

2.13.12 Zalety i wady stosowania światłowodów

Do głównych zalet światłowodów należą:

- odporność na zakłócenia elektromagnetyczne
- brak generacji zakłóceń elektromagnetycznych
- niemożność prostego „podsluchania” transmisji
- brak prądów błądzących
- mała tłumienność
- duża trwałość, rzędu 25 lat
- duża prędkość transmisji (6,875 Tb/s osiągnięta w 2000 r.)
- niski stopień awaryjności
- duże odległości między kolejnymi wzmacniaczami sygnału
- wysoka niezawodność transmisji (stopa błędów mniejsza niż 10⁻¹⁰ przy najwyższych przepływnościach binarnych)
- mała waga
- małe wymiary

Do czynników wpływających negatywnie na poprawną pracę włókien należy zaliczyć:

- wilgoć (powoduje rozpad sieci krystalicznej płaszczki i rdzenia włókna);
- obecność wodoru (powoduje powstawanie jonów OH⁻, które zwiększają tłumienie w II i w III oknie transmisyjnym);
- wystąpienie naprężeń mechanicznych od rozciągania, zginania, zgniatania, skręcania, uderzania i wpływu wysokich temperatur (powoduje mikropęknięcia zwiększające tłumienie i skracające okres życia włókien);
- wystąpienie naprężeń ściskających od wpływu ujemnych temperatur (powstające mikro- i makrozgięcia włókna zwiększają tłumienie i również skracają okres życia włókien).

3. Okablowanie strukturalne

3.1. Geneza powstania okablowania strukturalnego

W celu zrozumienia istoty okablowania strukturalnego i przyczyn jego powstania, należy przyjrzeć się systemom komputerowym oraz okablowaniu stosowanym w połowie lat siedemdziesiątych.

Były to początki sieci komputerowych. Większość firm posiadała na swoim wyposażeniu tylko jeden komputer centralny oraz kilka podłączonych do niego terminali. Związane to było z bardzo wysokimi kosztami samego sprzętu komputerowego oraz brakiem wystarczającej liczby wyszkolonego personelu do obsługi urządzeń komputerowych. W przypadku niezbyt rozbudowanych systemów o takiej konfiguracji, terminale były najczęściej zlokalizowane dość blisko komputera centralnego. Wynikało to z faktu, że kable używane do podłączania terminali były (w porównaniu ze stosowanymi obecnie) bardzo niskiej jakości. Dodatkowo do każdego systemu były dedykowane specjalne kable, pochodzące od producenta komputera, co utrudniało ich integrację.

Spadek cen systemów komputerowych, a także rozwój asortymentu i oprogramowania komputerowego, spowodował rozpowszechnienie się komputerów w różnych działach przedsiębiorstw. Różnicowanie protokołów transmisji i rodzajów stosowanych złącz dla każdego działu, pociągało za sobą konieczność użycia różnych typów okablowania łączącego jednostki centralne z terminalami. Rozwiązanie takie charakteryzowało się bardzo wysokimi kosztami instalacji, małą podatnością na modyfikacje oraz długim czasem naprawy w przypadku uszkodzenia.

Rozrastanie się sieci okablowania powodowało, że szybko przekształcały się one w dużą ilość różnego typu złącz i kabli, często określanymi mianem „spaghetti cabling”. Prowadziło to do niemożności wykorzystania całego systemu w sposób efektywny.

Inny problem polegał na tym, że w przypadku konieczności zmiany lokalizacji któregokolwiek z terminali, trzeba było do nowego punktu doprowadzić nowe kable, co wiązało się z dodatkowymi kosztami i powodowało zakłócenia w środowisku pracy.

W okresie późniejszym opracowano rozwiązanie polegające na obsłudze prawie wszystkich popularnych systemów transmisji danych przez wykorzystaniu jednego rodzaju kabla. Tym kablem został kabel miedziany czteroparowy, z parami skręconymi między sobą tworząc tzw. splot norweski, który został nazwany skrętką nieekranowaną (UTP – z ang. Unshielded Twisted Pair). Kabel ten znalazł powszechne zastosowanie w sieciach teleinformatycznych. Stało się to możliwe dzięki stosowaniu przejściówek (baluny, adaptery) dostosowujących specyficzne systemy do współpracy z okablowaniem UTP. Pozwoliło to na doprowadzenie tego samego, pojedynczego kabla do każdego z gniazdek telekomunikacyjnych w budynku, zamiast dwóch lub trzech kabli różnego typu.

Ponieważ UTP był kablem o bardzo wysokiej jakości, zwiększyły się znacznie odległości, na które można było przesyłać dane, a niewielki koszt kabla pozwalał na zainstalowanie o wiele większej ilości gniazd telekomunikacyjnych na większej przestrzeni, niż było to możliwe w systemach dedykowanych.

W tym momencie potrzebna była jeszcze łatwa metoda dokonywania połączeń w punkcie rozdzielczym. Pozwoliłaby ona użytkownikom na efektywniejsze korzystanie z systemu.

Sposób, w jaki uzyskano ten rodzaj połączeń polegał na odwzorowaniu każdego portu komputera centralnego na tablicy rozdzielczej (panelu) i każdego punktu terminalowego na oddzielnej tablicy. Dzięki zastosowaniu modułowych gniazdek RJ45 na każdym z paneli, połączenia krosowe można było uzyskać przez podłączenie krótkiego przewodu zwanego kablem krosowym między portem odpowiedniego systemu i portem w panelu stanowisk terminalowych.

Metoda połączeń krosowych pozwala na dostęp do każdego systemu z każdego gniazda telekomunikacyjnego w budynku. Wszelkie przeniesienia, zmiany lub zwiększenie liczby personelu czy systemów, mogły być dokonywane przez zamontowanie dodatkowych tablic rozdzielczych oraz przelączenie kabli krosowych do odpowiednich portów. Rozwiązanie to zapewnia łatwą i szybką lokalizację i naprawę ewentualnych uszkodzeń sieci.

3.2. Istota okablowania strukturalnego

Koncepcja okablowania strukturalnego polega na takim przeprowadzeniu sieci kablowej w budynku, by z każdego punktu telekomunikacyjnego był dostęp do sieci komputerowej (LAN) oraz usług telefonicznych.

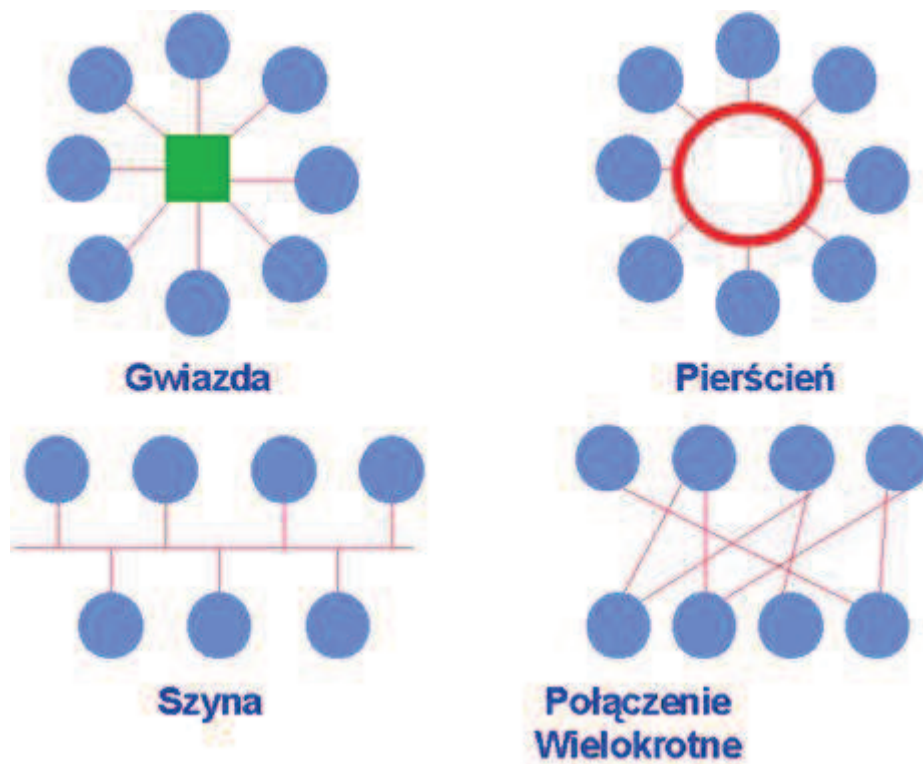
Jedynym sposobem uzyskania tego stanu jest system okablowania budynku posiadający o wiele więcej punktów abonenckich, niż jest ich przewidzianych do wykorzystania w momencie projektowania i instalacji. Wymaga to instalacji gniazd w regularnych odstępach w całym obiekcie, tak by ich zasięg obejmował wszystkie obszary, gdzie może zaistnieć potrzeba skorzystania z dostępu do sieci. Zakłada się, że powinno się umieścić jeden podwójny punkt abonencki (2xRJ45) na każde 10 metrów kwadratowych powierzchni biurowej. Oczywiście dopełnieniem tego punktu powinno być również gniazdko sieci elektrycznej, najlepiej dedykowanej, która zapewni odpowiednią jakość dostarczanego prądu.

Tak rozwiązany system okablowania pozwala przesunąć dowolne stanowisko pracy do wybranego miejsca w budynku i zapewnić jego podłączenie do każdego systemu teleinformatycznego przez proste podłączenie kabla.

3.3. Topologie sieci

Topologia jest geometryczną formą opisu sieci lokalnych (LAN z ang. Local Area Network) od strony logicznej lub fizycznej. Topologia fizyczna przedstawia w jaki sposób są przebiegają połączenia kablowe, natomiast topologia logiczna opisuje w jaki sposób odbywa się przepływ informacji. Można wyróżnić 4 podstawowe rodzaje topologii sieci (rysunek 1):

- gwiazda
- pierścień
- szyna
- połączenie wielokrotne (mieszane)



Rysunek 1. Topologie sieci

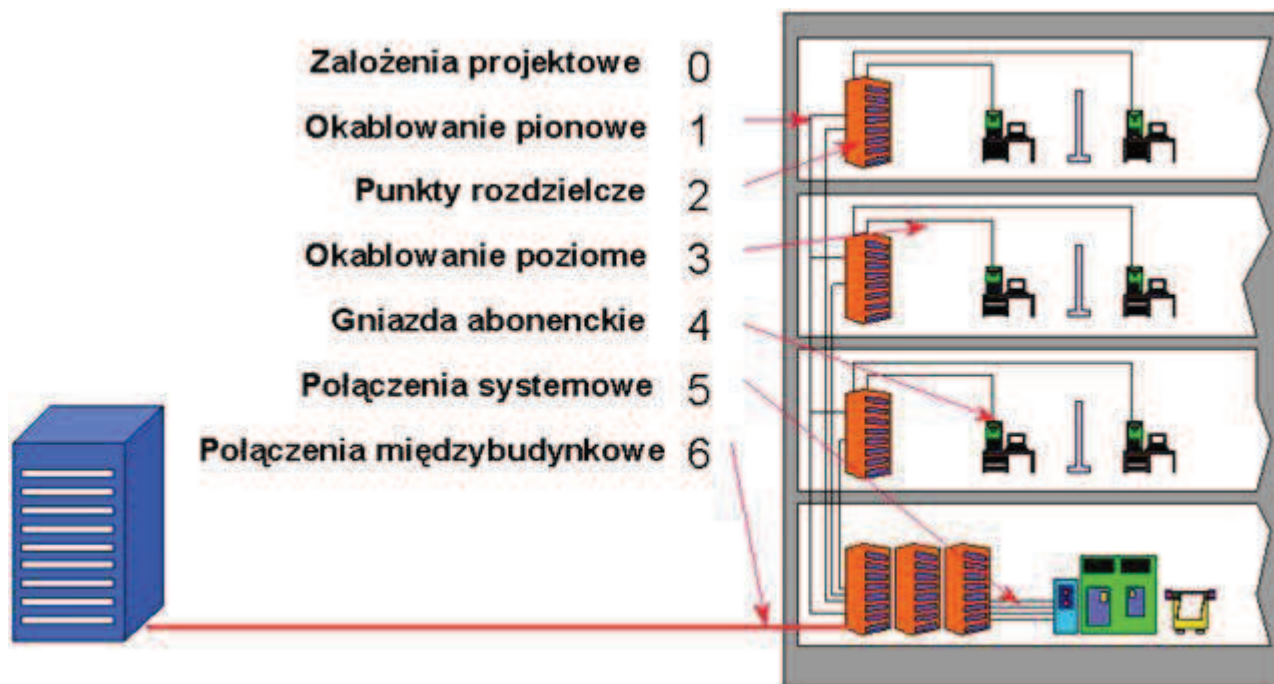
Wady i zalety poszczególnych topologii zabrane zostały w tabeli 1. Każdą z takich fizycznych topologii można przedstawić w postaci topologii fizycznej gwiazdy przy zachowaniu pierwotnej topologii logicznej. Układ gwiazdzysty (gwiazda) lub drzewiasty (hierarchiczna gwiazda) jest zalecany jako fizyczna topologia okablowania strukturalnego. Zapewnia ona poprowadzenie osobnego kanału (kabla) od każdego użytkownika bezpośrednio do szafy rozdzielczej (punktu dystrybucyjnego).

Tabela 1. Zalety i wady topologii sieci

TOPOLOGIA	ZALETY	WADY
gwiazda	uniwersalna pod względem konfiguracji usług teleinformatycznych, łatwa w konserwacji i utrzymaniu, odporna na uszkodzenia mechaniczne, bardzo łatwa diagnostyka, bardzo małe prawdopodobieństwo awarii całości systemu, nadaje się do systemów o dużej prędkości przesyłania danych	kosztowna w realizacji z uwagi na ilość zużytych materiałów, konieczność korzystania z samodzielnych urządzeń aktywnych
pierścień	prostota implementacji	bardzo wrażliwa na uszkodzenia mechaniczne, trudna diagnostyka,
szyna	wymaga najmniejszej ilości kabla. Prosty układ okablowania, jej prostota czyni ją bardzo niezawodną. łatwość rozbudowy	mała przepustowość, nieodporna na uszkodzenia mechaniczne

3.4. Elementy systemu okablowania strukturalnego

Na system okablowania strukturalnego składają się następujące elementy (rysunek 2):



Rysunek 2. Elementy systemu okablowania strukturalnego

0. **Założenia projektowe systemu** - określenie rodzaju medium na którym oparta jest instalacja (światłowód, kabel miedziany ekranowany lub nieekranowany itp.), sekwencji podłączenia żył kabla, protokołów sieciowych, zgodności z określonymi normami i innych zasadniczych cech instalacji.

1. **Okablowanie pionowe (wewnątrz budynku)** - kable miedziane lub/i światłowody ułożone zazwyczaj w głównych pionach (kanałach) telekomunikacyjnych budynków, realizujące połączenia pomiędzy punktami rozdzielczymi systemu.

2. **Punkty rozdzielcze** - miejsca będące węzłami sieci w topologii gwiazdy, służące do konfiguracji połączeń. Punkt zbiegania się okablowania poziomego, pionowego i systemowego. Zazwyczaj gromadzą sprzęt aktywny zarządzający siecią (koncentratory, switchy itp.). Najczęściej jest to szafa lub rama 19-calowa o danej wysokości wyrażonej w jednostkach U (1U=45 mm).

3. **Okablowanie poziome** - część okablowania pomiędzy punktem rozdzielczym a gniazdem użytkownika.

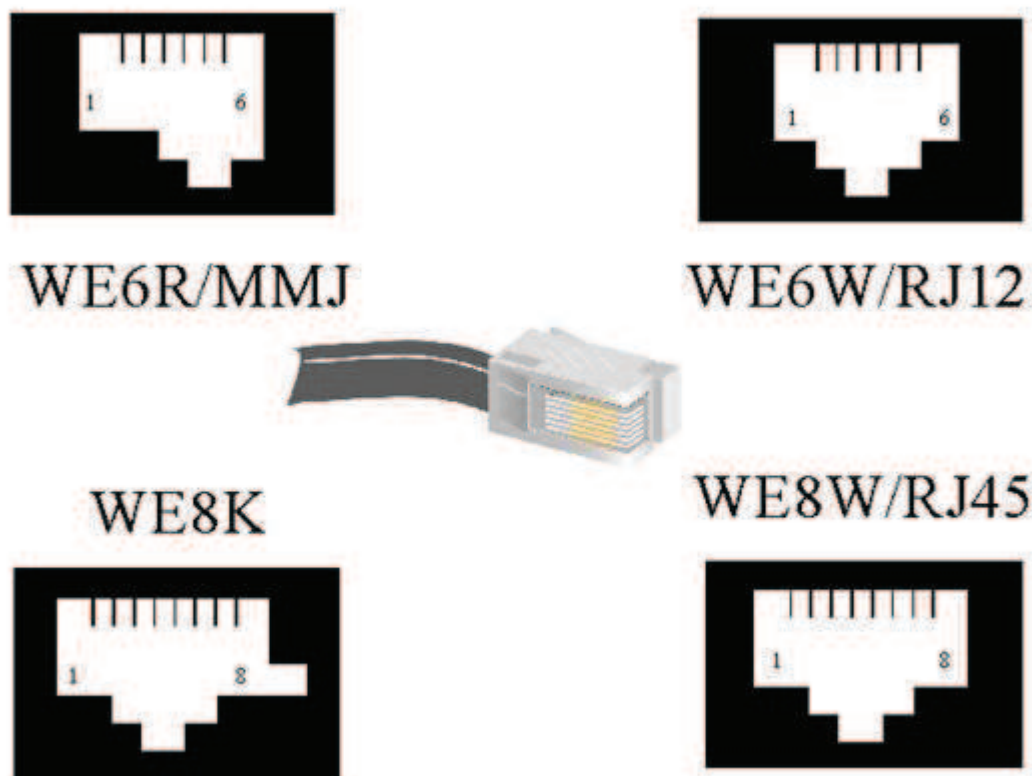
4. **Gniazda abonenckie** - punkt przyłączenia użytkownika do sieci strukturalnej oraz koniec okablowania poziomego od strony użytkownika. Zazwyczaj są to dwa gniazda RJ-45 umieszczone w puszcze lub korycie kablowym.

5. **Połączenia systemowe oraz terminalowe** - połączenia pomiędzy systemami komputerowymi a systemem okablowania strukturalnego.

6. **Połączenia telekomunikacyjne budynków** - często nazywane okablowaniem pionowym międzybudynkowym lub okablowaniem kampusowym. Zazwyczaj realizowane na wielowłóknowym zewnętrznym kablu światłowodowym.

3.4.1 Polaryzacja

Polaryzacja określa fizyczne wymiary i kształt gniazda modularnego oraz wtyczki, np. RJ 11, RJ 12 lub RJ 45. Przykładowe rodzaje wtyczek modularnych pokazane zostały na rysunku 3. Przykładowe rodzaje gniazd i wtyków stosowanych w sieciach teleinformatycznych to:



Rysunek 3. Rodzaje gniazd modularnych

- **WE8W/RJ45** - wtyk 8 pinowy (z ang. Western Electric 8 Wires);
- **WE6R** - gniazdo dla wtyku MMJ (z ang. Modified Modular Jack), stary typ opracowany przez firmę DEC;
- **WE6W/RJ12** - wtyk 6 pinowy;
- **WE4W/RJ11** - wtyk 4 pinowy o takich samych wymiarach zewnętrznych jak wtyk RJ12;

UWAGA !

- **Nie wolno stosować małych wtyczek 4 pinowych (np. wtyki słuchawkowe w telefonach firmy Panasonic). Powoduje to nieodwracalne uszkodzenie gniazd.**
- **Norma EN 50173 dopuszcza do zastosowania w nowych sieciach okablowania strukturalnego tylko gniazda typu WE8W i wtyki RJ45 dla złączy miedzianych.**

3.4.2 Sekwencja połączeń

Sekwencja wyznacza porządek, w jakim żyły kabla są podłączane do odpowiednich pinów (zacisków) modularnych wtyczki lub złącza. Wyróżniamy następujące rodzaje sekwencji (rysunek 4):

- USOC - występująca powszechnie w telefonii (rysunek 5);
- EIA 568B - najpowszechniej stosowana w sieciach okablowania strukturalnego (lub pokrewna do niej 10Base-T);
- EIA 568A – w porównaniu z sekwencją 568B zamienione są miejscami para 2 i 3;
- EIA 356A – trzyparowa wersja sekwencji 568B, w której para 4 została pominięta (piny 7 i 8 nie są podłączone).

TIA/EIA-568-A — standard okablowania telekomunikacyjnego budynków komercyjnych określający minimalne wymagania dotyczące okablowania telekomunikacyjnego, zalecaną topologię, limity odległości, specyfikacje dotyczące wydajności mediów i sprzętu połączeniowego, a także przeznaczenie poszczególnych styków w złączach.

TIA/EIA-568-B — bieżący standard okablowania określający wymagania odnośnie składników i parametrów transmisji dla mediów telekomunikacyjnych. Standard TIA/EIA-568-B jest podzielony na trzy osobne części: 568-B.1, 568-B.2 i 568-B.3.

TIA/EIA-569-A — standard dla budynków komercyjnych definiujący ścieżki telekomunikacyjne i przestrzenie; określa reguły projektowania i konstruowania instalacji obsługujących media i urządzenia telekomunikacyjne wewnątrz budynków oraz pomiędzy nimi.

TIA/EIA-606-A — standard administracyjny definiujący infrastrukturę telekomunikacyjną budynków komercyjnych; zawiera standardy oznaczania kabli. Standard ten określa, że każda jednostka stanowiąca zakończenie sprzętowe powinna mieć unikalny identyfikator. Określa też wymagania dotyczące utrzymywania zapisów i dokumentacji związanych z administrowaniem siecią.

TIA/EIA-607-A — standard definiujący wymagania dotyczące uziemienia instalacji i przewodów wyrównawczych w budynkach komercyjnych w przypadku środowisk składających się z różnych produktów wielu firm, a także zasady uziemiania różnych systemów, które mogą być instalowane w zabudowaniach klienta. Standard ten określa precyzyjnie punkty styku pomiędzy systemami uziemienia budynku a konfiguracją uziemienia sprzętu telekomunikacyjnego. Opisuje także konfiguracje uziemienia i przewodów wyrównawczych między budynkami.



Rysunek 4. Rodzaje sekwencji

USOC



R4 T3 T2 R1 T1 R2 R3 T4

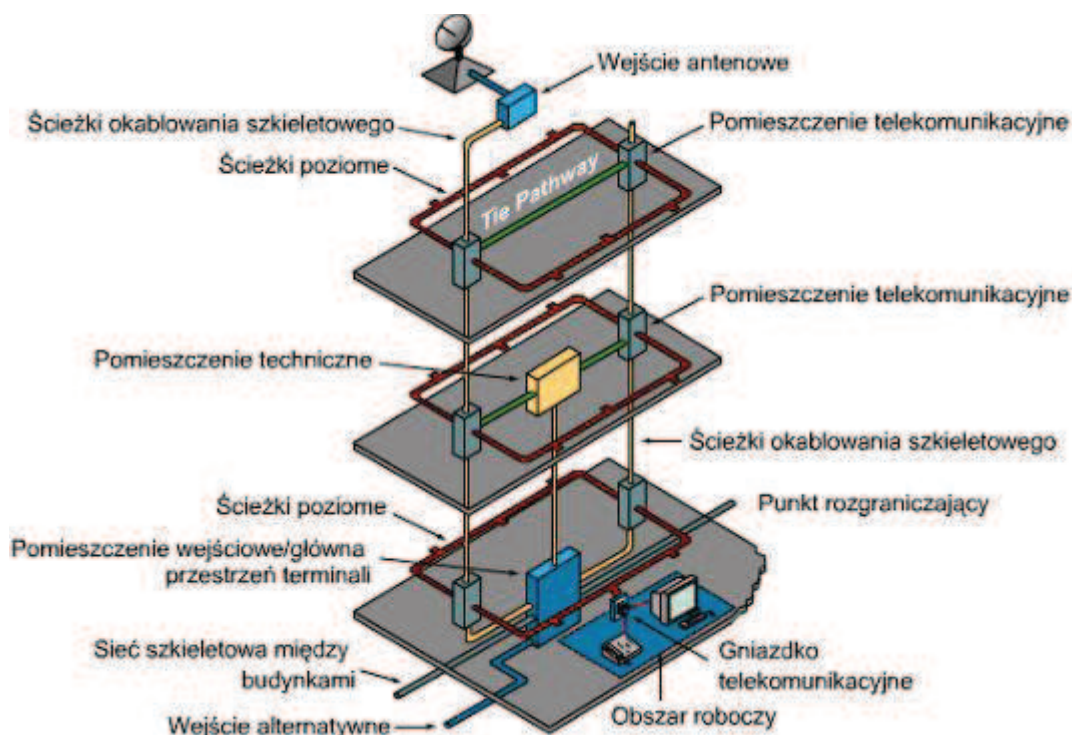


T3 T2 R1 T1 R2 R3



T2 R1 T1 R2

Rysunek 5. Sekwencja USOC



Standard ANSI/TIA/EIA-569-A

3.4.3 Protokoły

Protokoły transmisyjne są to standardy określające sposób wymiany danych pomiędzy urządzeniami sieciowymi, umożliwiające współpracę ze sobą urządzeń produkowanych przez różnych producentów. Najczęściej stosowane protokoły sieciowe w sieciach lokalnych to: Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-T, Token Ring, FDDI i ATM.

Okablowane strukturalne dopuszcza stosowanie wszystkich protokołów sieciowych, które mogą być zrealizowane na fizycznej topologii gwiazdy o częstotliwościach nie wykraczających poza pasmo 100 MHz (określone dla kategorii 5 wg normy EIA/TIA 568A oraz klasy D wg normy ISO/IEC 11801 , a

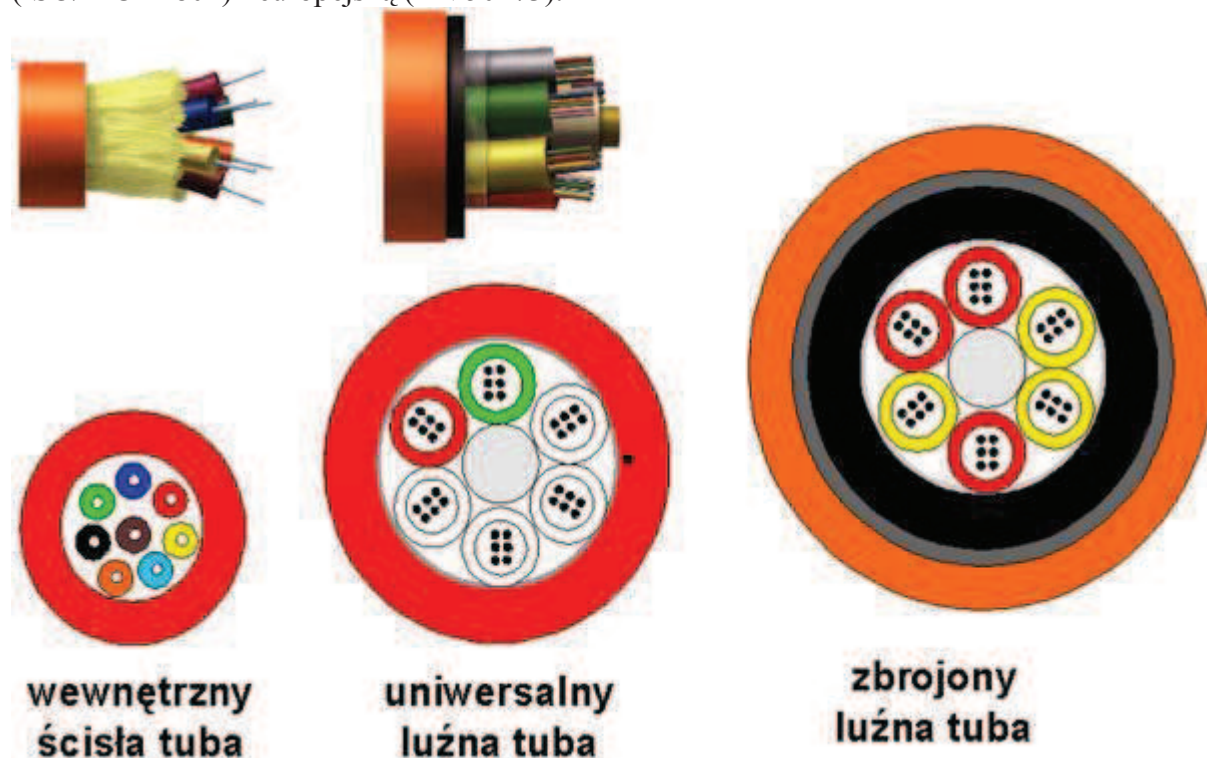
także normy europejskiej EN 50173). W praktyce wszystkie działające obecnie protokoły transmisji danych przeznaczone do stosowania w lokalnych sieciach komputerowych mogą być zaimplementowane na bazie okablowania strukturalnego kategorii 5. W ostatnim czasie powstał projekt standardu zatwierdzający stosowanie protokołu Ethernet 1000Base-T przy wykorzystaniu okablowania kategorii 5 (IEEE 802.3 ab).

Warto zwrócić uwagę na to, że bardzo często mylone są dwa pojęcia: szybkość transmisji danych i pasmo częstotliwości w okablowaniu strukturalnym. Szybkość transmisji danych wyrażana jest w jednostkach Mb/s (Megabity na sekundę) natomiast kategoria 5 zgodnie z normą określa okablowanie strukturalne, które może przenieść sygnały w paśmie do 100 MHz na odległość do 100 m.

Często można spotkać się z poglądem, że w sieci okablowania strukturalnego kategorii 5 maksymalną szybkością transmisji jaką można osiągnąć jest 100 Mb/s. Przy obecnym stanie technologii nie jest to prawda. Prędkość transmisji danych zależy nie tylko od pasma częstotliwości, ale także od sposobu kodowania danych. Aktualnie stosowane kody są bardzo efektywne i pozwalają na uzyskiwanie dużych prędkości przy wykorzystaniu stosunkowo wąskiego pasma częstotliwości. Poza tym w okablowaniu strukturalnym sygnały mogą być przekazywane po więcej niż po jednej parze przewodów. Powoduje to również zwiększenie prędkości (standard Ethernet 1000Base-T przewiduje transmisję danych przy wykorzystaniu wszystkich czterech par przewodów, a nie tylko dwóch jak w przypadku Ethernet 10Base-T i Ethernet 100Base-T). Dlatego też w okablowaniu kategorii 5 mogą być przesyłane sygnały z prędkością większą niż 100 Mb/s.

3.4.4 Okablowanie pionowe

Okablowanie pionowe łączy ze sobą główny punkt dystrybucyjny z pośrednimi punktami dystrybucyjnymi. Wykonane jest ono najczęściej z kabli światłowodowych. Okablowanie pionowe zalecane przez MOLEX PREMISE NETWORKS[®] to minimum 6-cio włóknowy kabel światłowodowy wielomodowy (długość do 1500 m dla okablowania szkieletowego międzybudynkowego – z ang. backbone). Można wykonywać okablowanie pionowe również w oparciu o skrętkę czteroparową. W tym przypadku długość jego nie może przekroczyć 90m. Okablowanie pionowe telefoniczne może mieć długość do 800m. Wykonane jest ono najczęściej z wieloparowych kabli miedzianych UTP (25 lub 100 parowych). Podane odległości są zgodne z normami: amerykańską (EIA/TIA 568), międzynarodową (ISO/IEC 11801) i europejską (EN 50173).



Rysunek 6. Kable światłowodowe.

Kable światłowodowe (rysunek 6) oferowane na rynku do zastosowań w okablowaniu strukturalnym można zasadniczo podzielić na kable o konstrukcji **ścislej** lub **luźnej tuby**. Inne konstrukcje są rzadziej spotykane (np. kable rozetowe, taśmowe). Kable o konstrukcji **ścislej tuby** stosuje się zazwyczaj wewnątrz budynku. Są to włókna światłowodowe umieszczone w buforze/izolacji o średnicy zewnętrznej 0.9 mm. Na takich włóknach można zakładać bezpośrednio złącza światłowodowe (ST[®], SC[®], MT-RJ[®] lub inne). Kable światłowodowe o konstrukcji **luźnej tuby** zazwyczaj stosuje się na zewnątrz budynku (podwieszane – kabel światłowodowy dielektryczny, w kanalizacji wtórnej lub bezpośrednio zakopywane w ziemi – kabel światłowodowy zbrojony). Włókna światłowodowe umieszczone są w tubach wypełnionych żelem silikonowym, zapewniających ochronę włókien przez naprężeniami i oddziaływaniem warunków atmosferycznych (temperatura, wilgotność).

Kabel **uniwersalny** przeznaczony jest standardowo do kładzenia w kanalizacji wtórnej na zewnątrz budynku. Posiada on niepalną izolację (LSZH – z ang. Low Smoke Zero Halogen) i spełnia wymogi przepisów przeciwpożarowych, dlatego może być również stosowany wewnątrz budynków.

Kabel **zbrojony** może być zakopywany bezpośrednio w ziemi. Posiada metalowe zbrojenie chroniące kabel przez gryzoniami, jak też przypadkowym uszkodzeniem.

3.4.5 Punkty rozdzielcze

Węzeł dystrybucyjny jest centralnym punktem łączącym urządzenia sieci LAN w topologii gwiazdy. Wyposażenie węzła dystrybucyjnego stanowią panele montażowe, koncentratory, mosty, przełącznice i routery. Węzeł dystrybucyjny musi być odpowiednio duży, aby pomieścić wszystkie urządzenia i umożliwić rozwój i rozbudowę sieci.

Punkt rozdzielczy (węzeł dystrybucyjny) jest miejscem, w którym znajdują się wszystkie elementy łączące okablowanie pionowe z poziomym oraz elementy aktywne sieci teleinformatycznej (koncentratory, przełączniki, itp.). Fizycznie jest to szafa (stojąca, naścienna) lub rama rozdzielcza z panelami oraz elementami do przełączania i podłączania przebiegów kablowych. Możliwe jest także umieszczenie elementów rozdzielczych bezpośrednio na ścianie lub półce.

✓ **Główny punkt rozdzielczy (MDF - ang. Main Distribution Frame)** - stanowi centrum okablowania w topologii gwiazdy. Zbiegają się w nim kable z sąsiednich budynków, pięter i miejskiej centrali telefonicznej oraz odchodzą przebiegi pionowe (do pośrednich punktów IDF w obiekcie) i poziome do punktów abonenckich zlokalizowanych w pobliżu MDF (do 90m). Często umieszczony jest na parterze lub na środkowej kondygnacji budynku (np. 2 piętro budynku 4 piętrowego), w jego pobliżu znajduje się centralka telefoniczna, serwer lub inny sprzęt aktywny.

✓ **Pośredni punkt rozdzielczy (IDF - ang. Intermediate Distribution Frame lub inaczej SDF - ang. Sub-Distribution Frame)** - jest lokalnym punktem dystrybucyjnym obsługującym najczęściej dany obszar roboczy lub piętro.

W dużych sieciach stosuje się powszechnie kilka węzłów dystrybucyjnych. Jest to rozszerzona topologia gwiazdy. W takim przypadku jeden węzeł pełni funkcję głównego węzła dystrybucyjnego MDF (Main Distribution Facility), a pozostałe pośrednich węzłów dystrybucyjnych IDF (Intermediate Distribution Facility). Lokalizacja węzła dystrybucyjnego musi być zgodna z przepisami budowlanymi i zapewniać odpowiednie warunki dotyczące zasilania, ogrzewania, klimatyzacji itp. Trzeba też zabezpieczyć go przed dostępem niepowołanych osób.

3.5. Projekt węzła dystrybucyjnego

- Wszystkie ściany wewnętrzne lub przynajmniej te, na których montowane jest wyposażenie, powinny być pokryte sklejką o grubości 20mm i wysokości minimum 2,4m, która jest umieszczona w odległości minimum 30mm od ściany.
- Farby użyte do malowania ścian powinny być ognioodporne.
- Drzwi powinny mieć szerokość minimum 90cm i otwierać się na zewnątrz pomieszczenia.
- Wyłącznik oświetlenia należy umieścić bezpośrednio obok drzwi.
- Podłoga powinna być podwyższona tak, aby zapewnić łatwy dostęp do wszystkich elementów w węźle.
- Ponieważ oświetlenie fluorescencyjne generuje zakłócenia, należy unikać jego stosowania.

- Optymalna temperatura to 21 stopni Celsjusza przy 30-50% wilgotności powietrza (inne warunki mogą powodować korozję kabli).

● Rozmiar węzła dystrybucyjnego według normy TIA/EIA-568-A.

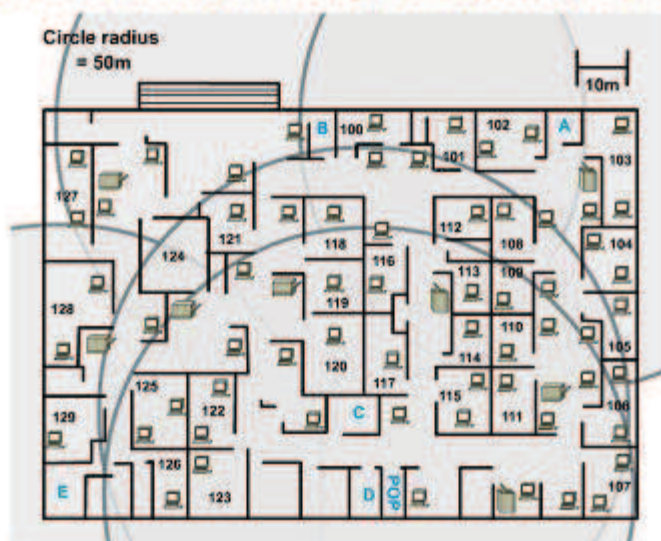
Obsługiwany obszar	Rozmiar węzła dystrybucyjnego
1000 m ²	3.0m x 3.4m
800 m ²	3.0m x 2.8m
500 m ²	3.0m x 2.2m

Przyjmuje się, że:

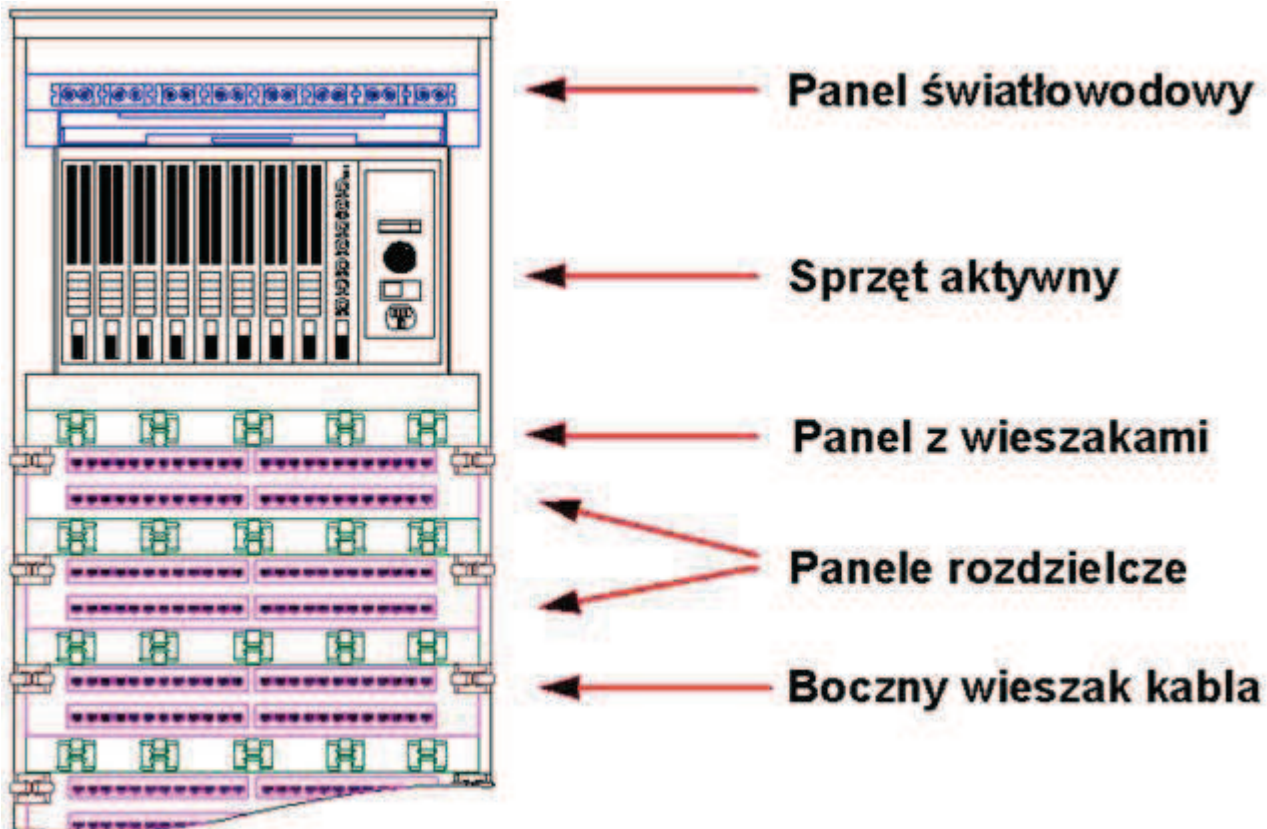
- Na każdym piętrze powinien być przynajmniej jeden węzeł dystrybucyjny.
- Na każde 1000 m² powierzchni powinien przypadać przynajmniej jeden węzeł dystrybucyjny.
- Kiedy długość okablowania poziomego przekroczy 90m należy umieścić kolejny węzeł dystrybucyjny
- Najlepsze jest pomieszczenie dobrze zabezpieczone, położone blisko POP (Point of Presence) - miejsce podłączenia telefonicznej.
- W wybranych lokalizacjach rysujemy okrąg o promieniu 50m i określamy ilość i położenie węzłów tak, aby wszystkie elementy sieci w zasięgu przynajmniej jednego węzła.

Przykład:

- Pięć potencjalnych lokalizacji węzłów dystrybucyjnych.
- Węzły oznaczone za pomocą liter A, B, C, D, E



Aby przydzielić użytkownikowi podłączonemu do jakiegoś gniazda abonenckiego wybrany kanał komunikacji w systemie komputerowym lub telefonicznym, wystarczy połączyć odpowiednie gniazdo (port) panelu systemowego z gniazdem panelu rozdzielczego odzwierciedlającego gniazda użytkowników. Umieszczenie punktów rozdzielczych jest wyznaczane przy uwzględnieniu maksymalnej długości 90m przebiegów kablowych poziomych, obejmujących dany obszar roboczy.



Rysunek 7. Punkt dystrybucyjny

Na rysunku 7 pokazany jest typowy punkt rozdzielczy dla niewielkich instalacji (do kilkuset punktów). Uwzględniono na nim zalecany rozkład dla elementów w szafie rozdzielczej. Przy dużych instalacjach sieci okablowania strukturalnego, należy tak projektować układ punktów rozdzielczych, aby minimalizować długości kabli krosowych.

3.6. Okablowanie poziome

Typowy przykład implementacji okablowania poziomego pokazany jest na rysunku 8. Standardowym nośnikiem sygnałów w okablowaniu poziomym jest skrętka czteroparowa miedziana kategorii 5. Chociaż coraz częściej spotkać można jako medium transmisyjne kabel światłowodowy wielomodowy (instalacja OFTD – z ang. Optical Fibre to the Desk – czyli światłowód do biurka).

Występują dwa rodzaje skręconych kabli miedzianych czteroparowych:

- ✓ kabel nieekranowany - **UTP** (z ang. Unshielded Twisted Pair);
- ✓ kabel ekranowany z ekranem w postaci folii lub plecionki z drutów stalowych - **FTP** (z ang. Foiled Twisted Pair) lub **STP** (z ang. Shielded Twisted Pair).

Skręt każdej pary kabla jest inny co wpływa na zmniejszenie zjawiska przesłuchów pomiędzy poszczególnymi przewodami, co w znacznym stopniu powodowało zakłócenia. Skręcenie tych par przewodów nazywane jest splotem norweskim.



Maksymalna długość odcinków:

- A = Nie więcej niż 3 m
- A + C = 10 m (łącznie)
- B = 90 m
- D = 100 m

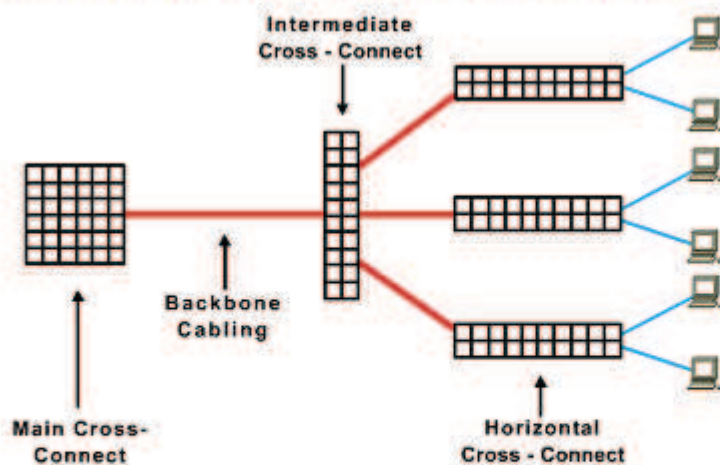
Rysunek 8. Okablowanie poziome

3.7. Okablowanie szkieletowe

Media zalecane do stosowania w okablowaniu szkieletowym:

- Skrętka UTP, 100 ohmów, 4 pary;
- Skrętka STP-A, 100 ohmów, 2 pary;
- Światłowód wielomodowy, 2 włókna, 62,5/125 μm ;
- Światłowód jednomodowy.

Wymagania normy TIA/EIA-568-A dotyczące okablowania szkieletowego



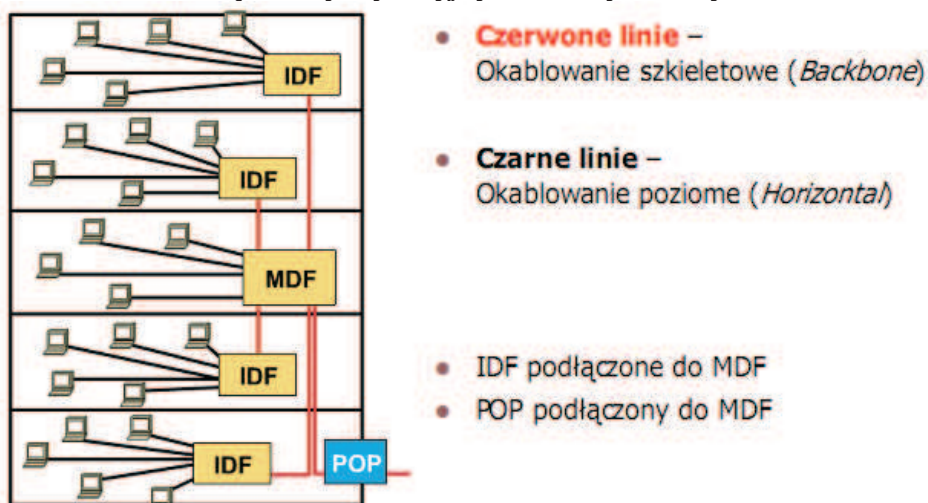
MCC – MDF
 ICC – IDF
 HCC – IDF

Topologia hierarchiczna, gdy do ICC nie są podłączone obszary robocze
 Topologia rozszerzonej gwiazdy, gdy do ICC są podłączone jednostki poboczne.

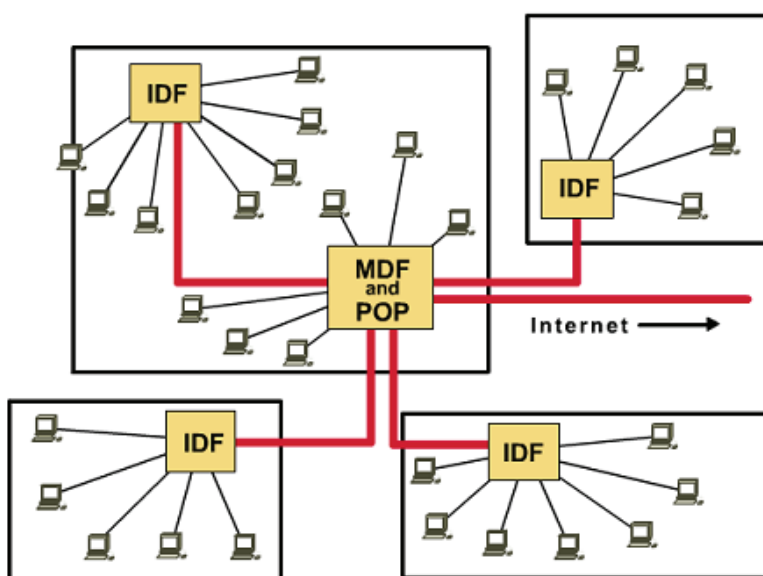
Wymagania normy TIA/EIA-568-A dotyczące okablowania szkieletowego

Type of Networking Media	Distance From HCC to MCC	Distance From HCC to ICC	Distance From ICC to MCC
62.5/125 fiber-optic cable	2000 meters (6560 feet)	500 meters (1640 feet)	1500 meters (4820 feet)
Single-mode fiber-optic cable	3000 meters (9840 feet)	500 meters (1640 feet)	2500 meters (8200 feet)
UTP (voice)	800 meters (2624 feet)	500 meters (1640 feet)	300 meters (984 feet)
UTP (data)	Data applications, limited to 90 meters (295 feet) total		

Rozmieszczenie węzłów dystrybucyjnych w dużych budynkach:



Połączenie wielu budynków



3.8. Okablowanie ekranowane

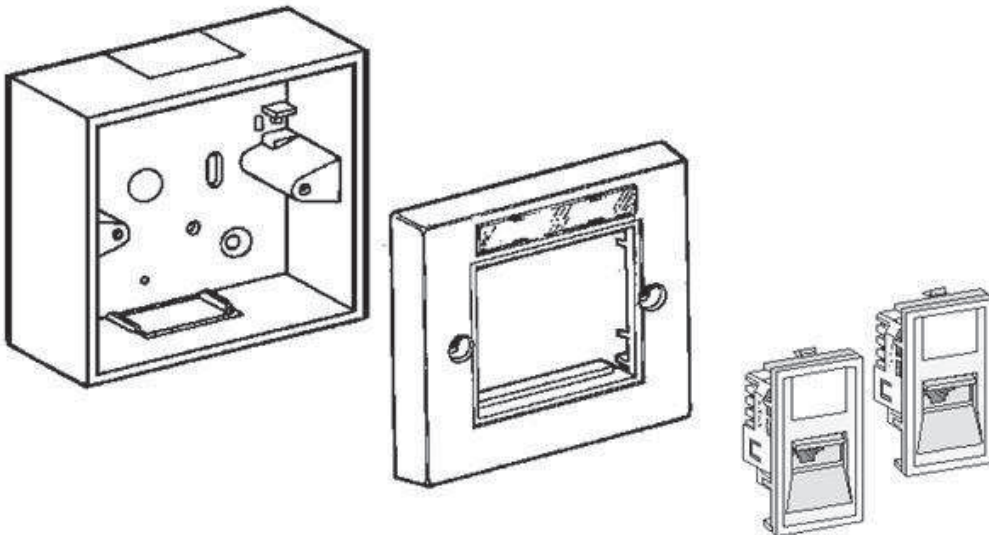
Okablowanie ekranowane jest droższe w instalacji i trochę bardziej wymagające uwagi niż okablowanie nieekranowane. Ocenia się, że wykonanie instalacji ekranowanej zwiększa całkowity koszt o około 50%. Okablowanie ekranowane ma jednak niezaprzeczalne zalety: zmniejsza emisję elektromagnetyczną na zewnątrz sieci i zwiększa odporność na zakłócenia, przy spełnieniu rygorystycznego warunku jakim jest poprawne zakańczanie kabli i uziemianie ekranu kabla oraz paneli i całych punktów dystrybucyjnych. Uziemienie takie powinno spełniać wymagania określone w zaleceniach producenta okablowania (np. firma Molex Premise Networks[®] zaleca, aby uziom do którego podłączona jest instalacja ekranowana miał rezystancję poniżej 1Ω).

Zastosowanie okablowania STP w szybkich sieciach teleinformatycznych wynika na ogół z potrzeby:

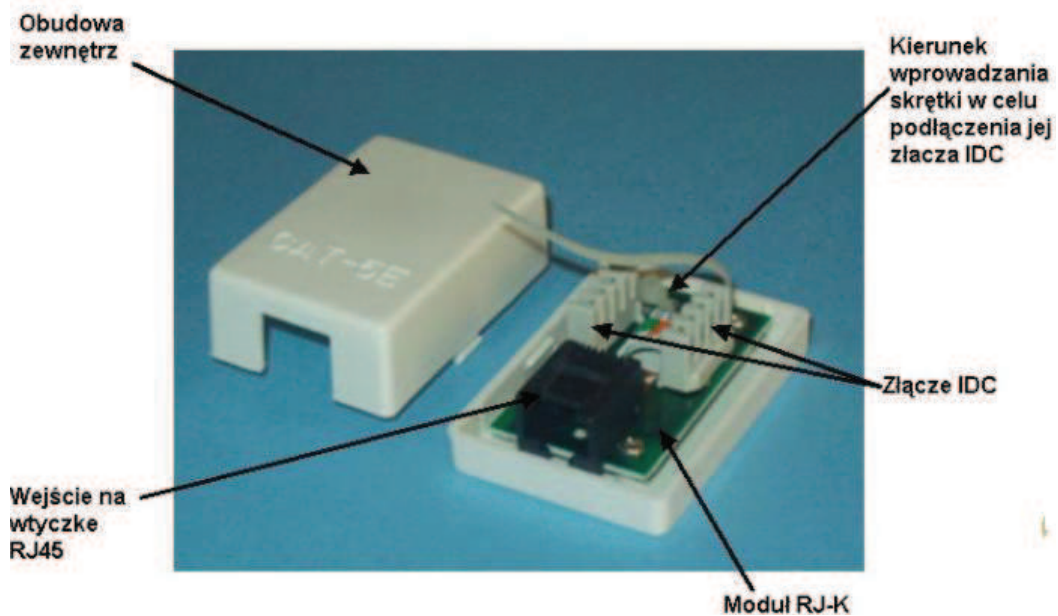
- Zabezpieczenia przesyłanych sygnałów od wpływów otoczenia (ochrona danych sygnałowych przed zakłóceniami środowiskowymi EMI oraz RFI),
- Odizolowanie środowiska od przesyłanych sygnałów (utajnienie przesyłanych danych),
- Ochrony sygnałów przed zakłóceniami pochodzącymi od innych kabli informatycznych,
- Minimalizacji potencjalnych przyszłych problemów związanych z zagęszczeniem sprzętu i linii w budynku.

3.9. Punkt abonencki

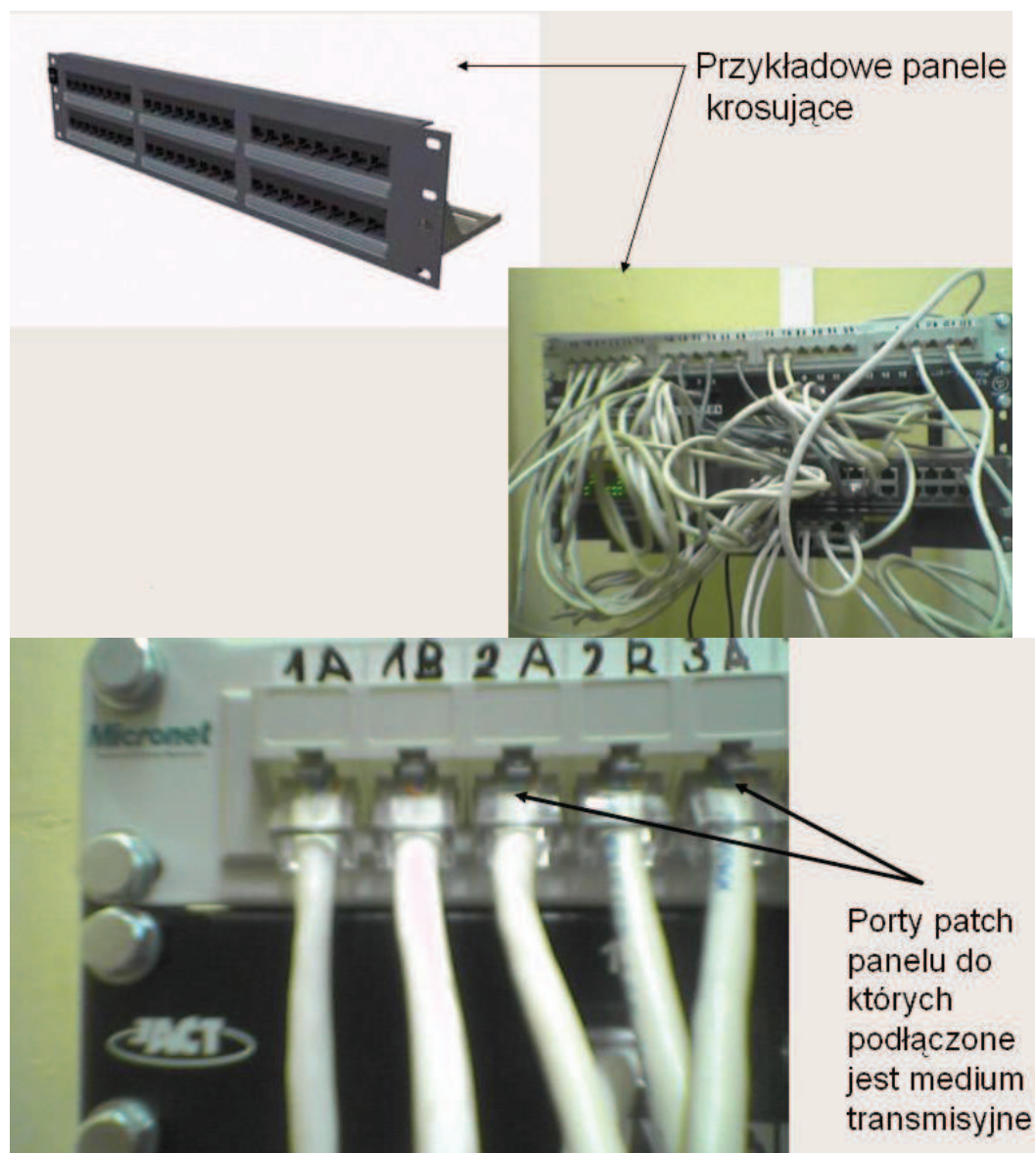
Punkt abonencki, do którego przyłączony jest użytkownik sieci strukturalnej składa się standardowo z podwójnego gniazda typu RJ 45 (rysunek 9) i ewentualnie dodatkowego gniazda światłowodowego, umieszczonych najczęściej w puszcze instalacyjnej (natynkowej, podtynkowej lub przeznaczonej pod suchy tynk). Zaleca się umieszczenie jednego podwójnego punktu abonenckiego na każde 10 metrów kwadratowych powierzchni okablowywanej w budynku. Na rynku spotyka się dwa standardowe rozmiary pojedynczych modułów RJ 45 o wymiarach – 25x50mm (Euromod[®] M1) i 22,5x45mm (ModMosaic[®]).

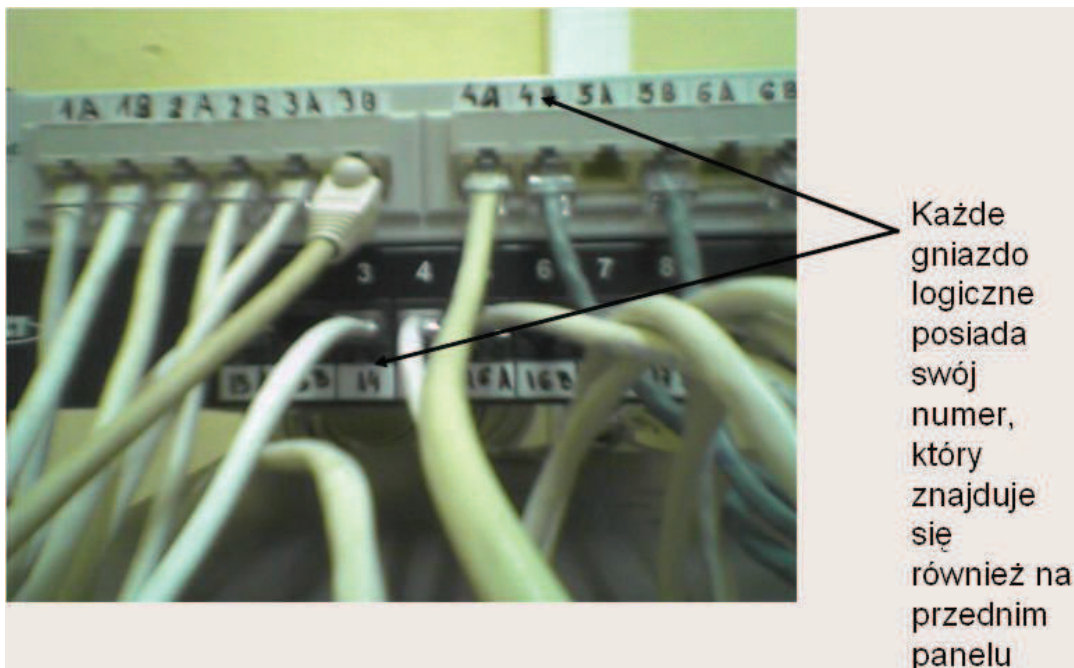


Rysunek 9. Konfiguracja punktu abonenckiego



3.10. Panel krosujący





3.11. Standardy w okablowaniu.

Z praktycznego punktu widzenia bardzo istotne jest stosowanie standardów instalacyjnych w sieciach okablowania strukturalnego. Umożliwia to dołączanie sprzętu aktywnego pochodzącego od różnych producentów do infrastruktury kablowej, która stanowi interfejs pomiędzy różnymi aktywnymi urządzeniami sieciowymi.

Standardy zapewniają także dużą elastyczność w momencie, gdy zachodzi potrzeba zmiany umiejscowienia sprzętu. W nowym miejscu po prostu podłącza się sprzęt do istniejącego już przyłącza sieciowego, dokonuje się odpowiednich zmian w szafie dystrybucyjnej i to wszystko. Nie potrzebne są już żadne zmiany w instalacji kablowej.

Możliwe jest to tylko wówczas, gdy istniejąca infrastruktura kablowa została zaprojektowana i wykonana zgodnie z określonymi standardami i normami dotyczącymi okablowania strukturalnego.

Prace standaryzacyjne nad okablowaniem strukturalnym zapoczątkowane zostały w USA. W związku z czym pierwszą normą dotyczącą okablowania strukturalnego była norma amerykańska EIA/TIA 568A. Na niej wzorowane są normy międzynarodowa ISO i europejska EN. Pomimo wspólnego rodowodu normy te różnią się między sobą niektórymi szczegółami. Przykładowe różnice pomiędzy poszczególnymi normami zebrane zostały w tabeli 2. Prace standaryzacyjne prowadzone są pod kierunkiem ISO (International Standard Organization) i IEC (International Electrotechnical Commission). Standardy definiują kable, złącza, metody instalacyjne, metodykę pomiarów oraz klasyfikację instalacji. Najważniejsze standardy międzynarodowe, amerykańskie i europejskie zebrane zostały w tabeli 5.

Tabela 2. Różnice między standardami ISO 11 801 i EIA/TIA 568

Standard		Kable skrętkowe [Ohm]	Złącza kabli skrętkowych	Krosowanie	Światłowód	Złącze światłowodowe	Klasa aplikacji
EIA/TIA TSB 36 TSB 40 TSB 53	Komponenty	100 150	RJ45 Dane	RJ45	62,5/125 μm 50/125 μm	SC i ST	
ISO/IEC IS 11801	Łącza i aplikacje	100 120 150	RJ45 Dane	RJ45	62,5/125 μm 50/125 μm	SC i ST	A, B, C, D, światłowód

3.12. Kategorie skrętki i klasy aplikacji

Kategoria medium	Klasa A	Klasa B	Klasa C	Klasa D	Łącze światłowodowe
Kategoria 3	2000 m	500 m	100 m	-	
Kategoria 4	3000 m	600 m	150 m	-	
Kategoria 5	3000 m	700 m	160 m	100 m	
Para skręcona 150 Ohm (IBM)	3000 m	400 m	250 m	150 m	
Światłowód wielomodowy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	2000 m
Światłowód wielomodowy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	3000 m

Tabela 4. Klasy aplikacji sieciowych

Klasa	Aplikacja
A	Głos i aplikacje o częstotliwości do 100 kHz
B	Aplikacje dotyczące danych o małej częstotliwości do 1 MHz
C	Aplikacje dotyczące danych o małej częstotliwości do 16 MHz
D	Aplikacje dotyczące danych o małej częstotliwości do 100 MHz
światłowodowa	Zdefiniowana dla aplikacji od 10 MHz w górę

3.12.2 Słowniczek

AWG – z ang. American Wire Gauge - amerykański wzorec grubości przewodów służący do określania rozmiaru przewodów; im większy jest numer AWG, tym mniejsza jest średnica przewodu (24 AWG = 0,51 mm);

balun (układ równoważący) – urządzenie łączące kable symetryczne (UTP) z niesymetrycznymi (np. kabel koncentryczny RG-58), z dopasowaniem impedancji (ze 100Ω do 75Ω);

mod – z ang. mode – pojęcie oznaczające rozkład pola elektromagnetycznego, spełniające teoretycznie wymogi rozchodzenia się ruchem falowym lub oscylacyjnym w falowodach. Występują np. w światłowodach i laserach. Najprościej można je określić jako ścieżki, którymi wędrują promienie światła (uwaga: nie mylić modu z kanałem).

peschel – rurka instalacyjna karbowana, giętka rurka wykonana z PCV służąca do prowadzenia przewodów najczęściej pod tynkiem;

polaryzacja – fizyczny kształt złącza modularnego. Standardem w sieciach telekomunikacyjnych i teleinformatycznych są wtyczki modularne zaproponowane przez WEC Co (Western Electric Company).

pole krosowe – zestaw gniazd teleinformatycznych, będących zakończeniami gniazd znajdujących się w pomieszczeniach, służący do zestawiania przy pomocy kabli krosowych. Miejsce w którym dokonuje się połączeń pomiędzy sprzętem aktywnym, a okablowaniem poziomym;

punkt dystrybucyjny – miejsce do którego dochodzą wszystkie kable teleinformatyczne i w którym można dokonać połączeń pomiędzy nimi, a także miejsce w którym zamontować można aktywny sprzęt sieciowy;

PVC (PCV) – Polichlorek Winyłu, materiał najczęściej stosowany do izolacji przewodów elektrycznych;

sekwencja – sposób rozszycia poszczególnych przewodów w gniazdku, wtyczce RJ45 i panelu krosowym. Rodzaj sekwencji dopuszczonych do stosowania w instalacjach okablowania strukturalnego określony jest w normach, np. norma EN 50173 zaleca stosowanie sekwencji 568B;

USOC – z ang. Uniform Service Ordering Code –

1. ujednolicony kod zamówień usługowych, system opracowany w USA dla uproszczenia zamówień dla przemysłu telekomunikacyjnego, normujący oznaczenia i nazewnictwo.
2. Określenie używane początkowo przez spółki telefoniczne dla opisu standardowego gniazda modularnego, różniącego się od gniazd RJ11W czy RJ11C. Ostatnio tym terminem określa się jedną z sekwencji połączeń.

UTP – z ang. Unshielded Twisted Pair, kabel miedziany – skrętka nieekranowana;

warstwa fizyczna – z ang. Physical Layer – poziom zerowy (najniższa warstwa) w modelu referencyjnym OSI służącym do opisywania systemów wymiany informacji; nazwa stosowana najczęściej w określaniu poziomów napięcia, okablowania, prędkości przesyłania sygnału, sygnalizacji pomiędzy elementami wyposażenia.

3.13. Kabel prosty i krzyżowy

Mimo że termin kabel skręcany może odnosić się do wielu typów kabli, w przemyśle sieci komputerowych oznacza zwykle kabel telefoniczny. Najczęściej odnosi się do kabla zgodnego ze specyfikacją firmy AT&T dla kabla D-Inside Wire (DIW), który jest mniej podatny na szумы i przesłuch niż inne kable nieekranowane. Specyfikacja Type 3 firmy IBM jest zgodna z DIW. Kabel typu DIW jest łatwo rozpoznawalny: posiada szarą lub beżową otulinę, a każda para ma charakterystyczny kolorowy kod.

Pierwsze cztery pary mają następujące kolory:

Para 1: Biały z niebieskim paskiem, niebieski z białym paskiem

Para 2: Biały z pomarańczowym paskiem, pomarańczowy z białym paskiem

Para 3: Biały z zielonym paskiem, zielony z białym paskiem

Para 4: Biały z brązowym paskiem, brązowy z białym paskiem

Dwa typy łączników są powszechnie stosowane przy łączeniu sieci z nieekranowanym kablem skręcany: sześć-pozycyjne **łączniki modularne**, o oznaczeniu **RJ-11** oraz ośmiopozycyjne łączniki modularne o oznaczeniu **RJ-45**

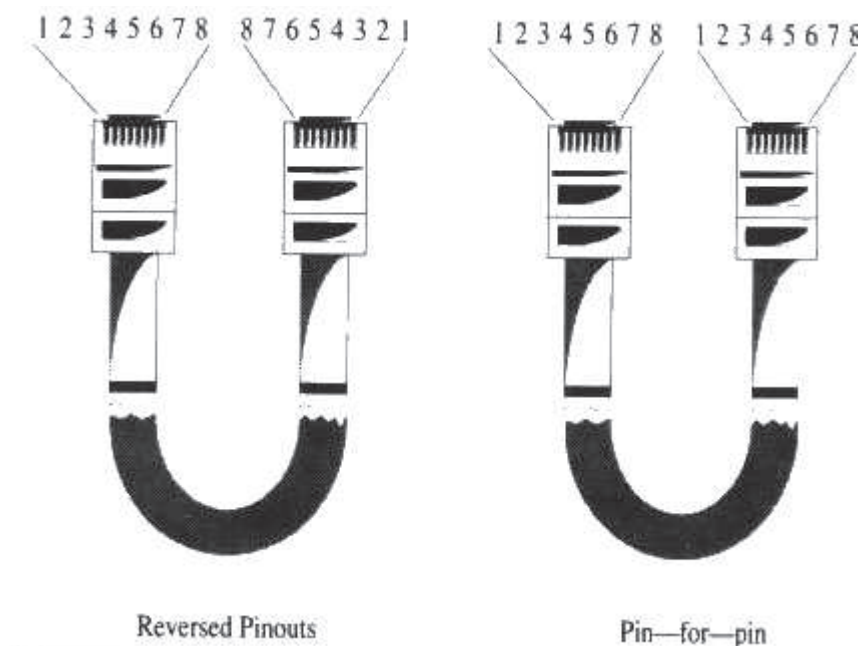
Kabel nieekranowany jest prawie zawsze instalowany w konfiguracji gwiazdowej rozchodząc się z jednego lub kilku centralnych łączy. Połączenia w takim centrum realizowane są w oparciu o bloki Quick-Connect Block typu S66. Są one dostępne w kilku konfiguracjach, ale najczęściej mają dwa rzędy po 50 podwójnych łączników (patrz Rysunek 2-5). Inne rozwiązanie stanowi blok typu 110 promowany przez AT&T. Jest on trochę inaczej zaprojektowany niż blok typu 66, ale ma to samo zastosowanie.

Przy użyciu specjalnego narzędzia (patrz Rysunek 2), miedziane druty typu DIW mogą być szybko i łatwo łączone z blokiem typu 66 bez konieczności zdzierania izolacji. Bloki mają zazwyczaj 50 łączników do łatwego przyłączenia 25-cio parowych kabli.

Kable powinny być przyłączane do bloków w standardowy sposób. Przy kablu 25-cio parowym, na przykład, para nr 1 powinna być na górze a para nr 25 na dole. Kable o dwóch, trzech i czterech parach są zwykle dołączane grupowo, przy czym pierwsza grupa zaczyna się u góry a ostatnia grupa na dole bloku. Połączenia między obwodami mogą być dokonywane poprzez przyłączenie dwóch obwodów razem po tej samej stronie bloku, lub przez przyłączenie obwodów po różnych stronach bloku i zastosowanie przewodów łączących obie części lub specjalnych spinaczy łączących.

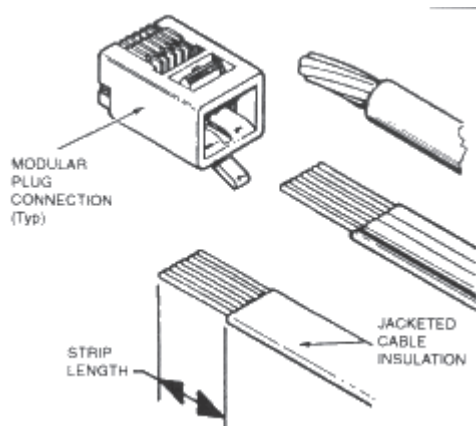
3.13.1 Końcówki kabla

Należy się upewnić, że kable są przyłączone do złączników prawidłowo. Końcówki nieekranowanych kabli skręcanych są podłączane odwrotnie (końcówka 1 do 8, końcówka 7 do 2, itd), lub zgodnie (końcówka 1 do 1, końcówka 2 do 2, itd). (Patrz rysunek 2.8) Kable telefoniczne są zwykle typu odwrotnego. Kable używane do przesyłania danych są najczęściej, ale nie zawsze, typu zgodnego. ARCNET, Token Ring i 10BASE-T Ethernet (okablowanie stacji roboczych) są zazwyczaj typu zgodnego. Kable LocalTalk używające systemu Farallons PhoneNet są typu odwrotnego.



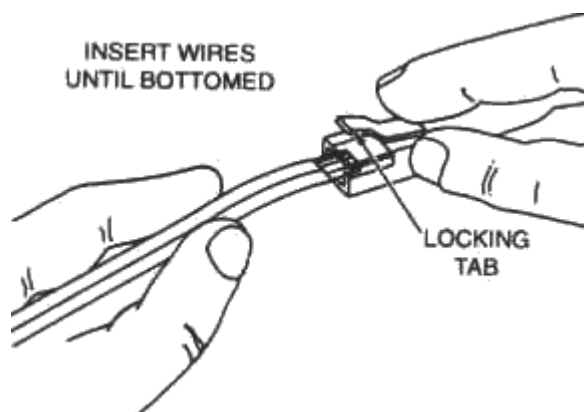
3.13.2 Montowanie wtyku RJ45

Przyciąć koniec kabla tak, aby był kwadratowy. Zdjąć ok 0,5 cm zewnętrznej izolacji z kabla przy instalowaniu do dwu-, cztero- i sześcioliniowych złączników (RJ-11), a ok. 1 cm przy instalowaniu do ośmioliniowych złączników (RJ-45) (patrz Rysunek 5). Nie należy zdejmować izolacji z poszczególnych przewodów.



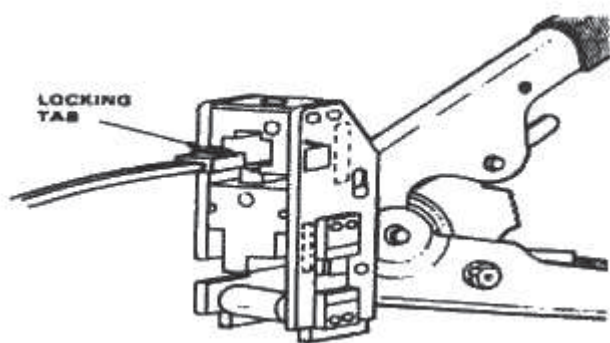
Kabel przygotowany do połączenia z łącznikiem modularnym

Wetknąć kabel do wtyczki tak aby kable dotykały dna (patrz Rysunek niżej).



Wstawianie kabla do złącznika modularnego.

Wstawić złącznik do szczypiec obciskowych, przytrzymując przewody tak, aby były głęboko wewnątrz złącznika.



Ściskanie złącznika modularnego.

Ścisnąć szczypce. Niektóre droższe typy szczypiec stosują mechanizm zapadkowy powodujący zwolnienie uścisku, kiedy połączenie jest gotowe. Otworzyć szczypce i wyjąć złącznik. Przy niektórych typach szczypiec konieczne może być wcisnięcie klapki blokującej na złączniku, aby umożliwić wyjęcie złącznika. Sprawdzić, czy końcówki kabla zostały w pełni dociśnięte, czy ściśnięta część plastikowej obudowy złącznika obejmuje zewnętrzną izolację kabla, oraz czy polaryzacja jest prawidłowa.

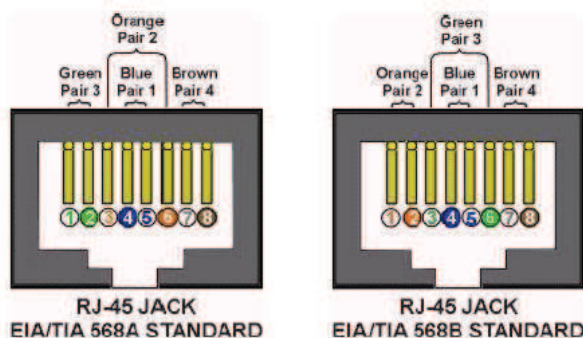
KROSOWANIE PRZEWODÓW

Kolejność podłączenia przewodów skrętki jest opisana dwoma normami EIA/TIA 568A oraz 568B.

Dla połączenia komputera z koncentratorem lub przełącznikiem stosuje się tzw. kabel prosty (straight-thru cable), który z obu stron podłączony jest tak samo wg standardu 568A lub 568B.

Dla połączenia bezpośrednio dwóch komputerów bez pośrednictwa huba konieczna jest taka zamiana par przewodów, aby sygnał nadawany z jednej strony mógł być odbierany z drugiej. Ten kabel nosi nazwę kabla krzyżowego (cross-over cable) i charakteryzuje się tym, że jeden koniec podłączony jest wg standardu 568A zaś drugi 568B. Odpowiednikiem kabla krzyżowego w połączeniu dwóch hubów jest gniazdo UpLink. Przy połączeniu kaskadowo dwóch hubów kablem prostym jeden koniec kabla podłączamy do jednego z portów huba pierwszego, zaś drugi koniec podłączony musi być do huba drugiego do portu UpLink. Przy podłączeniu kablem krzyżowym dwóch hubów, oba końce kabla muszą być dołączone do portów zwykłych lub do portów UpLink. Port UpLink został wprowadzony po to, aby w połączeniach pomiędzy hubami uniknąć konieczności stosowania innego kabla niż we wszystkich innych połączeniach. Ze względu na swą funkcję, port ten określany jest czasami terminem portu z wewnętrznym krzyżowaniem.

Zarówno kable, gniazda, jak i przełączniki realizujące funkcję krzyżowania powinny być dla odróżnienia oznaczone symbolem X.



Jeżeli połączenie wykonywane jest kablem prostym to zaleca się stosowanie sekwencji 568A ze względu na to, że elementy sieciowe typu patchpanel lub gniazdo przyłączeniowe mają naniesione kody barwne przewodów tylko w standardzie 568A lub w obu tych standardach. Oczywiście dopuszczalne jest również stosowanie alternatywnej sekwencji 568B.



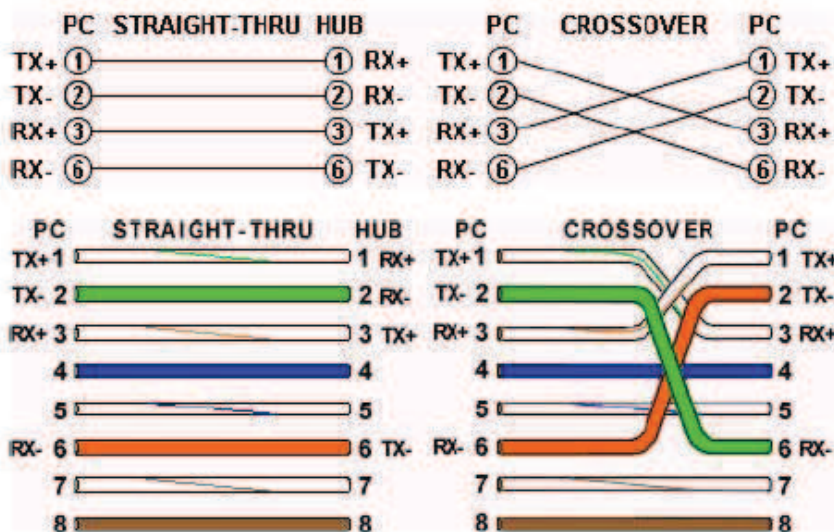
Są więc tylko dwa rodzaje końców kabla, które odpowiadają normom EIA/TIA 568A oraz EIA/TIA 568B. W skrętce 5 kategorii są cztery pary przewodów. Każda para składa się z przewodu o danym kolorze, oraz przewodu białego oznaczonego kolorowym paskiem o kolorze tym samym, co skręcony z nim przewód przy czym przewód z paskiem jest przed przewodem w kolorze jednolitym. Wyjątek stanowi para niebieska, która ma kolejność odwrotną:

Kolejność przewodów wg standardu **EIA/TIA 568A** jest następująca:

1. biało-zielony
2. zielony
3. biało-pomarańczowy
4. niebieski
5. biało-niebieski
6. pomarańczowy
7. biało-brązowy
8. brązowy

Kolejność przewodów wg standardu **EIA/TIA 568B** jest następująca:

1. biało-pomarańczowy
2. pomarańczowy
3. biało-zielony
4. niebieski
5. biało-niebieski
6. zielony
7. biało-brązowy
8. brązowy



Pary oznaczane są następująco:

1. para niebieska
2. para pomarańczowa
3. para zielona
4. para brązowa

Przed włożeniem przewodów we wtyczkę, zewnętrzna izolacja kabla UTP powinna zostać ściągnięta na odcinku około 12 mm, a następnie przewody powinny zostać wsunięte do oporu w podanej powyżej kolejności. Należy pamiętać, aby podczas montowania kabla w przyłączach gniazd nie dopuścić do rozkręcenia par przewodu na odcinku większym niż 13 mm gdyż może spowodować to zmniejszenie odporności na zakłócenia

3.14. Testowanie okablowania strukturalnego

Pomiarów dokonujemy w pełni cyfrowym przyrządem np. firmy FLUKE DSP-4100, testującym kable wysokiej jakości do 350 MHz, Wyniki pomiarów są podstawą do certyfikacji okablowania strukturalnego i uzyskania gwarancji na okres 15 lat na system wykonany w technologii Telegaertnera (dotyczy autoryzowanych partnerów AJM Electronics)

Miernik przeznaczony jest do testowania połączeń miedzianych i światłowodowych w sieciach komputerowych i wszelkiego typu szybkich systemach transmisyjnych oraz analizowania ruchu sieciowego w systemach 10BASE-T i 100BASE-TX. W stosunku do odpowiedników analogowych, DSP-4000 oferuje nieporównywaną większą funkcjonalność i dokładność pomiarową. Dostępne testy i pomiary to:

- mapa połączeń
- długość segmentu
- rezystancja pętli DC
- impedancja charakterystyczna
- opóźnienie propagacji
- różnica opóźnień pomiędzy poszczególnymi parami
- tłumienie
- tłumienność odbicia (Return Loss) z obu stron
- NEXT dwukierunkowy, ELFEXT dwukierunkowy
- Power Sum NEXT dwukierunkowy, Power Sum ELFEXT dwukierunkowy
- Zmiany NEXT-a w funkcji długości segmentu
- ACR dwukierunkowy
- Power Sum ACR dwukierunkowy

Wyniki wyświetlane są w formie graficznej lub tekstowe. Wszystkie testy (dla jednego segmentu) wykonywane są automatycznie w czasie ok. 10sek.

Poprawne i niezawodne funkcjonowanie połączonych sieci telekomunikacyjnych i komputerowych wymaga wszechstronnej wiedzy metrologicznej administratora, wspartej współczesnymi narzędziami do wyszukiwania uszkodzeń w sieciach komputerowych, także analizy i diagnozy za pomocą testerów sieciowych, sond i analizatorów. W celu przybliżenia problemu testowania sieci komunikacyjnych rozpoczynamy nowy dział traktujący o problemach testowania i sposobach usuwania uszkodzeń. Dzisiaj wprowadzenie do sposobów testowania sieci.

Jeszcze kilkanaście lat temu powszechne usługi telekomunikacyjne były świadczone przy użyciu tylko jednej technologii przekazu, a mianowicie połączenia kablem miedzianym. Obecnie istnieje wiele innych technologii (choć upadek telekomunikacji tradycyjnej wcale nie nastąpił) umożliwiających wzajemne połączenia między rozproszonymi abonentami. Łącznie z przekazem tradycyjnym można je sklasyfikować w trzech kategoriach:

- sieci bezprzewodowe wykorzystujące fale radiowe, mikrofałe lub podczerwień do indywidualnej lub zbiorowej komunikacji;
- sieci kablowe - w których jako medium transportowe stosuje się bądź połączenia miedziane (przekazy sygnału elektrycznego w tradycyjnej telefonii i łączach telewizji kablowej), bądź światłowodowe do prowadzenia sygnałów optycznych;
- sieci satelitarne - traktowane oddzielnie ze względu na specyfikę transportu sygnałów radiowych, korzystających z pośrednictwa krążących na orbicie okołoziemskiej satelitów komunikacyjnych.

Nowe technologie cyfrowe szybko wkraczają zarówno do telekomunikacji, jak i teletransmisji, zacierając przy okazji różnice występujące do tej pory między sieciami komputerowymi i telekomunikacyjnymi - zwłaszcza że sieci te są razem połączone i tworzą jedną pajęczynę światową Internetu. Jak do tej pory żadna z nowych technologii nie zdominowała rynku, do czego mocno przyczyniają się producenci i operatorzy tradycyjnej telekomunikacji przewodowej POTS (Plain Old Telephone Services) - rozszerzając swoje usługi o dostęp szerokopasmowy „ostatniej mili” (xDSL, CATV i LMDS). I choć świat skłania się do komunikacji bez kabli, dotychczasowi monopolści nie ustępują łatwo pola producentom urządzeń w „czystej” technologii bezprzewodowej. Tam, gdzie nie ma rozwiniętej sieci kablowej, operatorzy telefonii bezprzewodowej (ruchowej komórkowej i stacjonarnej typu DECT) szybko opanowują nawet ponad 20 procent rynku. Są oni również dobrze widoczni w

rejonach, gdzie sieć kablowa jest zbyt intensywnie eksploatowana - a więc w metropoliach o dużym zagęszczeniu abonentów, zwykle wymagających szerokiego pasma przenoszenia dla usług medialnych.

3.14.1 Cyfryzacja pomiarów

Różnorodność istniejących protokołów, wielorakie architektury sieci stacjonarnych LAN/WAN i bezprzewodowych WLAN (Wireless LAN) oraz stosowanych technologii w łączach telekomunikacyjnych powodują, że diagnozowanie poprawności działania takich sieci staje się coraz trudniejsze. Czasy, w których do pomiaru parametrów sieci telekomunikacyjnej opartej na miedzi wystarczały uniwersalne mierniki oporności (rezystancji), pojemności (konduktancji) czy indukcyjności (induktancji), raczej już minęły. Co więcej, nawet korzystanie z tak wszechstronnego urządzenia, jakim był i nadal pozostaje oscyloskop analogowy, bywa rzadkością w diagnozowaniu współczesnej sieci. Tym bardziej że coraz większe szybkości sygnałów (1 Gb/s), pochodzących z wielu niezależnych źródeł i razem zmieszanych strumieni danych, uniemożliwiają tradycyjny sposób interpretacji mierzonych wielkości przez zwykłą ich prezentację na ekranie testera. Lata osiemdziesiąte zmieniły filozofię konstruowania narzędzi pomiarowych i to nie tylko w telekomunikacji - przez cyfryzację urządzeń testujących: najpierw za pomocą uniwersalnych mikroprocesorów, później specjalizowanych, ale nadal działających na informacjach bajtowych. W końcu do testerów wkroczyły specjalizowane procesory sygnałowe DSP (Digital Signal Processor) operujące poszczególnymi bitami, o mocach obliczeniowych znacznie przewyższających powszechnie używane mikroprocesory. Przy niewielkich rozmiarach i znikomym poborze mocy szybkość przetwarzania współczesnych układów DSP przekracza nawet moc silnych stacji roboczych i sięga powyżej 500 mln instrukcji na sekundę. Cyfrowe technologie przenoszenia i zapisu danych odgrywają teraz coraz większą rolę we współczesnym sposobie informowania społeczeństwa: cyfrowa telekomunikacja, dźwięk cyfrowy, cyfrowa fotografia, obraz, radio i multimedia są obecnie podstawowymi środkami komunikacji. Wszystkie te nowoczesne środki przekazu wymagają również cyfrowych metod pomiarowych i właściwego zrozumienia indywidualnych problemów testowych, występujących w konkretnym środowisku pomiarowym, dając w rezultacie nowe, wyrafinowane i inteligentne systemy pomiarowo-diagnostyczne.

Istnieją dwie strategie testowania, według których może przebiegać kompleksowe sprawdzanie sieci komunikacyjnej: testowanie odgórne i oddolne. Strategia testowania odgórnego (**top down**) zakłada początek testowania od najwyższej warstwy sieciowej, po czym kolejno są diagnozowane coraz niższe warstwy sieci. Jest ona stosowana głównie w sieciach już działających, nawet współbieżnie z eksploatacją sieci. W tym sposobie testowania najpierw sprawdza się poprawność aplikacji między głównymi węzłami sieciowymi, następnie komunikację węzłów pośredniczących i dopiero na końcu poprawność poszczególnych kanałów fizycznych sieci teletransmisyjnej. W strategii testowania oddolnego (**bottom up**), testowanie sieci rozpoczyna się od warstwy najniższej, czyli sprawdzania kabli i połączeń fizycznych, i stopniowo przechodzi do diagnozowania coraz wyższych warstw. Chociaż testowanie oddolne stosuje się zwykle podczas uruchamiania sieci nowych, w praktyce używa się naprzemiennie obydwóch sposobów diagnozowania sieci teleinformatycznej.

3.14.2 Testowanie sieci telekomunikacyjnej

Nowe technologie pozwalają na łączenie nadrzędnej - jak do tej pory - infrastruktury telekomunikacyjnej SDH (Synchronous Digital Hierarchy) i ATM (Asynchronous Transfer Mode) - o plezjochronicznej hierarchii PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) należy stopniowo zapominać - z lokalnymi lub rozległymi sieciami komputerowymi LAN/WAN, prowadzącymi transport pakietowy, definiowanymi w kategoriach warstwowego modelu sieci ISO/OSI. Dla urządzeń typowo telekomunikacyjnych za podstawowe kryterium sprawdzania przyjęto testowanie zgodności, rozumianej jako stwierdzenie poprawności implementacji konkretnego i uprzednio opisanego protokołu (sposobu działania, usługi, interfejsu) w rzeczywistym systemie telekomunikacyjnym.

Tabela. Typowe uszkodzenia sieci lokalnej LAN

Warstwa	Rodzaj uszkodzenia	Narzędzia diagnostyczne
fizyczna	<ul style="list-style-type: none"> ● fizyczne uszkodzenie kabla, błąd interfejsu logicznego ● niewłaściwe przyłączenie kabla 	<ul style="list-style-type: none"> ● źródła sygnału, dzielniki, tłumiki i mierniki mocy ● analizator kabli, reflektometr kablowy TDR ● reflektometr optyczny OTDR
podsieci	<ul style="list-style-type: none"> ● błędna adresacja węzła ● niewłaściwe skonfigurowanie interfejsów sieci ● uszkodzenie mostu 	<ul style="list-style-type: none"> ● analizator protokołów sieciowych ● systemowe narzędzia diagnostyczne (<i>ping</i>) w poszczególnych firmowych platformach zarządzania (HP, Sun, IBM, 3Com, Cisco, Cabletron)
sieciowa SNMP,	<ul style="list-style-type: none"> ● uszkodzenie routera ● złe skonfigurowanie routera ● niepoprawna numeracja w sieci 	<ul style="list-style-type: none"> ● analizator protokołów sieciowych ● systemowe narzędzia diagnostyczne baza danych MIB 1
protokołu (sesji, SNMP,	<ul style="list-style-type: none"> ● przeciążenie w sieci ● niewłaściwa numeracja portów ● przeciążenie sieci 	<ul style="list-style-type: none"> ● sondy programowe standardu RMON 1 ● analizator protokołów sieciowych ● systemowe narzędzia diagnostyczne
prezentacji) aplikacji SNMP,	<ul style="list-style-type: none"> ● duże opóźnienia pakietowe w sieci ● poczta elektroniczna, faksowa, głosowa ● niewłaściwe aplikacje serwerowe 	<ul style="list-style-type: none"> baza danych MIB 1, baza MIB 2 ● sondy RMON 1, sondy RMON 2 ● analizator protokołów sieciowych ● systemowe narzędzia diagnostyczne baza danych MIB 1, baza MIB 2

TDR (*Time Domain Reflectometer*), OTDR (*Optical TDR*), RMON (*Remote MONitoring*), MIB (*Management Information Base*), SNMP (*Simple Network Management Protocol*), HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*).

Ze względu na międzynarodowy i ogólnoświatowy charakter współdziałania protokołów takich urządzeń sposoby testowania zostały zdefiniowane i uszczegółowione w standardzie ISO/IEC 9646 jako „Metodyka i ramy koncepcyjne testowania zgodności”. W opracowaniu tym wymienia się narzędzia (dwa typy testerów, dolny i górny dla każdej warstwy modelu OSI), sposoby i lokalizacje pobudzania (prowokowanie reakcji) odpowiedniej warstwy protokołu oraz sposób obserwacji testowanej warstwy za pomocą jednej z czterech metod: lokalnej, rozproszonej, skoordynowanej i zdalnej. Stosowane testy nie są przypadkowe, lecz specyfikują sekwencje zdarzeń testowych obejmujących pobudzenia i odpowiedzi oraz składają się zwykle z wielu pojedynczych kroków testowych (testy pojedyncze i grupowe), opisujących kolejno funkcje i zachowanie się konkretnego protokołu transmisji. Jest oczywiste, że dla każdego typu sieci telekomunikacyjnej PDH, SDH czy ATM ze względu na bardzo dużą różnorodność stosowanych elementów (węzły, porty, szybkości, interfejsy) są potrzebne indywidualne sposoby testowania, odmienne zestawy testów, także różne testery i analizatory zachodzących zdarzeń. W tym zakresie testowania nie istnieje pojęcie uniwersalnego testu ani uniwersalnego testera sieci.

Pomiary telekomunikacyjne

Trzonem polskiej sieci telekomunikacyjnej są trakty światłowodowe z transmisją synchroniczną i zwielokrotnieniem SDH oraz znajdujące się w stanie eksperymentalnym fragmenty sieci asynchronicznej ATM. W odróżnieniu od będącej już w zaniku tradycyjnej sieci plezjochronicznej PDH, gdzie

diagnostykę prowadzi się głównie przy wyłączonej transmisji, testowanie synchronicznej hierarchii cyfrowej SDH wymaga kontroli i monitorowania systemu w czasie pracy, a to w celu uzyskania dokładnych wyników pomiarów przy największej szybkości transmisji. Oprócz pomiarów typowo transmisyjnych (oporność styków, tłumienność, stopa błędów, jitter) w przypadku systemów SDH są to pomiary i testy kanałów transportowych T1/E1, T3/E3 oraz strumieni interfejsowych standardu V5.1 i V5.2, z zastosowaniem zaawansowanych technik cyfrowych związanych z synchronizacją zegarów i zestawów testowych. Bardzo korzystną cechą testowanych urządzeń sieci SDH jest fakt, że metody pomiarowe są niemal identyczne na wszystkich etapach badań, poczynając od końcowej fazy produkcji, przez testy prowadzone podczas instalacji i zgodności systemu przy oddawaniu go do eksploatacji, a na rutynowych badaniach kontrolnych i diagnozowaniu poszczególnych fragmentów sieci kończąc. Ujednoczenie metodologii pomiarów stało się możliwe dzięki całkowitej cyfryzacji, nie tylko na poziomie urządzeń i sieci, ale ze względu na cyfrową postać transportowanych sygnałów. Dla każdego rodzaju sieci telekomunikacyjnej wymagane są inne pomiary, zależnie od celu i przedmiotu testowania. Tylko w sieci synchronicznej SDH można wydzielić kilka grup testowych, sprawdzających poszczególne obszary funkcjonowania sieci, wśród których można wyróżnić:

- testy poprawności odwzorowania plezjochronicznych sygnałów PDH w modułach transportowych STM (Synchronous Transport Mode);
- pomiary i testowanie sprawności wbudowanych alarmów programowych;
- zasadnicze pomiary jakości przekazów, czyli określenie stopy błędów transmisji w sieci;
- pomiary sprawności styków optycznych i elektrycznych w interfejsach;
- pomiary wartości fluktuacji fazy (jitter) i wędrówki (wander);
- pomiary układów zegarowych i synchronizacji;
- testowanie systemu zarządzania.

Sprawdzanie sieci komputerowej:

Sieć komputerowa, traktowana jako zespół węzłów przełączających z dołączonymi do nich centrami obliczeniowymi o heterogenicznym charakterze, jest również złożonym obiektem do testowania. Z jednej strony obejmuje konkretną strukturę fizyczną, połączoną interfejsami o różnorodnych parametrach technicznych, z drugiej strony, pomimo rozproszenia obiektów, stanowi zamkniętą topologię logiczną wraz z oferowanymi usługami, zmiennymi możliwościami przetwarzania i zwykle rozległymi zasobami sieci. Z uwagi na złożoność i różnorodność struktury sieci LAN (pierścienie, podsieci), zmienny zasięg, rozproszenie, różne oprogramowanie i znaczną liczbę producentów sprzętu sieci te stwarzają możliwość powstawania wielorakich błędów, których lokalizacja i diagnozowanie wcale nie są łatwe. W większości sytuacji niepoprawna praca sieci komputerowej nie jest spowodowana fizycznym uszkodzeniem połączeń sieciowych (błędy trwałe), lecz jest wynikiem zakłóceń w kanale transmisyjnym, brakiem synchronizacji lub chwilowym przeciążeniem fragmentu sieci. Stąd zachodzi nieustająca potrzeba ciągłego (lub okresowego) nadzorowania wymaganej jakości sieci przez wykrywanie i diagnozowanie błędów, które w wielu przypadkach mogą być skorygowane programowo przez protokoły wyższych warstw sieci. W coraz częściej spotykanych sieciach komputerowych opartych na rodzinie protokołów TCP/IP - co odpowiada współczesnym koncepcjom sterowania sieciami teleinformatycznymi (intranetu i ekstranetu) - dla uproszczenia sposobów diagnozowania różnorodnych błędów używa się modelu warstwowego sieci ISO/OSI. Dzięki temu występujące uszkodzenia i błędy można już przyporządkować do poszczególnych warstw modelu, upraszczając w ten sposób testowanie, gdyż na każdym poziomie występują inne typy błędów - związane z konkretnymi przyczynami (zob. tabela). Sposób testowania lokalnych sieci komputerowych LAN w zasadzie nie podlega standaryzacji, lecz ma zapewnić utrzymanie ciągłości działania sieci z określoną przepływnością (od 4 Mb/s do 100 Mb/s, a nawet do 1 Gb/s w sieciach Ethernetu), nieprzerwany dostęp do zasobów lokalnych, wysoką jakość transmisji (stopa błędów od 10^{-8} do 10^{-11}) w zależności od wymagań - przy zachowaniu odpowiedniej efektywności (czasu reakcji) oraz bezpieczeństwa sieci (wierność i poufność informacji). Do najczęściej stosowanych procedur lokalizujących uszkodzenia i diagnozujących sieci komputerowe należą:

- testowanie okablowania;
- dekodowanie strumienia danych wraz z analizą pakietów i protokołów;
- testowanie połączeń między wybranymi węzłami sieci;

- statystyczna analiza trafiku sieciowego;
- analiza konfiguracji i bieżącego stanu sieci;
- testowanie funkcji i realizacja procedur samotestowania.

Zgodnie z warstwową architekturą sieci można wydzielić następujące rodzaje pomiarów sieci komputerowych: pomiary parametrów fizycznych okablowania (miedzianego i światłowodowego), pomiary pasywne dokonywane wyłącznie przez obserwację i monitorowanie funkcjonowania sieci za pośrednictwem analizatorów oraz aktywne pomiary logiczne z możliwością iniekcji do sieci wybranych zestawów testowych.

3.14.3 Testery okablowania

Testery okablowania są wykorzystywane przede wszystkim do sprawdzania ciągłości okablowania oraz weryfikowania zgodności wszystkich kabli zainstalowanych w sieci z odpowiednimi normami, atestami producentów i wymaganiami użytkowników. Protokoły testowania sieci teleinformatycznej są jednym z elementów dokumentacji powykonawczej tej infrastruktury.

Produkowane obecnie testery charakteryzują się prostotą obsługi ponieważ instalator musi przetestować wszystkie zainstalowane przez niego łącza. Stawia to także wymóg, by czas pracy testera, niezbędny do testowania jednego łącza, był możliwie najkrótszy. Pierwsze testery potrzebowały na to 4 minuty, ale postęp w technologii ostatnio skrócił ten czas do 40, a nawet do 20 sekund. Z prostotą obsługi testera związane jest używanie w nim tylko jednego przycisku, co w konsekwencji powoduje automatyczne testowanie wszystkich wymaganych parametrów. Przycisk ten często nazywany jest AUTOTEST. Po wykonaniu testowania możliwe jest natychmiastowe zapoznanie się z wynikami. Wyniki (raporty) mogą być wydrukowane lub zapamiętane na dysku komputera.

Współczesne testery umożliwiają testowanie następujących, istotnych parametrów okablowania:

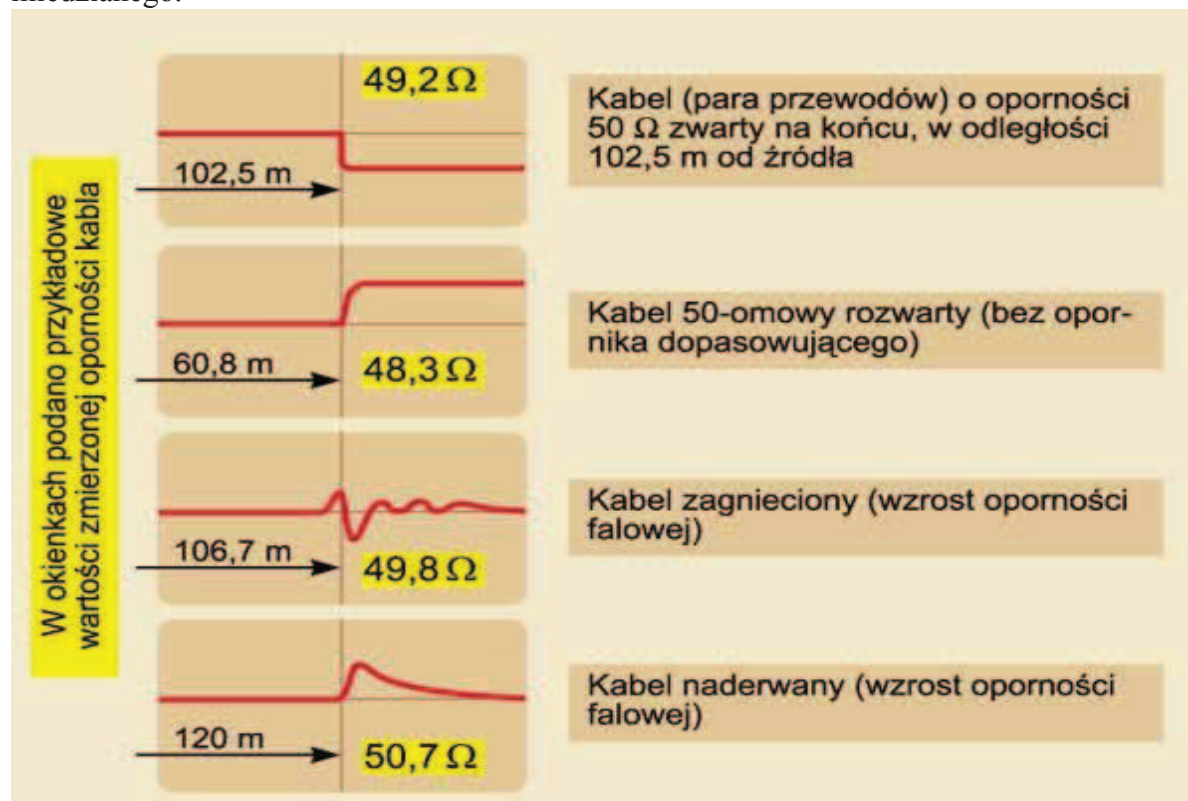
1. **Mapy okablowania** (Wire Map), rozumianej jako pełne sprawdzenie poprawności łącza na całej jego długości (End-to-End Connectivity).
2. **Tłumienności** (Attenuation), mierzonej w decybelach (dB) i określającej spadek mocy sygnału w kablu.
3. **Przesłuchu** między parami (NEXT loss lub Near End Crosstalk), który jest miarą sprzężenia między dwiema parami w tym samym kablu.
4. Stosunku **ACR** (Attenuation to Crosstalk Ratio) jako najważniejszego wskaźnika charakteryzującego łącze. Określa on stosunek sygnału do szumu SNR (Signal to Noise Ratio), w konsekwencji określającego błąd transmisji.
5. **Długości łącza** (Link Length).
6. **Opóźnienia propagacji** (Propagation Delay).
7. **Impedancji charakterystycznej** (Characteristic Impedance) – parametr teoretyczny, rozumiany jako stawianie oporu dla przepływu sygnału elektrycznego w dowolnym miejscu kabla.
8. **Oporności dla prądu stałego (DC Resistance)** – ważny parametr w technologii Token Ring.
9. **Współczynnik odbicia** (Return Loss).

W Polsce znane są trzy testery poziomu 1, umożliwiające pomiar NEXT loss z dokładnością do 4 dB: PentaScanner firmy Microtest, Lantek 100 firmy Wavetek, Wire Scope 100 firmy Scope Communications. Wszystkie wymienione testery mają funkcję AUTOTEST. Szybkość pracy testera przy realizacji tej funkcji jest bardzo ważna. I tak dla kroku co 100 kHz PentaScanner i Lantek 100 realizują funkcję AUTOTEST w czasie 95 sekund, a Wire Scope 100 w 60 sekund.

Pośród testerów poziomu 2, umożliwiających pomiar NEXT loss z dokładnością do 2 dB, warto wymienić: PentaScanner+ firmy Microtest, Lantek Pro firmy Wavetek, Fluke DSP-100 i DSP-2000 firmy Fluke oraz WireScope 155 firmy Scope Communications. Należy podkreślić, że różnice między testerami poziomów 1 i 2 nie sprowadzają się tylko do różnicy w dokładności pomiaru NEXT loss.

3.14.4 Testowanie okablowania

Jeszcze do niedawna jedynym celem pomiarów okablowania miedzianego za pomocą różnych rodzajów testerów kablowych było określenie i zlokalizowanie awarii kabla teletransmisyjnego z możliwie dużą dokładnością, początkowo nie gorszą niż kilkanaście metrów na łącznym dystansie do kilkuset metrów. Najprostsze pomiary pary przewodów miedzianych za pomocą miernika rezystancji, choć niekiedy stosowane awaryjnie, nie dają wystarczającej dokładności i ogólnego poglądu na stan łącza miedzianego.



Testery kablowe przeszły bodajże największą transformację w metrologii telekomunikacyjnej: od prostych i uniwersalnych przyrządów pomiarowych do testerów kablowych o cechach oferowanych we współczesnych analizatorach sieciowych nowszej generacji. Nadal co kilka lat powstają kolejne generacje przenośnych mikroprocesorowych urządzeń kablowych - coraz mniejszych i lżejszych, ale wyposażonych w znacznie więcej funkcji pomiarowych. Olbrzymia różnorodność testerów kablowych wynika z dwóch powodów: adaptacji ich funkcji do konkretnych potrzeb testowych sieci (POTS, ISDN, xDSL czy LAN/WAN) i ciągłego wzrostu wymagań odnośnie mierzonych parametrów linii przesyłowych (kategorie, przepływności, przesłuchy, stopień obciążenia linii, inne). Produkcją najrozmaitszych testerów okablowania zajmuje się kilkadziesiąt (jeśli nie kilkaset) przedsiębiorstw na świecie, wśród nich wszystkie wiodące firmy teleinformatyczne, takie jak FLUKE Networks Pomiary z dokładnością poniżej 1 m uzyskuje się reflektometrem kablowym TDR (Time Domain Reflectometer), mierzącym odstęp czasu między impulsem wysłanym a jego echem, czyli odbiciem sygnału od nieciągłości struktury fizycznej kabla. Nieciągłością badanego odcinka kabla może być rozwarcie, zwarcie, przerwa lub rozszczepienie pary, zmiana parametrów przewodów, zagniecenie czy przewężenie średnicy na skutek fizycznych naprężeń przewodów. Obrazy uzyskiwane za pomocą najprostszych reflektometrów analogowych (zastępujących generator impulsów i oscyloskop) umożliwiają na podstawie kształtu odpowiedzi właściwą interpretację zaistniałego błędu oraz dokładną lokalizację odległości uszkodzenia. Nadal często stosowane jako medium transportowe sieci lokalnych kable telefoniczne, składające się z nieekranowanych, skręconych par przewodów UTP (Unshielded Twisted Pair) i par ekranowanych STP (Shielded Twisted Pair) lub kabli współosiowych (zwanymi popularnie koncentrycznymi), wymagają przeprowadzania szeregu specyficznych pomiarów określających ich przydatność do konkretnych aplikacji. W szczególności w przewodowych sieciach LAN istnieje zapotrzebowanie na złożone i bardziej zaawansowane, najlepiej uniwersalne testery okablowania - działające wyłącznie w technice cyfrowej, lecz z analogową lub cyfrową prezentacją informacji o znacznie większej dokładności - określane jako

cyfrowe analizatory kablowe. Służą one do ustalenia zgodności parametrów instalacji kablowych z odpowiednimi normami EIA/TIA - 568/589, także w odniesieniu do wymagań odpowiednich kategorii okablowania 3, 4, 5 i wyższych. W większości są to mikroprocesorowe analizatory uniwersalne, zwykle przenośne, automatycznie wykonujące kompletne sekwencje pomiarowe i prezentujące w postaci cyfrowej lub tekstowej ostateczne wyniki pomiarów.

Pomiary te dotyczą głównie następujących parametrów:

- tłumienności i pojemności pary przewodów w ujęciu częstotliwościowym;
- bezwzględnej wielkości odbieranego poziomu sygnału;
- odstepu sygnału od szumu SNR (Signal to Noise Ratio), mierzonego w funkcji częstotliwości;
- występowania przesłuchów, a zwłaszcza przeniku zbliżonego NEXT w telefonicznych kablach wieloparowych;
- poziomu innych zakłóceń zewnętrznych.

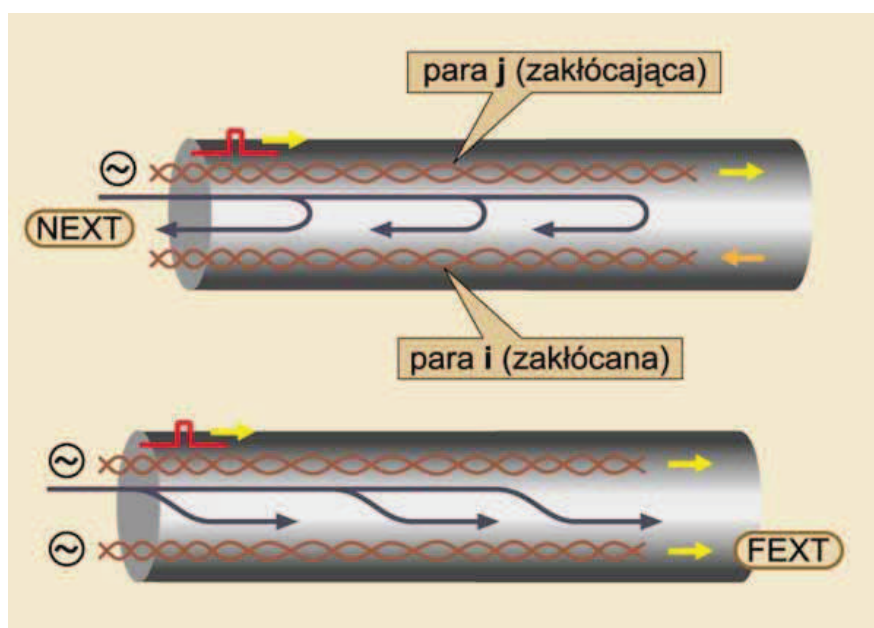
3.14.5 Przesłuchy w torach kablowych

Zasadniczym elementem wprowadzającym zakłócenia w przewodowych (kable miedziane) transmisjach cyfrowych, oprócz interferencji międzysymbolowych (między kolejnymi bitami tego samego sygnału) i echa sygnału (w jednokanałowych torach prowadzących dwukierunkową transmisję), są przesłuchy między torami transmisyjnymi, zwane przenikami. Powstają one w wyniku wzajemnego oddziaływania między dwiema aktywnymi liniami komunikacyjnymi, zwykle położonymi obok siebie w wiązce na dłuższym odcinku trasy przesyłowej. Jako istotne rozróżnia się dwa rodzaje przeników: zbliżony NEXT i zdalny (inaczej odległy) FEXT. (rys.2)

Ponieważ pary skręcone tworzące kabel UTP, FTP lub STP znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie względem siebie, to sygnał z pary nadawczej przenika do pary odbiorczej. Jest to oczywiście zjawisko niepożądane. Najgorsza sytuacja powstaje w miejscu, gdzie najsilniejszy sygnał pary nadawczej przenika do pary odbiorczej. Miejsce to znajduje się w pobliżu punktu generacji sygnału. Dlatego punkt ten jest nazywany po angielsku near-end (bliski koniec).

NEXT loss jest najbardziej krytycznym parametrem określającym jakość łącza, zależnym od wielu czynników. Na przykład: sposób zakończenia („zaterminowania”) kabla może okazać się istotny; odwinięcie pary na więcej niż 10 mm może powodować problemy związane z przesłuchem.

NEXT loss może być różny od różnych łączy. Jest silnie zależny od częstotliwości i nie jest proporcjonalny do długości kabla. Warto podkreślić, że złącza są źródłem NEXT loss.



Szczególnie niebezpieczny jest przenik zbliżony NEXT (Near End Crosstalk), powstający w sytuacji, gdy we wspólnej wiązce nieekranowanych przewodów UTP (Unshielded Twisted Pair) znajdują

się skrócone pary wykorzystywane w danym momencie do transmisji w przeciwnych kierunkach. Takie oddziaływanie zawsze występuje w trakcie transmisji dupleksowej, gdy pokrywają się pasma nadawanych i odbieranych sygnałów. W wyniku sprzężenia elektromagnetycznego między parami tych przewodów część energii sygnału generowanego po stronie lokalnej jednej pary transmisyjnej przenika do innej i w stłumionej postaci oraz z niejednorodnym opóźnieniem powraca torem odbiorczym do urządzenia po tej samej stronie linii komunikacyjnej. Poziom przenik zbliznego zależy w dużej mierze od ułożenia par, długości linii, częstotliwości pracy i szerokości przenoszonego pasma, przyjmując najczęściej postać kolorowego szumu gaussowskiego. Drugim elementem zakłóceń w kablach miedzianych jest przenik zdalny FEXT (Far End Crosstalk). Ten rodzaj przeniku pojawia się wówczas, kiedy dwa sygnały lub więcej (o pokrywającym się widmie) przesyła się w tym samym kierunku, lecz za pomocą różnych par przewodów miedzianych. Na skutek zjawiska indukcji elektromagnetycznej do odbiornika odległego od źródła sygnałów (po drugiej stronie toru transmisyjnego) mogą docierać w tych przypadkach, oprócz sygnału podstawowego, sygnały mające swe źródło w liniach sąsiednich. W obu przypadkach zarówno przenik zblizny, jak i zdalny zależą od rodzaju kabla i jego tłumienności, jednak ich wpływ na przeniki nie jest jednakowy. Poprawienie parametrów kabla ze względu na przenik zblizny nie powoduje automatycznie zmniejszenia przeniku zdalnego i odwrotnie.

3.14.6 Mapa okablowania

Mapa okablowania to zespół podstawowych parametrów okablowania, odnoszących się nie tylko do ciągłości między zaciskiem w złączu po jednej stronie kanału a odpowiadającym mu zaciskiem w złączu po drugiej stronie kanału.

Aby można było poprawnie zmierzyć tłumienność NEXT czy inne parametry kabla, wyniki testowania dotyczące ciągłości kanału muszą być poprawne. Dlatego ISO specyfikuje wymagania w tym zakresie.

Jeśli błędne są wyniki w zakresie mapy okablowania, to w większości wypadków błędne będą także wyniki testowania innych parametrów.

3.14.7 Tłumienność

Tłumienność określa straty sygnału w funkcji częstotliwości na jednostkę długości. Tłumienność jest mierzona w decybelach (dB). Mniejsza wartość tłumienności jest korzystniejsza.

Na tłumienność mają wpływ następujące czynniki:

- Częstotliwość. Im wyższa częstotliwość, tym większa tłumienność.
- Długość kabla. Dłuższy kabel wprowadza większe tłumienie.
- Wiek kabla. Kabel może ulegać starzeniu wskutek długotrwałego oddziaływania wysokiej temperatury.
- Wilgotność może mieć wpływ na wartość tłumienności.

3.14.8 Stosunek ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio)

Najistotniejszym parametrem łącza jest ACR. Jest to stosunek tłumienności do przesłuchu. ACR nie jest oddzielnie mierzonym parametrem, lecz wyliczonym jako różnica między NEXT loss a tłumiennością (obie wielkości są mierzone w decybelach).

$$\text{ACR} = \text{przesłuch (NEXT loss) [dB]} - \text{tłumienność [dB]}$$

TIA (Telecommunications Industries Associations) nie tylko nie określa minimalnej wartości ACR, ale w ogóle nie definiuje tego parametru. Biorąc pod uwagę nawet najsurowsze wymagania TIA, wyliczone ACR dla dowolnego łącza powinno wynosić tylko 3,5 dB przy 100 MHz (ISO wymaga 4 dB). Oczywiście ACR o wartości 4 dB jest lepsze niż ACR o wartości 3,5 dB, ponieważ wartość ACR powinna być możliwie największa. Warto podkreślić, że nawet wartość ACR = 4 dB oznacza, że sygnał będzie tylko 1,6 razy silniejszy niż szum pochodzący z przylegającej pary. To jest, oczywiście, wartość minimalna. Należy spodziewać się, że przyszłe standardy będą wymagać większej wartości ACR, jako że aplikacje pracujące przy 100 MHz będą potrzebowały większej wartości ACR w celu poprawy jakości transmisji.