

dr hab. inż. Piotr Zwierzykowski

Politechnika Poznańska
Wydział Elektroniki i Telekomunikacji
Katedra Sieci Telekomunikacyjnych i Komputerowych
Pl. M. Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznań
e-mail: piotr.zwierzykowski@put.poznan.pl

Poznań, 10 września 2015 roku

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Remigiusza Rajewskiego
pt. *Nowa architektura pola komutacyjnego bazująca na strukturze typu baseline***

Recenzowana rozprawa dotyczy konstrukcji węzłów optycznych sieci teleinformatycznych. Problematyka konstrukcji węzłów optycznych o dużej pojemności jest ważnym i aktualnym tematem technicznym dotyczącym zarówno dziedziny telekomunikacji, jak i informatyki. Wszystkie współczesne technologie stacjonarnych sieci teleinformatycznych wykorzystują połączenia optyczne. Od wielu lat obserwujemy wzrost zarówno liczby łączy optycznych, jak i oferowanych przez nie przepływności. Projektanci urządzeń sieciowych poszukują rozwiązań umożliwiających zwiększenie przepustowości węzłów optycznych. Jednym spośród czynników branych pod uwagę w konstrukcji takich węzłów jest struktura optycznego pola komutacyjnego. O wyborze danej struktury nie decydują jednak wyłącznie przepustowość, czy nieblokowalność. Ważny jest również koszt produkcji (zależny m.in. od liczby aktywnych i pasywnych elementów optycznych) oraz wartości przeników i tłumienia przesyłanego sygnału. Czynniki te mają istotny wpływ na wybór architektury pola komutacyjnego, zastosowanego w danym węźle optycznym.

Podstawowym celem, który postawił przed sobą Kandydat jest „*przedstawienie nowej architektury pola komutacyjnego typu $\log_2 N - 1$ zbudowanego z symetrycznych elementów komutacyjnych o rozmiarach 2×2 i 3×3 oraz niesymetrycznych komutatorów o rozmiarze 2×3 i 3×2 bazującej na strukturze typu baseline*”. Dodatkowym celem pracy było „*porównanie nowej architektury pola komutacyjnego typu $\log_2 N - 1$ z architekturą typu baseline pod kątem przeników a także pod względem kosztu budowy struktury pola komutacyjnego, wyrażonego liczbą aktywnych i pasywnych elementów optycznych*”. Podjęty przez Kandydata problem konstrukcji nowej struktury pola jest więc problemem aktualnym i ważnym, zarówno pod względem teoretycznym, jak i praktycznym.

Do realizacji celu rozprawy mgr inż. Remigiusz Rajewski wykorzystał następującą tezę: „*Możliwe jest zbudowanie struktury pola komutacyjnego o takiej samej pojemności i zapewniającej takie same własności kombinatoryczne jak architektura pola komutacyjnego typu baseline, ale charakteryzującej się mniejszym kosztem, wyrażonym w liczbie aktywnych i pasywnych elementów optycznych oraz zapewniającej lepszą jakość sygnału optycznego na wyjściu nowej struktury pola niż architektura pola typu baseline.*”

Dla wykazania tezy Autor rozprawy sformował szereg problemów badawczych, które zostały omówione w kolejnych częściach rozprawy doktorskiej. Praca mgr inż. Remigiusza Rajewskiego zawiera oryginalne wyniki badań teoretycznych i doświadczalnych, otrzymanych na podstawie metod badawczych, odpowiednich dla problemów podejmowanych w rozprawie.

Zagadnienia rozważane w rozprawie mają przede wszystkim charakter teoretyczny. Przedstawiona w rozprawie nowa architektura pola komutacyjnego oraz przeprowadzone badania mają dużą wartość merytoryczną i mogą być wykorzystane do konstrukcji węzłów komutacyjnych stosowanych w rzeczywistych sieciach telekomunikacyjnych.

Treść rozprawy została przedstawiona w streszczeniu, wstępie, siedmiu rozdziałach i podsumowaniu, uzupełnionych wykazem ważniejszych oznaczeń, spisem rysunków i tablic oraz wykazem cytowanej literatury przedmiotu. Rozdział drugi pracy Autor poświęcił terminologii stosowanej w pracy. W rozdziale tym wyjaśnił m.in. pojęcie przeników oraz omówił podstawowe struktury pól komutacyjnych tj. crossbar, banyan, baseline i omega. Kandydat zdefiniował w nim również pojęcie grafu dwudzielnego, grafu krzyżujących się ścieżek oraz kosztu pojedynczego komutatora. W rozdziale trzecim Autor przedstawił szczegółowy opis architektury pola typu baseline zbudowanego z symetrycznych elementów komutacyjnych 2x2 oraz przedstawił możliwości rozbudowy takiego pola. Rozdział ten prezentuje również narzędzia wykorzystywane przez Kandydata do opisu własności kombinatorycznych architektur pól komutacyjnych. W rozdziale trzecim Autor omówił sposób modelowania przeników i sposób oceny kosztów rozważanych pól komutacyjnych. Autor wyjaśnił też pojęcie samosterowalności pola. W rozdziale czwartym Kandydat opisał proponowaną w pracy architekturę pola komutacyjnego typu $\log_2 N-1$. Przedstawił sposób rozbudowy pola komutacyjnego do struktury o dwukrotnie większej pojemności. Autor zaproponował także sposób oceny kosztów pola wyrażonych w liczbie elementów aktywnych i pasywnych. Rozdział zawiera również analizę wpływu przeników na poziom sygnału optycznego na wyjściu proponowanego pola komutacyjnego. W rozdziale czwartym Kandydat wyjaśnił na czym polega własność samosterowalności w polach $\log_2 N-1$. Kolejne dwa rozdziały rozprawy (rozdziały 5 i 6) Autor poświęcił wyprowadzeniu warunków nieblokowności w wąskim sensie i warunków przestrajalności dla pól o strukturze baseline oraz dla proponowanej architektury pola $\log_2 N-1$. Z kolei w rozdziale siódmym Kandydat przedstawił porównanie jednopłaszczyznowej i wielopłaszczyznowej struktury pola komutacyjnego - opartej na architekturze baseline – z zaproponowaną w pracy architekturą $\log_2 N-1$. W porównaniach Autor uwzględnił wartość przeników oraz koszt pola komutacyjnego wyrażony w liczbie elementów aktywnych i pasywnych. W podsumowaniu Kandydat zawarł ocenę najważniejszych rezultatów rozprawy i zaproponował przyszłe kierunki badań, wynikające z przedłożonej rozprawy. Pracę kończy spis literatury, który obejmuje 183 pozycje, w tym 9 prac autorskich i 5 współautorskich Kandydata. Warto podkreślić, że wśród tych prac znajdują się dwa artykuły opublikowane na łamach czasopisma IEEE Transactions on Communications, które jest jednym spośród najważniejszych czasopism międzynarodowych w dziedzinie badań reprezentowanej przez Autora rozprawy.

Za najbardziej istotne i oryginalne wyniki autora uważam:

- Krytyczną analizę literatury przedmiotu w zakresie architektur, warunków przestrajalności i nieblokowalności rozważanych pól komutacyjnych.
- Propozycję nowej architektury pola komutacyjnego typu $\log_2 N - 1$, realizującego połączenia punkt-punkt, która wymaga mniejszej liczby sekcji od liczby sekcji pola $\log_2 N$ przy zachowaniu tej samej pojemności.
- Określenie sposobu wyznaczania wartości odstępu optycznego sygnału od szumu dla nowej struktury pola komutacyjnego typu $\log_2 N - 1$.
- Sformułowanie i udowodnienie warunków nieblokowalności w wąskim sensie dla wielopłaszczyznowych pól komutacyjnych typu $\log_2 N - 1$, realizujących połączenia punkt-punkt (pola *multi-log₂N-1*).
- Sformułowanie i udowodnienie warunków przestrajalności dla struktur pól komutacyjnych typu *multi-log₂N-1*, realizujących połączenia punkt-punkt.

Prezentowane w rozprawie wyniki badań stanowią samodzielny i oryginalny dorobek Autora. Przedstawione rezultaty uzyskano na podstawie odpowiednich rozważań kombinatorycznych oraz metody dowodzenia powszechnie stosowanej w dziedzinie uprawianej przez Autora pracy.

Rozprawa jest zredagowana poprawnie. W pracy znalazłem kilka drobnych uchybień formalnych, strukturalnych oraz literówek, które zostały przedyskutowane z Autorem. Nie mają jednak one znaczenia dla jednoznacznie pozytywnej oceny redakcji całości pracy. Autor wykazał się umiejętnością poprawnego, przekonywującego i czytelnego przedstawienia uzyskanych wyników badań naukowych. Opiniowana rozprawa stanowi spójną całość, w której podjęte problemy są analizowane w logicznej kolejności, prowadzącej do wykazania prawdziwości sformułowanej na początku pracy tezy.

Bezpośrednio w odniesieniu do rozważań zawartych w rozprawie trudno jest sformułować uwagi krytyczne. Autor od dłuższego czasu zajmuje się właściwościami kombinatorycznymi pól komutacyjnych. Większość wyników przedstawionych w rozprawie została przedtem opublikowana w prestiżowych czasopismach, gdzie podlegała wszechstronnej analizie. Lektura rozprawy skłania jednak do sformułowania kilku uwag i pytań:

- Autor w rozprawie rozważa pola, które realizują połączenia punkt-punkt. Pojawia się zatem pytanie o możliwość jednoczesnej obsługi różnych typów połączeń tzn. punkt-punkt oraz połączeń punkt-wiele punktów. Czy pola te mogą zestawiać połączenia rozgłoszeniowe? Jaki wpływ na przedstawione rozwiązania miałaby obsługa mieszaniny różnych klas zgłoszeń – typu punkt-punkt i typu rozgłoszeniowego?
- Czy zdaniem Autora zależności kosztów pól i przeników, określone dla połączeń punkt-punkt przy porównaniu pól typu baseline z polami $\log_2 N - 1$, ulegną zmianie w przypadku obsługi przez te pola połączeń rozgłoszeniowych?
- Wiele węzłów optycznych wykorzystywanych we współczesnych sieciach teleinformatycznych stosuje pola komutacyjne. Czy Kandydat mógłby wskazać struktury pól komutacyjnych stosowanych obecnie w takich urządzeniach? Czy wśród nich są pola typu baseline? Jeśli tak, to jaka jest pojemność takich pól i czy zalety proponowanego pola mogą w przyszłości spowodować zastąpienie pól typu baseline polami $\log_2 N - 1$?

Przedstawione powyżej uwagi i pytania mają charakter polemiczny i wpisują się w szerszą dyskusję, wykraczającą poza ramy recenzowanej rozprawy. Nie mogą mieć one zatem wpływu na ostateczną, zdecydowanie pozytywną, ocenę pracy.

Mgr inż. Remigiusz Rajewski jest autorem lub współautorem 14 publikacji (wymienionych w bibliografii rozprawy), których tematyka jest zbieżna z zagadnieniami i badaniami relacjonowanymi w rozprawie. Przeprowadzona w rozprawie analiza stanu sztuki w zakresie architektur pól komutacyjnych potwierdza bardzo dużą wiedzę i dobrą orientację Kandydata w dyscyplinie, którą uprawia.

Biorąc pod uwagę zaprezentowane opinie i wymagania podane w Artykule 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (z późniejszymi zmianami) uważam, że rozprawa doktorska mgra inż. Remigiusza Rajewskiego pt. *Nowa architektura pola komutacyjnego bazująca na strukturze typu baseline* zawiera oryginalne rozwiązania problemu naukowego oraz dowodzi tego, że Kandydat posiada obszerną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie telekomunikacja i posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgra inż. Remigiusza Rajewskiego pt. *Nowa architektura pola komutacyjnego bazująca na strukturze typu baseline* do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę zawartość merytoryczną rozprawy, zakres wykonanych prac naukowo-badawczych oraz jakość uzyskanych wyników badań teoretycznych, wnioskuję też o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgra inż. Remigiusza Rajewskiego.