

Spis treści

1. Specyfikacja LANE	2
1.1 Informacje wstępne	2
1.2 Architektura sieciowa	3
1.2.1 Opis funkcjonalny	3
1.2.2 Jednostki systemowe.....	6
1.3 Algorytm funkcjonowania	8
1.3.1 Połączenia	9
1.3.2 Funkcje techniczne i użytkowe	12
2. Schemat MPOA	16
2.1 Informacje wstępne	16
2.2 Architektura systemu.....	17
2.3 Algorytm funkcjonowania	18
2.4 Procedury systemowe	21
2.4.1 Konfiguracja.....	21
2.4.2 Przeszukiwanie.....	21
2.4.3 Pozyskiwanie danych adresowych	22
2.4.4 Przekaz wiadomości.....	23
2.4.5 Przekazy rozgłoszeniowe	24
3. Technika SMDS	25
3.1 Informacje wstępne	25
3.2 Interfejsy.....	26
3.3 Adresowanie	28
3.3.1 Struktura	28
3.3.2 Funkcje bezpieczeństwa.....	29
3.4 Właściwości użytkowe.....	30
3.4.1 Techniki transmisyjne	30
3.4.2 Klasy dostępów.....	30
3.4.3 Parametry jakości świadczenia usług	31
3.5 Interfejs SMDS (SIP).....	32
3.6 SIP Relay	34
3.7 Interfejs DXI	35
3.7.1 Schematy realizacyjne.....	36
3.7.2 Warstwa łącza danych.....	36
3.7.3 Interfejs fizyczny	41
3.8 Interfejs ATM.....	42

Specyfikacja LANE

1.1 Informacje wstępne

Podstawową przyczynę opracowania standardu emulacji sieci lokalnych w systemach ATM (*LAN Emulation over ATM - LANE*) stanowi rosnące zainteresowanie użytkowników możliwościami dostępu do cechujących się wysoką wydajnością i przepustowością sieci szerokopasmowych. Uwzględniając ogromne ilości funkcjonującego obecnie sprzętu i oprogramowania realizującego popularne standardy LAN zdecydowano, że optymalnym rozwiązaniem będzie zapewnienie przezroczystości rozległych transmisyjnych struktur szkieletowych nowego typu dla przekazów generowanych przez abonentów sieci lokalnych.

Protokoły wchodzące w skład schematu LANE zapewniają, że realizujące bezpołączeniowe tryby wymiany danych zasoby LAN mogą komunikować się z oddalonymi segmentami podobnego typu za pośrednictwem funkcjonującej w trybie połączeniowym sieci ATM.

Funkcjonowanie LANE może być standardowo realizowane w dwóch podstawowych konfiguracjach:

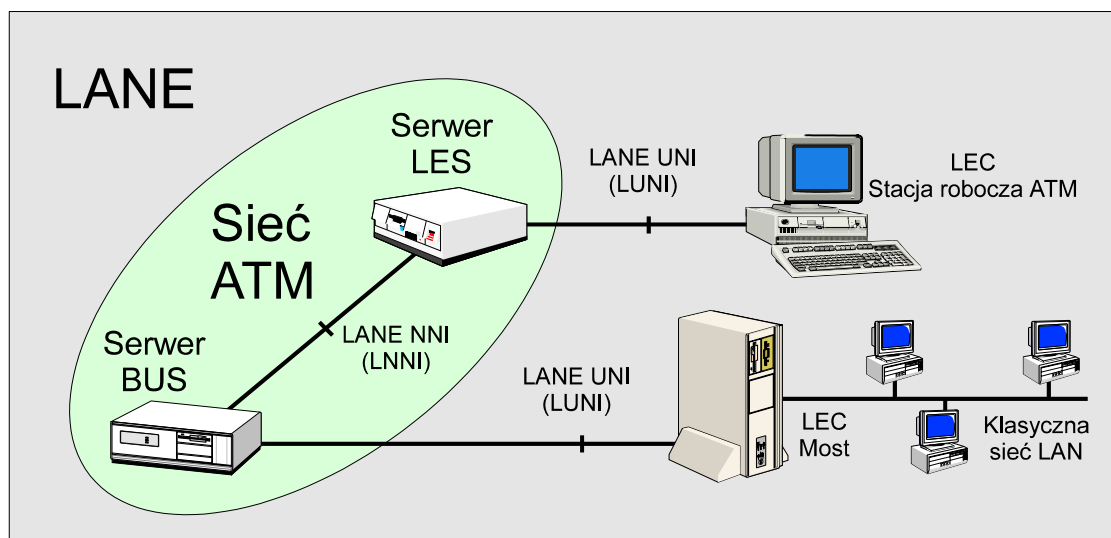
- pośredniczącej, kiedy zasoby sieciowe w postaci mostów lub routerów obsługują komunikację różnych segmentów LAN integrowanych za pośrednictwem sieci szkieletowej ATM;
- stacji końcowych - obsługującej terminale dołączone bezpośrednio do systemu ATM lub stanowiących elementy klasycznych sieci LAN.

Jakkolwiek stanowiąca protokół warstwy drugiej LANE wykorzystuje do realizacji wymaganych transferów schemat mostowania, to jednak dzięki efektywnym implementacjom mechanizmów sterujących jest w stanie współpracować nie tylko z protokołami warstw wyższych bez możliwości doboru trasy (SNA, NetBios itp.), ale również z takimi, które właściwości takie posiadają (np. IP i IPX).

1.2 Architektura sieciowa

1.2.1 Opis funkcjonalny

Elementami architektury systemu są wyróżniane logicznie urządzenia (aplikacje) oraz zasady i protokoły ich wzajemnej współpracy. Umieszczenie realizujących wymienione zadania interfejsów zdefiniowanych zapisami specyfikacji LANE przedstawia poniższy schemat:



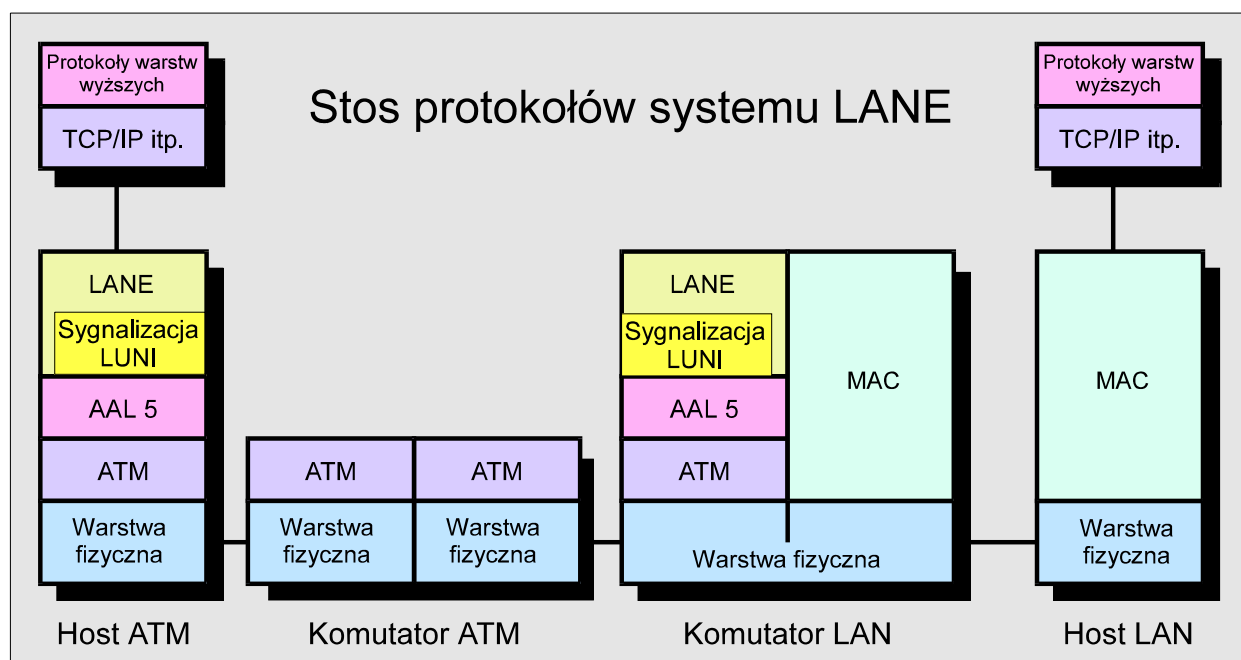
Interfejsy LANE

Poszczególne interfejsy systemu LANE posiadają następujące przeznaczenie:

Styk użytkownika z siecią (LUNI) wykorzystywany jest w celu dołączania klasycznych sieci LAN oraz indywidualnych użytkowników do sieci funkcjonujących w oparciu o technikę ATM. Protokoły związane ze stykiem LUNI umożliwiają zestawianie połączeń wirtualnych wykorzystywanych do przekazywania danych oraz emulacji bezpołączeniowych procedur transmisyjnych Ethernet (IEEE 802.3) lub Token Ring (IEEE 802.5). Konwersja danych z pakietów LAN na komórki ATM jest realizowana przez procedury LUNI przy wykorzystaniu mechanizmów dostarczanych przez warstwę AAL 5 systemu ATM.

Styk elementów sieciowych (LNNI) stanowi połączenie funkcjonujących w systemie serwerów, zapewniając dwupoziomową komunikację pomiędzy realizującymi ich funkcje aplikacjami. Poziom niższy umożliwia dzięki algorytmowi *spanning tree* ustanawianie i nadzór nad wirtualnymi połączeniami różnych typów, natomiast poziom wyższy obsługuje procedury rejestracji adresów realizowane przy wykorzystaniu protokołu LNNI ARP.

Styk międzywarstwowy (nie pokazany na rysunku) umożliwia współpracę obiektów LANE funkcjonujących w ramach tego samego elementu systemu (stacji roboczej, mostu, routera itp.). Zadania realizowane przez styk międzywarstwowy obejmują zarówno zapewnienie współpracy komponentów systemu w trakcie zestawiania i wykorzystania połączeń różnych typów, jak i współdziałania warstwy LANE z funkcjami warstw wyższych oraz warstwą adaptacji techniki ATM (AAL). Współdziałanie to jest realizowane zgodnie ze schematem przedstawionym na poniższym rysunku:

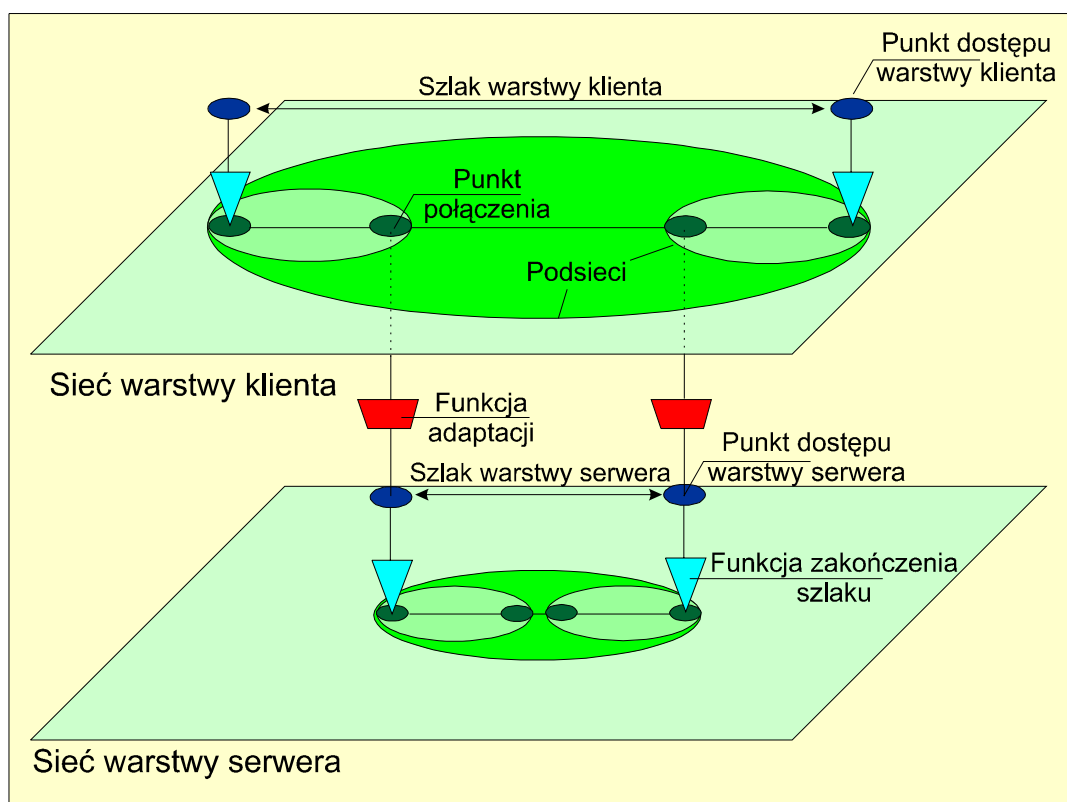


Stos protokołów systemu LANE

Zadania realizowane przez zasoby LANE odpowiadają dwóm najniższym warstwom standardowego modelu odniesienia OSI. Podstawowe funkcje zapewnienia współpracy z wykorzystywanym medium transmisyjnym wykonywane są przez warstwę fizyczną operującym na poziomie bitowym. Zgodnie z wcześniejszym opisem warstwa fizyczna obejmuje dwie podwarstwy: podwarstwę medium fizycznego (*PM-Physical Medium*) i podwarstwę zbieżności transmisji (*TC-Transmission Convergence*), których szczegółowy opis przedstawiono przy okazji omawiania podstaw techniki ATM.

Funkcję styku pomiędzy elementami emulowanych sieci LAN i protokołami warstw wyższych realizują procedury składowe poziomu LANE, których podstawowym zadaniem jest wiązanie adresów LAN i ATM realizowane w warstwie MAC. Tryb i protokoły LANE stanowią podstawowy element warunkujący poprawne funkcjonowanie systemu ponieważ zapewniają współpracę zasobów zorientowanych połączeniowo (ATM) i bezpołączeniowo (LAN).

Podstawowe zależności pomiędzy elementami systemowymi, w tym scenariusze usługowe LANE opisywane są zgodnie z koncepcją ortogonalnego podziału funkcjonalnego oraz wykorzystaniem relacji klient-serwer przedstawionej schematycznie na poniższym rysunku:



Warstwowa architektura relacji klient-serwer

Każda z wyróżnianych warstw charakteryzuje się własną siecią wykorzystywaną do transferowania w jej ramach wymaganych informacji. Wyróżniane są sieci:

- Warstwy abonenckiej - zapewniające realizację usług telekomunikacyjnych przy wykorzystaniu łączy komutowanych oraz dzierżawionych.
- Warstwy ścieżek - zapewniające komunikację węzłów (serwerów) systemowych.
- Warstwy środków transmisyjnych - przeznaczone do realizacji przekazów pomiędzy węzłami warstwy ścieżek. W klasie tej wyróżnia się sieci warstwy środków fizycznych oraz sieci warstwy sekcji, które dzielą się z kolei na sieci warstwy sekcji zwielokrotnienia oraz sieci warstwy sekcji regeneracji.

Zestaw podstawowych składników modelu sieci transportowej LANE obejmuje ponadto:

- Adaptację, czyli procesy przystosowania informacji charakterystycznej dla sieci warstwy klienta do formy wymaganej przez sieć warstwy serwera. Typowymi procesami adaptacji są: zwielokrotnienie, ramkowanie oraz kodowanie.

- Zakończenie - obejmujące schematy generowania oraz wydzielania nagłówków niezbędnych dla utrzymania integralności transferu danych w obrębie warstwy.
- Połączenie - stanowiące jednostkę transportową umożliwiającą niezakłócony przekaz danych pomiędzy punktami połączenia
- Szlak - zapewniający integralność danych przekazywanych w obrębie warstwy serwera z jednej lub wielu sieci warstwy klienta. Działanie funkcji szlaku ograniczają punkty dostępu warstwy serwera.

Zgodnie z przedstawionym opisem, system sieciowy realizujący schemat LANE może być postrzegany jako zestaw odpowiednio skonfigurowanych zasobów sprzętowych komunikujących się wzajemnie przy wykorzystaniu ustalonego protokołu.

1.2.2 Jednostki systemowe

Elementami funkcjonalnymi systemu LANE są stanowiące platformę sprzętową dla aplikacji o charakterze klienta stacje robocze z kartami ATM oraz realizujące tą samą technikę mosty (*bridges*), a także odpowiedni zestaw aplikacji serwerów wykonujących funkcje konfiguracyjne, sygnalizacyjne i rozgłoszeniowe.

Dowolny z wymienionych elementów może stanowić wyposażenie pojedynczego elementu sprzętowego lub mieć charakter rozproszony tj. funkcjonować w oparciu o kilka urządzeń fizycznych. Specyfikacja LANE nie określa sposobów, dzięki którym elementy aplikacji rozproszonych mogą funkcjonować jako niepodzielny element funkcjonalny.

Szczegółowy opis jednostek systemu LANE zawarto w dalszej części rozdziału.

1.2.2.1 Klient LE

Mianem klientów LAN Emulation (LEC) określane są aplikacje urządzeń końcowych, które odpowiadają za przesyłanie danych, rozpoznawanie i powiązanie adresów oraz realizację funkcji sterujących. Praktycznymi przykładami zasobów realizujących funkcje klienta są: wyposażone w karty ATM komputery użytkowników, przełączniki Ethernet oraz typowe routery, które dostarczają obiektom protokołów warstw wyższych emulowanych na poziomie MAC funkcji interfejsów usług Ethernet (IEEE 802.3) lub Token Ring IEEE 802.5 oraz interfejsu LUNI (w przypadkach komunikowania się z innymi elementami ELAN). Indywidualne aplikacje LEC mogą komunikować się bezpośrednio tylko w przypadku, gdy są obsługiwani przez ten sam serwer, co oznacza, że jeśli urządzenie należy równocześnie do kilku segmentów sieciowych, to musi realizować odpowiednią liczbę aplikacji LEC.

Element LEC jest identyfikowany przez unikalny adres ATM skojarzony z jednym lub kilkoma adresami MAC, które są za jego pośrednictwem osiągalne. Podczas realizacji przekazów ramki sieciowe LAN są przekształcane w PDU AAL 5 i po dodaniu identyfikatora LEC (LECID) kierowane do miejsca przeznaczenia).

1.2.2.2 Serwer LE

Serwerem LANE (LES) jest aplikacja realizująca w ramach emulowanej sieci LAN niezbędne dla jej funkcjonowania procedury kontrolne i sterujące. W szczególności zadaniem LES jest wzajemne odwzorowywanie adresów i innych deskryptorów routingowych poziomów MAC i ATM oraz wyznaczanie tras, którymi komórki ATM są następnie przesyłane do punktów docelowych.

W celu korzystania przez LEC z usług świadczonych przez LES niezbędna jest rejestracja polegająca na wyspecyfikowaniu urządzeń (ich adresów), których obsługiwanie jest wymagane. Pomyślne przeprowadzenie rejestracji umożliwia generację zapytań o adresy ATM klientów przeznaczenia, na które LES odpowiada bezpośrednio lub po dodatkowej wymianie danych z innymi elementami systemu.

W każdym segmencie sieciowym ELAN funkcjonuje jeden i tylko jeden element LES o adresie ustalonym i rozsyłanym do związanych z nim aplikacji LEC przez serwer konfiguracyjny LAN Emulation.

1.2.2.3 Serwer konfiguracyjny LE

Serwer konfiguracyjny LE (LECS) stanowi unikalna w ramach sieciowej domeny aplikacja przeznaczona do realizacji funkcji związanych z ustalaniem wzajemnych powiązań funkcjonalnych elementów systemowych. Podstawowym zadaniem LECS jest przypisywanie klientom LEC wyróżnianym sieciom emulowanym, które odbywa się na zasadzie ich kojarzenia z właściwym serwerem LES.

Platformę funkcjonowania LECS stanowią informacje wprowadzone wstępnie przez administratora domeny sieciowej, a także dane zawarte w bazie konfiguracyjnej oraz dostarczone przez obsługiwanych klientów. Dzięki temu przypisywanie indywidualnych LEC polega na podaniu w odpowiedzi na zapytania konfiguracyjne adresu ATM realizującego ich obsługę elementu LES

1.2.2.4 Serwer rozgłoszeniowy

Serwer rozgłoszeniowy, określany jako *Broadcast and Unknown Server (BUS)*, obsługuje wiadomości z okólnikowym adresem MAC postaci „FFFFFFFFFFFF”, całość ruchu generowanego w trybie punkt- wielopunkt, oraz ramki nadawane przez elementy LEC przed ustaleniem docelowego adresu ATM (zanim ustanowione zostanie właściwe połączenie wirtualne VCC). Sposób realizacji przez BUS funkcji użytkowych jest zgodny z zaleceniem X.6 (*Multicast Service Definition*) ITU- T.

Założenia systemowe LANE dopuszczają funkcjonowanie na styku LUNI pojedynczego elementu BUS, przez który przechodzą wszystkie ramki generowane w konfiguracjach innych niż punkt - punkt. Dozwolone są zarówno klasyczne implementacje serwera, jak i wersje rozproszone oraz z architekturą nadmiarową.

Funkcjonalnie BUS stanowi nieodzowny fragment systemu LANE, którego poprawne funkcjonowanie wymaga realizacji następujących transferów rozgłoszeniowych:

- ramek z adresami *multicast* i *broadcast* MAC;
- przekazów inicjujących generowanych w przypadkach braku znajomości adresu ATM punktu przeznaczenia (ruch typu *unknown*);
- pakietów technicznych obsługujących procedury poszukiwawcze *source routing*.

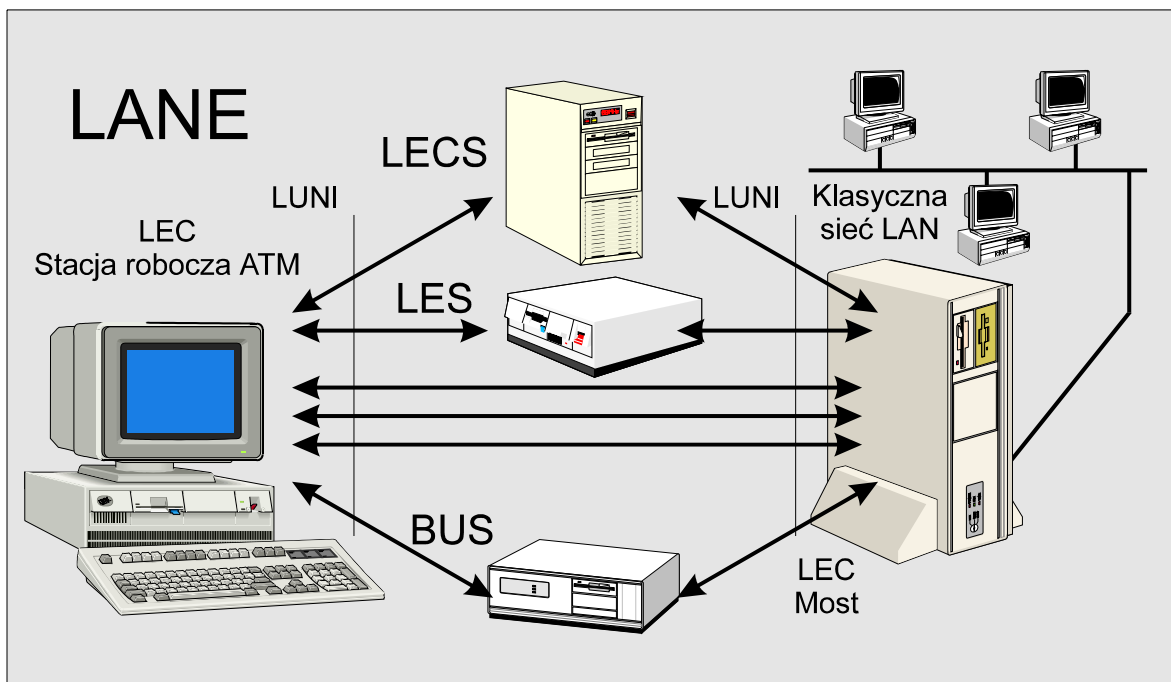
Praktyczna realizacja funkcji rozgłoszeniowych polega na tym, że element LEC nadaje zestaw ramek na adres BUS, który rozsyła je następnie do pozostałych obsługiwanych klientów LANE. Jeśli w danej chwili czasowej dociera do BUS więcej niż jedna wiadomość przeznaczona do rozgłoszenia, to są one nadawane kolejno, tak aby uniknąć przeplatania się danych różnych ramek AAL 5.

W przypadku wykorzystywania trybu kanałów wirtualnych zestawianych na życzenie (SVC), zasoby BUS współdziałają w realizacji protokołu ustalania adresów *Address Resolution Protocol (CLE-ARP)*, dzięki czemu elementy LEC mogą samodzielnie lokalizować serwer rozgłoszeniowy w środowisku sieciowym.

1.3 Algorytm funkcjonowania

1.3.1 Połączenia

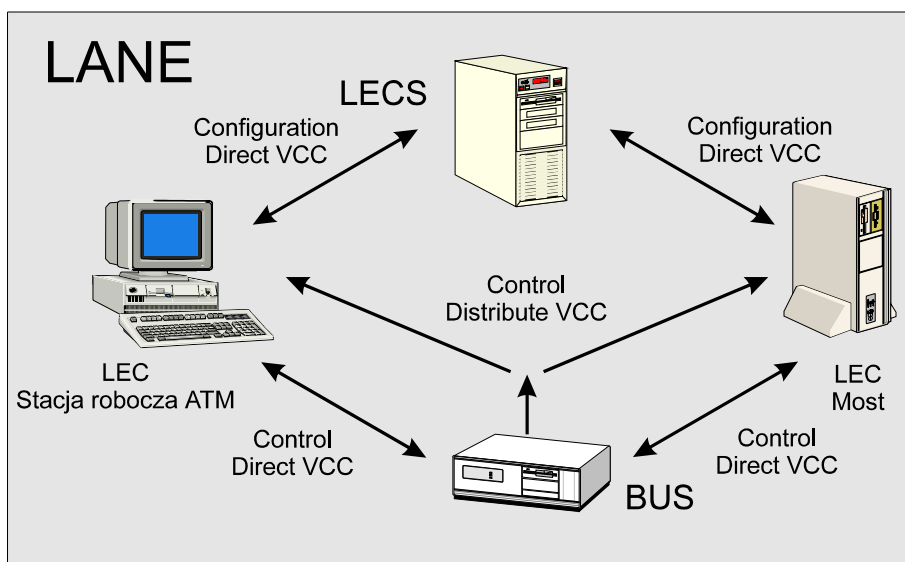
Aplikacje LEC wykorzystują oddzielne połączenia wirtualne VCC do transferowania danych sterujących (np. zapytań protokołu LE-ARP) oraz danych w postaci ramek IEEE 802.3 lub IEEE 802.5, przy czym każde połączenie VCC przenosi dane tylko jednego segmentu ELAN. Zestaw wszystkich funkcjonujących VCC tworzy wirtualną sieć transmisyjną integrującą wszystkie elementy systemu, czyli LEC, LES, LECS i BUS. Uproszczoną strukturę sieciową składającą się z dwóch LEC wraz z wymaganymi urządzeniami towarzyszącymi ilustruje rysunek:



Komunikacja LEC za pośrednictwem interfejsu LUNI

1.3.1.1 Połączenia sterujące

Przeznaczeniem wirtualnych połączeń sterujących jest zapewnienie komunikacji pomiędzy elementami LEC i systemowymi serwerami LANE. Zestawienie wymaganych połączeń służbowych stanowi integralną część fazy inicjalizacji, zaś ich konfigurację ilustruje przedstawiony na rysunku schemat:



Konfiguracja połączeń sterujących LANE

Ze względu na przeznaczenie specyfikacja LANE wyróżnia następujące rodzaje połączeń sterujących:

Bezpośrednie łącze konfiguracyjne (*Configuration Direct VCC*) - stanowi dwukierunkową relację zestawianą przez element LEC (lub inne urządzenie) do serwera LECS w celu umożliwienia pozyskania danych konfiguracyjnych (faza inicjalizacji) oraz ich uzupełnienia (faza realizacji zadań użytkowych)

Bezpośrednie łącze sterujące (*Control Direct VCC*) - umożliwia przesyłanie wiadomości służbowych pomiędzy elementami LEC i LES i jest zestawiane każdorazowo w fazie inicjalizacji systemu. Każdy aktywny element LEC musi dysponować połączeniem do serwera LES segmentu sieciowego, w którym wykonuje funkcje użytkowe.

Sterujące łącze rozgłoszeniowe (*Control Distribute VCC*) - jest opcjonalną jednokierunkową relacją zestawianą przez LES w konfiguracji punkt-punkt lub punkt-wielopunkt w celu dystrybucji wiadomości sterujących do skojarzonych elementów LEC.

1.3.1.2 Połączenia użytkowe

Podstawowe funkcje transferowania wiadomości użytkowników w postaci ramek protokołów Ethernet/IEEE 802.3 or IEEE 802.5 realizowane są za pośrednictwem sieci połączeń użytkowych integrujących elementy LEC oraz zapewniających ich komunikację z rozgłoszeniowym serwerem BUS. Połączenia użytkowe nie przenoszą informacji sterujących za wyjątkiem komunikatów typu *flush*, które opisano w dalszym ciągu opracowania.

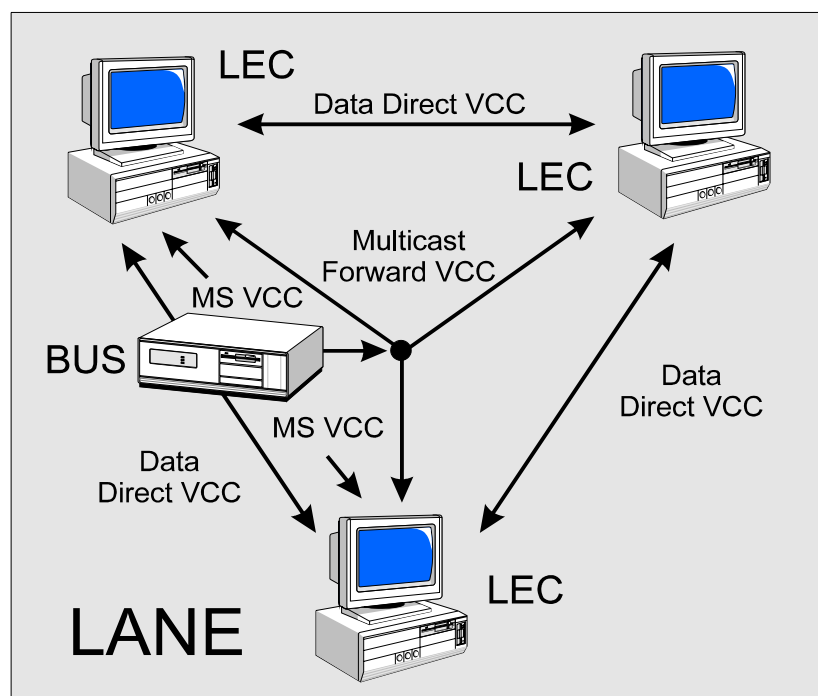
W systemie LANE wyróżniane są następujące rodzaje połączeń użytkowych:

Bezpośrednie łącze użytkowe (Data Direct VCC) - stanowi dwukierunkową relację ustanowioną pomiędzy elementami LEC, które wymieniają dane w trybie *unicast*.

Element LEC, który posiada dane do przekazania do punktu końcowego o nieznanym adresie ATM może go uzyskać generując zapytanie LE-ARP i w rezultacie zestawiać bezpośrednie połączenie użytkowe VCC do klienta wskazanego zawartością uzyskanej odpowiedzi.

Jeśli dowolny LEC nie dysponuje zasobami wystarczającymi do ustanowienia bezpośredniego połączenia użytkowego powinien zaprzestać nadawania ramek do serwera BUS, dokonać rozłączenia realcji do współpracującego LEC w celu zwolnienia zasobów i ponownie ustanowić wymagane połączenie

Przesyłania rozgłoszeniowego (Multicast Send VCC) - ustanowione pomiędzy LEC i BUS wykorzystywane jest zarówno do przekazywania danych ze strony klienta jak i serwera. Odmianą łącza przesyłania rozgłoszeniowego jest kanał *Multicast Forward VCC*, którego zestawienie następuje z inicjatywy serwera BUS już po ustanowieniu relacji *Multicast Send VCC*. Kanał typu *Forward* może funkcjonować w trybach punkt-punkt lub punkt-wielopunkt, zaś jego podstawowym przeznaczeniem jest transferowanie danych rozsyłanych przez element BUS. Klient LANE nie może odmówić przyjęcia kanału tego typu, zaś jego ustanowienie następuje zanim aplikacja LEC rozpocznie normalne funkcjonowanie w emulowanym segmencie sieciowym.



Konfiguracja połączeń użytkowych LANE

Tryb funkcjonowania rozważanej konfiguracji powoduje, że dane z serwera BUS mogą docierać do LEC zarówno za pośrednictwem kanału *Multicast Forward VCC*, jak i *Multicast Send VCC*. Odpowiednia funkcja sterująca zapobiega równoczesnemu przekazowi tej samej informacji w obydwu kanałach, natomiast w żadnym przypadku LEC nie może odmówić akceptacji przekazanych mu tą drogą informacji.

1.3.2 Funkcje techniczne i użytkowe

Realizacja podstawowych zadań systemu LANE polegających na przesyłaniu danych użytkowych uwarunkowana jest funkcjonowaniem wielu aplikacji o zróżnicowanych właściwościach. W dalszym ciągu przedstawione zostaną podstawowe grupy procedur wykorzystywane zarówno w celach utrzymaniowych, jak i czysto utilitarnych.

1.3.2.1 Inicjalizacja

Zanim element LEC rozpocznie realizację podstawowych zadań użytkowych, przechodzi kolejne fazy procesu inicjalizacji, na który składają się następujące etapy operacyjne:

Stan początkowy - w trakcie tej fazy działania elementy LEC pobierają podstawowe parametry obejmujące m. in. adres ATM, nazwę emulowanego segmentu LAN, maksymalny dopuszczalny rozmiar ramek itp. Proces ten jest realizowany z wykorzystaniem protokołu styku ILMI (*Interim Local Management Interface*).

Dołączenie do serwera LECS - polega na zestawieniu pomiędzy elementami LEC i LECS łącza typu *Configuration Direct VCC*. W celu wyszukania adresu ATM serwera LECS możliwe jest wykorzystanie protokołu ILMI, danych dostarczonych w trakcie realizacji stanu początkowego lub dedykowanego połączenia ATM o parametrach VPI = 0 i VCI = 17.

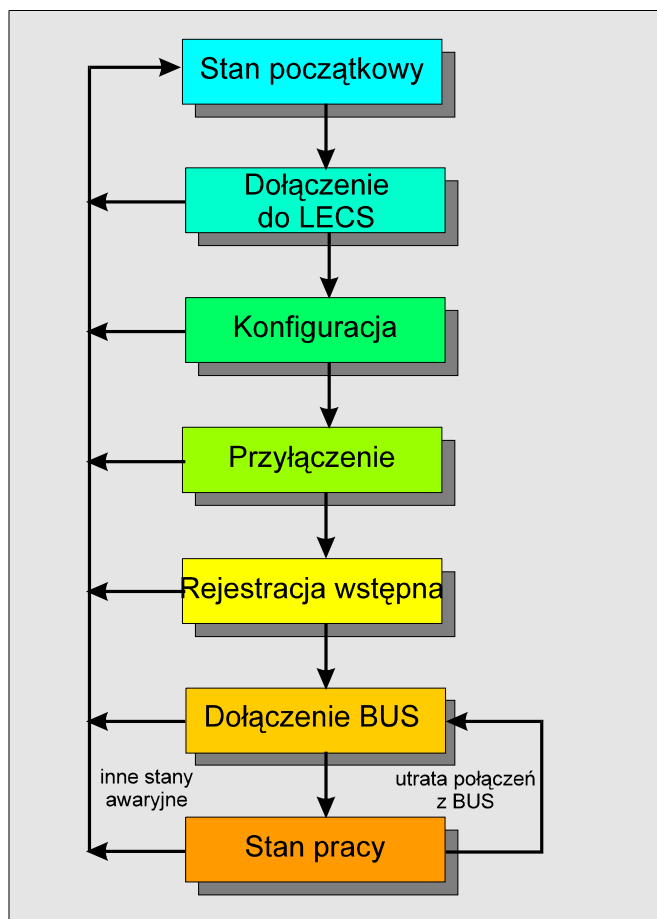
Konfiguracja - stanowi etap polegający na ustaleniu adresu serwera właściwego dla lokalnego emulowanego segmentu LAN. W tym celu wykorzystywane jest poprzednio zestawione łącze *Configuration Direct VCC*, zaś używanym protokołem może być opcjonalnie *LE Configuration Protocol*.

Dołączenie - polega na ustanowieniu połączenia *Configuration Direct VCC* z serwerem LES, przy czym w fazie tej może nastąpić likwidacja komunikacji z serwerem konfiguracyjnym (jego funkcje przejmuje wtedy LES). Faza dołączenia może zakończyć się sukcesem lub porażką. Sukces oznacza, że LEC dysponuje identyfikatorem LECID, specyfikacją techniczną macierzystego segmentu LAN (rozmiar ramki, typ sieci Ethernet/IEEE 802.3 lub Token Ring/IEEE 802.5) i aktywnym połączeniem *Configuration Direct VCC* do serwera LES.

Rejestracja wstępna - obejmuje rejestrację własnych adresów MAC i deskryptorów routingowych elementu LEC w serwerze LES, co stanowi rozszerzenie podstawowego adresu MAC wykorzystywanego uprzednio podczas realizacji fazy dołączenia. W trakcie rejestracji wstępnej LEC weryfikuje unikalność adresów lokalnych, która warunkuje pomyślne przejście procedury inicjalizacji i przystąpienie do realizacji zadań użytkowych.

Połączenie z BUS - W celu ustanowienia połączenia typu *Multicast Send VCC* do serwera BUS LEC wykorzystuje protokół LE-ARP, przy pomocy którego generuje zapytanie z adresem MAC typu *broadcast*. W odpowiedzi LES zwraca poszukiwany adres, co umożliwia nawiązanie komunikacji i w rezultacie zestawienie pomiędzy LEC i BUS połączeń *Multicast Send* oraz *Multicast Forward*.

Kompleksowo przebieg procedury inicjalizacji z podziałem na omówione etapy ilustruje poniższy schemat:



Schemat realizacyjny procedury inicjalizacji

1.3.2.2 Odwzorowywanie adresów

Operacja odwzorowywania adresów jest uruchamiana, jeśli występuje potrzeba odzyskania adresu ATM odpowiadającego znanemu adresowi MAC lub translacji klasycznego adresu ATM (48 bitów) na adres NSAP ATM (20 bitów).

Procedura poszukiwawcza jest inicjowana przez źródłowy element LEC, który wykorzystując mechanizmy protokołu LE ARP generuje zapytanie skierowane do macierzystego serwera LES. Jeśli poszukiwany adres znajduje się w jego pamięci, poszukiwanie zostaje zakończone przekazaniem wymaganych danych do klienta źródłowego. W przypadku przeciwnym następuje rozesłanie zapytania do wszystkich klientów, lub tylko zarejestrowanych w trybie *proxy* (z adresami tymczasowymi). Klienci są zobowiązani do uruchomienia lokalnych mechanizmów poszukiwawczych (ARP), tak że jeśli któryś z nich posiada właściwe dane, zostaną one przekazane źródłowemu elementowi LES, a ten z kolei dostarczy ich od LEC inicjującego.

1.3.2.3 Zarządzanie połączeniami

W przypadku wykorzystania do realizacji połączeń kanałów wirtualnych zestawianych na życzenie (SVC), elementy systemu LANE (LEC, LES i BUS) wykorzystują do ustanowienia wzajemnej komunikacji technik sygnalizacyjnych zawartych w specyfikacji UNI.

1.3.2.4 Transmisja danych

Zawierające dane użytkowe ramki mogą być przesyłane w ramach emulowanego segmentu LAN przy wykorzystaniu połączeń następujących typów:

- *Data Direct VCC* zestawianych pomiędzy elementami LEC;
- *Multicast Send* i *Multicast Forward VCC*, które komunikują LEC z serwerem BUS.

Ramki *unicast*

Przekazywanie ramek typu *unicast* musi zostać poprzedzone zestawieniem połączenia. Zadanie to jest realizowane przez źródłowy element LEC, który w tym celu wykorzystuje zapytanie zgodne ze specyfikacją protokołu LE ARP.

Ponieważ nie ma gwarancji, że uzyskana odpowiedź zawierać będzie poszukiwany adres ATM, nadajnik rozpoczyna równocześnie przekazywanie otrzymanych danych do serwera BUS, który rozsyła je do wszystkich współpracujących elementów LEC.

W przypadku, gdy poszukiwanie zakończy się powodzeniem, przesyłanie danych jest kontynuowane w trybie *unicast* (przekaz do BUS zostaje przerwany).

Ramki *multicast*

Stosownie do realizowanych scenariuszy usługowych specyfikacja LANE przewiduje przypadki, w których element LEC generuje ramki z adresem *multicast* lub ramki tego typu odbiera.

W celu nadawania rozgłoszeniowego klient LEC kieruje pakiety za pośrednictwem zestawionego w fazie inicjalizacji połączenia typu *Multicast Send VCC* do serwera BUS, który wykorzystując zarejestrowane dla danej grupy adresy typu *broadcast* lub *multicast* przesyła otrzymane dane do punktów przeznaczenia połączeniami *Multicast Send VCC* lub *Multicast Forward VCC*.

Podwójny charakter wykorzystywanych połączeń powoduje, że docelowe elementy LEC mogą otrzymywać zduplikowane pakiety, zaś LEC źródłowy dodatkowo wygenerowane przez niego samego. Zapobieganie przedstawionym efektom polega na opatrywaniu ramek identyfikatorem LECID, dzięki czemu odbiornik jest w stanie identyfikować dane nadawane przez macierzysty odbiornik.

Przeciwdziałaniu efektowi duplikacji danych służy wykorzystanie techniki *flush*, która polega na tym, że zmieniający rodzaj kanału nadajnik przesyła zamykanym połączeniem ramkę oznaczoną zamiast LECID kodem „xFF00”. Pakiety tego typu są odsyłane do nadawcy, który w momencie ich odebrania zyskuje pewność, że zamykane łącze nie zawiera danych informacyjnych.

Szeregowanie ramek

Przekazywanie danych pomiędzy elementami LEC może być realizowane bądź za pośrednictwem bezpośredniego połączenia VCC, bądź przy uczestnictwie serwera BUS. Choć w danej chwili czasowej nadajnik jest zobowiązany do wykorzystania tylko jednej z wymienionych ścieżek transmisyjnych, to równocześnie posiada on całkowitą swobodę ich wyboru, co powoduje, że przesyłane pakiety mogą docierać do punktu przeznaczenia w niewłaściwej kolejności.

Przedstawiony problem, który nie występuje w klasycznych implementacjach LAN może być zadowalająco rozwiązany w środowisku LANE tylko w odniesieniu do ramek *unicast* generowanych przez elementy sieciowe posiadające zaimplementowany przedstawiony wcześniej protokół *flush*. Natomiast porządek ramek przesyłanych w trybach *multicast* i *broadcast* w ogólnym przypadku nie może być gwarantowany.

2. Schemat MPOA

2.1 Informacje wstępne

Projekt MPOA (*Multiprotocol over ATM*) stanowi oryginalne opracowanie ATM Forum uzyskane w wyniku realizacji projektu stanowiącego odpowiedź na rosnące potrzeby w zakresie ujednolicenia protokołów wykorzystywanych w warstwie sieciowej.

Celem realizacji programu MPOA było ustanowienie standardów umożliwiających przenoszenia przez sieć ATM informacji generowanych przez terminale użytkowników wyposażone w odpowiednie karty rozszerzające.

Specyfikacja MPOA definiuje mechanizmy współpracy hostów, urządzeń brzegowych i routerów, nakładając równocześnie na realizujące standard zasoby odpowiedzialność za wyznaczenie tras pomiędzy serwerami doboru trasy i urządzeniami brzegowymi.

W perspektywie, wykorzystanie MPOA powinno zapewnić integrację w ramach technologii ATM wieloprotokołowych sieci klasycznych LAN (*Ethernet, Token Ring, FDDI*) z sieciami zbudowanymi w standardzie *LAN Emulation*

MPOA jest rozwinięciem założeń następujących protokołów:

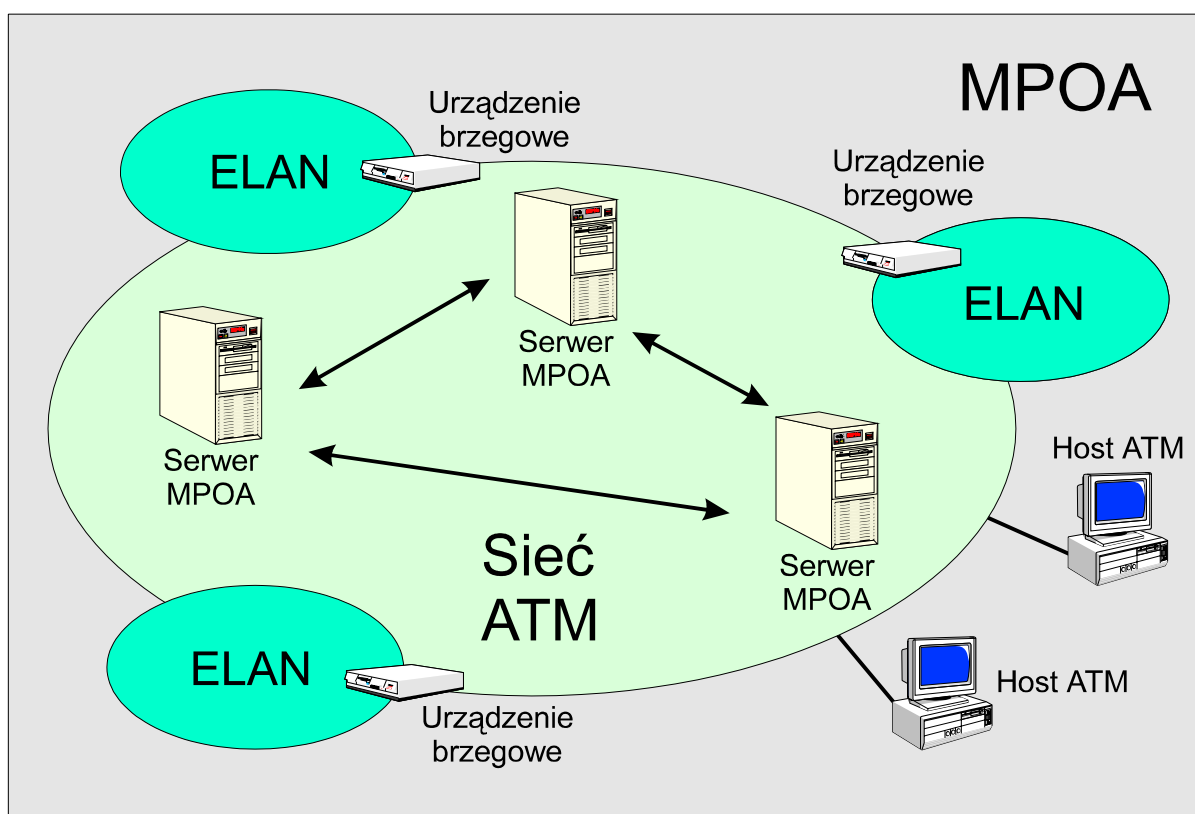
- *LANE*;
- *IP over ATM*;
- *Next Hop Routing Protocol (NHRP)*;
- *Multicast Address Resolution Server (MARS)*.

2.2 Architektura systemu

Podstawowe komponenty sieci standardu MPOA stanowią:

- urządzenia brzegowe (*edge devices*)
- hosty ATM
- serwery doboru trasy (*router servers*)

skonfigurowane w sposób przedstawiony na poniższym rysunku



Struktura powiązań zasobów systemu MPOA

Specyfikacja MPOA zakłada, że obsługiwane przez zgodne z nią systemy urządzenia mogą posiadać adresy tworzące jedną lub wiele (w tym nakładających się) grup o charakterze podsieci wydzielonych ze struktury podstawowej. Konfiguracje tego typu określane są niezwykle jak na nomenklaturę anglosaską złożoną nazwą *Internetworking Over Non-Broadcast Multi-Access Subnets - ION*. Struktury sieciowe ION mogą być wykorzystywane do realizacji dodatkowych zadań związanych z bezpieczeństwem przesyłanych w nich danych, usprawnieniem przepływu w relacjach korporacyjnych itp., zaś wykorzystanie MPOA umożliwia zarówno komunikowanie się w ramach pojedynczej grupy, jak i wykraczanie poza jej granice.

Poszczególne, wyróżnione na schemacie elementy sieciowe realizują następujące funkcje:

Przekształcanie postaci danych generowanych przez aplikacje usługowe funkcjonujące na platformach sprzętowych użytkowników systemu do formy wymaganej przez wykorzystywane realizacje struktur sieciowych. Z założeń wstępnych projektu MPOA wynika, że podstawowy rodzaj abonenckich terminali sieciowych stanowią będą komputery wyposażone w karty ATM, prowadzące przetwarzanie danych pod kontrolą dedykowanych sterowników programowych.

Transferowanie pakietów generowanych przez hosty grupowane w poszczególnych segmentach sieci LAN do ich właściwych punktów przeznaczenia. Elementem integrującym lokalne środowiska sieciowe jest szkieletowa sieć ATM, zaś procesy kierowania informacji przy wykorzystaniu adresów logicznych lub fizycznych realizowane są przez tzw. urządzenia brzegowe. Z uwagi na to, że ich implementacja musi uwzględniać potrzebę komunikowania się z zasobami funkcjonującymi zgodnie ze zróżnicowanym zestawem protokołów różnych warstw modelu odniesienia, urządzenia brzegowe określane są często mianem przełączników międzywarstwowych (*multilayer switches*).

Przeprowadzanie analizy adresów abonenckich punktów dostępowych oraz realizacji na tej podstawie algorytmów wyszukiwania trasy transferu danych użytkowych, zarządzających i administracyjnych. Zagadnienie to stanowi najbardziej skomplikowany element funkcjonowania systemu MPOA, ponieważ wymagane jest jego poprawne funkcjonowanie zarówno w przypadku, gdy terminale dołączone są bezpośrednio do sieci ATM, jak i funkcjonują w lokalnych strukturach LAN. W rezultacie świadczącej usługi wzajemnej translacji adresów ATM, MAC i warstwy sieciowej serwer routujący musi posiadać również zdolność do realizacji klasycznych protokołów typu OSPF czy RIP.

Zbliżony i wzajemnie uzupełniający się charakter wykonywanych zadań powoduje, że serwery routingu i urządzenia brzegowe są często określane łącznie jako rozproszony router sieciowy. W jego ramach procesy doboru trasy oraz zestawiania połączeń i transmisji danych realizowane są przez oddzielne zasoby, co usprawnia funkcjonowanie systemu i ogranicza wpływ stanów natłoku i awarii na jakość świadczenia usług sieciowych.

2.3 Algorytm funkcjonowania

Stosownie do przedstawionej przy omawianiu LANE metodyki opisowej klient-serwer, system realizujący schemat MPOA może być postrzegany jako zestaw odpowiednio skonfigurowanych zasobów sprzętowych komunikujących się wzajemnie przy wykorzystaniu ustalonego protokołu. W takim ujęciu elementy sieciowe dzielą się na dwie podstawowe klasy: posiadające cechy serwerów (*MPOA Servers - MPS*) oraz klientów (*MPOA Clients - MPC*). Należy podkreślić, że specyfikacja normatywna MPOA v. 1.0 dopuszcza równoczesne funkcjonowanie wielu serwerów i serwerów na tej samej platformie sprzętowej.

Klasa serwerów MPOA

Podstawą funkcjonowania elementów MPS jest zestaw danych opisujących topologię oraz właściwości funkcjonalne aktualnie dostępnych zasobów sieciowych, które mogą być wykorzystywane do transferowania informacji pomiędzy finalnymi użytkownikami. Ponieważ konfiguracja środowiska systemowego może ulegać dynamicznym zmianom wynikającym z wielu czynników takich jak awarie, stany natłoku itp., aplikacje MPS posiadają zdolność do wzajemnego informowania się o czynnikach mających wpływ na sposób funkcjonowania sieci.

Na podstawie informacji przechowywanych w specjalizowanych bazach danych elementy MPS realizują następujące funkcje użytkowe:

- Dostarczania klientom systemu (MPC) informacji o możliwych do wykorzystania połączeniach typu „skrótowego” (*shortcuts*) oraz wymaganych przez warstwy sieciowe zasobów uczestniczących w transferze technikach wtórnej pakietyzacji (*encapsulacji*) danych.
- Wytyczania tras połączeniowych wykorzystywanych do transferowania danych oraz informacji kontrolnych niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania systemu MPOA jako całości.

Aplikacją realizującą w ramach MPS funkcję doboru trasy połączeń jest standardowe oprogramowanie *Next Hop Server (NHS)*, które funkcjonując w oparciu o klasyczny protokół *Next Hop Routing Protocol (NHRP)* dokonuje doboru trasy połączenia w sieci ATM techniką zapytań o powiązania adresowe warstw sieciowej i ATM.

Klasa klientów MPOA

Głównym zadaniem realizowanym przez procedury funkcjonalne posiadające cechy klienta jest realizacja i nadzorowanie transferu danych przeznaczonych dla serwerów MPS oraz innych klientów systemu.

Podstawowym trybem realizacji przekazu jest wykorzystanie skrótowych połączeń wirtualnych zestawianych i utrzymywanych przy wykorzystaniu protokołu NHRP na podstawie informacji otrzymywanych od systemowych serwerów MPS. Połączenie do właściwego adresata wiadomości jest zestawiane z wykorzystaniem innych (klasycznych) protokołów routingowych tylko wtedy, jeśli wykorzystanie „skrótów” nie jest możliwe.

W ramach wykonywanych zadań funkcje MPC prowadzą również obsługę wiadomości przeznaczonych dla lokalnych sieci LAN, która polega na dołączeniu danych o wykorzystywanej metodzie encapsulacji oraz przekazaniu pakietu skojarzonemu klientowi LANE (LEC). W MPOA obowiązuje zasada, w myśl której każdy LEC musi być obsługiwany przez tylko jednego MPC, ten natomiast może współpracować z wieloma klientami LANE.

Struktura przepływu danych

Pomiędzy elementami systemu MPOA odbywa się transferowanie informacji:

- sterujących (*MPOA control flows*);
- stanowiących dane powierzone systemowi przez użytkowników (*MPOA data flows*).

Informacje użytkowe przekazywane są przy wykorzystaniu połączeń następujących typów:

- pomiędzy klientami MPOA (*MPC-to-MPC*), które stanowią z reguły relacje skrótowe;
- pomiędzy klientem MPC i klientem NHC (*MPC-to-NHC*) wykorzystywane do wymiany danych służbowych;
- pozostałe (*other*) zestawiane za pośrednictwem klasycznych protokołów routingowych.

Odpowiednio realizacja przekazów sterujących możliwa jest w trybach:

- konfiguracyjnym - przeznaczonym do komunikowania się MPS i MPC z serwerem LECS współużytkowanym z elementami systemu *LAN Emulation*;
- sterowania MPC - MPS wykorzystywanym do pozyskiwania danych technicznych warunkujących poprawne funkcjonowanie systemu;
- sterowania MPS - MPS umożliwiającym obsługę protokołów doboru tras połączeniowych;
- sterowania MPC - MPC przeznaczonym do obsługi błędów transferu polegających na dostarczeniu pakietów pod niewłaściwy adres.

Współpraca wszystkich wymienionych elementów systemu MPOA odbywa się przy wykorzystaniu standardu *Routing Over Large Clouds - Next Hop Routing Protocol (ROLC -*

NHRP). W celu przesłania informacji dowolnego typu urządzenie brzegowe pozyskuje z właściwego serwera adres sieciowy punktu przeznaczenia i odwzorowuje go na poziom ATM zestawiając równocześnie wymagane połączenie wirtualne.

Jeśli wymagane jest zestawienie połączenia przekraczającego granice segmentów, czyli wykorzystujące element mostkujący, właściwy adres docelowy dostarcza serwer LANE. W przypadkach, gdy lokalne zasoby nie dysponują wymaganą informacją adresową jest ona uzyskiwana w trybie zapytania kierowanego do pozostałych serwerów sieciowych.

2.4 Procedury systemowe

Wysoki stopień komplikacji powiązań pomiędzy poszczególnymi elementami systemu MPOA oraz realizowanych funkcji użytkowych powoduje, że realizacja podstawowych zadań polegających na przesyłaniu danych użytkowych uwarunkowana jest poprawnym funkcjonowaniem wielu podsystemów o unikalnych właściwościach. W dalszym ciągu rozdziału przedstawione zostaną podstawowe grupy procedur stanowiących integralne elementy omawianego schematu.

2.4.1 Konfiguracja

Efektywne wykorzystanie przez funkcje sterujące pozostających w ich dyspozycji zasobów sprzętowych wymaga systematycznego uaktualniania informacji konfiguracyjnych obejmujących zarówno dane o dostępnych drogach transmisyjnych, jak i protokołach realizowanych przez poszczególne segmenty sieciowe. Zadania związane z dostarczaniem do elementów MPS i MPC bieżących danych konfiguracyjnych realizowane są przez funkcjonujący w ramach struktur LANE serwer LEC, który wykorzystuje w tym celu właściwe tej warstwie mechanizmy transferowania informacji. Uzupełnienie danych jest również możliwe dzięki funkcjonowaniu w ramach MPOA opartego na protokole SNMP podsystemu zarządzania, który dysponuje własną bazą danych MIB (*Management Information Base*).

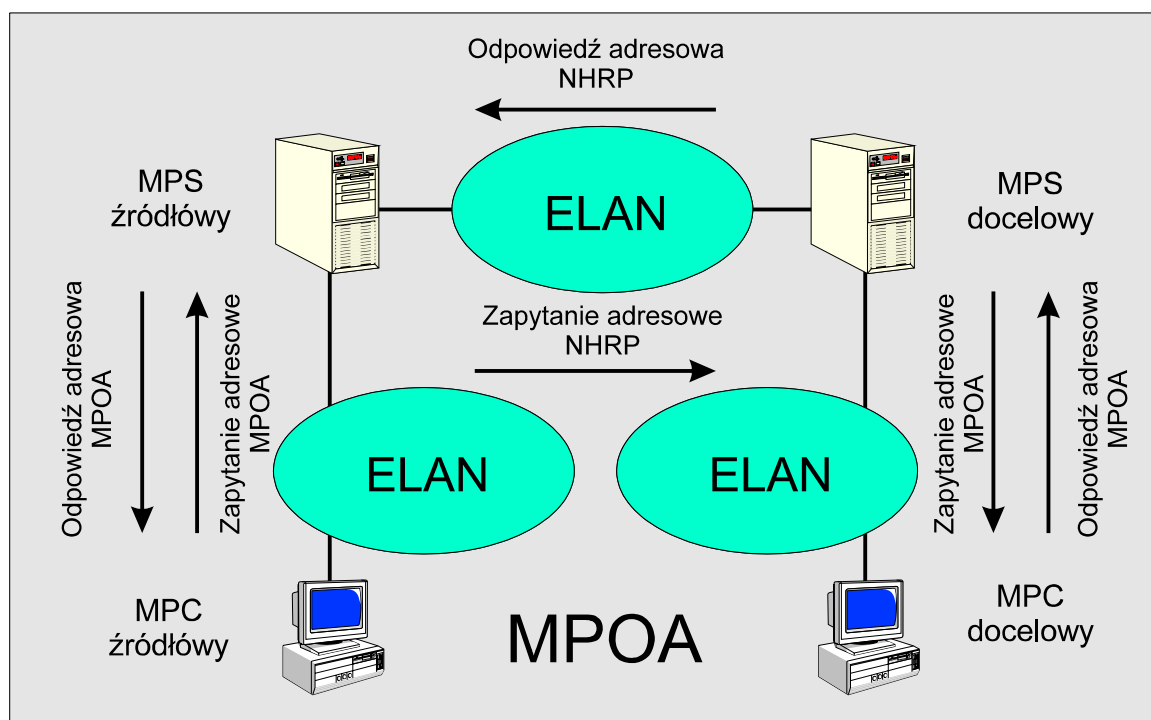
2.4.2 Przeszukiwanie

Pozyskiwanie informacji o aktualnej konfiguracji sieciowej jest realizowane przez komponenty systemu MPOA dzięki aktywnej polityce wymiany pozostających w ich dyspozycji informacji obejmujących w szczególności adresy MAC, ATM i sieciowe współpracujących wyposażań użytkowników. W celu realizacji wymienionych działań wykorzystywany jest stanowiący

element LANE protokół LE_ARP oferujący dodatkowo możliwość zbierania danych o elementach MPC i MPS.

2.4.3 Pozyskiwanie danych adresowych

Jak już wspomniano wcześniej adresy ATM punktów przeznaczenia otrzymanych do przekazania pakietów wyszukiwane są przy wykorzystaniu protokołu NHRP. Wzajemne powiązania elementów systemu MPOA realizujących procedurę poszukiwawczą ilustruje schemat przedstawiony na poniższym rysunku:



Realizacja procedury poszukiwania adresu

Jak wynika z przedstawionego schematu, w akcję poszukiwawczą zaangażowane są elementy MPC i MPS związane zarówno ze źródłem jak i punktem docelowym przekazywanej za pośrednictwem systemu wiadomości.

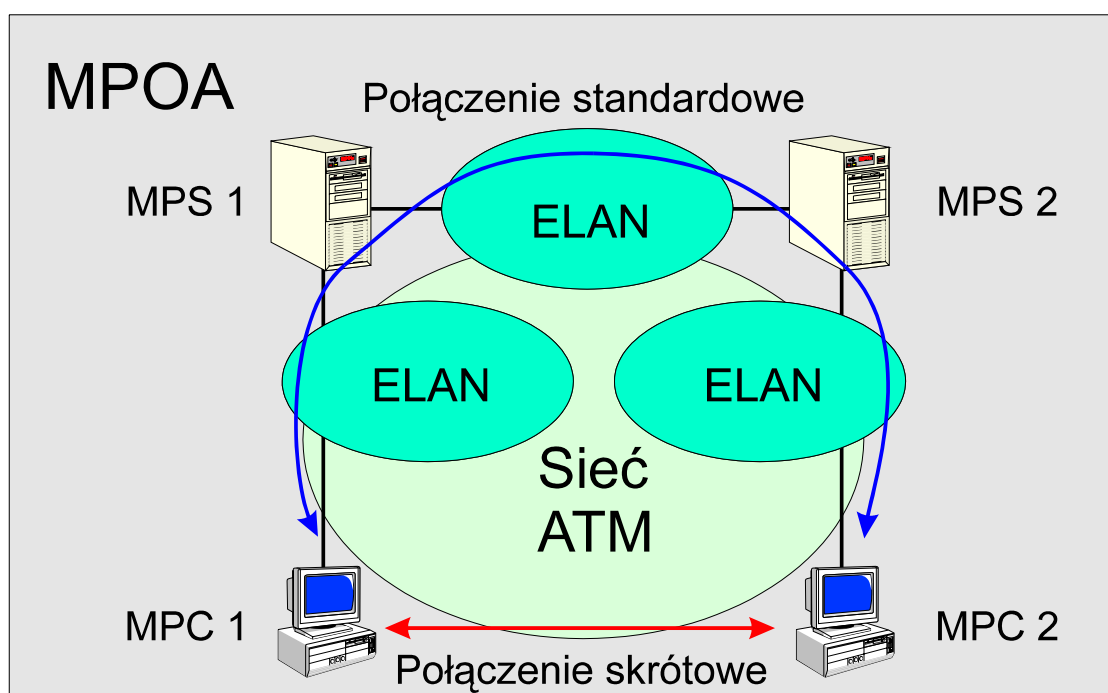
Procedurę rozpoczyna generacja przez MPC związanego ze źródłem zapytania (*MPOA Resolution Request*), które dociera do właściwego MPS. Jeśli żądany adres ATM znajduje się w jego bazie danych, to zostaje on w odpowiedzi przekazany, co kończy poszukiwanie.

W przypadku, gdy adres docelowy nie jest przez MPS źródłowy obsługiwany generowane jest zapytanie adresowe, kierowane do serwera docelowego, który zapytaniem *MPOA Imposition Request* wymusza na MPC docelowym generację odpowiedzi (*MPOA Imposition Replay*) zawierającej oprócz wymaganego adresu również inne istotne informacje, w tym wymagany typ encapsulacji.

Na podstawie uzyskanych danych końcowy MPS formułuje odpowiedź *NHRP Resolution Replay* kierując ją do MPS źródłowego. Ten z kolei po konwersji formatu powiadamiania źródłowego MPC przekazując mu wiadomość określaną jako *MPOA Resolution Replay*, co kończy rozszerzoną wersję poszukiwania.

2.4.4 Przekaz wiadomości

Realizacja wymiany danych użytkowych może być prowadzona w trybie standardowym lub skróconym, przy czym ten ostatni jest traktowany jako wariant podstawowy. Porównanie obydwu technik transmisyjnych ilustruje schemat przedstawiony na rysunku:



Porównanie standardowego i skróconego trybu transmisji w systemie MPOA

O sile MPOA stanowią w istocie połączenia skrócone ustanawiane bezpośrednio pomiędzy źródłowym i końcowym elementem MPC, które funkcjonują na poziomie trzecim standardowego modelu odniesienia. W celu zapewnienia sprawnego przebiegu wzajemnych odwzorowań adresów MAC, warstwy sieciowej, ATM i identyfikatorami VCC wykorzystywana jest szybka pamięć skojarzeniowa typu *cache*, która zawiera informacje istotne zarówno dla obsługi wpływającego, jak i wyprowadzanego na zewnątrz systemu MPOA.

Jeśli źródłowy MPC nie posiada zapisów o funkcjonującym w wymaganej relacji połączeniu skróconym, to w pierwszej kolejności próbuje je ustanowić, a dopiero w razie niepowodzenia przystępuje do nawiązania połączenia standardowego. Wykorzystanie trybu standardowego stanowi rozwiązanie o mniejszej efektywności ponieważ nie jest wtedy możliwe wykorzystanie

dodatkowych udogodnień oferowanych przez implementacje sprzętowe i właściwą MPOA rozszerzoną wersję protokołu NHRP. W takim przypadku dobór trasy połączenia realizują standardowe protokoły, natomiast funkcjonujące na platformach sprzętowych urządzeń brzegowych aplikacje MPC stanowią terminale drugiej warstwy modelu odniesienia.

2.4.5 Przekazy rozgłoszeniowe

Realizacja trybów rozgłoszeniowych prowadzona jest w systemie MPOA albo przy wykorzystaniu stanowiących element LANE serwerów BUS, albo funkcjonujących niezależnie serwerów *Multicast Address Resolution Servers (MARS)* stanowiących standard IETF.

3. Technika SMDS

3.1 Informacje wstępne

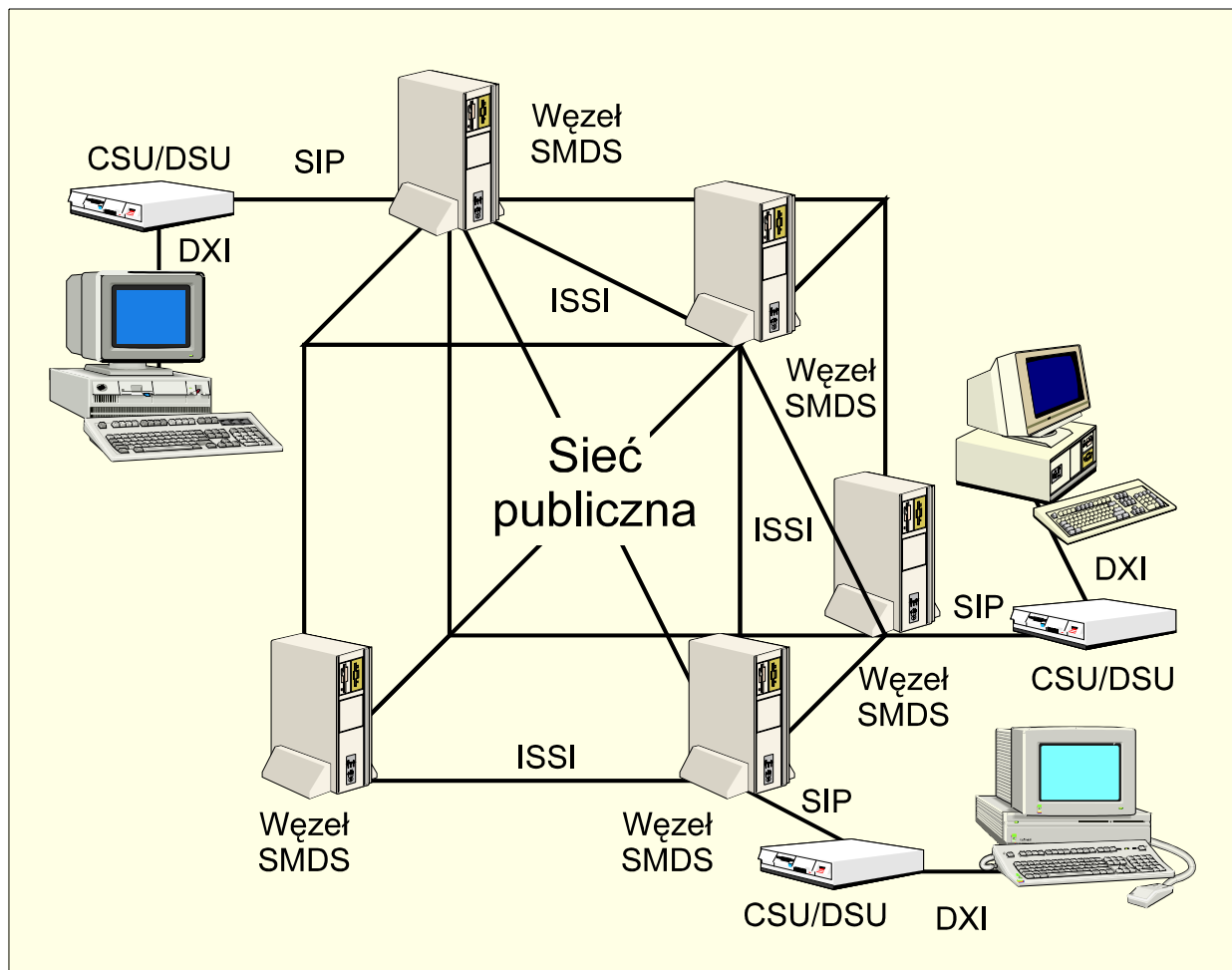
Przełączanie danych o wielomegabitowych przepływnościach (*Switched Multimegabit Data Service - SMDS*) stanowi usługę sieciową przeznaczoną do łączenia oddalonych sieci LAN za pośrednictwem sieci publicznej.

SMDS różni się od innych, wykorzystywanych w podobnych celach schematów, takich jak np. Frame Relay i ATM głównie tym, że ma charakter bezpołączeniowy, a ponadto jest w stanie zapewnić przezroczysty transfer danych w sieciach transmisyjnych zrealizowanych w oparciu o dowolną technologię.

Ponieważ przeznaczeniem SMDS jest współpraca z sieciami LAN funkcjonującymi w oparciu o różne standardy, uzyskiwane szybkości transmisji odpowiadają ściśle wykorzystywanym w sieciach lokalnych (od 1 do 34 Mbit/s). Możliwość przesunięcia górnej granicy zakresu w obszar powyżej 100 Mbit/s stanowi obecnie przedmiot intensywnych studiów.

3.2 Interfejsy

Podstawowymi komponentami systemu SMDS są węzły sieciowe wymieniające dane dostarczane przez dołączone za pośrednictwem odpowiednich interfejsów terminale użytkowników.



System SMDS

W wymianie danych pomiędzy zasobami systemowymi i użytkownikiem, którym może być zarówno pojedynczy komputer jak i router lub bramka sieciowa, pośredniczą jednostki *CSU/DSU* (*Channel Service Unit/Data Service Unit*).

Element *CSU/DSU* komunikuje się z macierzystym węzłem wykorzystując protokół interfejsu SMDS (*SMDS Interface Protocol - SIP*). Umiejscowione w tym punkcie połączenie zasobów sprzętowych oraz procedur programowych stanowi styk użytkownika z siecią (*Subscriber Network Interface - SNI*).

Stanowiący fundament funkcjonowania systemu interfejs SNI wykorzystuje w podstawowej warstwie rozwiązania zaczerpnięte ze specyfikacji DQDB (*IEEE 802.6 Distributed Queue Dual Bus*).

Wyposażenie użytkowników może komunikować się z CSU/DSU za pośrednictwem jednego z wielu równorzędnych funkcjonalnie interfejsów. Ich najbardziej popularne implementacje stanowią kolejno:

- Interfejs wymiany danych (*Data eXchange Interface - DXI*), który wykorzystuje rozwiązania schematu HDLC. Motywację wprowadzenia DXI stanowił duży stopień komplikacji SIP, uniemożliwiający realne upowszechnienie techniki SMDS z powodu dużych kosztów implementacji. W rezultacie wielu dostawców usług sieciowych oferuje DXI jako podstawowy (i relatywnie tani) styk użytkownika z siecią.
- Styk użytkownika Frame Relay (*SIP Relay*), umożliwiający korzystanie z usługi SMDS posiadaczom sprzętu realizującego schemat FR. Dzięki odpowiednim rozwiązaniom ramki wykorzystywanego w tym przypadku protokołu LAPF zostają wprowadzone do pakietów SMDS i w tej postaci są przekazywane za pośrednictwem zasobów sieciowych do punktu przeznaczenia.
- Interfejs ATM, który zastępując funkcje SIP pozwala na realizację SMDS w sieciach z transferem asynchronicznym. Ponieważ wymianie podlegają tylko funkcje realizowane przez niższe warstwy standardowego modelu odniesienia, wyposażenie użytkownika może funkcjonować w oparciu o dotychczas wykorzystywane procedury właściwe schematowi SMDS.

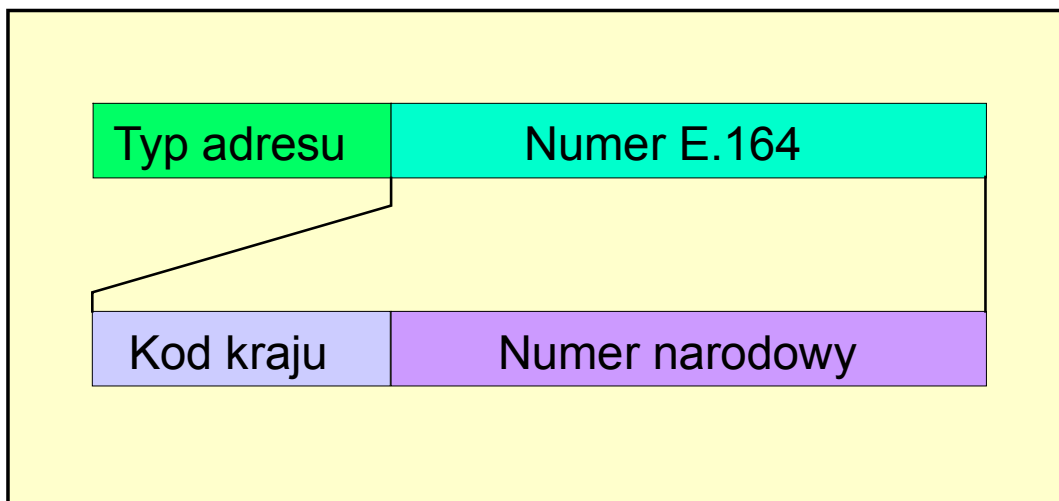
Zestawienie interfejsów wykorzystywanych w systemie SMDS uzupełniają:

- Styk międzywęzłowy (*InterSwitching System Interface - ISSI*), który dzięki wykorzystaniu odpowiednich procedur routingu i utrzymaniowych umożliwia odzwierciedlenie lokalnej specyfiki systemu;
- Interfejs międzysystemowy (*InterCarrier Interface - ICI*) wykorzystywany w celu umożliwienia współpracy elementów sieciowych pozostających w gestii różnych operatorów (np. lokalnego i międzynarodowego dostawcy usług SMDS).

3.3 Adresowanie

3.3.1 Struktura

Każda wiadomość SMDS zawiera adresy źródła oraz punktu docelowego. Wykorzystywaną strukturę adresów przedstawia rysunek:



Struktura adresu SMDS

Adres SMDS obejmuje dwa pola: czterobitowe wskazanie typu adresowania oraz numer E.164 o zmiennej długości. Pole typu adresowania umożliwia rozróżnianie trybu indywidualnego, kiedy porozumiewają się tylko dwa terminale oraz zbiorowego, umożliwiającego przekazywanie danych do wielu punktów równocześnie. Adresowanie grupowe polega na przydzieleniu przez administratora systemu tego samego identyfikatora grupie terminali.

Numer E.164 stanowi adres sieciowego interfejsu skojarzonego z indywidualnym lub grupowym użytkownikiem, przy czym dopuszcza się wykorzystanie więcej niż jednego identyfikatora.

Interfejsy szerokopasmowe (2048 kbit/s i wyżej) mogą być oznaczane do 16 adresami indywidualnymi oraz 48 grupowymi, natomiast styki o mniejszych przepływnościach używają 2 oznaczeń indywidualnych i do 3 grupowych.

3.3.2 Funkcje bezpieczeństwa

Struktura adresów SMDS jest wykorzystywana do realizacji elementarnych zabezpieczeń, umożliwiających podniesienie poziomu bezpieczeństwa systemowego. W praktyce wyróżniane są następujące typy działań przeciwdziałających:

Ekranowanie adresów (*address screening*) - wykorzystuje zdolność zasobów sieci do przeglądania pól adresowych otrzymywanych pakietów SMDS. W rezultacie możliwe jest zarówno wskazanie listy zaufanych komputerów, z którymi wymianę można realizować bez wypełnienia dodatkowych warunków, jak i wykazu terminali zakazanych, z którymi komunikowanie się jest bezwzględnie zabronione. Wykorzystując systemową funkcję ekranowania adresów użytkownik może konstruować indywidualnie bezpieczne otoczenie zapewniające utrzymanie poufności i wiarygodności informacji wymienianych za pośrednictwem sieci.

Weryfikacja adresów źródłowych (*source address validation*) - stanowi mechanizm wykorzystywany przez odpowiednie funkcje administrowania siecią, które w przypadku każdego z transferowanych pakietów sprawdzają, czy jego źródłem jest interfejs SNI o legalnym tj. zarejestrowanym adresie sieciowym. Funkcja weryfikacji adresów utrudnia realizację tzw. *podszycania się* tj. przyjmowania przez napastnika tożsamości innego użytkownika w celu uzyskania jego uprawnień m. in. dla obejścia ograniczeń wynikających ze stosowania ekranowania adresowego. Zastosowanie weryfikacji adresów usprawnia dodatkowo pozyskiwanie informacji związanych z naliczaniem opłat za wykorzystanie zasobów.

3.4 Właściwości użytkowe

3.4.1 Techniki transmisyjne

W praktyce systemowej SMDS jest w stanie wykorzystywać szeroką gamę łączy obejmującą strumienie E1, E3, E3 ATM, dostęp podstawowy ISDN oraz Frame Relay. Dostępna dla użytkownika przepustowość zmienia się odpowiednio do rodzaju przyłącza i wynosi od 64 kbit/s (BA ISDN) do 34 Mbit/s. Wykorzystanie strumieni o większych przepływnościach stanowi obecnie przedmiot intensywnych studiów.

3.4.2 Klasy dostępu

Ponieważ zestaw oferowanych przez SMDS przepływności podstawowych obejmuje jedynie strumienie E1 i E3, za celowe uznano wdrożenie rozwiązań pozwalających na dołączanie do systemu użytkowników o pośrednim zapotrzebowaniu na pasmo transmisyjne.

Mechanizmy te, nazywane *klasami dostępu* zapobiegają naliczaniu wygórowanych opłat za przepustowości, których i tak nie można zagospodarować, czyniąc tym samym korzystanie z SMDS efektywnym ekonomicznie. Podstawą funkcjonowania prezentowanych rozwiązań jest idea limitowania uśrednionej przepustowości dostępnej dla użytkownika, co zapobiega przeciążeniu zasobów sieci publicznej.

W celu racjonalizacji realizowanych przekazów wykorzystywany jest algorytm określany mianem kredytowania (*credit manager algorithm*). Realizująca go procedura przesyła dalej tylko te spośród dostarczonych przez użytkownika pakietów, które docierają do węzła dostępowego w chwilach, gdy zasoby przypisanego połączeniu „kredytu” są wystarczające.

Dane przekazywane w warunkach niedoboru kredytowego są usuwane. Procedura sterująca przepływem po każdym nadaniu pakietu zmniejsza kredyt o ustaloną wartość. Jego zasoby są odnawiane aż do ustalonej maksymalnej wartości z szybkością równą średniej prędkości transmisji zakontraktowanej przez użytkownika. Dzięki opisanej technice możliwe jest nie tylko limitowanie średniej prędkości transmisji, ale również nadawanie w tzw. trybie burstowym, kiedy wykorzystywana jest chwilowo cała dostępna przepływność wykorzystywanego łącza.

W chwili obecnej dla łącza E3 zdefiniowano 4 klasy dostępu odpowiadające przepływnościom wykorzystywanym przez najbardziej popularne techniki realizacyjne sieci LAN. Wykorzystanie klas dostępu nie jest przewidziane dla strumienia E1 z uwagi na jego małą przepustowość.

3.4.3 Parametry jakości świadczenia usług

SMDS stanowi rozwiązanie przeznaczone do pracy ciągłej tj. 24 godziny na dobę i 365 dni w roku, przy zakładanej wartości średniego czasu pomiędzy zawieszeniami świadczenia usług równej 3500 godzin.

Założenia systemowe wskazują, że wszelkie awarie uniemożliwiające funkcjonowanie wyposażenia użytkowników powinny być usuwane w czasie nie dłuższym niż 3.5 godziny. Oznacza to, że gotowość systemu do pracy powinna być nie mniejsza niż 99.9%. Utrzymanie tak wysokiego poziomu niezawodności, przekraczającego uzyskiwany przy wykorzystywaniu techniki łączy dzierżawionych, wynika z faktu, że pakiety migrujące od źródła do miejsca przeznaczenia mogą dzięki interwencji funkcji routingowych omijać uszkodzone lub nieaktywne zasoby sieciowe.

Odrębną grupę parametrów QoS (*Quality of Service*) stanowią wskaźniki określające w sposób probabilistyczny pewność realizacji przekazów. Typowymi przykładami są prawdopodobieństwa utraty pakietu, które nie powinny przekraczać wartości 10^{-4} oraz jego przekłamania równe $5 * 10^{-13}$. W podobny sposób określone są dopuszczalne częstotliwości zdarzeń polegających na dostarczeniu wiadomości pod niewłaściwy adres, jej niekontrolowanemu powieleniu oraz zmianie kolejności dostarczania pakietów do adresata.

Równie istotnym czynnikiem decydującym o jakości świadczenia usług transmisyjnych jest opóźnienie przekazu, definiowane jako wartość interwału czasowego, w którym dotrze do punktu przeznaczenia 95% pakietów wprowadzonych do systemu. Parametr ten zależy o wielu uwarunkowań, takich jak rozmiary nadawanych ramek oraz typ interfejsu SNI wykorzystywanego przez terminale źródłowy i docelowy.

Jako typowy przykład można podać, że ramki o średniej długości 1600 bajtów są opóźniane w trakcie połączeń lokalnych o czasy z zakresu od ok. 450 ms (dostęp 64 kbit/s) do 20 ms (łącze E3). Jeśli połączenie wykorzystuje zasoby wielu różnych systemów, podane wartości mogą ulegać istotnemu powiększeniu.

3.5 Interfejs SMDS (SIP)

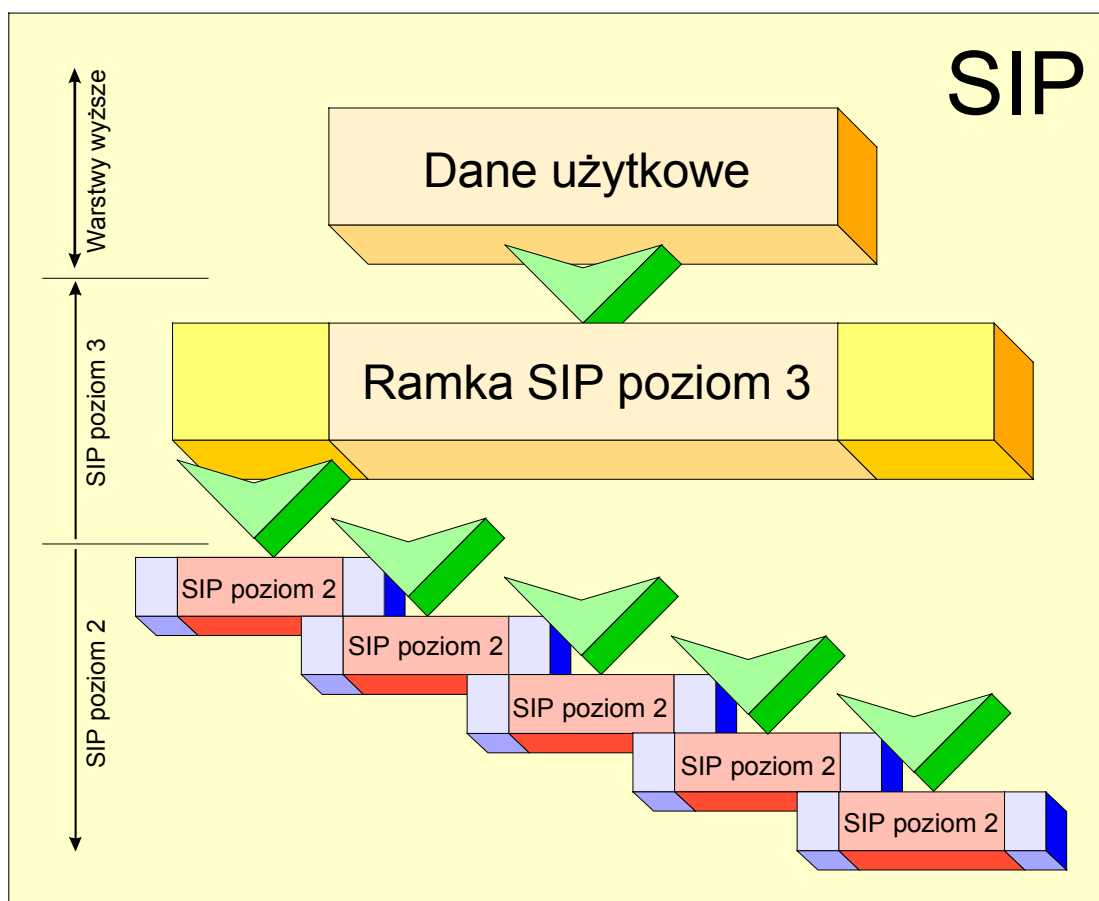
Protokół SIP (*SMDS Interface Protocol*) stanowi zespół procedur wykorzystywanych w punkcie styku wyposażenia użytkownika z zasobami sieciowymi (*Subscriber Network Interface - SNI*). Wykorzystując rozwiązania przejęte ze specyfikacji IEEE 802.6 DQDB, SIP stanowi trójwarstwową strukturę funkcjonalną o następującym przeznaczeniu elementów składowych:

Poziom 3 - przekształca struktury danych odbierane od obsługiwanej aplikacji usługowej w ujednolicone ramki pośredniczące.

Poziom 2 - przeprowadza segmentację ramek generowanych przez warstwę 3 na odpowiednią liczbę pakietów o stałej długości.

Poziom 1 - odpowiada za dostosowanie pakietów dostarczanych przez poziom 2 do specyfiki wykorzystywanego medium fizycznego.

Współpracę poszczególnych poziomów protokołu SIP ilustruje w sposób poglądowy schemat przedstawiony na rysunku:



Schemat przetwarzania informacji użytkowej

Poszczególne warstwy SIP realizują następujące zadania szczegółowe:

Poziom 3 - odbiera od obsługiwanej aplikacji usługowej struktury danych o zróżnicowanej długości i przekształca je w standardowe, opatrzone nagłówkiem i trailerem ramki zawierające maksymalnie do 9188 bajtów. W celu zapewnienia, że rozmiar otrzymanego pakietu stanowi całkowitą wielokrotność 4 bajtów wykorzystywane jest dodatkowe pole dopełniające PAD o zmiennej długości. Standardową zawartość nagłówka ramki (długość 36 bajtów) stanowią adresy źródłowy i punktu przeznaczenia, aktualny rozmiar, wskazanie administratora sieci oraz uzupełniające informacje dostarczane przez procedury protokołów warstw wyższych. Opcjonalnym uzupełnieniem części służbowej pakietu może być czterobajtowa sekwencja kontroli błędów realizowanej zgodnie ze standardowym schematem CRC-32.

Poziom 2 - przeprowadza segmentację ramek generowanych przez warstwę 3 na odpowiednią liczbę pakietów o stałej długości. Ponieważ funkcje poziomu 2 SIP wykazują całkowitą zgodność z zapisami specyfikacji IEEE 802.6, mogą być realizowane przez wyposażenie sprzętowe DQDB. Uzyskiwane w rezultacie pakiety posiadają długość 53 bajtów, z których 44 przeznaczone są do przenoszenia danych użytkowych, zaś pozostałe zawierają 7 bajtowy nagłówek oraz 2 bajtowy trailer. W ramach nagłówka przenoszone są dane związane ze sterowaniem dostępowym i sieciowym (przez warstwę SMDS nie wykorzystywane), typ pakietu (początek, kontynuacja lub zakończenie wiadomości), numer sekwencyjny oraz identyfikator komunikatu. W uzupełnieniu trailer zawiera liczbę znaczących bajtów pola danych oraz 10 bitowy kod kontrolny CRC uzyskany w wyniku przetwarzania ostatnich 47 bajtów pakietu (nagłówek posiada własną resztę kontrolną).

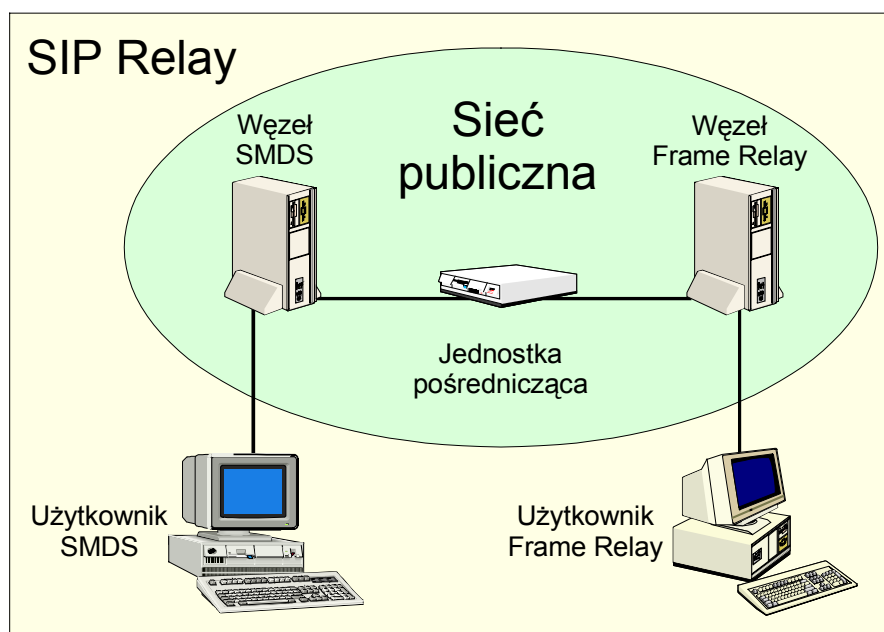
Poziom 1 - odpowiada za dostosowanie pakietów dostarczanych przez poziom 2 do specyfiki medium fizycznego, w czym uczestniczą funkcje protokołów zbieżności warstwy fizycznej (*Physical Layer Convergence Protocol - PLCP*) oraz związanego z medium (*Physical Medium Dependent Protocol - PMDP*). Obserwowany ostatnio postęp technologii transmisyjnych powoduje, że rozważane jest rozszerzenie specyfikacji poziomu 3 SIP na łącza 155 Mbit/s, a także dostosowanie SMDS od pracy przy niższych przepływnościach poprzez zastąpienie SIP przez DXI.

3.6 SIP Relay

Interfejs SIP Relay umożliwia realizację dostępu do usługi SMDS użytkownikom i operatorom sieciowym wykorzystującym sprzętowe i programowe aplikacje właściwe technice Frame Relay. W szczególności przedstawiane rozwiązanie zapewnia dostęp do SMDS abonentom operatorów nie posiadających tej usługi w swojej ofercie usługowej.

Po stronie Frame Relay pakiety generowane przez poziom 3 SIP są wstawiane w ramki standardowego protokołu LAPF (*Link Access Protocol for Frame relay*), zaś w ich wymianie z zakończeniem SMDS uczestniczy element pośredniczący (*Interworking Unit - IU*) konwertujący dane pomiędzy postaciami właściwymi LAPF i SMDS.

W ten sposób dostęp do systemu SMDS przez użytkownika systemu Frame Relay wymaga jedynie zestawienia stałego łącza wirtualnego (*Permanent Virtual Circuit - PVC*) do IU. Ten tryb funkcjonowania ilustruje rysunek:



Schemat wymiany danych pomiędzy użytkownikami FR i SMDS

Protokół właściwy SIP Relay oznaczany jest w literaturze jako SRI (*SIP Relay Interface*) i podobnie jak SIP posiada strukturę warstwową. Zadania realizowane przez poziom 3 SRI są identyczne z wykonywanymi w tej samej warstwie SIP. Poziom 2 SRI odpowiada za pakietowanie ramek właściwych SIP poziom 3 w pakiety LAPF, natomiast zadania poziomu 1 SRI mają charakter czysto fizyczny i ograniczają się do współpracy z aktualnie wykorzystywanym medium transmisyjnym.

3.7 Interfejs DXI

Wykorzystanie przez SIP jako bazy schematu IEEE 802.6 powoduje, że zawiera on wiele rzadko wykorzystywanych funkcji, takich jak np. możliwość funkcjonowania wielu komputerów na pojedynczym łączy fizycznym. W rezultacie wykorzystanie SIP oznacza w większości praktycznych przypadków dodatkowe koszty, których znaczącą redukcję umożliwia implementacja interfejsu wymiany danych (*Data Exchange Interface - DXI*).

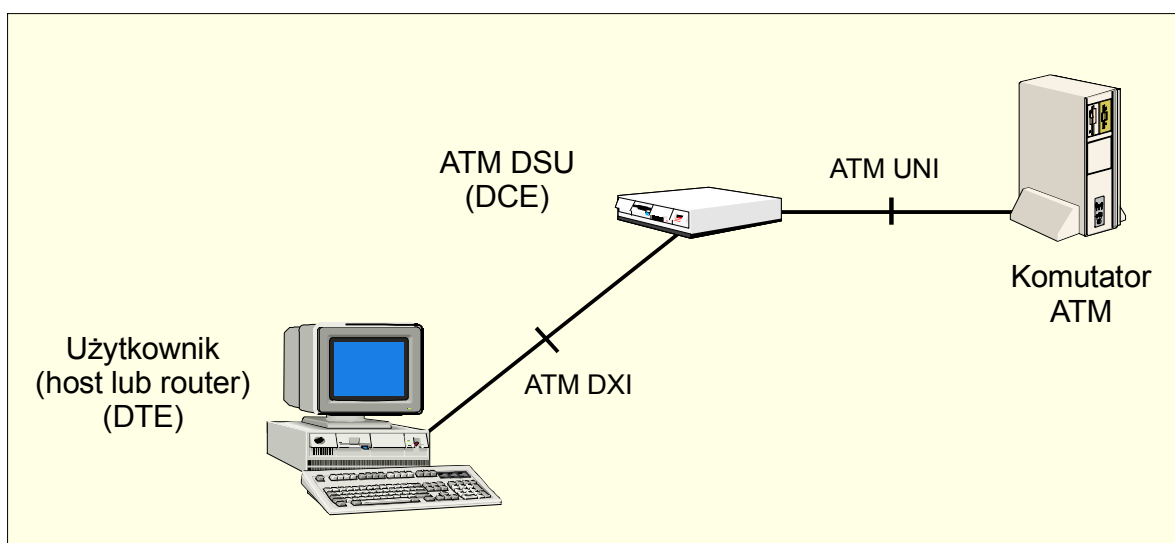
Wykorzystanie DXI oznacza, że stosowanie kompletnego protokołu SIP może zostać ograniczone do jednostek CSU/DSU, podczas gdy routery i terminale wymagają jedynie niewielkich aplikacji programowych.

Uwzględniając przedstawione możliwości wielu operatorów sieciowych oferuje dostęp do usługi SMDS na łączach 64 kbit/s obsługiwanych przez DXI, co eliminuje konieczność równoczesnego nabywania relatywnie drogich elementów CSU/DSU.

DXI opracowano z myślą o funkcjonowaniu na pojedynczym łączy, które wykorzystano do przekazywania ramek generowanych przez poziom 3 SIP przy wykorzystaniu standardowych procedur HDLC (*High-level Data Link Control*).

Z punktu widzenia systematyki w ramach DXI wyróżniane są dwie podstawowe struktury: warstwa łącza (*DXI link layer*) oraz interfejs fizyczny (*DXI physical interface*).

Sposób wykorzystania interfejsu DXI do połączenia zakończenia użytkowego z siecią ATM ilustruje rysunek:



Konfiguracja interfejsu DXI ATM

3.7.1 Schematy realizacyjne

Funkcjonowanie interfejsu DXI może być realizowane w następujących trybach:

Tryb 1a - umożliwia obsługę do 1023 połączeń wirtualnych, wykorzystuje wyłącznie AAL 5, przesyła dane w ramach (DTE SDU) o maksymalnej długości 9232 bajtów, zaś poprawność przekazu pomiędzy DTE i DCE weryfikuje przy wykorzystaniu 16 bitowej reszty kodowej.

Tryb 1b - dopuszcza realizację do 1023 połączeń wirtualnych, z których przynajmniej jedno obsługiwane jest przez AAL 3/4 (maksymalna długość DTE SDU 9224 bajty), zaś pozostałe wykorzystują AAL 5 (DTE SDU do 9232 bajtów). Podobnie jak w trybie 1a poprawność przekazu pomiędzy DTE i DCE weryfikowana jest przy wykorzystaniu 16 bitowej reszty kodowej.

Tryb 2 - obsługuje do 16 777 215 ($2^{24} - 1$) połączeń wirtualnych realizowanych dowolnie przez AAL 3/4 lub AAL5. Maksymalna długość DTE SDU wynosi 65 535 ($2^{16} - 1$) bajtów, zaś poprawność przekazu pomiędzy DTE i DCE weryfikowana jest przy wykorzystaniu 16 bitowej reszty kodowej.

Adres punktu przeznaczenia ramki DXI (*DXI Frame Address - DFA*) przenoszony jest w jej nagłówku, co umożliwia przekazywanie zawartości identyfikatorów ścieżki i kanału wirtualnego (VPI i VCI) pomiędzy DTE i DCE. Długość DFA wynosi 10 bitów w trybach 1a i 1b, natomiast w trybie 2 wynosi 24 bity.

Wymieniane pomiędzy DTE i DCE ramki zawierające informacje służbowe i zarządzające są identyfikowane polem DFA, w którym wszystkie bity przyjmują wartość równą „0”.

3.7.2 Warstwa łącza danych

Informacje dostarczane przez aplikację hosta realizującą zadania poziomu 3 SIP są transferowane przy wykorzystaniu standardowych ramek HDLC zawierających niezależnie od specyfikacji zastosowań następujące ustalone pola informacyjne:

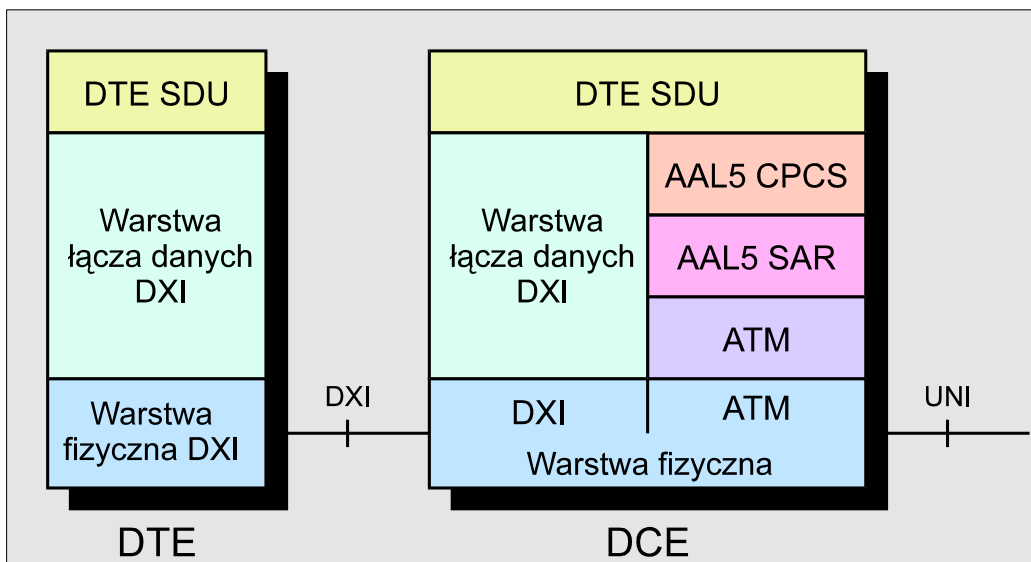
- **Pole flagi** - zawiera stałą sekwencję bitów w postaci 01111110, która wykorzystywana jest do uzyskiwania i utrzymywania synchronizacji ramkowej. W celu uniknięcia symulowania flagi przez bity danych, w przypadku wystąpienia sześciu kolejnych bitów o wartości 1, sterowanie wprowadza po pięciu z nich dodatkowe 0, które jest usuwane po stronie odbiorczej.

- **Pole adresu** - zawiera informacje umożliwiające kierunkowanie ramki zgodnie z jej przeznaczeniem. W schemacie DXI pole to jest wykorzystywane do realizacji podziału przepustowości kanałowej pomiędzy łącza logiczne, a także do sterowania przepływem komunikatów o różnych priorytetach.
- **Pole sterujące** - określa typ przesyłanej ramki tj. umożliwia odróżnianie ramek z danymi od sterujących.
- **Pole danych** - przenosi zasadniczą informację transmitowaną pomiędzy źródłem i ujściem danych. Długość pola może być zróżnicowana w zależności od zastosowań.
- **Sekwencja kontrolna** (*Frame Check Sequence - FCS*) - zawartość tego pola stanowi rezultat dzielenia traktowanych jako ciąg bitowy zawartości pól adresowego, sterowania oraz danych przez wielomian $x^{16} \oplus x^{15} \oplus x^5 \oplus 1$. Uzyskany rezultat jest wykorzystywany do weryfikacji poprawności przekazu.

W ogólności warstwa łącza danych protokołu DXI stanowi zestaw procedur formujących ramki danych, które następnie za pośrednictwem warstwy fizycznej wymieniane są pomiędzy DTE i DCE. Z uwagi na występowanie alternatywnych trybów funkcjonowania interfejsu warstwa łącza danych DXI może przybierać zróżnicowaną postać, w sposób zgodny z przedstawionym dalej opisem.

Warstwa łącza danych trybu 1a

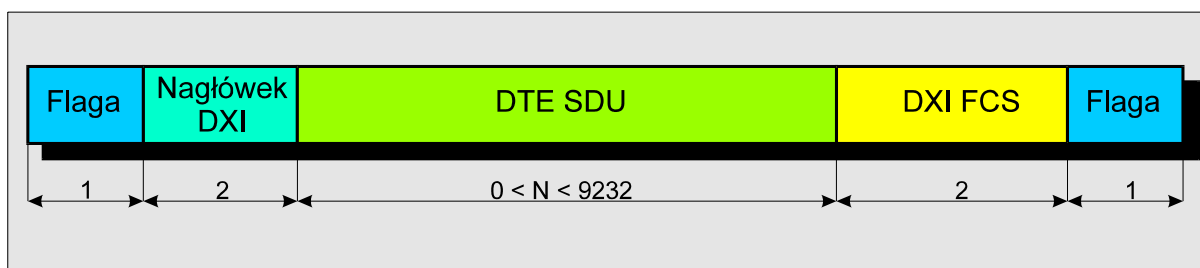
Przekazywanie danych od DTE do zasobów sieciowych polega na generacji nagłówka DXI, umieszczeniu zawartości DTE SDU w polu transportowym ramki łącza danych i przesłaniu jej do współpracującego DCE. W celu uzyskania dostępu do adresu i danych DCE usuwa nadmiarowe części otrzymanej ramki, zaś w kolejnym kroku umieszcza informacje użytkowe w AAL5 CPCS PDU i przeprowadza segmentację otrzymanego w ten sposób bloku na AAL5 SAR PDU. Proces przetwarzania kończy odwzorowanie adresu DFA na zawartość pól VPI/VCI komórek ATM, które jako kompletne mogą zostać przekazane do właściwego punktu przeznaczenia. Stos protokołów wykorzystywanych w opisanej procedurze przedstawiono schematycznie na rysunku:



Wykorzystanie mechanizmów AAL 5 w trybach 1a i 1b DXI

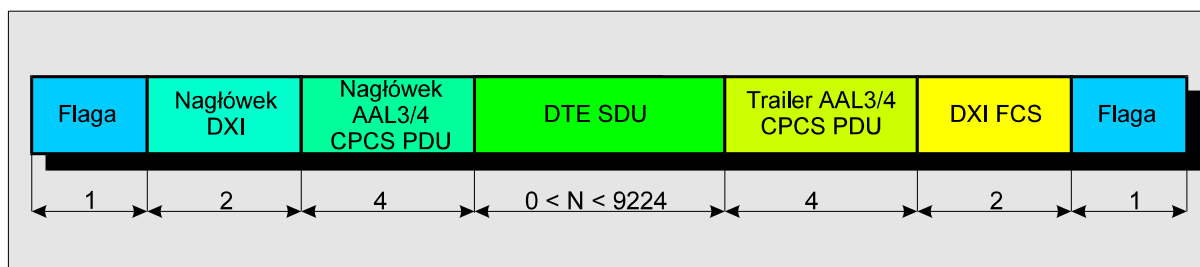
Warstwa łącza danych trybu 1a

Sposób przenoszenia DTE SDU w ramce warstwy łącza danych interfejsu DXI ilustruje poniższy rysunek:



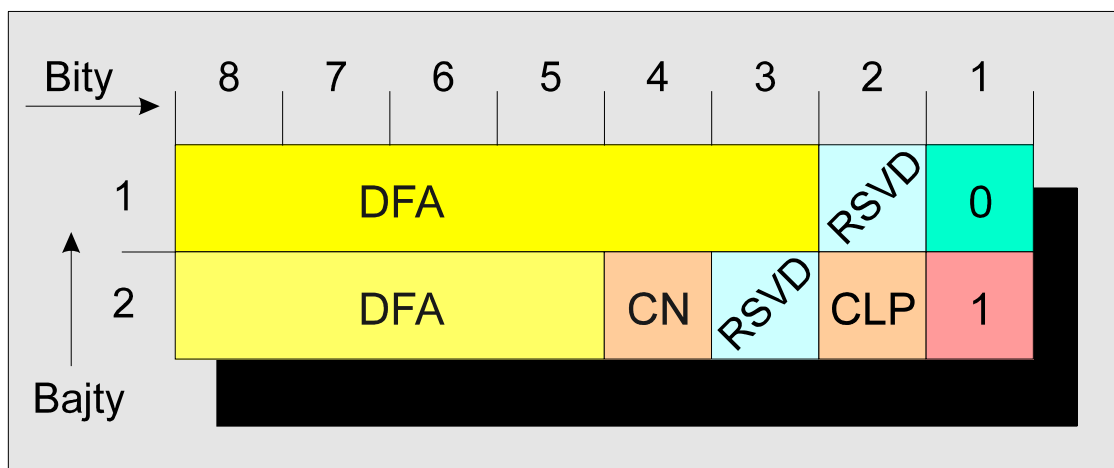
Ramka warstwy łącza danych interfejsu DXI w trybach 1a i 1b realizowanych przez AAL 5

Natomiast podczas wykorzystania w trybie 1b funkcji AAL 3/4, generowane ramki łącza danych posiadają strukturę zgodną z następującym schematem:



Ramka warstwy łącza danych w trybie 1b realizowanym przez AAL 3/4

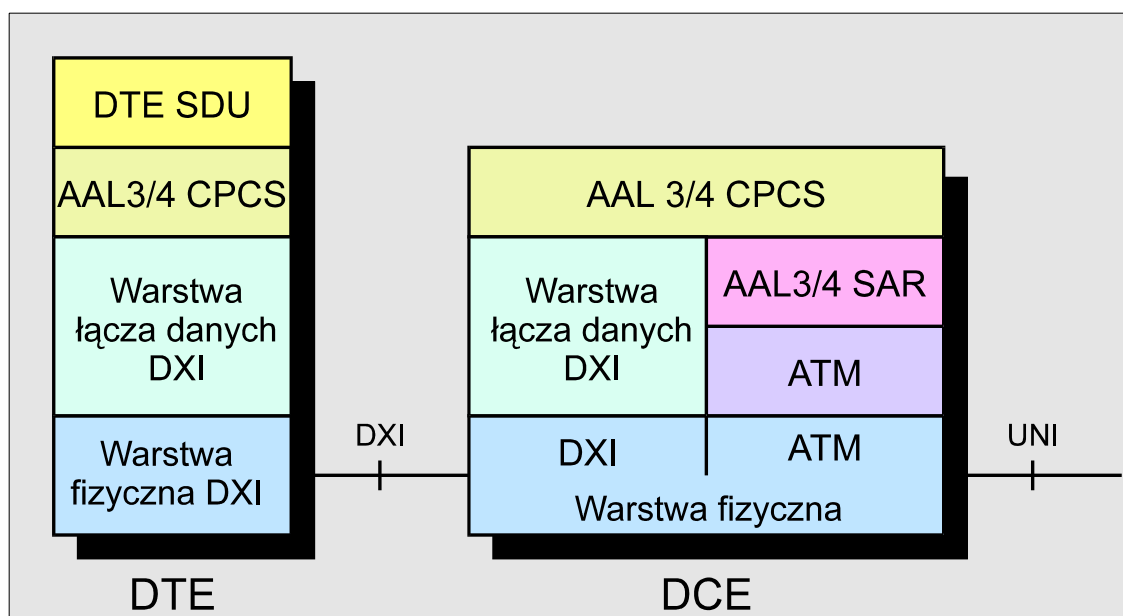
Niezależnie od typu wykorzystywanej funkcji AAL struktura nagłówka ramek w trybach 1a i 1b posiada identyczną postać przedstawioną na poniższym rysunku:



Nagłówek ramki interfejsu DXI w trybach 1a i 1b

Warstwa łączy danych trybu 1b

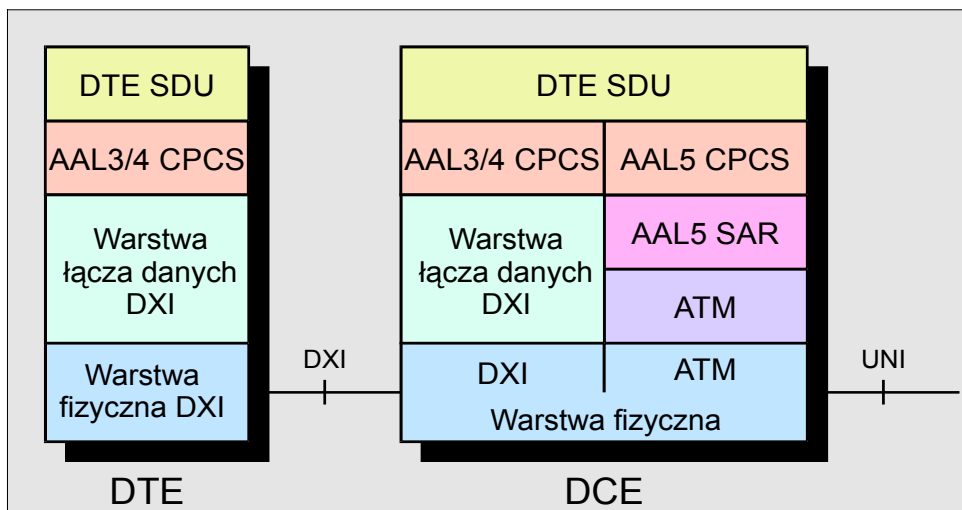
Sposób realizacji trybu 1b jest zbliżony do opisanego w przypadku 1a, z tą jednak różnicą, że przynajmniej jedno połączenie wirtualne jest obsługiwane w sposób właściwy funkcji AAL 3/4. Przypadek ten ilustruje poniższy rysunek:



Wykorzystanie mechanizmów AAL 3/4 w trybie 1b i 2 DXI

Warstwa łączy danych trybu 2

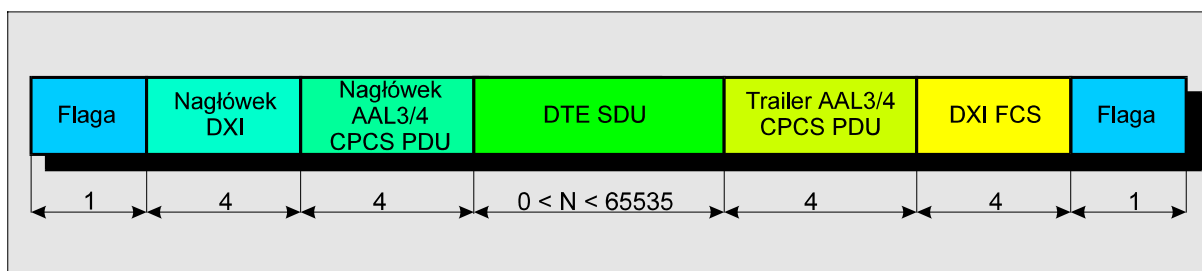
Funkcjonowanie interfejsu DXI w trybie 2 z wykorzystaniem AAL 3/4 jest zgodne ze schematem przedstawionym w poprzednim punkcie opisu. Natomiast wykorzystanie AAL 5 ilustruje rysunek przedstawiony poniżej:



Wykorzystanie mechanizmów AAL 5 w trybie 2 DXI

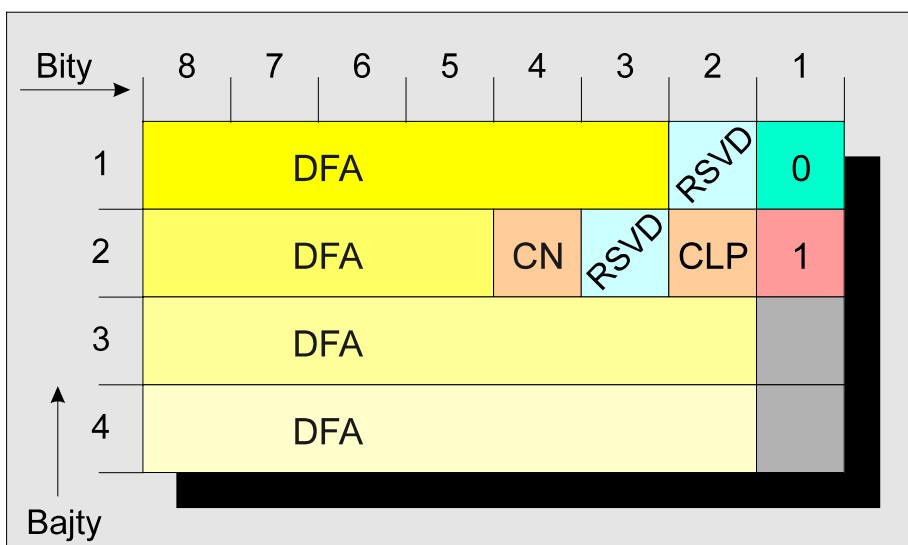
Warstwa łącza danych trybu 2

Niezależnie od wykorzystywanej funkcji AAL, ramki łącza danych generowane w trybie 2 posiadają strukturę zgodną z następującym schematem:



Ramka warstwy łącza danych w trybie 2

Wykorzystywany w trybie 2 nagłówek ramki DXI posiada następującą strukturę:



Nagłówek ramki interfejsu DXI w trybie 2

Przedstawione na schemacie pola posiadają następujące znaczenie:

RSVD - bity zarezerwowane dla przyszłych zastosowań (obecnie ustawiane w stan „0”);

DFA - adres ramki DXI wykorzystywany do identyfikacji korespondenta;

CN - flaga wskazania natłoku wykorzystywana w procesach sterowania przepływem;

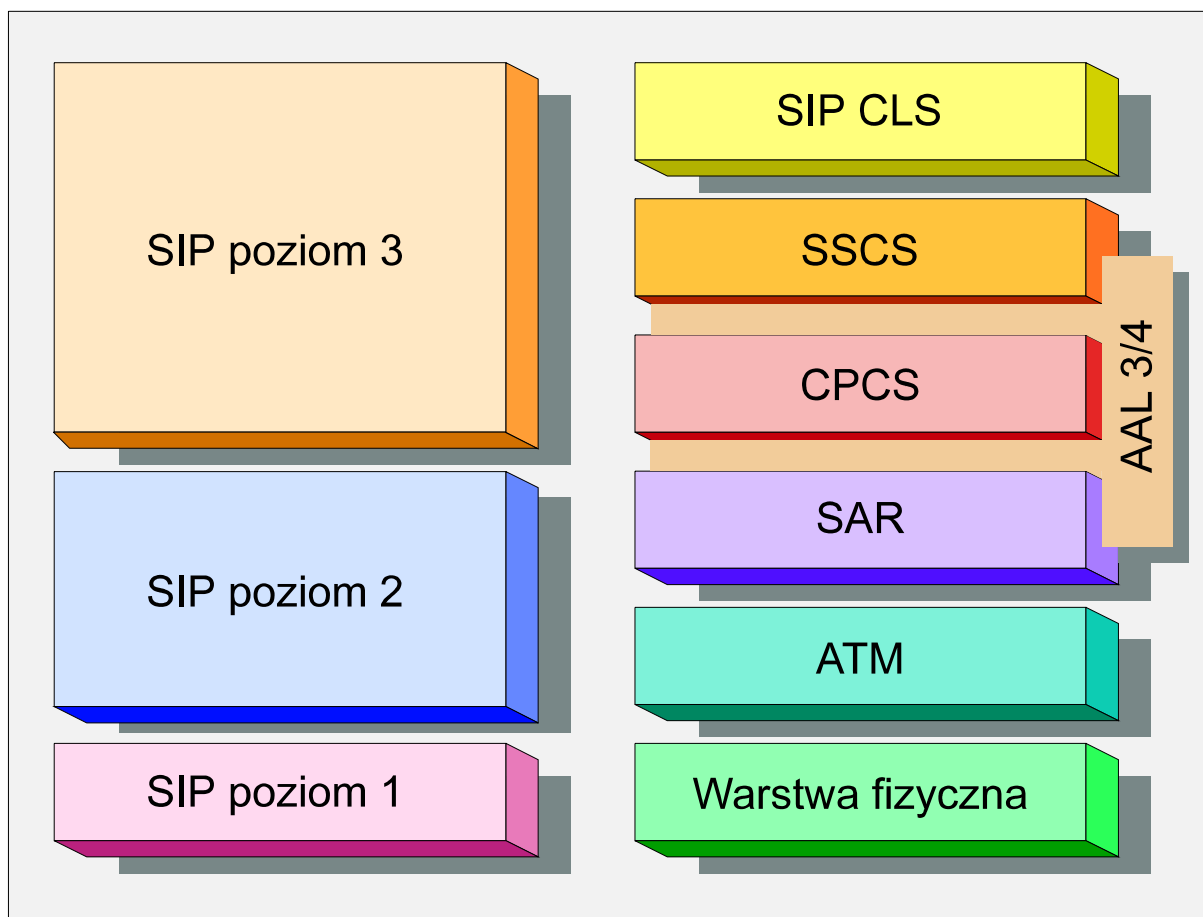
CLP - wskaźnik priorytetu danych zawartych w części informacyjnej ramki.

3.7.3 Interfejs fizyczny

Implementacja interfejsu fizycznego DXI odzwierciedla ściśle wykorzystywaną przez użytkownika klasę dostępową i może być realizowana zgodnie ze specyfikacjami V.35, EIA/TIA 449/530 lub EIA/TIA 612/613 *High Speed Serial Interface - HSSI*. Ostatnia z wymienionych opcji implementacyjnych, która jest typowym stykiem szeregowym dużej przepływności jest wykorzystywana najczęściej w przypadku udostępnienia łącza klasy E3. W pozostałych przypadkach szybkość zegarów transmisyjnych nie jest ściśle określona i może być dobierana odpowiednio do występujących potrzeb.

3.8 Interfejs ATM

Realizacja usługi SMDS w sieciach B-ISDN odbywa się przy wykorzystaniu specjalizowanego interfejsu API, dzięki któremu zadania SIP są przejmowane przez standardowe procedury techniki ATM w sposób przedstawiony na poniższym rysunku:



Relacje protokołu SIP i techniki ATM

Poziom 1 SIP odpowiada warstwie fizycznej, poziom 2 warstwie ATM oraz podwarstwie segmentacji i składania (*Segmentation and Reassembly - SAR*) AAL 3/4, zaś poziom 3 częściom wspólnej i zorientowanej usługowo podwarstwy konwergencji AAL 3/4 (odpowiednio *Common Part Convergence Sublayer - CPCS* i *Service Specific Convergence Sublayer - SSCS*). Zadanie izolowania aplikacji użytkownika od poziomu ATM realizowane jest przez warstwę usług bezpołączeniowych SIP (*SIP Connectionless Service Layer - SIP_CLS*).