

Bírálati vélemény

Zachár Gergely

„Módszerek és szolgáltatások beltéri lokalizációhoz”

című doktori (PhD) értekezésének nyilvános védéséhez

Témaválasztás

A dolgozat témája a beltéri lokalizáció és követés, mely terület már régóta foglalkoztatja a kutatói közösséget. A szakirodalomban számos különböző technológiára alapuló megoldást találhatunk erre a kérdésre, ezek között elég jelentős különbségek lehetnek a pontosságot, az igényelt erőforrásokat, illetve a robusztusságot illetően. A téma tehát aktuális, bár nem új. Mivel viszont a tárgyak internetének (IoT) elterjedésével egyre több alkalmazás igényli a korlátozott erőforrásokkal rendelkező eszközök viszonylag precíz lokalizálását beltérben is, kétségtelenül van létjogosultsága a további kutatásoknak ezen a területen.

A dolgozat felépítése

A disszertáció 96 oldal hosszú és 7 fejezetre tagolt. Egy rövid bevezető után a dolgozat második fejezete egy áttekintést ad a szakirodalomban ismert különböző beltéri lokalizációt és követést biztosító megoldásokról, különös hangsúlyt fektetve a rádióinterferenciás lokalizációra.

A harmadik fejezetben aztán, mely egyben az első tézisnek felel meg, a jelölt egy olyan új követési eljárást javasol, mely referencia eszközök közötti fáziskülönbségek mérésével képes centiméter pontosságú követést biztosítani viszonylag alacsony sebességgel mozgó eszközök számára. A pontosság növelésére redundáns méréseket javasol, a hibás vagy hiányzó méréseket egy szimultán fáziskorrektúra eljárás segítségével detektálja és automatikusan korrigálja. A javasolt megoldások hatékonyságát a jelölt szimulációs és kísérleti eredményekkel igazolja.

A negyedik fejezetben, mely a második tézis eredményeit tartalmazza, a jelölt egy új hibafüggvényt határoz meg a rádióinterferenciás követési eljárások támogatására. A hibafüggvény segítségével egy konfidencia térképet állít fel a követendő objektum aktuális pozíciójára vonatkozólag, az ismételt mérésekkel pedig ezt a konfidencia térképet folyamatosan újraértékeli, és lehetséges útvonalakat képez. A folyamat során a valós útvonal mellett úgynevezett fantom útvonalak is létrejönnek, egy idő után azonban ezek konfidencia értéke egy adott küszöbérték alá csökken, mely ponton a fantom útvonalak követése megszűnik. Kellően hosszú méréssorozat után csak a valódi útvonal marad meg. A mérési és kommunikációs hibákból adódó problémákat egy adaptív megoldással kezeli, mely alapján egy átmenetileg alacsonyabb konfidencia értékű útvonalat nem töröl azonnal, csak akkor, ha bizonyossá válik, hogy ez a konfidencia érték tartósan alacsony marad. A javasolt megoldások hatékonyságát szimulációs és kísérleti eredményekkel igazolja.

Az ötödik fejezetben, mely a harmadik tézis eredményeit tartalmazza, a jelölt egy elosztott megoldást javasol a fáziskülönbség-mérések hatékony támogatására, alacsony számítási igény és

kommunikációs sávszélesség mellett, még jelentős mérési zaj esetén is. Az eredmények értékelése itt is szimuláció és valós mérések segítségével történik.

A hatodik fejezet végül a negyedik tézis eredményeit ismerteti. Ebben a fejezetben a jelölt egy új eljárást javasol a beltéri pozicionálásra látható fény alapú kommunikációra (VLC) és képfeldolgozásra építve. A referencia pontként működő jeladók saját azonosítójukat sugározzák nagyon magas, az emberi szem számára nem érzékelhető frekvencián. Másfelől a pozícióját meghatározni kívánó vevő kamera számára elegendő az alacsony frekvenciás mintavételezés is jeladók dekódolásához. Az eredmények értékeléséhez ebben az esetben is használt a jelölt mind szimulációt, mind valós méréseket.

Ezek után a hetedik fejezet összefoglalja a disszertációban bemutatott új javaslatokat, és röviden kitér a lehetséges jövőbeni kutatási irányokra illetve a disszertációban javasolt megoldások alkalmazási lehetőségeire. A fejezet végén a jelölt összehasonlítja röviden a saját javaslatait az irodalomban jól ismert beltéri lokalizációs megoldásokkal.

A disszertációt a nyolcadik fejezet zárja, mely a megfogalmazott tézisek formális leírását tartalmazza.

A dolgozat formai kivitelezése

A disszertáció jól felépített, jól tagolt, könnyen áttekinthető. A stílus gördülékeny, a dolgozat könnyen olvasható.

A dolgozat angol nyelven készült. A szöveg angolsága kifejezetten jó, kevés benne a nyelvtani hiba. Ennek ellenére a tanszéki védelemre készített első bírálatomban már jeleztem néhány elütést. Ezeket nagyrészt javította a jelölt, bár az 52. ábrán jelzett hiba (scheduling helyett scehuling) továbbra is benne maradt a dolgozatban. Ezek mellett, a teljesség igény nélkül, íme néhány további hiba, amit javítani kellene:

- „the required time for a signal to travel this distance thought a medium” – helyesen „through” (4. oldal)
- „the receiver measure” – helyesen „measures” (5. oldal)
- „The accuracy can be increase” – helyesen „increased” (6. oldal)
- „data-base” – helyesen „database” (6. oldal)
- „Since this value represent” – helyesen „represents” (22. oldal)
- „real measurements often results” – helyesen „result” (49. oldal)
- „Blue dots present” – helyesen „represent” (54. oldal)
- „a few dozens of millimeters” helyett nem lenne egyszerűbb „a few centimeters”? (56. oldal)
- „show in blue” – helyesen „shown” (57. oldal)
- „real measurements result” helyesen „measurement” (59. oldal)
- „As the measurement results clearly indicates” – helyesen „indicate” (68. oldal)
- „last K value of the pixel contains” helyett „last K values of the pixel contain” (73. oldal)
- „The effect of using different blinking frequencies were demonstrated” – helyesen „was demonstrated” (76. oldal)
- „the camera and the LED was not facing each other” – helyesen „were not” (78. oldal)
- „the altitude of the sensors” helyett gondolom „altitude of beacons” kellene (79. oldal).

Általános probléma az angol szövegben a szenvedő szerkezet (passive voice) használata. Példaként, „The performance of the proposed system is analyzed and a possible application is introduced.” helyet ajánlott lenne a következőképpen átfogalmazni ezt a mondatot: „I analyzed the performance of the proposed system and introduced a possible application”.

Az ábrák hasznosak, gondosan szerkesztettek. Néhány ábrán a feliratok a tengelyek mentén túl kicsik, nehezen olvashatóak nyomtatott formában – erre példa a 29., 34. vagy a 66. ábra. A 69. ábra viszont túl nagy, maga az ábra és a feliratok is. Ezeket a gondokat már az előző bírálatomban is jeleztem, és bár természetesen nem ez a legfontosabb kérdés, de sajnálatos, hogy ezeket a javaslatokat a jelölt nem vette figyelembe.

A korábbi bírálatomban szintén javasoltam, hogy a dolgozat végére el lehetne helyezni egy ábrajegyzéket, hiszen a disszertációban több helyen is van hivatkozás korábban szerepeltetett ábrákra, melyeket így gyorsabb lenne visszakeresni. Sajnos ez sem történt meg a disszertáció újabb verziójában.

Az egyenletek számozásával is gond van, (19)-es egyenlet például van a 32. és a 45. oldalon is.

Az irodalomjegyzék elfogadható, ám a hivatkozott irodalom megjelenése a jegyzékben nem feltétlenül egységes, és sok esetben hiányos. Példaként vehetjük a [47] hivatkozást, ahol hiányzik a konferencia nevének kifejtése, a helyszíne, és az évszám is hibás. Ezt is jeleztem már korábban, sajnálatos hogy nem történtek meg a kért javítások. Persze ahogy már mondtam, apró formai dolgokról van szó, de egy doktori disszertáció esetén elvárható az igényesebb munka.

Tartalmi megjegyzések

A disszertáció jól bizonyítja azt, hogy a jelölt kellőképpen jártas a különböző lokalizációs és követési technológiák területén, különös tekintettel a rádióinterferenciás mérésekre alapuló megoldásokra. A dolgozat számos új, értékes eredményt tartalmaz, melyek megfelelően alá vannak támasztva elméleti síkon, illetve szimulációs és mérési eredményekkel. A megfogalmazott 4 tézist, és azokon belül az összesen 14 altézist elfogadom a jelölt saját tudományos eredményének.

A tanszéki védésre készített verzióhoz képest a disszertáció több elemmel bővült. A 2.1 fejezetben például a jelölt részletesebben mutatja be a szakirodalomban ismert különböző pozicionáló algoritmusokat, mint azt korábban tette. A TDoA bemutatásánál (4. oldal) azonban, a két felrajzolt hiperbolához három referencia pont kellene, a rajzon csak kettő van.

A 2.1 és a 2.2 fejezetek eléggé redundánsak. A 2.1-ben elvileg pozicionálási alapelveket mutat be, a 2.2-ben pedig pozicionáló alkalmazásokat, de itt is újból megismétli az alapelvek ismertetését. A dead reckoning megoldások alapelve például le van írva a 4. oldal tetején (a dead reckoning kifejezés bevezetése nélkül különben, ami sajnálatos), és aztán a következő fejezetben is, egy oldallal később, mindkét helyen kiemelve a hibák kumulálásának problémáját. Talán egy fejezetbe össze lehetne ezeket vonni, ahol előbb bemutat egy alapelvet, és utána bemutat olyan konkrét alkalmazásokat melyek ezen az alapelven működnek, kiemelve a megoldások hátrányait.

A rádió-interferometrius lokalizációt elég furcsa egy teljesen új megoldásnak titulálni (6. oldal), amikor a hozzá tartozó Maróti féle hivatkozás 2005-ös, tehát 14 évvel ezelőtti.

A 63. rajz magyarázata elnagyolt, különösen az e) és az f) lépések megértése nehézkes. Az f lépésben például a rajzon azt látjuk, hogy a 13 bit hosszú csúszó ablakban teljesen más bitsorozatok vannak, de ezek mindegyikére az szerepel, hogy ID=3. Nem segíti az sem a megértést, hogy több esetben is az 5. táblázatra hivatkozik a szerző, mely 4 oldallal később következik csak.

A tanszéki védést követően a dolgozat jelenlegi verziója már szerencsére említést tesz a különböző létező Time of Arrival (ToA), Time Difference of Arrival (TDoA) vagy Angle of Arrival (AoA) alapú megoldásokról is, melyek ma referenciaként ismernek el a beltéri lokalizáció területén. Egyfelől a dolgozat elején röviden be is mutatja a jelölt e megoldások működésének alapelveit, másfelől a dolgozat végén röviden össze is hasonlítja azokat a javasolt rádió interferenciás megoldásokkal. Ez az összehasonlítás eléggé felületes, nagyrészt elméleti fejtegetésekben merül ki, de pozitívum, hogy legalább megjelenik.

A különböző megoldások összehasonlításánál szó esik az autonóm járművekről is, ez viszont tipikusan egy kültéri szcenárió, a dolgozat viszont beltéri lokalizációról szól. Ez így nem igazán áll össze. A javasolt VLC alapú megoldásról különben is azt mondta korábban a jelölt, hogy csak statikus tárgyak lokalizációjára képes, másfelől pedig nehezen elképzelhető kültéri környezetben, hogy kihelyezett beacon-okat felismerve pozícionálja magát egy jármű.

Az eredmények publikáltsága

A jelölt az eredményeit 2 magas impakt faktorú folyóirat cikkben, 8 lektorált nemzetközi konferenciakiadványban megjelent cikkben, illetve 3 nemzetközi konferencia előadásban mutatta be. Emellett részt vett egy hazai szabadalom kidolgozásában is.

Mindkét folyóirat, ahol a jelölt publikált, igazán rangos kiadványnak tekinthető. Hasonlóképpen az I2MTC vagy az EWSN is ismert és elismert konferenciák, ezek alapján a jelölt publikációs tevékenysége mindenképpen elismerésre méltó, és kielégíti a doktori fokozat odaítéléséhez szükséges mennyiségi és minőségi követelményeket. Kisebb negatívum az, hogy a publikációk nagy részére nem találtam a Google Scholar-ban hivatkozásokat, a negyedik téziscsoporthoz kötődő folyóirat cikkhez [S2] viszont létezik már három független hivatkozás is.

Kérdések

1. Vizsgálta-e a jelölt, hogy milyen hatással vannak a rádióinterferenciás mérések a korlátozott energiatartalékokkal rendelkező szenzorok élettartamára? Az első tézisben bemutatott megoldásnál a lokalizáció pontosságát és robusztusságát a mérő-négyesek (quad) számának növelésével biztosítja, ám ezzel a pozícionálni kívánt eszköz rádiós interfészére is nagyobb terhelés jut, még akkor is, ha az csak vételi üzemmódban van. Érdekes lehet tehát egy adott alkalmazás esetében vizsgálni a lokalizáció pontosságának és az eszköz energiafogyasztásának a kompromisszumát.
2. A 69. ábrával kapcsolatban azt olvashatjuk, hogy a LED teljesítményének növelésével nő az érzékelt folt mérete is. Ehhez képest az ábrán azt látjuk, hogy az 1 W-nak megfelelő zöld görbe sokszor látható a 2.5W-nak megfelelő piros görbe fölött. Ezt mivel magyarázza? Mivel itt minden pont 50 mérésnek az átlaga volt, mindez nem magyarázható egyszerű mérési hibával.

3. Az 5.2.3. alfejezetben a jelölt egy hatékonyabb szinkronizációs megoldást mutat be, ahol a szinkronizáció pontossága 30 μ s-ról 18 μ s-ra csökken. Kérdés, hogy ez mit jelent a lokalizáció pontosságában.

Összegzés

Összességében elmondható, hogy Zachár Gergely doktori disszertációja értékes új tudományos eredményeket tartalmaz, melyeket megfelelő mennyiségű és minőségű nemzetközi fórumon publikált. Ezek alapján javaslom az értekezés nyilvános vitára bocsájtását, és a PhD fokozat odaítélését.

Budapest, 2019. március 4.



Dr. Vida Rolland, egyetemi docens
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Távközlési és Médiainformatikai Tanszék