

Válaszok Dr. Pataricza András (MTA doktora, egyetemi tanár, BME
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék) opponensi
véleményére

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

1. Kérdés. *Milyen kapcsolat van a gyakorlati gerinchálózatok és a benchmark alapjául szolgáló vizsgálati minták között?*

A valós gerinchálózati topológiát sajnos gyakran ipari titokként kezelik. Így nem tudjuk, pontosan milyenek a gyakorlati gerinchálózatok. Az irodalomban használt topológiák vagy nyilvános akadémiai gerinchálózatok, vagy valós topológiák mintájára készültek. Az RCA-RCS tesztelésénél használt gyűrű topológia húrokkal kevésbé életszerű. Ez egy egyszerű módszer volt nagy átmérőjű 2 él-összefüggő véletlen topológiák generálására. Később – a többi fejezetben – egy viszonylag széles körben használt szoftvercsomag síkgráf generálási módszerét alkalmaztam kis módosítással. A választás valóban elsősorban “mérnöki praktikán” alapult.

A néhány valós hálózat alapján, amit volt alkalmam tanulmányozni, ezek a generált topológiák már szemre életszerűek. Sajnos a valós példák hiánya általános probléma a szakterületen. A hálózattervezés témakörben a tudományos cikkekben jellemzően megelégednek 1-2 ismert gerinchálózati topológia vizsgálatával. Az irodalomban összesen néhány tíz topológia ismert. Céлом volt szemléltetni a módszereink sebességét, és ennek egy látványos bizonyítéka, ha több ezer topológiát is meg tudok oldani.

Az 1. ábrán egy illusztráció található az ismert hálózati topológiákról és az általam generált véletlen gráfokról.

2. Kérdés. *Milyen módon terjeszthetők ki az ismertetett eredmények akkor, ha a hálózat vizsgálati modellje hierarchikus?*

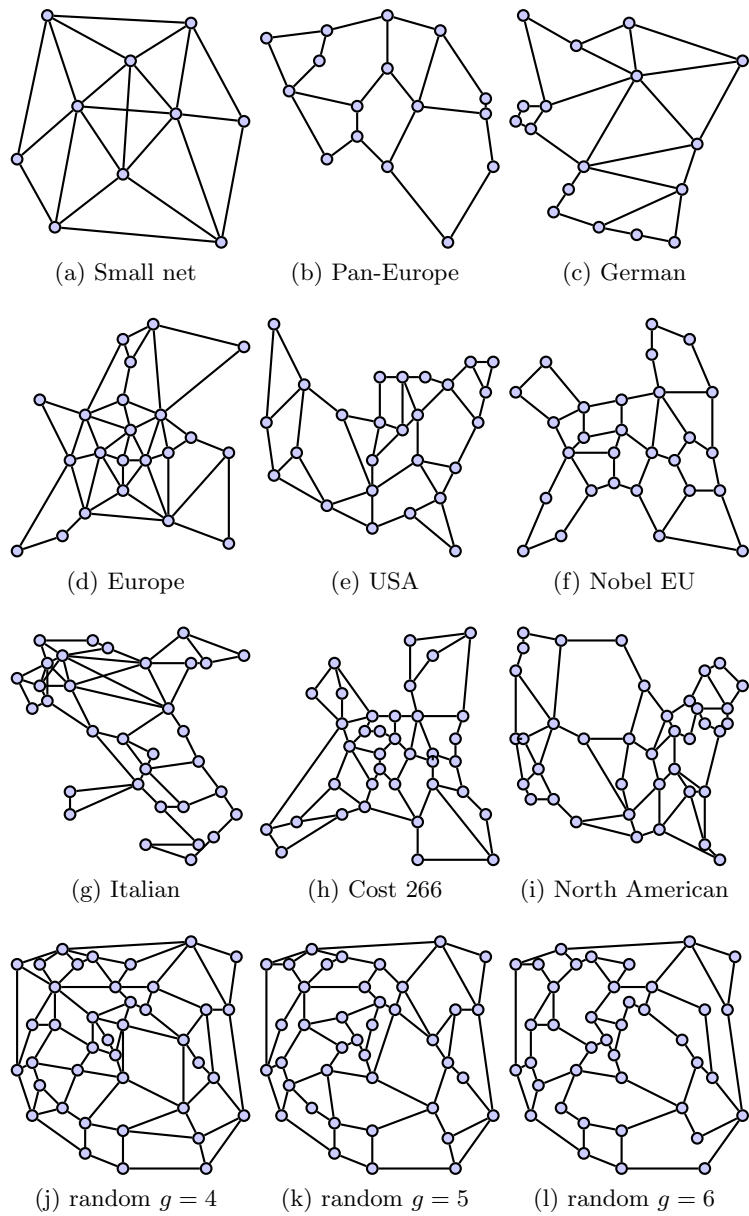
Egy üzemeltető kezében lévő optikai hálózatok még nem olyan nagyok, hogy hierarchikusan kelljen felépíteni. A disszertációban - helyhiány miatt - csak a tökéletes diagnosztikát vizsgálok. Kutattam hibamonitorozást nagy hálózatokban, de ott a tökéletes diagnosztika már nem elérhető cél, mert nem életszerű, hogy egyszerre csak egy hibával számolhatunk. Sajnos a többszörös hibákat monitorozó módszerek nem elég hatékonyak nagy hálózat megoldásához. Egy lehetséges megoldás a bírálatban is említett javítási stratégiai tanulmányozása. Felmértem, hogy mekkora környezetüket monitorozzák a hálózat egyes pontjai. Ez a munka végül nem került be a disszertációba. A témában a következő dolgozatom jelent meg:

[1] J. Tapolcai, Pin-Han Ho, P. Babarczy, L. Rónyai, „On Achieving All-Optical Failure Restoration via Monitoring Trails”, In Proc. *IEEE INFOCOM Mini-Symposium*, Turin, Italy, 2013.

3. Kérdés. *Mit lehet mondani a többi hibafajta felderítéséről, előfordulhat-e, hogy hamis diagnózishoz vezet egy a jelenlegi hibamodell által nem fedett hiba (pl. egy csomópont hibája hamisan jelenik meg linkhibaként)?*

Igen, jogos észrevétel, ez elvileg előfordulhat. A többszörös hibák kapcsán vizsgáltam olyan módszereket, amelyeknél nincs hibás diagnózis. Ezek a vizsgálatok még nem annyira érettek, hogy bekerüljenek a disszertációba. Szerencsére az SRLG hibamodellnél általánosan elfogadott, hogy nem terveznek az SRLG listában nem szereplő hiba ellen.

4. Kérdés. *Hogyan változik a problémakör, ha nem a teljes egylépéses diagnosztikát, hanem egy nagyobb linkhalmazt fedő durva diagnosztikát és átkonfigurálást, illetve ha szekvenciális diagnosztikát tűzünk ki célul?*



1. ábra. Példák referencia és véletlen generált hálózatokra.

Az optikai hálózatokban a gyors helyreállítás követelménye miatt van szükség egylépéses diagnosztikára. Egy nagy hálózatban a jelterjedési késleltetés miatt az egylépéses diagnosztika még tolerálható késleltetést okoz. A közelmúltban elkezdtem foglalkozni OpenFlow hálózatok hibalokalizációjával. Itt kisebbek a távolságok, nem annyira szorongató a hiba lokalizációjára számítható idő, és lehetőség van sokkal dinamikusabban kialakítani a monitorozó utakat. Egy ilyen környezetben több lépcsős diagnózis működik. Kutatás szintjén ez más módszereket igényel, mint a disszertációban vizsgált optikai gerinchálózatok esetében.

A linkhalmazt fedő durva diagnosztikát és átkonfigurálás problémakörét a 2. kérdésre adott válaszomban is érintett [1] dolgozatomban vizsgáltuk. A 2.2 tézis állítása erre az esetre is ad alsó korlátot. A dolgozatban szerepel még egy egyszerű heurisztika is.

Válaszok a további megjegyzésekhez:

5. Kérdés. *Kiemelkedően értékes a széles körű, benchmarkon alapuló hatékonysági kiértékelés, de célszerű lett volna a tézisek előtt utalni arra, hogy a speciális hálózati topológiákról szóló feltételezéseknek mi a gyakorlati megalapozása.*

A vizsgált csokoládé és cirkuláns gráf benchmarkok annyiban életszerűek, hogy kicsi a pontok fokszáma, 2-él összefüggők, és nagy az átmérőjük.

6. Kérdés. *A 3.2 altézisben a hurokmentes topológia bővítési problémáról bizonyítja, hogy NP-nehéz. A tézist érdemes lett volna kibővíteni a tézisdokumentumban alatta levő bekezdéssel és ez ügyben is esetlegesen szimulációs vizsgálatok eredményét közölni.*

A 3.2 altézishez kapcsolódó szimulációk nem értek be a disszertációba. A halmazfedési feladatra több ismert heurisztika létezik és ezek erre a feladatra is jól teljesítettek (például Lovász mohó módszere). További részletek ebben a dolgozatban találhatók:

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

7. Kérdés. *A disszertáció lényegében az új eredmények listázásával zárul, nem tartalmazza a jövőbeli kutatásokra való kitekintést, illetve a gyakorlati alkalmazások bemutatását.*

A disszertációhoz kapcsolódó jövőbeli kutatásaim között szerepel elosztott ponthiba lokalizációja, valamint regionális hibák azonosítása. Elosztott ponthibák esetén minden ponton egyedi monitorozó út megy keresztül, azaz minden pontban egyedi hibakód tábla található (és egyedi sorokkal). A közelmúltban alsó korlátot adtunk a monitorozó utak összesített hosszára a kombinatorikus csoporttesztelés Ahlswede és Katona által kidolgozott elmélete alapján. Regionális hibák a természeti katasztrófákat modellezik, amikor az egymáshoz fizikailag közel lévő eszközök hibásodnak meg rövid időn belül. További céloom olyan módszerek kidolgozása, ahol a hibás hibadiagnózis kizárható.

A gyakorlati alkalmazások bemutatását a fejezetek elején a motivációknál az optikai hálózatok kapcsán tárgyaltam. A jelenleg (elérhető távolságban) működő optikai hálózatokban a technológia még nem elég fejlett, hogy a disszertációban javasolt módszereket alkalmazzák. Pár csatornát monitorozásra allokálni túl drága addig, amíg egy optikai kábelben csak 4-16 csatornát visznek át. A technológia trendek viszont számomra kedvezőek, mert egyre gyorsabb optikai kapcsolók jelennek meg, amelyek egyre finomabb granularitásban tudják kapcsolni a frekvencia csatornákat. Már kapható olyan optikai FlexGrid rendszer, ami akár 640 darab 6.25 GHz-es csatornát tud külön kapcsolni optikai kábelenként. Ilyen eszközökből felépített optikai hálózatban egy 6.25 GHz-es monitorozó fényút elenyésző erőforrást foglal le.

Továbbá céloom a hibamonitorozást OpenFlow hálózatokban is alkalmazni.

8. Kérdés. *A vizsgálati fókusz alapvetően a linkhibákra terjed ki, de nem fedi le a disszertáció 2.1.1 pontjában helyesen összefoglalt többi hibát.*

A ponthibák (és az ún. sparse SRLG-k) vizsgálata kimaradtak a disszertációból. A témával behatóan foglalkozott diákom, Babarczi Péter a PhD dolgozatában. Ezzel foglalkoznak az alábbi dolgozataink is:

- [3] P. Babarczi, J. Tapolcai, Pin-Han Ho, „Adjacent Link Failure Localization with Monitoring Trails in All-Optical Mesh Networks”, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 19, no. 3, pp. 907 - 920, 2011.
- [4] P. Babarczi, J. Tapolcai, Pin-Han Ho, „SRLG Failure Localization with Monitoring Trails in All-Optical Mesh Networks,” In Proc. *International Workshop on Design Of Reliable Communication Networks (DRCN)*, Krakow, Poland, pp. 188-195, 2011.

Köszönöm a doktori mű tartalmi, formai, szerkezeti és terminológiai részével kapcsolatos észrevételeit, ezeket mind megfogadtam. A doktori mű egyes fejezetei az észrevételek alapján javítva egy készülő könyvben kevésbé tömör formában több példával 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 olyan fontos szempontokra hívta fel a figyelmemet, melyek a további tanulmányokat elősegítik.

Budapest, 2013 november 6.

Tapolcai János