

Válaszok Dr. Gyimóthy Tibor (MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem, Szoftverfejlesztés Tanszék) opponensi véleményére

Szeretném megköszönni bírálómnak dolgozatom alapos áttanulmányozását és a bírálat gyors elkészítését. Köszönöm továbbá, hogy formai és szakmai megjegyzéseivel körültekintőbb, pontosabb fogalmazásra, valamint egyes eredmények ismételt átgondolására ösztönzött. Kérdéseire és építő kritikai megjegyzéseire az alábbiakban, pontonként válaszolok.

1. Kérdés. *Az egyik legfontosabb eredmény, az 1.2 Tézis, arról szól, hogy az elméleti optimumot is elérhetjük, ha kellően sok éldiszjunkt feszítőfát tartalmaz a gráf. Viszont nagyon természetes esetről, amikor a gráf egyszerűen él-összefüggő, egyáltalán nem esik szó. Látszik, hogy egy gráf feszítőfájának szerkezete (pl. csillag, 2 mélységű fa, teljes bináris fa, stb) itt kulcsszerepet játszik. Történtek ilyen irányú vizsgálatok?*

Az eredeti célunk szerint egy élhíbat azért akarunk gyorsan lokalizálni, hogy átkonfiguráljuk a hálózatot. Ezért csak olyan élek lokalizációjával foglalkoztunk, amelyek védhetőek, azaz nem elvágó élek. Vagyis a topológiában a hiba lokalizáció a 2 él-összefüggő komponensekben történik (ha több ilyen komponens van, ezekben egymástól függetlenül megy végbe). Ebből adódóan kezdetben 2 él-összefüggő gráfokat vizsgáltunk.

Később – az elosztott hiba lokalizációnál – vizsgáltunk nem 2 él-összefüggő gráfokat is, mert egy vágást okozó meghibásodás esetén az érintett forgalmakat célszerű lebontani és a felszabaduló kapacitás újrahasználható. Ezek a vizsgálatok még nem annyira érettek, hogy bekerüljenek a disszertációba.

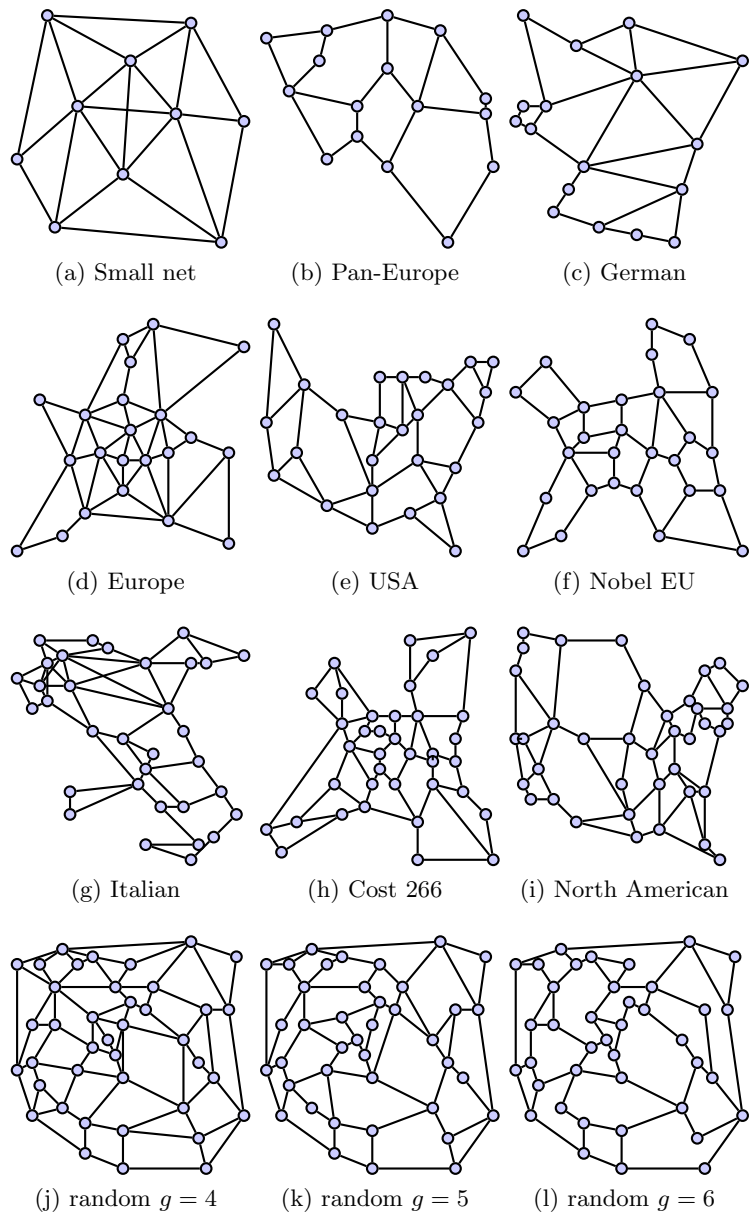
2. Kérdés. *Az RCA-RCS algoritmust véletlenül generált gráfokon tesztelték. Ezekről a gráfokról nem tudni milyen tulajdonságúak, erről nem esik szó. Később, más heurisztika tesztelésénél a jelölt megemlíti, hogy véletlen síkgráfokat generáltak. Az RCA-RCS algoritmust is síkgráfokkal tesztelték? Ha igen, miért síkgráfokat használtak, más gráfosztállyal nem foglalkoztak? Az elméleti vizsgálatok során nem csak síkgráfokat tekintettek, például a teljes gráfok már legalább 5 csúcson közismerten nem síkgráfok. Természetesen a viszonylag magas él-összefüggésű gráfok sem lehetnek síkgráfok, hisz szükségképpen nagy a minimális fokuk.*

A valós gerinchálózati topológiát sajnos gyakran ipari titokként kezelik. A néhány valós hálózat – amit láthattam – síkgráf volt, nagy átmérővel, és a pontoknak 2-3-4 volt a fokszáma. Az intuitív magyarázat, hogy a pontok nagy távolságra vannak egymástól, és ezért ha keresztezi egymást két kábel, akkor oda általában telepítenek egy optikai kapcsolót.

A munkám során egy viszonylag széles körben használt szoftvercsomag gráf generálási módszereit alkalmaztam kis módosítással. Ezzel a módosítással a gráfok elveszíthetik síkba rajzolható voltukat. A választás pusztán “mérnöki praktikán” alapult, a generált topológiák szemre életszerűek. A valós példák viszonylagos hiánya sajnos tipikus a szakterületemen. A hálózattervezés témakörében a tudományos cikkekben jellemzően megelégednek 1-2 ismert gerinchálózati topológia vizsgálatával. Az irodalomban összesen néhány tíz topológia ismert. Az 1. ábrán egy illusztráció található az ismert hálózati topológiákról és az általam generált véletlen gráfokról.

A több ezer topológia megoldására elsősorban azért volt szükségem, hogy a módszereim sebességét és hasznosságát szemléltessem.

3. Kérdés. *Tesztelték-e a heurisztikát az internet egyes részgráfjain? Nem láttam erre való utalást, de úgy gondolom, ezt érdekes lenne megtenni, sőt általában úgynevezett “kisvilág” gráfokra is fontos lenne megtudni, mire képesek a heurisztikák.*



1. ábra. Példák referencia és véletlen generált hálózatokra.

Kicsit teszteltük, de ez nem került be a disszertációba. A hibalokalizációnál kizárólag fizikai hálózatokban (optikai gerinchálózatokban) gondolkodtunk. Egy kábelszakadás az internet gráf rengeteg linkjét érinti, ezért ott az egyszerű hiba modell nem reális. További gond, hogy a mért "internet gráfok" majdnem fák, ezért a disszertáció módszerei nem adtak értékelhető eredményt.

A közelmúltban elkezdtem foglalkozni OpenFlow hálózatok hibalokalizációjával. Itt kisebbek a távolságok, nem szükséges 50ms alatt lokalizálni a hibát, így lehetőség nyílik sokkal dinamikusabban kialakítani a monitorozó utakat. Egy ilyen környezetben érdemes lenne vizsgálni internet részgráfokat, és akár több lépcsős diagnózist alkalmazni. Kutatás szintjén ez más módszereket igényel, mint a disszertációban vizsgált optikai gerinchálózatok esetében.

4. Kérdés. *Az LFA problémában, uniform gráf súlyozás esetére a jelölt bizonyítja, hogy ha minden csúcspár védett, akkor a gráf minden éle benne van legalább egy háromszögben. Érdekes téma lenne ennek valamilyen analógiája akkor, ha az élsúlyok kétfélék, mondjuk 1 és 3/2. Hasonlóan, ha csak kétféle élsúly található a gráfban, akkor felvetődik a kiterjesztési probléma NP-nehéz volta. Van-e tudomása ehhez kapcsolódó eredményekről?*

Az uniform gráf súlyozás általánosítható arra az esetre, ha a háromszög egyenlőtlenségek szigorú egyenlőtlenséggel teljesülnek minden háromszögre. További részletek az alábbi dolgozat 3. fejezetének végén találhatóak (Theorem 3):

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

Azaz 1 és 3/2 élsúly esetén az uniform gráf súlyozás állításai igazak maradnak. Jogos az észrevétel, hogy kimondhatnánk ezeket a tételeket általánosabban. A fejezetnek (és az eredeti cikknek) erős műszaki mondandója van, mivel egy olyan módszert javasolunk, amely szinte befektetés nélkül alkalmazható a jelenlegi IP hálózatokban. Ehhez az üzenethez jobban illett ez a talán egyszerűbb forma.

További válaszok a bíráló megjegyzéseire:

5. Kérdés. *Az értekezés 33. oldalán olvasható egy [hibás] megjegyzés, mely szerint ha van k éldiszjunkt feszítőfa egy gráfban, akkor a gráf $2k$ -élösszefüggő lesz.*

Köszönöm, hogy felhívta a figyelmem erre a hibás mondatra. A mondatot töröltem, és a kapcsolódó tételt is a javaslata alapján átírtam.

6. Kérdés. *A 85. oldalon a 13. sorban a $\mu(G, c)$ meghatározása hiányzik.*

Elnézést a pontatlanságért, itt c általános súlyfüggvény.

Elnézést kérek a fogalmazási, nyelvtani és egyéb pontatlanságokért, erre igyekszem a jövőben jobban odafigyelni. Köszönöm a rengeteg észrevételt és javítást, ezeket mind megfogadtam. A doktori mű egyes fejezetei az észrevételek alapján javítva egy készülő könyvben kevésbé tömör formában 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 a nyári szünetben időt szentelt munkám alapos átgondolására, és kérdéseivel, konstruktív kritikai megjegyzéseivel további kutatásaimat segítette.

Budapest, 2013 november 6.

Tapolcai János