

doi:10.15199/48.2016.01.03

Pomiary szybkości transferu danych w sieciach operatorów komórkowych

Streszczenie. Rozwój technologii komórkowych pozwala na uruchomienie dostępu do zaawansowanych usług multimedialnych dla szerokiego grona abonentów wyposażonych w terminale danych zwane popularnie smartfonami. W artykule przedstawiono analizę czynników warunkujących uzyskanie właściwego poziomu jakości świadczonych usług i gwarantujących satysfakcję użytkownika. Przedstawiono wyniki pomiarów dostępnej szybkości transmisji dla łącza w górę oraz w dół dla różnych standardów systemów sieci komórkowych z wykorzystaniem mobilnej aplikacji pomiarowej.

Abstract. The development of mobile technology enables access to advanced multimedia services for a wide group of subscribers equipped with data terminals commonly known as smartphones. The article presents an analysis of the determinants influencing the possibility of achieving an appropriate level of quality of services and ensuring user satisfaction. The results of measurements of the available bit rate for uplink and downlink for a various systems of mobile networks with the use of the mobile measurement application are also presented. **Measurements of bit rate of various GSM operators.**

Słowa kluczowe: sieci komórkowe, jakość transmisji danych, szybkość transferu.

Keywords: cellular networks, quality of data transfer, transfer rate measurements.

Wstęp

Rozwój technologii komórkowych pozwala na uruchomienie dostępu do zaawansowanych usług multimedialnych dla szerokiego grona abonentów wyposażonych w terminale danych zwane popularnie smartfonami. Zapewnienie odpowiedniej przepustowości jest kluczowym parametrem warunkującym właściwą jakość świadczonych usług i gwarantującym satysfakcję użytkownika. Stąd też, aby sprostać wyzwaniom stawianym przez współczesne usługi multimedialne a jednocześnie stworzyć użytkownikowi możliwość porównania jakości usług QoS (Quality of Service) oferowanych przez poszczególnych operatorów prowadzi się pomiary jakości transmisji danych w sieciach operatorów komórkowych. W literaturze znaleźć można szereg przykładów złożonych platform pomiarowych umożliwiających badanie parametrów jakości usług transmisji danych w sieciach komórkowych [1, 2]. Wspomniane rozwiązania wykorzystują zestawy specjalizowanych przyrządów pomiarowych i oprogramowanie analizujące, które z reguły dostępne są w wyspecjalizowanych ośrodkach badawczych. Zaprezentowana w artykule mobilna aplikacja *SpeedNet* umożliwiała zobrazowanie szybkości transmisji danych z wykorzystaniem osobistego telefonu komórkowego. Aplikacja jest wynikiem realizacji pracy dyplomowej powstałej w Instytucie Telekomunikacji WEL WAT [3]. W oparciu o opracowaną aplikację i środowisko pomiarowe przeprowadzone zostały badania oceny szybkości transferu danych multimedialnych w sieciach wybranych operatorów komórkowych.

Metodyka badań

Metodyka badań wykorzystana w procesie pomiarów szybkości transferu danych w sieciach komórkowych realizowanych z wykorzystaniem aplikacji *SpeedNet* oparta została o wytyczne przedstawione w tzw. Memorandum [4]. Stanowi ono dokument umożliwiający porównanie jakości usług świadczonych przez operatorów w odniesieniu do zdefiniowanych 8 grup najbardziej powszechnych aplikacji i z uwzględnieniem kryteriów minimalnej szybkości transmisji danych oraz maksymalnego opóźnienia pakietów.

Wymienione wskaźniki odniesione zostały do najpopularniejszej obecnie i najszybciej rozwijającej się usługi dostępu do Internetu. Wskaźnik szybkości transferu danych MDR (Mean Data Rate) (UL/DL – Upload/Download) definiowany jest jako stosunek ilości przesyłanych danych do czasu trwania okresu

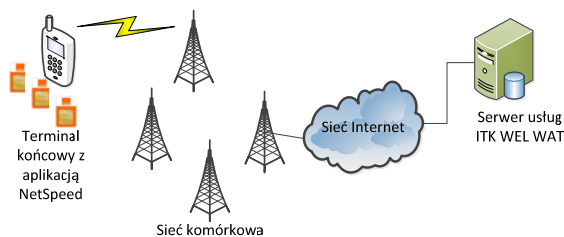
pomiarowego. Prędkość transferu danych można rozumieć, jako wartość średnią prędkości, z jaką dane mogą być wysyłane lub odbierane. Parametr ten wyrażany jest w Mbit/s. Drugim istotnym parametrem oceny jest wskaźnik opóźnienia pakietów danych, czyli wyrażany w milisekundach RTT (Round Trip Time). Wskaźnik ten definiuje się, jako uśredniony czas komunikacji pomiędzy interfejsem sondy pomiarowej do interfejsu serwera testowego i z powrotem. W tym miejscu należy jednak zwrócić uwagę na fakt, ocena jakości odczuwana przez użytkownika jest silnie uzależniona nie tyle od samego opóźnienia, ale od jego zmienności (jitter). Jest to szczególnie istotne, kiedy pod uwagę brane jest zadowolenie użytkownika ze świadczonej usługi wyrażane za pośrednictwem wskaźnika QoE (Quality of Experience), czyli w przypadku takich usług jak IPTV, wideo na żądanie (VOD – Video on Demand, itp.). Postrzeganie użytkownika jest w tym przypadku związane z opóźnieniem wstępnym, obejmującym czas od zainicjowania usługi do czasu jej realizacji, czyli pojawienia się informacji multimedialnej na terminalu użytkownika. Natomiast stałe opóźnienie związane z dostarczaniem pakietów danych multimedialnych nie jest już tak odczuwalne [5].

Testy wykonano w środowisku mobilnym przy prędkości odzwierciedlającej poruszającego się abonenta pieszego w obszarze zabudowanym. Dzięki zastosowaniu urządzenia abonenckiego w postaci smartfonu, wyposażonego w moduł GPS, możliwe jest śledzenie trasy poruszającego się abonenta. W trakcie realizacji testów wykorzystano jeden terminal pomiarowy przełączany do pracy w sieci takich operatorów jak Orange, Play, Plus, T-Mobile. Do pomiarów wykorzystano ogólnie dostępne karty prepaidowe SIM przeznaczone do transmisji danych. W trakcie prowadzenia badań urządzenie mobilne pracowało w trybie automatycznego wyboru sieci.

Wykorzystywany plik testowy posiadał rozmiar 5 MB. Testy wykonano na obszarze Wojskowej Akademii Technicznej w konfiguracji przedstawionej na Rys.1. Przedstawiona konfiguracja pomiarowa umożliwia ocenę zasobów systemu pod kątem transmisji danych multimedialnych i stanowi część platformy wykorzystywanej w ramach systemu monitoringu i akwizycji danych opisanej w [6] i zrealizowanej z uwzględnieniem wymagań dla środowiska badawczego zidentyfikowanych w [7, 8].

Scenariusz pomiarowy wykorzystany podczas prowadzenia badań przedstawia się w następujący sposób:

- Zestawienie połączenia w trybie automatycznego wyboru sieci (GSM lub UMTS);
 - Zestawienie połączenia do serwera usług ITK WEL WAT;
 - Pobranie pliku testowego;
 - Rozłączenie się z siecią operatora komórkowego;
- Scenariusz pomiarowy stanowi pojedynczą sesję pomiarową.



Rys.1. Schemat platformy pomiarowej

Testy i analiza wyników

Celem przeprowadzenia badań zestawiono stanowisko pomiarowe złożone z urządzenia abonenckiego oraz komputera pełniącego rolę serwera testowego, zlokalizowanego w Instytucie Systemów Telekomunikacyjnych WEL WAT. Urządzenie abonenckie skonfigurowane zostało do pracy w trybie automatycznego wyboru technologii. Testy realizowane były w warunkach zbliżonych do zdefiniowanych w Memorandum [4].

Ocenę jakości usług multimedialnych świadczonych przez operatorów sieci komórkowych umożliwiają zdefiniowane wskaźniki jakości QoS. Zastosowanie wskaźników pozwala na obiektywną ocenę i porównanie różnych usług, dostawców, sprzętu itd. Niezwykle istotne są wskaźniki dotyczące warstwy sieciowej albowiem umożliwiają weryfikację jakości pod względem wielkości dostępnego pasma oraz poziomu strat. Z drugiej strony istotne są również wskaźniki wyrażające wrażliwość aplikacji na zmianę parametrów jakościowych. Jakość QoS w warstwie aplikacji definiuje zalecenie ITU-T G.1010 [9], które określa akceptowalne wartości opóźnienia jednokierunkowego, zmienności opóźnienia i strat pakietów, jak również typowe rozmiary pakietów danych. Zalecenie określa również takie wielkości jak dostępność usługi, prawdopodobieństwo blokady, czas zestawienia i rozłączenia połączenia. Określają one możliwości uzyskania usługi na żądanie, w określonym zakresie i na określonych warunkach oraz możliwość jej kontynuacji w wymaganym okresie czasu. Jednakże dla oceny jakości usług transmisji danych powszechnie stosowane są wytyczne UKE (Urząd Komunikacji Elektronicznej) określające grupy najbardziej powszechnych aplikacji wykorzystywanych przez użytkowników oraz wartości graniczne prędkości i opóźnienia pakietów danych [5]. Zostały one przedstawione w tabeli 1.

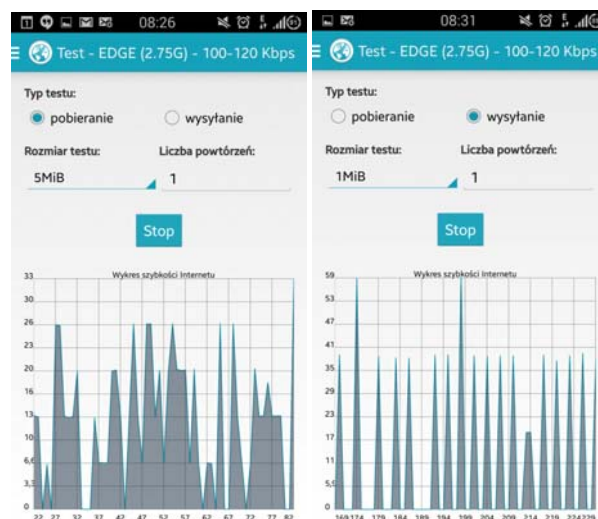
Zasadniczym kryterium oceny jakości przyjętym do analizy wyników zaprezentowanych w niniejszej publikacji jest szybkość transmisji.

Pierwsza grupa testów związana była z weryfikacją możliwości implementacji i uruchomienia aplikacji na terminalu mobilnym oraz stwierdzeniem poprawności działania jej podstawowych funkcjonalności. Aplikacja oferuje użytkownikowi dostęp do następujących opcji wspierających proces testowania. Użytkownik uzyskuje możliwość, poprzez menu obsługi testów i zobrazowania, wyboru trybu testowania (pobieranie lub wysyłanie). Kolejną możliwością jest wybór rozmiaru pliku testowego, a także liczby powtórzeń dla wybranego typu testu. Funkcjonalność związana z generowaniem serii testów stwarza warunki do uznania wyników za wiarygodne i powtarzalne. Na kolejnym

rysunku (Rys.2) przedstawiono zrzuty ekranów aplikacji podczas realizacji testów uruchomieniowych. Testy wykonywane były w odniesieniu do technologii EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) w trybie wysyłania i odbioru.

Tabela 1. Grupy aplikacji i wskaźniki jakości [4]

Grupa aplikacji	Minimalna akceptowana szybkość transmisji	Maksymalne akceptowane opóźnienie
Przeglądanie stron WWW	1 Mb/s DL	200 ms
Oglądanie wideo w jakości SD	2 Mb/s DL	200 ms
Oglądanie wideo w jakości HD	6 Mb/s DL	200 ms
Rozmowy wideo HD	1,5 Mb/s DL i UL	150 ms
Usługi telefoniczne w technologii VoIP	64 kb/s DL i UL	150 ms
Usługi Multiroom (3 x wideo HD)	18 Mb/s DL	200 ms
Gry sieciowe czasu rzeczywistego	2 Mb/s DL i 1,5 Mb/s UL	30 ms
Gry sieciowe pozostałe	1 Mb/s DL i UL	200 ms

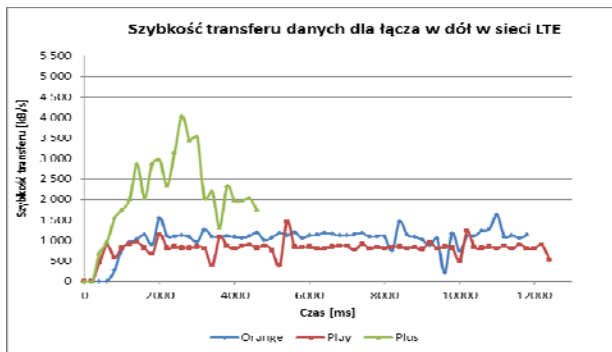


Rys.2. Stan aplikacji podczas realizacji testów

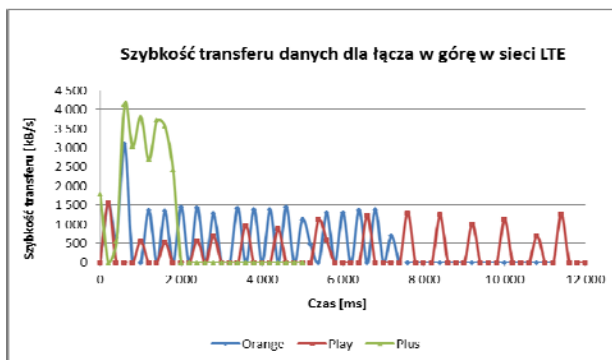
W ramach testów funkcjonalnych przeprowadzono ocenę przepustowości (szybkości transferu danych) dla łącza w górę oraz dla łącza w dół dla wybranych operatorów i obsługiwanych typów sieci komórkowych. Jak już wspomniano, przesyłanie danych realizowane jest w oparciu o protokół HTTP i TCP oraz pomiar czasu przesyłania danych. Aplikacja umożliwia zobrazowanie rzeczywistej szybkości transmisji danych po odliczeniu narzutów informacyjnych wykorzystywanych protokołów.

Wyniki pomiarów dla technologii LTE zaprezentowane zostały na Rys. 3 i 4. Rys.3 przedstawia pomiar szybkości transmisji dla łącza w dół. Najwyższą szybkością transferu charakteryzuje się w tym przypadku sieć Plus uzyskując średnią przepustowość na poziomie 2013,6 kB/s (tj. ponad 16 Mbit/s). Pozostali operatorzy (Play i Orange) uzyskują w tym przypadku zbliżone szybkości transferu. Dla sieci Play, średnia wyniosła 797,8 kB/s, natomiast dla sieci Orange równa jest 1002,4 kB/s.

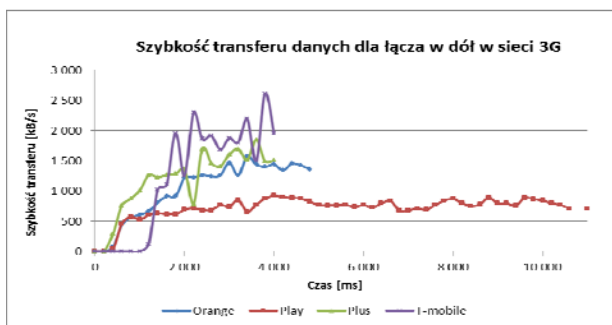
Szybkość transferu danych w sieci dla łącza w górę dla technologii LTE wyniosła odpowiednio: Orange 444,3 kB/s, Play 241,1 kB/s oraz Plus 987,3 kB/s (Rys.4). Różnica w uzyskiwanej szybkości transferu danych pomiędzy operatorem sieci Plus a pozostałymi operatorami jest wynikiem dwukrotnie większej szerokości kanału LTE (20 MHz).



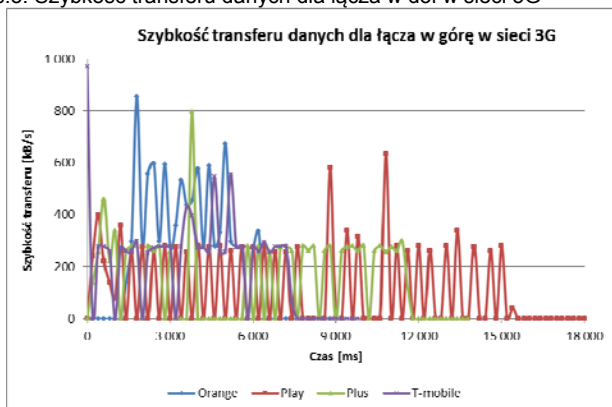
Rys.3. Szybkość transferu danych dla łącza w dół w sieci LTE



Rys.4. Szybkość transferu danych dla łącza w górę w sieci LTE



Rys.5. Szybkość transferu danych dla łącza w dół w sieci 3G



Rys.6. Szybkość transferu danych dla łącza w górę w sieci 3G

Warto również zwrócić uwagę na fakt, że w przypadku operatorów sieci Orange i Play kształt charakterystyki szybkości transferu może sugerować obecność układów ograniczających transfer.

Wyniki pomiarów dla sieci wykonanej w technologii 3G przedstawiają Rys. 5 i 6. W tym przypadku szybkość transferu danych dla łącza w dół dla operatorów sieci Plus (1159,2 kB/s), Orange (1014,3 kB/s) i T-Mobile (1197,9 kB/s) jest porównywalna. Najgorzej prezentują się na tym

tle szybkości transferu uzyskane dla sieci Play (713,6 kB/s). W przypadku pomiarów dla łącza w górę zaobserwować można większe rozbieżności. Szybkość transferu danych w sieci w przypadku wysyłania wyniosła odpowiednio: Orange 215,9 kB/s, Play 111,8 kB/s, Plus 145,6 kB/s oraz dla T-Mobile 205,5 kB/s.

Wnioski

Uzyskane wyniki badań potwierdzają poprawność funkcjonowania aplikacji SpeedNet oraz możliwość jej zastosowania do pomiarów szybkości transferu danych w sieci operatora komórkowego z wykorzystaniem mobilnego terminala końcowego. Warto zwrócić uwagę, że uzyskane wyniki nie odbiegają w zasadniczy sposób od wyników zaprezentowanych w [10], gdzie dla technologii LTE szybkość transmisji w łączu w dół dla operatora sieci Plus wyniosła około 2300 kB/s. Powstałe rozbieżności mogą być spowodowane zmiennością warunków panujących w sieci komórkowej, odległością od stacji bazowych, liczbą użytkowników na danym terenie, porą dnia oraz właściwościami wykorzystywanego urządzenia. Należy również wspomnieć, że zaprezentowana aplikacja, na obecnym etapie rozwoju, nie pretenduje do miana profesjonalnej platformy, lecz ma umożliwić oszacowanie możliwości realizacji wybranej usługi multimedialnej w określonych warunkach środowiskowych i technicznych.

Autorzy: dr inż. Piotr Łubkowski, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Telekomunikacji, ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, E-mail: plubkowski@wat.edu.pl; dr hab. inż. Dariusz Laskowski, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Telekomunikacji, ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, E-mail: dlaskowski@wat.edu.pl.

LITERATURA

- [1] Bronk K., Lipka A., Niski R., Żurek J., Mobilne stanowisko pomiarowe do badań parametrów jakościowych systemów komórkowych, *Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne*, nr 6, str. 306-309, Warszawa (2013).
- [2] SwissQual QualiPoc Android, Smartphone-based product for optimizing mobile networks, *Rohde & Schwarz Company*, http://www.rohde-schwarz.com/en/product/qualipoc_android-productstartpage_63493-55430.html (dostępne 22.05.2015).
- [3] Białkowska A., Opracowanie, implementacja i testowanie mobilnej aplikacji do zobrazowania dostępnej przepustowości w sieciach 2G/3G/4G, Praca dyplomowa, WAT, Warszawa (2014).
- [4] Raport z prac realizowanych w ramach memorandum w sprawie współpracy na rzecz podnoszenia jakości usług na rynku telekomunikacyjnym; wersja 1.04, z dnia 2014.02.07; Warszawa (2014).
- [5] Langer M., Jakość mierzona i odczuwana: QoS vs. QoE, *Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne*, nr 4, str. 193-196, Warszawa (2015).
- [6] Łubkowski P., Laskowski D., Maślanka K., On supporting a reliable performance of monitoring services with a guaranteed quality level in a heterogeneous environment, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, nr 365, str. 275-284, Springer (2015).
- [7] Łubkowski P., Laskowski D., Test of the multimedia services implementation in information and communication networks, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, nr 286, str. 325-332, Springer (2014).
- [8] Laskowski D., Łubkowski P., Kwaśniewski M., Identification of suitability services for wireless networks, *Electrical Review*, R. 89 9/2013, Sigma-Not, pp. 128-132, Poland (2013).
- [9] ITU-T Recommendation G.1010, End-User Multimedia QoS Categories Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks Quality of Service and Performance-Study, (2001).
- [10] Bronk K., Niski R., Wereszko B., Pomiar jakości transmisji danych na terenie Trójmiasta w sieciach wybranych operatorów komórkowych, *Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne*, nr 4, str. 197-200, Warszawa (2015).