

Marek SZŁĘZAK, Tomasz ZAKRZEWSKI  
Politechnika Śląska, Instytut Elektroniki

## BADANIE WPLYWU PARAMETRÓW SIECIOWYCH NA JAKOŚĆ TRANSMISJI MULTIMEDIALNEJ W SIECI TESTOWEJ

**Streszczenie.** Referat przedstawia problematykę wpływu parametrów sieciowych na jakość transmisji dla najbardziej istotnych elementów spotkania multimedialnego, jakimi są obraz i dźwięk. Artykuł prezentuje kryteria obiektywnej i subiektywnej oceny jakości transmisji w sieci Internet. Wyniki otrzymane z przeprowadzonych doświadczeń w sieci testowej z wykorzystaniem narzędzi do transmisji multimedialnej prezentują wpływ wybranych parametrów sieciowych na jakość transmisji po stronie odbiorczej. W referacie przedstawiono problemy napotkane przy realizacji doświadczenia i propozycje ich rozwiązania.

**Słowa kluczowe:** jakość usług, multimedia, transmisja, parametry sieciowe.

## NETWORK PARAMETERS INFLUENCE ON MULTIMEDIA TRANSMISSION QUALITY

**Summary.** This paper describes the network parameters influence on the multimedia transmission quality. The authors concentrate on main elements of videoconference meeting, which are video and voice streams. Article shows objective and subjective criteria used to estimate transmission quality in computers networks, in particular in the Internet. The influence of selected network parameters on received data quality was tested in an experimental network with use selected videoconference tools. The results of performed experiments, as well as the difficulties met during experiment and proposed solutions, are presented.

**Keywords:** QoS, multimedia, transmission, network parameters .

## 1. Wstęp

Szybki rozwój sieci Internet w coraz większym stopniu wspiera transmisję sygnału mowy i obrazu stając się atrakcyjnym medium w porównaniu do tradycyjnych sieci telekomunikacyjnych. Dodatkowym atutem przemawiającym za wykorzystaniem globalnej sieci Internet są koszty ponoszone przy realizacji takiej transmisji. Integracja nowych standardów kodowania sygnału dźwięku i obrazu powoduje zmniejszenie zapotrzebowania na szybkość strumienia bitowego, co zwiększa efektywność wykorzystania dostępnego pasma. Zastosowanie najbardziej efektywnych technik kodowania o wysokim współczynniku kompresji ma wpływ na jakość odbieranego sygnału.

Transmisja multimedialna traktowana jest jako przesyłanie przez sieć danych zawierających informacje o dźwięku i/lub obrazie. Ze względu na sposób przesyłania można transmisję podzielić na dwie kategorie:

- przesyłanie w trybie czasu rzeczywistego,
- przesyłanie w trybie „zapamiętaj i prześlij”.

Tryb pierwszy, mający zastosowanie do wszystkich multimedialnych transmisji interaktywnych (wideokonferencje, telefonia IP, wideo na żądanie), polega na przesyłaniu do użytkownika końcowego strumienia danych i odtwarzania tego strumienia zaraz po przyjęciu pierwszych danych. Opóźnienie odtwarzania wynika tylko z przetwarzania w stacjach końcowych użytkowników i opóźnienia transmisji przez sieć. Tryb czasu rzeczywistego oprócz odpowiednio wysokiej przepływności w sieci wymaga zapewnienia minimalnych opóźnień czasowych (ang. delay) w przekazie danych oraz ich zmienności (ang. jitter). Oczywisty jest również fakt, że na jakość takiej transmisji wpływa liczba utraconych pakietów. Ze względu na wymagania dotyczące opóźnień i najczęściej wykorzystywany protokół UDP (ang. User Datagram Protocol) pakiety są odrzucane i nie są retransmitowane, co ma wpływ na jakość odbioru.

W trybie drugim strumień danych może być wykorzystany przez użytkownika końcowego – odtworzony po zakończonej transmisji, czyli po odebraniu datagramów IP. W tym trybie sieć nie musi spełniać dodatkowych wymagań odnośnie do jakości transmisji jak w trybie pierwszym. Można zauważyć, że wpływ opóźnień dostarczania poszczególnych pakietów danych lub poziom dostępnego pasma ma mały wpływ na jakość końcowej transmisji w przeciwieństwie do trybu pierwszego.

Transmisja danych multimedialnych, a właściwie dźwięku i/lub obrazu, ma zawsze istotny wpływ na poziom zadowolenia użytkownika z prowadzonego spotkania konferencyjnego. Jako że na ten poziom zadowolenia składa się wiele czynników, przyjęta w pracy [1] definicja jakości usługi oddaje w pełni jej charakter: „Jakość usługi jest to wynik oceny zespołu

cech danej usługi, dokonanej przez jej odbiorcę i/lub usługodawcę”. Metody oceny sprowadzają się do dwóch kategorii:

- metod subiektywnych – w których grupa badanych ocenia na podstawie własnych preferencji poziom jakości,
- metod obiektywnych – w których oceniane (mierzone) są parametry charakteryzujące kanał telekomunikacyjny.

Metody subiektywne są „niewygodne”, ponieważ, aby ocena była wiarygodna, do badań musi być wybrana odpowiednia grupa (populacja) oceniających, oraz konieczna jest statystyczna obróbka wyników. Dlatego też producenci urządzeń telekomunikacyjnych i operatory sieci preferują stosowanie metod obiektywnych. Jednak zadowolenie użytkowników jest wynikiem ostatecznym, a więc konieczne jest powiązanie ocen otrzymanych metodami subiektywnymi z wynikami otrzymanymi metodami obiektywnymi.

Miary subiektywne i obiektywne pozwalają wyznaczyć optymalny poziom jakości wymagany dla określonego typu spotkania konferencyjnego. Do najbardziej istotnych elementów, które towarzyszą transmisji w sieci Internet, należą opóźnienia pakietów, zmienność tych opóźnień oraz procentowy współczynnik utraconych pakietów. Ten artykuł przedstawia powiązania występujące pomiędzy wydajnością sieci Internet lub Intranet a poziomem jakości transmisji po stronie odbiorczej.

## 2. Metody oceny jakości transmisji

### 2.1. Metody subiektywne

Przykładem metody subiektywnej jest zbiór metod oceny jakości transmisji sygnału mowy opisanych w zaleceniu ITU-T P.800 [2]. Polegają one na przeprowadzeniu testu odsłuchowego przez grupę osób i ocenie poziomu zadowolenia określonego w kilku kategoriach. Najczęściej obecnie stosowane są metody ACR (ang. Absolute Category Rating) z bezpośrednim określeniem jakości mowy ocenianej w pięciostopniowej skali w zalecanych kategoriach: jakości odsłuchu, wysiłku słuchowego, preferowanej głośności. W każdym eksperymencie, w danej kategorii, suma ocen wszystkich uczestników testu podzielona przez liczbę osób stanowi wartość oceny zdefiniowanej przez parametr MOS (ang. Mean Opinion Scores). Odmianą metod ACR są metody DCR (ang. Degradation Category Rating) i CCR (ang. Comparison Category Rating), w których oceniający porównują badany kanał z kanałem odniesienia (wzorcowym). Tradycyjną metodą oceny zrozumiałości mowy transmitowanej przez tor transmisyjny jest metoda pomiaru wyrazistości logatomowej. Przez grupę słuchaczy odsłuchiwana jest sekwencja logatomów odczytywanych przez mówcę, które są przesyłane

przez kanał transmisyjny. Wyrazistość logatomowa określana jest jako stosunek prawidłowo odebranych logatomów do ogólnej liczby nadanych logatomów. Szczegółowe warunki i procedury oceny określają Polskie Normy [3], [4]. Wybrane metody oceny jakości obrazów można odnaleźć w literaturze [12].

## 2.2. Metody obiektywne

Metody obiektywne oceny jakości transmisji sygnału mowy opierają się na pomiarze parametrów przesłanego przez kanał transmisyjny sygnału. Parametrami tymi najczęściej są: poziom głośności odbieranego sygnału oraz poziom zniekształceń. Przykładem metody obiektywnej jest metoda głośnościowa, w której na podstawie analizy poziomu głośności wysłanego i odebranego sygnału obliczane są wskaźniki głośnościowe *LR* (ang. *Loudness Rating*) wg zależności:

$$LR = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{i=1}^N 10^{-0.1m(L_i + W_i)}, \quad (1)$$

gdzie:

*m* - współczynnik skalujący (rzędu 0,2), *N* - liczba pasm częstotliwości, *W<sub>i</sub>* - współczynnik wagowy *i*-tego pasma częstotliwości (wyznaczony w testach psychoakustycznych), *L<sub>i</sub>* - tłumienność na drodze od wejścia do wyjścia systemu w *i*-tym paśmie częstotliwości.

Inną metodą tej grupy jest metoda PSQM (ang. *Perceptual Speech Quality Measure*) opierającą się również na analizie zniekształceń sygnału mowy, ale z uwzględnieniem specyficznych własności percepcji organów słuchowych człowieka. Transformacjom tym jest poddawany sygnał nadawany oraz odbierany, a miarą jakości jest odległość między widmami tych przetransformowanych sygnałów, zwana wskaźnikiem PSQM, który jest przeliczalny na skalę subiektywną MOS [5] [6].

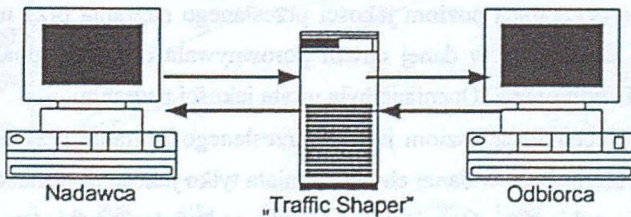
Jak widać, przedstawione obiektywne metody oceniają efekt końcowy: jakość po stronie odbiorczej dla konkretnego kanału transmisyjnego. Dla operatora sieciowego łatwiejszy jest pomiar parametrów technicznych samej sieci, takich jak np.: współczynnik utraty ramek, opóźnienie, przepływność, niezawodność, które mogą być mierzone na bieżąco, obrazując stan aktualny sieci. Dlatego też zalecenia dotyczące sieci opartej na stosie protokołów TCP/IP definiują parametry jakości usług oparte na jakości działania samej sieci. Definicje takie można znaleźć w dokumencie RFC 1242 [7], pochodzi on jednak z roku 1991 i nie uwzględnia on obecnego stanu rozwoju sieci. W publikacji P. Fergusona i G. Hustona „Quality of Service in the Internet: Fact, Fiction, or Compromise?” [8] autorzy sformułowali odpowiedź na pytanie: „Z jakich komponentów składa się jakość obsługi i w jaki sposób mogą być one mierzone?”. Zdefiniowali oni jakość obsługi sieci Internet jako kombinację właściwego po-

ziomu czterech parametrów: opóźnienia (ang. delay), wariacji opóźnienia (ang. jitter), szerokości pasma (ang. bandwidth) oraz niezawodności (ang. reliability). Na podstawie tych podstawowych miar można klasyfikować ruch w określone kategorie (klasy usług), które mają być we właściwy sposób obsługiwane przez sieć tak, aby użytkownicy końcowi mieli zapewniony odpowiedni poziom jakości danej usługi. Próba znalezienia powiązania między wartościami tych miar a poziomem jakości odbieranym przez użytkownika końcowego jest celem tej pracy.

### 3. Doświadczenie

#### 3.1. Opis doświadczenia

Celem przeprowadzonego doświadczenia była analiza wpływu ustawień parametrów sieciowych na jakość transmitowanego sygnału dźwięku oraz obrazu. Drugim istotnym założeniem dla przeprowadzonego doświadczenia było stworzenie środowiska jak najbardziej zbliżonego do rzeczywistych warunków z możliwością kontroli parametrów sieciowych, które mogą wpływać na jakość połączeń multimedialnych w sieci globalnej, jaką jest Internet z wykorzystaniem protokołów UDP oraz TCP/IP. Do realizacji postawionych założeń została stworzona wyodrębniona podsieć. W ramach podsieci wykorzystano trzy komputery. Rysunek 1 przedstawia rozmieszczenie wybranych komputerów oraz połączenia pomiędzy nimi. W trakcie testu dwa komputery uczestniczyły w spotkaniu konferencyjnym. Trzeci komputer pełnił rolę emulatora wybranych parametrów sieciowych w torze transmisyjnym.



Rys. 1. Schemat połączenia komputerów w doświadczeniu

Fig. 1. Scheme of test bench architecture

Do doświadczenia został wykorzystany fragment nagrania przemówienia Georga Busha przeplatane go z relacją akcji ratowniczej (<http://www.niftythings.org>). Wybrany fragment zawiera sylwetkę osoby przemawiającej na pierwszym planie oraz elementy akcji. Fragment przemówienia można potraktować jako przykład konferencji składający się z przemówienia i prezentacji multimedialnej. Wartości symulowanych ograniczeń kanału transmitowanego

były ustawiane zgodnie z przyjętymi założeniami, a uczestnicy oceniali jakość odbieranego sygnału po stronie odbiorczej.

Zastosowanie testowego fragmentu wyeliminowało zmienność warunków dla źródła sygnału. W trakcie realizacji doświadczenia zostało wykorzystane narzędzie Marratech Pro po stronie nadawcy i odbiorcy, które umożliwia prowadzenie wideokonferencji z możliwością zapisu [9]. Wielkość generowanego strumienia danych przez narzędzie Marratech Pro nie przekraczała 980 kbit/s, przy wykorzystaniu kodeka obrazu H.261 (24 fps) oraz kodowania GSM dla dźwięku.

Kształtowanie ruchu zostało zrealizowane w oparciu o system FreeBSD dla dystrybucji PicoBSD [10]. Wykorzystano moduł IP Firewall, który umożliwia sterowanie ruchem sieci poprzez mechanizm zdefiniowanych reguł. Reguły określają parametry dla transmitowanego strumienia danych pomiędzy fizycznymi interfejsami sieciowymi, co zostało wykorzystane do kształtowania kanały transmisji w przeprowadzonym doświadczeniu. Parametrami tymi były: poziom utraty pakietów, szerokość pasma, wielkość opóźnienia oraz długość kolejki w pakietach (szt.) lub w bajtach. Rozwiązanie takie umożliwiło symulację rzeczywistej sieci. W badaniach przyjęto domyślną długość kolejki (50 szt.) i sprawdzono wpływ ww. parametrów w zakresach: szerokość pasma – od 128 kb/s do 1024 kb/s, opóźnienie – od 50 ms do 400 ms, poziom utraconych pakietów – od 1% do 20%.

Analizę jakości odbieranego nagrania testowego przeprowadzono na podstawie subiektywnych ocen grupy odbiorców. Osoby biorące udział w doświadczeniu podzielono na dwie grupy, z których pierwsza analizowała wpływ zniekształceń wprowadzanych przez tor rejestrujący. Grupa druga oceniała poziom jakości odbieranego przekazu transmitowany w sieci testowej. Każda grupa testowa liczyła 10 osób.

- Osoba oceniająca poziom jakości przesłanego nagrania przy ustalonych parametrach sieciowych w danej chwili porównywała obraz oryginalny z obrazem po stronie odbiorczej. Oceniana była utrata jakości nagrania.
- Osoba oceniająca poziom jakości przesłanego nagrania przy ustalonych parametrach sieciowych w danej chwili oceniała tylko jakość nagrania otrzymywanego po stronie odbiorczej. Oceniany był poziom zadowolenia odbiorcy.

Zastosowano skalę ocen: ocena 5 - jakość doskonała, ocena 4 - jakość dobra, ocena 3 - jakość dostateczna, ocena 2 - jakość mierna, ocena 1 - jakość niedostateczna.

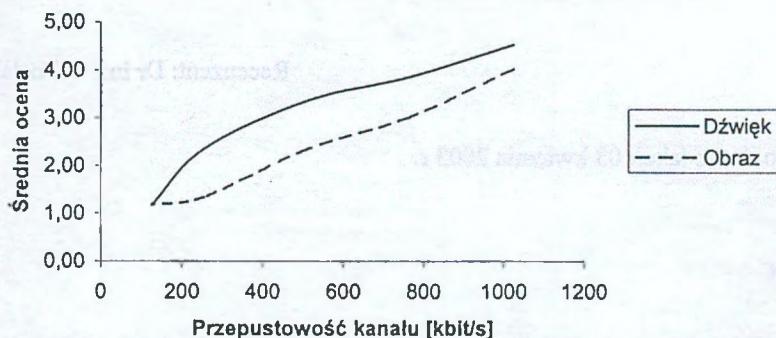
### 3.2. Wnioski

Wyniki z części pierwszej (wstępnej) doświadczenia potwierdzają, że wykorzystane urządzenia audio/wideo nie wniosły znaczącej straty jakości obrazu i dźwięku. Na tej podstawie założono, że jakość po stronie odbiorczej była zależna od parametrów sieciowych.

Uzyskane oceny z drugiej części doświadczenia pozwalają sformułować następujące wnioski:

- Stała wartość opóźnienia praktycznie nie wpływała na jakość przekazu, gdy pasmo nie było ograniczane. Średnia ocena jakości transmisji w funkcji zmiany opóźnienia była na stałym poziomie (video: 4.2, audio: 4.0), co można wytłumaczyć tym, że uczestnicy oceniali tylko jakość odbioru (nie było realizowane interaktywne spotkanie).
- Poziom utraconych pakietów (do 6%) miał znikome znaczenie – według ocen grupy badanych, w przypadku zagwarantowania wymaganej przepływności pasma przez generowany strumień danych. Utrata pakietów pogarszała jakość odbieranego przekazu, gdy przepustowość pasma była niższa od generowanego strumienia.
- Największy wpływ na jakość odbieranego przekazu, według ocen grupy badanych, miała dostępna przepustowość kanału. Zależność średniej subiektywnej oceny poziomu jakości odbieranego głosu i obrazu względem zadanej przepustowości została przedstawiona na rysunku 2. Na podstawie wykresu możemy zaobserwować, że jakość obrazu jest bardziej podatna na zmiany parametrów sieci. Wyjaśnieniem tego efektu może być zawarta we fragmentach przekazu dynamika akcji, generująca zmienne zapotrzebowanie na pasmo w stosunku do jednolitej formy przekazu głosu.

Wpływ przepustowości na jakość transmisji



Rys. 2. Wpływ przepustowości na jakość

Fig. 2. Bandwith influence on transmission quality

Zastosowane narzędzie do kształtowania ruchu nie pozwalało na zbadanie wpływu zmian opóźnienia na jakość transmisji. Kontynuacją prac badawczych powinno być rozszerzenie doświadczenia o czynniki dodatkowej interakcji oraz elementy zmienności opóźnienia. Proponuje się poszerzenie doświadczenia o następującą metodę oceny jakości spotkania wide-

okonferencyjnego: para oceniających aktywnie uczestniczy w wideokonferencji, która przebiega według założonego scenariusza, z wykorzystaniem połączenia o zadawanych parametrach sieciowych.

## LITERATURA

1. Grzebyk W., Janukiewicz J.: Jakość usług w sieciach IP. KST 2002.
2. ITU-T Recommendation P.800.
3. Polska Norma PN-90/T-05100.
4. Polska Norma PN-V-90002.
5. ITU-T Recommendation P.79.
6. ITU-T Recommendation P.861.
7. Bradner S.: Benchmarking Terminology for Network Interconnection Devices, RFC 1242.
8. Ferguson P., Huston G.: Quality of Service in the Internet: Fact, Fiction, or Compromise? INET98.
9. <http://www.marratech.com>.
10. [http://info.iet.unipi.it/~luigi/ip\\_dummynet](http://info.iet.unipi.it/~luigi/ip_dummynet).
11. Rzewuski M.: Podglądanie sieci. PC Kurier 5/2003.
12. Domański M.: Zaawansowane techniki kompresji obrazów i sekwencji wizyjnych. WPP 2000.

Recenzent: Dr inż. Mirosław Skrzewski

Wpłynęło do Redakcji 03 kwietnia 2003 r.

## Abstract

The aim of this article is to present some problems connected with videoconference meetings. Based on real experiment the influence of network parameters such as delay, packet lost and network bandwidth on videoconference quality is discussed. Objective and subjective criteria of transmission quality estimation and used tools in the next part are described. During the experiment users estimated videoconference quality by means of previously prepared grade scale. The results are summarized in the following points:



- The delay of transmission had no influence on transmission quality when bandwidth was high enough. The average opinion about transmission quality in this case was high (4.2 for video and 4.0 for audio). This factor has influence on interaction level of the meeting but in one-way transmission it had little importance (e.g. RealMedia).
- The packet lost (up to 6%) had small impact on quality of transmission under condition that required network bandwidth was provided.
- In the opinion of users the most important factor, as far as the quality of videoconference was concerned was available bandwidth. The impact of network bandwidth on mean opinion score is shown in fig. 2. The conclusion is that the video quality is more sensitive to bandwidth changes than voice when they were transmitted together. Dynamics of transmitted video scenes is responsible for the wide range of requested network bandwidth whereas voice transmission needs smaller bandwidth.

#### Adresy

Marek SZŁĘZAK: Politechnika Śląska, Instytut Elektroniki,  
ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice, Polska, [mareks@boss.iel.polsl.gliwice.pl](mailto:mareks@boss.iel.polsl.gliwice.pl).

Tomasz ZAKRZEWSKI: Politechnika Śląska, Instytut Elektroniki,  
ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice, Polska, [zaktom@boss.iel.polsl.gliwice.pl](mailto:zaktom@boss.iel.polsl.gliwice.pl).