

Vélemény Rátosi Márk "*Methods for visible light-based indoor positioning using angle difference measurements and LED lighting infrastructure*" című Ph.D. dolgozatáról

Az doktori értekezés témája látható fény alapú lokalizációs eljárások kidolgozása. Ezeket az eljárásokat beltéri objektumok pozíciójának meghatározására alkalmazhatjuk. A téma irodalma bőséges, számtalan különféle elven működő algoritmus található a legutóbbi évekből is. Kijelenthető tehát, hogy *a téma-választás aktuális, maga a kutatási terület pedig nagy jelentőséggel bír*, hiszen nap, mint nap olvashatunk autonóm járművekről, intelligens üzemekről, Ipar 4.0-ról szóló híreket, és a dolgozatban vizsgált problémák ezek mindegyikéhez köthetők valamilyen módon.

A következőkben a PhD értekezéssel kapcsolatos átfogó megjegyzéseimet, konkrét javaslataimat és felmerült kérdéseimet ismertetem.

Formai észrevételek

A dolgozat 87 oldalnyi tartalmi résszel rendelkezik, a hivatkozási listával és jegyzékekkel együtt 106 oldalas. A szerkezet többnyire jól kiegyensúlyozott, nyolc fejezetben ismerteti a mondanivalóját, ezek közül a legfontosabbak a 2-7 fejezetek, amelyek az új tudományos eredményeket is tartalmazzák. Az angol nyelven írt műben a szakkifejezések és a szakmai nyelv használata megfelel az ezzel kapcsolatos elvárásoknak, gördülékeny stílusú, jól olvasható, helyesírási hibák és elírások csak ritkán fordulnak elő.

Az ábrákról általában elmondható, hogy gondosan elkészített, informatív elemek. Többnyire él azzal a lehetőséggel, hogy egy grafikonon belül a különböző görbéket nem csak színnel, hanem vonalstílussal is megkülönbözteti. Helyenként azonban eltér ettől a jó szokásától (pl. 2.5, 2.6 és 4.5 ábrák), ezt érdemes lett volna javítani. Ami egy apró szépséghibaként felróható, hogy bizonyos ábratípusok esetén túl nagy a bennük alkalmazott fontok méretbeli különbsége a szöveghez képest (pl. 6.2 és 7.6 ábrák), de ezzel együtt is elmondható, hogy látszik az ábrákon a beléjük fektetett rengeteg munka.

Az értekezés munkahelyi vitán benyújtott változatával kapcsolatban megfogalmazott formai megjegyzéseim és javaslataim szinte mindegyikét figyelembe vette, illetve javította a jelölt. Ezek fényében említésre méltó formai észrevételem nincs.

Tartalmi észrevételek

Elöljáróban elmondható, hogy a kutatás során alkalmazott módszerek *megfelelnek a nemzetközi szakmai közvélemény által elvárt színvonalnak*. A hivatkozások számában mérve a nemzetközi szakirodalom feldolgozása szintén megfelelőnek mondható, 87 elemű a hivatkozási lista.

Egy rövid bevezető és egy nem túl hosszú irodalmi áttekintés után a kutatási kérdések és célok megfogalmazása olvasható, ezt követően bemutatja a javasolt lokalizációs rendszer architektúráját.

A jelölt három tézisbe foglalta tudományos eredményeit. A tézisek ismertetésére a dolgozat végén, a 8. fejezetben kerül sor. *A jelölt új tudományos eredményeit a következőkben fogom összefoglalni a 2-7 fejezetek rövid összefoglalásával együtt.*

A második fejezetben egy, a szakirodalomból ismert látható fény alapú kommunikációs protokoll, az ún. UFSSOOK protokoll bemutatása után a kommunikáció során felmerülő hibák adatátvitelre gyakorolt hatását elemzi. Kulcsfontosságú eredmény a modulált fényforrással dolgozó digitális kamera matematikai modellje, mely lehetőséget nyújt a jelenség matematikai vizsgálatára. Ezek után meghatározza a bithiba-arányt a protokoll különböző paramétereinek függvényeként és javaslatot tesz azok optimális beállítására. Az eredményeit szimulációs és valós kísérletekkel is alátámasztja.

A harmadik fejezetben egy másik, a szakirodalomból ismert protokollt, az USSOOK protokollt veszi górcső alá hasonló módszertant követve, mint az előző fejezetben. Az eredményt ez esetben is olyan összefüggések formájában adja meg, amelyek alkalmazásával az USSOOK protokollt alkalmazva LED fényforrások és digitális kamerák között, optimális adatátvitelt eredményez. A második és harmadik fejezetek eredményeit az I. tézisben mondja ki tudományos állításként.

Az irodalomból ismert látható fény alapú kommunikációs protokollok vizsgálata után a negyedik fejezetben egy új jeladó struktúrát javasol, amely kialakításából adódóan jobban nyomon követhető azáltal, hogy két különböző méretű LED közül az egyik minden esetben világít. A jeladó sajátosságaihoz igazodva módosítja a korábban ismertetett USSOOK (azaz under-sampled phase-shift on-off keying) protokollt, amit TUSSOOK-nak nevez. A javasolt jeladó és protokoll páros teljesítményét valós kísérletekkel igazolta. A jeladó és a kamera frekvenciaeltéréséből származó "veszélyes intervallumok" azonban ezzel a megoldással sem kiküszöbölhetők, erre az ötödik fejezetben kapunk megoldást. A RUSSOOK néven javasolt módszer ekvivalens mintavételezés használatával dekódolja a Manchester-kódolt adat biteket. Az optimális és robusztus működéshez szükséges névleges frekvencia eltolódást meghatározására javasol módszert, majd a szokásos részletes analízisnek, szimulációs és kísérleti vizsgálatnak veti alá a protokollt. A negyedik és ötödik fejezet eredményeit a II. tézis tartalmazza állításként.

Ezek után a hatodik fejezetben egy, a korábbiakhoz csak lazán kapcsolódó téma következik. Beesési szögek különbségének mérésén alapuló helymeghatározási módszert javasol, mellyel meghatározható egy szenzor ismeretlen pozíciója és orientációja ismert pozícióval és normálvektorral rendelkező referenciapontok segítségével. A módszer eleme egy heurisztikus rangsoroló eljárás, amivel a lehetséges megoldások közül választja ki a helyeset paraméterezett körívek metszéspontjainak elhelyezkedése alapján. Szokás szerint a

jelölt ezt a módszert is implementálta, és kísérletekkel igazolta létjogosultságát.

Végül a hetedik fejezetben egy iteratív robusztus becslési (RANSAC) eljárás alapuló, referenciapontok (jeladók) beesési szögének különbségeit mérő helymeghatározási módszert mutat be, amely pózbecslésre alkalmas, és kiugró mérési hibákra nem érzékeny. A korábbiakhoz hasonló alaposággal fejti ki és elemzi az eljárást, viszont a fejezet olvasása során az olvasó nem kap segítséget azzal kapcsolatban, hogy a módszer milyen viszonyban van a korábbi fejezetben ismertetett eljárással. A III. tézisben az utobbi két fejezet állításait mondja ki.

A korábbi változattal kapcsolatban megjegyeztem, hogy jobban kontextusba kellene helyeznie a javasolt módszereket, vizsgált problémákat. Ezekre tett kísérletet a fejezetek elején pár sorban, ami dicséretes, bár ezen a téren még lehetett volna fejleszteni az értekezést.

A fenti kritikai észrevételek mellett természetesen nem lehet nem észrevenni az eredmények mögötti tetemes mennyiségű munkát. *A jelölt téziseiben megfogalmazott eredményeit elfogadom új tudományos eredményeknek.*

Tézisfüzet

A magyar és az angol nyelvű tézisfüzetre általánosságban ugyanazok a megjegyzések vonatkoznak, mint a disszertációra.

Publikációk

Rátosi Márk öt rangos nemzetközi konferencián is előadta eredményeit, négy impakt faktoros folyóirat cikke jelent meg és ezidáig (az MTMT rendszer szerint) összesen 28 független hivatkozás történt rájuk. Ezek az eredmények messzemenően teljesítik a Pannon Egyetem Doktori Szabályzatában foglalt és a Informatikai Tudományok Doktori Iskola által kiegészített minimális követelményeket.

Kérdéseim a jelölthöz

1. A dolgozatban több helyen is említi, hogy teljes zárvezérlésű (global shutter) kamerára dolgozta ki az eredményeit. Hogyan lehetne alkalmazni az kidolgozott módszereket, ha egyéb okok miatt a gördülő zárvezérlésű (rolling shutter) kamera alkalmazására van csak lehetőség?
2. A hatodik fejezetben bemutatott HIAL módszer detekciós hibaanalízisével foglalkozó fejezetben az olvasható, hogy minél több jeladót használ a HIAL módszer, annál pontosabb eredményt ad. Ehhez képest a 6.6 ábrán a (3, -3) pontban rosszabbul teljesít a 6 jeladót alkalmazó HIAL-6 módszer, mint a következő ábrán a 4 jeladót alkalmazó HIAL-4.

Említi a 6.1.2 fejezet elején a lokációfüggő pontosságot, de ez látszólag csak a HIAL-6 esetében van jelen. Ennek mi lehet az oka?

3. Hasonlítsa össze a javasolt HIAL és a RANSAC-alapú lokalizációs eljárásokat, melyiket milyen esetben célszerű alkalmazni!

Összegzés

A fentiek alapján megállapítható, hogy Rátosi Márk eddigi tudományos tevékenysége megfelel a Ph.D. fokozat megszerzésével szemben támasztott követelményeknek, sikeres nyilvános vita esetén *javaslom a annak odaítélését.*

Veszprém, 2024. április 18.



Magyar Attila

egyetemi tanár

Pannon Egyetem

Műszaki Informatikai Kar

Villamosmérnöki és

Információs Rendszerek Tanszék