

Politechnika Gdańska  
Katedra Systemów i Sieci  
Radiokomunikacyjnych  
80-233 Gdańsk 6

## R E C E N Z J A

rozprawy doktorskiej Hind Salim Ghazi

pt.: "*Non-Orthogonal Multiple Access with Successive Interference Cancellation and its Applications*",

dla Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Poznańskiej

### 1. Wstęp – ogólna charakterystyka rozprawy

Podstawą wykonania recenzji w/w rozprawy doktorskiej jest pismo Dziekana Wydziału Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej, znak DliT-63-02-/21, z dnia 26 marca, 2021 r. oraz stosownie do tego zawarta Umowa nr 0310/2021/25.

Przedmiotowa rozprawa doktorska została zredagowana w języku angielskim na 126. stronach, w postaci sześciu rozdziałów, wliczając wprowadzenie (Introduction) i podsumowanie (Coclusions) oraz bibliografię (Bibliography) zawierającą wykaz 115 pozycji literatury przedmiotu, w tym 5 pozycji współautorstwa doktorantki z promotorem tej rozprawy, Poza tym, we wstępnej części opracowania zamieszczono Abstract i Streszczenie w języku polskim oraz spis treści (Table of Contents) i wykaz rysunków, tabel oraz skrótów (List of Figures, Tables and Abrevations).

Rozprawa ta ma charakter teoretyczny.

### 2. Jaka jest tematyka rozprawy, czy jest ona aktualna i dostatecznie ważna?

Tematyka rozprawy osadzona jest w obszarze jednoczesnego, nieortogonalnego częstotliwościowo, dostępu terminali wielu użytkowników do bazowej stacji radiowej, znane pod nazwą NOMA (Non-Orthogonal Multiple Access). Zatem, biorąc pod uwagę naturę takiego odbioru, w taki sposób odbierane sygnały stanowią wzajemne dla siebie zakłócenia, tzn. określając to zjawisko wprost, wzajemnie się zakłócają.

Jednakże rozwiązanie takie jest możliwe i zostało opisane w literaturze przedmiotu, którą przytacza doktorantka. Zaletą takiego podejścia jest lepsze wykorzystanie

zasobów widmowych, co z kolei jest kluczowe z punktu widzenia wymagań gospodarki tymi zasobami.

Zatem, zważywszy na wzrastający ruch radiokomunikacyjny i ograniczone zasoby widmowe tematyka rozprawy jest aktualna i ważna z praktycznego punktu widzenia. Jednakże z drugiej strony, w takich warunkach szczególnego znaczenia nabiera problem wzajemnych zakłóceń (interferencji), co jest przedmiotem rozważań i analiz zaprezentowanych w tej rozprawie.

3. Jaki jest problem naukowy rozprawy i czy został on trafnie i jasno sformułowany?

W rozprawie podjęto zadanie połączenia wielodostępu NOMA z tzw. sukcesywną kompensacją interferencji – SIC (Successive Interference Cancellation), o łącznej nazwie NOMA SIC, który to sposób brany jest pod uwagę do zastosowania w sieciach kolejnej generacji 5G.

W nawianiu do powyższego doktorantka sformułowała dwie tezy niniejszej rozprawy, a mianowicie skrótowo rzecz ujmując, że :

- efektywna widmowo transmisja NOMA przy zastosowaniu odpowiednio zaprojektowanych odbiorników może poprawić efektywność komunikacji cyfrowej, oraz

- stosując kompensację SIC oraz jednocześnie zmniejszając rozpiętość wartości mocy jednocześnie odbieranych sygnałów można poprawić efektywność wykorzystania widma przy transmisji w łączu w górę.

Dla potrzeb tego, w ramach rozprawy, podjęto wyodrębnione zadanie opracowania projektu *transmisji NOMA w łączu w górę*.

Tak określony problem naukowy został sformułowany w sposób wystarczająco jasny.

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

Doktorantka rozwiązała postawiony w rozprawie problem w następujący sposób. Tzn. na wstępie, na podstawie analizy źródeł literaturowych zawartej w rozdziałach drugim i trzecim, opracowała rozbudowaną wersję detektora SIC opartą na standardzie IEEE 802.11a, z użyciem tzw. sukcesywnej kompensacji interferencji, który to detektor w zastosowaniu do transmisji NOMA opisała w p. 4.2 oraz przeanalizowała właściwości układu składającego się z takich dwóch detektorów w p. 4.3. Przy czym, właściwości

zastosowanego w badaniach kanału radiowego przedstawiła w dwóch jego wersjach, tzn. w postaci kanału idealnego (p. 4.4.1) oraz quasi-rzeczywistego (p. 4.4.2), stosując formułę wyrażoną zależnością (4.32), w której występują tzw. współczynniki kanałowe  $g_1$  i  $g_2$ . Pierwszy z tych współczynników, tzn.  $g_1$ , wyraża przyjęte tłumienności kanału radiowego. Natomiast drugi współczynnik, tzn.  $g_2$ , wyraża przyjmowane badaniach zmiany mocy sygnału radiowego.

Stosując takie podejście doktorantka przeprowadziła badania symulacyjne, których wyniki szeroko opisała w podrozdziale 4.4 i zilustrowała na kolejnych wykresach. Tzn. dla idealnych warunków w kanale, wyniki tych badań scharakteryzowała w p. 4.4.1 oraz przedstawiła na rysunkach od 4.9 do 4.12. Natomiast dla przyjętych warunków quasi-rzeczywistych omówiła w p. 4.4.2 oraz przedstawiła na rysunkach od 4.14 do 4.19. W obu tych przypadkach, sposób opisu i analiza wyników ma charakter porównawczy odniesiony do idealnego kanału lub zróżnicowany pod względem wartości współczynnika  $g_2$  charakteryzującego zastosowany detektor SIC.

Z kolei w rozdziale piątym rozprawy przedstawiono opracowany w ramach jej realizacji układ detektorów SIC w zastosowaniu do transmisji dwukierunkowej. Rezultaty wykonanych w tym zakresie badań symulacyjnych doktorantka przedstawiła na rysunkach od 5.8 do 5.12 oraz omówiła w p. 5.5.2. W podsumowaniu tego wskazała kierunek dalszych badań.

Najogólniej rzecz ujmując, otrzymane wyniki opisanych badań potwierdzają przydatność SIC w wielodostępie NOMA i mogą być wykorzystane w pracach studyjnych i projektowych urządzeń systemu 5G.

Konkludując w tym miejscu, na podstawie opisanych w rozprawie wyników wykonanych badań można stwierdzić, że doktorantka wykazała poprawność postawionych na wstępie tez i rozwiązała związane z tym problemy badawcze, najogólniej rzecz ujmując, w merytorycznie poprawny sposób.

5. Na czym polega oryginalny dorobek autora i jakie jest jego znaczenie poznawcze lub przydatność praktyczna?

W świetle powyższego, do oryginalnych osiągnięć doktorantki można zaliczyć:



- opracowanie tzw. ulepszonych algorytmów detekcji polegające na zastosowaniu doraźnych korekt mocy sygnału słabszego w celu poprawy jakości estymacji sygnału silniejszego, co w skutkach poprawia odbiór sygnału słabszego,
- powiązanie kodowania kanałowego ze strukturą podejmowania decyzji dla obu sygnałów w porównaniu do rozwiązania standardowego.

W świetle powyższego dorobek autorki ma charakter oryginalny i potencjalnie użyteczny dla praktyki.

6. Czy rozprawa świadczy o dostatecznej wiedzy autora, zwłaszcza znajomości współczesnej literatury z dyscypliny naukowej, której dotyczy?

Lektura tej rozprawy świadczy o rozeznaniu doktorantki w przedmiotowej dziedzinie wiedzy. Wyrazem tego jest zawartość merytoryczna treści rozprawy oraz przywołana lista pozycji bibliograficznych, w tym opublikowanych prac współautorstwa doktoranta, o czym napisałem na wstępie tej recenzji.

7. Jakie są wady i słabe strony rozprawy?

Widoczną cechą tej rozprawy jest jej nieuporządkowanie redakcyjne. Poczynając od zapisu jej zawartości w spisie treści, która nie odpowiada tej zawartości. Spis ten ma postać skrótową i nie zawiera rozwinięć kolejnych podpunktów. Przykładowo, w spisie tym nie ujęto podpunktów 4.3.1 i 4.3.2, 4.4.1 i 4.4.2 oraz 5.5.1 i 5.5.2.

Nieuporządkowany jest sposób numeracji .spisu treści rozprawy, gdzie tytuły poszczególnych rozdziałów zostały pozbawione numeracji, natomiast zastosowano numerację podrozdziałów.

Poza tym, prowadzona w rozprawie narracja miejscami jest nieczytelna z powodu przeskoków merytorycznych

Jednakże, powyższe uwagi nie mają wpływu na wynikową pozytywną ocenę merytoryczną całości pracy.

7. Podsumowanie: Niniejszą rozprawę można zaliczyć do kategorii: spełnia wymagania.

W konkluzji stwierdzam, że rozprawa doktorska autorstwa Hind Salim Ghazi pt.:

„*Non-Orthogonal Multiple Access with Successive Interference Cancellation and its Applications*”

spełnia wymagania ustawowe i może być dopuszczona do publicznej obrony.