Część I
Cyfrowe sieci usług zintegrowanych ISDN

Od ponad stu lat system telefoniczny był podstawowym środkiem komunikacji międzyludzkiej, dostosowanym głównie do przesyłania sygnałów mowy. System ten nie spełnia wielu nowych potrzeb, związanych z transmisją danych cyfrowych, takich jak szybkie przesyłanie faksów, obrazów o różnych formatach, itp. Te nowe potrzeby użytkowników sieci telekomunikacyjnej doprowadziły do działań w skali międzynarodowej, mających na celu zastąpienie dużej części światowego systemu telefonicznego nowym, zaawansowanym systemem cyfrowym, zwanym ISDN (Integrated Services Digital Network). Podstawowym celem tej działalności, jest integracja w jednej sieci wszystkich usług telekomunikacyjnych z usługami typowymi dla transmisji danych, co wiąże się z całkowitym przeprojektowaniem systemu telekomunikacyjnego na miarę potrzeb XXI wieku.

Prace koordynacyjne nad ISDN w CCITT zakończyły się wydaniem w roku 1984 całego szeregu zaleceń, które udoskonalono w roku 1988, i które umożliwiły rozpoczęcie budowy sieci ISDN przez kraje najbardziej rozwinięte. Podstawowe zalecenia CCITT w tym zakresie ilustruje tabela 1.

Tabela 1: Podstawowe zalecenia CCITT, dotyczące ISDN

Numer	**Tytuł**
I.120	Integrated Services Digital Networks
I.210	Principles of telecommunication services supported by an ISDN
I.211	Bearer services supported by an ISDN
I.310	ISDN network functional principles
I.320	ISDN protocol reference manual
I.411	ISDN user/network interfaces — reference configurations
I.412	ISDN user/network interfaces — interface structure and access
I.420	Basic network/user interface
I.421	Primary rate network/user access
I.430	Basic user/network interface — Layer 1 specification
I.431	Primary rate user/network interface — Layer 1 specification
I.440	ISDN user/network interface Data Link Layer protocol — general aspects
I.441	ISDN user/network interface Data Link Layer specification
I.450	ISDN user/network interface Layer 3 — general aspects
I.451	ISDN user/network interface Layer 3 — specification

Część II
Usługi ISDN

Podstawowymi usługami ISDN pozostają nadal usługi telefoniczne, poszerzone o wiele nowych możliwości. Można tu wymienić:

- aparaty telefoniczne z wieloma przyciskami, z których każdy umożliwia natychmiastowe połączenie z wybranymi numerami abonentów w dowolnym kraju,
- aparaty telefoniczne, wyświetlające na odpowiednim wyświetlaczu, podczas odbioru sygnału dzwonienia numer, adres i dane personalne abonenta, usiłującego nawiązać rozmowę,
- aparaty telefoniczne pozwalające na prowadzenie telekonferencji, w których mogą uczestniczyć abonenci telefoniczni różnych państw,
- automatyczne zamawianie budzenia, itp.

Do nowych usług transmisji danych, należy zaliczyć:

- Połączenie terminala lub komputera z dowolnym innym komputerem na świecie. Aktualnie takie połączenia nie są możliwe z powodu niekompatybilności narodowych systemów telefonicznych.
- Tworzenie grup użytkowników w postaci prywatnych sieci komputerowych, zapewniających całkowite bezpieczeństwo danych i ich poufność. Problem ten jest bardzo ważny dla wielu instytucji rządowych, wojskowych i ambasad.
- Usługa typu **videotex**, umożliwiająca dostęp z terminala ISDN do zdalnych baz danych, książek telefonicznych, katalogów firm, itp.
- Usługa typu **teletex**, która jest w istocie pewnego rodzaju pocztą elektroniczną dla potrzeb domowych i biurowych.
- Usługa **facsimile (fax)**, pozwalająca na przesyłanie metodą cyfrową nie tylko papierowych dokumentów w postaci rysunków, fotografii, fragmentów pisma odręcznego, ale dowolnych obrazów, jak np. fotografia zdalna klientów banku dla zapobieżenia oszustwom.
- Zdalne odczyty liczników zużycia energii, wody, itp.
- Usługi zdalnego alarmowania służb przeciwpożarowych za pomocą instalowanych w pobliżu terminali sieci ISDN specjalnych detektorów dymu i ognia.

- Automatyczne alarmowanie pogotowia ratunkowego lub odpowiedniego oddziału szpitala lokalnego przez tych właścicieli terminali, którzy zagrożeni są np. atakiem serca. W tym przypadku w pomieszczeniu takiej osoby powinny znajdować się specjalne przyciski, połączone z terminalem ISDN, a na terminalu, zainstalowanym w pogotowiu lub szpitalu, powinny pojawić się dane pacjenta, oraz opis najkrótszej drogi do jego miejsca zamieszkania.

Wiele z proponowanych usług ISDN istnieje w postaci prymitywnej, przy czym każda z nich wymaga na razie oddzielnej sieci, czyli nie są to usługi zintegrowane. Zadaniem ISDN jest zintegrowanie podanych wyżej usług w jednym systemie.

Część III
Ewolucja ISDN

W światowy system telefoniczny zainwestowano już ogromne środki, dlatego proces wprowadzania ISDN musi następować powoli, ponieważ natychmiastowa realizacja tego systemu jest niemożliwa ze względów finansowych. Należy więc oczekiwać, że w najbliższych dziesięcioleciach system ISDN będzie współpracował z aktualnym systemem telefonicznym, nastawionym głównie na transmisję sygnałów mowy, z kolei system telefoniczny zacznie powoli dostosowywać się do wymagań ISDN.

Większość pracujących obecnie systemów telefonicznych używa znormalizowanego pasma telefonicznego zarówno do przesyłania sygnałów mowy, generowanych podczas rozmów telefonicznych, jak i sygnałów sterująco-sygnalizacyjnych, związanych z przesyłaniem sygnałów dzwonienia, ustalaniem czasu trwania rozmowy, itp. Powoduje to wiele niedogodności eksploatacyjno-technicznych i często prowadzi do zaburzeń w pracy systemu telefonicznego. Dlatego już w roku 1976 amerykańska firma AT&T zainstalowała specjalną sieć transmisji danych o nazwie CCIS (Common Channel Interoffice Signaling), pracującą na zasadzie komutacji pakietów z szybkością 2400 bitś, oddzieloną od sieci publicznej i służącą do przesyłania między centralami wszystkich informacji sygnalizacyjno-sterująco-kontrolnych. Koncepcja CCIS stała się dużym sukcesem technicznym, a jej podstawowe zadania to:

- Ustanawianie połączenia, wybór drogi i kończenie połączenia. Chodzi tu o wybranie łączy i kanałów na każdym etapie drogi połączeniowej między porozumiewającymi się abonentami, przebiegającej często przez wiele central różnych hierarchii.

- Dostęp do wewnętrznych baz danych, niezbędny między innymi dla ustalania taryfy w zależności od trasy rozmowy.

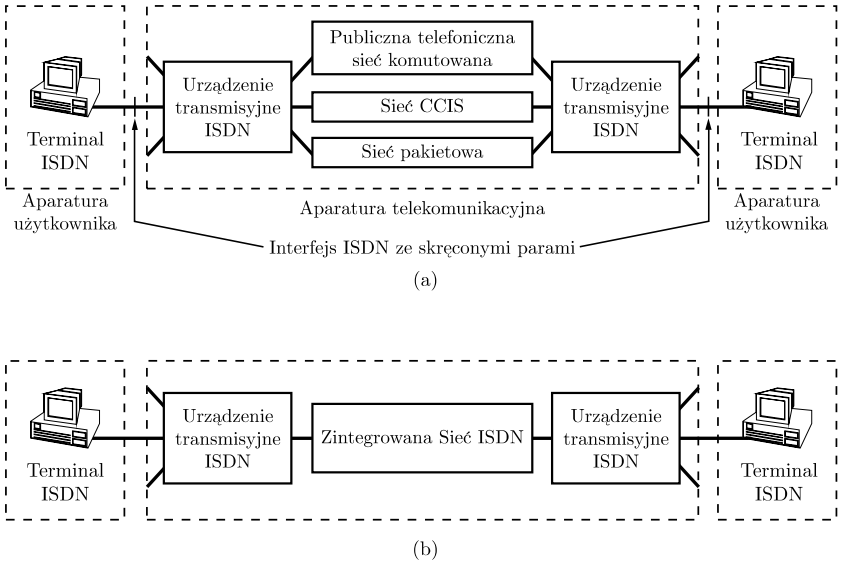
- Realizacja operacji sieciowych, polegających na monitorowaniu efektywności całego systemu, prowadzeniu statystyki wykorzystania łączy, instalowaniu i modernizacji łączy i central.
- Realizacja operacji księgowo-finansowych (m. in. wystawianie rachunków abonentom i zapobieganie oszustwom).

Pod koniec lat 70. zaczęto budować publiczne sieci z komutacją pakietów. Jak wiadomo, publiczna sieć telefoniczna jest siecią z komutacją kanałów, w której połączenie fizyczne jest ustalane na czas trwania rozmowy. Przy transmisji typu dialogowego, jak np. dostęp terminala do zdalnych baz danych, ustalanie połączenia na wiele godzin byłoby zbyt kosztowne. Dlatego wielu użytkowników łączy się za pośrednictwem centrali lokalnej z siecią pakietową (z komutacją pakietów), płacąc w przybliżeniu za wielogodzinne połączenia zgodnie z taryfą lokalną, ponieważ w sieci pakietowej opłata zależy od liczby przesłanych bajtów, a nie od czasu trwania połączenia.

Nowoczesny system telefoniczny aktualnie posiada trzy składniki: publiczną sieć komutowaną dla przesyłania sygnałów mowy, CCIS dla sterowania publiczną siecią komutowaną oraz publiczną sieć z komutacją pakietów dla przesyłania danych. Powszechne też staje się zastępowanie łączy międzycentralowych światłowodami. Aby w pełni zadowolić potrzeby ISDN należałoby też dołączać abonentów sieci telefonicznej do centrali lokalnej za pomocą światłowodów. Manewr ten nie może być jednak natychmiast wykonany, ponieważ kosztowałoby to w skali światowej setki miliardów dolarów. Dlatego też założono, że w początkowej fazie realizacji ISDN połączenia z centralami lokalnymi będą tradycyjne, w postaci skrętek dwużyłowych, które zapewniają w 80% przypadków szybkość transmisji rzędu 2 Mbitś. Pierwszym przedsięwzięciem realizacji ISDN było zatem, opracowanie i znormalizowanie interfejsu między użytkownikiem a tą siecią, i stopniowe instalowanie w centralach lokalnych aparatury transmisyjnej ISDN. Początkowy etap ewolucji światowej sieci telefonicznej w kierunku ISDN pokazano na rys. 1 (a). W tej fazie użytkownicy połączeni z aparaturą transmisyjną ISDN mogą łączyć się z innymi użytkownikami tej sieci za pośrednictwem trzech wymienionych wyżej składników nowoczesnej sieci telefonicznej. Przewiduje się, że w ciągu najbliższych 10 lat istniejące aktualnie środki transmisji i sieci komutowane będą zastąpione zintegrowaną siecią transportową ISDN, jak to pokazano na rys. 1 (b).

Część IV
Architektura systemu ISDN

Zasadniczą koncepcją ISDN jest dwukierunkowe przesyłanie strumienia bitów między użytkownikiem a urządzeniami telekomunikacyjnymi za pomo-

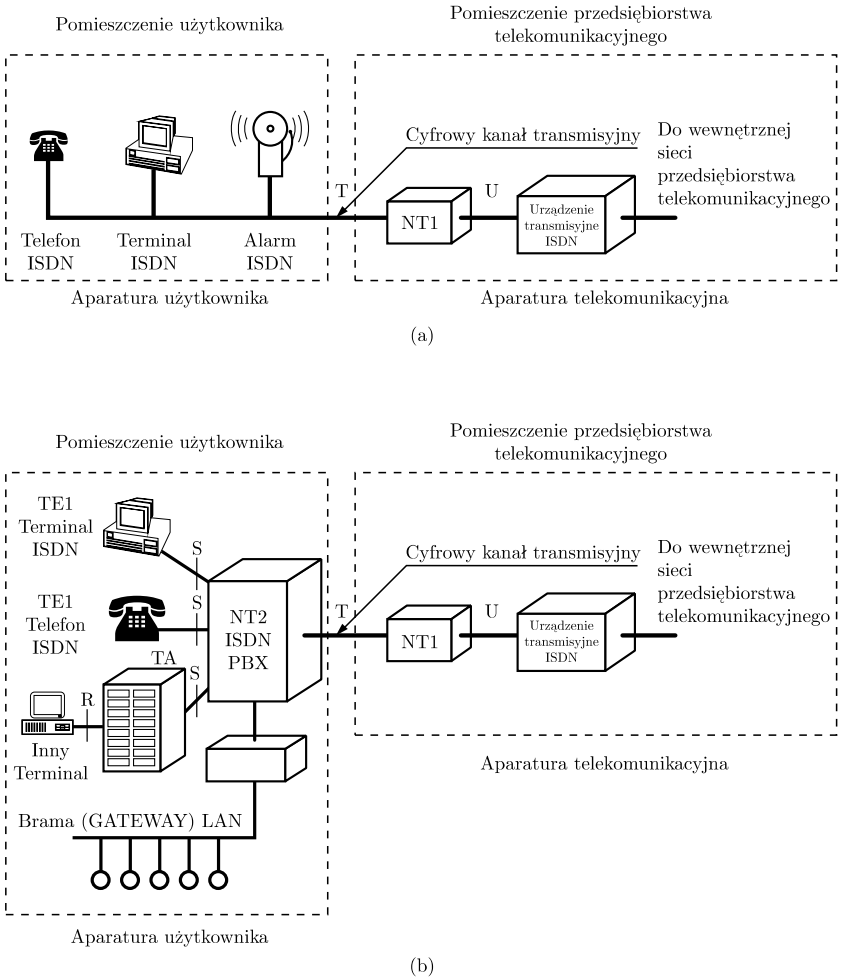


Rysunek 1: Ewolucja ISDN. (a) – stadium początkowe, (b) – stadium późniejsze

cą tzw. rurociągu cyfrowego (bit pipe). Rurociąg cyfrowy może składać się z wielu niezależnych kanałów cyfrowych, tworzonych na zasadzie zwielokrotniania czasowego. Dokładna struktura strumienia bitów, przesyłanego tym rurociągiem jest precyzyjnie opisana w odpowiednich zaleceniach i normach. Ogólnie można powiedzieć, że istnieją dwa rodzaje rurociągu bitowego: wąskopasmowy, na użytek domowy i o szerszym paśmie dla potrzeb profesjonalnych, obsługujący wiele kanałów. W razie potrzeby, firmy można wyposażać w wielokrotne rurociągi bitowe.

Na rys. 2 (a) pokazano typową konfigurację łącza ISDN na użytek domowy lub niewielkiej firmy. Na zamówienie użytkownika przedsiębiorstwo telekomunikacyjne instaluje u niego urządzenie końcowe sieci NT1 (network terminating device – końcówka sieciowa), łącząc to urządzenie z aparaturą użytkownika za pomocą tej samej skrętki dwużyłowej, którą uprzednio włączono do sieci telefon. Łączówka końcówki sieciowej w pomieszczeniu abonenta stanowi szynę, do której można dołączyć maksymalnie 8 urządzeń ISDN typu telefon, terminal, czujnik, alarm, itp, w sposób podobny, jak w sieciach lokalnych. Każde podłączone do szyny urządzenie ma swój jednoznaczny adres, a nad prawidłowym działaniem aparatury użytkownika czuwa elektronika układów NT1, która zajmuje się też administrowaniem siecią, testowaniem połączeń, sprawdzaniem poprawności działania i efektywności sieci. Poza tym NT1 rozwiązuje problemy kolizji, w przypadku gdy kilka urządzeń użytkownika usiłuje równocześnie uzyskać dostęp do szyny.

Z końcówki sieciowej NT1 nie mogą bezpośrednio korzystać większe fir-



Rysunek 2: System ISDN. (a) – zestaw aparatury dla użytku domowego, (b) – zestaw aparatury dla większych firm

my, w których z reguły przeprowadza się równocześnie wiele rozmów telefonicznych. W tym przypadku w pomieszczeniu firmy instaluje się dodatkowo urządzenie NT2, połączone z końcówką sieciową NT1. Urządzenie to, zwane PBX (Private Branch Exchange – prywatne odgałęzienie aparatury telekomunikacyjnej, rodzaj lokalnej cyfrowej centrali telefonicznej, działającej na zasadzie modulacji impulsowo-kodowej), stanowi rzeczywisty interfejs dla telefonów, terminali, sieci lokalnych i innych urządzeń. Rozmowy lokalne są łączone za pomocą PBX, bez angażowania aparatury telekomunikacyjnej, a po wybraniu odpowiedniego numeru dla uzyskania połączenia z abonentem zewnętrznym, PBX znajduje kanał w rurociągu bitowym dla zrealizowania takiej rozmowy. W ten sposób urządzenie PBX pośredniczy

w wymianie danych między terminalami ISDN a umieszczonymi w centrali urządzeniami telekomunikacyjnymi. Wiadomo, że istnieje dużo urządzeń, które nie są urządzeniami ISDN, np. urządzenia z interfejsem szeregowym RS-232-C. Aby móc komunikować się za pomocą ISDN również i z takimi urządzeniami, użytkownik może u siebie zainstalować specjalne adaptery. Istnieje zatem 5 klas urządzeń, które może u siebie instalować użytkownik ISDN:

1. NT1 – końcówka sieciowa typu 1,
2. NT2 – końcówka sieciowa typu 2,
3. TE1 – terminal kompatybilny z ISDN,
4. TE2 – terminal niekompatybilny z ISDN,
5. TA – adapter terminalowy.

Międzynarodowy komitet doradczy CCITT zdefiniował cztery punkty odniesienia między różnymi urządzeniami, zwane R, S, T i U, zaznaczone na rys. 2. Między końcówką sieciową NT1 a umieszczoną w centrali aparaturą transmisji danych ISDN znajduje się punkt odniesienia U. Obecnie jest to dwużyłowa skrętka, którą w przyszłości zastąpi światłowód. Punktem odniesienia T jest wszystko to, co użytkownikowi dostarcza końcówka sieciowa NT1. Punkt odniesienia S jest interfejsem między urządzeniem PBX a terminalami, kompatybilnymi z ISDN, zaś punkt odniesienia R stanowi połączenie między adapterem terminalowym a terminalami niekompatybilnymi z ISDN. W tym punkcie odniesienia można stosować wiele różnych interfejsów.

Sytuacja ISDN jest bardzo skomplikowana ze względu na różne podejścia rządów różnych państw do zagadnień telekomunikacji. W wielu krajach europejskich państwo posiada monopol na system telekomunikacyjny, nie ma tam konkurencji, która sprzyjałaby szybkiemu wprowadzaniu nowych rozwiązań, takich jak ISDN. Kontrowersje budzi np. problem, kto ma być właścicielem urządzeń NT1 i NT2. Podobnie państwowe urzędy telekomunikacyjne domagają się ujednolicenia punktu odniesienia S, podczas gdy producenci urządzeń PBX oferują możliwość podłączania w tym punkcie nie tylko urządzeń ISDN, ale też telefonów analogowych, światłowodów, szyn komputerów osobistych, sieci lokalnej Ethernet, interfejsów RS-232-C, RS-449, X.21 i czegokolwiek, za co klient ma ochotę zapłacić.

Część V
Interfejs ISDN

W strukturze ISDN można wyróżnić podobne warstwy jak w modelu OSI, chociaż protokoły poszczególnych warstw w obu tych systemach nie są

do siebie całkowicie podobne. Warstwa fizyczna ISDN, tak samo jak warstwa fizyczna modelu OSI, dotyczy mechanicznych, elektrycznych, funkcjonalnych i proceduralnych szczegółów interfejsu. ISDN stosuje łączówkę ośmiostykową, a więc całkowicie inną niż interfejsy RS-232-C i RS-449. Rurociąg bitowy ISDN obsługuje wiele kanałów z podziałem czasowym. Rozróżnia się następujące typy kanałów:

A – analogowy kanał telefoniczny 4 kHz,

B – kanał cyfrowy o szybkości transmisji 64 kbitś dla przesyłania danych lub rozmowy telefonicznej,

C – kanał cyfrowy o szybkości transmisji 8 lub 16 kbitś,

D – kanał cyfrowy o szybkości transmisji 16 lub 64 kbitś dla przesyłania danych sygnalizacyjnych,

E – kanał cyfrowy o szybkości transmisji 64 kbitś dla przesyłania danych sygnalizacji wewnętrznej ISDN, niezbędnych dla nawiązywania połączeń,

H – kanał cyfrowy o szybkości transmisji 384, 1536 lub 1920 kbitś.

Aktualnie CCITT dopuszcza 3 następujące standardowe kombinacje kanałów w rurociągu bitowym:

- szybkość podstawowa: 2B+1D,
- szykość główna: 23B+1D (USA i Japonia) lub 30B+1D (Europa),
- kanały mieszane: 1A+1C.

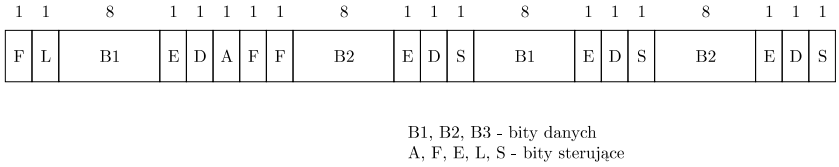
Pierwszą kombinację należy traktować jako substytut usługi, świadczonej przez konwencjonalny system telefoniczny na potrzeby domowe, małych zakładów i pojedynczego stanowiska pracy w dużej firmie. Każdy z cyfrowych kanałów B (64 kbitś) może przenosić sygnał rozmowy telefonicznej zmodulowany metodą PCM, w postaci 8-bitowych próbek pobieranych 8 tysięcy razy na sekundę. Przesyłanie informacji sygnalizacyjno-kontrolnej odbywa się na kanale D, tak więc użytkownik ma do dyspozycji całą szybkość transmisji w każdym z kanałów B. Typowe zastosowanie tych dwóch kanałów może polegać np. na prowadzeniu rozmowy telefonicznej w jednym kanale, na temat dokumentu, przesyłanego drugim kanałem, który można równocześnie oglądać na monitorze terminala. Dla celów transmisji danych, kanały B można zwielokrotniać, np. na dwa kanały o szybkości 32 kbitś, 4 kanały 16 kbitś, itp.

Podstawowa szybkość transmisji w kanale D wynosi 16 kbitś, a jego zadaniem jest przesyłanie informacji, niezbędnej dla zestawiania połączeń. Są

to informacje typu, który z kanałów B będzie aktualnie używany, z jakim numerem abonenta ISDN należy się połączyć, itp. Kanał D jest podzielony na trzy podkanały logiczne: podkanał s dla zestawiania połączeń, podkanał t dla przesyłania danych telemetrycznych (np. detektory dymu), oraz podkanał p dla wąskopasmowej transmisji pakietowej.

Rurociąg bitowy o szybkości głównej ma być stosowany w punktach odniesienia T przez przedsiębiorstwa, stosujące urządzenie PBX. Zestaw 23 lub 30 kanałów B wraz z jednym kanałem D umożliwia transmisję z szybkością 1,544 Mbitś (USA i Japonia, PCM systemu T1) lub 2,048 Mbitś (Europa, PCM systemu CCITT).

Hybrydowa konfiguracja rurociągu bitowego pozwala na zastosowanie zwykłego telefonu analogowego oraz kanału cyfrowego do transmisji danych z szybkością 8 lub 16 kbitś i ma ona w przybliżeniu przypominać rurociąg z szybkością podstawową, przy której używa się telefonów cyfrowych.



Rysunek 3: Format ramki strumienia bitów, przesyłanego w warstwie fizycznej między końcówkami sieciowymi a terminalami w punktach odniesienia S i T

Format ramki strumienia bitów, przesyłanego w warstwie fizycznej między końcówkami sieciowymi NT1 lub NT2 a terminalami typu TE1 lub TE2 pokazano na rys. 3. Ramka składa się z 48 bitów, w tym 36 bitów danych (16 B1, 16 B2 i 4 D) i 12 bitów sterujących (3 F, 1 L, 4 E, 1 A, 3 S). Ramka jest przesyłana w czasie 250 μs, co daje szybkość transmisji 192 kbitś, przy szybkości transmisji samych bitów danych, równej $192 \cdot 48/36 = 144$ kbit/s. Bity sterujące F mają zawsze taką samą konfigurację zer i jedynek, i służą do utrzymywania synchronizacji między stroną nadawczą i odbiorczą. Bity L służą do wyrównywania składowej stałej (nadaje się im takie wartości, by średnia wartość strumienia bitów zawierała w przybliżeniu taką samą liczbę zer i jedynek). Bitów E używa się dla rozwiązywania konfliktów, gdy kilka terminali podłączonych do szyny żąda dostępu do kanału. Bit A jest używany do uruchamiania urządzeń, a bity S nie mają na razie wyznaczonej roli i stanowią rezerwę dla wypełniania ewentualnych zadań, które w przyszłości mogą się pojawić.

Warto zauważyć, że dane użytkownika to surowy strumień bitów, bez żadnego nadmiaru dla kontroli błędów transmisji, bez sygnałów potwierdzania odbioru czy też żądania retransmisji błędnych ramek. Dlatego też korekcję błędów należy przeprowadzać w wyższych warstwach.

Strumienie bitów ISDN można używać albo w systemie przełączania kanałów, abo przełączania pakietów, w zależności od tego, czy strumień bitów jest w miarę ciągły, czy też dane wysyła się dłuższymi lub krótszymi seriami. W systemie przełączania kanałów użytkownik ISDN łączy się z terminalem docelowym używając kanału 64 kbitś przez cały czas trwania połączenia, podczas którego może przesyłać dowolne dane, nawet cyfrowy sygnał rozmowy telefonicznej. Opłata za takie połączenie zależy od czasu jego trwania i od odległości, a nie od liczby przesłanych bitów.

Przesyłając dane w systemie przełączania pakietów, użytkownik ISDN łączy się z najbliższym węzłem, do którego przesyła swoje pakiety. Z kolei węzeł przesyła pakiety do terminala docelowego za pomocą tradycyjnej sieci pakietowej. Zaletą tego systemu jest to, że najbliższy węzeł leży w zasięgu połączenia lokalnego, wobec czego opłata za połączenie to koszt rozmowy lokalnej plus niewielki dodatek za każdy pakiet. Ta metoda transmisji może być tańsza przy pracy dialogowej.

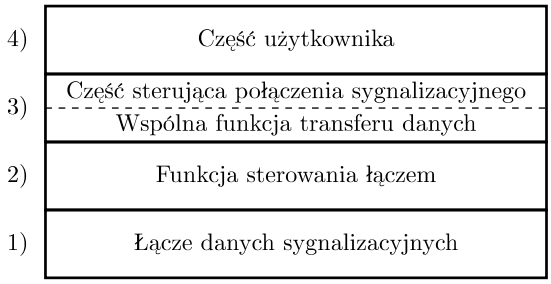
Część VI
SS nr 7: system sygnalizacji w ISDN

System przesyłania informacji sygnalizacyjno-sterującej w ISDN, wzorowany na koncepcji CCIS (rozdz. III), jest całkowicie odmienny od transmisji danych tego typu w sieciach lokalnych, gdzie dane i pakiety z informacją sterującą są wzajemnie przeplecione w jednym kablu, a nawet same pakiety z danymi posiadają nagłówek, w którym znajdują się bity sterujące. Sekwencję 4 bitów D, obecnych w ramce ISDN, pokazanej na rys. 3, można uważać za niezależny kanał cyfrowy o szybkości 16 kbitś, którym przesyła się całą informację sygnalizacyjno-sterującą, łącznie z pakietami sterującymi.

Pełny zakres szybkości transmisji kanału B, 64 kbitś, przeznaczony jest dla przesyłania czystych danych użytkownika, nie wymagających nagłówków ani innych dodatków, ponieważ ISDN nie narzuca na ten kanał żadnych warunków. Oznacza to, że użytkownicy ISDN mogą tworzyć w swoich kanałach dowolne formaty ramek i mogą stosować dowolne protokoły.

W kanale D obowiązują całkiem odmienne zasady, ponieważ kanał ten jest przeznaczony do porozumiewania się z samym systemem ISDN. Urządzenie ISDN wysyła pakiety do końcówek sieciowych NT, których format jest dokładnie i ściśle opisany w stosownych zaleceniach CCITT, pt. System Sygnalizacji Nr 7, opracowanych pod koniec lat 70-tych. System ten jest wersją międzynarodową systemu CCIS i jest ciągle modyfikowany, aby jak najlepiej pasował do modelu OSI. Początkowo system SS Nr 7 posiadał 4 warstwy, z których 3 najniższe odpowiadały funkcjonalnie protokołowi X.25. Warstwa najwyższa, zwana częścią użytkownika, była ogromnym, chaotycznym zbiorem protokołów, nie związanych bezpośrednio ze sterowaniem

siecią. Ostatnio w tej warstwie zdefiniowano pewne protokoły dla określonych zastosowań. Mimo to, SS Nr 7 służy zasadniczo do sterowania telefoniczną aparaturą przełączającą i na razie ma niewiele wspólnego z systemem komunikacji między komputerami.



Rysunek 4: Hierarchia protokołów w kanale D ISDN

Hierarchię protokołów SS Nr 7 pokazano na rys. 4. Warstwę fizyczną łącza transmisji danych sygnalizacyjnych określa format ramki z rys. 3. Zasadniczym protokołem warstwy 2 jest protokół LAPD, podobny do protokołu LAPB, opisanego w zaleceniu X.25 (LAP: Link Access Procedure – procedura dostępu do łącza). Protokoły LAPB i LAPD dokonują podziału strumienia bitów na ramki, przydzielają każdej ramce numer kolejny, dodają do niej informację nadmiarową dla detekcji i korekcji błędów, dokonują ewentualnej korekcji błędów transmisji i dostarczają warstwie 3. bezbłędną serię ponumerowanych ramek.

Warstwa 3. systemu SS nr 7 podzielona jest na dwie podwarstwy. Warstwa dolna zajmuje się doborem drogi dla przesyłanych wiadomości i rozmów telefonicznych za pomocą aparatury telekomunikacyjnej. Istnieje tu szereg typów pakietów, dotyczących stanu systemu telefonicznego, jego przeciążeń, transmisji między węzłami sieci, itp. To zadanie jest ważne dla światowego systemu telefonicznego, ponieważ zadecydowano, aby wybór trasy rozmowy na ustalonym kierunku nie zajmował więcej czasu niż 10 minut na rok. Jeśli jakiś węzeł lub łącze jest przeciążone, ruch telefoniczny musi być szybko kierowany drogą okrężną.

Do warstwy 3. dodano podwarstwę górną, ponieważ stwiedzono, że 14-bitowe adresy stacji docelowych i powrotnych, stosowane przez podwarstwę dolną, były za krótkie. Jej zadaniem jest powiększanie liczby bitów w adresie stacji, a zatem większe upodobnienie tej warstwy do warstwy sieciowej w modelu OSI.

Trwają ciągle prace nad uporządkowywaniem warstwy 4., polegające na definiowaniu nowych protokołów, związanych m. in. z obsługą tablic dla wyboru drogi dla pakietów podczas transmisji za pomocą kanałów B, zbieraniem danych statystycznych o opóźnieniach czasowych podczas zestawiania łączy czy też testowaniem sieci.

Część VII
Perspektywy rozwoju ISDN

ISDN jest próbą zastąpienia analogowego systemu telefonicznego systemem cyfrowym, dostosowanym do transmisji danych cyfrowych, niosących zarówno sygnały rozmów telefonicznych, jak i informacje rozumiane przez komputer. W terminologii modelu OSI, ISDN ma tworzyć fizyczną warstwę dla uniwersalnych zastosowań do przesyłania strumienia bitów, na której można będzie budować warstwy od 2 do 7. Osiągnięto już uznane międzynarodowo porozumienie co do norm, dotyczących szybkości podstawowej i ustalono dwa warianty szybkości głównej. Należy w związku z tym oczekiwać dużego zainteresowania użytkowników aparaturą ISDN, co powinno doprowadzić do masowej produkcji tanich czipów VLSI dla realizacji aparatury ISDN. Jednak procesy standaryzacji trwają latami, zaś rozwój technologii w tej dziedzinie postępuje bardzo szybko. Zdarza się więc, że kiedy wreszcie uda ustalić się jakąś normę, często staje się ona już przestarzała. Typowym przykładem jest tu zalecenie, by podstawą systemu ISDN był kanał o szybkości transmisji 64 kbitś, przeznaczony do przesyłania rozmów telefonicznych z modulacją PCM. Tymczasem już dziś istnieją metody, które pozwalają na wierne przesłanie takiego sygnału za pomocą łącza o szybkości transmisji 32 kbitś. Można więc sądzić, że gdy system ISDN będzie powszechnie instalowany, do przesłania cyfrowego sygnału rozmowy telefonicznej z modulacją PCM, w zupełności wystarczy kanał o szybkości transmisji 16 kbitś. Tak więc stosując międzynarodowo uzgodniony kanał 64 kbitś dla przesyłania sygnałów telefonii cyfrowej, będzie się marnować 75% zdolności przepustowej przewidzianego do tego celu kanału.

Największym zapotrzebowaniem cieszą się obecnie usługi telewizyjne. Aby za pomocą sieci ISDN możliwe było przesłanie sygnału telewizyjnego, należałoby zwiększyć podstawową szybkość transmisji w tym systemie co najmniej 100 razy. Dlatego też, wobec istnienia nieprzydatnego dla celów telewizji wąskopasmowego cyfrowego systemu ISDN, przewiduje się dalszy wzrost szerokopasmowej, analogowej telewizji kablowej.

ISDN zakłada jako podstawową usługę w instalacjach na użytek domowy dostęp do zdalnych baz danych. Tymczasem już obecnie poważną konkurencją dla tej usługi są tanie dyski kompaktowe, zawierające całą bazę danych, którą można stosować indywidualnie w komputerach osobistych.

Wiele zastrzeżeń do systemu ISDN może też mieć ogromna grupa profesjonalnych użytkowników sieci komputerowych. Aktualnie najniższa szybkość transmisji w sieciach lokalnych (LAN – Local Area Network) wynosi 10 Mbitś, a wiele LAN'ów pracuje już z szybkością 100 i więcej Mbitś. Za kilka lat, gdy system ISDN zacznie być instalowany powszechnie, LAN'y będą oparte na technologii światłowodowej, zapewniającej szybkość 1000 i więcej Mbitś.

Poważną konkurencją dla ISDN w dziedzinie rozległych sieci kompute-

rowych będą prywatne sieci satelitarne, dysponujące transponderami, które już dziś zapewniają szybkość transmisji 50 Mbitś. Czas przesłania za pomocą aparatury ISDN (64 kbitś) danych zgromadzonych na dysku o pojemności 2 Gbyte zająłby ponad 69 godzin, podczas gdy w łączu satelitarnym taka transmisja trwałaby około 5 minut.

Czytanie zdalnych plików za pomocą łączy systemu ISDN, przy uzgodnionej szybkości 64 kbit/s, jest 5 razy wolniejsze od szybkości odczytu danych z dysku elastycznego.

Powyższe rozważania wskazują, że największa grupa abonentów systemu ISDN będzie się rekrutować spośród użytkowników indywidualnych w postaci gospodarstw domowych i małych firm, przy czym ich liczba będzie oczywiście zależeć od poziomu opłat za konkretne usługi.