

W ostatnich dziesięcioleciach mogliśmy zaobserwować ogromny rozwój mobilnych sieci telekomunikacyjnych. Jest to spowodowane coraz większą liczbą urządzeń mobilnych np. smartfonów, tabletów. Ponadto, użytkownicy sieci mobilnych żądają coraz większych przepływności. Wymagania te mogą być spełnione w sieciach 5G i nowszych, poprzez wykorzystanie dużych macierzy antenowych, czyli technologii o nazwie *ang. Massive Multiple-Input Multiple-Output* (MMIMO). Sieci MMIMO oferują wyższe zwiększenie przepływności użytkowników poprzez poprawę wydajności widmowej: zamiast zwiększać dostępne pasmo jest ono wykorzystywane bardziej efektywnie. W MMIMO zamiast nadawać energię na całą komórkę, poprzez odpowiednie wzmocnienie i przesunięcie fazowe nadawanego sygnału (tj. formowanie wiązki), energia może być dostarczana bezpośrednio do użytkownika. W rezultacie, jakość sygnału odbieranego przez niego można poprawić tylko poprzez zwiększanie liczby anten w macierzy. Jednak, w sieci MMIMO użytkownicy, szczególnie ci znajdujący się na krawędziach sąsiadujących komórek osiągają bardzo nierówne przepływności. Aby przezwyciężyć ten problem, rozważa się nową architekturę sieci, tj. architekturę MMIMO zorientowaną na użytkownika i wolną od komórek *ang. User-Centric Cell-Free MMIMO* (UCCF MMIMO). Ta koncepcja zakłada, że nie ma ścisłych krawędzi komórek, a konfiguracja sieci jest dostosowana do potrzeb konkretnego użytkownika. Jedną z kluczowych funkcji zarządzania w sieci UCCF MMIMO jest sformułowanie tzw. klastrów obsługujących. W przypadku ekstremalnym, użytkownik może być jednocześnie połączony do wszystkich anten w okolicy. Bądź zainstalowanych na różnych stacjach bazowych w formie macierzy, bądź rozłożonych na obszarze sieci. Wykorzystanie wszystkich anten spowodowałoby jednak duże opóźnienie przetwarzania. Zamiast tego, może być wybrany tylko pewien podzbiór anten, np. tych anten, które dostarczają sygnały o najlepszej jakości. Następnie klastry obsługujące są formułowane przez obszar, w którym użytkownicy są podłączeni do tego samego podzbioru anten. Ze względu na złożoność rzeczywistej sieci UCCF MMIMO, która składa się z wielu bloków funkcjonalnych, nie można jej w prosty sposób opisać matematycznie. Taki opis byłby konieczny w przypadku formułowania klastrów obsługujących z wykorzystaniem standardowych metod optymalizacji. Z drugiej strony, algorytmy uczenia maszynowego mogą być z powodzeniem stosowane do wydobywania ukrytych wzorców danych i formułowania klastrów obsługujących o skomplikowanych kształtach. Ta procedura wymaga przechowywania i przetwarzania danych zależnych od lokalizacji. W tym celu architekturę sieci można rozbudować o dedykowaną inteligentną bazę danych zależnych od lokalizacji, tj. Mapę Środowiska Radiowego (*ang. Radio Environment Map REM*). Hipotezą tego projektu brzmi: **Uczenie Maszynowe, oraz Mapy Środowiska Radiowego mogą być skutecznie wykorzystywane w celu poprawy zarządzania siecią MMIMO zorientowaną na użytkownika - UCCF MMIMO.** Celem projektu jest opracowanie inteligentnego algorytmu wykorzystującego uczenie maszynowe i Mapy Środowiska Radiowego, do usprawnienia procesu zarządzania siecią UCCF MMIMO np. tworzenia klastrów obsługujących o skomplikowanych kształtach. Projekt badawczy podzielony jest na 4 zadania. Celem zadania nr. 1 jest definicja scenariuszy symulacyjnych odpowiednich dla sieci UCCF MMIMO, opracowanie modeli związanych z niepełną wiedzą o środowisku radiowym (np. błąd lokalizacji, błąd estymacji kanału radiowego), oraz implementacja algorytmów referencyjnych. Zadanie nr. 2 skupia się na opracowaniu inteligentnego algorytmu, którego celem jest w zarządzanie siecią UCCF MMIMO. Na potrzeby realizacji tego zadania założona zostanie, idealna wiedza o środowisku radiowym, np. bezbłędną informacja o położeniu, oraz kanałach radiowych użytkowników sieci. Algorytm opracowywany w ramach zadania nr. 2 będzie zakładał scentralizowane zarządzanie siecią UCCF MMIMO. Zadanie nr. 3 polega na połączeniu efektów zadania 1 i 2, tj. najpierw inteligentny algorytm zarządzania siecią UCCF MMIMO będzie przetestowany w systemie w warunkach niedoskonałej wiedzy o środowisku radiowym, np., uwzględniając błąd lokalizacji związany z dwuczęstotliwościowym GNSS. Następnie zostanie on poprawiony, tak aby brał pod uwagę niepełną wiedzę o środowisku radiowym, np. charakterystykę błędu lokalizacji. Wreszcie w zadaniu nr. 4 pojawi się kolejny stopień swobody. Algorytm zarządzania siecią UCCF MMIMO zostanie zaprojektowany w sposób zdecentralizowany. Uzasadnienie tego rozwiązania to zmniejszenie ilości informacji sygnalizacyjnych oraz liczby danych związanych z procesem uczenia się, które muszą być przekazywane. Wyniki projektu pokaże, że techniki uczenia maszynowego w połączeniu z na inteligentną bazę danych o nazwie REM mogą być skutecznie wykorzystane do usprawnienia zarządzania siecią UCCF MMIMO.