

Moduł 7. Technologie używane w sieciach ETHERNET

Ethernet stał się najpopularniejszą technologią stosowaną w sieciach LAN głównie dlatego, że w porównaniu z innymi technologiami jest łatwiejszy w implementacji. Sieci Ethernet zawdzięczają swoje powodzenie także elastyczności tej technologii, która zmieniała się wraz z pojawianiem się nowych potrzeb użytkowników i możliwości mediów. W tym module przedstawiono szczegółowe informacje dotyczące najważniejszych odmian sieci Ethernet. Celem nie jest przekazanie wszystkich informacji o każdym rodzaju sieci Ethernet, a raczej pokazanie elementów wspólnych wszystkim jej rodzajom.

Zmiany w technologii Ethernet zaowocowały znacznymi ulepszeniami w stosunku do sieci Ethernet 10 Mb/s z początku lat osiemdziesiątych. Standard sieci Ethernet 10 Mb/s pozostawał praktycznie niezmienny do roku 1995, kiedy organizacja IEEE ogłosiła standard Fast Ethernet 100 Mb/s. Ostatnie lata przyniosły jeszcze gwałtowniejszy wzrost szybkości mediów, co spowodowało przechodzenie z sieci Fast Ethernet na sieć Gigabit Ethernet. Standardy dla sieci Gigabit Ethernet pojawiły się w ciągu zaledwie trzech lat. Teraz ogólnie dostępna jest jeszcze szybsza wersja sieci Ethernet, czyli 10 Gigabit Ethernet, a opracowywane są sieci o większej prędkości.

W porównaniu z wcześniejszymi sieciami Ethernet w tych szybszych wersjach nie zmieniły się metody adresowania MAC, algorytm CSMA/CD i format ramki. Zmianie uległy jednak inne elementy podwarstwy MAC, warstwy fizycznej oraz samego medium. Często spotyka się teraz karty sieciowe (NIC) dla mediów miedzianych, które mogą pracować z prędkościami 10/100/1000 Mb/s. W węzłach dystrybucji okablowania standardem stają się gigabitowe porty w routerach i przełącznikach. Standardem w większości nowych okablowań szkieletowych jest stosowanie sieci Gigabit Ethernet opartych na światłowodach.

7.1 Sieci Ethernet 10 Mb/s i 100 Mb/s

7.1.1. Sieć Ethernet 10 Mb/s

Sieci Ethernet 10BASE5, 10BASE2 i 10BASE-T są uznawane za klasyczne sieci Ethernet; Klasyczne sieci Ethernet mają cztery cechy wspólne. Są to: parametry czasowe, format ramki, proces transmisji oraz podstawowe reguły obowiązujące przy ich projektowaniu.

Rysunek pokazuje parametry

Ethernetu 10 Mb/s.

Ten typ Ethernetu oraz wersje wolniejsze są asynchroniczne. Każda stacja odbiorcza używa specjalnych ośmiu oktetów do zsynchronizowania swych układów odbiorczych z nadchodzącymi danymi. Sieci 10BASE5, 10BASE2 i 10BASE-T mają takie same parametry czasowe. Dla przykładu czas przesłania 1 bitu przy prędkości 10 Mb/s = 100 nanosekund (ns) = 0,1 mikrosekundy = 1 dziesięciomilionowa część sekundy.

To oznacza, że w Ethernetie 10 Mb/s przesłanie 1 bitu w podwarstwie MAC trwa 100 ns.

Dla wszystkich prędkości w Ethernetie, 1000 Mb/s lub wolniejszych, transmisja nie może być krótsza niż szczelina czasowa. Szczelina czasowa jest minimalnie dłuższa niż czas, który jest teoretycznie potrzebny na przejście od jednego końca maksymalnie dużej, prawidłowej domeny kolizyjnej do drugiego końca, kolizję z inną transmisją możliwie późno, a następnie powrót uszkodzonego fragmentu, by został wykryty przez stację nadawczą.

Sieci 10BASE5, 10BASE2 i 10BASE-T mają także wspólny format ramki.

Proces transmisji w klasycznych sieciach Ethernet przebiega w ten sam sposób aż do niższej części warstwy fizycznej modelu OSI. Gdy ramka przechodzi z podwarstwy MAC do warstwy fizycznej, przed umieszczeniem bitów z warstwy fizycznej w medium przeprowadzane są dodatkowe operacje. Jedną z ważnych operacji jest wstawienie sygnału SQE (Signal Quality Error). SQE to transmisja wysyłana przez transceiver z powrotem do

Typy sieci Ethernet

		Podwarstwa LLC (Logical Link Control) 802.3 Media Access Control (kontrola dostępu do medium)									
Fizyczna warstwa sygnałowa	Medium fizyczne	10BASE5 (500 m) 50-omowy kabel koncentryczny	10BASE2 (185 m) 50-omowy kabel koncentryczny ze złączem BNC	10BASE-T (100 m) 100-omowy kabel UTP ze złączem RJ-45	100BASE-TX (100 m) 100-omowy kabel UTP ze złączem RJ-45	100BASE-FX (228-412 m) światłowód MM ze złączem SC	1000BASE-T (100 m) 100-omowy kabel UTP ze złączem RJ-45	1000BASE-SX (220-550 m) światłowód MM ze złączem SC	1000BASE-LX (550-5000 m) światłowód MM lub SM ze złączem SC	10GBASE-(różne) światłowód MM lub SM ze złączem SC	

Parametry pracy sieci Ethernet 10 Mb/s

Parametr	Wartość
Czas transmisji bitu	100 nanosekund (ns)
Czas trwania szczeliny	Czas transmisji 512 bitów (64 oktetów)
Przerwa międzyramkowa	96 bitów *
Limit prób po kolizji	16
Limit zwiększania okresu oczekiwania po kolizji	10
Rozmiar sekwencji zakłócającej	32 bity
Maksymalny rozmiar ramki bez znacznika VLAN	1518 oktetów
Minimalny rozmiar ramki	512 bitów (64 oktety)

kontrolera by sprawdzić, czy jego układy wykrywania kolizji działają prawidłowo. SQE jest też zwany sygnałem bicia serca (heartbeat). Sygnał SQE został zaprojektowany do wcześniejszych wersji Ethernetu gdzie host nie zawsze wiedział czy transceiver jest w danym momencie faktycznie przyłączony. Sygnał ten jest zawsze używany w trybie półdupleksu. Sygnał SQE może być także używany w trybie pełnego duplexu, ale nie jest to konieczne.

Sygnał SQE jest aktywny w następujących przypadkach:

W czasie od 4 do 8 mikrosekund po normalnej transmisji, sygnalizując, że wychodząca ramka została pomyślnie przesłana.

W wypadku wystąpienia kolizji w medium.

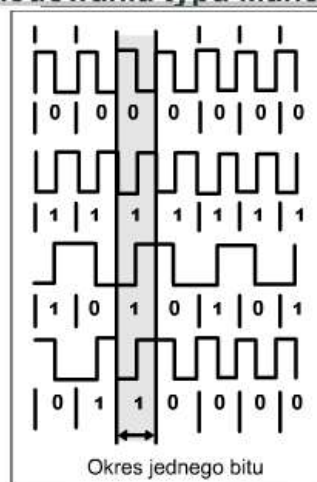
Gdy w medium pojawi się nieprawidłowy sygnał, taki jak odbicia wynikające ze zwarcia kabla lub zbyt długie ramki (jabber).

W wypadku przerwania transmisji.

Wszystkie rodzaje sieci Ethernet 10 Mb/s przeprowadzają na oktetach otrzymanych z podwarstwy MAC proces zwany kodowaniem liniowym. Kodowanie liniowe opisuje sposób przesyłania bitów przez przewody. Najprostsze metody kodowania mają niekorzystne charakterystyki czasowe i elektryczne. Ze względu na to zaprojektowano takie kody, które mają pożądane własności transmisyjne. W sieci 10 Mb/s używany jest schemat kodowania Manchester.

Do określenia wartości binarnej dla danego okresu bitu w kodowaniu Manchester wykorzystywany jest kierunek zbrocza pośrodku okna czasowego. Górny przebieg ma opadające zbrocze, więc jest interpretowany jako 0 binarne. Następny przebieg ma zbrocze narastające, które jest interpretowane jako 1 binarna. Trzeci przebieg zawiera zmieniającą się sekwencję liczb binarnych. W wypadku zmieniających się danych binarnych nie istnieje potrzeba powrotu do poprzedniego poziomu napięcia. Jak widać na trzecim i czwartym przebiegu, wartości binarne są wyznaczone przez kierunek zmian w czasie trwania danego bitu. Poziomy napięcia na początku i końcu każdego okresu bitu nie wyznaczają wartości binarnych. Architektura sieci klasycznego Ethernetu ma wiele cech wspólnych. Sieci składają się zwykle z różnych rodzajów mediów. Dzięki zgodności ze standardem mogą one ze sobą współpracować. Ogólny projekt architektury nabiera zasadniczego znaczenia przy tworzeniu sieci złożonej z różnych mediów. Gdy sieć się rozrasta, łatwiej

Przykłady kodowania typu Manchester.



Przykład kodowania typu Manchester. Oś Y przedstawia napięcie, a oś X przedstawia czas.

przekroczyć maksymalne limity opóźnień. **Limity czasowe zależą od takich parametrów, jak:**

- długość kabla i jego opóźnienie propagacji,
- opóźnienia wtórników,
- opóźnienia transceiverów,
- zmniejszanie przerwy międzyramkowej,
- opóźnienia wewnątrz stacji.

Sieć Ethernet 10 Mb/s może działać bez przekraczania limitów czasowych, jeśli składa się z nie więcej niż pięciu segmentów oddzielonych nie więcej niż czterema wtórnikami. Jest to tak zwana reguła 5-4-3. Na drodze między dwiema odległymi stacjami nie mogą znajdować się więcej niż cztery kolejne wtórniki. Pomiedzy tymi stacjami nie mogą znajdować się także więcej niż trzy wykorzystywane segmenty.

7.1.2 10BASE5

W oryginalnej sieci Ethernet 10BASE5 z roku 1980 dane były transmitowane z prędkością 10 Mb/s przez magistralę, którą stanowił pojedynczy gruby kabel koncentryczny. Technologia 10BASE5 jest ważna, ponieważ było to pierwsze medium używane przez sieci Ethernet. Technologia 10BASE5 stanowiła część oryginalnego standardu 802.3. Podstawową zaletą technologii 10BASE5 był zasięg. Dziś można ją spotkać w starszych typach instalacji, nie jest jednak zalecana w nowych instalacjach. Systemy zbudowane w technologii 10BASE5 są niedrogie i nie wymagają konfiguracji, ale bardzo trudno dziś znaleźć na rynku takie podstawowe komponenty, jak karty sieciowe, zaś sama technologia nie jest odporna na odbicia sygnału w kablu. Systemy 10BASE5 cechują się także pojedynczym punktem awarii.

W systemach tych stosowane jest kodowanie typu Manchester. W kablu znajduje się jednolity centralny przewodnik. Każdy z maksymalnie pięciu segmentów grubego kabla koncentrycznego może mieć do 500 metrów długości. Okablowanie jest duże, ciężkie i trudne w instalacji. Jednak stosunkowo duża dopuszczalna długość segmentu stanowiła zaletę, co przedłużyło korzystanie z tej technologii w pewnych zastosowaniach.

Ponieważ medium jest pojedynczy kabel koncentryczny, tylko jedna stacja może transmitować pakiety w danej chwili, gdyż w przeciwnym wypadku nastąpi kolizja. Z tego powodu sieć 10BASE5 działa tylko w trybie półduplexu, przez co maksymalna prędkość przesyłania danych wynosi 10 Mb/s.

7.1.3 10BASE2

Technologia 10BASE2 została wprowadzona w roku 1985. Proces instalacji stał się prostszy dzięki mniejszemu rozmiarowi i wadze oraz większej elastyczności kabla. Ta technologia jest nadal

używana w starszych sieciach natomiast stosowanie jej w nowych instalacjach nie jest zalecane, podobnie jak sieci 10BASE5. Jest ona tania i nie wymaga stosowania hubów. Także w jej wypadku trudno jest znaleźć na rynku odpowiednie karty sieciowe.

Również w technologii 10BASE2 wykorzystywane jest kodowanie typu Manchester. Komputery w sieci LAN są łączone ze sobą za pomocą nieprzerwanego łańcucha odcinków kabli koncentrycznych. Kable przyłącza się do złączy typu T na kartach sieciowych za pomocą złączy BNC.

W technologii 10BASE2 jako wewnętrzną żyłę używa się linki. Każdy z maksymalnie pięciu segmentów kabla koncentrycznego może mieć długość do 185 metrów, a każda stacja jest podłączona bezpośrednio do złącza BNC typu T na kablu.

Tylko jedna stacja może transmitować dane naraz, gdyż w przeciwnym razie nastąpi kolizja. Również w technologii 10BASE2 używany jest tryb półduplexu. Maksymalna szybkość transmisji w technologii 10BASE2 wynosi 10 Mb/s.

Do pojedynczego segmentu 10BASE2 można przyłączyć do 30 stacji. Spośród pięciu kolejnych segmentów między dwiema stacjami tylko do trzech z nich mogą być podłączone komputery.

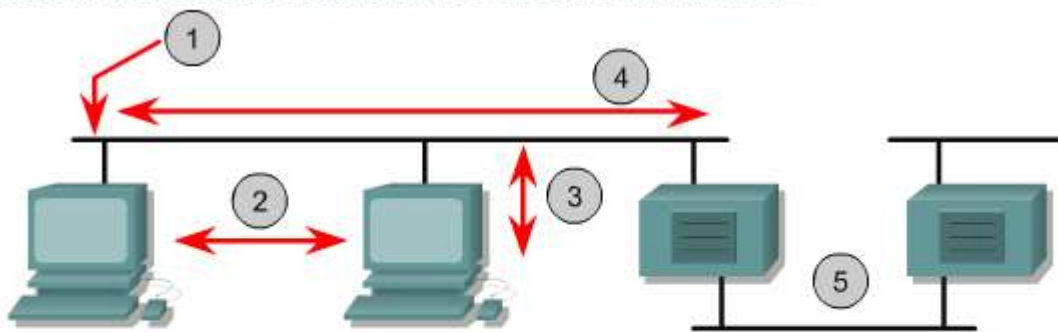
7.1.4 10BASE-T

Technologia 10BASE-T została wprowadzona w roku 1990. Zamiast kabla koncentrycznego jest w niej używana tańsza i łatwiejsza w instalacji skrętka nieekranowana (UTP) kategorii 3. Kabel jest podłączany do centralnego urządzenia zawierającego wspólną szynę. Tym urządzeniem jest hub. Znajduje się on w środku zestawu

kabli, które rozchodzą się do komputerów w podobny sposób jak szprychy w kole. Taki układ określa się mianem topologii gwiazdy. Długość kabli wychodzących z huba oraz sposób instalacji skrętki nieekranowanej przyczynił się do tworzenia układów gwiazd złożonych z gwiazd, nazywanych topologią gwiazdy rozszerzonej. Technologia 10BASE-T była początkowo półduplexowa. Później dodano możliwość pracy w pełnym duplexie. Gwałtowny wzrost popularności Ethernetu nastąpił w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych, kiedy Ethernet stał się dominującą technologią sieci LAN.

Również w technologii 10BASE-T wykorzystywane jest kodowanie typu Manchester. Skrętka nieekranowana 10BASE-T ma jednolity przewodnik w każdym przewodzie kabla poziomego o maksymalnej długości 90 metrów.

Ograniczenia projektowe sieci 10BASE2



1. Oba końce kabla koncentrycznego powinny być zakończone terminatorami o impedancji falowej 50 omów.
2. Minimalna odległość pomiędzy punktami wpięcia urządzeń do kabla wynosi 0,5 metra.
3. Każda stacja musi być bezpośrednio połączona z trójnikiem BNC wpiętym do kabla koncentrycznego.
4. Maksymalna długość segmentu wynosi 185 metrów.
5. Do segmentów sieci pomiędzy wtórniki mogą być dołączone tylko dwa urządzenia, którymi są te wtórniki.

Układ styków gniazdka modułowego w sieci 10BASE-T

Numer styku	Sygnal
1	TD+ (dane wysyłane, dodatni sygnał różnicowy)
2	TD- (wysyłane, ujemny sygnał różnicowy)
3	RD+ (dane odbierane, dodatni sygnał różnicowy)
4	Nie używane
5	Nie używane
6	RD- (dane odbierane, ujemny sygnał różnicowy)
7	Nie używane
8	Nie używane

Do skrętki nieekranowanej używane są ośmiostykowe złącza RJ-45. Chociaż kabel kategorii 3 jest wystarczający dla sieci 10BASE-T, do wszelkich nowych instalacji zaleca się używanie kabla kategorii 5e lub lepszego. We wszystkich czterech parach przewodów należy zastosować wyprowadzenia styków T568-A lub T568-B. Instalacja tego typu kabli umożliwia korzystanie z różnych protokołów bez potrzeby zmiany okablowania. Na rysunku pokazano wyprowadzenia styków dla połączenia w technologii 10BASE-T. Para transmitująca po stronie odbiorczej jest połączona z parą odbiorczą w dołączonym urządzeniu.

W zależności od konfiguracji używany jest tryb półduplexu bądź pełnego duplexu. Sieć 10BASE-T przenosi dane z prędkością 10 Mb/s w trybie półduplexu i z prędkością 20 Mb/s w trybie pełnego duplexu.

7.1.5 Okablowanie i architektura w technologii 10BASE-T

Łącza w sieci 10BASE-T składają się zwykle z połączeń stacji z hubem lub z przełącznikiem. Huby są wieloportowymi wtórnymi i należy je uwzględniać przy obliczaniu limitu liczby wtórników między odległymi stacjami. Huby nie dzielą segmentów sieci na oddzielne domeny kolizyjne. Ze względu na to, że huby i wtórniki zwiększają długość segmentu wewnątrz pojedynczej domeny kolizyjnej, istnieje ograniczenie co do liczby hubów w danym segmencie. Mosty i przełączniki dzielą segment na osobne domeny kolizyjne; w takiej sytuacji jedynym ograniczeniem dotyczącym odległości między przełącznikami są ograniczenia narzucane przez medium. W sieciach 10BASE-T odległość między przełącznikami jest ograniczona do 100 m.

Chociaż huby można łączyć, lepiej unikać takiego układu. Zapobiega to przekroczeniu maksymalnego opóźnienia między odległymi stacjami. Jeśli potrzebnych jest wiele hubów, najlepiej jest ułożyć je hierarchicznie, tworząc strukturę podobną do drzewa. Wydajność zwiększy się, jeżeli między stacjami będzie mniej wtórników.

Na rysunku przedstawiono przykładową architekturę. Wszystkie odległości między stacjami są dopuszczalne. Jednak całkowita odległość między skrajnymi punktami sieci jest taka, że architektura zbliża się do swego górnego limitu. Najważniejszym zagadnieniem, które należy rozpatrzyć, jest utrzymanie minimalnych opóźnień między odległymi stacjami, niezależnie od architektury i użytych mediów. Krótsze maksymalne opóźnienie zaowocuje lepszą ogólną wydajnością.

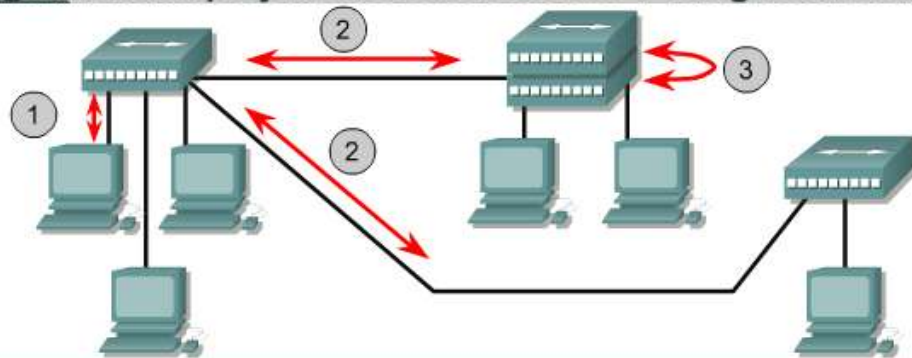
Łącza 10BASE-T bez wtórników mogą mieć długość do 100 m.

Wydaje się, że to duża odległość, jednak w praktyce przy okablowywaniu budynku długość ta jest zwykle w całości wykorzystywana. Huby mogą rozwiązywać problemy z odległością, ale pozwalają na propagację kolizji. Powszechne użycie przełączników przyczyniło się do zmniejszenia znaczenia problemu odległości. Jeżeli stacje robocze znajdują się w odległości mniejszej niż 100 m od przełącznika, to za przełącznikiem odległość tę można zacząć mierzyć od początku.

7.1.6 Sieć Ethernet 100 Mb/s

Technologia Ethernet 100 Mb/s jest znana również pod nazwą Fast Ethernet. Dwie technologie, które zyskały na znaczeniu, to 100BASE-TX, używająca miedzianej skrętki nieekranowanej UTP, oraz 100BASE-FX, używająca światłowodu wielomodowego. Trzy charakterystyczne elementy, wspólne dla technologii 100BASE-TX i 100BASE-FX, to parametry czasowe, format ramki i elementy procesu transmisji. Obie technologie, 100BASE-TX i 100BASE-FX, mają jednakowe parametry czasowe. Zauważmy, że czas przesłania jednego bitu z prędkością 100 Mb/s wynosi 10 ns = 0,01 mikrosekundy =

Ograniczenia projektowe sieci 10BASE-T z regeneratorami



1. Długość kabla UTP łączącego stację z hubem, lub przebiegającego pomiędzy hubami wynosi zwykle od 1 do 100 m
2. Każdy koncentrator jest wieloportowym regeneratorem, więc łącza pomiędzy koncentratorami są uwzględniane przy obliczaniu maksymalnej liczby wtórników.
3. Te dwa zestawialne koncentratory z połączonymi ze sobą panelami tylnymi uważane są za jeden koncentrator [regenerator].

Parametry pracy sieci Ethernet 100 Mb/s

Parametr	Wartość
Czas transmisji bitu	10 nanosekund (ns)
Czas trwania szczeliny	Czas transmisji 512 bitów (64 oktetów)
Przerwa międzyramkowa	96 bitów
Limit prób po kolizji	16
Limit zwiększania okresu oczekiwania po kolizji	10
Rozmiar sekwencji zakłócającej	32 bity
Maksymalny rozmiar ramki bez znacznika VLAN	1518 oktetów
Minimalny rozmiar ramki	512 bitów (64 oktety)

Obie technologie, 100BASE-TX i 100BASE-FX, mają jednakowe parametry czasowe. Zauważmy, że czas przesłania jednego bitu z prędkością 100 Mb/s wynosi 10 ns = 0,01 mikrosekundy =

1 stumilionową część sekundy.

Format ramki sieci 100 Mb/s jest taki sam, jak w sieci

10 Mb/s. Sieć Fast Ethernet jest dziesięć razy szybsza niż sieć 10BASE-T. Z powodu większej prędkości należy zachować ostrożność, gdyż wysyłane bity są krótsze i występują częściej. Sygnały o większej częstotliwości są bardziej narażone na szumy. W celu zaradzenia tym problemom w sieciach Ethernet 100 Mb/s używane są dwa oddzielne etapy kodowania. W pierwszym etapie kodowania używana jest metoda o nazwie 4B/5B, a w drugiej właściwe kodowanie liniowe, zależne od typu medium, którym jest kabel miedziany lub włókno światłowodowe.

7.1.7 100BASE-TX

W roku 1995 technologia 100BASE-TX (używająca skrętki nieekranowanej kategorii 5) stała się standardem, który odniósł sukces komercyjny.

Oryginalna technologia Ethernet, używająca kabli koncentrycznych, działała w trybie transmisji półduplexowej, tak więc tylko jedno urządzenie w danym czasie mogło przysyłać dane. Jednak w roku 1997 możliwości Ethernetu zostały poszerzone o transmisję w trybie pełnego duplexu, co umożliwiło przysyłanie danych przez więcej niż jeden komputer w tym samym czasie. Przełączniki zaczęły wypierać huby. Umożliwiały one bowiem transmisję w trybie pełnego duplexu, a czas obsługi ramek sieci Ethernet był bardzo krótki.

W technologii 100BASE-TX dane są kodowane przy użyciu kodu 4B/5B, a następnie konwertowane przy użyciu kodu MLT-3 (Multi-Level Transmit-3). **Na rysunku przedstawiono wyprowadzenia styków połączenia w standardzie 100BASE-TX. Należy zauważyć, że istnieją dwie oddzielne ścieżki nadawczo-odbiorcze. Tak samo jest w sieci 10BASE-T.**

W sieci 100BASE-TX dane mogą być przysyłane z prędkością 100 Mb/s w trybie półduplexu. W trybie pełnego duplexu możliwe jest przysyłanie danych z prędkością 200 Mb/s. Tryb pełnego duplexu będzie zyskiwał na znaczeniu wraz ze zwiększaniem prędkości sieci Ethernet.

Wyprowadzenia styków złącza modułowego w sieci 100BASE-TX

Numer styku	Sygnal
1	TD+ (dane wysyłane, dodatni sygnał różnicowy)
2	TD- (dane wysyłane, ujemny sygnał różnicowy)
3	RD+ (dane odbierane, dodatni sygnał różnicowy)
4	Nie używane
5	Nie używane
6	RD- (dane odbierane, ujemny sygnał różnicowy)
7	Nie używane
8	Nie używane

7.1.8 100BASE-FX

Wraz z wprowadzeniem sieci Fast Ethernet opartej na kablach miedzianych powstała potrzeba utworzenia jej wersji światłowodowej. Wersja oparta na

światłowodach mogłaby być używana w sieciach szkieletowych, połączeniach między piętrami i budynkami, gdzie kable miedziane są mniej przydatne, oraz w środowiskach o dużych zakłóceniach. Aby zaspokoić te potrzeby, wprowadzono technologię 100BASE-FX. Jednak technologia 100BASE-FX nigdy nie odniosła sukcesu. Powodem tego było szybkie wprowadzenie standardów Gigabit Ethernet dla kabli miedzianych i światłowodów. Standardy Gigabit Ethernet są obecnie dominującą technologią w instalacjach szkieletowych, szybkich przełącznicach oraz w innych zastosowaniach związanych z infrastrukturą.

Taktowanie, format ramki i transmisja są takie same dla obydwu wersji technologii Fast Ethernet 100 Mb/s.

Na rysunku przedstawiono podsumowanie informacji dotyczących łącza i wyprowadzeń styków w technologii 100BASE-FX. Najczęściej używana jest para światłowodów ze złączami ST lub SC. Możliwa jest transmisja z prędkością 200 Mb/s, ponieważ w sieci 100BASE-FX wykorzystywane są oddzielne włókna optyczne dla ścieżki nadawczej (Tx) i odbiorczej (Rx).

Ramka sieci Ethernet

Ramka sieci Ethernet							
Preambuła	SFD	Adres docelowy	Adres źródłowy	Długość pola danych	Dane	Pole wypełnienia	FCS
7	1	6	6	2	46 to 1500		4

Wyprowadzenia złącza w sieci 100BASE-FX

Włókno światłowodowe	Sygnal
1	Tx (diody LED i nadajniki laserowe)
2	Rx (szybkie fotodiody detekcyjne)

7.1.9 Architektura sieci

Fast Ethernet

Łączy Fast Ethernet zwykle składają się z połączeń między stacją a hubem lub przełącznikiem. Huby uważane są za wieloportowe wtórniki, a przełączniki — za wieloportowe mosty. W obu przypadkach obowiązuje ograniczenie długości skrętki nieekranowanej do 100 m. Wtórnik klasy I może wprowadzać opóźnienia o maksymalnej długości nie przekraczającej 140 czasów transmisji bitu. Każdy wtórnik zamieniający jedną z wersji sieci Ethernet na inną jest

wtórnikami klasy I. Wtórnik klasy II ogranicza wprowadzane opóźnienie do 92 czasów transmisji bitu, ponieważ natychmiast powtarza transmisję przychodzącego sygnału na wszystkie porty bez żadnych translacji. Aby jednak osiągnąć tak małe opóźnienia, wtórnik ten może łączyć tylko segmenty używające tej samej techniki sygnalizacji. Podobnie jak w przypadku wersji 10 Mb/s, w wersji 100 Mb/s także można modyfikować niektóre reguły architektury. Jednak praktycznie nie można wprowadzać dodatkowych opóźnień. Jeśli chodzi o sieć 100BASE-TX, zdecydowanie odradza się modyfikację reguł architektury. Kabel między dwoma wtórnikami klasy II w sieci 100BASE-TX nie może być dłuższy niż 5 metrów. Dość często można spotkać łącza w sieci Fast Ethernet działające w półduplesie. Jednak tryb ten jest niepożądany, gdyż schemat sygnalizacji został zaprojektowany pod kątem pracy w pełnym duplesie.

Na rysunku przedstawiono długości kabli dla różnych konfiguracji architektury. Łączy 100BASE-TX mogą nie korzystać z wtórników, jeśli odległości są krótsze niż 100 m. Wprowadzenie przełączników zmniejszyło znaczenie tego ograniczenia długości. Ponieważ większość sieci Fast Ethernet korzysta z przełączników, są to praktyczne ograniczenia odległości między urządzeniami

7.2 Sieć Ethernet Gigabit i 10 Gigabit

7.2.1 Sieć Ethernet 1000 Mb/s

Standardy sieci Ethernet 1000 Mb/s, czyli Gigabit Ethernet, umożliwiają transmisję zarówno w medium miedzianym, jak i światłowodowym. Standard 1000BASE-X, znany również pod nazwą IEEE 802.3z, opisuje pełnodupleksową technologię światłowodową, która umożliwia transmisję z prędkością 1 Gb/s. Natomiast standard 1000BASE-T, lub inaczej IEEE 802.3ab używa kabli miedzianych o kategorii 5 lub wyższej.

Jak pokazano na rysunku, w technologiach 1000BASE-TX, 1000BASE-SX i 1000BASE-LX używane są te same parametry czasowe. Czas transmisji bitu wynosi 1 nanosekundę (0,000 000 001 sekundy) czyli 1 miliardową część sekundy. Format ramki sieci Gigabit Ethernet jest taki sam jak w sieciach Ethernet 10 Mb/s i 100 Mb/s. Sieci Gigabit Ethernet w zależności od implementacji mogą stosować różne metody zamiany ramek na bity przesyłane w kablu.

Różnice między klasyczną technologią Ethernet, technologią Fast Ethernet i Gigabit Ethernet występują w warstwie fizycznej. Skrócony z powodu większej prędkości stosowanej w nowszych standardach czas transmisji bitu wymaga specjalnego traktowania. Ponieważ bity są przekazywane do medium w krótszym czasie i częściej, taktowanie staje się bardzo istotne. Transmisja o dużej prędkości wymaga częstotliwości bliskich wartościom krytycznym dla medium miedzianego. Powoduje to większą podatność bitów na szum w medium miedzianym.

Przykłady architektur i maksymalnych długości kabli

Architektura	100BASE-TX	100BASE-FX	100BASE-TX i FX
Komputer-komputer, komputer-przełącznik, przełącznik-przełącznik (półdupleks lub pełny dupleks)	100 m	412 m	N/A
Jeden wtórnik klasy I (półdupleks)	200 m	272 m	100 m (TX) 160.8 m (FX)
Jeden wtórnik klasy II (półdupleks)	200 m	320 m	100 m (TX) 208 m (FX)
Dwa wtórniki klasy II (półdupleks)	205 m	228 m	105 m (TX) 211.2 m (FX)

Parametry pracy sieci Gigabit Ethernet

Parametr	Wartość
Typy sieci Ethernet	1 ns
Czas trwania szczeliny	Czas transmisji 4096 bitów
Przerwa międzyramkowa	96 bitów *
Limit prób po kolizji	16
Limit zwiększania okresu oczekiwania po kolizji	10
Rozmiar sekwencji zakłócającej	32 bity
Maksymalny rozmiar ramki bez znacznika VLAN	1518 oktetów
Minimalny rozmiar ramki	512 bitów (64 oktety)
Limit przesyłania w trybie wiązkowym	65 536 bitów

Ten problem wymagał wprowadzenia w sieciach Gigabit Ethernet dwóch oddzielnych etapów kodowania. Transmisja danych stała się bardziej efektywna dzięki wprowadzeniu kodów reprezentujących strumień bitów. Zakodowane dane umożliwiają synchronizację, efektywne wykorzystanie pasma oraz mają zwiększony odstęp sygnału od szumu.

W warstwie fizycznej wzorce bitów z warstwy MAC są zamieniane na symbole. Symbolami mogą być także takie informacje sterujące, jak początek i koniec ramki lub znacznik wolnego medium. Podczas kodowania ramka jest zamieniana na symbole sterujące i symbole danych w celu zwiększenia przepustowości sieci.

W światłowodowych sieciach Gigabit Ethernet (standard 1000BASE-X) używane jest kodowanie 8B/10B, które jest podobne do kodowania 4B/5B. Następnie stosowany jest prosty kod liniowy NRZ (*Non-Return to Zero*), kodujący światło wprowadzane do włókna optycznego. Zastosowanie prostszego procesu kodowania jest możliwe dzięki temu, że światłowód może przenosić sygnały o szerszym paśmie.

7.2.2. 1000BASE-T

Instalacja sieci Fast Ethernet, mająca na celu zwiększenie szerokości pasma dostępnej dla stacji roboczych, spowodowała tworzenie wąskich gardeł po stronie dochodzącej sieci (upstream). Standard 1000BASE-T (IEEE 802.3ab) został utworzony w celu uzyskania dodatkowego pasma, które ułatwiłoby rozwiązanie tego problemu. Standard ten umożliwiał osiągnięcie większej przepustowości w takich zastosowaniach, jak sieci szkieletowe wewnątrz budynków, łącza między przełącznikami, farmy serwerów oraz w przypadku innych funkcji wykonywanych przez węzły dystrybucji okablowania, jak również służył do połączeń wysokowydajnych stacji roboczych. Standard Fast Ethernet został zaprojektowany tak, aby mógł korzystać z istniejących kabli miedzianych kategorii 5, które spełniają wymagania dla kabli kategorii 5e. Większość zainstalowanych i poprawnie zakończonych kabli kategorii 5 może przejść certyfikację dla kabli kategorii 5e. Jedną z najważniejszych cech standardu 1000BASE-T jest możliwość współpracy ze standardami 10BASE-T i 100BASE-TX.

Ponieważ kabel kategorii 5e może niezawodnie przenosić dane z prędkością do 125 Mb/s, uzyskanie prędkości 1000 Mb/s (Gigabit) stanowiło wyzwanie dla tego projektu. Pierwszym krokiem na tej drodze było wykorzystanie wszystkich czterech par kabli zamiast tradycyjnych dwóch par, używanych w sieciach 10BASE-T i 100BASE-TX. Zostało to osiągnięte przy użyciu skomplikowanych układów, które umożliwiły transmisję pełnodupleksową na tej samej parze przewodów. Daje to prędkość 250 Mb/s na parę. Mając do dyspozycji cztery pary przewodów, możemy osiągnąć żadaną prędkość 1000 Mb/s. Ponieważ informacje są transmitowane jednocześnie czterema ścieżkami, układ sterujący nadajnika musi dzielić ramki, a odbiornika — składać je ponownie.

W przypadku skrętki nieekranowanej kategorii 5e lub lepszej stosowane jest kodowanie 1000BASE-T oraz kodowanie liniowe 4D-PAM5. Transmisja i odbiór danych występuje jednocześnie na tym samym przewodzie w obydwu kierunkach. Jak można oczekiwać, prowadzi to do ciągłych kolizji na parach przewodów. W wyniku tych kolizji powstają skomplikowane sekwencje napięć.

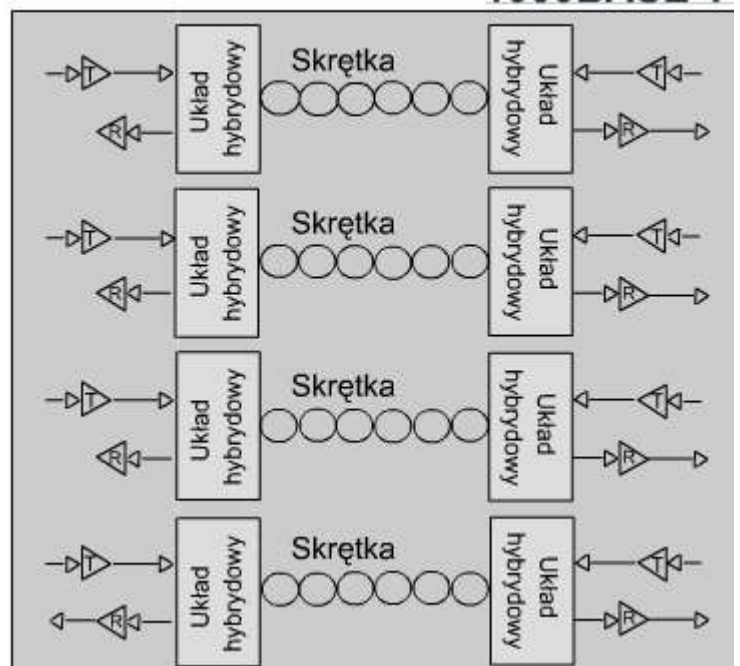
Osiągnięcie przepustowości 1 Gb/s wymaga stosowania skomplikowanych zintegrowanych układów, używających takich technik, jak tłumienie echa, korekcja błędów FEC (*Forward Error Correction*) w warstwie pierwszej oraz odpowiedni dobór poziomów napięć.

W okresie nieaktywności w kablu występuje dziewięć poziomów napięć, a podczas transmisji danych — 17. Sygnał w przewodzie bardziej przypomina sygnał analogowy niż cyfrowy z powodu dużej liczby stanów i działania szumu. System ten, podobnie jak analogowy, jest bardziej podatny na szumy spowodowane przez kabel i problemy z zakończeniami kabla.

Dane ze stacji wysyłającej są starannie dzielone na cztery równoległe strumienie, następnie są kodowane, transmitowane i odbierane równoległe, po czym zostają złożone z powrotem w jeden strumień bitów. **Na rysunku** przedstawiono równoczesną pracę w pełnym duplexie na czterech parach przewodów. Standard 1000BASE-T umożliwia działanie zarówno w półduplexie, jak i pełnym duplexie. Powszechnie wykorzystywany jest tryb pełnego duplexu standardu 1000BASE-T.

Przebieg transmisji sygnału w sieci

1000BASE-T



7.2.3 Technologie 1000BASE-SX i LX

Standard IEEE 802.3 rekomenduje jako preferowaną technologię dla sieci szkieletowych światłowodową sieć Gigabit Ethernet.

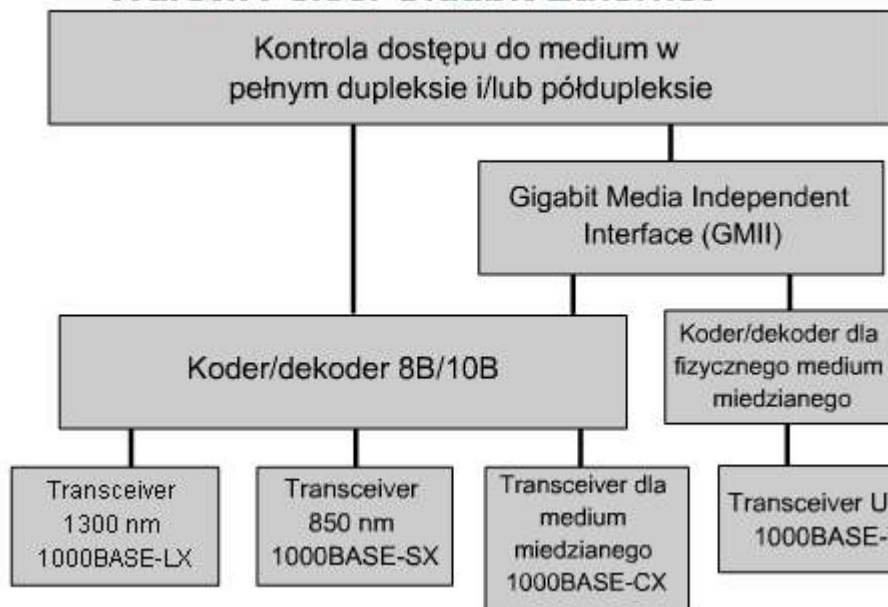
Taktowanie, format ramki i transmisja są takie same we wszystkich wersjach sieci 1000 Mb/s. W warstwie fizycznej zdefiniowano dwa schematy kodowania sygnału.

Kodowanie 8B/10B jest używane w światłowodach i ekranowanych mediach miedzianych, a modulacja amplitudy impulsów PAM5 (*Pulse Amplitude Modulation*) w skrętce nieekranowanej.

Korzyści ze stosowania światłowodowej sieci Gigabit Ethernet

- Odporność na szумы
- Nie występują problemy z potencjałem uziemienia
- Bardzo duży zasięg transmisji
- Wiele dostępnych urządzeń 1000BASE-X
- Może być użyty do łączenia rozproszonych segmentów sieci Fast Ethernet

Warstwy sieci Gigabit Ethernet

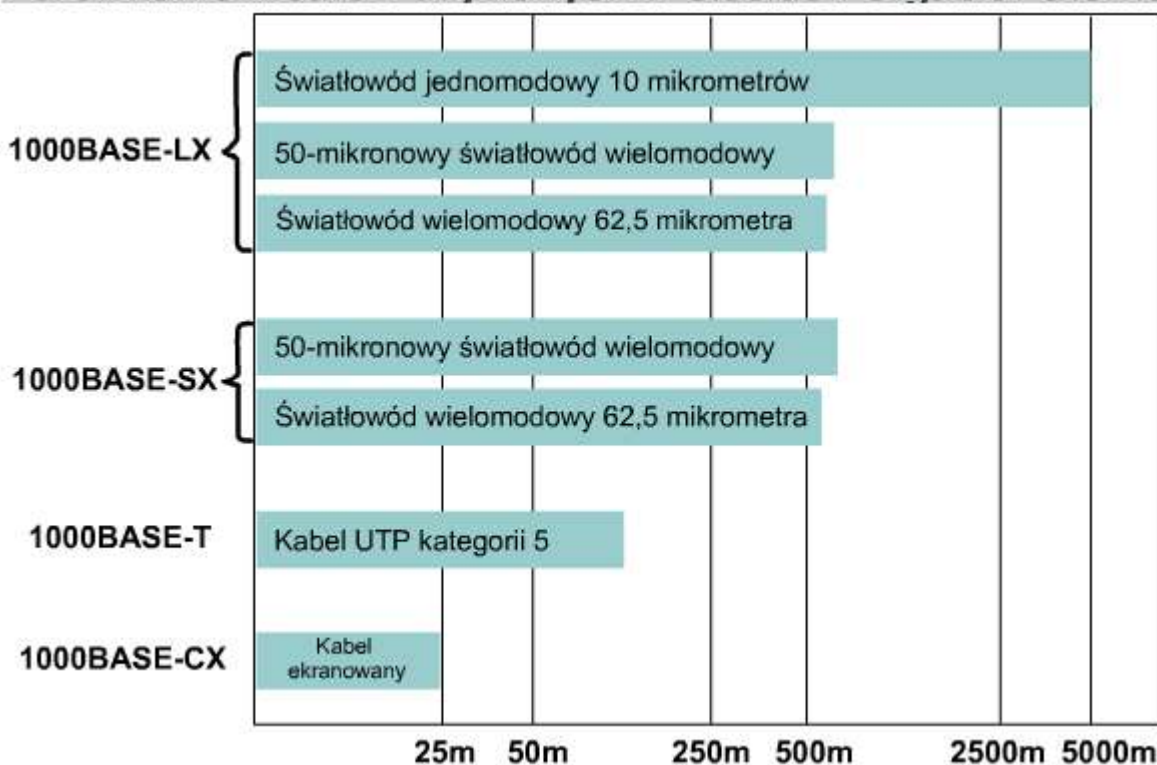


W standardzie 1000BASE-X stosowane jest kodowanie 8B/10B, po którym następuje kodowanie liniowe NRZ. Kodowanie NRZ do określenia wartości binarnej dla danego okresu bitu używa poziomu sygnału w oknie czasowym. W przeciwieństwie do innych opisanych schematów kodowania, ten system wykorzystuje poziomy sygnał, a nie zbocza. Oznacza to, że określenie, czy dany bit jest zerem, czy jedynką, następuje na podstawie poziomu sygnału, a nie wtedy, gdy sygnał zmienia poziomy.

Sygnaly NRZ są następnie emitowane do włókna światłowodowego przy użyciu źródeł światła o dużej lub małej długości fali. Krótsze fale mają długość

850 nm, pochodzą z lasera lub diody LED i rozchodzą się w światłowodzie wielomodowym (1000BASE-SX). Ta wersja jest tańsza, ale działa na mniejsze odległości. Standard 1000BASE-LX wykorzystuje dłuższe fale o długości 1310 nm, emitowane przez laser i rozchodzące się w światłowodzie jednomodowym lub wielomodowym. W wypadku źródła laserowego i światłowodu jednomodowego

Porównanie mediów używanych w sieciach Gigabit Ethernet



można osiągnąć odległości do 5000 metrów. Ponieważ każdorazowe włączenie i wyłączenie diody LED lub lasera wymagałoby długiego czasu, światło jest emitowane z małą lub dużą mocą. Logiczne zero jest reprezentowane przez małą moc, a jedynka — przez dużą.

Metoda MAC traktuje takie łącze jako połączenie punkt-punkt. Ponieważ do transmisji (Tx) i odbioru (Rx) wykorzystywane są oddzielne włókna, transmisja jest z założenia pełnodupleksowa. Sieci Gigabit Ethernet

pozwalają na zastosowanie tylko jednego wtórnika między dwiema stacjami. Na rysunku przedstawiono porównanie mediów dla sieci Ethernet 1000BASE.

7.2.4 Architektura sieci Gigabit Ethernet

W łączach pełnodupleksowych odległość jest ograniczona wyłącznie własnościami medium, a nie opóźnieniem w obie strony. Ponieważ większość sieci Gigabit Ethernet jest przełączana, wartości przedstawione na rysunkach i stanowią praktyczne ograniczenia łączy między urządzeniami. Dozwolone są topologie gwiazdy, rozszerzonej gwiazdy oraz połączenia łańcuchowe. Zagadnieniem ważniejszym niż ograniczenia dotyczące odległości i czasu staje się zatem wybór topologii logicznej i schematu przepływu danych.

W sieciach 1000BASE-T używana jest taka sama skrętka nieekranowana jak w sieciach 10BASE-T lub 100BASE-TX, ale łącze musi być wyższej jakości i spełniać wymogi kategorii 5e lub klasy D ISO (2000).

W sieci 1000BASE-T niepożądane są wszelkie modyfikacje reguł architektury. Przy odległości 100 metrów sieć 1000BASE-T pracuje na granicy możliwości odtworzenia przez sprzęt transmitowanego sygnału. Wszelkie problemy z okablowaniem lub szum w otoczeniu mogą spowodować, że nawet spełniający normy kabel nie umożliwi prawidłowej pracy na dystansie zgodnym ze specyfikacją.

Zaleca się, aby wszystkie łącza pomiędzy stacją a hubem lub przełącznikiem pracowały w trybie autonegocjacji, który pozwala osiągnąć najwyższą ogólną wydajność. Zapobiega to przypadkowym błędom konfiguracji innych parametrów, wymaganych do prawidłowego działania sieci Gigabit Ethernet.

Maksymalne długości kabli w sieci 1000BASE-SX

Medium	Przepustowość modalna	Odległość maksymalna
Światłowod wielomodowy 62,5 μm	160	220 m
Światłowod wielomodowy 62,5 μm	200	275 m
Światłowod wielomodowy 50 μm	400	500 m
Światłowod wielomodowy 50 μm	500	500 m

Maksymalne długości kabli w sieci 1000BASE-LX

Medium	Przepustowość modalna	Odległość maksymalna
Światłowod wielomodowy 62,5 μm	500	550 m
Światłowod wielomodowy 50 μm	400	550 m
Światłowod wielomodowy 50 μm	500	550 m
Światłowod jednomodowy 10 μm	N/A	5000 m

7.2.5 Sieć 10 Gigabit Ethernet

Standard IEEE 802.3ae został zaadaptowany na potrzeby pełnodupleksowej transmisji przez światłowod z prędkością 10 Gb/s. Występują jednak duże podobieństwa między standardem 802.3ae a standardem oryginalnej sieci Ethernet 802.3. Standard 10 Gigabit Ethernet (10GbE) jest wykorzystywany nie tylko w sieciach LAN, ale i w sieciach MAN oraz WAN.

Dzięki temu samemu formatowi ramki oraz zgodności z poprzednimi standardami innych elementów specyfikacji warstwy 2 sieci Ethernet, standard 10GbE umożliwia korzystanie z szerszego pasma, zachowując przy tym możliwość współpracy z istniejącą infrastrukturą sieci.

Wraz z powstaniem technologii 10GbE nastąpiła poważna zmiana w koncepcji stosowania sieci Ethernet.

Technologia Ethernet tradycyjnie jest uważana za technologię sieci LAN, ale standardy warstwy fizycznej sieci 10GbE umożliwiają zarówno zwiększenie dystansu do 40 km przy użyciu światłowodu jednomodowego, jak również zapewniają zgodność z sieciami SONET (*Synchronous Optical Network*) oraz sieciami SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*). Możliwość pracy na odległość do 40 km powoduje, że technologia 10GbE jest technologią odpowiednią dla sieci MAN. Zgodność z sieciami SONET/SDH aż do poziomu OC-192 (prędkość do 9,584640 Gb/s) powoduje, że technologia 10GbE jest technologią odpowiednią dla sieci WAN. Technologia 10GbE może także w pewnych zastosowaniach rywalizować z technologią ATM.

Podsumowując zastanówmy się, jakie są podobieństwa i różnice między sieciami 10GbE a innymi wersjami sieci Ethernet.

Format ramki jest taki sam, co pozwala na współpracę bez ponownego podziału na ramki lub konwersji protokołu pomiędzy wszystkimi odmianami tych sieci: klasyczną, Fast, Gigabit Ethernet i 10 Gigabit Ethernet. Czas transmisji bitu wynosi 0,1 nanosekundy. Pozostałe parametry czasowe są odpowiednio przeskalowane. Ponieważ używane są jedynie światłowodowe połączenia pełnodupleksowe, nie ma potrzeby korzystania z technologii CSMA/CD.

Podwarstwy standardu 802.3 należące do warstw 1 i 2 modelu OSI są w większości zachowane, z kilkoma dodatkami umożliwiającymi pracę z łączami światłowodowymi o długości 40 km oraz współpracę z technologiami SONET/SDH.

Możliwe jest tworzenie elastycznych, efektywnych, niezawodnych i względnie tanich sieci Ethernet typu end-to-end.

Można używać protokołu TCP/IP w sieciach LAN, MAN i WAN, korzystając tylko z jednej metody transportu w warstwie 2.

Podstawowym standardem technologii CSMA/CD jest standard IEEE 802.3. Suplement do tego standardu (zatytułowany 802.3ae) opisuje rodzinę technologii 10GbE. Jak zwykle w wypadku nowych technologii, rozważane są różne implementacje, między innymi następujące:

10GBASE-SR: przeznaczona do pracy na krótkich odległościach (od 26 m do 82 m) w istniejących już światłowodach wielomodowych;

10GBASE-LX4: używa technologii WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), umożliwia pracę na odległościach od 240 m do 300 m na zainstalowanych już wielomodowych łączach światłowodowych oraz na odległościach do 10 km w światłowodach jednomodowych;

10GBASE-LR i 10GBASE-ER: umożliwia pracę na odległości 10 km i 40 km przy użyciu światłowodu jednomodowego;

10GBASE-SW, 10GBASE-LW i 10GBASE-EW: znane pod wspólną nazwą 10GBASE-W i przeznaczone do pracy w sieciach SONET/SDH WAN opartych na standardzie STM (*Synchronous Transport Module*) OC-192.

Grupa zadaniowa IEEE 802.3ae i organizacja 10-Gigabit Ethernet Alliance (10 GEA) opracowują standardy dla tych powstających technologii.

Technologia Ethernet 10 Gb/s (IEEE 802.3ae) stała się standardem w czerwcu 2002 roku. Jest to pełnodupleksowy protokół, dla którego jedynym medium jest światłowód. Maksymalna odległość transmisji zależy od rodzaju używanego światłowodu. Przy użyciu jako medium światłowodu jednomodowego maksymalna odległość wynosi 40 kilometrów (25 mil). Członkowie organizacji IEEE rozpoczęli dyskusje, w trakcie których zasugerowano możliwość utworzenia standardów sieci Ethernet o prędkościach 40, 80 lub nawet 100 Gb/s.

Parametry pracy sieci 10 Gigabit Ethernet

Parametr	Wartość
Czas transmisji bitu	0.1 nsec
Czas trwania szczeliny	nie ma zastosowania *
Przerwa międzyramkowa	96 bitów **
Limit prób po kolizji	nie ma zastosowania *
Limit zwiększania okresu oczekiwania po kolizji	nie ma zastosowania *
Rozmiar sekwencji zakłócającej	nie ma zastosowania *
Maksymalny rozmiar ramki bez znacznika VLAN	1518 oktetów
Minimalny rozmiar ramki	512 bitów (64 oktety)
Limit przesyłania w trybie wiązkowym	nie ma zastosowania *
Stopień rozszerzenia przerw międzyramkowych	104 bity***

* W sieci 10 Gigabit Ethernet nie jest możliwa praca w półduplesie, zatem nie mają zastosowania parametry związane z czasem trwania szczeliny i obsługą kolizji. ** Podana wartość jest standardową przerwą międzyramkową. *** Stopień rozszerzania przerw międzyramkowych dotyczy wyłącznie definicji sieci 10GBASE-W.

7.2.6 Architektury sieci 10 Gigabit Ethernet

Podobnie jak w wypadku sieci Gigabit Ethernet, zwiększenie szybkości wprowadza dodatkowe wymagania. Skrócony z powodu większej prędkości czas transmisji bitu wymaga specjalnego traktowania. Podczas transmisji w sieci 10GbE czas trwania każdego bitu wynosi 0,1 nanosekundy. Oznacza to, że w czasie potrzebnym do przesyłania jednego bitu danych w sieci Ethernet 10 Mb/s zostanie przesyłanych 1000 bitów danych w sieci 10GbE. Z powodu krótkiego okresu bitu w sieci 10GbE trudno zazwyczaj wyróżnić bit danych spośród szumu.

Transmisja w sieci 10GbE jest uzależniona od dokładnego taktowania, które umożliwia oddzielenie danych od efektów szumu w warstwie fizycznej. Taki jest cel synchronizacji.

W celu rozwiązania problemów związanych z synchronizacją, pasmem i odstępem sygnału od szumu, sieci 10 Gigabit Ethernet używają dwóch oddzielnych etapów kodowania. Transmisja jest bardziej efektywna dzięki użyciu kodów reprezentujących dane użytkownika. Zakodowane dane umożliwiają synchronizację, efektywne wykorzystanie pasma oraz mają zwiększony odstęp sygnału od szumu.

We wszystkich wersjach sieci 10GbE (oprócz 10GBASE-LX4) używane są złożone szeregowo strumienie bitów. W sieciach 10GBASE-LX4 wykorzystywana jest technika WDM (*Wide Wavelength Division Multiplex*), która pozwala na jednoczesne multipleksowanie czterech strumieni bitów, gdyż do światłowodu wprowadzane jest światło o czterech długościach fal.

Na rysunku przedstawiono szczególny przypadek użycia czterech laserów o nieco różniących się długościach fal. Podczas odbierania sygnału z medium strumień światła jest demultipleksowany na cztery oddzielne strumienie sygnału optycznego. Te cztery strumienie sygnału optycznego są następnie zamieniane na cztery strumienie elektryczne i poddawane odwrotnemu procesowi, w miarę przechodzenia do coraz wyższych podwarstw warstwy MAC.

Aktualnie większość produktów w technologii 10GbE jest dostępna w formie modułów lub kart linii dla wysokowydajnych przełączników i routerów. Można oczekiwać, że wraz z rozwojem technologii 10GbE pojawi się większa liczba różnych urządzeń. W miarę jak technologie optyczne będą ewoluowały do produktów tych zostaną dołączone ulepszone nadajniki i odbiorniki, które pozwolą jeszcze lepiej wykorzystać ich modułowość.

Wszystkie odmiany sieci 10GbE korzystają ze światłowodów jako mediów.

Wykorzystywane są światłowody jednomodowe

10 μm oraz wielomodowe 50 μm i 62,5 μm . Dopuszczalne jest używanie światłowodów o różnych charakterystykach dyspersji i tłumienia, ale ogranicza to możliwą długość sieci.

Chociaż w tej technologii wykorzystywane są wyłącznie światłowody, niektóre maksymalne długości kabli są zaskakująco niewielkie. Dla sieci 10 Gigabit Ethernet nie zdefiniowano wtórnika, ponieważ nie jest obsługiwany tryb półduplexu.

Podobnie jak w wersji 10 Mb/s, 100 Mb/s i 1000 Mb/s, tutaj także można w niewielkim stopniu modyfikować niektóre reguły architektury. Możliwe zmiany dotyczą strat sygnału i zniekształceń w medium. Z powodu dyspersji sygnału i innych zjawisk sygnał świetlny jest niemożliwy do odczytania po przebyciu pewnej odległości.

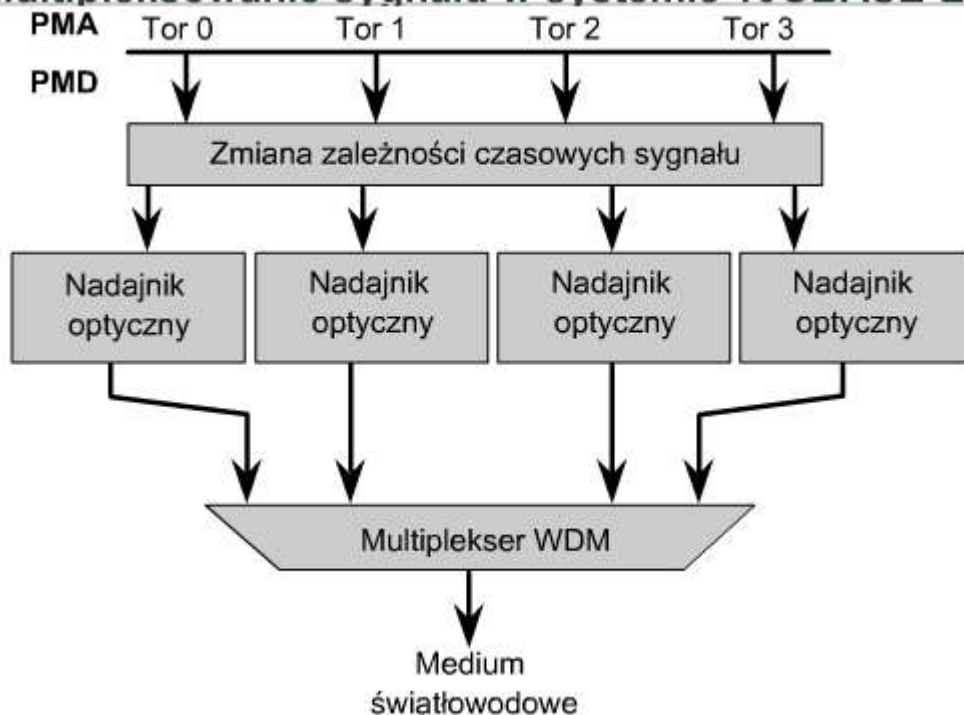
7.2.7 Przyszłość technologii Ethernet

Ewolucja sieci Ethernet wyglądała następująco: sieci klasyczne \rightarrow Fast \rightarrow Gigabit \rightarrow technologie wielogigabitowe. Chociaż inne technologie sieci LAN nadal są używane w starszych instalacjach, w nowych instalacjach sieci LAN dominuje technologia Ethernet. Dominacja tej technologii osiągnęła takie rozmiary, że Ethernet jest uważany przez niektórych za podstawowy protokół sieci LAN. Technologia Ethernet jest aktualnie standardem dla połączeń poziomych, pionowych oraz połączeń między budynkami. Nowo powstające wersje technologii Ethernet powodują zatarcie różnic pomiędzy sieciami LAN, MAN i WAN.

Obecnie, gdy sieci 1 Gigabit Ethernet są powszechnie dostępne, a produkty 10 Gigabit Ethernet zaczynają powoli wchodzić na rynek, organizacje IEEE oraz 10-Gigabit Ethernet Alliance pracują nad standardami 40 Gb/s, 100 Gb/s i nawet 160 Gb/s. To, które technologie zostaną przyjęte, zależy od wielu czynników, między innymi dojrzałości tych technologii i standardów, ich przyjęcia przez rynek oraz kosztów.

Dla sieci Ethernet zaproponowano inne niż CSMA/CD schematy arbitrażu. Zniknął problem kolizji występujący w fizycznych topologiach magistrali 10BASE5 i 10BASE2 oraz hubów 10BASE-T i 100BASE-TX. Używanie

Multipleksowanie sygnału w systemie 10GBASE-LX4



skrętki nieekranowanej lub światłowodów z oddzielnymi ścieżkami Tx i Rx oraz malejący koszt przełączników spowodował, że połączenia półdupleksowe na współdzielonym medium bardzo straciły na znaczeniu.

Przyszłość mediów sieciowych zależy od ich rodzajów:

Miedziane (do 1000 Mb/s, możliwe, że więcej).

Bezprzewodowe (zbliżają się do 100 Mb/s, możliwe, że więcej).

Światłowody (aktualnie 10 000 Mb/s, a wkrótce więcej).

W mediach miedzianych i bezprzewodowych występują pewne ograniczenia fizyczne i praktyczne wpływające na najwyższą możliwą do przeniesienia częstotliwość sygnału. W przewidywanej przyszłości nie będzie to stanowiło ograniczenia dla światłowodów. Limit szerokości pasma dla światłowodu jest bardzo duży i na razie nie stanowi problemu. W systemach światłowodowych czynnikiem ograniczającym szybkość jest technologia elektroniczna (nadajniki i odbiorniki) oraz proces wytwarzania włókien optycznych. Prawdopodobnie nadchodzące udoskonalenia sieci Ethernet będą ukierunkowane na wykorzystanie źródeł laserowych i światłowodów jednomodowych. W czasach, gdy sieć Ethernet była powolna, działała w trybie półduplexu, występowały w niej kolizje, a ustalanie priorytetów było procesem „demokratycznym”, nie rozważano potrzeby wprowadzenia usługi QoS (*Quality of Service*) dla obsługi wybranych rodzajów danych. Takimi danymi są rozmowy telefoniczne IP oraz rozgłaszane transmisje wideo.

Dominujące obecnie na rynku szybkie i pełnodupleksowe technologie Ethernet umożliwiają pracę nawet przy zastosowaniach korzystających z mechanizmu jakości usług QoS. Zwiększa to obszar możliwych zastosowań sieci Ethernet. Zakrawa na paradoks, że choć możliwość użycia mechanizmów QoS w połączeniach typu end-to-end spowodowała wprowadzenie technologii ATM w sieciach WAN i stacjach roboczych w połowie lat dziewięćdziesiątych, to właśnie sieci Ethernet, a nie ATM, zaczynają spełniać te wymagania.

Zwiększanie zakresu stosowania sieci Ethernet

