

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molex Premise Networks Technical Documents

1) Wprowadzenie.

Okablowanie strukturalne jest bardzo dynamicznie rozwijającą się dziedziną telekomunikacji. Każdy rok przynosi coraz to nowe wyzwania, którym musi sprostać nowoczesny system okablowania strukturalnego. Jednak, aby system taki zapewniał maksymalną funkcjonalność, musi być on zgodny z odpowiednimi normami branżowymi i zaleceniami producenta.

Z praktycznego punktu widzenia bardzo istotne jest stosowanie standardów instalacyjnych. 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 na tym koniec modyfikacji.

Proces standaryzacyjny długo trwa, wobec czego normy nie nadążają za nowymi rozwiązaniami wchodzącymi na rynek. Aktualnie obowiązujące standardy zostały uchwalone w 1995 roku (tabela 1), a od tego czasu wiele się zmieniło w sieciach komputerowych. Największą zmianą było wprowadzenie najszybszego obecnie protokołu w sieciach lokalnych, czyli Gigabitowego Ethernetu.

	Standardy międzynarodowe	Standardy amerykańskie	Standardy europejskie
	ISO/IEC 11801	TIA/EIA 568A	EN 50173
Projektowanie instalacji	CD 14763-1	TIA/EIA 569	prEN 50174
Administrowanie instalacją	CD 14763-2	TIA/EIA 606 TIA/EIA 607	
Testowanie	CD 14763-3	TSB 67	
	CD 14763-4	TSB 95 (1)	

Tabela 1. Standardy w okablowaniu strukturalnym.

2) Odmiany Gigabitowego Ethernetu.

Początkowo miał być to protokół oparty na kablach światłowodowych jako medium transmisyjnym (standard IEEE 802.3z), jednakże presja rynku i producentów systemów okablowania strukturalnego doprowadziły do powstania standardu IEEE 802.3ab, który określił wymagania protokołu dla okablowania strukturalnego opartego na kablach miedzianych istniejącej już kategorii 5 (klasy D).

Nazwa Ethernet 1000 Base-x określa protokół transmisyjny, który jest w stanie pracować z szybkością do 1 Gb/s (gigabit na sekundę) wykorzystując różnego rodzaju media transmisyjne (tabela 2). Ethernet 1000Base-LX lub SX określone w normie IEEE 802.3z oznaczają, że jako medium transmisyjne wykorzystywany jest światłowód jedno- lub wielomodowy, Ethernet 1000Base-CX określa sposób łączenia urządzeń aktywnych na krótkich odcinkach za pomocą miedzianych kabli krosowych, Ethernet 1000Base-T opisany w normie IEEE 802.3ab oznacza, że jest to protokół działający w oparciu o kabel miedziany, tzw. skrętkę kategorii 5 spełniającą dodatkowe wymagania wyspecyfikowane w projekcie normy TIA/EIA-568A określonej jako kategoria 5E (z ang. Enhanced – rozszerzona), a których sposób pomiaru został określony w biuletynie TIA/EIA/TSB-95 opublikowanym w grudniu 1999 roku. Maksymalne odległości transmisji dla poszczególnych rodzajów mediów transmisyjnych zebrane zostały w tabelach 3.

1) Dotychczas mierzone parametry fizyczne.

Dotychczas stosowane protokoły w lokalnych sieciach komputerowych wykorzystywały do transmisji tylko dwie pary przewodników (parę 1 i 2) w czteroparowych miedzianych kablach skrętkowych. Dlatego też, zgodnie z biuletynem TIA/EIA/TSB-67 L.II, pomiar w paśmie do 100 MHz parametrów takich jak:

- przesłuch zbliżony (z ang. NEXT – Near End Crosstalk),
- tłumienie (z ang. Attenuation),
- mapa połączeń (z ang. Wire Map),
- długość (z ang. Length),

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molex Premise Networks Technical Documents

Standard IEEE	Interfejs warstwy fizycznej	Rodzaj medium transmisyjnego	Data zatwierdzenia przez IEEE
802.3z	1000Base-SX (długość fali 810 nm)	światłowod wielomodowy	czerwiec 1998
	1000Base-LX (długość fali 1300 nm lub 1310 nm)	światłowod jednomodowy i wielomodowy	
	1000Base-CX (połączenia krosowe)	specjalny kabel miedziany dla krótkich połączeń	
802.3ab	1000Base-T (kabel skrętkowy)	kategoria 5 UTP (spełniająca wymóg pomiaru PS NEXT, ELFEXT, return loss, delay skew)	czerwiec 1999
		kategoria 5E UTP (1 (zalecana dla nowych instalacji)	

(źródło: Hewlett Packard)

(1 – projekt normy TIA/EIA;

Tabela 2. Rodzaje mediów transmisyjnych.

był zupełnie wystarczający. Wyniki zgodne z odpowiednimi normami (np. z normą europejską EN 50173) gwarantowały poprawne działanie wszystkich ówczesnie dostępnych protokołów transmisyjnych.

NEXT

Nazwa przestuch zbliżony wywodzi się z telekomunikacji. Najczęstszy sposób pomiaru przestuchu zbliżonego NEXT, polega na pomiarze poziomu sygnału zaindukowanego w jednej parze przewodników, od sygnału pochodzącego z dowolnej z trzech pozostałych par w kablu czteroparowym (rysunek 1). Miarą parametru NEXT, podawaną w decybelach, jest różnica mocy sygnału przesyłanego w parze zakłócającej i sygnału wytworzonego w parze zakłócanej. Im większa jest wartość bezwzględna NEXT, tym lepsza jest odporność na zakłócenia pochodzące od sygnałów w innych parach przewodnika. Wartość parametru NEXT jest silnie zależna od częstotliwości, w związku z tym należy dokonać pomiaru w paśmie częstotliwości od 1 do 100 MHz.

Tłumienie

Parametr ten określa o ile zmniejszy się moc sygnału w danej parze przewodnika po przejściu przez cały tor. Parametr ten jest ściśle zależny od częstotliwości i pomiaru dokonuje się w paśmie od 1 do 100 MHz. Wykres przykładowego wyniku pomiaru parametru NEXT pokazany jest na rysunku 2.

Mapa połączeń

Określa nam w jakiej sekwencji ułożone są w złączu lub gnieździe poszczególne pary przewodników. Najczęściej spotykanymi sekwencjami są EIA-568A i EIA-568B (rysunek 3). Parametr ten służy do wykrycia ewentualnych błędów instalacyjnych. Typowe błędy instalacyjne pokazane są na rysunku 4.

Dla każdego z ośmiu przewodników mapa połączeń może wykazać:

- prawidłowe podłączenie na każdym końcu mierzonego toru;

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molex Premise Networks Technical Documents

	Ethernet 10Base-x	Ethernet 100Base-x	Ethernet 1000Base-x
Prędkość transmisji	10 Mb/s	100 Mb/s	1000 Mb/s
Kabel kat. 5 UTP	100 m	100 m	100 m
Kabel STP/Coax	500 m	100 m	25 m
światłowód wielomodowy	2000 m	412 m (1) 2000 m (2)	550 m
światłowód jedno modowy	25000 m	20000 m	5000 m

(źródło: Gigabit Ethernet Alliance)

(1 – half duplex wg IEEE;

(2 – full duplex wg IEEE;

- długość połączeń;
- połączenia pomiędzy dwoma lub więcej przewodami;
- zamienione pary (z ang. Crossed pairs);
- zamienione poszczególne przewody (z ang. Split pairs);
- zamienione przewodniki w parze (z ang. Reversed pairs);
- długość ekranu (dla instalacji ekranowanych).

Długość

Parametr ten określa długość mierzonego toru transmisyjnego. Zgodnie z normą europejską EN 50173 maksymalna długość okablowania poziomego nie może przekroczyć 90 metrów niezależnie od zastosowanego medium transmisyjnego (kabel miedziany UTP, światłowód wielomodowy), a łączna długość kabli krosowych i przyłączeniowych nie może przekroczyć 10 metrów. Jednak, aby miernik był w stanie zmierzyć długość kabla należy wprowadzić do niego parametr NVP (z ang. Nominal Velocity of Propagation). Określa on o ile szybkość rozchodzenia się sygnałów w danym przewodniku jest mniejsza od prędkości światła i jest charakterystyczny dla danego typu kabla (np. dla kabli UTP ~ 66-70%, dla kabli FTP ~ 72-75%).

Wartości dopuszczalne poszczególnych parametrów wyspecyfikowane są w odpowiednich normach (np. EN 50173, TIA/EIA-568A) i każdy miernik dynamiczny do okablowania zgodny z biuletynem TIA/EIA/TSB-67 L. II (np. HP WireScope 155) posiada te wartości w swojej pamięci.

1) Nowe parametry.

Z chwilą wprowadzenia transmisji w kablu miedzianym po wszystkich czterech parach przewodników, a w dodatku jeszcze w dwóch kierunkach jednocześnie (rysunek 5) dla protokołu Ethernet 1000Base-T, przeprowadzenie tylko dotychczasowych pomiarów okazało się niewystarczające do zapewnienia transmisji z maksymalną prędkością w istniejącym systemie okablowania strukturalnego.

W związku z tym powstała potrzeba pomiaru nowych parametrów, które uwzględniają zjawiska fizyczne występujące przy transmisji po wszystkich czterech parach przewodników. Parametry te zostały przedstawione w nowym biuletynie TIA/EIA/TSB-95, który ukazał się w grudniu 1999 roku.

W biuletynie wyszczególnione są parametry takie jak:

- PowerSum NEXT;
- PowerSum ACR (z ang. Attenuation to Crosstalk Ratio);
- FEXT (z ang. Far End Crosstalk);
- ELFEXT (z ang. Equal Level Far End Crosstalk);
- PowerSum ELFEXT
- Return Loss;
- Propagation Delay Skew.

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molex Premise Networks Technical Documents

PowerSum NEXT

Parametr PowerSum NEXT jest rozwinięciem parametru NEXT, dodatkowo uwzględniającym wzajemne zakłócanie się par w kablu czteroparowym. Różnica pomiędzy pomiarem parametru NEXT i PowerSum NEXT pokazana jest na rysunku 6. Polega on na pomiarze poziomu sygnału indukowanego w danej parze, od sumy sygnałów pochodzących od wszystkich pozostałych par (rysunek 7), zgodnie z zależnością PowerSum:

$$\text{PowerSum}(P1) = 10 \log_{10}(10\text{NEXT}(P2)/10 + 10\text{NEXT}(P3)/10 + 10\text{NEXT}(P4)/10)$$

gdzie: Pn – numer pary w kablu czteroparowym (n=1,2,3,4)

Przesłuch zbliżony mierzony metodą PowerSum ma znacznie większą wartość niż przesłuch mierzony metodą tradycyjną (NEXT) i lepiej oddaje charakter rzeczywistych przesłuchów występujących w torze transmisyjnym. Typowe wartości są o około 3 dB gorsze niż najlepsze wyniki pomiaru samego parametru NEXT. PowerSum NEXT jest bardzo istotnym parametrem dla instalacji, w których będą działały protokoły transmisyjne wykorzystujące do transmisji wszystkie cztery pary przewodnika. Wykres przykładowego wyniku pomiaru parametru PowerSum NEXT pokazany jest na rysunku 8.

PowerSum ACR

Parametr ACR określa różnicę pomiędzy tłumieniem, a przesłuchem zbliżonym NEXT dla danej pary przewodników.

$$\text{ACR}[\text{dB}] = a_N [\text{dB}] - a [\text{dB}]$$

gdzie: a_N - przesłuchy między dwoma parami NEXT

a - tłumienie kanału transmisji.

Jest to bardzo istotny parametr, gdyż określa on odstęp sygnału użytecznego od szumu. W związku z tym im większa wartość bezwzględna parametru ACR tym lepiej. Typowy wynik pomiaru ACR przedstawiony jest na rysunku 9.

PowerSum ACR jest wynikiem obliczeń z parametrów mierzonych, czyli PowerSum NEXT i tłumienia. Typowe wartości parametru PowerSum ACR są o około 3 dB mniejsze niż najgorsze wyniki z pomiaru tylko ACR.

FEXT

Parametr FEXT, czyli przesłuch zdalny (w przeciwieństwie do przesłuchu zbliżonego NEXT), mierzony jest na przeciwnym końcu kabla niż sygnał wywołujący zakłócenie (rysunek 10). Jest to parametr łatwy do pomiaru, ale trudny do wyspecyfikowania w normach, gdyż wartość jego jest zależna od długości (a więc tłumienia) kanału transmisji. W związku z tym im krótszy jest odcinek toru transmisyjnego, tym większy FEXT ma wpływ na jakość transmisji. Jest to parametr mierzony, ale rzadko podawany. Głównie służy on jako składowa do otrzymania parametru ELFEXT.

ELFEXT

Parametr ELFEXT, w odróżnieniu od FEXT jest niezależny od długości badanego toru, gdyż uwzględnia tłumienie wnoszone przez tor transmisyjny. W związku z tym łatwo można go wyspecyfikować w odpowiednich normach. Matematycznie jest to wynik otrzymany z różnicy pomiędzy wartością parametru FEXT i tłumienia dla danego toru transmisyjnego (rysunek 11). W tabeli 4 znajduje się przykład wyliczenia parametru ELFEXT dla dwóch torów transmisyjnych o różnych długościach skonstruowanych z tych samych elementów pochodzących od tego samego producenta. Praktyczna metoda pomiaru pokazana jest na rysunku 12.

Długość toru	FEXT	Tłumienie	ELFEXT ELFEXT = FEXT - Tłumienie
m	dB	dB	dB
50	-45	-11	-34
100	-54	-20	-34

(źródło: Cabletesting.com)

Tabela 4. Wyliczenie parametru ELFEXT.

Jeżeli uwzględnimy dodatkowo, że zakłócenia mogą pochodzić nie tylko od jednej, ale od trzech pozostałych par (w kablu czteroparowym) to konieczne jest poznanie parametru PowerSum ELFEXT (rysunek 12), który jest wynikiem kalkulacji, zgodnie ze wzorem PowerSum, z wartości parametru ELFEXT dla każdej pary przewodników w kablu.

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molex Premise Networks Technical Documents

Return Loss

Kolejnym parametrem mierzonym są straty odbiciowe (z ang. Return Loss). Parametr ten określa stosunek mocy sygnału wprowadzonego do toru transmisyjnego do mocy sygnału odbitego (rysunek 14), który powstaje na skutek niedopasowania impedancji toru transmisyjnego. Sygnał ten może być źródłem zakłóceń dla sygnału użytecznego, co jest bardzo istotne w przypadku transmisji w dwóch kierunkach w tym samym torze transmisyjnym. Tor transmisyjny zbudowany z kabla miedzianego o konstrukcji skrętki nie posiada jednorodnej wartości impedancji. Każde zagięcie kabla, przesunięcie splotu par, rozciągnięcie kabla powoduje, że zmienia się jego impedancja. Poza tym impedancja kabla skrętkowego zależy od częstotliwości transmitowanych sygnałów. Przykładowy wynik pomiaru parametru Return Loss pokazany jest na rysunku 15.

Propagation Delay Skew

Parametr ten określa różnicę opóźnienia transmisji pomiędzy najszybszą i najwolniejszą parą w miedzianym kablu skrętkowym (rysunek 16). Przy dużych prędkościach transmisji może powstać problem ze spójnością sygnału nadawanego wszystkimi parami kabla skrętkowego na odległym końcu, gdyż odbiornik nie będzie w stanie zdekodować poprawnie informacji przychodzącej po wszystkich czterech parach przewodnika. Maksymalna dopuszczalna wartość różnicy opóźnień wynosi 45 - 50 ns.

1) Gigabitowy Ethernet i okablowanie światłowodowe.

System okablowania strukturalnego zrealizowanego w oparciu o kable światłowodowe, aby zapewnić prawidłowe działanie gigabitowego Ethernetu musi spełniać odpowiednie wymagania. Są one dużo bardziej rygorystyczne niż dopuszczone w normach dotyczących okablowania strukturalnego. Do sprawdzenia torów światłowodowych w systemie okablowania strukturalnego wymagane są następujące parametry:

- Długość;
- Tłumienie.

Pomiar parametrów tych musi być zrealizowany w dwóch oknach transmisyjnych i w obu kierunkach dla każdego włókna światłowodowego. Dla światłowodów wielomodowych są to okna 850 i 1300 nm, a dla światłowodów jednomodowych – 1310 i 1550 nm. Odpowiednie wielkości parametrów, które muszą być spełnione aby można było transmitować dane z szybkością gigabitową w okablowaniu strukturalnym podane są w tabeli 5.

	Rodzaj medium	Długość fali	Średnica włókna	Szerokość pasma	Odległość maksymalna	Tłumienie
Jednostka	-	nm	µm	Mhz*km	m	dB
1000Base-SX	światłowod wielomodowy	850	50	400	500	3,37
				500	550 (1)	3,56
			62,5	160	220 (2)	2,38
				200	275 (3)	2,60
1000Base-LX	światłowod wielomodowy	1300	50	400, 500	550	2,35
			62,5	500	550	2,35
	światłowod jednomodowy	1310	9	-	5000	4,57

(źródło: Gigabit Ethernet Alliance)

(1 – zalecenie "ANSI Fibre Channel" określa światłowod wielomodowy 50/125 m o paśmie 500/500 MHz*km, który został przedstawiony do zatwierdzenia do standardu ISO/IEC 11801;

(2 – standard amerykański TIA/EIA 568 specyfikuje światłowod wielomodowy 62,5/125 m o paśmie 160/500 MHz*km;

(3 – standard międzynarodowy ISO 11801 specyfikuje światłowod wielomodowy 62,5/125 m o paśmie 200/500 MHz*km;

Tabela 5. Odległości transmisji wg IEEE802.3z

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molex Premise Networks Technical Documents

1) Podsumowanie

Oprócz wymagań jakie narzuca protokół Ethernet 1000Base-x na okablowanie strukturalne, istnieją ścisłe zalecenia odnośnie długości poszczególnych segmentów okablowania strukturalnego, określone w normie europejskiej EN 50173:

- całkowita długość okablowania poziomego niezależnie od zastosowanego medium transmisyjnego nie może przekroczyć 90 metrów, a sumaryczna długość kabla krosowego, kabla stacyjnego oraz kabla przyłączeniowego do sprzętu aktywnego nie może przekroczyć 10m;
- długość okablowania pionowego budynku nie powinna przekraczać 500 metrów, a okablowania pionowego międzybudynkowego 1500 metrów, co w sumie daje 2000 metrów. Odległość tą można zwiększyć do 3000 metrów, w przypadku gdy zostanie zastosowany światłowód jednomodowy.

Norma EN 50173 zaleca również, jakiego typu media transmisyjne powinno się stosować w poszczególnych segmentach systemu okablowania (tabela 6) oraz podaje zalecane typy kabli (tabela 7).

Projektując system okablowania strukturalnego należy wziąć pod uwagę zarówno zalecenia norm, jak i wymagania jakie są narzucane przez konkretne protokoły transmisyjne, które są często bardziej rygorystyczne w szczegółach niż normy ogólne. Szczegółowych informacji na udzielają producenci systemów okablowania strukturalnego oraz producenci sprzętu aktywnego.

Segment	Medium	Przewidywane użytkowania
Okablowania poziome	Skřętka	Głos i dane
	Światłowód	Dane
Okablowanie pionowe budynku	Skřętka	Głos i wolne aplikacje danych
	Światłowód	Szybkie aplikacje danych
Okablowanie pionowe międzybudynkowe	Światłowód	Zalecane
	Skřętka	W wyjątkowych wypadkach

(źródło: EN 50173)

Tabela 6. Zalecane media w poszczególnych segmentach sieci.

Segment	Kable zalecane	Kable dopuszczalne
Okablowanie poziome	czteroparowa skřętka 100 Ω	skřętka 120 Ω lub STP 150 Ω
	światłowód wielomodowy 62,5/125	światłowód wielomodowy 50/125
Okablowanie pionowe	światłowód wielomodowy 62,5/125	światłowód jednomodowy
	czteroparowa skřętka 100 Ω	skřętka 120 Ω lub STP 150 Ω

(źródło: EN 50173)

Tabela 7. Zalecane typy kabla w poszczególnych segmentach sieci.

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molex Premise Networks Technical Documents

1) Słowniczek

kabel krosowy – giętki kabel miedziany lub światłowodowy zakończony z dwóch stron złączem (RJ45, KATT, ST, SC, MTRJ), służący do wykonywania połączeń w punkcie dystrybucyjnym (np. pomiędzy urządzeniem aktywnym, a panelem z zakończeniami okablowania poziomego);

kabel przyłączeniowy - giętki kabel jw. , służący do wykonywania połączeń pomiędzy punktem abonenckim, a urządzeniem aktywnym użytkownika (kartą sieciową, telefonem, drukarką sieciową);

mod światłowodowy - charakterystyczny rozkład pola elektromagnetycznego (rodzaj fali) wzbudzany promieniowaniem zakresu optycznego w światłowodzie.
okablowanie pionowe – część okablowania strukturalnego łączącego ze sobą punkty rozdzielcze (np. główny punkt rozdzielczy z pośrednim punktem rozdzielczym);

okablowanie poziome - część okablowania strukturalnego pomiędzy punktem rozdzielczym, a punktem abonenckim (gniazdem użytkownika);

punkt rozdzielczy – miejsce w sieci okablowania strukturalnego, będące węzłem sieci w topologii gwiazdy, służące do konfiguracji połączeń. Punkt zbiegania się okablowania poziomego, pionowego i systemowego. Zazwyczaj gromadzą sprzęt aktywny zarządzający siecią (koncentratory, przełączniki itp.). Najczęściej jest to szafa lub rama 19-calowa o danej wysokości wyrażonej w jednostkach U (1U = 45 mm).

światłowód - element transmisyjny kabla optotelekomunikacyjnego w postaci włókna optycznego, złożonego z rdzenia i płaszczki wraz z pokryciami, pozwalający na transmisję fali świetlnej.

światłowód jednomodowy - światłowód, w którym może być transmitowany tylko jeden mod światłowodowy;

światłowód wielomodowy - światłowód, w którym może być transmitowanych wiele modów światłowodowych;

1) Literatura:

1. Biuletyn TIA/EIA/TSB-95
 2. Biuletyn TIA/EIA/TSB-67
 3. Norma CENELEC EN 50173
 4. Gigabit Ethernet Alliance White Papers -
 5. Hewlett Packard Scope Communications White Papers – <http://www.wirescope.com>
 6. Molex Premise Networks White Papers – <http://www.molexpn.com>
 7. Cabletesting.com – <http://www.cabletesting.com>
 8. Microtest White Papers – <http://www.cabletesting.com>
 9. Building Industry Consultant Service International -<http://www.bicsi.org>
 10. Belden Incorporated – <http://www.belden.com>
 11. Materiały szkoleniowe firmy Molex Premise Networks
- “Vademecum Teleinformatyka” – wydanie I, wydawnictwo IDG Poland SA, Warszawa 1999;

1) Autor:

Jacek Browarski – Specjalista ds. Wsparcia Technicznego Molex Premise Networks
jbrowarski@molexpn.com.pl

Molex Premise Networks

tel. (0-22) 836-92-51 w. 126

kom. (0-501) 509-867

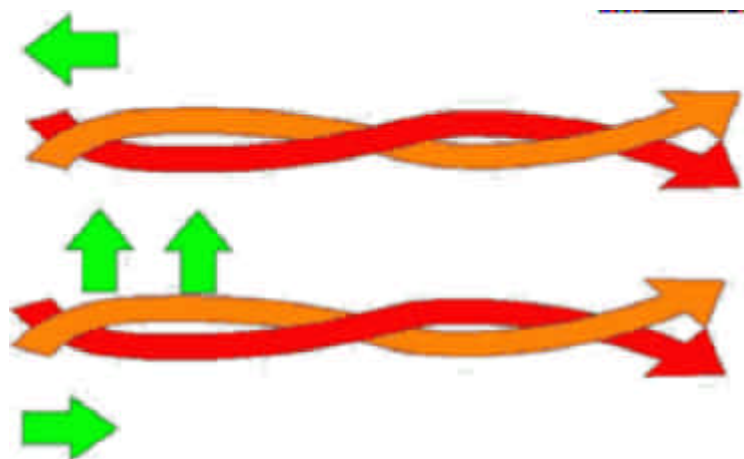
fax. (0-22) 836-92-55



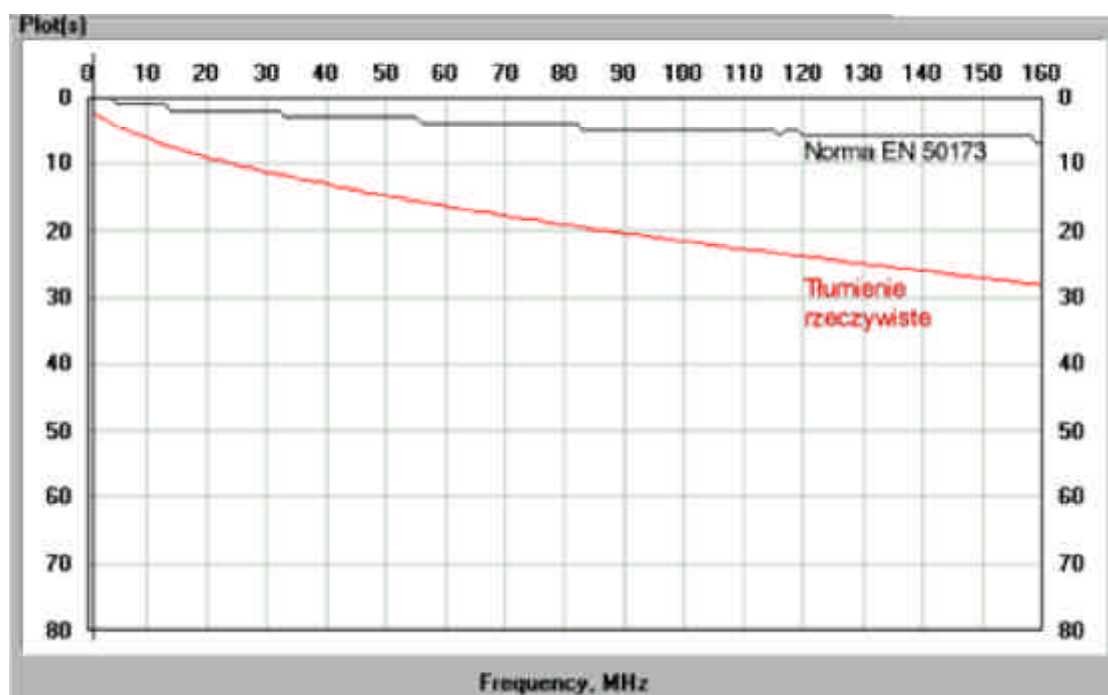
Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molex Premise Networks Technical Documents

Spis rysunków:



Pomiar parametru NEXT. — źródło Cabletesting.com — plik img_next.gif;

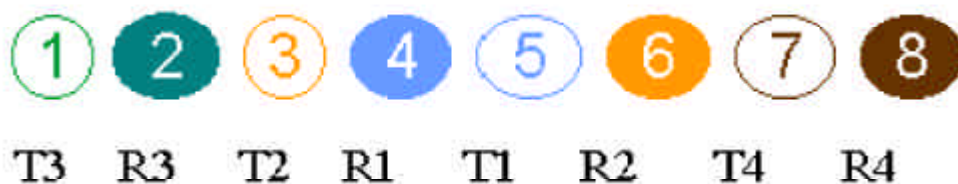


Wykres tłumienia. — źródło Molex Premise Networks® - plik atn.gif;

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molex Premise Networks Technical Documents

EIA 568A



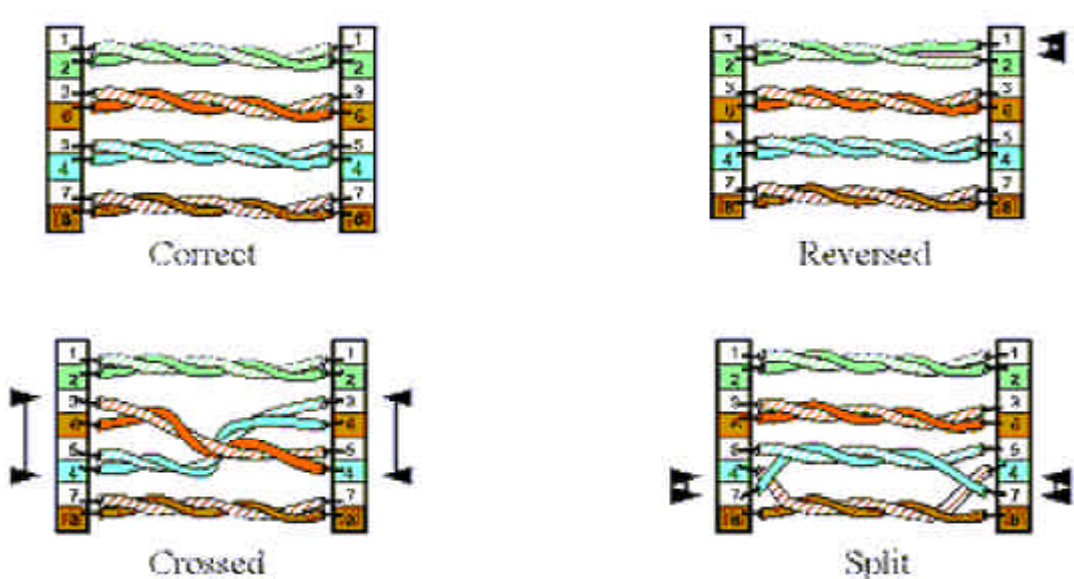
EIA 568B



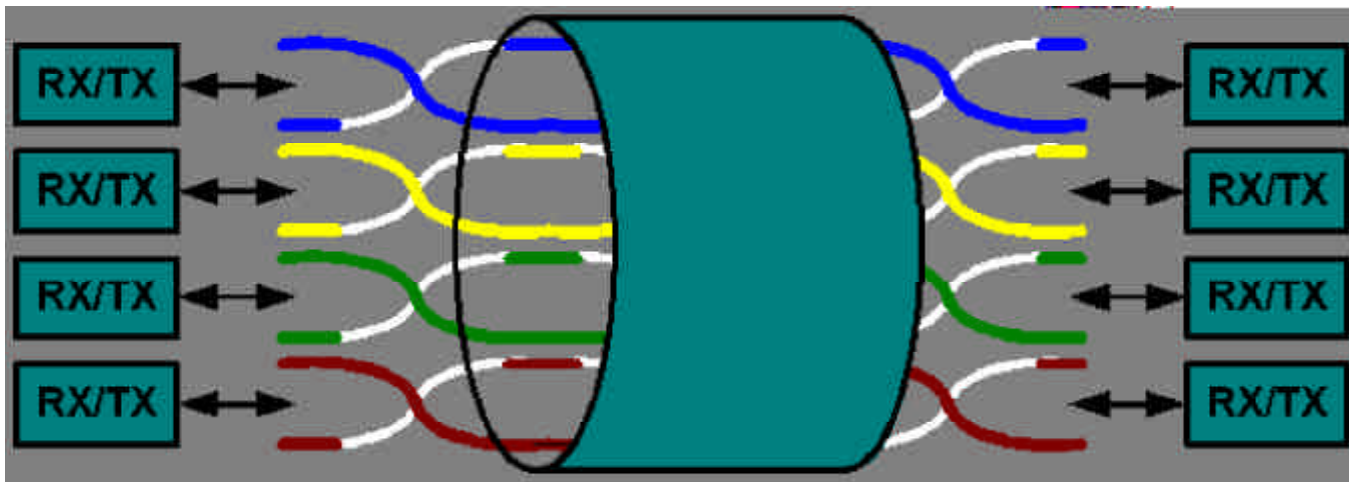
Sekwencje EIA-568A i EIA-568B. — źródło Molex Premise Networks® - plik sekwenc.gif;

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molex Premise Networks Technical Documents



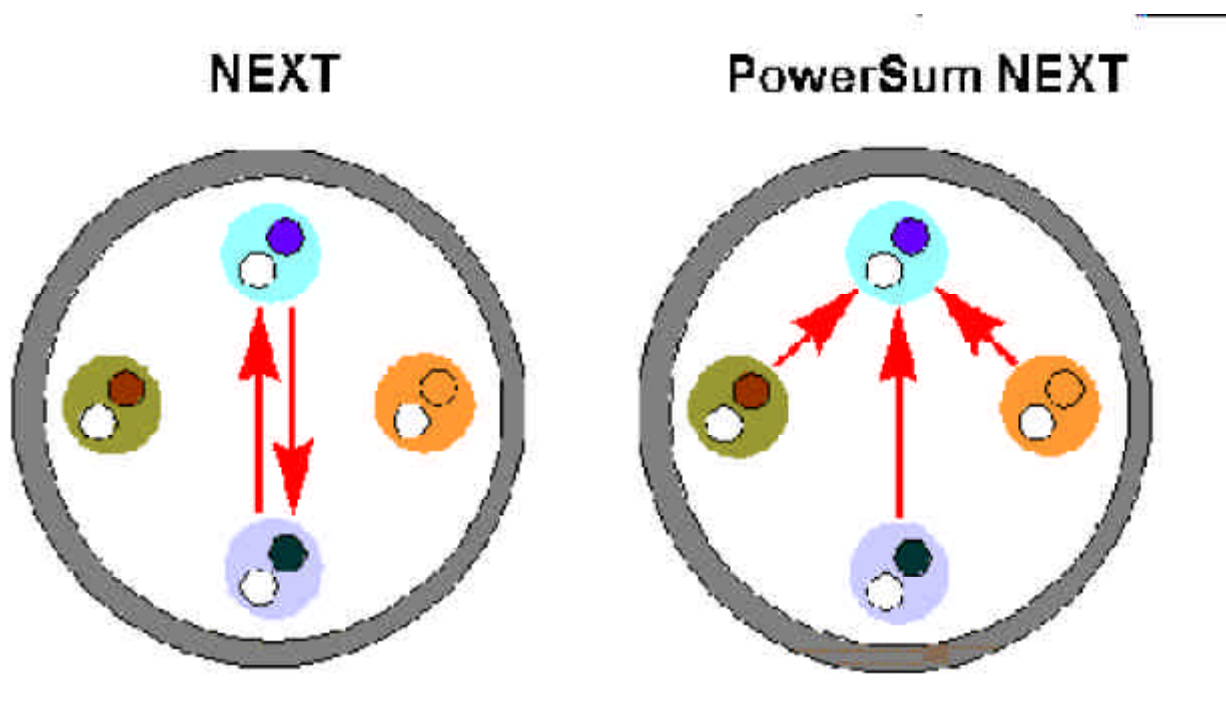
Typowe błędy instalacyjne w gniazdach. - źródło Cabletesting.com — plik wiremap.gif;



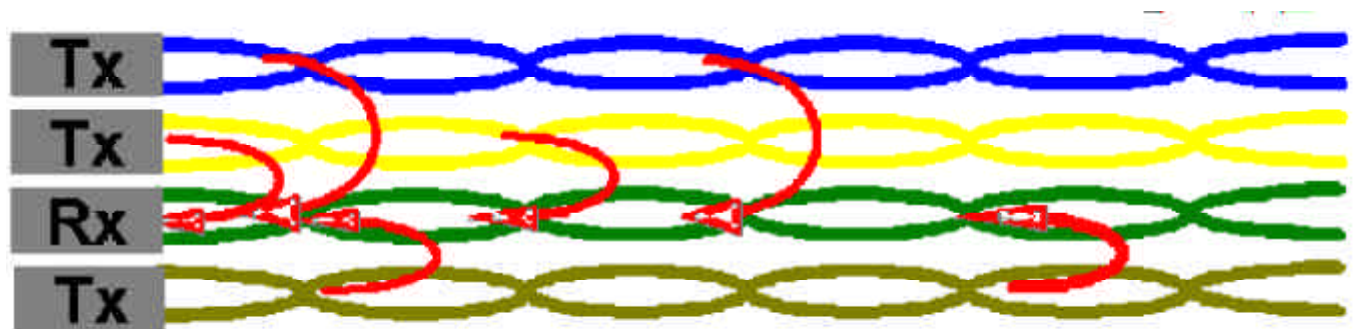
Typowe błędy instalacyjne w gniazdach. - źródło Cabletesting.com — plik wiremap.gif;

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molx Premise Networks Technical Documents



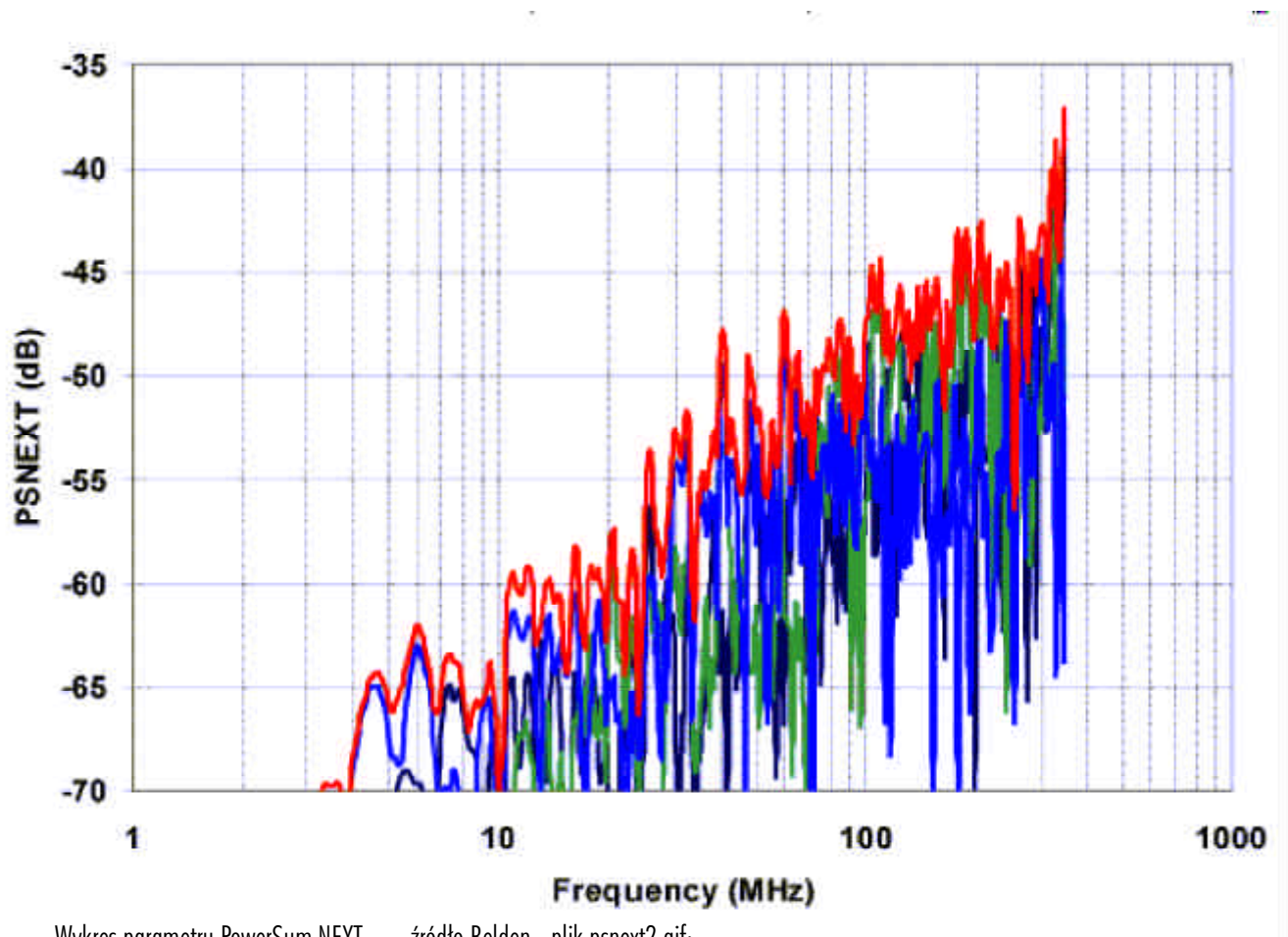
Różnice pomiędzy pomiarem parametru NEXT i PowerSum NEXT. — źródło Molx Premise Networks®
— plik powersum.gif;



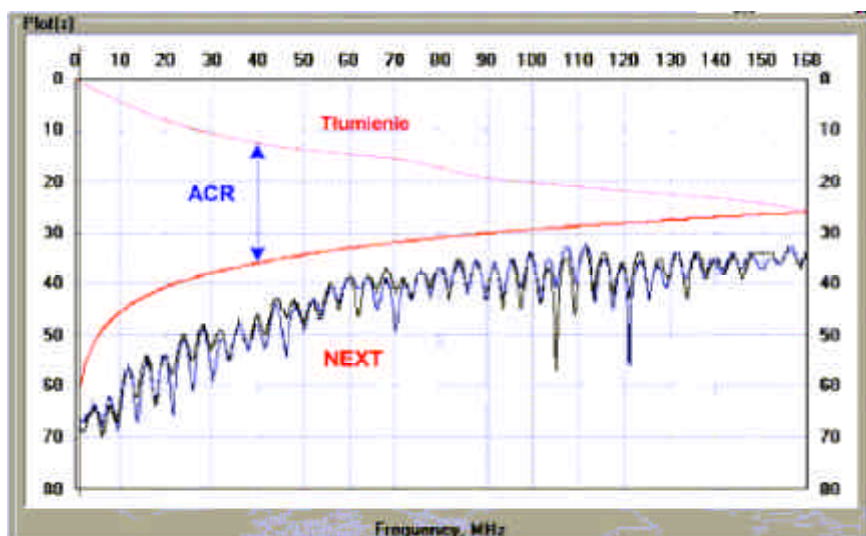
Typowe błędy instalacyjne w gniazdach. - źródło Cabletesting.com — plik wiremap.gif;

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

Molex Premise Networks Technical Documents



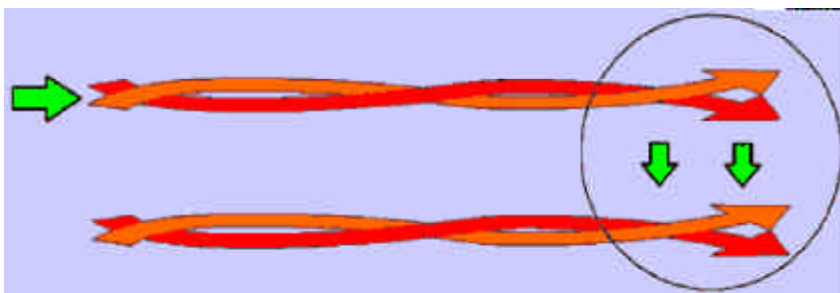
Wykres parametru PowerSum NEXT. - - źródło Belden - plik psnext2.gif;



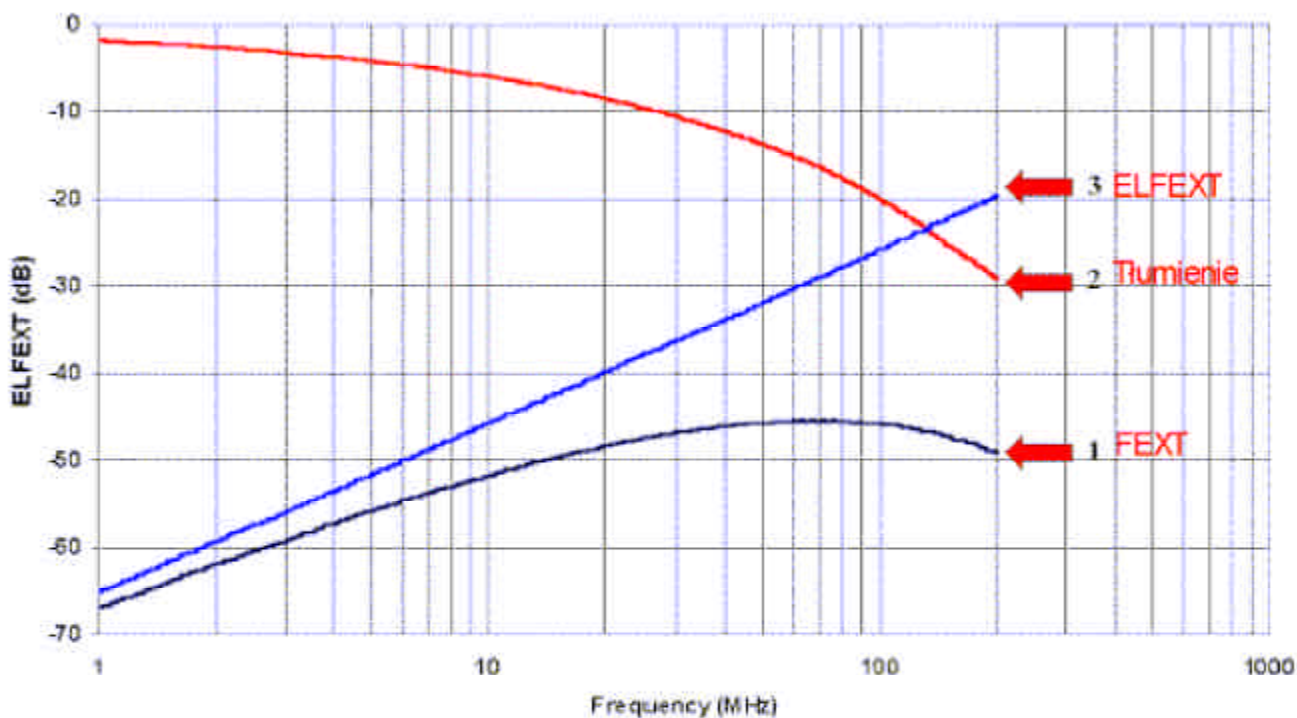
Wykres parametru ACR. - - źródło Molex Premise Networks® - - plik acr.gif;

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

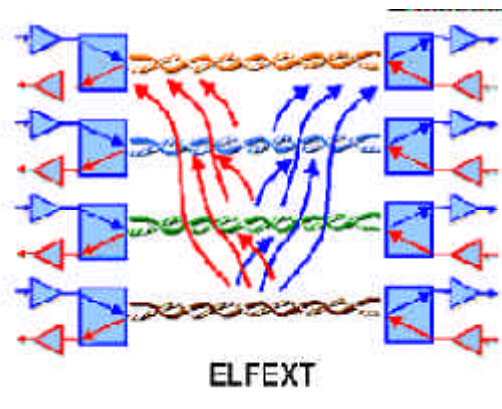
Molex Premise Networks Technical Documents



Istota parametru FEXT. – źródło Cabletesting.com – plik fext.gif;



Wykres parametru ELFEXT. – źródło Belden – elfext1.gif:



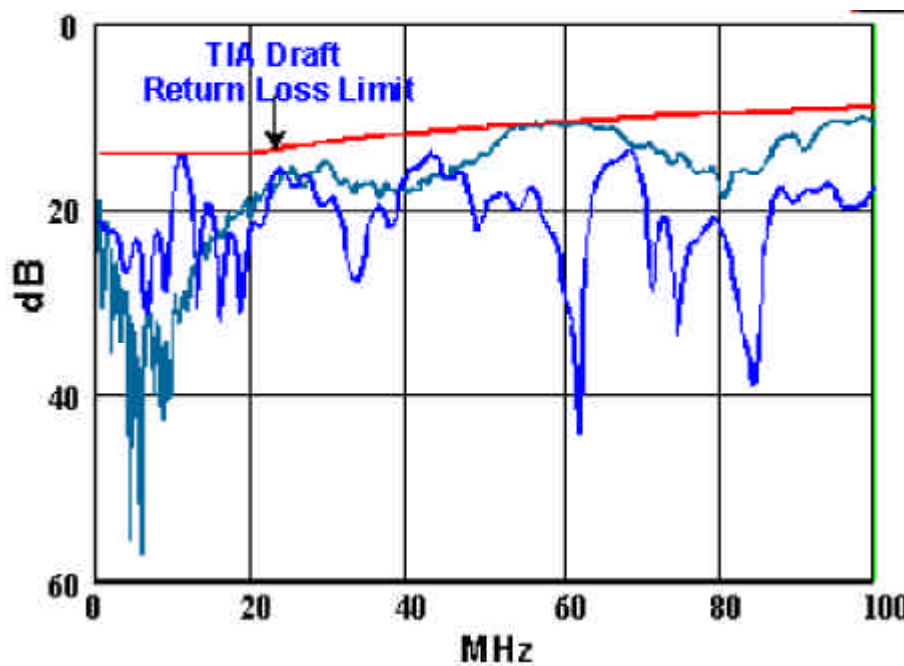
Istota parametru PowerSum ELFEXT. - źródło Hewlett Packard – elfext3.gif,;

Gigabitowy Ethernet, a okablowanie strukturalne

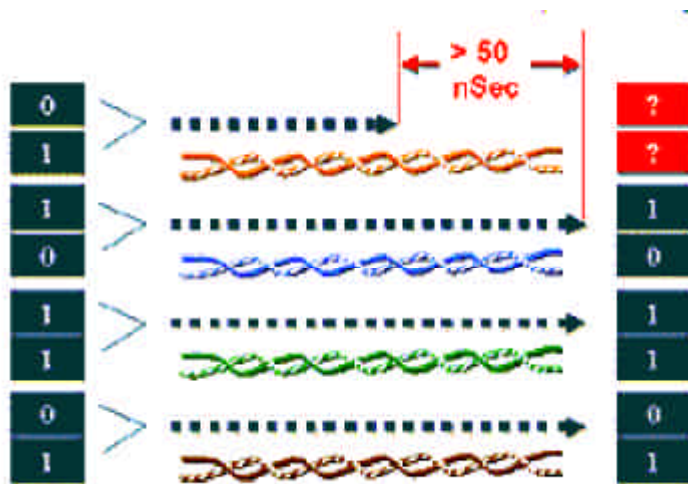
Molex Premise Networks Technical Documents



Istota parametru Return Loss. - zrodlo Hewlett Packarda - return1.gif;



Wykres parametru Return Loss. - zrodlo Hewlett



Różnica opóźnień. - zrodlo Hewlett Packard - Delays1.gif;