

BIULETYN

INFORMACYJNY

**INSTYTUTU
ŁĄCZNOŚCI**



1994

1-3

**BIULETYN
INFORMACYJNY
INSTYTUTU
ŁĄCZNOŚCI**

ROK 34

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

NR 1-3(316-318)

WARSZAWA 1994

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 1994

ISSN 0209-1046

Redaktor: mgr Krystyna Juskiewicz

Skład komputerowy: Barbara Skwara

**Instytut Łączności, Dział Ogólnotechniczny
ul. Szachowa 1, 04-894 Warszawa**

SPIS TREŚCI

Ryszard Golański, Dariusz Kościelnik

CHARAKTERYSTYKA SIECI ISDN - PODSTAWOWE KONCEPCJE REALIZACJI SPRZĘTOWEJ I PROGRAMOWEJ

	Str.
1. Podstawowe cechy i struktura logiczna sieci ISDN	5
1.1. Usługi oferowane przez sieć ISDN	6
1.2. Siedmiowarstwowy model odniesienia	10
1.2.1. Przepływ informacji między warstwami	13
1.2.2. Zadania realizowane przez poszczególne warstwy	17
1.2.3. Model odniesienia dla sieci ISDN	24
2. Struktury wyposażenia użytkowników sieci ISDN	25
2.1. Terminale i ich rodzaje	27
2.2. Konfiguracja urządzeń abonenckich	33
2.3. Logiczny styk użytkownika z siecią	39
3. Charakterystyka styku U	41
3.1. Kod transmisyjny	44
3.2. Struktura ramki na styku U	46
3.3. Aktywacja i dezaktywacja styku U	49
4. Struktura styku S i T	54
4.1. Kod transmisyjny i ramkowanie informacji na styku S i T	57
5. Protokół transmisyjny warstwy drugiej	70
5.1. Protokół HDLC	70
5.2. Wielodostęp do kanału D	72
5.2.1. System priorytetów dostępu do kanału D	75
5.2.2. Wykrywanie konfliktów	79

6. Protokół komunikacyjny warstwy drugiej	83
6.1. Format ramki LAP D	84
6.2. Współpraca warstwy drugiej i trzeciej	96
Wykaz literatury	98

CHARAKTERYSTYKA SIECI ISDN - PODSTAWOWE KONCEPCJE REALIZACJI SPRZĘTOWEJ I PROGRAMOWEJ

1. PODSTAWOWE CECHY I STRUKTURA LOGICZNA SIECI ISDN

Zasadniczego przełomu w rozwoju sieci telekomunikacyjnej dokonało wprowadzenie cyfrowej reprezentacji transmitowanej informacji. Jego naturalnym następstwem było wprowadzenie na wyższych hierarchicznie szczeblach sieci traktów i central cyfrowych i w konsekwencji powstanie zintegrowanej sieci ISDN (*Integrated Digital Services Network*).

Cyfryzacja pętli abonenckiej stanowi zamknięcie ostatniego ogniw w pełni zintegrowanej sieci telekomunikacyjnej. Udostępnienie abonentowi kanałów cyfrowych umożliwia stworzenie tzw. sieci z integracją usług - ISDN (*Integrated Services Digital Network*). W sieci takiej informacja transmitowana w łączach telefonicznych wszystkich szczebli posiada postać cyfrową, tworząc w ten sposób naturalny system komunikacyjny dla dowolnych urządzeń cyfrowych.

Ponieważ technika ISDN opiera się na sieci IDN, w której obowiązuje standard PCM, naturalną tego konsekwencją jest przyjęcie przepustowości podstawowego kanału 64 kbit/s. Pasma to wystarcza do transmisji sygnałów fonicznych i jednocześnie zapewnia znaczne zwiększenie prędkości transmisji danych cyfrowych w stosunku do uzyskiwanej na łączach analogowych.

W systemie ISDN przyznano abonentowi dwa kanały podstawowe ($2 \cdot 64$ kbit/s). Mogą one być wykorzystywane całkowicie niezależnie. Możliwe jest więc jednoczesne przesyłanie danych komputerowych i prowadzenie rozmowy telefonicznej, przy czym oba zestawio-

ne połączenia mogą mieć inne adresy docelowe. Omawiane kanały są oznaczane symbolem B.

W celu rozdzielenia i uniezależnienia transmisji danych abonenta i informacji sygnalizacyjnej wprowadzono dodatkowy kanał D o przepustowości 16 kbit/s. Przekaz informacji tym kanałem odbywa się na zasadzie komutacji pakietów. Dostęp do niego ma również abonent. Transmisja pakietów kanałem D jest całkowicie niezależna od sposobu wykorzystywania kanałów B. W danej chwili abonent może używać dowolnej kombinacji przydzielonego mu sumarycznego pasma $2 \cdot 64 \text{ kbit/s} + 16 \text{ kbit/s} = 144 \text{ kbit/s}$.

Wymienione trzy kanały tworzą tzw. dostęp podstawowy do sieci ISDN (*Basic Access - BA*) i są często oznaczane jako 2B+D. Aby umożliwić proste przyłączanie koncentratorów i małych central abonenckich, wprowadzono dodatkowo standard tzw. dostępu pierwotnego (*Primary Rate Access - PRA*). Jest on oparty na wielokrotnościach B i poszerzonym do przepustowości 64 kbit/s kanale D (będzie on dalej oznaczany D_{64}). Sumaryczne pasmo jest zgodne z europejskim-standardem PCM 30/32 lub amerykańskim PCM 24. W Europie dopuszcza się ponadto stosowanie kanału $H0 = 6 \cdot B$ (384 kbit/s) i $H12 = 30 \cdot B$ (1920 kbit/s) oraz dostępy pierwotne: kanału $B = 30 \cdot B + D_{64}$, kanału $H0 = 5 \cdot H0 + D_{64}$ i kanału $H1 = H12 + D_{64}$ (pozostałe pasmo 64 kbit/s wykorzystuje się głównie na synchronizację ramki).

1.1. Usługi oferowane przez sieć ISDN

Usługi oferowane przez sieć ISDN można podzielić na dwie grupy [6]:

- usługi przenoszenia (*bearer services*).
- teleusługi (*teleservices*).

Usługi przenoszenia obejmują jedynie transmisję sygnałów między stykami użytkowników z siecią, przy czym nie jest istotne, jakie-

go rodzaju dane są transmitowane, gdyż sieć nie zajmuje się dalszą ich obróbką. **Teleusługi** zapewniają dodatkowo sterowanie urządzeń końcowych, które poprzednio pozostawało w gestii abonenta. Sterowanie to odbywa się poprzez wykorzystanie standaryzowanych procedur siedmiowarstwowego modelu sieci.

Jedną z podstawowych zalet sieci ISDN jest możliwość ciągłego poszerzania zestawu oferowanych usług. Poniżej wymieniono najważniejsze udostępnione aktualnie teleusługi.

- **Telefonia** w stosunku do obecnie wykorzystywanych połączeń telefonicznych ISDN zapewnia poszerzenie pasma fonicznego do 7 kHz, transmisję sygnału stereofonicznego oraz połączenia konferencyjne lub "z dobieraniem trzeciego".
- **Teleteks** stanowi rozszerzenie teleksu i służy do transmisji tekstu. Zapewnia znacznie rozszerzony zbiór znaków alfanumerycznych (duże i małe litery, znaki narodowe, itp.), a także gwarantuje przesyłanie dokumentów formatu A4 przy pełnym zachowaniu ich formy i treści. Główną zaletą tej usługi jest duża prędkość transmisji tekstu, gdyż w odróżnieniu od telefaksu są transmitowane kody znaków a nie ich obraz pikselowy.
- **Telefaks** umożliwia przekazywanie zarówno tekstu jak i grafiki, dzięki analizie pikselowej oryginału, oraz rozróżnianie kolorów.
- **Wideoteks** podobnie jak teleteks przeznaczono do transmisji tekstu wzbogaconego ewentualnie o znaki semigraficzne. Podstawową jego cechą jest prezentacja odbieranego obrazu za pomocą monitora ekranowego. Wideoteks wprowadzono głównie w celu umożliwienia abonentowi korzystania z baz danych. Użytkownik ma w tym przypadku możliwość decydowania o tym, jaką informację chce w danym momencie przywołać na ekran (w obu poprzednich usługach pozostawało to w gestii nadawcy). Może on również modyfikować zawartość baz danych i zarządzać nimi. Oczywiście konieczne jest stosowanie systemu uprawnień dostępu

do określonych informacji, w zależności np. od ich tajności lub zakresu modyfikowania. Stopniowa ewolucja wideotekstu doprowadziła do przekazywania także obrazów wysokiej rozdzielczości (ilustracje w bibliotekach encyklopedycznych), a następnie obrazów ruchomych. Docelowo (w sieci B ISDN) ma zapewnić przekazywanie filmów z bibliotek video.

- **Poczta elektroniczna** umożliwi umieszczenie przekazywanej wiadomości w wyodrębnionym obszarze sieci. Wiadomość może mieć formę pisma, mowy lub ilustracji, w zależności od rodzaju dostępnej "skrzynki elektronicznej", może zostać odebrana przez adresata w dowolnym momencie.
- **Transmisja danych** jest przeznaczona do realizacji połączeń między komputerami dwóch abonentów lub dostępu do wybranej sieci komputerowej. Może być realizowana za pomocą komutacji pakietów lub kanałów. W przypadku wyposażenia komputera w odpowiednie urządzenia peryferyjne (skaner, drukarka, itp.) może on praktycznie realizować funkcje wszystkich pozostałych rodzajów terminali ISDN.
- **Wideoфонia** w pierwszej fazie budowy sieci ISDN ma zapewnić jednoczesną transmisję fonii i "wolnych" obrazów. Pełne możliwości tej usługi będą dostępne dopiero w sieci szerokopasmowej. Jej głównym zadaniem jest umożliwienie przeprowadzania wideokonferencji między grupą osób znajdujących się w różnych częściach świata. Towarzyszący fonii obraz umożliwi analizę rysunków, schematów, fotografii.
- **Telewizja** będzie dostępna - podobnie jak poprzednia usługa - dopiero w sieci B ISDN. Dzięki zastosowaniu cyfrowego kodowania obrazu możliwe stanie się znaczne poprawienie jego jakości (eliminacja zakłóceń i znaczna redukcja szumów).
- **Teleakcja** to w zasadzie zbiór usług, dla których cechą wspólną jest przekazywanie krótkich i wymagających małych prędkości

transmisji komunikatów między terminalem abonenta i sieci (a nie parą lub grupą abonentów). Teleakcja oferuje:

- **telealarm**, czyli przekazywanie komunikatu o alarmie z czujników zainstalowanych u abonenta (np. przeciwpożarowych, przeciw włamaniom itp.) do odpowiednich centrów dyżurnych sieci.
- **telealert**, tj. przekazywanie podobnych komunikatów, ale w przeciwnym kierunku, tzn. z centrów nadzorujących, np. poziom wód, stężenia zanieczyszczeń atmosferycznych, lub centrów sejsmograficznych do mieszkańców danego rejonu;
- **telekomendę**, czyli zdalne sterowanie urządzeniami abonenta, takimi jak np.: centrale, ogrzewanie, nawadnianie trawników, oświetlenie ulic itp. przez odpowiednie systemy zarządzania;
- **telemetrię**, tj. odczytywanie stanu liczników zainstalowanych u abonenta (gazomierze, liczniki zużycia energii elektrycznej, wodomierze itp.) i przekazywanie ich centrom rozliczeniowym.

Poza wymienionymi dwoma rodzajami usług (przenoszenie i teleusługi) istnieje jeszcze **grupa usług dodatkowych** [13] (uzupełniających), zwanych również udogodnieniami. Najważniejsze z obecnie zdefiniowanych to:

- przekazywanie numeru abonenta wywołującego wywoływanemu,
- wybieranie skrócone,
- czasowe wyłączenie "nie zakłócać",
- połączenie z abonentem prowadzącym rozmowę po jej zakończeniu,
- zamawianie zestawienia połączenia na podaną godzinę,
- zamawianie automatycznego budzenia,
- połączenia konferencyjne,
- połączenie z dobraniem "trzeciego",
- wywoływanie grupowe,

- transfer wywołań na wskazany numer,
- identyfikacja wywołań "złośliwych",
- połączenie bez wybierania numeru "gorąca linia".

1.2. Siedmiowarstwowy model odniesienia

Cyfrowa sieć z integracją usług ISDN stanowi złożoną strukturę zarówno pod względem konstrukcyjnym, jak i funkcjonalnym. Konieczne więc było nadanie jej takiej formy, która zagwarantuje dalszą rozbudowę i modernizację. Oznacza to umożliwienie wymiany dowolnego podzespołu sieci na nowy, zapewniający bogatszy wachlarz usług bez konieczności ingerowania w budowę sąsiadujących z nim modułów. Niewątpliwie ogromne ułatwienia wynikają z budowy sieci prawie wyłącznie opartej na elementach cyfrowych i stosowaniu sterowania programowego.

Podobnie jak sprzęt również oprogramowanie systemowe sieci musi posiadać wyraźnie modułową (strukturalną) budowę. Aby ją zapewnić, został zdefiniowany przez ISO i CCITT model odniesienia RM (*Reference Model*). Jego podstawę stanowi opracowany przez ISO model oprogramowania sieci otwartej na dołączanie - OSI (*Open Systems Interconnection*) [16]. Celem wprowadzenia tego modelu była chęć dekompozycji złożonych zadań realizowanych przez sieć na czynności podstawowe wykonywane przez niezależne procedury. Ta hermetyzacja poszczególnych procesów pozwala na zastąpienie dowolnego modułu programowego innym realizującym tę samą funkcję bez wprowadzania zmian w pozostałej części programu. Jednocześnie każdy moduł posiada zdefiniowane jedynie dane wejściowe i wyjściowe bez narzucania sposobu, w który winien on realizować swoje zadania. Tak więc prace nad poszczególnymi fragmentami oprogramowania mogą być prowadzone jednocześnie przez wiele zespołów programistów, co wydatnie przyspiesza ich realizację.

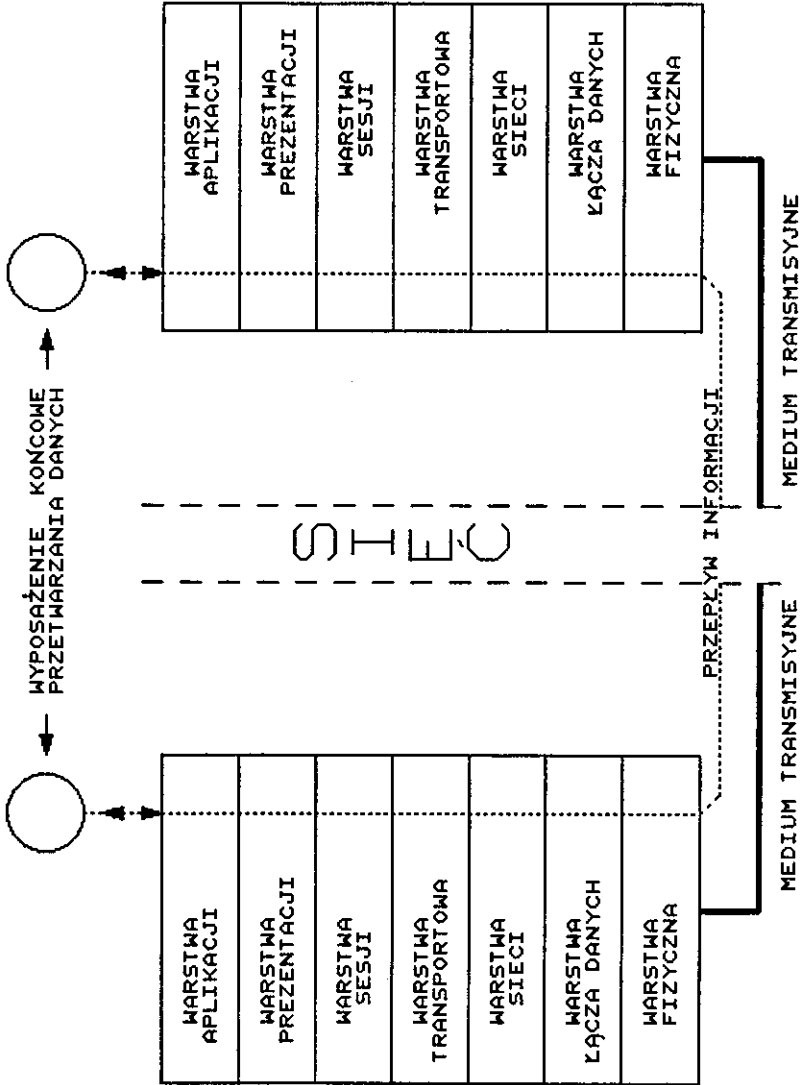
Standard OSI ISO definiuje siedem warstw, z których każda następna odpowiada wyższemu poziomowi abstrakcji w dekompozycji zadania. Warstwy zostały ponumerowane od najniższej do najwyższej i oznaczone nazwami:

- warstwa 1 : fizyczna,
- warstwa 2 : łącza danych,
- warstwa 3 : sieci,
- warstwa 4 : transportowa,
- warstwa 5 : sesji,
- warstwa 6 : prezentacji,
- warstwa 7 : aplikacji.

Zadaniem warstwy n jest zapewnienie określonego zestawu usług, z których może korzystać warstwa $n+1$. Jednocześnie ona sama ma do dyspozycji funkcje spełniane przez wszystkie niższe poziomy. W ten sposób wachlarz usług rośnie wraz ze wzrostem numeru obserwowanej warstwy.

Przeptyw informacji przez kolejne poziomy w urządzeniach końcowych (z pominięciem sieci) przedstawiono schematycznie na rys. 1.

Informacja pochodząca ze źródła danych przepływa przez kolejne warstwy aż do medium transmisyjnego. Nim przesyłana jest między kolejnymi węzłami sieci aż do miejsca przeznaczenia. Na każdym niższym poziomie do nadchodzącego z "góry" fragmentu danych są dołączane dodatkowe bajty kontrolne, umożliwiające m.in.: nadzorowanie kolejności przepływu pakietów, retransmisję tych, w których wykryto błędy itp. Oznacza to, że w czasie przepływu danych od źródła do medium transmisyjnego długość pakietu jest zwiększana na każdym poziomie o wprowadzany narzut. System ten jest nazywany często kopertowym. Przypomina bowiem pakowanie przekazywanej wiadomości do kolejnych kopert, na których umieszcza się informację kontrolną. Informacja ta jest istotna jedynie w obrębie danej warstwy i zupełnie niezależna od zawartości koperty. Z kolei dla poziomu

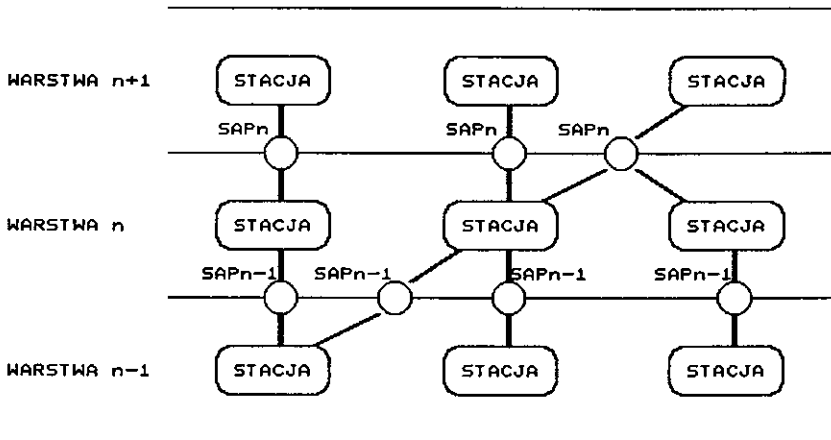


Rys. 1. Przepływ informacji przez warstwy w urządzeniach końcowych

wyższego nie jest istotny sposób, w jaki jego koperta wędruje przez sieć. Gdy dotrze do miejsca przeznaczenia (zgodnie z zapisanym na niej adresem), zostanie otworzona, a jej zawartość przekazana wyżej. Wynika z tego, że każda z warstw prowadzi dialog (za pomocą notatek na odpowiedniej kopercie) z równorzędną sobie warstwą drugiego z połączonych terminali, traktując niższe poziomy jako zupełnie przezroczyste. Zasady tego dialogu są zależne od protokołu obowiązującego jedynie w obrębie danej warstwy (rys. 1).

1.2.1. Przepływ informacji między warstwami

W przekazywaniu informacji pomiędzy sąsiednimi warstwami pośredniczą tzw. punkty udostępniania usług (SAP - *Service Access Point*). W zależności od żądanej usługi jest wybierany odpowiedni SAP, przez który porcja danych (pakiet) trafia do tzw. stacji realizującej usługę. Proces ten przedstawiono na rys. 2.



Rys.2. Stacje i punkty udostępniania usługi

Dane wpływające do warstwy n z "góry" są oznaczane skrótem SDU_n (*Service Data Unit*). Protokół transmisyjny poziomu n wymaga

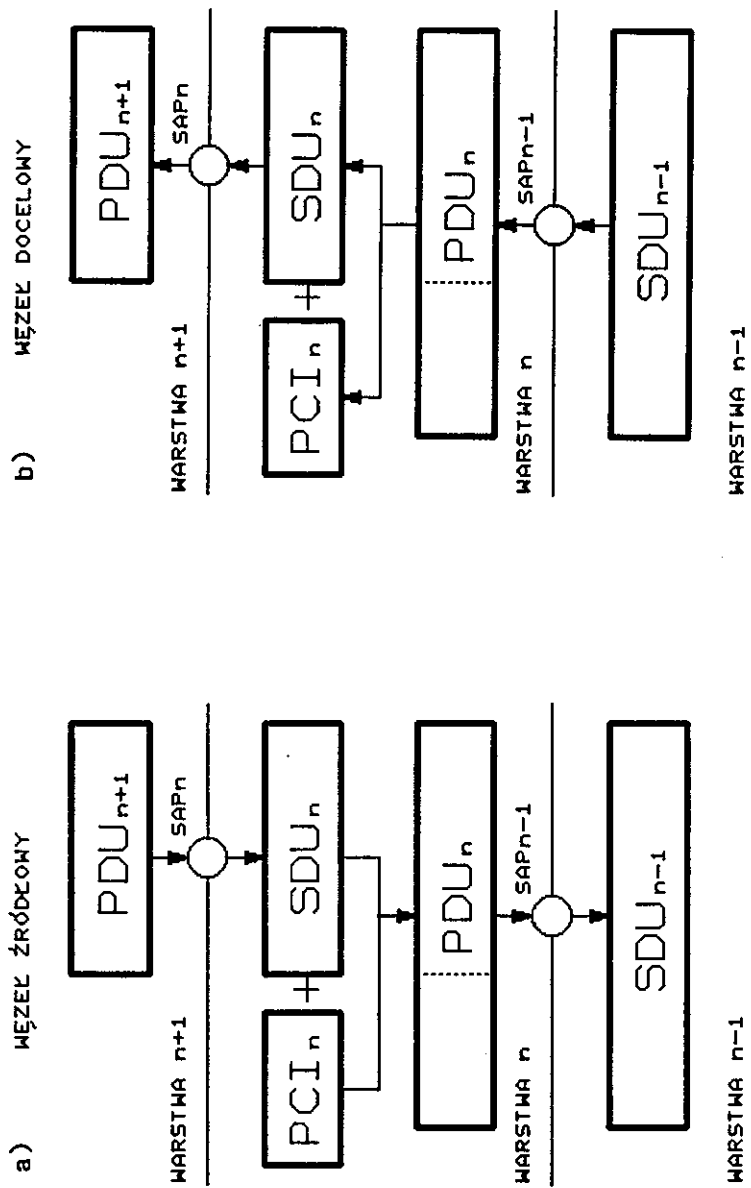
uzupełnienia ich o tzw. nagłówki, zawierający informacje kontrolne, oznaczany jako PCI_n (*Protocol Control Information*). Powstały w ten sposób nowy (dłuższy) pakiet nazywany jest PDU_n (*Protocol Data Unit*). W tej nowej formie informacja przepływa przez następną SAP, trafiając do warstwy $n-1$, gdzie jest traktowana jako SDU_{n-1} i cały proces stworzenia PDU_{n-1} przez dopisanie PCI_{n-1} powtarza się (rys. 3a).

W węźle docelowym stosuje się mechanizm odwrotny. Pozwala on wyselekcjonować z odebranego od warstwy $n-1$ PDU_n nagłówek wykorzystany następnie w obrębie poziomu n . Reszta pakietu, stanowiąca SDU_n , jest przesłana wyżej (rys. 3b).

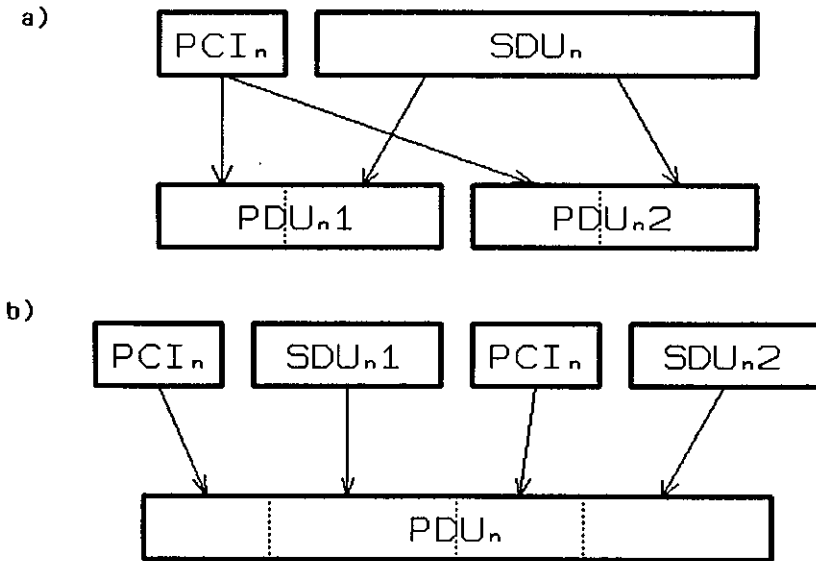
W rzeczywistości przepływ danych przez kolejne warstwy jest często znacznie bardziej skomplikowany. Najczęściej stosowanymi operacjami dodatkowymi są, segmentacja i składanie, wiązanie i oddzielanie, multipleksacja i demultipleksacja oraz rozdzielanie i rekombinacja. Cztery pierwsze operacje są związane z koniecznością dopasowania długości otrzymanego SDU_n do wymogów protokołu poziomu n . Jeżeli np. w warstwie n maksymalna długość pakietu jest krótsza od otrzymywanych z "góry" fragmentów danych, to zachodzi konieczność dzielenia nadchodzących SDU na dwie lub więcej części i transmitowania ich dalej przez sieć w takiej właśnie formie. Do każdego nowo powstałego bloku jest dodawany odpowiedni nagłówek (rys. 4a). Pozwoli on w węźle docelowym scalić wszystkie elementy w jeden SDU_n (proces składania). W ten sposób operacja ta nie jest w ogóle zauważalna dla poziomu $n+1$, co uniezależnia pracę systemu od długości bloków danych, stosowanych w poszczególnych warstwach.

Dualnymi do segmentacji i scalania są operacje wiązania i oddzielania. Stosuje się je w przypadku, gdy pakiet warstwy n jest w stanie pomieścić kilka SDU_n (rys. 4b).

W sieci pakietowej na jednym połączeniu fizycznym może istnieć wiele kanałów logicznych, co pozwala lepiej spożytkować możliwości



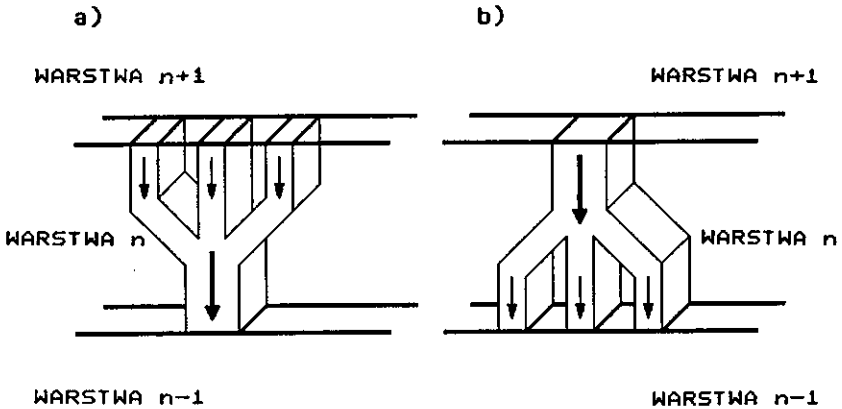
Rys. 3. Transmisja informacji przez kolejne warstwy
 a) "w dół"; b) "w górę"



Rys. 4. Operacje dodatkowe transmisji informacji
 a) segmentacja i składanie; b) wiązanie i rozdzielanie

medium transmisyjnego. Aby umożliwić maksymalne wykorzystanie przepustowości zajmowanego kanału, wprowadza się często tzw. multipleksację. Polega ona na przesyłaniu jednym kanałem pakietów należących do różnych połączeń logicznych (rys. 5a).

Jeżeli abonentowi sieci jest potrzebne w danej chwili większe pasmo niż gwarantowane przez pojedynczy kanał (np. szybka transmisja dużych plików), można zastosować funkcję rozdzielania. Umożliwia ona równomierne podzielenie strumienia informacji na kilka udostępnionych kanałów, co oznacza odpowiednie zwielokrotnienie prędkości przesyłania danych (rys. 5b). Oczywiście w przypadku obu omówionych powyżej operacji w węźle docelowym zostaje uaktywniona funkcja odpowiednio demultipleksacji lub rekombinacji, przywracająca strumieniom danych ich pierwotną formę.



Rys. 5. Operacje dodatkowe transmisji informacji

a) multipleksacja; b) rozdzielanie

Opisane powyżej procesy mogłyby zachodzić w prawie każdej z warstw. W rzeczywistości jednak - w wyniku podziału zadań spełnianych przez poszczególne poziomy modelu ISO OSI - wymienione operacje przeprowadza głównie warstwa czwarta.

1.2.2. Zadania realizowane przez poszczególne warstwy

Model ISO OSI zakłada dekompozycję procesu transmisji informacji przez sieć na zbiór czynności elementarnych realizowanych przez siedem warstw. Każdej z nich przypisano pewną liczbę świadczonych usług. Standaryzacja nie dotyczy natomiast sposobu realizacji poszczególnych funkcji.

Warstwa siódma - aplikacji ma za zadanie udostępnić użytkownikowi sieci możliwie proste i skuteczne narzędzia, pozwalające wykorzystywać jej zasoby. Poziom aplikacji umożliwia abonentowi wydawanie poleceń służących transportowaniu plików, posługiwaniu się bazami danych i bibliotekami, rezerwacje biletów, przeprowadzanie operacji bankowych itp. Jest to więc zbiór programów, które są

źródłem danych transmitowanych przez sieć i stanowią najwyższy poziom abstrakcji w dekompozycji zadania. Można je również określić mianem interfejsu użytkownik - sieć.

Warstwa szósta prezentacji zajmuje się transkodowaniem danych wchodzących do sieci z poziomu aplikacji. Konieczność stosowania takiego transkodowania stanie się oczywista, jeżeli uwzględni się fakt, że system otwarty na dołączanie (OSI) zakłada możliwość współpracy z terminalami różnego rodzaju. Terminale te mogą zatem stosować np. odmienne zbiory znaków sterujących, takich jak: znak końca linii (LF), końca pliku (EOF), powrotu karetki (KR) itp. Zdefiniowany więc został tzw. terminal wirtualny, którego polecenia są w pełni akceptowane przez sieć (a w zasadzie każdy inny terminal odbierający je za pośrednictwem własnej szóstej warstwy). Poziom prezentacji transkoduje rozkazy rzeczywistego terminala na odpowiadające mu sekwencje terminala wirtualnego. Informacja dociera w tej formie do węzła docelowego, gdzie ponownie jest przekodowana, tym razem na zbiór instrukcji terminala odbiorcy (niekoniecznie pokrywający się z kodami nadajnika). Dzięki opisanym operacjom jest możliwa współpraca urządzeń zupełnie różnych typów i to bez konieczności zmiany sposobu transkodowania znaków sterujących, w zależności od typu aktualnego "rozmówcy".

Warstwa piąta - sesji realizuje zadania, które można podzielić na dwie grupy. Pierwszą stanowią funkcje administracyjne. Najważniejsze z nich to nawiązanie połączenia, poprzedzające fazę wymiany danych, i likwidowanie go po zakończeniu transmisji. Dotyczy to połączenia logicznego a nie fizycznego, którego realizacją zajmują się warstwy niższe. Drugą grupę zadań poziomu sesji określa się mianem funkcji dialogowej. Składa się na nią synchronizacja i sterowanie wymianą informacji między dwoma połączonymi terminalami (przy czym jeden z nich może być np. sieciową bazą danych). Funkcje dialogowe są realizowane więc w czasie, gdy połączenie zostało już zestawione, konieczne jest natomiast zarządzanie kolejnością i kierun-

kiem przepływu informacji, a także jej segmentacja na bloki stanowiące elementy dialogu. Nie należy mylić segmentacji wprowadzanej przez omawianą warstwę z dzieleniem strumienia informacji na pakiety (proces ten zachodzi na niższych poziomach). Dotyczy to raczej wyodrębnienia bloków logicznych, umożliwiających jednoznaczne powiązanie w prowadzonym dialogu pytań i odpowiedzi.

Warstwa czwarta - transportowa ma za zadanie zapewnić odpowiednią jakość transmisji. Dąży się do uzyskania możliwie dużej szybkości transmisji, dzięki optymalnemu wykorzystaniu przepływności przydzielonego kanału. Stosowane są w tym celu techniki opisane w poprzednim podpunkcie (multipleksacja, rozdzielanie, wiązanie i segmentacja). Poziom czwarty zajmuje się również formowaniem ze strumienia informacji pakietów o długości akceptowanej przez sieć. Kolejną jego funkcją jest numerowanie pakietów w nadajniku oraz czuwanie nad prawidłową kolejnością porządkowania ich w odbiorniku, a także zapewnienie możliwości retransmisji w przypadku wystąpienia błędów lub zagubienia.

Warstwa trzecia - sieci odpowiada za transport pakietów między węzłami sieci. Jej głównym zadaniem jest optymalny dobór trasy (*rooting*), pozwalający w maksymalnie krótkim czasie dostarczyć wiadomość do miejsca przeznaczenia [4]. Drugą równie istotną funkcję tego poziomu stanowi sterowanie obciążeniem sieci. Jego zadaniem jest ograniczenie liczby pakietów znajdujących się jednocześnie w sieci (lub raczej jej poszczególnych obszarach) tak, aby zapobiec przeciążeniu systemu. Stosowane są w tym celu różnego rodzaju procedury, z których najważniejszą wydaje się być tzw. mechanizm okna [3]. Polega on na określeniu maksymalnej liczby pakietów należących do danego połączenia, które mogą zostać nadane bez uzyskania potwierdzenia o dotarciu do celu. W chwili odebrania pozytywnego potwierdzenia "okno" jest przesuwane o liczbę poprawnie przetransportowanych bloków. Mechanizm okna może być stosowany zarówno między sąsiednimi węzłami sieci, jak i urządzeniami

końcowymi. W gestii tej warstwy pozostaje także sterowanie przepływem, którego głównym celem jest dostosowanie prędkości transmisyjnej nadajnika do możliwości odbiornika.

Warstwa druga - łączy danych zajmuje się transmisją informacji na poziomie bitowym. Głównym celem jej stosowania jest synchronizacja i ramkowanie, a także wykrywanie i korekcja zaistniałych błędów. Poziom drugi zapewnia również wielodostęp do wspólnego fizycznego kanału transmisyjnego.

Warstwa pierwsza - fizyczna określa charakterystyki elektryczne, mechaniczne, funkcjonalne i proceduralne, umożliwiające korzystanie ze stosowanego medium transmisyjnego. Innymi słowy, poziom fizyczny definiuje: rodzaj stosowanego kodu transmisyjnego, poziomy napięcie przypisane odpowiednim symbolom, czas trwania każdego stanu linii, przyporządkowanie sygnałom odpowiednich numerów pinów w gnieździe, mechaniczne specyfikacje stosowanych złącz itp. Poniżej warstwy pierwszej znajduje się już tylko fizyczne medium transmisyjne, którym może być np. kabel koncentryczny lub symetryczny, światłowód lub linia radiowa.

Wyszczególnione powyżej funkcje poszczególnych warstw należy traktować jedynie jako najbardziej reprezentatywne dla danego poziomu. Prócz nich realizowanych jest wiele innych operacji, które często dublują się wzajemnie. Tak np. kontrola poprawności odebranych danych jest przeprowadzana na prawie każdym poziomie, przy czym najwyraźniej występuje w warstwie drugiej, trzeciej i czwartej. Te trzy warstwy wprowadzają również zupełnie niezależne od siebie numerowanie pakietów. Podobne zjawisko dotyczy operacji multipleksowania i segmentacji bloków danych oraz wielu innych. Należy sobie jednocześnie zdawać sprawę, że przedstawiona struktura jest jedynie standaryzowanym modelem. W rzeczywistości często okazuje się, że wprowadzanie niektórych warstw jest zbyteczne lub wręcz przeciwnie - jest konieczna dekompozycja funkcji danego poziomu

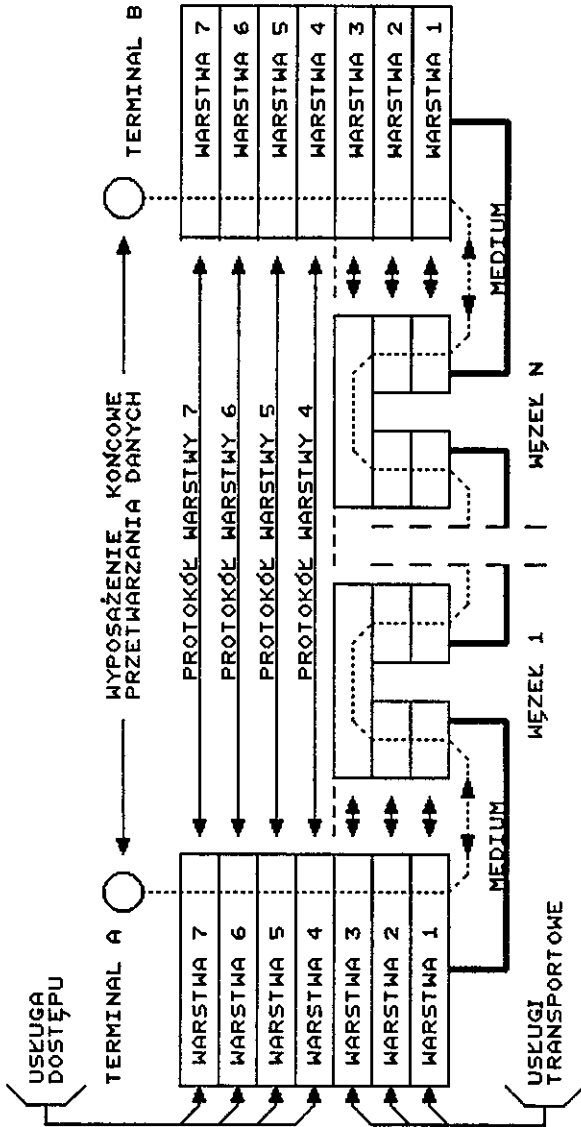
na kilka podpoziomów (dotyczy to np. warstwy trzeciej w sieciach LAN [7]).

W realizowanych praktycznie sieciach warstwy od pierwszej do siódmej występują jedynie w urządzeniach końcowych (terminalach). Węzły tranzytowe zawierają natomiast jedynie trzy najniższe warstwy. Jest to zupełnie wystarczające, aby pobrać informacje z medium transmisyjnego (warstwa fizyczna), przeprowadzić testy na wystąpienie błędów (warstwa łącza danych) i zdecydować o dalszym kierunku transmisji pakietu (warstwa sieci). Przepływ informacji przez sieć przedstawiono na rys. 6.

Warstwy podzielono na dwie podstawowe grupy. Pierwsza złożona z czterech najniższych poziomów odpowiada za transport danych przez sieć. Należy jednak zauważyć, że warstwa czwarta występuje jedynie w terminalach. Pełni ona bowiem rolę interfejsu, uniezależniającego pracę wyższych poziomów od rodzaju wykorzystywanej sieci. Z tego powodu jej przyporządkowanie do omawianej grupy nie jest zupełne.

Poziom sesji, prezentacji i aplikacji zapewniają użytkownikowi możliwie pełny dostęp do sieci. Są one implementowane tylko w bardziej rozbudowanych terminalach.

Na zakończenie analizy przepływu informacji przez sieć warto prześledzić sposób wykonania prostego polecenia użytkownika. Abonent może zażądać np. wyświetlenia na własnym terminalu zawartości katalogu dysku któregoś z komputerów sprzęgniętego z siecią. Wydanie tego polecenia jest możliwe za pośrednictwem poziomu aplikacji, udostępniającego abonentowi menu dozwolonych operacji. Rozkaz odczytania katalogu wędruje następnie do warstwy prezentacji. Tutaj odbywa się jego transkodowanie na postać zgodną ze standardem terminala wirtualnego. Od tej chwili wydane polecenie będzie mogło zostać zrozumiane przez każde urządzenie końcowe współpracujące z siecią (trafi oczywiście tylko do jednego z nich). Po przekodowaniu

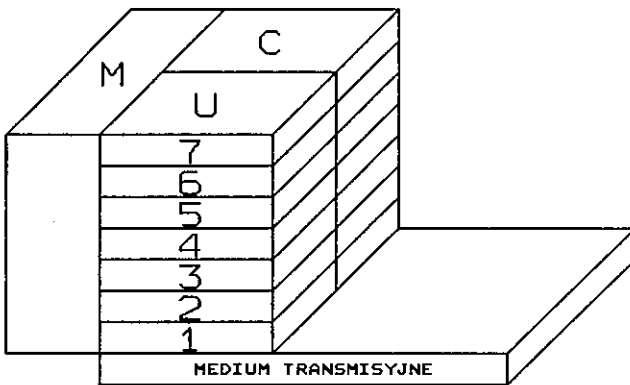


Rys. 6. Przepływ informacji przez sieć

informacja jest przekazywana warstwie sesji. Poziom ten wyda niższym warstwom polecenie zestawienia odpowiedniego połączenia logicznego, które umożliwi nie tylko przekazanie rozkazu do komputera wykonawczego, ale również odebranie od niego odpowiedzi (w tym przypadku będzie nią spis zawartości odpowiedniego katalogu). W ten sposób do warstwy transportowej trafi informacja z poziomu aplikacji wzbogacona o zlecenie utworzenia odpowiedniego połączenia. Poziom czwarty dokona podziału strumienia danych na pakiety, dbając o optymalne wykorzystanie przepustowości dostępnego kanału, ponumeruje je i przekaże niżej. Od tego momentu informacja będzie poruszać się między kolejnymi węzłami sieci, korzystając z usług tylko trzech najniższych warstw, aż dotrze do miejsca przeznaczenia. Poziom trzeci na podstawie swoich tablic kierunków [3] będzie wybierał drogę, którą pakiety dotrą do następnego węzła na trasie. Czuwa on również nad stanem obciążenia sieci oraz potwierdzaniem i retransmisją pakietów. Po wybraniu kierunku dalszego "marszu" pakiet trafia do warstwy drugiej. Ta z kolei opatruje go dodatkową informacją, pozwalającą odbiornikowi wykryć ewentualne wystąpienie błędów. W końcu dane są przekazywane poziomowi pierwszemu. Tutaj ciąg zer i jedynek uzyskuje swą elektryczno - czasową reprezentację zależną od stosowanego kodu transmisyjnego. W tej postaci informacja jest przenoszona przez medium do następnego węzła. W nim zostanie dokonany m.in. test błędów i wybrany następny punkt trasy. Ostatecznie dane trafią do urządzenia docelowego. Przepływając przez kolejne warstwy w górę, odzyskują swą pierwotną postać z dokładnością do ewentualnych różnic kodów stosowanych w obu współpracujących terminalach. Polecenie, trafiając do poziomu aplikacji, uruchomi odpowiedni proces, którego skutkiem będzie wysłanie odpowiedzi zawierającej treść danego katalogu.

1.2.3. Model odniesienia dla sieci ISDN

Opisany w poprzednim punkcie model systemu siedmiowarstwowego OSI ISO został stworzony dla sieci teleinformatycznych [16]. W czasie opracowania standardu ISDN skorzystano z niego, aby zdefiniować model odniesienia (RM). Sieć ISDN stawia jednak dodatkowe wymagania wynikające z faktu, iż prócz transmisji danych służy również do przekazywania sygnału mowy i obrazu (praca w czasie rzeczywistym z komutacją kanałów i pakietów). Dlatego w tym przypadku RM ma postać trójwymiarową pokazaną na rys. 7.



Rys. 7. Model odniesienia dla sieci ISDN

Podstawowymi elementami są bloki oznaczone U i C. Blok U (*User*) odpowiada za transport przez sieć danych użytkownika niezależnie od ich rodzaju. Blok C (*Control*) zajmuje się przekazywaniem informacji sterującej, wykorzystywanej do: zestawiania dróg połączeniowych, kasowania połączeń, a także modyfikacji już istniejących (np. zmiana kanału fonicznego na służący do transmisji tekstu) [6]. Oba tym blokom nadano strukturę siedmiowarstwową z tym, że w odróżnieniu od modelu OSI ISO zrezygnowano z przydzielania

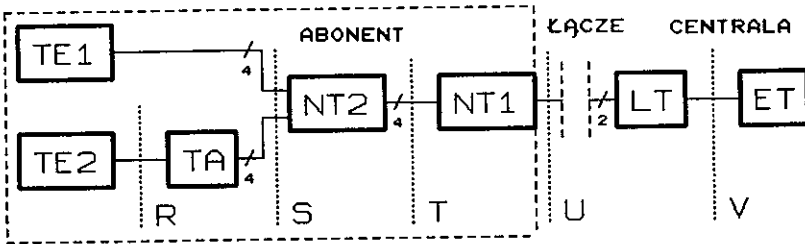
poszczególnym poziomom nazw, poprzestając na ich ponumerowaniu. Na rys. 7 umieszczono również dodatkowy element, oznaczony literą M (*Management*). Symbolizuje on funkcje zarządzania i ma zasięg lokalny. W zależności od zadań realizowanych przez dane urządzenie sieci, zarządzanie steruje np. pracą pola komutacyjnego lub podejmuje odpowiednie działania w przypadku uszkodzenia jednej z linii. Pośredniczy też w wymianie informacji między blokami C i U. Należy zauważyć, iż lokalny charakter elementu M objawia się także w fakcie braku jego bezpośredniego dostępu do medium transmisyjnego. Jeżeli konieczne jest przesłanie jakichś informacji zarządzania do innej jednostki, to niezbędne staje się stosowanie protokołu C lub U.

2. STRUKTURY WYPOSAŻEŃ UŻYTKOWNIKÓW SIECI ISDN

Aby umożliwić przyłączenie do sieci ISDN różnych urządzeń końcowych produkowanych przez różne firmy w różnych krajach, CCITT zdefiniowało ograniczoną liczbę styków użytkownika z siecią [6]. Styki te określają standard elektryczny, mechaniczny proceduralny i funkcjonalny punktów dostępu do sieci. Schemat dostępu użytkownika do sieci ISDN przedstawiono na rys. 8.

Bloki zakończenia liniowego LT (*Loop Termination*) i centralowego ET (*Exchange Termination*) są instalowane w centrali abonenckiej. Ich głównym zadaniem jest: wytwarzanie i odbieranie sygnałów kodu transmisyjnego, zasilanie pętli abonenckiej, przeprowadzanie okresowych testów sprawności łącza (LT), a także rozpoznawanie żądań abonenta oraz pośredniczenie we wchodzeniu i wychodzeniu danych użytkownika z sieci (ET).

Pozostałe elementy zaznaczone na rys. 8 znajdują się u abonenta. Pierwszym z nich jest zakończenie sieciowe NT1 (*Network Termination type 1*). Spełnia on zadania warstwy pierwszej i drugiej, które



Rys. 8. Model dostępu użytkownika do sieci ISDN

można podzielić na operacyjne (odtworzenie podstawy czasu, synchronizacja, ramkowanie konwersja prędkości transmisyjnych itp.) oraz utrzymaniowe (detekcja i wysyłanie sygnałów aktywacji łącza, wykonywanie pętli testowej, wysyłanie alarmów, zasilanie pozostałych urządzeń napięciem z linii itp.) [13]. Następnym w kolejności elementem jest blok NT2 (*Network Termination type 2*). Jest to inteligentny interfejs między zakończeniem łącza abonenckiego a terminalem. Może on przybierać zarówno bardzo prostą formę (będąc zredukowanym wręcz do zera) lub stanowić skomplikowany koncentrator, multiplekser, lub komutator zamykający ruch między poszczególnymi terminalami abonenta. Głównym celem stosowania NT2 jest bowiem umożliwienie podłączenia do linii wielu urządzeń końcowych, a nawet adapterów lokalnych sieci komputerowych LAN.

W standardzie CCITT przewidziano możliwość sprzęgnięcia z siecią dwóch rodzajów terminali [9]. Pierwszy z nich stanowią urządzenia końcowe ISDN-owskie. Są to takie urządzenia, które spełniają normy sieci zintegrowanych, dzięki czemu mogą zostać podłączone bezpośrednio do NT2. Terminale te oznaczają się symbolem TE1 (*Terminal Equipment type 1*). Aby jednocześnie umożliwić dołączanie do sieci ISDN urządzeń starego typu lub np. komputerów osobistych nie posiadających specjalnego wyposażenia, przewidziano dla nich drugą grupę urządzeń końcowych oznaczanych symbolem TE2 (*Terminal Equipment type 2*). Podłączenie ich do NT2 wymaga zastosowania

dotatkowego adaptera terminalowego TA (*Terminal Adaptor*). Jest to, innymi słowy, interfejs transkodujący dane z postaci jednego z powszechnie stosowanych standardowych styków (np. RS232C) na formę akceptowaną przez NT2. Istotny element tego transkodowania stanowi konwersja prędkości transmisji przez kanał B o przepustowości 64 kbit/s na standard stosowanego terminala (np. 9600 bodów).

Między omówionymi powyżej elementami zostały zdefiniowane tzw. styki (nazywane również przekrojami) oznaczane literami: R, S, T, U, V. Ponieważ do budowy sieci ISDN są wykorzystywane istniejące linie abonenckie, a ich rodzaj i jakość są różne w różnych krajach, odstąpiono od międzynarodowej standaryzacji styków V i U. Pozostałe przekroje (obwiedzione na rys. 8 linią przerywaną) zostały opisane normami CCITT, co gwarantuje możliwość łączenia ze sobą urządzeń różnych producentów. Kody i protokoły transmisyjne styków S, T i U zostaną omówione w następnym punkcie niniejszego artykułu. W tym miejscu należy jedynie zaznaczyć, że na przekroju U jest stosowana linia dwuprzewodowa, natomiast w przypadku S i T wykorzystuje się łączność czteroprzewodową (para przewodów dla każdego kierunku transmisji). Istotną różnicą między stykiem S i T jest fakt, iż przekrój T został zdefiniowany jedynie dla transmisji dwupunktowej (*point to point*). Styk S dopuszcza natomiast przyłączenie wielu urządzeń końcowych, gdyż jest przeznaczony dla połączeń wielopunktowych (*point to multipoint*).

2.1. Terminale i ich rodzaje

Urządzenia końcowe zaliczane do grupy TE1 (ISDN-owskie) można podzielić ze względu na złożoność i stopień integracji funkcji na trzy grupy:

- jednofunkcyjne (proste),
- mieszane (niefoniczne),
- wielofunkcyjne (złożone).

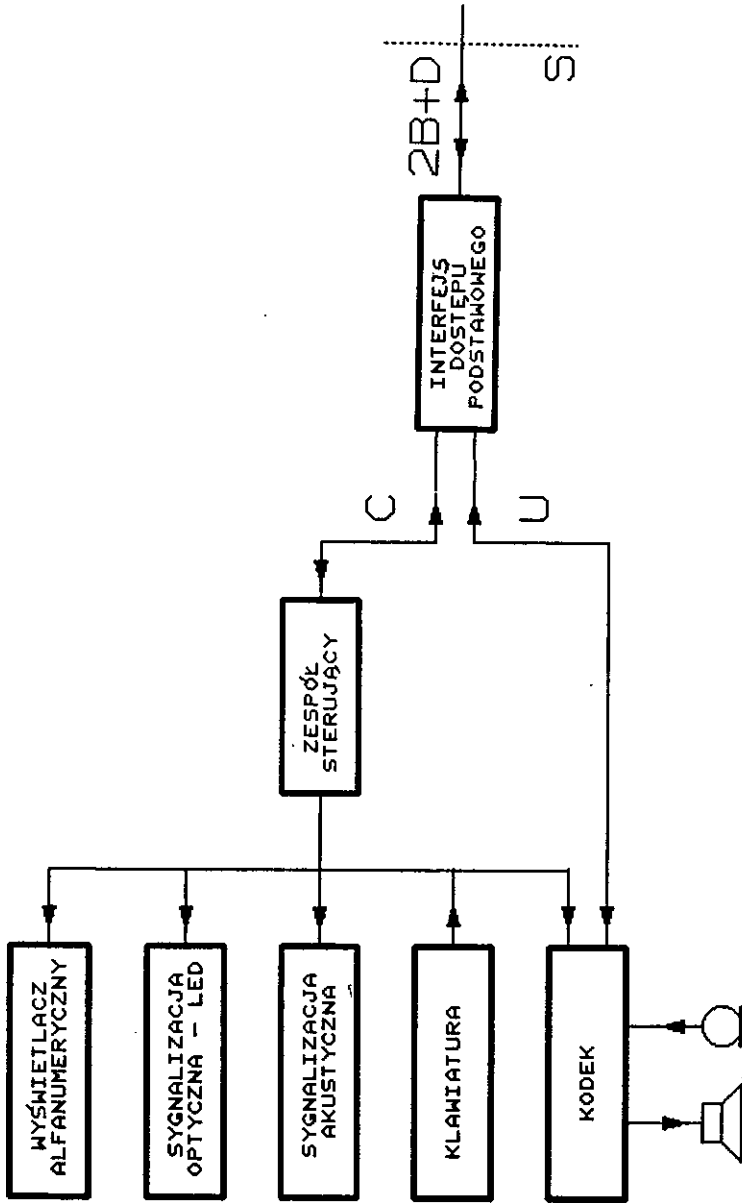
Terminale jednofunkcyjne są przeznaczone do realizacji wybranej usługi ISDN. Typowym przedstawicielem tej grupy jest telefon ISDN. Niewątpliwie urządzenie to poddawano największej modyfikacji zarówno pod względem spełnianych funkcji, jak i wyglądu. Schemat blokowy telefonu ISDN pokazano na rys. 9.

Blok interfejsu dostępu do styku S umożliwia wprowadzenie sygnałów sterujących C oraz informacji użytkownika U (jest nią w tym przypadku cyfrowa postać sygnału mowy) w kanały dostępu podstawowego 2B + D. Sygnał akustyczny zajmuje jeden z kanałów B, natomiast dane sterujące (np. wybierany numer) są przesyłane za pośrednictwem kanału D.

Pracą poszczególnych podzespołów aparatu zarządza system sterujący. Do jego funkcji należy przepatrywanie klawiatury, sterowanie wyświetlaczem, wysyłanie i odbieranie informacji sygnalizacyjnej itp.

Podstawowym elementem funkcjonalnym telefonu jest kodek PCM. Dokonuje on przetwarzania (A/C i C/A) sygnału fonicznego zgodnie ze standardem PCM (lub ADPCM). Tor akustyczny może zostać rozbudowany o dodatkowe wzmacniacze w celu uzyskania aparatu "głośnomówiącego".

Klawiatura umożliwia abonentowi przede wszystkim wybranieżądanego numeru. W zależności od stopnia skomplikowania aparatu może ona zawierać różną liczbę bloków przycisków funkcyjnych, pozwalających na korzystanie z wbudowanych funkcji i udogodnień oferowanych przez sieć ISDN. Do podstawowego zestawu wbudowanych funkcji należy zestawianie połączeń konferencyjnych, pamiętanie zbioru najczęściej używanych numerów, rejestracja zgłoszeń, które nadeszły w czasie nieobecności abonenta itp. Usługi oferowane przez sieć to: możliwość przekazywania zgłoszeń pod wskazany adres, odczytywanie informacji o opłacie, zamawianie automatycznego budzenia, zamawianie połączenia z abonentem aktualnie zajęтым



Rys. 9. Telefon ISDN

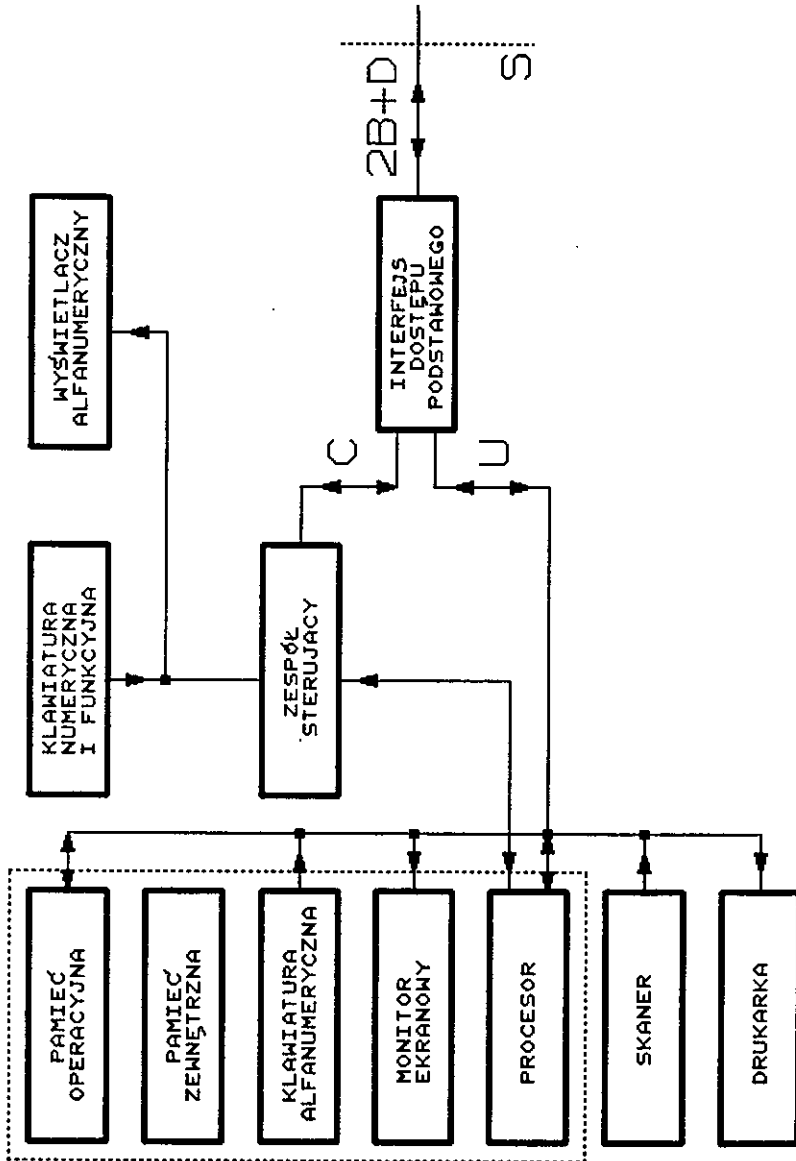
rozmową po jej zakończeniu lub połączenia na określonej godzinie i wiele innych.

Wizualizację odpowiednich informacji umożliwi wyświetlacz alfanumeryczny. Może na niego zostać wyprowadzony numer abonenta wywołującego, krótka informacja alfanumeryczna przekazana abonentowi podczas jego nieobecności, aktualny stan realizacji połączenia, informacja o pojawieniu się innego zgłoszenia w trakcie trwania rozmowy itp.

Blok sygnalizacji akustycznej służy głównie wytwarzaniu sygnału wywołania i alarmu w przypadku występowania trudności realizacji połączenia.

Innym przykładem urządzenia końcowego jednofunkcyjnego może być np. faks lub terminal ekranowy wyposażony w monitor i klawiaturę. Jego możliwości będą więc ograniczone do korzystania z baz danych, systemów rezerwacji biletów itp. Stosowanie tego typu końcówek jest szczególnie uzasadnione w przypadku firm takich, jak np. biura podróży lub innych posiadających komórki informacyjne.

Terminal mieszany niefoniczny jest urządzeniem integrującym wiele rodzajów usług transmisyjnych. W zależności od stopnia skomplikowania pozwala on na przesyłanie tekstów, rysunków i grafiki wysokiej rozdzielczości. Terminal taki może być wyposażony w wiele urządzeń dodatkowych takich, jak: skaner, drukarka mozaikowa, czy zewnętrzna pamięć masowa. Odpowiednie oprogramowanie umożliwia nie tylko wprowadzanie tekstu z klawiatury, ale także stosowanie techniki OCR (optycznego rozpoznawania pisma). Pozwala ona zamienić graficzny obraz tekstu na ciąg kodów ASCII, aby móc go następnie poddać edycji. Informacje odebrane przez terminal mogą zostać wydrukowane, wyświetlone na monitorze lub zapamiętane na dysku w celu umożliwienia ich późniejszego odtworzenia lub obróbki. Schemat blokowy przykładowego terminala mieszanego przedstawiono na rys. 10.



Rys. 10. Terminal mieszany, niefoniczny

Podobnie jak p6przednio, zesp6ł steruj1cy odpowiada za przetwarzanie informacji steruj1cej C. Przeplywem danych uzytkowych U wysylyanych i odbieranych przez terminal kieruje procesor. Jego praca moze byc uzalezni6na zar6wno od z1dan uzytkownika, jak i sygnal6w steruj1cych odebranych z sieci. Monitor ekranowy moze slyczy do: prezentacji obrabianych lub odbieranych tekst6w i rysunk6w, wizualizacji informacji o aktualnym stanie terminala i wsp6pracuj1cych z nim urz1dze6n, po1czenia oraz przebiegu transmisji. Moze jednak okaza6 si6 wygodniejsze zastosowanie dodatkowego wyswietlacza alfanumerycznego i klawiatury funkcyjnej, u1atwiaj1cych zestawianie i nadzorowanie po1czenia.

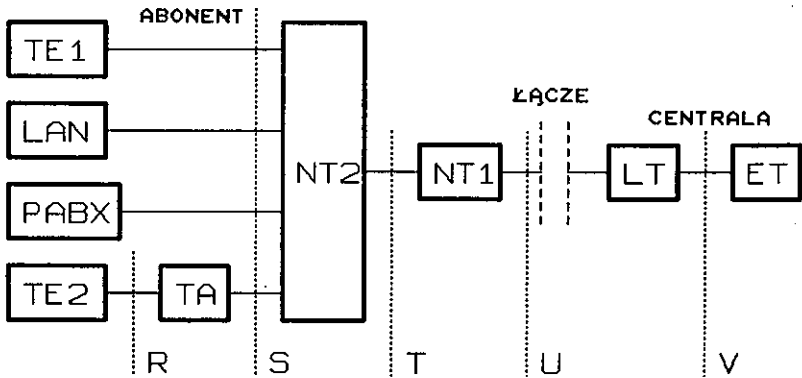
Ostatnim rodzajem urz1dze6n ko6cowych jest grupa terminali wielofunkcyjnych. Pod wzgledem funkcjonalnym stanowi1 one rozszerzenie terminala mieszanego o mozliwo66 transmisji sygnalu mowy i danych komputerowych. Terminal wielofunkcyjny jest rodzajem stacji roboczej przystosowanej do wsp6pracy z sieci1 ISDN. Umozliwia on zwykle wykorzystanie pelnego zestawu uslug oferowanych przez t6 siec, a pod wzgledem mocy obliczeniowej mozna go por6wnac do komputera osobistego. Wprowadzenie daleko posuni6tej integracji funkcji jest bardzo korzystne, gdyz umozliwia dokonywanie zmiany rodzaju uslugi w trakcie trwania po1czenia, a takze jednoczesne uaktywnienie dw6ch uslug, np. prowadzenie rozmowy telefonicznej i przeszukiwanie bazy danych. Dodatkowa zaleta terminala wielofunkcyjnego wynika z jego stosunkowo duzej mocy obliczeniowej, umozliwiaj1cej uruchamianie oprogramowania dostarczaj1cego szeroki wyb6r nowych mozliwo6ci. Mog1 to byc zar6wno r6znego rodzaju notatniki, edytory, programy obliczeniowe oraz kalkulacyjne, jak i oferuj1ce dost6p do poczty elektronicznej czy lokalnej sieci komputerowej.

Niestety dost6pne obecnie wielofunkcyjne urz1dzenia ko6cowe s1 bardzo drogie, gl6wnie z uwagi na ich niskoseryj11 produkcj6, ograniczon1 wla6nie ma1ym popytem. Bardzo efektywnym rozwizaniem

w tej sytuacji może być zastosowanie w ich miejsce komputera osobistego rozbudowanego o kartę interfejsu sieci ISDN. Wiele firm produkuje już wyposażenie tego typu, łączące wszystkie zalety uzyskania pełnego dostępu do sieci ISDN ze stosunkowo niskim kosztem [10].

2.2. Konfiguracja urządzeń abonenckich

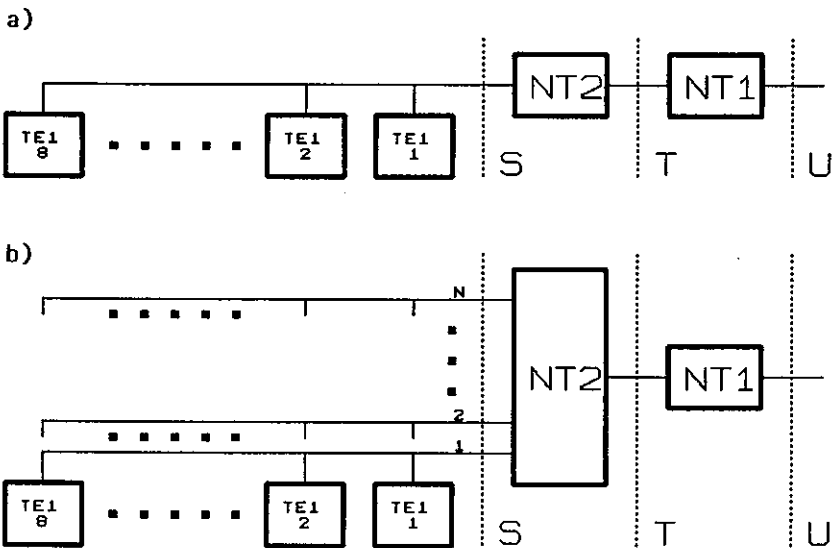
Na rys. 11 zaprezentowano jeszcze raz strukturę styku użytkownika z siecią. Należy zwrócić uwagę na różnorodność urządzeń końcowych przyłączanych do przekroju S.



Rys. 11. Styk użytkownika z siecią ISDN

Dołączanie równocześnie wielu urządzeń do styku S jest możliwe dzięki obowiązującemu w tym miejscu protokołowi dopuszczającemu połączenia wielopunktowe (*point to multipoint*). W najprostszym przypadku, przedstawionym na rys. 12a linii styku S można podłączyć do ośmiu terminali. Ich wzajemne współistnienie możliwe jest dzięki zdefiniowanym przez CCITT procedurom dostępu do kanału D, które zostaną omówione w pkt. 4.

Jak już wspomniano, blok NT2 może przyjmować również formę koncentratora, multipleksera lub komutatora. W tych przypadkach na przekroju S uzyskuje się większą liczbę linii, do każdej z których można podłączyć maksymalnie osiem urządzeń końcowych (rys. 12b). Przewaga tego rozwiązania nad poprzednim nie ogranicza się jedynie do zwiększenia liczby zastosowanych terminali. Pojawia się tutaj bowiem możliwość zamykania ruchu między terminalami przyłączonymi do różnych linii. Można w ten sposób np. przesyłać dane z wielu komputerów do jednej wspólnej drukarki (bez konieczności tworzenia dodatkowej sieci). Żaden z komputerów nie może jednak być przyłączony do tej samej linii co drukarka.

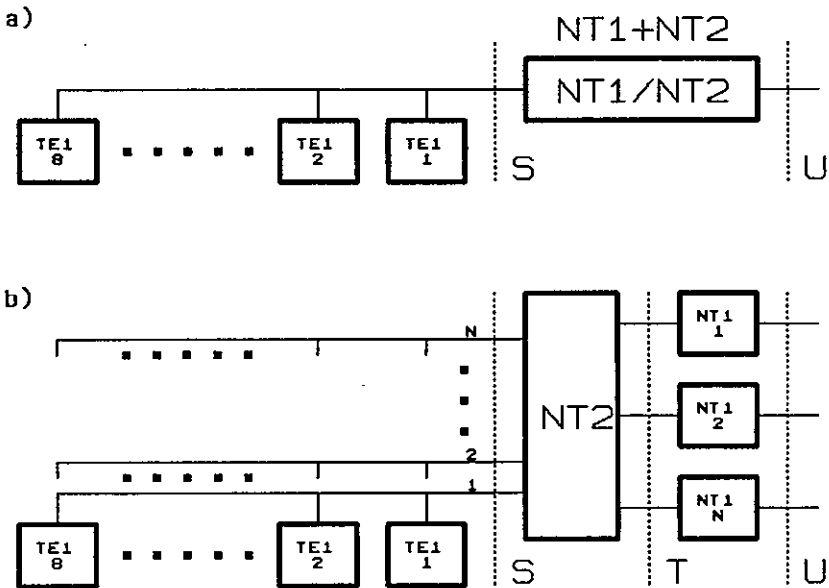


Rys. 12. Multipleksacja urządzeń końcowych na styku S

Przedstawiona na rys. 11 struktura dostępu podstawowego do sieci może ulegać licznym ewolucjom. Rys. 13a prezentuje przypadek połączenia funkcji bloków NT1 i NT2 w jednym podzespole. Powsta-

ty w ten sposób element przyjęto oznaczać symbolem NT1/NT2. Jak wynika z rysunku, realizuje on wszystkie funkcje zewnętrzne zarówno od strony styku S (połączenie wielopunktowe), jak i od strony styku U (obsługa łącza podstawowego 2B + D).

Jeżeli abonent potrzebuje korzystać z większej liczby kanałów B i D niż to zapewnia dostęp podstawowy, możliwe jest zastosowanie konfiguracji podanej na rys. 13b.



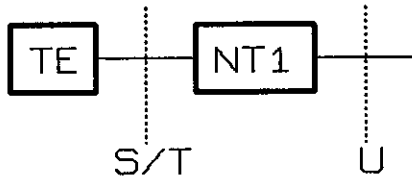
Rys. 13. Podstawowe modyfikacje struktury styku U

- a) przypadek połączenia funkcji bloków NT1 i NT2 w jednym podzespośle;
 b) konfiguracja z większą liczbą kanałów B i D

W tym przypadku blok NT2 musi spełniać nie tylko rolę koncentratora, ale także rozprowadzać wypływający od użytkownika strumień danych na wolne w danej chwili linie. Realizuje więc funkcje komutatora między przekrojami S i T. Stosowanie przedstawionej

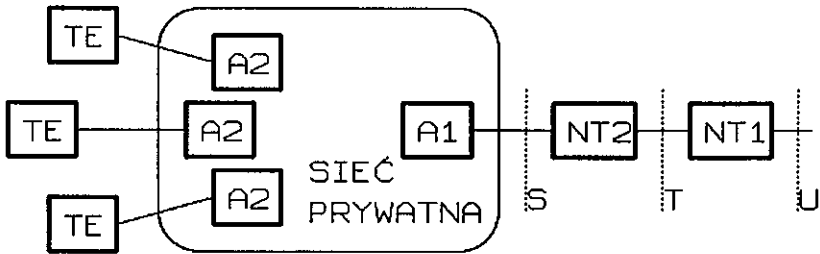
konfiguracji jest uzasadnione, jeżeli rozpatrywany abonent w chwili instalowania u niego przyłącza do sieci ISDN posiadał już podłączonych kilka linii analogowych. Alternatywnym rozwiązaniem jest bowiem zastosowanie dostępu pierwotnogrupowego, oferującego 30 kanałów B i kanał D o przepustowości 64 kbit/s.

Jak już wspomniano, definicje styków S i T różnią się tym, iż na przekroju T dopuszcza się jedynie połączenia punkt-punkt. Nie zawsze jednak abonent jest zainteresowany stosowaniem kilku urządzeń końcowych, szczególnie w przypadku gdy korzysta jedynie z usługi telefonicznej lub tym bardziej, gdy jest wyposażony w terminal wielofunkcyjny. W tej sytuacji możliwe jest pominięcie bloku NT2 i podłączenie terminala bezpośrednio do NT1. Uzyskuje się wtedy strukturę pokazaną na rys. 14. Przekrój między NT1 i TE oznaczany jest w tym przypadku symbolem S/T.



Rys. 14. Uproszczona konfiguracja dostępu do sieci ISDN w przypadku stosowania tylko jednego terminala

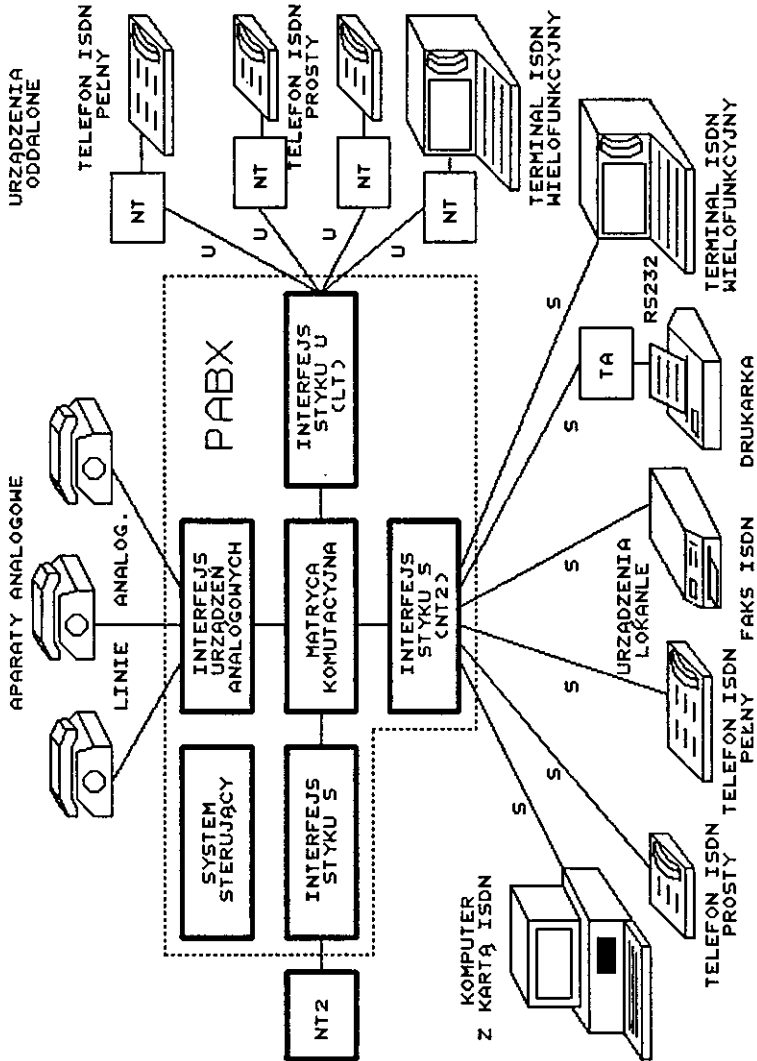
Prócz terminali do sieci ISDN mogą zostać podłączone różnego rodzaju sieci prywatne. Należą do nich np. lokalne sieci komputerowe (LAN), coraz częściej instalowane w firmach, biurach i urzędach. Podstawowym sposobem przyłączania sieci prywatnych (przedstawionym na rys. 15) jest zastosowanie adaptera oznaczonego symbolem A1. Pełni on funkcje interfejsu pośredniczącego w wymianie danych między protokołem zastosowanym w sieci i obowiązującym na styku S. Zarówno struktura sieci, stosowane terminale, jak i ich adaptory A2 pozostają wyłączną sprawą użytkownika.



Rys. 15. Przyłączenie sieci prywatnej

Funkcje koncentratora, multipleksera i komutatora uzupełnioneo dodatkowe możliwości wynikające z zamykania ruchu wewnętrznego (między poszczególnymi terminalami abonenta) nie muszą być realizowane przez blok NT2. Użytkownik może zastosować dodatkową centralę abonencką (PABX), tworząc na jej podstawie własną podsieć telekomunikacyjną. Schemat blokowy realizacji przykładowego cyfrowego PABX-a zaprezentowano na rys. 16 [9].

Podstawowym elementem centrali jest matryca komutacyjna, realizująca najczęściej nielokowalne pole przestrzenno-czasowe. Przyłączenie lokalnych terminali jest możliwe za pośrednictwem interfejsów styków S spełniających funkcję bloków NT2. Zapewnienie właściwej transmisji do i od odległych urządzeń końcowych wymaga zastosowania interfejsów styków U. Pełnią one więc rolę bloków LT. Klasyczne aparaty telefoniczne, modemy itp. wykorzystują interfejs urządzeń analogowych. PABX jest "widziany" przez element NT2 zakończenia sieci ISDN jako standardowy terminal TE1, komunikujący się z nim za pośrednictwem kanałów B i D. Należy zwrócić uwagę, że aby umożliwić komutację "każdy z każdym" (co w przypadku niektórych rodzajów urządzeń nie jest konieczne) do linii PABX-a przyłączono po jednym terminalu.



Rys. 16. Schemat podsięci zbudowanej z wykorzystaniem cyfrowego PABX

2.3. Logiczny styk użytkownika z siecią

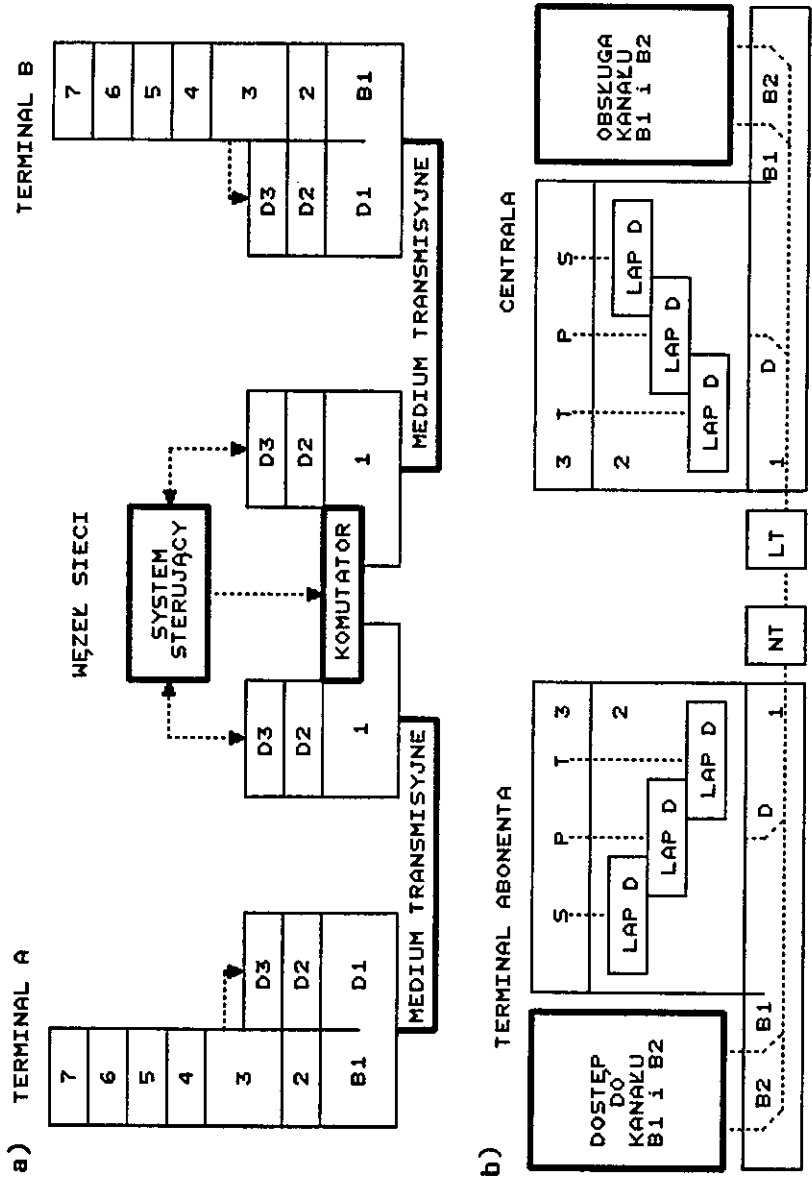
Model logicznego styku użytkownika z siecią zaprezentowano na rys. 17a. Pokazuje on strukturę warstwową wykorzystywaną podczas zestawienia połączenia między dwoma terminalami poprzez sieć przedstawioną symbolicznie w postaci jednego węzła.

Liczba węzłów sieci uczestniczących w rozpatrywanym połączeniu nie ma wpływu na ogólność niniejszych rozważań [8]. Sieć ISDN dla transmisji w kanale B definiuje tylko warstwę pierwszą, a więc charakterystyki elektryczne i sposób ramkowania informacji na stykach S i T. Jest to zgodne z założeniami minimalnej ingerencji sieci w dane przesyłane kanałami B. W ten sposób zagwarantowano przezroczystość tych kanałów z punktu widzenia informacji użytkownika. Pozostałe warstwy zależne od rodzaju terminala - a dokładniej usługi, z której on korzysta - muszą być zagwarantowane przez urządzenie końcowe.

W przypadku kanału D zdefiniowano trzy najniższe warstwy [2]. Strumień danych płynący z najwyższej warstwy terminala rozdziela się na poziomie trzecim w zależności od rodzaju kanału, którym ma zostać transmitowany przez sieć. W ten sposób wyodrębniono informację sygnalizacyjną oraz tę część danych użytkownika, która korzysta z przesyłania metodą komutacji pakietów. Na rys. 17b przedstawiono wyłącznie tę część styku logicznego z siecią, która została zdefiniowana przez CCITT.

Na poziomie trzecim jest dopuszczalne korzystanie z niżej wynikających trzech rodzajów procedur:

- *Procedury S* mają za zadanie przekazywanie informacji sygnalizacyjnej. Są one wykorzystywane w sieci przez systemy sterujące do zestawiania nadzorowania i kasowania dróg połączeniowych dla kanałów B (rys. 17a). Wynika stąd, że w przypadku usługi telefonicznej kanał D jest używany do celów sygnalizacji jedynie tuż



Rys. 17. Styk logiczny użytkownika z siecią ISDN

przed rozpoczęciem i po zakończeniu rozmowy. W pozostałym czasie (w tym również w czasie trwania rozmowy) kanał D może np. zostać wykorzystywany do świadczenia usług na rzecz drugiego kanału B.

- *Procedura P* służy do transmisji pakietowej danych użytkownika. W jej przypadku w warstwie trzeciej jest wykorzystywany protokół X25 [3].
- *Procedura T* została przewidziana do celów teleakcji, głównie wolnej transmisji danych telemetrycznych (stan liczników zużycia gazu, energii elektrycznej, czujników przeciwpożarowych i przeciwwłamaniowych itp.).

W warstwie drugiej obowiązuje protokół LAP D (*Line Access Protocol on D channel*). Jego głównym zadaniem jest zapewnienie kontroli błędów transmisji dla wszystkich rodzajów informacji płynących z poziomu trzeciego. Pakiety procedur S, T i P są tutaj multipleksowane statystycznie i wędrują dalej wspólnym dla nich kanałem D. Dokładniejsze omówienie protokołu LAP D można znaleźć w punkcie 6 niniejszego artykułu.

3. CHARAKTERYSTYKA STYKU U

Transmisja sygnałów na styku U nie podlega międzynarodowej standaryzacji. Wynika to z faktu różnego stanu łączy abonenckich w poszczególnych krajach i chęci zaadaptowania ich dla potrzeb transmisji cyfrowej (w celu zmniejszenia kosztów instalacji sieci ISDN). Wymagana przepustowość przekroju U w każdym z kierunków musi pomieścić dwa kanały B ($2 * 64$ kbit/s), kanał D (16 kbit/s), dodatkowy kanał utrzymaniowy M (4 kbit/s) oraz sygnały synchronizacji ramki (12 kbit/s), co w rezultacie wymaga transmisji z szybkością 160 kbit/s. Drugi ze stosowanych standardów zakłada

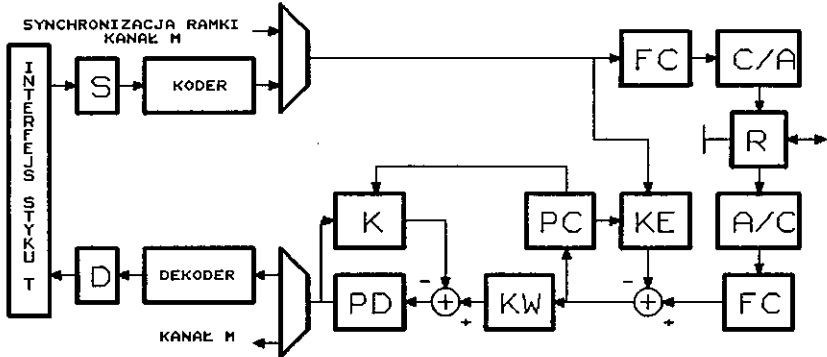
większy narzut kanału utrzymaniowego oraz synchronizacji ramki (łącznie 48 kbit/s) i w związku z tym ma przepustowość 192 kbit/s.

Dla zapewnienia dwukierunkowej transmisji cyfrowej na łączu dwuprzewodowym początkowo stosowano technikę zwaną "ping-pong". Jej zasada jest oparta na rozdziale czasowym kierunków transmisji. W ciągu pierwszej połowy okresu próbkowania ($125 \mu\text{s}$) linia służy przesyłaniu strumienia danych w jednym kierunku, a następnie przenosi informację w przeciwną stronę. Ponieważ transmisja dla danego kierunku trwa tylko połowę tego okresu (a w rzeczywistości jeszcze mniej, gdyż należy uwzględnić czas propagacji w linii), jest konieczne stosowanie dwukrotnie większej szybkości bitowej niż wyliczona przepustowość styku U.

Metoda "ping-pong" jest prosta w realizacji i stosunkowo niedroga. Ze względu jednak na wymaganą szybkość transmisji min. 320 kbit/s zasięg ogranicza się maksymalnie do ok. 3 km, mimo stosowania specjalnych kodów liniowych [10]. Z tego powodu coraz większym uznaniem cieszy się druga technika "z kompensacją echa". Jej podstawowym założeniem jest jednoczesna transmisja w obu kierunkach z zastosowaniem układu rozgałęźnego. Nieidealność tego elementu oraz niejednorodność linii, będąca przyczyną powstawania odbić, powodują jednak, iż do odbiornika trafia zarówno sygnał użyteczny, jak i echo przedostające się z nadajnika. Główna idea metody kasowania echa polega na odjęciu od odbieranego sygnału jego części pochodzącej od własnego nadajnika, opierając się na dostępnej informacji o kształcie fali przez niego wysyłanej [6]. Na rys. 18 pokazano przykładowe rozwiązanie układu współpracującego ze stykiem U. Identyczny element znajduje się na przeciwnym końcu linii.

Należy zwrócić uwagę, iż wszystkie operacje w przedstawionym układzie są przeprowadzane na cyfrowej reprezentacji obrabianego sygnału. Ostatnim elementem toru nadajnika jest przetwornik C/A, a pierwszym elementem toru odbiornika - przetwornik A/C. Informa-

cję przekazywaną do układu (ze styku T u abonenta lub V w zakończeniu centrali) poddaje się w pierwszej kolejności skramblowaniu.



Rys. 18. Schemat blokowy układu transmisji z kasowaniem echa

FC - filtr cyfrowy, KE - kompensator echa, PC generator podstawy czasu, PD - próg decyzyjny, KW - korektor wstępny, R - rozgałęźnik, S - skrambler, D - deskrambler, K - kompensator

Strumień danych jest następnie transkodowany na kod transmisyjny i trafia na multiplexer. W tym miejscu uzupełnia się go o słowa synchronizacji ramki oraz informacje utrzymaniowe (przesyłane kanałem M). Kolejny etap stanowi filtracja cyfrowa (FC), po której w przetworniku C/A sygnał uzyskuje swą reprezentację w postaci poziomów napięć, np. czterowartościowego kodu PAM. Wytworzona w ten sposób fala jest nadawana w linię poprzez układ rozgałęźny (R).

W torze odbiornika zastosowano trzy pętle sprzężenia zwrotnego, służące do odzyskiwania z linii podstawy czasu, kasowania echa i korekcji odzyskanego przebiegu [6]. Odbierana fala wprost z rozgałęźnika trafia do przetwornika A/C, a następnie jest poddawana filtracji cyfrowej (FC). Na podstawie sygnału zegarowego, odzyska-

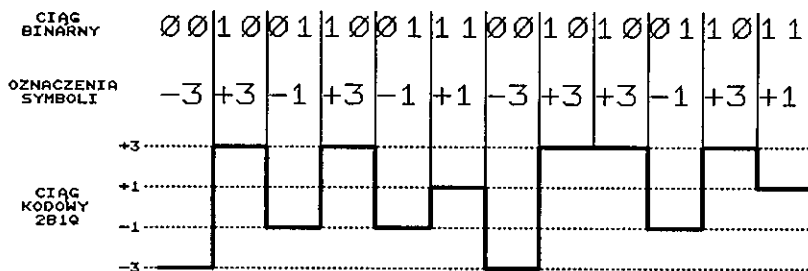
nego z linii przez układ podstawy czasu (PC), oraz odpowiednio podzielonego w kasowniku echa (KE) sygnału nadajnika, jest odejmowana od przebiegu wejściowego ta jego część, która pochodzi z odbić w linii i przeników rozgałęźnika. W dalszej kolejności przeprowadza się ostateczną korekcję sygnału w korektorze wstępnym (KW) oraz pętli korektora zasadniczego (K) i progu decyzyjnego (PD). Zadaniem pętli decyzyjnej jest zakwalifikowanie otrzymanego poziomu impulsu do jednego z przedziałów kwantyzacji. Następnie w demultiplekszerze z odebranego strumienia informacji wydziela się kanały B i D, które przez interfejs trafiają na styk T (lub V).

Cyfrowa realizacja omawianego układu, czyli w praktyce zbudowanie go z wykorzystaniem procesorów sygnałowych, niesie ze sobą wiele zalet. Najważniejszą z nich jest możliwość automatycznego dopasowania się urządzenia do parametrów łącza oraz rozgałęźnika, z którym współpracuje, co w istotny sposób wpływa na jakość i zasięg transmisji. W czasie nawiązywania połączenia na styku U jest przewidziane wykonanie specjalnych procedur pozwalających na dobranie odpowiednich wag współczynników sprzężenia zwrotnego dla pętli kasowania echa i bloku programu decyzyjnego. Zostaną one omówione w podpunkcie 4.3. Dokładną analizę pracy układu kompensacji echa można znaleźć w pracy [15].

3.1. Kod transmisyjny

Jednym z najczęściej używanych obecnie kodów transmisyjnych przy stosowaniu metody kompensacji echa okazuje się kod 2B1Q. Jest to czterowartościowy pozbawiony redundancji kod PAM (*Pulse Amplitude Modulated*). Pierwszy etap kodowania 2B1Q stanowi podzielenie binarnego strumienia informacji na dwubitowe grupy. Wyodrębnianie grup rozpoczyna się zawsze od pierwszej pary bitów w ramce, nie licząc słowa synchronizacji ramki (nie przypisuje się

mu w ogóle reprezentacji binarnej a jedynie kodową 2B1Q). Następnym etapem kodowania jest przypisanie każdej dwójce bitów jednego z czterech możliwych tzw. symboli. Pierwszy bit dwójki określa polaryzację symbolu (1 - dodatnia, 0 - ujemna), drugi natomiast jego amplitudę (1 - mała, 0 - duża [10]). Przykładowy strumień binarny oraz odpowiadającą mu sekwencję kodową przedstawiono na rys. 19.



Rys. 19. Zasada kodowania 2B1Q

Poszczególnym symbolom nadano oznaczenia -3, -1, +1 i +3. Nie należy utożsamiać ich z przypisanymi poziomami napięć. Trzeba jednak zaznaczyć, że stosunek poziomów napięć wysyłanych w linię odpowiada stosunkowi oznaczeń liczbowych odpowiadających im symboli. Uzyskuje się w ten sposób jednakowy odstęp między każdym z poziomów równy 1/3 amplitudy międzyszczytowej.

Pogrupowanie ciągu binarnego w dwójki dwukrotnie obniża szybkość transmisyjną występującą w łączu. Jest to bardzo istotna zaleta kodu 2B1Q, gdyż pozwala na przesunięcie widma sygnału w zakres niższych częstotliwości. Konieczność stosowania takich zabiegów staje się oczywista, jeżeli uwzględni się fakt działania kilkukilometrowej symetrycznej linii abonenckiej jako anteny emitującej fale

w zakresie pasma radiowego AM. Szczegółowe omówienie właściwości kodu 2B1Q można znaleźć w opracowaniu [1].

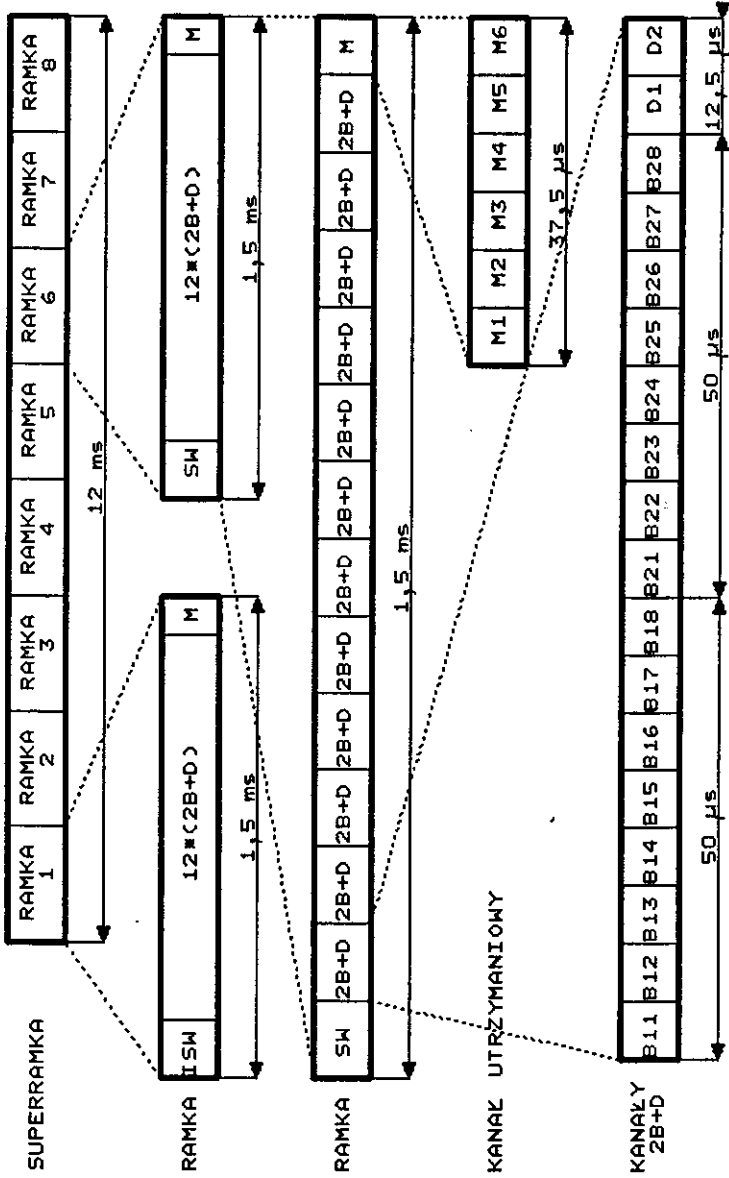
3.2. Struktura ramki na styku U

Informacja transmitowana na styku U podlega dwustopniowemu ramkowaniu. Na strukturę ramki podstawowej BF (*Basic Frame*) składa się 12 par bajtów kanałów B ($12 * 2B$), 24 bity kanału D, 6 bitów kanału utrzymaniowego M (*Maintenance*) oraz rozpoczynające ramkę słowo synchronizujące SW (*Sync Word*). Kanały B i D są grupowane w 12 elementów oznaczanych $2B + D$, z których każdy zawiera: bajt kanału B1, bajt kanału B2 i dwa bity kanału D [10]. Na rys. 20 przedstawiono postać ramki.

Słowo synchronizacji ramki SW składa się z sekwencji dziewięciu symboli: +3, +3, -3, -3, -3, +3, -3, +3, +3. Ostatecznie w skład ramki wchodzi $12 * 16$ (bity kanałów B) + $12 * 2$ (bity kanału D) + 6 (bity kanału M) = 222 bity, czyli 111 symboli informacyjnych + 9 symboli tworzących SW. Te 120 symboli jest transmitowanych z okresem 1,5 ms.

Osiem kolejnych ramek podstawowych BF tworzy tzw. superramkę SF (*SuperFrame*). Jej początek jest wyznaczany przez specjalną ramkę, w której miejsce słowa synchronizującego SW zajmuje odwrócone słowo synchronizujące ISW (*Inverse Sync Word*) w postaci -3, -3, +3, +3, +3, -3, +3, -3, -3 (rys. 20). Superramka została wprowadzona w celu wyznaczenia początku kanału utrzymaniowego M. Jest to kanał o przepustowości 4 kbit/s, którego bity zostały pogrupowane w sześć kolumn, tak jak to prezentuje tabl. 1.

W kolejnych ramkach superramki jest transmitowanych 6 bitów, po jednym z każdej kolumny, stanowiących kolejne wiersze przedstawionej struktury. Przeznaczenie bitów kolumny 1, 2, 3 i 4 oraz dwóch pierwszych bitów kolumny 5 i 6 (co stanowi 3/4 pojemności kanału, a więc przepustowość 3 kbit/s) nie są ściśle zdefiniowane.



Rys. 20. Struktura ramki na styku U

Struktura kanału M

Oznaczenie kolumny					
M1	M2	M3	M4	M5	M6
M11	M21	M31	M41	M51	M61
M12	M22	M32	M42	M52	M62
M13	M23	M33	M43	M53	M63
M14	M24	M34	M44	M54	M64
M15	M25	M35	M45	M55	M65
M16	M26	M36	M46	M56	M66
M17	M27	M37	M47	M57	M67
M18	M28	M38	M48	M58	M68

Ponieważ styk U nie jest standaryzowany międzynarodowo, sposób wykorzystania tego kanału zależy wyłącznie od operatora sieci. Pozostałych 12 bitów, oznaczonych symbolami CRC1 - CRC12, jest używanych (*standard de facto*) do przenoszenia sumy kontrolnej pozwalającej na wykrywanie błędów transmisji na styku U. Należy sobie zdawać sprawę, iż informacja ta ma jedynie znaczenie dla pomiaru stopy błędów i ewentualnego podjęcia decyzji o przerwaniu połączenia, gdy zostanie przekroczona jej górna granica. Styk U nie daje bowiem możliwości retransmisji informacji, co wynika z charakteru połączenia przez kanały B (praca w czasie rzeczywistym). Oczywiście pakietowy kanał D posiada własną kontrolę błędów i mechanizm retransmisji wbudowany w protokół LAP D (zostanie on omówiony w punkcie 6).

Suma kontrolna CRC jest obliczana przy użyciu wielomianu generującego w postaci:

$$1 \oplus x \oplus x^2 \oplus x^3 \oplus x^{11} \oplus x^{12}$$

Uwzględnia ona wszystkie elementy 2B + D oraz bity M4 (czwartej kolumny kanału M) danej superramki.

Struktura ramki jest identyczna dla obu kierunków transmisji. Ponieważ urządzenie NT odzyskuje podstawę czasu z sygnału od bieranego z LT, między początkami obu superramek występuje więc stałe przesunięcie fazy, wynoszące 60 ± 2 symbole (superramka generowana przez LT wyprzedza superramkę NT). Warto zaznaczyć w tym miejscu, że wydzielony przez NT1 sygnał zegarowy służy również do synchronizacji transmisji na styku T oraz S. W ten sposób uzyskuje się strukturę hierarchiczną, w której terminale dosynchronizowują się do podstawy czasu narzuconej przez centralę, do której są bezpośrednio podłączone.

3.3. Aktywacja i dezaktywacja styku U

W stanie nieaktywnym, a więc w sytuacji gdy nie zachodzi potrzeba transmisji danych między końcówką abonenta a siecią, zarówno LT jak i NT pracują w trybie czuwania [10]. W celu nawiązania połączenia jedno z nich (to które wykryje sygnał wywołania od strony styku T lub V) rozpoczyna wysyłanie sekwencji cyklicznie powtarzających się czterech symboli +3, po których następują cztery symbole -3. W rezultacie w linii pojawia się fala prostokątna o częstotliwości 10 kHz [10] (w niektórych rozwiązaniach można spotkać podobną falę, ale o częstotliwości 7,5 kHz [8]). Wykrycie tej fali przez urządzenie pracujące na drugim końcu łącza powoduje rozpoczęcie procedur synchronizacji i nawiązania połączenia. Wszystkie rodzaje sygnałów, jakie mogą wystąpić na styku U, można podzielić na dwie grupy, w zależności od tego, które z urządzeń je wytwarza.

Przebiegi generowane przez NT otrzymały następujące oznaczenia.

TN - Fala prostokątna o częstotliwości 10 kHz i wypełnieniu 1/2 powstała w wyniku cyklicznego wysyłania w linię czterech

symboli +3, po których występują cztery symbole -3. Służy do sygnalizacji żądania nawiązania połączenia zgłoszonego przez abonenta.

- SN0 - Brak nadawania sygnału do linii. Stan ten występuje w czasie spoczynku oraz jest sygnałem, iż urządzenie NT zakończyło proces testowania układu kasowania echa.
- SN1 - Sygnał służący do przeprowadzania przez NT testów układu kasowania echa, których celem jest dobranie odpowiednich wag współczynników sprzężenia zwrotnego. Pozwala to NT optymalnie dopasować się do parametrów linii, z którą współpracuje. Generowany przebieg posiada strukturę ramki (ale bez wydzielonej superramki), w której wszystkie bity elementów 2B + D i kanału M mają logiczną wartość 1. Przebieg binarny przed zakodowaniem jest poddawany skramblowaniu.
- SN2 - Przebieg generowany przez NT, posiadający identyczną postać jak poprzednio. Tym razem jest przeznaczony dla LT, które na jego podstawie przeprowadza testy i dobór współczynników progu decyzyjnego PD pętli sprzężenia zwrotnego DFE (*Decision Feedback Equalizer*) układu korekcji (rys. 18).
- SN3 - Sygnał generowany przez NT, zawierający pełną strukturę ramki i superramki ze skramblowanymi kanałami B, D i M przenoszącymi informację. Stan ten występuje w czasie aktywnej pracy styku U.

Sygnały generowane przez zakończenie centralowe LT oznaczono następująco:

- TL - Fala prostokątna o częstotliwości 10 kHz i wypełnieniu 1/2 powstała w wyniku cyklicznego wysyłania w linię czterech

symboli +3, po których występują cztery symbole -3. Służy do sygnalizacji żądania nawiązania połączenia zgłoszonego przez sieć.

- SLO - Brak nadawania sygnału do linii. Stan ten występuje w czasie spoczynku oraz we wstępnej fazie nawiązywania połączenia na styku U.
- SL1 - Sygnał służący do przeprowadzania przez LT testów układu kasowania echa, których celem jest dobranie odpowiednich wag współczynników sprzężenia zwrotnego. Pozwala to LT dopasować się optymalnie do parametrów linii, z którą współpracuje. Generowany przebieg posiada strukturę ramki (ale bez wydzielonej superramki), w której wszystkie bity elementów 2B + D i kanału M mają logiczną wartość 1. Przebieg binarny przed zakodowaniem jest poddawany skramblowaniu.
- SL2 - Sygnał mający strukturę ramki (ale bez wydzielonej superramki), w której wszystkie bity elementów 2B + D mają logiczną wartość 0, natomiast kanał M przenosi informacje utrzymaniową. Przebieg binarny przed zakodowaniem jest poddawany skramblowaniu. Sygnał ten przeznaczono dla NT, które na jego podstawie przeprowadza testy i dobór współczynników progu decyzyjnego DFE pętli sprzężenia zwrotnego układu korekcji.
- SL3 - Sygnał generowany przez LT, zawierający pełną strukturę ramki i superramki ze skramblowanymi kanałami B, D i M przenoszącymi informację. Stan ten występuje w czasie aktywnej pracy styku U.

Jak już powiedziano, w czasie spoczynku oba urządzenia (NT i LT) utrzymują na linii stan jałowy (SNO i SLO). Jeżeli abonent zgłosi żądanie nawiązania jakiegoś połączenia, NT rozpocznie wysy-

lanie przebiegu prostokątnego o częstotliwości 10 kHz (NT). Stan ten jest podtrzymywany przez 9 ms. Po tym czasie NT rozpoczyna nadawanie sygnału SN1. Ponieważ LT w dalszym ciągu powinno utrzymywać stan jałowy (SL0) dla kierunku od centrali do abonenta, dlatego sygnał docierający do odbiornika NT powstaje jedynie wskutek przeniku w rozgałęźniku i odbić w linii abonenckiej (rys. 18). Uzyskuje się w ten sposób optymalne warunki do pomiaru wielkości tych efektów i dobrania właściwych nastaw dla układu kompensacji echa. Powinny one zapewnić likwidację (sprowadzić do minimum) sygnału w torze odbiorczym NT. Po zakończeniu procedury równoważenia kasownika echa NT ponownie wprowadza linię w stan jałowy (SN0).

Gdy LT wykryje ciszę w łączu rozpoczyna wysyłanie przebiegu SL1. Sytuacja jest dualna do opisanej poprzednio. Tym razem jedyny sygnał w łączu stanowi przebieg generowany przez LT i w związku z tym jest możliwe przeprowadzenie testów kompensatora echa tego urządzenia. Po zakończeniu tej procedury LT rozpoczyna wysyłanie fal, SL2, na co NT odpowiada zakończeniem utrzymywania stanu jałowego i generacją sygnału SN2. Oba urządzenia przeprowadzają teraz procedury optymalizacji współczynników progu decyzyjnego pętli DFE kompensatora K (rys. 18). NT dodatkowo wykorzystuje przebieg SL2 do wyodrębnienia z linii sygnału zegarowego i zsynchronizowania swej ramki z ramką LT.

Ostatnią fazą nawiązania połączenia jest przejście przez oba układy do wysyłania przebiegu S3 i SL3, zawierających w pełnej strukturze ramki i superramki informacje użytkowe [10].

Opisana powyżej procedura wygląda bardzo podobnie również w przypadku, gdy żądanie nawiązania połączenia zostanie zgłoszone przez sieć a nie abonenta. Pełny algorytm procedur aktywacji styku U można znaleźć w [10]. Należy jednak nadmienić, że jego struktura jest znacznie bardziej rozbudowana niż przedstawiona powyżej, gdyż

musi zawierać opis reakcji NT i LT na sytuacje awaryjne (np. przerwanie łącza, zbyt dużą stopę błędów lub niemożliwość osiągnięcia wystarczająco skutecznej kompensacji echa). Rozpoznawanie i obsługa tych przypadków są oparte na stosowaniu techniki tzw. *time out*, czyli określenia maksymalnego czasu, w którym dana procedura powinna zostać pozytywnie zakończona i sygnalizowaniu błędu, gdy to nie nastąpi przed jego upływem.

Proces synchronizowania ramki podstawowej BFS - *Basic Frame Synchronization* (rys. 19) polega na poszukiwaniu w odbieranym przebiegu słów SW i ISW. Zakłada się, że stan synchronizacji ramki został osiągnięty, jeżeli odebrano kolejno co najmniej trzy słowa synchronizujące w odstępach dokładnie 120 symboli (długość ramki podstawowej). Utrata synchronizacji ramki jest sygnalizowana, jeżeli dwie kolejne ramki zostały odebrane z więcej niż jednym błędnym symbolem w słowie synchronizującym (SW lub ISW).

Dopiero po zakończeniu procesu BFS rozpoczyna się synchronizacja superramki SFS (*Super Frame Synchronization*). Stan ten uznaje się za osiągnięty natychmiast po napotkaniu w odbieranym przebiegu słowa ISW właściwie usytuowanego względem innych SW. Utrata synchronizacji superramki jest możliwa w trzech przypadkach:

- został utracony stan synchronizacji ramki podstawowej,
- ISW nie wystąpiło po odebraniu ósmej ramki w superramce,
- ISW zostało odebrane w czasie, gdy nie było oczekiwane.

W wymienionych przypadkach następuje sygnalizacja utraty synchronizacji superramki (ewentualnie również ramki podstawowej) i natychmiast są uruchamiane procedury ponownego poszukiwania synchronizacji.

4. STRUKTURA STYKU S I T

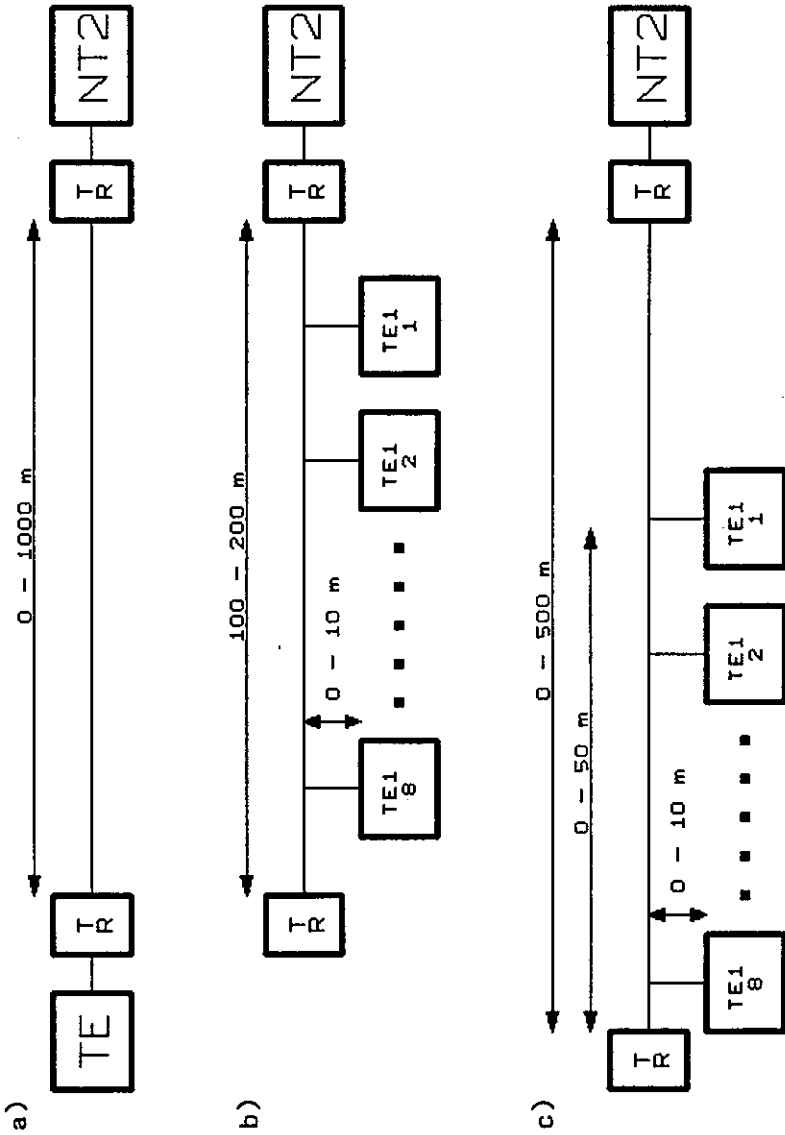
Doprowadzenie końcówki sieci ISDN do abonenta kończy się zainstalowaniem u niego puszkki, zawierającej układ zakończenia sieciowego NT1. Od tego miejsca pokrywającego się ze stykiem T w modelu dostępu podstawowego wszystkie elementy, umożliwiające dołączanie urządzeń końcowych abonenta do sieci podlegają międzynarodowej standaryzacji.

Jak już wspomniano, różnica między stykiem S i T polega na tym, że na przekroju T dopuszcza się wyłącznie połączenie dwupunktowe, natomiast styk S został zdefiniowany dla pracy wielopunktowej. Pozostałe charakterystyki elektryczne, mechaniczne, jak również sposób ramkowania informacji są w obu przekrojach identyczne. Korzystając z tego, oba styki zostaną omówione razem z uwzględnieniem dodatkowych mechanizmów wielodostępu do kanału D, które z wymienionych wyżej względów są implementowane tylko w przekroju S.

W odróżnieniu od styku U problemy zapewnienia poprawnej transmisji między NT1 i NT2 oraz NT2 i TE nie są tak złożone. Wynika to głównie z mniejszych dopuszczalnych odległości między poszczególnymi urządzeniami oraz zastosowania łączy czteroprzewodowego, zapewniającego oddzielną parę przewodów dla transmisji w każdym z kierunków. Impedancję falową linii ustalono na 100Ω .

Dla styku S przewiduje się trzy podstawowe konfiguracje urządzeń końcowych [10] przedstawione na rys. 21.

Połączenie punkt - punkt (*Point to Point*) jest stosowane w przypadku używania przez abonenta tylko jednego urządzenia końcowego (np. terminala wielofunkcyjnego). Zbyteczne staje się wówczas dołączanie układu NT2 (choć oczywiście jego obecność nie przeszkadza), gdyż mechanizmy styku T są w tej konfiguracji zupełnie wystarczające. Długość linii łączącej terminal z NT może wynosić 1000 m.



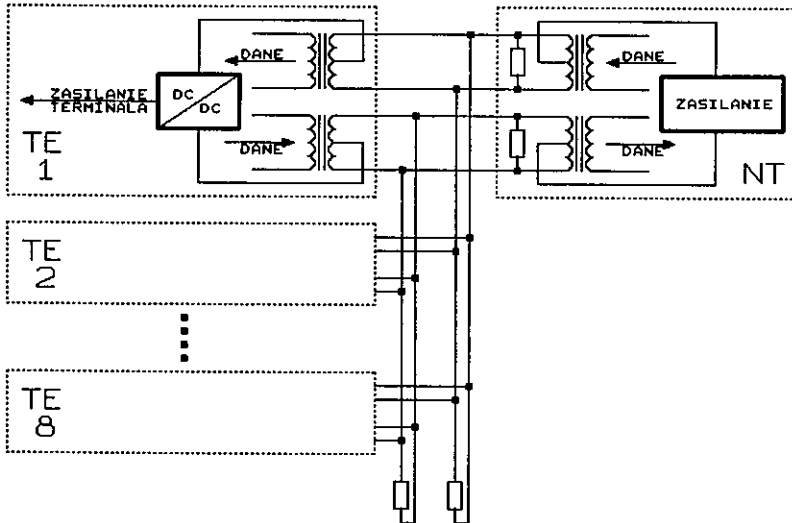
Rys. 21. Dopuszczalne konfiguracje urządzeń na styku U

a) połączenie dwupunktowe; b) krótka magistrala pasywna; c) długa magistrala pasywna

Dla umożliwienia podłączenia kilku terminali znajdujących się blisko zakończenia sieciowego (tym razem musi nim być NT2) stosuje się strukturę tzw. krótkiej magistrali pasywnej (*Short Passive Bus*). Jej maksymalna długość może sięgać 100 - 200 m (100 m dla impedancji przewodów 75 Ω , 200 m dla przewodów o impedancji 150 Ω), a doprowadzenia terminali nie mogą być dłuższe od 10 m.

W przypadku podłączenia grupy oddalonych od zakończenia sieciowego urządzeń końcowych jest stosowana konfiguracja wydłużonej magistrali pasywnej (*Extended Passive Bus*). Jej długość nie może przekroczyć 500 m, a wszystkie terminale muszą zostać dołączone na odcinku nie dłuższym niż 50 m przewodami maksymalnie 10 m. Należy zwrócić uwagę, iż we wszystkich przypadkach oba końce łącza muszą zostać zakończone rezystorami dopasowującymi $TR = 100 \Omega$

Elektryczną strukturę styku S pokazano na rys. 22. Jak już wspomniano, transmisja w obu kierunkach odbywa się po oddzielnych

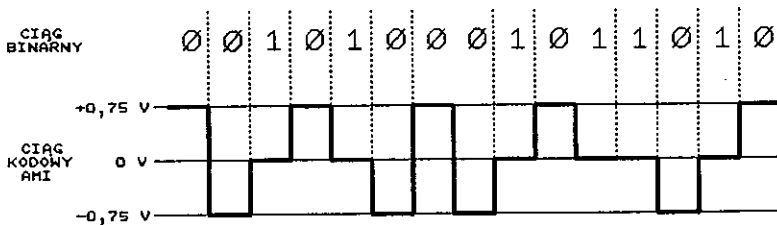


Rys. 22. Struktura elektryczna styku S

parach przewodów zakończonych w NT i TE transformatorami symetryzującymi. Napięcie stałe, służące do zasilania terminala (w wypadku rozbudowanych terminali przewiduje się jedynie podtrzymywanie najważniejszych funkcji i stosowanie dodatkowego źródła napięcia), jest dostarczane z NT przez tzw. tor pochodny.

4.1. Kod transmisyjny i ramkowanie informacji na styku S i T

Na stykach S i T stosuje się do transmisji zmodyfikowany kod AMI (*Alternate Mark Inversion*). Binarnej jedynce jest przypisywany w linii stan braku napięcia (*space*), natomiast zera koduje się symbolami (*mark*) o zmieniającej się polaryzacji [8]. Przykładową sekwencją binarną i odpowiadający jej ciąg kodowy AMI zaprezentowano na rys. 23.

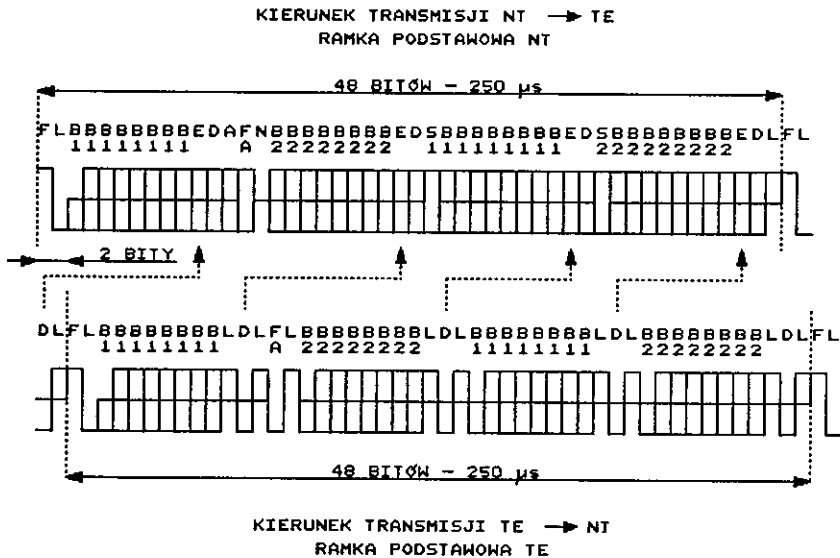


Rys. 23. Transmisyjny kod AMI

W przekrojach S i T symbolowi o polaryzacji dodatniej przypisano poziom 0,75 V, a symbolowi o polaryzacji ujemnej poziom -0,75 V. Każde wystąpienie zera powoduje polaryzację linii w kierunku odwrotnym do występującej ostatnio. W ten sposób unika się powstawania składowej stałej.

Na stykach S i T stosuje się transmisję duplexową z szybkością 192 kbit/s. Pasma 144 kbit/s jest zajmowane przez kanały B i D

($2 \cdot 64 \text{ kbit/s} + 16 \text{ kbit/s}$). Pozostałą przepustowość przyznano bitom synchronizacji ramki, kasowania składowej stałej i dodatkowego kanału utrzymaniowego. Ramki dla poszczególnych kierunków transmisji mają identyczną długość, ale różnią się nieznacznie sposobem wykorzystania poszczególnych bitów. Podstawowy format obu ramek przedstawiono na rys. 24.



Rys. 24. Format ramki na styku S i T

Zgodnie z zasadami stosowania hierarchicznej synchronizacji, terminal odzyskuje podstawę czasu z sygnału odbieranego od NT. Jest ona następnie stosowana do taktowania danych nadawanych przez TE. W ten sposób między obiema ramkami występuje stałe przesunięcie równe czasowi trwania dwóch bitów (ramka TE jest opóźniona względem ramki NT). W skład ramki wchodzi po dwa bajty każdego z kanałów B i cztery bity kanału D. Wynika stąd, że

okres jej jest dwukrotnie dłuższy od okresu próbkowania stosowanego dla transmisji fonicznej kanałem B i wynosi $250 \mu\text{s}$ (4 kHz).

Przeznaczenie poszczególnych bitów jest następujące:

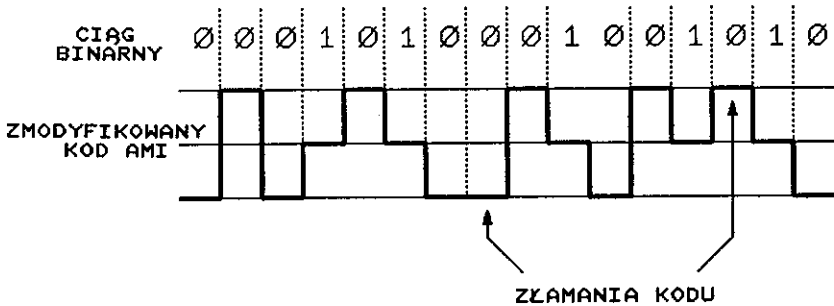
- F - Flaga rozpoczynająca każdą ramkę. Bit ten ma logiczną wartość 0 i zawsze dodatnią polaryzację, co w połączeniu z opisanym dalej tzw. złamaniem kodu umożliwia proste rozpoznawanie początku ramki.
- L - Bity służące do kasowania składowej stałej, która może pojawić się w przypadku nieparzystej liczby zer występujących w transmitowanej informacji. W przypadku ramki TE bity L (których jest tutaj więcej niż w ramce NT) zapewniają również stałą polaryzację symboli kanału D i pierwszego symbolu w każdym kanale B.
- B1 - Bity przenoszące informacje pierwszego z kanałów B.
- B2 - Bity przenoszące informację drugiego z kanałów B.
- D - Bity przenoszące informację transmitowaną kanałem D.
- E - Bity echa kanału D. Występują tylko w ramce NT i retransmitują bity D transmitowane ramką TE. Nie znaczy to, że NT analizuje informację płynącą kanałem D. Retransmisja jego zawartości służy jedynie do umożliwienia monitorowania zajętości tego kanału przez wszystkie terminale współpracujące z daną linią oraz wykrywania ewentualnych kolizji. Na rys. 24 zaznaczono przyporządkowanie bitów E poszczególnym bitom D.
- A - Bit sygnalizacji przejścia w stan aktywny urządzenia NT. Występuje tylko w ramce NT i jest wykorzystywany w czasie aktywacji połączenia na styku S i T.
- FA - Dodatkowy bit synchronizacji ramki. Jego wartość logiczna powinna być zawsze równa zero. Prawdopodobnie w wyniku

braku pełnej standaryzacji bit ten może również przyjmować wartość logiczną 1, co stosuje się w celu synchronizacji tzw. multiramki. Początkowo został on wprowadzony dla kasowania składowej stałej w ramce NT. W obecnych systemach wykorzystujących strukturę multiramki jest używany (tylko w ramce TE) do przenoszenia informacji kanału utrzymaniowego oznaczanego Q.

- N - Bit posiadający wartość logiczną, będącą negacją bitu FA. Standardowo powinien mieć więc zawsze wartość 1, ale w związku z wprowadzaniem rozszerzeniami jego stan może być różny, zawsze jednak przeciwny do FA. Występuje tylko w ramce NT.
- S1 - Pierwszy z bitów zarezerwowanych do przenoszenia informacji utrzymaniowej na styku S i T. Jest obecnie wykorzystywany do synchronizacji multiramki drugiego poziomu i oznaczany symbolem M. Nie należy w żaden sposób kojarzyć go z kanałem M na styku U. Występuje tylko w ramce NT.
- S2 - Drugi z bitów zarezerwowanych do przenoszenia informacji utrzymaniowej. Jest obecnie wykorzystywany do transmisji kanału utrzymaniowego S i tak też oznaczany. Występuje tylko w ramce NT.

Jak już wspomniano, na stykach S i T stosuje się zmodyfikowany (a nie standardowy) kod AMI. Modyfikacja polega na wprowadzeniu tzw. złamań kodu (*violation*). Polegają one na okresowym stosowaniu do kodowania dwóch kolejnych zer symboli o tej samej polaryzacji [10]. Przykład takiego przebiegu przedstawiono na rys. 25.

Oczywiście w dalszym ciągu jest pożądane wyeliminowanie z sygnału transmisyjnego składowej stałej. Aby było to możliwe, po każdym złamaniu kodu powinno nastąpić drugie, ale tym razem dotyczące symboli o przeciwnej polaryzacji (rys. 25).

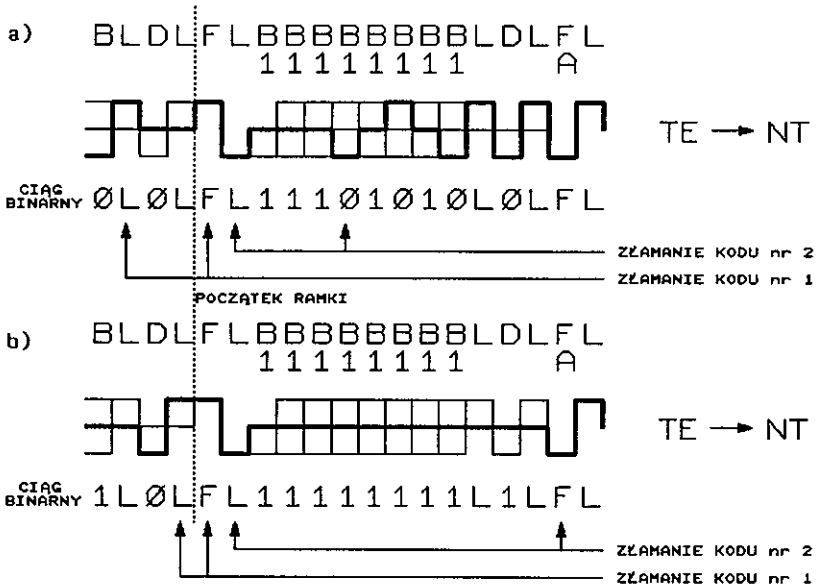


Rys. 25. Zmodyfikowany kod AMI

Wprowadzenie do kodu transmisyjnego opisanej modyfikacji ma na celu zapewnienie prostego sposobu rozpoznawania początku ramki. Każda ramka rozpoczyna się złamaniem kodu wprowadzanym przez bit F w połączeniu z ostatnim symbolem poprzedniej ramki. Ponieważ założono dla ułatwienia rozpoznawania początku ramki, że bit F będzie zawsze symbolem o polaryzacji dodatniej, wynika stąd, że i ostatni symbol ramki musi mieć również taką polaryzację. Pozostaje to także w zgodzie z dążeniem do kasowania składowej stałej wprowadzanej przez bity kanałów B i D, co sprowadza się do uzyskiwania parzystej liczby symboli w ramce. W przypadku ramki TE pierwszy symbol każdego z kanałów B i symbole kanału D mają zawsze polaryzację ujemną (rys. 24), a więc ostatni symbol musi mieć polaryzację dodatnią. Na rys. 26 pokazano dwie przykładowe sekwencje początkowych bitów ramki.

Przypadek A zakłada, że liczba zer w kanale B2 była nieparzysta, co zostało skorygowane pierwszym z widocznych bitów L. Ponieważ bit D nie zmienił ostatniej polaryzacji linii (dodatniej), więc nie ma potrzeby uaktywniania drugiego w kolejności bitu L. Flaga F tworzy w tym przypadku złamanie kodu z przedostatnim w ramce bitem L.

W przykładzie B rozważono przypadek parzystej liczby zer w kanale B i bitu D o wartości logicznej 0. W tym przypadku złamanie

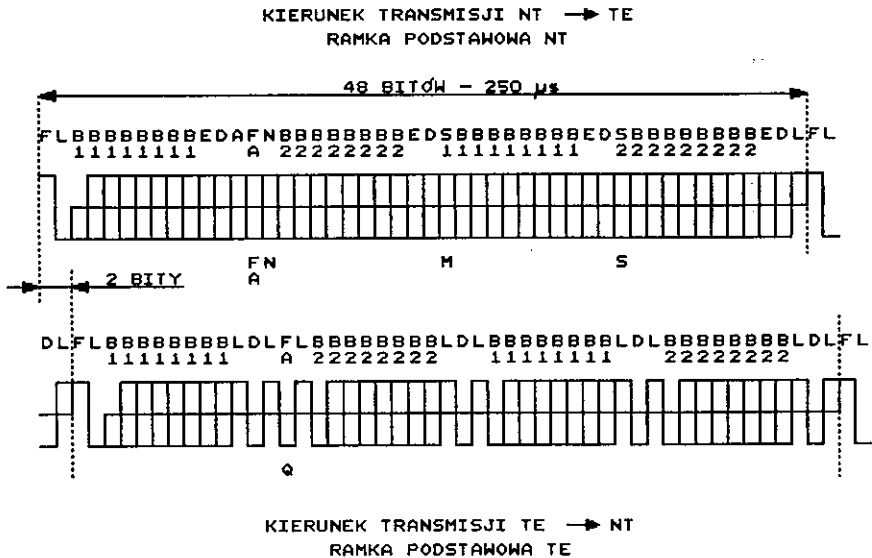


Rys. 26. Synchronizacja ramki

kodu wykorzystuje poza flagą F ostatni bit L zakończonej ramki. W podobny sposób można rozpatrzeć również inne przypadki.

Drugie ze złamań kodu jest tworzone przez pierwszy bit L danej ramki (zawsze posiadający ujemną polaryzację) i pierwszy symbol w kanale B lub D (rys. 26a). Nie może być do tego celu wykorzystany następny z bitów L, gdyż poza pierwszym w ramce mają one zawsze postać spacji (logiczna jedynka) lub symbolu o dodatniej polaryzacji (rys. 24). Jeżeli wszystkie bity kanału B1 i pierwszy bit kanału D są jedynkami, to złamanie kodu tworzy się przez flagę pomocniczą FA, która powinna być zawsze bitem zerowym. Jest to zgodne z zaleceniem CCITT nakazującym kasowanie składowej stałej na styku S i T w czasie nie dłuższym niż okres transmisji czternastu bitów. Licząc od flagi F, wprowadzającej nieskompensowaną składową stałą, bit FA jest właśnie czternastym w kolejności.

Poza omawianą ramką na styku S i T są używane dodatkowe struktury, służące głównie synchronizacji transmisji kanał utrzymano-
wego. W rozwiązaniach stosowanych m.in. przez firmę MITEL została zdefiniowana tzw. multiramka (*multiframe*) i multiramka drugiego poziomu (*multiframe level 2*). Aby ułatwić ich wprowadzenie dokonano pewnych modyfikacji standardowej struktury ramki przez nadanie niektórym bitom dodatkowych funkcji. Zmodernizowaną postać ramki przedstawiono na rys. 27, który pod bitami o zmiennej funkcji podaje ich nowe oznaczenie.



Rys. 27. Struktura zmodyfikowanej ramki

Multiramka składa się z pięciu ramek podstawowych. Jej synchronizacja jest możliwa dzięki nadaniu bitowi FA dodatkowego znaczenia, różnego dla obu kierunków transmisji. W przypadku ramki NT flaga FA przyjmuje wartość logicznej jedynki (standardowo jest zawsze zerem - rys. 24) w pierwszej ramce multiramki. Jednocześnie

zmienia się wartość bitu N (na logiczne zero), zgodnie z założeniem, iż jest on zanegowany w stosunku do wartości FA. Stanowi to przyczynę niezupełnego realizowania zalecenia CCITT odnośnie kasowania składowej stałej w ciągu czasu transmisji maksymalnie czternastu bitów. Jeżeli bowiem wystąpi rozpatrywany wcześniej przypadek, w którym wszystkie bity kanału B1 i pierwszy bit kanału D są jedynekami oraz flaga FA jest również jedynką (początek multiramki), to drugie złamanie kodu nastąpi dopiero na bicie N, który jest piętnastym licząc od flagi F. W praktyce nie ma to większego znaczenia, choć wpłynęło na zmodyfikowanie stosowanej przez firmę MITEL procedury sygnalizacji utraty synchronizacji ramki.

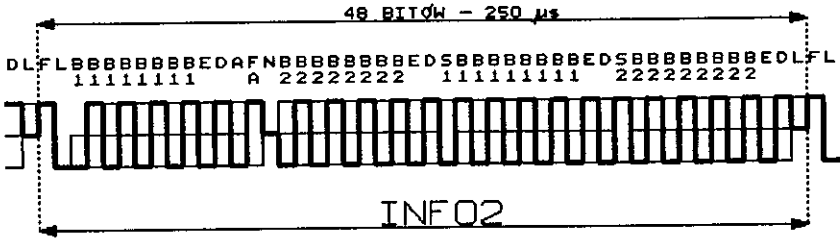
W przypadku ramki TE bit FA przesyła informacje kanału utrzymaniowego Q. Dzieje się to jedynie w pierwszej ramce multiramki (po odebraniu przez TE flagi FA o wartości 1). W pozostałych ramkach FA jest zawsze zerem.

Bit S1 jest wykorzystywany do wyznaczania początku multiramki drugiego poziomu i oznaczany M. Multiramka drugiego poziomu zawiera 4 multiramki, a więc 20 ramek podstawowych. Pierwsza z tych 20 ramek ma bit M o wartości logicznej 1, w pozostałych jest on zawsze równy 0. Wprowadzenie tego bitu pozwala na grupowanie bitów kanału utrzymaniowego.

Ostatnim zmodyfikowanym bitem jest S2, oznaczany teraz S. Przesyła on informację utrzymaniową kanału S z NT do TE. Przepustowość kanału S jest pięciokrotnie większa od przepustowości kanału Q dzięki temu, że jego bity są przesyłane w każdej, a nie tylko pierwszej ramce multiramki. Uzależnienia czasowe poszczególnych bitów zaprezentowano w tabl. 2.

Do nawiązywania połączenia na stykach S i T wykorzystuje się pięć zdefiniowanych w tym celu sygnałów. Występują one zawsze w ściśle określonej sekwencji i są oznaczone symbolami INFO - INFO4. Mają zadanie powiadomić urządzenie na drugim końcu styku o wykryciu zgłoszenia (abonenta lub centrali) i umożliwić uzyskanie

KIERUNEK TRANSMISJI NT → TE
 RAMKA PODSTAWOWA NT B, D, E, A = 0



Rys. 29. Struktura sygnału INFO2

INFO2 różni się od ramki używanej do transmisji danych zerową wartością bitu A (nieaktywność NT). Oczywiście INFO2 nie jest w żaden sposób zsynchronizowane z INFO1, a jego faza początkowa zostaje określona przez przebiegi na styku U.

Po uzyskaniu pełnej synchronizacji zegara TE z sygnałem INFO2 (w tym również rozpoznaniu fazy czoła ramki) terminal rozpoczyna wysyłanie ciągów INFO3. Jest to oznaczenie pełnej ramki podstawowej zawierającej wszystkie dane.

Ostatni etap nawiązania połączenia na styku S stanowi rozpoznanie przez NT sygnału INFO3. Stan ten uważa się za osiągnięty, gdy NT odbierze poprawnie dwie kolejne ramki TE opóźnione o dwa bity w stosunku do czoła ramki NT. Od tego momentu zakończenie sieciowe będzie wysyłać do TE sygnał INFO4 o strukturze i fazie zgodnej z INFO2, ale bitem A ustawionym na 1, co sygnalizuje pełne uaktywnienie NT [10].

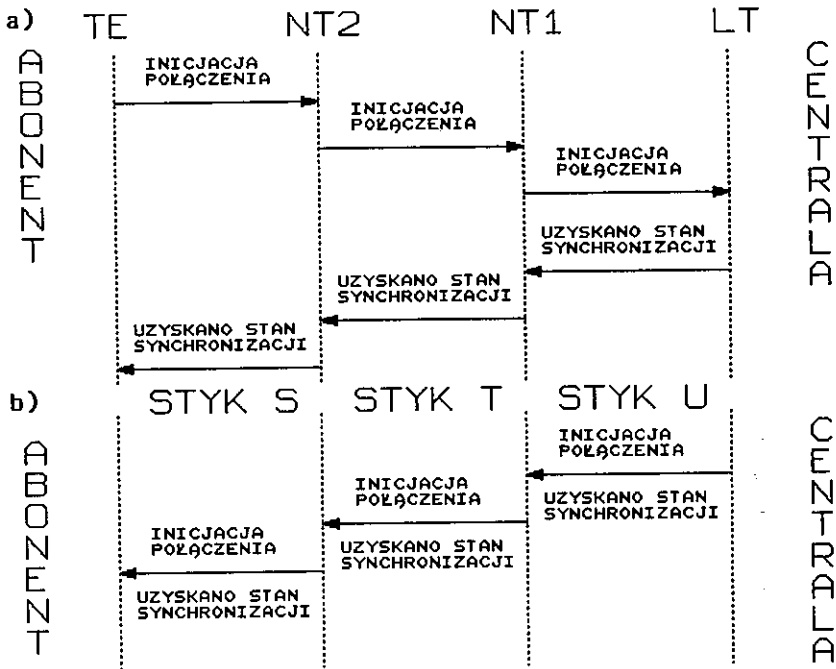
W przypadku gdy żądanie nawiązania połączenia zostanie zgłoszone przez centralę, w pierwszej kolejności nastąpi uaktywnienie styku U. Następną fazą jest nawiązanie połączenia na styku S. Tym razem stroną inicjującą okazuje się urządzenie NT, więc etap wysyłania przez TE INFO1 jest pomijany i procedura rozpoczyna się od wysła-

nia INFO2 przez NT w celu dostarczenia terminalom podstawy czasu. Kolejne fazy synchronizacji transmisji na przekroju S są identyczne do omówionych powyżej.

W przedstawionym opisie dopuszczono się pewnego uproszczenia, polegającego na nieuwzględnianiu procesów zachodzących na styku T. Procedury nawiązania połączenia na tym przekroju pokrywają się w pełni ze zdefiniowanymi dla styku S. Czas rozpoczęcia ich realizacji ściśle odpowiada lokalizacji tego przekroju w strukturze dostępu abonenta do sieci ISDN (rys. 8). Tak więc, jeżeli połączenie jest inicjowane przez abonenta, to w pierwszej kolejności rozpoczyna się aktywacja styku S. Jeden z jej etapów stanowi inicjowanie przez NT2 połączenia na styku T. Ponieważ aktywizacja przebiega w sposób identyczny jak poprzednia (można powiedzieć, iż proces ten jest w pewnym sensie rekurencyjny), powoduje więc przekazanie zgłoszenia do kolejnego przekroju, którym jest styk U. Po uzyskaniu stanu aktywnego na tym styku może zostać kontynuowany proces synchronizacji połączenia łącza T. Z kolei zamknięcie tego etapu prowadzi do zakończenia synchronizacji styku S i tym samym nawiązania połączenia terminala z centralą. Odpowiadający tej procedurze diagram czasowy pokazano na rys. 30a.

Jeżeli aktywacja styku abonent-sieć jest inicjowana od strony sieci to procedura przedstawiona wyżej upraszcza się i skraca. Powoduje to, iż urządzenie rozpoczynające aktywację danego przekroju jest dla niego równocześnie źródłem podstawy czasu. W ten sposób etap "wywołania" układu obsługującego drugi koniec danej linii pokrywa się częściowo z procesem synchronizacji transmisji. Odpowiedni diagram czasowy zaprezentowano na rys. 30b.

W okresie nawiązywania połączenia na styku S mogą wystąpić błędy w odczytywaniu poszczególnych sygnałów. Pierwszą ich przyczyną może być rozpoczęcie przez terminal wysyłania sygnału INFO1 w czasie, gdy jest on już nadawany przez inne urządzenie TE. Układ NT po utracie prawidłowego sygnału "wywołania" na okres dłuższy



Rys. 30. Diagram czasowy połączenia inicjowanego
a) przez abonenta; b) przez sieć

niż określony normą CCITT przejdzie ponownie do stanu jałowego, wprowadzając na linię INFO0, co spowoduje wycofanie się z nadawania przynajmniej jednego z terminali.

W przypadku gdy NT utraci poprawną identyfikację początków kolejnych ramek TE, przejdzie on do wysyłania sygnału INFO2, który powinien zmusić terminale do prawidłowego zsynchronizowania się z przebiegiem wzorcowym.

Utrata synchronizacji ramki następuje w NT po odebraniu kolejno co najmniej dwóch ramek z błędnie rozpoznaną (lub nierozpoznaną) fazą ich początku. W związku z opisanymi w poprzednim podpunkcie modyfikacjami wykorzystania bitów ramki podstawowej, firma

MITEL zwiększyła w swych aplikacjach do trzech minimalną liczbę błędnie zsynchronizowanych ramek powodującą przejście do stanu INFO2.

Jeżeli terminal wypadnie z synchronizmu w czasie transmisji, to natychmiast kończy on wysyłanie sygnału INFO3 (ramki z danymi), przechodząc do stanu INFO0. W ten sposób istnieje szansa, iż dane transmitowane przez inny terminal, wykorzystujący np. drugi z kanałów B, nie zostaną zniszczone.

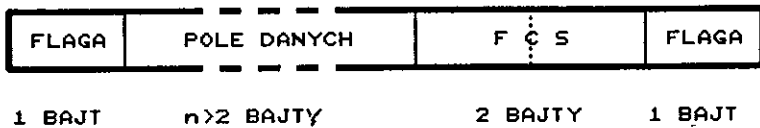
5. PROTOKÓŁ TRANSMISYJNY WARSTWY DRUGIEJ

Na styku abonenta z siecią jest zdefiniowana pierwsza warstwa dla połączeń w kanale B i trzy najniższe poziomy dla komunikacji pakietowej w kanale D. W poprzednich punktach zostały omówione charakterystyki warstwy fizycznej, określające m.in. sposób kodowania i ramkowania informacji. Są one oczywiście wspólne dla wszystkich kanałów. Zgodnie z założeniem o minimalizacji ingerencji sieci w informację transmitowaną kanałem B (celem zapewnienia jego maksymalnej przezroczystości) warstwa pierwsza jest w jego przypadku jedyną zdefiniowaną. Inaczej przedstawia się sytuacja w przypadku kanału D. Jedną z jego podstawowych funkcji jest przenoszenie informacji sygnalizacyjnej użytkownik - sieć. Wynika stąd, iż sieć musi nie tylko monitorować, ale i w pełni rozumieć dane transmitowane tym kanałem. Konieczne jest więc zapewnienie jednolitego formatu tych informacji, co prowadzi do narzucenia standardu wykorzystywanych protokołów. Standaryzacja obejmuje poza pierwszą warstwą także dwie następne.

5.1. Protokół HDLC

Na styku warstwy drugiej i pierwszej dla transmisji pakietowej wykorzystuje się protokół HDLC. Jego zadaniem jest przede

wszystkim umożliwienie wielodostępu do kanału sygnalizacyjnego. Informacja przesyłana z udziałem protokołu HDLC ma postać bloków, nazywanych ramkami HDLC. Ramka HDLC nie jest konstrukcją fizyczną, lecz logiczną. Jej kolejne bity są transmitowane na styku użytkownik - sieć, wykorzystując bity D fizycznej ramki przekroju S, T i U. Podstawowy format ramki HDLC przedstawiono na rys. 31.



Rys. 31. Format ramki HDLC

Początek i koniec ramki są jednoznacznie wyznaczane przez bajty flagi. Flaga złożona jest z zera sześciu jedynek i kończącego ją zera (01111110).

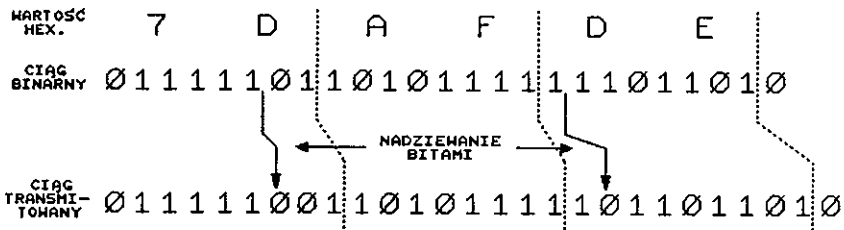
Pole danych przynosi informację dostarczoną z wyższego poziomu. Dwa przedostatnie bajty, oznaczane FCS (*Frame Check Sequence*), są ciągiem kontrolnym. Jest on obliczany jako reszta z dzielenia przesyłanych danych przez wielomian generujący kodu cyklicznego o postaci:

$$x^{16} \oplus x^{12} \oplus x^5 \oplus 1$$

Aby umożliwić jednoznaczne rozpoznawanie flag rozpoczynających i kończących ramkę, wystarczy zapewnić, aby sekwencja sześciu jedynek występowała jedynie w polu FLAGA (F). W tym celu protokół HDLC został wyposażony w procedurę tzw. nadziewania bitami (*bit stuffing*). Polega ona na wstawianiu przez nadajnik zera po każdej sekwencji pięciu jedynek. W ten sposób ciąg złożony z sześciu jedynek może wystąpić tylko w polu F, co pozwala na jego bezbłędną identyfikację. W odbiorniku usuwa się zera następujące po sekwencji

pięciu jedynek, przywracając ciągowi danych i FCS ich pierwotną formę.

Procedura nadziewania bitami działa nie na kolejnych bajtach, lecz na strumieniu bitów. Nie jest bowiem istotne, czy sekwencja pięciu jedynek znajduje się wewnątrz konkretnego oktetu, czy też wystąpi w wyniku sklejenia dwóch sąsiednich bajtów. Przykładowy strumień danych i odpowiadający jej ciąg kodowy HDLC pokazano na rys. 32.



Rys. 32. Nadziewanie bitami w protokole HDLC

Jak widać z rys. 32, wprowadzenie nadziewania bitami powoduje wydłużenie ciągu bitowego. W rezultacie transmitowana sekwencja nie musi zawierać całkowitej wielokrotności oktetów. Podczas kodowania zacierają się również granice między kolejnymi bajtami. Z wymienionych wyżej powodów protokół HDLC jest określany jako zorientowany bitowo (a nie bajtowo lub znakowo). W pełni pokrywa się to z definicją warstwy drugiej, której podstawową funkcją jest zapewnienie bezbłędnej transmisji właśnie na poziomie bitowym.

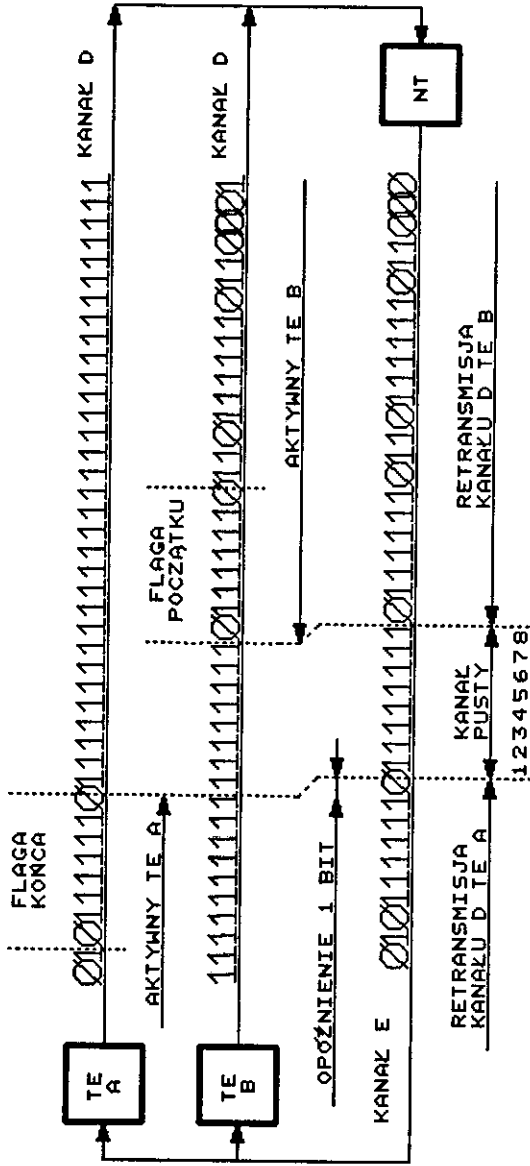
5.2. Wielodostęp do kanału D

Dołączanie wielu terminali do styku S wymaga rozwiązania problemu wielodostępu do wspólnego medium transmisyjnego. Zagadnienie to można w zasadzie ograniczyć do wielodostępu do kanału D. Wynika to z faktu, iż połączenia wykorzystujące kanały B muszą być

poprzedzone procesem wymiany informacji sygnalizacyjnej abonent - centrala, używającym pakietowego kanału D. Przydzielenie terminalowi jednego lub obu kanałów B następuje natomiast dopiero po stwierdzeniu przez sieć, czy w danej chwili nie są one zajęte. Możliwość taka nie istnieje oczywiście w przypadku rozpoczynania transmisji informacji sygnalizacyjnej na skutek zgłoszenia jakiegoś żądania przez abonenta. Jediną możliwością powiadomienia o nim sieci jest bowiem wykorzystanie kanału D następujące z inicjatywy terminala.

Wielodostęp do kanału D został zapewniony dzięki zastosowaniu w warstwie pierwszej mechanizmu CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access - Collision Detection*), umożliwiającego urządzeniom końcowym stwierdzenie zajętości tego kanału oraz wykrywanie ewentualnych kolizji. Niezwykle istotną rolę w procedurach CSMA/CD odgrywają bity E ramki NT. Zadaniem ich jest retransmisja do terminali danych, które urządzenie NT odbiera kanałem D (rys. 24). Terminal wykorzystujący aktualnie kanał D, śledząc informację transmitowaną w kanale E, sprawdza, czy pokrywa się ona z tą, którą ostatnio wysłał. Jeżeli test wypadnie negatywnie, świadczy to o tym, że na styku S nastąpiła kolizja dwóch strumieni danych. Proces wykrywania kolizji zostanie omówiony dokładniej w podpunkcie 5.2.2.

Druga funkcja bitów echowych E sprowadza się do informowania terminali, czy kanał D jest aktualnie wykorzystywany. Mechanizm nadziewania bitami wbudowany w protokół HDLC zapewnia, że w czasie trwania transmisji dowolnej informacji najdłuższa możliwa sekwencja jedynek nie może przekroczyć sześciu bitów (flaga ramki HDLC). Kontrola zajętości kanału polega więc na zliczaniu występujących po sobie jedynek w kanale E. Jeżeli zostanie znaleziona sekwencja siedmiu lub większej liczby takich bitów, oznacza to, iż kanał D został zwolniony. Proces przejścia kanału D przez oczekujący na rozpoczęcie transmisji terminal zilustrowano na rys. 33.



Rys. 33. Przejście kanału D przez oczekujący na transmisję terminal

Terminal oznaczony na rys. 33 jako TE A, kończąc transmisję ramki, wysyła flagę ograniczającą blok informacji, a następnie przechodzi do utrzymywania linii w stanie jałowym. Dla NT objawia się to odbieraniem bitów jedynekowych (brak w łączy napięcia reprezentującego symbol). Sekwencja odbieranych bitów jest retransmitowana przez NT w kanale E i w ten sposób dociera do drugiego terminala (TE B), czekającego na zwolnienie kanału. W chwili zdekodowania przez TE B siódmej jedynek można by już uznać, że kanał D jest pusty. Standard CCITT zaleca jednak sprawdzenie jeszcze jednego bitu, co ma na celu poprawienie wiarygodności tej operacji. Na łączy trafia w końcu flaga rozpoczynająca kolejną ramkę HDLC. Jej pierwszy bit przypada na ósmy bit spacji w kanale E, ale jest dziewiątym bitem w kanale D, licząc od końca poprzedniej ramki. Wynika to z opóźnienia fazy kanału E względem D, co można zaobserwować na rys. 24. Minimalny odstęp między flagą kończącą i rozpoczynającą kolejne ramki HDLC wynosi więc osiem bitów jedynekowych (rys. 33).

5.2.1. System priorytetów dostępu do kanału D

W celu wprowadzenia zróżnicowania terminali pod względem uprawnień dostępu do kanału D oraz wyrównania szans w obrębie danej grupy uprzywilejowania został zdefiniowany specjalny system priorytetów korzystania ze wspólnego medium transmisyjnego. Terminale współpracujące z danym stykiem S mogą zostać podzielone na dwie grupy, tzw. klasy (*Class*). Zalecenia CCITT nie określają liczności urządzeń końcowych (TE) przypisanych do każdej z klas, a jedynie ich maksymalną sumaryczną liczbę równą osiem. Deklarowanie przynależności terminala do danej klasy leży w gestii użytkownika. W zależności od budowy urządzenia może być ono przeprowadzane jednorazowo w trakcie jego instalowania lub dowolnie zmieniane stosownie do potrzeb, np. programowo. Klasa wyższego

uprzywilejowania jest oznaczana symbolem High, a niższa - symbolem Low.

W obrębie obu klas występują dwa poziomy priorytetów, oznaczone podobnie jak klasy High i Low. Tym razem przyporządkowanie urządzeniu jednego z nich pozostaje wewnętrzną funkcją sieci i użytkownik nie ma do niej dostępu.

Proces ubiegania się o transmisję kanałem D uwzględnia klasę i aktualny poziom priorytetu przypisany terminalowi w postaci wydłużenia jego czasu oczekiwania na możliwość rozpoczęcia nadawania swej informacji. Dla urządzenia posiadającego wyższą klasę i poziom High czas ten jest najkrótszy. Ma ono prawo inicjacji transmisji po zdekodowaniu w kanale E ósmej jedynek, a więc - tak jak to opisano wcześniej - odstęp między końcem i początkiem kolejnych ramek HDLC trwa minimum osiem bitów. Dla terminala posiadającego tę samą klasę, ale niższy poziom uprzywilejowania okres oczekiwania wydłuża się o następny bit. Jego ramka jest więc opóźniona o 9 bitów i zostanie rozpoczęta tylko wówczas, gdy kanał nie zostanie wcześniej zajęty przez urządzenie posiadające wyższy poziom priorytetu. Czasy rozpoczęcia transmisji (względem końca poprzedniej ramki HDLC) przez urządzenia posiadające różne klasy i poziomy uprzywilejowania podano w tabl. 3.

Tablica 3
Zestawienie czasu rozpoczęcia transmisji
dla klas i poziomów priorytetów

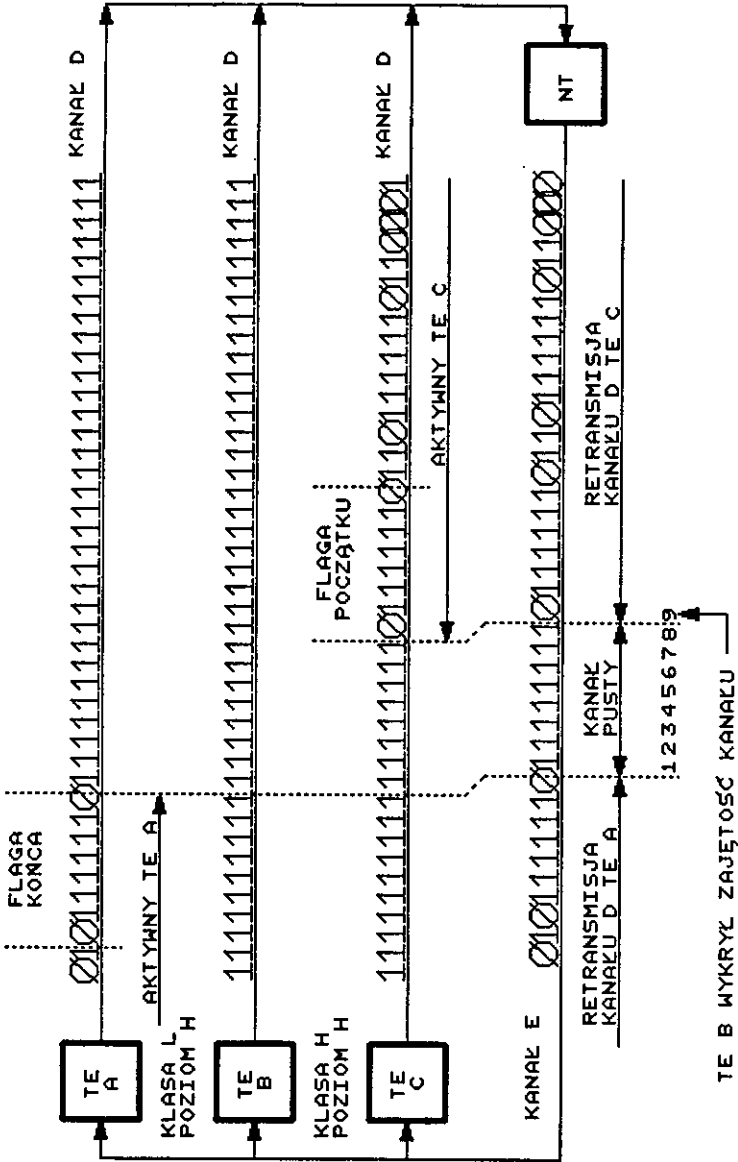
Klasa	Poziom	Długość przerwy
High	High	8
	Low	9
Low	High	10
	Low	11

Na rys. 34 przedstawiono rywalizację dwóch terminali posiadających różne prawa dostępu o nadawanie w kanale D.

Po zakończeniu transmisji przez TE A oba terminale zliczają jedyneki retransmitowane kanałem E. Proces liczenia jedynek trwa oczywiście również w czasie nadawania przez TE A zawartości ramki HDLC. Ponieważ jednak pojawienie się zerowego bitu E kasuje liczniki oczekujących terminali, w rozpatrywanym okresie nie mają one możliwości zebrania odpowiedniej liczby spacji (odpowiadających stanowi logicznemu 1).

W związku z tym, że urządzenie TE C ma stopień uprzywilejowania pozwalający mu rozpocząć nadawanie w momencie zdekodowania ósmej jedyneki z kanału E, dziewiątym bitem będzie zero rozpoczynające jego ramkę. Powoduje to wyzerowanie licznika TE B, który nie zdołał skompletować wymaganej liczby dziesięciu spacji.

Użytkownik, przypisując terminalom klasy, określa w sposób jednoznaczny, które z nich mają większe szanse w rywalizacji o dostęp do wspólnego medium. Zachodzi jednak potrzeba wyrównania szans w obrębie każdej z dwóch zdefiniowanych grup, w szczególności zapewnienia, żeby żadne z urządzeń nie czekało na swą kolejkę zbyt długo. Aby to osiągnąć, zastosowano mechanizm przypominający rotację priorytetów w mikroprocesorowych systemach przerwań. Terminal oczekujący na swą kolejkę posiada wyższy poziom uprzywilejowania. Jednak natychmiast po pozytywnym zakończeniu transmisji (i tylko w tym przypadku) jest on zobligowany do przejścia na niższy poziom priorytetu. W ten sposób umożliwia dotarcie do medium innym terminalom swej klasy (i oczywiście również ewentualnej klasy wyższej) oczekującym na rozpoczęcie transmisji. Ponowny powrót na wyższy poziom uprzywilejowania następuje dopiero w momencie zliczenia liczby spacji odpowiadającej aktualnie przyznanej klasie i poziomowi. Jest to możliwe dopiero w sytuacji, gdy nie ma już żadnego terminala oczekującego na dostęp do kanału D posiadają-



Rys. 34. Rywalizacja dwóch terminali o dostęp do kanału D

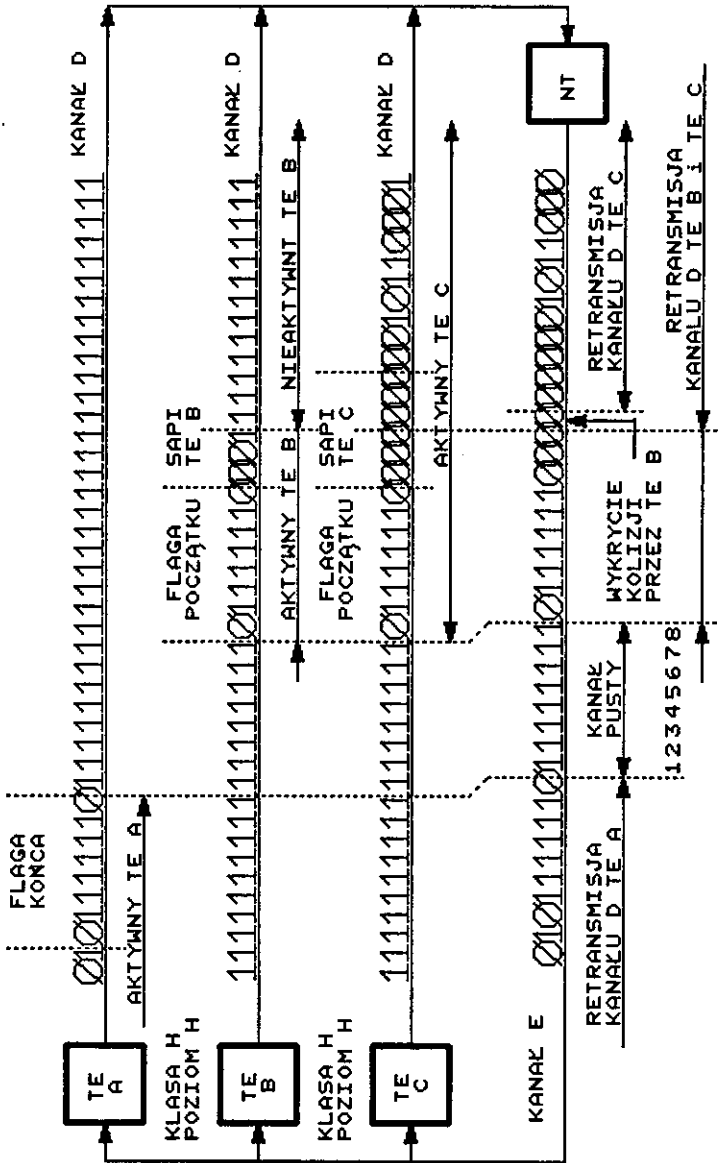
cego poziom High w danej klasie, a w przypadku przynależności do klasy Low, także urządzeń ubiegających się o transmisje, którym użytkownik przypisał wyższą klasę. Zmianie poziomu na wyższy może oczywiście towarzyszyć rozpoczęcie nadawania następnej porcji informacji, o ile tylko zachodzi taka potrzeba. W tej sytuacji terminal nadal pozostanie na niższym poziomie uprzywilejowania.

Flaga kończąca ramkę HDLC może jednocześnie rozpoczynać następną. Unika się w ten sposób konieczności transmitowania jednego oktetu. Z drugiej zaś strony, zalecenia CCITT mówią, iż terminal, który zakończył transmisję kanałem D, powinien natychmiast zwolnić go, aby tym samym dać szansę innym urządzeniom skorzystania ze wspólnego medium transmisyjnego. W praktyce założenie to nie zawsze jest realizowane. Niektóre specjalizowane interfejsy styku S pozwalają terminalowi podtrzymywać zajętość kanału D mimo, że nie mają aktualnie żadnych danych do przesłania. W tym celu nadajnik ramek HDLC generuje ciąg następujących po sobie flag F. Nie powoduje to wprowadzenia zakłóceń w odbiorze i rozpoznawaniu struktury transmitowanej informacji, gdyż - z uwagi na swoją postać - flaga F może zawsze zostać jednoznacznie zidentyfikowana, jednak skutecznie dezorganizuje pracę mechanizmu wyrównywania praw dostępu do kanału D w obrębie danej klasy [10].

5.2.2. Wykrywanie konfliktów

Omówiony w poprzednim punkcie mechanizm pozwala zróżnicować prawa poszczególnych urządzeń w dostępie do wspólnego kanału. Nie trudno sobie jednak wyobrazić sytuację, w której dwa terminale rozpoczynają jednocześnie nadawanie informacji. Przypadek taki pokazano na rys. 35.

W czasie gdy kanał D był zajmowany przez terminal A (TE A), dwa inne urządzenia otrzymały żądania wymagające skorzystania



Rys. 35. Powstawanie i obsługa kolizji w kanale D

w nim z transmisji. Nie ma znaczenia, w jakim wzajemnym stosunku czasowym żądania te zostały odebrane, gdyż i tak ich liczniki spacji, próbujące zdekodować moment zwolnienia medium, zostaną zsynchronizowane każdym odebrany z kanału E logicznym zerem. Jeżeli więc oba urządzenia mają przyznaną tę samą klasę i poziom uprzywilejowania (dla ułatwienia na rys. 35 jest to najwyższy możliwy priorytet), ich transmisja rozpocznie się równocześnie.

Aby umożliwić proste rozpoznawanie kolizji, przyjęty na styku S i T kod transmisyjny zapewnia przewagę w linii symbolu nad spacją. Oznacza to, że w przypadku podania na łącze przez jeden terminal symbolu (odpowiadającego logicznemu zeru) i jednocześnie spacji przez inny (przypisanej logicznej jedynce) urządzenie NT odbierze zawsze symbol - czyli logiczne zero.

Drugi istotny element, zapewniający prawidłową obsługę konfliktów, wynika z konstrukcji ramki fizycznej TE. Jej format (rys. 24) zapewnia, że zera przesyłane kanałem D są zawsze kodowane w postaci symbolu o polaryzacji ujemnej (podobnie jak pierwsze zero w każdym z kanałów B). Nie może więc zaistnieć sytuacja, w której dwa terminale wystawią jednocześnie na linii symbole o przeciwnych polaryzacjach, co prowadziłoby do niejednoznaczności w dekodowaniu stanu linii przez NT.

Po jednoczesnym zainicjowaniu nadawania na łącze trafia flaga rozpoczynająca ramkę HDLC. Ponieważ jest ona identyczna dla wszystkich terminali, w czasie wysyłania pierwszego oktetu nie dochodzi więc nigdy do kolizji. Występuje ona najczęściej w ciągu transmisji następnych kilku bitów. W przypadku zaprezentowanym na rys. 35 do konfliktu doszło na trzecim bicie, licząc od końca flagi. Odebrane w tym momencie przez urządzenie NT logiczne zero jest retransmitowane kanałem E. Każdy z terminali przed wysłaniem kolejnego bitu sprawdza najpierw zawartość tego kanału. W przypadku TE B odpowiada ona wysłanej informacji, a więc kontynuuje on

transmisję. Terminal C wykryje natomiast kolizję. Spowoduje to natychmiastowe przerwanie transmisji przez to urządzenie i rozpoczynając od czwartego bitu wystawi ono na łącze sygnał jałowy (spacje). W ten sposób kontrola nad kanałem D pozostanie w gestii już tylko jednego terminala.

W bardziej ogólnym przypadku nadawanie mogą jednocześnie rozpocząć więcej niż dwa urządzenia. Opisany wyżej mechanizm zapewnia stopniowe "wyłączanie" kolejnych z nich aż do momentu, gdy transmisję będzie kontynuował tylko jeden z terminali.

System rozpoznawania i obsługi kolizji posiada wbudowany dodatkowy system priorytetów. Jego wprowadzenie ma na celu uprzywilejowanie tych ramek HDLC, które przenoszą najważniejszą informację. O rodzaju informacji zawartej w danej ramce (sygnalizacyjna, telemetryczna, dane użytkownika, zarządzanie itp.) świadczy stan sześciu bitów nadawanych bezpośrednio po fladze i oznaczany skrótem SAPI. Im dłuższy ciąg zer występuje na początku SAPI, tym większe jest prawdopodobieństwo, iż transmisja ramki HDLC, do której ono należy, nie zostanie przerwana w wyniku wykrycia kolizji. Najdłuższy ciąg zer (sześć bitów) został przypisany przez CCITT ramce przenoszącej informację sygnalizacyjną [11]. Jest to dość oczywiste, gdyż ma ona najważniejsze znaczenie dla zarządzania zasobami sieci (przyznawania kanałów, zestawiania połączeń itp.). Jeżeli więc kilka terminali jednocześnie rozpocznie transmisję, to ostateczne sprawowanie kontroli nad kanałem D przypadnie temu, który aktualnie wysyła ramkę sygnalizacyjną lub - ogólniej - ramkę zawierającą najważniejszą informację spośród nadawanych.

Zestawienie rodzajów ramek i odpowiadające im sekwencje SAPI przedstawiono w tabl. 4 z zachowaniem kolejności malejących priorytetów [8].

Rodzaje ramek i ich priorytety

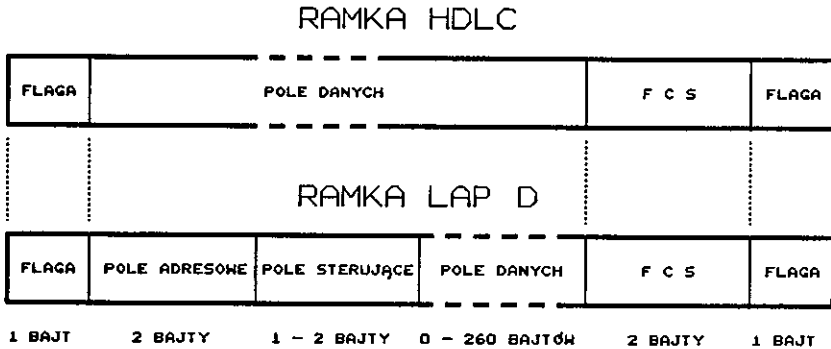
Rodzaj ramki	Wartość SAPI	
	dec	bin
Sygnalizacyjna "S"	0	000000
Dane użytkownika "p"	16	001000
Dane dla teleakcji "T"	24	001100
Zarezerwowane do użytku wewnątrz krajowego	32 +	010000
	47	010111
Dane utrzymaniowe	62	111110
Zarządzanie "M"	63	111111

6. PROTOKÓŁ KOMUNIKACYJNY WARSTWY DRUGIEJ

Na styku warstwy drugiej z pierwszą obowiązuje transmisyjny protokół HDLC, natomiast jako protokół komunikacyjny warstwy drugiej (wykorzystywany wewnątrz niej) zastosowano procedury LAP D (*Link Access Protocol on D channel*). Współistnienie obu protokółów w jednej warstwie jest bardzo ułatwione, dzięki ich znacznym podobieństwom. LAP D stanowi pewne rozszerzenie standardu HDLC, głównie o procedury adresacji. Odwracając sytuację, można powiedzieć, że HDLC - jako przeznaczony do pełnienia funkcji interfejsu między sprzętem i oprogramowaniem - stanowi uproszczenie LAP D o te elementy, które z punktu widzenia pracy fizycznego urządzenia nie są istotne, a więc są traktowane na równi z przesyłaną informacją przekazaną mu z warstwy wyższej (trzeciej).

6.1. Format ramki LAP D

Format ramki LAP D w swych podstawowych założeniach w pełni odpowiada standardowi HDLC [5]. Różnica polega na wyodrębnieniu z pola danych dodatkowych rekordów, służących do przenoszenia informacji adresowej i sterującej. Ich zawartość jest określana i analizowana w obrębie warstwy drugiej. Strukturę ramki LAP D i HDLC pokazano na rys. 36.



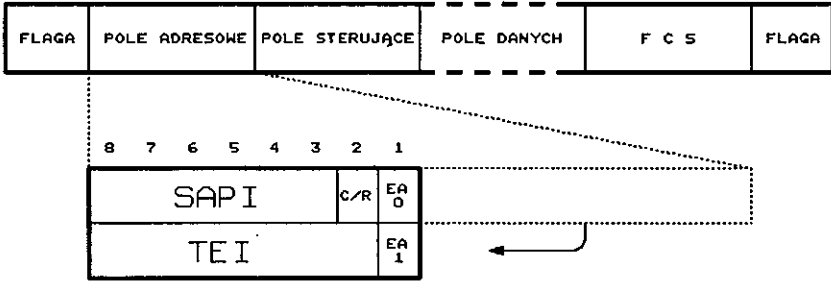
Rys. 36. Zawieranie się ramki LAD D w ramce HDLC

W obu przypadkach flagi rozpoczynające i kończące ramkę oraz sekwencja kontrolna FCS mają identyczną postać. Dodatkowo dwa elementy bloku LAP D stanowi pole: adresowe i sterujące.

Zadaniem pola adresowego jest wskazanie miejsca przeznaczenia dla transmitowanej ramki. Typowo informację tę przekazuje się na dwóch oktetach [11]. Ich format podano na rys. 37.

Siedmiobitowy element TEI (*Terminal Endpoint Identifier*) określa numer fizycznego terminala, dla którego jest przeznaczony pakiet. Każde z urządzeń ma przypisany jednoznacznie identyfikujący go numer. Dzięki TEI ramki przeznaczone dla różnych terminali mogą być przesyłane z wykorzystaniem wspólnego medium transmisyjnego.

RAMKA LAP D



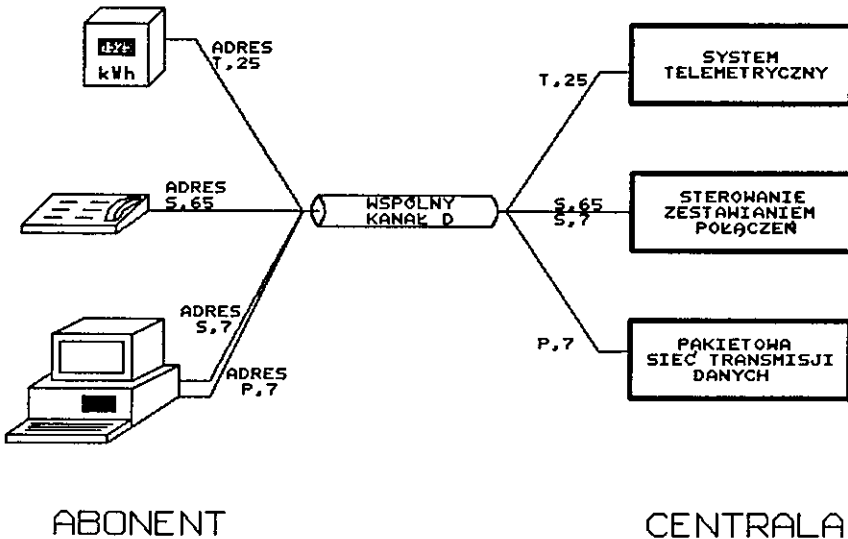
Rys. 37. Struktura pola adresowego

Po rozpoznaniu przez odbiornik terminala początku ramki rozpoczyna on analizę pola adresowego i jeżeli zawiera ono jego adres, to odbieranie danych jest kontynuowane. W przeciwnym przypadku urządzenie ignoruje dalszą część ramki. Zalecenia CCITT rezerwują kod TEI = 0 dla konfiguracji typu dwupunktowego (*point to point*), czyli np. dla przypadku gdy do styku S jest podłączony tylko jeden terminal. Kod TEI = 127 jest również zarezerwowany, tym razem do przenoszenia informacji w trybie rozsiewczym (*broadcasts*). Ramkę taką przeznaczają się dla wszystkich urządzeń współpracujących z danym łączem (niezależnie od przypisanego im numeru). Dodatkowo wprowadzono podział na terminale automatyczne o numerach 1 - 63 i nieautomatyczne numerowane 64 - 126.

Drugim elementem pola adresowego jest identyfikator rodzaju punktu dostępu do usługi SAPI (*Service Acces Point Identifier*). Inaczej, sześciobitowe pole SAPI określa rodzaj informacji przenoszonych przez ramkę (sygnalizacyjna S, utrzymaniowa, zarządzanie M, dane użytkownika P itp.). Umieszczenie tych bitów w strumieniu informacji bezpośrednio za kodem flagi ma na celu dostarczenie dodatkowego mechanizmu priorytetów dostępu do kanału D, opisane-

go w poprzednim podpunkcie. Zestawienie kodów odpowiadających poszczególnym rodzajom ramek przedstawiono w tabl. 4.

Zawartość elementu SAPI jest analizowana zarówno wewnątrz terminala, który rozpoznał w odbieranej ramce własny numer TEI (docelowego), jak i wewnątrz centrali, przez którą pakiet przechodzi. Zostało to zilustrowane na rys. 38.



Rys. 38. Rodzaje usług przenoszonych w ramach LAP D

Pojedynczy terminal może realizować wiele funkcji, np. obsługiwać sygnalizacje typu abonent - abonent, transmitować dane, nadzorować stan różnego rodzaju czujników itd. (rys. 38), w związku z tym, że w jego strukturze logicznej można wyróżnić kilka rodzajów punktów dostępu usługi (SAP - *Service Acces Point*). SAPI określa więc przez który z nich zawartość pola danych ramki LAP D trafi do warstwy wyższej (trzeciej). Oznacza to skierowanie odebranej informacji do różnych procedur wykonawczych.

Analiza SAPI w centrali ma podobny skutek, jak opisany powyżej (określenie punktu przejścia do warstwy wyższej). Jeżeli ramka przenosi informację sygnalizacyjną, to jej zawartość zostanie wykorzystana do sterowania zestawianiem połączeń i porusza się wewnątrz sieci, korzystając z systemu SS 7. Innym przykładem obsługi pakietu jest transmisja jego danych, aż do miejsca przeznaczenia bez ingerowania w nie (przezroczyście). W końcu informacja z pola danych może zostać przekazana systemowi telemetrycznemu, utrzymanio-wemu, zarządzania siecią, nadzorowania alarmów itp.

Długość pola adresowego wynosi typowo dwa bajty. Może jednak zostać zmieniona korzystając z bitu rozszerzenia adresu EA (*Extension Address field*). Jeżeli jest on zerem, oznacza to, że następny oktet również zawiera informację adresową. W przeciwnym przypadku dane przenoszone w kolejnym bajcie są traktowane jako informacja sterująca.

Ostatnim rodzajem wiadomości przenoszonej w polu adresowym jest określenie, która ze stron (ET - sieć czy TE - użytkownik) zainicjowała dany dialog. Informację tę zawiera bit C/R "polecenie - odpowiedź" (*Command - Reply*). Jeżeli jego wartość logiczna jest równa 1, to znaczy, iż polecenie zostało wydane przez ET, a odpowiedź jest wysłana przez TE (rozdzielenia między ramką polecenia i odpowiedzi dokonuje się na podstawie zawartości pola sterującego). Dla poleceń wydanych przez abonenta bit C/R ma wartość zero. Zestawienie wartości elementu C/R dla poszczególnych kierunków transmisji podano w tabl. 5.

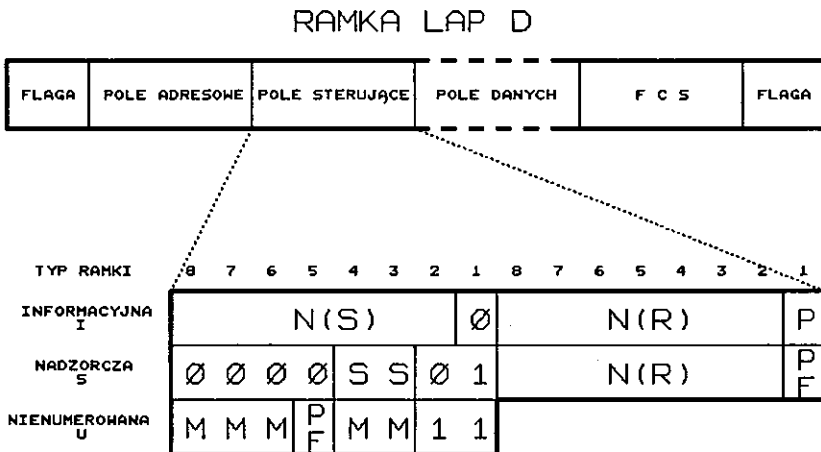
Pole sterujące może mieć długość jednego lub dwóch bajtów w zależności od typu ramki. Zalecenia CCITT specyfikują trzy typy ramek protokołu LAP D. Pierwszy, oznaczany I (*Information*), jest przeznaczony do przenoszenia różnego rodzaju informacji zawartej w polu danych. Ramka nadzorcza S (*Supervision*) służy do sterowania przepływem (potwierdzania odebrania informacji lub żądania retransmisji). Trzecim typem ramki jest tzw. ramka nienumerowana U

(Unnumbered) wykorzystywana do zestawiania, nadzoru i kasowania połączenia logicznego. Format pola sterującego dla wymienionych trzech typów ramek przedstawiono na rys. 39.

Tablica 5

Zestawienie wartości bitu C/R

Rodzaj ramki	Kierunek transmisji	C/R
Polecenie	ET → NT	1
Odpowiedź	NT → ET	1
Polecenie	NT → ET	0
Odpowiedź	ET → NT	0



Rys. 39. Struktura pola sterującego

Rozpoznanie typu ramki w odbiorniku umożliwiła informacja przenoszona przez bit nr 1 i 2 pierwszego oktetu pola sterującego. Jeżeli bit nr 1 jest zerem, to ramka służy do przenoszenia danych. W pozostawionych miejscach

stałych przypadkach analizuje się stan bitu nr 2. Jest on zerowy w przypadku ramki nadzorczej i równy 1 dla ramki nienumerowanej.

Transmitowany blok danych często nie mieści się w polu danych jednej ramki. Zachodzi więc konieczność podzielenia go na mniejsze elementy wysyłane kolejno. Aby umożliwić odbiornikowi zestawienie tych fragmentów w całość, są one numerowane przez nadajnik. Pozwala to na wykrycie ewentualnych przypadków zaginięcia ramek lub zmiany ich kolejności docierania do punktu przeznaczenia. Kolejny numer ramki jest przenoszony przez pole $N(S)$. Jego siedmiobitowa długość pozwala na prowadzenie numeracji modulo 128.

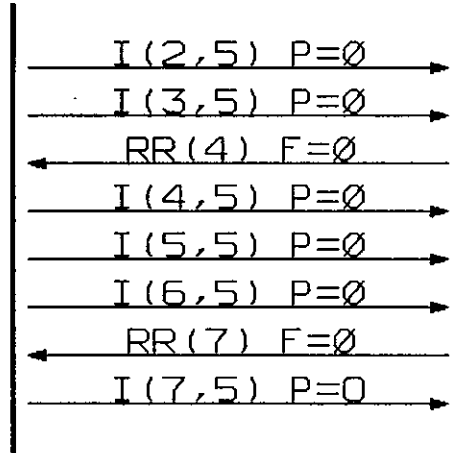
Zbliżoną do poprzedniej funkcję pełni pole $N(R)$. Zawiera ono numer ostatniej ramki, która została odebrana poprawnie, zwiększony o jeden. Mówiąc inaczej, $N(R)$ jest numerem ramki typu I (bo tylko one są numerowane), na którą oczekuje urządzenie które je wysłało $N(R)$. Potwierdzenie odebrania informacji może być przenoszone zarówno przez służące specjalnie do tego celu ramki typu S, jak i typu I, gdy transmisja danych odbywa się w obu kierunkach. W tym drugim przypadku jest możliwe jedynie potwierdzenie tzw. pozytywne (bezbłędnego odbioru). Ramka nienumerowana U nie zawiera ani pola $N(S)$, ani $N(R)$ - nie może więc służyć do potwierdzania odbioru.

Dwubitowe pole S, znajdujące się tylko w ramkach nadzorczych, służy do informowania o stanie i żądaniach odbiornika. W sieci ISDN wykorzystuje się trzy z czterech możliwych kodów. Pierwszy, oznaczony RR (*Receive Ready*), zgłasza gotowość odbiornika do przyjęcia ramki o numerze $N(R)$. Jest to jednocześnie potwierdzenie prawidłowego odebrania ramki $N(R)$ -1.

Przykładowy diagram czasowy wymiany ramek informacyjnych i nadzorczych RR zilustrowano na rys. 40. Zastosowany na rysunku opis I(a,b) oznacza ramkę typu informacyjnego o numerze kolejnym a czyli $N(S)=a$, potwierdzającą poprawne odebranie ramki nr b-1, a więc zawierającą $N(R)=b$. Oznaczenie RR(b) symbolizuje ramkę

NADAJNIK

ODBIORNIK

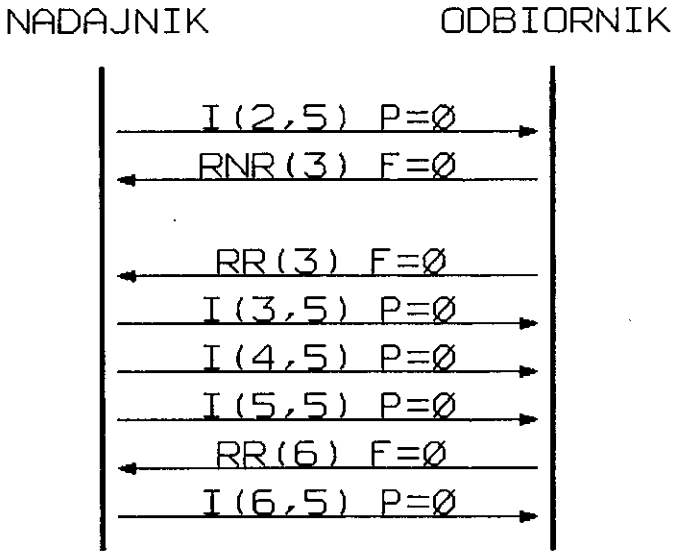


Rys. 40. Jednokierunkowa transmisja informacji

nadzorcą RR z polem $N(R)=b$. Jak widać z rys. 40, nie każda porcja informacji musi zostać potwierdzona indywidualnie. Jest to związane ze sterowaniem przepływem opartym na mechanizmie okna [3]. W omawianym przypadku rozmiar okna został ustalony na 3, a więc nadajnik wysyła bez oczekiwania na potwierdzenie trzy kolejne ramki. Ponieważ dla uproszczenia założono, że w obserwowanym przedziale czasu dane są transmitowane tylko w jednym kierunku, dlatego zawartość pola $N(R)$ w ramach I nie ulega zmianie.

Kod RNR (*Recieve Not Ready*), podobnie jak poprzednio, pozytywnie potwierdza odebranie ramki $N(R)-1$. Oznacza jednocześnie żądanie odbiornika czasowego przerwania nadawania następnych danych. Przyczyną tego polecenia może być np. wypełnienie przez odebrane ramki całej dostępnej pamięci danego urządzenia i konieczność poczekania z transmisją następnych aż te zostaną obsłużone. Wznowienie nadawania następuje po wysłaniu ramki nadzorczej RR

(z tym samym numerem $N(R)$, który występował w ostatniej ramce RNR). Odpowiedni diagram czasowy zaprezentowano na rys. 41.

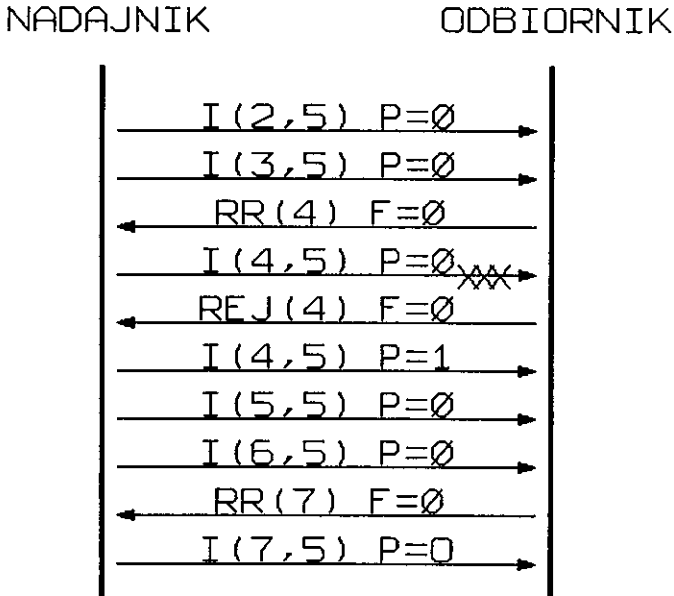


Rys. 41. Sygnalizacja niegotowości odbiornika

Każde potwierdzenie przesuwa w nadajniku początek okna na wskazywany przez pole $N(R)$ numer. Zakładając więc, że początkowa sekwencja wymiany ramek była identyczna w poprzednim i niniejszym przykładzie, widać, że wystąpienie ramek RNR i RP po drugim fragmencie informacji spowodowało, iż nadajnik oczekiwał na potwierdzenie po wysłaniu nie trzeciej, ale piątej ramki informacyjnej.

Ostatnim zdefiniowanym kodem jest potwierdzenie negatywne REJ (*Reject*). Sygnalizuje on żądanie odbiornika retransmisji ramek, rozpoczynając od numeru wskazanego przez $N(R)$. Najczęstszą przyczyną wysłania takiego polecenia jest stwierdzenie błędów w tej

właśnie ramce. Na rys. 42 pokazano przykładową sekwencję zawierającą ramkę REJ.

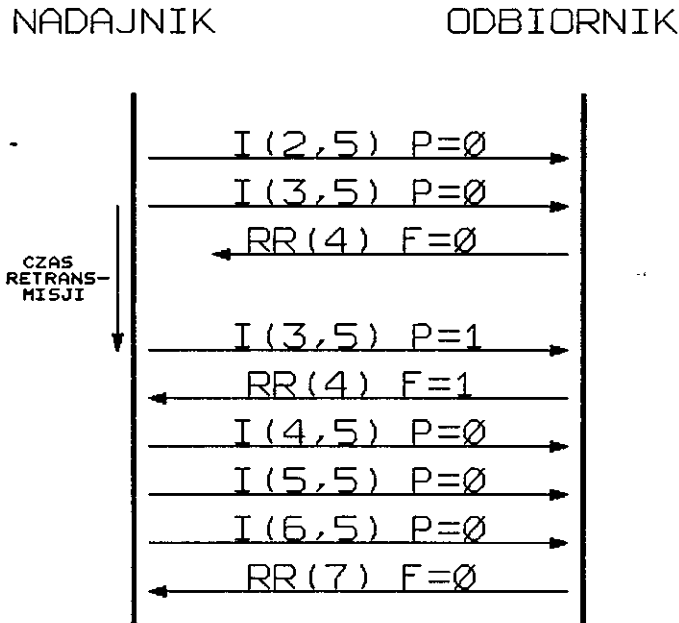


Rys. 42. Retransmisja błędnie odebranej ramki

W przedstawionym przykładzie błąd wystąpił w czwartej ramce informacyjnej. Po zdekodowaniu go (na podstawie pola FCS) odbiornik wysyła żądanie retransmisji zafałszowanego bloku informacji. Odpowiednia ramka zostaje więc powtórzona i dalsza transmisja przebiega już normalnie.

Z różnych przyczyn może dojść do sytuacji, w której pakiet nie dotrze do miejsca przeznaczenia (zostanie zagubiony). Musiały więc zostać zapewnione mechanizmy, które nie dopuszczą do zablokowania (zawieszenia) dialogu w martwym punkcie. W rozpatrywanym przypadku stosuje się zasadę retransmisji informacji, na którą nie było

żadnej odpowiedzi po odmierzeniu ustalonego przedziału czasu (*time out*). Na rys. 43 podano przykładowy diagram czasowy, ilustrujący zaginięcie ramki nadzorczej RR.



Rys. 43. Mechanizm retransmisji zagubionej ramki

Nadajnik ramek informacyjnych po wykorzystaniu pełnego rozmiaru okna czeka na nadejście potwierdzenia dotarcia danych do punktu przeznaczenia. Jeżeli potwierdzenie to nie zostanie nadesłane w ciągu ustalonego przedziału czasu, jest wykonywana retransmisja ostatniego fragmentu informacji. W odbiorniku ponowne nadejście tej samej ramki informacyjnej spowoduje powtórzenie potwierdzenia. Dalsza wymiana informacji przebiega już zgodnie z omówionymi wcześniej zasadami.

Aby maksymalnie uprościć prawidłowe odróżnianie ramek nadanych po raz pierwszy od retransmitowanych, w polu sterującym umieszczono bit P/F. Jego wartość jest zerowa w przypadku pierwszej transmisji danego bloku i równa 1 w ramach retransmitowanych. Sytuację ilustrującą wykorzystanie tego bitu przedstawiono na rys. 42. W rozpatrywanym przykładzie powtórzenie ramki informacyjnej I(4,5) jest bezpośrednio wynikiem pojawienia się takiego właśnie żądania (REJ). Drugi blok I(4,5) różni się od pierwszego tylko bitem P ustawionym w stan 1. Sekwencja zaprezentowana na rys. 43 pokazuje retransmisję zarówno ramki informacyjnej I(3,5) ($P = 1$), jak i nadzorczej ($F = 1$).

Zestawienie kodów przypisanych poszczególnym rodzajom ramek nadzorczych podano w tabl. 6.

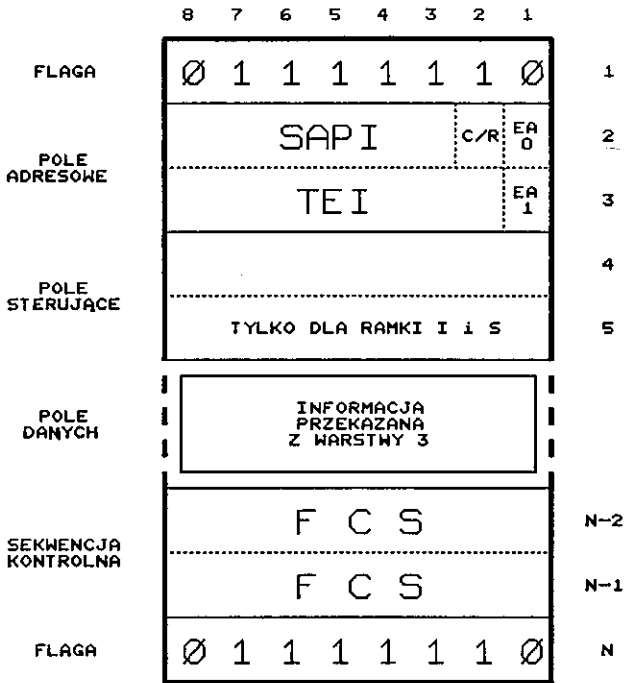
Tablica 6

Zestawienie kodów SS
ramek nadzorczych

Rodzaj ramki	Kod SS
RR	00
RNR	01
REJ	10

Trzecim i ostatnim typem jest ramka nienumerowana U. Jej rodzaj jest zakodowany na pięciu bitach M (rys. 39). Pozwala to na określenie 32 rodzajów informacji, z których dotychczas zostało zdefiniowanych siedem. Ponieważ ramka U nie przenosi żadnego numeru, długość jej pola sterującego została ograniczona do jednego oktetu. Zadaniem bloków nienumerowanych jest obsługa połączenia logicznego. Razem z elementami TEI i SAPI pole M tworzy trzystopniową strukturę kolejnych uściśleń przeprowadzanej operacji. Pierwsza najogólniejsza informacja przenoszona w TEI specyfikuje fizyczne

urządzenie, które ma wziąć udział w dialogu. Druga, zawarta w SAPI, określa rodzaj wykorzystywanej usługi (sygnalizacja, telemetria, pakietowa transmisja danych itp.). Pole M definiuje wykonanie odpowiedniej operacji dotyczącej połączenia logicznego. Może nią być np. inicjalizacja zrównoważonego asynchronicznego trybu pracy SABME (*Set Asynchr. Balance Moded Extended*), rozłączenie DISC (*Disconnect*) itp.



Rys. 44. Ramka LAP D

Pole danych ramki LAP D zawiera informację przekazaną warstwie drugiej z poziomu wyższego. Informacja bez ingerowania w jej zawartość jest transmitowana "w dół" do medium fizycznego. W ten sposób zapewnia się przezroczystość protokołu LAP D widzia-

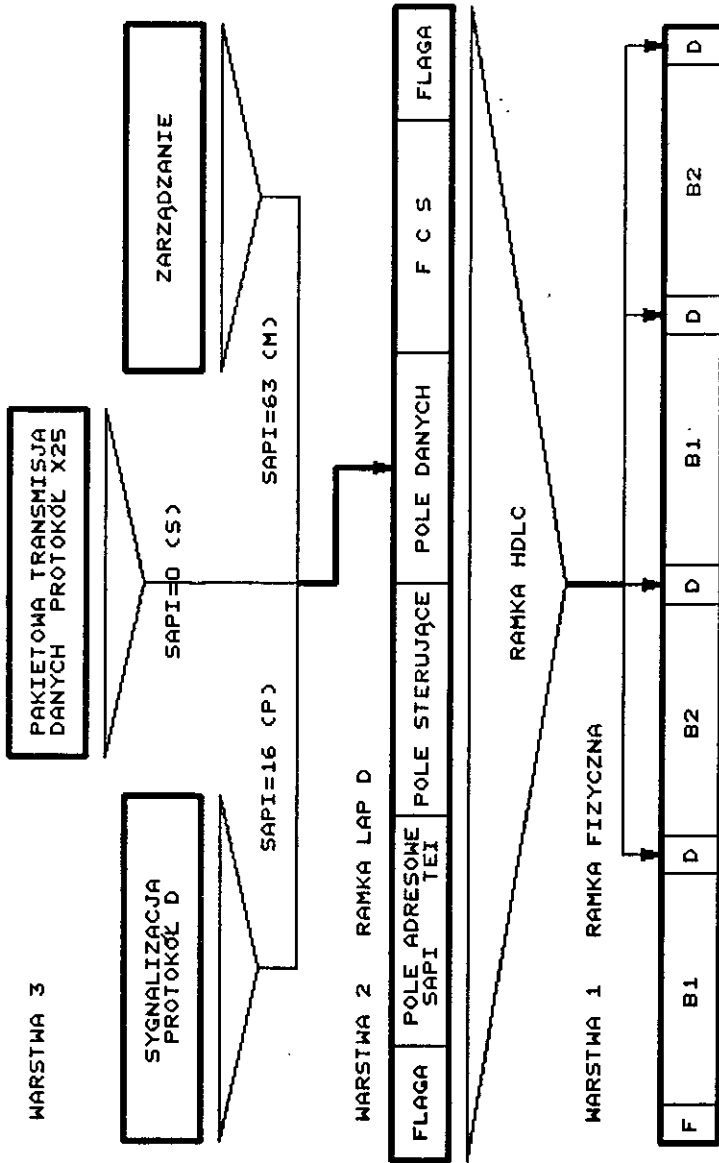
nego od strony warstwy trzeciej. Długość pola danych może w zależności od potrzeb zawierać od 0 do 260 oktetów. Pełny format ramki LAP D przedstawiono na rys. 44.

6.2. Współpraca warstwy drugiej i trzeciej

Sieć ISDN oferuje abonentowi wiele rodzajów usług. Część z nich wykorzystuje kanał D do prowadzenia dialogu abonent - abonent lub abonent - sieć. Najwyższą zdefiniowaną warstwą dla tego kanału jest poziom trzeci. Z uwagi na duże zróżnicowanie charakteru usług w warstwie trzeciej obowiązują odrębne protokoły komunikacyjne dla każdej z nich. Pakietowa transmisja danych odbywa się przy użyciu protokołu X25. Jest on bardzo popularnym protokołem dostępu do pakietowych sieci teleinformatycznych [3]. Informacja sygnalizacyjna na styku użytkownik - sieć wykorzystuje protokół D, a wewnątrz sieci system SS7. Własny protokół ma również system zarządzania [12]. Przepływ poszczególnych strumieni danych w terminalu abonenta wykorzystujących do transmisji kanał D zilustrowano na rys. 45.

Informacje kreowane w warstwie trzeciej, zgodnie z zasadami przyjętych dla nich protokołów, są przesyłane niżej przez odpowiednie punkty dostępu do usługi SAP.

Warstwa druga z każdego strumienia odbieranych danych formuje ramki zdefiniowane dla obowiązującego w niej protokołu komunikacyjnego LAP D. W polu adresowym ramki na bitach SAPI jest zapisywany rodzaj usługi, której dotyczy dana informacja, a więc numer odpowiadający punktowi dostępu do usługi SAP, przez który dane zostały dostarczone z warstwy trzeciej. Umożliwi to odpowiednie zakwalifikowanie informacji w centrali oraz w terminalu odbiorczym. Poziom drugi dokonuje więc multipleksowania kilku strumieni danych w jeden ciąg ramek LAP D.



Rys. 45. Przepływ strumieni informacji w kanale D

Bezbledne odtworzenie w odbiorniku liczby i kolejności ramek informacyjnych jest zagwarantowane przez ich numerowanie w polu N(S) i stosowanie systemu potwierdzeń. Pozostałe typy ramek LAP D korzystają wyłącznie z opisanego mechanizmu time out. Wykrywanie błędów transmisji jest możliwe dzięki uzupełnieniu bloku danych o sekwencję kontrolną FCS.

Przed opuszczeniem warstwy drugiej ciąg danych podlega przekształceniom, zgodnym ze zorientowanym bitowo protokołem transmisyjnym HDLC. Jego zadaniem jest wprowadzenie "nadziejania" bitami, zapewniającego jednoznaczne rozpoznawanie początków i końców ramek (a także poprawiające własności samosynchronizacji przebiegu wyjściowego).

Opuszczający warstwę drugą strumień bitów jest umieszczany w elementach D fizycznej ramki styku S i T. Warstwa pierwsza nadaje mu odpowiednią reprezentację w postaci spacji i symboli. Dostarcza również mechanizmów rozstrzygania konfliktów i sterowania priorytetem dostępu wielu terminali (na rys. 45) zaznaczono strukturę warstwową tylko jednego z nich) do wspólnego medium transmisyjnego.

W terminalu docelowym identyczna struktura warstwowa pozwala przeprowadzić wymienione operacje w odwrotnej kolejności, co w konsekwencji prowadzi do przekazania bloku danych właściwej procedurze warstwy trzeciej. Może on tam zostać wykorzystany lub skierowany jeszcze wyżej przez poziomy nie podlegające definicjom sieci ISDN.

WYKAZ LITERATURY

1. Bogusz A., Sapor M.: Sprawozdanie z działalności statutowej 11-125-11 za rok 1992. Biblioteka Instytutu Elektroniki AGH, Kraków 1993

2. Dąbrowski M.: Sterowanie i oprogramowanie w telekomunikacyjnych sieciach zintegrowanych. WKŁ, Warszawa 1990.
3. Filipiak J.: Szacowanie jakości i synteza sterowania w sieciach telekomunikacyjnych. Wydawnictwo AGH, Kraków 1991.
4. Filipiak J., Schwarze G., Werewka J.: Modelowanie i symulacja systemów rozproszonych w telekomunikacji i informatyce. Wydawnictwo AGH, Kraków 1990.
5. ISDN Techniques and Advantages in France. France Telecom, Paris 1990.
6. Jajszczyk A.: Podstawy komutacji kanałów. WNT, Warszawa 1990.
7. Jakubajtis E.: Lokalne sieci komputerowe. WNT, Warszawa 1989.
8. Kandach A., Körber A.: ISDE - Die Technik. Hüthing Buch Verlag GmbH, Heidelberg, 1991.
9. Leadership in communication components. MITEL Corporation, Canada 1990.
10. Microelectronics Digital communications handbook. MITEL Corporation, Canada 1991.
11. NIVEAU 2. Cnet France Telecom, Paris 1991.
12. NIVEAU 3. Cnet France Telecom, Paris 1991.
13. Numeris: Apports et usages. France Telecom, Paris 1992.
14. Ronayne J.: Wprowadzenie do komutacji cyfrowej. WNT, Warszawa 1991.
15. Sapor M.: Sprawozdanie z działalności statutowej 11-385-11 za rok 1991. Biblioteka Instytutu Elektroniki AGH, Kraków 1992.
16. Wolisz A.: Podstawy lokalnych sieci komputerowych. WNT, Warszawa 1990.

