



DESCRIPTION OF DOCTORAL DISSERTATION

The Author of the PhD dissertation: Arkadiusz Zięba

Title of PhD dissertation: Evaluation method of IP Scheduled Throughput for Inter-eNB Carrier Aggregation and Cloud based environment

Title of PhD dissertation in Polish: Metoda szacowania przepływności IP dla Agregacji Nośnych pomiędzy różnymi eNB i w środowisku opartym na chmurze

Language of PhD dissertation: English

Supervision: dr hab. inż. Jarosław Sadowski, prof. PG

Auxiliary supervision: dr inż. Martin Kollar

Date of doctoral defense: <day, month, year>

Keywords of PhD dissertation in Polish: LTE, NR, 4G, 5G, przepływność IP, QoS, QoE, przepływność użytkownika, Dual Connectivity, Agregacja Nośnych

Keywords of PhD dissertation in English: LTE, NR, 4G, 5G, IP scheduled throughput, QoS, QoE, user throughput, Dual Connectivity, Carrier Aggregation

Summary of PhD dissertation in Polish: Niniejsza rozprawa bada wyzwania związane z dokładnym pomiarem przepływności IP, kluczowej miary jakości usług QoS dla użytkownika końcowego w radiowej sieci dostępowej E-UTRAN, w kontekście nowoczesnych rozproszonych architektur sieciowych. Badanie analizuje ograniczenia stosowania przepływności IP zdefiniowanej w 3GPP TS 36.314 w tradycyjnych sieciach LTE w porównaniu z topologiami DC. Zaproponowano nową metodę obliczania przepływności IP w środowisku rozproszonym, rozwiązując złożoność wynikającą z rozproszonych architektur sieciowych. Ponadto rozprawa rozszerza to podejście, proponując rozwiązanie dla sieci 5G wykorzystujących architekturę DC. Poprzez rygorystyczne eksperymenty, zaproponowana metoda została zweryfikowana w kontekście metody dostępnej w standardzie 3GPP, wykazując silną korelację w szacowaniu pomiaru przepływności IP z perspektywą użytkownika końcowego dla różnych konfiguracji sieci, typów protokołów, jakości kanału radiowego, liczby nośnych i gęstości użytkowników. Otrzymane wyniki przyczyniają się do głębszego zrozumienia pomiaru przepływności IP w nowoczesnych sieciach bezprzewodowych i dostarczają praktyczne rozwiązania w celu zwiększenia jakości usług w środowiskach rozproszonych z wykorzystaniem DC. Nowa metoda została opracowana i oceniona, wykazując znaczące ulepszenia w precyzji pomiaru przepływności IP w szerokim zakresie scenariuszy testowych. Metoda ta została z powodzeniem zintegrowana z sieciami komórkowymi w urządzeniach sprzętowych firmy Nokia wdrożonych na całym świecie.

Summary of PhD dissertation in English: This dissertation investigates the challenges of accurately measuring IP scheduled throughput, a key metric for end-user Quality of Service (QoS) in the Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN), within the context of modern distributed network architectures. The study analyzes the limitations of applying the 3GPP TS 36.314 definition of IP scheduled throughput in traditional Long Term Evolution (LTE) networks compared to Dual Connectivity (DC) topologies. A novel method is proposed for calculating IP scheduled throughput in an edge computing environment, addressing the complexities arising from distributed network architectures. Furthermore, the dissertation extends this approach to propose



a solution for 5G networks utilizing the DC architecture. Through rigorous experimentation, the proposed methods are validated, demonstrating a strong correlation with the real-world user perception across diverse network configurations, including variations in protocol, radio channel quality, component carrier count, and user density. The findings contribute to a deeper understanding of IP scheduled throughput measurement in modern wireless networks and provide practical solutions for enhancing QoS in edge computing and 5G environments. The novel method has been developed and evaluated, exhibiting substantial enhancements in the precision of IP scheduled throughput measurement across a wide range of testing scenarios. This method has been successfully integrated into cellular networks within Nokia hardware devices deployed globally.