

Janusz KARMAŃSKI  
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

## JAKOŚĆ USŁUG W ROZPROSZONYCH SYSTEMACH MULTIMEDIALNYCH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono charakterystykę i wymagania rozproszonych aplikacji multimedialnych. Następnie wskazano, jakie mechanizmy QoS powinien zapewniać system operacyjny w kontekście wsparcia dla przesyłania i przetwarzania w czasie rzeczywistym obrazu wideo, dźwięku oraz danych.

## QUALITY OF SERVICE IN DISTRIBUTED MULTIMEDIA SYSTEMS

**Summary.** This paper presents characteristics and requirements of distributed multimedia applications. Next it was shown what kind of QoS mechanisms operating system should supply in the context of support for the real-time transmission and processing of audio and video streams.

### 1. Wstęp

Gwałtowny rozwój sieci komputerowych o dużej przepustowości oraz wydajnych systemów komputerowych spowodował wzrost zapotrzebowania na nowe usługi multimedialne, takie jak wideo na żądanie czy telekonferencje.

#### 1.1. Przykłady usług multimedialnych

- Wideokonferencje – umożliwiają komunikację kilku użytkowników widzących się wzajemnie i współdzielących różnego rodzaju dokumenty, jak prezentacje czy pliki tekstowe. Usługa ta jest często wdrażana przez rozproszone geograficznie przedsiębiorstwa w celu ułatwienia komunikacji między oddziałami i zminimalizowania kosztów podróży. Z reguły nie wymaga ona zbyt wysokiej jakości

obrazu wideo i dźwięku, dzięki czemu możliwe jest prowadzenie widokonferencji przez sieć Internet.

- Wideo na żądanie (*Video on Demand*) – pozwala użytkownikom na pobieranie programów i filmów wideo z serwera o odpowiednio dużej, zależnej od liczby użytkowników mocy przetwarzania. Klientem, którego zadaniem jest dekompresja i prezentacja nadesłanej informacji, może być stacja robocza, komputer osobisty lub tzw. *Set Top Terminal*. Użytkownik decyduje, jakie programy i o której godzinie chce oglądać, a ponadto ma możliwość korzystania z funkcji przewijania w przód i w tył lub zatrzymania odtwarzania. Usługa ta wymaga wysokiej jakości transmitowanego obrazu wideo.
- „Prawie” wideo na żądanie (*Near VoD*) – uproszczona wersja wideo na żądanie, charakteryzująca się mniejszymi kosztami realizacji. Filmy przesyłane są w regularnych, krótkich odstępach czasu (np. co 15 minut), dzięki czemu odbiorca może wybrać czas najbardziej odpowiadający jego wymaganiom. Nie posiada natomiast możliwości interaktywnego przeglądania zawartości programów.
- Telezakupy (*Teleshoping*) – pozwala użytkownikom na przeglądanie katalogów wideo wirtualnych sklepów internetowych i zamawianie towarów lub usług. Opis wybranych towarów może być dostarczany do użytkownika przy użyciu różnych form przekazu: filmu wideo, dźwięku, tekstu, grafiki czy animacji.
- Wiadomości na żądanie (*News On Demand*) – pozwala użytkownikom przeglądać bazę aktualnych artykułów na serwerze wiadomości oraz wskazywać wybrane do wyświetlenia na lokalnym komputerze lub terminalu. Artykuły mogą się składać z pojedynczej formy informacji, jak dźwięku, obrazu ruchomego lub nieruchomego, tekstu oraz grafiki o zróżnicowanej jakości, albo też być kombinacją wielu form przekazu.
- Zdalne nauczanie (*Remote Learning*) – użytkownicy (studenci) fizycznie nieraz znacznie oddaleni od siebie uczestniczą w zajęciach w wirtualnych klasach oraz laboratoriach.
- Telemedycyna – ułatwia lekarzom komunikację i konsultowanie się między sobą (usługi wideokonferencyjne), pozwala na przysyłanie sobie wyników badań (np. zdjęć rentgenowskich). Pozwala studentom medycyny na uczenie się na bazie bogatego archiwum szpitalnego.
- Biblioteka elektroniczna – umożliwia wielu użytkownikom dostęp do bogatego zbioru książek oraz różnych dokumentów multimedialnych przechowywanych na płytach CDROM.

Aplikacje MM generują przepływ danych z różnymi wymaganiami transmisyjnymi [4]. Ruch *asynchroniczny* nie wymaga żadnych specjalnych gwarancji czasu transmisji. Odnosi się on do tradycyjnych usług, jak transfer plików czy sesje emulacji terminala. W przypadku ruchu *synchronicznego* istnieją pewne górne granice czasu transmisji danych. Ten ruch odnosi się np. do transmisji obrazu wideo i dźwięku, gdzie można poprawić płynność odtwarzania przez buforowanie danych po odebraniu ich przez komputer użytkownika, a przed odtworzeniem. Największe wymagania stawia ruch *izochroniczny* – tu konieczne jest zapewnienie stałego czasu transmisji, czyli stałego opóźnienia każdej porcji informacji multimedialnej transmitowanej w sieci.

## 1.2. Podział aplikacji multimedialnych

Aplikacje multimedialne można ogólnie podzielić na interaktywne (np. wideokonferencje), prezentacyjne (np. wideo na żądanie) oraz posiadające oba aspekty.

Aplikacje interaktywne (konwersacyjne) pozwalają na komunikację w czasie rzeczywistym pomiędzy ludźmi znajdującymi się nieraz w znacznym oddaleniu od siebie, np. w domu i w biurze. Ten typ aplikacji jest bardzo wrażliwy na opóźnienia powstające w rozproszonym systemie multimedialnym, ponieważ informacja multimedialna jest generowana w czasie rzeczywistym (np. z kamery) i musi być na bieżąco konsumowana (np. wyświetlana na monitorze). Inaczej mówiąc, dane multimedialne są ważne tylko przez pewien krótki okres czasu, po upływie którego stają się bezużyteczne, i jeżeli nie zostały odtworzone na komputerze użytkownika, muszą być porzucone.

Aplikacje prezentacyjne, takie jak np. „prawie” wideo na żądanie, nie są tak wrażliwe na opóźnienia jak interaktywne. Informacja multimedialna przechowywana jest na jednym lub wielu serwerach, skąd pobierana jest za pośrednictwem sieci przez aplikacje użytkownika. W tym przypadku opóźnienia wynoszące nawet do kilku sekund są akceptowalne, istotne jest przede wszystkim płynne odtwarzanie informacji multimedialnej po stronie użytkownika.

Wiele aplikacji multimedialnych ma charakter zarówno interaktywnej, jak i prezentacyjnej. Poza komunikacją audio-wizualną z innymi użytkownikami mogą one współdzielić i manipulować informacją multimedialną różnego rodzaju. Przykładem mogą być systemy tele-edukacyjne czy też systemy medyczne, gdzie komunikujący się ze sobą lekarze współdzielą omawiane zdjęcie rentgenowskie.

## 2. Parametry opisujące wymagania aplikacji multimedialnych

### 2.1. Przepustowość

Rozmiar transmitowanego strumienia wideo zależy od jakości obrazu (rozmiaru klatki, ilości klatek na sekundę, głębi kolorów czyli ilości bitów na piksel), a także od zastosowanego algorytmu kompresji. Najczęściej stosowane algorytmy kompresji obrazu wideo to MPEG2, MJPEG oraz H.261. Przepustowości wymagane dla obrazu wideo skompresowanego tymi algorytmami przedstawia tabela 1[3].

Tabela 1  
Przepustowości wymagane dla różnych algorytmów kompresji wideo

Format	Stopień kompresji	Wymagana przepustowość
H.261	24:1	64 kb/s - 2 Mb/s
MJPEG	7-27:1	10-20 Mb/s
MPEG2	30-100:1	4-60 Mb/s

Standard kompresji H.261 opracowany został dla zastosowania w systemach videokonferencyjnych, nie wymagających wysokiej jakości obrazu. Algorytm kodowania jest podobny do MPEG, jednak jest bardziej uproszczony i zarazem mniej złożony obliczeniowo. Charakteryzuje się on generowaniem ruchu o równomiernej przepływności bitowej, kosztem pogorszenia jakości obrazu przy większych zmianach jego zawartości.

W przypadku MJPEG kolejne klatki transmitowane są w całości, po uprzednim skompresowaniu do formatu JPEG. Ponieważ MJPEG nie wykorzystuje kompresji międzyramkowej, jest bardziej odporny na błędy transmisji (zagubienie pojedynczej klatki nie ma wpływu na następujące po niej), z drugiej jednak strony rozmiar transmitowanych danych jest większy niż w przypadku MPEG2.

MPEG2 to standard dla aplikacji wymagających wysokiej jakości obrazu, np. wideo na żądanie, generujący strumień wideo o przepływności od 4 do kilkudziesięciu Mb/s.

Tabela 2  
Przepustowości wymagane dla różnych wersji standardu MPEG2

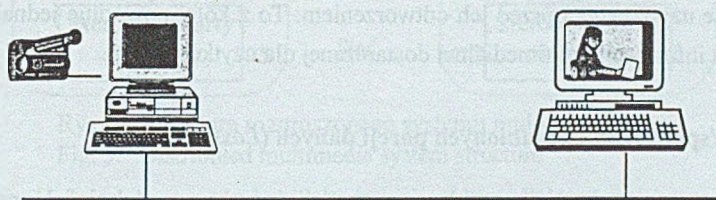
Jakość obrazu wideo	Wymagana przepustowość
VHS	około 1,5 Mb/s
Studyjna (625 linii)	7-9 Mb/s
HDTV	24-32 Mb/s

Przepustowość wymagana do transmisji dźwięku zależy od takich parametrów, jak wielkości próbki oraz częstotliwości próbkowania, i waha się z jednej strony dla jakości

telefonicznej od 2,4 do 64 kb/s, z drugiej strony dla pełnego spektrum dźwięku (20 Hz – 20 kHz) od 64 do 708 kb/s na kanał dźwiękowy.

## 2.2. Opóźnienie (*Latency*)

Opóźnienie to odstęp czasu między rejestracją pewnej porcji informacji multimedialnej w punkcie wejściowym systemu a odtworzeniem tej informacji w punkcie wyjściowym. Przykładowo, dla wideokonferencji jest to czas między zeskanowaniem jednej klatki obrazu przez kamerę, a wyświetleniem tej klatki na monitorze innego użytkownika (rys. 1). Można tu mówić zarówno o średnim opóźnieniu w pewnym przedziale czasu, jak i o opóźnieniu minimalnym i maksymalnym.

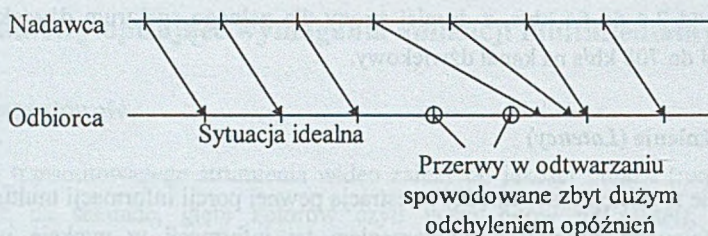


Rys. 1. Usługa wideokonferencji  
Fig. 1. Videoconferencing service

Aby użytkownik interaktywnej aplikacji multimedialnej miał odczucie komunikacji z innymi osobami w czasie rzeczywistym, wartość opóźnienia gwarantowanego przez system musi być odpowiednio mała. Proponowane w literaturze wartości maksymalnego dopuszczalnego opóźnienia dla wideokonferencji wynoszą około 250 ms, jednak wartość ta zależy od charakteru i wymagań konkretnej aplikacji.

## 2.3. Wahania opóźnienia (*Delay-Jitter*)

Wahania opóźnienia można zdefiniować jako różnicę między maksymalnym i minimalnym opóźnieniem. Występowanie znacznych odchyień od uzgodnionego średniego opóźnienia powoduje przerwy w ciągłym odtwarzaniu informacji multimedialnej (rys. 2).



Rys. 2. Wpływ wahań opóźnień na ciągłość odtwarzania

Fig. 2. The influence of delay-jitter on continuity of playout

Aby zminimalizować wpływ *delay-jitter* na płynność odtwarzania obrazu wideo oraz dźwięku, można stosować buforowanie odbieranych porcji informacji multimedialnej na komputerze użytkownika przed ich odtworzeniem. To z kolei powoduje jednak zwiększenie opóźnienia informacji multimedialnej dostarczanej dla użytkownika.

#### 2.4. Współczynnik zagubionych porcji danych (*Loss*)

Efektom występowania strat podczas transmisji danych są, podobnie jak przy zbyt dużych wahańach opóźnień, przerwy w płynnym odtwarzaniu informacji multimedialnej. Parametr ten jest szczególnie ważny dla transmisji informacji multimedialnej w czasie rzeczywistym, gdyż duże ograniczenia na dopuszczalne wartości opóźnień z reguły nie pozwalają na retransmisję zagubionych porcji danych – dotarłyby one do punktu docelowego zbyt późno i byłyby już bezużyteczne.

Przyjmuje się, że współczynnik gubionych próbek audio oraz klatek wideo nie powinien przekraczać 1%. Ponieważ informacja jest z reguły transmitowana w pewnych blokach, takich jak komórki czy pakiety, można również mówić odpowiednio o współczynniku gubionych komórek czy pakietów.

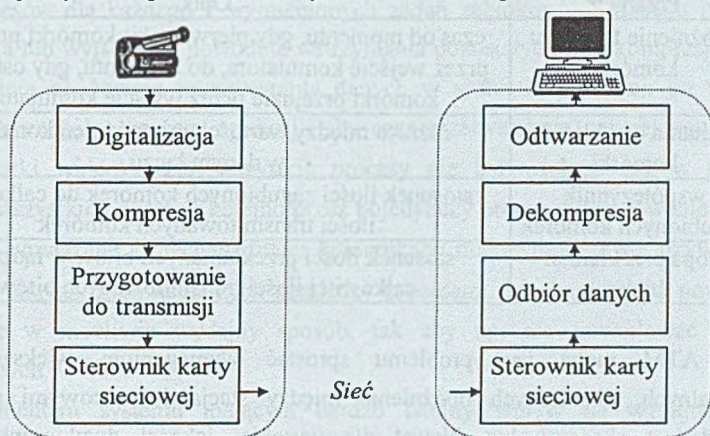
#### 2.5. Synchronizacja mediów (*Lip synchronization*)

Przez synchronizację mediów rozumiemy zależność czasową między strumieniami audio i wideo prezentującymi np. mówiącą osobę. Według literatury rozbieżność między tymi dwoma strumieniami nie powinna przekraczać 80 ms.

### 3. Struktura rozproszonych systemów MM

Aplikacje multimedialne oparte są na przepływie ciągłych strumieni informacji (strumieni audio oraz wideo) w rozproszonych systemach multimedialnych. Rysunek 3 przedstawia

prosty przykład strumienia, jakim przepływają dane multimedialne od momentu ich digitalizacji na jednym komputerze aż do wyświetlenia na drugim.



Rys. 3. Struktura rozproszonego systemu multimedialnego  
Fig. 3. Distributed multimedia system structure

Elementy pośredniczące w przepływie strumieni multimedialnych można podzielić na transportowe (infrastruktura sieciowa) oraz przetwarzające dane (np. kodery i dekodery wideo). Każdy z tych elementów można scharakteryzować za pomocą wymienionych już parametrów, jak przepustowość, opóźnienie czy współczynnik gubienia ramek. Przykładowo, gubienie ramek może następować nie tylko podczas ich przesyłania przez sieć, ale także w modułach kompresji i dekompresji w przypadku niedostatecznej ich wydajności (zbyt krótkiego czasu przydziału procesora dla odpowiednich procesów).

Jak łatwo się zorientować, opóźnienie, z jakim dane multimedialne docierają do miejsca przeznaczenia (odtworzenia), równe jest sumie opóźnień wszystkich elementów rozproszonego systemu multimedialnego, natomiast efektywna przepustowość równa jest przepustowości najwolniejszego z jego elementów. System multimedialny jest więc co najwyżej tak wydajny jak najmniej wydajne jego ogniwo.

#### 4. QoS w sieci ATM

Ponieważ gwarancja jakości usług (*QoS*) jest podstawowym mechanizmem dostępnym w ATM, sieć ta doskonale się nadaje do realizacji zaawansowanych usług multimedialnych wymagających wysokiej jakości usług infrastruktury sieciowej.

Parametry QoS opisujące transmisję danych, istotne z punktu widzenia usług multimedialnych, przedstawia tabela 3 [1]:

Tabela 3

Parametry QoS dla transmisji danych w sieci ATM

Parametr	Opis
opóźnienie transferu komórki	czas od momentu, gdy pierwszy bit komórki przejdzie przez wejście komutatora, do momentu, gdy ostatni bit komórki przejdzie przez wyjście komutatora.
wahania opóźnienia komórki	różnica między wartościami opóźnień komórek w danym łączu
współczynnik zagubionych komórek	stosunek ilości zagubionych komórek do całkowitej ilości transmitowanych komórek
stopa przekłamań bitów	stosunek ilości przekłamanych bitów w łączu do całkowitej ilości transmitowanych bitów

Sieci ATM mogą bez problemu sprostać wymaganiom większości aplikacji multimedialnych, dla których opóźnienie między stacjami końcowymi rzędu kilkuset milisekund jest akceptowalne. Nawet dla wysokiej jakości dwukierunkowego wideo kompresowanego przy użyciu MPEG2, wymagającego opóźnień rzędu kilku milisekund, duża szybkość transmisji w sieci ATM sprawia, że opóźnienia nie są problemem. W rzeczywistości znacznie bardziej znaczące są opóźnienia wprowadzane przez proces kodowania i kompresji.

## 5. Wpływ SO na jakość usług MM

System operacyjny, pod kontrolą którego pracują rozproszone aplikacje multimedialne, jest jednym z najważniejszych elementów mających wpływ na efektywną jakość usług oferowanych przez te aplikacje. Przykładowo, zaawansowane technologie sieciowe, jak ATM, umożliwiają transport danych z przepustowością setek Mb/s, co daje możliwości realizacji nowych bardziej wymagających usług multimedialnych. Jednak, aby możliwe było wykorzystanie wysokich przepustowości oferowanych przez infrastrukturę sieciową, system operacyjny serwerów oraz stacji roboczych użytkownika musi być w stanie zamienić charakterystyki sieci na odpowiednie charakterystyki końcowe aplikacji multimedialnych.

Podczas gdy systemy transportowe zajmują się przesyłaniem danych, systemy końcowe odpowiedzialne są za ich przetwarzanie, jak np. kompresja i dekompresja, oraz prezentowanie użytkownikowi – między innymi odtwarzanie obrazu i dźwięku. Systemy te powinny więc przetwarzać strumienie multimedialne w czasie rzeczywistym, tak aby zapewnić wymaganą jakość usług aplikacjom multimedialnym.

Aplikacje multimedialne z reguły składają się z niezależnych procesów (wątków) spełniających różne zadania związane z przetwarzaniem i transmisją danych



multimedialnych, przykładowo: digitalizacja danych z kamery, kompresja, przygotowywanie danych do wysłania przez sieć wymagające np. dzielenia ich na pakiety. Dzięki uruchomieniu osobnych procesów dla każdego z wymienionych zadań zablokowanie danego procesu na operacji wejścia lub wyjścia nie powoduje wstrzymania pozostałych (np. kompresji). W celu zminimalizowania opóźnienia przetwarzania danych w systemie powinien on umieć tak szeregować poszczególne procesy aplikacji, aby czas przetwarzania pewnej porcji danych (np. jednej klatki wideo) przez wszystkie procesy nie był większy niż w przypadku wykonywania wszystkich operacji kolejno przez pojedynczy proces. Szeregowanie procesów musi być więc powiązane z mechanizmami komunikacji międzyprocesowej używanymi do przekazywania danych multimedialnych pomiędzy procesami. Mechanizmy te powinny być zaprojektowane w możliwie wydajny sposób, tak aby np. nie powodować zbędnego kopiowania danych.

Innym elementem systemu mającym bardzo istotny wpływ na wydajność pracy rozproszonych aplikacji multimedialnych jest interfejs sieci. Sposób jego implementacji w stosowanych powszechnie systemach operacyjnych powoduje nieraz kilkakrotne kopiowanie wysyłanych oraz odbieranych z sieci danych [6]. Ma to oczywiście niekorzystny wpływ na czas wysyłania i odbierania danych. Przeprowadzone badania wskazują także, że kiedy aplikacja czasu rzeczywistego przesyłająca dane po sieci ATM współzawodniczy o dostęp do medium z aplikacją o niższym priorytecie przesyłającą strumień TCP, uzgodnione dla połączenia ATM pasmo (np. 40 Mb/s) nie może być w pełni wykorzystane [5].

## 6. Mechanizm zarządzania QoS

Systemy operacyjne zarządzają zasobami komputera, takimi jak pasmo magistrali, pamięć fizyczna oraz wirtualna, czas procesora czy urządzenia wejścia-wyjścia. Zasoby te powinny być przydzielane aplikacjom tak, aby zagwarantować wymagane przez nie parametry QoS. Aby było to możliwe, mechanizm zarządzania zasobami przez system operacyjny powinien uwzględniać następujące kwestie:

- współdziałanie między systemem operacyjnym i aplikacją przy zarządzaniu zasobami,
- interfejs specyfikacji parametrów QoS,
- negocjacja QoS między systemem a aplikacją/użytkownikiem,
- mechanizm mierzenia i informowania aplikacji o aktualnym wykorzystaniu zasobów,
- adaptacja aplikacji do zmieniającej się ilości zasobów dostępnych w systemie,
- dynamiczna renegocjacja zasobów przydzielonych aplikacji,
- zintegrowane zarządzanie różnymi zasobami.

## 6.1. Specyfikacja QoS

Różne parametry QoS są zrozumiałe dla różnych komponentów rozproszonego systemu multimedialnego. Użytkownik aplikacji multimedialnej powinien mieć możliwość określenia swoich wymagań w postaci zrozumiałych dla niego parametrów, jak np. telewizyjna jakość obrazu i telefoniczna jakość dźwięku. Zupełnie inne parametry opisują QoS z punktu widzenia aplikacji, systemu operacyjnego oraz infrastruktury sieciowej:

- Jakość usług z punktu widzenia użytkownika:
  - jakość dźwięku: np. telefoniczna, jakość CD,
  - jakość wideo: np. telewizyjna, telewizji wysokiej rozdzielczości (HDTV).
- Poziom aplikacji: parametry opisujące jakość mediów i relacje między nimi:
  - całkowite opóźnienie w systemie, synchronizacja strumieni audio i wideo itp.
- Poziom systemu operacyjnego: usługi komunikacyjne i przetwarzanie danych:
  - czas przydziału procesowi CPU, właściwa kolejność dostarczanych danych itp.
- Poziom sieci:
  - opóźnienie, odchylenie opóźnienia, procent straconych komórek itp.
- Urządzenia wejścia-wyjścia:
  - dźwięk: rozmiar próbki, częstotliwość próbkowania, ilość kanałów,
  - wideo: ilość klatek na sekundę, ilość bitów na piksel.

Konieczne jest więc stworzenie mechanizmów automatycznej translacji parametrów opisujących jakość usług pomiędzy reprezentacjami QoS na różnych poziomach (aplikacji, systemu operacyjnego i sieci), zwalniających jednocześnie użytkownika z konieczności wyrażania swoich wymagań w postaci niskopoziomowych parametrów, jak przepustowość czy opóźnienie. Przykładowo, moduł zarządzający siecią nie wie, jak kontrolować ilość klatek obrazu na sekundę, wie natomiast, jak zarządzać przepustowością połączenia. Dlatego, aby zrealizować usługę na żądanym przez użytkownika poziomie, konieczna jest translacja parametru wyższego poziomu *ilość klatek na sekundę* na konieczną *przepustowość*.

## 6.2. Negocjacja QoS

Celem negocjacji QoS jest uzgodnienie wartości parametrów QoS na poziomie akceptowalnym przez użytkownika aplikacji multimedialnej, a jednocześnie możliwym do zrealizowania przez system operacyjny i infrastrukturę sieciową. W przypadku usług płatnych przez sieć kablową, jak wideo na żądanie, bardzo ważnym parametrem koniecznym do uwzględnienia przy negocjacji QoS jest koszt dostarczanej usługi.

Użytkownik, chcąc skorzystać z usługi multimedialnej jak wideo na żądanie, podaje swoje wymagania QoS, np. jakość wideo TV oraz jakość dźwięku CD. Następnie wartości

parametrów QoS użytkownika są przekształcane w zbiór parametrów właściwych dla różnych komponentów systemu. Na przykład, jakość dźwięku CD jest przekształcana między innymi na pewną przepustowość, opóźnienie oraz współczynnik gubienia próbek. Jeżeli w systemie istnieje wystarczająca rezerwa zasobów koniecznych do zapewnienia wyznaczonych w ten sposób parametrów, zostaną one przydzielone aplikacji po ewentualnym poinformowaniu użytkownika o koszcie usługi. W przeciwnym wypadku użytkownik może otrzymać informacje o tym, jaki poziom QoS jest w danej chwili możliwy do zagwarantowania przez system.

### 6.3. Monitorowanie QoS

Dla efektywnego zarządzania zasobami w systemie konieczny jest mechanizm mierzenia lub szacowania stanu wykorzystania zasobów przez aplikacje pracujące w systemie. Jego dwa zasadnicze zadania to:

- monitorowanie, czy uzgodniony poziom QoS dla każdej aplikacji jest realizowany
- informacja o ilości niewykorzystanych (wolnych) zasobów jest niezbędna między innymi przy negocjowaniu QoS z nowymi lub renegecjom z już pracującymi aplikacjami, a także przy przeprowadzaniu globalnej adaptacji.

### 6.4. Adaptacja aplikacji do zmian w dostępności zasobów

W wyniku zmian w dostępności zasobów w systemie lub przy niedostatecznej ich ilości dla nowo uruchamianego procesu może być konieczne przeprowadzenie adaptacji pracujących w systemie aplikacji do nowej sytuacji. Aplikacje multimedialne potrafią dostosowywać się do zmiennej dostępności zasobów, np. odtwarzacz wideo może wyświetlać film z rozdzielczością między 25 a 30 klatek na sekundę bez widocznej dla użytkownika utraty jakości.

Przeprowadzając globalną adaptację zarządca zasobów prosi aplikacje o zmniejszenie lub zwiększenie użycia zasobów do poziomu określonego przez same aplikacje (tzw. *Unspecified Adaptation Request*), lub do z góry zadanego poziomu (*Specified Adaptation Request*), np. proporcjonalnego do bieżącego użycia zasobów przez każdą z aplikacji. W celu wyznaczenia zmian w przydziale zasobów można także wykorzystać priorytety aplikacji lub polecenia od użytkownika systemu.

### 6.5. Dynamiczna renegecacja przydzielonych zasobów

Wymagania aplikacji mogą się zmieniać podczas jej pracy, np. kiedy użytkownik zmieni wielkość odtwarzanego obrazu wideo. W tej sytuacji konieczna jest renegecacja zasobów

przydzielonych aplikacji. System operacyjny, bazując na informacji o ilości dostępnych (nie przydzielonych) zasobów, może przydzielić aplikacji na jej żądanie dodatkowe zasoby.

Zmiana uzgodnionych parametrów QoS dla transmisji w sieci ATM wymaga przerwania istniejącego połączenia i nawiązania nowego, co nie zawsze jest akceptowalne z punktu widzenia użytkownika usługi multimedialnej. Konieczne może być więc rozszerzenie protokołów sygnalizacji stosowanych w sieci ATM o możliwość dynamicznej renegocjacji parametrów istniejącego połączenia.

## 6.6. Zintegrowane zarządzanie zasobami

Ponieważ istnieje konieczność zapewnienia QoS na całej drodze przepływu danych multimedialnych, zarządzanie wszystkimi zasobami mającymi wpływ na transmisję musi być zintegrowane. Przykładowo, rezerwacja pasma w sieci pociąga za sobą konieczność przydziału aplikacji interfejsu wejścia-wyjścia sieci, buforów w pamięci, magistrali i czasu procesora.

Zintegrowane zarządzanie zasobami pociąga za sobą również konieczność opracowania protokołów pozwalających przydzielać zasoby na całej drodze przesyłanych informacji multimedialnych. Dotyczy to zarówno wymaganego pasma sieci i parametrów połączenia, jak i zasobów w systemach operacyjnych komunikujących się ze sobą komputerów.

## 7. Podsumowanie

W ostatnich latach zrealizowano bardzo wiele prac na polu zapewnienia QoS dla sieci komputerowych. Koncentrują się one na takim przydzielaniu zasobów sieci użytkownikom, aby zagwarantować żądane charakterystyki QoS dla nawiązywanych połączeń. Duża część prac odnosi się do sieci ATM, zawierającej mechanizmy gwarancji jakości usług.

Nie mniej istotną kwestią, wymagającą jednak jeszcze wielu prac badawczych, wydaje się być wpływ systemu operacyjnego na jakość usług multimedialnych aplikacji pracujących pod jego kontrolą. Konieczne staje się znalezienie odpowiedzi na pytanie, jak system operacyjny powinien zarządzać zasobami, aby możliwe było uzyskanie gwarancji usług na pewnym poziomie, koniecznym dla rozproszonego przetwarzania informacji multimedialnej w czasie rzeczywistym.

## LITERATURA

1. Hafid A., Bochmann G.v., Dssouli R.: Distributed multimedia Applications and Quality of Service.
2. Hafid A., Bochmann G.v.: Some Principles for Quality of Service Management.
3. Wajda K., Błasiak J., Grzybacz M., Marek C.: Budowa sieci komputerowych w technologii ATM. Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków 1997.
4. Mallikarjun Tatipamula, Bhunip Khasnabish: Multimedia Communication Networks: Technologies and Services. Artech House. Boston, London 1998
5. Krishnamurthy L.: AQUA: An Adaptive Quality of Service Architecture for Distributed Multimedia Applications.
6. Yau D., Lam S.: An Architecture Towards Efficient OS Support for Distributed Multimedia.
7. Stone D.L., Jeffay K.: An Empirical Study of Delay Jitter Management Policies. Multimedia Systems, Volume 2, Number 6 (January 1995) pages 267-279.
8. Jeffay K., Stone D.L, Smith F.D.: Transport and Display Mechanisms For Multimedia Conferencing Across Packet-Switched Networks.
9. Jeffay K., Bennett D.: A Rate-Based Execution Abstraction For Multimedia Computing.
10. Hafid A., Bochmann G.v.: An Approach To Quality Of Service Management For Distributed Multimedia Application.

Recenzent: Dr inż. Ryszard Winiarczyk

Wpłynęło do Redakcji 29 marca 1999 r.

**Abstract**

Distributed multimedia applications are very sensitive to the quality of service (QoS) provided by their computing and communication environment. Communication services can be characterised by some QoS parameters, e.g. transmit latency, delay-jitter loss rate and synchronisation between audio and video streams.

Multimedia systems contain a number of stream processing components (figure 3), responsible for video compression and decompression, data transmission etc. The resulting end-to-end quality of multimedia service must be considered to be the concatenation of the QoS characteristics of the individual transmission and computing components through which

the information flows. Therefore operating system have to provide integrated real-time management of all resources used by distributed multimedia application.

There has been much work in recent years in the field of QoS management for communication networks. Much of this work is related to ATM networks which are designed in the way to provide QoS guarantees. Table 3 presents some QoS information transfer parameters for ATM.

Another important area of research relates to resource allocation within real-time operating systems in order to be able to guarantee specific performance guarantees for real-time processing of multimedia data. In order to meet the service user requirements operating system have to provide QoS mechanisms: QoS high-level specification, QoS negotiation, QoS management and monitoring, QoS adaptation to variable resources availability and QoS parameters renegotiation.