



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI,
TELEKOMUNIKACJI I INFORMATYKI



Gdańsk, 29.06.2020 r.

Dr hab. inż. Jacek Rak, prof. PG
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska

Recenzja rozprawy doktorskiej

Tytuł: Simultaneous Connections Routing in Wavelength-Space-Wavelength Elastic Optical Switching Fabrics

Autor: Mgr Atyaf Al-Tameemi

Rozprawa doktorska mgr. Atyaf Al-Tameemi została napisana w języku angielskim i dotyczy metod komutacji jednoczesnej w polach komutacyjnych typu W-S-W dedykowanych elastycznym sieciom optycznym (ang. elastic optical networks – EONs). Zagadnienie to jest istotne z uwagi na rosnące znacznie sieci EON umożliwiające elastyczny przydział zasobów sieci w kształtowaniu architektury Internetu przyszłości. Dodatkowo, znaczenie rozpatrywanych problemów podnoszą możliwości sieci EON obsługi ruchu o dużym natężeniu, co jest kluczowe w świetle obserwowanego wykładniczego wzrostu natężenia ruchu w sieciach szkieletowych (głównie z uwagi na istotny wzrost liczby aplikacji użytkowników końcowych o rosnących wymaganiach przepływnościowych, transmisję video o wysokiej rozdzielczości w czasie rzeczywistym czy gry wizyjne). Odmienne niż w przypadku klasycznych zastosowań sieci optycznych WDM, w sieciach EON zasoby są przypisywane do ścieżek optycznych w sposób elastyczny (tj. w zależności od aktualnych żądań) biorąc pod uwagę m.in. wymaganą szybkość transmisji, odległość, czy adekwatną w rozpatrywanym przypadku modulację.

Niniejsza rozprawa koncentruje się na dwóch rodzajach trójsekcyjnych pól komutacyjnych oznaczonych w pracy jako WSW1 i WSW2 wywodzących się od pola Closa. Sekcje pierwsza i trzecia (związane w oznaczeniu z literami W) obejmują przestrajalne konwertery widma (ang. tunable spectrum converters – TSC) dokonujące zmiany widma zajmowanego przez

JRak

połączenia. Sekcja druga (oznaczona symbolem S) umożliwia z kolei przełączanie wyłącznie w przestrzeni (ang. space).

Autorka rozprawy wykazuje, że proponowane w pracy pola WSW1 i WSW2 spełniające warunki nieblokowania oraz stosowne algorytmy zestawiania połączeń są odpowiednie do obsługi ruchu w sieciach EON.

1. Jaki jest problem naukowy (teza) rozprawy i czy został on trafnie i jasno sformułowany?

Celem pracy było opracowanie metod zestawiania kompatybilnych połączeń dla rozpatrywanych pól komutacyjnych WSW1 i WSW2, których konstrukcja wywodzi się od pola Closa, jak i określenie stosownych warunków przestrzalności. W porównaniu z klasycznymi polami Closa, oceniana praca jest ukierunkowana na opracowanie struktur pól dedykowanych dla połączeń w sieciach EON zdolnych do:

- obsługi połączeń przy zastosowaniu tych samych szczelin częstotliwościowych w łączach międzysekcyjnych,
- przydziału sąsiednich szczelin dla połączeń z wymaganą liczbą szczelin częstotliwościowych większą od pojedynczej szczeliny.

Zadaniem w pracy było także opracowanie (a) macierzowego modelu opisu połączeń do zastosowania w przypadku pól WSW1 i WSW2, (b) algorytmów wyboru dróg połączeniowych dających możliwość realizacji dowolnego zestawu kompatybilnych połączeń w polu komutacyjnym oraz (c) warunków przestrzalności pól komutacyjnych w celu umożliwienia zestawiania połączenia pomiędzy dowolną parą wejścia-wyjścia. Oceniana rozprawa rozszerza więc model komutacji jednoczesnej oraz schemat pól przestrzalnych na elastyczne optyczne pola komutacyjne.

Rozpatrywany problem należy uznać za złożony, ponieważ w przypadku zastosowań w sieciach EON pola analizowanego typu wymagają często dużej liczby szczelin w łączach międzysekcyjnych jak i komutatorów sekcji środkowej. Sytuacja ta ma miejsce w szczególności, gdy liczba szczelin częstotliwościowych możliwa do przypisania jednemu połączeniu jest duża.

Teza pracy:

Algorytmy dekompozycji macierzy zaproponowane do realizacji komutacji jednoczesnej w trzysekcyjnych polach Closa nie mogą być bezpośrednio stosowane do zestawiania połączeń w polach WSW1 i WSW2, ale możliwe jest ich takie zmodyfikowanie, że mogą one realizować z sukcesem takie zestawy połączeń

jest trafnie i jasno sformułowana, a jej udowodnienie wymagało nakładu pracy badawczej adekwatnego dla rozpraw doktorskich.

7Rok

2. Na czym polega oryginalny dorobek Autora i jakie jest znaczenie poznawcze lub przydatność praktyczna dla nauki bądź techniki?

Do oryginalnego dorobku ukazanego w ocenianej rozprawie należy moim zdaniem zaliczyć:

- 1) sformułowanie i udowodnienie w rozdziale 5 warunków przestrajalności pola WSW1(2, n , k) dla wariantów połączeń o dwóch szybkościach transmisji oraz o dowolnej liczbie różnych szybkości transmisji,
- 2) podanie i udowodnienie w rozdziale 5 analogicznych warunków przestrajalności dla pola WSW1(3, n , k) oraz wykazanie, że liczba niezbędnych szczelin częstotliwościowych w łączach międzysekcyjnych jest większa co najmniej o 25% w porównaniu z liczbą szczelin w łączach wejściowych i wyjściowych,
- 3) zaproponowanie w rozdziale 5 czterech metod zestawiania połączeń, w tym algorytmu zdolnego do realizacji wszystkich możliwych zestawów połączeń przy $n + \lfloor 2n/5 \rfloor$ szczelinach częstotliwościowych w łączach międzysekcyjnych,
- 4) opracowanie dwóch algorytmów sterowania dotyczących pól WSW1 opisanych w rozdziale 5,
- 5) sformułowanie i udowodnienie w rozdziale 6 warunków przestrajalności pola WSW2 dla pola o dwóch wejściach i dwóch wyjściach,
- 6) opracowanie algorytmu zestawiania połączeń dla scenariusza z polami WSW2 oraz jego rozszerzenia dla pola z r wejściami i r wyjściami,
- 7) przeprowadzenie w rozdziale 7 szczegółowej analizy porównawczej proponowanych rozwiązań.

Poza tym należy także pozytywnie ocenić:

- a) opis ewolucji sieci optycznych oraz ukazanie charakterystyk elastycznych sieci optycznych przedstawione w rozdziale 2 rozprawy,
- b) wnikliwą analizę charakterystyk pól wielosekcyjnych komutacyjnych obejmującą w szczególności konstrukcję elementów przełączających, opis technologii przełączania, opis struktury wielosekcyjnej elementów przełączających oraz opis własności nieblokwalności wraz z opisem wariantów połączeń ukazaną w rozdziale 3 rozprawy,
- c) opisy architektur elastycznych sieci optycznych oraz pól komutacyjnych WSW1 i WSW2 zawarte w rozdziale 4 rozprawy.

Ukazane powyżej znaczące osiągnięcia sprawiają, że tezę stanowiącą o konieczności wprowadzenia modyfikacji algorytmów dekompozycji macierzy (zaproponowanych pierwotnie do realizacji komutacji jednoczesnej w klasycznych trzysekcyjnych polach Closa) w celu zestawiania połączeń przy wykorzystaniu pól WSW1 i WSW2 do obsługi ruchu w elastycznych sieciach optycznych należy uznać za wykazaną.

Thak

3. Czy autor rozwiązał postawiony problem i czy użył do tego celu właściwych metod?

Po przeanalizowaniu zawartości rozprawy mgr. Al-Tameeni, w tym w szczególności rezultatów zaprezentowanych w rozdziałach 5-7 rozprawy, problem rozpatrywany w niniejszej rozprawie dotyczący konstrukcji nieblokowalnych pól komutacyjnych umożliwiających obsługę ruchu w elastycznych sieciach optycznych należy uznać za rozwiązany. Metody wykorzystane przez Kandydatkę zarówno w obszarze konstrukcyjnym, weryfikacji formalnej oraz porównawczej analizy numerycznej są poprawne.

Kandydatka, proponując rozwiązania oraz weryfikując ich poprawność, pokazała, że możliwe jest przeprojektowanie trójsekcyjnych pól Closa w sposób umożliwiający obsługę ruchu w elastycznych sieci optycznych, co z kolei wykazało tezę rozprawy.

Dodatkowo, osiągnięcia Kandydatki, które oprócz samej rozprawy doktorskiej obejmują również:

- trzy artykuły w czasopismach z listy JCR (dwa z roku 2019 w IEEE Access oraz jeden z 2019 roku w Photonic Network Communications),
- cztery kolejne artykuły w innych czasopismach (dwie prace w Przeglądzie Telekomunikacyjnym oraz dwie prace w czasopiśmie Journal of Telecommunications and Information Technology),
- trzy artykuły w materiałach konferencji międzynarodowych (ONDM 2017 – Węgry; ICTF 2017, Polska; PSC 2018 – Cypr)

świadczą o umiejętności Kandydatki do uzyskiwania wyników prac naukowych o dużym znaczeniu na arenie międzynarodowej.

4. Jakie są słabsze strony rozprawy?

Zarówno struktura, jak i styl ocenianej rozprawy doktorskiej są na wysokim poziomie. Widoczna jest staranność Kandydatki w formułowaniu zawartości kolejnych rozdziałów pracy ze szczególną dbałością o wyjaśnianie szczegółów.

W niektórych miejscach w rozprawie czytelnik może jednak czuć pewien niedosyt związany z kompletnością opisu. Przykładowo, w streszczeniu pracy jest informacja o tym, że dalsze części pracy zawierają propozycję siedmiu algorytmów kontrolnych. W tym miejscu brakuje jednakże informacji wyjaśniającej dlaczego dokładnie siedem algorytmów było potrzebnych do zaprojektowania, jak i tego jakie są najważniejsze różnice między tymi algorytmami.

W rozdziale 7 zawierającym analizę porównawczą charakterystyk proponowanych rozwiązań prezentowane wyniki zostały uzyskane w drodze obliczeń numerycznych przy wykorzystaniu formuł ukazanych we wcześniejszych rozdziałach pracy. Jednakże w przypadku dalszej pracy naukowej o potencjalnie dużym znaczeniu praktycznym warto byłoby dokonać również weryfikacji

7/16/16

doświadczalnej charakterystyk proponowanych rozwiązań np. poprzez analizę rzeczywistego ruchu obsługiwanego przy wykorzystaniu autorskich prototypów pól komutacyjnych.

W pracy można zauważyć niewielką liczbę literówek czy powtórzeń, np.:

- w podrozdziale 3.3: „Clos drive the following formula...” → “Clos derived the following formula...”
- w podrozdziale 3.5: “This set of calls is called...”
- w podrozdziale 4.1: “...have to be upgrade.” → “...have to be upgraded.”
- w podrozdziale 4.1: “...as show in Fig. 4.8.” → “...as shown in Fig. 4.8.”

Znaczna część akapitów (np. w rozdziale 4) rozpoczyna się bez wcięcia (tabulacji).

Powyższe uwagi są w mojej ocenie nie rzutują na pozytywną ocenę całościową.

5. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a/ nie spełniająca wymagań,
- b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,
- c/ zadowalająco spełniająca wymagania,
- d/ wykraczająca poza poziom przeciętny (spełniająca wymagania z nadmiarem),
- e/ wybitna?

Wartość uzyskanych rezultatów udokumentowanych również w czasopismach z listy JCR kwalifikuje w mojej ocenie niniejszą rozprawę do kategorii **d/ wykraczająca poza poziom przeciętny (spełniająca wymagania z nadmiarem)**.

Z uwagi na spełnione moim zdaniem przez Kandydatkę ustawowe wymagania, wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr. Atyaf Al-Tameemi do publicznej obrony. Ponadto, z uwagi na szereg (dziesięć) znaczących publikacji Kandydatki, w tym trzy prace opublikowane w czasopismach JCR, tj.:

- dwa artykuły w IEEE Access, IF=4.640 (2019),
- jeden artykuł w Photonic Network Communications, IF=1.450 (2019)

istotnie związane z tematyką badań doktorskich Kandydatki, wnoszę o rozpatrzenie możliwości wyróżnienia rozprawy.

Jarek Rok