
Relokacja aplikacji w systemie 5G z przetwarzaniem brzegowym

STRESZCZENIE

Rozwój sieci mobilnych oraz związane z nim możliwości realizacji nowych, zaawansowanych usług, otwierają nowe obszary badawcze w zakresie projektowania systemów sieciowych, które umożliwiają realizację trzech głównych założeń sieci 5G, tj. bardzo duża szybkość bitowa, bardzo małe opóźnienia oraz masowa łączność pomiędzy urządzeniami. W szczególność, dynamiczny rozwój usług wymagających bardzo małych opóźnień komunikacyjnych, sprawił że przetwarzanie na brzegu sieci (ang. *Edge Computing*) stało się kluczowym rozwiązaniem w trwającej transformacji sieci. Integracja systemu przetwarzania danych na brzegu sieci z architekturą sieci 5G stawia nowe wyzwania takie jak np. efektywne zarządzanie cyklem życia aplikacji brzegowych. Celem rozprawy było zaprojektowanie systemu oferującego wysoką jakość usług (ang. *Quality of Service*) realizowanych na brzegu sieci, jednocześnie zapewniając ciągłość świadczenia usługi w przypadku mobilności użytkownika końcowego.

W rozprawie skupiono się na procesie relokacji aplikacji brzegowych, który polega na przeniesieniu aplikacji pomiędzy serwerami brzegowymi, aby zagwarantować ciągłość świadczenia usługi podczas mobilności użytkownika. Zaproponowane zostało rozwiązanie dla sieci 5G bazujące na przetwarzaniu w chmurze oraz zgodne ze standardami organizacji ETSI i 3GPP. Przedstawiono trzy główne obszary badań prowadzonych w ramach tej rozprawy.

Początkowo zaprezentowano oryginalne rozwiązanie, demonstrujące procedurę relokacji aplikacji brzegowej w środowisku 5G wzbogaconym o funkcjonalność przetwarzania na brzegu sieci. Zbudowany w tym celu demonstrator umożliwia przetestowanie w praktyce mechanizmu zapewniania ciągłości świadczenia usług w przypadku mobilności użytkownika końcowego lub problemów z infrastrukturą serwerów brzegowych. Wdrożenie procedury relokacji obejmuje wykorzystanie i rozszerzenie prekomercyjnych rozwiązań o otwartym kodzie źródłowym: Kubernetes jako narzędzie uruchomieniowe aplikacji brzegowych w środowisku chmurowym, oraz EMCO jako orkiestrator i zarządca aplikacji brzegowych.

Następnie zaproponowane zostały dwa oryginalne algorytmy mające na celu wybranie odpowiedniego serwera brzegowego do relokacji aplikacji w przypadku mobilności użytkownika końcowego. Pierwszy z algorytmów reprezentuje podejście heurystyczne, które dzieli topologię serwerów brzegowych na podzbiory, a następnie analizuje je aż do momentu znalezienia odpowiedniego serwera. Natomiast drugi algorytm został opracowany z wykorzystaniem metody uczenia maszynowego ze wzmocnieniem (ang. *Reinforcement Learning*) do trenowania modelu decyzyjnego. Przeprowadzono oraz przedstawiono szczegółowe porównanie zaproponowanych algorytmów relokacji aplikacji, pokazując mocne i słabe strony obu rozwiązań, a także dostarczając szereg spostrzeżeń do wykorzystania przez operatorów telekomunikacyjnych rozważających wdrożenie takich rozwiązań do systemów 5G z przetwarzaniem na brzegu sieci.

Słowa kluczowe: przetwarzanie na brzegu sieci, sieć mobilna 5G, infrastruktura chmurowa, orkiestracja aplikacji brzegowych, algorytm heurystyczny, algorytm uczenia maszynowego przez wzmocnianie