

ISDN – sieć cyfrowa z integracją usług

Autor: Maciej Pilch IVFDS

STRESZCZENIE

Przedstawiona poniżej praca zawiera pewien zakres wiedzy na temat sieci ISDN. Przedstawiona tutaj została ogólna charakterystyka opisująca, normy i standardy oraz rozwiązania techniczne spotykane w sieciach ISDN. Na wstępie krótko omówiono sposoby uzyskiwania połączeń i rodzaje transmisji, następnie scharakteryzowano kanały transmisyjne i ich możliwości. Kolejną grupą tematów jest omówienie architektury warstwowej sieci ISDN w odniesieniu do modelu ISO. Zaprezentowane zostało działanie sieci ISDN porównane z koncepcją warstw ISO-OSI, implementacje konkretnych warstw tego modelu w technologii ISDN. Przedstawione zostały zastosowane rozwiązania techniczne i zadania jakie realizują poszczególne warstwy sieci. Opisane też zostały mechanizmy wykorzystywane właśnie w tej technologii.

Pokróctce omówione też zostały wbudowane standardy, protokoły oraz podstawowe sposoby komutacji stosowane w liniach ISDN, a które pozwalają na bardziej efektywne zarządzanie danymi, przez co osiąga się zwiększenie szybkości transmisji, jej niezawodności oraz możliwość działania wielu urządzeń telefonicznych na pojedynczej linii telefonicznej.

Na koniec została przedstawiona przykładowa konfiguracja sieci ISDN oraz krótko scharakteryzowane zostały przykładowe sposoby konfiguracji.

SPIS TREŚCI

Streszczenie	1
1. Wstęp	3
2. Idea transmisji w ISDN	3
3. Kanały transmisyjne ISDN	5
4. Zasada działania ISDN	6
5. Warstwa fizyczna sieci ISDN	8
5.1. Kodowanie stosowane w łączy fizycznym	8
5.2. Połączenie fizyczne urządzeń	9
5.3. Format ramki warstwy fizycznej	9
6. Warstwa łączy danych sieci ISDN	10
6.1. Pole adresu ramki ISDN	10
6.2. Działanie mechanizmu wtrącania zera	11
6.3. Pole sterujące ramki ISDN	12
6.4. Organizacja transmisji w kanale D	13
6.5. Sprawdzanie poprawności ramki	14
7. Warstwa sieciowa sieci ISDN	14
8. Zakres usług sieci ISDN	16
9. Przykład konfiguracji ISDN	18
10. Literatura	20

1. WSTĘP

Technologia ISDN (ang. *Integrated Services Digital Network*) jest międzynarodowym standardem sieci zintegrowanych usług sieciowych, która istnieje od ponad 10 lat. Jest to cyfrowa sieć o bardzo dużej przepustowości, bazująca na istniejącej infrastrukturze telefonicznej. Konieczność unowocześnienia sprzętu potrzebnego do jej stosowania sprawiła, że nawet do dzisiaj nie stała się na tyle popularna aby była stosowana masowo.

W technologii ISDN wyróżnia się dwa rodzaje dostępu: BRI – Dostęp Podstawowy (ang. *Basic Rate Interface*) oraz PRI – Dostęp Pierwotny (ang. *Primary Rate Interface*).

Połączenie typu BRI składa się z trzech kanałów, dwa z nich zwane kanałami sygnalizacyjnymi (kanały typu B) przesyłają dane z prędkością 64 kb/s każdy. Mogą też transmitować rozmowy telefoniczne, czyli głos ludzki (każdy z nich równocześnie tylko jeden głos).

Kanał trzeci zwany kanałem danych (kanał typu D) przenosi komunikaty i sygnały sterujące niezbędne do zarządzania kanałami typu B. Prędkość transmisji w tym kanale wynosi 16 kb/s.

Stosując skrótowe nazwy połączenie ISDN-BRI nazywa się często jako 2B+D co dostarcza informacji o liczbie i rodzaju kanałów, z których się składa.

Połączenie ISDN jest nawiązywane zazwyczaj w momencie, gdy jest ono potrzebne – są to więc połączenia komutowane. Aby zastosować ISDN w połączeniu WAN, na każdym końcu korzysta się z routerów ISDN na żądanie, które „wybierają numer” tego drugiego routera, gdy dane mają być przesyłane. Ponieważ, w ISDN występuje bardzo krótki okres inicjowania połączenia, połączenie uzyskuje się tutaj znacznie szybciej niż w połączeniu telefonicznym a czas ten wynosi zazwyczaj krócej niż jedna sekunda. [3]

Najbardziej popularnym protokołem transmisji danych poprzez ISDN stał się w Europie X.75, gdzie maksymalna prędkość transmisji na jednym kanale wynosi tu 64kb/s. Tymczasem w Stanach Zjednoczonych rozpowszechnił się protokół V.120, tu dopuszczalna prędkość transmisji nie przekracza 56kb/s. Ponieważ wymienione standardy nie są kompatybilne, bezpośrednie połączenia z terminalami w USA są trudne w realizacji, choćby dlatego, że w odróżnieniu od krajów europejskich Stany Zjednoczone dopuszczają przesyłanie danych kanałem sygnalizacyjnym D. Dodatkową przeszkodę stanowi różnica przepustowości (w USA przepustowość jest mniejsza o 8 bitów). [5]

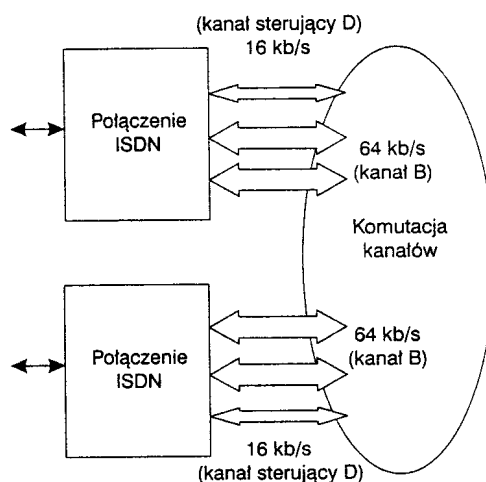
Jeśli weźmiemy pod uwagę stopień rozpowszechnienia ISDN możemy stwierdzić, że jest ono w Polsce nadal stosunkowo nowym rozwiązaniem. Nadal obserwuje się dynamiczne zmiany w cenach i ofertach proponowanych przez różnych dostawców telefonicznych. Przewidując wykorzystanie sieci do transferu danych, każdy powinien najpierw oszacować opłacalność takiego rozwiązania. [3]

2. IDEA TRANSMISJI W ISDN

Największym problemem w sieciach telekomunikacyjnych jest integracja danych pochodzących z procesu próbkowania – ze źródeł wymagających rzeczywistego czasu obsługi z danymi pochodzącymi z komputerów – nie uwarunkowanymi czasowo.

Dane z procesu próbkowania charakteryzują się stałym w czasie natężeniem ruchu w przeciwieństwie zaś do danych typu komputerowego, które mają charakter dynamicznie zmienny w czasie. Zazwyczaj też dane próbkowane wymagają określonego czasu przesłania, dane zaś typu komputerowego wymagają ścieżki połączeniowej o niskiej stopie błędów a opóźnienia są dla nich mniej istotne.

Podstawowe charakterystyki dla usług ISDN dla danych „czasu rzeczywistego” opierają się na transmisji mowy, która jest zwykle próbkowana z częstotliwością 8 kHz a każda próbka jest kodowana na 8 bitach. Prowadzi to do szybkości bitowej źródła równej 64 kb/s, którą ISDN definiuje jako szybkość jako podstawową. Dane komputerowe mogą być przesyłane strumieniem o tej szybkości, a ponadto strumień danych źródła informacji może być rozdzielony i przesyłany równoległe kilkoma kanałami o tej szybkości. Usługi ISDN realizowane są przez dwa kanały o szybkości 64 kb/s i kanał o szybkości 16 kb/s przeznaczony do celów sterowania, co zostało pokazane na rysunku 2.1. [1]



Rys. 2.1 Schemat podstawowych usług ISDN [1]

ISDN jako usługa komunikacji cyfrowej oferowana przez operatorów telekomunikacyjnych została znormalizowana przez ITU-T – Podkomitet Międzynarodowej Unii Telekomunikacyjnej (ang. *International Telecommunications Union*), organizację która sporządza projekty norm technicznych we wszystkich dziedzinach międzynarodowej telekomunikacji analogowej i cyfrowej. [2]

W tabeli 1. zebrano zalecenia ITU-T serii I dotyczące ISDN.

Tabela 1.

Numer zalecenia ITU-T	Opis
I.1XX	Terminologia warunkach technologia ISDN (ang. <i>ISDN terms and technology</i>)
I.2XX	Usługi ISDN (ang. <i>ISDN services</i>)
I.3XX	Adresacja ISDN (ang. <i>ISDN addressing</i>)
I.430 i I.431	Styk warstwy fizycznej ISDN (ang. <i>ISDN physical layer interface</i>)
I.440 i I.441	Styk warstwy łącza danych ISDN (ang. <i>ISDN data layer interface</i>)
I.450 i I.451	Styk warstwy sieciowej ISDN (ang. <i>ISDN network layer interface</i>)
I.5XX	Współpraca warunkach innymi sieciami (ang. <i>ISDN internetworking</i>)
I.6XX	Utrzymanie warunkach sieci ISDN (ang. <i>ISDN maintenance</i>)

W warunkach domowych, w celu transmisji danych komputerowych w sieciach analogowych, wykorzystywane są modemy, których maksymalna szybkość transmisji to 33,6 kb/s. W ISDN szybkość wzrasta do 64 kb/s w pojedynczym kanale a typ komutacji połączenia modemowego i ISDN jest taki sam czyli tzw. komutacja kanałów (ang. *circuit switched*).

Dużą zaletą połączeń ISDN jest to, że typ transmitowanych danych jest nieistotny z punktu widzenia transmisji jak i komutacji. W ISDN mogą być przenoszone różne typy danych cyfrowych, takie jak faks, teletekst, wideotekst i dane komputerowe

Nie potrzeba zatem modemu, który konwertuje dane cyfrowe na postać analogową, a które następnie są konwertowane na postać cyfrową w publicznej sieci telefonicznej w celu przesłania ich łączyami cyfrowymi.

W ISDN jest możliwa multipleksacja podstawowych kanałów o szybkości 64 kb/s tak, aby otrzymać wyższą przepustowość znaną jest jako $N \times 64$ kb/s lub szerokopasmowa ISDN (B-ISDN ang. *Broadband ISDN*). Kolejną zaletą sieci ISDN jest to, że może ona realizować połączenia dzierżawione (ang. *permanent connection*) pomiędzy dwoma węzłami w sieci z wykorzystaniem techniki komutacji kanałów. Połączenia takie są gwarantowane co do czasu użytkowania oraz określony jest gwarantowany czas opóźnienia dostosowany do danych czasu rzeczywistego. [1]

3. KANAŁY TRANSMISYJNE ISDN

W technologii ISDN do określania szybkości bitowej zdefiniowano odpowiednie kanały, z których każdy oparty jest na kanale podstawowym o szybkości 64 kb/s. Są to kanały: B, D, H0, H11 i H12. Kanał B ma przepustowość 64 kb/s a połączenia pomiędzy punktami końcowymi realizowane są w technice komutacji kanałów, natomiast kanał D ma przepustowość 16 kb/s i poprzez ten kanał realizowane jest sterowanie transferem danych w kanałach B. Pozostałe kanały przeznaczone są dla wyższych szybkości transmisji danych, które ogólnie przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2.

Kanał	Opis
B	64 kb/s
D	16 kb/s – kanał sygnalizacyjny styku abonenckiego (N-ISDN) 64 kb/s – kanał sygnalizacyjny styku abonenckiego i międzywęzłowego B (B-ISDN)
H0	384 kb/s (6x64 kb/s)
H11	1,536 Mb/s (24x64 kb/s)
H12	1,920 Mb/s (30x64 kb/s)

Stosowane typy interfejsów dostępowych to podstawowy (ang. *basic rate access*) i pierwotny (ang. *primary rate access*), obydwa budowane są na grupach kanałów B i D. Podstawowy interfejs dostępu do usług dostarcza dwa kanały B – 64 kb/s i jeden kanał D – 16 kb/s. W B-ISDN zapewniono dostęp pierwotny, w którym kanał H12 składa się z 30 kanałów B i kanału D 64 kb/s. W dostępie podstawowym i pierwotnym wszystkie kanały są multipleksowane w pojedynczym łączy, tworzą one ramki, ramki zaś zaopatrzone są w odpowiednie dodatkowe bity synchronizacyjne.

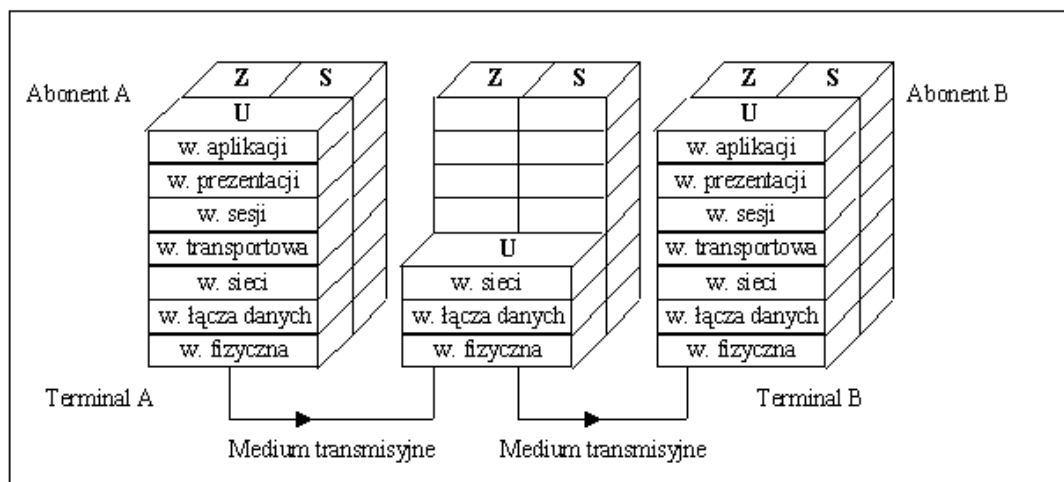
Przepustowość podstawowa składa się z dwóch kanałów B (64 kb/s) i kanału sygnalizacyjnego D (16 kb/s), które są multipleksowane w ramce i dodatkowo zaopatrywane w bity formatujące ramkę, w związku z tym rzeczywista przepustowość bitowa w warstwie fizycznej wynosi 192 kb/s. Całkowita przepustowość dostępna dla usług podstawowych to 128 kb/s, gdzie jedno lub kilka urządzeń może multipleksować swoje dane, np. dwa urządzenia mogą transmitować swe dane z prędkością po 64 kb/s albo pojedyncze urządzenie multipleksuje swe dane pracując z prędkością 128 kb/s wykorzystując dwa kanały jednocześnie. W szczególnym przypadku kilka urządzeń transmituje swe dane z podwielokrotnością 64 kb/s w dwóch kanałach 64 kb/s. Na przykład cztery urządzenia o strumieniach informacji po 32 kb/s mogą równocześnie przesyłać swe dane itp.

Kanał H 11, czyli 24x64 kb/s multipleksowane kanały z 64 kb/s kanałem sygnalizacyjnym i z dodatkowymi sekwencjami bitowymi ramki, daje w fizycznym kanale szybkość bitową 1,544 Mb/s (system kompatybilny z systemami PCM-TDM w USA), gdzie faktyczna szybkość dostępna dla użytkowników wynosi zaś 1,536 Mb/s.

Kanał H12, czyli 30 x 64 kb/s multipleksowane kanały z 64 kb/s kanałem sygnalizacyjnym i z dodatkowymi sekwencjami bitowymi ramki, daje w fizycznym kanale szybkość bitową równą 2,048 Mb/s (system kompatybilny z systemami europejskimi PCM-TDM), z której faktyczna szybkość dostępna dla użytkowników wynosi 1,920 Mb/s. Podobnie jak w przypadku usług podstawowych, kanał H12 może zawierać strumienie pochodzące z urządzeń pracujących z szybkością bitową mniejszą lub większą od 64 kb/s. [1]

4. ZASADA DZIAŁANIA ISDN

Funkcjonowanie typowej sieci ISDN zakłada implementację wszystkich siedmiu warstw modelu ISO-OSI tylko w terminalach abonenckich, podczas gdy węzły tranzytowe wykorzystują funkcje wchodzące w skład trzech najniższych warstw systemowych. Obrazuje to rysunek 4.1, na którym ze względu na wyraźne zróżnicowanie zadań oraz sposobów ich realizacji wszystkie wymienione obszary, tj. użytkownika (U), sterowania (S) oraz zarządzania (Z) określone są przez płaszczyzny, z których każda może realizować funkcje siedmiowarstwowego modelu odniesienia w sposób niezależny. Należy jednak zaznaczyć, że nazwy warstw modelu OSI odnoszą się tylko do funkcji użytkowej (U).



Rys. 4.1 Organizacja sieci ISDN w oparciu o model ISO-OSI [6]

Przekazywanie danych pomiędzy kolejnymi warstwami dowolnej funkcji bazuje na tzw. schemacie kopertowym, realizowanym w ten sposób, że każda z warstw dodaje do informacji odebranej z wyższego poziomu hierarchii własny nagłówek i ewentualnie zabezpieczenie przed błędami transmisji, zaś produkt takiego procesu przetwarzania przekazuje do warstwy niższej. Informacje dodawane przez każdą z warstw są ściśle lokalne, co oznacza, że posiadają znaczenie i mogą być wykorzystywane tylko przez funkcje i procedury tej samej warstwy, realizowanej przez sterowanie węzłów systemowych pośredniczących w przekazywaniu danych lub docelowego terminala abonenckiego. Taki charakter dodawanych danych oznacza, że są one niezależne od zasadniczej treści informacji powierzonych systemowi przez użytkownika realizującego wybraną usługę telekomunikacyjną, a także to, że dla dowolnej funkcji wybranej warstwy wszystkie działania podejmowane przez niższe szczeble hierarchii są całkowicie niedostrzegalne (tzw. przezroczystość przekazu).

Ubozną, choć zyskującą coraz bardziej na znaczeniu, konsekwencją warstwowego modelu transferowania danych jest możliwość tzw. tunelowania protokołów, polegająca na wykorzystaniu niższych warstw do równoczesnego przenoszenia danych dostarczanych przez terminale funkcjonujące w oparciu o odmienne tryby transmisyjne. Dzięki takiemu podejściu system ISDN może wykorzystywać swoje zasoby transmisyjne nie tylko do cyfrowo kodowanej mowy, ale również różnego rodzaju danych, w tym dostarczane przez terminale wykorzystujące np. popularny ostatnio zestaw protokołów TCP/IP.

Tryb pracy pakietowej, stosowany przy komutacji pakietowej umożliwia umieszczanie danych w ciągu informacji przekazywanych w liniach operatora telefonicznego pod warunkiem, że znajdują one własną drogę do punktu przeznaczenia. Spełnienie tego warunku jest możliwe dzięki temu, że pakiety zawierają adresy i informacje o wyznaczonej trasie do odbiorcy, a także ze względu na to, że nie wchodzi tu w grę czynnik czasu, który mógłby ograniczyć ich przepływ w informacyjnym ciągu danych.

W trybie pracy komutowanej przekazywanie ciągu danych rozpoczyna się bezpośrednio po zestawieniu łącza do punktu odbiorczego. Gdy połączenie zostanie zakończone, przerywany jest obwód, co kończy sesję transmisji danych. Tryb pracy komutowanej jest praktycznie rozmową punkt - punkt, nawet jeśli telefoniczny system komutacyjny zestawia łącze w sposób bardzo skomplikowany i niekiedy okrężną drogą. O ile do przekazania informacji w trybie komutowanym musi być zestawione łącze (obwód), to w trybie pracy pakietowej po umieszczeniu danych w ciąg informacyjny one same podróżują już do z góry określonego punktu przeznaczenia. Większość sesji ISDN jest wymianą danych w trybie pracy komutowanej, czyli między punktem A i B z możliwością ich sterowania zarówno przez odbiorcę, jak i nadawcę. Możliwość realizacji dodatkowych funkcji sterowania ciągiem danych pozwala na odebranie i nadawanie wielu różnych typów danych w systemach komutowanych.

Zintegrowaną pracę kanałów B zapewniają protokoły. Protokół BONDING odnosi się zarówno do zwielokrotnienia odwrotnego, jak i do scalania kanałów. Istnieje kilka metod scalania kanałów B. Jedną z nich jest zwielokrotnianie sygnału, czyli umieszczanie sygnału wejściowego w kilku oddzielnych kanałach. Następnie cała grupa tych kanałów (kanały wielokrotne) jest przesyłana poprzez linię transmisyjną tzn. poprzez linię telefoniczną lub inny środek transportu. Znajdujący się po stronie odbiorczej demultiplekser w zależności od potrzeb rozdziela przychodzącą grupę kanałów na sygnał pojedynczy lub scalony.

Oprócz prostej metody zwielokrotniania istnieje także metoda zwielokrotniania odwrotnego. W metodzie tej kilka kanałów lub sygnałów w postaci danych przekazywana jest poprzez pojedynczy kanał. W przypadku interfejsu BRI, można scalić dwa kanały, aby utworzyć pojedynczy kanał transmisyjny o przepływności danych 128 kb/s, czyli dane są transmitowane w pojedynczym, elektronicznie uzyskanym kanale. Po stronie odbiorczej musi znajdować się demultiplekser inwersyjny, który rozdziela odebrany, pojedynczy strumień danych na pierwotną liczbę kanałów (np. dwa kanały B danych wejściowych).

Do przekazywania informacji w obu kierunkach między dwoma komputerami pracującymi w sieci przeznaczony jest sterowany programowo protokół dwupunktowy (PPP). Pozwala on na uzyskanie najlepszego połączenia między dwoma punktami sieci bez ingerencji użytkownika. Odmianą tego protokołu jest wielopoziomowy protokół PPP umożliwiający przyłączenie użytkownika do dostawcy usług internetowych, który pozwala także na scalanie kanałów. Protokół wielopoziomowy wywodzi się z grupy protokołów TCP/IP, a protokół PPP stanowił podstawę do jego opracowania przez IETF. Protokół wielopoziomowy staje się coraz bardziej popularny, ponieważ opiera się on na powszechnie stosowanym zestawie protokołów TCP/IP, które w skali światowej stały się faktycznym standardem zapewniającym dostęp do Internetu.

Alternatywą stosowania zwielokrotniania kanałów B i tym samym zwiększania przepustowości jest kompresja. Stosując kompresję w pojedynczym kanale B użytkownik może rozszerzyć pasmo, a tym samym efektywną szybkość transmisji w stosunku 2 do 1, 4 do 1 a nawet większym, w zależności od zastosowanych protokołów i metod kompresji.

Producenci sprzętu ISDN oferują kilka prawnie zastrzeżonych protokołów kompresji. Protokół kompresji PPP (CCP - *Compresion Control Protokol*) jest kolejnym protokołem opartym na założeniach protokołu PPP i TCP/IP, mimo wielu innych proponowanych rozwiązań stanowi on najczęściej stosowany schemat kompresji.

W sieci ISDN istnieją także dwa standardy dla przekazu wideo i telekonferencji: T.120 i H.320. Standard T.120 reguluje i opisuje podstawowe zasady stosowane w przekazie multimedialnym. Natomiast standard H.320 odnosi się głównie do zagadnień związanych z przekazem wideo. Niektóre zasady zawarte w standardzie T.120 zapewniają interoperacyjność różnych platform sprzętu komputerowego przy operacjach takich, jak: przesyłanie obrazów graficznych, przetwarzanie w czasie rzeczywistym wspólnego użytkownika aplikacji i wymiany faksów.

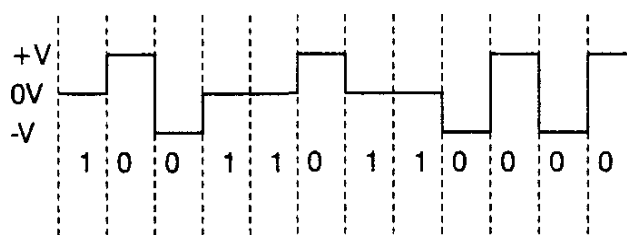
W telekomunikacji i informatyce istnieją obecnie setki, a nawet tysiące standardów. Omówione wyżej standardy odnoszą się bezpośrednio do sieci ISDN, niektórych aplikacji związanych z ISDN i wciąż rozszerzających się zastosowań przekazu cyfrowego.[6]

5. WARSTWA FIZYCZNA SIECI ISDN

Warstwa fizyczna odpowiada warstwie fizycznej siedmiowarstwowego modelu OSI i jest definiowana w zaleceniach 1.430 i 1.431 ITU-T. Sygnały w łączu nie są kodowane czysto binarnie. Jest tu wykorzystywana technika nazywana zmodyfikowanym kodem AMI (ang. *Alternate mark inversion*). [1]

5.1. Kodowanie stosowane w łączu fizycznym

Kodowanie AMI w łączu fizycznym wykorzystuje trzy poziomy napięcie. W prostym AMI bit '0' reprezentowany jest amplitudą 0 V, amplituda zaś wyrażona w voltach dla każdej jedynek binarnej '1' jest przeciwna do poprzedniej. W ISDN dokonano modyfikacji kodu AMI i zrealizowano to odwrotnie, tak więc 0 V reprezentuje jedynek binarną, inwersja zaś napięcia realizowana jest dla każdego bitu '0', tak jak to przedstawiono na rysunku 4.1. Amplituda napięcia wynosi zwykle 0,75 V.



Rys. 5.1 Kodowanie AMI stosowane w ISDN [1]

Zmodyfikowany AMI (który odwraca poziom w przypadku zera a nie jedynek bitowej) zapewnia możliwość odtworzenia sygnału zegarowego na podstawie długiego strumienia zer, co jest typowe w przypadku bezczynności łącza. Ponadto kodowanie to zapobiega polaryzacji elektrycznej łącza, ponieważ średnie napięcie w łączu jest w przybliżeniu równe zero, nawet wtedy, gdy transmitowane są długie sekwencje zer. [1]

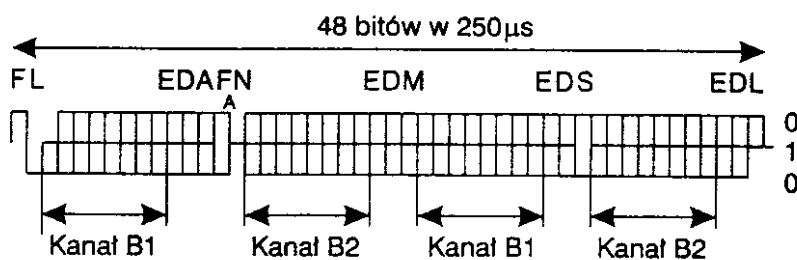
5.2. Połączenie fizyczne urządzeń

W styku podstawowym, do zakończenia sieciowego NT (ang. *Network termination*), może być przyłączonych do ośmiu urządzeń lub zakończeń terminalowych TE (ang. *Terminal equipmet*). Abonenckie wyposażenie przyłączane jest z wykorzystaniem czterożyłowej magistrali realizowanej z dwóch par skręcanych kabli tzw. skrętek (ang. *twisted-pair*). Wyjście transmisyjne (T_x) w zakończeniu terminalowym TE łączone jest z wyjściami transmisyjnymi innych TE. Analogicznie wejścia transmisyjne (R_x) wszystkich TE są połączone ze sobą. Wyjścia z TE przyłączone są do wejścia zakończenia sieciowego NT, wejścia TE zaś przyłączone są do wyjścia NT. Protokół realizowany między NT i urządzeniami ET zapewnia możliwość współpracy (w jednym czasie) tylko jednego urządzenia TE.

Ośmio-pinowa złączka typu ISO 8877 łączy TE z NT, złączka ta podobna jest z wyglądu do złączki RJ-45 z tym, że ma dwa dodatkowe wyprowadzenia (piny). [1]

5.3. Format ramki warstwy fizycznej

Na rysunkach 4.2 i 4.3 przedstawiono formaty ramek ISDN. Każda ramka ma długość 250 μ s i zawiera 48 bitów, co daje całkowitą szybkość bitową transmisji 192 kb/s ($48/(250 \times 10^{-6})$). Tworzą to dwa kanały 64 kb/s, jeden kanał 16 kb/s oraz dodatkowe bity ramkowania, symetryzacji i synchronizacji.



Rys. 5.2 Format ramki ISDN przesyłanej w kierunku z NT do TE [1]

Symbole na rysunkach oznaczają:

F - bit flagi rozpoczynającej ramkę

L - bity służące do kasowania składowej stałej

E - bity echa kanału D S - informacje kanału utrzymaniowego S

M - wykorzystywany do synchronizacji multiramki

B2 - bity kanału 2

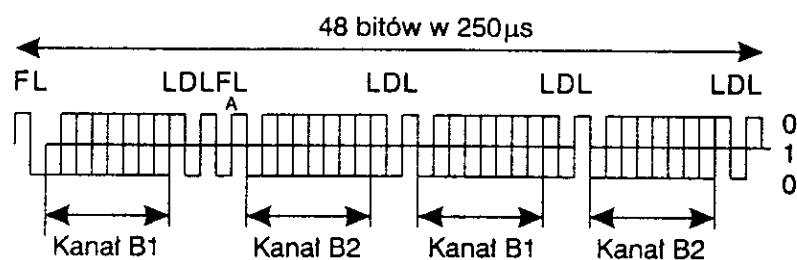
N - bit mający wartość logiczną będącą negacją bitu FA; Standardowo powinien mieć więc zawsze wartość 1

D - bity kanału D

FA - dodatkowy bit synchronizacji ramki

A - bit sygnalizacji przejścia urządzenia NT w stan aktywny

B1 - bity kanału 1



Rys. 5.3 Format ramki ISDN przesyłanej w kierunku z TE do NT [1]

Para bitów F/L identyfikuje początek każdej transmitowanej ramki. Kiedy transmisja prowadzona jest z TE do NT, to w relacji powrotnej występuje 2 bitowe przesunięcie (ang. *offset*) ramki zwracanej do TE. Bity E są bitami echa kanału D zwracanymi (w celu sprawdzenia poprawności informacji sygnalizacyjnej) do TE.

Gdy transmisja odbywa się w kanale B z NT do TE, w celu wskazania początku ramki, następny bit po bitach F/L jest zakłócany (złamana jest reguła kodowania AMI). Złamanie występuje na pierwszym bicie kanału B₁, ale tylko wtedy, jeżeli bit informacji w tym kanale jest zerem, jeżeli jest jedynką, to złamanie nie występuje. Rozwiązano to za pomocą odpowiednio ustawianego bitu F_A. Następnym jest bit 0 (bit N), który nie będzie mylony z parą bitów F/L. Stąd też początek ramki może być określony przez odnalezienie wcześniejszego wystąpienia pary F/L.

Bit L służy do kasowania składowej stałej w łączu. W przypadku jeżeli liczba zer po wcześniejszym bicie kasowania składowej stałej jest nieparzysta, wtedy bit L jest równy 0, w innym przypadku bit L ustawiany jest na 1. NT sygnalizuje TE przejście w stan aktywny przez ustawienie bitu A. [1]

6. WARSTWA ŁĄCZA DANYCH SIECI ISDN

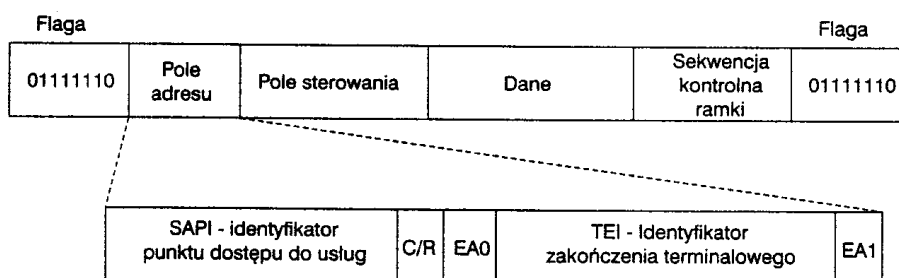
Warstwa łącza danych wykorzystuje schemat nazywany procedurą dostępu do łącza w kanale D - LAPD (ang. *link access procedure on the D-channel*). Na rysunku 5.1 przedstawiono format ramki, w której unikalna sekwencja bitowa 01111110 identyfikuje początek i koniec ramki. Ten wzór bitowy nie może wystąpić w pozostałej części ramki dzięki wykorzystaniu mechanizmu wtrącania zera (ang. *bit stuffing*), który to mechanizm omówię w rozdziale 5.2. Pole adresu zawiera informację o typie danych zawartych w ramce (identyfikator punktu dostępu do usług) i adresie fizycznym urządzenia ISDN (identyfikator zakończenia terminalowego). Pole sterujące określa typ ramki, która może być ramką numerowaną sterującą – inaczej ramką nadzorczą (ang. *supervisory*) i nienumerowaną sterującą (ang. *unnumbered*) albo ramką informacyjną. [1]

6.1. Pole adresu ramki ISDN

Adres łącza danych zawiera informację adresową potrzebną do zidentyfikowania przez NT urządzenia TE (nie jest to adres sieciowy). Na rysunku 5.1 przedstawiono formaty pól adresowych. SAPI określa także typ usługi ISDN urządzenia TE, tzn. w przypadku usługi telefonicznej tylko telefon może odczytać informację dla niego przeznaczoną. Ponieważ wszystkie urządzenia TE podłączone są do wspólnej multipleksowanej magistrali, dlatego każde z nich ma swój niepowtarzalny adres terminala TEI (ang. *Terminal equipment*

identyfikator). Dla użytkownika lub urządzenia sieciowego, dostępny jest następujący zakres adresów łącza danych:

- 0-63 - identyfikatory TEI, które nie są przypisywane automatycznie,
- 64-126 - identyfikatory TEI, które są przypisywane automatycznie,
- 127 - globalny identyfikator TEI.



Rys. 6.1 Format ramki kanału D [1]

Korzystając z zakresu adresów, które nie są przypisywane automatycznie, użytkownik zobowiązany jest do określenia adresu każdego urządzenia przyłączonego do sieci. Gdy urządzenie wysyła swoje dane, wstawia własny identyfikator TEI w pole adresu i jednocześnie urządzenie odbiera z sieci tylko te dane, które zawierają jego identyfikator TEI. W większości przypadków urządzenia nie powinny mieć identycznych adresów TEI, ponieważ mogłoby to spowodować, że wszystkie urządzenia z identycznym adresem TEI i SAPI będą odbierać te same wiadomości (choć, w niektórych przypadkach, może to być wymaganiem).

Sieć przypisuje adresy urządzeniom, które wymagają automatycznej adresacji, przed tym jak nim zaczną się komunikować z innymi urządzeniami. Adres globalny TEI jest wykorzystywany do rozgłaszania wiadomości do wszystkich podłączonych urządzeń. Przykładem może być wywołanie telefoniczne przychodzące do grupy współdzielącej łącze; wszystkie telefony będą wtedy dzwonić do czasu podniesienia jednego z mikrotelefonów.

Bit C/R jest bitem komendy/odpowiedzi, EA0/EA1 są zaś bitami określającymi rozszerzone pole adresowe. [1]

6.2. Działanie mechanizmu wtrącania zera

Urządzenie nadawcze, posługujące się mechanizmem wtrącania zera, wstawia zero w ciąg bitów w którym wystąpiła sekwencja pięciu jedynek. Natomiast gdy odbiornik odbiera pięć kolejnych jedynek, pomija bit następny (o ile jest to zero). Taki mechanizm zapobiega możliwości wystąpienia sekwencji 01111110 wewnątrz ramki.

Na przykład, jeżeli ciąg bitowy do transmisji byłby następujący:

101000101011111100001010001010000111110101010

a po dodaniu flag ciąg miałby postać:

0111111010100010101111110000101000101000011111010101001111110

Widać, że w takim ciągu bitów wiadomości, że strumień informacji, który byłby transmitowany zawierałby flagę wewnątrz ramki, a w wyniku zastosowania mechanizmu wtrącania zera otrzymamy:

0111111010100010101111100001010001010000111110010101001111110

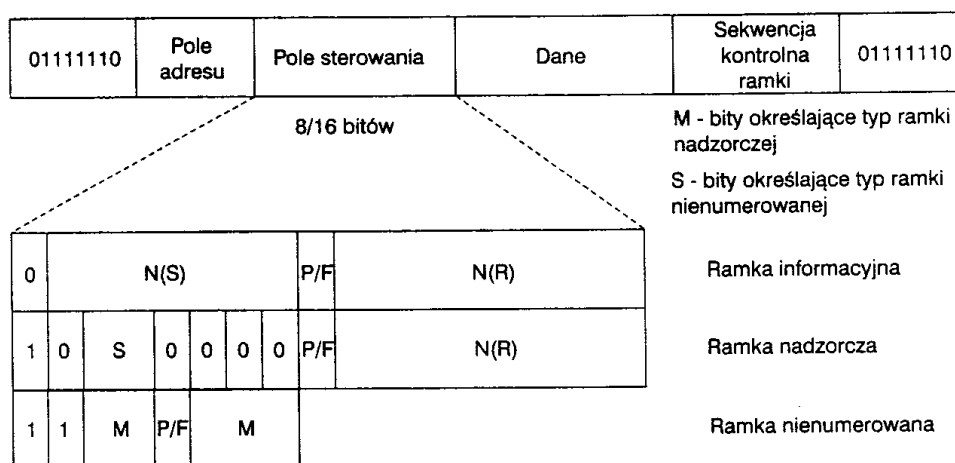
Należy zauważyć, że nadajnik dostawia zero bitowe jeśli wystąpi sekwencja pięciu jedynek. Dzieje się tak ponieważ wzór bitowy 01111110 nie może wystąpić nigdzie w ciągu bitów wiadomości.

Działanie odbiornika zaś jest następujące: gdy odbierze w strumieniu pięć kolejnych jedynek odrzuca następny bit jeżeli jest on zerem, jeżeli jest to jedynka, oznacza to, że jest to flaga. Dla przykładu odebrany strumień bitów byłby następujący: [1]

0111111010100010101111110000101000101000011111010101001111110

6.3. Pole sterujące ramki ISDN

Technologia ISDN wykorzystuje 16-bitowe pole sterujące dla ramek informacyjnych i nadzorczych oraz 8-bitowe dla ramek nienumerowanych (rysunek 5.2). Ramki informacyjne przenoszą informację o kolejności przesyłanych danych, a format pola sekwencji jest następujący OSSSSSSXRRRRRRR, gdzie SSSSSSS jest numerem sekwencji wysyłanej, RRRRRRR jest zaś numerem sekwencji na jaki oczekuje wysyłający (bit X jest wykorzystywany w mechanizmie komendy/odpowiedzi na komendę). W trybie rozszerzonym wykorzystywane jest 7-bitowe pole numerów sekwencji, więc możliwa jest numeracja od 0 do 127.



Rys. 6.2 Schemat pola sterującego ramki ISDN [1]

Ramki nadzorcze zawierają informacje o sterowaniu przepływem. W tabelicy 3 przedstawiono typy ramek nadzorczych i ustawienie bitów pola sterującego. Pole RRRRRRR reprezentuje 7-bitowy numer sekwencji.

Tabela 3.

Typ	Ustawienia pola sterującego
Receiver Ready (RR)	1000000PRRRRRRR
Receiver Not Ready (RNR)	1010000PRRRRRRR
Reject (REJ)	1001000PRRRRRRR

Ramki nienumerowane wykorzystywane są do zestawiania, nadzoru i kasowania połączenia logicznego pomiędzy węzłem i siecią. W tabelicy 4 przedstawiono komendy, a w tabelicy 5 odpowiedzi na komendy występujące w tej ramce.

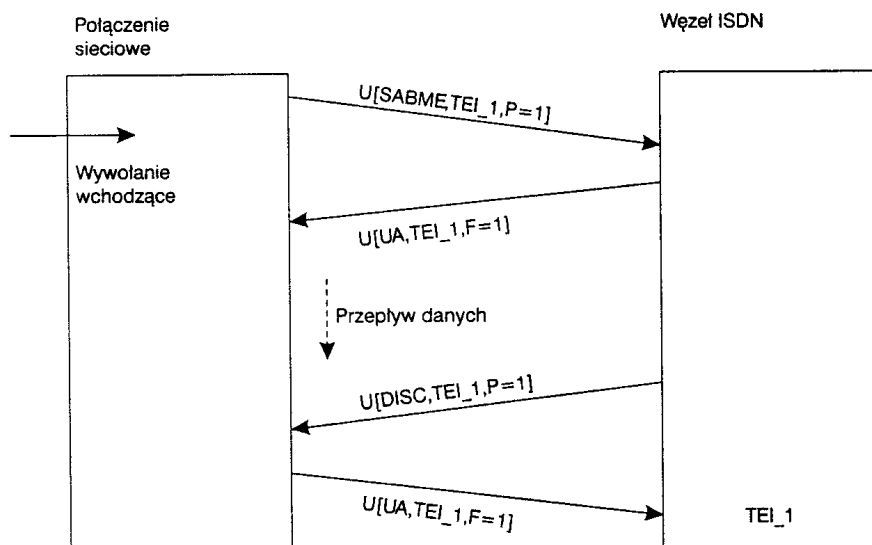
Tabela 4.

Typ	Ustawienia pola sterującego
SABME - set asynchronous balance mode extended	1111P110
UI-unnumbered information	1100F000
DISC-disconnect mode	1100P010

Tabela 5.

Typ	Ustawienia pola sterującego
DM - disconnect mode	1111P110
UA - unnumbered acknowledgement	1100F000
FRMR - frame reject	1100P001

W ISDN wszystkie przyłączone węzły oraz połączenia sieciowe mogą wysyłać komendy i odbierać odpowiedzi. Na rysunku 5.3 przedstawiono przykład realizacji połączenia z wykorzystaniem wywołania przychodzącego (ang. *incoming cali*) do węzła sieci ISDN (o adresie TEI_1). W fazie inicjacji połączenia logicznego ustawiany jest tryb SABME. Wykorzystywana jest w tym celu komenda SABME (U[SAB-ME,TEI_1, P = 1]), po której następuje potwierdzenie z węzła ISDN (U [UA, TEI_1, P = 1]). Zarówno sieć jak i węzeł w każdej chwili może rozłączyć zestawione połączenie. W przedstawionym przypadku połączenie rozłącza węzeł ISDN, wykorzystując w tym celu komendę (U[DISC, TEI_1, P = 1]). Sieć potwierdza rozłączenie przez przesłanie nienumerowanego potwierdzenia (U[UA,TEI_1, F = 1]). [1]



Rys. 6.3 Mechanizm łączenia/rozłączania w warstwie łącza danych [1]

6.4. Organizacja transmisji w kanale D

Protokół dostępu do kanału D zapewnia możliwość wykorzystywania go w danej chwili przez jedno i tylko jedno urządzenie terminalowe. W tym celu wykorzystywana jest flaga 01111110 początku i końca strumienia bitów w kanale D, jak to przedstawiono poniżej:

1111101111110XXXXXXXXX.....XXXXXXXX011111101111

W stanie bezczynności, każdy z TE przechodzi do stanu o wysokiej impedancji, który jest odczytywany jako ciąg binarnych jedynek. Aby przesłać informację, TE liczy liczbę jedy-

nek w kanale D. Bit zero resetuje licznik. Po określonej liczbie, większej jak ustalona liczba kolejnych jedynek, TE transmituje swe dane i monitoruje ich powrót z NT. Jeżeli nie odbierze poprawnego strumienia bitów przesłanego kanałem D i zwróconego jako bity echa E, wtedy wykrywa, że miała miejsce kolizja. W tym przypadku TE natychmiast przerywa transmisję i zaczyna monitorować łącze.

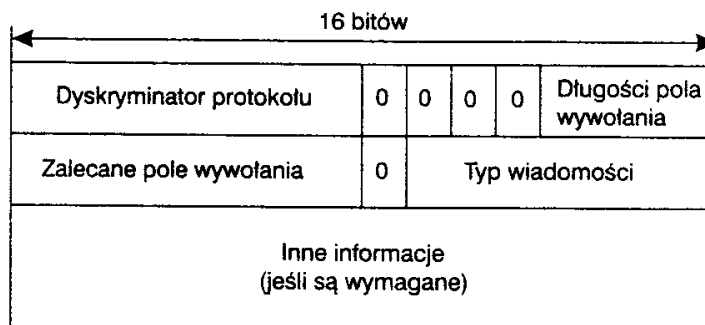
Po poprawnej transmisji danych TE ustawia wysoką impedancję, co odbierane jest jako sekwencja kolejnych jedynek. Pozwala to innym urządzeniom TE na transmisję swych danych. [1]

6.5. Sprawdzanie poprawności ramki

Pole sekwencji poprawności ramki FCS (*ang. frame check sequ.en.ce*) służy do wykrywania wystąpienia błędu w ramce. Mechanizm oparty jest na cyklicznej kontroli nadmiarowej CRC ciągów. Zgodnie z TTU-T V.41 wykorzystywany jest następujący wielomian generatora $G(x) = x^{16} + x^{11} + x^5 + x^1$. [1]

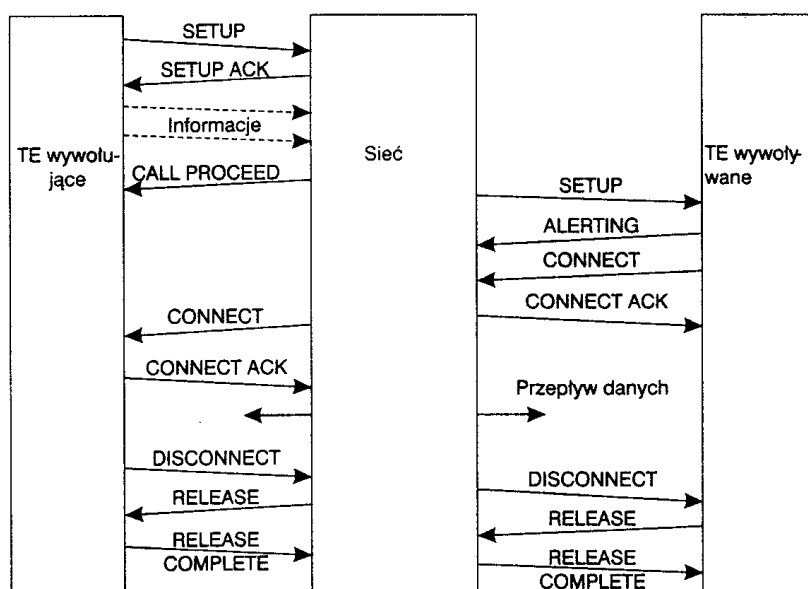
7. WARSTWA SIECIOWA SIECI ISDN

Informacje warstwy sieci są przenoszone w kanale D wewnątrz ramek LAPD. Ta informacja odpowiedzialna jest za zestawianie i sterowanie połączeniami. Ramki LAPD nie przenoszą danych realizowanej usługi tak jak kanał B, ponieważ ich zadaniem jest zestawianie i zarządzanie wywołaniami oraz sterowanie przepływem w realizowanych połączeniach.



Rys. 7.1 Format wiadomości sygnalizacyjnej ramki ISDN [1]

Na rysunku 6.1 przedstawiono format wiadomości sygnalizacyjnej przesyłanej w ramce. Pierwszy bajt jest wyróżnikiem protokołu. W przyszłości ten bajt może definiować różne protokoły komunikacyjne. Obecnie zwykle ustawiona wartość jest sekwencją 0001000. Następny bajt definiuje wywołanie - określając wartość zalecaną wywołania (*ang. cali reference value*), na podstawie której identyfikowane jest wywołanie spośród zalecanych. Długość wiadomości definiowana jest w następnym bajcie, a informacja o długości zapisywana jest na 4 bitach, w związku z czym pole wartości zalecanej wywołania może mieć długość do 16 bajtów. Następny bajt przedstawia typ wiadomości, który określa rodzaj przesyłanej informacji.



Rys. 7.2 Schemat zestawiania i rozłączania połączenia ISDN [1]

Występują cztery główne rodzaje wiadomości. Są to: wywołanie zestawiane, informacja o wywołaniu, rozłączenie połączenia oraz inne wiadomości. W tabelicy 6 przedstawiono najważniejsze z nich a na rysunku 6.2 przedstawiono przykład procedury połączeniowej. Wiadomością inicjującą połączenie jest **SETUP**, która może ona zawierać informacje na temat:

- identyfikacji kanału - identyfikuje kanał w styku ISDN,
- numeru strony wywołującej,
- podadresu strony wywołującej,
- numeru strony wywoływanej,
- podadresu strony wywoływanej,
- danych dodatkowych (2-131 bajtów).

Tabela 6.

Zestawienie połączenia (ang. <i>Call establish</i>)	Wiadomości (ang. <i>Information messages</i>)	Rozłączenie połączenia (ang. <i>Call clearing</i>)
ALERTING	RESUME	DISCONNECT
CALL PROCEEDCNG	RESUME ACKNOWLEDGE	RELEASE
CONNECT	RESUME REJECT	RELEASE COMPLETE
CONNECT ACKNOWLEDGE	SUSPEND	RESTART
PROGRESS	SUSPEND ACKNOWLEDGE	RESTART ACKNOWLEDGE
SETUP	SUSPEND REJECT	DISCONNECT
SETUP ACKNOWLEDGE	USER INFORMATION	
ALERTING	RESUME	

Po wywołaniu urządzenie wywołujące TE przesyła wiadomość **SETUP** a sieć ISDN potwierdza możliwość zestawiania połączenia zwracając wiadomość **SETUP ACK**. W przypadku gdy ilość informacji zawartych w wiadomości **SETUP** była niewystarczająca, to wtedy realizowany jest przepływ dodatkowej informacji sygnalizacyjnej pomiędzy wywołującym TE i siecią. W następnej kolejności sieć przesyła wiadomość **CALL PROCEEDING** i jednocześnie przesyła wiadomość **SETUP** do wywoływane TE. Gdy wywoływany TE wykryje swój adres TEI i SAPI, wtedy przesyła zwrótnie wiadomość **ALERTING**. Sieć informowana jest w ten sposób, że węzeł wywołuje użytkownika w celu przyjęcia wywołania.

W momencie odpowiedzi wywoływany TE przesyła do sieci wiadomość CONNECT a sieć potwierdza fakt jej odebrania wiadomością CONNECT ACK, jednocześnie wysyłając wiadomość CONNECT do TE wywołującego. TE wywołujący potwierdza tę wiadomość, przesyłając CONNECT ACK, co oznacza ostatecznie, że połączenie zestawiono i mogą być w nim wymieniane informacje.

W celu rozłączenia połączenia wykorzystywane są wiadomości DISCONNECT, RELEASE i RELEASE COMPLETE. [1]

8. ZAKRES USŁUG SIECI ISDN

Usługi telekomunikacyjne oferowane przez sieć ISDN można rozgraniczyć na dwie odmienne grupy: usługi przesyłania (bazowe) i teleusługi.

Usługi bazowe są odpowiedzialne wyłącznie za przesyłanie strumieni danych między poszczególnymi punktami dostępu do sieci ISDN. Usługi bazowe trybu komutacji łączy podzielono na trzy podstawowe rodzaje, z których każdy nieco inaczej definiuje parametry zestawianego kanału, a określa się je następująco:

- ✓ mowa;
- ✓ akustyczne, 3,1 kHz;
- ✓ nieograniczone, 64 kb/s;

Mowa jest przeznaczona do przesyłania cyfrowego sygnału fonicznego, zakodowanego zgodnie z normą G.711. Sygnał foniczny może być przekazany zarówno człowiekowi jak i odpowiedniemu systemowi rozpoznawania mowy.

3,1 kHz, akustyczne umożliwia przesyłanie dowolnego sygnału akustycznego, również zakodowanego zgodnie z normą G.711. Usługa ta jest więc przeznaczona do wymiany strumieni informacji za pośrednictwem modemów, telefaksów oraz tworzenia typowych połączeń telefonicznych.

Usługa 64 kb/s, nieograniczone tworzy w pełni cyfrowy kanał transmisyjny. Transmitowany nim strumień danych nie doznaje żadnych modyfikacji w czasie przesyłania go między punktami: źródłowym i docelowym.

Najważniejsze obecnie zdefiniowane teleusługi to :

- **telefonia** - przesyłanie zakodowanego cyfrowo sygnału akustycznego w sposób charakterystyczny dla typowej usługi telefonicznej. Sieć ISDN zapewnia dodatkowo możliwości: przesyłania pasma fonicznego do 7 kHz, transmisji sygnału stereofonicznego oraz uzyskania połączenia konferencyjnego lub z "dobieraniem trzeciego";
- **teleteks** - stanowi rozszerzenie teleksu i służy do transmisji tekstu. Usługa ta polegająca na automatycznym transferze danych "z pamięci do pamięci", oferuje znacznie rozszerzony zbiór znaków alfanumerycznych, a także gwarantuje przesyłanie dokumentów formatu A4 przy pełnym zachowaniu ich formy i treści. Główną zaletą teleteksu jest duża szybkość transmisji tekstu, gdyż w odróżnieniu od telefaksu są tu przesyłane jedynie kody znaków, a nie ich obraz graficzny;
- **telefaks** - umożliwia przekazywanie zarówno tekstu, jak i grafiki dzięki analizie kolejnych punktów kopiowanego obrazu oryginału. Telefaksy grupy 4 cechuje wysoka rozdzielczość oraz zdolność rozróżniania kolorów. Urządzenie takie, komunikując się z terminalem ISDN podobnego typu, posługuje się wyłącznie cyfrową formą transmitowanych danych, co znacznie przyspiesza przesyłanie żądanej informacji. Konstruowane obecnie telefaksy grupy 4 umożliwiają również współpracę z klasycznymi terminalami analogowymi (grupy 3), pozwalając tym samym na wymianę dokumentów między abonentami sieci ISDN i PSTN(Publiczna Sieć Telefonii Nośnej);

- **wideoteks** - podobnie jak teleteks jest przeznaczony do transmisji tekstu wzbogaconego ewentualnie o znaki semigraficzne. Podstawową jego cechą jest prezentacja odbieranego sygnału za pomocą ekranu monitora. Wideoteks wprowadzono głównie w celu umożliwienia abonentowi zdalnego korzystania z baz danych (publicznych i prywatnych), bibliotek oraz innych systemów informacyjnych. Użytkownik ma w tym przypadku pełną swobodę decydowania o tym, jaką informację chce w danym momencie przywołać na ekran swojego monitora, może również modyfikować zawartość baz danych i zarządzać nimi.
- **poczta elektroniczna** - pozwala nadawcy informacji na umieszczenie jej treści w specjalnie przeznaczonym do tego celu systemie sieciowym. Pozostawiona wiadomość może mieć formę pisma, mowy, lub ilustracji (zależną od rodzaju dostępnej "skrzynki elektronicznej") i zostać odebrana przez adresata w dowolnym momencie. Na uwagę zasługuje fakt ulokowania owej skrzynki nie w terminalu abonenckim, lecz w specjalnie przeznaczonych do tego celu urządzeniach sieciowych (w centrali najbliższej odbiorcy).
- **transmisja danych** - jest przeznaczona do realizacji połączeń między komputerami dwóch abonentów lub zdalnego dostępu do wybranej sieci komputerowej. Usługa ta może być realizowana zarówno w trybie komutacji pakietów jak i komutacji kanałów. Przy realizacji zdalnego dostępu do sieci lokalnych można uzyskać bardzo dobre efekty stosując odpowiednie urządzenia typu gateway. Zapewniają one zwykle automatyczną kompresję transmitowanego strumienia danych, dlatego efektywna szybkość transmisji waha się od 1 do 2 Mb/s przy założeniu wykorzystania obu kanałów B;
- **wideofonia** - bardzo szybki postęp w technice kompresji obrazów ruchomych pozwala jednak sądzić, iż w niedługim czasie możliwa będzie transmisja sygnału wizji o stosunkowo dobrej jakości, z szybkością nie przekraczającą przepustowości kanału 2B;
- **telewizja** - usługa ta stanie się dostępna dopiero w sieci B-ISDN. Omawianej usługi nie należy kojarzyć wyłącznie z dostępem abonenta do określonej liczby programów telewizji państwowej i prywatnej. W przyszłości prawdopodobnie zainteresowaniem użytkowników sieci B-ISDN będą cieszyły się automatyczne wypożyczalnie wideo;

Zbiorem usług, służących do przekazywania krótkich i nie wymagających dużych szybkości transmisji komunikatów jest **teleakcja**. Komunikaty te są najczęściej wymieniane między terminalami abonenta i odpowiednimi centrami sterowania, współpracującymi z siecią (a nie parą albo grupą abonentów). Usługi te obejmują:

- **telealarm** - przekazywanie komunikatu o alarmie z czujników zainstalowanych u abonenta (np. przeciwpożarowych, przeciwwłamaniowych, itp.) do odpowiednich centrów dyżurnych sieci. Transmisja odpowiedniej informacji jest inicjowana całkowicie automatycznie i nie wymaga żadnej formy nadzoru ze strony użytkownika. W przyszłości będzie też możliwa sygnalizacja ulatniania się gazu lub zdalny nadzór instalacji podobnego typu;
- **telealert** - przekazywanie jak poprzednio podobnych komunikatów, ale w przeciwnym kierunku, tzn. z centrów nadzorujących bezpieczeństwo mieszkańców danego obszaru do wszystkich dostępnych terminali abonenckich. Treść wiadomości przesyłanych w obrębie tej usługi może dotyczyć np. podnoszenia się poziomu wód, stężenia zanieczyszczeń atmosferycznych lub danych pochodzących z centrów sejsmograficznych;
- **telekomenda** - oferuje możliwość zdalnego sterowania wybranymi urządzeniami zainstalowanymi u abonenta. Najważniejszym przykładami praktycznego zastosowania omawianej usługi są np. centrale nadzorowania systemu ogrzewania pomieszczeń, nawadniania trawników, oświetlenia ulic, itp.
- **telemetria** - pozwala na zdalne odczytywanie stanu różnego rodzaju liczników i mierników zainstalowanych u abonenta (gazomierzy, liczników zużycia energii elektrycznej, wodomierzy, itp.). Uzyskiwane w ten sposób dane są przekazywane natychmiast wskazanym centrom rozliczeniowym, które na ich podstawie określają należności, jakie powinni uiścić poszczególni abonenci.

Poza wymienionymi rodzajami usług (przenoszenia i teleusług) istnieje jeszcze grupa usług dodatkowych, nazywanych też uzupełniającymi lub udogodnieniami. Najważniejsze z nich obecnie zdefiniowane to:

- przekazywanie numeru abonenta wywołującego abonentowi wywoływanemu;
- przekazywanie numeru linii przyłączonej abonentowi wywołującemu;
- tworzenie zamkniętych grup użytkowników;
- przenoszenie terminala;
- tymczasowe zawieszanie połączenia;
- wybieranie skrócone;
- czasowe wyłączenie "nie zakłócać";
- zamawianie zestawienia połączenia na podaną godzinę;
- zamawianie automatycznego budzenia;
- połączenie z dobraniem "trzeciego";
- wywoływanie grupowe;
- transfer wywołań na wskazany numer;
- identyfikacja wywołań "złośliwych";
- połączenie bez wybierania numeru "gorąca linia". [6]

9. PRZYKŁAD KONFIGURACJI ISDN

Łącze ISDN w znacznym stopniu odbiega od typowego łącza telefonicznego, pomimo faktu, że niektóre Linuxowe programy komunikacyjne (np. Minicom) pozwalają je podobnie traktować. Podstawową różnicą jest fakt, że do obsługi łącza ISDN są przeznaczone dwie grupy urządzeń *ttylx* oraz *ipppx* a nie tylko jedna jak w przypadku łącza szeregowego. Urządzenia asynchroniczne (*ttylx*) standardowo istnieją w systemie (można je konfigurować za pomocą komend modemowych AT), natomiast urządzenia *ipppx* są tworzone dynamicznie i konfigurowane za pomocą programu *isdnctrl*.

Zakładając, że dzwoniemy do TP S.A. (0202422) a numer telefonu przyporządkowany do modemu ISDN to 1234567, przy pomocy programu *isdnctrl* w następujący sposób tworzymy i konfigurowujemy urządzenie *ipp0* :

```
isdnctrl verbose 4
isdnctrl addif ipp0
isdnctrl pppbind ipp0 0
isdnctrl dialmode ipp0 manual
isdnctrl eaz ipp0 1234567
isdnctrl secure ipp0 on
isdnctrl addphone ipp0 out 0202422
isdnctrl hupertimeout ipp0 180
isdnctrl l2_prot ipp0 hdlc
isdnctrl l3_prot ipp0 trans
isdnctrl encap ipp0 syncppp
```

W tym momencie mamy skonfigurowane urządzenie *ipp0* (*ipp1* konfiguruje się analogicznie, np. dla celów komunikacji z drugim ISP). W celu sprawdzenia konfiguracji można posłużyć się poleceniem *isdnctrl list ipp0*.

Należy teraz utworzyć i skonfigurować urządzenie sieciowe *ipp0*. Do tego celu służy program *ifconfig*. Warto jeszcze zdefiniować domyślną ścieżkę dla pakietów oraz uruchomić program *ippd* z parametrem w postaci pliku konfiguracyjnego. Po wykonaniu tych czynności interfejs sieciowy będzie nadawał się do użycia.

```
ifconfig ipp0 0.0.0.0 pointopoint
route add default ipp0
ippd ipp0 &
```

```
route del default
ifconfig ippp0 down
```

Program *ippd* wymaga odpowiedniego "środowiska" na które składają się pliki */etc/ppp/options*, oraz */etc/ppp/pap-secrets*. Zawartość tych plików dostosowana do korzystania z dostępu do Internetu przez TP S.A. jest następująca:

Plik: */etc/ppp/options*

```
# Configuration options for IPPPD:
lock
defaultroute
noipdefault
# Uncomment the line below for more verbose error reporting:
#debug
passive
ipcp-accept-remote
-detach
user ppp
```

Plik: */etc/ppp/pap-secrets*

```
# PAP authentication file
# This file should have a permission of 600.
# ~# chmod 600 /etc/ppp/pap-secrets
# Username      Server      Password      IP addresses
"ppp"           *          "ppp"         "
```

W tym miejscu mamy uruchomiony program *ippd* odpowiednio skonfigurowany, z zachowaną informacją o domyślnej ścieżce prowadzącej do urządzenia *ipp0*. Do tej pory żadne połączenie nie zostało zestawione, natomiast wszystko jest już gotowe polecenia aby aktywować urządzenia sieciowe i nawiązać połączenie sieciowe przez *ipp0*:

```
ifconfig ippp0 up
isdnctrl dial ippp0
```

Aby sprawdzić czy połączenie zostanie zestawione, można użyć polecenia *ifconfig ippp0*, gdzie w rezultacie powinniśmy uzyskać informacje zbliżone do następujących:

```
ipp0      Link encap:Point-to-Point Protocol
          inet addr:213.76.63.113 P-t-P:1.1.1.1 Mask:255.255.255.0
          UP POINTOPOINT RUNNING NOARP MTU:1500 Metric:1
          RX packets:1834 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:2012 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:30
```

Przed zakończeniem działania komputera należy w następujący sposób zamknąć urządzenia i zakończyć działanie programu *ippd*:

```
ifconfig ippp0 down
killall -9 ippd
isdnctrl pppunbind ippp0
sleep 1
isdnctrl delif ippp0
```

Aby stworzyć możliwość łączenia się „z zewnątrz” z komputerem w sieci ISDN należy odpowiednio przygotować konfigurację urządzenia *ipp0*. Realizuje się to przy pomocy instrukcji:

```
isdnctrl verbose 4
isdnctrl addif ippp0
isdnctrl pppbind ippp0 0
isdnctrl dialmode ippp0 manual
isdnctrl eaz ippp0 1234567
isdnctrl secure ippp0 on
isdnctrl addphone ippp0 in 7654321
isdnctrl huptimeout ippp0 180
isdnctrl l2_prot ippp0 hdlc
isdnctrl l3_prot ippp0 trans
isdnctrl encap ippp0 syncppp
```

Drugim sposobem na uzyskanie kontaktu „ze świata” z komputerem w sieci ISDN jest odpowiednie przygotowanie plików konfiguracyjnych programu `ipppd`. Oto przykład tego rozwiązania:

Plik: `/etc/ppp/options`

```
# Configuration options for IPPPD:
auth
lock
proxyarp
a.b.c.d:w.x.y.z
-detach
domain domain.you.have
#debug
-chap
+pap
```

Plik: `/etc/ppp/pap-secrets`

```
# Secrets for authentication using PAP
# This file should have a permission of 600.
# ~# chmod 600 /etc/ppp/pap-secrets
# Username      Server      Password      IP addresses
"ppp"           *          "ppp"         w.x.y.z
```

W pliku `/etc/ppp/options` pole `a.b.c.d:w.x.y.z` oznacza parę adresów IP, które wybraliśmy dla naszego łącza i które będą mu przypisane podczas otwarcia. Adres `a.b.c.d` będzie przypisany lokalnej stronie łącza, natomiast adres `w.x.y.z` będzie przypisany stronie zdalnej. Należy wybrać adresy pasujące do naszej lokalnej konfiguracji, z tym, że adres `a.b.c.d` może być taki sam, jak przypisany interfejsowi sieciowemu, natomiast adres `w.x.y.z` nie powinien występować w naszej podsieci (tzn. powinien być zarezerwowany dla naszego łącza PPP). Opcja `domain` powinna definiować nazwę domeny naszej sieci - należy `domain.you.have` zastąpić odpowiednią nazwą. Po uruchomieniu programu `ipppd` (`ipppd ippp0 &`) nasz komputer jest gotowy do przyjmowania połączeń z zewnątrz. Przed próbami połączeń warto uaktywnić opcję `debug` zarówno po stronie klienta jak i serwera. [4]

10. LITERATURA

- [1] W. Buchanan „Sieci komputerowe” WKŁ Warszawa 1999
- [2] M. Sportack „Sieci komputerowe księga eksperta“ Helion 1999
- [3] B. Hallberg „Sieci komputerowe kurs podstawowy” Edition 2000
- [4] Strona internetowa: <http://www.republika.pl/mgrecki/>
- [5] Strona internetowa: http://www.studenci.pl/i_sem03.htm
- [6] Strona internetowa: <http://www.prz-rzeszow.pl/>