A DOKUMENTUMOT DIGITÁLIS ALÁÍRÁSSAL LÁTTA EL:
AVDH SIGN
KORMÁNYZATI AZONOSÍTÁSSAL HITELESÍTETT

Bírálói vélemény

Rétvári Gábor:
“Hálózati problémák interdiszciplináris megközelítésben”

című MTA doktori értekezéséről

Bevezetés

A kommunikációs rendszerek mérete és széles körű elterjedése elérte azt a szintet, amikor már elkerülhetetlenül foglalkozni kell a viselkedés olyan aspektusaival, mint az erőforrásokhoz való igazságos hozzáférés, az erőforrások jobb kihasználása adaptív algoritmusokkal, vagy a skálázhatósági kérdések vizsgálata. Ezek a témák adják a disszertáció gerincét, így annak időszerűségéhez nem fér kétség.

A disszertáció formailag megfelel a követelményeknek: logikusan felépített, egységes szerkezetű, angolsága kiváló, könnyen olvasható, minimális számú elírást tartalmaz. A főbb eredmények ismertetése előtt minden esetben bevezeti a szükséges matematikai hátteret, így a leírást a területen kevésbé jártas olvasó is könnyen követni tudja. A megértést gondosan összeállított példák, ábrák, és az egész disszertációra egységes jelölésrendszer is segítik.

A disszertáció szerkezete a téziseket követi, egy bevezető és egy összegző jellegű fejezettől eltekintve a tézisek jelölik ki a fejezethatárokat.

1. Tézis: Max-min fair hálózati erőforrás-allokáció geometriai megközelítésben

A disszertáció második fejezete tárgyalja az első tézist, témája a max-min fair kapacitás allokáció, melyet tudvalevőleg a TCP protokoll is implementál. Az forgalmi igények elvezetésének ismerete mellett a max-min fair megosztás alapján előálló allokáció kiszámítására régóta létezik egyszerű, közismert módszer. A pályázó azonban egy ennél általánosabb problémát definiál, melyben az útvonalak sem rögzítettek, hanem optimalizálás tárgyát képezik. A problémát geometriai modellezéssel oldja meg, melyben a megengedett megoldások halmazának egy polytope-ot feleltet meg, egy adott allokáció tulajdonságait pedig lineáris egyenlőtlenségek segítségével állapítja meg. A feszes lineáris egyenlőtlenségek alapján meghatározott általánosított szűk keresztmetszeteket pedig sikerül a szakterületen általánosan használt gráfelméleti értelmezéssel ellátni, a bottleneck vágások bevezetésével. A max-min fair allokáció kiszámítására polinom-idejű algoritmust ad, melynek helyességét formálisan is bizonyítja. A megoldásig vezető utat matematikailag rendkívül precízen írja le, minden lépést formális bizonyítással és megértést segítő intuitív magyarázattal, ábrákkal, példákkal lát el.

A eredmények két hazai és két nemzetközi konferencián kerültek közlésre, utóbbiak közül az egyik “B” kategóriás, a másik pedig a szakterület legmagasabban rangú konferenciája, az IEEE INFOCOM, melyet ezen a területen értékesebbnek tartanak a folyóiratoknál.

Kérdések:

- A disszertációban említésre kerül az általánosított max-min fair kapacitásallokációs probléma megoldásának unicitása. A szimmetrikus bemeneteket is figyelembe véve, az unicitást hogyan értelmezzük, mikor tekintünk két megoldást különbözőnek?
- Az útvonalak meghatározásához az összes forgalmi igényt egyidejűleg ismerni kell. Ennek fényében milyen területen tartja lehetségesnek az eredmények gyakorlati felhasználását?
- Mekkora méretű problémákra lehet az algoritmust praktikusan használni?
- Van-e ismert megoldás az átlagos átviteli sebességek kiszámítására sztochasztikus (on-off) forgalmi igények esetén, akár fix útvonalakkal?

2. Tézis: Adaptív útvonalválasztás szabályozáselméleti megközelítésben

A disszertáció harmadik fejezetében ismertetett második tézis egy adaptív útvonalválasztási eljárást mutat be, melynek tulajdonságait az szabályozáselmélet eszköztárával vizsgálja, illetve bizonyítja. Az ismertnek feltételezett igények kiszolgálására egy szabályzót definiál, mely a forgalmat torlódás nélkül képes elvezetni (természetesen csak akkor, ha ez egyáltalán lehetséges) egy lineáris vagy kvadratikus költségfüggvény szerint optimális módon. A szabályzó tulajdonságaira (úgy mint irányíthatóság, megfigyelhetőség, a régiók karakterizálása, stabilitás, stb.) matematikai bizonyítást ad.

A fejezetben az optimalizálási problémák megfogalmazásánál több helyen hiányzik az optimalizált változók megadása.

A “Related work” áttekintéséből kiderül, hogy vannak a szakirodalomban alternatív megoldások a fejezetben tárgyalt problémára, még ha nem is mindenben ugyanolyan kedvező tulajdonságúak. Tanulságos lett volna látni egy numerikus jellegű összehasonlítást néhány eljárás bevonásával.

Az eredmények két “B” kategóriás konferencián, és egy INFOCOM konferencián kerültek bemutatásra, valamint egy Q1 folyóiratban is megjelentek.

Kérdések a 2. tézissel kapcsolatban:

- Mi az oka a diszkrét idejű modell használatának, tudván, hogy maga a rendszer folytonos időben működik?
- A költségfüggvény paramétereit hogyan tudja meghatározni egy hálózati eszköz, vagy a hálózat üzemeltetője?
- A vezérlő által lekérdezett fogalmi igény mit jelent pontosan? Az átvinni kívánt adatok mennyiségét, a buffer hosszát, esetleg valami mást?
- A disszertáció megállapítja, hogy az ORAR vezérlő lineáris és konvex kvadratikus célfüggvényeket enged meg. Mi az akadálya bármilyen (általános) konvex célfüggvény használatának?

3. Tézis: Skálázható útvonalválasztás algebrai megközelítésben

A 3. tézis eredményeit a disszertáció negyedik fejezete tartalmazza. A megcélzott probléma az internet routereiben a forgalomirányítási táblák méretének csökkentése, melynek

memóriaigénye az internet egyre növekvő méretét figyelembe véve egyre élesebb problémává válik. A matematikai eszköztár ebben a fejezetben a (más szerzők által korábban bevezetett) útvonalválasztási algebra, mely lehetővé teszi, hogy elterjedten alkalmazott útvonalválasztási algoritmusok egy meglehetősen tág osztályát elegáns absztrakt algebrai módszerekkel jellemezzük. Az algebrai megközelítés ismertetése után a disszertáció definiálja egy adott útvonalválasztási algebra működéséhez szükséges memóriaigényt, és tömöríthetőnek minősíti az útvonalválasztási eljárást, ha ez a memóriaigény a hálózat méretével a lineárisnál lassabban nő. A pályázó legfontosabb eredményei az útvonalválasztási algebra tulajdonságai és a tömöríthetőség közötti összefüggés feltárása. A tömöríthetőség (azaz a skálázhatóság) érdekében az is megengedhető lenne, ha az optimálisnál legfeljebb *k*-szor rosszabb költségű útvonalakat adna az algoritmus. A disszertáció bizonyítja, hogy a gyakorlatban releváns algoritmusok még a megengedőbb esetben sem vezetnek skálázható memóriaigényhez, semmilyen *k* érték mellett sem, mely egy negatív, de ettől még nagyon is jelentős eredmény.

Az eredmények két folyóiratban és két konferenciakiadványban kerültek közlésre, a folyóiratok Q1, illetve D1 besorolásúak, az egyik konferencia pedig “A” kategóriás.

Kérdések a 3. tézissel kapcsolatban:

- Van-e olyan gyakorlatban releváns útvonalválasztási szabályrendszer, amely nem írható le a bemutatott algebrai keretrendszerben?
- Ha van ilyen, lehetséges-e, hogy ezek körében mégis létezik olyan, mely szublineáris skálázódást eredményez?

4. Tézis: Forgalomtovábbítási táblák tömörítése információelméleti megközelítésben

Akár a disszertáció negyedik fejezete, az ötödik fejezet is a forgalomtovábbítási táblák skálázhatósági kérdéseivel foglalkozik, ezúttal sokkal inkább praktikus, mint absztrakt algebrai megközelítésben. Az elért eredmények ebben a fejezetben az információelmélet eszköztárán alapulnak, a forgalomtovábbítási táblák tömörítési rátáját a pályázó az entrópia, illetve ahhoz hasonló mennyiségek segítségével fejezi ki. Elsőként a strukturálatlan címtér modellt vizsgálja, a legegyszerűbb, gráf-független esetre, majd a véletlenszerű és az optimalizált név hozzárendelés esetére is karakterizálja a táblák skálázhatóságát. A fejezet második része az IP hálózatokban is használatos hierarchikus címzést feltételezi, majd a két modell közötti kapcsolatra egy tétel segítségével mutat rá. Az eredmények - legalábbis számomra - egészen hihetetlen mértékű tömörítési lehetőségekre világítanak rá.

Bár a fejezet végén bemutatásra került a szakirodalmi összefoglaló, hiányoltam a jelölt eredményeinek összehasonlítását korábbi módszerekkel, holott a numerikus összehasonlításra ezen a ponton lehetőség lett volna.

A tézisek eredményei egy D1 és egy Q1 rangú folyóiratban, valamint három “A” kategóriás konferencia kiadványban jelentek meg, köztük a szakterület egyik kiemelkedően rangos fórumával, az ACM SIGCOMM-mal.

Kérdések a 4. tézissel kapcsolatosan:

- A címek optimalizált hozzárendelése jelentős mértékben képes volt javítani a táblák tömöríthetőségén. A gyakorlatban milyen hálózatokban van lehetőség a címkiosztás globális szabályozására, optimalizálására?

- Hierarchikus címzés esetén, az XBW-b transzformáció után keletkező adatszerkezetben a levélcímkék sok esetben (a belső csomópontokra) nem értelmezettek, tárolásuk helypazarlásnak tűnik. Van mód ennek az elkerülésére?
- A tudományos közösségben kialakult egyfajta verseny a táblák minél jobb tömörítését célozva, egyre jobb és jobb eredmények születnek. A disszertációban leírtak alapján ma már a 70-120 Kbyte-os méret is elérhető. Gyakorlati szempontból szükség van még ezen túl is növelni a tömörítési rátát? Vajon meddig lehet még lejjebb menni a táblák méretével?

Összefoglalás

A kommunikációs hálózatok területén a pályázó tudományos tevékenysége matematikai megalapozottságával tűnik ki. Mind a publikációira, mind a disszertációra jellemző a problémák precíz formalizálása, a megoldáshoz vezető matematikai eszközök gondos kiválasztása, az eredmények mérnöki interpretációja és általánosítása. Az elméleti eredmények a gyakorlatban is relevánsak, melyet számos ipari együttműködés és az IETF munkájában való részvétel is alátámaszt.

A tézisek megfelelően foglalják össze a disszertációban kiemelt tudományos eredményeket. A tézisek általános bemutatása után az eredmények részletesebben, altézisek formájában is megfogalmazásra kerültek.

Véleményem szerint a disszertáció alkalmas a pályázó tudományos teljesítményének megítélésére. A disszertáció alapján megállapítható, hogy a pályázó kiemelkedően széleskörű matematikai háttérismerekkel rendelkezik, a szakterületét elméleti és gyakorlati szempontból is jelentős, eredeti tudományos eredményekkel gyarapította. Mind a 4 tézist elismerem új tudományos eredményként. Javaslom a doktori mű nyilvános vitára bocsátását és Rétvári Gábor számára az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2021. április 18.

Dr. Horváth Gábor
MTA doktora