlást [7], hogy milyen kulcsszavakat milyen célra érdemes használni. Ezt célszerű is betartani, hiszen így biztosítható az épület rajzok OSM kompatibilitása és a rajzok akár a jelentős számú OSM közösség segítségével is karbantarthatók, elkészíthetők. A címkék nagyon sokféle alap és kiegészítő információ hozzáadását teszik lehetővé, akár több nyelven is. Ilyen információk lehetnek például a lépcső emelkedő vagy lejtő jellegének, lépcsőfokok számának, a korlát helyének megadása, egy ajtó esetén a nyitási irány vagy a jellegének (nyíló, forgó, csúszó, automata) megadása, amely fontos akár a szöveges (beszédszintetizátor által elmondott) leírások elkészítésénél, de fontos például az útvonaltervezésnél, hiszen a forgóajtó (különösen egy automata fogóajtó) veszélyes lehet egy vak felhasználó számára, ezért fontos hogy számukra ez az útvonaltervezéskor ne legyen felhasználva.

Ahhoz, hogy az alaprajzon a vakok és gyengénlátók számára biztonságos útvonalat lehessen tervezni, szükséges, hogy a lehetséges útvonalak gráfja (geometriája) is legyen része a digitális térképnek. A térkép elkészítőjének feladata, hogy az általa biztonságosnak vélt és a végfelhasználók által is bejárható útvonalakat a térképen rögzítse. Az alkalmazás az útvonaltervezéskor a címke rétegen megadott POI-kat kínálja fel úticélként és az útvonal rétegen megadott gráfon keresi meg a legrövidebb útvonalat, természetesen az útvonalra jellemző címkék, illetve az útvonaltervezési beállításoknak megfelelő kizárási kritériumok figyelembevételével.

A beltéri helymeghatározáshoz szükség van olyan jellemzők tárolására, amelyek egy átlagos mobiltelefon szenzoraiival, hardver lehetőségeivel mérhetők és valamilyen módon helyfüggő jellegűek. Ilyen jellemző például a Föld mágneses tere, mely épületek belsejében a felhasznált ferromágneses anyagok miatt helyfüggő torzulásokat szenved, vagy például a Wi-Fi térerősség, amely az Acces Point (AP) távolságának, illetve az esetleges rádiófrekvencián csillapító anyagok (falak, bútorok) hatása miatt helyfüggő jellemzőkkel bír.

Használhatók még a kifejezetten beltéri helymeghatározás céljára fejlesztett Bluetooth jeladók is. Ez azonban természetesen telepítést és karbantartást igényel, ezért csak bizonyos helyeken érdemes használni, ahol a Wi-Fi nem ad megfelelő pontosságot. Előnye viszont, hogy minden korszerű okostelefon alkalmas a Bluetooth jeladók jelének fogadására is, így a jeladón kívül nem igényel más hardvereszközt. Ennek ellenére a rendszer a Bluetooth jeladó alapú helymeghatározást, mint opcionális megoldást kezeli, amennyiben észlelhető egy jeladó, annak jelét felhasználja, de alapvetően a Wi-Fi térerősség térkép képezi a helymeghatározás alapját.

A Wi-Fi alapú helymeghatározáshoz szükséges térerősség térkép elkészítése. Ehhez egy külön mobiltelefonos alkalmazás készült, mely segítségével a már elkészült alaprajz alapján be kell járni az épület mindazon részeit, ahol szükség van a beltéri helymeghatározásra. Az alkalmazás a bejárás közben rögzíti az a telefon által érzékelt mágneses, Wi-Fi és Bluetooth jelek térerősség értékeit. Az épület bejárása után ezekből az adatokból előállítható a térerősség réteg adattartalma.

Az összes réteg adatait egy épületre nézve a rendszer egyetlen fájlban tárolja, így lehetővé téve az épület adatainak egyszerű kezelését, karbantartását, letöltését és helyi tárolását. A mobiltelefon és a kiszolgáló szerver összes navigációs és helymeghatározó szolgáltatása ezeket az adatokat (infostructure) használja a továbbiakban.

5. Beltéri helymeghatározás

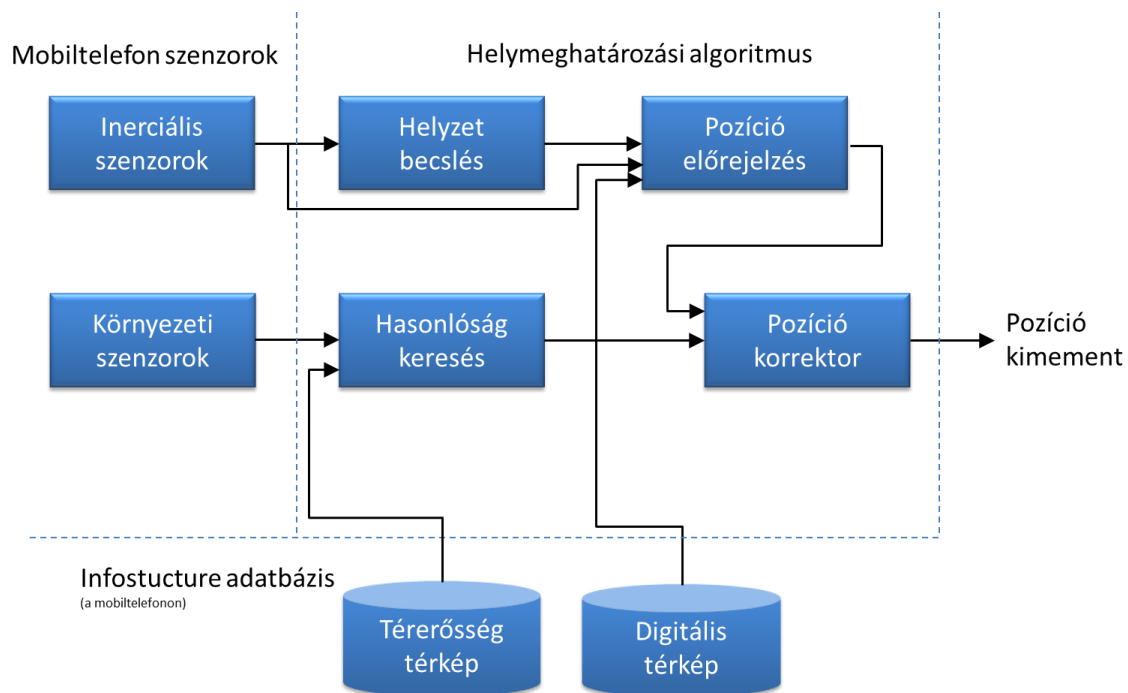
A rendszer egyik alapvető és talán legösszetettebb eleme a beltéri helymeghatározási modul. Mivel nincs általánosan elterjedt, a kültéri GPS szolgáltatáshoz hasonló, szabványosított beltéri helymeghatározási módszer, ezért erre saját megoldást kellett fejleszteni.

A bevezetőben felsorolt követelmények azonban korlátozzák a felhasználható módszerek körét. Ilyen követelmény a kiépített helymeghatározási infrastruktúra használatának mellőzése, illetve csak a mobiltelefon beépített szenzorainak használata, azok közül is csak azok a szenzorok jöhetnek szóba, amelyek zsebben van táskában elhelyezett telefon esetén is működőképesek, így például a kamera alapú helymeghatározási megoldások nem használhatók.

Használhatók viszont a telefon inerciális szenzorai. Minden korszerű okostelefon rendelkezik beépített három tengelyes gyorsulás, mágneses térerő és szögsebesség szenzorral. Ezek a szenzorok jól használhatók iránytűként, illetve mivel feltételezzük, hogy gyalogosan közlekedő személy használja az alkalmazást, így alkalmasak a megtett lépések érzékelésére, illetve bizonyos pontossággal a lépések hosszának a meghatározására is. A felhasználó mozgási irányának és a mozgás (lépés) nagyságának ismeretében a felhasználó relatív elmozdulása meghatározható.

Ahhoz, hogy abszolút pozíciót tudjuk meghatározni, szükség van valamilyen helytől függő jellemző mérésre és a hely függvényében előre már letárolt adatokkal történő összehasonlítás alapján a legjobban egyező érték alapján a hely meghatározható.

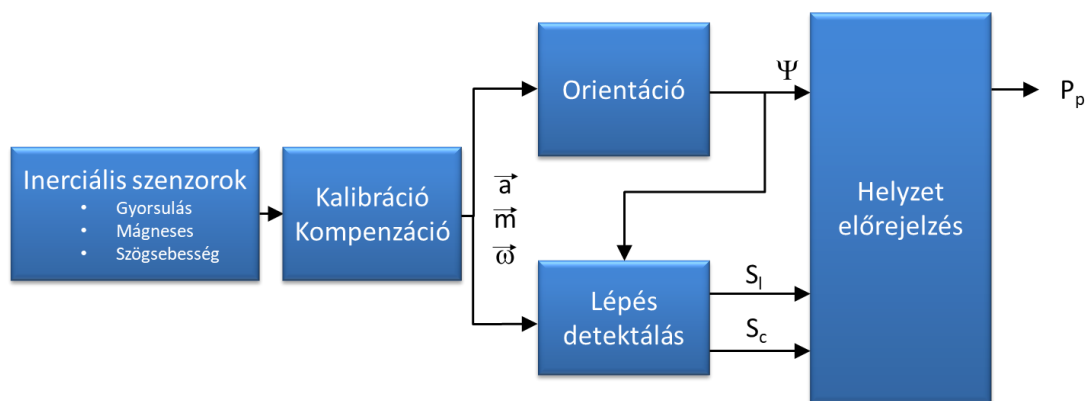
A két módszer együttesen kerül felhasználásra, ami tulajdonképpen egy prediktor-korrektor algoritmust valósít meg, ahol a felhasználó lépéséből származó mozgás adja a predikciót és a helytől függő mennyiség keresése pedig a korrekciót (**3. ábra**).



3. ábra. A helymeghatározó algoritmus működése

Az ábra felső sora a prediktor algoritmust szemlélteti a középső sor a korrektor algoritmust. A prediktor a telefon szenzorainak felhasználásával érzékeli a felhasználó által megtett lépést, ennek irányát és megbecsüli a lépés hosszát. Ez alapján az ismert utolsó pozícióhoz képest a lépés paramétereire alapján új pozícióbecslést képez. Mivel a mérésnek, illetve a pozíció becslésnek nem elhanyagolható hibája van ezért a prediktor-korrektor algoritmus egy részecske szűrő (particle filter) [8] segítségével kerül megvalósításra. Ez azért hasznos megoldás, mert a részecske szűrő képes figyelembe venni a predikció és a korrekció hibáját a megfelelő hiba eloszlások megadása után, vagyis nem csak a mért értékeket használja a minél pontosabb eredmény elérése érdekében, hanem azok hibaeloszlásait is.

A prediktor algoritmus részletes felépítése látható a következő ábrán (4. ábra). A telefon szenzorainak jele első lépésként egy kalibrációs és kompenzációs modulban kerül feldolgozásra. Ez a modul felelős a szenzorok közvetlen hibáinak korrekciójáért, mágneses kompenzációkért az egyes szenzorok tengelyek menti érzékenységekülönbségének kiküszöbölésért.



4. ábra. A prediktor algoritmus működése

Ez után a szenzorok által mért három alapvető mennyiség (gyorsulás, mágneses térerő, szögsebesség) további feldolgozásra kerül. Egyrészt a mért értékek alapján egy dőléskompenzált iránytű kerül megvalósításra, mely a mágneses szenzor jelét a többi szenzor jelével (dőlés érzékelés) kompenzálva megadja a mágneses északi pólushoz képest a telefon irányát. Ez az irány szolgál majd a lépés detektálással együtt a helyzet előrejelzés bemenő adataként.

A szenzorok jele a lépésdetektáló egységbe is eljut. Ez felelős – elsősorban a gyorsulásszenzor adatainak feldolgozásával – a lépések érzékelésére, számlálására és hosszának becslésére. A lépés hossza, illetve a lépések száma szintén a helyzet előrejelző egységbe kerül.

A helyzet előrejelzés, a megadott lépszám, lépéshossz és orientáció alapján becslül egy relatív elmozdulást.

6. Összefoglalás

A felhasználói tapasztalatok alapján a rendszer kényelmesen használható, bár a jelenlegi pontosság mellett (~2-3m) nem tud teljes önálló mobilitást nyújtani a felhasználóinak, azonban az útvonaltervezés, szimuláció már most is hasznos segítséget nyújt az épület megismerésében és az épületen belüli közlekedés előkészítésében, megtanulásában. A helymeghatározási algoritmus pontosságának javítása, akár új modalitások bevezetésével, akár új szűrő és adatfeldolgozó algoritmusok bevezetésével szükséges, hogy valóban önállóan tudjanak a vak és gyengénlátó felhasználók közlekedni.

Az elképzelés, miszerint lehet olyan mobil alkalmazást készíteni, amely különösebb infrastruktúra kiépítés nélkül képes a beltéri helymeghatározás problémáját megoldani azonban igazolásra került és a rendszer továbbfejlesztése továbbra is folyik, a megfelelő pontosság elérése érdekében.

7. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az AAL-2014-1-183 azonosítójú Európai Unió „Ambient Assisted Living” programja által támogatottan, nemzetközi konzorciumban jött létre.

Irodalom

- [1] Ran, L., Helal, S., Moore, S.: Drishti: An integrated indoor/outdoor blind navigation system and service Pervasive Computing and Communications (2004), Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on. IEEE, pp. 23-30. ISBN 0769520901 <https://doi.org/10.1109/PERCOM.2004.1276842>
- [2] Rosen, I.: Indoor navigation system for visually impaired ACM International Conference Proceeding Series (2010), pp.143-149. <https://doi.org/10.1145/1839379.1839405>
- [3] Ran, L., Helal, S., Moore, S.: Drishti: An integrated indoor/outdoor blind navigation system and service. Pervasive Computing and Communications (2004), Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on. IEEE, pp. 23-30. ISBN 0769520901 <https://doi.org/10.1109/PERCOM.2004.1276842>
- [4] Kuo, Ye-S., Pannuto, P., Dutta, P.: Luxapose: indoor positioning with mobile phones and visible light. (2014) Proceedings of the 20th annual international conference on Mobile computing and networking, New York, NY, USA, pp. 299–302. <https://doi.org/10.1145/2639108.2641747>
- [5] Werner, M., Kessel, M., Marouane, C.: Indoor positioning using smartphone camera. 2011 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (2011): pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/IPIN.2011.6071954>
- [6] Árvai, L., Dobos, G.: On demand vision-based indoor localization 2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC), Krakow-Wieliczka, Poland, 2019, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765985>
- [7] Simple Indoor Tagging, https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Simple_Indoor_Tagging (letöltve: 2019.12.28)
- [8] The Particle Filter, https://en.wikipedia.org/wiki/Particle_filter (letöltve: 2019.12.28)