

Válaszok Dr. Do Van Tien (MTA doktora, egyetemi tanár, BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék) opponensi véleményére

Szeretném megköszönni bírálómnak dolgozatom alapos áttanulmányozását és a bírálatban megfogalmazott építő kritikát. Kérdéseire és észrevételeire alábbiakban válaszolok.

Először általánosságban szeretnék válaszolni a heurisztikákhoz kapcsolódó észrevételeire. Elfogadom, hogy a heurisztikák tudományos értéke kényes kérdés. Igyekeztem a téziseket úgy összeállítani, hogy a disszertáció egy problémakört járjon körbe. A disszertáció szűk témájában összesen 11 első szerzős cikkem jelent meg. Ezek közül a doktori műbe végül 8 cikkből kerültek be eredmények, hogy tartani tudjam a disszertáció 100 oldalas terjedelmi korlátját. Célom volt, hogy minél szélesebb szempont rendszer szerint is tartalmazzon eredményeket. A heurisztikák elsősorban a gyakorlatias szemléletű olvasók számára kerültek a doktori műbe, és itt a fő teljesítménymutató az volt, hogy a gyakorlatban jól működnek-e. A teljesítményüket alaposan teszteltem, és jelenleg sem ismertek más olyan heurisztikák, amelyek a problémákat hatékonyabban oldják meg. A disszertáció-ban szereplő heurisztikáknál további szempont volt, hogy ne ismert módszerek alkalmazásából, hanem új ötleten alapuljanak.

A heurisztikus módszerek mára általánosságban is helyet kaptak a tudományban. Ezt mutatja például már a címével is J. Hromkovic, „*Algorithmics for hard problems: introduction to combinatorial optimization, randomization, approximation, and heuristics*” (Springer-Verlag, 2010) c. sikeres szakkönyve.

1. Kérdés. *Az optikai hálózat (all-optical networks) képezi az első tézis témakörét, emiatt nem jogos a [33] cikk eredményével való indoklás, mivel a [33] cikk lényegében a hagyományos IP berendezések megbízhatóságával kapcsolatos statisztikákat tartalmazza.*

Köszönöm, hogy felhívta a figyelmem a pontatlanságra. Optikai hálózatok egyes eszközeire az [1]-es cikkben találhatóak MTBF és MTTR értékek. Ezeket vetettem össze az IP hálózaton gyűjtött néhány publikus hibastatisztikákkal. A kevés és ellentmondásos adatból próbáltam egységes képet kialakítani.

2. Kérdés. *A prezentáció alapján nem látom kellően bizonyítottnak az 1.5. tézist („...a gyakorlatban 1000-10000-szer gyorsabbnak bizonyult”).*

Két topológia megvizsgálása után vontam le ezt a következtetést, ami valóban nem kellően alapos. Az ILP megoldása annyira sokáig tartott, hogy nem tudtam több adatot gyűjteni. A tézisben szereplő heurisztika ennek ellenére továbbra is a szakterület fő referenciája. Az elmúlt években több más heurisztikát dolgoztak ki a problémára, de ezek teljesítménye mind elmarad az RCA-RCS-től:

- [1] A. Haddad, EA. Doumith and M. Gagnaire, „A meta-heuristic approach for monitoring trail assignment in WDM optical networks,” In *IEEE International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT)*, pp. 601-607, 2010.
- [2] Y. Zhao, S. Xu, X. Wang and S. Wang, „A new heuristic for monitoring trail allocation in all-optical wdm networks,” In *IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM)*, pp. 1-5, 2010.
- [3] Y. Zhao, S. Xu, X. Wang and S. Wang, „Monitoring trail allocation in all-optical networks with the random next hop policy,” In *IEEE International Conference on High Performance Switching and Routing (HPSR)*, pp. 192-197, 2012.
- [4] K.M. Maamoun, H.T. and Mouftah, „Fault-localization comparative study of deploying monitoring trails to achieve survivability in all-optical networks,” In *International Computer Engineering Conference (ICENCO)*, pp. 88-93, 2012.

- [5] N. Ogino and H. Nakamura, „All-optical monitoring path computation based on lower bounds of required number of paths,” In *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, pp. 1-6, 2011.

3. Kérdés. *Az egyidejűleg egy link hiba feltételezése korlátozza az algoritmus gyakorlati alkalmazhatóságát.*

Ezek a módszerek a hiba lokalizálását 50ms alatt érnék el. Ennyire kis időablakban nagyon valószínűtlen, hogy két fizikailag egymástól távol eső hiba egyszerre következzen be. Többszörös hiba inkább azért alakulhatna ki, mert valamilyen természeti (vagy akár terrorista) katasztrófa több eszközt érint. Viszont az nem valószínű, hogy a eszközök ennyire kis időeltéréssel essenek ki. Például 50ms alatt egy hangsebességgel haladó lökéshullám 17m-t tesz meg. Ezzel szemben a hálózat linkjei és pontjai jellemzően 10-100km-re vannak egymástól.

4. Kérdés. *Az 1.6. tézis elfogadható, ha a szerző tudná megmagyarázni, hogy hogyan biztosítható hogy a hálózat menedzsment- és vezérlő-rendszerében minden berendezés, link, interfész egyértelműen azonosíthatónak kell, hogy legyen?*

Nem volt lehetőségünk valós rendszerben kipróbálni a módszerünket, de a leírások és szakemberekkel folytatott konzultációk alapján optikai gerinchálózatokban (layer 2) ez a kérdés megoldott. Elsősorban azért, mert egy optikai hálózatot az életciklusa során ritkán változtatnak, viszonylag statikus. Központosított a menedzsment- és vezérlő-rendszerük, amely pontosan ismeri a topológiát és az összes hálózati eszköz pontos paramétereit és azonosítóit.

A magasabb hálózati rétegekben (pl. IP) a hálózat menedzsment- és vezérlő-rendszere valóban nem ismeri pontosan a hálózat topológiáját. A jövőben az OpenFlow protokoll terjedésével a gyors hiba-lokalizáció magasabb rétegben is megvalósítható lesz.

5. Kérdés. *Az első algoritmusban (algorithm 1) található egy bűvös szám (500), amely az „informatikus” megközelítés eredménye. Emiatt a heurisztikus algoritmus nem kellő mértékben bizonyított ahhoz, hogy az MTA doktori tézisként szerepeljen.*

A heurisztikákról szóló fejezetekben (és az eredeti cikkekben) a gyakorlatias „informatikus” gondolkodású olvasót próbáltam megszólítani. Ehhez jobban illett ez a programkódszerű, kevés jelölést tartalmazó stílus. Az 500-as paraméter beállítás mindig jól működött a vizsgált életszerű topológiáknál.

6. Kérdés. *A berendezések üzembiztos működése miatt valószínűtlen, hogy ki érdemes hagyni a szinkronizációt és vezérlő információt feldolgozó funkciókat a kapcsoló berendezésekből.*

Nem terveztem a meglévő szinkronizációs és vezérlő információt feldolgozó funkciókat kihagyni a kapcsoló berendezésekből, viszont cél, hogy a meghibásodás utáni kritikus 50ms-ben nem hagyatkozunk ezekre. Az 50ms-os helyreállítás után a hálózatot a hagyományos módon szinkronizálnánk, és a megváltozott topológia miatt újra terveznénk a monitorozó utakat is.

7. Kérdés. *A 2.4. tézissel kapcsolatban azt kérdezem, hogy mennyire alkalmazható a 3.4. fejezetben ismertetett algoritmus azt a gyakorlati szempontot figyelembe véve, hogy a hálózat menedzsment- és vezérlő -rendszerében minden berendezés, link, interfész egyértelműen azonosíthatónak kell, hogy legyen?*

A leírások és szakemberekkel folytatott konzultációk alapján arra a megállapításra jutottam, hogy optikai gerinchálózatok központosított menedzsment rendszerrel működnek, amely pontosan ismeri a topológiát és az összes hálózati eszköz pontos paramétereit és azonosítóit. Természetesen az 50ms-os helyreállítás után érdemes újratervezni a monitorozó utakat és módosítani a meglévő kapcsolatokat a kiesett kapacitás mértékétől függően. Ez akár lassabban is történhet, és a hagyományos megoldások működnek.

8. Kérdés. *Ugyanakkor nem látom, hogy hogyan tudná segíteni a szerző az eredményeivel (az értekezés 17., 18., 19., 20. és 22. tételeivel kapcsolatos értékes logikai levezetés) az üzemeltetőket?*

Ezek a részek hely hiány miatt (és mert nem éreztem MTA tézis értékűnek az ötletet) végül kimaradtak. Megjegyzés: A 20-as tétel bizonyításában a feladatot halmazfedési feladatra vezetjük vissza. Ez a transzformáció megfordítható, vagyis az optimális halmazfedési feladat megoldásából megkapható az optimális gráf kiegészítés. Halmazfedési feladatra több ismert heurisztika létezik és ezek erre a feladatra is jól teljesítenek a gyakorlatban (például Lovász mohó módszere). További részletek ebben a cikkben találhatóak:

[6] G. Rétvári, J. Tapolcai, G. Enyedi, A. Császár, "IP Fast ReRoute: Loop Free Alternates Revisited", In Proc. IEEE INFOCOM, Shanghai, P.R. China, 2011.

A 22-es tétel elsősorban elméleti jelentőségű, de OpenFlow környezetben gyakorlati haszna is lehet, akár ebben a formában is.

Köszönöm a doktori mű formai, tartalmi és terminológiai részével kapcsolatos észrevételeit, ezeket mind megfogadtam. A doktori mű egyes fejezetei az észrevételek alapján javítva egy készülő könyvben jelennének meg. A könyv Dr. Mukherjee Springer Optical Network sorozatában szerepelne „*Internet Optical Infrastructure - Issues on Monitoring and Failure Restoration*” címmel.

Még egyszer szeretnék köszönetet mondani opponensemnek, hogy időt szentelt munkám áttanulmányozására és kérdéseivel segítette a további kutatásaimat.

Budapest, 2013 november 6.

Tapolcai János