

Grzegorz KOWALCZYK, Arkadiusz SOCHAN
Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej, PAN

WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII ATM W SIECIACH LOKALNYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono wymagania, jakie powinny spełniać nowoczesne sieci lokalne bazujące na technologii ATM, założenia architektury takich LAN oraz problemy integracji sieci tego typu z dotychczas stosowanymi rozwiązaniami w sieciach lokalnych. Zamieszczono także opis praktycznych rozwiązań ATM LAN i stan standaryzacji protokołów ATM dla sieci lokalnych. Zawarty jest także opis instalacji laboratoryjnej sieci ATM w IITiS PAN oraz plany badań, które będą przeprowadzone z wykorzystaniem tej instalacji.

THE APPLICATION OF ATM TECHNOLOGY IN LOCAL AREA NETWORKS

Summary. In this article authors introduce requirements for modern local area networks based on ATM technology, assumptions of architecture of the ATM LAN and problems with internetworking between the ATM LAN and the legacy LAN. Practical solutions of the ATM LAN, the ATM standards for the local area networks, the installation of laboratory ATM network and the plans of researches with described installation were presented.

1. Wstęp

Technologia ATM (*ang. Asynchronous Transfer Mode*) została stworzona z myślą o zastosowaniu w sieciach rozległych (*ang. Wide Area Network, WAN*). Największe zainteresowanie budziła wśród dostawców usług telekomunikacyjnych oraz producentów urządzeń dla telekomunikacji. Jednakże pojawiło się także zainteresowanie wykorzystaniem ATM w sieciach lokalnych i kampusowych. Wykorzystanie ATM w LAN (*ang. Local Area Network*) umożliwiałoby spełnienie rosnących wymagań użytkowników takich sieci, między innymi wykorzy-

stywanie w sieciach lokalnych aplikacji wymagających bardzo szerokiego pasma oraz dla zastosowań multimedialnych (np.: wideokonferencje, dystrybucja audycji wideo, przetwarzanie obrazów o dużej rozdzielczości). Ponadto ATM realizuje transmisje z żadaną jakością obsługi (*ang. Quality of Service, QoS*), czego obecnie stosowane rozwiązania w sieciach lokalnych nie zapewniają. Dzięki zastosowaniu ATM niektóre z komputerów w sieciach lokalnych mogłyby wykonywać transmisje sieciowe z prędkością 100 Mb/s lub większą. Ponieważ odległości między komputerami w sieciach lokalnych lub kampusowych są niewielkie, koszty szerokopasmowych mediów transmisyjnych koniecznych do zestawienia szybkich sieci ATM byłyby relatywnie niskie, co uzasadniałoby ekonomicznie wykorzystanie ATM w takich zastosowaniach. Rozszerzając zastosowanie ATM również na obszar sieci lokalnych, stworzono pierwsze rozwiązanie, które nadaje się do wykorzystania w sieciach WAN, MAN (*ang. Metropolitan Area Network*) i LAN. Warunkiem sukcesu ATM-u w sieciach lokalnych jest zapewnienie pełnej i łatwej integracji z LAN opartymi o inne, dotychczas stosowane rozwiązania.

W artykule tym skoncentrujemy się na zastosowaniu ATM w sieciach lokalnych oraz na problemie zapewnienia współpracy ATM LAN z innymi rozwiązaniami wykorzystywanymi w sieciach lokalnych. Przedyskutowane zostaną wymagania, jakie musi spełniać ATM LAN oraz architektura sieci ATM konieczna, by wymagania takie spełnić. Przedyskutowane zostaną także obowiązujące obecnie standardy i ich implementacje w relacji do zaproponowanej architektury.

2. Wymagania stawiane ATM LAN

Większość dotychczas stosowanych rozwiązań w LAN wykorzystuje do transmisji struktury danych o zmiennym rozmiarze, które transmitowane są w trybie bezpołączeniowym. Sieci takie zapewniają połączenia typu punkt-punkt, transmisje rozgłoszeniowe (*ang. broadcast*) i grupowe (*ang. multicast*). Wiele z używanych w LAN protokołów (np.: IP, IPX, Appletalk) wykorzystuje transmisje rozgłoszeniowe na przykład w celu uzyskania informacji o adresach stacji w sieci czy poinformowania stacji w sieci o dostarczanych usługach. Ze względu na fakt, że dotychczas stosowane w LAN technologie wykorzystują transmisje bezpołączeniowe, nie ma potrzeby zestawiania połączeń przed przekazaniem porcji danych do transmisji poprzez media sieciowe. Nie muszą być także specyfikowane charakterystyki ruchu przed transmisją danych. Po prostu aplikacje przekazują dane protokołom komunikacyjnym, których mechanizmy reagują na błędy transmisji i ewentualny niedobór pasma.

Współczesne LAN najczęściej budowane są w oparciu o grupę standardów IEEE 802. W architekturze tej warstwa łączy danych (*ang. Data Link layer*) – warstwa druga w modelu

odniesienia OSI/ISO - podzielona jest na dwie podwarstwy: sterowania łączem logicznym (*ang. Logic Link Control, LLC*) i sterowania dostępem do ośrodka transmisji (*ang. Media Access Control, MAC*).

Podwarstwa LLC zapewnia interfejs oraz usługi warstwie sieciowej, a podwarstwa MAC wraz z warstwą fizyczną odpowiedzialne są za funkcje specyficzne dla danego typu medium oraz adresację urządzeń w sieci.

Wszystkie stacje w LAN oparte na standardach 802 mają unikalne 48-bitowe adresy MAC w płaskiej przestrzeni adresowej. Do łączenia tradycyjnych LAN wykorzystywane są mosty, przełączniki i routery. Most (*ang. bridge*) lub przełącznik (*ang. switch*) operuje na poziomie warstwy łącza danych, a router na poziomie warstwy sieciowej (*ang. network layer*). Routery zależne są od protokołów warstwy sieciowej użytych w danej LAN. Umożliwiają ściślejszą kontrolę, posiadają szersze możliwości zarządzania i mogą być wykorzystane do budowy większych sieci niż mosty i przełączniki.

Tradycyjne rozwiązania stosowane w LAN można zastąpić rozwiązaniami opartymi na ATM. Jednak ATM LAN musiałby spełniać następujące warunki:

- w pełni wspierać istniejące aplikacje, protokoły i systemy operacyjne;
- obsługiwać transmisje w trybie bezpołączeniowym;
- wspierać i obsługiwać adresy rozgłoszeniowe oraz grupowe;
- udostępniać usługi związane z odwzorowywaniem adresów (*ang. address resolution*).

Jednak by w pełni wykorzystać możliwości ATM, ATM LAN musi nie tylko zastępować funkcje istniejących LAN i mieć możliwość łączenia się z istniejącymi LAN, lecz także musi wspierać nowe, zaawansowane aplikacje. Czynności związane z konfigurowaniem i administrowaniem zasobów sieci powinny być jak najprostsze. Organizacja dynamicznie zmieniającego się środowiska pracy, przenoszenie stanowiska komputerowego po między biurami, przenoszenie pracownika wraz z jego komputerem do innej grupy roboczej, dołączanie nowego stanowiska do sieci w tradycyjnych rozwiązaniach LAN wymagały dużego nakładu pracy. Uproszczenie tych zadań legło u podstaw koncepcji wirtualnych LAN (*ang. Virtual Local Area Network, VLAN*). Różnice między LAN, MAN i WAN w sieciach bazujących na ATM będą polegać przede wszystkim, przynajmniej w teorii, na różnicach między obszarami pokrytymi przez te sieci.

3. Architektura ATM LAN

Architektura ATM LAN, by spełniać stawiane przed tego typu rozwiązaniami wymagania, musi realizować:

- usługi bezpołączeniowe dla dotychczas istniejących protokołów LAN i dotychczas istniejących aplikacji;
- usługi zorientowane połączeniowo dla przyszłych aplikacji;
- interfejsy API i usługi transparentne dla już istniejących aplikacji i protokołów sieciowych;
- interfejsy API dla przyszłych aplikacji, zaprojektowanych specjalnie tak, by mogły wykorzystywać zalety sieci ATM;
- usługi odwzorowywania adresów (pomiędzy adresami ATM, MAC i innymi protokołami wyższych warstw, jak np.: IP, IPX);
- usługi rozgłoszeniowe;
- wirtualne grupy robocze lub wirtualne LAN;
- połączenia między sieciami wykonanymi w tradycyjnych technologiach LAN a komputerami połączonymi bezpośrednio do sieci ATM.

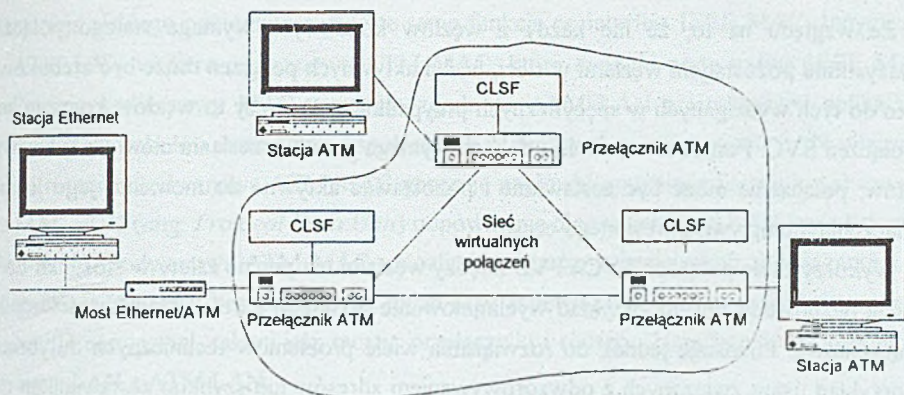
3.1. Usługi połączeniowe i bezpołączeniowe

Ponieważ ATM jest zorientowany połączeniowo, nie wspiera bezpośrednio usług bezpołączeniowych wymaganych w ATM LAN. By rozwiązać ten problem, International Telecommunications Union (ITU) wprowadziła definicje dwu ogólnych podejść: bezpośredniego i pośredniego.

Podejście bezpośrednie (ang. direct approach) - funkcje usług bezpołączeniowych (*ang. connectionless service functions, CLSFs*) realizowane są przez sieć (rys. 2). Zaimplementowane mogą być w samych przełącznikach lub stanowić ich dodatki. Transmisja danych w takim rozwiązaniu przebiega następująco. Węzeł końcowy przekazuje pakiet danych do określonej jednostki CLSFs (nie zestawia połączenia z węzłem docelowym). Urządzenie CLSFs pełni funkcję przełącznika pakietów, kierując pakiety danych do węzła końcowego lub innej jednostki CLSFs, na podstawie adresu docelowego zawartego w pakiecie. Wewnątrz sieci jednostki CLSFs komunikują się poprzez wirtualne połączenia ATM tworząc w sieci ATM sieć przełączników pakietów. Węzeł końcowy może być sieciowym urządzeniem integrującym (np.: most, router lub komputer z interfejsem ATM).

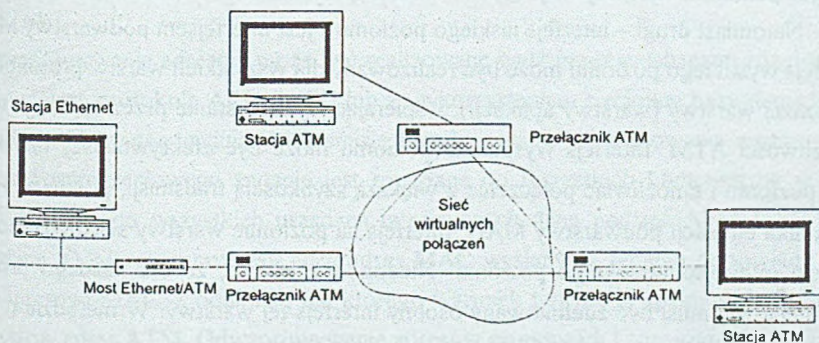
Podejście bezpośrednie posiada wiele zalet, między innymi zredukowaną liczbę połączeń (jest wymagane tylko jedno połączenie z CLSFs dla każdego węzła końcowego), zredukowaną liczbę połączeń poprzez sieć (wymagane jest tylko jedno połączenie między serwerami bezpołączeniowymi). Jednakże w praktyce zalety te mają większe znaczenie w WAN niż LAN.

Główną wadą podejścia bezpośredniego jest kolidowanie działań serwera bezpołączeniowego (CLSFs) i przełącznika pakietów. W zależności od implementacji serwer bezpołączeniowy może być wąskim gardłem takiego rozwiązania.



Rys. 1. ATM LAN wykorzystująca podejście bezpośrednie
Fig. 1. A direct approach ATM LAN

Podejście pośrednie (ang. indirect approach) - usługi bezpołączeniowe są uzyskiwane poprzez wykorzystanie obwodów wirtualnych ustanowionych między parami urządzeń lub węzłów końcowych przyłączonych do ATM (rys. 1). Węzły końcowe realizują usługi bezpołączeniowe bezpośrednio przekazując pakiety danych między źródłowym węzłem końcowym i docelowym węzłem końcowym po wydzielonym połączeniu ATM dla każdej pary węzłów. Tworzy się w ten sposób sieć połączeń typu "każdy z każdym" między węzłami końcowymi w sieci ATM. Podejście to może bazować na trwałych obwodach wirtualnych (*ang. Permanent Virtual Circuit, PVC*), przelączanych obwodach wirtualnych (*ang. Switched Virtual Circuit, SVC*) lub na kombinacji obu. Realizacja podejścia bezpośredniego z wykorzystaniem PVC jest stosunkowo prosta, jednakże liczba połączeń PVC znacząco wzrasta wraz z liczbą węzłów w sieci i już z niewielką ich liczbą staje się trudna do zaakceptowania. Dla sieci o N węzłach liczba połączeń będzie wynosić $N * (N - 1)$.



Rys. 2. ATM LAN wykorzystująca podejście pośrednie
Fig. 2. An indirect approach ATM LAN

Ze względu na to, że nie każdy z węzłów końcowych wymaga stałego połączenia z wszystkimi pozostałymi węzłami w sieci, liczba aktywnych połączeń może być zredukowana tylko do tych wymaganych w specyficznych przypadkach. Dotyczy to węzłów korzystających z połączeń SVC. Ponieważ transmisja danych wymaga często przesłania niewielkiej liczby pakietów, połączenie może być zestawione i pozostawać aktywne do momentu jego jawnego rozłączenia lub upływu określonego czasu.

Wykorzystanie połączeń SVC i PVC między węzłami ma pewne zalety w stosunku do podejścia bezpośredniego, na przykład wyeliminowanie wąskiego gardła, jakim są serwery ze połączeniowe. Pozostaje jednak do rozwiązania wiele problemów technicznych dotyczących na przykład usług związanych z odwzorowywaniem adresów lub szybkim zestawianiem połączeń (transmisja pierwszego pakietu w serii). Dodatkowo, w zależności czy wykorzystywane są PVC czy SVC, podejście pośrednie może charakteryzować się niewielkim wykorzystaniem zasobów sieciowych, a w szczególności dostępnego pasma sieci.

3.2. Interfejs programisty

Aby zapewnić pełną funkcjonalność w środowisku sieci lokalnych oraz zachować zgodność z istniejącymi rozwiązaniami, ATM LAN muszą:

- posiadać odpowiedni interfejs programisty (*ang. Application Programming Interface, API*),
- zapewniać „przezroczysty” dostęp do protokołów warstw niższych dla istniejących dotychczas aplikacji i protokołów warstw wyższych,
- realizować połączenia między komputerami dołączonymi do tradycyjnych LAN korzystającymi a komputerami połączonymi bezpośrednio do sieci ATM,
- wspierać przyszłościowe aplikacje w pełni wykorzystujące możliwości ATM.

W rozwiązaniach ATM LAN są istotne dwa rodzaje API. Pierwszy, nazwany interfejsem wysokiego poziomu, dotyczy wyższych warstw protokołów w odniesieniu do modelu OSI/ISO. Natomiast drugi – interfejs niskiego poziomu - jest interfejsem podwarstwy MAC.

Interfejs wysokiego poziomu może być realizowany dla wszystkich warstw protokołów, aż do najwyższej warstwy (warstwy aplikacji), wspierając wykorzystanie przez aplikacje wszystkich możliwości ATM. Interfejs wysokiego poziomu może być efektywniejszy niż interfejs niskiego poziomu i umożliwiać połączenia z większą szybkością transmisji, ponieważ rozwiązanie to unika emulacji podwarstwy MAC. Interfejs na poziomie warstwy sieciowej może być przykładem interfejsu wysokiego poziomu. Niedogodne jest to, że dla każdego protokołu warstwy sieciowej musi być zdefiniowany osobny interfejs tej warstwy. W metodzie tej może być realizowane tunelowanie PDU wyższych warstw.

Interfejs niskiego poziomu realizuje te same funkcje co interfejs IEEE MAC. Innymi słowy, ATM LAN wspiera podwarstwę ATM MAC, która emuluje podwarstwę IEEE MAC. Emulowanie podwarstwy MAC zapewnia zgodność ATM LAN z istniejącymi aplikacjami i zestawami protokołów oraz pełną współpracę z istniejącymi rozwiązaniami LAN włączając mosty i routery. Podwarstwa ATM MAC generuje nagłówki umożliwiające multipleksowanie oraz MAC PDU (*ang. Protocol Data Unit*) odpowiednie dla wspieranych LAN (np.: Ethernet, Token-Ring). Podwarstwa ATM MAC umożliwia migrację z istniejącego rozwiązania LAN w kierunku ATM LAN bez znaczących zmian oraz zapewnia współpracę z sieciowymi urządzeniami integrującymi, takimi jak: mosty, przełączniki i routery. Urządzenia te mogą łączyć tradycyjne LAN z ATM LAN.

By wspierać istniejące rozwiązania LAN i jednocześnie zapewnić odpowiednią platformę dla przyszłych aplikacji wykorzystujących w pełni możliwości ATM, oba interfejsy programowe mogą być jednocześnie zaimplementowane. W przyszłości, identyfikator kanału wirtualnego ATM (*ang. Virtual Channel Identifier, VCI*) może być wykorzystany jako identyfikator demultipleksowania poprzez wszystkie warstwy protokołów aż do warstwy aplikacji.

3.3. Odwzorowywanie adresów

Stosowane obecnie w LAN protokoły wykorzystują charakterystyczne dla tych sieci możliwości rozgłaszania. Ponieważ ATM w sposób bezpośredni nie wspiera rozgłaszania, ATM LAN musi w jakiś sposób określać adresy w usługach bezpołączeniowych. Jak wspomniano powyżej, komputery i inne urządzenia sieciowe przyłączone do LAN IEEE 802 identyfikowane są na podstawie adresów podwarstwy MAC. Jeśli tego typu węzeł zostanie przyłączony bezpośrednio do ATM LAN poprzez interfejs ATM, wówczas dla adresu ATM musi być określony odpowiedni adres podwarstwy MAC. Dodatkowo, jeśli wykorzystano API wysokiego poziomu, to dla adresu wyższej warstwy (np. warstwy sieciowej) musi być określony adres ATM.

Odwzorowywanie adresów może być realizowane bądź przez mechanizm rozgłoszeniowy (podobny jak w protokole ARP dla IP) lub z wykorzystaniem sieciowej bazy danych. W obu przypadkach komputer inicjujący transmisję wysyła żądanie odwzorowania adresu. Dla mechanizmu rozgłoszeniowego żądanie jest rozsyłane do wszystkich komputerów w podsieci ATM LAN oraz do wszystkich urządzeń integrujących daną podsieć ATM LAN z innymi podsieciami. Odbiorcy sprawdzają, czy adres MAC wysłany w żądaniu odpowiada ich własnemu adresowi MAC, a odbiorca, dla którego warunek ten został spełniony, odsyła żądającemu własny adres ATM. Odwzorowywanie adresów grupowych i rozgłoszeniowych wymaga specjalnego algorytmu. Podobna technika może być wykorzystana w celu odwzorowywania adresów interfejsów protokołów na wyższych warstwach.

W rozwiązaniu wykorzystującym dla odwzorowywania adresów sieciową bazę danych żądanie jest obsługiwane przez serwer adresów. Na serwerze znajduje się tablica adresów podwarstwy MAC lub adresów warstw wyższych i odpowiadających im adresów ATM dla wszystkich komputerów w ATM LAN włączając komputery z tradycyjnych LAN dołączonych do ATM LAN poprzez sieciowe urządzenia integrujące. Gdy komputer potrzebuje odwzorować adres ATM odbiorcy, wysyła żądanie do serwera adresów, który w odpowiedzi odsyła mu właściwy adres ATM.

3.4. Usługi rozgłoszeniowe

Każda ramka wysyłana w LAN ze współdzielonym medium dociera do wszystkich komputerów i urządzeń przyłączonych do tej sieci. LAN można w takiej sytuacji określić jako grupę komputerów i urządzeń, które mogą wzajemnie wymieniać pakiety rozgłoszeniowe. W sieciach z przełączaniem, by zrealizować rozgłaszanie, komórka odebrana przez jeden z portów przełącznika musi być powielona i wysłana do wszystkich portów należących do grupy rozgłoszeniowej. W sieciach ATM są zdefiniowane dwa rodzaje połączeń wielopunktowych, które mogą być wykorzystane do rozgłaszania: point-to-multipoint i multipoint-to-multipoint.

Tak jak w tradycyjnych rozwiązaniach LAN każdy z komputerów może być nadawcą lub odbiorcą pakietów rozgłoszeniowych. Najefektywniejszym sposobem realizacji rozgłaszania jest wykorzystanie połączeń multipoint-to-multipoint. Wymaga to pewnych form multipleksowania po stronie odbiorczej. Innym sposobem jest wykorzystanie schematu przekazywania zetonów (*ang. token-passing*) między węzłami grupy rozgłoszeniowej.

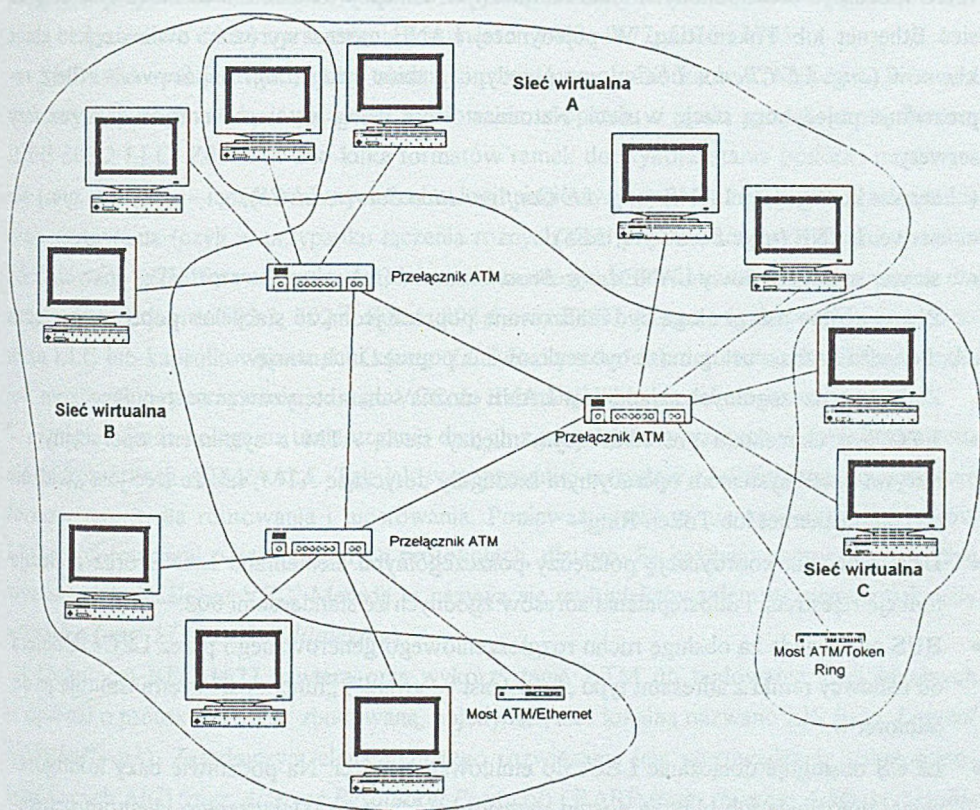
Rozgłaszanie może być zrealizowane także z wykorzystaniem połączeń point-to-multipoint na jeden z dwu sposobów. Pierwszy sposób wykorzystuje połączenia point-to-multipoint każdego z węzłów z pozostałymi w grupie rozgłoszeniowej. Drugim rozwiązaniem jest utworzenie w ATM LAN serwera rozgłoszeniowego. W tej sytuacji każdy węzeł będzie wysyłać pakiety rozgłoszeniowe poprzez połączenie punkt-punkt do serwera rozgłoszeniowego. Serwer rozgłoszeniowy wyśle pakiety rozgłoszeniowe do wszystkich członków grupy rozgłoszeniowej wykorzystując w tym celu jedno połączenie typu point-to-multipoint. Rozwiązanie to wydaje się prostsze, bardziej ekonomiczne i łatwiejsze w obsłudze.

3.5. Wirtualne LAN

Wirtualna LAN jest to grupa węzłów sieciowych, które nie muszą być przyłączone do tego samego segmentu sieci fizycznej lub nie znajdują się na tym samym obszarze geograficznym (budynek, kampus). Jednak grupa taka „zachowuje się” jak tradycyjna LAN, na przykład węzły w wirtualnej LAN mogą wymieniać między sobą pakiety rozgłoszeniowe. Wirtualne LAN

mogą być realizowane w oparciu o podwarstwę ATM MAC lub poprzez interfejsy protokołów wyższych warstw bezpośrednio do podwarstwy AAL (*ang.* *ATM Adaptation Layer*) tworząc w ten sposób wirtualne grupy robocze na poziomie warstw wyższych (np. na warstwie sieciowej). ATM LAN może obejmować większą liczbę przełączników ATM (rys. 3).

Wprowadzanie nowych węzłów do ATM LAN wymaga procedur administracyjnych. Rejestracja może odbywać się z wykorzystaniem adresów ATM MAC lub adresów warstw wyższych. Jeśli urządzenie zostanie przeniesione z jednego portu przełącznika na inny, sieć automatycznie przyłączy je do odpowiedniej ATM LAN bazując na adresie MAC lub adresie wyższej warstwy.



Rys. 3. Wirtualne sieci lokalne

Fig. 3. Virtual LANs

4. Rozwiązania praktyczne

W praktyce do tworzenia ATM LAN stosuje się dwa rozwiązania. Pierwsze opiera się na specyfikacjach opracowanych przez ATM Forum i jest określane jako emulacja LAN (ang. *LAN Emulation, LANE*). Drugie bazuje na zaleceniach IETF (ang. *Internet Engineering Task Force*) publikowanych w postaci dokumentów RFC (ang. *Request for Comments*) dotyczących stosu protokołów IP. Rozwiązanie to nazwano klasycznym IP (ang. *Classical IP*).

4.1. Emulacja LAN

W tym rozwiązaniu pojedyncza emulacja reprezentuje jedną wirtualną LAN. W jednej sieci ATM może być uruchomionych kilka niezależnych emulacji. Każda z nich może działać jako sieć Ethernet lub Token-Ring. W pojedynczej LANE można wyróżnić dwie części: zbiór klientów (ang. *LE Clients, LECs*) oraz pojedynczy zbiór usług (ang. *LE Service*). Klient reprezentuje pojedynczą stację w sieci. Natomiast zbiór usług jest reprezentowany przez trzy serwery:

- serwer konfiguracji LANE (ang. *LE Configuration Server, LECS*),
- serwer LANE (ang. *LE Server, LES*),
- serwer rozgłoszeniowy LANE (ang. *Broadcast and Unknown Server, BUS*).

Poszczególne usługi mogą być realizowane poprzez jedną ze stacji lub poprzez przełącznik. Ponadto każda z usług może być realizowana poprzez inną stację.

Zadania poszczególnych składników LANE można scharakteryzować następująco:

- **LEC** jest elementem pośredniczącym między siecią ATM a systemem operacyjnym - ukrywa przed systemem operacyjnym szczegóły dotyczące ATM, tak że sieć jest „widziana” jako Ethernet lub Token-Ring.
- **LES** zapewnia koordynację pomiędzy poszczególnymi elementami LANE oraz realizuje funkcje rejestracji i udostępniania adresów zgodnych ze standardami 802.
- **BUS** odpowiada za obsługę ruchu rozgłoszeniowego generowanego przez LECs. Odbiera od nadawcy ramki z adresami typu „broadcast”, „group”, „functional” i retransmituje je do odbiorców.
- **LECS** obsługuje dołączanie LECs do emulowanych sieci. Na podstawie bazy konfiguracyjnej umożliwia lub blokuje dostęp określonym klientom. Dołączanym klientom przekazuje adresy serwerów LES i BUS. LECS jest usługą opcjonalną. Jeśli nie jest uruchomiona, klientów należy konfigurować „ręcznie”.

W LANE każdy z serwerów komunikuje się z klientami poprzez wydzielony wirtualny kanał (*ang. Virtual Channel Connection, VCC*). LANE mogą wykorzystywać następujące rodzaje połączeń:

- przełączane obwody wirtualne -SVC,
- trwałe obwody wirtualne - PVC,
- kombinacja SVC i PVC.

4.2. Klasyczne IP

Rozwiązaniem w pewnym stopniu alternatywnym dla LANE jest klasyczne IP. Dokumenty RFC nie zawierają dokładnej specyfikacji architektury sieci lokalnych ATM, tak jak ma to miejsce w przypadku dokumentów opracowanych przez ATM Forum. Technologii ATM dotyczą bezpośrednio cztery opracowania o numerach 1483, 1577, 1626 i 1755.

RFC-1483 opisuje dwie metody transmisji pakietów w komórkach ATM/AAL5. Pierwsza wykorzystuje do przesyłania pakietów tunelowanie w oparciu o ramki zgodne ze standardem IEEE 802.2 LLC. Zdefiniowano kilka formatów ramek do wykorzystania podczas mostowania (*ang. bridging* - łączenie różnych technologii sieciowych poprzez mosty lub przełączniki) oraz routowania (czyli w przypadku łączenia różnych sieci poprzez routery). Do routowania zdefiniowano jeden format ramki, natomiast dla mostowania zdefiniowano formaty ramek dla standardów: Ethernet/802.3, 802.4, 802.5, 802.6 oraz FDDI. Metodę tę nazywa się tunelowaniem LLC lub kapsułkowaniem LLC (*ang. LLC Encapsulation*). Jej cechą charakterystyczną jest możliwość wykorzystania jednego VCC do transmisji kilku protokołów.

Druga metoda polega na umieszczaniu danych z protokołów wyższych warstw bezpośrednio w komórkach ATM/AAL5. Tak jak w poprzedniej metodzie zdefiniowano odpowiednie formaty ramek dla routowania i mostowania. Ponieważ ramki te nie zawierają nagłówek LLC z informacjami o przenoszonych protokołach, dlatego dla każdego protokołu musi być wyznaczone niezależne VCC. Metodę tę nazywa się multipleksowaniem w oparciu o kanały wirtualne (*ang. VC based multiplexing*).

Dokument RFC 1577 zawiera opis wykorzystania ATM do budowania sieci lokalnych w oparciu o protokół IP. Tak zbudowaną, pojedynczą sieć lokalną nazwano LIS (*ang. Logical IP Subnetwork*). Zasadniczym elementem tego rozwiązania jest wprowadzenie usług odpowiadających ARP (*ang. Address Resolution Protocol*) i RARP (*ang. Reverse Address Resolution Protocol*), które służą do określania adresów fizycznych i logicznych urządzeń w sieciach lokalnych. W LIS równoważne protokoły do ARP i RARP noszą odpowiednio nazwy ATMARP i InATMARP. Do transmisji wykorzystywane jest tunelowanie LLC. Rozwiązanie opisane w RFC 1577 określa się właśnie jako klasyczne IP. Może ono być wykorzystywane

zarówno w oparciu o połączenia SVC, jak i PVC. Należy zwrócić uwagę, że w LIS bazującym na SVC musi istnieć jeden ATMARP serwer. Zadaniem serwera jest zbudowanie i zarządzanie tablicą adresów ATMARP (*ang. ATMARP table cache*) oraz odpowiadanie na zapytania o adresy kierowane przez klientów. W sieci lokalnej wykorzystującej połączenia PVC ATMARP serwer jest niepotrzebny, ponieważ do ustalania adresów jest wykorzystywany tylko protokół InATMARP.

W dokumencie RFC 1626 zdefiniowano domyślną wartość maksymalnej jednostki transmisyjnej (*ang. Maximum Transmission Unit, MTU*) dla protokołu IP na ATM. Natomiast RFC 1755 jest uzupełnieniem dokumentu 1577, które opisuje wykorzystanie protokołów sygnalizacyjnych ATM (*ang. ATM Signaling*) w klasycznym IP.

5. Laboratorium ATM

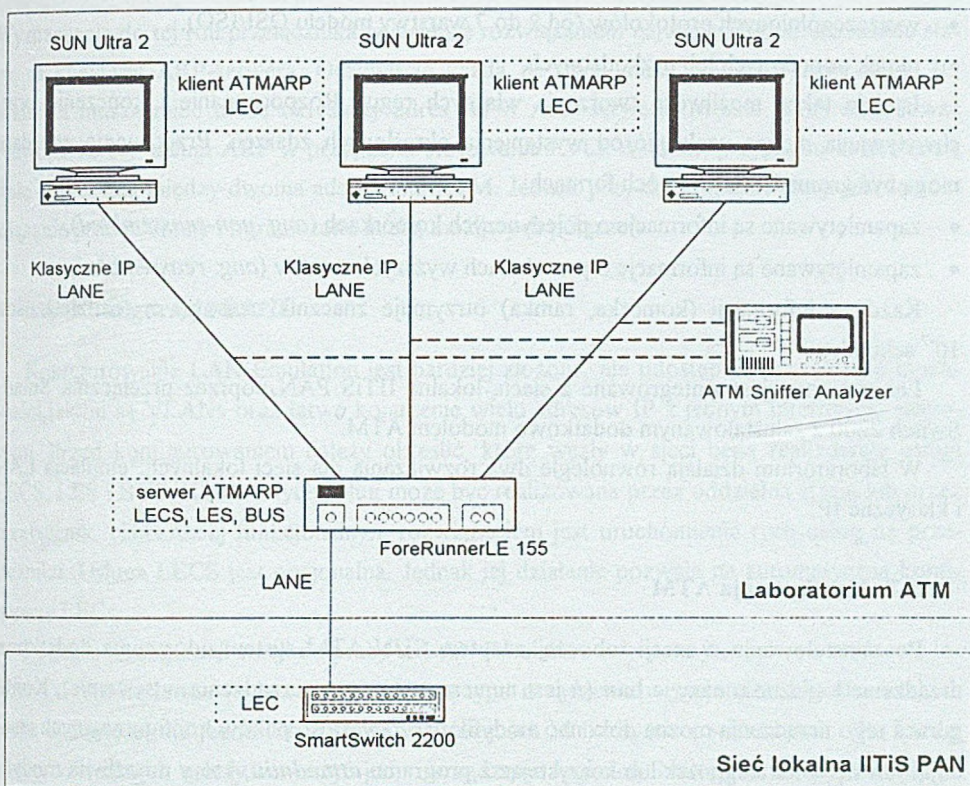
5.1. Konfiguracja sprzętowa

Do badań nad zastosowaniem technologii ATM w sieciach lokalnych oraz do transmisji multimedialnych w IITiS PAN stworzono „Laboratorium ATM”. Laboratorium funkcjonuje w oparciu o 3 stacje robocze SUN Ultra Enterprise 2 i przełącznik ForeRunnerLE 155. Do monitorowania i analizy ruchu w sieci wykorzystywany jest ATM Sniffer Analyzer. Fizyczne połączenie urządzeń jest wykonane przy użyciu skrętki nieekranowanej 5 kategorii (rys. 4).

Stacje robocze charakteryzują się następującymi parametrami:

- procesor - UltraSPARC 167 MHz,
- pamięć operacyjna - 64 MB,
- pamięć zewnętrzna - dysk twardy 2.1 GB,
- karta graficzna z akceleratorem - Creator,
- adapter sieciowy - Ethernet 10/100,
- adapter sieciowy - SUN ATM155/UTP5.

ForeRunnerLE 155 jest 12-portowym przełącznikiem dla grup roboczych. Może być zbudowany o dodatkowe cztery porty 155 Mb/s (skrętka nieekranowana kategorii 5 lub światłowód wielomodowy) lub o jeden port 622 Mb/s (światłowód wielomodowy). Przełącznik może realizować usługi charakterystyczne dla LANE, takie jak LECS, LES i BUS oraz pełnić funkcje ARP-serwera w przypadku stosowania klasycznego IP. Ponadto umożliwia korzystanie z firmowego rozwiązania FORE o nazwie „Fore IP”.



Rys. 4. Struktura laboratoryjnej sieci ATM

Fig. 4. The laboratory ATM network structure

Przełącznik bazuje na architekturze „non-blocking”. Obsługuje wszystkie cztery klasy usług: CBR, VBR, ABR i UBR. Dla usług ABR i UBR realizowany jest dynamiczny przydział pamięci. Ponadto w przełączniku zastosowano dwie techniki optymalizacji ruchu pakietów (*ang. Packet Level Discard*): EPD (*ang. Early Packet Discard*) i PPD (*ang. Partial Packet Discard*). Transmisje ATM mogą być realizowane w oparciu standard SONET lub SDH. Do komunikacji ze stacjami roboczymi można wykorzystać zarówno UNI 3.0, jak i UNI 3.1.

ATM Sniffer Analyzer jest zbudowany w oparciu o komputer przenośny PAC 63C z procesorem Intel Pentium 166 MHz. Analizator jest włączany pomiędzy stację roboczą a przełącznik przy użyciu specjalnej sondy. Ruch w sieci może być tylko monitorowany, 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 na przykład 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. Rozpoczynanie i kończenie 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.

Laboratorium jest zintegrowane z siecią lokalną IITiS PAN poprzez przełącznik Smart-Switch 2200 z zainstalowanym dodatkowo modulem ATM.

W laboratorium działają równolegle dwa rozwiązania dla sieci lokalnych: emulacja LAN i klasyczne IP.

5.2. Konfiguracja ATM

Po zainstalowaniu w stacji roboczej adaptera SUN ATM system udostępnia dodatkowe urządzenie logiczne o nazwie *ban* (*n* jest numerem tego typu urządzenia w systemie). Konfiguracji tego urządzenia można dokonać modyfikując zawartość plików konfiguracyjnych znajdujących się w katalogu */etc* lub korzystając z programu *atmadmin*, który umożliwia modyfikację sześciu grup parametrów dotyczących:

- systemu,
- warstwy fizycznej ATM,
- protokołów sygnalizacyjnych ATM,
- ILMI (*ang. Interim Local Management Interface*),
- klasycznego IP,
- emulacji LAN.

W grupie parametrów systemowych należy określić, czy na stacji ma być uruchomiony agent SNMP. Pozostałe grupy dotyczą bezpośrednio *ba*. W przypadku warstwy fizycznej należy wybrać jeden z dwu standardów: SONET lub SDH. Protokołem sygnalizacyjnym może być UNI 3.0 lub UNI 3.1. Protokół zarządzania ILMI powinien być uaktywniony, jeśli jest on także wykorzystywany przez przełącznik ATM.

5.2.1. Konfiguracja klasycznego IP

Podczas konfiguracji klasycznego IP w środowisku SVC należy określić, które z urządzeń w sieci będzie pełniło funkcję ARP-serwera. Może być nim jedna ze stacji lub przełącznik.

Wyznaczenie do tej roli przełącznika wydaje się rozwiązaniem najwłaściwszym. Pozostałe stacje są klientami ARP-serwera. Oczywiście każda ze stacji musi mieć przyznany adres IP, a klienci muszą mieć także określony adres ATM ARP-serwera. Można także zastosować rozwiązanie bez usługi ARP w przypadku stosowania PVC. W takim przypadku zestawia się stałe połączenia między dwoma adapterami ATM. Jednak przy dużej liczbie stacji jest to rozwiązanie pracochłonne i ograniczone liczbą możliwych połączeń.

5.3. Konfiguracja LANE

Konfigurowanie LAN Emulation jest bardziej złożone, ale udostępnia też większe możliwości, jakimi są VLANs oraz łatwe kojarzenie wielu adresów IP z jednym interfejsem sieciowym. Przed konfigurowaniem należy określić, które węzły w sieci będą realizowały usługi LECS, LES i BUS. Każda z tych usług może być realizowana przez oddzielną stację lub przez przełącznik. Najbardziej funkcjonalnym rozwiązaniem jest uruchomienie tych usług na przełączniku. Usługa LECS jest opcjonalna. Jednak jej działanie pozwala na automatyczną konfigurację LECS.

Podczas konfiguracji stacji do pracy w LAN Emulation tworzone jest nowe urządzenie logiczne o nazwie *lanen* (n jest numerem tego typu urządzenia w systemie). Urządzeń takich może być więcej niż jedno (do tysiąca) w zależności od liczby sieci wirtualnych. Dla każdej z sieci wirtualnych należy utworzyć jedno urządzenie logiczne. Następnie należy określić fizyczny adres LECS, jeśli ta usługa została uruchomiona lub adres LES w przeciwnym wypadku oraz podać nazwę sieci wirtualnej w LANE.

Wszystkie tworzone urządzenia są związane z jednym urządzeniem fizycznym. Dlatego nawet stacja z jednym adapterem ATM może należeć do kilku sieci wirtualnych.

Każda z sieci wirtualnych może emulować sieć typu Ethernet lub typu Token-Ring. Także dla każdej z sieci można wprowadzić restrykcje dotyczące przynależności do niej stacji o określonych adresach.

6. Plany badań

W powstałym laboratorium planuje się, w najbliższym czasie, prowadzenie dwóch typów badań. Pierwsze będą dotyczyły badań wydajnościowych ATM LAN w różnych konfiguracjach. Drugi obszar badań będzie dotyczył transmisji o charakterze multimedialnym w różnych środowiskach (klasyczne IP, LANE, bezpośredni dostęp do ATM). W przypadku bezpośredniego wykorzystania ATM będzie testowana przede wszystkim usługa VBR – wpływ parametrów PCR (*ang. Peak Cell Rate*), SCR (*ang. Sustainable Cell Rate*), MBS (*ang. Maximum*

Burst Size) i CDTV (*ang. Cell Delay Variation Tollerance*) na jakość transmisji obrazów wideo.

7. Podsumowanie

Technologia ATM, mimo jej pierwotnego przeznaczenia do budowy sieci rozległych, zaczęła wkraczać także na obszar sieci lokalnych. Może stać się pierwszą technologią, którą będzie można stosować w sieci każdego typu niezależnie od jej geograficznej wielkości.

Ponadto bardzo ważną cechą ATM jest zapewnienie jakości usług (Quality of Service). Dzięki niej można wykorzystywać ATM do realizacji usług multimedialnych, takich jak wideo-konferencje czy wideo na żądanie. Dodatkowo ATM udostępnia o wiele większe przepustowości niż inne technologie.

Obecnie ATM jest stosowana w LANs do tworzenia sieci szkieletowych. To ograniczenie wynika przede wszystkim z dwóch faktów: bardziej złożonej konfiguracji w porównaniu z innymi technologiami stosowanymi w sieciach lokalnych oraz wysokich cen, chociaż można założyć ostatnio ich znaczny spadek.

ATM jest cały czas rozwijany i ulepszany. Obecnie dosyć duże zainteresowanie budzi opracowywana przez ATM Forum specyfikacja MPOA (*ang. MultiProtocol over ATM*). Ma ona umożliwić szersze i łatwiejsze wykorzystanie ATM w sieciach lokalnych oraz na płynną integrację z istniejącymi rozwiązaniami. Głównym „konkurentem” ATM w środowisku sieci lokalnych może być Gigabit Ethernet. Jednak standard ten jest dopiero opracowywany, natomiast ATM jest już rzeczywistością.

LITERATURA

- [1] The ATM Forum Technical Committee: ATM User-Network Interface Specification Version 3.1, 1994.
- [2] The ATM Forum Technical Committee: LAN Emulation Over ATM Version 1.0, 1995.
- [3] The ATM Forum Technical Committee: LAN Emulation Over ATM Version 1.0 Addendum, 1995.
- [4] The ATM Forum Technical Committee: LAN Emulation Servers Management Specification Version 1.0, 1996.
- [5] The ATM Forum Technical Committee: LAN Emulation Client Management Specification Version 1.0, 1995.

- [6] Heinanen J.: Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5. RFC 1483, 1993.
- [7] Lubach M.: Classical IP and ARP over ATM. RFC 1577, 1994.
- [8] Atkinson R.: Default IP MTU for use over ATM AAL5, RFC 1626, 1994.
- [9] Perez M.: ATM Signaling Support for IP over ATM. RFC 1755, 1995.
- [10] Akyildiz I., Bernhardt K.: ATM Local Area Networks: A survey of requirements, architectures, and standards. IEEE Communications Magazine, Lipiec 1997, s. 72-80.
- [11] Fore Systems: ForeRunner ATM Switch Configuration Manual, 1997.
- [12] Network General Corporation: ATM Sniffer Network Analyzer Operations, 1996.
- [13] Cabletron Systems: Smart Switch User's Guide, 1997.
- [14] Hunt C.: TCP/IP Administracja sieci. Oficyna Wydawnicza READ ME, Warszawa 1996.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej Grzywak

Wpłynęło do Redakcji 14 stycznia 1998 r.

Abstract

There is the significant progress in making ATM LANs a reality. In this article authors focus on the application of ATM technology in the LAN environment to interconnect high-end host computers and on the internetworking of ATM-based LANs with legacy LANs. The article introduces ATM LAN requirements, followed by a discussion of possible ATM LAN architectures to support these requirements. Especially in the article are discussed problems of broadcast traffic, connectionless services - both direct (Fig. 2) and indirect approach (Fig. 1), address resolving, virtual LANs (Fig. 3) and requirements for new API. Practical applications of Classical IP over ATM and LAN Emulation are presented.

The article then covers current standards and concludes with description of ATM laboratory platform at IITiS PAN Gliwice (Fig. 4) and with short description of researches which will be made on this platform, including IP performance measuring testing parameters sets of network link for multimedia data transmission.