

BIULETYN

INFORMACYJNY

**INSTYTUTU
ŁĄCZNOŚCI**



1997

6-7

**BIULETYN
INFORMACYJNY
INSTYTUTU
ŁĄCZNOŚCI**

ROK 37

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

NR 6-7(351-352)

WARSZAWA 1997

Komitet Redakcyjny
Redaktor Naczelny: dr inż. Krystyn Plewko
Z-ca Redaktora Naczelnego: doc. dr inż. Alina Karwowska-Lamparska
Redaktorzy Działowi:
doc. dr inż. Włodzimierz Barjasz
dr inż. Stanisław Sońta
inż. Maria Łopuszniak

© Copyright by Instytut Łączności, Warszawa 1997

ISSN 0209-1046

Redaktor: mgr Krystyna Juskiewicz

Skład komputerowy: Barbara Skwara

Instytut Łączności, Ośrodek Informacji Naukowej i Normalizacji
ul. Szachowa 1, 04-894 Warszawa

SPIS TREŚCI

Hanna Szurowska

WSPÓŁPRACA SIECI FR Z SIECIĄ ATM

	Str.
1. Wprowadzenie	5
2. Charakterystyka FR i ATM	6
3. Funkcje warstwy AAL5	10
4. Funkcje podwarstwy FR-SSCS	14
5. Zasady współpracy sieci FR z siecią ATM	21
6. Współpraca usług FR i ATM	31
7. Wnioski	37
Wykaz literatury	40

Hanna Szurowska

ZASTOSOWANIA ATM DO ŁĄCZENIA SIECI MAN DQDB

	Str.
1. Wprowadzenie	43
2. Charakterystyka sieci DQDB	44
3. Usługi sieci MAN DQDB	46
4. Zastosowanie warstwy adaptacji ATM	54
5. Interfejs sieci MAN z siecią tranzytową ATM	66
6. Funkcje MSS	70
7. Wnioski	73
Wykaz literatury	74

WSPÓŁPRACA SIECI FR Z SIECIĄ ATM

1. WPROWADZENIE

W początkowej fazie rozwoju techniki FR (*Frame Relay*), była ona widziana jako usługa stosowana w sieciach rozległych. Zastosowanie tej techniki zapewnia obecnie realizację różnych usług: głosowych, faksowych, danych, więc FR jest wdrażana zarówno w sieciach rozległych, jak i w sieciach dostępowych. Istnieje powszechne przekonanie, że przyszłe szerokopasmowe sieci integrujące różne usługi będą opierały się na technice ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). Pojawił się zatem problem zapewnienia efektywnej współpracy sieci z techniką FR i ATM.

W połączeniach realizowanych z udziałem sieci FR i ATM obie sieci mogą być połączone w konfiguracji hierarchicznej lub bezpośrednio. W połączeniu bezpośrednim wyposażenie końcowe abonentów FR i ATM jest dołączone odpowiednio do sieci FR i ATM. W konfiguracji hierarchicznej, sieć ATM jest siecią szkieletową (*backbone*), a użytkownicy połączenia są abonentami sieci FR. Sieci są połączone przez interfejs UNI typu FR lub ATM, zależnie od tego, gdzie jest realizowana konwersja protokołu sieciowego. Odpowiednio do tych dwóch scenariuszy występują dwa typy współpracy: sieci i usług.

W przypadku współpracy sieci w obu abonenckich wyposażeniach końcowych, które biorą udział w połączeniu jest stosowany protokół FR, natomiast w sieci szkieletowej - protokół ATM. Konwersja protokołu jest wykonywana w module współpracy IWF (*InterWorking Function*) i zastosowanie w połączeniu protokołu sieci ATM nie jest zauważane przez użytkownika końcowego.

W przypadku współpracy usług dwa abonenckie wyposażenia końcowe biorące udział w połączeniu mogą stosować różne protokoły (FR i ATM), ale komunikują się między sobą jako równorzędna para wyposażzeń.

Celem tego artykułu jest przedstawienie zasad współpracy FR oraz ATM, zarówno sieci jak i usług, a także problemów oraz potencjalnych zadań związanych z rozwojem tej współpracy. W stosowanych obecnie implementacjach połączenia z udziałem obu sieci są realizowane na podstawie trwałych połączeń wirtualnych - PVC (*Permanent Virtual Connection*), a wykorzystanie połączeń komutowanych wiąże się z rozwiązaniem określonych problemów, między innymi z opracowaniem zasad współpracy systemów sygnalizacji stosowanych w obu sieciach.

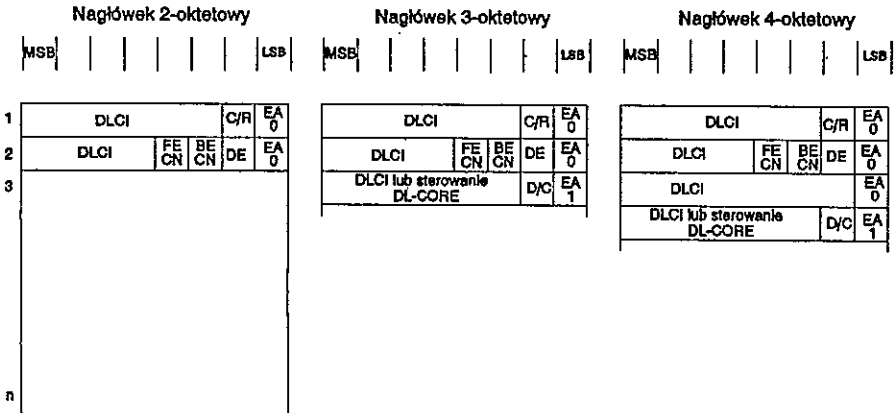
W pierwszej części artykułu podano zwięzłą charakterystykę techniki FR i ATM oraz funkcjonalną charakterystykę warstwy adaptacyjnej AAL5 i podwarstwy FR-SSCS (*Frame Relay - Service Specific Convergence Sublayer*), stosowanej w połączeniach z udziałem obu technik: ATM i FR. W dalszej części artykułu zaprezentowano opis funkcji IWF oraz zasady współpracy sieci i usług: FR i ATM.

2. CHARAKTERYSTYKA FR I ATM

Obie sieci, FR i ATM, pracują w trybie połączeniowym, więc przed ustanowieniem sesji transportu danych powinno być zestawione połączenie w warstwach niższych. Może to być połączenie trwałe, zestawione na czas subskrypcji lub komutowane na żądanie użytkownika. W obu sieciach może być stosowana multipleksacja statystyczna. Zasadniczą różnicę stanowi wielkość protokołarnych jednostek stosowanych w obu sieciach, tzn. ramki w FR i komórki w ATM.

Podstawową jednostką protokołu FR, określanego często symbolem Q.922 lub FR (specyfikację protokołu podano w zaleceniu ITU-T

Q.922), jest ramka ograniczona flagami, składająca się z nagłówka, pola informacji użytkownika i pola kontrolnego. Strukturę nagłówka przedstawiono na rys. 1. Numeracja ramek nie jest stosowana.



Rys. 1. Struktura nagłówka ramki FR

DLCI - identyfikator połączenia w łączy danych; C/R - bit rozkazu/odpowiedzi; EA - bit rozszerzenia adresu; FECN/BECN - powiadomienie o natłoku wstecz/w przód; D/C - wskaźnik wykorzystania pola ostatniego oktetu w nagłówku; DE - wskaźnik priorytetu

W wersji podstawowej (*core*) protokołu Q.922 mechanizmy związane z odtwarzaniem poprawnej zawartości ramki nie są implementowane w węzłach FR. Te funkcje powinny być wykonywane w warstwach wyższych w wyposażeniu końcowym. Połączenia między parą użytkowników określa identyfikator DLC (*Data Link Connection*), zajmujący 10 bitów (w wersji podstawowej) lub 16 albo 23 bity (w wersji opcjonalnej), a informacja o rozszerzeniu pola adresowego jest podana w polu EA (*Extention Address*). Struktura ramki FR umożliwia

przekazywanie informacji o priorytecie ramki, o wystąpieniu natłoku w sieci oraz dodatkowych informacji związanych ze sterowaniem.

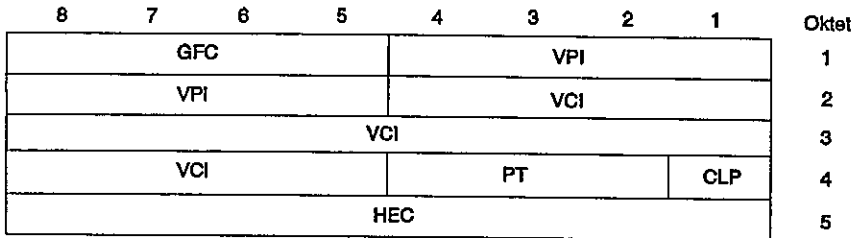
Priorytet ramki jest określany w polu DE (*Discard Eligibility*), a specyficzne dodatkowe informacje związane ze sterowaniem, np. atrybuty usługi, kryteria związane z możliwością sieci itp., mogą być podane w ostatnim oktecie pola DLCI (pole DL-CORE w nagłówku 4- i 3-oktetowym przedstawionym na rys. 1). Wartość bitu D/C informuje o tym, jak zawartość tego oktetu powinna być interpretowana.

Informację o natłoku w sieci przekazuje się w polach: BECN (*Backward Explicit Congestion Notification*) i FECN (*Forward Explicit Congestion Notification*). Pole BECN jest stosowane przez sieć w celu przekazania informacji o natłoku do końcowego punktu przeznaczenia, natomiast pole FECN służy do przekazywania tej informacji wstecz.

Dla każdego połączenia są określane dwie szybkości transmisji: gwarantowana przez sieć CIR (*Committed Information Rate*) oraz EIR (*Excess Information Rate*), dopuszczalna wartość, o którą nadajnik może przekroczyć CIR. Powinna być uzgodniona również maksymalna objętość danych B_c (*Committed Burst size*), którą użytkownik może nadać do sieci w określonym przedziale czasu T_c , a sieć gwarantuje transport tych danych oraz dopuszczalna objętość B_e danych, którą użytkownik może nadać dodatkowo w czasie T_c , bez gwarancji, że sieć w stanie natłoku nie odrzuci tych danych.

W sieci ATM jednostką protokołu jest 53-oktetowa komórka, zawierająca 5-oktetowy nagłówek. W interfejsie UNI nagłówek ma format przedstawiony na rys. 2.

Adres połączenia jest umieszczony w polu VPI/VCI (*Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier*), zawierającym identyfikatory ścieżki i kanału wirtualnego. Do jednej ścieżki wirtualnej może być przypisanych teoretycznie do 65,535 połączeń VCC (*Virtual Channel Connection*) realizowanych w kanałach wirtualnych.



Rys. 2. Struktura nagłówka komórki ATM obsługiwanej w UNI

GFC - wskaźnik sterowania strumieniem źródłowym, regulujący dostęp do sieci ATM; VCI - identyfikator kanału wirtualnego; VPI - identyfikator ścieżki wirtualnej; PT - wskaźnik typu przenoszonego ruchu (określa rodzaj przenoszonych informacji; informacje użytkownika, związane z zarządzaniem); CLP - wskaźnik priorytetu komórki; HEC - oktet cyklicznego kodu nadmiarowego, służący do korekcji i detekcji błędów w nagłówku

Typ zawartości komórki jest określony w polu PT (*Payload Type*). Wartość tego pola wyróżnia komórki związane z zarządzaniem od tych, które zawierają dane użytkownika i informuje, w jaki sposób powinna być obsługiwana komórka, tzn. który typ warstwy adaptacji powinien być użyty przy jej obsłudze. Na przykład, w połączeniach do transmisji mowy są stosowane funkcje warstwy AAL1, a w połączeniach z udziałem techniki FR - funkcje warstwy AAL5 itd. W polu PT mogą być przekazywane informacje o natłoku (bit EFCI - *Explicit Forward Congestion Indication*) lub informacje inicjujące w węzłach ATM tworzenie pętli zwrotnych w kanałach wirtualnych albo ścieżkach, odpowiednio w relacji od końca do końca lub w kolejnych segmentach.

Priorytet komórki określa wartość bitu CLP (*Cell Loss Priority*), natomiast pole HEC (*Header Error Control*) jest wykorzystywane w obrębie funkcji warstwy fizycznej.

W sieci ATM usługi są realizowane zgodnie z wprowadzonym podziałem na klasy. Klasę określa zbiór parametrów charakteryzujących ruch oraz wymagana jakość usługi (QOS). Ruch w połączeniu definiują: maksymalna szybkość transmisji komórek - PCR (*Peak Cell Rate*), dopuszczalna zmienność opóźnienia komórek - CDVT (*Cell Delay Variation Tolerance*), gwarantowana szybkość transmisji komórek - SCR (*Sustainable Cell Rate*), maksymalna objętość pakietu - MBS (*Maximum Burst Size*) i minimalna szybkość transmisji komórek - MCR (*Minimum Cell Rate*). Jakość usług określają: zmienność opóźnienia komórek - CDV (*Cell Delay Variation*), opóźnienie komórek - CTD (*Cell Transfer Delay*) i prawdopodobieństwo straty komórki - CLR (*Cell Loss Ratio*).

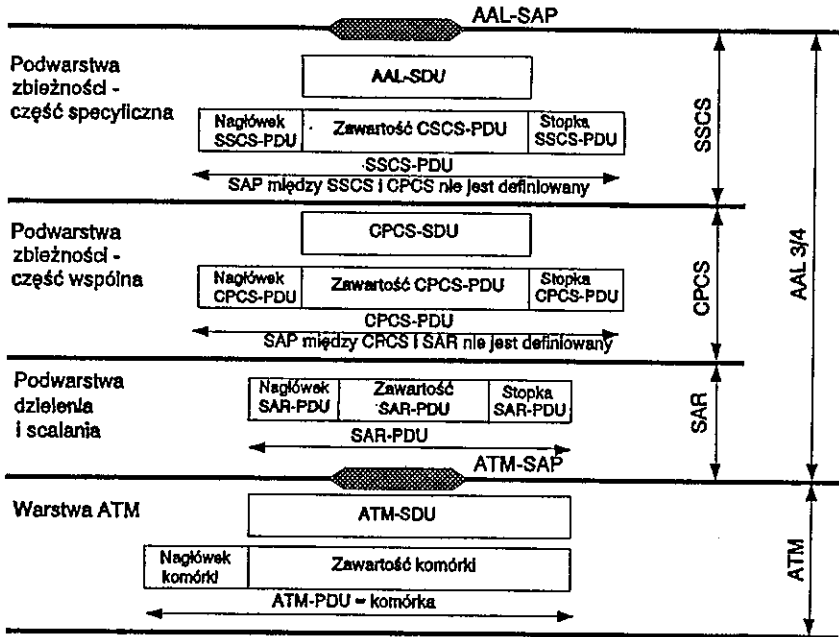
Zależnie od klasy usługi, zawartość komórek przekazywanych w połączeniu jest obsługiwana z udziałem funkcji odpowiedniego typu warstwy adaptacji AAL. Do tego czasu wyspecyfikowano sześć typów warstwy AAL. W przypadku połączeń z udziałem techniki FR jest stosowana warstwa typu AAL5 oraz podwarstwa FR-SSCS, realizująca funkcje specyficzne. Charakterystykę funkcji AAL5 oraz FR-SSCS podano w pkt. 3 i 4.

3. FUNKCJE WARSTWY AAL5

Warstwa adaptacji typu AAL5 obsługuje ruch połączeniowy, bez zapewnienia synchronizacji między źródłem i miejscem przeznaczenia (usługi klasy C), lub ruch bezpołączeniowy (usługi klasy D). Zakres funkcji realizowanych w tej warstwie zależy od wymagań użytkownika warstwy wyższej. Strukturę warstwy AAL5 przedstawiono na rys. 3.

Warstwa AAL5 składa się z trzech modułów funkcjonalnych, nazywanych podwarstwami: SAR (*Segmentation and Reassembly*), CPCS (*Common Part Convergence Sublayer*) i SCS (*Service Specific Convergence Sublayer*). Każda podwarstwa stosuje odrębny proto-

kół w celu komunikowania się z odpowiednią podwarstwą zaimplementowaną w odległym wyposażeniu i tworzy własne jednostki protokolarne PDU, których zawartość stanowi jednostka danych SDU przekazana przez użytkownika podwarstwy. Jednostką protokołu stosowanego w podwarstwie CPCS jest CPCS-PDU, składająca się z zawartości CPCS-PDU (są to dane przekazane przez podwarstwę SSCS) i stopki CPCS-PDU, utworzonej w podwarstwie CPCS. Jednostką



Rys. 3. Struktura warstwy AAL5

SDU - jednostka danych usługi (np. AAL-SDU jest jednostką danych usługi warstwy AAL); PDU - jednostka danych protokołu (np. CPCS-PDU jest jednostką wytwarzaną w protokole stosowanym do wymiany informacji między współpracującymi podwarstwami CPCS); AUU - blok informacji wymienionych między użytkownikami warstw ATM; pozostałe oznaczenia w tekście

protokołu stosowanego w podwarstwie SSCS jest SSCS-PDU, składająca się z zawartości SSCS-PDU (są to dane przekazane w punkcie dostępu AAL-SAP przez użytkownika podwarstwy SSCS) oraz nagłówka SSCS-PDU i stopki SSCS-PDU, utworzonych w podwarstwie SSCS.

Użytkownik warstwy AAL5 ma możliwość wyboru punktu dostępu (SAP) do usługi warstwy adaptacji, tzn. AAL-SAP, zależnie od jakości usług (QOS) wymaganych podczas transportowania jednostek swojego protokołu przekazywanych do AAL w blokach AAL-SDU.

Funkcje SAR i CCPS są realizowane w każdej implementacji warstwy AAL5. Natomiast zakres funkcji podwarstwy SSCS zależy od specyficznych wymagań związanych z wykonywaną usługą. W przypadku współpracy usług ATM i FR jest stosowana zerowa warstwa SSCS, oznacza to, że jej funkcje są ograniczone do przekazywania informacji wymienianych między jej sąsiednimi podwarstwami. W przypadku współpracy sieci FR i ATM jest stosowana podwarstwa SSCS rozbudowana funkcjonalnie, określana jako FR-SSCS. Szczegółowy opis funkcji FR-SSCS podano w pkt. 4.

Funkcje podwarstwy CPCS są związane z trybem działania użytkownika usługi tej podwarstwy. Format jednostki CPCS-PDU stosowanej w AAL5 przedstawiono na rys. 4. Użytkownik może przekazywać dane w trybie "wiadomości" lub w trybie "strumieniowym".

Zawartość CPCS-PDU	PAD	Informacja użytkownik-użytkownik (CPCS-UU) (1 oktet)	Wskaźnik części wspólnej (CPI) (1 oktet)	Długość (2 oktety)	CRC (4 oktety)
--------------------	-----	---	---	-----------------------	-------------------

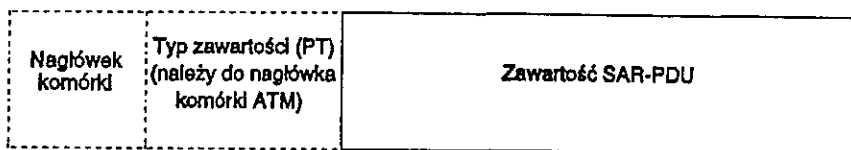
Rys. 4. Format jednostki CPCS-PDU stosowanej w AAL5

W pierwszym przypadku pojedyncze i całe jednostki przekazywane przez użytkownika (CPCS-SDU) są przenoszone przez interfejs podwarstwy CPCS z użytkownikiem i transportowane w pojedynczych jednostkach CPCS-PDU (rys. 4) wytwarzanych w CPCS. W drugim przypadku mogą być przenoszone w całości lub w częściach, a tran-

sport poszczególnych części może być wykonany w różnym czasie. Jednostki danych usługi (CPCS-SDU), odebrane od użytkownika, są przekazywane do podwarstwy SAR transparentnie, z zachowaniem kolejności ich odbierania. W procesie tworzenia jednostek CPCS-PDU, jeżeli zachodzi taka potrzeba, w celu zachowania wielokrotności 48 oktetów, blok danych odebranych od użytkownika, stanowiący zawartość CPCS-PDU, jest wypełniany (pole PAD na rys. 4) i jest dodawana stopka. Jedno połączenie CPCS jest odwzorowywane w jedno połączenie SAR.

W funkcji podwarstwy CPCS są wykrywane błędy w jednostkach CPCS-PDU odebranych z SAR. Uszkodzone jednostki są odrzucane, a informacja o tym, razem z uszkodzoną jednostką, może być przekazywana do użytkownika. W przypadku odrzucenia CPCS-SDU transportowanej w częściach, odpowiednia informacja jest przekazywana w polu określającym długość CPCS-PDU (rys. 4). Funkcje CPCS umożliwiają przekazanie do obu sąsiednich warstw informacji o priorytecie obsługiwanego bloku danych oraz o wystąpieniu natłoku.

Podwarstwa SAR chroni całość jednostek danych (SAR-SDU) odebranych od swojego użytkownika i włącza wskaźnik "końca SAR-SDU", po czym dzieli je na 48-oktetowe porcje i tworzy z nich jednostki SAP-PDU. Format jednostki SAR-PDU AAL5 przedstawiono na rys. 5. Bloki danych odbierane od użytkownika są przekazywane do warstwy ATM z zachowaniem kolejności ich odbierania. Jedno połączenie SAR jest odwzorowywane w jedno połączenie ATM. Do funkcji SAR należy również odbieranie i przekazywanie - w obu kierunkach oraz do obu sąsiednich warstw - informacji związanych z priorytetem danych i natłokiem.



Rys. 5. Format jednostki SAR-PDU stosowanej w AAL5

4. FUNKCJE PODWARSTWY FR-SSCS

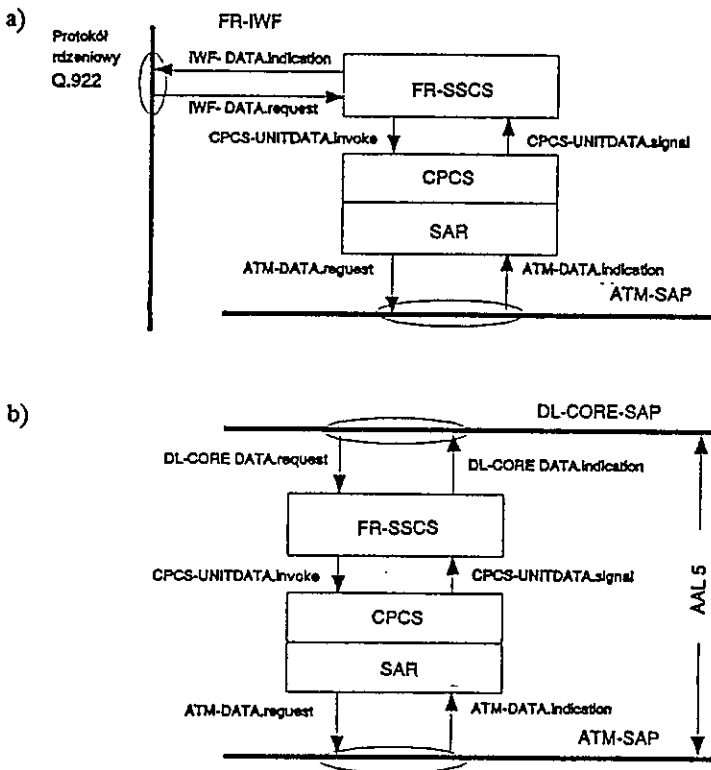
Podwarstwa funkcji specyficznych SSCS jest implementowana tylko wówczas, gdy wymaga tego poprawna realizacja usługi, a zakres funkcji tej podwarstwy ściśle wiąże się z daną usługą. W przypadku połączeń realizowanych z udziałem sieci FR i ATM stosuje się podwarstwę FR-SSCS. Jej zadaniem jest emulacja usługi FR, zatem funkcje podwarstwy FR-SSCS powinny być implementowane w terminalach ATM emulujących usługę FR, w serwerach FRS realizujących usługę FRBS (*Frame Relaying Bearer Service*) w sieci ATM oraz w modułach IWF lokalizowanych w interfejsie między siecią FR i ATM. Zasady współpracy FR-SSCS z otoczeniem przedstawiono na rys. 6.

Podwarstwa FR-SSCS jest użytkownikiem usług podwarstwy CPCS. Funkcje FR-SSCS obsługują jednostki danych (FR-SSCS-SDU) odebrane od swojego użytkownika i przekazują je do podwarstwy CPCS w trybie wiadomości, z zachowaniem kolejności ich odbierania.

Mechanizmy działania stosowane w podwarstwie FR-SSCS implementowanej w wyposażeniu końcowym TE użytkownika (rys. 6b) i w IWF (rys. 6a) są podobne. Aby uwypuklić różnice, opis działania FR-SSCS (w tekście oraz na rys. 6) jest przedstawiony z użyciem prymitywów wymienianych między funkcjami tej podwarstwy i otoczeniem.

Informacje wymieniane między FR-SSCS i jej użytkownikiem lub podwarstwą CPCS są przekazywane jako parametry w odpowiednich prymitywach. Między FR-SSCS i jej użytkownikiem są przekazywane: dane użytkownika DL-CORE oraz wartości bitów DE, BECN, FECN, C/R i D/C jako parametry w prymitywach IWF-DATA.indication i IWF-DATA.request (w IWF) lub w prymitywach DL-CORE DATA.indication i DL-CORE DATA.request (w wyposażeniu abo-
nenta). W IWF ewentualnie mogą być przekazywane dodatkowe

informacje związane ze sterowaniem DL-CORE. Między FR-SSCS i podwarstwą CPCS są przekazywane jako parametry w prymitywach CPCS-UNITDATA.invoke i CPCS-UNITDATA.request: interfejsowa jednostka danych (jest to CPCS-SDU cała lub jej część), wskaźnik priorytetu CPCS-LP (CPCS - *Loss Priority*), wskaźnik natłoku CPCS-CI (CPCS - *Congestion Indication*) oraz parametr określający typ transportowanych informacji.



Rys. 6. Zasady współpracy warstwy FR-SSCS z otoczeniem
 a) warstwa FR-SSCS w serwerze FRS lub IWF; b) warstwa FR-SSCS w terminalu FR

Komunikacja współpracujących ze sobą FR-SSCS, ulokowanych w różnych elementach w sieci, polega na wymianie jednostek FR-SSCS-PDU. Ramka FR-SSCS nie zawiera pola kontrolnego, więc wykrywanie błędów i mechanizmy związane z odtwarzaniem poprawnej zawartości ramki powinny być wykonywane przez funkcje warstw wyższych w wyposażeniu końcowym. Natomiast format nagłówka ramki jest taki sam, jak format nagłówka ramki FR (rys. 1). Podobnie jak w sieci FR, przyjęto, że obsługa nagłówka 2-oktetowego jest obowiązkowa, natomiast pozostałych, tzn. 3- i 4-oktetowych jest opcją. Porządek transmisji jednostek jest taki, jak w sieci ATM, tzn. od najstarszego bitu (MSB) do najmniej znaczącego (LSB), czyli odwrotny niż w sieci FR.

Do podstawowych funkcji FR-SSCS należą:

- multipleksowanie i demultipleksowanie wielu połączeń FR-SSCS (identyfikowanych z użyciem DLCI), w jednym połączeniu CPCS;
- konstruowanie jednostek FR-SSCS w procedurach nadawania w kierunku sieci ATM i badanie długości odebranych FR-SSCS-PDU (w celu sprawdzenia czy jednostka nie jest zbyt długa lub zbyt krótka, lub nie występują niepełne oktety) w procedurach odbierania z sieci ATM;
- kontrola wartości parametrów informujących o natłoku oraz powiadamianie użytkownika o stanie natłoku w kierunku w przód i wstecz.

Zasady konstruowania FR-SSCS-PDU i ustawiania wartości poszczególnych pól w procedurach nadawania, tzn. po odebraniu prymitywu DL-CORE DATA.request w wyposażeniu końcowym użytkownika (rys. 6b) lub prymitywu IWF-DATA.request w module IWF (rys. 6a), podano w tablicy 1. Utworzona FR-SSCS-PDU jest przekazywana do podwarstwy CPCS jako parametr w prymitywie CPCS-UNITDATA.invoke (rys. 6).

Tablica 1

Zasady ustawiania wartości pól w FR-SSCS-PDU

Pole w FR-SSCS-PDU	Wartość ustawiana w TE (w wyposażeniu końcowym użytkownika)	Wartość ustawiana w IWF
DLCI	Wartość przypisana do połączenia w czasie zestawiania połączenia lub ustalona na czas subskrypcji	Jak w TE
C/R	Wartość przekazywana jako parametr w prymitywie DL-CORE DATA.request odebrany od użytkownika usługi	Jak w TE
FECN	Wartość „0”	Wartość parametru, który informuje o natłoku. Może być ustawiona również w przypadku wewnętrznego natłoku w wyposażeniu
BECN	Wartość „0” lub opcjonalnie wartość wyznaczona na podstawie obserwacji parametru CI informującego o natłoku	Logiczna suma wartości, określona na podstawie obserwacji wartości CI i parametru natłoku (zliczanie wstecz). Wartość BECN może być ustawiona również w przypadku wewnętrznego natłoku w wyposażeniu
DE	Wartość parametru DE	Jak w TE
Informacje dodatkowe DL/CORE	Zasady ustawiania tej wartości nie są jeszcze opracowane przez ETSI	Jak w TE
D/C	Wartość zależy od tego, czy ostatni oktet nagłówka zawiera DLCI, czy informacje dodatkowe DL-CORE	Jak w TE
EA	Wartość „0” w pierwszym oktecie nagłówka i „1” w ostatnim oktecie	Jak w TE
Pole informacji	Wartość parametru „dane użytkownika” DL-CORE	Jak w TE
Uwaga: ustawianie BECN jest opcją.		

Wartości innych parametrów w prymitywie CPCS-UNIT-DATA.invoke przekazywanym do funkcji podwarstwy CPCS są ustawiane w następujący sposób.

1. Wartość parametru określającego priorytet strat (CPCS-LP) może być:
 - a) równa wartości DE podanej w prymitywie DL-CORE.request lub w prymitywie IWF-DATA.request, lub
 - b) zawsze ustawiana na „0”, lub
 - c) zawsze ustawiana na „1”.

Zgodnie z normami ETSI, wszystkie powyższe opcje powinny być implementowane, a wybór jednej z nich może być negocjowany w czasie zestawiania połączenia CPCS lub ustalony na czas subskrypcji.

2. Wartość parametru informującego o natłoku (CPCS-CI) powinna być zawsze ustawiona na „0”.
3. Wartość parametru zawierającego informację użytkownik-użytkownik (CPCS-UU) powinna być zawsze ustawiona na „0”.

Po odebraniu prymitywu CPCS-UNITDATA.signal, z interfejsowej jednostki danych jest wyodrębniana FR-SSCS-SDU, a jej zawartość (pole informacyjne) jest przekazywana do warstwy wyższej w prymitywie DL-CORE DATA.indication w przypadku wyposażenia abonenta FR-B-TE lub w prymitywie IWF-DATA.indication w przypadku IWF. Zasady ustawiania wartości innych parametrów przekazywanych do użytkownika podwarstwy FR-SSCS podano w tabl. 2.

Przed ustanowieniem połączenia CPCS powinny być określone (tabl. 3) zasady ustawiania wartości parametrów informujących o priorytecie strat: DE (nadawanie w kierunku sieci ATM) i LP (odbiór z sieci ATM). W przypadku połączeń FR-SSCS, realizowanych w jednym połączeniu CPCS, wartości tych parametrów są jednakowe.

Tablica 2

Zasady ustawiania wartości parametrów w prymitywie
DL-CORE DATA.indication i IWF-DATA.indication

Parametr	Prymityw DL-CORE DATA.indication w TE	Prymityw IWF- DATA.indication w IWF
Dane użytkownika DL-CORE	FR-SSCS-SDU (pole informacji)	Jak w TE
Informacje sterujące protokołu DL/CORE	Wartość C/L w FR-SSCS-PDU	Jak w TE
Natłok w przód	Wartość logicznej sumy wartości pola FECN w FR-SSCS-PDU i parametru CI w prymitywie CPCS-UNIT-DATA.signal	Jak w TE
Natłok wstecz	Wartość pola BECN w FR-SSCS-PDU	Jak w TE
DE	Wartość parametru LP odebranego w CPCS-UNITDATA.signal (LP może być przekazana, np. do zarządzania)	Wartość pola DE w FR-SSCS-PDU lub logiczna suma wartości pola DE w odebranej FR-SSCS-PDU i parametru CPCS-LP podanego w CPCS-UNIT-DATA.signal
Wskaźnik wykorzystania ostatniego oktetu: sterowanie DL-CORE lub wartość DLCI	Zasady będą opracowane przez ETSI	Wartość pola D/C podana w FR-SSCS-PDU

Zasady ustalania wartości parametrów DE i LP

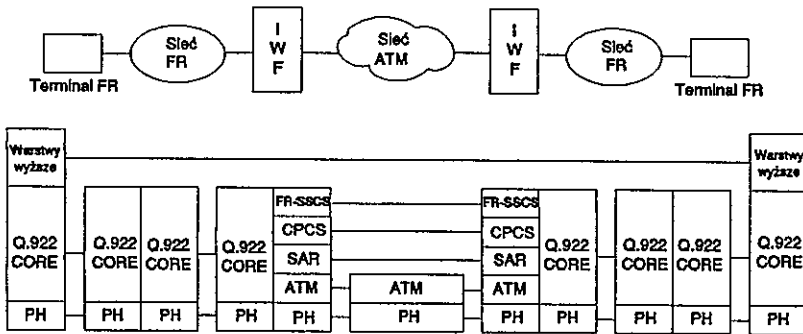
Parametr (wartości tych parame- trów są niezależne)	Znaczenie	Wartość	Uwagi
CPCS-LP	W lokalnym nadajniku	a) Wartość parametru DE b) „0” c) „1”	Dotyczy procedur nadawania w kierunku sieci ATM (tabl. 1)
DE	W lokalnym odbiorniku	d) Pole DE (jeżeli połączenie obejmuje więcej niż jedną sieć i charakterystyki nie są znane, wówczas powinny być stosowane wartości domyślne) e) Logiczna suma wartości pola DE i parametru CPCS-LP	Dotyczy procedur odbierania z sieci ATM (tabl. 2)

Podobnie, przed ustanowieniem połączenia FR-SSCS, powinny być ustalone dopuszczalne długości jednostek CPCS-SDU i FR-SSCS-SDU. Normy ETSI zalecają, aby maksymalna długość jednostki CPCS-SDU nie przekraczała 1604 - (64 k - 1) oktetów, a jednostka FR-SSCS-SDU długości 1600 - (64 k - 5) oktetów.

5. ZASADY WSPÓŁPRACY SIECI FR Z SIECIĄ ATM

5.1. Scenariusze współpracy

Praktycznie wszystkie możliwe przypadki współpracy sieci FR z siecią ATM odzwierciedlają dwa scenariusze zaprezentowane na rys. 7 i 8.



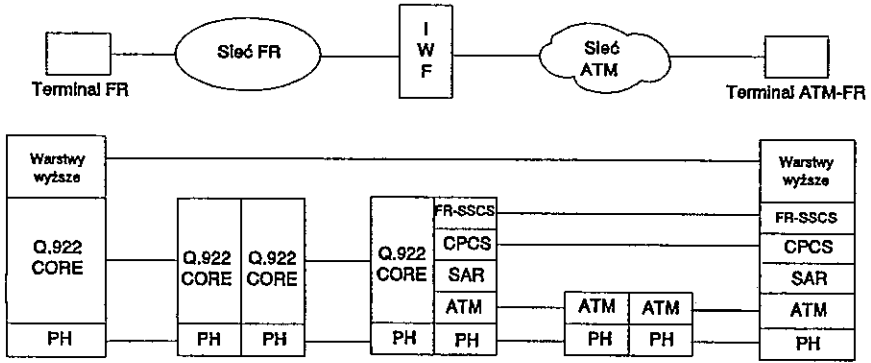
Rys. 7. Współpraca sieci FR z siecią ATM

w połączeniu dwóch terminali FR, dołączonych do dwóch sieci FR

Q.922 CORE - protokół rdzeniowy zdefiniowany w zaleceniu ITU-T Q.922;
PH - warstwa fizyczna; pozostałe oznaczenia w tekście (pkt 3)

W pierwszym scenariuszu (rys. 7) komunikują się dwaj użytkownicy terminali FR dołączonych do dwóch różnych sieci FR, połączonych ze sobą przez sieć ATM.

W drugim scenariuszu (rys. 8) jeden z użytkowników stosuje terminal FR dołączony do sieci FR, a drugi - terminal emulujący tryb pracy FR dołączony do sieci ATM. W obu przypadkach na styku sieci FR i ATM powinien być zlokalizowany moduł IWF, skupiający zbiór procedur, zapewniających poprawną współpracę obu sieci. Wykorzystanie sieci ATM w połączeniu (pokazanym na rys. 7) jest niewidoczne dla współpracujących końcowych wyposażań abonenckich. W module IWF od strony sieci ATM są zaimplementowane funkcje



Rys. 8. Współpraca sieci FR z siecią ATM w połączeniu terminalu FR z terminalem ATM emulującym tryb pracy FR (oznaczenia jak na rys. 7)

warstwy AAL5, łącznie z funkcjami podwarstwy FR-SSCS. W przypadku drugiego scenariusza (rys. 8) funkcje warstwy AAL5 i podwarstwy FR-SSCS są zaimplementowane również w abonenckim wyposażeniu końcowym użytkownika sieci ATM.

5.2. Funkcje IWF

W połączeniach przedstawionych na rys. 7 i 8 użytkownicy końcowi połączenia dołączeni do sieci FR nie widzą i nie odczuwają udziału sieci ATM w tym połączeniu. Pola zawierające informacje użytkownika są transportowane przezroczysto, a funkcje związane z konwersją protokołów stosowanych w obu sieciach, stanowiące odwzorowanie połączeń i parametrów definiujących ruch oraz przekazujące aktualne informacje o możliwościach sieci, są skupione w IWF i realizowane z udziałem warstwy AAL5 oraz podwarstwy FR-SSCS, zaimplementowanej w tym module funkcjonalnym. W IWF jest wykonywane:

Lokalizacja funkcji protokołu Q.922

Funkcje protokołu Q.922	Miejsce realizacji funkcji		
	Funkcje warstwy ATM	Funkcje warstwy SAR, CPCS i AAL5	Funkcje podwarstwy FR-SSCS
Wyrównanie, ograniczenie i transparentność		Zabezpieczenie CPCS-SDU	
Multipleksowanie z zastosowaniem pola DLCI	Multipleksowanie/demultipleksowanie z zastosowaniem VPI/VCI		Multipleksowanie z zastosowaniem pola DLCI
Badanie ramki; sprawdzanie całkowitej liczby oktetów			Badanie ramki; sprawdzanie całkowitej liczby oktetów
Badanie ramki; sprawdzanie zbyt długich/zbyt krótkich ramek			Badanie ramki; sprawdzanie zbyt długich/zbyt krótkich ramek
Detekcja błędów (bez odtwarzania)		Detekcja błędów (bez odzyskania informacji)	
Kontrola natłoku w przód			Kontrola natłoku w przód
Kontrola natłoku wstecz	Kontrola natłoku wstecz		Kontrola natłoku wstecz
Ramka rozkazu/odpowiedzi			Ramka rozkazu/odpowiedzi
Priorytet strat (w obrębie kontroli natłoku)	Priorytet strat komórki		Priorytet strat (w obrębie kontroli natłoku)

- formatowanie jednostek protokołu (PDU),
- wykrywanie błędów w transportowanych jednostkach,
- multipleksacja połączeń,
- przekazywanie informacji o priorytecie transportowanych jednostek,
- odwzorowanie informacji o natłoku,
- zarządzanie statusem trwałych połączeń wirtualnych (PVC),
- odwzorowanie parametrów ruchu.

Szczegółowe zasady odwzorowania wymienionych funkcji podano w pkt. 5.3.

Podział funkcji związanych z odwzorowaniem właściwości usługowych protokołu Q.922 w odpowiednie funkcje wykonywane w IWF i w sieci ATM przedstawiono w tablicy 4.

5.3. Szczegółowe zasady współpracy sieci

5.3.1. Formatowanie jednostek protokołu

Struktura jednostki protokołu stosowanego w podwarstwie FR-SSCS jest taka sama, jak struktura ramki Q.922, odebranej z sieci FR po usunięciu flag, pola CRC i bitów zerowych włączanych w celu wyeliminowania z zawartości ramki ciągu bitów, które mogą symulować flagę (tzn. ciąg sześciu jedynek). Zgodnie z normą europejską [7], nagłówki 2-oktetowe powinny być obowiązkowo obsługiwane w podwarstwie FR-SSCS (to wymaganie dotyczy także ramki FR). Obsługiwanie nagłówków o rozszerzonej strukturze (3- i 4-oktetowe) nie jest obowiązkowe. Normy europejskie pozostawiają do dobrowolnego stosowania również podział i scalanie jednostek CPCS-SDU w IWF.

5.3.2. Wykrywanie błędów

W IWF są realizowane standardowe funkcje SAR i CPCS określone dla warstwy AAL5. Wykrywanie błędów w jednostkach proto-

kołu podwarstwy FR-SSCS odbywa się w podwarstwie CPCS z użyciem pola CRC-32.

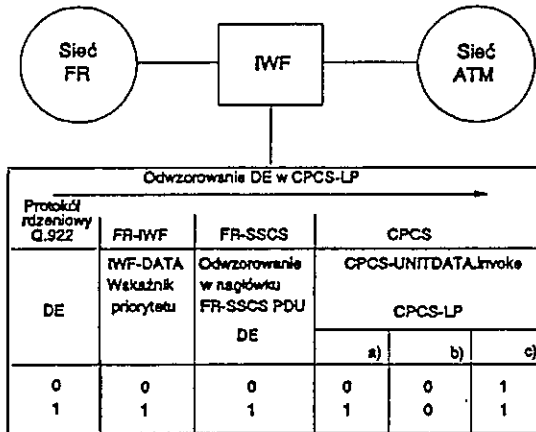
5.3.3. Multipleksacja połączeń

Stosuje się dwie metody multipleksowania: wiele połączeń FR w jednym połączeniu w kanale wirtualnym (VCC) lub odwzorowanie jednego połączenia FR w jednym VCC. Multipleksacja połączeń może być wykonywana w podwarstwie FR-SSCS (z zastosowaniem DLCI) i w warstwie ATM (z zastosowaniem VPI/VCI). W ten sposób wiele połączeń FR może być multipleksowanych w pojedynczym VCC, identyfikowanym parą wartości: VPI i VCI. Multipleksowanie n połączeń FR w pojedynczym VCC może być stosowane tylko wówczas, gdy kanały wirtualne (VC) kończą się w tym samym systemie końcowym ATM. Może to być wyposażenie użytkownika końcowego lub IWF. W przeciwnym przypadku, połączenia FR muszą być odwzorowane w pojedyncze połączenia ATM, tzn. może być stosowany drugi schemat multipleksowania lub odpowiednia kombinacja obu schematów. Zgodnie z normą europejską [7], obsługa wielu połączeń FR w jednym VCC jest opcją sieci.

W przypadku odwzorowania jednego połączenia FR w jednym VCC, informacja o statusie strumienia powinna być przekazywana z użyciem identyfikatora DLCI = „0”, natomiast dane użytkownika powinny być przekazywane z użyciem DLCI różnego od zera, a identyfikator DLC o wartości zerowej nie powinien być stosowany w celu przekazywania danych sygnalizacyjnych. Dane sygnalizacyjne mogą być przekazywane z użyciem tej wartości identyfikatora tylko w przypadku multipleksowania wielu połączeń FR w jednym połączeniu VCC. Wszystkie identyfikatory połączenia, tzn. DLCI, VPI i VCI, mają tylko lokalne znaczenie, a ich wartości po obu stronach IWF mogą być ustalone na czas subskrypcji lub negocjowane w czasie zestawiania połączenia.

5.3.4. Odwzorowanie priorytetu strat

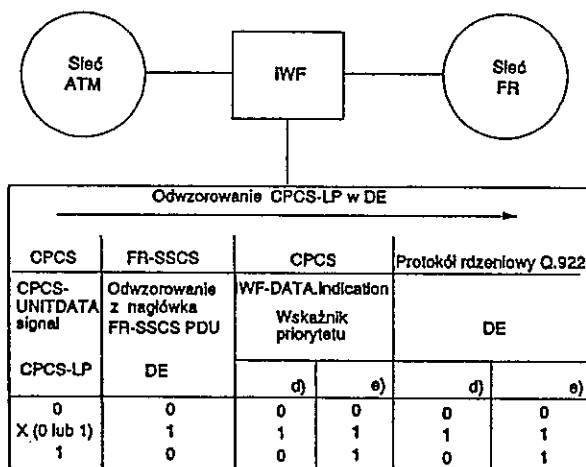
Informacja o priorytecie strat jest podawana w polach: DE w ramce Q.922 i CLP w komórce ATM. Może być odwzorowana w IWU lub przezroczyście przekazana w nagłówku jednostki FR-SSCS-PDU. Normy definiują te dwie metody i zalecają, aby obie były implementowane w IWF. Zasady tego odwzorowania zostały przedstawione na rys. 9 i 10.



Rys. 9. Odwzorowanie priorytetu strat przy nadawaniu -
- kierunku: z sieci FR do sieci ATM
(oznaczenia w tekście)

W kierunku z sieci FR do sieci ATM, jeżeli jest stosowane odwzorowanie (rys. 9, przypadek a), wartość bitu DE, dostarczana jako parametr (rys. 6) w prymitywie w DL-CORE DATA.request (w wyposażeniu abonenta) lub w prymitywie IWF-DATA.request (w IWF), jest kopiowana w polu DE w nagłówku jednostki FR-SSCS i przekazywana do podwarstwy niższej (tzn. do CPCS) jako parametr CPCS-LP w prymitywie CPCS-UNITDATA.invoke, a następnie jest umiesz-

czana w polu CLP, określającym priorytet komórki, w każdej komórce ATM przekazywanej do sieci ATM (rys. 2 i 5). Jeżeli jest stosowane przezroczyste przekazywanie informacji o priorytecie, wówczas parametr CPCS-LP (i tym samym wartość bitu CLP w każdej komórce ATM) ma stałą wartość „0” lub „1” (rys. 9, przypadek b i c), ustaloną w czasie zestawiania połączenia ATM i niezależną od wartości bitu DE w ramce FR.



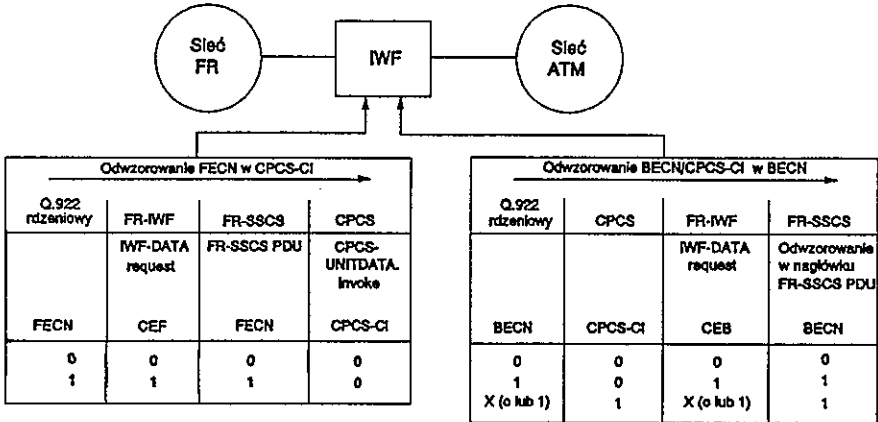
Rys. 10. Odwzorowanie priorytetu strat przy odbiorze -
- kierunek: z sieci ATM do sieci FR
(oznaczenia w tekście)

W kierunku z sieci ATM do sieci FR (rys. 10), w module IWF mogą być stosowane dwa sposoby ustalania wartości bitu DE informującego o priorytecie ramki przekazywanej przez IWF do sieci FR. IWF ignoruje wartość bitu CLP w odebranej komórce i kopiuje wartość bitu DE podaną w odebranej FR-SSCS-PDU (rys. 10, przypadek d) lub ustawia wartość bitu DE, jeżeli przynajmniej jedna komórka ATM należąca do ramki ma ustawiony bit CLP lub jest ustawiony bit

DE w jednostce FR-SSCS-PDU odebranej z sieci ATM (rys. 10, przypadek e).

5.3.5. Odwzorowanie informacji o natłoku

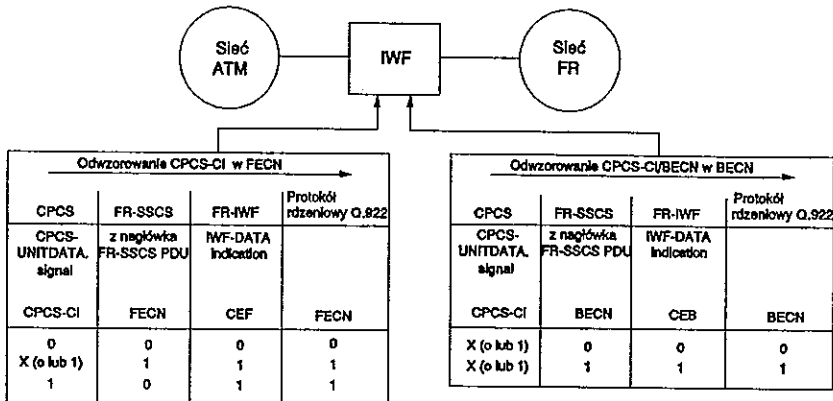
Informacja o natłoku jest przenoszona w polu FECN w ramce Q.922 i w ramce FR-SSCS. Również w komórce ATM, w polu EFCI (pkt 2) mogą być przekazywane w przód informacje o natłoku. Zasady odwzorowania tej informacji w IWF i wyposażeniu abonenta przedstawiono na rys. 11 i 12.



Rys. 11. Odwzorowanie wskaźnika natłoku -
- kierunek: z sieci FR do sieci ATM
(oznaczenia w tekście)

W kierunku z sieci FR do sieci ATM (rys. 11) wskaźnik informujący o natłoku wstecz FECN nie jest odwzorowany w polu EFCI w komórce ATM i jest ustawiana wartość zerowa pola EFCI. IWF ustawia w polu FECN, w tworzonej jednostce FR-SSCS-PDU, wartość parametru CEF (*Congestion Encountered Forward* - informacja o natłoku w przód) odebranego w prymitywie IWF-DATA.request,

ale zawsze ustawia wartość zerową dla parametru CPCS-CI (CPCS - *Congestion Indication* - wskaźnik natłoku), który przekazuje w prymitywie CPCS-UNITDATA.invoke do podwarstwy CPCS. W polu BECN, w jednostce FR-SSCS-DPU, IWF ustawia wartość parametru CEB (*Congestion Encountered Backward* - informacja o natłoku wstecz) odbieraną w prymitywie IWF-DATA.request (ta wartość jest zawsze równa wartości pola BECN w ramce Q.922) lub, niezależnie od wartości bitu CEB, ustawia najbardziej prawdopodobną wartość parametru CPCS-CI, odebranego w kierunku przeciwnym.



Rys. 12. Odwzorowanie wskaźnika natłoku -
- kierunek: z sieci ATM do sieci FR
(oznaczenia jak na rys. 7)

W kierunku przeciwnym (rys. 12), z sieci ATM do sieci FR, obowiązują poniższe zasady:

- jeżeli parametr CPCS-CI w prymitywie CPCS-UNITDATA.signal ma wartość „0” i bit FECN w jednostce FR-SSCS ma wartość „0”, wówczas IWF ustawia bit FECN = „0” w ramce Q.922;
- jeżeli w nagłówku FR-SSCS-PDU bit FECN = „1”, wówczas IWF ustawia bit FECN = „1” w ramce Q.922, niezależnie od wartości parametru CPCS-CI w prymitywie CPCS-UNITDATA.signal;

- jeżeli bit FECN w jednostce FR-SSCS-PDU ma wartość „0”, ale parametr CPCS-CI w prymitywie CPCS-UNITDATA.signal ma wartość „1”, IWF ustawia bit FECN = „1” w ramce Q.922.

Komórka ATM nie ma odpowiednika pola BECN zawartego w ramce Q.922 i nie stosuje się odwzorowania tego pola w kierunku od ATM do FR. Zawartość pola BECN podana w FR-SSCS DPU jest kopiowana bez zmian w polu BECN ramki Q.922.

5.3.6. Zarządzanie statusem FR PVC

W przypadku współpracy sieci FR z siecią ATM zarządzanie trwałymi połączeniami FR (FR PVC) odbywa się zgodnie z zasadami stosowanymi w sieci FR. Informacje wytwarzane w procedurach zarządzania statusem trwałych połączeń wirtualnych są przezroczyście przenoszone przez warstwę FR-SSCS (zarządzanie warstwą ATM i FR-SSCS jest niezależne). Informacje związane z badaniem ciągłości łącza są transportowane w komórkach F5 OAM i przekazywane do jednostki związanej z funkcjami OAM. Informacje o statusie PVC wymieniane między IWF i wyposażeniem abonenta ATM emulującym FR są przekazywane w połączeniu DLCI = „0”. W sieci ATM ten identyfikator jest odwzorowywany w oddzielne połączenie ATM VCC.

5.3.7. Odwzorowanie parametrów ruchu

Prawidłowe zarządzanie ruchem w połączeniach między siecią FR i ATM jest ważne dla zwiększenia efektywności współpracy. W sieci FR ruch obsługiwany w połączeniu charakteryzuje CIR, EIR, Bc, Be i Tc. W sieci ATM ruch w połączeniu charakteryzuje PCR, CDVD, SCR, MBS i MCR. W IWF powinno być wykonane odwzorowanie parametrów ruchu zdefiniowanych w sieci FR w odpowiednie parametry określające ten ruch w sieci ATM.

Ruch może być kontrolowany w punkcie wejściowym do każdej sieci lub w IWF, lub w obu punktach. W sieci ATM kontrola parametrów ruchu może być wykonana w obrębie funkcji UPC, a w połączeniach z udziałem więcej niż jednej sieci ATM, kontrola może być wykonana w obrębie funkcji NPC w interfejsach międzysieciowych.

Zasady odwzorowywania parametrów ruchu w połączeniach między sieciami FR i ATM nie są opracowane przez ETSI.

5.3.8. Zasady działania OAM

Moduł IWF zachowuje informacje o stwierdzonych błędach i prowadzi odpowiednie statystyki. Funkcje OAM powyżej podwarstwy FR-SSCS, tzn. na poziomie ramki Q.922, są takie jak w sieci FR. Funkcje OAM w odniesieniu do podwarstwy FR-SSCS nie są jeszcze wyspecyfikowane w normach, ale zarówno podwarstwa FR-SSCS, jak i CPCS w warstwie adaptacyjnej implementowanej w IWF, wykonują pewne funkcje, które mogą być wykorzystane w obrębie OAM. Na przykład:

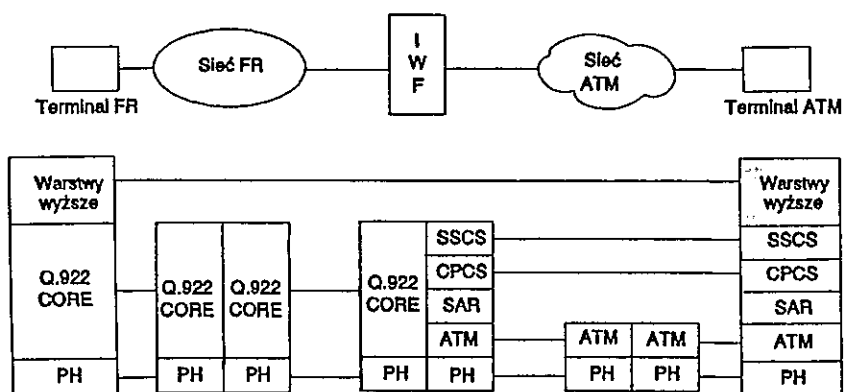
- jest sprawdzana wartość pola CPI,
- jest sprawdzana zgodność wartości pola określającego długość z długością CPCS-SDU,
- jest przekazywana informacja o przekroczeniu maksymalnej długości (65,535 oktetów) CPCS-SDU,
- jest badane pole kontrolne CRC.

6. WSPÓŁPRACA USŁUG FR I ATM

6.1. Scenariusz współpracy usług

Współpraca usług pojawia się, gdy użytkownicy końcowi połączenia stosują usługi charakterystyczne dla sieci, do której są dołą-

czeniu. W sieci FR jest realizowana FRBS. W sieci B-ISDN powinna być realizowana usługa klasy C, w trybie „niepewnego” przekazywania wiadomości (tzn. bez potwierdzania i odtwarzania niepoprawnych bloków danych), ponieważ ta klasa usług zapewnia podobne funkcje do realizowanych w sieci FR. Scenariusz współpracy usług przedstawiono na rys. 13.



Rys. 13. Współpraca usług FR i ATM
(oznaczenia jak na rys. 7)

W interfejsie między sieciami pracuje IWF. Wyposażenie abonenckie na jednym końcu połączenia nie zna typu wyposażenia na drugim końcu. Konwersja protokołów sieciowych w obu kierunkach jest wykonywana w module IWF, podobnie jak w przypadku współpracy sieci. Generalnie wszystkie funkcje związane ze współpracą usług są skoncentrowane w IWF. W IWF i w wyposażeniu abonenta ATM powinny być implementowane funkcje zerowej podwarstwy FR-SSCS oraz funkcje podwarstwy CPCS i SAR typu AAL5.

6.2. Szczegółowe zasady współpracy usług

6.2.1. Formatowanie jednostek protokołu

Ramka Q.922 odebrana z sieci FR po usunięciu flag, pola kontrolnego CRC i bitów zerowych włączanych w celu wyeliminowania z zawartości ramki ciągu sześciu jedynek, jest odwzorowywana w jednostkę CPCS-PDU. Wartości poszczególnych pól nagłówka komórki Q.922, tzn. DLCI, DE, FECN, BECN i C/R, są odwzorowywane odpowiednio w pola nagłówka komórki ATM. Zasady odwzorowania podano poniżej. Ramki przekazywane do sieci FR są formowane na podstawie informacji dostępnych w AAL5. Flagi, pole kontrolne i bity zerowe włącza się zgodnie z zasadami obowiązującymi w sieci FR.

6.2.2. Wykrywanie błędów

Wykrywanie błędów w CPCS-SDU umożliwia pole CRC-32 zawarte w CPCS-PDU.

6.2.3. Informacja o priorytecie strat

Stosuje się dwie metody informowania o priorytecie strat. Wybór metody powinien być wykonywany w odniesieniu do każdego połączenia wirtualnego.

W kierunku z sieci FR do sieci ATM wartość bitu DE podana w ramce FR może być kopiowana w polu CLP w każdej komórce ATM lub, niezależnie od wartości bitu DE, w polu CLP w każdej komórce ATM może być ustawiana stała wartość „0” albo „1”, wybrana na czas subskrypcji (druga metoda może być stosowana jako opcja).

W kierunku z sieci ATM do sieci FR moduł IWF ustawia w ramce FR wartość bitu DE wskazującą, że ramka ma wyższy priorytet, jeżeli przynajmniej jedna komórka z odebranych z sieci ATM i należąca do ramki ma ustawiony bit CLP. Opcjonalnie może być stosowana inna metoda, zgodnie z którą IWF ignoruje wartość pola CLP w komórce i ustawia przyjętą na czas subskrypcji wartość „0” lub „1”.

6.2.4. Informacja o natłoku w kierunku w przód

W kierunku z sieci FR do sieci ATM pole FECN w ramce FR jest odwzorowane w pole EFCI w każdej komórce ATM lub odwzorowanie nie jest stosowane, tzn. pole EFCI zawsze ma wartość wskazującą brak natłoku. Natomiast, jeżeli natłok występuje w IWF lub w sieci ATM, w polu EFCI jest ustawiana wartość wskazująca natłok.

W kierunku od sieci ATM do sieci FR moduł IWF ustawia taką wartość bitu FECN w ramce FR, jaką stwierdzi w polu EFCI w ostatniej odebranej komórce należącej do podzielonej ramki.

6.2.5. Informacja o natłoku w kierunku wstecz

Komórka ATM nie ma odpowiednika pola BECN zawartego w nagłówku ramki FR, więc nie stosuje się odwzorowania tego pola w kierunku od sieci ATM do sieci FR. IWF ustawia wartość pola BECN równą „0”.

W kierunku przeciwnym, z sieci FR do ATM, pole BECN w ramce FR jest ignorowane przez IWF.

6.2.6. Zasady odwzorowania ramek FR rozkazu/odpowiedzi w jednostkę CPCS-UU

W kierunku z sieci ATM do FR moduł IWF odwzorowuje najmniej znaczący bit (LSB) pola CPCS-UU (rys. 4) w pole C/R ramki FR.

W kierunku przeciwnym, z sieci FR do ATM, moduł IWF wykonuje odwzorowanie pola C/R ramki FR w najmniej znaczący bit (LSB) pola CPCS-UU.

6.2.7. Odwzorowanie DLCI i VCI/VPI

Stosuje się tylko odwzorowanie jednego połączenia FR w jedno połączenie ATM.

6.2.8. Zarządzanie połączeniami trwałymi

W sieciach FR i ATM są stosowane różne metody zarządzania połączeniami trwałymi. W sieci FR jest wykonywane okresowe, dwukierunkowe przepytywanie (zdefiniowane w zaleceniu ITU-T Q.933 w załączniku A.4). W sieci ATM, w interfejsie NNI procedury są oparte na wykorzystaniu strumienia komórek OAM: F4 i F5, natomiast w lokalnym interfejsie są stosowane wartości zmiennych MIB w celu przekazywania alarmów, weryfikacji ciągłości połączenia i badania wartości VPI/VCI.

Zdefiniowane są trzy procedury zarządzania połączeniami FR PVC: weryfikacja ciągłości łącza, informowanie o stanie trwałych połączeń i tworzeniu nowych. Procedura weryfikacji ciągłości łącza umożliwia sprawdzenie łącza oraz wymianę między siecią FR i IWF informacji o wyniku badania. Gdy IWF wykrywa stan niesprawności, przekazuje w komórkach F5 do sieci ATM informację o wszystkich PVC obsługiwanych przez to łącze. Informacja o utworzeniu nowych FR PVC nie jest przekazywana przez IWF do sieci ATM. Natomiast informacje o stanie (aktywności lub uszkodzeniach) FR PVC są przekazywane do sieci ATM w komórkach F5.

W sieci ATM stosuje się również trzy procedury zarządzania trwałymi połączeniami ATM. Do IWF są przekazywane informacje o niesprawności w punkcie odległym (RDI) oraz o stanie istniejących

i o nowych połączeniach trwałych utworzonych w ATM. Te informacje są przekazywane do sieci FR przez IWF w raporcie o statusie, w odpowiednim połączeniu PVC.

Zasady zarządzania połączeniami trwałymi FR i ATM są oparte na zmodyfikowanych procedurach, opisanych w załączniku A do zalecenia ITU-T Q.933. Zakres modyfikacji podano w normie europejskiej [7].

6.2.9. Zasady obsługi jednostek protokołu warstwy wyższej

Jednostki protokołu warstwy wyższej mogą być obsługiwane w IWF na dwa sposoby. Mogą być przezroczyście transportowane lub z odwzorowaniem. Wybór metody powinien być wykonany w czasie ustanawiania połączenia.

Przezroczyste przekazywanie polega na kapsułowaniu zawartości ramki FR (bez nagłówek) w jednostkach stosowanych w warstwie AAL5 (AAL5 PDU), bez modyfikacji i włączania dodatkowych informacji.

Odwzorowanie wiąże się z wykonaniem w IWF badania i odwzorowania nagłówków, umieszczonych w zawartości jednostek CPCS-PDU oraz ramek Q.922, w celu określenia ich typu i włączenia dodatkowych informacji. Praktycznie jest to translacja nagłówków.

Stosowanie odwzorowania umożliwia koegzystencję wielu protokołów w jednym połączeniu, podczas gdy transparentna obsługa protokołu użytkownika wymaga stosowania oddzielnych połączeń.

Wybór metody zależy od topologii sieci. Gdy współpracują dwa routery stosujące tę samą metodę kapsułowania, najprawdopodobniej router po stronie przeznaczenia obsłuży w sposób właściwy protokół użytkownika warstwy wyższej, więc nie jest konieczne odwzorowanie. Odwzorowanie może być konieczne, gdy np. router po stronie źródła musi komunikować się z koncentratorom ruchu (np. typu hub) po stronie ATM.

6.2.10. Wymagania związane z adresowaniem

Gdy pojedyncze trwałe połączenia wirtualne w sieci FR i ATM są wykorzystywane do transportu różnych protokołów warstw wyższych, wówczas w IWF muszą być implementowane dodatkowe funkcje, związane z rozpoznawaniem szeregu protokołów warstw wyższych. Powinny być zatem dostępne tablice odwzorowania adresów, zawierające numer portu ATM i numer VPI/VCI, związany z tym portem, oraz numer portu FR i odpowiedni numer DLCI. W przypadku gdy są realizowane połączenia komutowane w sieci ATM (w przyszłości również FR SVC), tablice powinny zawierać dodatkowo adres E.164 użytkownika terminalu dołączonego do sieci FR i adres/podadres E.164 użytkownika terminalu dołączonego do sieci ATM i/lub punkt dostępu do usługi sieciowej (NSAP).

7. WNIOSKI

Technika FR jest bardzo dobrze dostosowana do implementacji ATM. W warunkach współpracy sieci w IWF powinny być wdrożone funkcje warstwy AAL5, które dostarczają większość usług stosowanych w FR. Wyjątek stanowi brak możliwości w sieci ATM przekazywania wstecz informacji o natłoku, ponieważ nagłówki stosowane w AAL5 nie zawierają odpowiednika pola BECN stosowanego w ramce FR.

Biorąc pod uwagę niski koszt wdrażania techniki FR do sieci oraz możliwości stosowania interfejsów o większej przepustowości niż 2 Mbit/s, należy spodziewać się, że FR będzie wykorzystywana w połączeniach dla wieloprotokolarnych zastosowań, chociażby w sieciach dostępu abonenta. Najprawdopodobniej w sieci telekomunikacyjnej w przyszłości będą występowały trzy opcje, odzwierciedlające możliwe fazy rozwoju współpracy sieci FR i ATM. W pierwszej opcji, ATM jest siecią szkieletową, łączącą tanim kosztem węzły FR

o przepustowości 2 Mbit/s, czyli ATM jest niewidocznym dla użytkownika końcowego, prostym pomostem między sieciami lub węzłami FR. W drugiej, sieci ATM i FR będą współpracowały jako para sieci: ATM jako sieć szkieletowa łącząca węzły lub sieci FR, a sieci różnych użytkowników będą miały dostęp zarówno do sieci FR, jak i ATM. W trzeciej, FR będzie stosowana jako sieć dostępowa i wówczas funkcje FR będą lokalizowane w wyposażeniu komutującym ATM, a funkcje węzłów FR będą ograniczone do koncentrowania ruchu.

Obecnie jest oferowana usługa FR, oparta na trwałych połączeniach wirtualnych (PVC). Oznacza to, że połączenie między dwoma użytkownikami końcowymi jest zestawione na czas trwania subskrypcji. Warunki realizacji połączeń użytkowników usługi FR z udziałem sieci ATM i FR, opartych na PVC, są dobrze zdefiniowane. Obie sieci stosują podobne procedury i techniki, więc ich współpraca może być efektywna. Jednak osiągnięcie sukcesu zależy od możliwości realizowania połączeń komutowanych przez obie sieci. Aby abonent mógł żądać zestawienia połączenia z dowolnym abonentem identyfikowanym przez jego numer sieciowy (np. E.164), w obu sieciach powinny być zaimplementowane procedury sygnalizacyjne. System sygnalizacji abonenckiej i międzywęzłowej dla sieci ATM jest już zdefiniowany przez ETSI. Natomiast system sygnalizacji dla sieci FR wprawdzie jest wyspecyfikowany, ale nie jest jeszcze wprowadzony do norm. Obecnie stosuje się komutowany dostęp do sieci FR, pracującej z wykorzystaniem trwałych połączeń wirtualnych, ponieważ styk międzysieciowy FR pracujący w trybie SVC nie jest znormalizowany.

Oprócz zasad współpracy systemów sygnalizacji stosowanych w obu sieciach powinny być rozstrzygnięte także inne problemy związane z inżynierią ruchu, zarządzaniem ruchem i siecią oraz odwzorowaniem adresu.

Wobec nowych możliwości sieci ATM, sieć FR może być widziana jako sieć przestarzała i dlatego wszystkie z wymienionych problemów powinny być rozwiązane i przeanalizowane przed wprowadzeniem na szeroką skalę implementacji opartych na tej współpracy.

W zakresie inżynierii ruchu powinny być określone zasady odwzorowania parametrów CIR, Bc i Be, charakteryzujących ruch w sieci FR oraz parametrów PCR, SCR i MBS, charakteryzujących usługę VBR w odniesieniu do kanału wirtualnego w sieci ATM. W obecnie stosowanych implementacjach w module IWF strumienie połączeń FR są grupowane w ścieżkach wirtualnych (VP), a nie w kanałach wirtualnych.

Konieczne jest wprowadzenie mechanizmów jawnego informowania o natłoku w dwóch współpracujących sieciach i określenie zasad współpracy obu mechanizmów. Natłok w IWF powoduje straty komórek i ramek. Stosowane w obu sieciach metody nie są powiązane. W sieci FR wykorzystuje się dość złożone metody zarządzania natłokiem w czasie realnym. W łańcuchu połączeniowym: sieć FR - IWF - sieć ATM moduł IWF stanowi stację przeznaczenia, podczas gdy dla mechanizmu stosowanego w ATM moduł IWF jest stacją źródłową. W efekcie natłok w sieci ATM będzie powodował straty w IWF. Podobnie w kierunku przeciwnym, natłok w sieci FR będzie powodował straty w IWF.

Ponadto powinien być rozwiązany problem odwzorowania adresów, aby było możliwe współdziałanie różnych dostawców wyposażenia sieciowych w różnych domenach administracyjnych. W obu sieciach są stosowane adresy E.164. Forum ATM zdefiniowało cztery typy adresów stacji końcowych: E.164 i trzy rodzaje adresów NSAP. W efekcie adres IP może być związany z każdym typem adresu, a elementy sieciowe (rutery i inne) wykonujące funkcje routingu muszą obsługiwać wszystkie typy.

Obecnie w sieciach są stosowane różne systemy zarządzania, różne interfejsy oraz zróżnicowane bazy danych obiektów, specyficz-

ne dla techniki stosowanej w każdej sieci. Takie rozwiązanie jest wystarczające, gdy w sieci jest realizowana jedna usługa, ale jest nieefektywne do zarządzania usługą w relacji od końca do końca przez wiele domen, także w przypadku współpracy ATM i FR. Efektywne zarządzanie połączeniem przez sieci FR i ATM wymaga stosowania takiego systemu zarządzania, w którym będzie możliwe odwzorowanie ruchu między DLCI i VCI. Obecnie nie są określone obiekty MIB, umożliwiające takie odwzorowanie. Również zasady odwzorowania innych funkcji, które powinny być wykonywane w IWF, a są związane z obsługą połączeń w kanałach wirtualnych (np. wybór drogi, sterowanie przyjęciem połączenia (CAC), czy funkcje monitoringu), nie są znormalizowane i poszczególni dostawcy sprzętu stosują własne rozwiązania.

WYKAZ LITERATURY

1. CCITT Draft new Recommendation I.370: Congestion Management for the ISDN Frame Relaying Bearer Service. Geneva 1991.
2. CCITT Recommendation Q.922: ISDN Data Link Layer Specification for Frame Relay Bearer Services. Geneva 1991.
3. ETS 300 399-2, Part 2: Integrated Services Digital Network (BISDN); Frame relay bearer service.
4. ETS 300 399-3, Part 3: Frame relay data transmission service; Service definition.
5. ETS 300 399-4, Part 4: Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Frame relay bearer service.
6. ETS 300 428: Asynchronous Transfer Mode (ATM) Adaptation Layer (AAL) specification - type 5.
7. ETS 300 467: Support of Frame Relay Bearer Service (FRBS) in B-ISDN and frame relay interworking between B-ISDN and other networks.

8. ETS 300 643: Overall network aspects and functions; Frame Relaying Service Specific Convergence Sublayer (FR-SSCS).
9. ITU-T Proposed revisions to Recommendation I.555: Frame Relaying Interworking.
10. Szurowska H., Wendt A.: Zasady stosowania FR i ATM w sieciach MAN i WAN. Instytut Łączności O/Gdańsk, Gdańsk 1996.

ZASTOSOWANIA ATM DO ŁĄCZENIA SIECI MAN DQDB

1. WPROWADZENIE

W początkowej fazie tworzenia sieci MAN (*Metropolitan Area Network*) sieci te świadczyły tylko usługi teleinformatyczne. Zainteresowanie nowymi usługami i potrzeba integracji różnego rodzaju usług, w tym także multimedialnych, spowodowały opracowanie protokołu dostępu DQDB (*Distributed Queue Dual Bus*). Obecnie standard IEEE 802.6 DQDB jest standardem dominującym w dziedzinie konstruowania szybkich sieci miejskich i został przyjęty przez ETSI jako podstawowy do stosowania w aglomeracjach miejskich [1]. W ten sposób powstał nowy znaczący komponent sieci B-ISDN.

Protokół DQDB oferuje duże możliwości w zakresie realizacji usług asynchronicznych i izochronicznych. Ponieważ sieć ATM może być wykorzystana jako sieć tranzytowa, łącząca dwie sieci MAN stosujące standard DQDB, więc sieci MAN DQDB są postrzegane jako sieci dostępowe do sieci ATM i są przeznaczone do świadczenia szerokiego zakresu usług na obszarach dużych aglomeracji.

W niniejszym artykule przedstawiono możliwości i zasady wykorzystania sieci ATM w połączeniach między użytkownikami MAN. Podano też zwięzłą charakterystykę sieci DQDB. Wskazano również potencjalne możliwości usługowe sieci MAN DQDB oraz te zastosowania warstwy adaptacji ATM, które mogą być wykorzystywane w połączeniach użytkowników MAN realizowanych z udziałem sieci ATM. Ponadto zaprezentowano charakterystykę interfejsu między siecią MAN i siecią tranzytową ATM oraz zakres funkcji węzła MSS (*MAN Switching System*) sieci MAN pracującego w tym interfejsie.

2. CHARAKTERYSTYKA SIECI DQDB

Sieć DQDB ma strukturę podwójnej magistrali; każda magistrala jest przeznaczona do transmisji w przeciwnym kierunku. Węzły leżące na krańcach obu magistral, a każdy z nich jest węzłem początkowym dla jednej i końcowym dla drugiej magistrali, są odpowiedzialne za wyznaczanie szczelin, do których mogą być wpisywane informacje użytkownika, a także za wpisywane informacji potrzebnych do zarządzania siecią. Transmisja odbywa się w ramach o strukturze wyznaczonej przez generator ramek, a integralnymi elementami transportu są szczeliny, na które jest podzielona ramka ulokowana w węźle początkowym. Przekazywanie informacji między użytkownikami sieci polega na umieszczeniu tych informacji w szczelinach przesuujących się po obu magistralach. Format szczeliny pozostaje w dużej zgodności ze strukturą ramki ATM, powodując łatwe przenoszenie informacji między siecią MAN i ATM.

Cechy standardu IEEE 802.6 DQDB umożliwiają integrację usług asynchronicznych i izochronicznych. Pozwalają na realizację różnych aplikacji związanych z przesyłaniem fonii i wizji, transferowaniem danych komputerowych lub zdalnym nadzorem procesów realizowanych w czasie rzeczywistym. Standard DQDB zapewnia dostęp do magistrali w dwóch trybach i tworzenie dwóch rodzajów szczelin: PA (*Pre-Arbitrated*) stosowanych do przesyłania danych izochronicznych oraz QA (*Queued Arbitrated*) do transmisji w trybie pakietowym. Szczeliny QA są przeznaczone do realizacji usług, dla których wielkość opóźnienia transmisji i jego stałość nie mają większego znaczenia. Natomiast szczeliny PA są przeznaczone do realizacji usług, które wymagają pasma o określonej i stałej w czasie przepustowości oraz zapewnienia wysokiej rytmiczności dostępu do kanału transmisji (co wiąże się z koniecznością przekazywania kolejnych próbek sygnału w odstępach równych wielokrotności okresu próbkowania, przy czym dopuszczalna wartość opóźnienia nie powinna być przekroczo-

na) i stałego w czasie opóźnienia transmisji. Rodzaj szczeliny określa generator ramek przed wprowadzeniem ramki na magistralę. Każda szczelina składa się z 1-oktetowego nagłówka ACF (*Access Control Field*) sterującego dostępem do szczeliny przemieszczającej się po magistrali oraz z segmentu zawierającego 52 oktety (rys. 1).

Nagłówek szczeliny (ACF) (1 oktet)	Segment (52 oktety)
---------------------------------------	---------------------

Rys. 1. Struktura szczeliny w sieci DQDB

Nagłówek szczeliny (ACF) jest podzielony na osiem jednobitowych pól, które sterują dostępem do szczeliny:

- pierwszy bit (BUSY) wskazuje, czy szczelina jest wolna, czy zajęta;
- drugi bit (SL-TYPE) określa typ szczeliny (w przypadku szczeliny PA bit ma wartość 1, a w przypadku szczeliny QA - wartość 0);
- trzeci bit (PSR - *Previous Slot Received*), informuje, że segment z poprzedniej szczeliny znalazł odbiorcę (PSR = 1) lub nie (PSR = 0);
- dwa kolejne bity są zarezerwowane do przyszłych zastosowań;
- trzy następne bity (REQ 2, REQ 1 i REQ 0) określają trzy poziomy priorytetów, którymi mogą być cechowane segmenty.

Ta struktura szczeliny stwarza możliwość łatwej konwersji ramek w połączeniach sieci MAN z siecią B-ISDN i jest zaakceptowana również przez ETSI.

Każdy segment umieszczany w szczelinie typu PA lub QA składa się z 4-oktetowego nagłówka oraz 48-oktetowego pola, w którym są umieszczane informacje użytkowe. Strukturę nagłówka przedstawiono na rys. 2.

Identyfikator kanału (VCI) (20 bitów)	Typ zawartości (2 bity)	Priorytet segmentu (2 bity)	Pole kontrolne nagłówka (8 bitów)
--	----------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

Rys. 2. Struktura nagłówka segmentu

Pole VCI (*Virtual Channel Identifier*) służy do identyfikacji kanału wirtualnego. Zasady przydzielania wartości tych identyfikatorów są ściśle określone, np. wartość zerowa tego pola nie jest używana do identyfikacji aktywnego kanału, natomiast pole wypełnione tylko jedynekami jest stosowane w przypadku usługi bezpołączeniowej. W szczelinach PA wartości pola kontrolnego nagłówka i numer kanału VCI są wpisywane do nagłówka segmentu przez generator ramek. W szczelinach QA wartość pola kontrolnego nagłówka wpisuje stacja, umieszczająca swoje informacje w danej szczelinie.

Model warstwowy stacji DQDB reprezentują dwie warstwy: fizyczna i DQDB. Funkcje warstwy fizycznej polegają na zmianie logicznego strumienia informacji na sygnały świetlne lub elektryczne, gdy medium transmisyjnym nie jest kabel światłowodowy. W warstwie DQDB są realizowane procedury dostępu do kanału transmisyjnego (opisane w pkt. 3), wykrywania początku szczelin, odczytywania numerów kanału (VCI) i podejmuje się decyzję, czy dana informacja jest przeznaczona dla określonej stacji.

3. USŁUGI SIECI MAN DQDB

Sieć miejska MAN DQDB może składać się z wielu sieci DQDB połączonych ze sobą za pomocą ruterów, bram (*gateway*) lub wieloportowych mostów i należy oczekiwać, że użytkownicy sieci będą zainteresowani różnymi usługami. Sieci MAN, konstruowane na podstawie standardu DQDB, stwarzają możliwość realizacji usług izochronicznych, usług w trybie bezpołączeniowym oraz transmisji da-

nych w trybie połączeniowym. Zależnie od rodzaju usługi, do jej realizacji używa się szczeliny PA lub QA i stosuje się dwa tryby dostępu użytkowników do medium transmisyjnego - PA i QA.

W przypadku realizacji usług nieizochronicznych jest używany dostęp w trybie QA. Rozpowszechnionym i stosowanym przykładem usługi realizowanej z użyciem dostępu QA jest usługa CBDS (*Connectionless Broadband Data Services*), zapewniająca szybki transfer danych w trybie bezpołączeniowym [2, 6]. Każda stacja samodzielnie poszukuje szczeliny, w której będzie mogła umieścić swoje dane, a zajmowanie szczelin odbywa się zgodnie z zasadami tworzenia i obsługi kolejek stacji oczekujących na przeprowadzenie transmisji. W przypadku przeciążeń w sieci problem równych szans w dostępie do magistrali jest rozwiązywany przez implementację dodatkowych procedur we wszystkich stacjach w sieci. Obecnie stosuje się procedury BWB (*Band Width Balancing*), które wprowadzają prostą i efektywnie równoważą prawa dostępu, ale wprowadzają pewne, niewielkie ograniczenia w wykorzystaniu maksymalnej przepływności.

Transmisja w trybie asynchronicznym nie stawia wymagań związanych z synchronicznym transportem danych. Nie ma potrzeby zestawiania połączenia. Każda stacja wyszukuje wolną szczelinę typu QA (te szczeliny wytwarza generator ramek) i umieszcza w niej swoje dane. Aby zapewnić sprawiedliwy przydział szczelin w sieci stosuje się specjalny protokół, umożliwiający rejestrację stacji oczekujących na transmisję danych. Stacja przekazuje żądanie nadania danych, ustawiając bit REQ 0 = 1 w szczelinie wędrującej w kierunku przeciwnym niż ten, w którym chce nadawać i w ten sposób powiadamia stacje zlokalizowane bliżej generatora ramek, że powinny przepuścić wolną szczelinę.

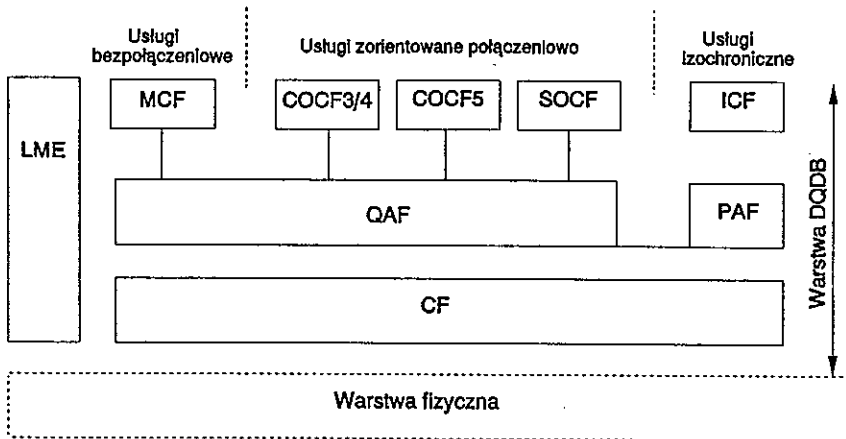
W przypadku realizacji usług izochronicznych jest stosowany dostęp w trybie PA. W tym trybie dostęp do szczeliny może uzyskać więcej niż jeden węzeł i każdy może umieścić pewną liczbę oktetów w polu informacji użytecznej, w przydzielonym mu miejscu. Przy-

działem szczelin PA zarządza węzeł leżący na początku magistrali. Te węzły ustawiają również wartości bitów nagłówek (m.in. wpisują identyfikatory kanałów wirtualnych w polu VCI) i są odpowiedzialne za dostarczenie usługi izochronicznej o żądanej przez użytkownika przepustowości, zatem muszą zagwarantować periodyczne dostarczanie szczelin PA dla każdego identyfikatora VCI.

Transmisja w trybie izochronicznym powinna być poprzedzona zestawieniem połączenia, więc stacja przekazuje żądanie utworzenia kanału do transmisji w trybie izochronicznym do węzła, w którym zlokalizowano generator ramek. To żądanie jest przekazywane w trybie pakietowym. W żądaniu jest podana wymagana szerokość pasma oraz adres stacji docelowej. Generator szuka wolnego miejsca w szczelinach obecnie zarezerwowanych do transmisji w trybie izochronicznym i jeżeli znajdzie, przekazuje do stacji wywołującej oraz żądanej informację o zestawieniu kanału i możliwości transmitowania danych. Kanał transmisyjny przydzielony stacji identyfikują dwa parametry: numer kanału wirtualnego (VCI) oraz liczba określająca oktety, które należą do danego połączenia. Szczeliny zawierające ten sam numer VCI pojawiają się na magistrali co $125 \mu\text{s}$ (szczelina występuje w każdej kolejnej ramce transmisyjnej), więc tworzą kanał o przepustowości 3 Mbit/s. Ponieważ ta przepustowość jest zbyt duża dla wielu usług, zatem w celu efektywnego wykorzystania kanału podkładowego jest definiowany dodatkowy parametr, określający pozycję oktetów należących do kanału. W ten sposób informacje przekazywane przez różne stacje mogą być transportowane w jednej szczelinie.

Stacja nadająca odszukuje numer kanału VCI i pozycję oktetów w celu umieszczenia swoich danych, a stacja docelowa odszukuje szczelinę z numerem VCI i odczytuje dane na ustalonych pozycjach oktetów. Jeżeli realizacja usługi tego wymaga, przepustowość kanału może być zwiększona przez przydzielenie kilku szczelin. Kanał może

być zwolniony na żądanie jednej ze stacji, które biorą udział w połączeniu. Bloki funkcjonalne warstwy DQDB przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Bloki funkcjonalne warstwy DQDB
(oznaczenia w tekście)

Blok LME (*Layer Management Entity*) jest odpowiedzialny za zarządzanie. Natomiast blok CF (*Common Function*) steruje procedurami wpisywania oraz odczytywania informacji ze szczelin, wykonywanymi przez bloki QAF i PAF. Dodatkowo, w węzłach początkowych, blok CF jest odpowiedzialny za oznaczanie szczelin, do których mogą być wprowadzane informacje przez węzły, a także za wprowadzanie informacji związanych z zarządzaniem siecią. W dostępie PA, blok CF oznacza szczelinę dla określonego węzła i wpisuje odpowiedni identyfikator VCI w nagłówku segmentu PA. Natomiast w dostępie QA, gdy jest realizowana usługa bezpołączeniowa, blok CF jest odpowiedzialny za to, aby w dwóch węzłach sieci nie były używane równocześnie te same wartości identyfikatora wiadomości MID (*Message Identifier*), który służy do logicznego powiązania części wiadomości podzielonej przed transmisją.

Do zadań bloku CF należy również wyznaczanie węzłów skrajnych, generowanie podstawy czasu oraz nadzór nad konfiguracją sieci i dokonywanie rekonfiguracji w przypadku uszkodzeń.

Bloki PAF i QAF realizują funkcje dostępu, ale działają odmiennie. Po przyjęciu porcji danych z bloku funkcji zbieżności w QAF jest dopisywany nagłówek (łącznie z identyfikatorem VCI) i tak utworzony segment QA umieszcza się w wolnej szczelinie. Do funkcji wykonywanych w bloku PA, który jest związany z realizacją usług transferu zorientowanego połączeniowo z gwarantowaną przepustowością, należy wcześniejsze ustanowienie połączenia. Informacje o wartości pola VCI i pozycjach oktetów, które będą mogły być wykorzystane w połączeniu, są przekazywane przez warstwę zarządzania do bloku PAF.

Blok funkcji zbieżności wykorzystuje oba tryby dostępu, PA i QA, do magistral w celu stworzenia szerokiego wachlarza usług oferowanych w sieci DQDB, więc jego zadania są ściśle związane z realizowaną usługą, przy czym dwie różne funkcje zbieżności nigdy nie używają tej samej wartości identyfikatora kanału wirtualnego (VCI), zatem segment danych odbieranych w węźle jest poddawany działaniu odpowiedniej funkcji zbieżności w zależności od wartości VCI.

W obrębie funkcji warstwy DQDB są definiowane (rys. 3) trzy grupy usług: usługi bezpołączeniowe, usługi izochroniczne oraz grupa usług zorientowanych połączeniowo. Usługi zaliczane do ostatniej grupy mają jedną wspólną cechę, mianowicie wymagają zestawienia połączenia, ale mogą różnić się charakterystykami ruchu. Funkcje zbieżności są odpowiedzialne za przystosowanie usługi świadczonej użytkownikowi do usług realizowanych w sieci DQDB w funkcji dostępu.

W przypadku usług bezpołączeniowych funkcje zbieżności są skupione w bloku MCF (*MAC Convergence Function*). Zakres funkcji jest podobny do opisanych w pkt. 4 funkcji podwarstwy CPCS (*Common Part Convergence Sublayer*) w AAL3/4. W procedurach nadawania

nia jest tworzona IM-PDU (*Initial MAC Protocol Data Unit*), do której są włączane dane użytkownika. Następnie IM-PDU dzieli się na 44-oktetowe segmenty, z których każdy jest uzupełniany informacją - określającą typ segmentu, numer sekwencyjny, identyfikator MID, długość pola danych - i zawiera pole sumy kontrolnej.

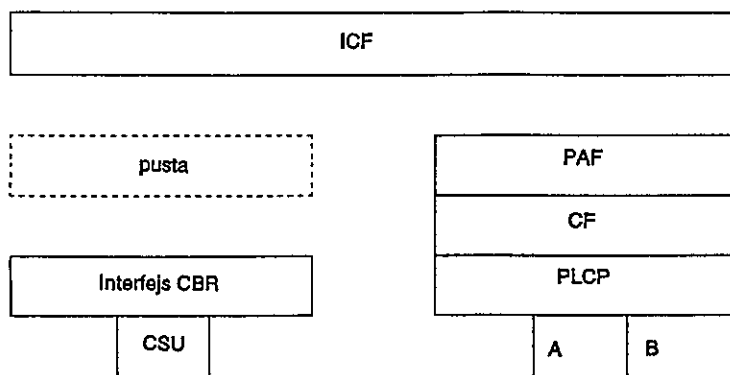
Specyfikacja funkcji zbieżności dla usług zorientowanych połączeniowo nie jest ukończona i odpowiednie standardy nie są ustanowione. Zakłada się, że wszystkie usługi zorientowane połączeniowo będą realizowane z zastosowaniem algorytmu GBW (*Guaranteed Band Width*) w celu zagwarantowania żądanych przez użytkownika: szerokości pasma i opóźnień. Ten algorytm uwzględnia również mechanizmy rezerwacji i kontroli dostępu. Przyjęto pewien podział funkcji zbieżności dla usług zorientowanych połączeniowo i wyodrębniono trzy bloki funkcjonalne: blok SOCF (*Stream-Oriented Convergence Function*), którego specyfikacja trwa, oraz dwa bloki COCF (*Connection-Oriented Convergence Function*): COCF3/4 i COCF5, realizujące funkcje podwarstwy zbieżności AAL3/4 lub AAL5 (patrz pkt 4).

Funkcje zbieżności dla usług izochronicznych realizuje blok ICF (*Isochronous Convergence Function*), którego funkcje są podobne do opisanych w pkt. 4 funkcji podwarstwy CPCS (*Common Part Convergence Sublayer*) w AAL1. Podstawowym zadaniem ICF jest buforowanie transmitowanych oktetów usługi izochronicznej w celu zachowania wymaganych parametrów ruchu.

W standardach europejskich są zdefiniowane zasady funkcjonowania dostępu QA stosowanego przy realizacji usług bezpołączeniowych oraz dostępu PA używanego w przypadku usługi izochronicznej CBR (*Constant Bit Rate*). Usługa CBR wymaga ustanowienia połączenia i stałej szybkości transmisji w czasie trwania połączenia. Wymagane pasmo określa maksymalną wartość szybkości generowania komórek (PCR - *Peak Cell Rate*). Usługa działa na podstawie mechanizmów emulacji łącza (CES - *Circuit Emulation Service*), np. łącza E1

o przepływności 2,048 Mbit/s i została zaprojektowana dla aplikacji wymagających reżimu czasu rzeczywistego oraz zachowania w połączeniu gwarantowanych wielkości: opóźnienia, wahań opóźnienia i prawdopodobieństwa zgubionych oraz błędnych komórek. Przykładem aplikacji korzystającej z tej usługi jest przesyłanie cyfrowych sygnałów mowy.

Zasady uzyskiwania dostępu w trybie QA są opisane w literaturze krajowej [5]. Natomiast zasady dostępu w trybie PA podano poniżej, przy opisie funkcji węzła realizującego interfejs właściwy dla usługi CBR. Strukturę interfejsu CBR przedstawiono na rys. 4. Oktety przekazywane w obrębie usługi CBR są transportowane w szczelinach PA generowanych w węźle początkowym. Wartość VCI określa połączenie w podsięci DQDB.



Rys. 4. Model funkcjonalny węzła DQDB obsługującego interfejs CBR (oznaczenia w tekście)

Blok funkcji wspólnych (CF) przekazuje oktety danych użytkownika do PLCP (*Physical Layer Convergence Procedure*) w takiej kolejności, w jakiej były odebrane przez ICF od użytkownika usługi

CBR (CSU - CBR *Service User*). PAF nadzoruje umieszczanie w odpowiednim miejscu, w zawartości (*payload*) segmentu PA, oktetów usługi CBR odebranych z ICF. W obrębie funkcji PAF są utrzymywane są dwie tablice: nadawania i odbioru, wiążące identyfikator punktu końcowego każdego połączenia z odpowiednią ICF, obsługującą dane połączenie (dla każdego użytkownika usługi izochronicznej jest przydzielana jedna funkcja ICF). Kanał przydzielony do danego połączenia identyfikuje wartość pola VCI i parametr, określający pozycję oktetu (lub oktetów) przydzielonego do danego połączenia. Oktety odebrane z ICF są ustawiane w zawartości szczeliny PA na określonej pozycji (pozycja jest podana w tablicy nadawania). Blok nadawania w PAF bada wartości pola VCI oraz odbiera sygnały informujące o pozycji oktetów i po stwierdzeniu zgodności z danymi w tablicy odbioru, przekazuje dane do bloku funkcji wspólnych. Blok funkcji wspólnych odbiera nagłówki AFC (w którym bit BUSY = 1 i bit SL-TYPE = 1) oraz dostarcza kopię oktetów nagłówka segmentu do PAF, gdzie na podstawie badania pola sumy kontrolnej HCS (*Header Check Sequence*) jest sprawdzana prawidłowość nagłówka. W procedurach odbioru oktety przyjęte z bloku CF, po stwierdzeniu zgodności pola VCI i parametru określającego pozycję oktetu (oktetów) z danymi w tablicy odbioru, są przekazywane do bloku funkcji zbieżności ICF. Dla każdego interfejsu CBR stosuje się jeden typ funkcji zbieżności ICF, a jeden blok ICF przydziela się dla każdego użytkownika usługi CBR dołączonego do węzła.

Blok funkcji PA powinien odbierać i nadawać oktety usługi CBR z gwarantowaną średnią przepływnością. Nieregularności w tym procesie zależą od dystrybucji szczelin PA generowanych przez węzeł początkowy. Blok ICF jest wyposażony w bufor używany w celu wyrównania nieregularności w odbieraniu z PAF oktetów danych usługi CBR i dostarczaniu do interfejsu użytkownika (CSU), zgodnie

z oczekiwaniami użytkownika usługi. ICF odbiera oktety usługi CBR przez interfejs CBR i buforuje je przed przekazaniem do PAF. Każde przepełnienie lub niedobór w buforze nadawczym są sygnalizowane przez ICF. Podobnie PAF dostarcza odebrane oktety do ICF, a ICF umieszcza je w buforze odbiorczym i przekazuje do użytkownika (CSU) informację o tym, że dane oczekują. Synchronizacja tych czynności w ICF jest sterowana zegarem $125 \mu\text{s}$ na podstawie sygnałów odbieranych z podsystemu warstwy DQDB. Ta metoda dostępu umożliwia specyfikację węzłów z interejsami CBR, w których wymagania dotyczące szerokości pasma i opóźnień są zróżnicowane. Obecnie usługa CBR jest realizowana w ograniczonym zakresie, ze względu na brak standardowych procedur sygnalizacyjnych.

4. ZASTOSOWANIE WARSTWY ADAPTACJI ATM

Usługi sieciowe realizowane w sieci ATM są podzielone na kategorie. Przypisanie usługi do danej kategorii usług odbywa się na podstawie dwóch kryteriów: deklarowanych parametrów ruchu strumienia komórek, które generuje aplikacja, oraz parametrów jakości QOS, wymaganych przy obsłudze generowanego ruchu. Jakość usług określa: maksymalne opóźnienie transmisji komórek - CTD (*Cell Transfer Delay*), zmienność opóźnienia transmisji komórek - CDV (*Cell Delay Variation*) i prawdopodobieństwo straty komórek - CLR (*Cell Loss Ratio*). Ruch strumienia komórek charakteryzuje: dopuszczalna zmienność opóźnienia transmisji komórek - CDVT (*Cell Delay Variation Tolerance*), maksymalna szybkość transmisji komórek (szczytowe natężenie ruchu) - PCR (*Peak Cell Rate*), graniczna szybkość transmisji komórek - SCR (*Sustainable Cell Rate*), maksymalna objętość paczki komórek - MBS (*Maximum Burst Size*) i minimalna szybkość transmisji komórek - MCR (*Minimum Cell Rate*).

Dotychczas zdefiniowano pięć niżej wymienionych kategorii usług sieciowych, które mogą być realizowane w sieci ATM.

- **Usługa CBR**, wymagająca ustanowienia połączenia i stałej szybkości transmisji w czasie trwania połączenia. Usługa działa na podstawie mechanizmów emulacji łącza i została zaprojektowana dla aplikacji wymagających reżimu czasu rzeczywistego oraz gwarantowanych wielkości: opóźnienia i wahań opóźnienia oraz prawdopodobieństwa wystąpienia zgubionych i błędnych komórek. Przykładem aplikacji korzystającej z tej usługi jest przesyłanie cyfrowych sygnałów mowy. Wymagane pasmo określa maksymalna wartość szybkości generowania komórek - PCR.
- **Usługa rt-VBR (*real time Variable Bit Rate*)**, przewidziana dla ruchu o zmiennym natężeniu i aplikacji, które wymagają gwarancji wszystkich z trzech podanych wyżej parametrów określających jakość QOS. W przypadku tej grupy usług są deklarowane: dopuszczalna zmienność opóźnienia transmisji komórek - CDVT, maksymalna szybkość transmisji komórek - PCR, średnia gwarantowana (graniczna) szybkość transmisji komórek - SCR oraz maksymalna objętość paczki komórek - MBS. Ta usługa jest określona przez ITU-T jako usługa statycznej szybkości bitowej w czasie rzeczywistym *rt-SBR (real time Statistic Bit Rate)*.
- **Usługa nrt-VBR (*non real time Variable Bit Rate*)**, przewidziana dla ruchu o zmiennym natężeniu dla aplikacji, które wymagają tylko określonego prawdopodobieństwa strat komórek - CLR, ale nie potrzebują gwarancji synchronizmu czasowego między źródłem i przeznaczeniem. Usługa jest określona przez ITU-T jako usługa statycznej szybkości bitowej *nrt-SBR (non real time Statistic Bit Rate)*.
- **Usługa UBR (*Unspecified Bit Rate*)**, przeznaczona dla ruchu generowanego ze zmienną szybkością transmisji komórek dla aplikacji, które nie wymagają gwarancji żadnego z trzech podanych wyżej parametrów jakości QOS i nie potrzebują gwarancji syn-

chronizmu czasowego między źródłem oraz przeznaczeniem. W zaleceniach ITU-T odpowiednik tej usługi nie został zdefiniowany.

- Usługa ABR (*Available Bit Rate*), przeznaczona dla ruchu generowanego ze zmienną szybkością transmisji komórek dla aplikacji, które nie mają wymagań w zakresie opóźnienia w transporcie komórek i nie potrzebują gwarancji synchronizmu czasowego między źródłem oraz przeznaczeniem. Ruch generowany określa maksymalna szybkość transmisji komórek - PCR i minimalna szybkość transmisji komórek - MCR.
- Usługa ABT (*ATM Block Transfer*), realizowana na podstawie dynamicznej rezerwacji zasobów sieciowych. W celu uzyskania przydziału pasma (nie większego niż przewidziane dla PCR) są wykorzystywane komórki stosowane przez warstwę zarządzania. Usługa ta jest zdefiniowana tylko w zaleceniach ITU-T.

Związki między usługami sieciowymi i parametrami ruchu i QOS przedstawiono w tabelicy 1.

Tabela 1

Kategorie usług realizowanych w sieci ATM
i negocjowane parametry

Parametry	Usługa				
	CBR	VBR w czasie rzeczywistym	VBR w czasie nierzeczywistym	ABR	UBR
Negocjowane parametry QOS	CTD, CDV, CLR	CDT, CDV, CLR	CLR	CLR	-
Parametry ruchu	PCR, CDVT	PCR, CDVT, SCR, MBS	PCR, CDVT, SCR, MBS	PCR, CDVT, MBS	PCR, CDVT

Dla większości aplikacji warstwa ATM, stosująca 53-oktetowe jednostki protokołu (komórki), nie jest właściwym interfejsem, więc zadania związane z dopasowaniem funkcji warstwy ATM do wymagań stawianych przez aplikacje wykonuje warstwa adaptacji AAL (*ATM Adaptation Layer*).

Warstwa AAL składa się z dwóch podwarstw: SAR (*Segmentation and Reassembly*) i CS (*Convergence Sublayer*). SAR dzieli i scala jednostki danych odebrane z warstw sąsiednich. CPCS realizuje funkcje zbieżności i składa się z części wspólnej CPCS (*Common Part CS*) oraz z części realizującej funkcje specyficzne SSCS (*Service Specific CS*), która jest obecna lub nie, zależnie od rodzaju realizowanej usługi. Wprowadzono podział usług na cztery klasy (A, B, C i D). W celu realizacji usług przypisanych do poszczególnych klas ITU-T zaproponowało, a ETSI przyjęło, podział warstwy AAL na różne typy. Obecnie są zdefiniowane trzy typy warstwy adaptacji: AAL1, AAL3/4 i AAL5. Dwa kolejne: AAL2 i AAL6 są opracowywane. Relacje między klasami usług, parametrami ruchu i typami warstwy AAL podano w tablicy 2.

Do klasy A należą usługi zorientowane połączeniowo i wymagające stałej przepływności bitowej, które powinny być realizowane z zachowaniem odpowiednich relacji czasowych w czasie transportu danych między źródłem i przeznaczeniem.

Usługi należące do klasy B również są zorientowane połączeniowo i powinny być realizowane z zachowaniem ścisłych relacji czasowych między źródłem oraz przeznaczeniem, ale charakteryzują się zmienną przepływnością bitową. Typowym przykładem są usługi wideo i audio.

Do klasy C należą usługi, stosujące zmienną przepływność oraz nie wymagające synchronizacji między źródłem i przeznaczeniem. Są to usługi zorientowane połączeniowo, takie jak: transfer danych zorientowany połączeniowo w planie użytkownika i sygnalizacja w planie sterowania.

Tablica 2

Relacje między klasami usług, parametrami i typami warstwy AAL

Klasa usług				
Parametr	klasa A	klasa B	klasa C	klasa D
Relacja czasowa; synchronizacja między źródłem i przeznaczeniem	Wymagana		Nie wymagana	
Przepływność bitowa	Stała	Zmienna		
Tryb połączenia	Zorientowany połączeniowo			Bezpołączeniowy
Zastosowania	Głos, obraz (CBR) ruch w czasie rzeczywistym	Głos, obraz (VBR)	Komunikacja zorientowana połączeniowo	Komunikacja bezpołączeniowa
Typ AAL	AAL 1	AAL2	AAL3 AAL5	AAL4 AAL5

Charakterystyki usług klasy D i C są podobne. Różni je tryb połączenia; usługi klasy D są związane z ruchem bezpołączeniowym, np. bezpołączeniowy transfer danych typowy dla ruchu w połączeniach sieci LAN.

Funkcje poszczególnych typów warstwy AAL są tak projektowane, aby użytkownicy sieci, którzy stosują różne standardy protokołów mogli korzystać z usług sieci. Przykładowe związki między protokołami stosowanymi przez użytkowników i funkcjami warstwy AAL pokazano w tablicy 3.

Tablica 3

Relacje między protokołami stosowanymi przez użytkowników
i funkcjami warstwy AAL

Stosowany protokół	Wymagane funkcje warstwy AAL	Uwagi
IEEE 802.2, IEEE 802.3, IEEE 802.4, IEEE 802.5	CPCS AAL3/4 lub CPCS AAL5	Wspomaganie funkcji MAC
CBDS	CPCS AAL3/4	Umożliwia funkcje rutingu
FR (w zakresie funkcji rdzeniowych zdefiniowanych w zaleceniu ITU-T Q.922)	CPCS AAL3/4 i FR-SSCS	Wykrywanie błędów wymaga stosowania funkcji warstwy DL-CONTROL
Warstwa 2 X.25	CPCS AAL3/4 lub CPCS AAL5 i SSCOP, i SSCF	Wspomaganie funkcji retransmisji i sterowania strumieniem
Sygnalizacja B-ISDN	CPCS AAL5 i SSCOP, i SSCF	
Warstwa 3 X.25	CPCS AAL3/4 lub CPCS AAL5	Połączenia AAL odpowiadają połączeniom sieciowym typu C dla protokołu 4 klasy w warstwie transportu
	CPCS AAL3/4 lub CPCS AAL5 i SSCOP, i SSCF	Połączenia AAL odpowiadają połączeniom sieciowym typu A
Warstwa 4 TP4, TCP	CPCS AAL3/4 lub CPCS AAL5 i SSCOP, i SSCF	Wspomaganie funkcji 4 klasy w zakresie wykrywania i naprawy błędów

Realizacja usługi bezpołączeniowej wiąże się z zastosowaniem warstwy adaptacji AAL3/4 i nie wymaga stosowania podwarstwy funkcji specyficznych SSCS. W tym przypadku funkcje warstwy AAL3/4 ograniczają się do dzielenia i scalania długich wiadomości oraz włączania identyfikatorów wiadomości MID (*Multiplexing Identification*), stosowanych w procedurach multipleksowania różnych wiadomości w tym samym kanale wirtualnym. Użytkownik warstwy AAL3/4 ma możliwość wyboru punktu dostępu (AAL-SAP) zależnie od wymaganej jakości usług. Wiele połączeń AAL3/4 może być multipleksowanych w jednym połączeniu ATM. Podwarstwa SAR w AAL3/4 wykrywa i obsługuje błędy bitowe występujące w SAR-PDU (może również w obrębie funkcji opcjonalnych przekazywać do podwarstwy CPCS uszkodzone jednostki SAR-PDU), multipleksuje wiele połączeń SAR w jednym połączeniu ATM. Funkcje tej podwarstwy umożliwiają też odrzucenie tylko części trasmitowanej SAR-PDU. Funkcje podwarstwy CPCS w AAL3/4 są ściśle związane z trybem przekazywania danych przez użytkownika usługi CPCS. Użytkownik może przekazywać dane w trybie wiadomości lub w trybie potokowym. W drugim przypadku funkcje warstwy wykrywają i obsługują błędy w jednostkach CPCS-PDU, a opcjonalnie mogą przekazywać informację o uszkodzeniu do swojego użytkownika - podwarstwy SSCS. Ta funkcja jest wykorzystywana do uzgodnienia wielkości bufora.

Realizacja usług izochronicznych (transmisja synchroniczna głosu i wideo H.261), np. usługi CBR lub usługi CBO (*Continuous Bit-stream Oriented*) zorientowanej na transmisję ciągłego strumienia bitów, wymaga zastosowania funkcji warstwy AAL1. Usługi AAL1 dostarczane warstwie wyższej polegają na odbieraniu i przekazywaniu jednostek SDU ze stałą przepływnością bitową, wykrywaniu błędów w przekazywanych jednostkach oraz dokonywaniu transferu, między źródłem i przeznaczeniem, informacji służących do synchronizacji. W obrębie funkcji SAR opcjonalnie mogą być przekazywane do od-

ległej jednostki CS informacje: o funkcjach sąsiedniej warstwy CS lub o stanie licznika sekwencji albo o stratach bądź o uszkodzeniach w zawartości SAR-PDU. Podwarstwa CS bada zmiany opóźnienia komórek w celu dostarczenia ich do warstwy AAL ze stałą szybkością, prowadzi statystykę komórek utraconych lub uszkodzonych i inicjuje mechanizmy przekazywania informacji taktujących. CS może stosować dodatkowe mechanizmy zabezpieczające przed błędami bitowymi i utratą komórek (np. w przypadku sygnałów wideo) oraz przekazywać informacje o natłoku do obu sąsiednich warstw. W przypadku usług VBR, wymagających synchronizacji nadajnika z odbiornikiem, może być stosowana warstwa AAL2. Specyfikacja tej funkcji trwa, ale jest ukierunkowana na wspomaganie usług VBR. W przypadku usługi CBO warstwa AAL1 wykonuje pakietyzację w celu uformowania ruchu CBO w komórki (i odwrotnie).

Usługi zorientowane połączeniowo (rys. 3) stanowią dużą grupę, w której można wyróżnić wiele kategorii usług należących do różnych klas, zależnie od realizowanej aplikacji. Generalnie ta grupa usług będzie wymagała stosowania warstw aplikacyjnych AAL3/4 lub AAL5 z użyciem odpowiednich funkcji specyficznych, koordynujących współpracę z protokołami warstw wyższych. Obecnie stosowane standardy już realizują dwie wersje funkcji specyficznych: SSCOP (*Service Specific Connection Oriented Protocol*), które realizują mechanizmy ustanawiania oraz zwalniania połączeń, a także zapewniają wysoką niezawodność transferu informacji i FR-SSCS (*Frame Relay Service Specific Convergence Sublayer*), które są przeznaczone do stosowania w operacjach nie wymagających wysokiej niezawodności transferu informacji. W tabl. 2 podano relacje między stosowanymi protokołami i funkcjami warstw AAL.

Warstwa AAL3/4 może być stosowana do realizacji usług, wymagających zestawienia połączenia bez synchronizacji między nadajnikiem i odbiornikiem. Dostarcza możliwości transferowania jednostek AAL-SDU z jednego punktu dostępu (AAL-SAP) do jednego lub

więcej punktów dostępu (AAL-SAP) przez sieć. Użytkownik warstwy AAL3/4 ma możliwość wyboru punktu dostępu (AAL-SAP) zależnie od wymaganej jakości usług. Wiele połączeń AAL3/4 może być multipleksowanych w jednym połączeniu ATM. Podwarstwa SAR w AAL3/4 wykrywa i obsługuje błędy bitowe występujące w SAR-PDU (może również w obrębie funkcji opcjonalnych przekazywać do podwarstwy CPCS uszkodzone jednostki SAR-PDU), multipleksuje wiele połączeń SAR w jednym połączeniu ATM. Funkcje tej podwarstwy umożliwiają też odrzucenie tylko części trasmitowanej SAR-PDU.

Funkcje podwarstwy CPCS w AAL3/4 są ściśle związane z trybem przekazywania danych przez użytkownika usługi CPCS. Użytkownik może przekazywać dane w trybie wiadomości lub w trybie potokowym. W drugim przypadku funkcje warstwy wykrywają i obsługują błędy w jednostkach CPCS-PDU, a opcjonalnie mogą przekazywać informację o uszkodzeniu do swojego użytkownika - podwarstwy SSCS. Ta funkcja jest wykorzystywana do uzgodnienia wielkości bufora.

Zakres funkcji AAL3/4 jest duży i nie zawsze zachodzi potrzeba implementacji wszystkich funkcji, szczególnie w przypadku usług zorientowanych połączeniowo. W wielu przypadkach może być zastosowana warstwa AAL5, użyteczna do realizacji usług klasy C oraz D i mniej kosztowna. Użytkownik warstwy AAL5 ma możliwość wyboru wersji AAL5 (punktu dostępu do usługi; AAL-SAP) zależnie od jakości usług wymaganej do transportowania jednostek AAL-SDU. Wiele połączeń AAL5 może być multipleksowanych w jednym połączeniu ATM (multipleksacja jest wykonywana w podwarstwie SSCS).

Użytkownik warstwy AAL5 ma możliwość wyboru wersji AAL5 (punktu dostępu do usługi; AAL-SAP) zależnie od jakości usług wymaganej do transportowania jednostek AAL-SDU. Wiele połączeń AAL5 może być multipleksowanych w jednym połączeniu ATM (multipleksacja jest wykonywana w podwarstwie SSCS).

Podwarstwa SAR AAL5 przekazuje do obu sąsiednich warstw informacje o natłoku. Zachowuje kolejność w przekazywaniu jednostek SAR-SDU w obrębie jednego połączenia SAR i odwzorowuje połączenia SAR w jedno połączenie ATM. Funkcje podwarstwy CPCS są związane z trybem działania jej użytkownika. Użytkownik może przekazywać dane w trybie wiadomości lub w trybie strumieniowym. W pierwszym przypadku pojedyncza jednostka CPCS-SDU jest transportowana w pojedynczej jednostce CPCS-PDU. W drugim przypadku jednostki CPCS-SDU są przenoszone przez interfejs CPCS w jednej lub wielu jednostkach CPCS-PDU, mogą więc wystąpić opóźnienia.

Podwarstwa CPCS przekazuje jednostki danych usługi (CPCS SDU) w polu danych użytkownika transparentnie, z zachowaniem kolejności, w której je odbierała, informuje sąsiednie warstwy o natłoku, odwzorowuje jedno połączenie CPCS w jedno połączenie SAR i przekazuje do obu sąsiednich warstw informacje o priorytecie. Wykrywanie i obsługa błędów w jednostkach CPCS-PDU również są realizowane, ale przekazywanie do podwarstwy SSCS informacji o tym należy do funkcji opcjonalnych. Wadą w stosowaniu warstwy adaptacyjnej AAL5 jest odrzucanie całych wiadomości po wykryciu nieprawidłowej komórki, podczas gdy warstwa AAL 3/4 dostarcza sposobu lokalizacji błędów bitowych w komórce, co jest szczególnie przydatne w komunikacji multimedialanej.

Zestawienie funkcji realizowanych w AAL3/4 i AAL5 zamieszczono w tablicy 4.

Właściwa specyfikacja warstwy AAL jest kluczem do sukcesu ATM. Standardy warstwy adaptacji mogą być zaprojektowane z pewnym nadmiarem funkcji i w ten sposób podnosić koszt zaimplementowanego rozwiązania. Przykładem jest warstwa AAL3/4, realizująca łącznie wszystkie funkcje zaprojektowane w dwóch oddzielnie wyspecyfikowanych typach AAL3 i AAL4. Aplikacje stosują dwa tryby: połączeniowy i bezpołączeniowy, a na ich użytek zostały wyspecyfiko-

Funkcje realizowane przez warstwy AAL3/4 i AAL5

Funkcje	Typ AAL		Uwagi
	AAL3/4	AAL5	
1	2	3	4
Podział i scalanie	Stosowany jest nagłówek informujący, czy porcja danych przekazana przez użytkownika była dzielona i określający, którą z części podzielonej porcji danych zawiera komórka	Stosowany jest nagłówek wyróżniający początek i koniec porcji danych przekazanej przez użytkownika	Różnice nie mają znaczenia
Wykrywanie błędów w jednostce SAR-PDU	Pole kontrolne	Nie stosowana	Nieważna w przypadku usług zorientowanych połączeniowo
Wykrywanie błędów w jednostce CPCS-PDU	Wykrywanie błędów nie jest stosowane. Podana jest długość	Stosowane jest pole kontrolne i jest określana długość	Różnice nie mają znaczenia
Multipleksowanie	Przydzielane są identyfikatory dla poszczególnych wiadomości multipleksowanych we wspólnym kanale	Nie stosowane	W usługach zorientowanych połączeniowo nie jest obowiązkowe. Ważne w przypadku usług bezpołączeniowych
Prawdopodobieństwo błędów	$> 10^{-10}$ w przypadku $BER=10^{-4}$ w warstwie ATM	$> 10^{-10}$ w przypadku $BER=10^{-4}$ w warstwie ATM	Zwykle $BER < 10^{-4}$ w warstwie ATM

cd. tablicy 4

1	2	3	4
Przydział bufora	Pole zawierające informacje dotyczące bufora	Nie stosowany	W pewnych implementacjach jest stosowany, ale wymaga dodatkowego wyposażenia
Stosowana zawartość	44 oktety w komórce	48 oktetów w komórce	
Wiadomości OAM	Specjalne pole identyfikuje informacje OAM	Zasady nie są znormalizowane	
Informacje użytkownik-użytkownik	Nie stosowane	Stopka CPCS-UU (1 oktet) zawiera wymieniane między użytkownikami	

wane funkcje warstwy AAL3 i AAL4. Podwarstwa zbieżności obsługuje, zgodnie ze swoimi funkcjami, każdą odebraną od swojego użytkownika jednostkę danych, łącznie z nagłówkiem i stopką. Podwarstwa SAR dzieli przyjęte dane na segmenty BOM (*Beginning of Message*), COM (*Continuation of Message*) i EOM (*End of Message*) przed przekazaniem do warstwy fizycznej lub tworzy segment SSM (*Single Segment unit Message*), jeżeli dane użytkownika nie wymagają podziału. Pole MID, które w trybie bezpołączeniowym wyeliminuje konieczność pamiętania całej wiadomości, np. w ruterze, w usługach połączeniowych nie jest konieczne. Podobnie pole kontrolne CRC może być zbędne, jeżeli jest zaimplementowane badanie każdej jednostki AAL-SDU. Podwarstwa AAL4 nie wymaga dodatkowego stosowania podwarstwy funkcji specyficznych SSCS, tymczasem w podwarstwie AAL3 te funkcje są niezbędne do zarządzania

połączeniem, sterowania strumieniem i eliminowania błędów. Chociaż użyteczność pola MID w usługach połączeniowych i bezpołączeniowych jest różna, oba typy: AAL3 oraz AAL4, są łączone w implementacjach i jeżeli użytkownik stosuje tylko tryb połączeniowy, część funkcji nie jest używana. Celowe jest zatem wprowadzenie uproszczeń redukujących obsługę nagłówka i tym samym czas obsługi protokołu. Takie uproszczone funkcje, po usunięciu zbędnych funkcji, w przypadku usługi połączeniowej spełnia AAL5. W tym rozwiązaniu wyeliminowano 1-oktetowy nagłówek stosowany w typie AAL3/4.

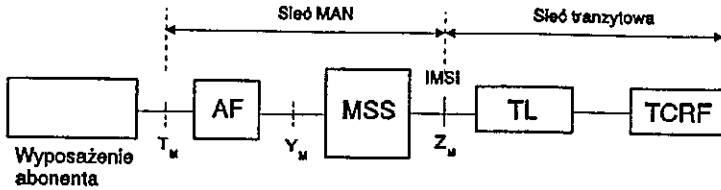
Stosowanie warstwy AAL5 umożliwia lepsze wykorzystanie dostępnego pasma. Redukuje nakłady na segmentację z 4 bajtów na komórkę do 8 bajtów /wiadomość, włączając w to 2-bajtową długość i 4-bajtowe pole CRC. Długie wiadomości wykorzystują tylko część bajtów w komórce na koszt segmentacji. W ten sposób koszt komórki obniża się z 17% do 11% w stosunku do pakietu. Proces scalania również jest uproszczony, ponieważ sprawdzanie każdej komórki maleje. W konsekwencji pasmo jest lepiej wykorzystane. Wadą jest odrzucanie całych wiadomości z powodu wykrycia nieprawidłowych komórek, podczas gdy AAL 3/4 dostarcza sposobu lokalizacji błędów bitowych w komórce, co jest szczególnie przydatne w komunikacji multimedialnej.

Korzyści z implementacji AAL 3/4 w zastosowaniach multimedialnych są ograniczone. Mechanizm obsługi błędów jest użyteczny, natomiast możliwości multipleksowania mniej. Rozpowszechnienie się AAL5 wskazuje na to, że szybka dostępność jest ważniejsza niż dodatkowe funkcje.

5. INTERFEJS SIECI MAN Z SIECIĄ TRANZYTOWĄ ATM

Sieci MAN i ATM są połączone w punkcie odniesienia Z_M przez rodzajowy interfejs IMSI (*Inter MAN Systems Interface*), który cha-

rakteryzuje rodzinę interfejsów stosowanych między dwoma systemami MSS lub między MMS i siecią tranzytową [1, 4]. Konfigurację odniesienia przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Konfiguracja odniesienia dla połączenia systemów MSS przez sieć tranzytową ATM (oznaczenia w tekście)

Sieć tranzytowa realizuje funkcje związane z transmisją, komutacją i zarządzaniem w celu połączenia dwóch MSS. Łącza tranzytowe (TL) zapewniają funkcje transmisji. Blok funkcjonalny TCRF (*Transit Connection Related Functions*) jest odpowiedzialny za połączenia i realizuje funkcje komutacji oraz utrzymania. Połączenie tranzytowe może być realizowane z wykorzystaniem łącza punkt-punkt, cyfrowych krosownic DXC (*Digital Cross-Connects*) oraz węzłów tranzytowych B-ISDN itd.

MSS realizuje funkcje związane z obsługą lokalnych połączeń (odpowiednik LCRF - *Local Connection Related Function*), z dostępem użytkownika zlokalizowanym w bloku AF (*Access Facility*), komutacją połączeń, utrzymaniem oraz obsługą interfejsu z siecią tranzytową.

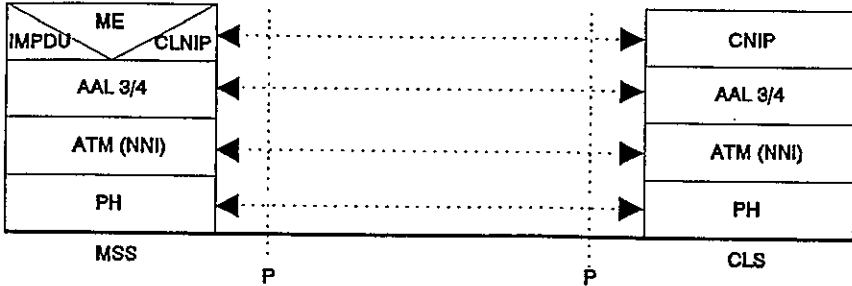
Specyfikacja interfejsu IMSI dla konkretnej usługi jest ściśle związana z charakterystyką sieci tranzytowej i realizowaną usługą.

W przypadku stosowania usługi bezpołączeniowej, obie sieci są połączone w interfejsie CLNI (*Connectionless Network Interface*),

zdefiniowanym przez ETSI [4]. Interfejs CLNI jest oparty na interfejsie NNI wyspecyfikowanym dla sieci ATM. W sieci B-ISDN usługa bezpołączeniowa CBDS (*Connection Broadband Data Service*) jest realizowana z zastosowaniem serwerów CLS (*Connectionless Server*) [2, 6]. Sieć serwerów jest nałożona na strukturę sieci ATM lub zlokalizowana poza siecią, a ATM zapewnia transport jednostek danych usługi bezpołączeniowej między serwerami. Serwery spełniają wszystkie funkcje potrzebne do obsługi ruchu bezpołączeniowego: ustalają drogę odpowiednią do wymaganej jakości usług, obsługują protokół bezpołączeniowy i adaptują jednostki danych usługi bezpołączeniowej do struktury komórek, które następnie są transportowane w otoczeniu zorientowanym połączeniowo, przez sieć ATM. Serwer może współpracować z siecią ATM w planie: użytkownika, sterowania i zarządzania ATM.

W obecnie wdrażanych implementacjach jest stosowana metoda dostępu bezpośredniego. Serwery CLS są instalowane w sieci ATM i komunikują się na podstawie sieci połączeń ścieżek wirtualnych (VPC). Współpraca w planie sterowania nie jest stosowana. W połączeniach sieci MAN przez sieć ATM również są stosowane permanentne lub semipermanentne połączenia ścieżek wirtualnych (VPC), tworzone w sieci krosownic (DXC). Sieć ATM łącząca dwie sieci MAN transportuje zatem w sposób przezroczysty jednostki danych usługi bezpołączeniowej. Na rys. 6 przedstawiono protokoły zaimplementowane w MSS i CLS i stosowane w interfejsie CLNI.

Niezależnie od rodzaju dostępu, warstwy ATM, AAL3/4 i CLNIP są zaimplementowane w serwerach CLS oraz w MMS w sieci MAN. W interfejsie CLNI mogą być stosowane dwie techniki nadawania i odbierania jednostek danych: z kapsułowaniem jednostek IMPDU w jednostki protokołu CLNIP lub bez kapsułowania. Normy europejskie zalecają stosowanie jednej techniki kapsułowania na obszarze zarządzanym przez jednego operatora (w jednej domenie). Informacje o tym, czy jednostka jest kapsułowana, zawiera nagłówek CLNIP-



Rys. 6. Protokoły stosowane w interfejsie CLNI
(oznaczenia w tekście)

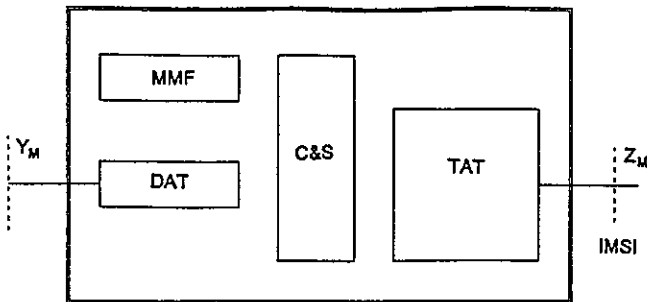
-PDU. W każdym przypadku, gdy sieci MAN i ATM są zarządzane przez różnych operatorów, powinno być zastosowane kapsułowanie [6]. Dotyczy to zarówno jednostek zawierających dane adresowane do jednego (adres indywidualny), jak i do wielu adresatów (adres grupowy). W obrębie jednej domeny jest zalecane stosowanie jednej z tych technik, ale w wyposażeniu po obu stronach interfejsu CLNI powinny być implementowane również procedury związane z obsługą kapsułowanych jednostek.

Obecnie usługi izochroniczne w połączeniach użytkowników sieci MAN DQDB są realizowane tylko na podstawie permanentnych (stałych) lub semipermanentnych (półstałych) połączeń kanałów wirtualnych albo ścieżek wirtualnych. Funkcje adaptacji wymagań użytkownika usługi izochronicznej do możliwości warstwy ATM wykonuje warstwa AAL1. Natomiast nie jest wyspecyfikowany interfejs między sieciami MAN i ATM, umożliwiający realizację usług izochronicznych w połączeniach komutowanych. W sieci ATM zarządzanie połączeniami jest pozapasmowe. Protokoły sygnalizacji między węzłami i sygnalizacji abonenckiej dla sieci ATM są już zdefiniowane przez ITU-T w zaleceniach serii Q.21XX. System sygnalizacji

abonenckiej, opracowany na użytek sieci B-ISDN, stwarza duże możliwości przekazywania przez użytkownika wymagań w kierunku sieci. Umożliwia również stosowanie adresów grupowych (*multicasting*). Najprawdopodobniej ten system w uproszczonej wersji będzie wykorzystany w sieci MAN i użytkownik sieci MAN będzie mógł formułować swoje wymagania w zakresie usług, a także przekazać je do węzła MSS, pracującego w interfejsie między siecią MAN i ATM.

6. FUNKCJE MSS

Model funkcjonalny MSS przedstawiono na rys. 7.



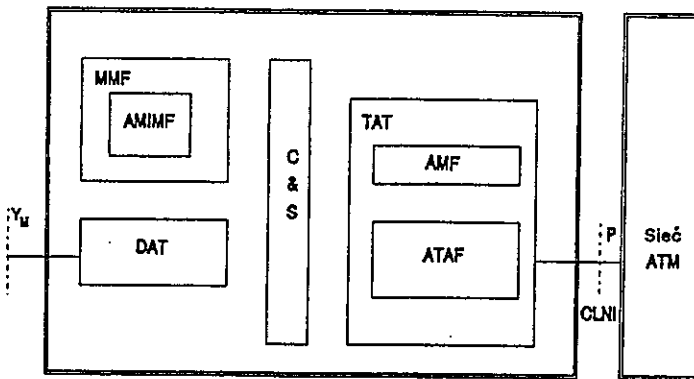
Rys. 7. Model funkcjonalny węzła MSS
(oznaczenia w tekście)

W bloku zakończeń dostępu DAT (*DQDB Access Termination*) są realizowane funkcje dostępu DQDB oraz specyficzne funkcje związane z daną usługą. Do zadań DAT należy: generowanie szczelin, takowanie, zarządzanie identyfikatorami wiadomości MID, oznaczanie szczeliny PA, zarządzanie szczelinami i konfiguracją oraz przekazywanie informacji zarządzania i sterowania. Blok zakończeń dostępu tranzytowego TAT (*Transit Access Termination*) realizuje funkcje,

związane z zakończeniem łącza tranzytowego w punkcie odniesienia Z_M i współpracą z innym systemem MSS. Funkcje zarządzania są skupione w MMF (*MSS Management Function*), a sterowanie i komutacja w C&S (*Control & Switching Function*).

Organizacja dostępu do sieci tranzytowej wiąże się z implementacją w MSS funkcji: zakończeń dostępu tranzytowego ATAF (*ATM Transit Access Function*), odwzorowujących AMF (*ATM Mapping Functions*) oraz AMIMF (*ATM-based MSS Interconnection Management Functions Mapping Functions*), związanych z zarządzaniem połączeniami między systemami komutacji MSS.

Dla usług izochronicznych jeszcze nie jest zdefiniowany ani interfejs między siecią MAN i ATM, ani model funkcjonalny węzła MSS. Model funkcjonalny MSS pracującego w interfejsie CLNI pokazano na rys. 8.



Rys. 8. Struktura węzła MSS pracującego w interfejsie CLNI
(oznaczenia w tekście)

W węźle MSS może być zlokalizowany więcej niż jeden blok zakończeń dostępu tranzytowego, każdy przydzielony do obsługi

jednego połączenia fizycznego, w którym może być realizowane więcej niż jedno połączenie ścieżki wirtualnej (VPC). Zakończenia dostępu tranzytowego TAT realizują funkcje związane z transmisją i odbieraniem informacji po medium oraz funkcje odwzorowania. W TAT są zaimplementowane funkcje warstw: fizycznej, ATM, AAL3/4 (w przypadku usług izochronicznych będzie to AAL1) i warstwy CLNIP. W procedurach stosowanych przy nadawaniu w kierunku sieci ATM jednostki protokołu bezpołączeniowego, tzn. IMPDU odebrane z sieci MAN, poddaje się badaniu w bloku odwzorowania AMF. W wyniku badania są wyodrębnione informacje sterujące i dane użytkownika, następnie przekazywane między blokami funkcji odwzorowania i dostępu tranzytowego jako zbiór parametrów. Zbiór ten jest taki sam w procedurach nadawania i odbioru. Są to: adres źródła, adres przeznaczenia, wskaźnik kapsułowania, parametry określające wymaganą jakość usługi (QOS) oraz rozszerzenie nagłówka. Te parametry - łącznie z informacją dotyczącą połączenia ścieżki wirtualnej (lub ścieżek, jeżeli adres był grupowy i była wykonywana rezolucja adresu), ustaloną przez funkcje rutingu, są przekazywane do bloku zakończeń dostępu tranzytowego, który tworzy jednostkę CLNI-PDU i transmituje ją w kierunku CLNI.

W procedurach stosowanych przy odbiorze CLNIP-PDU z sieci ATM zawartość (*payload*) oraz informacje sterujące są wyodrębniane w bloku zakończeń dostępu tranzytowego i przekazywane do bloku odwzorowania. W przypadku adresu grupowego, jeżeli MSS jest odpowiedzialne za tę grupę adresów, wykonuje się rezolucję adresu. Jednostka IM-PDU jest odtwarzana w bloku odwzorowań na podstawie odebranych parametrów i przekazywana do MSS. Sieć ATM łącząca dwie sieci MAN transportuje w sposób przezroczysty jednostki danych usługi bezpołączeniowej między punktami odniesienia P (rys. 8). Jeżeli węzeł MMS i sieć ATM są zarządzane przez tego samego operatora, mogą być stosowane wewnętrznie ustalone zasady zarządzania natłokiem oraz kierowania ruchem w interfejsie. Jeżeli

MMS i ATM są zarządzane przez różnych operatorów, wówczas zasady zarządzania natłokiem oraz kierowania ruchem powinny uwzględniać zasady stosowane w połączeniach między sieciami różnych operatorów.

W planie zarządzania są wykonywane funkcje lokalnej koordynacji, funkcje dotyczące OAM (*Operations and Maintenance*) związane z poszczególnymi warstwami działającymi w planie użytkownika oraz funkcje zarządzania permanentnymi i semipermanentnymi VPC.

7. WNIOSKI

Potencjalne możliwości sieci MAN DQDB pozwalają na realizację usług multimedialnych, a specyfikacja dostępu w trybie PA - realizację usług wymagających zaostrzonych charakterystyk opóźnień. Możliwości techniki ATM, dotyczy to szczególnie funkcji realizowanych przez różne typy warstwy adaptacji, nie wprowadzają ograniczeń w tym zakresie. Należy spodziewać się, że użytkownicy sieci MAN, korzystający z połączeń realizowanych z udziałem sieci ATM, również będą mogli mieć dostęp do wielu usług. Tymczasem stosowane implementacje oferują usługi w ograniczonym zakresie.

Zakres usług oferowanych obecnie w połączeniach sieci MAN DQDB przez sieć tranzytową ATM jest ograniczony do obsługi ruchu asynchronicznego i małej liczby statycznych kanałów CBR. Opracowane są zasady realizowania usługi bezpołączeniowej CBDS w sieci ATM oraz jest wyspecyfikowany interfejs CLNI i funkcje węzła sieci MAN pracującego w tym interfejsie. Natomiast nie jest wyspecyfikowany interfejs między sieciami MAN i ATM, umożliwiający realizację usług izochronicznych w połączeniach komutowanych.

Obecnie zarówno stosowana przepustowość 150 Mbit/s, która wprowadza ograniczenia usługowe w sieciach MAN i nie zapewnia transportowania dużej liczby strumieni informacji multimedialnych, jak i brak procedur w zakresie dostarczania danych do wielu adresa-

tów (*multicasting*) nie sprzyjają wdrażaniu usług multimedialnych na szeroką skalę, wystarczają bowiem tylko do realizacji eksperymentalnych konfiguracji multimedialnych.

WYKAZ LITERATURY

1. ETS 300 211: Metropolitan Area Network (MAN) Principle and architecture. 1992.
2. ETS 300 217: Connectionless Broadband Data Service (CBDS). 1992.
3. ETS 300 278: Support of existing services with guaranteed constant bit rate and specified transfer delay on Metropolitan Area Network (MAN). 1994.
4. ETS 300 405: Metropolitan Area Network (MAN) Interconnection of MAN Switching System (MSS). 1995.
5. Pach A. R., Lasoń A.: Nowoczesne sieci miejskie. WFPT, Kraków 1994.
6. Szurowska H., Wendt A.: Zasady stosowania FR i ATM w sieciach MAN i WAN. Instytut Łączności O/Gdańsk, Gdańsk 1996.

