

Ethernet

Autorzy: Adam Białek, Artur Panek IVFDS

STRESZCZENIE

Ethernet, stworzony jako prowizoryczny mechanizm pomagający naukowcom odkrywać nowe technologie, okazał się jedną z najbardziej wartościowych i trwałych technologii informatycznych. Wszedł w piątą dekadę istnienia, podlegając w międzyczasie znacznej ewolucji. Niektóre z tych zmian sprawiły, że praktycznie niemożliwe jest podanie zwięzłej definicji Ethernetu.

Niniejsze opracowanie zawiera zbiorczy opis standardu Ethernet oraz różne potencjalne znaczenia terminu „Ethernet”.

Przedstawia charakterystykę kolejnych jego wcieleń na przestrzeni czasu. Opisuje takie zagadnienia, jak sposób jego działania poparty protokołem dostępu CSMA/CD oraz sposób rozgłaszania, niektóre ograniczenia sieci Ethernet a także implementacje warstwy fizycznej sieci Ethernet 10Mb/s. Dostarcza ogólnego spojrzenia na fizyczne nośniki transmisyjne, współczynniki i ograniczenia w długości najczęściej spotykanych technologii LAN, MAN i WAN.

W końcowym rozdziale, przedstawiona została wizja rozwoju standardu Ethernet w przyszłości.

*„Będąc informatykiem
nie musisz wszystkiego,
co z informatyką jest związane,
jednocześnie znać, ale POWINIENIEŚ
wiedzieć, gdzie o tym napisano, aby szybko
to znaleźć i zapoznać się z tym, kiedy zajdzie taka potrzeba.”*

Adam Białek

SPIS TREŚCI

Ethernet.....	0
Streszczenie	1
1. Wstęp.....	3
1.1. Historia Ethernetu.....	3
2. Działanie sieci Ethernet/802.3	4
2.1. Rozgłaszanie w sieci Ethernet/802.3	4
2.2. Protokół dostępu do medium w sieci Ethernet (CSMA/CD)	5
2.3. Różnice między Ethernetem a IEEE 802.3.....	6
3. Oznaczenia technologii Ethernet	8
4. Technologie Ethernet.....	10
4.1. Ethernet 10 Mb/s	11
4.1.1. Ethernet oraz 10Base-5.....	11
4.1.2. 10Base-2	12
4.1.3. 10Broad36 (Broadband Ethernet).....	15
4.1.4. 10Base-T.....	15
4.2. Ethernet 100 Mb/s	16
4.2.1. 100Base-T.....	16
4.2.2. 100VG-AnyLAN	19
4.3. Ethernet 1000 Mb/s (1 Gb/s)	20
4.3.1. Architektura protokołów Gigabit Ethernet.....	21
4.3.2. Jak migrować do Gigabit Ethernetu?.....	23
4.3.3. Standardy Gigabit Ethernet	25
4.4. Ethernet 10 000 Mb/s (10 Gb/s)	26
4.4.1. Standardy 10 Gigabit Ethernetu	27
4.4.2. Okablowanie.....	28
5. Sprzęt stosowany w sieciach Ethernet.....	28
5.1. Karty sieciowe	29
5.2. Wzmacniaki	29
5.3. Koncentratory nie wzmacniające.....	29
5.4. Mosty.....	29
5.5. Przełączniki	30
5.6. Routery	30
6. Przyszłość Ethernetu.....	31
6.1. Wczoraj i dziś.....	31
6.2. Jutro	32
Literatura	34

1. WSTĘP

Ethernet to jedna z pierwszych architektur sieci LAN. To rozwiązanie sieciowe wprowadzono na rynek pod koniec lat 70., a jednak wciąż jest ono szanowanym i uznawanym standardem. Przyczyna długowieczności Ethernetu jest prosta: ten standard zapewniał wysoką prędkość transmisji po dobrej cenie i oferował szeroką obsługę różnych zastosowań w sieciach LAN i w systemach łączących minikomputery z systemami mainframe.

Firmy sprzedające karty sieciowe dla Ethernetu robią to do dziś, ponieważ dzisiaj także Ethernet jest najlepszym standardem sieci. Istnieje prosta i w miarę ekonomiczna droga migracji z sieci 10 Mb/s do systemów o większej przepustowości, takich jak Ethernet z komutacją pakietów, Fast Ethernet (100 Mb/s) i Gigabit Ethernet (1000 Mb/s).

Od strony bardziej praktycznej Ethernet to specyfikacja opisująca metodę łączenia komputerów i wykorzystywania wspólnego okablowania do transmisji danych. Ethernet dotyczy komunikacji danych na poziomach określanych przez ISO jako warstwa fizyczna i warstwa łącza danych.

Podstawowe parametry wczesnego fizycznego łącza Ethernet to prędkość transmisji 10 Mb/s maksymalna odległość pomiędzy stacjami do 2,8 kilometra. Łącze to było wykonywane z ekranowanego kabla koncentrycznego i wykorzystywano w nim specjalny schemat sygnalizacji elektrycznej zwany *Manchester-encoded digital baseband*. Późniejsza specyfikacja opisuje sygnały elektryczne przedstawiające zera i jedynki przesyłane nieustannie w sieci. Chociaż prędkość transmisji współczesnych systemów urosła do 1 Gb/s, a kabel koncentryczny wyparła skrętka UTP i światłowody, ograniczenie zasięgu, schemat kodowania i sterowanie dostępem do nośnika są wciąż takie same.

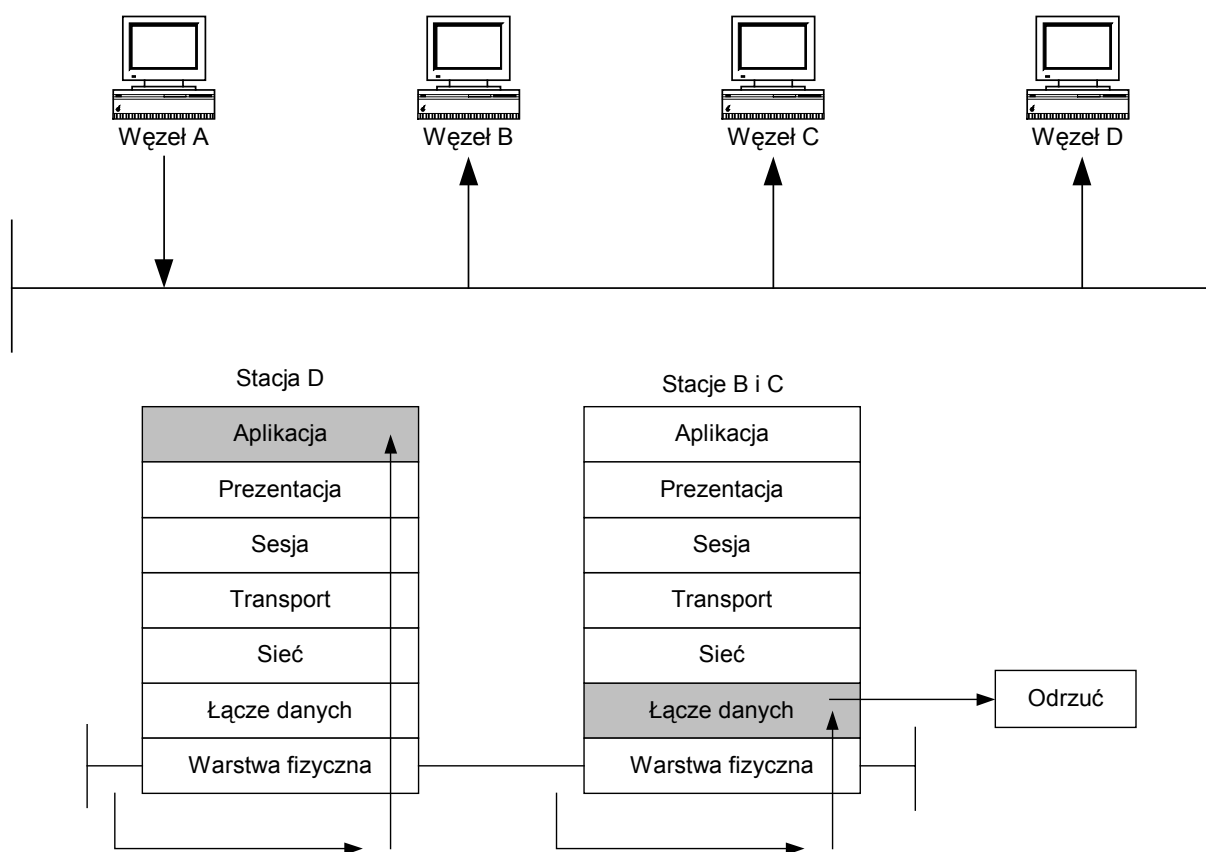
1.1. Historia Ethernetu

Ethernet wziął swoją nazwę od błędnej koncepcji światłonośnego eteru. Po wykazaniu w 1880 roku przez Clerka Maxwella, że promieniowanie elektromagnetyczne jest falą, inni uczeni próbowali znaleźć eteryczny ośrodek, w którym rozchodziłyby się takie fale, czyli właśnie eter. Ich starania były bezskuteczne, a koncepcję eteru obaliło doświadczenie Michelsona-Morleya, którzy w 1887 udowodnili, że fale elektromagnetyczne mogą rozchodzić się w próżni. [5]

Pierwszy system Ethernetu zbudowany przez Xerox (PARC – Centrum Badawcze firmy Xerox w Palo Alto) we wczesnych latach siedemdziesiątych był wielkim sukcesem. Mógł łączyć ponad 100 komputerów i osiągał prędkość 2,94 Mbitów/s. Rozwiązanie polegało na utworzeniu pierwszej tzw. sieci lokalnej LAN (Local Area Network) – sieć ta została nazwana Ethernet. Jej możliwości rynkowe zostały szybko wykorzystane: pierwotny Ethernet, dziś znany jako Ethernet PARC lub Ethernet I, został zastąpiony przez nieco udoskonaloną wersję – DIX Ethernet, zwaną również Ethernet II. Jej autorzy - kartel (spółka) złożony z DECa, Intela i Xeroxa stworzył „standard” sieciowy, do przestrzegania którego zobowiązał się przy produkcji jej elementów składowych. W jego specyfikacji znalazły się złącza przymocowujące kable, nzwane (tak jak kartel) złączami DIX oraz prędkość 10 Mb/s.

2. DZIAŁANIE SIECI ETHERNET/802.3

W sieci Ethernet transmisja z pojedynczego węzła przechodzi przez cały segment i jest otrzymywana oraz sprawdzana przez każdy węzeł w segmencie. Kiedy sygnał dociera do końca segmentu jest przechwytywany przez terminatory linii, aby nie dopuścić do jego odbicia do segmentu. W danym czasie w sieci LAN może odbywać się tylko jedna transmisja. Na rysunku 1 sieć typu magistrala transmituje informacje ze stacji A do stacji D. Wysyłany pakiet dociera do wszystkich stacji. Stacja D rozpoznaje adres MAC i przetwarza ramkę. Jednakże stacje B i C nie rozpoznają adresu MAC i ignorują ramkę [3].



Rysunek 1. Stacja D rozpoznaje adres MAC i przetwarza ramkę; stacje B i C nie rozpoznają adresów i ignorują ramkę

2.1. Rozgłaszanie w sieci Ethernet/802.3

Rozgłaszanie jest potężnym narzędziem, które wysyła pojedynczą ramkę adresowaną równocześnie do wielu stacji. Rozgłaszanie korzysta z adresów docelowych składających się z

samych jedynek (FFFF.FFFF.FFFF w postaci szesnastkowej). Na rysunku 2 stacja A transmituje ramkę z adresem składającym się z samych jedynek, stacje B,C i D muszą odebrać i przekazać ramkę do wyższych warstw, w celu dalszego przetwarzania [3].

Rozgłaszanie może radykalnie pogorszyć wydajność stacji, gdyż musi ona przetworzyć każdą odebraną ramkę rozgłoszeniową (nawet, jeśli nie jest nią zainteresowana). Z tego powodu rozgłaszanie powinno być stosowane tylko wtedy, gdy nieznan jest adres MAC punktu przeznaczenia lub gdy informacja jest skierowana do wszystkich stacji.



Rysunek 2. Rozgłaszanie wysła pojedynczą ramkę równocześnie do wielu stacji

2.2. Protokół dostępu do medium w sieci Ethernet (CSMA/CD)

Ethernet jest technologią współdzielonego medium, co oznacza, że wszystkie urządzenia w sieci nasłuchują transmisji wysyłanych z innych urządzeń i sprawdzają lub negocjują szanse i prawa transmisji. Oznacza to, że w danym czasie może odbywać się tylko jedna transmisja.

Obecnie termin standardowy Ethernet dotyczy wszystkich sieci używających Ethernetu, włączając w to IEEE 802.3. Aby móc używać technologii współdzielonego medium, Ethernet stosuje protokół CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*) umożliwiający negocjowanie praw urządzeń do transmisji danych w sieci.

CSMA/CD jest metodą dostępu, która zezwala tylko jednej stacji na transmisję danych we wspólnie użytkowanym medium. Nie wszystkie urządzenia mogą mieć te same prawa transmisji danych, gdyż powoduje to kolizje. Standard Ethernet korzystający z metody CSMA/CD, bierze pod uwagę wszystkie żądania transmisji i decyduje, które urządzenia i w jakim czasie mogą korzystać z łącza. Ta właściwość standardu zapewnia zadowalającą obsługę wszystkich urządzeń sieciowych.

Stacje używające CSMA/CD mogą mieć dostęp do sieci w dowolnym czasie. Przed wysłaniem danych, stacja nasłuchuje medium, aby stwierdzić, czy sieć jest używana. Jeśli medium jest zajęte, stacja czeka i nie rozpoczyna transmisji. Jeśli jednak jest wolne, stacja transmituje dane. Może zdarzyć się, że dwie stacje nasłuchujące nie wykrywają żadnych transmisji i rozpoczynają nadawanie, co doprowadza do kolizji. Dane przesyłane przez te stacje ulegają przekłamaniu i powinny być powtórnie wysłane w późniejszym czasie. Algorytmy odczekiwania (ang. *backoff*) określają, kiedy należy ponowić transmisję. Ponieważ stacje mogą wykrywać kolizje, dlatego wiedzą, kiedy powinny ponownie transmitować dane.

Jeśli węzeł wysyłający dane rozpoznaje kolizję wysyła zgłoszenie, które umożliwi wykrycie kolizji przez pozostałe stacje w sieci. Blokada trwa tak długo, aby wszystkie stacje w sieci mogły się dowiedzieć o kolizji. Wszystkie węzły zatrzymują wysyłanie ramek na czas zwany czasem odczekiwania (ang. *backoff time*), który jest wyznaczony w sposób losowy. Jeśli kolejne próby przesłania danych również prowadzą do kolizji, stacja ponownie wysyła dane. Maksymalna liczba takich prób może dojść do 16.

Czasy odczekiwania danej stacji są wyznaczone przez posiadane zegary węzłów, Jeśli czasy są dostatecznie różne jedna ze stacji połączy się przy kolejnej próbie. Czasy te są podwajane przy każdej kolejnej próbie, aż do próby o numerze 10, zmniejszając prawdopodobieństwo kolizji. Dla prób o numerach od 10 do 16 czasy pozostają te same [3].

CSMA to świetny system, jednak ma następujące ograniczenia:

- W transmisji w trybie „słuchaj-zanim-nadasz” zakłada się, że każda stacja może jednocześnie „usłyszeć” ten sam pakiet. Jeśli więc jakaś część pakietu musi pojawić się we wszystkich węzłach jednocześnie, czynnikiem krytycznym staje się całkowita długość kabla sieciowego i opóźnienie wprowadzane w sieci.
- Mniejsze pakiety przebywają w czasie swojej transmisji krótszą odległość niż pakiety duże. Dlatego długość najkrótszych pakietów określa maksymalną odległość między dwoma węzłami sieci Ethernet.
- Jeśli pakietowi w drodze zdarzy się jakiegokolwiek opóźnienie, tak jak się to dzieje przy przejściu przez koncentrator, powoduje ono dalsze skrócenie maksymalnej odległości pomiędzy węzłami.

2.3. Różnice między Ethernetem a IEEE 802.3

Wprawdzie Ethernet i IEEE 802.3 są bardzo podobne, to jednak istnieją między nimi różnice wymagające omówienia. Ethernet zapewnia usługi w warstwie fizycznej (1) i warstwie łącza danych (2), tymczasem IEEE 802.3 działa w warstwie 1 oraz częściowo w warstwie 2 (*Channel Access Portion*). Ponadto IEEE 802.3 nie definiuje podwarstwy LLC (*Logical Link Control*), ale specyfikuje wiele różnych warstw fizycznych, gdy tymczasem Ethernet ogranicza się tylko do jednej [1].

Poniżej przedstawiony został rysunek obrazujący różniące się pola ramek dla Ethernetu oraz IEEE 802.3

Ethernet

Preambuła 8 B	Adres stacji odbiorczej 6 B	Adres stacji nadawczej 6 B	Typ 2 B	Dane 46 - 1500 B	FCS 4 B
------------------	--------------------------------	-------------------------------	------------	---------------------	------------

IEEE 802.3

Preambuła 7 B	SOF	Adres stacji odbiorczej 6 B	Adres stacji nadawczej 6 B	Długość 2B	802.2 Nagłówek i Dane 46 - 1500 B	FCS 4 B
------------------	-----	--------------------------------	-------------------------------	---------------	--------------------------------------	------------

Rysunek 3. Format ramek dla Ethernet oraz IEEE 802.3

Opis pól znajdujących się w ramach przedstawionych na powyższym rysunku:

- **Preambuła** – zmieniający się wzór jedynek i zer zawiadamiający stacje odbiorcze o napływającej ramce (Ethernet i IEEE 802.3). Ramka Ethernet ma jeden dodatkowy bajt ekwiwalentny polu SOF (*Start Of Frame*) określony w ramce IEEE 802.3.
- **Start ramki SOF (*Start of Frame*)** – bajt delimitera w IEEE 802.3, kończący się dwoma kolejnymi bitami jedynek służących do synchronizacji przyjmowanych porcji ramek wszystkich stacji LAN. SOF jest wyraźnie zdefiniowany w Ethernetie.
- **Adresy stacji odbiorczej i stacji nadawczej** – (*Destination and Source Addresses*) trzy pierwsze bajty adresów, określone przez IEEE są związane z konkretnym dostawcą. Trzy ostatnie bajty są określone przez Ethernet lub IEEE 802.3. Adres stacji nadawczej ma zawsze charakter *unicast*. Adres stacji odbiorczej może mieć charakter *unicast*, *multicast*, *broadcast*.
- **Typ (*Ethernet*)** – określa protokół wyższej warstwy służący do odbierania danych po zakończeniu działania mechanizmu Ethernetu.
- **Długość (*IEEE 802.3*)** – długość określa liczbę bajtów danych jaka następuje po tym polu.
- **Dane (*Ethernet*)** – po zrealizowaniu zadań w warstwach 1 i 2 dane zawarte w ramce zostają przesłane do protokołu wyższej warstwy określonego w polu Typ.
- **Dane (*IEEE 802.3*)** - po zrealizowaniu zadań w warstwach 1 i 2 dane zostają przesłane do protokołu wyższej warstwy, który musi być zdefiniowany w ramach porcji danych zawartych w ramce.
- **Sekwencja Sprawdzania Ramki FCS** - (*Frame Check Sequence*) sekwencja ta ma wartość czterech bajtów **CRC** (*CyclicRedundancy Check*), tworzoną przez stację nadawczą i ponownie przekalkulowaną przez stację odbiorczą, aby sprawdzić przekłamanie ramki.

10Base2 – specyfikacja Ethernet o paśmie podstawowym 10Mbps korzystająca z cienkiego kabla koncentrycznego o oporności 50 ohmów. Jest częścią specyfikacji IEEE 802.3. Maksymalna długość do 185 metrów na segment.

10Base5 - specyfikacja Ethernet o paśmie podstawowym 10Mbps korzystająca z grubego kabla koncentrycznego o oporności 50 ohmów. Jest częścią specyfikacji IEEE 802.3. Maksymalna długość do 500 metrów na segment.

10BaseF - specyfikacja Ethernet o paśmie podstawowym 10Mbps, która odwołuje się do standardów 10BaseFB, 10BaseFP korzystających z kabla światłowodowego.

10BaseFB - specyfikacja Ethernet o paśmie podstawowym 10Mbps korzystająca z kabla światłowodowego. Jest częścią specyfikacji IEEE 10BaseF. Kabla tego nie używa się do łączenia stacji użytkowników. Zapewnia szkielet sygnału synchronicznego pozwalający na dołączanie dodatkowych segmentów i regeneratorów do sieci. Segmenty 10BaseFB mogą mieć długość do 2000 metrów na segment.

10BaseFL - specyfikacja Ethernet o paśmie podstawowym 10Mbps korzystająca z kabla światłowodowego. Jest częścią specyfikacji IEEE 10BaseF. Może współpracować z FOIRL, ale jest raczej używana w jego zastępstwie. Segmenty 10BaseFL mogą mieć długość do 1000 metrów na segment przy współpracy z FOIRL oraz do 2000 metrów na segment, jeśli jest wyłącznym standardem.

10BaseFP - specyfikacja Ethernet o paśmie podstawowym 10Mbps korzystająca z kabla światłowodowego. Jest częścią specyfikacji IEEE 10BaseF. Organizuje pewną liczbę komputerów w topologii gwiazdy bez korzystania z regeneratorów. Segmenty 10BaseFP mogą mieć długość do 500 metrów na segment.

10BaseT - specyfikacja Ethernet o paśmie podstawowym 10Mbps korzystająca z dwóch par skrętki (kategorie 3,4 lub 5). Jedna para transmituje dane, druga odbiera dane. Jest częścią specyfikacji IEEE 802.3. Maksymalna długość do 100 metrów na segment.

10Broad36 - specyfikacja Ethernet o paśmie podstawowym 10Mbps korzystająca z szerokopasmowego kabla koncentrycznego. Jest częścią specyfikacji IEEE 802.3. Maksymalna długość do 3600 metrów na segment.

100BaseFX – szerokopasmowa specyfikacja Fast Ethernet 100 Mbps korzystająca z dwóch kabli światłowodowych na połączenie. Odpowiednia synchronizacja czasowa wymaga, aby maksymalna długość nie przekraczała 400 metrów. Opiera się na standardzie IEEE 802.3.

100BaseT - szerokopasmowa specyfikacja Fast Ethernet 100 Mbps korzystająca z kabla UTP. Podobnie jak 10BaseT wysyła impulsy, gdy w sieci nie ma ruchu. Jednak impulsy niosą więcej informacji niż w 10BaseT. Opiera się na standardzie 802.3.

100BaseT4 - szerokopasmowa specyfikacja Fast Ethernet 100 Mbps korzystająca z czterech par okablowania UTP kategorii 3, 4 lub 5. Odpowiednia synchronizacja czasowa wymaga, aby maksymalna długość nie przekraczała 100 metrów. Opiera się na standardzie IEEE 802.3.

100BaseTX - szerokopasmowa specyfikacja Fast Ethernet 100 Mbps korzystająca z dwóch par okablowania UTP lub STP. Jedna para transmituje dane, druga odbiera dane. Opiera

się na standardzie IEEE 802.3. Odpowiednia synchronizacja czasowa wymaga, aby maksymalna długość nie przekraczała 100 metrów.

100BaseX - szerokopasmowa specyfikacja Fast Ethernet 100 Mbps, która odwołuje się do standardów 100BaseFX oraz 100BaseTX. Opiera się na standardzie IEEE 802.3.

100VG-AnyLAN – Technologia Fast Ethernet 100 Mbps i Token Ring korzystająca z czterech par okablowania UTP kategorii 3, 4 lub 5. Ta szybka technologia transmisji opracowana przez firmę Hewlett-Packard, może działać w istniejących sieciach 10BaseT. Opiera się na standardzie IEEE 802.3.

4. TECHNOLOGIE ETHERNET

Obecnie istnieje wiele różnych odmian Ethernetu, jego rodzina zawiera przynajmniej pięć różnych struktur szkieletowych, trzy różne techniki arbitrażu dostępu do medium oraz wciąż powiększającą się grupę interfejsów zależnych od nośnika (ang. *MDI - Medium-dependent interface*). MDI jest najbardziej widocznym aspektem fizycznej warstwy 802.3, definiuje i opisuje zarówno oczekiwany typ nośnika transmisyjnego, jak i charakterystyki transmisyjne i impedancyjne. Aby sieć LAN działała prawidłowo, właściwy nośnik transmisyjny musi być podłączony do odpowiadającej jemu karty sieciowej, która zawiera logikę MDI. Istnieje wiele interfejsów opartych na specyfikacji IEEE, a każdy z nich opisuje mechanizmy potrzebne do obsługi transmisji poprzez różne nośniki. Kolejne podrozdziały opisują wszystkie określone interfejsy MDI i szeregują je według prędkości transmisji. [7]

Zatem pojęcie **Ethernet** odnosi się nie do jednej, lecz do wielu technologii sieci lokalnych LAN, z których wyróżnić należy cztery podstawowe kategorie:

1. **Ethernet i IEEE 802.3** – jest to kilka specyfikacji określających LAN, z których każda pracuje z przepływnością **10 Mb/s**.
2. **Ethernet 100 Mb/s** – jest to pojedyncza specyfikacja, znana również jako **Fast Ethernet**, określająca sieć pracującą z przepływnością 100 Mb/s.
3. **Ethernet 1000 Mb/s** – jest to pojedyncza specyfikacja, znana również jako **Gigabit Ethernet**, określająca sieć pracującą z przepływnością 1000 Mb/s (1Gb/s).
4. **Ethernet 10 Gb/s** – jest to specyfikacja określająca sieć pracującą z przepływnością 10 000 Mb/s (10 Gb/s).

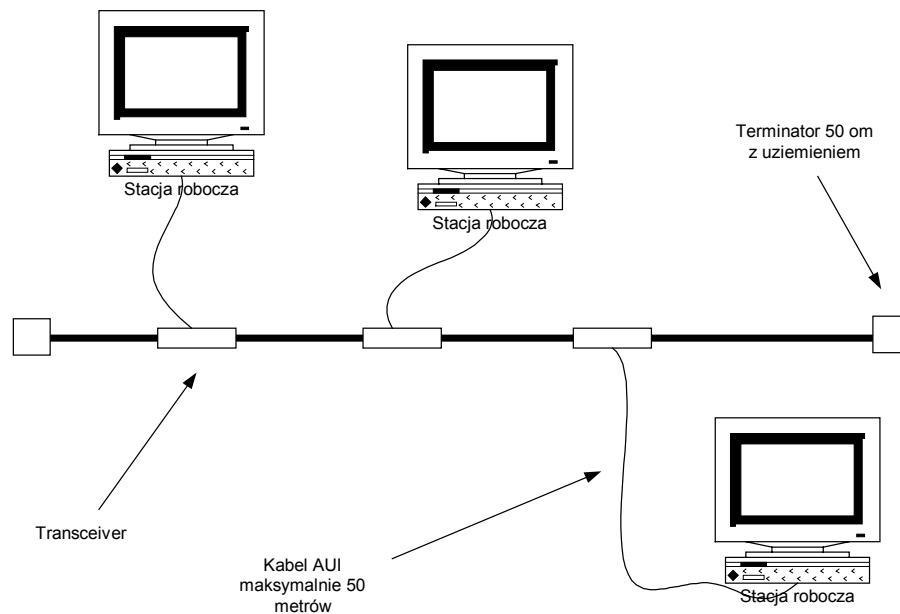
4.1. Ethernet 10 Mb/s

Rozdział ten przedstawia standard Ethernet o przepływności 10 Mb/s w jego podstawowych odmianach.

4.1.1. Ethernet oraz 10Base-5

Ethernet podobnie jak **10Base-5** opiera się medium w postaci grubego przewodu koncentrycznego o oporności 50 Ohm. Najstarsze systemy okablowania sieci Ethernet można częściej znaleźć w instalacjach z większymi komputerami. W systemach tych używano, jak wcześniej wspomniano solidnie ekranowanego kabla koncentrycznego (nieformalnie nazywanego „zamarzniętym pomarańczowym wężem ogrodowym”, co odpowiadało jego rozmiarowi, kolorowi i łatwości instalacji). Stanowił on szkielet sieci łączący grupy węzłów rozrzucone po całym budynku.

W tym przypadku maksymalna długość kabla pomiędzy wtórnkami wynosi 500 metrów i kabel dołączany jest do urządzeń nazywanych *transceiverami*, które umożliwiają użycie czegoś odpowiedniejszego do podłączenia komputera PC lub terminala. *Transceiver* jest elementem mocowanym na grubym kablu Ethernet. Posiada trzy złącza: wejście i wyjście kabla magistrali oraz odgałęzienie do stacji roboczej. *Transceiver* nie jest typowym rozgałęźnikiem BNC - zapewnia fizyczne oddzielenie stacji roboczej od kabla sieciowego. Kabel przyłączeniowy na ogół stanowi komplet z *transceiver'em* i jest bardziej elastyczny od kabla magistrali. Pomiędzy transceiverem a portem AUI karty sieciowej stosuje się elastyczny kabel ze skrętki ekranowanej.



Rysunek 6. Gruby Ethernet

Maksymalna odległość stacji roboczej od *transceiver'a* wynosi 50 m. Minimalna odległość pomiędzy *transceiver'ami* wynosi 2,5 m. Można połączyć do pięciu segmentów magistrali, używając czterech *repeater'ów*, przy czym stacje robocze mogą być włączone do trzech segmentów (*reguła 5-4-3*), pozostałe służą do przedłużenia sieci. Do magistrali można podłączyć maksimum 100 stacji roboczych (*repeater* jest liczony jako stacja). Na obu końcach każdego segmentu musi znajdować się 50-omowy terminator.

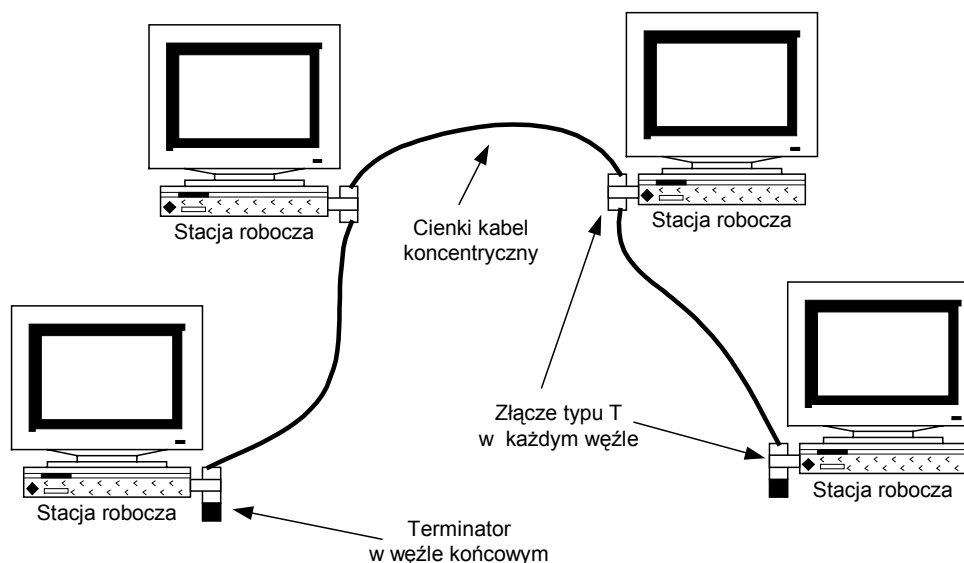
Reasumując, można to ująć jako zasady użycia grubego współosiowego kabla Ethernetu:

1. Segmentów może być max 5
2. Max długość segmentu wynosi 500 m
3. Max długość kabla wynosi 2500 m (długość całego okablowania)
4. Do jednego segmentu można podłączyć max 100 komputerów, a w całej sieci –492 stacje. (Wzmacniacze liczy się jako stacje w obydwu łączonych przez nie segmentach).
5. Min odległość między transceiverami powinna wynosić 2,4 m
6. Dopasowane obciążenie powinno być użyte na obydwu końcach segmentu, a jeden z tych końców musi być również uziemiony.
7. Max długość kabli nadajnika/odbiornika wynosi 50 m.

4.1.2. 10Base-2

Inne rozwiązanie a mianowicie **10Base2** opiera się na medium elektrycznym, którym jest cienki przewód koncentryczny o impedancji 50 om. Kabel ten, popularnie zwany Thin Ethernet (a czasami „cheapernet” – z ang. odpowiednio „cienki ethernet” lub „tańszy ethernet” – *przyp. tłum.*), ma zasięg ograniczony do 305 metrów, ale specyfikacja IEEE jeszcze go zmniejsza do 185 m. Karty sieciowe zainstalowane we wszystkich komputerach w sieci są podłączane do tego kabla za pomocą złącza typu T (trójnika), który ułatwia dołączanie i odłączanie stacji bez przerywania ciągłości kabla.

Cienki kabel koncentryczny w sieci Ethernet biegnie od stacji do stacji w fizycznej topologii łańcucha. Do każdego węzła kabel podłączany jest za pomocą koncentrycznego złącza typu T. Krytyczne znaczenie dla prawidłowego działania sieci mają terminatory 50 om na obu końcach kabla. W sieciach używających tego rodzaju okablowania powinno się używać wyłącznie złączy typu T, które spełniają wymagania specyfikacji wojskowej UG-274.



Rysunek 7. Cienki Ethernet

Koncentryczny cienki kabel Ethernet jest łatwiejszy w obsłudze od grubego przewodu Ethernet i nie wymaga *transceiver'a* przy stacji roboczej. Jest również tańszy, ale zastosowanie go zmniejsza maksymalną długość magistrali. Można połączyć do pięciu segmentów magistrali, używając czterech *repeater'ów*, przy czym stacje robocze mogą być włączone do trzech segmentów, pozostałe służą do przedłużenia sieci. Maksymalna długość magistrali wynosi 910 m. Do jednej magistrali można dołączyć najwyżej 30 odgałęzień (również: *repeatery*, mosty, routery i serwery). Całkowita liczba odgałęzień we wszystkich segmentach sieci nie może przekroczyć 1024.

Reasumując, można to ująć, jako zasady użycia cienkiego współosiowego kabla Ethernetu:

1. Segmentów może być max 5 (fizycznych sieci połączonych przez wzmacniaki)
2. Max długość segmentu wynosi 185 m
3. Max długość kabla wynosi 925 m (całkowita długość wszystkich segmentów)
4. Do jednego segmentu można podłączyć max 30 komputerów, a w całej sieci –142 stacje. (Wzmacniacze również liczy się jako stacje w obydwu łączonych przez nie segmentach).
5. Min odległość między trójnikami powinna wynosić 0,5 m
6. Dopasowane obciążenie powinno być użyte na obydwu końcach segmentu, a jeden z tych końców musi być również uziemiony.

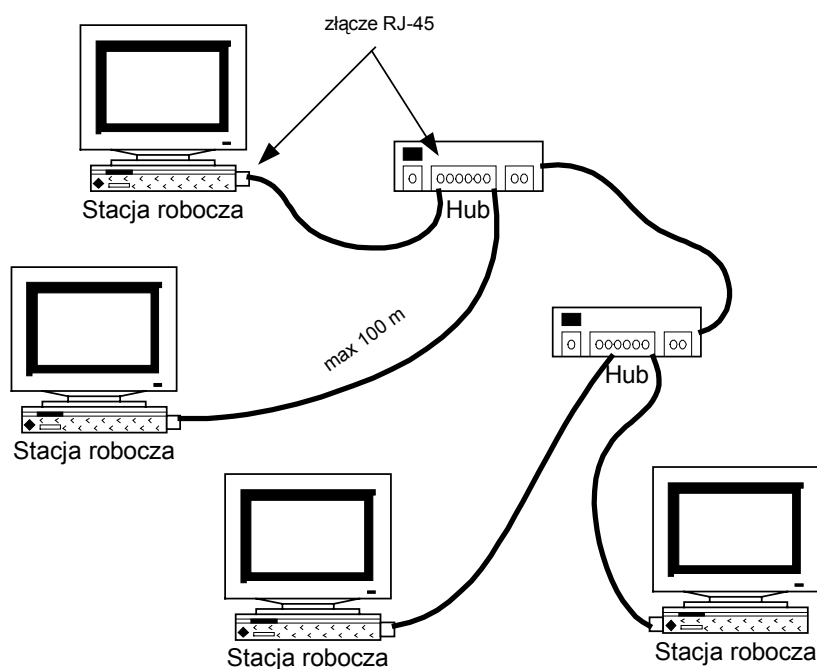
Możliwe jest łączenie systemów z cienkim i grubym przewodem. Łączenie kabla cienkiego z grubym możliwe jest za pomocą adaptera BNC-N. Segment kombinowany z przewodu grubego i cienkiego ma na ogół długość 182-492m. Następująca zależność pozwala na wyliczenie dopuszczalnej długości kabla cienkiego w kombinowanym segmencie magistrali: $t=(492-L)/3,28$, gdzie L jest długością budowanego segmentu sieci.

4.1.3. 10Broad36 (Broadband Ethernet)

Nawet w przypadku rozbudowanej konfiguracji Ethernet występują istotne ograniczenia. Pojawiła się więc idea wykorzystania transmisji szerokopasmowej. Transmisja szerokopasmowa wymaga użycia innego typu kabla współosiowego (o impedancji 50 omów). Między stacją a kablem głównym może znajdować się kabel przyłączeniowy o długości do 25 m. Odległość od remodulatora do przyłącza najbardziej oddalonej stacji może wynieść 1800 m. Według zaleceń normy można rozmieścić stacje w konfiguracji drzewiastej na powierzchni koła o średnicy 3600 m (liczonej wzdłuż kabla głównego), a licząc z kablem dystansowym i przyłączeniowym 3750 m.

4.1.4. 10Base-T

10Base-T posiada większość zalet Ethernetu bez konieczności ponoszenia kosztów kabla koncentrycznego. Ponadto umożliwia zastosowanie gwiazdowej lub rozproszonej topologii sieci. Część specyfikacji 10Base-T jest kompatybilna z innymi standardami IEEE 802.3. Nie ma potrzeby wymiany kart sieciowych przy przechodzeniu z kabla koncentrycznego na skrętkę. Możliwe jest rozbudowywanie istniejącej magistrali o segmenty skrętkowe, dzięki zastosowaniu *repeaterów* obsługujących zarówno kabla koncentryczne i światłowodowe jak i skrętkowe. Specyfikacja 10Base-T obejmuje testowanie ciągłości łącza. Polega ona na permanentnym sprawdzaniu przez system, czy w kablu nie wystąpiła przerwa lub zwarcie. Odbывается to centralnie. Zasadę budowy sieci 10Base-T pokazano na rysunku.



Rysunek 9. 10Base-T w topologii gwiazdy

Stacje robocze podłączone są do centralnego huba lub koncentratora, który pracuje jako *repeater*. Po nadejściu sygnału od stacji roboczej hub rozprawdza go do wszystkich linii wyj-

ściowych. Stacje robocze przyłącza się za pomocą nieekranowanej skrętki dwużyłowej o długości do 100 m. Skrętka UTP może być podłączona bezpośrednio do kart sieciowych w każdym węźle lub do jednostki MAU (*media attachment unit*) połączonej z węzłem kablem AUI. Do huba przyłącza się typowo 12 stacji. Konfigurację można rozszerzyć przez hierarchiczne połączenie hubów. Można połączyć do 1024 stacji.

4.2. Ethernet 100 Mb/s

Ehternet 100 Mb/s (*Fast Ethernet*) to standard sieci LAN pracującej z szybkością 100 Mb/s, będący rozwinięciem wcześniejszego standardu sieci komputerowych Ethernet (10 Mb/s). Zwiększenie szybkości do 100 Mb/s jest definiowane według IEEE przez dwie różne specyfikacje szybkiego Ethernetu. 100Base-T pod numerem 802.3 oraz 100VG-AnyLAN pod numerem 802.12. Obydwie oparte głównie na sieciach o gwiazdziej topologii, korzystają z wielu wersji kart komputerowych klasy PC o uproszczonym sposobie instalacji typu *plug and play* i zbliżonym formacie transmisji, jednak różnią się sposobem dostępu do transmitującego medium [11].

4.2.1. 100Base-T

W połowie lat dziewięćdziesiątych wzrost zapotrzebowania na szybszą transmisję spowodował opracowanie nowego standardu 100Base-T. W rzeczywistości to rozwój technologii układów scalonych umożliwił wysyłanie i odbiór sygnałów z prędkością 100 Mb/s przy użyciu skrętki UTP. Standard 100Base-T jest zwany również *Fast Ethernet*.

Na rynku dostępne są karty sieciowe obsługujące obie prędkości, oznaczane symbolem 10/100. Chociaż większość połączeń 100Base-T dotyczy obecnie serwerów, przystępna cena kart 10/100 czyni z nich dobrą inwestycję dla wszystkich nowych komputerów PC podłączanych do sieci.

Ethernet 100 Mb/s jest szybką technologią LAN, zapewniającą poszerzone pasmo użytkownikom pecetów, a także pojedynczym serwerom lub farmom serwerów, często ulokowanym w punktach centralnych sieci.

Realizowana w ten sposób sieć LAN o topologii gwiazdy jest powszechnie stosowana ze względu na dużo mniejszą awaryjność, niż sieć zbudowana w oparciu o kabel koncentryczny. Długość kabla od koncentratora do komputera nie powinna przekraczać 100 m. Praktyka dowodzi jednak, że sieć 10Base-T działa w sprzyjających warunkach do około 150 metrów zaś 100Base-TX do około 120 metrów (przy zastosowaniu dobrej jakości kart sieciowych i dobrego kabla, jego ekranowania oraz niskich zakłóceńach zewnętrznych). Należy jednak pamiętać, że w obu przypadkach przekroczona jest norma długości i nie należy robić takich rzeczy w zastosowaniach profesjonalnych.

Co ważne – system okablowania używany w standardach 10Base-T i 100Base-T (pojedynczy przewód biegnący od koncentratora do stacji sieciowej) daje większą niezawodność niż w starszych systemach, gdzie poszczególne stacje były łączone w łańcuch. Tym, co najbardziej przekonuje do budowania sieci w oparciu o produkty 10Base-T i 100Base-T jest ich powszechność. Można bezpiecznie stosować w jednej sieci karty sieciowe

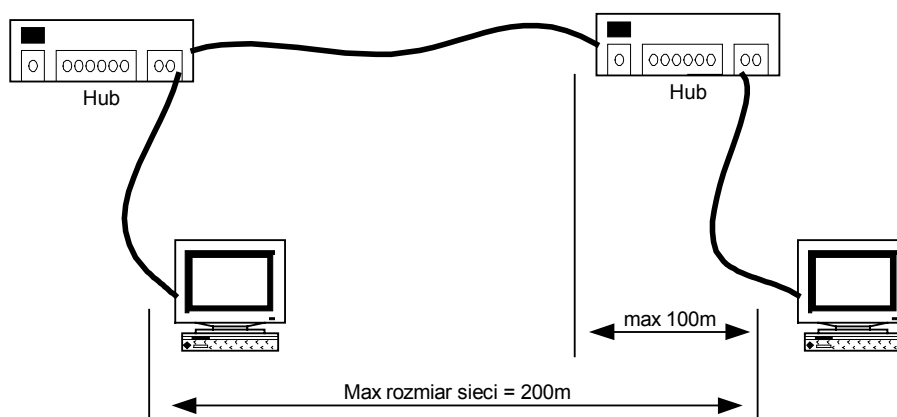
i koncentratory różnych producentów. Ta powszechność pozwala mieć różne źródła dostaw, korzystać z dobrodziejstw konkurencji cenowej i liczyć na długotrwały serwis.

Dla osoby odpowiedzialnej za sieć największą zaletą praktyczną instalacji okablowania 10Base-T czy 100Base-T jest fizyczna topologia gwiazdy, zapewniająca niezawodność i możliwość centralnego zarządzania.

Aby zbudować infrastrukturę fizyczną sieci 100BaseT, niezbędne są następujące komponenty:

- Fizyczne medium (*Physical Medium*) – służy do przesyłania sygnałów pomiędzy stacjami sieciowymi. Mogą to być: 2-parowy UTP kat. 5, STP i Type 1 dla (dla 100Base-TX), 2-żyłowy światłowód wielomodowy (dla 100Base-FX) i 4-parowy UTP kategorii 3, 4 lub 5 (dla 100Base-T4);
- Interfejs zależny od medium MDI – jest to mechaniczny i elektryczny interfejs między medium a urządzeniem warstwy fizycznej (PHY).
- Urządzenie warstwy fizycznej PHY – umożliwia pracę przy 10 Mb/s lub 100 Mb/s i jest zbudowane z układów scalonych wokół portu Ethernet lub jest to urządzenie zewnętrzne dostarczone z kablem MII (*Medium Independent Interface*), który wtyka się do portu MII w urządzeniu 100Base-T.
- Interfejs niezależny od medium MII – jest używany w zewnętrznym transceiverze. Interfejs MII ma 40-stykowe złącze i kabel o długości 0,5m [1].

100Base-T oraz **10Base-T** mają wiele cech wspólnych: używają tej samej metody dostępu do medium, mają taki sam format i rozmiar ramki. Główną różnicą pomiędzy tymi technologiami jest dopuszczalna średnica sieci. Należy pamiętać, że dla 100Base-T maksymalna średnica sieci wynosi około 205 m, a dla 10 Mb/s Ethernetu 10 razy więcej [1]. Zilustrowane zostało to na poniższym rysunku.



Rysunek 10. Sieć 100Base-TX (medium: UTP i STP)

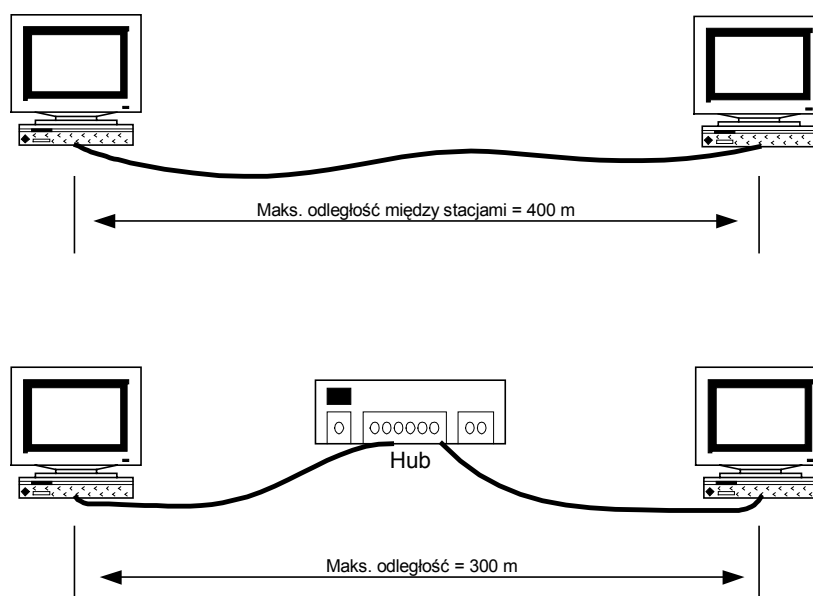
Przyczyna mniejszej średnicy sieci 100Base-T tkwi w tym, że obie technologie używają tej samej metody dostępu do medium (mechanizm detekcji kolizji). W technologii 10Base-T ograniczenie dystansu domeny definiuje się w ten sposób, że dowolna stacja sieciowa, transmi-

tując ramkę o najmniejszej legalnej długości 64 bajtów, dowiaduje się o wystąpieniu kolizji pochodzącej od innej stacji transmitującej w tym samym czasie i ulokowanej w najodleglejszym punkcie domeny.

W technologii 100Base-T w celu osiągnięcia zwiększonej przepływności w stosunku do przepływności technologii 10Base-T rozmiar domeny kolizyjnej musi zostać zmniejszony. Po prostu stacja transmitująca 10 razy szybciej musi pracować na kablu 10 razy krótszym. W rezultacie każda stacja w pierwszych 64 bajtach dowiaduje się o wystąpieniu ewentualnej kolizji spowodowanej przez inną ze stacji.

Sieć **100Base-TX** jest (podobnie, jak 10Base-T) oparta o transmisję przy wykorzystaniu dwóch par skrętki. Pozostałe dwie nie są wykorzystywane aczkolwiek nie zaleca się ich stosowania do innych celów (np. podłączenia jeszcze jednego komputera) ze względu na możliwość powstania zakłóceń pomiędzy liniami.

Sieć **100Base-FX** opiera się na medium jakim jest dwużyłowy światłowód wielomodowy. Specyfikacja IEEE 802.3u dla sieci 100Base-FX zezwala na łącze o długości 400 metrów między urządzeniami DTE (*Data Terminal Equipment*) i zastosowanie jednego huba przy długości 300 metrów.



Rysunek 11. Sieć 100Base-FX (medium: wielomodowy światłowód)

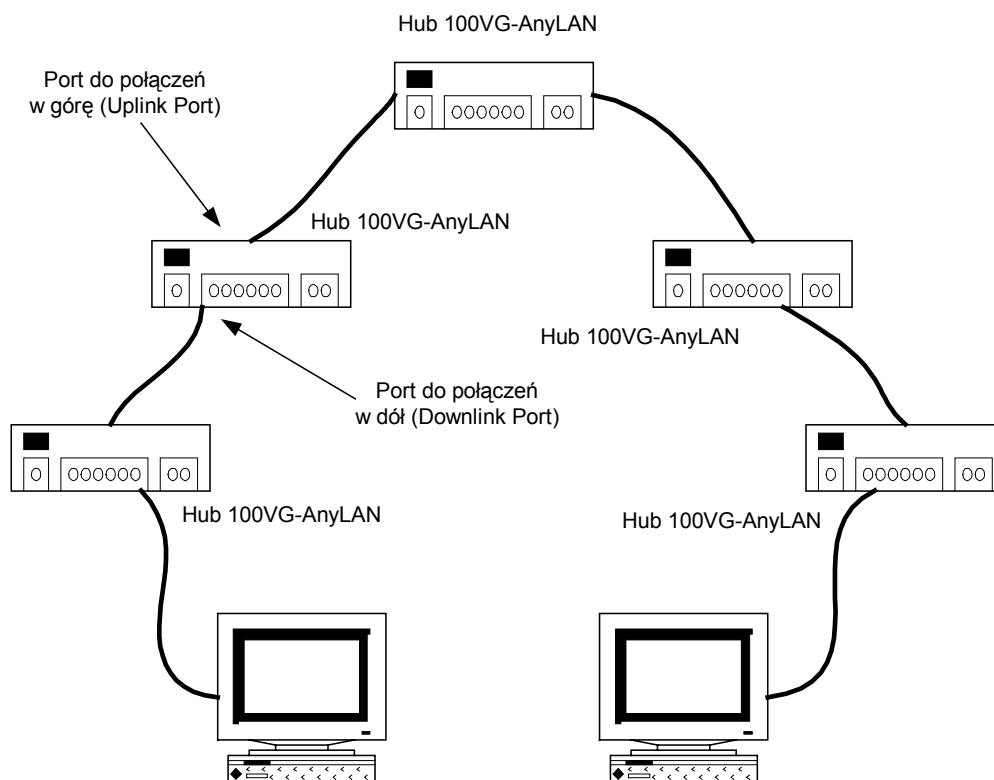
Można tu jeszcze wspomnieć o sieci **100Base-T4**, która nie jest obecnie stosowana. Technologia ta była wykorzystywana do osiągnięcia prędkości transmisji 100 Mb/s przy wykorzystaniu wszystkich czterech par skrętki kategorii 3. W technologii tej maksymalna odległość stacji o węzła centralnego wynosi 100 metrów, natomiast średnica całej sieci nie może przekraczać 200 metrów. Specyfikacja IEEE 802.3 dla sieci 100Base-T4 zezwala na jej konstrukcję przy użyciu tylko dwóch hubów.

4.2.2. 100VG-AnyLAN

Technologię 100VG-AnyLAN opracowano w firmie Hewlett-Packard (HP) jako alternatywę dla technologii Ethernet dla aplikacji czasowo-czułych, takich jak multimedia. Metoda dostępu w 100VG-AnyLAN różni się od stosowanej w Ethernetie. 100VG-AnyLAN można realizować stosując następujące rodzaje okablowania: 4-parowy UTP kategorii 3, 2-parowy UTP kategorii 4 lub 5, STP, kabel światłowodowy [1].

100VG-AnyLAN jest opisana w specyfikacji IEEE 802.12, określającej, że długość łącza między hubem a stacją sieciową nie powinna przekraczać 100 metrów dla UTP kategorii 3 i 150 metrów dla UTP dla kategorii 5.

Specyfikacja 100VG-AnyLAN opisuje implementację 100 Mb/s Ethernetu i Token Ring. Należy podkreślić, że warstwa MAC w 100VG-AnyLAN nie jest kompatybilna z warstwą MAC specyfikacji 802.3. Technologia ta wobec prostoty Fast Ethernetu i jego kompatybilności względem specyfikacji IEEE 802.3, nie zdobyła wielkiej popularności.



Rysunek 12. Hierarchia hubów 100VG-AnyLAN

W rzeczywistej sieci huby 100VG-AnyLAN tworzą hierarchiczne struktury. Każdy hub ma co najmniej jeden port do połączeń w górę (Uplink port), pozostałe porty służą do połączeń w dół (Downlink port). W kaskadzie mogą być najwyżej trzy huby, między którymi kable UTP kategorii 3 nie powinny być dłuższe niż 100 m, a kable UTP kategorii 5 nie powinny mieć

więcej niż 150 m. W gałęzi hierarchicznej odległość między hubem umieszczonym na szczycie hierarchii a stacją sieciową nie powinna przekraczać 600 metrów dla UTP kategorii 3 i 900 metrów kategorii 5.

Ponieważ topologie sieci 100VG-AnyLAN i 10Base-T są podobne - karty i wiele innych akcesoriów pozwalają na realizowanie szeregu działań w obu systemach. Do huba 100VG-AnyLAN można przyłączyć zarówno stację pracującą w tym standardzie jak i w 10Base-T. Oprócz formatu ramek, ze starego systemu zachowano zasady obowiązujące w topologii gwiazdy i okablowania strukturalnego. Używane są również takie same łącza jak w 10Base-T. Konieczna okazała się transmisja kwartetowa: podczas gdy 10Base-T wykorzystywał dwie pary przewodów (jedna dla nadawania, jedna dla odbioru), 100VG-AnyLAN używa czterech par. Transmisja kwartetowa odbywa się z tą samą częstotliwością co w 10Base-T, ale sygnał 25 MHz jest przesyłany każdą z czterech par przewodów. Używany w 10Base-T system kodowania Manchester został zastąpiony nowym systemem 5B6B. Zastosowanie niskiej częstotliwości i rozdziału sygnału pomiędzy przewody pozwalają utrzymać emisję zakłóceń radiowych na założonym poziomie, przy wykorzystaniu kabli telefonicznych.

W technologii 100VG-AnyLAN stosuje się metodę dostępu zwaną **priorytetem żądania** (*Demand Priority*). W odróżnieniu od metody CSMA/CD stosowanej w Ethernetie, metoda priorytetu żądania jest metodą deterministyczną, dzięki czemu są eliminowane kolizje. W metodzie priorytetu żądania hub steruje dostępem do sieci.

Stacja nadawcza, chcąc nadawać w sieci 100VG-AnyLAN, zgłasza swoje żądanie transmisji do huba lub przełącznika 100VG-AnyLAN. Jeśli w sieci jest cisza (brak transmisji), to hub natychmiast żądanie to akceptuje, a stacja nadawcza rozpoczyna transmisję do huba. Jeśli w tym samym czasie wystąpi więcej niż jedno zgłoszenie żądania transmisji, to zgłoszenia te hub załatwia kolejno, przestrzegając następującej reguły: żądania należące do grupy o wysokim priorytecie (np. wideokonferencje) są obsługiwane przed żądaniami, którym przypisano normalny priorytet.

4.3. Ethernet 1000 Mb/s (1 Gb/s)

Gigabit Ethernet to członek rodziny standardów Ethernet 802.3, do której należą 10Base-T i 100Base-T. Może on pracować w trybie pół-duplex i pełny duplex w pierwszym trybie używa tej samej metody dostępu CSMA/CD, co pozostałe standardy Ethernet. Większość produktów dla tego standardu dostępnych na rynku jest przeznaczonych dla fizycznej topologii Fibre Channel, wykorzystującej kable światłowodowe. Postęp w dziedzinie transceiverów przeznaczonych dla przewodów miedzianych pozwala na ich wykorzystanie dla celów Gigabit Ethernetu skrętki UTP kategorii 5 na niewielkich odległościach (rzędu 25 metrów), jednak zdaniem Autora lepsze efekty da sieć Gigabit Ethernet zbudowana wyłącznie na światłowodach.

4.3.1. Architektura protokołów Gigabit Ethernet

Warstwa MAC sieci Gigabit Ethernet używa tego samego protokołu dostępu do medium (CSMA/CD) co klasyczny Ethernet. Maksymalna długość jednego segmentu sieci sprzęgającego dwie stacje jest tu ograniczona do wartości narzuconej przez CSMA/CD. Jeśli dwie stacje dochodzą jednocześnie do wniosku, że sieć jest wolna, to będziemy mieli do czynienia z kolizją.

Minimalna długość ramki Ethernet wynosi 64 bajty. Ograniczenie to jest konieczne - stacja ekspediująca w sieć ramkę nie może bowiem zakończyć swej aktywności zanim pierwszy bit tej ramki nie dotrze do stacji docelowej. Wynika to z prostego założenia minimalny czas potrzebny na wykrycie kolizji jest czasem w jakim sygnał przemierza cały odcinek łącza. Ten minimalny czas jest nazywany Slot Time (jest to szczelina, którą można zdefiniować w mikrosekundach lub podać liczbę bajtów - Slot Size - które można przesłać w danym przedziale czasu przez sieć Ethernet). W sieciach Ethernet parametr Slot Size wynosi 64 bajty i długość ramki nie może zejść poniżej tej wartości.

Maksymalna długość całego łącza w sieci Ethernet wynosi 2,5 km (pięć odcinków połączonych ze sobą czterema wzmacniakami). Wraz z wzrostem szybkości transmisji danych (mierzonej w bitach na sekundę) jest rzeczą oczywistą, że czas potrzebny na przestanie ramki ulega skróceniu. Jeśli długość ramki (przy zachowaniu tej samej długości łącza) nie ulega zmianie, to stacja nadająca dane robi to tak szybko, że nie jest w stanie wykrywać kolizji. Aby nie dopuścić do tego, należy wykonać jedną z dwóch operacji - zwiększyć parametr Slot Time (czyli zwiększyć minimalną długość ramki) lub zmniejszyć długość łącza. W sieci Fast Ethernet maksymalną długość łącza zmniejszono do 100 metrów, dzięki czemu parametr Slot Time pozostał taki sam jak w sieci Ethernet.

W przypadku sieci Gigabit Ethernet należałoby zmniejszyć długość łącza do 10 metrów, jeśli chcielibyśmy pozostawić taką samą minimalną długość ramki (64 bajty). Nie wchodzi to oczywiście w grę, gdyż łącze o maksymalnej długości 10 metrów nie zadowala nikogo. Pozostało więc rozwiązanie polegające na zwiększeniu minimalnej długości ramki. Dlatego parametr Slot Size wynosi w sieci Gigabit Ethernet 512 bajtów. Projektanci sieci Gigabit Ethernet chcieli jednak, aby technologia była kompatybilna z Ethernetem i Fast Ethernetem. Dlatego zdecydowano się nie zmieniać (a w danym przypadku nie zwiększać) parametru definiującego minimalną długość ramki (czy też mówiąc konkretnie - obszaru zajmowanego przez pola: SFD, DA, SA, typ/długość i DANE), a posłużyć się rozszerzeniem Carrier Event. Dzięki takiej operacji minimalna długość obszaru zajmowanego przez dane i bity kontrolne pozostała w sieciach Ethernet, Fast Ethernet i Gigabit Ethernet taka sama - 64 bajty.

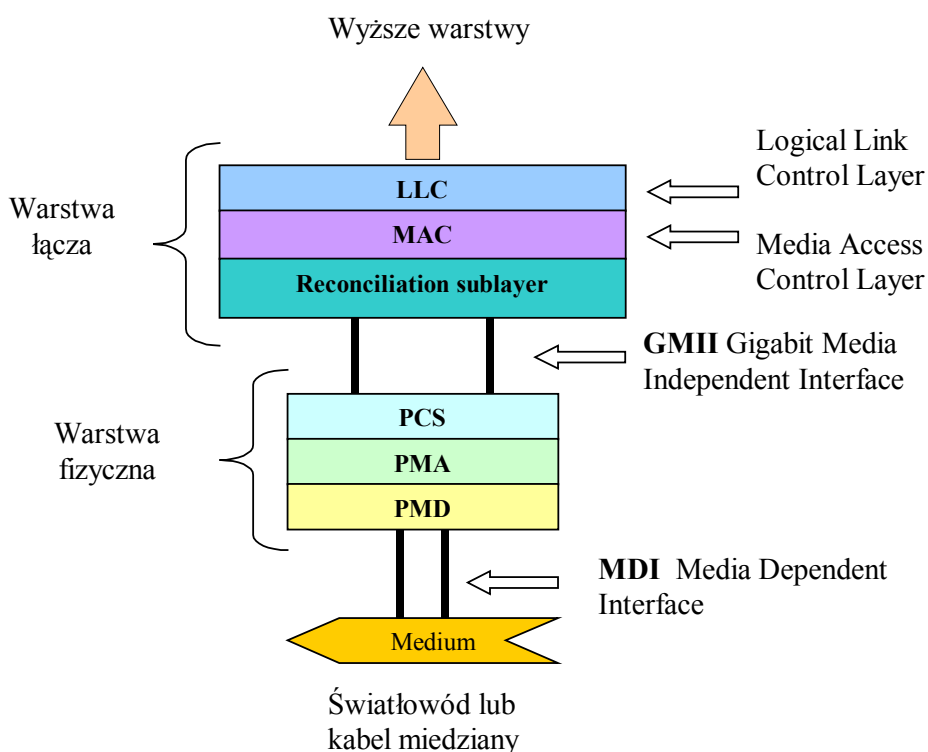
Jeśli dane wstawiane do ramki gigabitowej zajmują mniej niż 512 bajtów, to jest ona powiększana do tej długości przez dodanie bitów rozszerzenia. Są to specjalne znaki, a cały proces nosi nazwę Carrier Extension. Cała taka rozszerzona ramka jest traktowana przez stacje Gigabit Ethernet jako collision window (okienko sprawdzania kolizji). Jednak parametr kontrolujący poprawność transmisji FCS (Frame Check Sequence) jest obliczany przed dodaniem bitów rozszerzenia usuwanych z ramki po dotarciu do stacji przeznaczenia dopiero wtedy przystępuje ona do sprawdzania FCS. Dzięki takiemu związaniu podwarstwa LLC nie wie nawet, że istnieje coś takiego jak Carrier Extension.

Jak widać, jest to dość proste rozwiązanie mające jednak jedną zasadniczą wadę - bity rozszerzenia zajmują niemalą część przepustowości łącza. Niekiedy zdarza się, że 448 bajtów w ramce to nic innego jak bity rozszerzenia. Wtedy transmitując przez sieć Gigabit Ethernet dużą liczbę bardzo krótkich pakietów, nie zauważymy nawet tego, że mamy do czynienia z łączem pracującym dziesięć razy szybciej niż Fast Ethernet.

Dlatego oprócz Carrier Extension w sieciach Gigabit Ethernet stosuje się potokowy (grupowy) tryb transmitowania pakietów - Packet Bursting. Gdy stacja ma do wyeksportowania w sieć większą liczbę pakietów, to pierwszy pakiet jest rozszerzany (jeśli zachodzi taka konieczność) o odpowiednią liczbę bitów rozszerzenia, tak aby ramka miała długość co najmniej 512 bajtów. Następne pakiety są transmitowane jeden za drugim, przy minimalnej szczelinie oddzielającej ramkę od ramki (parametr IPG -Inter-Packet Gap). Trwa to aż do chwili, gdy Burst Timer (1500 bajtów) osiągnie wartość zero. GMII (Gigabit Media Independent Interface) to interfejs sprzęgający warstwy MAC i Physical Layer, dzięki któremu warstwa MAC może wymieniać dane z różnego rodzaju mediami.

GMII jest rozszerzeniem interfejsu Media Independent Interface stosowanego w sieciach Fast Ethernet) i może wymieniać dane z łączami przesyłającymi pakiety z szybkością 10, 100 lub 1000 Mb/s. GMII ma do dyspozycji dwie oddzielne ścieżki o szerokości ośmiu bitów każda i dlatego może pracować w trybie półduplexu i pełnego duplexu. Interfejs bada stan łącza odczytując dwa statusy: nośna i kolizja. Podwarstwa RS (Reconciliation Sublayer) mapuje te statuty, przekazując je w formie sygnałów Physical Signalling podwarstwie MAC. GMII może więc - używając tego samego kontrolera MAC - komunikować się z łączem opartym na światłowodzie (wielomodowym i jednomodowym) oraz złączem opartym na kablu miedzianym (kabel ekranowany i skrętka nieekranowana).

Interfejs GMII jest podzielony na trzy podwarstwy: PCS PMA i PMD. Podwarstwa PCS (Physical Coding Sublayer) komunikuje się z podwarstwą Reconciliation używając tego samego systemu kodowania co Fibre Channel, czyli 8B/10B. System pracuje w ten sposób, że osiem bitów informacji jest kodowanych w dziesięciu taktach zegarowych.



Rysunek 13. Architektura protokołów Gigabit Ethernet

Sygnały Carrier Sense i Collision Defect są odbierane przez podwarstwę PCS i przekazywane do Reconciliation Sublayer. To właśnie ta podwarstwa zarządza procesem automatycznego rozpoznawania rodzaju zastosowanej technologii, dzięki któremu karta sieciowa wie jak ma pracować (szybkość - 10, 100, lub 1000 Mb/s. i półdupleks lub pełny dupleks).

Podwarstwa PMA (Physical Medium Attachment) odbiera bity z dolnej warstwy i po odpowiednim przetworzeniu przekazuje je do górnej warstwy (i odwrotnie). Najniższa podwarstwa nosi nazwę PMD (Physical Medium Dependent), a integralną jej częścią jest MDI (Media Dependent Interface), definiujący fizyczne parametry łącza (łączówki, wtyki itp.).

Sieci Ethernet mogą transmitować pakiety w obie strony jednocześnie (pełny dupleks). Aby zapewnić kompatybilność, pakiety mogą też być transmitowane w trybie półdupleksu. W sieciach Gigabit Ethernet pojawia się nowe urządzenie, które jest specyficznego rodzaju hubem pracującym w trybie pełnego duplexu. Nowemu rodzajowi węzła sieci nadano już kilka nazw: Buffered Distributor, Full Duplex Repeater lub Buffered Repeater. Pozostaniemy przy nazwie Buffered Distributor - buforowany dystrybutor. Buforowany dystrybutor jest wieloportowym wzmacniakiem (repeater) obsługującym pakiety w trybie pełnego duplexu. Każdy port dysponuje kolejką wejściową FIFO (First Out-First In) i kolejką wyjściową FIFO.

Port odbiera ramkę i umieszcza ją w kolejce wejściowej. Następnie dystrybutor kieruje ramkę do wszystkich kolejek wyjściowych (oprócz tej, która towarzyszy portowi odbierającemu tę ramkę). Ponieważ port dystrybutora nie musi się obawiać kolizji (pełny dupleks), to łącze może mieć dowolną długość. Długość łącza zależy tu od wydolności samego medium, nie jest wartością narzuconą z góry przez protokół CSMA/CD. Ponieważ stacja wysyłająca pakiety może szybko zappełnić kolejkę FIFO, to oba stanowiska (stacja i dystrybutor) korzystają z usług systemu kontrolującego przepływ pakietów, pracującego zgodnie ze standardem 802.3x. System ten jest już stosowany w przełącznikach Ethernet. Czym kierować się wprowadzając do sieci Gigabit Ethernet buforowane dystrybutory? Nie chodzi tu bynajmniej o pełny dupleks czy półdupleks, ale o cenę. Buforowany dystrybutor wspiera transmisję pakietów w trybie pełnego duplexu (zachowując się pod tym względem jak klasyczny przełącznik), a kosztuje nieporównanie mniej. Nic dziwnego - jest to po prostu wzmacniak tyle że dysponujący dodatkowymi możliwościami.

4.3.2. Jak migrować do Gigabit Ethernetu?

Przechodzenie na technologię Ethernetu gigabitowego powinno odbywać się stopniowo. Pierwszą implementacją zwykle powinna być budowa sieci szkieletowej w istniejącej LAN. W następnym kroku należy zmodyfikować połączenia z serwerami i ewentualnie ze stacjami roboczymi. Inne poczynania migracyjne do technologii Gigabit Ethernetu mogą być następujące:

1. **Modyfikacja połączeń między przełącznikami.** Istniejące połączenia 100 Mb/s między przełącznikami lub hubami fast Ethernet mogą być zastąpione połączeniami 1000 Mb/s. Przyspieszy to komunikację między przełącznikami sieci szkieletowej, co w konsekwencji daje wsparcie większej liczbie przełączanych i współdzielonych segmentów Fast Ethernet.

2. **Modyfikacja połączeń między przełącznikami a serwerami.** Nowe połączenia 1000 Mb/s mogą być zainstalowane między przełącznikami a wysoko wydajnymi serwerami. Modyfikacja wymaga wyposażenia serwerów w karty sieciowe Gigabit Ethernetu.
3. **Modyfikacja sieci szkieletowej pracującej dotychczas w technologii Fast Ethernetu.** Przełącznik Fast Ethernet pracujący w sieci szkieletowej, do której podłączono przełącznik 10/100 Mb/s, należy zamienić na przełącznik 1000 Mb/s z podłączonymi przełącznikami 100/1000 Mb/s. Wymienić trzeba także routery i huby na posiadające interfejsy Gigabit Ethernet. Wymienione działania powinny zapewnić przyłączanie serwerów bezpośrednio do sieci szkieletowej za pośrednictwem kart sieciowych Gigabit Ethernetu, zwiększając w ten sposób przepustowość serwerów obsługujących aplikacje wymagające szerszego pasma. Sieć Gigabit Ethernet może obsługiwać większą liczbę segmentów, zapewnić szersze pasmo przypadające na segment i w konsekwencji umożliwić podłączenie większej liczby stacji sieciowych w segmencie.
4. **Modyfikacja sieci szkieletowej FDDI.** Modyfikacji sieci szkieletowej wykonanej w technologii FDDI można dokonać w drodze wymiany jej elementów (koncentrator, hub, router Ethernet-to-FDDI) na przełącznik lub hub Gigabit Ethernet. Wymagane jest zainstalowanie interfejsów Gigabit Ethernetu w routerach, przełącznikach i hubach.
5. **Modyfikacja bardzo szybkich stacji sieciowych.** Karty sieciowe pracujące w technologii Gigabit Ethernet mogą być zainstalowane w bardzo szybkich stacjach sieciowych. Umożliwia to podłączenie tych stacji do przełączników lub hubów Gigabit Ethernet.

4.3.3. Standardy Gigabit Ethernet

Tabela 1. Wymagania standardu Gigabit Ethernet

1000Base-X		
	Typ medium	Maks. dystans [m]
1000Base-SX (długość fali: 850nm)	światłowód wielomodowy	
	160 Mhz × km	220
	200 Mhz × km	270
	400 Mhz × km	500
	500 Mhz × km	550
1000Base-LX (długość fali: 1300nm)	światłowód wielomodowy	550
	światłowód jednomodowy	5000
1000Base-CX	Para skręcona 150 Ohm	25
1000Base-T	Para skręcona 100 Ohm 5 kategoria	100

W skład rodziny specyfikacji 1000-Base-X wchodzi m.in. 1000Base-CX. Jest to najtańszy sposób budowania sieci Gigabit Ethernet, które w warstwie fizycznej opierają się na ekranowanej skrętce wysokiej jakości. Jeden segment może mieć wtedy długość 25 m. Technologia ta znajduje zastosowanie w tych środowiskach, w których istnieje potrzeba połączenia w jeden organizm tych urządzeń Gigabit Ethernet, które są umieszczone bardzo blisko siebie (jedno pomieszczenie lub stojak).

Specyfikacja 1000Base-T (warstwa fizyczna technologii Gigabit Ethernet) zakłada, że po zastosowaniu skrętki UTP kategorii 5 (8 drutów - 4 skrętki) segment sieci Gigabit Ethernet może mieć długość do 100 m. Jest to więc zgodne ze specyfikacją ISO 11801, a okablowanie UTP kategorii 5 należy do najpopularniejszych. Badania wykazują, że ponad połowa sieci LAN funkcjonuje opierając się na tym rodzaju medium.

Okazuje się, że kabel przystosowany do przesyłania pakietów z szybkością 100 Mb/s jest w stanie zagwarantować przepustowość 1000 Mb/s. Nie byłoby o tym mowy, gdyby nie wyrafinowane techniki kodowania danych, specjalne algorytmy korekcji czy szybko pracujące układy scalone. To właśnie dzięki tym technologiom realna przepustowość skrętki UTP kategorii 5 sięga 1000 Mb/s.

4.4. Ethernet 10 000 Mb/s (10 Gb/s)

Trzy zasadnicze różnice między technologią 10 Gb/s a poprzednimi odmianami technologii ethernetowych to:

Po pierwsze - sieci 10 Gb/s będą pracować wyłącznie w trybie duplexu.

Po drugie - sieci 10 Gb/s będą dysponować różnymi interfejsami PMD (Physical Medium Dependent - ostatnia podwarstwa warstwy fizycznej, komunikująca się bezpośrednio z medium), które obsługują światłowody jednomodowe i wielomodowe (z możliwością transmisji danych na odległość nawet do 40 km). Interfejsy PDM będą mogły być wykorzystywane do budowania sieci zarówno LAN, jak i MAN oraz WAN. Dlatego Ethernet 10 Gb/s to technologia uniwersalna, zdolna spełnić wymagania stawiane przez środowiska sieci lokalnych i rozległych;

Po trzecie - mamy tu do dyspozycji interfejs WAN PHY (warstwa fizyczna WAN), dzięki któremu dane Ethernet 10 Gb/s będą mogły być transmitowane w transparentny sposób przez infrastruktury sieciowe oparte na technologii OC-192 SONET. Jest to zupełnie nowa jakość.

Technologia Ethernet 10 Gb/s to w dalszym ciągu „stary” Ethernet. Znaczący to, że warstwa MAC 10 Gb/s pracuje podobnie jak warstwa MAC 1 Gb/s (chodzi o sposób adresowania kart sieciowych), a pakiety 10 Gb/s mają taki sam format jak pakiety krążące po sieciach 10, 100 i 1000 Mb/s. Usytuowanie tej technologii w modelu OSI nie różni się niczym od poprzednich wersji Ethernetu. Jak we wszystkich odmianach Ethernetu kluczową rolę odgrywa pierwsza warstwa modelu OSI. To właśnie warstwa fizyczna łączy medium (światłowód lub kabel miedziany) z drugą warstwą (warstwa łącza), a konkretnie z podwarstwą MAC (Media Access Control).

Standard Ethernet 10 Gb/s gwarantuje dostęp do wszystkich usług świadczonych przez warstwy od 2 do 7, żeby tylko wymienić takie usługi jak QoS (jakość usług świadczonych przez łącze), VoIP (przesyłanie danych audio przez sieci IP), Web caching (buforowanie danych webowych) czy DNS (rozwiązywanie nazw hostów).

Technologia ta obsługuje też wszystkie standardowe funkcje realizowane w warstwie drugiej, takie jak: funkcje oparte na standardzie 802.1 p (przesyłanie pakietów w trybie multicast, czyli szybkie rozsyłanie jednego pakietu do wielu stacji przeznaczenia), funkcje oparte na standardzie 802.1 q (przyznawanie różnych priorytetów poszczególnym strumieniom danych, co jest przydatne w zarządzaniu prywatnymi sieciami wirtualnymi), funkcje oparte na standardzie 802.3ad (agregowanie łączy), SNMP czy RMON.

Wymogi, takie jak minimalna i maksymalna długość ramki (64 i 1518 bajtów), pozostają niezmiennione, co odnosi się też do formatu ramki Ethernet. Tak więc strumień ramek przesyłanych przez połączenie Ethernet 10 Gb/s nie będzie się niczym różnić od strumienia ramek transmitowanych przez połączenia oparte na poprzednich wersjach Ethernetu.

A czego nie będzie w Ethernetie 10 Gb/s? Nie będzie na przykład funkcji QoS, dzięki której aplikacja mogła mieć pewność, że łącze będzie zawsze oferować usługi o określonej, gwarantowanej jakości. Nie znaczy to jednak, że administratorzy nie będą mogli wykorzystywać w tym środowisku sieciowym istniejących już funkcji QoS, takich jak Diff-Serv (Differentiated Services).[2]

4.4.1. Standardy 10 Gigabit Ethernetu

Po to, by sprostać wymaganiom stawianym przez przyszłych użytkowników tej technologii, zdecydowano się wybrać wymienione poniżej moduły PMD (Physical Medium Dependent), które są w stanie obsługiwać różne rodzaje światłowodów i różne długości. Grupa robocza IEEE 802.3ae zaproponowała, aby warstwy fizyczne 10 Gb/s mogły obsługiwać łącza światłowodowe mające długość od 65 m do nawet 40 km.

Znajdziemy tu cztery typy modułów PMD: WAN – rozwiązanie szeregowe, WAN – rozwiązanie równoległe, LAN – rozwiązanie szeregowe, LAN – rozwiązanie równoległe. Łącza mające długość 65 m mają być oparte na światłowodzie wielomodowym 850 nm, z zastosowaniem rozwiązania szeregowego. Łącza mające długość 300 m mają być oparte na światłowodzie wielomodowym 1310 nm, z zastosowaniem rozwiązania WWDM (równoległego). Łącza mające długość 10 km mają być oparte na światłowodzie jednomodowym 1310 nm, z tym że będzie można tu zastosować rozwiązania zarówno szeregowe, jak i WWDM. Łącza o długości 40 km mają być oparte na światłowodzie jednomodowym, z zastosowaniem rozwiązania szeregowego.

Tabela 2. Rodzaje interfejsów stosowane w środowisku Ethernet 10 Gb/s

Typ interfejsu PHY (w. fizyczna)	Opis	Typ światłowodu	Maks. długość łącza [m]
10Gbase-SR	850 nm (szeregowy interfejs LAN)	wielomodowy	65
10Gbase-LX4	1310 nm (równoległy interfejs LAN typu WWDM)	wielomodowy	300
10Gbase-LR	1310 nm (szeregowy interfejs LAN)	jednomodowy	10 000
10Gbase-ER	1550 nm (szeregowy interfejs LAN)	jednomodowy	40 000
10Gbase-SW	850 nm (szeregowy interfejs WAN)	wielomodowy	65
10Gbase-LW	1310 nm (szeregowy interfejs WAN)	jednomodowy	10 000
10Gbase-EW	1550 nm (szeregowy interfejs WAN)	jednomodowy	40 000

Aby wyobrazić sobie, z jakimi szybkościami mamy tu do czynienia, podamy kilka przykładów. Otóż, przez łącze Ethernet 10 Gb/s można:

- przesłać zawartość dysku twardego o pojemności 10 GB w ciągu 8 s,
- wykonać kopię zapasową bazy danych mającej pojemność 2 TB (tera bajtów = 2 tys. giga bajtów) w ciągu 27 min,
- transmitować jednocześnie 833 sygnały wideo (1,5 MB/s na jeden cyfrowy kanał wideo),
- obsługiwać jednocześnie 156 250 rozmów telefonicznych (64 Kb/s na jedną rozmowę). [2]

4.4.2. Okablowanie

Przy każdej próbie wdrożenia nowych interfejsów warstwy sieciowej, pierwszoplanową rolę odgrywa zawsze okablowanie. Projektanci sieci będą musieli sprawdzić, czy istniejące już okablowanie poradzi sobie z pakietami generowanymi z szybkością 10 Gb/s i czy długości połączeń odpowiadają wymogom nowej specyfikacji.

Tym razem miedź nie wchodzi “w grę”, choć w sieciach Gigabit Ethernet można stosować kable miedziane (co przewiduje specyfikacja 1000Base-T). W sieciach Ethernet 10 Gb/s mamy do czynienia tylko ze światłowodami. Nie jest to aż taki wielki problem, ponieważ większość wdrożonych instalacji Gigabit Ethernet (również i interfejsów) jest oparta wyłącznie na światłowodach.

Rodzaje światłowodów używanych w środowisku 10-gigabitowego Ethernetu:

- w sieciach LAN – światłowód wielomodowy,
- w istniejących już instalacjach FDDI i Gigabit Ethernet – światłowody wielomodowe 50 lub 62,5 mikrona,
- w czterech nowych podwarstwach PDM warstwy fizycznej – światłowody 850 i 1310 nm,
- interfejsy oparte na laserach 850 nm będą obsługiwać aplikacje przesyłające pakiety na mniejsze odległości (np. Między przełącznikami a superkomputerami),
- w środowiskach kampusowych – interfejsy oparte na laserach 1310 nm, które będą przysyłać pakiety na odległości nie większe niż 300 m. W przypadku połączeń dłuższych niż 300 m trzeba będzie stosować światłowody jednomodowe. Interfejsy wyposażone w laser jednomodowy 1310 nm będą obsługiwać połączenia mające długość 10 km (w sieciach Gigabit Ethernet maksymalna długość łącza wynosi 5 km),
- interfejsy wyposażone w laser 1550 nm obsługują połączenia o długości od 10 do 40 km. [2]

5. SPRZĘT STOSOWANY W SIECIACH ETHERNET

Do budowy sieci Ethernet potrzebne nam są:

- medium transmisji
- osprzęt sieciowy

Jako medium, do budowy lokalnych sieci komputerowych stosuje się zazwyczaj trzy podstawowe rodzaje kabli, które oferują różne parametry techniczne eksploatacji oraz możliwości budowy określonych wariantów topologii sieci. Są to kable koncentryczne (coaxial cable), skrętka (twisted pair) oraz światłowód (optical fibre). [10]

Rozpatrzmy teraz różne składniki sprzętowe używane do budowy sieci Ethernet. Komponenty te są niezależne od rodzaju nośnika.

Na sprzęt, który może być używany do obsługi sieci Ethernet, składają się:

- karty sieciowe,
- koncentratory wzmacniające,
- koncentratory nie wzmacniające,
- mosty,
- przełączniki,
- routery.

5.1. Karty sieciowe

Karta sieciowa to płytką drukowaną instalowana w wolnym gnieździe magistrali (ang. I/O bus) komputera. Z tyłu karty znajduje się fizyczny interfejs dla określonego rodzaju złącza. Każdy rodzaj złącza zaprojektowany jest dla konkretnego nośnika. Karta zapewnia połączenie między wewnętrznymi zasobami systemu komputerowego a zasobami zewnętrznymi, przyłączonymi do sieci. Zawiera układy logiczne warstwy łącza sieciowego oraz warstwy fizycznej.

5.2. Wzmacniaki

Wzmacniak (repeater) jest względnie prostym urządzeniem, które wzmacnia sygnał wejściowy, nie zmieniając jego kształtu. Działa ono wyłącznie na poziomie warstwy 1 (fizycznej) modelu referencyjnego OSI. Funkcje wzmacniania i powtarzania sygnału zostały zebrane w urządzeniach wieloportowych, używanych do łączenia urządzeń w sieci LAN. Popularnie są one nazywane koncentratorami, choć tak naprawdę są to właśnie wzmacniaki wieloportowe.

5.3. Koncentratory nie wzmacniające

Koncentrator nie wzmacniający jest bardzo podobny do wzmacniającego. Jedyna w zasadzie między nimi różnica polega na tym, że koncentrator nie wzmacniający nie wzmacnia ani nie powtarza sygnałów. Koncentratory tego rodzaju służą w zasadzie wyłącznie do łączenia wielu stacji roboczych, umożliwiając tworzenie sieci o topologii gwiazdy.

5.4. Mosty

Most jest mechanizmem warstwy 2 (warstwy łącza danych) umożliwiającym łączenie dwóch segmentów sieci lokalnej. Ponieważ mosty działają w warstwie 2, nie rozpoznają one protokołów wyższych warstw, osadzonych w ramkach, które są przez mosty przekazywane. Do przesyłania ramek mosty wykorzystują adresy fizyczne (adresy MAC). Przykładowo, most „uczy się”, które adresy fizyczne są przyłączone do sieci przy użyciu jego portów. Dzięki temu w razie odebrania przez most ramki z adresem fizycznym nie występującym w segmencie sieci, dla którego została ona wygenerowana, szuka on tego adresu w swojej tablicy mostkującej

(która jest zestawieniem adresów fizycznych oraz numerów portów) i wysyła ramkę do odpowiedniego segmentu sieci. Zestawianie razem kilku mostów - czy nawet używanie ich w środowisku wykorzystującym adresy MAC - jest dobrym sposobem poznania ograniczeń tych urządzeń. W większości przypadków nie są one w stanie sprostać wzrastającym wymaganiom stawianym urządzeniom sieciowym i w takich warunkach stają się czymś w rodzaju muzealnej ciekawostki. [9]

5.5. Przełączniki

Przełączniki (switche), pod wieloma względami, spełnia podobne funkcje jak mosty. Pozwala jednak na dołączenie wielu segmentów sieci. Ponadto nowoczesne przełączniki oferują często dodatkowe funkcje, takie jak mechanizm sieci wirtualnych.

Podczas pracy przełącznik, podobnie jak most, buduje tablicę FDB, implementowaną w pamięci adresowanej kontekstowo (CAM – Context Address Memory), która wiąże adresy każdego urządzenia z numerem portu, przez który to urządzenie jest osiągalne. Jeśli przełącznik odbiera pakiet, który jest adresowany do urządzenia znajdującego się w tym samym segmencie sieci, co urządzenie nadawcze, to nie wykonuje żadnej akcji. Jeśli natomiast odbierze pakiet adresowany do innego segmentu, to wysyła pakiet na port, do którego segment jest dołączony. Jeżeli nie wiadomo, do którego portu dołączony jest segment przeznaczenia pakietu, pakiet transmitowany jest do wszystkich segmentów, z wyjątkiem tego, z którego został wysłany. [10]

5.6. Routery

Router nie jest, jak się niektórym wydaje, urządzeniem warstwy 2 sieci Ethernet. Jest bowiem mechanizmem przesyłania pakietów funkcjonującym na poziomie warstwy 3. Routery obsługują interfejsy wszystkich standardowych technologii LAN i mają liczne zastosowania. Głównym zastosowaniem routerów jest łączenie sieci lokalnej z sieciami spoza jej domeny. Ma to trzy ważne implikacje dla konstrukcji sieci. Po pierwsze, sieć rozległa (WAN) wyraźnie przekracza zakres domeny sieci LAN. Do łączenia różnych sieci lokalnych rozproszonych po tak dużych regionach geograficznych, na jakie pozwalają technologie transmisji dalekiego zasięgu, niezbędne są routery. Technologiami takimi są dedykowane linie dzierżawione oraz obwody przełączane. Po drugie, wiele domen sieci lokalnych może koegzystować we (względnej) wzajemnej bliskości. Pojedynczy budynek biurowy może na przykład zawierać wiele sieci LAN przeznaczonych dla wielu różnych grup roboczych. Jeśli względy bezpieczeństwa uzasadniają pewien stopień separacji, ale nie w stopniu uniemożliwiającym wzajemne łączenie sieci, to sieci te najlepiej łączyć nie za pomocą mostów, lecz przy użyciu routerów. Routery zapewniają bowiem nieco większe bezpieczeństwo, dzięki mechanizmom, takim jak listy kontroli dostępu, i pozwalają na efektywne łączenie sieci z zachowaniem integralności ich domen warstwy 2: tak kolizji, jak i rozgłaszania. Trzecia konsekwencja wynika z wymagań dotyczących wydajności. Sieci Ethernet mogą osiągnąć tak wielkie rozmiary, że zaczną ulegać samosegmentacji. Na przykład, w budynku może istnieć sieć Ethernet, w której działają 1024 urządzenia. Jeśli obsługiwane przez tę sieć aplikacje używają transmisji rozgłoszeniowych warstwy 2, to całkiem możliwe, że łączenie segmentów sieci LAN mostami lub przełącznikami wcale nie zwiększy jej wydajności. Umożliwi jedynie segmentację domeny kolizji sieci LAN,

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

Zakład Systemów Rozproszonych

Rzeszów 2002

zwiększy jej wydajności. Umożliwi jedynie segmentację domeny kolizji sieci LAN, lecz nie jej domeny nadawania. W takiej sytuacji router stanowić może jedyne praktyczne rozwiązanie problemu. [9]

6. PRZYSZŁOŚĆ ETHERNETU

6.1. Wczoraj i dziś.

Przypomnijmy, że trzy podstawowe technologie używane w sieciach lokalnych LAN to Ethernet, Token Ring i FDDI. Różnią się one głównie w:

- Topologii sieci. Ethernet jest siecią typu magistrala, podczas gdy Token Ring i FDDI są sieciami pierścieniowymi.
- Szybkości transmisji danych. Standard Ethernet umożliwia szybkość transmisji danych równą 10 Mb/s, podczas gdy dla FDDI jest to wartość 100 Mb/s a dla Token Ring - 16 Mb/s.
- Trybie dostępu. Ethernet jest siecią typu rywalizacyjnego, gdzie wszystkie węzły w segmencie rywalizują ze sobą o dostęp do sieci, podczas gdy sieci Token Ring i FDDI wykorzystują znacznik przekazywany od węzła do węzła. Metoda przekazywania znacznika pozwala na równomierny rozdział możliwości wymiany danych.[6]

A oto zestawienie, z którego można odczytać, co spowodowało wybicie się Ethernetu, jako standardu wiodącego:

Tabela 3. Porównanie różnych systemów sieciowych

System sieciowy	Zalety	Wady
ARCnet	Niski koszt	Mała prędkość
	Prostota	Niewielu producentów
	Łatwość rozbudowy	
	Rozbudowane wspomaganie	
Ethernet	Wysoka prędkość	Trudne rozwiązywanie problemów
	Łatwość rozbudowy	
	Wielu dostawców	
	Niski / średni koszt	
	Rozbudowane wspomaganie	
Token Ring	Średnia lub wysoka prędkość	Wysoki koszt
	Solidność	Trudny do rozbudowy
	Możliwość budowy bardzo wielkich sieci	Niewielu dostawców
	Rozbudowane wspomaganie	
FDDI	Wysokie osiągi	Bardzo wysoki koszt
	Nadmiarowość	Złożoność
		Niewielu dostawców
		Brak wspomaganie

Systemy zastrzeżone	Wysokie osiągi	Wysoki koszt
	Czołowa technologia	Zazwyczaj jeden dostawca
	Zalety funkcjonalne	Nieznane perspektywy
		Brak wspomagania

[5]

A oto jak pisało się o Gigabitowym Ethernetie w 1997r:

“...pierwsze urządzenia pracujące w tej technologii pojawiły się już na rynku, choć standard ma być zatwierdzony wiosną 1998. Standard ten używa tego samego rodzaju ramkowania co Ethernet i Fast Ethernet, ale trudno powiedzieć, jakie będą maksymalne długości stosowanych kabli i które z proponowanych przez różnych producentów rozwiązań zostanie wybrane. Należy się bacznie przyglądać tej technologii, ponieważ w ciągu następnych kilku lat może ona stać się bardzo popularna.” [8]

I faktycznie autor tej publikacji miał słuszne przeczucia.

6.2. Jutro

Z pewnością rozwinię się udział technologii Ethernet w technologii bezprzewodowej (w sieciach WLAN, bezprzewodowy Ethernet 802.11b), jako że technologia bezprzewodowa będzie siłą rzeczy się mocno rozwijać – o czym decydują, jak zwykle, głównie względy finansowe. Układanie nowych sieci przewodowych jest coraz trudniejsze, ze względu na coraz bardziej rozwiniętą infrastrukturę miejską i związaną z tym koniecznością uzyskiwania pozwoleń – co jest kosztowne i czasochłonne. WLAN (Wireless Local Area Network) to rodzaj sieci lokalnej, w której łączność pomiędzy węzłami odbywa się za pośrednictwem fal radiowych lub podczerwonych. Jest to system przesyłania danych stosowany jako rozszerzenie lub alternatywa kablowych sieci LAN wewnątrz budynków lub na terenie przedsiębiorstwa. Sieci bezprzewodowe stosuje się przede wszystkim tam, gdzie instalowanie okablowania jest albo niemożliwe, np. w portach, na lotniskach czy w niektórych gałęziach przemysłu, albo kiedy byłoby niepożądane, a więc w budynkach o znaczeniu historycznym, reprezentacyjnych albo muzeach. Technologie bezprzewodowe są też chętnie aplikowane w innych warunkach: kiedy przewiduje się częste przenoszenie urządzeń, liczne zmiany konfiguracji w sieci albo arbitralnie zakłada się tymczasowość instalacji.

Przewiduje się zwiększenie wykorzystania Ethernetu i TCP/IP poprzez wprowadzenie technologii iSCSI. Ma ona wiele zalet, m.in. administrator zarządzający pamięciami masowymi będzie miał ułatwione zadanie, poprzez to, że będzie musiał znać tylko jedno środowisko – sieci TCP/IP. Nie będzie musiał uczyć się całej “alchemii” pamięci masowych. Technologia iSCSI ma zapewnić uniwersalny dostęp do różnych urządzeń pamięci masowych i do sieci SAN, przesyłając dane przez standardowe sieci TCP/IP oparte na Ethernetie. Mogą to być, zarówno sieci dedykowane (obsługujące wyłącznie pamięci masowe), jak i ogólnego stosowania, z usług których korzystają inne aplikacje TCP/IP. Można tu też wykorzystać przełączniki i routery IP, rozszerzając tym sposobem zasięg działania technologii iSCSI (obszar MAN i WAN). Można wtedy uruchamiać aplikacje zdalnego kopiowania dysków (w trybie synchronicznym lub asynchronicznym), zdalnego wykonywania kopii zapasowych (z użyciem stacji pamięci ta-

śmowej) albo zdalnego przywracania danych. W środowisku WAN nie ma lepszego protokołu niż TCP/IP, który zapewnia danym odpowiednią ochronę (chodzi tu o błędy) i działa niezawodnie. Prawdopodobnie ogromny sukces odniosą aplikacje biznesowe, wykorzystujące technologię iSCSI, takie jak:

- zdalne wykonywanie kopii zapasowych,
- zdalny dostęp do danych,
- konsolidowanie pamięci masowych przedsiębiorstwa.

Kolejne środowisko, w którym technologia Ethernet 10 Gb/s może odegrać dużą rolę, to farmy serwerów, które muszą komunikować się ze światem zewnętrznym przez superszybkie połączenia. Wprawdzie nie pojawiły się tak szybkie serwery, które zapychałyby połączenie 1 Gb/s, ale są klastry komputerowe, które potrafią już to zrobić. Zatem farmy serwerów, a w przyszłości pojedyncze superserwery, są niejako skazane na technologię Ethernet 10 Gb/s.

Rozwiązanie polegające na przesyłaniu ramek Ethernet przez sieci SONET/SDH przyczyni się do tego, że Ethernet wkroczy do środowisk MAN i WAN. Będą tu stosowane interfejsy wyposażone w laser 1550 nm po to, by obsłużyć połączenia o długości od 10 do 40 km. Ethernet 10 Gb/s nie tylko rozszerzy zasięg istniejących sieci komputerowych, ale przyczyni się do powstania zupełnie nowych aplikacji, których dzisiaj jeszcze nie ma, ponieważ eksploatowane obecnie sieci rozległe oferują zbyt małe przepustowości.

W przyszłości czeka nas prawdopodobnie kolejna ewolucja standardu Ethernet, a mianowicie Ethernet 40 Gb/s. Jest to o tyle dziwne, że zostałyby złamana dotychczasowa reguła, że kolejna wersja technologii Ethernet oferuje przepustowość 10 razy większą niż poprzednia. Warstwa fizyczna sieci Gigabit Ethernet (PHY) jest oparta w dużym stopniu na rozwiązaniach stosowanych w połączeniach Fibre Channel, a warstwa fizyczna Ethernet 10 Gb/s zawiera elementy zapożyczone z technologii OC-192. Na pewno zatem standardu Ethernet 40 Gb/s nie trzeba będzie opracowywać od początku. Wiele wskazuje na to, że Ethernet 40 Gb/s będzie oparty na technologii OC-768 SONET. Niektórzy sądzą, że Ethernet 40 Gb/s nie zyska większej popularności. Krytycy tej szybkości przypominają, że swego czasu wielu członków IEEE forsowało szybkość 400 Mb/s. Skończyło się na tym, że mamy standard Ethernet 1000 Mb/s. Być może i tym razem przejdzie szybkość 100 albo 160 Gb/s. Ta ostatnia jest interesująca, gdyż odpowiadałaby paraetrom stosowanym w technologii OC-3072 SONET. [2].

LITERATURA

- [1] NetWorld: „*Vademecum Teleinformatyka*“, IDG Poland S.A., Warszawa 1999
- [2] NetWorld: „*Vademecum teleinformatyka IP*“, IDG Poland S.A, Warszawa 2002
- [3] V. Amato, W. Lewis: „*Akademia Sieci Cisco*“, MIKOM, Warszawa 2001
- [4] Frank Derfler: „*Sieci komputerowe dla każdego*”
- [5] M. Gibbs „*Sieci komputerowe. BIBLIA użytkownika*“, READ ME, Warszawa 1994
- [6] W. Buchanan „*Sieci komputerowe.*”, WKŁ, Warszawa 1999
- [7] M. A. Sportack „*Routing IP. Podstawowy podręcznik*”, MIKOM, Warszawa 2000
- [8] S. M. Ballew „*Zarządzanie sieciami IP za pomocą routerów Cisco*”, RM, Warszawa 1998
- [9] M. Sportack „*Sieci komputerowe. Księga eksperta*”, Helion, Gliwice 1999
- [10] K. Zieliński „*Ćwiczenia do laboratorium sieci komputerowych*”, AGH, Kraków 1999
- [11] NetWorld: „*Leksykon teleinformatyka*”, IDG Poland S. A., Warszawa 2002