

Arkadiusz SOCHAN, Stanisław JĘDRUŚ
Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN

LABORATORYJNE METODY BADANIA SIECI ATM

Streszczenie. W artykule przedstawiono charakterystykę ATM pod kątem wykorzystania tej technologii do transmisji o charakterze multimedialnym. Wskazano problematykę tworzenia efektywnych środowisk wymiany informacji multimedialnej. Ze względu na obserwowane zmiany charakterystyk ruchu w sieciach komputerowych rozważono konieczność rozwoju metod modelowania. Prace te powinny łączyć zarówno badania doświadczalne, jak i teoretyczne. W artykule zaprezentowano także Laboratorium Sieci ATM w IITiS PAN oraz prowadzone w nim prace.

LABORATORIAL METHODS OF ATM NETWORKS EVALUATION

Summary. In the article changes of traffic network characteristics and the needs for effective multimedia environments are described. Complex evaluation routines as multifractal analysis and analysis of self-similarity are needed to describe a modern network traffic. Configuration problems of performed communication platforms are considered. The needs of both experienced and theoretical researching are pointed out, too.

1. Wstęp

ATM (*ang. Asynchronous Transfer Mode*) jest jedną z najdynamiczniej rozwijających się technologii sieciowych w ostatnich latach. Jest rozwiązaniem elastycznym. Może być wykorzystywana w sieciach telekomunikacyjnych i komputerowych, zarówno rozległych, jak i lokalnych, korzystając z łączności przewodowej i bezprzewodowej. Zaawansowane techniki przelączania i multipleksacji spowodowały, że jest ona postrzegana jako podstawa sieci szerokopasmowych z integracją usług. Udostępnianie kilku klas usług pozwala efektywnie korzystać z dostępnego pasma. Natomiast zachowanie jakości usług powoduje, że ATM może

być stosowane do tak wymagających zadań, jakimi są transmisje multimedialne w czasie rzeczywistym.

1.1. Ogólna charakterystyka sieci ATM

Różnice między cyfrowymi sieciami telekomunikacyjnymi i komputerowymi coraz bardziej się zacierają, zwłaszcza w odniesieniu do sieci rozległych. Jednak porównując je na poziomie drugiej warstwy modelu odniesienia (ISO/OSI), można wyróżnić pewne elementy charakterystyczne dla obu środowisk, takie jak:

- struktura przesyłanej informacji,
- zmienność opóźnienia w transmisjach,
- techniki zestawiania połączeń,
- techniki współdzielenia zasobów.

W sieciach komputerowych do przesyłania danych najczęściej wykorzystuje się struktury o zmiennej długości. Transmisje są zorientowane bezpołączeniowo (*ang. connectionless oriented*), a techniki doboru tras bazują na przełączaniu pakietów (*ang. packet switching*). Wspólne pasmo jest dzielone między realizowane połączenia. Zmniejszające się opóźnienie przesyłanej informacji nie jest elementem krytycznym. Pod tym względem sieci telekomunikacyjne są całkowitym przeciwieństwem. Są zorientowane połączeniowo (*ang. connection-oriented*). Stosują techniki przełączania połączeń (*ang. circuit switching*). Korzystają z dedykowanego pasma, a zmienność opóźnienia może być elementem krytycznym transmisji.

Technologia ATM była początkowo rozwijana z myślą o zastosowaniach telekomunikacyjnych, lecz w trakcie prac okazało się, że z pewnymi modyfikacjami może być z powodzeniem stosowana także w sieciach komputerowych. Dzięki temu osiągnięto rozwiązanie wydajne i elastyczne.

Duża wydajność ATM [8, 9] jest uzyskiwana dzięki przyjęciu struktury transmisyjnej o stałej, niedużej wielkości, nazwanej komórką (*ang. cell*). Takie podejście pozwala budować przełączniki o bardzo dużych przepustowościach. Drugim ważnym elementem wpływającym na wydajność jest stosowanie transmisji zorientowanych połączeniowo z rezerwacją pasma. Oznacza to, że faza przekazywania informacji jest poprzedzona fazą nawiązania połączenia, podczas której negocjowane są parametry transmisji. Jeśli połączenie zostanie zestawione, to wynegocjowane parametry są zagwarantowane. Ogranicza się też w ten sposób ilość przesyłanej informacji kontrolnej podczas transmisji.

1.2. Integracja usług w sieciach komputerowych

Rozwój sieci komputerowych nieuchronnie zmierza do integracji różnych usług komunikacji w ramach pojedynczej sieci. Pierwszym udanym zastosowaniem tego założenia były sieci ISDN. Rozwój technik komputerowych umożliwił jednakże realizację szerokopasmowych usług multimedialnych, do których sieć ta nie była przewidziana. Rozwinięciem tej koncepcji jest obecnie sieć B-ISDN wykorzystująca technologię ATM.

Sieć komputerowa oferująca wiele różnych usług musi sprostać różnym wymaganiom, często wzajemnie się wykluczającym. Konieczne jest zatem rozróżnienie typów klientów sieci i oferowanie różnych typów usług w zależności od potrzeb danego klienta.

1.3. Różnorodność charakteru ruchu

Z pojawieniem się nowych typów usług klienckich zwiększa się różnorodność charakteru natężenia ruchu w sieci. W obecnej chwili niewystarczające wydają się być charakterystyki statystyczne, takie jak wartość średnia, wariancja, czy histogramy [4]. Nie uwzględniają one podstawowego obecnie aspektu, jakim są zależności czasowe występujące w natężeniu ruchu. Są one wprowadzane z jednej strony przez wielowarstwową strukturę protokołów, a z drugiej strony poprzez specyfikę konkretnego klienta (np. dla strumieni MPEG poprzez kodery stosujące techniki kodowania z wykorzystaniem estymacji ruchu [2, 7]).

Własności strumieni informacji przesyłanych sieciami komputerowymi można obecnie analizować na wiele sposobów. Zależności czasowe mogą być szczególnie efektywnie badane za pomocą dwóch metod: analizy samopodobieństwa (dla dużych skal czasu) oraz analizy multifraktalnej (dla skal czasu na poziomie pojedynczych pakietów czy też komórek).

Za pomocą analizy multifraktalnej [5, 6] można wykazać, że w natężeniu ruchu w sieciach komputerowych, pomimo jego niewątpliwie stochastycznego charakteru, można wyróżnić elementy ściśle deterministyczne. Elementy te występują również dla różnych skal czasu i cechuje je skomplikowana geometria. Własności te sugerują, że mamy do czynienia z fraktalami [1, 3, 6].

2. Możliwości realizacji klas usług w sieciach ATM

Różne wymagania, jakie związane są z wieloma typami klientów, mogą być spełnione w ramach usług oferowanych przez sieci ATM. Ich przewidywane zastosowanie w sieciach B-ISDN wymusiło na konstruktorach uwzględnienie założenia o różnych klasach usług. W sieci tej wyróżniono 5 kategorii usług:

1. CBR – kategoria odpowiadająca dotychczasowym transmisjom w sieciach synchronicznych. Klient ma zagwarantowane pasmo przepustowości o wynegocjowanej szerokości, niezależnie czy z tego pasma korzysta, czy też nie.

2. VBR-rt – Klient tej kategorii ma zagwarantowane pasmo o pewnej średniej przepustowości, przy czym określona jest dopuszczalna wariancja obciążenia. Parametry jakości usług dobierane są w ten sposób, aby uwzględnić wymagania transmisji w czasie rzeczywistym.

3. VBR-nrt – Kategoria analogiczna do poprzedniej z wyłączeniem wymagań czasu rzeczywistego.

4. ABR – Klienci tej kategorii mają dostęp do całego pasma przepustowości aktualnie nie wykorzystanego przez połączenia CBR, VBR-rt i VBR-nrt. Sieć cyklicznie przesyła klientowi informację zwrotną o możliwym do zaakceptowania obciążeniu.

5. UBR – Klienci tej kategorii mają dostęp do całego pasma przepustowości aktualnie nie wykorzystanego przez pozostałych klientów. W przypadku tej kategorii nie ma żadnych ograniczeń odnośnie do źródła emitującego strumień danych, jednakże brak również jakichkolwiek gwarancji dotyczących możliwości dostarczenia danych.

Wymienione kategorie umożliwiają realizację najróżniejszych typów transmisji, począwszy od komunikacji pomiędzy komputerami, a skończywszy na wideokonferencjach. Istotną cechą unikalną dla sieci ATM są negocjowane dla każdego połączenia parametry jakości usług. Pozwalają one użytkownikowi precyzyjnie określić, jaka jakość usługi jest konieczna dla zapewnienia prawidłowego działania aplikacji korzystającej z danego połączenia. Ważne jest, że po nawiązaniu połączenia wynegocjowane parametry są gwarantowane przez sieć przez cały czas jego trwania. Własności tej nie mają najbardziej obecnie rozpowszechnione protokoły komunikacyjne z grupy TCP/IP. Nadrzędnym założeniem przyjętym podczas konstruowania tych protokołów była niezawodność. Problem pozostałych parametrów jakości usług, w szczególności związanych z opóźnieniem, został zepchnięty na plan dalszy.

W związku z powyższym wydaje się wskazane maksymalne pominięcie protokołów TCP/IP (w ich obecnej formie) przy realizacji usług sieciowych, dla których parametry opóźnienia transmisji mają znaczenie co najmniej równorzędne z problemem bezstratności. Sieci ATM wydają się być szczególnie predestynowane do przejęcia ciężaru realizacji tych usług ze względu na swoją elastyczność w realizacji połączeń.

3. Konieczność doboru optymalnych parametrów połączeń na potrzeby konkretnych usług

Zagadnienie projektowania i konfigurowania sieci komputerowych jest dosyć złożone z uwagi na dużą liczbę czynników, które należy rozważać, na przykład funkcjonalność, wy-

dajność, koszty budowy i eksploatacji. W zależności od potrzeb do określonych czynników przywiązuje się różną wagę. Najlepszym rozwiązaniem byłoby tworzenie sieci o jak najlepszych parametrach wydajnościowych i funkcjonalnych przy jak najmniejszych kosztach. W praktyce jest to jednak bardzo trudne do osiągnięcia. Jednym z najbardziej trudnych do przewidzenia czynników jest określenie, jak będzie „wyglądał” ruch w sieci. Jest to ważne, ponieważ ruch „szczytowy” wygenerowany przez wiele źródeł w sieci często przekracza możliwości torów transmisyjnych. Dlatego nietrywialne jest odpowiednie zarządzanie dostępem do torów transmisyjnych oraz udostępnianie pasma.

Określenie przewidywanego ruchu sprowadza się do opisu ruchu generowanego przez różnego typu źródła w sieci. Dotychczas do opisu źródeł ruchu stosowano modele statystyczne o różnych rozkładach prawdopodobieństwa. Stosowanie tych modeli do opisu złożonych sieci komputerowych, nawet tradycyjnych, okazało się niepraktyczne. Natomiast do opisu źródeł we współczesnych sieciach, czyli charakteryzujących się dużą różnorodnością generowanego ruchu, praktycznie się nie nadają. Z tego powodu należy szukać nowych metod opisu, które są w stanie dokładniej odwzorować rzeczywiste źródła. Niezależnie jednak jaki model zostanie użyty, należy zgromadzić odpowiednie dane potrzebne do jego stworzenia oraz do weryfikacji.

Obecnie, z uwagi na mocno rozwijający się rynek aplikacji multimedialnych, technologie sieciowe są rozwijane właśnie pod kątem możliwości obsługi ruchu generowanego przez tego typu aplikacje. Jednym z takich rozwiązań jest ATM, w którym wśród 5 kategorii usług, do obsługi aplikacji o różnych wynaganiach, dwie są przeznaczone do realizacji transmisji z uwzględnieniem wymagań czasu rzeczywistego. Każda z kategorii charakteryzuje się określoną kombinacją „parametrów ruchu” i „parametrów jakości usług”.

Parametry ruchu służą do określenia zapotrzebowania na pasmo i zalicza się do nich:

- Peak Cell Rate (szczytowe natężenie),
- Sustainable Cell Rate (średnie natężenie),
- Maximum Burst Size (maksymalna wielkość transmisji „lawinowej”),
- Minimum Cell Rate (minimalne wymagane pasmo).

W przypadku poszczególnych kategorii usług parametry mogą mieć różne znaczenie lub mogą być wykorzystywane tylko niektóre z nich.

Parametry jakości usług służą do opisu jakości realizowanej usługi, co sprowadza się do opisu zależności czasowych i „płynności” transmisji. Parametrami jakości usług są:

- Peak-to-peak Cell Delay Variation (fluktuacja opóźnienia),
- Maximum Cell Transfer Delay (maksymalne opóźnienie),
- Cell Loss Ratio (współczynnik strat).

Wyżej wymienione parametry, zarówno ruchu, jak i jakości usług, są negocjonowalne, czyli ustalane między użytkownikiem (źródłem) a siecią podczas zestawiania połączenia. Służą więc do opisu ruchu generowanego przez źródło oraz określenia wymagań stawianych przed siecią. W praktyce trudno jest dokładnie określić wartości tych parametrów z uwagi na olbrzymią różnorodność możliwych typów źródeł. Na przykład, ciężko jest dobrać optymalne wartości parametrów dla źródła wysyłającego skompresowaną informację multimedialną na podstawie bieżąco przeprowadzanej akwizycji.

Pewnym rozwiązaniem jest wprowadzenie klasyfikacji źródeł i próby opisanie tych klas za pomocą dostępnych parametrów. Klasyfikację taką można przeprowadzić wykonując liczne prace doświadczalne. Odpowiednio duża liczba danych pozwoli stworzyć reprezentatywną klasyfikację najczęściej spotykanych typów źródeł. Tak opisane źródła mogą posłużyć do budowy modeli dobrze odwzorowujących rzeczywistość. Te z kolei mogą być wykorzystane do przeprowadzania symulacji złożonych środowisk komunikacyjnych dla potrzeb projektowania wydajnych i funkcjonalnych sieci komputerowych i telekomunikacyjnych. Przy czym źródłem mogłyby być zarówno systemy końcowe, jak i ich grupy (na przykład podsieci).

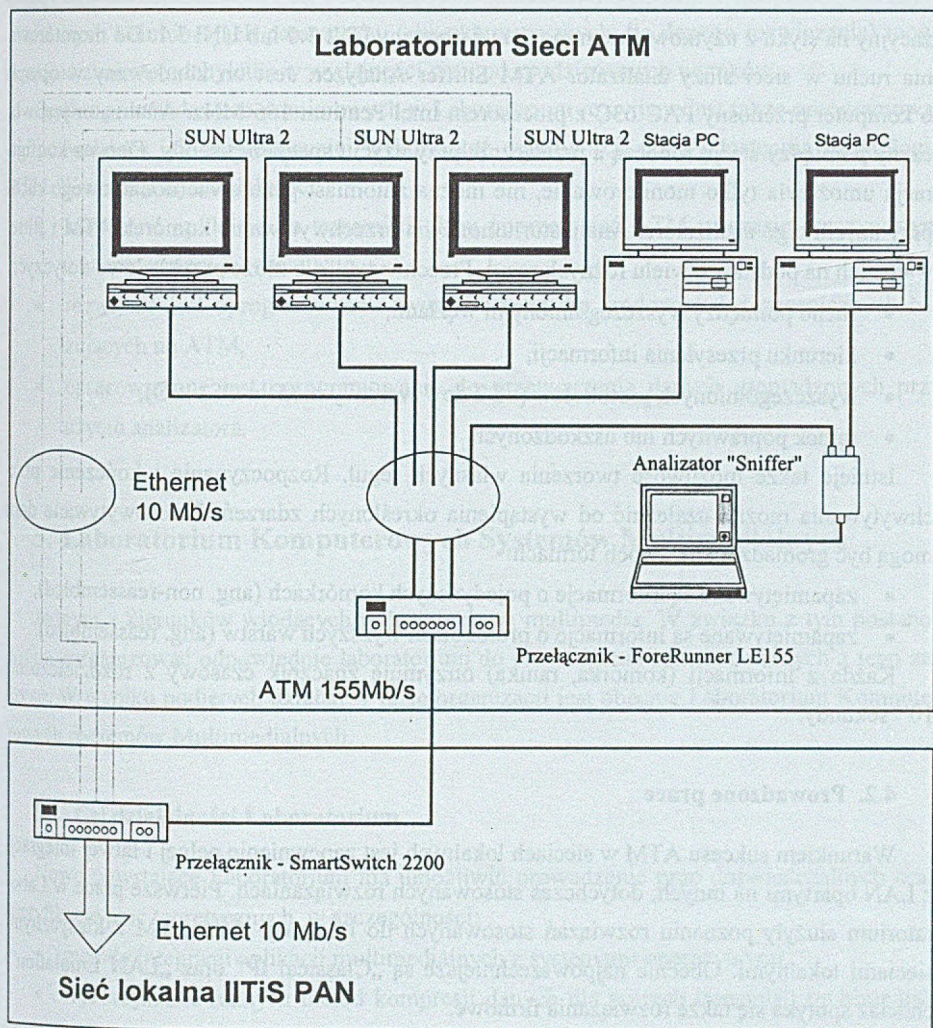
4. Laboratorium ATM

W celu poznania i zrozumienia zagadnień związanych z technologią ATM w IITiS PAN stworzono Laboratorium Sieci ATM. Prowadzone w nim prace i badania dotyczą możliwości transmisyjnych ATM, metod budowy, konfigurowania i integracji z innymi technologiami sieciowymi oraz zarządzania dostępnym pasmem. Zdobyta wiedza i doświadczenie mają zapewnić sprawną konfigurację efektywnych platform komunikacyjnych na bazie sieci przy jak najmniejszych kosztach. Na początkowym etapie działalności Laboratorium ma to dotyczyć sieci lokalnych, a docelowo także metropolitalnych i rozległych.

4.1. Wyposażenie laboratorium

Laboratorium funkcjonuje w oparciu o trzy stacje SUN Enterprise 2 oraz dwie stacje klasy PC. Stacje SUN wyposażone są w firmowe karty sieciowe SUN ATM155/UTP5. Stacje PC z procesorami Pentium są wyposażone w karty sieciowe ATM ForcRunner PCA-200E. Schemat Laboratorium wraz z połączeniem z siecią lokalną ilustruje rys. 1.

Sercem Laboratorium jest przełącznik ForeRunnerLE 155. Jest to urządzenie 12-portowe (na skrętkę nieekranowaną kategorii 5) z przeznaczeniem dla grup roboczych. Może być rozbudowany o dodatkowe 4 porty 155Mb/s (skrętka nieekranowana kategorii 5 lub światłowód wielomodowy) lub o jeden port 622Mb/s (światłowód wielomodowy). Przełącznik może re-



Rys. 1. Konfiguracja Laboratorium ATM

Fig. 1. ATM Laboratory structure

zrealizować usługi charakterystyczne dla emulacji sieci lokalnych LANE, takie jak LECS, LES i BUS oraz pełnić funkcje ATMARP-serwera w przypadku stosowania klasycznego IP. Ponadto umożliwia korzystanie z firmowego rozwiązania firmowego FORE o nazwie „Fore IP”. Przełącznik bazuje na architekturze „non-blocking”. Obsługuje wszystkich pięć kategorii ruchu: CBR, VBR, ABR i UBR. Dla usług ABR i UBR realizowany jest dynamiczny przydział pamięci. Ponadto w przełączniku zastosowano dwie techniki optymalizacji ruchu pakietów: EPD (ang. Early Packet Discard) i PPD (ang. Partial Packet Discard). Transmisje ATM mogą być realizowane w oparciu o standard SONET lub SDH. Jako protokół sygnali-

zacyjny na styku z użytkownikiem może być używany UNI 3.0 lub UNI 3.1. Do monitorowania ruchu w sieci służy analizator ATM Sniffer Analyzer. Jest on zbudowany w oparciu o komputer przenośny PAC 63C z procesorem Intel Pentium 166 MHz. Analizator jest włączony pomiędzy stację roboczą a przełącznik przy użyciu specjalnej sondy. Obecna konfiguracja umożliwia tylko monitorowanie, nie można natomiast generować dodatkowego ruchu przy użyciu tego analizatora. Analizator umożliwia przechwytywanie komórek ATM i filtrowanie ich na podstawie wielu różnych reguł. Przechwytywanie może przykładowo dotyczyć:

- ruchu pomiędzy wyszczególnionymi węzłami,
- kierunku przesyłania informacji,
- wyszczególnionych protokołów (od 2 do 7 warstwy modelu OSI/ISO),
- ramek poprawnych lub uszkodzonych.

Istnieje także możliwość tworzenia własnych reguł. Rozpoczęcie i zakończenie przechwytywania można uzależnić od wystąpienia określonych zdarzeń. Przechwytywane dane mogą być gromadzone w dwóch formach:

- zapamiętywane są informacje o pojedynczych komórkach (ang. non-reassembled),
- zapamiętywane są informacje o protokołach wyższych warstw (ang. reassembled).

Każda z informacji (komórka, ramka) otrzymuje znacznik czasowy z rozdzielczością 10^{-7} sekundy.

4.2. Prowadzone prace

Warunkiem sukcesu ATM w sieciach lokalnych jest zapewnienie pełnej i łatwej integracji z LAN opartymi na innych, dotychczas stosowanych rozwiązaniach. Pierwsze prace w Laboratorium służyły poznaniu rozwiązań stosowanych do integracji sieci ATM z klasycznymi sieciami lokalnymi. Obecnie najpowszechniejsze są „Classical IP” oraz „LAN Emulation”, chociaż spotyka się także rozwiązania firmowe.

W Laboratorium przeprowadzono badania wydajnościowe polegające na porównaniu rozwiązań opartych na klasycznym IP, emulacji sieci Ethernet oraz tradycyjnej sieci Ethernet (10Mb/s). Badania dotyczyły transmisji strumieni danych o różnej długości w oparciu o protokoły TCP/IP przy zmieniających warunkach eksperymentów. Uzyskane wyniki nie odbiegają zbyt wiele od przewidywanych. Rozwiązania bazujące na ATM były wydajniejsze z uwagi na efektywniejsze zarządzanie dostępnym pasmem. Jednak znaczące różnice pojawiają się dopiero przy transmisjach dłuższych strumieni danych. Dla strumieni o długości poniżej 10KB wszystkie rozwiązania charakteryzowały się podobną wydajnością. Nie wykazano również znaczących różnic wydajnościowych pomiędzy klasycznym IP a emulacją LAN. Tak więc narzut wprowadzany przez procedury emulacji okazał się znikomy. Pewnym dodatkowym wnioskiem jest to, że konfigurując konkretną sieć należy przeprowadzić testy, gdyż przy

określonych kombinacjach parametrów (charakterystycznych dla danego rozwiązania) mogą wystąpić znaczne odchylenia w wydajności sieci od spodziewanych wyników.

Oprócz prac badawczo-pomiarowych w Laboratorium rozwijane jest także oprogramowanie pozwalające jak najefektywniej wykorzystać możliwości, jakie udostępnia technologia ATM. W ramach tej działalności:

- stworzono aplikację do transmisji głosu poprzez sieć ATM w czasie rzeczywistym z zachowaniem jakości usług,
- rozwijane jest oprogramowanie sygnalizacyjne dla środowisk heterogenicznych bazujących na ATM,
- opracowywane jest oprogramowanie do przetwarzania danych gromadzonych przy użyciu analizatora.

5. Laboratorium Komputerowych Systemów Multimedialnych

Jednym z kierunków wiodących w Instytucie są multimedia. W związku z tym postanowiono zorganizować odpowiednie laboratorium do prowadzenia prac badawczych z tego zakresu. W wyniku podjętych działań w fazie organizacji jest obecnie Laboratorium Komputerowych Systemów Multimedialnych.

5.1. Cel działalności Laboratorium

Nowo powstające Laboratorium ma umożliwić prowadzenie prac doświadczalnych oraz weryfikację prac teoretycznych, w szczególności:

- metody integracji aplikacji multimedialnych z systemami operacyjnymi,
- wykorzystanie różnych metod kompresji danych dla potrzeb transmisji multimedialnych,
- budowę i konfigurację serwerów multimedialnych,
- wykorzystanie technologii ATM dla potrzeb transmisji multimedialnych,
- realizację przesyłów multimedialnych w czasie rzeczywistym przy zachowaniu określonego poziomu jakości,
- rozdział zadań multimedialnych pomiędzy różne klasy usług w sieciach ATM,
- badanie algorytmów zarządzania ruchem w sieciach multimedialnych,
- monitorowanie i analizę natężenia ruchu dla różnych warstw sieciowych i protokołów,
- badanie możliwości rozwoju Naukowych Akademicki Sieci Komputerowych pod względem stworzenia w nich możliwości wykorzystania usług multimedialnych.

Ponieważ przewidywana tematyka prac pokrywa się w części z tematyką dotyczącą sieci ATM, dlatego organizowane Laboratorium będzie docelowo zintegrowane z Laboratorium Sieci ATM.

5.2. Projekt Laboratorium

Działalność Laboratorium będzie mogła być prowadzona zgodnie z założeniami, jeśli zostanie wyposażone w odpowiedni sprzęt i oprogramowanie. Dlatego ważnym etapem jest opracowanie projektu, który powinien zawierać specyfikację wymagań odnośnie do funkcji i wydajności sprzętu, oprogramowania oraz konfiguracji całości. Podczas rozważań nad projektem wyodrębniono 4 elementy składające się na funkcjonalne środowisko wymiany informacji multimedialnej:

- platforma komunikacyjna zapewniająca odpowiednie parametry transmisji oraz jakość realizowanych usług,
- sprzęt komputerowy wydajny pod względem przetwarzania strumieni multimedialnych,
- realizowane rodzaje usług multimedialnych,
- źródła strumieni multimedialnych.

Za oczywiste przyjęto, że realizacja zadań w takim środowisku musi spełniać wymagania czasu rzeczywistego.

6. Możliwości wykorzystania laboratoriów

Niezmiernie ważkim zagadnieniem jest (jak już wcześniej wspomniano) problem doboru parametrów połączeń dla potrzeb konkretnych usług. Elastyczność sieci ATM stawia nas przed dylematem: jaki rodzaj połączenia i z jakimi parametrami będzie najlepszy dla konkretnej usługi. Można wskazać dwa sposoby rozwiązania tak postawionego problemu. Pierwszy sposób, doświadczalny, stawia nas przed koniecznością posiadania określonej infrastruktury sieciowej i odpowiedniego oprogramowania realizującego badane usługi. Drugi sposób, teoretyczny, wymaga opracowania adekwatnych modeli natężenia ruchu i mechanizmów sieciowych. Możliwe jest także rozwiązanie pośrednie. W sytuacji, w której nie dysponujemy odpowiednimi aplikacjami realizującymi daną usługę, możliwe jest opracowanie teoretycznych modeli i ich praktyczne wykorzystanie do konstrukcji źródeł emulujących działanie badanej usługi i wykorzystywanych doświadczalnie w rzeczywistych sieciach.

To ostatecznie rozwiązanie wydaje się być najbardziej zachęcające. W wielu przypadkach dysponujemy odpowiednią infrastrukturą i konieczne jest jedynie sprawdzenie, jak będzie się

ona zachowywać po wprowadzeniu dodatkowych usług do istniejącej sieci. Zakup oprogramowania realizującego daną usługę mógłby w tym przypadku okazać się nieefektywny, jeśli zaistniałaby konieczność zmiany infrastruktury sieciowej.

Do realizacji takich modeli teoretycznych konieczne wydaje się być użycie możliwie najbardziej zaawansowanych technik modelowania, takich, które dają możliwie dokładne wyniki w porównaniu z obserwacjami prowadzonymi w sieciach komputerowych. Kilka nowszych metod modelowania natężenia ruchu spełnia ten warunek. W szczególności można wymienić tu metodę opartą na miarach multifrakalnych, opracowaną w IITiS PAN. Wykorzystując wyniki analizy samopodobieństwa oraz analizy multifraktalnej, umożliwia ona opracowanie wystarczająco dokładnych modeli natężenia ruchu towarzyszącego poszczególnym usługom.

Aby umożliwić efektywne prognozowanie pracy sieci komputerowych z wykorzystaniem tej metody, należy opracować „wzorcowe” modele natężenia ruchu związanego z poszczególnymi usługami. Wiąże się to przede wszystkim z koniecznością prowadzenia szeroko zakrojonych badań natężenia ruchu w sieciach komputerowych z wykorzystaniem już istniejących możliwości. Konieczne wydaje się także być opracowanie narzędzia, które wykorzystając postulowane „wzorcowe” modele natężenia ruchu i będzie w stanie wymusić w istniejącej sieci dodatkowy ruch związany z emulowaną usługą.

Wymienione elementy pozwoliłyby na skuteczną ocenę potrzeby rozszerzania infrastruktury sieciowej zarówno w ramach sieci lokalnych, jak również na poziomie sieci miejskich czy rozległych.

Realizacja wyżej wymienionych zadań jest jednym z elementów realizowanej w ostatnim czasie w IITiS koncepcji badań związanych z sieciami komputerowymi. Opisane wcześniej laboratoria umożliwią przeprowadzenie wspomnianych badań natężenia ruchu oraz opracowanie zarówno modeli teoretycznych, jak i oprogramowania oraz zdobycie doświadczenia koniecznego w realizacji przedstawionych przedsięwzięć.

7. Podsumowanie

Współczesne sieci komputerowe udostępniają wiele usług o najrozmaitszym charakterze. Obserwowane obecnie natężenie ruchu w sieciach komputerowych ma bardzo złożony charakter i metody statystyczne związane z wyznaczaniem rozkładu natężenia ruchu nie są obecnie wystarczające. Zależności czasowe, jakie występują w obserwowanych strumieniach, wymagają, aby badać je zaawansowanymi metodami matematycznymi, jak analiza samopodobieństwa oraz analiza multifraktalna. Opracowane w IITiS PAN modele multifraktalne natężenia ruchu pozwalają uwzględnić wyniki tych analiz.

W związku z różnorodnością charakteru natężenia ruchu konieczne jest stosowanie mechanizmów sieciowych, których elastyczność zapewnia odpowiednią jakość usług klientom każdego rodzaju. Sieci ATM jako jedne z nielicznych umożliwiają realizację połączeń różnego typu z gwarancją jakości usług. Są one zatem szczególnie wskazane dla realizacji usług których wymagania nie mogą być spełnione poprzez protokoły z grupy TCP/IP.

Doświadczenia zdobyte w Laboratorium Sieci ATM mogą służyć szybkiemu i profesjonalnemu tworzeniu sieci lokalnych na bazie ATM oraz integracji tej technologii z innymi rozwiązaniami stosowanymi w sieciach lokalnych. Laboratorium Komputerowych Systemów Multimedialnych pozwoli zapoznać się z zagadnieniami i zdobyć doświadczenia z zakresu budowy i konfiguracji środowisk wymiany informacji multimedialnej. Dalsze prace w obu laboratoriach pozwolą zgromadzić wiedzę potrzebną do tworzenia takich środowisk nie tylko w obszarze lokalnym. Przy współpracy z innymi ośrodkami naukowymi i akademickimi będzie można opracowywać rozwiązania w skali miast i całego terenu kraju.

LITERATURA

1. Erramilli A., Willinger W., Pruthi P.: Fractal traffic flows in highspeed communications networks. *Fractals*, 2(3), s. 409-412, 1994.
2. Garret M. W., Willinger W.: Analysis, modeling and generation of self-similar VBR video traffic. *Proceedings of the ACM Sigcomm'94*, s.269-280, Londyn 1994.
3. Huang C., Devetsikiotis M., Lambadaris I., Kaye A. R.: Fast simulation for self-similar traffic in ATM networks. *Proceedings of the ICC'95*, s.438-444, Seattle 1995.
4. Mannersalo P., Norros I.: Multifractal analysis: A potential tool for teletraffic characterization? Raport techniczny, VTT Information Technology, June 1997.
5. Paxon V., Floyd S.: *Wide-area traffic: The failure of Poisson modeling*. Springer-Verlag, New York 1992.
6. Riedi R., Vehel J. L.: Multifractal properties of TCP traffic: a numerical study. Technical Report 3129, INRIA Rocquencourt 1997.
7. Rose O., Frater M. R.: A comparison of models for VBR video traffic sources in B-ISDN. Technical Report 72, University of Würzburg, Institute of Computer Science, October 1993.

8. The ATM Forum: Traffic Management Specification Version 4.0, April 1996.
9. The ATM Forum: User-Network Interface Specification Version 3.1, September 1994.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej Grzywak

Wpłynęło do Redakcji 28 kwietnia 1999 r.

Abstract

In the article the need of network traffic analysis and modelling is pointed out. This fact is in close relation to the idea of integration of services in broadband networks. The ATM technology seems to be the most suitable for such services, since it offers different classes of connections thus can fulfil the criteria for both a broadband real-time traffic (which requires definite and short delivery times) and a computer data communication (which requires high reliability of data delivery). A special attention should be put to the assignment of connection parameters for different services. To solve this problem further development of network traffic models is strongly recommended.