STUDIA INFORMATICA 2001
Volume 22 Number 2 (44)

Arkadiusz SOCHAN
Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN

TRANSMISJE STRUMIENI MPEG-2 Z WYKORZYSTANIEM USŁUGI CBR SIECI ATM

Streszczenie. W artykule opisano prace badawcze dotyczące transmisji strumieni MPEG-2 poprzez kanał o stałej przepływności bitowej w sieci ATM. Prace miały charakter zarówno doświadczalno-pomiarowy, jak i analityczny. Wyniki pomiarowe porównano z wynikami otrzymanymi z analitycznego modelu stanowiska. Określono zależność funkcyjną pomiędzy parametrami ruchu sieci ATM, natężeniem strumienia wideo a jakością transmisji multimedialnej.

MPEG-2 STREAMS TRANSMISSION USING CBR CATEGORY OF ATM NETWORK

Summary. In the paper, we present the results of research of MPEG-2 streams transmission through CBR channel in ATM network. We applied not only experimental and measurement methods but analytical ones as well. The measurement results were compared with the results of the analytical station model. We proposed a functional description of dependence between ATM traffic parameters, video stream bit rate, and quality of multimedia transmission.

1. Wprowadzenie

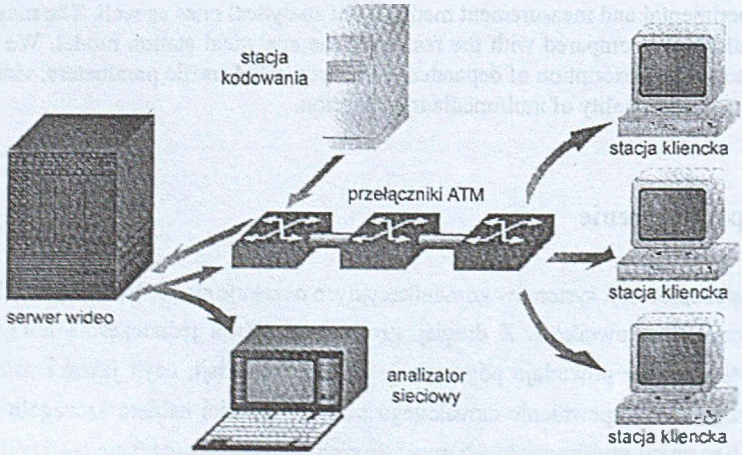
Podczas eksploatacji systemów komunikacyjnych oczekuje się, że będzie z nich korzystać znaczna liczba użytkowników. Z drugiej strony duża liczba jednocześnie korzystających z sieci użytkowników powoduje pogorszenie jakości transmisji, czyli jakości usług świadczonych przez sieć. Zapewnienie określonego poziomu jakości nabiera szczególnej wagi w przypadku transmisji multimedialnych w czasie rzeczywistym. Transmisje tego typu stawiają przed siecią o wiele wyższe wymagania niż transmisje danych w klasycznym rozumieniu.

Oczekuje się, że sieć zapewni dla nich odpowiednio dużą szybkość, niezawodność i płynność przekazu. Pojawia się problem znalezienia pewnego kompromisu pomiędzy tymi przeciwstawnymi wymaganiami. Kompromis pomógłby operatorom sieci efektywnie gospodarować posiadanymi zasobami, a użytkownikom pozwoliłby dokładniej określać swoje wymagania.

W Laboratorium Komputerowych Systemów Multimedialnych IITiS PAN prowadzone są między innymi prace dotyczące doboru parametrów połączeń dla transmisji multimedialnych realizowanych z wykorzystaniem standardu kodowania MPEG-2 i technologii sieciowej ATM. Problem ten jest znany z literatury, a jego rozwiązania poszukiwano przede wszystkim metodami symulacyjnymi. Prace badawcze prowadzone w LKSM mają natomiast charakter doświadczalno-pomiarowy. Zajmowano się między innymi badaniami transmisji strumieni MPEG-2 poprzez kanał o stałej przepływności bitowej, czyli zestawianego w ramach kategorii usługi *Constant Bit Rate* oraz poprzez kanał o zmiennej przepływności bitowej, czyli zestawianego w ramach kategorii usługi *Variable Bit Rate* sieci ATM. W niniejszym artykule opisano prace związane z transmisjami poprzez kanał typu CBR.

2. Stanowisko doświadczalne i dane pomiarowe

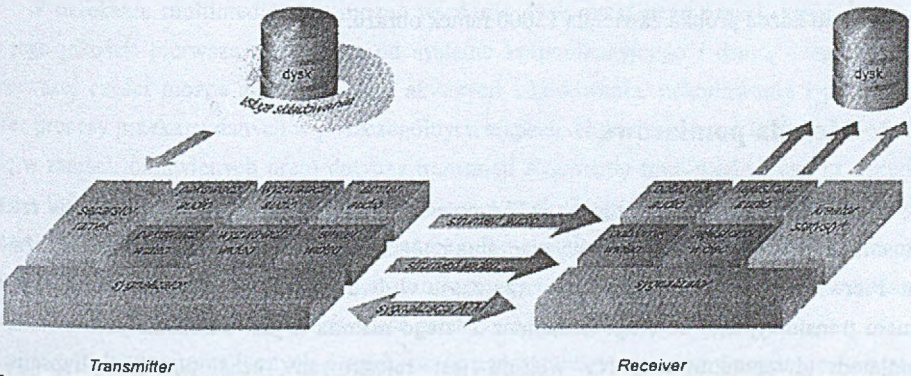
Stanowisko doświadczalne składało się z serwera, na którym uruchomiono usługę wideo na żądanie, trzech stacji roboczych pełniących rolę klientów tej usługi oraz analizatora protokołów sieciowych. Elementy te były połączone ze sobą poprzez sieć ATM o przepustowości 155 Mb/s zbudowaną z trzech przełączników. Schemat poglądowy stanowiska jest przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego z zaznaczeniem przepływu informacji
Fig. 1. The schema of the measurement station and a view of information flow

Rolę serwera pełnił dwuprocesorowy *Sun Enterprise 450*. Funkcje klientów pełniły stacje *Sun Enterprise Ultra 2*. Podczas uruchamiania oprogramowania, a w szczególności jego części związanej z sygnalizacją ATM, oraz podczas wstępnego etapu badań wykorzystano *ATM Sniffer Analyzer*. Do konfiguracji sieci doświadczalnej użyto przełącznika *Fore ASX200-BX* oraz dwóch przełączników *Fore RunnerLE155*. Stacja kodowania, która posłużyła do przygotowania strumieni multimedialnych, była wyposażana w koder MPEG-2 czasu rzeczywistego *MovieMaker200*.

Stanowisko pomiarowe zbudowano na bazie oprogramowania *Oracle Video Server* przeznaczonego dla usługi „wideo na żądanie". Najważniejszą cechą tego oprogramowania jest realizacja dostępu do składowanych strumieni i możliwość ich przesłania w czasie rzeczywistym. Dla potrzeb doświadczeń autor opracował oprogramowanie rozszerzające możliwości *OVS*. Opracowane oprogramowanie składa się z dwóch części: nadawczej nazwanej *Transmitter* i odbiorczej nazwanej *Receiver*. Zadaniem *Transmittera* jest odczytanie strumienia z dysku serwera (ewentualne rozdzielenie go na część audio oraz wideo) i wysłanie go do *Receivera* z zachowaniem restrykcji czasu rzeczywistego. Zadaniem *Receivera* jest odbiór przesyłanych do niego informacji, gromadzenie danych (w szczególności znaczników czasu otrzymywania danych z dokładnością 10^{-6}s) dla analizy statystycznej oraz opracowywanie statystyk ogólnych. Strukturę programów oraz przepływ informacji między nimi przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Struktura programów *Transmitter* i *Receiver* oraz przepływ informacji z ich udziałem
Fig. 2. The structure of the *Transmitter* and *Receiver* programs and their information flow

Do eksperymentów przygotowano próbki strumieni multimedialnych różnego typu. Zaproponowana klasyfikacja była przeprowadzona pod kątem rodzaju informacji, które strumienie przenoszą. Wyróżniono siedem typów strumieni:

- teledysk,
- sport (mecz piłki nożnej),
- film akcji,

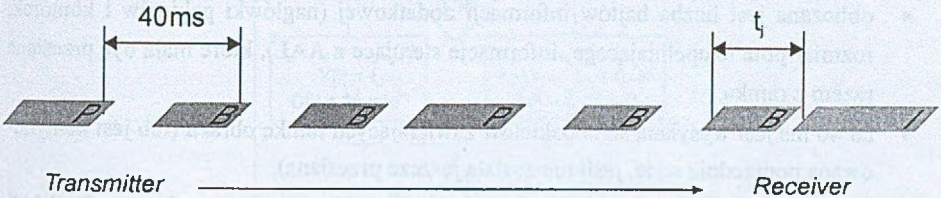
- program informacyjny (wiadomości),
- film animowany,
- wywiad,
- sekwencja wolnozmienna.

Założono, że typy te odpowiadają najczęściej spotykanym rodzajom programów telewizyjnych i kanałów tematycznych. W klasyfikacji kierowano się cechami, które mają wpływ na wyniki kodowania w standardzie MPEG-2 (częstością zmian scen, szybkością zmian położenia obiektów na scenie). Przygotowano próbki zarówno o stałym natężeniu (*ang. Constant bitrate*), jak i o zmiennym natężeniu (*ang. Variable bitrate*). Parametry kodowania (rozdzielczość obrazów, format kodowania barw, natężenie itp.) ustalono zgodnie z profilem i poziomem głównym (MP@ML) standardu MPEG-2. Kodowanie przeprowadzono dla następujących wartości natężenia docelowego wyrażonego w megabitach na sekundę: 2, 3, 4, 6, 8, 10, 13 i 15. Dolny i górny próg został wyznaczony możliwościami sprzętowymi, wynikającymi ze standardu MPEG-2. W przypadku strumieni o zmiennym natężeniu przyjęto stałe natężenie szczytowe o wartości 15Mb/s. Modyfikowano natomiast wartość średnią natężenia docelowego - zastosowano takie same wartości jak w przypadku wartości szczytowych dla strumieni o stałym natężeniu. Przygotowano łącznie 112 próbek strumieni o różnych wartościach natężenia docelowego i o czasie trwania 10 minut każda. Ponieważ kodowano programy przekazywane w systemie PAL, w którym przekazywanych jest w ciągu sekundy 25 pełnych obrazów, to każda próbka zawierała 15000 ramek obrazu.

3. Metoda pomiarowa

W rekomendacjach dotyczących ATM przedstawione są dwie metody mierzenia czasu transmisji, które są stosowane do wyznaczania opóźnienia komórek i wariancji tego opóźnienia. Pierwsza metoda polega na pomiarze czasu w dwu punktach: na wejściu i na wyjściu kanału transmisyjnego objętego badaniem. Dlatego metoda ta jest określana jako metoda z pomiarem dwupunktowym. Na wejściu jest rejestrowany czas początku transmisji, a na wyjściu – czas jej zakończenia. Metoda wymaga stosowania wspólnego zegara w obu punktach pomiarowych. Drugie rozwiązanie polega na pomiarze czasu w jednym punkcie – na końcu kanału transmisyjnego. Rejestrowane są czasy zakończenia kolejnych transmisji, a na podstawie różnic między nimi są wyliczane odstępy pomiędzy kolejnymi ramkami obrazu. Metoda ta jest prostsza w implementacji. Jednak w przypadku występowania na trasie przesyłu przeciążeń lub prób naruszenia kontraktu wyniki otrzymywane przy stosowaniu tej metody mogą być niepoprawne. Natomiast, jeśli na trasie przesyłu nie występują przeciążenia

i kontrakt jest dotrzymywany, czyli kanał transmisyjny jest stabilny, to metody są równoważne. Jak wynika z wcześniejszego opisu przygotowanego i wykorzystywanego oprogramowania, w doświadczeniach wykorzystano drugą metodę. Wymagało to jednak odpowiedniego przygotowania eksperymentów, tak aby zachować stabilność kanału transmisyjnego. W tym celu wprowadzono „narzut" do rezerwowanego pasma podczas zestawiania połączenia. Wartość „narzutu" wyznaczono eksperymentalnie i wyniósł on dla strumieni wideo 5%. Przy wyznaczaniu „narzutu" wykorzystano analizator sieciowy, co pozwoliło obserwować, czy występują straty komórek oraz wartości opóźnienia komórek.



Rys. 3. Idea realizacji pomiarów w stworzonym oprogramowaniu
Fig. 3. The concept of making of the measurements in the created software

4. Jakość transmisji multimedialnej

W przekazie multimedialnym można wyróżnić dwie zasadnicze części, które decydują o jego jakości: pierwszą, niezależną od systemu komunikacyjnego i drugą – zależną. Do pierwszej części można zaliczyć etapy: akwizycji i kodowania, dekodowania i prezentacji oraz procesy przekazu danych w poszczególnych etapach. Natomiast druga (którą zajmowano się w ramach omawianych prac) dotyczy transmisji strumienia multimedialnego (z zakodowaną informacją) z uwzględnieniem relacji czasowych. Na jakość przekazu na tym etapie mają wpływ: szybkość transmisji (utrzymanie odpowiedniego tempa przepływu informacji), stopień niezawodności (ograniczenie strat informacji) i zmienność opóźnienia wprowadzanego przez system komunikacyjny (płynność przepływu informacji).

Na podstawie gromadzonych danych, przez przygotowane oprogramowanie, jest estymowany średni odstęp pomiędzy ramkami obrazu, wariancja tego odstępu oraz jego odchylenie standardowe. Wprowadzenie narzutu pozwoliło przyjąć jako miarę jakości transmisji multimedialnej odchylenie standardowe opóźnienia ramek obrazu, które jest równoważne estymowanemu odchyleniu standardowemu odstępu ramek obrazu.

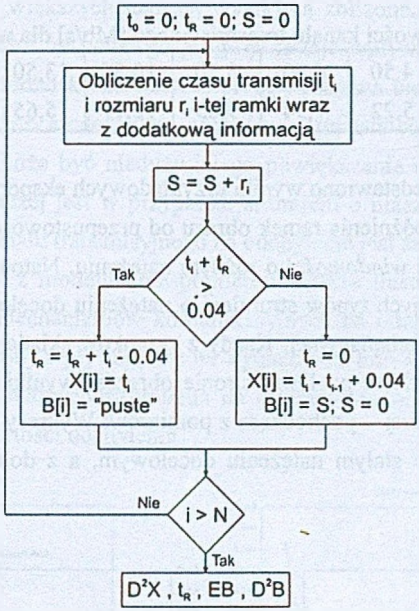
5. Model stanowiska pomiarowego

W związku z prowadzonymi doświadczeniami stworzono prosty, algebraiczny model działania stanowiska, w celu umożliwienia zawężenia zakresu wartości parametrów badanego procesu oraz oszacowania „narzutu" wprowadzanego przez mechanizmy systemowe i komunikacyjne.

Opracowany model stanowiska działa następująco:

- obliczana jest liczba pakietów potrzebnych do transmisji ramki obrazu,
- obliczana jest liczba bajtów informacji dodatkowej (nagłówki pakietów i komórek, rozmiar pola uzupełniającego, informacje sterujące z AAL), które mają być przesłane razem z ramką,
- co 40 ms jest wysyłana seria pakietów zawierających ramkę obrazu (lub jest kontynuowana poprzednia seria, jeśli nie została jeszcze przesłana),
- obliczane i gromadzone są czasy transmisji ramek obrazu oraz rozmiary „wybuchów" z uwzględnieniem zadanej przepustowości,
- obliczane jest standardowe odchylenie odstępu pomiędzy kolejnymi ramkami obrazu oraz wartość oczekiwana i odchylenie standardowe rozmiarów „wybuchów".

Schemat blokowy ogólnego algorytmu działania modelu algebraicznego jest przedstawiony na rysunku 4. Zmienna t_R przechowuje informację o globalnym opóźnieniu ramek. Jeśli po zakończeniu symulacji wartość t_R jest większa od 0.04, oznacza to, że określonego strumienia nie udało się przesłać w ciągu 10 minut kanałem o zadanej przepustowości. Innymi słowy, dla takiej przepustowości na pewno nie udało się dotrzymać warunków transmisji wideo w czasie rzeczywistym. W drugim przypadku należy poddać analizie pozostałe dane, zebrane podczas symulacji. W wektorze X są gromadzone czasy transmisji ramek, a dokładniej – grup komórek zawierających ramki. Natomiast w wektorze B są zapamiętywane rozmiary „wybuchów". Do estymacji wartości oczekiwanej i odchylenia standardowego dla danych z tego wektora brane są pod uwagę tylko pozycje „niepuste".



Rys. 4. Ogólny algorytm działania modelu stanowiska pomiarowego
Fig. 4. Generic algorithm of working of the measurement station model

6. Badania i analiza transmisji strumieni MPEG-2 poprzez kanał o stałej przepływności bitowej

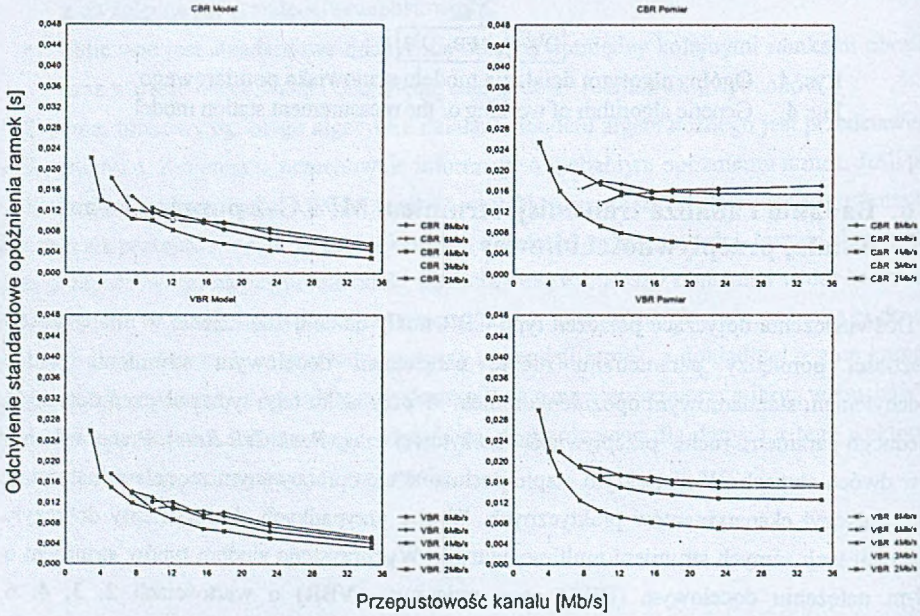
Doświadczenia dotyczące połączeń typu CBR miały na celu znalezienie w miarę prostej zależności pomiędzy parametrami ruchu, natężeniem docelowym strumienia wideo a odchyleniem standardowym opóźnienia ramek. W przypadku tego typu połączeń dotyczyło to jednego parametru ruchu: przepływności szczytowej (*ang. Peak Cell Rate*). Prace wykonano w dwóch etapach. W pierwszym etapie posłużono się opracowanym modelem, natomiast drugi dotyczył eksperymentów praktycznych. W obu przypadkach eksperymenty dotyczyły transmisji tych samych strumieni multimedialnych. Wykorzystano siedem typów strumieni o stałym natężeniu docelowym (CBR) oraz zmiennym (VBR) o wartościach 2, 3, 4, 6 i 8 Mb/s. W transmisjach zastosowano 376-bajtowy rozmiar pakietu. Przepustowości kanału, czyli wartości szczytowe szybkości (PCR), wyrażone w megabitach na sekundę, dla których przeprowadzano doświadczenia, zawiera tabela 1. Wartości zostały obliczone z uwzględnieniem informacji dodatkowej, przesyłanej ze strumieniem wideo (odpowiednio dla strumieni: 2, 3, 4, 6, 8, 10, 13 i 15 Mb/s), a następnie zostały powiększone o 5%.

Tabela 1

Stosowane przepustowości kanału transmisyjnego [Mb/s] dla warstwy AAL i ATM

AAL	2,50	3,50	4,50	6,50	8,50	10,50	13,50	15,50	20,00	30,00
ATM	2,90	4,06	5,22	7,54	9,85	12,17	15,65	17,97	23,19	34,78

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono wyniki przykładowych eksperymentów – zależność odchylenia standardowego opóźnienia ramek obrazu od przepustowości kanału. Rysunek 5 ilustruje wyniki dla strumieni *wiadomości* o różnym natężeniu. Natomiast na rysunku 6 zaprezentowano wyniki dla różnych typów strumieni o natężeniu docelowym 2 Mb/s. Przepustowość podano dla warstwy adaptacyjnej. Każdy z rysunków składa się z czterech wykresów składowych. Wykresy składowe po lewej stronie obrazują wyniki otrzymane na podstawie modelu stanowiska, po prawej – pochodzące z pomiarów. Wykresy składowe z górnej części dotyczą strumieni wideo o stałym natężeniu docelowym, a z dolnej części – o natężeniu zmiennym.



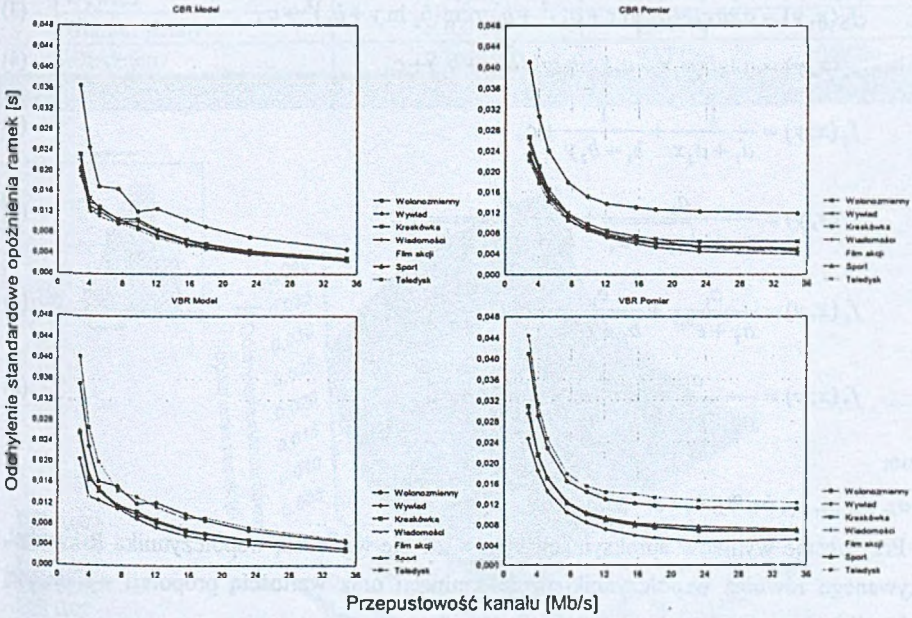
Rys. 5. Odchylenie standardowe opóźnienia ramek na podstawie modelu i pomiarów dla strumieni CBR i VBR typu *Wiadomości*

Fig. 5. The standard deviation of frames delay from the model and from measurements for CBR and VBR *News* streams

Przyglądając się wykresom można zauważyć, że wartość odchylenia rośnie wraz ze wzrostem natężenia strumieni wideo. Największe różnice występują dla strumieni o niskim natę-

żeniu (2 i 3 Mb/s). Dla większych natężeń wyniki są zbliżone. Można zaobserwować, że zwiększanie przepustowości od pewnego progu przestaje wpływać na zmniejszanie się odchylenia. W badanym środowisku za wartość progową można uznać 17.97 Mb/s. Widoczne jest również, że w badanym środowisku „zapas" w przepustowości dla strumieni o dużym natężeniu (6 i 8 Mb/s) może być nieduży i jego powiększanie nie ma dużego wpływu na otrzymywane wyniki. Inaczej jest w przypadku strumieni o niższym natężeniu, dla których wpływ przepustowości kanału transmisyjnego na odchylenie jest zauważalny.

Porównanie wyników z modelu oraz pomiarów dobrze ilustruje wpływ mechanizmów systemu operacyjnego i mechanizmów komunikacyjnych na odchylenie standardowe opóźnienia ramek. Z jednej strony wpływają one na wygładzenie krzywych, co oznacza ograniczenie wpływu cech indywidualnych strumienia na estymowane odchylenie. Z drugiej strony powodują zwiększenie wartości odchylenia.



Rys. 6. Odchylenie standardowe opóźnienia ramek na podstawie modelu i pomiarów dla strumieni CBR i VBR o natężeniu 2 Mb/s

Fig. 6. The standard deviation of frames delay from the model and from measurements for CBR and VBR 2 Mb/s bitrate streams

W ramach drugiego etapu badań starano się określić zależność pomiędzy wartością parametru PCR, natężeniem docelowym strumienia wideo a odchyleniem standardowym opóźnienia ramek. Na podstawie obserwacji serii próbnych przyjęto hipotezę, że zależność tę

można przedstawić jako liniową kombinację funkcji zależnych od poszczególnych, modyfikowanych w trakcie eksperymentów parametrów.

$$f_{CBR}(x,y) = f_{NS}(x) + f_{PCR}(y), \tag{1}$$

gdzie:

f_{CBR} – odchylenie standardowe opóźnienia ramek wideo [s],

x – natężenie strumienia wideo [Mb/s],

y – przepustowość kanału transmisyjnego [Mb/s].

Dalsze prace miały więc na celu między innymi weryfikację tej hipotezy. Zależność starano się określić korzystając z metod regresji nieliniowej. Badano możliwość wykorzystania między innymi następujących funkcji o postaciach zgodnych z postawioną hipotezą:

$$f_1(x,y) = a_1 arctg(a_2 \ln x + a_3) + b_1 arctg(b_2 \ln y + b_3) + c, \tag{2}$$

$$f_2(x,y) = a_1 arctg(a_2 \ln x + a_3)^2 + b_1 arctg(b_2 \ln y + b_3)^2 + c, \tag{3}$$

$$f_3(x,y) = a_1 tgh(a_2 x + a_3) + b_1 tgh(b_2 y + b_3) + c, \tag{4}$$

$$f_4(x,y) = \frac{1}{a_1 + a_2 x} + \frac{1}{b_1 + b_2 y} + c, \tag{5}$$

$$f_5(x,y) = \frac{a_1}{a_2 + \sqrt{a_3 x + a_4}} + \frac{b_1}{b_2 + \sqrt{b_3 y + b_4}} + c, \tag{6}$$

$$f_6(x,y) = \frac{a_1}{a_2 + e^{a_3 x}} + \frac{b_1}{b_2 + e^{b_3 y}} + c, \tag{7}$$

$$f_7(x,y) = \frac{a_1}{a_2 + e^{a_3 x + a_4 x^2}} + \frac{b_1}{b_2 + e^{b_3 y + b_4 y^2}} + c, \tag{8}$$

gdzie:

a_1, a_2, a_3, a_4, b_1, b_2, b_3, b_4 i c – parametry funkcji.

Przy ocenie wyników aproksymacji kierowano się wartością współczynnika R-kwadrat, nazywanego również współczynnikiem determinacji oraz wartością proporcji wyjaśnionej wariancji zmiennej zależnej obliczanej ze wzoru:

$$PWW = \frac{CSK - SKR}{CSK}, \tag{9}$$

gdzie:

PWW – proporcja wyjaśnionej wariancji,

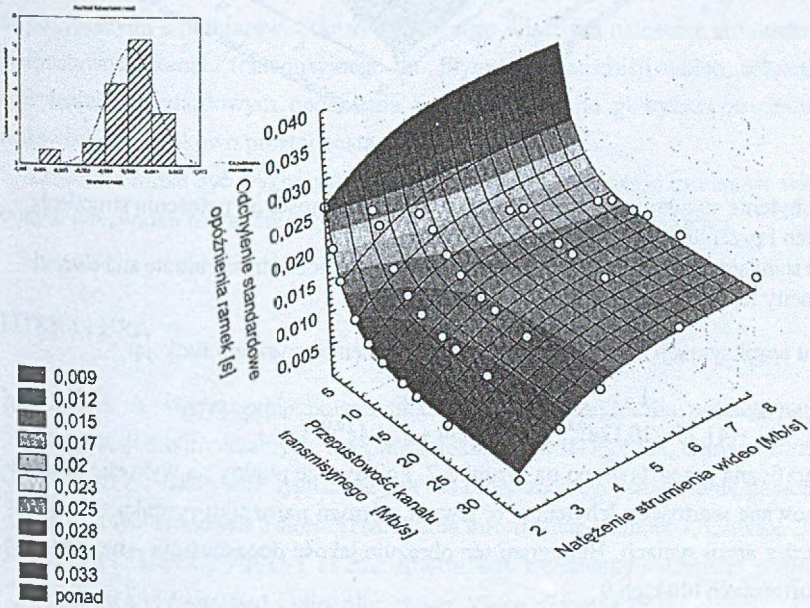
CSK – całkowita suma kwadratów (wariancja zmiennej zależnej),

SKR – resztowa suma kwadratów (wariancja spowodowana resztami).

Tabela 2

Wyniki aproksymacji wykorzystywane do jej oceny uzyskane dla funkcji f_6

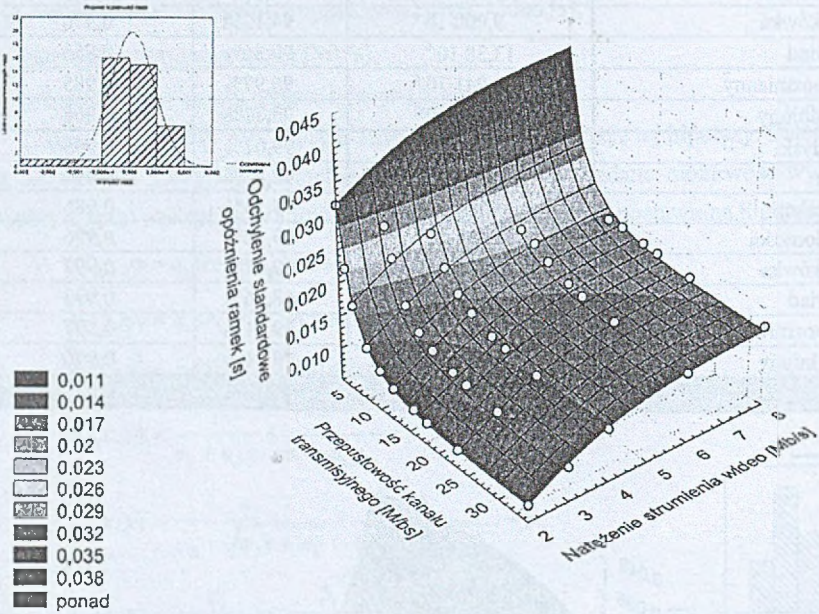
Strumień		Końcowa strata	PWW	R-kwadrat
CBR	Teledyski	$10{,}15 \cdot 10^{-6}$	92,59%	0,962
	Sport	$9{,}399 \cdot 10^{-6}$	93,79%	0,968
	Film akcji	$19{,}28 \cdot 10^{-6}$	88,06%	0,938
	Wiadomości	$1{,}883 \cdot 10^{-6}$	93,16%	0,965
	Kreskówka	$9{,}000 \cdot 10^{-6}$	94,15%	0,970
	Wywiad	$13{,}38 \cdot 10^{-6}$	90,86%	0,953
	Wolnozmienny	$9{,}041 \cdot 10^{-6}$	96,97%	0,985
	Uśredniony	$9{,}753 \cdot 10^{-6}$	93,71%	0,968
VBR	Teledyski	$3{,}111 \cdot 10^{-6}$	99,01%	0,995
	Sport	$2{,}537 \cdot 10^{-6}$	98,82%	0,994
	Film akcji	$4{,}780 \cdot 10^{-6}$	97,15%	0,986
	Wiadomości	$1{,}501 \cdot 10^{-6}$	99,14%	0,996
	Kreskówka	$1{,}148 \cdot 10^{-6}$	99,41%	0,997
	Wywiad	$2{,}540 \cdot 10^{-6}$	98,56%	0,993
	Wolnozmienny	$3{,}100 \cdot 10^{-6}$	99,41%	0,997
	Uśredniony	$1{,}736 \cdot 10^{-6}$	99,11%	0,996
Uśredniony		$5{,}063 \cdot 10^{-6}$	96,58%	0,983



Rys. 7. Odchylenie standardowe opóźnienia ramek w zależności od natężenia strumienia wideo i przepustowości kanału dla strumieni CBR

Fig. 7. The standard deviation of frames delay according to video stream bitrate and channel capacity for CBR streams

Przy ocenie brano pod uwagę nie tylko samą wartość współczynnika determinacji i *PWW*, ale również to, by była ona równie wysoka dla wszystkich badanych strumieni aproksymowanych daną funkcją. Spośród badanych funkcji najlepsze dopasowania uzyskano dla funkcji f_6 opisanej wzorem (7). W tabeli 2 przedstawiono wyniki aproksymacji pozwalające ocenić jej jakość dla tej funkcji.



Rys. 8. Odchylenie standardowe opóźnienia ramek w zależności od natężenia strumienia wideo i przepustowości kanału dla strumieni VBR

Fig. 8. The standard deviation of frames delay according to video stream bitrate and channel capacity for VBR streams

W wyniku aproksymacji dla strumieni o stałym natężeniu uzyskano funkcję:

$$f_C(x,y) = \frac{1}{-41{,}75 - 10{,}12e^{0{,}879x}} + \frac{1}{-45{,}34 + 55{,}94e^{0{,}185y}} + 16{,}21 \cdot 10^{-3} \tag{10}$$

a jej postać graficzną przedstawiono na rysunku 7. Pojedyncze punkty na wykresie reprezentują wyestymowane wartości odchylenia. W lewym, górnym narożniku rysunku znajduje się histogram reszt z aproksymacji. Histogram ten obrazuje jakość dopasowania – najliczniejsze są reszty o wartościach bliskich 0.

W przypadku aproksymacji przeprowadzonych dla strumieni o zmiennym natężeniu uzyskano następującą funkcję:

$$f_V(x,y) = \frac{1}{-55{,}08 - 11{,}44e^{0{,}778x}} + \frac{1}{-59{,}87 + 60{,}35e^{0{,}178y}} + 16{,}61 \cdot 10^{-3} \quad (11)$$

Powierzchnia opisana tą funkcją została przedstawiona na rysunku 8.

Należy jeszcze raz zaznaczyć, że aproksymacje zostały przeprowadzone dla strumieni wideo o natężeniu od 2 do 8 Mb/s i dla przepustowości kanału transmisyjnego od 2.90 do 34.78 Mb/s. Uzyskane funkcje można wykorzystać do interpolacji, czyli ich wykorzystanie ma sens dla x (natężenie strumienia wideo) z przedziału [2,8] i y (przepustowość kanału transmisyjnego) z przedziału [2.9, 34.8]. Wszystkie uzyskane funkcje są określone w tych przedziałach.

7. Podsumowanie

W opisanej części prac prowadzono doświadczenia związane z transmisją strumieni MPEG-2 poprzez kanał o stałej przepływności bitowej. Eksperymenty przeprowadzono dla strumieni multimedialnych różnego typu, o różnym natężeniu docelowym i różnym rodzaju kodowania. Porównano wyniki otrzymane przy wykorzystaniu modelu stanowiska z wynikami otrzymanymi z pomiarów. Sprawdzono wpływ wielkości natężenia strumienia wideo oraz przepustowości kanału transmisyjnego na „płynność" transmisji wideo, scharakteryzowanej odchyleniem standardowym opóźnienia ramek. Określono powyższą zależność w postaci funkcyjnej o stosunkowo prostej postaci.

Zależność może być wykorzystana na przykład przy tworzeniu systemów wideokonferencyjnych lub „wideo na żądanie" do efektywnej gospodarki zasobami sieci.

LITERATURA

1. Sochan A.: Zarządzanie połączeniami w sieciach ATM dla potrzeb komputerowych transmisji multimedialnych. Rozprawa doktorska w IITiS PAN, Gliwice 2000.
2. Sochan A.: Biblioteka sygnalizacyjna dla programowego zestawiania połączeń w heterogenicznym środowisku sieci ATM. Studia Informatica, Number 1, Gliwice 2000.
3. ISO/IEC 13818-2 / ITU-T H.262: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video. Genewa 1995.
4. ISO/IEC 13818-2 / ITU-T H.262 / Amd. 2: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video. Amendment 2 4:2:2 Profile. Genewa 1996.

5. ISO/IEC 13818-2 / ITU-T H.262 / Amd. 3: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video. Amendment 3. Genewa 1998.
6. ISO/IEC 13818-3: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 3: Audio. Genewa 1998.
7. Furbush G. Stone D.: Oracle Video Server Developer's Guide 3.0. Oracle Corporation 1998.
8. Bobrowski D.: Probabilistyka w zastosowaniach technicznych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1986.
9. Brandt S.: Metody statystyczne i obliczeniowe analizy danych. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1974.
10. Gajek L., Kałuszka M.: Wnioskowanie statystyczne Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
11. Podręcznik: STATISTICA PL dla Windows (Tom I). StatSoft Polska, Kraków 1997.
12. Podręcznik: STATISTICA PL dla Windows (Tom II). StatSoft Polska, Kraków 1997.
13. Podręcznik: STATISTICA PL dla Windows (Tom III). StatSoft Polska, Kraków 1997.
14. Podręcznik: STATISTICA PL dla Windows (Tom V). StatSoft Polska, Kraków 1997.

Recenzent: Dr inż. Katarzyna Stąpor

Wpłynęło do Redakcji 31 marca 2001 r.

Abstract

In the paper, we present the results of research of MPEG-2 streams transmission through CBR channel in ATM network. We applied not only experimental and measurement methods but analytical ones as well.

A description of the proposed measurement station (Fig. 1) includes: installed hardware, created software (Fig. 2) and prepared experimental data. Next, we present the applied measurement method (Fig. 3). In the following section, we define a term of the quality of multimedia transmission. The measurement results were compared with the results of the analytical station model (Fig. 4, 5, 6). We proposed a functional description of dependence between ATM traffic parameters, video stream bit rate, and quality of multimedia transmission. The obtained functions are illustrated in Figures 7 and 8.