

TRANSMISJA DANYCH
I
SIECI KOMPUTEROWE

Jan Piecha

1. ELEMENTY TELETRANSMISJI DANYCH

1.1. Media i standardy transmisyjne

1.1.1. Komutacja i modulacja

Niezawodność systemu transmisji danych zależy od wielu czynników, w tym od:

- wzajemnej odległości stacji,
- poziomu zakłóceń emitowanych przez otoczenie systemu transmisji,
- szybkości transmisji.

Wpływ wymienionych czynników jest funkcją długości linii transmisyjnej. Jakość jest zależna w istotny sposób od rodzaju medium transmisyjnego a w szczególności od: pasma przenoszenia, odporności na zakłócenia (ekran, modulacja) i oporności falowej (poziomu tłumienia sygnału) medium transmisyjnego. Jakość medium decyduje o wyborze metody transmisji i efektywności kanału teletransmisyjnego.

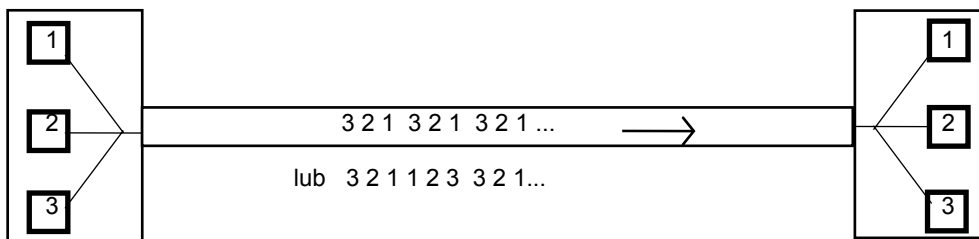
Kanał jest rozumiany jako pojedyncze łącze pomiędzy dwoma urządzeniami systemu transmisji. Może to być bezpośrednio połączenie za pomocą pary przewodów, dla pojedynczego kanału, lub część tego łącza wynikająca z podziału czasowego lub częstotliwościowego kanału fizycznego.

W systemie z komutacją (selekcją) czasową liczbę transmitowanych bitów w kanale logicznym obliczamy, dzieląc maksymalną szybkość transmisji (w bitach na sekundę) dla kanału fizycznego przez liczbę kanałów logicznych. Podobnie w systemie z podziałem częstotliwości liczbę kanałów logicznych wyliczamy na podstawie dopuszczalnej liczby par częstotliwości modulatora (dla zera i dla jedynki), które można wyodrębnić z pasma przenoszenia medium transmisyjnego. Każdemu kanałowi przyporządkowana zostaje

określona częstotliwość nośna dla zera i jedynki, poczynając od wartości minimalnej, określonej warunkami technicznymi modulacji, do częstotliwości maksymalnej, określonej pasmem przenoszenia medium transmisyjnego (np. kabla).

Komutacja oznacza sposób realizacji połączeń między wieloma abonentami za pomocą jednej linii transmisyjnej. W systemach transmisyjnych z dzierżawionymi liniami telefonicznymi stosuje się metodę selekcji czasowej dla zwielokrotnienia liczby aktywnych kanałów (do 300 na jednej linii).

Na rys. 1.1.1 pokazano zasadę przełączania abonentów w czasie, określającą zasady czasowego zwielokrotnienia liczby kanałów transmisyjnych. Metoda polega na przydziale interwałów czasu dla transmisji danych między kolejnymi nadajnikami i odbiornikami (kanałami) podłączonymi do wspólnej linii transmisyjnej. Zwielokrotnienie liczby kanałów logicznych w łączy zmniejsza szybkość transmisji między pojedynczym nadajnikiem a odbiornikiem proporcjonalnie do liczby obsługiwanych kanałów logicznych.



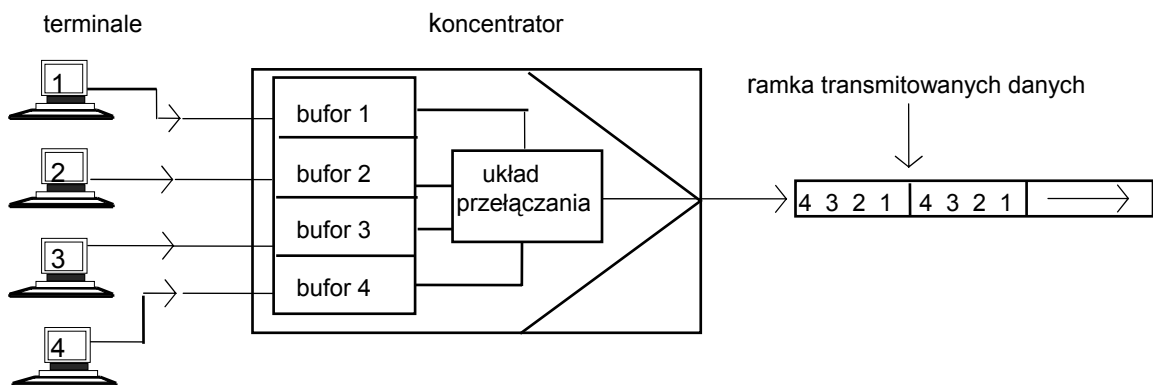
Rys.1.1.1. Czasowe zwielokrotnienie liczby kanałów transmisji

Selekcja (komutacja) czasowa jest stosowana w transmisji sygnałów binarnych nie-modulowanych, choć jest również nieodzowna w przypadku transmisji sygnałów zmodulowanych. W przydzielonych kanałom interwałach czasu przesyłane są dane zmodulowane, w formie dwóch ciągów sinusoidalnych odpowiadających niskiemu poziomowi logicznemu i wysokiemu poziomowi logicznemu. Po odmierzeniu wyznaczonej dla kanału pierwszego ramki czasowej następuje przełączenie modulatora na częstotliwości kanału drugiego, następnie trzeciego, itd. Operacja przełączania jest powtarzana cyklicznie z zadanim interwałem czasu aż do wyczerpania danych zgromadzonych w buforach.

Koncentracja informacji oznacza przygotowanie bloków danych przed ich transmisją za pomocą wspólnego kanału komunikacyjnego, do którego przyłączono wiele źródeł informacji. Transmisja danych w systemach z koncentracją informacji odbywa się w uporządkowany (unormowany) sposób zarówno w zakresie szybkości transmisji jak i długości przesyłanych bloków. Seans transmisji z wybranego punktu nadawania jest

podejmowany wtedy, gdy w buforze wejściowym zgromadzona zostanie odpowiednio długa paczka danych. Na rys. 1.1.2 przedstawiono symbol układu dokonującego przełączanie $1 z m$ linii nadawania (WE) na jedną linię transmisyjną (WY). Jest to koncentrator danych spełniający zadania inteligentnego układu przełączającego, podobnie do multipleksera, z dodatkowymi układami buforującymi dane. Na każdej linii wejściowej jest zainstalowana szeregowo pamięć FIFO (*First-In First-Out*). Na każdym z wejść następuje koncentracja danych przed rozpoczęciem transmisji danych z tego wejścia. Zaznaczony na rys.1.2.2 przeplot transmitowanych jednostek danych może dotyczyć pojedynczych bitów, znaków lub większych bloków danych.

Źródła danych z reguły pracują nierytmicznie, dlatego w celu optymalnego wykorzystania linii transmisyjnych dokonuje się koncentracji danych w buforach nadajników urządzeń transmisyjnych. Blok danych o określonej długości nazwany jest *w i a d o m o ś c i ą*. Tak pojęta operacja przygotowania bloku nazywana jest *k o n c e n t r a c j ą d a n y c h*. Przełączanie buforów koncentratora na linię transmisyjną nazywamy *k o m u t a c j ą*.



Rys. 1.1.2. Schemat koncentratora danych. 1 z 4 kanałów wejściowych na jedno wyjście

Wiadomość jest ciągiem danych zawierającym kilka znormalizowanych bloków. Są to krótkie bloki zwane segmentami lub pakietami danych. Z uwagi na określone wymiary buforów pamięci również wiadomość ma zdefiniowaną długość.

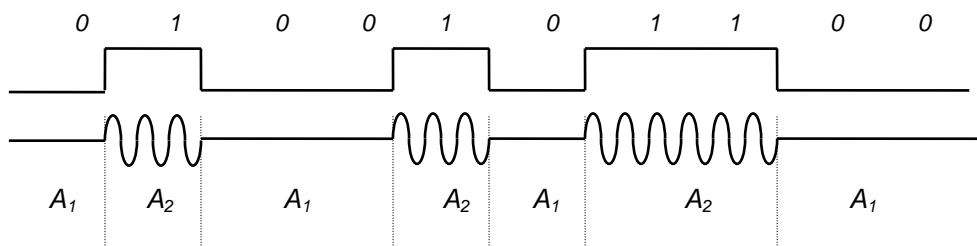
Każdy z transmitowanych bloków danych, cała wiadomość lub wybrane pakiety, ograniczana jest nagłówkiem i znacznikiem końca. Pakiety o zdefiniowanej formie mogą być transmitowane różnymi drogami w sieci publicznej. Wybór drogi transmisji odbywa się na podstawie kryterium minimalnego czasu przesyłu wiadomości ze źródła do miejsca przeznaczenia (przykład Internet). W punkcie odbioru danych dokonywana jest selekcja znaków i ich przyporządkowanie do określonych plików.

MoDem (Modulator/Demodulator) jest urządzeniem stosowanym do przesyłu danych cyfrowych za pomocą standardowych linii telefonicznych. Zamienia on ciąg wartości binarnych na ciąg sygnałów sinusoidalnych w punkcie nadawania oraz ciągi sinusoidalne na ciągi binarne w punkcie odbierania danych.

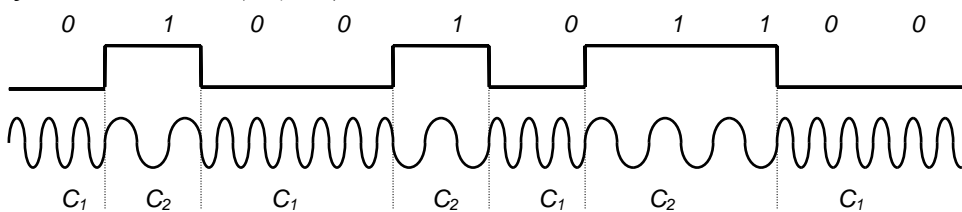
Standardowa analogowa linia telefoniczna pozwala transmitować dane w paśmie od 300 do 3300 Hz (czyli zakres 3,3 kHz). Niewielkie pasmo przenoszenia częstotliwości oznacza wiele ograniczeń w zakresie szybkości i metod przesyłania danych.

Na rys. 1.1.3. pokazano trzy sposoby modulacji stosowane w systemach transmisji za pomocą standardowych (drotowych) linii telefonicznych. Na rys. 1.1.3a pokazano przykład modulacji amplitudy, w którym dwie wartości sygnału kodują dwa poziomy logiczne: sygnał ciągle - sinusoidalny, reprezentujący wysoki poziom logiczny, oraz wartość 0 kodującą niski poziom logiczny. Rys. 1.1.3b przedstawia przykład modulacji częstotliwościowej. Dwa poziomy logiczne są kodowane sygnałem sinusoidalnym o dwóch częstotliwościach. Na rys. 1.1.3c pokazano przykład modulacji fazy, gdzie dwa poziomy logiczne są kodowane dwiema sinusoidami o jednakowych częstotliwościach, ale różnych fazach.

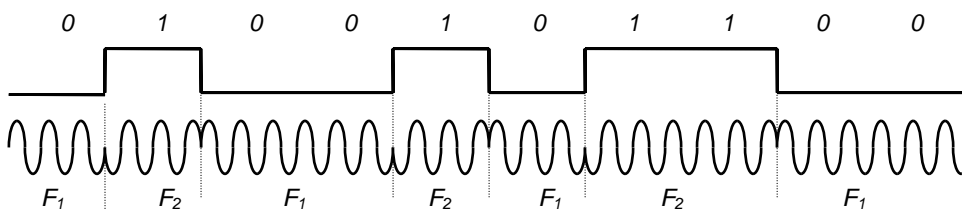
a) *Modulacja amplitudy (A_1, A_2)*



b) *Modulacja częstotliwości (C_1, C_2)*



c) *Modulacja fazy (F_1, F_2)*



Rys.1.1.3. Zasady modulacji sygnałów cyfrowych

Techniki zwielokrotnienia liczby kanałów są podstawą klasyfikacji systemów transmisji według kryterium pasma przenoszenia medium:

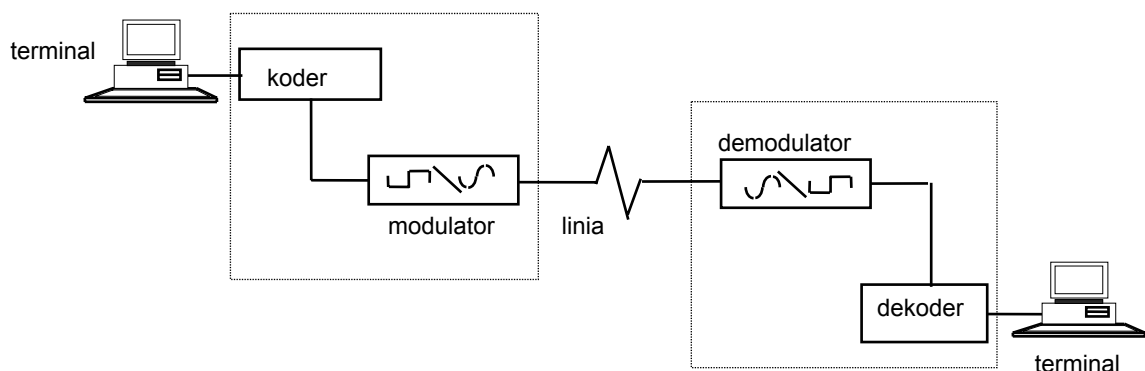
- transmisję w paśmie podstawowym,
- transmisję z modulacją,
- transmisję szerokopasmową.

Transmisja w paśmie podstawowym (*baseband*) polega na przesyłaniu przez pojedynczy kanał fizyczny tylko jednego ciągu sygnałów. Tego rodzaju komunikację wykorzystuje się w przypadkach transmisji analogowej (telefonii analogowej) lub w okablowaniu sieci lokalnych. Najprostszym formatem kodowania danych jest ciąg binarny (wartości 0,1) stosowany w systemach przesyłu danych między dwoma blisko siebie położonymi (kilkadziesiąt metrów) układami o tzw. lokalnym zasięgu i na dobrej jakości przewodach. Transmisja w paśmie podstawowym oznacza przekazywanie danych w formie nie przetworzonej, gdzie pojedyncza linia obsługuje jeden kanał transmisji.

Transmisja z modulacją jest stosowana w systemach dalekiego (odległego) przesyłu danych, gdzie dwa poziomy logiczne sygnały są reprezentowane dwiema wartościami ich odpowiedników (rys. 1.1.3). Są to:

- dwa poziomy amplitudy napięcia sinusoidalnie zmiennego,
- dwa napięcia sinusoidalnie zmiennie o różnych częstotliwościach; modulacja częstotliwości,
- dwa napięcia sinusoidalne o przeciwnych fazach.

Z trzech wymienionych metod modulacji najczęściej stosowana jest metoda różnych częstotliwości, zwana modulacją częstotliwości. Uproszczony schemat systemu transmisji z modulacją przedstawiono na rys. 1.1.4.



Rys. 1.1.4. Uproszczony schemat kanału transmisyjnego z modulacją

Transmisja szerokopasmowa (*broadband*) polega na podziale pojedynczego kanału fizycznego na szereg podkanałów logicznych. Zwiłokrotnienie liczby kanałów transmisyjnych uzyskuje się na drodze podziału czasu transmisji. Pasma przenoszenia linii transmisyjnej zostaje podzielone na kilka pasm dla wyodrębnionych kanałów logicznych. Zastosowanie techniki częstotliwościowego zwiłokrotnienia liczby transmitowanych sygnałów pozwala wykorzystać parametry szerokopasmowego medium transmisyjnego. Na przykład standardowy kabel koncentryczny zapewnia możliwość transmisji danych w pasmie od 10 do 300 MHz, w kanałach po 12 MHz, z szybkością transmisji do 10 Mb/s w każdym z kanałów.

Media transmisyjne, służą do realizacji połączeń między dwiema stacjami transmisji danych. W lokalnych systemach informatycznych stosuje się różne media przewodowe i bezprzewodowe. Jedynym istotnym ograniczeniem w doborze medium transmisyjnego może być koszt instalacji.

Do grupy mediów przewodowych zaliczamy:

- zwykłą parę telefonicznych przewodów miedzianych,
- parę przewodów miedzianych skręconych ze sobą, zwaną "parą skręconą" (*twisted pair* - TP), w wydaniu UTP nie ekranowanym (*unshielded twisted pair*) lub ekranowanym STP (*shielded twisted pair*) z odmianą FTP – ekran foliowy,
- kabel koncentryczny (*coaxial cable*),
- przewód światłowodowy (*optical fiber*).

Do grupy mediów bezprzewodowych zaliczamy:

- mikrofalowy kanał transmisyjny,
- kanał fal podczerwonych,
- kanał fal radiowych lub telewizyjnych.

Najwyższą jakość transmisji zapewnia łączy światłowodowe. Jego użycie związane jest jednak z znacznymi kosztami inwestycyjnymi oraz z zastosowaniem specjalnego osprzętu łączeniowego. Przekazywanie danych światłowodem nie dopuszcza rozgałęzień sygnałów, jedynie transmisję z punktu do punktu (*point to point*). Do zalet światłowodów można zaliczyć: stałość amplitudy transmitowanych danych w paśmie od 100 do 400 MHz, odporność na zakłócenia o charakterze elektromagnetycznym, bardzo dużą szybkość transmisji, światłowody nie zakłócają ponadto pracy innych urządzeń.

Istotnym ograniczeniem w zakresie zastosowań światłowodów jest jednokierunkowość transmisji nie ze względu na samo medium (wiązka światła) lecz na konstrukcję układów nadawczo-odbiorczych, tzn. trudności z przełączaniem układów

nadajnik / odbiornik po obu stronach linii. Łąca mikrofalowe i podczerwone są wrażliwe na zapylenie i wszelkiego rodzaju przegrody (obiekty stałe lub ruchome) z tego względu ich zastosowanie jest ograniczone do instalacji transmitujących na niezbyt duże odległości i tam, gdzie wykonanie innych łączy jest utrudnione, jak: między dwoma biurkami po przeciwległej stronie ulicy, między ruchomymi stanowiskami pomiarowymi, między obiektami latającymi, w których komunikacja radiowa jest strategicznie zabroniona, itp.

Przetwarzanie cyfrowe, poprzedza proces transmisji danych na odległość. W transmisji sygnałów analogowych problemem o zasadniczym znaczeniu są zakłócenia zewnętrzne. Jedną z metod eliminacji wpływu zakłóceń jest przetworzenie sygnału analogowego na ciąg sygnałów binarnych. Następnie można zastosować jedną z omówionych technik modulacji ciągu binarnego uzyskanego w wyniku przetwarzania analogowo-cyfrowego. W ciągu informacji cyfrowej nawet dla sygnałów znacznie zakłóconych można bez trudu odróżnić jeden poziom logiczny od drugiego. Amplituda sygnału analogowego zostaje zamieniona na ciąg impulsów binarnych, których liczba jest proporcjonalna do amplitudy sygnału analogowego, w punktach pomiaru. Metoda kodowania (przetwarzania) impulsowego nazywana jest również modulacją impulsową.

1.1.2 Linie i formaty dla połączeń komutowanych

Możliwość połączenia dwóch urządzeń jest uzależniona od ich dostosowania do określonych standardów składających się na opis typowego układu sprzęgającego (*standard interface*). Pierwszym tego rodzaju standardem był zbiór definicji RS-232C przyjęty przez Międzynarodowy Komitet Doradczy Telefonów i Telegrafów - CCITT i opisany w zbiorze norm V pod numerem V.24 - złącze i V.28 - parametry elektryczne. Aktualnie wykorzystywanym do podłączenia prostych urządzeń zewnętrznych komputera. Jest to układ transmisji danych w trybie asynchronicznym w paśmie podstawowym. Ma tu miejsce transmisja danych na niewielkie odległości (do kilkuset metrów) za pomocą połączenia bezpośredniego nadajnika i odbiornika. Pomiedzy pojedynczymi stacjami lub stacjami a modemami.

Norma V.24 zawiera również zapis znormalizowanych szybkości transmisji asynchronicznej (*baud rate*) - 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 i 38400 bodów (bit/s). Norma V.28 opisuje parametry elektryczne urządzeń transmisyjnych, takie jak: schematy zastępcze, parametry źródła i obciążenia, parametry sygnałów sterujących.

Połączenie z modulacją

W normie V.25 opisano zasady automatycznego nawiązywania połączenia telefonicznego dla transmisji informacji za pomocą znormalizowanego modemu teletransmisyjnego. W normach V.21, V.26, V.27 i innych przedstawiono szczegółowe dane standardowych modemów; parametry i tryb transmisji. W tabelicy 1.2.1 przedstawiono dane wybranych modemów standardowych oraz numery norm w których można znaleźć ich szczegółowy opis. W skład modemów bardzo często wchodzi urządzenia dodatkowe takie jak: koder - dekoder, detektory i korektory zakłóceń, układy sprzężeń korekcyjnych, itp.

Z uwagi na rozwój opracowań informatycznych o międzynarodowym zasięgu, powołano organizacje międzynarodowe, jak CCITT i ISO, których zadaniem jest porządkowanie (normalizacja) rozwoju informatyki i telekomunikacji. Ze względu na znaczny udział firm amerykańskich we wprowadzaniu nowych rozwiązań na rynek informatyczny wiele opracowań odwołuje się do źródeł amerykańskich, jak IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers, czy ANSI - American National Standards Institute.

Wymiana informacji pomiędzy dwoma użytkownikami sieci teletransmisyjnej odbywa się według znormalizowanych reguł. Dwa odległe od siebie urządzenia połączone są za pomocą zespołu urządzeń sprzęgających i linii transmisyjnych.

Oprogramowanie komunikacyjne jest podzielone na kilka poziomów (warstw) związanych z hierarchią systemu sterowania kanałem transmisji danych. Przekazywanie informacji w obrębie systemu transmisji sterowane programowanym układem komputerowym o różnych poziomach oprogramowania; poczynając od języka wysokiego poziomu, na poziomie systemu transmisji znaków binarnych kończąc.

Zasadniczym zadaniem projektanta współczesnego systemu teletransmisji danych jest zapewnienie jego zgodności (kompatybilność) z przyjętymi standardami teletransmisyjnymi. Propozycję unifikacji produkcji najważniejszych bloków cyfrowych systemów teletransmisyjnych zapisano w normach ISO - międzynarodowej organizacji do spraw standaryzacji (*International Standards Organisation*). Są to:

Transmisja; to termin określający funkcje linii (przewodu) transmisyjnej lub kanału teletransmisyjnego. Do parametrów technicznych systemu transmisji zaliczamy: metody

synchronizacji i regeneracji informacji, pasmo częstotliwości przesyłanych danych, liczbę kanałów transmisyjnych, odległość transmisji oraz metody kodowania.

Przewód transmisyjny; zwany również medium transmisyjnym, może być wykonany w formie: dwóch prostych przewodów miedzianych, pary skręconej (dwa skręcone ze sobą przewody miedziane), kabla koncentrycznego, światłowodu, łącza radiowego, łącza satelitarnego.

Każde medium transmisyjne charakteryzuje kilka parametrów, jak: pasmo częstotliwości transmitowanych sygnałów, oporność falowa, dopuszczalne długości przewodów transmisyjnych, zalecenia dla sposobu (techniki) transmisji danych, itp.

Parametry medium transmisyjnego wpływają również na rozwiązania karty sprzęgającej stację nadawania i odbierania danych z linią transmisyjną. W komputerowych systemach transmisji danych stosuje się karty sieciowe jak Ethernet (szczegółowo omówione dalej) dla cienkiego kabla koncentrycznego RG-58A/U, o oporności falowej 50 omów, lub kabla grubego RG59/U o oporności falowej 75 omów. W karcie komunikacyjnej Arcnet stosowany jest kabel koncentryczny typu RG-62/U o oporności 93 omów. W katalogach okablowania i osprzętu sieciowego podawane są również parametry elektryczne urządzeń teletransmisyjnych.

Telekomunikacja obejmuje zagadnienia zdalnego (na odległość) przekazywania wiadomości za pośrednictwem sygnałów elektromagnetycznych. Wiadomość jest przekazywana w formie: tekstu, obrazu lub dźwięku lub za pomocą kilku mediów informacyjnych jednocześnie.

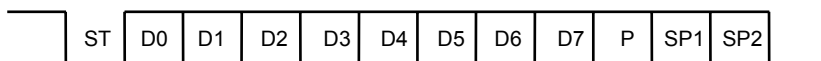
Sieć teletransmisyjna (telekomunikacyjna) zawiera linie transmisyjne i urządzenia nadawczo-odbiorcze do zdalnego przesyłu danych. Przewodowy przesył danych odbywa się za pomocą linii telefonicznych; komutowanych (wybieranych przez abonenta) lub dzierżawionych do wyłącznego użytku systemu transmisyjnego.

Format danych oznacza sposób reprezentacji każdego ze znaków. W systemach komputerowych jest to ciąg wartości binarnych kolejnych znaków.

Wyróżniamy szeregowy i równoległy format znaku, przy czym transmisja równoległa dotyczy zwykle niewielkich odległości; w obrębie źródła danych (np. komputera), lokalnych stacji pamięci i lokalnych urządzeń peryferyjnych.

Gdy dane binarne transmitujemy na większe odległości (poza obręb wymienionych urządzeń), stosujemy format transmisji szeregowej (na pojedynczej linii transmisyjnej); w tzw. trybie asynchronicznym lub w trybie synchronicznym.

Transmisja asynchroniczna oznacza szeregowy przesył danych znak po znaku, które są kodowane jako ciąg bitów oddzielanych specjalnymi znacznikami początku i końca znaku. Transmisja nie jest synchronizowana żadnymi znakami specjalnymi, czy ciągami synchronizującymi. Jej początek określają zmiany wartości początkowej z poziomu wysokiego na niski. Początek transmisji każdego ze znaków jest określany z chwilą rozpoczęcia jego nadawania. Interpretacja znaku w odbiorniku następuje po nadaniu kilku bitów danych, dlatego niewielkie różnice częstotliwości taktowania, po obu stronach linii (nadajnik/odbiornik), nie mają istotnego znaczenia. Dla detekcji błędów transmisji używa się 1-bitowego znacznika parzystej liczby takich samych wartości bitów jednego znaku. Dane są transmitowane znak-po-znaku na jednym przewodzie transmisyjnym. W układach transmisji danych każdy bit (lub znak) musi być rozpoznany w czasie określonym przez takt zegara synchronizującego. Ciąg bitów określających znak jest transmitowany w znormalizowanej formie zwanej ramką czasową, którą przedstawiono na rys.1.1.5.

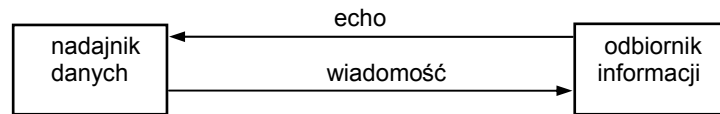


Rys. 1.1.5. Format danych dla transmisji asynchronicznej

Zmiana sygnału, na przewodzie transmisyjnym, z poziomu wysokiego na niski rozpoczyna przedział czasu określający bit startu (ST). Po bicie startu następuje od 5 do 8 bitów danych poczynając od najmłodszego - D₀, do najstarszego - D₇. Po bitach danych zostaje zapisany bit parzystości (P) określający liczbę jedynek w ciągu danych (parzysta lub nieparzysta). Jego zastosowanie jest najprostszym sposobem sprawdzenia pojedynczego błędu transmisji. Przed kolejnym bajtem danych (znakiem), rozpoczynanym bitem startu są umieszczane: 1, 1+1/2 lub 2 interwały czasowe dla bitów końca znaku, które nazwano bitami stopu (SP).

Większość urządzeń nadawczo-odbiorczych do transmisji asynchronicznej, umożliwia programowe definiowanie formatu transmitowanego znaku, tj.: liczby bitów danych, liczby bitów stopu i włączenie lub wyłączenie sprawdzania parzystości bitów danych. Odczyt każdego bitu transmitowanej ramki odbywa się w takt zegara odbiornika. Liczba transmitowanych bitów w określonym czasie, zwykle jednej sekundy, określa szybkość transmisji; **1 bod = 1 bit/s**. Dostrojenie systemu transmisji polega na wyszukaniu (uzgodnieniu) częstotliwości taktowania nadajnika i odbiornika danych.

Zgodność częstotliwości taktowania jest badana przez porównanie nadanego znaku ze wzorcem zapisanym w odbiorniku lub w nadajniku, do którego zostaje przesłana informacja zwrotna (ECHO) zgodnie ze schematem pokazanym na rys.1.1.6.



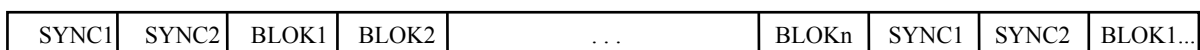
Rys. 1.1.6. Zasada badania zgodności zegarów nadajnika i odbiornika

Niezgodność porównywanych danych kontrolnych oznacza brak synchronizacji systemu transmisji, po czym następuje automatyczne lub ręczne przełączenie częstotliwości zegara taktującego odbiornik i powtórzenie próby jego synchronizacji.

Transmisja asynchroniczna znaków binarnych jest zwykle stosowana do przekazywania plików między komputerami sąsiadującymi ze sobą lub między komputerem a urządzeniami bezpośrednio z nim związanymi. Standardowa wartość maksymalna takiej transmisji binarnej wynosi 122 kb/s. Teletransmisja znaków binarnych w trybie asynchronicznym za pośrednictwem linii telefonicznych osiąga szybkości do 38,4 kb/s, na liniach dzierżawionych i do 28,8 kb/s na liniach publicznych (komutowanych).

Transmisja synchroniczna jest systemem przesyłu danych, w którym znaki i bloki binarne są przekazywane w sposób ciągły. Brak w tym systemie znaków startu i stopu (synchronizacji start - stopowej), przedzielających nadawane znaki, oznacza konieczność okresowej synchronizacji zegarów nadajnika i odbiornika. Co pewien czas przekazywane są dane synchronizujące (*SYNC*) o znanej wartości, który umożliwia uzgodnienie częstotliwości transmisji po obu stronach linii transmisyjnej. Po stronie odbiornika analizowane są odebrane bity danych oraz sekwencja diagnostyczna, wyliczona z tego ciągu binarnego.

Transmisję synchroniczną danych stosuje się zwykle w systemach rozległych, w których odbiornik nie przekazuje nadajnikowi informacji zwrotnej, a także w transmisji bezprzewodowej, dla łącz radiowych, telewizyjnych lub łącz satelitarnych. Transmitowane w trybie synchronicznym znaki nie są oddzielane bitami stopu jak w trybie asynchronicznym lecz tworzą nieprzerwany ciąg znaków binarnych zerjedynkowych (rys.1.1.7).



Rys.1.1.7. Format danych dla transmisji synchronicznej

Każdy seans transmisji określonego bloku informacyjnego jest przedzielany znaną sekwencją (wzorcem) pozwalającą dostroić do częstotliwości nadawanie sygnałów odbiornik.

W transmisji asynchronicznej operujemy pojęciem ramek czasowych, zawierających określoną liczbę bitów. Jedynym elementem bezpośredniego sprawdzenia poprawności asynchronicznej transmisji danych jest bit parzystości.

W transmisji synchronicznej operujemy ciągiem bitów, zawierającym poza danymi zasadniczymi dodatkowe ciągi kodujące blok danych, zwane sekwencją sprawdzającą. Wyliczanie sekwencji sprawdzającej jest operacją znacznie bardziej złożoną od badania bitu parzystości, ale daje dużo większe możliwości detekcji i korekcji błędów transmisji.

Zbiór zasad stosowanych w obsłudze systemu transmisji nazywamy *protokołem komunikacyjnym* lub *protokołem transmisyjnym*.

Pasma przenoszenia linii transmisyjnej charakteryzuje parametry transmisji danych, inaczej zakres (od f_1 do f_2) częstotliwości transmitowanego sygnału. Szerokość pasma przenoszenia określana jest wzorem $W = f_2 - f_1$.

Częstotliwości sygnałów poza tym pasmem podlegają tłumieniu, które sprawia że poziom sygnału zasadniczego nie jest odróżniany od zakłóceń. Stosunek mocy sygnału zasadniczego S do mocy zakłóceń (szumów) N jest równy $10 \log (S/N)$ – wyrażany w decybelach.

W systemach teletransmisyjnych, zamiast pasma przenoszenia określamy tzw. przepustowość (C) linii lub kanałów teletransmisyjnych. Jest ona wyznaczana wzorem Shannona:

$$C = W \log_2(1 + S/N)$$

Dla standardowej linii telefonicznej gwarantowane pasmo przenoszenia zawarte jest między 300 Hz a 3400 Hz, czyli $W = 3100$ Hz. Przyjmuje się ponadto, że stosunek $S/N \geq 100$ czyli 20 dB (decybeli).

Wtedy przepustowość linii:

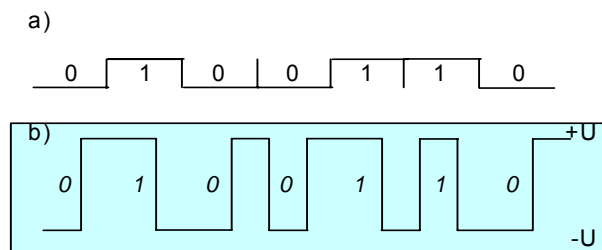
$$C = 3100 * \log_2 101 = 3100 * \log 101 / \log 2 \cong 20 \text{ kb/s}$$

Przekazywanie danych na odległość odbywa się na drodze generowania określonych zmian sygnału w jednostce czasu. Liczba zmian sygnału niosącego dane nazywana jest częstotliwością modulacji R i wyrażana jest w bodach. Jeden bod jest miarą jednej zmiany sygnału w ciągu jednej sekundy. Maksymalna częstotliwość modulacji zależy od pasma przenoszenia W linii transmisyjnej. Definiuje ją twierdzenie Nyquista, zależnością:

$$R_{max} = 2 W$$

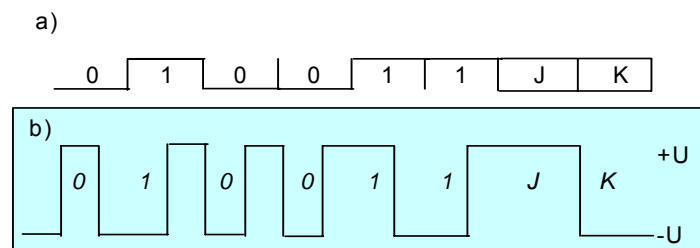
Dla omawianego łącza telefonicznego maksymalna częstotliwość modulacji wynosi $2 \cdot 3100 = 6200$ bodów, przy paśmie przenoszenia kanału 20 kb/s. Jeśli na przykład transmitujemy dane z częstotliwością 9600 b/s to w każdej zmianie sygnału musimy zawrzeć 1,5 bitu danych. Częstotliwość 19200 b/s jest niemal maksymalną przepustowością łącza. Zatem każda zmiana sygnału musi odpowiadać trzem bitom danych. Te niezrozumiałe zależności wyjaśniają specjalne technologie kodowania i kompresji sygnałów, które pozwalają redukować liczbę bitów pliku do rozmiarów odpowiadających wymienionym parametrom.

Kodowanie sygnałów binarnych stosowane jest w lokalnych sieciach komputerowych korzystających z technologii Ethernet. Ciągi binarne przesyłane są w formie zakodowanej; zgodnie z kodem Manchester, zilustrowanym przykładem na rys.1.1.8.



Rys. 1.1.8. Przykład zapisu ciągu binarnego w kodzie Manchester

Zamiast napięcia odpowiadającego wartości kolejnych bitów transmitowana jest charakterystyczna zmiana w środku interwału czasu każdego bitu. Wartość 0 zakodowana została narastającym a wartość 1 opadającym zboczem sygnału (choć definicja może być odwrotna). Kod Manchester ma tę zaletę, że transmisja nie wymaga dodatkowej synchronizacji. Jest on kodem samo-synchronizującym się. W przypadku ciągu następujących po sobie zer lub jedynek w każdym odcinku czasowym potrzebne są dwie zmiany sygnału, czyli podwojenie częstotliwości modulacji. Oznacza to niekorzystny sposób wykorzystania pasma przenoszenia linii.



Rys. 1.1.9 Przykład zapisu ciągu binarnego w różnicowym kodzie Manchester

W sieciach korzystających z technologii Token Ring poza zmiennymi binarnymi transmitowanymi danymi pojawiają się jeszcze dwie dodatkowe wartości J i K znaczące żeton (token), uprawniający kartę do podjęcia transmisji danych (szczegółowo omówione w dalszej części książki).

Na rys.1.1.9 przedstawiono inną wersję kodu Manchester tzw. kod różnicowy, gdzie bit o wartości 0 kodowany jest dwiema zmianami, na początku i w środku odcinka czasowego (nie istotne w jakim kierunku).

Bit o wartości 1 cechowany jest jedną zmianą, w środku odcinka czasowego, natomiast bit o wartości 0 kodowany jest dwiema zmianami, na początku i w środku odcinka czasowego (nie istotne w jakim kierunku).

Ponadto bit zero zawiera taką samą konfigurację zmian co bit poprzedzający, gdy bit jeden zawiera zmiany przeciwne od bitu poprzedzającego. Bity J i K występują zawsze w parze. Wartość J nie zawiera żadnych zmian, gdy K ma zmianę tylko na początku.

Jak łatwo zauważyć częstotliwość modulacji (zapisu) sygnału w łączu Token Ring jest dwukrotnie większa od efektywnej częstotliwości transmisji danych binarnych. Oznacza to, że (podobnie jak w systemach Ethernet) w łączach z systemem Token Ring efektywność wykorzystania pasma transmisyjnego wynosi 50 %.

Kod 4b/5b stosowany jest w systemach wyposażonych w szybkie karty sieciowe (100 Mb/s, czy karty klasy Gb/s), gdzie techniki modulacji zmniejszające przepustowości przewodów (do 50% pasma) są nie do zaakceptowania. Uzyskanie przepustowości 100 Mb/s za pomocą kodu Manchester oznacza wyposażenie systemu transmisji w osprzęt o parametrach 200 Mb/s, co znacznie podraża koszt inwestycji.

Technika 4b/5b, kodowania ciągów binarnych przesyłanych łąciami światłowodowymi, umożliwia zapis czterema bitami pięć bitów ciągu danych. Jednocześnie możliwa jest samoczynna synchronizacja odbiornika przy mniejszej wartości współczynnika częstotliwości modulacji. W przewodach światłowodowych (FDDI) nie ma również możliwości operowania ujemnym poziomem sygnału, dlatego na łączach światłowodowych zastosowano technikę kodowania „bez powrotu do zera” - NRZI (*Non Return to Zero*).

Medium transmisyjne przewodowe to:

- zwykła para telefonicznych przewodów miedzianych,
- para przewodów miedzianych skręconych ze sobą; zwana "parą skręconą" (*twisted pair* - TP), parę
- skręconą i nieekranowaną parą przewodów (*unshielded twisted pair* - UTP) lub parę skręconą ekranowaną (*shielded twisted pair* - STP),

- kabel koncentryczny (*coaxial cable*),
- przewód światłowodowy (*optical fiber*).

Do grupy **mediów bezprzewodowych** zaliczamy:

- mikrofalowy kanał transmisyjny,
- kanał fal podczerwonych,
- kanał fal radiowych lub telewizyjnych.

Ekranowanie okablowania strukturalnego w sieciach teletransmisyjnych jest stosowane w celu poprawy pasma przenoszenia linii. Nie ekranowane okablowanie symetryczne zwane parą skręcaną (*Unshielded Twisted Pair* - UTP) jest uznawane za standard połączeń sieci lokalnych (wewnątrz budynków) o dużych przepustowościach binarnych. Wszędzie tam, gdzie linie kablowe UTP zostały zaprojektowane we właściwy sposób możliwe jest osiągnięcie szybkości transmisji 100 Mb/s (dla kabli i osprzętu krosującego 5 kategorii).

Instalacje UTP muszą być wykonywane według następujących kryteriów:

- długość połączeń nie może przekroczyć 90 m (dodatkowe 10 m stanowi rezerwę dla połączeń krosujących i stacyjnych)
- kable należy prowadzić z dala od źródeł zakłóceń elektromagnetycznych (spawarki łukowe, silniki komutatorowe, aparatura medyczna, itp.) i radiowych,
- ponieważ sam budynek tłumi zakłócenia zewnętrzne zaleca się prowadzenie kabli najbliżej jego środka.

Możliwość wystąpienia w sieci ekstremalnych warunków teletransmisyjnych sprawia, że kable UTP nie spełniają oczekiwań projektantów łącz teletransmisyjnych. Alternatywą dla nich jest kabel ekranowany (*Shielded Twisted Pair* – STP).

Zastosowania STP mają miejsce w następujących przypadkach:

- dla sieci lokalnych o większym zasięgu, lub sieci narażonej na zakłócenia zewnętrzne,
- dla rozbudowanych sieci lokalnych, np. Token Ring łączących kilkaset węzłów lokalnych.

Zakłócenia zewnętrzne

Z punktu widzenia źródeł zakłóceń dzieli się je na:

- niskiej częstotliwości w paśmie od 10 kHz do 50 kHz (pochodzące urządzeń domowych jak grzejniki, czy jarzeniówki),
- średniej częstotliwości w przedziale od 150 kHz do 100 MHz (których źródłem są odbiorniki radiowe i inne urządzenia elektroniczne),

- impulsowe w paśmie od 10 kHz do 100 MHz (generowane w czasie załączania i wyłączenia silników elektrycznych, generowane przez układy zapłonowe silników spalinowych lub spawarki łukowe),
- wysokiej częstotliwości w paśmie od 16 MHz do 1 GHz (generowane przez komputery, urządzenia telewizyjne, stacje radarowe, itp.).

Zakłócenia zewnętrzne w głównej mierze przenoszone są z sąsiednich par przewodów w formie przesłuchów (*Crosstalk*) między liniami.

Zakłócenia wewnętrzne, powstają one w aktywnym sprzęcie sieciowym, generowane w formie szumów cieplnych półprzewodników, rezystorów i miejscach styków. Są one powodowane wadami własnymi kanałów transmisyjnych.

Eliminowanie zakłóceń wiąże się ze stosowaniem różnych technik ekranowania przewodów do teletransmisji danych. Zastosowanie skrętki dwóch przewodów powoduje kompensację wzajemną pól elektromagnetycznych przeciwnie skierowanych powstających wokół obydwu przewodów, każdej pary. Zastosowanie zróżnicowanego splotu (o różnej gęstości – splot Norweski) każdej z par jednego kabla zmniejsza wpływ zakłóceń zewnętrznych. Ze wzrostem szybkości transmisji (od 100 Mb/s) pojawiają się przesłuchy w modułach krosujących i gniazdach naściennych instalacji sieci sieciowych. Stąd konieczność wyposażania osprzętu sieciowego wyższej generacji w układy kompensacyjne. Użycie odpowiedniej kategorii kabla znakomicie redukuje wpływ zakłóceń zewnętrznych, pozostają jednak zakłócenia od sprzętu łączeniowego. Zastosowanie ekranowania poszczególnych par kabla redukuje przesłuchy między-parowe. Pojawienie się pojemności tłumiącej ekranu oznacza znaczne straty sygnału, które są kompensowane przez zwiększenie grubości izolacji pomiędzy parą a ekranem. Oznacza to zwiększenie średnicy kabla i jego wagi. Taki kabel jest droższy i kłopotliwy w montażu.

Rozwiązaniem tańszym i mniej kłopotliwym w montażu jest kabel z jednym wspólnym ekranem zewnętrznym (OSTP – Overall Shielded Twisted Pair) wykonanym zwykle z folii aluminiowej (FTP – Foil Twisted Pair). Zmniejsza to wagę kabla, nie zmieniając jego oporności falowej, pozostaje jednak jego zwiększone tłumienie. Jedyną zaletą jest istotne ograniczenie wpływu zakłóceń zewnętrznych na wszystkie linie kabla.

1.2. Media i techniki transmisyjne

W lokalnych systemach teletransmisyjnych stosuje się różne media przewodowe i bezprzewodowe. Jedynym istotnym ograniczeniem w doborze medium transmisyjnego może być koszt instalacji.

Najwyższą jakość transmisji zapewnia łączy światłowodowe. Jego użycie związane jest jednak za znacznymi kosztami inwestycyjnymi oraz z zastosowaniem specjalnego osprzętu łączeniowego. Przekazywanie danych światłowodem nie dopuszcza rozgałęzień sygnałów, jedynie transmisję z punktu do punktu (*point to point*). Do zalet światłowodów można zaliczyć: stałość amplitudy transmitowanych danych w paśmie od 100 do 400 MHz, odporność na zakłócenia o charakterze elektromagnetycznym, bardzo dużą szybkość transmisji, światłowody nie zakłócają ponadto pracy innych urządzeń.

FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) jest łączem światłowodowym o dużych szybkościach transmisyjnych sygnałów binarnych (ponad 100 Mb/s). Linie światłowodowe umożliwiają przenoszenia wszystkich stosowanych dziś form informacji, jak: wideo obraz, dźwięk, pliki testowe i grafikę komputerową. Łączy FDDI może zostać zastąpiony łączem CDDI (*Copper Distributed Data Interface*), na ekranowanych lub nieekranowanych parach skręconych. CDDI zapewnia takie same szybkości transmisji jak FDDI - 100 Mb/s, ale odległość transmisji danych jest znacznie mniejsza niż w sieciach optycznych.

Istotnym ograniczeniem w zakresie zastosowań światłowodów jest jednokierunkowość transmisji nie ze względu na samo medium (wiązka światła) lecz na konstrukcję układów nadawczo-odbiorczych, tzn. trudności z przełączaniem układów nadajnik/odbiornik po obu stronach linii. Łączy mikrofalowe i podczerwone są wrażliwe na zapylenie i wszelkiego rodzaju przegrody (obiekty stałe lub ruchome) z tego względu ich zastosowanie jest ograniczone do instalacji transmitujących na niezbyt duże odległości i tam, gdzie wykonanie innych łączy jest utrudnione, jak: między dwoma biurkami po

przeciwległej stronie ulicy, między ruchomymi stanowiskami pomiarowymi, między obiektami latającymi, w których komunikacja radiowa jest strategicznie zabroniona, itp.

Charakterystyka technik transmisyjnych dotyczy najważniejszych parametrów linii transmisyjnych – szybkości transmisji danych. Najczęściej stosowanym medium transmisyjnym w teletransmisji sygnałów (w sieciach rozległych) jest publiczna linia telekomunikacyjna, w której szybkość transmisji zależy od rodzaju użytego medium (przewody miedziane, światłowody lub łącza radiowe) oraz sposobów realizacji połączeń fizycznych, od punktu nadawania do punktu odbioru. Techniki transmisji stosowane w sieciach lokalnych i w sieciach rozległych różnią się w zasadniczy sposób. Jedną z podstawowych przyczyn tych różnic jest stopa błędów znacznie wyższa dla sieci rozległych. Drugą istotną różnicą, niekorzystnie wyróżniającą sieci rozległe jest niemożliwość organizacji symetrycznych topologii sieci (np. pierścienia) lub topologii magistralowych z uwagi na ich rozległość, tj. odległości między węzłami sieci. Typową topologią sieci rozległej są grupy gwiazd lokalnych połączonych między sobą. Różnice między sieciami lokalnymi a rozległymi polegają na odmiennie realizowanych połączeniach fizycznych oraz na odmiennych topologii i metodach dostępu do zasobów sieci. Współczesne systemy transmisji powinny poza dużą szybkością przekazywania danych między odległymi stacjami sieciowymi umożliwić przesył trzech różnych rodzajów danych - obrazu analogowego (wideo grafiki), sygnałów audio (dźwięk) i plików danych standardowych. Każdy z wymienionych rodzajów danych (multimedialnych) podlega innej formie obróbki, jak kodowanie czy kompresja, przed jej ostatecznym wysłaniem do odbiorcy. Częstym problemem jest potrzeba synchronizacji tych trzech mediów informacyjnych o zasadniczo różnej długości i złożoności.

Podstawowe media telekomunikacyjne

Para skręcana nieekranowana (skrętka UTP - *unshielded twisted pair*)) zwykłych drutów miedzianych jest dziś podstawowym medium transmisyjnym stosowanym w telekomunikacji. Pary skręcane są produkowane w formie kabli wieloparowych. Pomiedzy parami przewodów występują zakłócenia określane jako „przenik zbliżny” (NEXT - *Near End Cross Talk*). W liniach transmisyjnych występuje również zakłócenie zwane echem, wywołane złym dopasowaniem zakończeń linii. Są one przyczyną zniekształceń poziomu odbieranych sygnałów. Z uwagi na silne sprzężenia elektromagnetyczne występujące pomiędzy parami drutów tego samego kabla oraz bardzo duży wpływ zakłóceń otoczenia, pary skręcane nieekranowane nie nadają się do transmisji sygnałów analogowych, jak obraz TV zaliczany do grupy największych „pożeraczy” pasma w liniach teletransmisyjnych.

Amerykański instytut badawczy Bellcore opracował w 1994 roku technikę transmisji sygnałów telewizyjnych zwykłą linią drutową, nieekranowaną - UTP, jednak sygnał TV zostaje przetworzony na postać cyfrową po czym poddany kompresji i przesłany z przepływnością 1,5 Mb/s.

CATV jest kablem koncentrycznym (współosiowym) eliminującym w dużym stopniu zjawisko przesłuchów i odbić. Współosiowy przewód ma znacznie większe zdolności przenoszenia sygnałów od pary skręconej. Przepływność linii koncentrycznej sięga 2 Gb/s, ustępując jedynie linii światłowodowej. We współczesnych systemach teletransmisji cyfrowej, przewody koncentryczne znajdują mniejsze zastosowanie z kilku powodów. Choć wyższa cena przewodu współosiowego nie jest bez znaczenia jednak główną przyczyną unikania przewodu współosiowego jest jego grubość, która ma istotne znaczenie przy prowadzeniu wiązek wieloprzewodowych (okablowanie strukturalne budynków). Przewody koncentryczne są w dalszym ciągu montowane w połączeniach pojedynczych urządzeń sieciowych. Rzecz jasna, istniejące przewody koncentryczne mogą być z powodzeniem wykorzystane w modyfikowanych (zintegrowanych) systemach transmisji.

Transmisja wąskopasmowa (baseband)

Polega na przesyłaniu przez pojedynczy kanał fizyczny tylko jednego ciągu sygnałów. Tego rodzaju komunikacja wykorzystywana jest w przypadkach transmisji analogowej (telefonii analogowej) lub w okablowaniu sieci lokalnych jak Ethernet czy Token Ring, w których na jednym przewodzie przesyła się tylko jeden ciąg sygnałów.

Transmisja szerokopasmowa (broadband)

Polega na podziale pojedynczego kanału fizycznego na szereg kanałów logicznych. Zwielokrotnienie liczby kanałów transmisyjnych uzyskuje się na drodze podziału czasu transmisji lub metodą podziału zakresu częstotliwości transmisji na podzakresy.

Metoda podziału czasu polega na przydziale odcinków czasu transmisji kolejnym nadajnikom i odbiornikom (kanałom). Przy założeniu, że nie ulega zmianie częstotliwość transmisji bitów danych w kanale fizycznym, zwielokrotnienie liczby kanałów logicznych w łączy zmniejsza szybkość transmisji w kanale logicznym. Proporcjonalnie do liczby obsługiwanych kanałów logicznych. Komutacja czasowa stosowana jest najczęściej w cyfrowych systemach transmisji.

Metoda z podziałem częstotliwości polega na przydziale do każdego kanału logicznego różnych częstotliwości modulacyjnych, od minimalnej wartości technicznie

zalecanej, do częstotliwości górnej, określonej dopuszczalnym pasmem częstotliwości kabla i łącza transmisyjnego.

Infostrada

Jest złożonym systemem okablowania tworzącego tzw. infrastrukturę informacyjną w sieciach rozległych. Infostrada oparta jest na technice światłowodowej FDDI, rozpowszechniana początkowo w Stanach Zjednoczonych aktualnie również w zachodniej Europie. Celem opracowań jest dostarczenie do domu każdego z abonentów danych tekstowych, dźwiękowych i wizyjnych, z szybkościami pozwalającymi na pracę w trybie interaktywnym (konwersacyjnym - prezentacje multimedialne, telekonferencje, wideo telefonia, itp).

Budynki Inteligentne

Uzupełnieniem koncepcji infostrady dla biurowców są projekty tzw. budynków inteligentnych (Intelligent Building System). Mają one zainstalowany zestaw wyposażenia na który składają się: medium dla transmisji danych w sieci komputerowej - skrętkowe lub światłowodowe, urządzenia i instalacje telekomunikacyjne, systemy automatyki elektronicznej i system komputerowy nadzorujący wszystkie media (stan instalacji elektrycznych, system antywłamaniowy i przeciwpożarowy, klimatyzacja, telewizja przemysłowa, ...) dla komfortu i bezpieczeństwa pracy użytkowników.

Kanał

Oznacza łącze pomiędzy dwoma urządzeniami w systemie teletransmisyjnym. Może to być bezpośrednio połączenie za pomocą pary przewodów (dla pojedynczego kanału) lub jest nim część łącza fizycznego wynikającego z podziału czasowego lub częstotliwościowego kanału fizycznego. W systemie z komutacją czasową liczbę transmitowanych bitów w kanale obliczamy dzieląc maksymalną częstotliwość transmisji dla kanału fizycznego przez liczbę niezbędnych kanałów. W systemie z podziałem częstotliwości liczbę kanałów określają częstotliwości modulacji transmitowanych danych. Każdemu kanałowi przyporządkowana jest określona częstotliwość nośna od wartości minimalnej (określonej warunkami technicznymi modulacji) do częstotliwości maksymalnej, określonej parametrami użytego kabla.