



Dominik Dulas

AI-assisted dimensioning methods for Network Slicing in Next Generation Mobile Networks

STRESZCZENIE

Niniejsza rozprawa doktorska bada wymiarowanie sieci komórkowej 5G, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu plastrowania sieci (ang. Network Slicing). Raportowane analizy oraz ich wyniki przyczyniają się do rozwoju technik wymiarowania sieci 5G. Uważa się, że wraz ze wzrostem złożoności architektury 5G, ręczne zadania wykonywane przez ekspertów technicznych nie będą już wystarczające do przygotowania danych wejściowych, takich jak modelowanie ruchu, co czyni koniecznym opracowanie metod opartych na sztucznej inteligencji.

W wyniku badań opracowano nowe, kompleksowe rozwiązanie (ang. framework), które uwzględnia:

1. wybór kluczowych wskaźników wydajności,
2. prognozowanie wydajności,
3. modelowanie predykcyjne do regresji wybranych wyników (np. przepustowości i opóźnienia),
4. pośrednie oszacowanie przepustowości łącza,

które będzie wykorzystywane w procesach planowania i wymiarowania sieci Nokii.

Zastosowanie rzeczywistych danych sieciowych do opracowania i zweryfikowania stworzonych modeli i algorytmów zwiększa innowacyjność pracy.

Prognozowanie przepustowości i opóźnienia jest ważnym elementem opracowanego rozwiązania, które umożliwia pośrednie wymiarowanie pojemności stacji bazowej 5G (ang. BTS). W ramach badań zastosowano wielowymiarowe modele predykcyjne do prognozowania przepustowości i opóźnienia na poziomie plastra sieci jako podejście oparte na danych do wymiarowania pojemności 5G. Po kompleksowym porównaniu model VARMAX, czyli wektorowy model autoregresyjny średniej ruchomej z dodatkowymi zmiennymi egzogenicznymi, został wybrany jako najlepszy. Wyniki wskazują, że ten model jest równie skuteczny w przypadku prognoz krótkoterminowych i długoterminowych z dobrą dokładnością. Ponadto włączenie wiedzy konfiguracyjnej, takiej jak pasmo częstotliwości, do procesu uczenia się modelu zwiększyło jego dokładność. Ocena jednowymiarowych modeli do prognozowania zmiennych środowiskowych została również przeprowadzona jako element wspierający dla modelu wielowymiarowego. Do tego problemu po dokładnej ocenie wybrano model Lag-Llama, który jest podstawowym modelem szeregów czasowych (ang. Foundational Time Series Model). Wszystkie walidacje i porównania przeprowadzono przy użyciu znormalizowanych metryk średniego błędu bezwzględnego i średniego procentowego błędu bezwzględnego.

Dodatkowo praca przedstawia oryginalną technikę wykorzystującą dane o ruchu na poziomie systemu do oszacowania statystycznego zysku multipleksowania agregowanych łączy



transportowych 5G. Algorytm umożliwia skalowanie wyników symulacji. To podejście skraca czas obliczeń z dni do sekund, co ma kluczowe znaczenie dla rekomendacji dotyczących planowania sieci i ostatecznie zwiększa efektywność i elastyczność usług świadczonych operatorom telekomunikacyjnym. Zaprezentowano dwa studia przypadków, demonstrując zgodność oszacowań z wartościami zmierzonymi z łączy mikrofalowych w sieciach komórkowych i podkreślając ich znaczenie dla wymiarowania BTS w chmurze.

Wreszcie, wprowadzono oparte na danych rozwiązanie do prognozowania i wymiarowania, integrując koncepcję cyfrowego bliźniaka. Rozwiązanie to może autonomicznie służyć jako narzędzie prognostyczne do wymiarowania (plastrów) sieci i zarządzania ruchem, lub może działać jako kluczowy element kompleksowego cyfrowego bliźniaka. Ponadto ilustruje wykonalność tego, jak wzajemnie powiązane metody badane w tej pracy dostarczają niezbędne dane wyjściowe.

Aby zweryfikować dokładność rozwiązania i ocenić jego przydatność, przeprowadzono eksperymenty na rzeczywistych danych. Wyniki pokazują, że proponowane rozwiązanie może skutecznie wyjaśnić i zmierzyć te zjawiska poprzez symulacje oparte na danych z plastrów sieci bezprzewodowych.

Wdrożenie rozwiązania będzie niezawodnie wspierać procesy Nokii poprzez automatyczne rekomendowanie rozszerzeń pojemności lub konfigurowanie parametrów planowania podziału na podstawie rzeczywistych danych.