

Streszczenie

Piąta generacja (5G) sieci komórkowych jest rozpatrywana jako ewolucja społeczno-techniczna poprzez umożliwienie ścisłej ingerencji i integracji komunikacji mobilnej z codziennym życiem całego społeczeństwa. Wynika to z przewidywanych możliwości sieci 5G, takich jak bezprecedensowe poziomy przepustowości danych, ultra niezawodna komunikacja o niskich opóźnieniach oraz masowa łączność urządzeń. Wsparcie idących za tym ulepszeń komunikacyjnych, które wcześniej były niewyobrażalne, nakłada również nowe wymagania projektowe na systemy 5G. Sprostanie tak szerokiej gamie wymagań, które często stoją w opozycji do siebie, nie jest łatwe. Stworzenie efektywnego ekosystemu 5G wymaga starannych analiz i innowacyjnych rozwiązań, aby umożliwić zharmonizowanie zróżnicowanych potrzeb operacyjne w jednej sieci. Ze względu na dalekosiężne obietnice, sztuczna inteligencja (ang. Artificial Intelligence, AI) jest postrzegana jako ogromny potencjał, który będzie można wykorzystać do rozwiązywania tychże wyzwań stojących przed projektantami bardzo wymagających i złożonych sieci telekomunikacyjnych. W rzeczywistości rozwój badawczy w dziedzinach AI i 5G przenika się wzajemnie i pojawienie się tych trendów jednocześnie jest kluczową inspiracją tej rozprawy. Przeprowadzona w ramach niniejszej pracy analiza istniejących wyzwań w procesach automatyzacji i optymalizacji sieci 5G, z którymi trzeba się zmierzyć, aby zapewnić wysoką wydajność sieci telekomunikacyjnych, skupiła pytanie badawcze na tym: w jaki sposób zastosować sztuczną inteligencję w sieci dostępu radiowego 5G (ang. Radio Access Network RAN) oraz jak zrealizować dostarczanie parametrów wejściowych algorytmu uczenia maszynowego (ML), automatycznym gromadzeniem kluczowych danych pochodzącym z interfejsu radiowego, przy jednoczesnym skutecznym zmniejszeniu ilości przesyłu danych. W tym celu, pierwszą czynnością w ramach badania, było przeprowadzenie inspekcji podstawowego typu ruchu 5G (a konkretnie ulepszonej mobilnej łączności szerokopasmowej, ang. Enhanced Mobile Broadband eMBB) w rzeczywistości wdrożonej sieci 5G typu NSA (ang. Non-Stand Alone), poprzez manualne zbiory danych z komercyjnych telefonów 5G. Serie danych, będącymi krytycznymi wskaźnikami wydajności radiowej, zostały poddane statystycznym analizom, które ujawniły konkretne trendy i relacje między zebranymi parametrami, oraz nakreśliły ich znaczenie w sieci RAN. Wyniki te pomogły następnie w doborze algorytmów uczenia maszynowego, w tym identyfikacji parametrów niezbędnych do monitorowania danych, oraz wskaźników, które powinny stanowić istotny cel predykcji podczas badania interfejsu radiowego. Podczas kolejnego kroku badawczego: trenowania i testowania trzech obiecujących algorytmów nadzorowanego uczenia maszynowego (ang. Supervised Machine Learning), tylko algorytm Decision Tree z nieliniową i zaawansowaną zdolnością regresji został zweryfikowany z sukcesem, poprzez wykazanie najbardziej optymalnej wydajności. W celu dopełnienia odpowiedzi na pytanie badawcze, w rozprawie zaproponowano schemat monitorowania urządzeń komercyjnych w sieci 5G, poprzez konfigurowanie ich procedurą automatycznego zbierania danych, inicjowaną ze stacji bazowej (gNB) oraz opartą o ewaluację działania adekwatnego algorytmu ML. Procedura, umożliwia dostosowywanie interwałów raportowania metryk w oparciu o odpowiedni wynik algorytmu, co zapewnia lepszą skuteczność w porównaniu do istniejących metod, poprzez ograniczenie masowego gromadzenia danych w sieci dostępowej RAN. Dodatkowo, przedstawiona technika prezentuje, jak zestaw wskaźników wejściowych może zostać zredukowany i ograniczony tylko do jednego najbardziej krytycznego parametru (tj. siły odbieranego sygnału), co umożliwia dalszą redukcję i optymalizację sposobu gromadzenia danych.

26. 09. 2024

J. Nowak

Podsumowując, praca badawcza potwierdza, że automatyczny proces monitorowania wybranych charakterystyk radiowych, ulepszony o właściwości uczenia się i przewidywania opartego na sztucznej inteligencji, staje się realną możliwością na zastąpienie manualnych metod gromadzenia danych (np. poprzez tradycyjne „drive-test”) oraz przynosi wymierne korzyści w postaci kontroli lub redukcji ilości monitorowanych danych. Wprowadzona metoda wykazuje łatwość adaptacji, ponieważ wykorzystuje w dużej mierze istniejące elementy i procedury sieci 5G, wprowadzając nowatorski sposób i ML algorytm, jako ulepszenie funkcjonujących metod. Uniwersalny zestaw danych przewidziany do działania kompatybilnego algorytmu ML, można następnie skalować w celu szerszego zakresu użyteczności, lub poszerzenia zbiorów danych o inny rodzaj informacji. Ponadto, badania podkreślają dużą elastyczność opracowanej techniki uczenia maszynowego poprzez przedstawienie możliwości adaptacji w dwóch elementach sieci radiowej: jako modelu uczenia maszynowego po stronie stacji bazowej (gNB) lub model uczenia maszynowego po stronie terminala (UE). Tym samym, praca dowodzi praktycznej wykonalności integracji sztucznej inteligencji w sieci dostępowej 5G (RAN), oraz demonstrowa podstawowe strategie, które można zastosować w celu skutecznego wdrożenia sztucznej inteligencji w sieci 5G.