Bírálat Cinkler Tibor
„Módszerek heterogén hálózatok üzemeltetésének optimalizálására" című MTA doktori értekezéséről

A távközlő hálózatok tervezése az elmúlt két évtized hálózati fejlesztéseinek kiemelkedő jelentőségű kérdése. A rendkívül gyors technológiai fejlődés és a távközlési piac liberalizálása több hálózati technika egyidejű alkalmazását, valamint több beszállító és hálózatüzemeltető egyidejű jelenlétét eredményezte mind az egymásra épülő hálózati rétegekben, mind pedig az egymáshoz kapcsolódó hálózati tartományokban. Az értekezés témaválasztása ezért önmagában is értékes, ugyanakkor külön kiemelendő, hogy a szerző a témakörön belül számos fontos problémával, többek között méretezési, konfigurálási, útvonalválasztási, forgalomterelési és védelmi kérdésekkel, általánosan a heterogén hálózatok optimalizálásával foglalkozott. Az értekezés a közel 20 esztendős kutatói tevékenység PhD fokozat megszerzését követő 14 éves eredményeit 3 fő fejezetben és téziscsoportban, összesen 15 tézisben foglalja össze.

Az 1. fejezet a hálózatok védelmével foglalkozik. Célja, hogy a bekövetkező meghibásodások hatásának megkövetelt (vállalt) szintre csökkentését biztosító pluszerőforrások mennyiségét minimalizálja. Egy rövid fogalmi áttekintés után a fejezet négy fő alfejezete a négy altézisnek megfelelő témaköröket tárgyalja, mégpedig

- az általánosított megosztott védelmet,
- a védelmek újraoptimalizálása melletti útvonalválasztást,
- a rugalmas forgalom pártatlan elvezetését és védelmét, valamint
- a többtartományos hálózatok védelmi erőforrásainak megosztását.

Az általánosított megosztott védelem (GSP) korlátot ad arra, amikor minden egyes igény számára az osztott link-, szegmens- vagy útvédelmi lehetőségek közül a legkedvezőbbet választjuk. Az értekezés a GSP módszert öt másik megoldással egy referenciahálózaton hasonlítja össze. Zavaró, hogy a szerző az eredményeket bemutató 1.3. ábrában sem a függő változó „Blocking Ratio", sem a független változó „Demand Bandwith (helyesen Bandwidth) to Link Capacity Ratio" fogalmakat, illetve az 5 módszer közül a „Failure Dependent Path Protection (FDPP)" védelmi módszert sem definiálja. A GSP módszer alkalmas a feladat megoldására, de az egyetlen hálózati példán való illusztráció kevéssé meggyőző.

1. kérdés: Mi a nem definiált fogalmak és jelölések pontos tartalma?

Az 1.3 fejezet a védelmek újraoptimalizálása melletti útvonalválasztással foglalkozik. A szerző egy új megközelítést javasol két algoritmussal, amelyek takarékos erőforrás felhasználás mellett alacsony blokkolási valószínűséget biztosítanak. A megközelítés alapgondolata, hogy a dinamikusan érkező és megszűnő forgalmak kezelésére az új igényeket az aktuálisan nem használt védelmi útvonalak és erőforrások kapacitásainak felhasználásával folyamatosan újraoptimalizálja, miközben a több egyidejű védelmi út elvezetésére egy link kétszerezési, „link doubling" technikát vezet be. A két algoritmust (SPP-LD: Shared Path Protection with Link Doubling és PDSP-LD: Partially Disjoint Shared Protection with Link Doubling) a szokásos SPP (Shared Path Protection) megoldással három különböző méretű és kapacitású hálózaton veti össze mind a blokkolási valószínűségeket, mind az átlagos futási időt, mind pedig a hálózatok kihasználtságát tekintve. Ellentmondásos látom, hogy a szerző az 1.7. ábrához kapcsolódóan többször is pontatlanul értékel. Egyrészt jól fogalmazza meg a PDSP-LD algoritmus kedvező tulajdonságát, de a kivételeket nem a 30, hanem a 22 csomópontos hálózat esetén látjuk. Másrészt az SPP-LD algoritmus messze nem tipikusan jobb mint az SPP, hiszen a 16 csomópontos hálózat 10-80-as kapacitástartományában az a kivételes, amikor kedvezőbben viselkedik, s 10-40-es tartományban a 30 csomópontosnál sem mutat kedvezőbb eredményeket.

2. kérdés: Mi a tartalmi különbség a PDSP és az SSP algoritmusok között?

Az 1.4. fejezet a rugalmas forgalmak extra kapacitás nélküli védelmével foglalkozik. Két védelmi módszert és egy új pártatlansági (fairness) definíciót alkalmaz. A különböző védelmi és pártatlansági esetet 6 különböző méretű (5-35 csomópont) hálózaton hasonlítja össze a védetlen hálózati megoldással, kétféle optimalizálási algoritmust, EILP (Elastic Integer Linear Programing) és IESA (Iterative Elestic Simulated Allocation) alkalmaz, és elemzi a védelmi és optimalizálási algoritmusok alkalmazhatóságát. A bemutatott eredmények egyértelműen kedvezőbbek a rögzített elvezetési útvonalak melletti megoldásoknál és az algoritmusok a hálózatok széles körében jól alkalmazhatók.

Az 1.5. fejezetben a többtartományos hálózatok megosztott védelme jelenti a vizsgálatok fő irányát. E hálózatokban a védelem tervezése különleges jelentőségű, mivel a különböző tartományok egymással is piaci versenyben álló üzemeltetői – részben biztonsági, részben skálázhatósági okokból – tipikusan kevés információt akarnak és tudnak megosztani egymással. Jellegzetes esetet jelent, hogy a topológiai információk rendelkezésre állnak, az aktuális üzemi és a védelmi útvonalak azonban nem ismertek.

A szerző e hálózatok tervezésére is két saját módszert dolgozott ki és vizsgált. A többtartományos védőkör (MD-PC: Multi-Domain P-Cycle) és a többutas védelmi (MD-MPP: Multi-Domain Multi-Path Protection) megoldások számos komplex lehetőséget kínálnak, és az alkalmazásukhoz rendkívül sokféle elemzésre van szükség. Az elvégzett vizsgálatok egyaránt kiterjedtek a tartományokon belüli különböző architekturális megoldásokra, valamint a különböző stratégiák mellett elérhető használhatósági szintekre. E témakör érdekessége, hogy valós méretű pán-európai hálózat számára (205 csomópont, 384 link) is szolgáltat eredményeket.

Az értekezés 2. fejezete a forgalomkötegelő hálózatok optimális üzemeltetésére fókuszál és az értekezés 2. tézisének 7 altézisét tárgyalja. A témakör a hálózatok üzemeltetése szempontjából különleges jelentőségű. A kötegelés kulcsszerepet játszik a hálózati erőforrások költséghatékony kihasználásában, a rétegek együttműködése és összehangolt működtetése kérdések sorozatát veti fel különösen akkor, amikor a különböző rétegeket különböző szállítók, különböző szolgáltatók által üzemeltetett eszközei valósítják meg.
A forgalomkötegelés funkciójából következően e fejezetben a szerző a hálózatokat mélyebb szinten, a komplex berendezés-funkciókat is kezelő gráfokkal modellezi, egységes koncepció szerint, de különbözőképpen kezelve a különböző valós (pl. OADM, EOXC, OXC) funkciókat.
A 2.1. fejezetben kétrétegű hálózatokra adott forgalomkötegelő gráf (GG: Grooming Graph) modelleket követően a 2.2. fejezetben ILP formalizmust az elvezetés és a dedikált védelem problémákra, majd a 2.3. fejezetben a kétrétegű hálózatok forgalomkötegelő képességének méretezésére ad formalizmust, algoritmusokat és szolgáltat eredményeket. Három fő algoritmikus esetet tekint, azaz optimalizálja (i) a forgalomkötegelő portok számát; (ii) a felhasznált hullámhosszak számát; illetve (iii) az előbbi kettőt együttesen. A védelem nélküli, dedikált védelmű és osztott védelmű esetek széles körére szolgáltat erőforrás-szükségletre vonatkozó összehasonlítható és gyakorlatban is használható eredményeket.
A 2.4. fejezet továbblép a hálózati modellezésben és egy új, fényút tördelő modellt (FG: Fragment Graph) vezet be a hosszabb hullámhossz utak hatékonyabb realizálására.

3. **kérdés: Milyen hasonlóságot vagy különbséget lát a fényút tördelés, mint forgalomkötegelési probléma és egy klasszikus, többszintű frekvencia- vagy időmultiplexálású távközlő hálózat úgynevezett nyalábolási problémaköre között?**

A létrehozott FG modell felhasználásával a szerző a dinamikus útvonalválasztás teljesítőképességét fényút tördelő forgalomkötegelés mellett vizsgálta, és megmutatta, hogy a módszer mind a függőlegesen összekötött, mind pedig a függőlegesen integrált hálózatok esetén jól használható. Vizsgálatai kiterjedtek mind a sávszélességgel és a távolsággal kapcsolatos pártatlanság kérdéseire.

A 2.6. fejezet az állapotfüggő forgalomterelés (TE: Traffic Engineering) forgalomkötegelés melletti vizsgálatát nyújtja, míg a 2.7. fejezetben a szerző port-szemléletű megosztott védelmet javasol többrétegű hálózatokra. E fejezetek olvashatóságát jelentősen rontja, hogy az illusztratív ábrák nem együtt szerepelnek az értékelő szövegekkel, hanem a fejezet végén elkülönítve, mintegy függelékként jelennek meg.

A fejezet záró része a többesadás útvonalválasztás és helyreállítás kérdéseivel foglalkozik, kitérve az optikai és elektronikus rétegbeli többesadásra, valamint a különböző megoldások valós méretű hálózatokon való vizsgálatára. A vizsgálatok hasznos eredményeket szolgáltatnak az IPTV alapú szolgáltatások számára.

Az értekezés 3. fejezete a fizikai korlátozások melletti tervezés kérdéseivel foglalkozik és a 3. téziscsoport 4 altézisének eredményeit foglalja össze. A 3.1. fejezet a kötegelés és útvonalválasztás együttes heurisztikus tervezésével foglalkozik úgy, hogy a kihasználja a kötegelés csomópontok jelfrissítési hatását, míg a 3.2. fejezet forgalomkötegelési csomópontok jelszint hangolási képességének kihasználására egy MILP (Mixed Integer Linear Programming) formalizmus alkalmazásával állít elő eredményeket. Mindkét fejezet eredményei az európai kutatásokban felhasznált COST 266 referencia hálózatra vonatkoznak, és egyértelműen jelzik, hogy a szerző folyamatosan a nemzetközi meghatározó kutatások alapkérdéseihez kapcsolódva szolgáltat eredményeket.

A 3.3. fejezet a fizikai korlátok kezelésére egy sajátos megoldást, az úgynevezett teljesítmény-alapú forgalomterelést javasolja, amellyel egy hatékony alternatív megoldást hoz létre a szokásos forgalomterelő megközelítéssel szemben. Különböző linksúly függvények és hálózatméretek mellett összehasonlítja az egyes megoldásokat és megmutatja, hogy a teljesítmény-alapú forgalomterelés azokban a helyzetekben, amikor az erőforrás szükséglet függ a távolságtól kedvezőbb eredményeket szolgáltat a hagyományos forgalomterelésnél. Végül a 3.4. fejezet a teljesítmény-alapú tervezés alkalmazását megosztott védelem esetén vizsgálja, és részletes összehasonlítást tesz a különböző védelmi megoldások között, a megközelítés hasznosságát számos eredménnyel illusztrálva.

Összefoglalva megállapítható, hogy a szerző egy rendkívül fontos területtel, a heterogén hálózatok optimalizálásával foglalkozott. Disszertációja egy több évtizedes aktív, tudományos munka eredményeit foglalja össze. A szerző egyértelműen bemutatja, hogy e témakör folyamatosan felmerülő kutatási kérdéseire érzékenyen reagál. Miközben válaszai minden esetben az adott feladathoz illesztett elvi modelleken alapulnak, a különböző algoritmusok használhatóságát számos lehetséges, sok esetben nemzetközileg általánosan elfogadott, reális méretű referenciahálózatokon igazolja. Az értekezés egyértelműen igazolja a szerző szakterületen belüli széleskörű tájékozottságát és nemzetközileg is értékes eredményeit.

Az értekezés szerkezete tükrözi a sokirányú, sok éven keresztül folytatott kutatást. A tézisszerkezet egy lehetséges megoldás. Kevésbé a módszertani, sokkal inkább a szakmai tartalom által vezérelt. Elképzelhető más megoldás is, de a szerző által választott is ésszerű, indokolható. A tézisek tartalmát tekintve, azokat a szerző önálló eredményének ismerem el. Nem minden tézis azonos súlyú, de a meglévő változat is elfogadható.

Az értekezés egésze és a megfogalmazott tézisek alapján Cinkler Tibor tudományos eredményei messzemenőkig kielégítik az MTA doktori cím megszerzéséhez szükséges követelményeket. Mindezek alapján javasolom a nyilvános vita kitűzését és Cinkler Tibor számára az MTA doktora cím odaítélését.

2013. június 21.

Dr. Jereb László
az MTA doktora