

Bezprzewodowy dostęp do Internetu jest wszechobecną technologią we współczesnym świecie wymaganą do pracy przedsiębiorstw jak również dla zapewnienia rozrywki i socjalizacji osób fizycznych. Przewiduje się, że średnia wymagana przepływność łącza internetowego wzrośnie trzykrotnie w latach 2018-2023. Może temu sprostać sieć 5G dzięki równoczesnemu zwiększaniu gęstości stacji bazowych, zwiększaniu efektywności widmowej i wykorzystywanego pasma. Zależność między tymi składowymi oraz wynikające koszty są jednak złożone. W pierwszym przybliżeniu można do tego celu użyć równania Shannona. Przepływność łącza bezprzewodowego może być zwiększona poprzez poszerzenie pasma albo zwiększenie mocy nadawczej. Niestety, wymaga to zwiększenia mocy zużywanej przez nadajnik. Podczas gdy w przeszłości większość badań było nakierowanych na zwiększenie przepływności, przez ostatnie kilka lat badania nad zwiększaniem efektywności energetycznej (definiowanej jako stosunek przepływności do zużytej mocy) nabrały rozpędu. W tym względzie istotnym jest prawidłowe modelowanie zużywanej mocy, która jest zależna od wielu czynników.

Choć obserwowana jest duża poprawa w ostatnich latach, wielu badaczy zakłada idealistyczny, liniowy model elementów elektronicznych tworzących stopień wejściowo/wyjściowy modemu radiowego, np. wzmacniacza mocy. W rzeczywistości liniowy wzrost mocy nadawczej powoduje liniowy wzrost mocy zużywanej i brak zniekształceń sygnału tylko dla niskiego punktu pracy wzmacniacza (tzn. dużej różnicy między mocą średnią sygnału, a poziomem odcięcia wzmacniacza). Niestety, ten model nie może być użyty dla systemów o wysokiej efektywności energetycznej. Przy działaniu blisko maksimum efektywności energetycznej należy rozważyć nieliniową charakterystykę stopnia wejściowo/wyjściowego i jej wpływ na wiele metryk systemowych. Przykładowo, zwiększona moc nadawcza powoduje podwyższenie mocy interferencji pojawiającej się zarówno w pasmie użytecznym jak i poza nim, poszerzając pasmo zajęte przez system. Równocześnie rozkład amplitud sygnału nadawanego, w następstwie nieliniowej charakterystyki wzmacniacza, ulega zmianie powodując nieliniowy przyrost mocy zużywanej. Takie problemy w modelowaniu nieliniowości mogą być rozszerzone na inne elementy modemu radiowego, np. przetwornik analogowo-cyfrowy czy charakterystyka pojemnościowa baterii. A zatem, nieliniowe modele stopni wejściowo/wyjściowych powinny być uwzględniane na wielu etapach projektowania modemu bezprzewodowego, np. strategii alokacji mocy czy algorytmów odbiorczych.

Hipoteza tego projektu brzmi: **Ultra efektywny widmowo i energetycznie system 6G wymaga zaprojektowania międzywarstwowego, świadomego nieliniowości układów radiowych.** Projekt jest podzielony na 4 zadania. Zadanie 1 ma na celu zamodelowanie nieliniowości i zużycia energii w modemie bezprzewodowym. Choć istnieją niezależne modele zużycia energii i zniekształceń nieliniowych dla modemów bezprzewodowych, całościowy model nie istnieje, szczególnie dla współcześnie wykorzystywanych architektur układów wejściowo/wyjściowych. Modelowanie będzie oparte zarówno na studiach literaturowych/symulacjach jak i na pomiarach. Umożliwi to zaproponowanie krótkoterminowego modelu zużycia mocy istotnego z punktu widzenia optymalizacji urządzeń zasilanych bateryjnie. Zadanie 2 skupi się na projektowaniu modemu wielotonowego uwzględniając nieliniowość stopnia wejściowo/wyjściowego. Optymalizowany będzie zarówno sygnał nadawany, algorytmy odbiorcze jak i metody adaptacji łącza np. alokacja mocy. Zadanie 3 rozważy system bezprzewodowy o „ogromnej” liczbie anten (ang. Massive Multiple Input Multiple Output) wykorzystujący nieliniowe stopnie wejściowo/wyjściowe. Sprawdzone zostaną różne możliwości optymalizacji sieci: od zmiany rozdzielczości przetworników analogowo-cyfrowych do wyłączenia poszczególnych anten. Zadanie 4 ma na celu połączenie rozwiązań zaproponowanych w zadaniach 2 oraz 3, tak aby osiągnąć synergię wydajności wielotonowego systemu bezprzewodowego o ogromnej liczbie anten wykorzystującego nieliniowe stopnie wejściowo/wyjściowe. Wyniki projektu pokażą, że nieliniowy model stopnia wejściowo/wyjściowego może być użyty zarówno w projektowaniu konwencjonalnych algorytmów, tzn. opartych na optymalizacji funkcji wypukłych z ograniczeniami, a także przy użyciu algorytmów uczenia maszynowego. Wyniki projektu zostaną opublikowane głównie w czasopiśmie międzynarodowych i zaprezentowane podczas międzynarodowych konferencji. Jako, że zarówno technologia M-MIMO jak i modulacje wielotonowe są wykorzystywane w systemie 5G i rozważane dla systemu 6G, wyniki projektu powinny mieć znaczący wpływ na środowisko naukowe teraz i w przyszłości.