

> Rafał Pawlak



Okablowanie strukturalne sieci

Teoria i praktyka

Zaprojektuj niezawodną sieć teleinformatyczną!

- Charakterystyka i cele tworzenia systemu okablowania, czyli elementarz projektanta
- Elementy składowe okablowania strukturalnego, czyli kompletowanie niezbędnych materiałów
- Projekt sieci, czyli szczegółowe rozwiązania i przewidywanie potencjalnych zagrożeń

Wydanie III

Helion 

» Idź do

- Spis treści
- Przykładowy rozdział
- Skorowidz

» Katalog książek

- Katalog online
- Zamów drukowany katalog

» Twój koszyk

- Dodaj do koszyka

» Cennik i informacje

- Zamów informacje o nowościach
- Zamów cennik

» Czytelnia

- Fragmenty książek online

» Kontakt

Helion SA
ul. Kościuszki 1c
44-100 Gliwice
tel. 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
© Helion 1991–2011

Okablowanie strukturalne sieci. Teoria i praktyka. Wydanie III

Autor: Rafał Pawlak
ISBN: 978-83-246-3377-7
Format: 158×235, stron: 296



Zaprojektuj niezawodną sieć teleinformatyczną!

- Charakterystyka i cele tworzenia systemu okablowania, czyli elementarz projektanta
- Elementy składowe okablowania strukturalnego, czyli kompletowanie niezbędnych materiałów
- Projekt sieci, czyli szczegółowe rozwiązania i przewidywanie potencjalnych zagrożeń

Zagadnienie okablowania, czyli de facto stworzenia całej struktury sieciowej w przestrzeni o określonym, często skomplikowanym układzie, nie jest tak proste, jak mogłoby się z pozoru wydawać. Samo ułożenie kabli poprzedzone musi być za każdym razem kompleksową analizą wszystkich elementów powstającego systemu, od aspektów ściśle technicznych (gdzie umieścić szafy, ulokować serwerownię, jakie instalacje towarzyszące wdrożyć?), aż po sposoby i miejsca wykorzystywania sieci przez użytkowników. To zadanie wymaga wiedzy oraz świadomości celów, a także dużej wyobraźni, nie tylko przestrzennej. Indywidualne dostosowanie powstającej infrastruktury do specyfiki lokalizacji docelowej i potrzeb użytkowników zawsze zależy od projektanta, a niezbędną wiedzę pozwalającą na stworzenie sprawnie działającej sieci teleinformatycznej znajdziesz właśnie w tej książce!

„Okablowanie strukturalne sieci. Teoria i praktyka. Wydanie III” to podręcznik, dzięki któremu kwestia zaprojektowania i wykonania systemu okablowania strukturalnego przestanie wydawać Ci się nie do pokonania. Dowiesz się, co należy wziąć pod uwagę na pierwszym etapie projektowania sieci, jakie materiały i urządzenia musisz zgromadzić oraz jak je ze sobą połączyć, a także jakie środowisko pracy wybrać dla centrum danych. Zrozumiesz, po co Ci szczegółowa dokumentacja projektowa i na czym polega odbiór projektu. Poznasz normy obowiązujące przy projektowaniu sieci i sprawdzone sposoby zabezpieczania infrastruktury przed awarią oraz neutralizacji ewentualnych jej skutków. Krótko mówiąc, książka ta to znakomite przygotowanie do pracy nad jednym z najważniejszych systemów działających we współczesnych firmach.

- Charakterystyka i cele tworzenia systemu okablowania
- Przewodowe media transmisyjne
- Elementy składowe okablowania strukturalnego
- Środowisko pracy dla centrum danych (DATA CENTER)
- Dokumentacja projektowa i odbiór systemu okablowania
- Porady techniczno-instalacyjne
- Okablowanie strukturalne a normy
- Redundancja okablowania pionowego
- Okablowanie strukturalne a backup danych
- Reakcja na awarie i projekt sieci
- Okablowanie strukturalne w pytaniach i odpowiedziach

Zbuduj system okablowania strukturalnego skrojony na miarę!

Spis treści

Podziękowania	9
Prolog	11
Wstęp	13
Rozdział 1. Charakterystyka i cele tworzenia systemu okablowania	15
Podstawa rozważań — model ISO/OSI	17
Istota systemu okablowania strukturalnego	18
Geneza	18
Początki okablowania strukturalnego	19
Istota okablowania	20
Metoda	20
Topologie systemu	21
Rozdział 2. Przewodowe media transmisyjne	25
Typy sygnału	25
System binarny	29
Algebra Boole’a	32
Kable miedziane	37
Kable koncentryczne	37
Kable UTP	38
Światłowody	46
Budowa światłowodu	49
Klasyfikacja światłowodów	50
Sposoby łączenia włókien	54
Złącza światłowodowe (optyczne)	57
Rozdział 3. Elementy składowe okablowania strukturalnego	61
Okablowanie poziome, pionowe i międzybudynkowe	61
Okablowanie poziome	61
Okablowanie pionowe	64
Okablowanie międzybudynkowe	65
Punkty rozdzielcze	65
Nomenklatura polska	66
Nazewnictwo angielskie	67
Dobór pomieszczenia na punkt dystrybucyjny	68

Punkt abonencki, sekwencja i polaryzacja	69
Punkt abonencki	69
Oznakowanie gniazd	71
System oznaczników kablowych	74
Sekwencja	74
Polaryzacja	78
Terminowanie	80
Elementy pasywne systemu	83
Szafy dystrybucyjne	83
Ustawianie i konfiguracja „czystej” szafy	89
Elementy chłodzące szafę	92
Elementy porządkujące przewody w szafie	94
Sprzęt pasywny	98
Kable krosowe	103
Dobór przepustowości w segmencie	108
MUTO	114
Światłowód prosto do biurka	116
Instalacje towarzyszące	117
Sieć elektryczna	117
Zasilanie awaryjne	120
Instalacja telefoniczna	121
Rozdział 4. Środowisko pracy dla centrum danych (data center)	123
Definiowanie zagrożeń	124
Ochrona przeciwpożarowa	126
System klimatyzacyjny	132
Chłodzenie i wentylacja szaf	132
Elektroniczna kontrola dostępu	137
Rozdział 5. Dokumentacja projektowa	139
Cele i zadania	139
Projekt systemu okablowania strukturalnego (sieci LAN)	143
Kosztorys	150
Rozdział 6. Odbiór systemu okablowania	151
Sprawdzanie systemu pod względem zgodności z normami	152
Procedura sprawdzania światłowodu przed instalacją	156
Rozwiązania gwarancyjne	157
Rozdział 7. Porady techniczno-instalacyjne	159
Ogólne zalecenia instalacyjne oraz ochrona kabli przed czynnikami zewnętrznymi	160
Ogólne zalecenia instalacyjne	160
Ochrona kabli przed czynnikami zewnętrznymi	163
Zasady układania kabli w gruncie	164
Sposoby przeciągania kabla przez kanalizację	166
Systemy listew i rur do instalacji teleinformatycznych	167
Systemy dystrybucji okablowania	170
Sprzęt instalatora	174
Rozdział 8. Okablowanie strukturalne a normy	181
Podstawowe instytucje standaryzujące	181
Główne dokumenty legislacyjne	183
Porównanie podstawowych norm	185

Rozdział 9. Redundancja okablowania pionowego	187
Redundancja okablowania kampusowego	187
Przykładowe rozwiązanie	193
Rozdział 10. Okablowanie strukturalne a backup danych	195
Podstawowe metody archiwizacji danych	196
Rozdział 11. Reakcja na awarie	205
Algorytm zarządzania incydemem	208
Awaria systemu okablowania	211
Awaria urządzeń aktywnych	213
Awaria zasilania	214
Awaria układu chłodzenia	216
Awaria układu przeciwpożarowego	218
Awaria systemu kontroli dostępu	219
Rozdział 12. Projekt sieci	221
Proponowane rozwiązanie	222
Szafy	228
Monitoring i kontrola dostępu	231
Telefony	231
Zasilanie awaryjne	232
System gaszenia	232
Klimatyzacja	232
Kosztorys	233
Rozdział 13. Okablowanie strukturalne w pytaniach i odpowiedziach	237
Rozmowa 1. — wypowiada się pani Aleksandra Parys	238
Rozmowa 2. — wypowiada się pan Krzysztof Wala	246
Rozmowa 3. — wypowiada się pan Grzegorz Niziński	251
Rozmowa 4. — wypowiada się pan Janusz Jankowski	258
Słowniczek terminów	281
Skorowidz	287

Rozdział 2.

Przewodowe media transmisyjne

Ten rozdział traktuje o przewodowych mediach transmisyjnych. Omówię w nim rodzaje i klasyfikacje nośników. Przedstawię także rodzaje sygnału oraz podstawowe funkcje logiczne w układach cyfrowych.

Przewodowe media transmisyjne mają tę wyższość nad systemami bezprzewodowymi, iż oferują większe przepustowości. Cała sztuka polega na prawidłowym dobraniu przewodu oraz zapewnieniu stosownych warunków.

Placówki medyczne są doskonałym przykładem miejsc, w których powinno się stosować ekranowane kable miedziane. W szpitalach należy wystrzegać się rozwiązań bezprzewodowych, gdyż propagacja fal elektromagnetycznych może zakłócić pracę bardzo czułej aparatury medycznej. W salach operacyjnych z powodzeniem można wykorzystywać światłowody i ekranowane kable miedziane.

Typy sygnału

Sam sygnał (niezależnie od jego rodzaju) możemy zdefiniować jako falę elektromagnetyczną. Przewodnikami (mediami) fal elektromagnetycznych mogą być metale, kable światłowodowe czy powietrze.

Wyróżniamy dwa typy sygnałów:

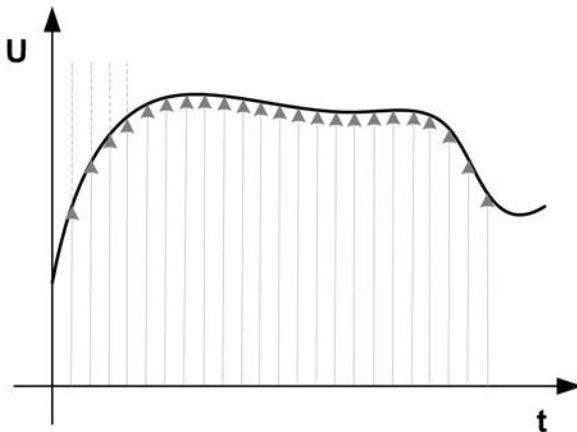
- ◆ analogowy,
- ◆ cyfrowy.

Sygnał analogowy jest funkcją napięcia i czasu. Zmienia się on w sposób ciągły. Przykładem sygnału analogowego jest ludzka mowa.

Natomiast sygnał dyskretny (cyfrowy) nie jest funkcją ciągłą, lecz ciągiem wartości próbek (ang. *sample*). Sygnał analogowy można przekształcić na postać cyfrową. Odbywa się to za pomocą próbkowania (dyskretyzacja, kwantowanie) przebiegu. W praktyce mierzona (próbkowana) jest chwilowa wartość sygnału analogowego w określonych odstępach czasu (rysunek 2.1). Sygnał dyskretny jest ciągiem próbek.

Rysunek 2.1.

Próbkowanie sygnału analogowego



Twierdzenie Kotelnikowa-Shannona mówi, że aby odtworzyć sygnał ciągły z sygnału dyskretnego, częstotliwość próbkowania musi być co najmniej dwa razy większa od szerokości jego pasma.

Nośnik CD-Audio jest próbkowany z częstotliwością 44,1 kHz (44 100 razy na sekundę). Ludzkie ucho słyszy dźwięki o częstotliwości około 20 kHz, tak więc aby odtworzyć sygnał z płyty audio, a następnie podać go w postaci analogowej, niezbędne jest co najmniej 40 000 (40 kHz) próbek.

Sygnał analogowy doskonale nadaje się do przekazywania dźwięków oraz informacji pomiarowych (np. temperatury), natomiast sygnał cyfrowy wykorzystywany jest do przedstawiania informacji logicznych i symbolicznych.

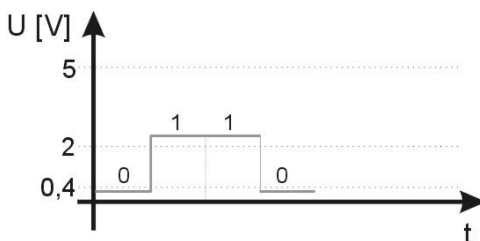
Proces kształtowania (formowania) danych w postaci cyfrowej nazywamy kodowaniem, a ich odczytu — dekodowaniem.

Kwantowanie w czasie (próbkowanie) jest tylko jednym z procesów tworzenia sygnału impulsowego. Tym niemniej dla naszych dalszych rozważań wystarczy wiedza o tym, na czym polega różnica między sygnałem cyfrowym a analogowym oraz jak powstaje impuls (bit).

W sygnale cyfrowym zmiana napięcia odbywa się skokowo w określonych odstępach czasu. Ma on zazwyczaj tylko dwa poziomy (rysunek 2.2): wysoki H (ang. *high*) i niski L (ang. *low*). W elektronicznych układach cyfrowych nośnikiem sygnału jest najczęściej napięcie. Przyjmuje ono w zależności od poziomu określone przedziały: poziom niski 0 – 0,4 V, poziom wysoki 2 – 5 V. Każdy z poziomów ma przypisaną wartość logiczną H = 1 (prawda) i L = 0 (fałsz) — stąd też sygnał nazywany jest cyfrowym.

Rysunek 2.2.

Sygnal cyfrowy
w dwóch poziomach
(H, L)

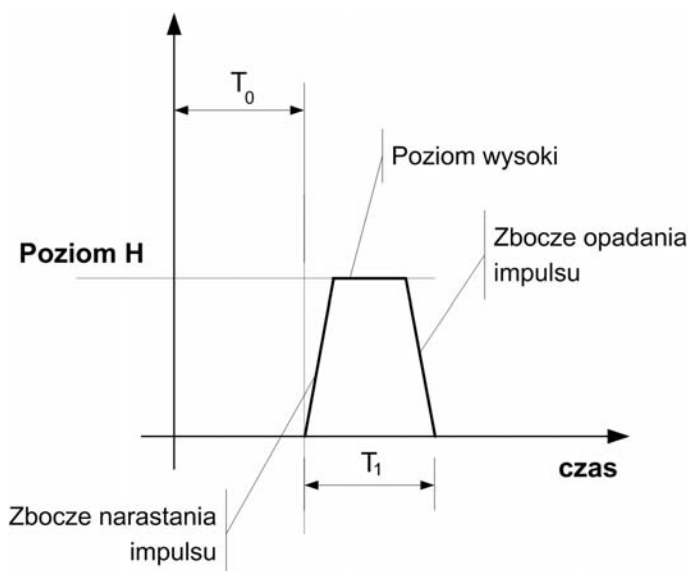


Na rysunku 2.2 widać, iż impulsy obrazują liczbę 0110 w systemie binarnym. W systemie dziesiętnym jest to liczba 6.

Bit posiada czas trwania T_1 . W tym okresie impuls narasta, utrzymuje stan logiczny (poziom) i opada (rysunek 2.3).

Rysunek 2.3.

Charakterystyka
pojedynczego impulsu,
gdzie T_0 to szerokość
szczeliny, a T_1 — czas
impulsu



Sygnał cyfrowy jest bardziej odporny na zakłócenia i zniekształcenia podczas jego transmisji. Impuls docierający do odbiornika jest identyfikowany (klasyfikowany) jako wartość jeden lub zero (poziom niski albo wysoki). Odbywa się to w oparciu o pomiar amplitudy odbieranego sygnału użytecznego. Ważne jest, aby amplituda sygnału zakłócającego nie przekroczyła progu detekcji sygnału właściwego. Jeżeli pojawi się zakłócenie, które przekroczy ten próg, zostanie zaklasyfikowane jako 1 lub 0 — powstanie błąd.

Ogólnie rzecz ujmując, błędy polegają na wstawianiu nowych (obcych) bitów w ciąg albo na przekłamywaniu wartości istniejącego znaku właściwie nadanego.

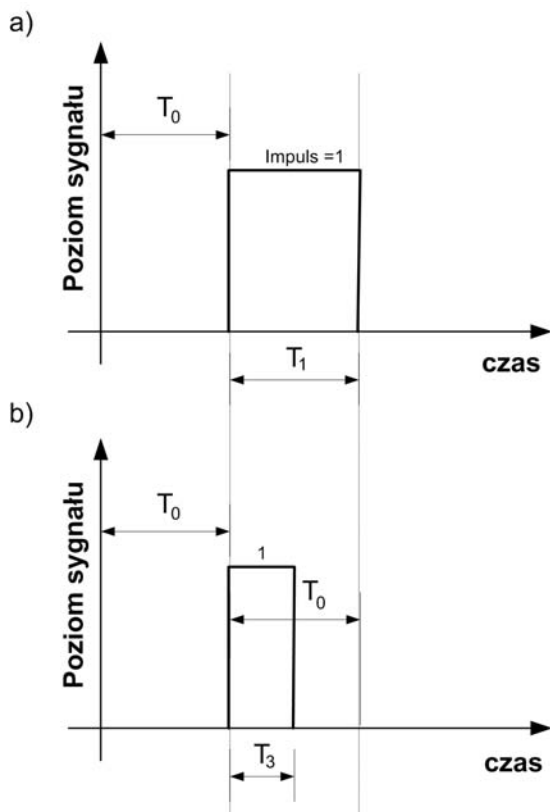
Problem jest znacznie głębszy, aniżeli ukazuje to zaprezentowane przeze mnie spojrzenie logiczne. Więcej do powiedzenia w tej materii mają fizycy i inżynierowie elektrycy, którzy pracują bezpośrednio przy produkcji sprzętu pasywnego. To oni określają parametry produktu.

Zadaniem projektantów systemu okablowania strukturalnego jest odpowiedni dobór elementów względem siebie oraz zapewnienie im odpowiedniego środowiska pracy zgodnie z wytycznymi zawartymi w karcie produktu. Potrzebna jest do tego podstawowa wiedza z zakresu natury sygnału i aspektów jej towarzyszących.

Sygnał cyfrowy może być kodowany i transmitowany w dwóch postaciach (rysunek 2.4). Pierwszy przypadek określany jest kodowaniem bez powrotu do zera (ang. *Non Return to Zero — NRZ*), a drugi — z powrotem do zera (ang. *Return to Zero — RZ*). Obie metody wykorzystywane są w światłowodach.

Rysunek 2.4.

Kodowanie sygnału NRZ i RZ,
gdzie T_0 jest szerokością
szczeliny czasowej
przeznaczonej dla 1 bitu,
a T_1 i T_3 to czas trwania
impulsu



W kodowaniu RZ pojedynczy bit równy 1 reprezentowany jest przez niezależny impuls, natomiast przy metodzie NRZ sąsiadujące wartości 1 tworzą odpowiednio dłuższy impuls łączny. Kodowanie NRZ zapewnia efektywne wykorzystanie szerokości pasma, zaś technika RZ zwiększa szerokość pasma dwukrotnie (uzyskujemy większą liczbę zmian wartości sygnału).

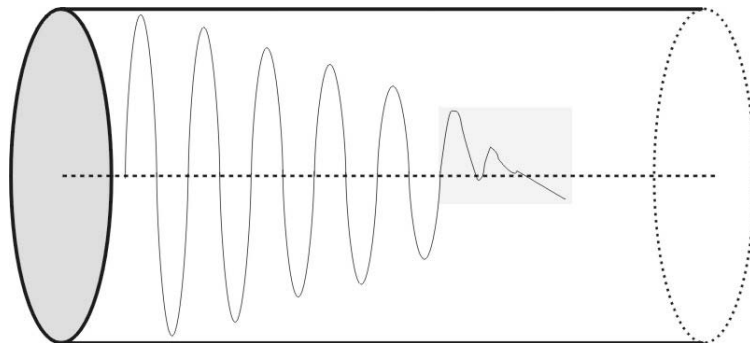
Z pojęciem sygnału nierozzerwalnie wiążą się poniższe terminy.

Tłumienie sygnału — to nic innego jak zmniejszenie siły sygnału.

Zniekształcenie sygnału — jest to dość groźne zjawisko, które polega na niepożądanym zmianie charakterystyki sygnału (kształtu).

Na rysunku 2.5 widać sygnał analogowy (sinusoidalny) gasnący. W ostatniej fazie (zaciemniony prostokąt) jest on wyraźnie zniekształcony w stosunku do pierwotnej sinusoidy. W celu przywrócenia początkowej siły sygnału należy zastosować wzmacniacz. Powinno się go podłączyć w takim odcinku kabla, aby sygnał jeszcze nie był poddany zniekształceniu.

Rysunek 2.5.
Sygnał analogowy



Uwaga

Więcej informacji na ten temat umieściłem w rozdziale 6. „Odbiór systemu okablowania”. Omawiam w nim aspekty związane z pomiarami przewodów, a także całych linii transmisyjnych.

System binarny

Dwójkowy system liczbowy jest powszechnie wykorzystywany w informatyce. Do zapisu liczb potrzebujemy tylko dwóch znaków: 0 i 1 (L i H). W pozycyjnych systemach liczbowych liczby zapisuje się jako ciągi cyfr. Aby obliczyć wartość liczby dziesiętnej zapisanej w systemie binarnym, musimy pomnożyć wszystkie cyfry z ciągu przez wartość kolejnej potęgi liczby stanowiącej podstawę systemu, a następnie uzyskane w ten sposób wartości poddać operacji sumowania.

Ciąg cyfr 1100 w systemie binarnym odpowiada liczbie 12 podanej dziesiętnie.

Obliczamy to w następujący sposób:

$$(1100)_2 = (1x2^3 + 1x2^2 + 0x2^1 + 0x2^0) = 8+4+0+0 = (12)_{10}$$

Dodatkowe dwa przykłady:

$$(10110)_2 = (1x2^4 + 0x2^3 + 1x2^2 + 1x2^1 + 0x2^0) = 16+0+4+2+0 = (22)_{10}$$

$$(11000000)_2 = (1x2^7 + 1x2^6 + 0x2^5 + 0x2^4 + 0x2^3 + 0x2^2 + 0x2^1 + 0x2^0) = (192)_{10}$$

Najprostszą metodą uzyskania notacji binarnej z systemu dziesiętnego jest wykonywanie dzielenia przez 2 liczby przekształcanej oraz zapisywanie reszty z operacji.

Przeliczmy liczbę $(48)_{10}$ na system dwójkowy:

Wynik	Dzielnik	Reszta
48	$\div 2$	0
24	$\div 2$	0
12	$\div 2$	0
6	$\div 2$	0
3	$\div 2$	1
1	$\div 2$	1

Wartości z kolumny *Reszta* odczytujemy, zaczynając od dołu. Uzyskany w ten sposób ciąg stanowi zapis dwójkowy liczby $(48)_{10} = (110000)_2$.

Rozważmy jeszcze jeden przykład. Niech będzie to liczba $(127)_{10}$.

Wynik	Dzielnik	Reszta
127	$\div 2$	1
63	$\div 2$	1
31	$\div 2$	1
15	$\div 2$	1
7	$\div 2$	1
3	$\div 2$	1
1	$\div 2$	1

Liczbie $(127)_{10}$ odpowiada zapis $(1111111)_2$.

Sprawne posługiwanie się systemem binarnym wymaga biegłości w potęgowaniu liczby 2, gdyż jest ona podstawą potęgowania (np. $1024 = 2^{10}$). Z uwagi na to, iż najłatwiejsze rzeczy sprawiają nieprzewidywalnie dużo problemów, w tabeli 2.1 zawarłem przykładowe potęgi liczby dwa.

Tabela 2.1. Popularne potęgi liczby 2

Potęga liczby 2	Wartość
2^0	1
2^1	2
2^2	4
2^3	8
2^4	16
2^5	32
2^6	64
2^7	128
2^8	256
2^9	512
2^{10}	1024
2^{16}	65536
2^n	2^n

Przed przystąpieniem do omawiania elementarnych podstaw teoretycznych cyfrowych układów logicznych czuję się zobowiązany do wprowadzenia terminu *bit* i *bajt*.

Bit jest symbolem występującym tylko w dwóch wartościach (0 lub 1). Słowo 1-bitowe może przenosić maksymalnie dwie różne informacje. Bajt jest grupą 8 bitów i pozwala reprezentować 256 różnych informacji.

Informacja jest wartością (kombinacją znaków) przenoszoną w słowie bitowym. Słowo 3-bitowe umożliwia przesłanie 8 (2^3) różnych informacji. 3 bity dają osiem kombinacji wartości słowa (tabela 2.2).

Tabela 2.2. Kombinacje znaków dla słowa 1-, 2- i 3-bitowego

1 bit	2 bity	3 bity
0	00	000
1	01	001
	10	010
	11	011
		100
		101
		110
		111

Wielokrotności (mnożniki) dla jednostek bit i bajt przedstawiłem w tabeli 2.3.

Tabela 2.3. Wielokrotności pojedynczego bitu

Wielokrotność	bit	bajt
kilo = $1024 = 2^{10}$	kb (kilobit)	kB (kilobajt)
mega = $1048576 = 2^{20}$	Mb (megabit)	MB (megabajt)
giga = $1073741824 = 2^{30}$	Gb (gigabit)	GB (gigabajt)
tera = $\text{giga} * 1024 = 2^{40}$	Tb (terabit)	TB (terabajt)

Adres sieci w IPv4 składa się z 32 bitów. W celu zachowania przejrzystości zapisu oddziela się je kropką co osiem znaków. Adres IPv6 oparty jest na 128 bitach, a co za tym idzie, umożliwia przydzielenie znacznie większej liczby adresów. Teoretycznie rzecz ujmując, IPv4 pozwala na zaadresowanie maksymalnie 4 294 967 296 maszyn (2^{32}). Oczywiście nie wszystkie kombinacje można wykorzystać, ale jest to temat do osobnych rozważań. Analogicznie IPv6 daje 340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456 różnych kombinacji (2^{128}).

Popełniłbym duży błąd, gdybym wspominając o adresach IP, nie podał przykładu przeliczenia ich z systemu dziesiętnego na binarny. Ta umiejętność zawsze się przyda.

Rozwiążmy następujące zadanie dla IPv4: **192.168.171.123**.

$$(192)_{10} = (11000000)_2$$

$$(168)_{10} = (10101000)_2$$

$(171)_{10} = (10101011)_2$

$(123)_{10} = (01111011)_2$

Tak więc adres IP 192.168.171.123 w notacji dwójkowej wygląda następująco: 11000000.10101000.10101011.01111011.

Przytoczyłem podstawowe informacje na temat natury sygnału cyfrowego oraz systemu liczb dwójkowych. Wiedza ta będzie niezbędna podczas dalszych rozważań.

Algebra Boole’a

W związku z faktem, iż sygnał cyfrowy przyjmuje dwie wartości logiczne, niezbędne jest zapoznanie się z podstawowymi elementami algebry Boole’a. Operuje ona zmiennymi dwuwartościowymi (0 oraz 1). Wynikami jej funkcji (operacji) są zawsze elementy 0 i 1. W logice dodatniej 1 reprezentuje prawdę, natomiast w logice ujemnej — fałsz (tabela 2.4).

Tabela 2.4. Wartości logiczne a poziomy

LOGIKA	Poziom L	Poziom H
Dodatnia	0	1
Ujemna	1	0

Oto trzy podstawowe operacje boole’owskie (tabela 2.5):

- ♦ suma logiczna: $a \vee b$;
- ♦ koniunkcja (iloczyn logiczny): $a \wedge b$;
- ♦ negacja logiczna (dopełnienie): $\bar{a}$.

Tabela 2.5. Tabela prawdy

Wartość funktora		$a \vee b$	$a \wedge b$	$\bar{a}$
a	b			
0	0	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	1	0	0
1	1	1	1	0

Pojedyncze funkcje logiczne realizowane są przez elementy zwane bramkami logicznymi.

Jeśli na wejściu bramki OR (suma) pojawi się sygnał 1 i 1, to w wyniku przeprowadzonej operacji logicznej na wyjściu uzyskamy wartość 1. Analogicznie odbywa się to w innych bramkach realizujących typowe funkcje.

Dlaczego umiejętność posługiwania się fundamentalnymi funkcjami logicznymi jest tak ważna?

Dysponujemy argumentami logicznymi (0 i 1), za pomocą których możemy określać stany poszczególnych elementów cyfrowych. W teorii wszystkie funkcje logiczne można zrealizować przy użyciu tylko trzech podstawowych operacji: negacji, sumy i iloczynu.

Tego się jednak nie praktykuje, gdyż układy logiczne byłyby zbyt rozbudowane, a tym samym — drogie. W praktyce stosuje się „gotowe” elementy z zaimplementowanymi funkcjami podstawowymi oraz operacjami bardziej złożonymi. Obowiązkiem inżyniera jest znać efekt (wynik) zestawienia ze sobą kilku układów cyfrowych.

Jednak nie jest to jeszcze pełny obraz zasadności stosowania rachunku zdań.

Załóżmy, że mamy system automatycznego wyłączania światła. Czujnik (jako moduł logiczny) podaje sygnał 1 oznaczający, że na dworze jest jasno. Wypadałoby wyłączyć oświetlenie. Jednak sprawdziliśmy, że nasz automatyczny wyłącznik zareaguje na niski poziom napięcia 0. Musimy zmienić sygnał z 1 na 0. W tym momencie przychodzi z pomocą układ dokonujący negacji logicznej.

Od razu można sobie wyobrazić kod binarny ramki Ethernet — rozpisanie go na papierze jest wręcz niewykonalne. Z pewnością nie jesteśmy ascetami i nie będziemy się dobrowolnie umartwiać. Rynek oferuje szereg doskonałych urządzeń, które są przeznaczone do ściśle określonych technologii transmisji.

Doskonałym przykładem są światłowodowe linie teleinformatyczne. Firmy, dysponując kilkoma włóknami światłowodowymi, potrafią zapewnić dostęp do Internetu oraz łączność głosową między państwami. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu komutacyjnych układów służących do łączenia i przełączania sygnałów cyfrowych, czyli układów kombinacyjnych.

Multiplexer — służy do „złączania” szeregu informacji w jeden sygnał, który będzie przesyłany pojedynczym kanałem transmisyjnym.

Demultiplexer — jak łatwo rozszyfrować, pełni funkcję odwrotną do multiplexera.

Koder — wywołuje proces formowania informacji do postaci cyfrowej. Proces ten nazywa się kodowaniem.

Dekoder — urządzenie to umożliwia odczytanie zakodowanej informacji.

Proces kodowania sygnału analogowego nazywamy modulacją, jeżeli nośnikiem informacji jest przebieg zmienny (np. sinusoidalny). Demodulacja jest procesem dekodowania sygnału dyskretnego.

Wprowadzenie do układów cyfrowych

Układ cyfrowy jest elementem elektronicznym, który realizuje operacje zgodnie z algebrą Boole’a. Procesor jest zaawansowanym układem logicznym.

Na poniższym diagramie (rysunek 2.6) przedstawiam przykładowy system, który wykorzystuje cyfrowy układ logiczny. Czujnik odbiera sygnał A zawierający informację, iż pada deszcz. Następnie przekazuje dalej parametr B (sygnał analogowy) do układu wejścia, ten zaś przetwarza sygnał analogowy na cyfrowy (A/C) i podaje wartość logiczną na wejście układu negocjacyjnego. Układ logiczny podejmuje decyzję (algebra Boole'a). Przetworzony sygnał D jest podawany w postaci logicznej na wyjście układu (E). Układ sterujący wykonuje otrzymaną komendę, np. zamknięcie okien w budynku (F).



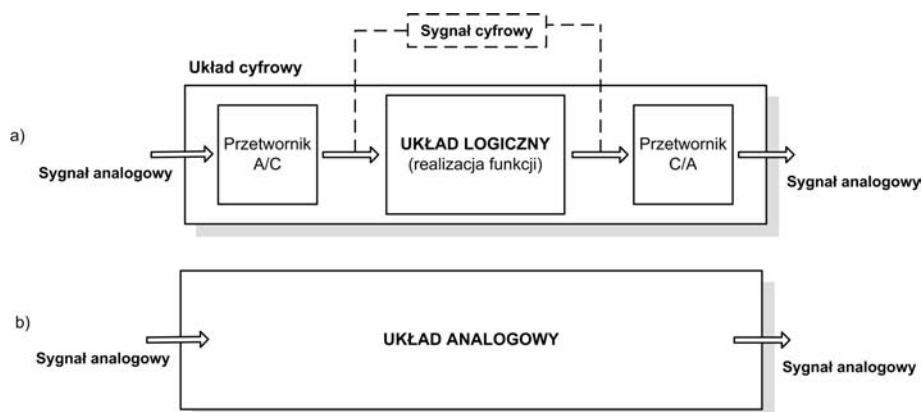
Rysunek 2.6. Przykładowy system z wykorzystaniem układu logicznego

Założmy, że układ logiczny realizuje funkcję *NOT*. Wartość 1 parametru C oznacza wykrycie opadów deszczu; analogicznie 0 określa ich brak. Układ decyzyjny otrzyma wartość 1, która na wyjściu będzie już wynosić 0. Zero dla układu sterującego oznacza podjęcie określonego działania.

Przełożmy ten przykład na system wykrywania pożaru. Czujnik odbiera sygnał o zadymieniu. Układ logiczny otrzymuje bit równy 0. Negocjuje wynik i podaje do układu sterującego wartość 1, która stanowi sygnał do zwolnienia blokady (uruchomienia) systemu gaśniczego.

Powyższe dwa przypadki są oczywiście niezmiernie proste, aczkolwiek wystarczające do pokazania możliwości zastosowania układów kombinacyjnych.

Na rysunku 2.7 zamieściłem poglądowy schemat przetwarzania sygnałów ciągłych w układach cyfrowych i analogowych. Informacja analogowa przed przetworzeniem w układzie logicznym musi zostać przetworzona na postać cyfrową (przetwornik A/C). Następnie poddawana jest właściwemu przetworzeniu i przywracana do postaci analogowej (przetwornik C/A).

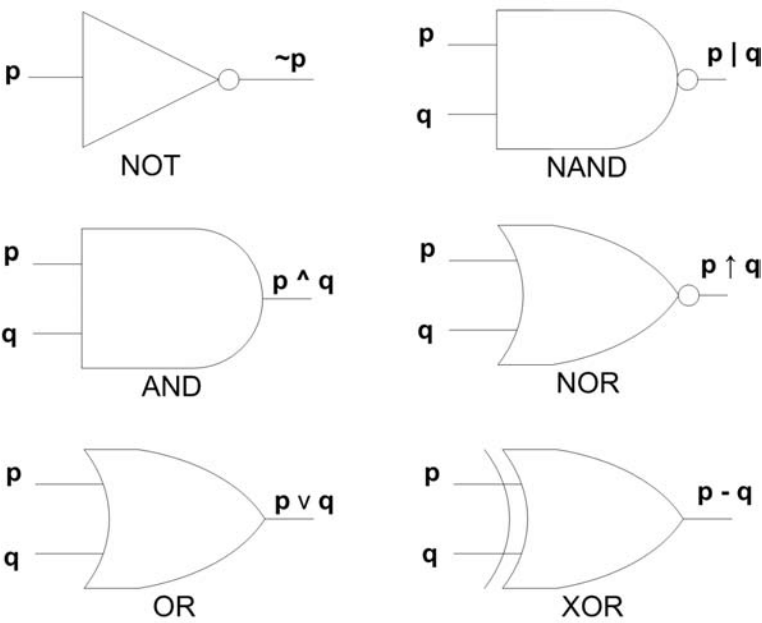


Rysunek 2.7. Schemat przetwarzania sygnału w układzie a) cyfrowym; b) analogowym

Układy cyfrowe są monolityczne i realizują jedną funkcję lub więcej. Opisuje się je za pomocą bramek logicznych. Zestawienie elementarnych symboli funkcyjnych zamieściłem na rysunku 2.8.

Rysunek 2.8.
*Symbole podstawowych
bramek logicznych*

**Symbol funkcyjnego
wg MIL-STD-806B**

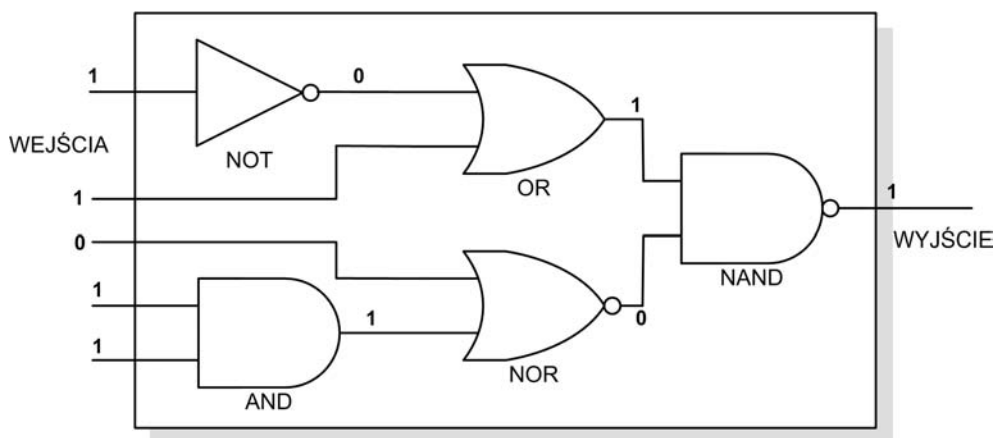


Każda bramka realizuje jakąś funkcję. Wynik operacji zależy od kombinacji danych wejściowych. Rezultaty działań ujęte są w tzw. tabeli prawdy dla bramki (zestawienie w tabeli 2.6).

Tabela 2.6. *Tabela prawdy dla podstawowych operacji logicznych*

p	q	NOT p	NOT q	p AND q	p OR q	p NAND q	p NOR q	p XOR q
0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1	0	0	0

Poniższy diagram (rysunek 2.9) to przykładowy układ logiczny zbudowany w oparciu o pięć bramek. Do układu dociera kombinacja pięciu różnych parametrów wejściowych. Na tej podstawie zostaje wynegocjowany stan logiczny na wyjściu układu.



Rysunek 2.9. Przykładowy układ cyfrowy

W tym rozdziale dowiedzieliście się, jakimi cechami charakteryzuje się sygnał analogowy i cyfrowy. Przytoczyłem także podstawowe informacje dotyczące przekształcania sygnału A/C.

Powinniście posiadać już umiejętność identyfikacji bitu (impulsu) oraz przeliczania liczb systemu dziesiętnego na dwójkowy.

Poznaliście podstawy algebry Boole'a, układów logicznych i techniki cyfrowej. Ta minimalna wiedza jest niezbędna do dalszego zgłębiania tajników systemu okablowania strukturalnego.

Wiecie już, że sieć może być przyczyną błędnego zinterpretowania stanu bitu. Jeżeli nadajnik wyśle wartość 0, a odbiornik zaklasyfikuje ją jako 1, powstanie błąd logiczny. W takim przypadku na wejściach układów cyfrowych pojawi się zafałszowany parametr sterujący. Skutkować to będzie złym wynikiem na wyjściu układu.

Projektując sieci teleinformatyczne, nie musicie być ekspertami z dziedziny budowy cyfrowych układów urządzeń elektronicznych. Nad tym pieczę mają inżynierowie pracujący przy budowie takowego sprzętu. Jednak nie jesteście całkowicie zwolnieni z posiadania elementarnej wiedzy w tej materii. Podczas pracy zawodowej będziecie mieli styczność z różnymi systemami. Może się zdarzyć, iż w sieci będą pracować urządzenia (maszyny) sterowane cyfrowo. Skutki wykonania błędnego polecenia (niezamierzonego przez operatora) mogą być tragiczne. Wcześniej wspomniałem o złym wyniku na wyjściu układu cyfrowego, który w naszym przykładzie może być komendą wejściową dla maszyny.

Oczywiście problem jest o wiele bardziej skomplikowany, a w dodatku można go rozwiązywać w oparciu o rachunek prawdopodobieństwa, wyliczając szansę wystąpienia akurat takiej kombinacji sygnałów, która będzie zgodna z jakimś poleceniem. W innym przypadku urządzenie powinno zgłosić błąd sterowania. Dywagacje teoretyczne warto odłożyć na bok. Wypadki z natury są niezamierzone. Często ich przyczyną jest splot różnych okoliczności.

Każda dodatkowa wiedza pozwala oddalić od systemu potencjalne zagrożenie dla środowiska pracy i przetwarzanych danych.

W dalszej części książki napiszę, jak zabezpieczyć urządzenia oraz system okablowania strukturalnego przed czynnikami wpływającymi negatywnie na jakość oraz spójność i ciągłość sygnału.

Kable miedziane

Kable miedziane dzielą się na dwie podstawowe grupy:

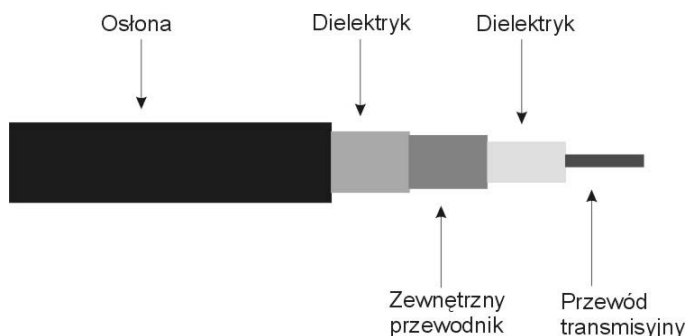
- ♦ kable koncentryczne,
- ♦ kable skręcane (czteroparowe lub wieloparowe).

Kable koncentryczne

Kable te praktycznie wyszły już z użycia w sieciach teleinformatycznych. Przedstawię jednak ich krótką charakterystykę ze względu na to, iż podczas prac administracyjnych gdzieś jeszcze możemy się na nie natknąć.

Jeśli staniemy oko w oko z siecią opartą na przewodach BNC, należy zastosować procedurę awaryjną — uciekamy! Oczywiście żartowałem. Ta archaiczna dziś technologia w przeszłości stanowiła podstawę większości sieci komputerowych. Z takim kablem możemy się jeszcze czasem spotkać w sieciach osiedlowych. Często za jego pomocą wykonywano „przerzutki” na sąsiedni blok. Z powodzeniem jest także stosowany w sieciach telewizji kablowych. Na rysunku 2.10 przedstawiam klasyczną budowę przewodu BNC.

Rysunek 2.10.
Kabel koncentryczny
— budowa



Przewód koncentryczny obsługuje dwie technologie Ethernet:

- ♦ 10Base-2 („cienki” Ethernet) — grubość kabla $\frac{1}{4}$ ”.
- ♦ 10Base-5 („gruby” Ethernet) — grubość przewodu $\frac{1}{2}$ ”.

Kabel koncentryczny ma impedancję falową o wartości 50Ω , dlatego też sztuczne obciążenie (terminator) zamykające magistralę także powinno mieć rezystancję 50Ω . Terminatory winny być też uziemione — do tego celu służą specjalne łańcuszki.

Sieci wykonywane przy wykorzystaniu kabla koncentrycznego funkcjonują w topologii magistrali. Stacje przyłączane są do sieci za pomocą trójnika. Jest to element, który ma trzy końcówki BNC. Jedną podłączamy do karty sieciowej, natomiast do drugiej i trzeciej podłączamy lewy i prawy segment sieci.

Kabel koncentryczny ma kilka podstawowych wad. Oto one:

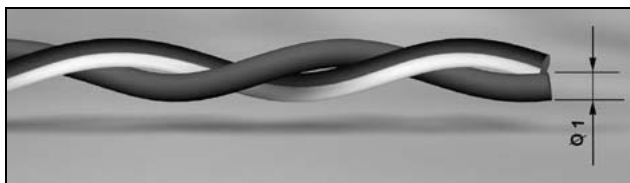
- ◆ Słaba skalowalność — jeżeli chcemy podłączyć nową stację, jesteśmy zmuszeni przeciąć segment, aby zaimplementować dodatkowy trójnik.
- ◆ Ograniczenie szybkości transmisji do 10 Mb/s.
- ◆ W przypadku uszkodzenia kabla zazwyczaj unieruchomiony jest cały segment (domena kolizji).

Pewną zaletą jest natomiast możliwość instalacji dość długich segmentów. W przypadku „cienkiego” Ethernetu jest to 185 m, a „grubego” — 500 m.

Kable UTP

Kable UTP (ang. *Unshielded Twisted Pair*) stanowią najpopularniejszy środek transmisji danych w sieciach LAN. Jak wcześniej wspomniałem, w wyniku standaryzacji tego typu przewody obsługują całą gamę systemów teleinformatycznych — są to kable uniwersalne. Najczęściej służą do budowy okablowania poziomego. Popularna skrętka zawdzięcza swą nazwę splotowi norweskiemu, w którym żyła nadrzędna i podrzędna skręcone są ze sobą wokół wspólnej osi (rysunek 2.11).

Rysunek 2.11.
*Splot dwóch żył kabla
UTP (Molex)*



Przewody UTP zostały sklasyfikowane według kategorii. W standardzie ISO podziału dokonano za pomocą liter (A, B, C, D, E, F), a standard EIA/TIA klasyfikuje wydajność przy użyciu cyfr (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). Więcej informacji o normach dotyczących kabli oraz całego systemu okablowania umieściłem w rozdziale poświęconym tej tematyce.

Pojęcia klasy i kategorii nie są równoznaczne. Pojęcie kategorii (np. 5., 6., 7.) odnosi się do pojedynczego elementu sieci pasywnego (kabla, gniazda, złącza, krosownicy itd.), natomiast klasa dotyczy całej sieci strukturalnej, która jest rozpatrywana pod względem wymogów aplikacji. Tak więc stosując elementy kategorii 5., możemy osiągnąć klasę D dla całego systemu, ale nie musimy. W „złej” wykonanej instalacji istnieje prawdopodobieństwo, iż nie osiągniemy wymogów norm dotyczących interesującej nas

klasy. Przyczyn takiego stanu rzeczy może być wiele, począwszy od złego projektu i doboru niskiej jakości elementów, a skończywszy na nieprecyzyjnym i wadliwym wykonaniu systemu okablowania.

Z uwagi na fakt, iż w środowisku inżynierskim powszechnie stosuje się nomenklaturę EIA/TIA, właśnie ona będzie nadawała ton dalszemu opisowi. Kategoria kabla określa jego parametry, a tym samym wydajność (tabela 2.7).

Tabela 2.7. Klasy kabli UTP

Kategoria		Opis	Przykładowy standard
ISO	EIA/TIA		
	1	Kabel przeznaczony do systemów telefonicznych. Nie wykorzystujemy go do transmisji danych.	
	2	Dwie pary przewodów; maksymalna częstotliwość 4 MHz (modem, głos).	PPP
	3	Maksymalna częstotliwość 10 MHz. Przewód składa się z czterech par skręconych ze sobą żył.	10Base-T
C	4	Cztery pary żył. Częstotliwość do 16 MHz.	
D	5	Cztery pary przewodów. Transmisja do 100 MHz.	100Base-TX
D+	5e	Ulepszona kategoria 5. Gwarantuje transmisję z szybkością 1000 Mb/s.	1000Base-T
E	6	Częstotliwość do 250 MHz.	1000Base-T
F	7	Częstotliwość do 600 MHz	1000Base-T

W celu zachowania przejrzystości postanowiłem w tym rozdziale wymienić tylko kategorie kabli skręconych. Szczegółowe opisy i parametry przewodów umieściłem w rozdziale poświęconym normom okablowania strukturalnego. Instytucje standaryzujące publikują biuletyny, na których podstawie producenci okablowania i sprzętu projektują swoje produkty. Innymi słowy, dokonując zakupu potrzebnych elementów, musimy zwrócić uwagę na ich kategorię, np. 5. według EIA/TIA. Decydując się na standard sieci LAN, automatycznie mamy określoną minimalną kategorię kabla UTP lub rodzaj światłowodu. Cała sztuka polega na tym, aby zastosować przewód obsługujący zarówno obecną technologię, jak i przyszłą. Najbezpieczniej będzie zapomnieć o posługiwaniu się przewodami kategorii niższej niż 6.! Zagwarantuje to bezpieczną migrację ze standardu 100Base-TX do 1000Base-T. Całkiem przyjemnie będzie wymienić tylko karty sieciowe i urządzenia aktywne, zamiast dodatkowo wrywać przewody ze ścian. Inwestorom z reguły zależy na redukcji kosztów, a projektanci i instalatorzy, gdy chcą być konkurencyjni na rynku, muszą również przestrzegać powyższej zasady — minimum stanowi kategoria 6. Zagwarantuje to spójność danych i integralność całego systemu.

Kładąc na szale wady i zalety stosowania przewodów UTP co najmniej kategorii 6., robimy to tylko w celach informacyjnych. Warto mieć świadomość, jakimi atutami (możliwościami) dysponujemy, a co nas ogranicza.

Oto zalety UTP kategorii 6.:

- ◆ Skrętka 5e jest stosunkowo ekonomicznym medium.
- ◆ Nie przysparza trudności podczas dołączania terminatorów (o ile umie się to poprawnie zrobić, co nie jest zbyt skomplikowane).
- ◆ Obsługuje wiele standardów sieciowych (Ethernet, ATM, FDDI).
- ◆ Umożliwia transmisję do 1000 Mb/s.

Do wad skrętki można zaliczyć:

- ◆ podatność na uszkodzenia mechaniczne, szczególnie na zgniecenie np. przez nieuwważną, aczkolwiek zgrabną panią sekretarkę,
- ◆ ograniczenie segmentu sieci do 100 m,
- ◆ słabą odporność na zakłócenia przewodów nieekranowanych.

Praktyczne podejście do przewodów UTP

Przewody skręcane dzielimy na ekranowane i nieekranowane. W zależności od tego, w jakim środowisku przyjdzie funkcjonować wdrażanej instalacji, wybieramy stosowny kabel.

Norma ISO/IEC 11801 w wydaniu drugim z 2002 roku reguluje zasady nazewnictwa kabli instalacyjnych. W tabeli 2.8 przedstawiam zestawienie nowej oraz starej nomenklatury. Pierwszy parametr określa ekranowanie między żyłami a izolacją, natomiast drugi dotyczy ekranu na pojedynczej parze (rysunek 2.12). Na rysunku 2.13 przedstawiłem porównanie czterech typów kabli instalacyjnych.

Rysunek 2.12.
*Nowe nazewnictwo
kablów instalacyjnych*

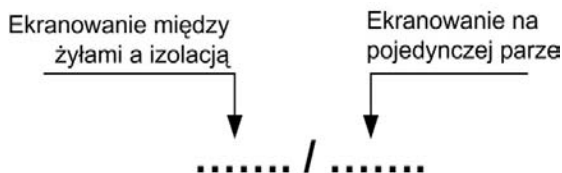
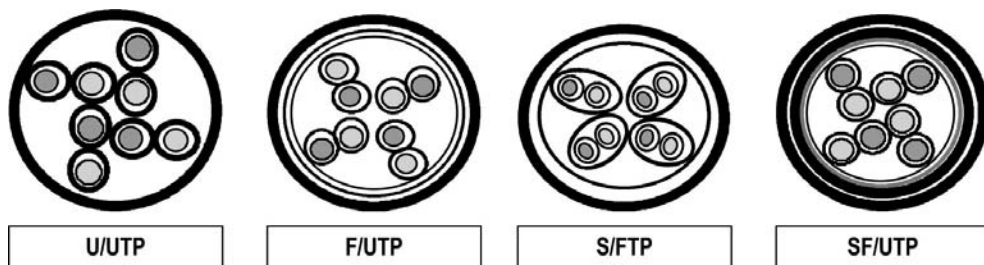


Tabela 2.8. *Nowe nazwy przewodów instalacyjnych*

Stara nazwa	Nowa nazwa	Kategoria kabla
UTP	U/UTP	5, 5e, 6
FTP, STP	F/UTP	5, 5e, 6
S-FTP, STP	SF/UTP	5, 5e, 6
S-STP	S/FTP	6, 7

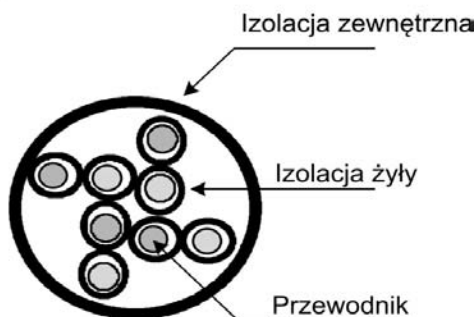


Rysunek 2.13. Porównanie kabli miedzianych

Zwykły kabel U/UTP składa się z czterech par przewodów umieszczonych we wspólnej izolacji (rysunek 2.14).

Rysunek 2.14.
Kabel typu U/UTP

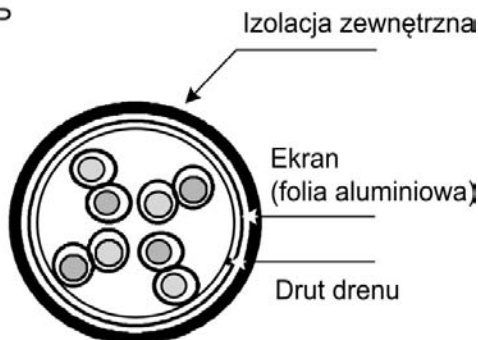
A) U/UTP



Skłętka F/UTP dodatkowo zabezpieczona jest folią aluminiową ekranującą (chroniącą) wszystkie żyły w kablu (rysunek 2.15).

Rysunek 2.15.
Kabel typu F/UTP

B) F/UTP

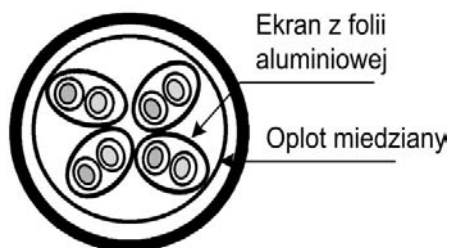


Skłętka S/FTP oprócz folii ekranującej poszczególne pary wyposażona jest dodatkowo w opłot miedziany, który znajduje się bezpośrednio pod izolacją zewnętrzną (rysunek 2.16).

Przewód SF/UTP chroni i ekranuje żyły kabla poprzez cztery warstwy: izolację zewnętrzną, folię ekranującą, opłot miedziany oraz folię poliestrową (rysunek 2.17).

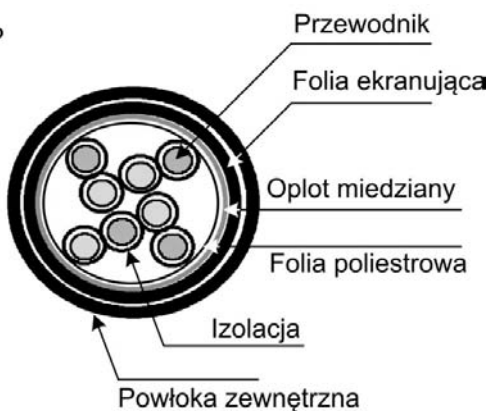
Rysunek 2.16.
Kabel typu S/FTP

C) S/FTP



Rysunek 2.17.
Kabel typu SF/UTP

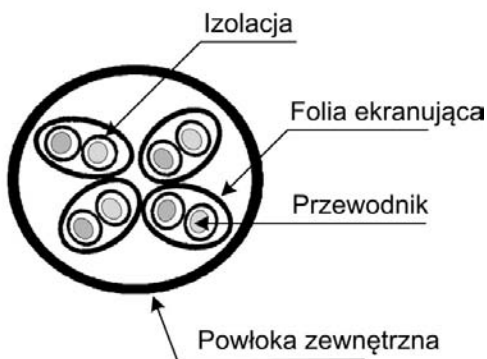
D) SF/UTP



Kabel U/FTP cechuje się osobnym ekranowaniem poszczególnych par (rysunek 2.18).

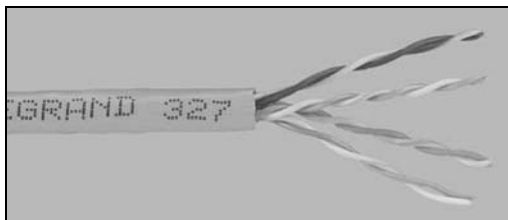
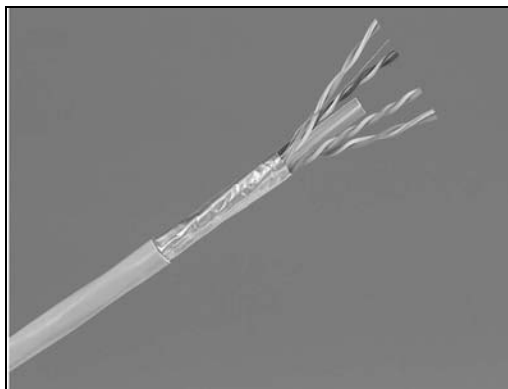
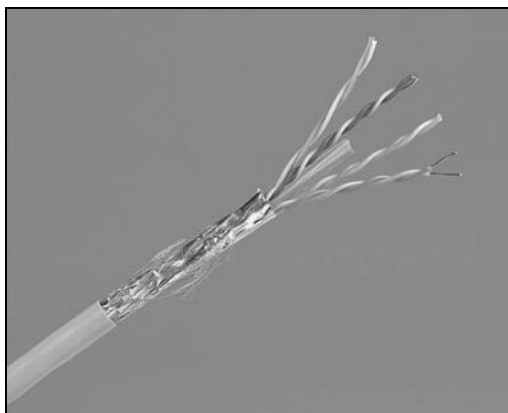
Rysunek 2.18.
Kabel typu U/FTP

E) U/FTP



Na rysunku 2.19 przedstawiam przewód U/UTP z widocznym oznaczeniem producenta i wyrażonej w metrach odległości od początku szpuli.

Na rysunku 2.20 doskonale widać ekran (folię) wychodzący spod zewnętrznej izolacji przewodu F/UTP. Analogiczną sytuację dla kabla SF/UTP można zobaczyć na rysunku 2.21.

Rysunek 2.19.*Kabel U/UTP**(Legrand)***Rysunek 2.20.***Kabel F/UTP**(Legrand)***Rysunek 2.21.***Kabel**SF/UTP(Legrand)*

Bardzo ważną kwestią jest sprawdzenie, czy kable są niepalne i wolne od halogenków (niewydzielające ich). Powłoki przewodów typu LS (ang. *Low Smoke*) wydzielają minimalną ilość dymu. Uzyskujemy przez to około 90% widoczności w trakcie pożaru. Ma to zasadnicze znaczenie podczas akcji ewakuacyjnej i ratowniczej, gdyż trakty komunikacyjne (droga ucieczki) są widoczne (niskie zadymienie). W przypadku powłoki z PVC widoczność ograniczona jest do 10%, co znacznie utrudnia poruszanie się w ciągach komunikacyjnych. Dodatkowo substancje wydzielane w trakcie spalania są szkodliwe dla organizmu. Wielkim zagrożeniem w przypadku PVC jest możliwość przeniesienia się pożaru na inne kondygnacje poprzez przepusty w stropach i ścianach. Tabela 2.9 to zestawienie popularnych kabli instalacyjnych uwzględniające rodzaj dostępnych powłok.

Tabela 2.9. Zestawienie popularnych kabli instalacyjnych

Typ kabla	Powłoka kabla	Popularne długości
Kat. 5e U/UTP	PVC i LS0H	500 m szpula, 305 m karton
Kat. 6 U/UTP	PVC i LS0H	500 m szpula
Kat. 6 U/FTP	LSFR0H	500 m szpula
Kat. 5e F/UTP	PVC i LS0H	500 m szpula, 305 m karton
Kat. 5e SF/UTP	PVC i LSFR0H	500 m szpula
Kat. 6 S/FTP	LS0H	500 m szpula
Kat. 7 S/FTP	LSFR0H	500 m szpula

Kable z powłoką LS0H spełniają wymagania ochrony przeciwpożarowej. Mogą — a w zasadzie powinny — być stosowane wewnątrz budynków. Wyróżniamy następujące powłoki typu LS: LS0H (ang. *Low Smoke Zero Halogen*) oraz LSFR0H (ang. *Low Smoke Fire-Resistant Zero Halogen*). Ten pierwszy rodzaj podczas spalania nie wydziela dymu ani trujących halogenków. Powłoka typu LSFR0H dodatkowo posiada właściwości samogasnące — po zniknięciu źródła ognia przewód przestaje się palić. Tabela 2.10 jest zestawieniem rodzajów powłok oraz norm, jakie powinny spełniać.

Tabela 2.10. Powłoki przewodów a normy

Powłoka	Norma
PVC	IEC 60332-1 (ang. <i>flame-retardant</i>)
	IEC 601034 (ang. <i>low smoke</i>)
	IEC 60332-1 (ang. <i>flame-retardant</i>)
LS0H	EC 60754-1 (ang. <i>halogen-free</i>)
	IEC 601034 (ang. <i>low smoke</i>)
	IEC 60332-3c (ang. <i>flame-retardant</i>)
LSFR0H	IEC 60754-1 (ang. <i>halogen-free</i>)

Dokonując zakupu kabla UTP, należy zwrócić uwagę na kilka niżej wymienionych elementów.

- ◆ **Parametry elektryczne:** rezystancja, np. podawana w Ω/km , oraz propagacja.
- ◆ **Parametry mechaniczne:** liczba par, średnica przewodnika, średnica przewodnika w izolacji, zewnętrzna średnica kabla, rodzaj powłoki, dopuszczalny promień zgięcia, waga wraz z opakowaniem.
- ◆ **Parametry transmisyjne:** NEXT, PS NEXT, FEXT, ELFEXT, ACR, Return Loss, częstotliwość kabla oraz maksymalne tłumienie.

Oto krótki opis parametrów transmisyjnych.

Return Loss to straty odbiciowe. Parametr ten definiuje stosunek mocy sygnału wprowadzanego do medium (toru) transmisyjnego do mocy sygnału odbitego. Sygnał odbity (echo) powstaje na skutek niedopasowania impedancji lub nieregularności w łączy (wady wtyczek i gniazd). Jest to bardzo ważny parametr, który określa poziom szkodliwej fali zwrotnej.

ACR (ang. *Attenuation to Crosstalk Ratio*) to parametr wyliczany, który pośrednio określa jakość kabla. Jeżeli ACR jest mniejsze od 0, odbiornik zinterpretuje szum jako sygnał użyteczny. Transmisja nie zostanie zdekodowana.

Częstotliwość kabla (ang. *frequency*) to parametr wyrażany w MHz.

Maksymalne tłumienie (ang. *max. attenuation*) — wartość wyrażana w dB/100 m.

NEXT (ang. *Near-End Crosstalk*) jest to przesłuch zbliżony między dwoma parami skrętek znajdującymi się w tym samym kablu. Określa on różnicę mocy sygnału nadawanego w parze zakłócającej i sygnału powstałego w parze zakłócanej. Pomiar NEXT jest dokonywany po stronie nadajnika w torze transmisyjnym. Parametr ten mierzony jest w decybelach (dB).

PS NEXT (ang. *Power Sum NEXT*) to parametr określający przesłuch NEXT skumulowany (indukowany) w jednej parze, odzwierciedlający wpływ na nią sumy sygnału trzech pozostałych par skrętek.

FEXT (ang. *Far-End Crosstalk*) to przesłuch zdalny. Pomiaru tego parametru dokonuje się na końcu linii transmisyjnej, przy odbiorniku. Jego wartość jest zależna od tłumienia — długości toru.

ELFEXT (ang. *Equal-Level Far End Crosstalk*) to różnica między wartością FEXT a wartością tłumienia dla określonego toru transmisyjnego. Nie zależy od długości linii.

Nierozerwalnie z kablami UTP wiążą się terminy sekwencji i polaryzacji. Sekwencja oznacza porządek żył kabla, a polaryzacja definiuje kształt gniazd i wtyczek. Więcej informacji na ten temat znajduje się w rozdziale 3.



Uziemienie przewodów ekranowanych jest niezbędnym warunkiem skutecznego wykonania okablowania F/UTP. Ekran kabla wychwytuje wszelkie zakłócenia napływające z zewnątrz. W przypadku braku uziemienia nie odprowadzi ich do potencjału (ziemi). Nieprawidłowe uziemienie będzie źródłem prądu wyrównawczego, który popłynie przez ekran. Wtedy wydajność kabla F/UTP może spaść poniżej poziomu przewodu U/UTP. Dlatego też wymagana jest częsta konserwacja punktów uziemienia (dla sygnału cyfrowego są to maksymalnie trzy punkty na jedną linię transmisyjną), gdyż na łączach mechanicznych może wystąpić zjawisko korozji galwanicznej (w miejscach połączenia różnych metali).

Światłowody

Gratuluję zainteresowania tym niezmiernie ciekawym i wdzięcznym medium. Światłowody (ang. *Fiber Optic Cable*) stanowią przyszłość teleinformatyki i nikt nie neguje konieczności migracji w tym kierunku. Być może wkrótce kable światłowodowe zastąpią większość kabli miedzianych w infrastrukturach informatycznych.

Dlaczego światłowód? Do najczęściej wymienianych powodów możemy zaliczyć:

- ◆ dużą przepustowość;
- ◆ odporność na zakłócenia (elektromagnetyczne);
- ◆ bezpieczeństwo sygnału (stosunkowo trudno „podслуhać” dane przesyłane światłowodem);
- ◆ większą długość segmentów sieci (lub odległość między wzmacniaczami); jest to wynikiem dużo niższego poziomu tłumienia w porównaniu z kablami UTP;
- ◆ bezpieczeństwo przyszłego rozwoju sieci;
- ◆ obsługę wielu technologii transmisji;
- ◆ brak iskrzeń i zwarć;
- ◆ niezawodność;
- ◆ relatywnie małe wymiary i masę;
- ◆ skalowalność.

W tabeli 2.11 zawarłem typowe długości linii transmisyjnych w zależności od zastosowanego medium bez konieczności wzmacniania sygnału. Zestawione wartości są odbiciem zaleceń instalacyjnych firmy Molex Premise Networks®.

Tabela 2.11. *Odległości między wzmacniaczami*

Medium	Odległość bez wzmacniania sygnału
Przewód miedziany	1,1 km
Kabel światłowodowy MM (850 nm)	12 – 15 km
Kabel światłowodowy MM (1300 nm)	25 – 35 km
Kabel światłowodowy SM (1310 nm)	50 – 80 km
Kabel światłowodowy SM (1550 nm)	150 – 2500 km

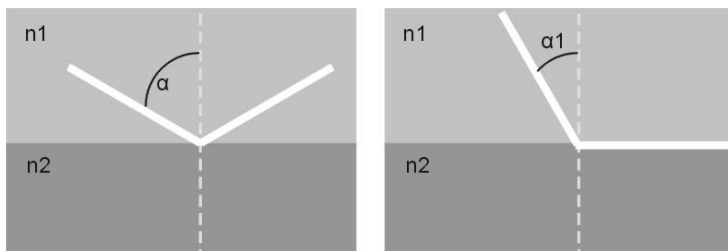
Żeby zrozumieć sens i zasadę działania owego medium, musimy przypomnieć sobie kilka podstawowych praw fizyki.

Jak wiadomo, włókna kabli światłowodowych przenoszą wyższe częstotliwości spektrum elektromagnetycznego, czyli światło. Stąd pochodzi ich nazwa — kable światłowodowe. Dzięki temu zapewniana jest największa szybkość transmisji. Odbywa się ona za pomocą „sygnału świetlnego”, który propagowany jest we włóknach światłowodu. Jednak zanim trafi on do takiego kanału, musi zostać zamieniony z postaci elektrycznej

w impuls świetlny. Dokonuje tego nadajnik (ang. *optical transmitter*). Po dotarciu do celu impuls jest odbierany przez odbiornik (ang. *optical receiver*) i przekształcany na sygnał elektryczny.

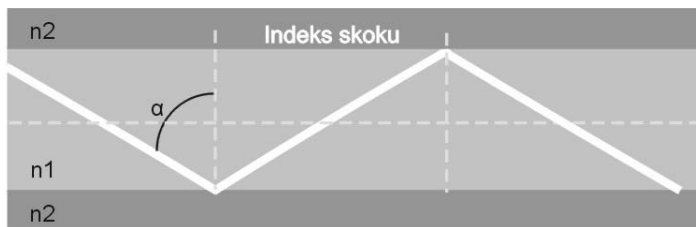
Propagacja sygnału (rozchodzenie się) oparta jest na prawie załamania (odbicia). Zjawisko całkowitego odbicia wewnętrznego stanowi klucz do zrozumienia zasady działania światłowodu. Polega ono na całkowitym (wewnętrznym dla włókna) odbiciu promienia świetlnego. Jest to możliwe przy zastosowaniu odpowiedniego kąta α „wejścia” impulsu do włókna. Zjawisko odbicia zachodzi na granicy dwóch środowisk o różnym współczynniku załamania n (rysunek 2.22).

Rysunek 2.22.
Zjawisko odbicia



Proces transmisji przez światłowód rozpoczyna się od prawidłowego „wstrzelenia” impulsu (pod odpowiednim kątem). Następnie promień „wędruje” aż do napotkania na swojej drodze środowiska o innym współczynniku załamania (płaszcz włókna, n_2). Odbija się od niego i pokonuje drogę wewnątrz włókna aż do napotkania ponownie innego środowiska. Cała transmisja polega na nieustannym (wewnętrznym) odbijaniu się impulsu, dopóki nie osiągnie on celu (rysunek 2.23).

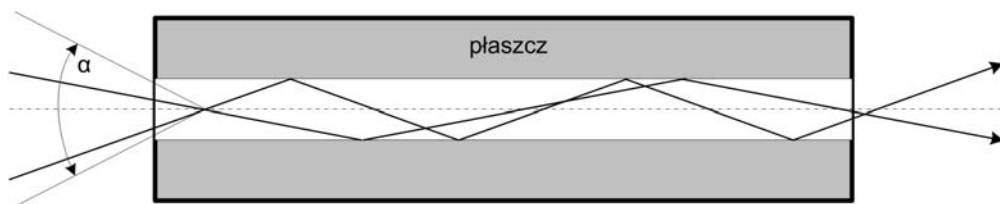
Rysunek 2.23.
Zasada działania światłowodu



Kąt krytyczny α jest minimalnym kątem między nakreśloną linią prostą do powierzchni ośrodka a promieniem padającym, przy którym zachodzi jeszcze zjawisko całkowitego odbicia — jest to apertura numeryczna.

Indeks skoku (kroku) określa długość odcinka światłowodu, jaką przebywa impuls bez odbicia wewnętrznego.

Rysunek 2.24 to ilustracja zasady działania światłowodu wielomodowego. Parametr α określa maksymalny kąt, pod którym można wprowadzić światło przy jednoczesnym zachowaniu całkowitego odbicia wewnętrznego. Po przekroczeniu tej wartości włókno nie spełni swojej roli. Nastąpi zjawisko nazywane w fizyce odbiciem, czyli nagłą zmianą kierunku rozchodzenia się fali na granicy dwóch ośrodków, tak iż pozostaje ona wewnątrz ośrodka (włókna), w którym się rozchodzi. Światłowody często nazywane są falowodami.



Rysunek 2.24. Zasada działania włókna wielomodowego

Najważniejszym elementem systemu światłowodowej transmisji danych jest źródło sygnału (światła). W systemach falowodowych najczęściej wykorzystuje się diody laserowe (ang. *Laser Diode* — *LD*) oraz diody elektroluminescencyjne (ang. *Light Emitted Diode* — *LED*). Spośród tej drugiej grupy praktycznie stosowane są trzy rodzaje diod: powierzchniowa, krawędziowa oraz superluminescencyjna.

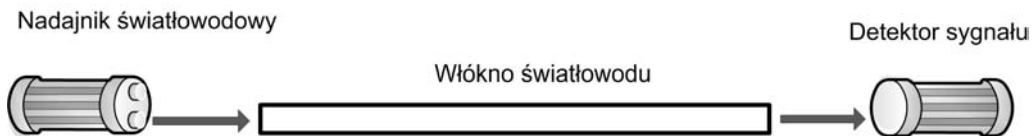
W podstawowej komunikacji optycznej powszechnie wykorzystuje się niewidzialne promieniowanie fal podczerwieni (IR). Zakres ten znajduje się bezpośrednio poniżej częstotliwości światła widzialnego. Są to kolejne okna optyczne:

- ◆ I okno: 850 nm,
- ◆ II okno: 1310 nm,
- ◆ III okno: 1550 nm,
- ◆ IV okno: 1625 nm.

Światło widzialne o długości od 770 nm (czerwone) do 330 nm (niebieskie) nie jest wykorzystywane ze względu na łatwość interferencji z widmem promieniowania słonecznego.

Wprowadzając sygnał do światłowodu, należy upewnić się, czy połączenie (styk) źródła z włóknem umożliwia całkowite wewnętrzne odbicie światła (apertura numeryczna).

W transmisji światłowodowej oprócz generatora optycznego i medium niezbędny jest także detektor sygnału (światła). Jako fotodetektor standardowo stosuje się fotodiodę PIN (ang. *Positive Intrinsic Negative*) lub fotodiodę lawinową APD (ang. *Avalanche Photodiode*). Rysunek 2.25 stanowi ilustrację zasady działania transmisji światłowodowej w oparciu o te trzy podstawowe elementy.



Rysunek 2.25. Układ nadawczo-odbiorczy w systemie komunikacji światłowodowej

Największym problemem związanym z kablami światłowodowymi jest zjawisko dyspersji. Mówiąc w poważnym uproszczeniu, polega ono na zniekształceniu (spłaszczeniu) sygnału na wyjściu światłowodu. Powoduje to ograniczenie długości segmentu w technologii Ethernet do 5 km — technologia 100Base-LX (Full-Duplex). Wyróżniamy trzy rodzaje dyspersji.

- ♦ Dyspersja modowa — przyczyną jej powstawania jest różnica w kątach, pod jakimi wprowadzamy impuls do włókna, przez co światło pokonuje różną drogę w rdzeniu i zmienia się czas jego przejścia.
- ♦ Dyspersja chromatyczna — światło jest falą; jeżeli do jego wygenerowania używamy np. diody LED (a nie monochromatycznego źródła światła), może zajść zjawisko poszerzenia sygnału. Światło o różnej długości fali przebędzie włókno z różną prędkością.
- ♦ Dyspersja falowodowa — wynika ona z niecałkowitego odbicia wewnętrznego. Część fali przenika wówczas do osłony włókna światłowodowego.

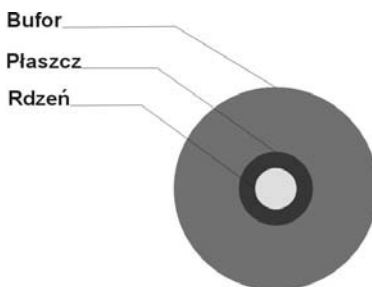
Budowa światłowodu

Wiemy już, że światłowody wykorzystują zjawisko całkowitego odbicia wewnętrznego. Jesteśmy także świadomi tego, iż sygnałem jest fala (impuls świetlny). Te dwie elementarne informacje otwierają drogę do teorii światłowodów.

Kabel światłowodowy ma kształt najczęściej cylindryczny (owalny). Zwany jest czasami falowodem — oczywiście nazwa ta jest w pełni uzasadniona. Połączenie światłowodowe ustanawiane jest za pomocą dwóch włókien: jedno służy do nadawania, a drugie — do odbierania. W związku z tym każdy przewód musi zawierać co najmniej dwa włókna, jednak ze względów praktycznych najczęściej stosuje się przewody wielowłóknowe. Są one pokrywane płaszczem (osłonką), a dodatkowo wszystkie pojedyncze włókna są „zapakowane” w jedną tubę — razem tworzy to jeden przewód.

Samo włókno składa się z trzech głównych elementów: płaszcza, rdzenia i bufora (rysunek 2.26). Rdzeń stanowi właściwe środowisko dla biegu światła. Na granicy dwóch ośrodków (rdzeń-płaszcz) zachodzi zjawisko odbicia promienia. Płaszcz ma niższy współczynnik załamania światła niż rdzeń. Rola bufora ogranicza się do zapewnienia fizycznego bezpieczeństwa włókna oraz nadania mu lekkiej elastyczności.

Rysunek 2.26.
Budowa światłowodu



Promień świetlny wstrzelony do rdzenia pod odpowiednim kątem nazywany jest modem światłowodowym. Źródłem światła mogą być diody LED lub laserowe. Jako detektory (odbiorniki) stosuje się fotodiody półprzewodnikowe, które zamieniają sygnał świetlny na elektryczny.

Włókno światłowodowe najczęściej wykonuje się z:

- ♦ dwutlenku krzemu (SiO_2) — kwarcu;
- ♦ plastiku;
- ♦ polimetakrylanu akrylu (PMMA);
- ♦ polistyrenu (PS);
- ♦ poliwęglanu (PC).

Warstwy ochronne włókien wykonuje się z polichlorku winylu (PVC) lub polietylenu (PE).

Klasyfikacja światłowodów

W praktyce można wyróżnić dwa podziały kabli światłowodowych:

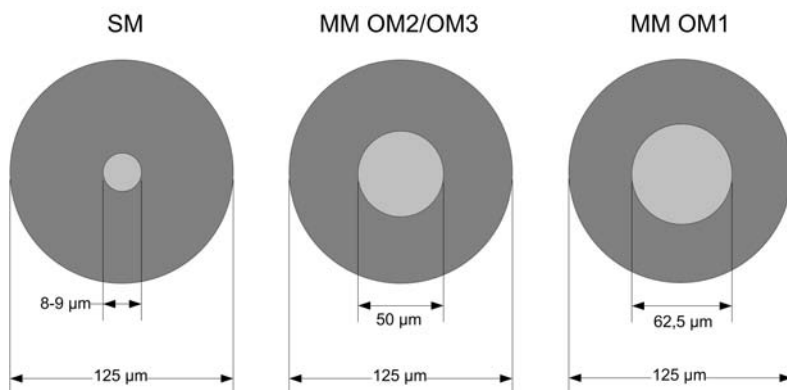
- ♦ ze względu na liczbę modów (jednomodowe i wielomodowe);
- ♦ ze względu na rodzaj tuby (osłony zewnętrznej przewodu).

Oba powyższe podziały są niezależne i stosowane na różnych etapach projektowania.

Światłowod jednomodowy (ang. *Single Mode* — *SM*), jak sama nazwa wskazuje, przystosowany jest do przesyłania w rdzeniu pojedynczego modu (promienia). Średnica rdzenia zawiera się w wąskim przedziale 8 – 9 μm , natomiast sam przewód ma standardową średnicę 125 μm (rysunek 2.27).

Rysunek 2.27.

Porównanie konstrukcji światłowodu jednomodowego i wielomodowego



Oto zalety światłowodu jednomodowego:

- ♦ Przesyłanie jednego modu ogranicza zjawisko dyspersji.
- ♦ Pozwala on na tworzenie bardzo długich odcinków bez wzmacniania sygnału (nawet do 150 km).
- ♦ Posiada szerokie pasmo przenoszenia i niską tłumienność.

Światłowody wielomodowe (ang. *Multi Mode* — *MM*) przeznaczone są do wprowadzania światła pod różnymi kątami, dlatego też rdzeń włókna ma zwiększoną średnicę: 50, 62,5 lub 100 μm . Najpopularniejsze są światłowody 62,5/125 μm , gdzie 125 określa średnicę płaszcza (rysunek 2.27). Najczęściej wykorzystywanymi światłowodami wielomodowymi są włókna gradientowe. Dzięki zastosowaniu specjalnych domieszek uzyskano w nich optymalne warunki transmisji (współczynnik załamania).

Konstrukcja wielomodowa pozwala na przesyłanie kilku pakietów danych — wiązek światła (rysunek 2.28). W wyniku takiej funkcjonalności łączna przepustowość traktu znacznie wzrasta, jednak nie odbywa się to bez poniesienia dodatkowych kosztów. Przesyłanie kilku promieni (modów) jednocześnie przyczynia się w dużym stopniu do rozmycia impulsu na wyjściu. Jest to główna przyczyna ograniczenia odległości, na jaką można przesyłać dane w takim światłowodzie.



Rysunek 2.28. Dwa rodzaje włókien: a) jednomodowe, b) wielomodowe

W celu zgłębienia tajników optycznej transmisji danych należy odwołać się do dyscypliny szczegółowej, jaką jest optyka telekomunikacyjna. Dla naszych potrzeb wystarczająca jest wiedza z zakresu podstawowej budowy światłowodu oraz „wpuszczania” impulsu do włókna.

W tabeli 2.12 zawarłem zestawienie kategorii włókien światłowodowych przy uwzględnieniu ich rodzaju oraz źródła światła.

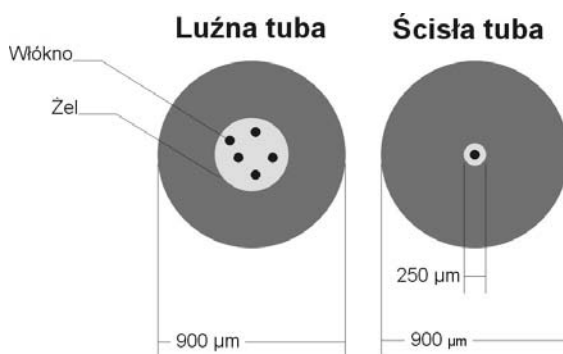
Kable w luźnej tubie (ang. *Loose Tube Cable*) konstrukcyjnie charakteryzują się zawartością żelu wewnątrz tuby okalającej włókna (rysunek 2.29). Zabieg ten chroni światłowód przed naprężeniami, wilgocią oraz wahaniami temperatur. Kable te stosuje się zazwyczaj na zewnątrz budynków z uwagi na ich lepszą odporność na działanie warunków atmosferycznych — szczególnie chodzi o zjawisko wydłużania i skracania kabla w wyniku oddziaływania temperatury bez negatywnego wpływu na włókna.

Tabela 2.12. *Klasyfikacja włókien światłowodowych*

Kategoria włókna	Rodzaj włókna
Wielomodowe	
OM1	62,5/125 μm
OM1 PLUS	62,5/125 μm optymalizowany pod laser
OM2	50/125 μm
OM2 PLUS	50/125 μm optymalizowany pod laser
OM3	50/125 μm optymalizowany pod laser
OM3 PLUS	50/125 μm optymalizowany pod laser (światło VCSEL)
Jednomodowe	
OS1	9/125 μm

Rysunek 2.29.

*Kable o konstrukcji
luźnej i ścisłej tuby*



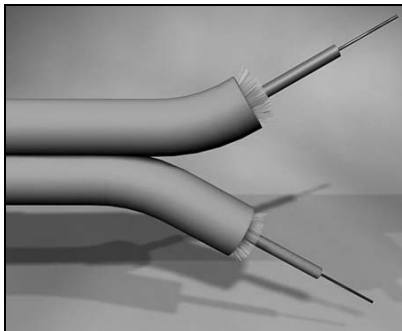
Kable światłowodowe o konstrukcji ścisłej tuby (ang. *Tight Buffered Cable*) stosuje się wewnątrz budynków. Z uwagi na ten fakt powinny one ściśle spełniać normy przeciwpożarowe dotyczące palności i wydzielania dymu — muszą uzyskać status LSZH (ang. *Low Smoke Zero Halogen*). Bezpośrednio na takim kablu zakłada się złącza światłowodowe (ST, SC i inne). Aby zakończyć włókno w kablu o luźnej tubie, należy najpierw wykorzystać zestaw przejściowy luźna/ścisła tuba, a następnie przystąpić do montowania końcówki.

Kable występują także w wersjach SIMPLEX (pojedynczej) i DUPLEX (podwójnej) — najczęściej są to przewody o konstrukcji ścisłej tuby wykorzystywane w kablach krosowych (rysunek 2.30). Rzeczywisty wygląd kabla o konstrukcji DUPLEX można zobaczyć na rysunku 2.31, natomiast na rysunku 2.32 przedstawiam światłowód dwunastowłóknowy ogólnego zastosowania. Jak widać na rysunku 2.33, budowa kabla sześciowłóknowego jest bardzo podobna do konstrukcji przewodów o większej liczbie włókien.

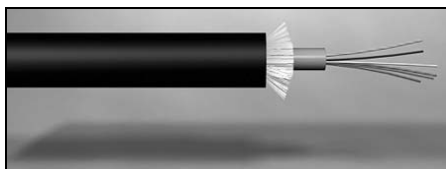
Rysunek 2.30.
Duplex i Simplex



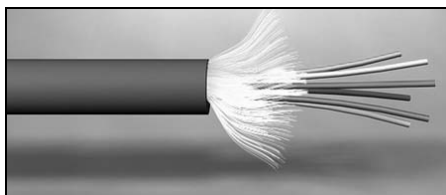
Rysunek 2.31.
*Kabel światłowodowy
MM OM1 62,5/125
Duplex-Zipcord
(Molex)*



Rysunek 2.32.
*Dwunastowłóknowy
światłowodowy kabel
ogólnego stosowania
MM 62,5/125, LSZH,
luźna tuba (Molex)*



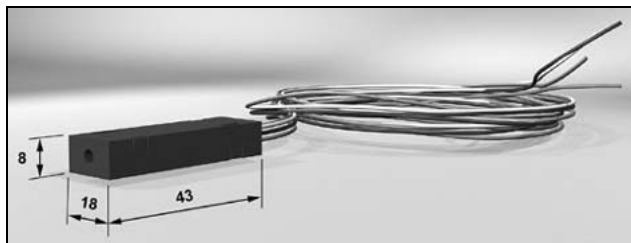
Rysunek 2.33.
*Sześciorówkowy
wewn./zewn. kabel
światłowodowy SM
9/125, ścisła tuba
(Molex)*



W powyższych rysunkach nie zostały zachowane proporcje. Jest to zabieg celowy mający ułatwić zrozumienie obrazowanego pojęcia.

Podstawowym elementem uzupełniającym linie światłowodowe jest zestaw pozwalający połączyć przewody o konstrukcji luźnej tuby z przewodami z tubą ścisłą (rysunek 2.34).

Rysunek 2.34.
*Zestaw przejściowy
światłowodu luźna
tuba/ścisła tuba,
6 włókien (Molex)*



Sposoby łączenia włókien

Włókna łączymy na trzy sposoby. Możemy je spawać, kleić oraz skorzystać ze złączek mechanicznych. Spośród tych trzech metod najlepszą, a zarazem i najdroższą (głównie z powodu kosztu spawarki) jest spawanie włókien. Stosując to rozwiązanie, uzyskamy najwyższą klasę połączenia. Łączenie mechaniczne jest bardzo proste i szybkie, ale znacząco wpływa na pogorszenie parametrów łącza: podwyższa wartość parametru *Insertion Loss* i obniża *Return Loss*. Zastosowanie tego rozwiązania dotyczy głównie światłowodów z włóknami wielomodowymi. Przy kablach optycznych jednomodowych raczej nie należy korzystać z połączeń mechanicznych ze względu na jakość uzyskiwanego łącza.

W celu zakończenia włókna metodą spawania wykorzystuje się złączki typu „pigtail” (rysunek 2.35). Są to krótkie odcinki włókien światłowodowych zakończonych fabrycznie z jednej strony złączem. Dodatkowo stosuje się specjalne osłonki (rysunek 2.36), które nasuwa się na kabel w celu zabezpieczenia miejsca spawu. Rozwiązaniem alternatywnym wobec spawania jest klejenie włókna.

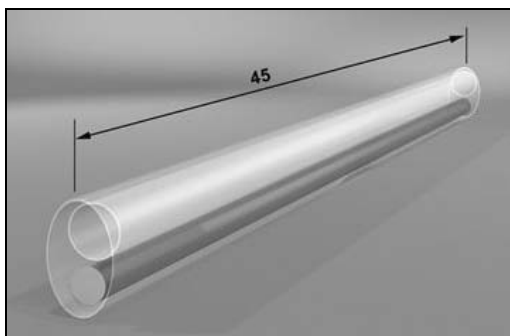
Rysunek 2.35.

*Zestaw pigtaili
(Ortronics)*



Rysunek 2.36.

*Osłonka na spaw
45 mm (Molex)*



Zastosowanie złączki mechanicznej polega na ręcznym osadzeniu włókien w dwóch końcówkach złącza i precyzyjnym skręceniu ich (rysunek 2.37).

Rysunek 2.37.

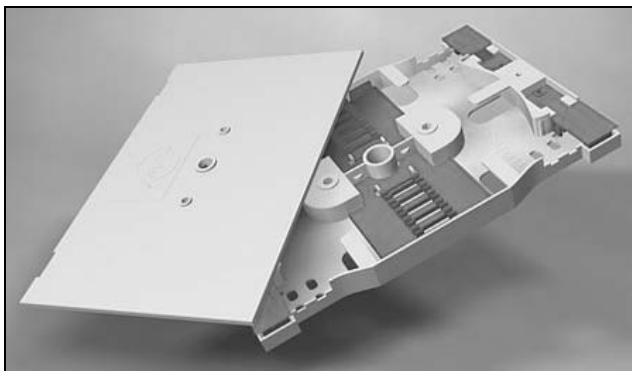
*Złączka mechaniczna
Ultrasplice (Molex)*



Złączki i spawy można układać w specjalnych kasetach światłowodowych (rysunek 2.38) w celu zapewnienia im dodatkowego bezpieczeństwa fizycznego oraz nadania poręczności łączom. Aby natomiast zabezpieczyć samo złącze, zakłada się na nie odpowiadający mu rodzaj zaślepki (rysunek 2.39).

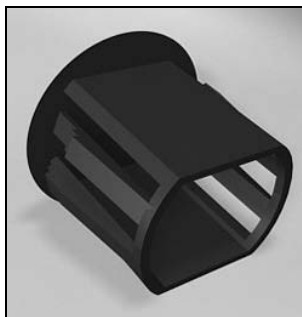
Rysunek 2.38.

*Uniwersalna kaseta
na złącza i spawy
światłowodowe
(Molex)*



Rysunek 2.39.

Zaślepka ST (Molex)



Złączka mechaniczna pozwala na połączenie w bardzo precyzyjny sposób dwóch włókien wielomodowych o buforach z zakresu od 250 do 900 μm .

Jakość połączenia uzyskanego przy użyciu metody klejenia włókien w złączu światłowodowym w dużej mierze zależy od dokładności wyszlifowania czoła włókna przez instalatora. Niektóre firmy posiadają w swojej ofercie złącza światłowodowe z już wyszlifowanymi czołami. Zadaniem instalatora jest w tym przypadku wprowadzenie włókna do złącza jak najbliżej znajdującego się w nim czoła.



Przyczynami strat na łączach są (rysunek 2.40):

- ♦ niezachowanie współosiowości włókien,
- ♦ zjawisko odbicia światła w szczelinie powietrznej,
- ♦ niepoprawne dopasowanie pola (przekroju).

Z uwagi na powyższe fakty należy wykazać się wielką starannością przy łączeniu włókien.

a) szczelina między włóknami



b) błąd współosiowości



c) różnice w średnicy włókien



d) złe cięcie włókna



Rysunek 2.40. Błędy popełniane przy łączeniu włókien

Firma Legrand Polska mocno akcentuje zalety stosowania fabrycznie zakończonych włókien światłowodów. Szpula (rysunek 2.41) z wiązkami (6 lub 12 włókien) dostarczana jest wraz z wypełnionym arkuszem wyników testu (rysunek 2.42). Długość wiązek wynosi od 20 do 200 metrów.

Rysunek 2.41.
Szpula z fabrycznie zakończonym światłowodem (Legrand)



Rysunek 2.42.
Arkusz z wynikami pomiarów (Legrand)

Fiche de test				
Référence interne	4320027 0.5M			
Description	EPANAUDEUM MPO/ST			
Fibre	62,5 / 125 µm			
Tracabilité	1004	100	12	
Connecteur	ST ☒	SC ☐	MTRJ ☐	
Perte d'insertion * en dB				
1 Fibre bleue	0,22			
2 Fibre orange	0,45			
3 Fibre verte	0,20			
4 Fibre marron	0,30			
5 Fibre grise	0,35			
6 Fibre blanche	0,47			
7 Fibre rouge				
8 Fibre noire				
9 Fibre jaune				
10 Fibre violette				
11 Fibre rose				
12 Fibre bleue claire				
* mesuré à 850 nm				

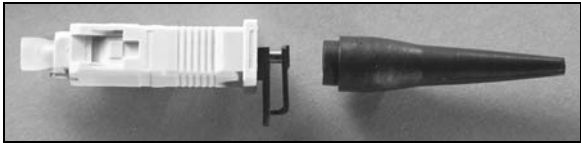
N0064DC3/00

Złącza światłowodowe (optyczne)

Do najbardziej popularnych złączy światłowodowych należą interfejsy:

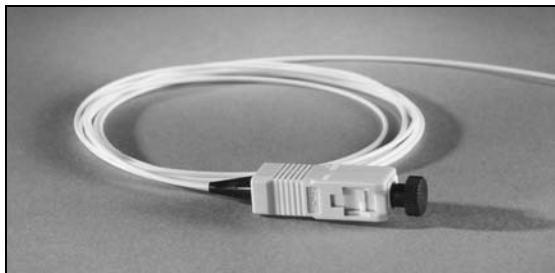
- ♦ SC (rysunki 2.43 i 2.44);

Rysunek 2.43.
Złącze SC (Ortronics)



Rysunek 2.44.

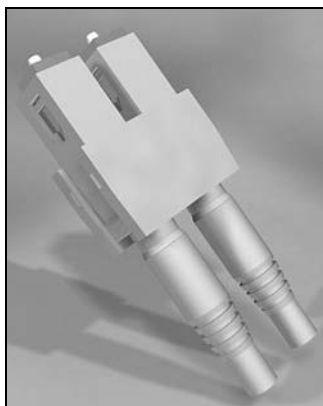
*Złącze SC Ortronics
z osadzonym włóknem*



◆ Duplex-SC, zalecane przy nowych instalacjach (rysunek 2.45);

Rysunek 2.45.

*Złącze SC MM Duplex
(Molex)*



◆ ST (rysunek 2.46);

Rysunek 2.46.

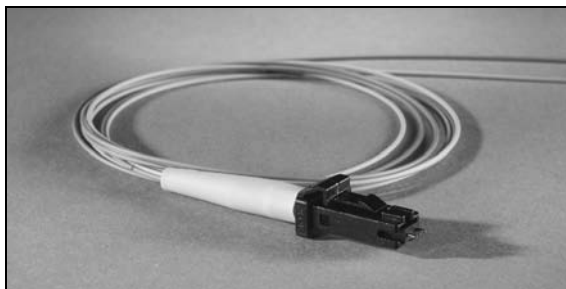
Złącze ST (Ortronics)



◆ MTRJ (rysunek 2.47);

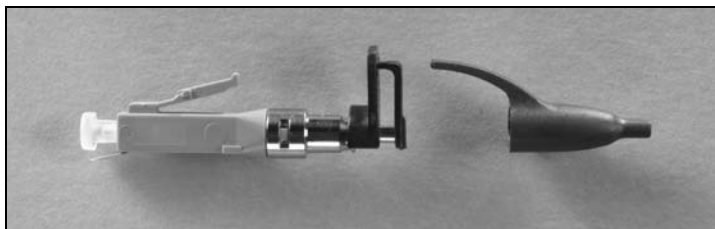
Rysunek 2.47.

*Złącze typu MTRJ
(Ortronics)*



◆ LC (rysunek 2.48), Mini LC;

Rysunek 2.48.
Złącze typu LC
(Ortronics)



♦ FC (rysunek 2.49);

Rysunek 2.49.
Złącze typu FC
(Ortronics)



♦ E-2000, Mini E-2000;

♦ FDDI.

Czoło włókna światłowodowego może być polerowane na dwa sposoby o nazwach APC i PC. Ta druga metoda charakteryzuje się kątem prostym polerowanego czoła (ang. *Physical Contact* — PC), natomiast w metodzie APC czoło włókna polerowane jest pod kątem 7 – 8 stopni. Dzięki temu zabiegowi uzyskuje się mniejszą tłumienność niż w złączu typu PC.

Przy instalacjach pojedynczych złączy SC i ST należy zwrócić uwagę, aby nie pomylić włókien nadawczych i odbiorczych. W ofercie producentów okablowania możemy także znaleźć akcesoria zabezpieczające złącza światłowodowe przed zanieczyszczeniami osadzającymi się na włóknach.



Uwaga

Decydując się na standard Ethernet, mamy już narzucony rodzaj medium (wielomodowy lub jednomodowy światłowód albo też kabel UTP), jednak podczas doboru konstrukcji musimy sami wykazać się rozważą. W normach nie jest np. ujęte, czy włókna mają być w luźnej tubie. Należy poważnie rozważyć fakt, iż to na barkach projektanta spoczywa odpowiedzialność za dobranie fizycznych parametrów kabla.

Oto przykładowe standardy transmisji światłowodowej:

- ♦ 100Base-FX (802.3u) — 100 Mb/s;
- ♦ 1000Base-LX (802.3z) — 1000 Mb/s;
- ♦ 1000Base-SX (802.3z) — 1000 Mb/s;
- ♦ 10 Gb/s Ethernet (802.3ae) — 10000 Mb/s;
- ♦ FDDI (ang. *Fiber Distributed Data Interface*) — 100 Mb/s;
- ♦ ATM (ang. *Asynchronous Transfer Mode*) — najczęściej 155 lub 622 Mb/s.



Uwaga

Ile razy można spojrzeć w światłowód?

Tylko dwa...

...raz lewym okiem, a drugi raz prawym.

Warto pamiętać o podstawowych zasadach bezpieczeństwa szczególnie wtedy, gdy źródłem impulsu jest dioda laserowa. Ludzka źrenica jest bardzo wrażliwa na takie doświadczenia.

Skorowidz

10 Gb/s Ethernet, 59
1000Base, 39
1000Base-CX, 110
1000Base-LX, 59, 110, 112
1000Base-SX, 59, 110, 112
1000Base-T, 39, 110, 112
100Base-CX, 112
100Base-FX, 59, 110, 111
100Base-LX, 48, 111
100Base-LX10, 111
100Base-SX, 112
100Base-T2, 112
100Base-T4, 112
100Base-TX, 17, 39, 110, 111
10Base-2, 37
10Base-5, 37
10Base-FL, 110
10Base-T, 39, 78, 110
10GBase-E, 112
10GBase-L, 112
10GBase-LX4, 112
10GBase-S, 112
356A, 77

A

A/C, 34
ACR, 44, 45
adres IP, 31
agregat prądowórczy, 121, 215, 217
algebra Boole'a, 32
algorytm zarządzania bezpieczeństwem sieci, 209
algorytm zarządzania incydem, 208
ANSI, 181
APD, 48
apertura numeryczna, 48, 281

architektura, 281
architektura logiczna systemu okablowania
 strukturalnego, 61
ATM, 59, 281
autorytet
 administracyjny, 141, 142
 charyzmatyczny, 141, 142
 finansowy, 141, 142
 formalny, 141, 142
 techniczny, 141, 142
awaria, 207
 przełącznika, 213
 przyczyna, 214
 skutek, 207, 214
 sprzętu, 126, 213
 systemu kontroli dostępu, 219
 systemu okablowania, 211
 układu chłodzenia, 216
 układu przeciwpożarowego, 218
 urządzeń aktywnych, 213
 zasilania, 214

B

backup danych, 195
bajt, 281
bandwidth, 281
baseband, *Patrz* pasmo podstawowe
bezpieczniki, 217
bit, 281
błędy, 27
BNC, 37
BPD, 66
budynkowy punkt dystrybucyjny, 66
bufor w światłowodzie, 282

C

C/A, 34
 centralny punkt dystrybucyjny, 66
 centrum danych, 123, 124
 cienki Ethernet, 37
 CPD, 66
 CSMA/CD, 16, 197, 282
 częstotliwość kabla, 44, 45

D

DAS, 196, 197, 282
 data center, 123
 decybel (dB), 282
 dekodery, 33
 demultiplexer, 33
 detektor sygnału, 48
 dielektryk, 282
 dioda, 282
 elektroluminescencyjna, 48
 laserowa, 48
 dokumentacja projektowa
 cele, 139
 proces tworzenia, 141
 zadania, 139
 dokumentacja projektowa, 139
 dokumenty legislacyjne, 183
 dopełnienie, 32
 dopuszczalny promień zgięcia, 44
 duplex, *Patrz* kabel światłowodowy dwużyłowy
 DUPLEX, 52
 dwójkowy system liczbowy, 29
 dwustopniowa budowa systemu okablowania
 strukturalnego bez redundancji torów
 transmisyjnych, 192
 dyspersja, 48, 282
 chromatyczna, 49, 282
 falowodowa, 49, 282
 modowa, 49, 282
 światła, 48

E

E-2000, 59
 EIA 568A, 77
 EIA 568B, 76
 EIA/TIA, 21, 182
 EIA/TIA 568, 21, 183, 186
 EIA/TIA 568A, 183
 EIA/TIA 569, 183, 186
 EIA/TIA 606, 183
 EIA/TIA 607, 183

EIA/TIA-568A, 183
 EL FEXT, 154, 155
 elektroniczna kontrola dostępu, 137
 ELFEXT, 44, 45, 282
 EN 50 173, 183, 184
 EN 50 173-1, 186
 EN 50 174-2, 186
 EN 50174, 184
 Ethernet, 16, 59, 110, 197
 ETSI, 181

F

F/UTP, 40, 42
 falowód, 49
 FC, 59
 FDDI, 59
 ferrula, 282
 FEXT, 44, 45, 282
 fotodetektor, 48, 282
 fotodioda lawinowa APD, 48
 FRD, 282
 FTP, 40
 FTTD, 116, 117, 284
 FTTX, 116
 funkcja NOT, 34

G

generator optyczny, *Patrz* źródło światła
 główny punkt dystrybucyjny, 67, 68
 gniazdo, 71
 DLPT[™], 119, 120
 RJ-45, 20
 gruby Ethernet, 37
 gwarancja
 aplikacyjna, 157
 elementowa, 157
 systemowa, 157

H

HFC-227ea, 239, 240
 HSSG, 112

I

ICT, 13
 IDF, 67
 IEEE, 181, 283
 IEEE 802.3u, 17
 IETF, 182
 iloczyn logiczny, 32
 impedancja charakterystyczna, 154

instalator systemu okablowania, 174
instytucje standaryzujące, 181
inteligentny budynek, 124
interfejs modularny, 283
Internet, 14, 283
intranet, 14, 283
IPv4, 31
IPv6, 31
ISO, 181, 283
ISO/IEC 11 801, 183
ISO/IEC IS 11 801
 2002, 186
ISO/OSI, 17
IT, 13

J

Jankowski Janusz, 237, 258

K

kable, 15
 elektryczne, 161
 F/UTP, 41, 43
 informatyczne, 161
 koncentryczne, 37
 krosowe, 103, 105, 283
 miedziane, 37, 162
 S/FTP, 42
 SF/UTP, 42, 43
 sieciowe, 15
 skręcane, 37
 stacyjne, 283
 światłowodowe, 49, 282
 teleinformatyczne, 161
 U/FTP, 42
 U/UTP, 41, 43
 UTP, 38
kanały kablowe, 172
karty sieciowe, 15
kaseta na złącza, 55
klastrer, 199, 201, 283
klasy kabli UTP, 39
klasyfikacja światłowodów, 50
kod gniazda, 283
kod kolorowy (barwny), 283
koder, 33
kolizje, 16
kolumny DLP, 172
kondygnacyjny punkt dystrybucyjny, 66
koniunkcja, 32
kosztorys, 150
KPD, 66
kwantowanie, 283

L

LAN, 14, 143, 197, 283
LC, 58, 59
LD, 48
LED, 48
Legrand, 56, 157
liczba par, 44
linia transmisyjna, 283
lokalny punkt dystrybucyjny, 66
LPD, 66
LS0H, 44
LSFR0H, 44
LSZH, 52
luźna tuba, 283

Ł

ład informacyjny, 13

M

maksymalne tłumienie, 44, 45
MAN, 14, 284
MDF, 67, 68
medium transmisyjne, 15
metody archiwizacji danych, 196
 DAS, 196, 197
 NAS, 196, 197, 198
 SAN, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203
metody wykonywania backupu, *Patrz* metody archiwizacji danych
miernik dla instalacji miedzianych, 152
miernik tłumienia, 176
Mini E-2000, 59
minimalny promienia zgięcia, 161
MM, 51
MMJ, 79, 284
moc
 bierna, 118
 chwilowa, 118
 czynna, 118
 pozorna, 118
 sygnału odbitego, 45
 sygnału wprowadzanego, 45
mod, 284
model
 gwiazda + pierścień, 190
 ISO/OSI, 16, 17
 podwójna gwiazda, 189
 podwójny pierścień, 190
 pojedynczy pierścień, 191
 redundancji, 191

modulacja, 33
 Molex Premise Networks®, 157
 multiplekser, 33
 MUTO, 114, 115, 284

N

nadajnik, 15, 47
 nadmiarowość, *Patrz* redundancja
 narzędzie do zdejmowania izolacji, 178
 narzędzie zaciskowe, 177
 NAS, 196, 197, 198, 284
 negacja logiczna, 32
 NEXT, 44, 45, 154, 284
 Niziński Grzegorz, 237, 251
 norma
 EIA/TIA 568, 183, 186
 EIA/TIA 568A, 183
 EIA/TIA 569, 183, 186
 EIA/TIA 606, 183
 EIA/TIA 607, 183
 EIA/TIA-568A, 183
 EN 50 173, 183, 184
 EN 50 173-1, 186
 EN 50 174-2, 186
 EN 50174, 184
 ISO/IEC 11 801, 183
 ISO/IEC IS 11 801
 2002, 186
 PN-EN 50174, 184
 PN-EN 50174-1, 184
 PN-EN 50174-2, 184, 185
 PN-EN 50174-3, 184
 SP-2840, 183
 TIA/EIA-568-B.1, 184
 TIA/EIA-568-B.2, 184
 TIA/EIA-568-B.3, 184
 TSB 36, 183
 TSB 40, 183
 TSB 67, 183
 TSB 72, 183
 NOT, 34

O

ochrona kabli, 160, 163
 ochrona przeciwpożarowa, 126
 odbiornik, 15, 47
 odbiór systemu okablowania, 151
 odległości między wzmacniaczami, 46
 okablowanie, 20
 międzybudynkowe, 61, 65
 normy, 181

 pionowe, 61, 64
 poziome, 24, 61, 284
 strukturalne, 15, 18, 19, 24, 195
 okna optyczne, 48
 OPEN DECONNET, 78
 operacje boole'owskie, 32
 opóźnienie, 153
 Oracle RAC, 199
 organizacje standaryzujące, 181
 ANSI, 181
 EIA/TIA, 182
 ETSI, 181
 IEEE, 181
 IETF, 182
 ISO, 181
 Unia Europejska, 182
 osłonka na spaw, 54
 OTDR, 284

P

panel krosowy półokrągły, 255
 parametry
 elektryczne, 44
 mechaniczne, 44
 transmisyjne, 44
 Parys Aleksandra, 237, 238
 pasmo podstawowe, 281
 PCS, 66, 68
 pigtaili, 54
 pionowe okablowanie szkieletowe, 284
 płaszcz światłowodowy, 284
 PN-EN 50174, 184
 PN-EN 50174-1, 184
 PN-EN 50174-2, 184, 185
 PN-EN 50174-3, 184
 polaryzacja, 284
 polerowanie
 APC, 59
 PC, 59
 POP, 68, 284
 pośredni punkt dystrybucyjny, 67
 Power Sum NEXT, 284
 powłoka kabla, 44
 poziom
 niski, 27
 wysoki, 27
 PPP, 39
 prawdopodobieństwo wystąpienia awarii, 205, 208
 Prawo Ohma, 118
 proces zarządzania bezpieczeństwem sieci, 208
 projekt informatyczny
 cel, 140
 audyt, 140

- definicja wymagań, 140
- obsługa, 140
- proces projektowania systemu, 140
- realizacja, 140
- testowanie, 140
- wdrożenie, 140
- projekt sieci, 221
- projekt systemu okablowania strukturalnego, 143
- promień zgięcia kabla, 284
- propagacja sygnału, 47
- protokół
 - CSMA/CD, 16
 - TCP/IP, 18
- próbkowanie, 26
- przepustowość pasma, 281
- przepusty kablowe, 172
- przesłuch, 154
- przetwornik
 - A/C, 34
 - C/A, 34
- przewodowe media transmisyjne, 25
- przewody
 - BNC, 37
- przewody UTP, 38, 40
- PS ELFEXT, 154, 155
- PS NEXT, 44, 45, 154, 155
- punkt abonencki, 69, 70, 71, 285
- punkt centralny sieci, 66, 68
- punkt konsolidacyjny, 285
- punkt rozdzielczy, 65, 285
 - budynkowy, 285
 - międzybudynkowy, 285
 - piętrowy, 285

R

- rama montażowa 42U, 86
- rdzeń światłowodu, 285
- reakcja na awarie, 205
- redundancja, 285
 - okablowania kampusowego, 187, 193
 - okablowania pionowego, 187
 - traktów, 187, 188
 - włókien, 187
- redundantne obwody, 217
- reflektometr, 156, 285
- Return Loss, 44, 45, 285
- rezystancja, 44
- RJ-11, 78
- RJ-12, 79
- RJ-45, 20, 78
- rodzaj powłoki, 44
- router, 15
- rozpraszanie wsteczne, 285

S

- S/FTP, 40
- SAN, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 285
- SC, 57, 58, 59
- SC MM Duplex, 58
- sekwencja, 285
- sesja komunikacyjna, 16, 18
- SF/UTP, 40, 42
- S-FTP, 40
- sieć, 14
 - Ethernet, 16
 - Internet, 14
 - intranet, 14
 - LAN, 14, 143
 - MAN, 14
 - WAN, 14
- sieć elektryczna, 117
- simplex, 52, 285
- skrętka UTP, 19
- skutki awarii, 207
- SM, 50
- SOS, *Patrz* System Okablowania Strukturalnego
- SP-2840, 183
- sposoby łączenia włókien, 54
- sprzęt pasywny, 98
- S-STP, 40
- ST, 58, 59
- stałoprądowa odporność pętli, 153
- standard
 - 1000Base, 39
 - 1000Base-T, 39
 - 100Base-TX, 39
 - 10Base-T, 39
 - PPP, 39
- STP, 40
- straty odbiciowe, 45, 153
- suma logiczna, 32
- switch, 15
- sygnał, 25
 - analogowy, 25, 26, 29, 285
 - cyfrowy, 25, 26, 27, 28, 32, 285
 - dyskretny, *Patrz* sygnał cyfrowy
 - odbity (echo), 45
 - sinusoidalny, *Patrz* sygnał analogowy
 - światlny, 46
 - tłumienie, 28
 - zniekształcenie, 28
- symbole bramek logicznych, 35
- system
 - binarny, 29, 285
 - dwójkowy, 29
 - informacyjno-telekomunikacyjny, 13

system

- okablowania strukturalnego, 16, 18, 20, 117, 151, 160, 286
- okablowania, 15
- oznaczyków kablowych, 74
- telekomunikacyjny, 15

szafa

- elementy chłodzące, 92
- elementy porządkujące przewody, 94
- uziemia, 97
- dystrybucyjna, 83

Ś

średnica przewodnika, 44

środek gaśniczy, 239

światło, 46

światłowód

- budowa, 49
- bufor, 49
- DUPLEX, 52
- falowód, 49
- gradientowy, 286
- indeks skoku, 47
- jednomodowy, 50, 286
- kabel, 49
- kable w luźnej tubie, 51
- kąt krytyczny, 47
- klasyfikacja, 50
- MM, 51
- nadajnik, 47
- odbiornik, 47
- okna optyczne, 48
- osłonka na spaw, 54
- płaszcz, 49
- rdzeń, 49
- SIMPLEX, 52
- SM, 50
- sposoby łączenia włókien, 54
- wielomodowy, 50, 51, 286
- włókna, 46, 49, 50
- zasada działania, 47
- zestaw pigtaili, 54
- zestaw przejściowy, 53
- zjawisko odbicia, 47
- źródło sygnału, 48

T

TCP/IP, 18

technologie informacyjne, 13

terminowanie, 286

tester kabli, 180

tester SLT3, 175, 176

TIA/EIA 568A, 21

TIA/EIA-568-B.1, 184

TIA/EIA-568-B.2, 184

TIA/EIA-568-B.3, 184

tłumienie, 286

złącza, 286

tłumienie sygnału, 28

topologia

drzewiasta, 21, 23

fizyczna, 21, 286

gwiazdy, 21, 22, 23, 286

hierarchicznej gwiazdy, 21, 23, *Patrz też*

topologia drzewiasta

magistrali, 21, 22, 286

pierścienia, 21, 286

systemu, 21

tor transmisyjny, *Patrz* linia transmisyjna

transmisja szerokopasmowa, 286

trójstopniowa hierarchia systemu okablowania strukturalnego, 191

TSB 36, 183

TSB 40, 183

TSB 67, 183

TSB 72, 183

TSB 75, 114

twierdzenie Kotelnikowa-Shannona, 26

typy

sygnałów, 25

topologii fizycznych, 21

U

U/FTP, 42

U/UTP, 40, 42

układ

cyfrowy, 33

logiczny, 34, 286

równoważący, 286

układanie kabli w gruncie, 164

uniwersalna kaseta na złącza, 55

UPS, 214, 217

urządzenia aktywne sieci, 15

urządzenia UPS, 214, 217

USOC, 77

UTP, 19, 38, 40, 162

ACR, 45

częstotliwość kabla, 45

ELFEXT, 45

FEXT, 45

maksymalne tłumienie, 45

NEXT, 45

PS NEXT, 45

Return Loss, 45

uziemia przewodów, 45

W

Wala Krzysztof, 237, 246
WAN, 14, 286
warstwa fizyczna, 17, 18
warstwa sprzętowa, *Patrz* warstwa fizyczna
wartości logiczne, 32
WE4W (RJ-11), 78
WE6R (MMJ), 79
WE6W (RJ-12), 79
WE8W (RJ-45), 78
węzeł dostępu do Internetu, 68
węzeł klastra, 286
WLAN, 286
włókna światłowodowe, 46, 50
 klasyfikacja, 52

Z

zabezpieczenia sieci elektrycznej, 217
zaciskarka, 178, 179
zagrożenia danych, 125
zagrożenia fizyczne, 125
zakłócenia, 27
zalecenia instalacyjne, 160
zarządzanie incydemem
 algorytm, 208

zasilanie awaryjne, 120
zaślepka ST, 55
zatrask modułu RJ45, 83
zestaw pigtaili, 54
zewnątrzna średnica kabla, 44
zjawisko
 kolizji, 16
 odbicia, 47
złącze
 FC, 59
 LC, 59
 MTRJ, 58
 optyczne, 57
 SC, 57, 58, 59
 SC MM Duplex, 58
 ST, 58
 ST, 59
 światłowodowe, 57
złączka mechaniczna Ultrasplice, 55
zniekształcenia, 27
zniekształcenia sygnału, 28

Ź

źródło
 sygnału, 15
 światła, 286

Zagadnienie okablowania, czyli de facto stworzenia całej struktury sieciowej w przestrzeni o określonym, często skomplikowanym układzie, nie jest tak proste, jak mogłoby się z pozoru wydawać. Samo ułożenie kabli poprzedzone musi być za każdym razem kompleksową analizą wszystkich elementów powstającego systemu, od aspektów ściśle technicznych (gdzie umieścić szafy, ułożyć serwownię, jakie instalacje towarzyszące wdrożyć?), aż po sposoby i miejsca wykorzystywania sieci przez użytkowników. To zadanie wymaga wiedzy oraz świadomości celów, a także dużej wyobraźni, nie tylko przestrzennej. Indywidualne dostosowanie powstającej infrastruktury do specyfiki lokalizacji docelowej i potrzeb użytkowników zawsze zależy od projektanta, a niezbędną wiedzę pozwalającą na stworzenie sprawnie działającej sieci teleinformatycznej znajdziesz właśnie w tej książce!

„Okablowanie strukturalne sieci. Teoria i praktyka. Wydanie III” to podręcznik, dzięki któremu kwestia zaprojektowania i wykonania systemu okablowania strukturalnego przestanie wydawać Ci się nie do pokonania. Dowiesz się, co należy wziąć pod uwagę na pierwszym etapie projektowania sieci, jakie materiały i urządzenia musisz zgromadzić oraz jak je ze sobą połączyć, a także jakie środowisko pracy wybrać dla centrum danych. Zrozumiesz, po co Ci szczegółowa dokumentacja projektowa i na czym polega odbiór projektu. Poznasz normy obowiązujące przy projektowaniu sieci i sprawdzone sposoby zabezpieczania infrastruktury przed awarią oraz neutralizacji ewentualnych jej skutków. Krótko mówiąc, książka ta to znakomite przygotowanie do pracy nad jednym z najważniejszych systemów działających we współczesnych firmach.

- Charakterystyka i cele tworzenia systemu okablowania
- Przewodowe media transmisyjne
- Elementy składowe okablowania strukturalnego
- Środowisko pracy dla centrum danych (DATA CENTER)
- Dokumentacja projektowa i odbiór systemu okablowania
- Porady techniczno-instalacyjne
- Okablowanie strukturalne a normy
- Redundancja okablowania pionowego
- Okablowanie strukturalne a backup danych
- Reakcja na awarie i projekt sieci
- Okablowanie strukturalne w pytaniach i odpowiedziach

Zbuduj system okablowania strukturalnego skrojony na miarę!

helion.pl
KALGARNIA
INTERNETOWA



Helion

Sprawdź najnowsze promocje:
• <http://helion.pl/promocje>
Książki najchętniej czytane:
• <http://helion.pl/bestsellery>
Zamów informacje o nowościach:
• <http://helion.pl/nawosci>

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
<http://helion.pl>

W katalogu: 6636



Księgarnia Internetowa
<http://helion.pl>



Zamówienia telefoniczne:
0 801 339900



0 601 339900

Cena 49,00 zł

ISBN 978-83-246-3377-7



9 788324 633777

Informatyka w najlepszym wydaniu