

Efektywność mediów strumieniowych

Wojciech SULEJ, Marta ZIÓLKOWSKA

Instytut Teleinformatyki i Automatyki WAT,
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
wsulej@wat.edu.pl, wermia@gmail.com

STRESZCZENIE: W artykule przedstawiono problem efektywności mediów strumieniowych. Przede wszystkim problem ten został określony i zdefiniowany. Ponadto w artykule przedstawiono co może wpływać i w jaki sposób na efektywność mediów strumieniowych. Na podstawie zebranych danych będzie można opracować skuteczne metody pomiaru efektywności mediów strumieniowych.

SŁOWA KLUCZOWE: efektywność, media strumieniowe, postępujące pobieranie, serwer strumieniowy, kontener multimedialny

1. Problematyka mediów strumieniowych

Postęp techniczny współczesnego świata, szczególnie w dziedzinie przepływu informacji, powoduje permanentnie rosnące zapotrzebowanie na transfer przez sieci telekomunikacyjne coraz większej ilości danych w tym treści multimedialnych. Dzięki szybkiemu rozwojowi i wzrostowi szybkości łączy internetowych możliwe stało się przesyłanie plików o coraz większym rozmiarze, takich jak filmy lub utwory muzyczne.

Używając standardowych metod przesyłania danych, aby obejrzeć wybrany film lub odsłuchać utwór muzyczny dostępny np. przez Internet należy go najpierw pobrać w całości i zapisać jego kopię na dysku lokalnym. Następnie możliwe jest odtworzenie takiego materiału na lokalnym komputerze użytkownika. To podejście powoduje, że użytkownik musi czekać – czasami bardzo długo – na możliwość obejrzenia czy odsłuchania treści multimedialnej. Co więcej ze względu na znaczną wielkość ściąganych plików istnieje potrzeba zapewnienia przez użytkownika odpowiedniego miejsca na urządzeniu magazynującym dane.

Taka sytuacja może wyeliminować w znacznym stopniu z tych zastosowań np. niewielkie urządzenia przenośne czy inne urządzenia słabiej wyposażone. Trudno bowiem jest zapewnić odpowiednio dużo miejsca na karcie pamięci telefonu komórkowego, smartfona czy palmtopa na długi film w dobrej rozdzielczości lub dużą liczbę plików muzycznych.

Naprzeciw tym wszystkim niedogodnościom wychodzi technologia mediów strumieniowych, nazywana też strumieniowaniem multimediów. Nazwa tej technologii nawiązuje do faktu, że dane wysyłane są do użytkownika w formie cyfrowego, ciągłego strumienia bitów. Media strumieniowe umożliwiają jednoczesne przesyłanie obrazu i dźwięku w czasie rzeczywistym. Strumieniowaną treścią może być materiał nagrywany na bieżąco lub wcześniej zgromadzony na urządzeniu magazynującym.

Pojęcie strumieniowania formalnie definiowane jest jako zdolność przesyłania danych od dostawcy transmisji strumieniowej do użytkownika w sposób nieprzerywany wraz z możliwością prezentowania danych już od początku ich otrzymywania. Inaczej jest to technika dostarczania danych poprzez sieć komputerową w postaci stałego i ciągłego strumienia danych. Strumień taki umożliwia na przykład natychmiastowe oglądanie zawartości pliku wideo, zanim zostanie wysłany użytkownikowi cały plik. Natomiast serwer mediów strumieniowych to komputer ze specjalnym oprogramowaniem, które umożliwia przetwarzanie i dystrybucję danych multimedialnych w postaci strumieniowej [1].

Dla każdego systemu dystrybucyjnego multimedia efektywność jest najistotniejszą cechą, gdyż głównym celem takiego systemu jest uzyskanie zdolności przesyłania treści multimedialnych w jak najlepszej jakości do jak największej liczby użytkowników jednocześnie przy jak najmniejszych nakładach pracy i kosztach projektowania oraz zbudowania takiego systemu [2]. Stąd też badania efektywności mediów strumieniowych są istotne dla specjalistów, którzy takie systemy projektują. Jest to nowa tematyka tak więc nie ma jeszcze standardowej metodyki umożliwiającej ocenę efektywności poszczególnych rozwiązań.

Także w ramach prac prowadzonych w Instytucie Teleinformatyki i Automatyki Wojskowej Akademii Technicznej ta tematyka jest obecna [3]. Aktualnie prowadzone prace mają przyczynić się do rozwoju tego obszaru badań.

Podstawowym celem badań jest przeanalizowanie wszystkich elementów mediów strumieniowych i określenie właściwości mających wpływ na ich efektywność. Na podstawie takiej analizy zostanie opracowana metodyka badań efektywności mediów strumieniowych. Wyniki badań przeprowadzonych według tej metodyki posłużą do określenia wytycznych, którymi należy się kierować przy projektowaniu i wdrażaniu rozwiązań opartych na strumieniowaniu.

Takie zasady tworzenia efektywnych rozwiązań będą mogły być także wykorzystywane przy refaktoryzacji i optymalizacji istniejących systemów, a także do ich oceny i porównywania.

2. Założenia odnośnie mediów strumieniowych

Zgodnie z opracowaniem firmy Adobe¹ – rozwiązania tej firmy dotyczące strumieniowania multimediów są najbardziej popularne w Internecie – założenia dotyczące mediów strumieniowych są następujące:

1. Technologia mediów strumieniowych umożliwia dostęp do zasobów sieci Internet lub Intranet takich jak pliki audio i wideo w czasie rzeczywistym (ang. *real-time* lub *live*) lub na życzenie (ang. *on demand*) użytkownika.

Dostęp do zasobów w czasie rzeczywistym – treści multimedialne są jednocześnie pozyskiwane i transmitowane w czasie bliskim czasu rzeczywistego. Dane multimedialne docierają do wszystkich użytkowników z dowolnego, odległego od nich miejsca na świecie, np. transmisja koncertu na żywo. Ponieważ zdarzenia utrwalone za pomocą danych multimedialnych są przekazywane do użytkownika na bieżąco, użytkownik nie ma możliwości sterowania transmisją.

Dostęp do zasobów na życzenie – serwer mediów strumieniowych dysponuje bazą zarejestrowanych danych multimedialnych. Każdy użytkownik wybiera z tej bazy interesujące go treści multimedialne i określa od którego miejsca rozpocznie się ich transmisja. Dane multimedialne przechowywane i publikowane w sieci Internet lub Intranet w formatach strumieniowych mogą zostać udostępnione użytkownikowi w dowolnym czasie. Przykładem może być tutaj wirtualna wypożyczalnia filmów, w której wybieramy sobie jeden z filmów udostępnianych przez serwer, a następnie możemy obejrzeć go na swoim komputerze po zainicjowaniu jego transmisji poprzez sieć komputerową. Strumieniowanie umożliwia także wygodną dystrybucję nagranych i edytowanych treści „na życzenie”.

2. Treści multimedialne są dostarczane do użytkownika za pośrednictwem serwera strumieniowego (ang. *media server application*), a na komputerze odbiorcy są one przetwarzane i prezentowane przez odtwarzacz mediów strumieniowych (ang. *client player applicaton*) od razu, bez potrzeby oczekiwania na zakończenie całej transmisji danych.

¹ Za Adobe Dynamic Media Group, *A Streaming Media Primer*, Adobe Systems Inc, San José, CA, 2001

Aplikacja kliencka użytkownika – popularnie nazywana odtwarzaczem multimedialnym – może rozpocząć prezentowanie otrzymanej treści strumieniowej od razu (jak tylko zostanie przesłana odpowiednia ilość danych) bez czekania aż zostanie pobrany cały plik. Podczas transferu danych są one tymczasowo przechowywane w buforze dopóki nie znajdzie się tam wystarczająca ilość danych od rozpoczęcia odtwarzania.

3. Strumieniowany plik jest natychmiastowo i jednocześnie pobierany, przetwarzany i odtwarzany. Wyżej wymieniony plik nie pozostawia żadnej kopii z zawartością na docelowej stacji roboczej użytkownika.

Uniemożliwia to modyfikowanie i redystrybucję pobranych danych, ponieważ nie jest tworzona żadna kopia zawartości na lokalnym dysku odbiorcy. Dane przesyłane są strumieniami i jedyną możliwością zapisu na dysku jest użycie wyspecjalizowanej aplikacji, która przechwytuje zawartość strumieni.

3. Typy treści multimedialnych do strumieniowania

Strumieniowanie to technika, która została stworzona głównie w celu skrócenia czasu oczekiwania na możliwość odtworzenia transmitowanej treści multimedialnej. Dla małych ilości danych czas ich przesyłania jest krótki, stąd wykorzystanie strumieniowania jest nieefektywne. W tym przypadku pobranie całego pliku wymagałoby porównywalnej ilości czasu przy zdecydowanie mniejszych nakładach na infrastrukturę w przeciwieństwie do strumieniowania. W związku z tym media strumieniowe wykorzystuje się dla następujących typów treści multimedialnych:

Audio – najprostszy typ mediów do strumieniowania. Nie wymaga dużo czasu ani skomplikowanych umiejętności do wytworzenia. Strumieniowanie sygnału audio jest idealne do dostarczania muzyki, wywiadów czy przemówień oraz wszystkich wypowiedzi niepotrzebujących wizualizacji.

Audio ze slajdami – nagranie audio zawierające statyczne slajdy jest jednym z najczęściej używanych metod przy zdalnym nauczaniu. Ten typ danych określany jest także jako „ilustrowane nagranie audio” (ang. *illustrated audio*). Duży wybór szeroko dostępnych narzędzi sprawia, że połączenie slajdów z narracją nie jest skomplikowane i nie wymaga szczególnych umiejętności. Strumieniowanie tego typu zawartości umożliwia otrzymanie dobrej jakości nagrania audio oraz obrazów, nawet przy transmisji o małej przepływności.

Wideo – ten typ danych wymaga dużej przepustowości sieci, dlatego takie rozwiązanie znajduje zastosowanie w rozrywce, kiedy jego wykorzystanie jest alternatywne, a nie konieczne, jak na przykład przy zdalnym nauczaniu. Przykładowo przy połączeniu modemowym odtworzenie takiego pliku jest

praktycznie niemożliwe. Także przygotowanie pliku wideo do strumieniowania jest bardziej skomplikowane i wymaga więcej środków.

Animacja – jest to połączenie obrazów ruchomych z tekstem. Do wytworzenia takiego typu danych potrzebne są wyspecjalizowane narzędzia, które wspierają technologię strumieniowania danych. Animacja często jest połączona i synchronizowana z nagraniem audio.

Emisja programów „na żywo” w sieci – metoda ta jest najdroższa, wymagająca najwięcej czasu i nakładów. Wykorzystywana zazwyczaj przy konferencjach lub telewizji internetowej. W celu transmisji treści w dobrej jakości niezbędna jest duża lub bardzo duża przepustowość sieci.

4. Kontenery multimedialne

Kontener multimedialny określa format meta-pliku, który umożliwia przechowywanie kompletnego materiału multimedialnego (obrazów, tekstów, dźwięku lub filmu) w całości, w jednym pliku. Specyfikacja kontenera określa sposób organizacji danych powstałych w wyniku kodowania np. jakie kodeki mogą być wykorzystywane do przechowywania danych w danym kontenerze.

Kontener multimedialny może zawierać dowolne zestawienie następujących elementów:

- dowolną kombinację materiałów multimedialnych lub pojedyncze typy zawartości do strumieniowania;
- dane tekstowe (np. podpisy do materiałów wideo w postaci kilku ścieżek tłumaczenia tekstowego dla różnych wersji językowych);
- meta-dane (np. MPEG-7);
- dane do synchronizacji odtwarzania różnych strumieni danych;
- dane dla korekcji/detekcji błędów.

Różne kontenery multimedialne mogą zawierać te same dane. Istnieje duża gama kontenerów, które różnią się pomiędzy sobą zarówno zakresem funkcji jak i zakresem zastosowań. Dodatkowo kontener multimedialny może być wyspecjalizowany na potrzeby jednego typu danych, na przykład audio [4].

Najczęściej stosowane kontenery multimedialne i stosowane dla nich rozszerzenia plików to:

- MPEG-4 Part 14 (.MP4) – standardowy kontener AV dla MPEG-4, który definiuje zestaw zaawansowanych algorytmów kompresji audio i wideo. Opracowany przez grupę ISO/IEC MPEG na potrzeby mediów strumieniowych w sieci Web, dystrybucji CD, wideokonferencji i telewizji;

- Quicktime (.MOV, .QT) – opracowany i rozwijany przez firmę Apple, desygnowany jako kontener danych dla systemów operacyjnych MacOS;
- AVI (.AVI) – (ang. *Audio Video Interleave*) to kontener danych audiowizualnych. Został wprowadzony w roku 1992 przez firmę Microsoft. Stanowi część technologii Video for Windows. Miał na celu przystosowanie systemu Windows do obsługi multimedialnych. Format AVI jest specjalną odmianą formatu RIFF. Zapisywanie danych umożliwia proces kodowania, zaś odczyt – dekodowania. Technologia RIFF wykorzystana w formacie AVI daje możliwość kodowania danych nieskompresowanych lub poddanych wcześniejszej kompresji. W formacie AVI najczęściej stosowane są następujące formaty kompresji obrazu: XviD, DivX, Intel Real Time Video, Indeo, Cinepak, MJPEG, Editable MPEG, VDOWave, QPEG, MPEG-4, ClearVideo/RealVideo;
- Real Media (.RM) – jest to kontener stworzony przez firmę RealNetworks. Wykorzystywany w połączeniu z kompresją RealAudio i RealVideo;
- Matroska (.MKV, .MKA, .MKS) – rozwiązanie opracowane przez organizację Matroska. Kontener ten umożliwia szybkie odszukanie treści w pliku, wysoką wykrywalność błędów, podział na rozdziały, wybieralne strumienie audio i tłumaczeń oraz menu jak w DVD. Jest to projekt w otwartym standardzie na licencji GNU L-GPL. Powstał jako darmowa alternatywa względem komercyjnych kontenerów takich jak AVI, ASF, MOV, RM, MPEG-4;
- Ogg (.OGG, .OGA, .OGV, .OGX) – format kontenera strumieni danych, wytworzony przez fundację Xiph.org. Został zaprojektowany, aby dostarczyć mechanizm podziału na ramki (ang. *framing*) oraz ochronę przed błędami. Jest to struktura opracowana dla wysokopoziomowych kodeków strumieni, które składają się z prostych pakietów danych bez enkapsulacji. Zalecany przy wykorzystaniu kodeków opracowanych przez Xiph takich jak „Vorbis” lub „Theora”. Wszystkie składowe kontenera czyli audio i wideo, współpracują z protokołem RTP natomiast menu w formacie XML Shareable Playlist Format (XSPF). Powstał by wspierać inicjatywy związane z rozwojem wolnego oprogramowania do kodowania i dekodowania multimedialnych;
- ASF (.ASF) – (ang. *Advanced Systems Format* dawniej *Advanced Streaming Format*) – kontener multimedialny opracowany przez firmę Microsoft na potrzeby platformy Windows Media. Wykorzystywany do przechowywania strumieni danych zakodowanych za pomocą Windows Media Audio (WMA) i/lub Windows Media Video (WMV). Według obowiązującej licencji nie jest możliwa konwersja plików ASF do innego formatu. Ponieważ właścicielem patentu jest firma Microsoft to użytkownicy innych systemów operacyjnych niż Windows nie mogą odtwarzać tych plików;
- Wave (.WAV) – (ang. *waveform audio format*) to format plików dźwiękowych stworzony przez Microsoft oraz IBM. Podstawą formatu

WAVE jest format RIFF. Poszerza go o następujące informacje o strumieniu audio: użyty kodek, częstotliwość próbkowania i liczbę kanałów. WAVE podobnie jak RIFF został przewidziany dla komputerów IBM PC. WAVE mogą być zapisane przy użyciu dowolnych kodeków audio, jednak najczęściej stosuje się nieskompresowany format PCM. Format ten powoduje, że skompresowane pliki zajmują dużo miejsca (około 172 kB na sekundę dla jakości CD) oraz wprowadza ograniczenie wielkości pliku do 4 GB, ze względu na 32-bitowe zmienne. Format WAV został częściowo zastąpiony przez formaty kompresji stratnej. Jednak dzięki swojej prostocie, nadal znajduje szerokie zastosowania w edycji dźwięku oraz w przenośnych urządzeniach audio takich jak odtwarzacze i cyfrowe dyktafony.

Użytkownik ma możliwość wyboru kontenera multimedialnego do strumieniowania w zakresie, w jakim wykorzystywane przez niego oprogramowanie zapewnia wsparcie dla tego kontenera. Najczęściej używanym kontenerem jest MPEG-4 z powodu zwiększonej efektywności w stosunku do pozostałych kontenerów [5].

5. Metody strumieniowania

Możemy wyróżnić trzy metody strumieniowania treści multimedialnych: strumieniowanie właściwe (prawdziwe), pobieranie oraz metodę hybrydową.

5.1. Strumieniowanie za pomocą serwerów strumieniowych

Metodę strumieniowania za pomocą serwerów strumieniowych nazywa się „prawdziwym strumieniowaniem” (ang. *true streaming*).

Jest to metoda właściwego strumieniowania, ponieważ spełnia ona wszystkie trzy założenia odnośnie mediów strumieniowych:

- zapewnia dostęp w czasie rzeczywistym i „na życzenie”;
- wykorzystuje serwery strumieniowe i strumieniowe oprogramowanie klienckie;
- dane są pobierane, przetwarzane i prezentowane jednocześnie oraz natychmiastowo bez pozostawiania kopii na dysku lokalnym.

W celu zastosowania tej metody potrzebna jest specjalistyczna infrastruktura obejmująca serwery strumieniowe oraz hosty z odpowiednim oprogramowaniem.

Dzięki takiemu rozwiązaniu końcowy użytkownik może rozpocząć odtwarzanie zawartości multimedialnej od razu (po odczekaniu czasu potrzebnego na zbuforowanie informacji) po rozpoczęciu pobierania. W efekcie dane przesyłane są w strumieniu, a użytkownik może korzystać z już

otrzymanych danych podczas kiedy kolejne dane są dostarczane. W ten sposób eliminowany jest czas oczekiwania na plik jedynie do czasu potrzebnego na buforowanie informacji. Dodatkową zaletą jest to, że użytkownik dostaje możliwość oglądania wydarzeń „na żywo”.

5.2. Strumieniowanie przy użyciu protokołu HTTP

Metoda strumieniowania przy użyciu protokołu HTTP (ang. *HyperText Transfer Protocol*) nazywana jest również „pobieraniem” (ang. *downloading*).

Protokół HTTP jest odpowiedzialny m.in. za przesyłanie danych z serwera WWW do przeglądarki WWW w odpowiedzi na zgłoszenie, stąd można zastosować go do strumieniowania.

Strumieniowanie przy użyciu tego protokołu zapewniają następujące mechanizmy:

- serwer internetowy nie zamyka połączenia z klientem po przesłaniu danych. Różni się to od klasycznego cyklu komunikacji HTTP, w którym połączenie z klientem jest natychmiastowo zamykane po przesłaniu danych;
- serwer internetowy pozostawia otwarte połączenie na wypadek, gdyby otrzymał kolejne żądanie od tego samego klienta, co umożliwia mu natychmiastowe przesłanie danych; w innym przypadku dane trafiłyby do kolejki do momentu, aż serwer obsłużyłby inne żądania.

To wszystko powoduje, że metoda ta jest najmniej skomplikowana. W tym przypadku nie jest wymagane specjalistyczne oprogramowanie do strumieniowania ani kosztowna infrastruktura. Dostęp do treści multimedialnych możliwy jest poprzez zwykłą przeglądarkę internetową. Łatwo można także zainicjować transmisję wykorzystując do tego odnośniki (ang. *hyperlink*) do poszczególnych treści (plików). Bardziej zaawansowany sposób polega natomiast na wbudowaniu treści (pliku) w stronę WWW przy użyciu odpowiedniego kodu HTML. Pobieranie pliku wiąże się z zachowaniem go na dysku, najczęściej w pliku „tmp” (ang. *temporary*). Odczyt pobranych informacji jest możliwy tylko, jeśli cały plik zostanie zapisany. Zaletą tego rozwiązania jest to, że dostęp do poszczególnych fragmentów filmu lub innego utworu jest szybszy. Wadą natomiast jest dłuższy czas oczekiwania potrzebny na pobranie całego pliku.

Technicznie ta metoda nie jest właściwym strumieniowaniem, a jedynie możliwą do zaakceptowania imitacją.

5.3. Metoda hybrydowa

Metoda hybrydowa powstała z połączenia dwóch poprzednio wymienionych metod i nazywana jest „postępującym pobieraniem” (ang. *progressive downloading*). Jest to technika „pseudo-strumieniowania” czy inaczej „quasi-strumieniowania”, która umożliwia dla wybranych formatów plików rozpoczęcie odtwarzania treści multimedialnej przed całkowitym jego pobraniem. Wszystkie transmitowane dane są w całości zapisywane na dysku lokalnym komputera, a dopiero później z niego usuwane. Tworzy to złudzenie, że działanie jest takie samo jak w wypadku właściwego strumieniowania. Tę metodę wykorzystuje „flash-streaming” opracowany przez firmę Adobe.

6. Właściwości mediów strumieniowych wpływające na ich efektywność

W szerokim znaczeniu pojęcie efektywności oznacza najlepsze uzyskane rezultaty przy poniesieniu najniższych kosztów. Synonimami efektywności są skuteczność, sprawność, wydajność.

Dla potrzeb prowadzonych badań efektywność mediów strumieniowych jest rozumiana jako zdolność systemu wykorzystującego tę technikę do przesyłania różnych typów treści multimedialnych, w jak najlepszej jakości, do jak największej liczby użytkowników jednocześnie, przy jak najmniejszych nakładach pracy i kosztów projektowania oraz wytworzenia takiego systemu.

Właściwości mające wpływ na efektywność mediów strumieniowych można podzielić na następujące grupy:

- parametry sprzętowe serwera mediów strumieniowych;
- parametry sprzętowe multimedialnej platformy roboczej użytkownika;
- metody strumieniowania;
- przepustowość łączy i poprawność przesyłu pakietów;
- sposób realizacji strumieniowania przez serwer mediów strumieniowych;
- zastosowane oprogramowanie, wykorzystywane protokoły sieciowe i parametry buforów;
- zastosowane mechanizmy zapewniania jakości (QoS);
- zapewnienie dostępności usług;
- preferencje inwestora i konstruktora systemu dystrybuującego media strumieniowe;
- subiektywna ocena użytkownika jakości transmisji treści multimedialnych.

6.1. Parametry sprzętowe serwera mediów strumieniowych

Na efektywność całego systemu dystrybuującego media strumieniowe duży wpływ ma serwer mediów strumieniowych. Najczęściej jest to wyspecjalizowany komputer z zainstalowanym odpowiednim oprogramowaniem rozgłaszającym. Na wydajność i poprawne działanie serwera składa się wiele elementów, a najważniejsze z nich to: procesor, pamięć RAM oraz dyski. Poprawne działanie serwera jest warunkiem koniecznym, ale nie wystarczającym, aby system dystrybucyjny działał poprawnie i efektywnie.

6.1.1. Procesor

Procesor jest głównym elementem komputera, którego zadaniem jest wykonywanie rozkazów i sterowanie pracą wszystkich pozostałych bloków systemu (m.in. pamięci i układów wejścia-wyjścia). Wydajność procesora przekłada się na czas potrzebny do rozpoczęcia transmisji wybranej treści multimedialnej.

Parametr, który ma największy wpływ na szybkość procesora to częstotliwość z jaką jest on taktowany. Im większa częstotliwość tym szybsze przetwarzanie informacji czyli czas odpowiedzi na żądanie użytkownika mniejszy.

Procesor może posiadać więcej niż jeden rdzeń, co umożliwia równoległe przetwarzanie danych, a co za tym idzie również zwiększenie szybkości przetwarzania informacji. Jednak efektywniejszym rozwiązaniem jest wybór procesora z mniejszą liczbą rdzeni i o większej częstotliwości taktowania niż odwrotna konfiguracja. Realizacja wielu rdzeni procesora może występować w dwóch rodzajach jako rozwiązanie sprzętowe i programowe. Rozwiązanie sprzętowe jest bardziej niezawodne i wydajniejsze.

6.1.2. Pamięć RAM

Pamięć RAM (ang. *Random Access Memory*) jest to pamięć o dostępie swobodnym czyli pozwala ona na dostęp do przechowywanych danych w stałym czasie, niezależne od miejsca ich przechowywania i wcześniejszych operacji, dodatkowo zakłada się, że możliwy jest jej wielokrotny odczyt i zapis.

Rodzaj zastosowanej pamięci, szybkość i jej ilość ma duży wpływ na wydajność komputera. Ma on charakter nieliniowy, ponieważ wydajność komputera wzrasta nieproporcjonalnie do wzrostu częstotliwości taktowania i ilości pamięci RAM. Przy czym wzrost szybkości pamięci oraz jej ilości pociąga za sobą wzrost wydatków.

Ilość pamięci RAM ma duży wpływ na szybkość działania systemu operacyjnego oraz uruchamianych aplikacji ponieważ przechowywane są tam aktualnie wykonywane programy, potrzebne do ich wykonania dane oraz wyniki ich operacji. Dzięki takiej charakterystyce pracy, procesor ma natychmiastowy dostęp do potrzebnych danych.

Kiedy rozmiar wykorzystywanych danych jest znacznie większy niż zainstalowana ilość pamięci, wtedy część danych zostaje zapisana w pamięci wirtualnej (dane te nie są przechowywane w pamięci operacyjnej, ale na dysku twardym) i czas dostępu do nich jest znacznie wydłużony.

Na wydajność samej pamięci RAM ma wpływ m.in. jej rozłożenie w slotach na płycie głównej. Najkorzystniejszą opcją jest równomierne rozłożenie wszystkich kości pamięci w dostępnych slotach płyty głównej. Pamięć RAM jest wykorzystywana najefektywniej, jeżeli wszystkie kości pamięci mają tę samą pojemność.

6.1.3. Dysk twardy

Dysk twardy lub inne urządzenie magazynujące dane jest istotne w procesie dystrybucji mediów strumieniowych. Serwer po otrzymaniu żądania od klienta i przetworzeniu go przez procesor pobiera z dysku twardego plik, który ma być wysłany do użytkownika. W całej operacji ma znaczenie wielkość pliku i ilość danych do jednorazowej dystrybucji. Jeżeli pliki są małe, ale jest ich dużo, najbardziej istotnym parametrem dysku wpływającym na efektywność będzie średni czas dostępu. W przypadku wielu małych plików operacja odnalezienia pliku będzie wykonywana częściej i dłużej niż samo pobieranie. Natomiast jeżeli strumieniowych plików jest mało lecz są duże to najważniejszym parametrem będzie transfer wewnętrzny dysku. Dzieje się tak ponieważ odnalezienie pliku nie będzie tak częstą operacją w przeciwieństwie do długiej operacji pobierania materiału z dysku.

6.2. Parametry sprzętowe multimedialnej platformy roboczej użytkownika

6.2.1. Procesor

Na wydajność multimedialnej stacji roboczej użytkownika również wpływ ma procesor. Układ ten jest tak istotny, ponieważ determinuje czas potrzebny odtwarzaczowi mediów strumieniowych na zdekodowanie i odtworzenie pobranej treści multimedialnej.

6.2.2. Pamięć RAM

Duża ilość pamięci RAM zapewnia szybką reakcję komputera na akcje użytkownika, kiedy uruchomionych jest wiele aplikacji lub aplikacje wymagają dużej ilości pamięci. Istnieje jednak minimalna ilość pamięci, która zapewnia (pod warunkiem uruchomienia tylko jednej aplikacji do odbioru mediów strumieniowych) możliwość poprawnego odbioru przesyłanej treści multimedialnej.

Jeżeli na stacji roboczej zainstalowane jest za mało pamięci to treść multimedialna nie będzie odtwarzana płynnie, co objawi się ograniczeniem szybkości (płynności) odtwarzania w klatkach na sekundę (kl/s lub fps ang. *frames per second*). Zakłada się, że do poprawnego odbioru obrazu przez użytkownika wystarczy 15 kl/s. Wartość tego parametru jest zmienna dla różnych systemów przesyłania multimedii i im większy jest ten współczynnik tym jakość jest lepsza.

6.2.3. Inne składowe multimedialnej stacji roboczej klienta

Multimedialna stacja robocza klienta składa się także z innych elementów poza wymienionymi. Składowe te także są istotne z punktu widzenia procesu odbioru mediów strumieniowych. Do takich elementów platformy roboczej klienta należą: urządzenia zobrazowania, karta graficzna oraz dysk twardy.

Wszelkie ograniczenia urządzenia zobrazowania oraz karty graficznej mają wpływ głównie na treści multimedialne wykorzystujące wizualne środki przekazu. Jednak odnalezienie interesującej treści audio bez wykorzystania żadnego urządzenia zobrazowania jest praktycznie niemożliwe, ale nie wpływa na jakość. W wypadku treści multimedialnej w formie audio wpływ na jakość poprawnie odtwarzanego materiału może mieć jedynie sprzęt grający.

Monitor bądź ekran (np. telefonu komórkowego) jako urządzenie zobrazowania ma bardzo duży wpływ na jakość odtwarzanej treści multimedialnej. Jego niepoprawne ustawienie, takie jak kontrast, nasycenie barwami lub nasycenie światłem może znacznie pogorszyć wartości wizualne danego obrazu. Natomiast częściowe lub całkowite uszkodzenie urządzenia zobrazowania jest w stanie utrudnić lub całkowicie uniemożliwić odbiór obrazu. Istotnym parametrem związanym z jakością odtwarzanej treści multimedialnej jest rozdzielczość urządzenia zobrazowania. Rozdzielczość prezentowanej treści powinna być dopasowana do rozdzielczości monitora lub ekranu, gdyż przy powiększaniu obrazu o małej rozdzielczości przeważnie staje się on nieczytelny.

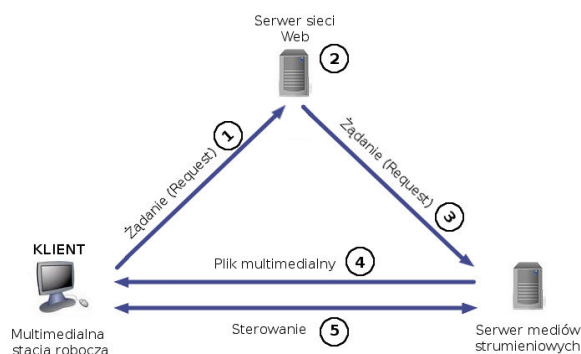
Jakość i rodzaj karty graficznej ma niewielki wpływ na jakość odtwarzanej zawartości multimedialnej, praktycznie nie zauważalny dla oka ludzkiego. Obecnie produkowane karty są tak zaawansowane, że umożliwiają bezproblemowe odtworzenie treści multimedialnej w dowolnej rozdzielczości.

Dysk twardy nie jest istotnym elementem przy „prawdziwym strumieniowaniu” ponieważ przesyłane dane przechowywane są w buforze i bezpośrednio z niego odtwarzane. Wydajność twardego dysku ma największy wpływ na efektywność odtwarzania przy pozostałych metodach strumieniowania mediów: strumieniowaniu za pomocą protokołu HTTP oraz metodzie hybrydowej. Jednak obecnie produkowane dyski twarde są takiej jakości, że nie wpływają na efektywność odtwarzania mediów strumieniowych.

6.3. Metody strumieniowania

Pośród wszystkich trzech metod strumieniowania, które szczegółowo są opisane w jednym z poprzednich rozdziałów godną uwagi jest jedynie metoda prawdziwego strumieniowania (ang. *true streaming*). Pozostałe dwie metody zależne są głównie od infrastruktury sieciowej, m.in. przepustowości sieci.

Zarówno strumieniowanie za pomocą protokołu HTTP jak i metoda hybrydowa do swojego działania potrzebują konkretnego oprogramowania oraz szczególnych protokołów charakterystycznych tylko dla tych metod.



Rys. 1. Zasada działania prawdziwego strumieniowania

6.4. Przepustowość łącza i poprawność przesyłanych pakietów

Różne sposoby realizacji strumieniowania wymagają różnej przepustowości łącza do poprawnego działania, co jest związane z ilością strumieni wysyłanych jednocześnie. Dlatego istotnym parametrem w tym przypadku będzie obciążalność ruchowa sieci. Charakteryzuje ona stopień dopasowania zasobów sieci do natężenia ruchu generowanego przez użytkowników. Przepływność sieci określa całkowitą intensywność wejściowego strumienia wywołań z pominięciem wywołań nie obsługiwanych.

Efektywność informacyjna określa stopień wykorzystania możliwości informacyjnych systemu przy określonej wartości przepływu sieci. Wartość przepływu sieci może być przedstawiana jako przepustowość łącza. Pakietowa stopa błędu określa prawdopodobieństwo wystąpienia przekłamania bloku informacji w strumieniu przesyłanych danych [2].

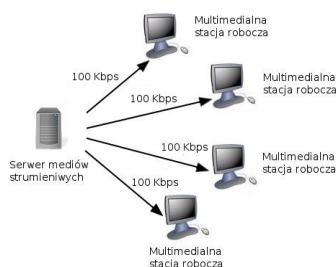
6.5. Sposób realizacji strumieniowania przez serwer mediów strumieniowych

Są dwa podstawowe sposoby realizacji strumieniowania przez serwer: emisja pojedyncza nazywana także unicast oraz multiemisja nazywana multicast. Jest też trzeci sposób czyli multiemisja refleksyjna (ang. *reflected multicast*), który jest mariażem dwóch powyższych metod w dowolnej proporcji [5].

Sposób realizacji strumieniowania ma wpływ na minimalną moc obliczeniową serwera. Im więcej strumieni jest potrzebnych do obsłużenia wszystkich klientów tym większe jest obciążenie m.in. procesora. Stąd też przy zastosowaniu metody unicast wymagane są znacznie lepsze parametry serwera niż przy zastosowaniu metody multicast.

6.5.1. Emisja pojedyncza – unicast

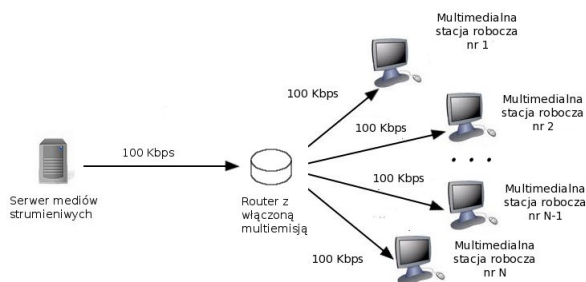
Przy pojedynczej emisji jedna kopia pliku z materiałem multimedialnym jest wysyłana do każdego podłączonego klienta, nawet jeżeli jest to ten sam plik. Kiedy nowy użytkownik rozpoczyna odtwarzanie materiału multimedialnego, generowany jest dla niego nowy, oddzielny od pozostałych strumień danych i wysyłany do niego. Ten rodzaj emisji wymaga większej mocy obliczeniowej procesora serwera oraz zwiększonej przepustowości sieci, a co za tym idzie jest bardziej kosztowny w implementacji. Jednak dzięki temu, że każdy klient ma dostarczony oddzielny strumień, użytkownik ma indywidualną kontrolę nad odgrywanym plikiem. Pełna kontrola umożliwia zatrzymanie transmisji, powtarzanie wybranych fragmentów, przełączanie na inny fragment itp.



Rys. 2. Strumieniowanie unicast

6.5.2. Multiemisja – multicast

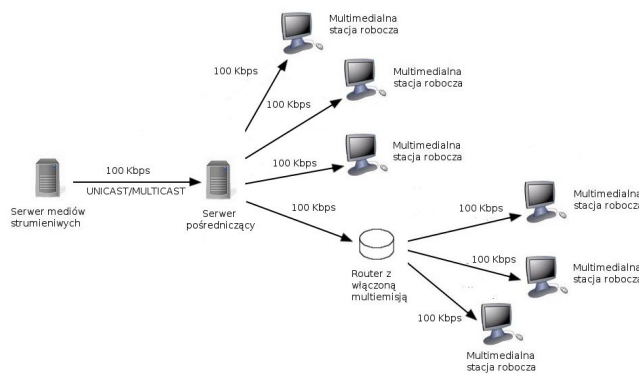
Przy multiemisji wysyłany jest tylko jeden strumień do wszystkich klientów. Użytkownik nie ma kontroli nad odbieranym materiałem multimedialnym. Multiemisja jest najlepszą metodą na dostarczenie tej samej zawartość wielu klientom w tym samym czasie. Jeden strumień transmitowany jest do wszystkich podłączonych klientów co powoduje zmniejszenie zapotrzebowania na przepustowość i moc obliczeniową procesora.



Rys. 3. Strumieniowanie multicast

6.5.3. Multiemisja refleksyjna

Multiemisja refleksyjna jest połączeniem multiemisji i emisji pojedynczej. Serwer mediów strumieniowych może jednocześnie korzystać ze strumieniowania multicast i unicast. Dane przesyłane są do serwera pośredniczącego, który podejmuje decyzję o rodzaju połączenia i nadaje dalej w odpowiednim formacie do odpowiednich klientów. To rozwiązanie łączy zalety poprzednich dwóch rozwiązań. Infrastruktura jest bardziej rozbudowana i kosztowniejsza, ale w zamian rozwiązanie to ma większą elastyczność.



Rys. 4. Strumieniowanie reflected multicast

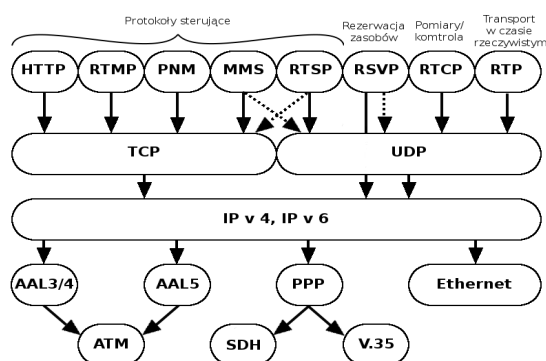
6.6. Zastosowane oprogramowanie, wykorzystywane protokoły sieciowe i parametry buforów

6.6.1. Zastosowane oprogramowanie

Oprogramowanie wytworzone przez różnych producentów wykorzystuje także mechanizmy, formaty i protokoły opracowane przez nich. Takie działanie powoduje, że wykorzystanie oprogramowania jednego producenta na serwerze oraz innego na multimedialnej stacji odbiorczej może doprowadzić do niezgodności któregoś z elementów i uniemożliwić odtworzenie przesyłanego strumienia. Do poprawnego odbioru strumieniowanej treści multimedialnej przez użytkownika odtwarzacz musi być w stanie zdekodować i odtworzyć format w jakim treść została przesłana. Mniejszym problemem jest protokół w jakim przesyłane są dane podczas komunikacji między klientem a serwerem. W wypadku różnic następuje proces uzgadniania wspólnego protokołu.

6.6.2. Wykorzystane protokoły sieciowe

Protokoły sieciowe używane w strumieniowaniu multimediiów mają za zadanie umożliwienie klientowi odbieranie plików w czasie rzeczywistym, tak aby rozpoczęcie odtwarzania zawartości zaczęło się natychmiast po odebraniu wystarczającej ilości danych, bez oczekiwania na pobranie całego pliku. Wszystkie protokoły używane do tego celu możemy podzielić na dwie grupy: protokoły kontroli transmisji oraz protokoły odpowiedzialne za dostarczanie danych. Do prawidłowej obsługi mediów strumieniowych obydwie te grupy powinny wzajemnie ze sobą współpracować. Strumieniowanie jest najczęściej obsługiwane przez protokoły z rodziny RTP/RTCP przy współpracy z protokołami warstwy aplikacji: RSTP, MMS, PNM/PNA, RTMP lub HTTP.



Rys. 5. Protokoły sieciowe wykorzystywane do strumieniowania

Wybór protokołu sieciowego wykorzystywanego do transmisji mediów strumieniowych często jest uzależniony od wykorzystanego oprogramowania. Najbardziej uniwersalny protokół to RTSP przy użyciu, którego większość aplikacji strumieniowych potrafi nawiązać komunikację [6].

Kiedy użytkownik nawiązuje komunikację z serwerem mediów strumieniowych jednym z pierwszych kroków jest ustalenie protokołu w jakim przesyłane będą dane, co przedstawia rys. 5.

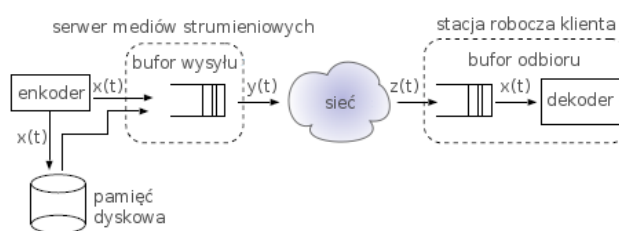
1	TCP	34738 > rtsp	[SYN] Seq=0 win=5840 Len=0 MSS=1460 TSV=2436379 TSER=0 WS=6
2	TCP	rtsp > 34738	[SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=24684 Len=0 MSS=1452 WS=0 TSV=0 TSER=0
3	TCP	rtsp > 34738	[SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=24684 Len=0 MSS=1452 WS=0 TSV=0 TSER=0
4	TCP	34738 > rtsp	[ACK] Seq=1 Ack=1 win=5888 Len=0 TSV=2436379 TSER=0
5	TCP	[TCP segment of a reassembled PDU]	
6	TCP	rtsp > 34738	[ACK] Seq=1 Ack=43 win=24642 Len=0 TSV=95434 TSER=2436379
7	TCP	[TCP Dup ACK 6#1] rtsp > 34738	[ACK] Seq=1 Ack=43 win=24642 Len=0 TSV=95434 TSER=2436379
8	RTSP	OPTIONS rtsp://192.168.0.11:554 RTSP/1.0	
9	RTSP	Reply: RTSP/1.0 200 OK	
10	RTSP	[TCP out-of-order] Reply: RTSP/1.0 200 OK	
11	TCP	34738 > rtsp	[ACK] Seq=378 Ack=304 win=6912 Len=0 TSV=2436415 TSER=95434
12	TCP	[TCP segment of a reassembled PDU]	
13	TCP	rtsp > 34738	[ACK] Seq=304 Ack=428 win=24257 Len=0 TSV=95436 TSER=2436415

Rys. 6. Przechwycone pakiety przez program Wireshark podczas ustalania protokołu sieciowego

Protokół jaki jest wykorzystany w transmisji mediów strumieniowych determinuje budowę ramek, komunikatów oraz opcji jakie są udostępnione użytkownikowi. Powoduje to, że poszczególne protokoły mogą być efektywniejsze w poszczególnych warunkach (np. przy większym lub mniejszym natężeniu ruchu lub różnej przepustowości łącza). Takie badanie jeszcze nie zostało przeprowadzone tak więc nie ma takiej klasyfikacji. Stworzenie klasyfikacji efektywności poszczególnych protokołów sieciowych umożliwi ich właściwy dobór w zależności od warunków występujących w sieci.

6.6.3. Bufor i jego parametry

Bufor jest tymczasowym obszarem magazynowania danych, przeważnie w pamięci RAM. Dane są umieszczane w buforze w celu ich wykorzystania z opóźnieniem w stosunku do chwili ich otrzymania. Bufor znajduje się zarówno na serwerze mediów strumieniowych jak i na stacji roboczej klienta.



Rys. 7. Zasada działania bufora

Bufor ma swoją domyślnie określoną wielkość, którą użytkownik może zmienić w opcjach odtwarzacza mediów strumieniowych. Mechanizm ten w przypadku mediów strumieniowych ma za zadanie zmniejszyć wpływ opóźnienia poszczególnych ramek. Im bufor jest większy tym większy fragment materiału multimedialnego będzie odtworzony płynnie. Jednak zwiększenie rozmiaru bufora wydłuża również czas oczekiwania na początkowe odtworzenie pliku. Jest to związane z tym, że rozpoczęcie odtwarzania materiału multimedialnego uzależnione jest od poziomu zapelnienia bufora.

Przy bardzo dużej przepustowości i małym natężeniu ruchu bufor może nie być potrzebny. Wielkość bufora jest definiowana w odtwarzaczu mediów znajdującym się na platformie sprzętowej klienta tak więc powoduje to, że maksymalna wartość jest ograniczona przez sam odtwarzacz. Należy jednak pamiętać, że zwiększanie bufora może polepszyć odtwarzanie materiału multimedialnego do pewnego momentu, późniejsze zwiększanie wielkości bufora nie przyniesie żadnych rezultatów.

6.7. Zastosowane mechanizmy zapewniania jakości (QoS)

Zastosowanie w systemie dystrybucyjnym mediów strumieniowych któregoś z mechanizmów zapewniania jakości QoS wyeliminuje lub zmniejszy problemy związane ze zbyt dużym natężeniem ruchu w stosunku do przepustowości. Do wyboru jest wiele mechanizmów zapewniających jakość usług QoS. Przy wyborze mechanizmu QoS może wystąpić zagrożenie innego typu przesyłanych danych lub jego zastosowanie może być bezcelowe np. nadanie priorytetów, gdy w systemie jest tylko ruch strumieniowy. Aby osiągnąć pożądany wynik należy najpierw zapoznać się ze strukturą ruchu danej sieci. Taka informacja umożliwi dobranie odpowiedniego mechanizmu zapewnienia jakości.

6.8. Zapewnienie dostępności usług

Dla użytkownika końcowego poza jakością dostarczanych mediów strumieniowych ważna jest także ich dostępność. Zapewnianie dostępności usługi jest szerokim pojęciem, które dla każdego użytkownika może oznaczać coś odmiennego. W tym zakresie należy wziąć pod uwagę następujące parametry: dostępność usług, prawdopodobieństwo przerwania usługi, ciągłość usługi oraz osiągalność usługi.

6.9. Preferencje inwestora i konstruktora systemu dystrybuującego media strumieniowe

6.9.1. Konstruktor a inwestor

Inwestor jest to osoba lub grupa osób, które określają wymagania na budowany system oraz finansują związane z tym działania. Taka osoba nie musi posiadać szczególnej wiedzy na temat budowanego systemu dystrybucyjnego. Określa wytyczne (np. wymagana jakość), cel systemu i ograniczenia (np. posiadany sprzęt lub infrastruktura, finansowe) dla konstruktora.

Konstruktor jest to osoba, która buduje dany system dystrybucyjny mediów strumieniowych. Taka osoba powinna być merytorycznie przygotowana do tego zadania. Znać określone metody, możliwe rozwiązania oraz ograniczenia związane z wymaganiami. Na podstawie swojej wiedzy i doświadczenia powinien umieć dobrać odpowiednie rozwiązanie do posiadanych środków i potrzeb oraz zgodnie z wytycznymi inwestora.

6.9.2. Metoda preferencji „eksperta”

Na poziom efektywności otrzymanego rezultatu wpływ mają zamierzone potrzeby i cele. W większości przypadków potrzeby te i cele mogą być różne w zależności od przeznaczenia danego systemu dystrybucyjnego, już posiadanych zasobów lub infrastruktury oraz wydatków jakie konstruktor bądź inwestor może przeznaczyć. Tak więc, aby uwzględnić preferencje konstruktora należy zastosować system wag, który będzie odzwierciedlał subiektywne preferencje.

„Metoda preferencji eksperta” umożliwi konstruktorowi przypisanie każdej z cech wpływającej na efektywność odpowiedniej wagi (priorytetu) w zależności od ważności cechy.

6.10. Subiektywna ocena użytkownika jakości transmisji treści multimedialnych

Każdy człowiek z powodu swojej odrębności ma własne, często odmienne zdanie na temat jakości. Jeden użytkownik uważa daną treść multimedialną za materiał o dobrej jakości, a już dla innego użytkownika ten sam materiał może mieć niewystarczającą jakość. Często jest to spowodowane predyspozycjami jednostki ludzkiej, głównie słuchowymi lub wzrokowymi.

Osoba, która ma określone predyspozycje, usłyszy lub zaobserwuje więcej szczegółów niż osoba, która ich nie posiada. Dlatego też użytkownik z dobrze rozwiniętymi predyspozycjami odczuje różnice w jakości w przeciwieństwie do użytkownika nie obdarzonego takimi zdolnościami.

Parametr nazwany jakością wyrażaną w subiektywnej ocenie użytkownika ma na celu umożliwić widzowi treści multimedialnej zawarcie jego zdania, na temat jakości materiału, który odbiera w ocenie efektywności systemu.

7. Podsumowanie

Celem pierwszego etapu badań nad efektywnością mediów strumieniowych było przeanalizowanie wszystkich elementów mediów strumieniowych oraz określenie właściwości i parametrów mających wpływ na ich efektywność. Jak wynika z niniejszego opracowania istnieje dużo czynników wpływających w różny sposób na efektywność strumieniowania multimedialnych.

Kolejny etap prac będzie polegał na wyznaczeniu na podstawie dokonanej analizy odpowiednich wskaźników i charakterystyk, które w sposób mierzalny pozwolą określić wpływ właściwości i parametrów mediów strumieniowych na ich efektywność.

Następnie zostanie opracowana metodyka, która umożliwi pomiar wartości wskaźników i odpowiednich charakterystyk. Potem zostaną przeprowadzone właściwe badania nad opracowanym systemem własnym.

Wyniki przeprowadzonych badań posłużą do określenia wytycznych, którymi należy się kierować przy projektowaniu i wdrażaniu rozwiązań opartych na mediach strumieniowych.

Literatura

- [1] LOGUINOV D., RADHA H., *Measurement study of low-bitrate internet video streaming*, IMW '01 Proceedings of the 1st ACM SIGCOMM Workshop on Internet Measurement, New York, 2001.
- [2] PENCAK Z., *Inżynieria sieci telekomunikacyjnych*, Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania, Warszawa, 2002.
- [3] ZIÓLKOWSKA M., *Badanie efektywności mediów strumieniowych w systemie cross-medialnym*, Praca dyplomowa, Wydział Cybernetyki WAT, 2010.
- [4] SKARBK W., *Multimedia – algorytmy i standardy kompresji*, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1998.

- [5] SANKOWSKI D., MOSOROW W., ZHMURKEVYCH A., *Mechanizmy strumieniowania materiałów wideo w Internecie*, TIZIB'05. Krajowa Konferencja Naukowa Technologie Internetowe w Zarządzaniu i Biznesie. Referaty, Łódź, 2005.
- [6] BROMIRSKI M., *Telefonia VoIP. Multimedialne sieci IP*, BTC, Warszawa 2006.

The efficiency of streaming media

ABSTRACT: The paper presents the problem of the efficiency of streaming media. First of all, this concept has been identified and defined. Moreover, the paper presents what may influence and how on the efficiency of streaming media. On the basis of the collected data effective methods of measuring the efficiency of streaming media can be developed.

KEYWORDS: efficiency, streaming media, progressive downloading, media server application, multimedia container

Praca wpłynęła do redakcji: 17.06.2011