

Opponensi vélemény

Jelasity Márk

”Pletyka protokollok nagyméretű elosztott rendszerekben”

c. DSc Értekezéséről

Az értekezés témaválasztása rendkívül korszerű. A nagyméretű elosztott rendszerek egyre jobban terjednek és egyre több területen alkalmazzák őket. Ugyanakkor alkalmazásuk számos olyan problémát vet fel, amik megoldása jelentős kutatást igényel. Hogy csak egyet említsünk példaképpen, ezek a hálózatok nyilvánvalóan nem lehetnek hibamentesek, tehát a rajtuk futó algoritmusoknak hibatűrőknek kell lenni. A szerző éppen egy olyan algoritmus osztály vizsgálatát választotta az értekezés tárgyának, ami nagy mértékben hibatűrő algoritmusok készítését teszi lehetővé. Ez az algoritmus osztály a pletyka protokollokon alapul és mint az értekezésből is kiténik kiválóan alkalmas az ilyen nagyméretű elosztott rendszerekben fellépő feladatok kezelésére. A szerző példákon keresztül azt is megmutatta, hogy a különböző egyszerűbb feladatokat ellátó pletyka algoritmusok építőkövekként is használhatók és egymással hatékonyan kombinálhatók komplex pletyka algoritmusok megvalósítására.

Az értekezésben alkalmazott kutatási módszertan megfelel a választott téma sajátosságainak. A nagyméretű elosztott rendszerek sok esetben olyan komplexek, hogy még az egyszerűsítő modellek alkalmazása mellett sem lehet teljes mértékben matematikai apparátussal kezelni őket. Ahol ez lehetséges volt, ott a szerző igen helyesen ezt az utat választotta, mint például a 3. Fejezetben, ahol az átlagszámításhoz kapcsolódóan a pletyka alapú aggregációs algoritmusok több tulajdonságát egzakt, matematikai módszerekkel bizonyította. Ahol ez nem volt lehetséges, ott a szerző elsősorban az általa (és egy szerzőtársa által) kidolgozott szimulátort, az un. PeerSim rendszert alkalmazta. Ez a rendszer kifejezetten P2P rendszerek szimulációjára készült és ennek megfelelően absztrakciós szintje lehetővé teszi a nagyon nagy méretű, akár milliós nagyságrendű csomópontot tartalmazó hálózatok szimulációját. Külön érdeme az értekezésnek, hogy ahol lehetséges volt, ott a matematikai modellel kapott előrejelzést a szerző összevetette a szimulációs eredményekkel és ezek meggyőzően bizonyítják a PeerSim használhatóságát, mintegy verifikálva az alkalmazott szimulációs eszközt és módszert. Mindez kellő hitellességet kölcsönzött azoknak a vizsgálatoknak, amiket már csak a szimulátoron tudott elvégezni a szerző. Annak ellenére, hogy a szimulátor igen megbízható eredményeket képes adni, a szerző több esetben nem érte be a szimuláció alkalmazásával és valós környezetben (pl. a PlanetLab hálózaton) is elvégezte a kísérleteket, amik itt is összhangban voltak a várt eredményekkel.

Formai szempontok

Az értekezés 8 fejezetből és egy Előszóból áll. Minden fejezet egységes szerkezetet mutat. A problémakör felvázolása után a szerző bemutatja a megoldást, majd diszkutálja az elért eredményeket. A fejezetek felénél külön Related Work alfejezet mutatja be a kapcsolódó nemzetközi kutatási eredményeket. A fejezeteknek ez az egységes felépítése jól követhetővé teszi a leírt megoldásokat. Egy végső összefoglaló fejezetet hiányolok az értekezés végéről, annál is inkább, mert a 8. fejezet bizonyos részeinek kibővítésével egy nagyon értékes összefoglaló fejezetet lehetett volna készíteni, amint arra majd később még kitérek.

Az értekezés gondosan és szépen van szerkesztve. Az ábrák és a beszerkesztett képletek, ill. programrészletek jól olvashatók. Az értekezés nyelve angol, amit a szerző igen jó színvonalon használ. Nyelvtani hiba, vagy elírás alig van a dolgozatban.

A szakirodalmi hivatkozások száma 145 és ebből 20 olyan, amiben a szerző társszerzőként jelenik meg és ezek közül 15-ben első szerző. A hivatkozások száma elegendő annak megítélésére, hogy a szerző munkája hogyan illeszkedik a téma nemzetközi feldolgozottságába. Ennek alapján elmondható, hogy a szerző alaposan ismeri a téma nemzetközi szakirodalmát és annak fejlesztéséhez jelentős mértékben hozzájárult. Talán könnyebben kezelhető lenne a hivatkozási lista, ha névsor szerint lenne rendezve.

Az értekezés tartalmi áttekintése

A szerző az Előszóban megmutatja, hogy az egyes fejezetek mely publikációira épülnek. Ez egy igen hasznos útmutató, ami sokat segít a munka eredetiségének megítélésében.

Az 1. Fejezet egy jó és alapos összefoglaló a pletyka alapú rendszerekről, ahol a legfontosabb alapfogalmakat bevezeti a szerző és ami komoly segítséget nyújt az olvasónak a későbbi fejezetek megértéséhez is.

A 2. Fejezet az értekezés egyik legfontosabb fejezete, ami egy olyan alapszolgáltatást ír le, amire a későbbi fejezetek algoritmusai is támaszkodnak. Ez a középérték szolgáltatás a társminavételezés. A szerző kidolgozta ennek algoritmusát, majd megvizsgálta a helyi és a globális véletlenség szempontjából. Statisztikailag igazolta a helyi minták véletlenségét és kísérletileg kimutatta, hogy az algoritmus eredményeképpen kialakuló átfedőhálózat a korrelálatlan véletlen gráfokhoz hasonlóan rendkívül adaptívak és robusztusak. A szerző igen átfogó és részletes szimulációs vizsgálatokat végzett a hibátűrési tulajdonságok vizsgálatára és ezek segítségével kimutatta, hogy nagy számú csúcs kiesése esetén is gyorsan visszaáll a rendszer a stabil állapotba.

A 2. Fejezet egyik fontos érdeme, hogy meghatározza azt a paraméterterét, amin belül a csúcs kiválasztási algoritmust értelmezni lehet. A lehetséges esetek száma igen nagy és csábító a kutatók számára, hogy minden egyes esetről egy külön cikket írjanak. Néhány fontosabb esetről ez meg is történt (ld. LPBCAST és CYCLON protokoll). Fontos eredménye a fejezetnek, hogy szisztematikus értékelést ad arról, hogy a paraméterterén belül egyáltalán hol érdemes vizsgálni és mire számíthatunk a paraméterek változtatásával. Ezzel megelőzhető igen nagyszámú felesleges egyedi vizsgálat és publikáció, ami a mai jelentősen túlpublikált tudományos világban fontos eredménynek számít, hiszen jelentősen csökkenti azon publikációk számát, amit valóban érdemes elolvasni és ezzel gyorsítja a tudományos kutatást.

Itt jegyzem meg, hogy miközben a paraméterteret a szerző meghatározta, amit a 2. fejezetben igen részletesen és sok szempontból vizsgál, épp az ő általa publikált és a dolgozat alapját is adó NEWSCAST algoritmus nem esik szigorúan ebbe a paraméterterbe, hanem annak egy variánsát vizsgálta, ahol az ismert csúcsok teljes listáját továbbítja a csúcsok között és nem csak a lista a felét, ahogy az eredeti paraméterter definiálásában ez be lett vezetve. Az értekezésben nem kapunk részletes indoklást, hogy miért volt szükség ennek a variánsnak a bevezetésére különösen annak fényében, hogy az eredeti paraméterteret a szerző olyan kimerítően vizsgálja az értekezésben.

A szerző ebben a fejezetben elkövetett néhány apró hibát: a 28. oldalon bevezetett SWAPPER osztályra a 31. oldalon már nem ezt a nevet használja, hanem a SHUFFLER elnevezést, ami első olvasáskor kissé zavaró. Hasonló elírás található a 38. oldal első bekezdésében, ahol a szerző SWAPPER eloszlást helytelenül a random graph eloszlással hasonlítja össze a HEALER helyett.

Összeségében azonban elmondható, hogy a 2. fejezet igen meggyőző bizonyítékot ad arról, hogy a szerző alapos ismerője a pletyka protokollra épülő P2P rendszereknek és azokat egy igen fontos és alapvető új szolgáltatással tovább is fejlesztette.

A 3. fejezetben az aggregált függvények számítási módszereit vizsgálja a szerző olyan reális körülmények között, ahol az egyes gépek és/vagy a közöttük működő kommunikációs hálózatok meghibásodhatnak. A fejezet elején a szerző leírja a kiindulási pletyka protokollon alapuló modellt. Mivel ezt már az előző fejezetben is megtette, ezért feleslegesnek érzem az ismételt leírást. Ha viszont van különbség a két fejezetben alkalmazott modell között, akkor azt érdemes lett volna ezen a ponton explicit módon leírni és megmagyarázni, hogy miért kellett módosítani a 2. fejezetben leírt modellhez képest.

Ugyanakkor ennek a fejezetnek a kidolgozása teljesebb, mint a 2. fejezeté, mivel itt nem csak szimulációkra támaszkodnak a szerző vizsgálatai, hanem egzakt matematikai módszerrel bizonyítja a konvergencia faktor várható értékeit különböző csúcs párosítási módszerek esetén, majd az elméleti vizsgálatok eredményét szimulációs környezetben is ellenőrzi. Külön ki kell emelni, hogy az empirikus vizsgálatokat a szerző nem csak szimulációs környezetben végezte, hanem a nemzetközi összefogás keretében felállított, valós PlanetLab környezetben is, ahol ténylegesen egy maximum 6000 gépből álló 5 kontinensen átívelő elosztott infrastruktúrán is igazolta, hogy a kísérleti eredmények összhangban vannak az elméletileg kimutatott várakozásokkal.

A 4. fejezet érdekessége, hogy itt az előző fejezetekben kidolgozott aggregációs algoritmus típusból építkezve, két különböző aggregáció algoritmus együttes használatával, egy komplex probléma megoldását is megmutatja a szerző. Nevezetesen algoritmust ad a nemnegatív élsúlyú, erősen összefüggő átfedőhálózatok domináns sajátvektorának a meghatározására. Az általa javasolt algoritmus továbbfejlesztése a szakirodalomban korábban publikált megoldásoknak és lehetővé teszi, hogy az algoritmust kevésbé restriktív feltételek mellett is lehessen használni. Az algoritmus hibátűrését üzenetvesztés és üzenet késleltetés esetére szimulátor segítségével mutatja meg.

Az 5. fejezetben a szerző mind elméleti, mind szimulációs módszerekkel vizsgálja az átfedőhálózatok szeletelésének problémáját. Sikerült olyan megoldást javasolnia, ami egy teljesen elosztott rendezésen alapul és hibátűzően működik csúcsok tömeges távozása és érkezése esetén is.

A 6. fejezetben a szerző bevezeti a T-MAN algoritmust, mint általános célú átfedőhálózat-konstruáló algoritmust. Az algoritmus jól illeszkedik az értekezésben korábban bevezetett társ mintavételezésen alapuló algoritmusok sorába, azzal a különbséggel, hogy itt nem véletlen szomszédokat kell választani, hanem éppen ellenkezőleg, valamilyen szempontból kívánatos szomszédokat. A szerző ebben a fejezetben mind elméleti, mind szimulációs vizsgálatokat alkalmaz az algoritmus

tulajdonságainak feltárására. Az elméleti vizsgálatok eredménye, hogy a lokálisan tárolt szomszédok számát nem kell korlátozni, mert a hálózat méretének logaritmusával arányos tárhelyigény jelentkezik csak. Ugyanakkor a kísérleti eredmények igazolták, hogy a kívánt topológiát szintén a hálózat méretének logaritmusával arányos időn belül állítja elő a T-MAN algoritmus.

A 7. és 8. fejezet az átfedőhálózatok hidegindításával foglalkozik. A 7. fejezetben a szerző a T-MAN algoritmust adaptálta a CHORD átfedőhálózat gyors hidegindítására, majd a 8. fejezetben ezt a módszert általánosítva egy olyan algoritmust dolgozott ki, ami tetszőleges prefix alapú elosztott hash tábla gyors hidegindítására alkalmas. A fejezet végén a szerző mintegy összefoglalásul az eddigi fejezetek eredményeit integrálja egységes és általános P2P architektúrába. Számomra ez teszi teljessé az értekezést és jól mutatja, hogy a szerző nem egymástól független, egyedi algoritmusokat dolgozott ki, hanem egy nagyszabású architektúra-koncepciónak az elemeit dolgozta ki, amik együttesen vezethetnek el egy a jelenlegieknél sokkal korszerűbb nagyméretű elosztott rendszer architektúrához. Ennek megfelelően szerencsésebb lett volna minden hidegindítással kapcsolatos algoritmust a 7. fejezetbe rakni és a 8. fejezetben, mint összefoglaló fejezetben ezt a nagyszabású architektúra-koncepciót jobban kidolgozni.

Mindent összevetve az értekezés meggyőzően bizonyítja, hogy a szerző kiemelkedő szakértője a pletyka protokollokon alapuló rendszereknek. Igen sok szempontból vizsgálja ezeket a rendszereket és sok területen jelentősen hozzájárult jobb megértésükhöz és mind elméleti, mind gyakorlati továbbfejlesztésükhöz.

Az informatika területén tudományos jellegű eredménynek fogadhatók el a 2.-8. fejezetben leírt új algoritmusok, mivel a szerző bizonyította (elméleti és/vagy kísérleti úton), hogy ezek hatékonyan oldanak meg korábban nem megoldott feladatokat. Szintén tudományos eredménynek tekinthetők azok a számítógépes kísérletek, szimulációk, amikkel a fent bemutatott algoritmusok különböző tulajdonságait vizsgálta. Ezzel kapcsolatban ki kell emelni a szerző által kifejlesztett PEERSIM szimulációs környezetet, aminek segítségével több algoritmusról sikeresen mutatta ki azok meghatározó tulajdonságait olyan esetekben, amikor az elméleti módszerek már nem segítenek. Az eszköz sikerességére jellemző, hogy nem csak a szerző saját kutatásait segítette, hanem számos más kutatócsoport is használja és több egyetemen az oktatásban is felhasználják.

Összefoglalva, az értekezés alapján a doktori munka tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez, és javaslom a nyilvános védés kitűzését.

Budapest, 2014. május 27.

Kacsuk Péter (az MTA doktora)