

Małgorzata Gajewska, Sławomir Gajewski, Andrzej Marczak, Marcin Sokół
Politechnika Gdańska

ANALIZA WYMAGAŃ JAKOŚCIOWYCH DLA USŁUG PRZESYŁANIA DANYCH W SYSTEMIE RSMAD

Streszczenie: W referacie przedstawiono analizę wymagań jakościowych (określonych poprzez atrybuty QoS) dla usług transmisji danych obrazowych z wykorzystaniem Radiowego Systemu Monitorowania i Akwizycji Danych z Urządzeń Fotoradarowych (w skrócie RSMAD). Ponadto przedstawiono wyniki badań symulacyjnych przeprowadzonych w celu określenia przydatności różnych systemów radiokomunikacyjnych do transmisji danych w tym systemie z wymaganą jakością.

Słowa kluczowe: RSMAD, QoS, UMTS.

1. WPROWADZENIE

Radiowy System Monitorowania i Akwizycji Danych z Urządzeń Fotoradarowych (RSMAD) jest innowacyjnym, zintegrowanym systemem, który ma wspomagać pracę policji oraz innych służb. System ten będzie wykorzystywany w ogólności do zautomatyzowanej transmisji radiowej danych obrazowych pochodzących z fotoradarów do odpowiedniej, rozproszonej bazy danych [1]. Transmisja ta odbywać się będzie z wykorzystaniem różnych, radiokomunikacyjnych systemów komórkowych, w zależności od ich dostępności na danym obszarze oraz chwilowych, operacyjnych warunków pracy [2].

W związku z tym, że istotną cechą projektowanego systemu jest zapewnienie jego wydajności i niezawodności, jest więc konieczne wykonanie analizy wymagań jakościowych dla usługi transmisji danych obrazowych przez system RSMAD i zdefiniowanie dla niej odpowiedniego zbioru atrybutów QoS (*ang. Quality of Service*) [3].

Dodatkowo jest konieczne dokonanie badań, umożliwiających wiarygodną ocenę przydatności poszczególnych systemów radiokomunikacyjnych (takich jak HSPA (*ang. High Speed Packet Data*), UMTS (*ang. Universal Mobile Telecommunication System*), EDGE (*ang. Enhanced Data rates for GSM Evolution*), GPRS (*ang. General packet Radio System*), TETRA (*ang. TERrestrial Trunked Radio*)) do realizacji usług transmisji danych obrazowych z wymaganą jakością [4]. W tym celu zbudowano programowy symulator

sieci dostępowej systemu RSMAD, wraz ze stanowiskiem laboratoryjnym, w którym wykonano wspomniane badania [4]. Podczas badań przesyłano zdjęcia pozyskane z rzeczywistych fotoradarów.

2. PARAMETRY JAKOŚCI USŁUG (QoS) W SYSTEMIE RSMAD

W dokumentacji organizacji standaryzacyjnej 3GPP (*ang. 3rd Generation Partnership Project*) dla systemu UMTS [5] usługa radiokomunikacyjna jest zdefiniowana jako zbiór funkcji oferowanych użytkownikowi przez sieć, które mają zaspokoić jego potrzeby o charakterze telekomunikacyjnym. Jakość usług oferowanych przez dany system telekomunikacyjny jest bezpośrednio związana ze zdefiniowanym dla niej zbiorem atrybutów QoS. Do tego zbioru zaliczyć można następujące parametry:

- dopuszczalne opóźnienie transmisji dla usługi, liczone od źródła do miejsca przeznaczenia,
- czas dostępu do usługi (czyli czas, który musi upłynąć pomiędzy wykonaniem działania przez użytkownika celem uzyskania dostępu do sieci, a pozytywnym potwierdzeniem otrzymanym przez użytkownika),
- czas wywoływania usługi oraz ewentualnej zmiany profilu usługi.

Niezwykle istotne są również następujące atrybuty:

- opóźnienie i jego fluktuacje,
- czas trwania transmisji danych,
- oferowana przepustowość łączy,
- błędy transmisji wyrażone procentowo,
- bitowa stopa błędów (BER – (*ang. Bit Error Rate*)),
- ramkowa stopa błędów (FER – (*ang. Frame Error Rate*)),
- prawdopodobieństwo dostarczenia informacji do niewłaściwego odbiorcy.

System RSMAD będzie wymagał dużej niezawodności oraz transmisji dużej ilości danych, bez konieczności realizacji swoich podstawowych funkcji w czasie rzeczywistym. W związku z tym system ten oferując określoną jakość usług, będzie musiał spełnić wymagania zdefiniowane w ogólności przez ITU-T [6] tzn. będzie musiał zapewniać:

- sprawiedliwy dostęp do zasobów - co nie wymaga dodatkowych działań gdyż będzie to możliwe dzięki istniejącej infrastrukturze sieci UMTS i GSM,
- sterowanie i ograniczanie przepustowości - aplikacja sterująca powinna posiadać wbudowany algorytm odrzucania zdjęć nie nadających się do dalszej obróbki, tzn. nieostrych, niedoświetlonych, prześwietlonych itp., celem ograniczenia zbędnego wykorzystywania dostępnego pasma transmisji danych,
- sterowanie opóźnieniami w transmisji, które nie mają kluczowego znaczenia dla systemu RSMAD z uwagi na: brak konieczności transmisji danych w czasie rzeczywistym oraz zakładane wykorzystanie kanałów transmisyjnych systemów UMTS i GSM poza godzinami największego natężenia ruchu,

- buforowanie wiadomości nadmiarowych – system RSMAD musi posiadać mechanizm sprawdzający, czy dane zdjęcie nie zostało już wcześniej przesłane do bazy danych [1], tak aby nie doszło do sytuacji, w których to samo wykroczenie drogowe zostanie ukarane dwukrotnie; jest konieczne stworzenie bufora, do którego trafi każda nadchodząca wiadomość, następnie po odczytaniu nagłówka podejmowana będzie decyzja o dalszym przetwarzaniu pliku lub jego skasowaniu, gdy okaże się, że taki sam plik dotarł już wcześniej do bazy,
- określenie charakterystyk utraty pakietów – system powinien przysyłać do fotoradaru zwrotną informację o otrzymaniu każdej wiadomości, tak aby mieć pewność, iż pliki ze zdjęciami nie zostały po drodze „zagubione”. Należy także rozważyć prowadzenie statystyk dotyczących liczby występujących błędów, plików wysłanych, które nie dotarły do bazy oraz plików, które zostały wysłane dwa lub więcej razy, w wyniku problemów w komunikacji na łączu fotoradar – baza danych,
- kontrola stopnia wykorzystania zasobów – w celu wyeliminowania przeciążeń w systemie należy wprowadzić mechanizm kontroli ilości przetwarzanych zdjęć oraz prowadzić statystyki stopnia wykorzystania przydzielonych przez operatora sieci GSM/UMTS zasobów.

Jak widać, definiowanie nowego systemu wymaga przeprowadzenia dość szczegółowej analizy parametrów jakościowych QoS. W wyniku analiz zdefiniowany został zbiór podstawowych wymagań jakościowych dla systemu RSMAD, który przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1

Zestaw atrybutów jakościowych dla usługi transmisji danych obrazowych przez system RSMAD

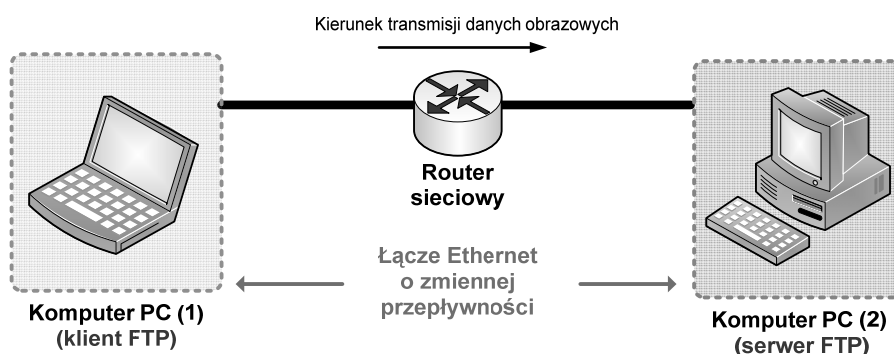
Parametr	Wartość
Czas dostępu do usług	5 s
Czas wywoływania usługi	2 s
Czas zmiany profilu usługi	5 s
Czas uzyskania informacji o jakości usług	2 s
Bitowa stopa błędów BER	rzędu 10^{-7}
Prawdopodobieństwo utraty wiadomości	rzędu 10^{-7}
Prawdopodobieństwo dostarczenia informacji do niewłaściwego odbiorcy	rzędu 10^{-7}
Maksymalna przepływność bitowa	zależna od operatora
Gwarantowana przepływność bitowa	jw.
Maksymalny rozmiar SDU (<i>ang. Service Data Unit</i>) – czyli maksymalny rozmiar pojedynczej wiadomości transmitowanej przez dany system,	stały rozmiar, ok. 1-2 MB, format JPEG
Stopa błędów SDU (wiadomości utraconych lub przesłanych z błędami)	rzędu 10^{-6}

Ocena jakości usług w systemie powinna opierać się na pomiarze i kontroli spełnienia parametrów przedstawionych w tabelicy 1. Każdy parametr wymaga implementacji odpowiedniego mechanizmu pomiarów oraz przesyłania informacji statystycznych.

Osobnym problemem jest jakość zdjęć wykonywanych przez fotoradary. Prowadzenie statystyk ilości nieudanych zdjęć dla każdego fotoradaru pozwoli odpowiednio szybko reagować, tzn. odpowiednio przestawić fotoradar, sprawdzić jego stan techniczny, zadbać o lepsze warunki oświetleniowe.

3. BADANIA SYMULACYJNE

W celu przeprowadzenia badań przydatności różnych systemów radiokomunikacyjnych do transmisji danych obrazowych w RSMAD wykorzystano stanowisko laboratoryjne [4], pokazane na rys. 1, wyposażone w odpowiedni sprzęt i własne oprogramowanie symulacyjne. Wspomniane stanowisko składa się w ogólności z dwóch komputerów klasy PC oraz routera. Przy czym komputer oznaczony na rys. 1 jako PC (1), wraz z zainstalowaną, dedykowaną aplikacją, ma za zadanie przeszukiwać wskazany folder i przysyłać całą jego zawartość na serwer za pomocą protokołu FTP¹, przy czym na potrzeby transmisji dane są umieszczane w specjalnych blokach transportowych. Komputer oznaczony jako PC (2), wraz z zainstalowaną, dedykowaną aplikacją, jest wykorzystywany do odbioru (przesłanych przez PC(1)) bloków transportowych oraz pomiaru czasu ich transmisji. Natomiast router (Linksys WRT54GL) z zainstalowanym oprogramowaniem *Tomato ver. 1.27*, łączy testowe komputery PC (1) i PC (2) oraz ogranicza przepływność między nimi; przy czym funkcjonalność oprogramowania routera pozwala regulować przepływność łącza pomiędzy komputerami. Funkcjonalnie można stwierdzić, że komputery PC (1) i PC (2) pełnią odpowiednio rolę klienta i serwera FTP.



Rys. 1. Schemat poglądowy stanowiska laboratoryjnego do badań przydatności systemów radiokomunikacyjnych do zastosowania w RSMAD

¹ **FTP** (ang. *File Transfer Protocol – Protokół Transferu Plików*) – protokół typu klient-serwer, który umożliwia przesyłanie plików z serwera i na serwer za pośrednictwem stosu protokołów TCP/IP. Protokół ten jest zdefiniowany przez IETF w dokumencie standaryzacyjnym RFC 959. FTP jest protokołem 8-bitowym.

Przeprowadzone badania miały na celu umożliwienie dokonania oceny przydatności wybranych, bezprzewodowych systemów transmisji danych takich jak: HSPA, UMTS, EDGE, GPRS i TETRA do zastosowania w systemie RSMAD. W trakcie prowadzenia pomiarów przyjęto założenie, iż w środowisku symulacyjnym nie występują błędy transmisji oraz retransmisje plików.

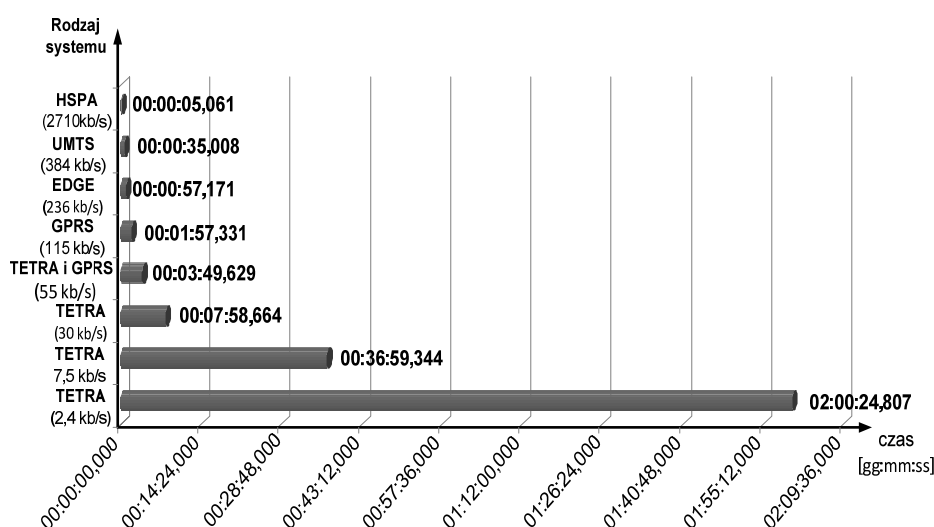
W tabelicy 2 zebrano przyjęte szybkości transmisji danych, w łączu w górę w symulowanych, wybranych systemach transmisji danych, przepływności teoretyczne oraz przepływności wymuszone (dzięki routerowi sieciowemu) w środowisku symulacyjnym.

Tablica 2.

Zestawienie przepływności dla badanych systemów radiokomunikacyjnych.

Nazwa systemu	Przepływność teoretyczna w „łączu w górę” [kbit/s]	Przepływność ustanowiona w środowisku symulacyjnym [kbit/s]	
		min.	max.
HSPA	2700,00	2500,00	2700,00
UMTS	384,00	344,00	384,00
EDGE	236,00	206,00	236,00
GPRS	115,00	100,00	116,00
GPRS / TETRA	55,00 / 60,00	50,00	60,00
TETRA 7.5	7,50	7,00	8,00
TETRA 2.4	2,40	2,00	3,00

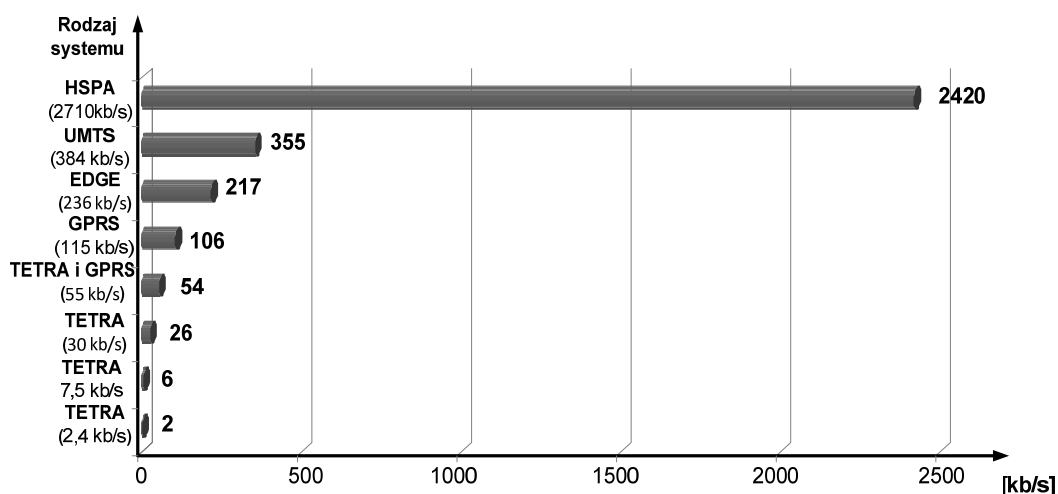
Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono na rys. 2 i 3. Na rys. 2 pokazano jak dla poszczególnych, badanych systemów zmienia się czas potrzebny do przesłania dwóch plików o łącznej objętości 1,52 MB (co odpowiada dwóm zdjęciom zarejestrowanym przez fotoradar).



Rys. 2. Charakterystyka zmian czasu niezbędnego do przesłania dwóch plików dla wybranych systemów

Jak widać, najszybciej jesteśmy w stanie przesłać te pliki wykorzystując możliwości systemów HSPA oraz UMTS (w wersji podstawowej) - dla tych systemów czas niezbędny do przesłania dwóch zdjęć z fotoradaru wynosił odpowiednio 5 sekund oraz 35 sekund. Akceptowalny jest również czas transmisji plików z wykorzystaniem systemu EDGE (ok. 1 min) oraz GPRS (ok. 2 min). W przypadku próby wykorzystania do transmisji danych systemu trunkingowego TETRA czas ten jest przynajmniej kilkakrotnie dłuższy (w wariancie z przepływnością 30 kb/s) lub nawet kilkudziesięciokrotnie (w wariancie z przepływnością 2,4 kb/s) niż w przypadku wymienionych wcześniej systemów komórkowych. Zakładając nawet, że zdjęcia będą przesyłane poza godzinami największego natężenia ruchu, to i tak czas potrzebny na przesłanie danych obrazowych z wykorzystaniem systemu TETRA jest długi.

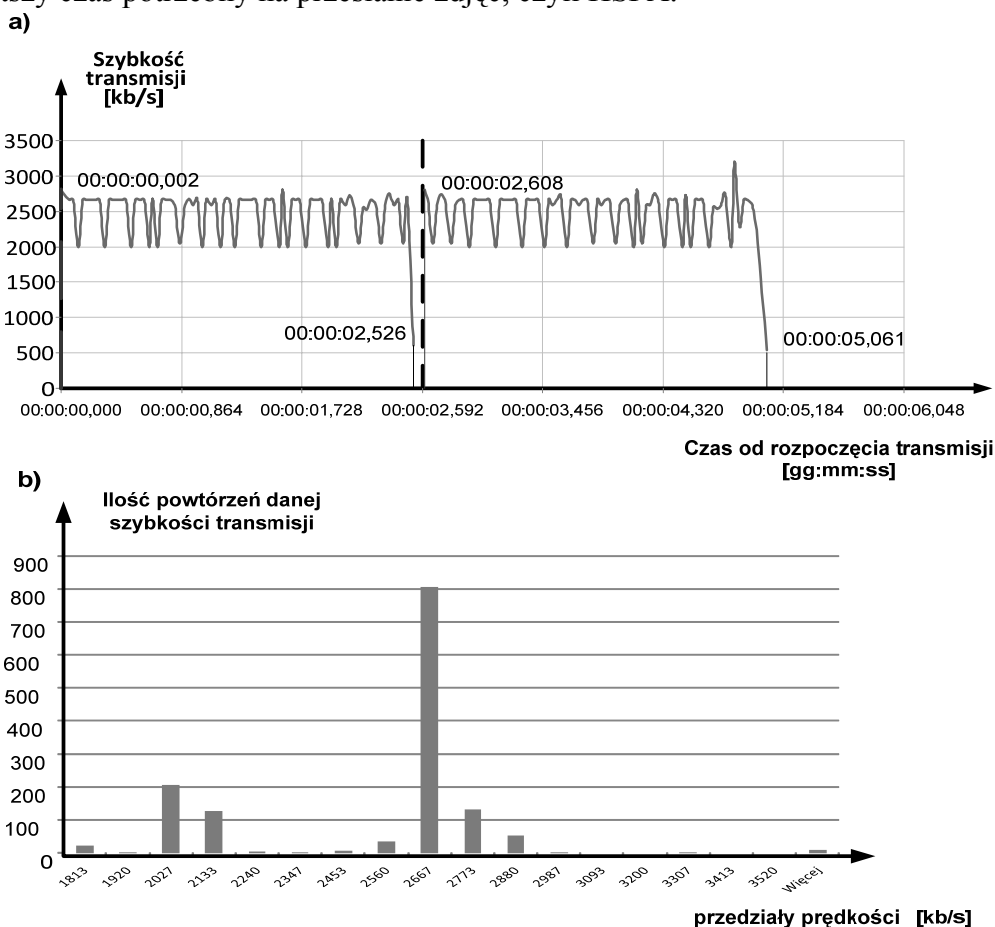
Na rys 3 pokazano wyniki badań obrazujące, ile wynosiła średnia prędkość transmisji danych w czasie przesyłania danych obrazowych w postaci 20 plików (o łącznym rozmiarze 13,62 MB) dla wybranych systemów radiokomunikacyjnych. Zgodnie z przewidywaniami z największą średnią prędkością transmisji udało się przesłać pliki wykorzystując system HSPA oraz UMTS, co oznacza, że wykorzystując te systemy potencjalnie jesteśmy w stanie w najkrótszym czasie przetransmitować dane z fotoradaru do bazy danych [4].



Rys. 3. Prędkość średnia przesyłania 20 plików (13,62 MB) dla wybranych systemów

Reasumując systemy komórkowe (HSPA, UMTS, EDGE, GPRS), potencjalnie bardziej nadają się do zastosowania w systemie RSMAD niż systemy trunkingowe z rodziny TETRA. Należy przy tym pamiętać, że system RSMAD będzie wykorzystywany do obsługi bardzo dużego natężenia ruchu, liczonego w setkach GB/rok/województwo, a w związku z tym możliwości wydajnościowe systemu TETRA wydają się być dalece niewystarczające o ile nie zostanie wykorzystany np. podsystem TEDS (*ang. Tetra enhanced Data Service*). W celu potwierdzenia zaobserwowanych zależności zbadano poszczególne systemy bardziej szczegółowo – określając fizyczne zmiany szybkości transmisji danych w miarę upływu czasu oraz histogram częstości występowania chwilowej, dostępnej przepływności. Na rys. 4 pokazano przykład charakterystyk

uzyskanych dla systemu oferującego potencjalnie największą przepływność, co oznacza najkrótszy czas potrzebny na przesłanie zdjęć, czyli HSPA.



Rys. 4. Zmiany chwilowej szybkości transmisji danych w funkcji czasu transmisji (rys. 4a) oraz histogram częstości występowania chwilowej, dostępnej przepływności (rys. 4b) dla systemu HSPA

Jak widać na rys. 4, w przypadku zastosowania systemu HSPA oferowana przepływność transmitowanych danych obrazowych jest stabilna w akceptowalnym stopniu i waha się w ogólności wokół 2600 – 2700 kb/s co w zupełności wystarcza z punktu widzenia zastosowań systemu RSMAD.

4. PODSUMOWANIE

System RSMAD, z uwagi na swoje zastosowania praktyczne i realizowane ważne funkcje, charakteryzuje się dużymi wymaganiami odnośnie jakości usług, w tym przede wszystkim niezawodności oraz wydajności. Jak pokazały przeprowadzone badania, nie każdy z funkcjonujących systemów radiokomunikacyjnych potencjalnie kwalifikuje się do wykorzystania jako medium transmisyjne do zastosowania w RSMAD, ze względu chociażby na długi czas transmisji nawet pojedynczych zdjęć i niewielkie oferowane przepływności. Szczególnym przykładem są tu różne warianty wykorzystania systemu

TETRA. Należy jednak pamiętać, że nie ma konieczności dokonywania transmisji zebranych danych obrazowych w czasie rzeczywistym. Opóźnienia transmisji nie mają zatem znaczenia krytycznego dla działania całego systemu. Istotne jest natomiast wdrożenie odpowiedniej polityki postępowania w przypadku utracenia wiadomości (jej ponowne przesłanie) oraz w przypadku odebrania tej samej wiadomości więcej niż 1 raz (usunięcie nadmiarowych wiadomości). Kluczowe jest także odpowiednie zaplanowanie ilości zasobów (kanałów transmisyjnych) – otrzymanych do dyspozycji od operatora sieci UMTS/GSM – potrzebnych do poprawnej realizacji usług w pierwszej fazie działania systemu, jak również po jego pełnym uruchomieniu, z uwzględnieniem planowanej rozbudowy systemu. Z uwagi na wczesną fazę prac nad projektem, w dokumencie przedstawiono jedynie zarys koncepcji realizacji jakości usług w systemie RSMAD. Prace nad tym zagadnieniem będą kontynuowane i dostosowywane do wymagań stawianych przez odbiorców systemu docelowego.

Niniejsza praca naukowo-badawcza jest realizowana w ramach grantu badawczego - rozwojowego nr NR02 0034 06 w latach 2009-2012, w Katedrze Systemów i Sieci Radiokomunikacyjnych na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej. Praca jest finansowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Wykonawcy dziękują za udzielone wsparcie finansowe.

Bibliografia

1. KSSR DT 07.100 v. 1.0.1 (10-2009), *Ogólna koncepcja centrum akwizycyjnego CA*. Dokumentacja techniczna systemu RSMAD, Politechnika Gdańska, **2009**.
2. KSSR DT 01.100 v. 1.0.1 (09-2009), *Ogólna koncepcja systemu RSMAD*. Dokumentacja techniczna systemu RSMAD, Politechnika Gdańska, **2009**.
3. KSSR RT 01.902 v. 1.0.1 (01 2010), *Wymagania jakościowe dla usługi transmisji danych w systemie RSMAD*, Raport techniczny systemu RSMAD, Politechnika Gdańska, **2010**.
4. KSSR RT 02.904 v. 1.0.0 (01-2010), *Ograniczenia przydatności systemów GSM, UMTS i TETRA do przesyłania danych obrazowych z uwzględnieniem aspektów bezpieczeństwa*, Raport techniczny systemu RSMAD, Politechnika Gdańska, **2010**.
5. 3GPP TSG SSA Technical Specification 23.107 v.5.7.0, *Quality of Service (QoS) concept and architecture*. Release 5, **12-2002**.
6. ITU-T E.800, Definitions of terms related to quality of service, **2008**.

ANALYSIS OF QUALITY OF SERVICE REQUIREMENTS FOR DATA TRANSMISSION IN THE RSMAD SYSTEM

Abstract: The paper presents an analysis of quality requirements (defined by QoS attributes) for image data transmission services using Radio System for Monitoring and Acquisition of Data from Traffic Enforcement Cameras (RSMAD in short). In addition, the study describes the results of simulation tests conducted to determine the suitability of different radio communications systems to broadcast data in the system with the required quality.

Keywords: RSMAD, QoS, UMTS.