

Bírálat

Vakulya Gergely doktori (PhD) disszertációjáról

Téma

A disszertáció címe: Köztesréteg szolgáltatások hatékony megvalósítása szenzorhálózatokban

A disszertáció vezetéknélküli szenzorhálózatok hálózati kérdéseivel foglalkozik. Egyrészt kommunikációs hálózati megoldásokat javasol: egy elárasztáson alapuló forgalomirányítási protokollt, egy időosztásos többszörös hozzáférési protokollt egyszerű és többszörös gyűrű architektúrán, valamint egy energiahatékony megoldást kis kitöltési tényezőjű szenzorok esetén, másrészt hatékony lokalizációs algoritmusokat ad egy objektum pozíciójának meghatározására, akusztikus távolságméréseket használva. A vizsgált tématerület fontos és érdekes, amely napjainkban különösen időszerű és népszerű, nagy érdeklődéssel követett terület.

Disszertáció

A dolgozat magyar nyelven íródott, 9 fejezetből áll, 128 oldal terjedelemben. Az 1. fejezet bevezetője után a 2. fejezet egy adaptív elárasztási algoritmust ismertet, a 3. fejezetben két időosztásos többszörös hozzáférést megvalósító protokollt, a 4. fejezetben egy interferencia-mentes átlapolódó TDMA megoldást, majd az 5. fejezetben egy energiatakarékos, egyirányú kommunikációt biztosító protokollt. A 6. fejezet az akusztikus lokalizáció kérdéskörével foglalkozik. Javaslatot ad egy konzisztencia-függvény alapú becslőre (6.3), majd ennek gyorsítására (6.4). A 7. fejezet összefoglalása után a 8. fejezet az új tudományos eredményeket listázza tézisek formájában, amit a 9. fejezet angol nyelven is megtesz. A disszertációt a publikációk és szoftverek jegyzéke és az irodalomjegyzék zárja.

A 2. fejezet ismerteti azt az elárasztáson alapuló forgalomirányítási megoldást, amire az 1. téziscsoport épít.

Kérdés: A 24. oldalon közölt perkolációelméleti eredmények állításai végtelen hálózatokra vonatkoznak. Hogyan ültethetők át ezek az eredmények valós (azaz szükségszerűen véges) hálózatokra? Mit mondhatunk a hálózat szegmentálódásának valószínűségéről, a lambda paraméter és a hálózat méretének függvényében?

A 2.2 szakaszban szerepel a javasolt algoritmus, amelynek alapötlete a [70] módszer alapötletének továbbfejlesztése. Az 1.1 tézis állítása erre a javasolt algoritmusra épít, így újszerűsége nem teljesen meggyőző a [70]-ben közölt megoldással összevetve. (A 25. oldalon olvasható egy összevetés a saját eredmények és [70] viszonyáról.).

Kérdés: A 26. oldalon elhangzik, hogy „P valószínűségi paraméter a továbbadás valószínűségét jelöli” és „eta ideig vannak bekapcsolt állapotban” a csomópontok. A 2.2.1 lemmában viszont az

„Ieta valószínűséggel adja tovább a fogadott csomagot” megfogalmazás szerepel. Hogyan fogalmazható meg a lemma pontosan?

A 2.3 szakasz ismerteti a javasolt módszerek teljesítményelemzését.

Kérdés: A 34. oldalon található állítás, miszerint: „Ez azt jelenti, hogy a felismert útvonal 40%-kal hosszabb, mint az egyszerű elárasztás által felismert”, szerintem nem helyes. Abból, hogy egy forrás és cél csomópontpár között több útvonal van, még nem következik, hogy a választott útvonal hosszabb is. Hogyan fogalmazható meg pontosan az állítás?

Megjegyzés: A disszertációban többször történik hivatkozás színes ábrákra és vonalakra. Sajnos az általam bírált példány fekete-fehér nyomtatással készült, így sok helyen nehezen értelmezhetőek a grafikonok (pl. 44., 48. és 63. oldalakon).

Megjegyzés: A teljesítményelemzés szükséges és fontos egy új algoritmus javaslata után. Azonban a szimulációk elvégzése és a teljesítmény-metrikák meghatározása önmagában nem tekinthető új tudományos eredménynek, így a téziszfüzet 1.3 állítása sem lehet jelen megfogalmazásban tézisértékű. Mindezek mellett elmondható, hogy az elvégzett teljesítményelemzés igényes és alapos, jól bemutatja a módszer előnyeit és hátrányait. A K_{min} paraméter gyakorlatban használható értéktartományának meghatározását elfogadom tézis értékű állításnak.

A 3. fejezet ismerteti a javasolt egy- és többkörös TDMA ütemezési algoritmusokat és protokollokat.

A 3.3 szakasz tárgyalja az egykörös ütemezési megoldás kiterjesztését többkörös hálózatokra. A 2.2 tézis állítása foglalja össze az itt javasolt megoldásokat.

Megjegyzés: A 3.3 szakaszban több eredmény olvasható, mint az egykörös megoldás direkt kiterjesztése. (A)Tézisek formájában célszerű lett volna az egyes ötleteket (pl. eltérő sebességű körök, körhosszak 2 hatványai, események eltávolításának megoldásai, ütemező modul) külön-külön megfogalmazni.

A dolgozat nagy erőssége, hogy a javasolt módszert valós hardver implementáción és valós fizikai mérési környezetben mutatja be, és végzi el az ellenőrzést és a teljesítményelemzést. A mérések megtervezése, elvégzése és az eredmények dokumentálása mintaszerű. A javasolt megoldás hibátűrése is részletesen tesztelésre került, beleértve a szinkronizációs elcsúszásokat is. (Kár, hogy az energiafogyasztás mérésére már nem maradt elég figyelem, és nem készült direkt mérési módszer. Különösen annak tükrében, hogy a 84. oldalon bemutatott mérésekben a jelölt valóban mérte az energiafelhasználást hardver eszközön. Továbbá, az energiahatékonyság igazolásához jól jött volna egy(-két) összehasonlítás alternatív megoldásokhoz viszonyítva.)

Kérdés: Az 58. oldal összefoglalásában elhangzik a következő állítás: „A tesztek során a rádiók kitöltési tényezője 0,8%, a processzorhasználat pedig átlagosan 0,2% volt, ami igen alacsony energiafogyasztást jelent.” Mi alapján dönthető el, hogy ez a két érték „igen alacsony”-nak nevezhető-e? (A lábjegyzet a szakirodalomra hivatkozik, de konkrét hivatkozás nélkül!)

A 4. fejezet foglalkozik az optimális multi-TDMA ütemezési megoldásokkal.

Megjegyzés: Az 59. oldal állítása szerint: „Multi-TDMA hálózatok használata főleg akkor előnyös, ha alacsony késleltetésre van szükség.” Valóban lehet kisebb a garantált késleltetés, de ez általában nem jelentős megtakarítás. Sőt, ahogyan a dolgozatban is szerepel, adott esetben még nőhet is a késleltetés. Sokkal jelentősebb nyereség érhető el viszont a hálózat teljes átviteli kapacitásában (avagy „sávszélességben”). A 4.2 szerinti ütemezés esetében például (kb) háromszoros a nyereség!

Megjegyzés: A 60. oldalon a 4.2 ábra aláírásában az „egy periódus 3 időszlet hosszúságú” szerepel, az 59. oldalon viszont „a periódus hossza 6”. Az utóbbi a helyes. Ugyanitt a 4.3 ábra felirata több ponton hibás.

Kérdés: A 61. oldalon a (4.1) összefüggés mint definíció nem pontos. Mi az $l_q()$ függvény pontos definíciója? (Továbbá (4.4)-ben p és q mit jelölnek?)

Kérdés: A 64. oldalon az A_R gráf definíciójában mi a G ? (A szövegben „ A_R élei jelölik a lehetséges ütemezések állapotait” magyarázat szerepel, ezzel szemben az állapotok köthetők a csomópontokhoz.)

A 66. oldalon kezdődő „Ütemező algoritmusok” szakasz ismerteti a 2.3 tézis javasolt algoritmusait (FSS, OMTS, OMTS-A).

Megjegyzés: Hasonlóan a 2.2 tézisnél elmondottakhoz, véleményem szerint itt is előnyösebb lett volna az egyes állítások (pl. javasolt algoritmusok, elméleti eredmények, lemmák, tételek) al-tézisekre bontása.

Kérdés: A javasolt algoritmusok (FSS, OMTS) bemenetei a C kapcsolati és C_c kommunikációs gráfok. Vizsgálta-e az algoritmusok teljesítőképességét és robosztusságát abban az esetben, amikor a kapcsolati és kommunikációs gráfok hibásak? (Pl. nem mérhető ki teljes bizonyossággal a csomópontpárok közötti csatornák minősége.)

A 4.3 szakasz ismerteti a két választott teljesítmény metrika, az üzenetek célba érési ideje és az energiaszükséglet paraméterekre számolt elméleti korlátokat.

Kérdés: Hogyan fogalmazható meg pontosabban a 63. oldalon található állítás, miszerint: „multi-TDMA ütemezés esetén alsó korlát adható a célba érési időre”? (Ha a „legrosszabb esetről” van szó, akkor felső korlát számolható a maximális késleltetésre. Ebből következően a „multi-TDMA ütemezéssel a lineáris TDMA ütemezés legkedvezőbb esetben is körülbelül $\frac{1}{2}$ részére csökkenthető” kijelentés is csak abban az esetben igaz, ha a lineáris TDMA esetében a legrosszabb esettel számolunk.)

Megjegyzés: Az energiaszükséglet összehasonlítása a lineáris és multi-TDMA összevetésekor megtévesztő. A kijelentés, miszerint „a gyorsabb célba érkezési idő ára a magasabb energiaszükséglet” azt sugallja, hogy ugyanazt az információt rövidebb idő alatt célba juttatni energiaigényesebb. Ez azonban nincs így, hiszen egyetlen üzenet elterjesztése a hálózatban mindkét ütemező esetén ugyan annyi energiát igényel – pl. a teljes láncon végighaladva $(n-1)$ csomagküldést.

A 4.4 szakasz a javasolt ütemezési algoritmusok kiszámításának számításigényét hasonlítja össze szimulációval.

Az 5. fejezet két protokollt ismertet: a kérdés-válasz protokollt és a ráültetési (piggy-backing) technikát a szenzor csomópontok energiatartalékának kímélésére. Mind a kérdés-válasz protokoll, mind pedig a ráültetési technika régóta ismert és széles körben alkalmazott megoldások a szakirodalomban. Bár az implementáció és az elvégzett mérések fontos és értékes mérnöki munkát takarnak, az implementáció viszont nem tekinthető új tudományos eredménynek. Ezzel összhangban a jelölt nem is fogalmaz meg téziseket a fejezethez kapcsolódóan.

A disszertáció második része (6. fejezet) foglalkozik a lokalizációs szolgáltatások kérdésével. A 6.2 fejezet egy ismert konzisztencia alapú lokalizációs eljárás továbbfejlesztését mutatja be, amely algoritmus képes a szisztematikus hibával rendelkező szenzorok figyelembe vételére és a hibáik kiszűrésére.

A 6.3.3 szakaszban kerül bemutatásra egy valós méréseken alapuló kísérlet.

Megjegyzés: A javasolt adaptív módszer pontosságának javulása a kísérletben egyértelműen megfigyelhető. Nem esik viszont szó arról, hogy más kísérletekben a módszer hogyan teljesít, illetve miként történik az alfa paraméter értékének beállítása. Jó lett volna legalább még egy, az elsőtől független kísérlet esetében is megmutatni, hogy a javasolt megoldás javulást eredményez.

A 6.4 fejezet egy statisztikai alapú módszert ad a konzisztencia alapú becslő gyorsítására. A javasolt megoldás a szakirodalomban olvasható RANSAC alapötletére épít ([93]-as hivatkozás). A 6.4.3 szakasz adja meg a 3.2 tézis állításában hivatkozott gyorsító algoritmust. A 6.4.4 hibaelemzés szakaszban ismerteti a szerző a 3.3 tézis állításának alapját képező eredményeit.

Megjegyzések a disszertációhoz

A disszertáció jól felépített, jól olvasható és érthető. Az 1.8 fejezet világosan ír a dolgozat felépítéséről és szerkezetéről, amely összhangban áll a téziszűzet felépítésével is. Helyesírási hiba azonban néhány helyen előfordul a dolgozatban. Az angol nyelvű részek jó angolsággal íródtak.

Az 1.6 fejezet kissé strukturálatlan, az irodalmi hivatkozások sűrűjében összemosódnak a hálózati topológiák, a közeghozzáférés-vezérlési (MAC) és útvonalválasztási megoldások leírásai a saját javasolt eljárás leírásával.

A 4. fejezet felépítése nem világos, ezért nehezebben olvasható. A „4.1. Áttekintés” szakasz lényegében csak egy bevezető. A „4.2. Az ütemezési algoritmus” című szakasz első felében a szükséges matematikai formalizmust és definíciókat ismerteti. A 66. oldal „4.2.2. Ütemező algoritmusok” al-fejezetében kerülnek ismertetésre a konkrét javasolt algoritmusok. Nagyon hiányzik egy felvezető, ami megadja, hogy miről lesz szó, milyen algoritmusok pszeudo-kódjára fut rá az olvasó, valamint leírja az egyes algoritmusok motivációját és alapötletét.

Meglepő, hogy a disszertációban nem található rövidítések jegyzéke. Pedig több helyen is előfordulnak olyan rövidítések, amelyeknek nem található meg a feloldása a szövegben (csak példaként kiragadva: a 19. oldalon a „DFRF”).

Tézisfüzet

A tézisfüzet magyar és angol nyelvű, a publikációs jegyzékkel és a hivatkozások jegyzékével együtt mindössze 10-10 oldal (magyar ill. angol verzió) terjedelmű. Az Új tudományos eredmények fejezet 3 téziscsoportba foglalva, téziscsoportonként három-három altézisre bontva fogalmazza meg a szerző eredményeit. A tézisfüzet tárgyalásmódja és felépítése követi a disszertáció felépítését és gondolatmenetét.

A meglehetősen tömör tézisfüzet elegendő, mert a disszertációban egyértelműen azonosíthatók a tézisfüzetben megfogalmazott állításokhoz tartozó eredmények.

Apróbb hibák, megjegyzések:

A Disszertációban a tartalomjegyzék után három kivonat is található (magyar, angol és német nyelven), ezek azonban nem szerepelnek a tartalomjegyzékben.

Összegzés

A disszertációban és a tézisfüzetben ismertetett új eredmények és eljárások igazolják a szerző jártasságát az adott tudományterületen, és képességét az önálló és eredményes kutatómunkára. Az új eredmények értékességét igazolja a szerző három megjelent nemzetközi folyóiratcikke. A 7 konferenciakikötő megfelelő teljesítmény, a követelményeket teljesíti. A tézisek publikálásra kerültek, a tételes felsorolás megtalálható a disszertációban és a tézisfüzetben.

A felvetett kérdések megfelelő megválaszolása esetén javaslom a PhD disszertáció elfogadását.

Budapest, 2015. július 7.



Dr. Vidács Attila
Távközlési és Médiainformatikai Tanszék, BME