

Rady Wydziału Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji
Akademii Górniczo-Hutniczej

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Andrzeja Kamisińskiego
pt. *Methods for Dependability Provisioning in Flow-Oriented*
Telecommunication Networks

Rozprawa jest poświęcona zagadnieniu szeroko rozumianej niezawodności sieci telekomunikacyjnych stosujących mechanizmy zarządzanie przepływami ruchu sieciowego. Chociaż sama idea tego rodzaju rozwiązań sieciowych nie jest nowa, wciąż pozostaje przedmiotem badań naukowych. Można więc uznać, że zagadnienie rozważane w rozprawie jest aktualne.

Cel rozprawy wyrażona jasno, dzieląc je na cztery zagadnienia, związane z różnymi aspektami zwiększania odporności sieci na uszkodzenia elementów sieci, groźby wystąpienia pętli routingu oraz przeciążeń ruchowych. Autor sformułował też tezę rozprawy, a mianowicie, że możliwa jest poprawa niezawodności sieci, i stwierdził, że została ona w rozprawie udowodniona. W moim przekonaniu formułowanie tego rodzaju tezy w rozprawach doktorskich z dziedziny nauk technicznych jest zazwyczaj sztuczną, banalną i niezręczną dekoracją zawartości merytorycznej rozprawy. Na marginesie: niejednokrotnie podnosiłem już tę kwestię, póki co bez skutku.

Kolejne rozdziały rozprawy, związane z poszczególnymi zagadnieniami sformułowanymi jako jej cele, mają jednolitą strukturę, co ułatwia śledzenie przedstawionych analiz i proponowanych rozwiązań. Pewien niedosyt pozostawia jednak zwięzłość wielu opisów, co sprawia, że osoby mniej zaznajomione ze stanem wiedzy i techniki związanym z rozważanymi kwestiami, mogą mieć trudności ze zrozumieniem intencji i wagi proponowanych w rozprawie rozwiązań. Pod tym względem poszczególne rozdziały są zresztą dość nierówne.

W rozdz. 2 zaproponowano metodę eliminacji zapętleń w sieci. Metoda ma działać dla typowych struktur tablic kierowania ruchu. Możliwość zapętlenia jest wykrywana na podstawie porównania atrybutów pakietu z tablicą kierowania przepływów. Nie znalazłem przekonującej argumentacji, która pozwoliłaby stwierdzić, dla jakiej klasy tablic kierowania ruchu proponowany algorytm będzie działał poprawnie i skutecznie. Trudno to wywnioskować, czy chociażby nabrać intuicyjnego przekonania o skuteczności metody, na podstawie opisu samej metody.

W rozdz. 3 zaproponowano metodę z klasy *IP Fast Reroute* modyfikującą, na zasadzie wtyczki („*plug-in*”) do istniejącego oprogramowania routingu, działanie klasycznych protokołów routingowych (np. OSPF). Proponowana metoda spełnia dwa podstawowe wymagania:

- (1) zapewnienia dobrych parametrów wydajnościowych (działa dla wielu awarii, produkuje względnie krótkie ścieżki, zapewnia niską utratę pakietów w stanie przejściowym);
- (2) przystępności implementacyjnej (prostota, niewielka ingerencją w *firmware* sprzętu sieciowego, stosowalność dla wielu dynamicznych protokołów routingu, możliwość stopniowego wdrażania – bez konieczności wdrożenia od razu w całej sieci).

Metoda została zaimplementowana i pozytywnie sprawdzona w środowisku obejmującym rzeczywisty sprzęt sieciowy, co stanowi ważne potwierdzenie jej poprawności. Właściwości metody zostały pozytywnie zweryfikowane symulacyjnie, wykazując zarówno przewagę nad routingiem podstawowym (OSPF) jak i konkurencyjną odmianą mechanizmu *IP Fast Reroute* znaną jako *Loop-Free Alternates*. Pomimo kompetentnego przeglądu stanu sztuki w zakresie metod *IP Fast Reroute*, nie wyszczególniono jednak wyraźnie, które konkretne niedomagania istniejących rozwiązań są eliminowane lub zredukowane przez zaproponowaną metodę; można się tylko pośrednio ich domyślać na podstawie podanej listy wymagań i zastosowanych kryteriów porównawczych. Szkoda, bo proponowana metoda wydaje mi się interesująca i nowatorska.

W rozdz. 4 zaproponowano dwie metody równoważenia obciążeń przez dynamiczny routing przepływów z użyciem dróg alternatywnych – zarówno w dla przepływów nowych, jak i dla przepływów już istniejących; dla tych drugich zakłada się możliwość ich dynamicznej realokacji na inne drogi. Proponowane rozwiązania eliminują niektóre ograniczenia dwóch innych metod znanych z literatury, przeznaczonych dla sieci z centralnym sterowaniem (jak np. w sieciach SDN). Brakuje mi bardziej wszechstronnego omówienia innych metod związanych z rozważanym problemem, które mają stosunkowo długą historię zastosowania w sieciach z centralnym sterowaniem routingiem. Tu znowu – szkoda, bo proponowane metody wydają się pomysłowe. Ponadto, nie przedyskutowano problemu skalowalności obu proponowanych metod, choćby w odniesieniu do wybranych segmentów sieci lub stosowanych technologii sieciowych. Wydaje się to szczególnie istotne, wzięwszy pod uwagę, że obie metody będą zapewne wymagały monitorowania wszystkich przepływów w sieci w celu niezwłocznego wyznaczenia „przepływu krytycznego”, a jest to problem nietrywialny.

W rozdz. 5 zaproponowano miarę oceny ryzyka złamania SLA na bazie prawdopodobieństwa zdegradowania jakości świadczenia usługi (SLA) powyżej założonego progu. Do oceny stopnia degradacji jakości usługi zdefiniowano prostą metrykę wykorzystującą standardowe wielkości znane z metod niezawodnościowych. Metrykę sformułowano dla sieci SDN, w związku z czym uwzględniono w niej również wpływ (oprócz wpływu dostępności zasobów transportowych) efektu niedostępności sterowników SDN. Warto zwrócić uwagę na to, że koncepcja łącznego uwzględniania wpływu zasobów transmisyjnych i sterowania (sygnalizacji) na jakość usług znana jest co najmniej od czasów sieci telefonicznej z sygnalizacją SS7. W tym kontekście, rozważania przedstawione w rozprawie nie wydają się odkrywcze. Sam opis proponowanej metryki nie jest jednoznaczny,

a ponadto w gruncie rzeczy nie zaproponowano autorskiego sposobu jej wykorzystania w sieci, sugerując jedynie możliwość jej użycia w metodach przedstawionych przez innych autorów.

Rozdz. 6 zawiera bardzo ogólny opis narzędzi symulacyjnych zbudowanych na potrzeby rozprawy. Jest to opis na tyle ogólny i standardowy, że chyba bezużyteczny dla osób, które chciałyby kontynuować badania z zakresu zagadnień przedstawionych w rozprawie.

Poza wymienionymi, do niedostatków rozprawy można też zaliczyć brak dyskusji na temat zasadności stosowania proponowanych rozwiązań w różnych kontekstach sieciowych. Wprawdzie proponowane rozwiązania można potencjalnie stosować w wielu kontekstach, to praktyczna zasadność ich użycia może być istotnie różna dla różnych płaszczyzn sieci czy technologii sieciowych. W kontekście intensywnych prac związanych z technologią 5G warto wziąć pod uwagę, że obecnie szeroko badana technika szatkowania sieci (*network slicing*) może albo skłaniać do stosowania mechanizmów proponowanych w rozprawie, ale też zniechęcać do ich stosowania. To interesująca kwestia, którą można zasugerować Autorowi jako temat do dalszych badań.

W tym kontekście niezwykle lakoniczny rozdz. 7 rozprawy (dwie strony), będący jej podsumowaniem, niewiele wnosi. Pomimo tej lakoniczności Autor powtarza *in extenso* tezę rozprawy i stwierdzenie, że została ona udowodniona.

Podsumowując: nie mam wątpliwości, że Autor rozprawy wykazał się szeroką i dogłębną wiedzą w zakresie zagadnień będących jej przedmiotem, mieszczących się w dyscyplinie naukowej Telekomunikacja. Pomimo dostrzeżonych przeze mnie ułomności rozprawy, uważam, że wnosi ona oryginalny wkład do badań nad rozwojem sieci telekomunikacyjnych i spełnia wymagania stawiane przed rozprawami doktorskimi przez obowiązujące regulacje prawne.

Józef Lubacz

