

## 8. Podstawowe zagadnienia dotyczące sieci komputerowych

We współczesnym świecie komunikacja odgrywa ważną rolę w przekazywaniu informacji. Komunikujemy się z innymi bezpośrednio za pomocą np. głosu, znaków, gestów, ale również komunikacja na odległość stała się już codziennością. Wykorzystujemy do komunikacji różne urządzenia techniczne, takie jak telefony stacjonarne i komórkowe, usługi pocztowe, stacje radiowe i telewizyjne. Coraz większą rolę w procesach komunikacji odgrywają sieci komputerowe. Sieć komputerowa jest systemem komunikacyjnym służącym do przesyłania danych, łączącym co najmniej dwa komputery i urządzenia peryferyjne. Sieci komputerowe umożliwiają:

- współużytkowanie programów i plików,
- współużytkowanie innych zasobów, takich jak: drukarki, plotery, pamięci masowe,
- współużytkowanie baz danych,
- ograniczenie wydatków na zakup stacji roboczych,
- tworzenie grup roboczych, w których ludzie z różnych miejsc mogą uczestniczyć w tym samym projekcie,
- wymianę poczty elektronicznej.

Na sieci komputerowe składają się elementy sprzętowe oraz programowe.

### **Do elementów sprzętowych sieci zaliczamy:**

- Urządzenia transmisji - nośniki używane do transportu sygnałów biegnących przez sieć do ich miejsc docelowych. Najczęściej stosowanymi nośnikami są kable miedziane i światłowodowe. Nośniki mogą być również niematerialne jak przestrzeń, przez którą przesyłane są światło lub fale radiowe.
- Urządzenia dostępu - są odpowiedzialne za formatowanie danych w taki sposób, aby nadawały się one do przesyłania w sieci, umieszczanie danych w sieci oraz ich odbieranie. W sieci lokalnej urządzeniami dostępu są karty sieciowe. W sieciach rozległych urządzeniami dostępu są modemy.
- Urządzenia wzmacniania przesłanych sygnałów - urządzenia, które odbierają przesyłane sygnały, wzmacniają je i wysyłają z powrotem do sieci. W sieciach lokalnych tę rolę pełni koncentrator, który umożliwia ponadto przyłączanie do sieci wielu urządzeń.

### **Składnikami programowymi sieci są:**

- Protokoły - określają sposoby komunikowania się urządzeń; przykładem protokołu może być TCP/IP.
- Sterowniki urządzeń - programy umożliwiające działanie urządzeniom, takim jak karty sieciowe.
- Oprogramowanie komunikacyjne - korzysta ono z protokołów i sterowników do wymiany danych, np. programy do udostępniania zasobów, programy przesyłania plików, programy do obsługi poczty elektronicznej, przeglądarki internetowej itp.
-

## **8.1. Zakres sieci lokalnych i rozległych**

Sieci komputerowe łączą ze sobą odległe komputery. Ze względu na obszar, jaki obejmują swym zasięgiem, przeznaczenie i przepustowość sieci można podzielić na następujące klasy:

- Sieci lokalne LAN (Local Area Network) - sieci łączące użytkowników na niewielkim obszarze (pomieszczenie, budynek), ale prędkość przesyłania danych jest duża. Przykładem sieci lokalnej może być sieć szkolna.
- Sieci miejskie MAN (Metropolitan Area Network) - sieci o zasięgu miasta, najczęściej szybkie. Umożliwiają połączenia między sieciami lokalnymi uczelni, ośrodków naukowych, organów administracji i centrów przemysłowych.
- Sieci rozległe WAN (Wide Area Network) - sieci, których zasięg przekracza granice miast, państw i kontynentów. Składają się z węzłów i łączących je łączy transmisyjnych realizowanych za pomocą publicznej sieci komunikacyjnej, np. telefonicznej, kanałów satelitarnych, radiowych. Dostęp do sieci rozległej uzyskuje się poprzez dołączenie komputerów lub sieci lokalnych do węzłów sieci. Przykładem sieci rozległej jest Internet.

## **8.2. Architektura sieci równorzędnej i klient-serwer**

Jednym z podstawowych celów tworzenia sieci komputerowych jest współdzielenie zasobów, takich jak pliki lub drukarki. Każdy z takich zasobów musi być udostępniony, to znaczy jego właściciel musi wyrazić zgodę na korzystanie z niego przez innych użytkowników. Komputer, który udostępnia zasoby lub usługi, nazywany będzie serwerem. Komputer lub inne urządzenie, korzystające z zasobów udostępnianych przez serwer, nazywane będzie klientem. W zależności od tego, jak zorganizowane będzie udostępnianie i korzystanie z udostępnionych zasobów w sieci, możemy mówić o architekturze sieci równorzędnej lub opartej na serwerach.

W architekturze równorzędnej (peer-to-peer) każdy użytkownik może jednocześnie udostępniać zasoby swojego komputera oraz korzystać z zasobów innych komputerów. Wszystkie urządzenia w sieci mają taki sam status - żaden z nich nie jest podporządkowany innemu. Użytkownik sam zarządza swoim komputerem i dba o dostęp innych użytkowników do swoich zasobów. Rozwiązanie to stosowane jest w małych sieciach (do 10 komputerów). Wszystkie informacje o udostępnionych zasobach i użytkownikach uprawnionych do ich wykorzystania zapisane są na komputerze udostępniającym dany zasób. Jeżeli korzystamy z wielu serwerów, na których zapisana jest lokalnie informacja o zasobach, to na każdym z nich musimy uzyskać prawo do korzystania z zasobów, co oznacza wpisywanie hasła na każdym serwerze. Sieć taka jest tania w budowie, lecz trudna w utrzymaniu i zarządzaniu. Może być zbudowana w oparciu o systemy Windows 95/98/XP/Vista.

W architekturze klient-serwer (client-server) - istnieje jeden lub więcej komputerów spełniających rolę serwera. Na serwerze zainstalowany jest sieciowy system operacyjny, umożliwiający realizację zadań serwera. Serwer przechowuje i udostępnia zasoby, np. w postaci plików, zarządza współdzieleniem drukarek oraz przechowuje wspólnie wykorzystywaną bazę danych o zasobach sieci, jej użytkownikach oraz uprawnieniach użytkowników do zasobów. Stacja robocza, pełniąca rolę klienta,

komunikuje się z serwerem, korzystając z oprogramowania klienta sieci. Przykładem sieci klient-serwer jest sieć Novell NetWare lub sieć zbudowana w oparciu o system Windows Server 2000/2003/2008.

### **8.3. Podstawowe komponenty sieci**

Sieci komputerowe zbudowano, aby wymieniać dane pomiędzy komputerami. Wymianę tę zapewnia odpowiedni sprzęt oraz oprogramowanie. Podstawowymi urządzeniami stosowanymi do budowy sieci komputerowych są:

- modemy,
- karty sieciowe (network interface card),
- urządzenia wzmacniające (repeater),
- koncentratory (hub),
- mosty (bridge),
- przełączniki (switch),
- punkty dostępowe (access point),
- routery,
- bramy sieciowe (gateway).

**Modem** wykorzystywany jest do połączenia komputera z Internetem za pośrednictwem stacjonarnej linii telefonicznej. Jest to urządzenie, które zamienia cyfrowe dane generowane przez komputer na sygnały analogowe i wysyła je za pomocą sieci telefonicznej. Podczas odbierania danych z sieci, sygnały analogowe są zamieniane na cyfrowe i przekazywane do komputera. Prędkość przesyłania danych przez modem nie przekracza 56 kb/s. Zaletą modemu jest powszechna dostępność do usługi.

**Karta sieciowa** to urządzenie łączące komputer z lokalną siecią komputerową. Głównym zadaniem karty sieciowej jest przekształcanie pakietów danych w sygnały, które są przesyłane w sieci komputerowej. Karta sieciowa w standardzie Ethernet (najczęściej spotykanym) posiada unikatowy w skali światowej adres fizyczny MAC (MAC address), przyporządkowany jej podczas produkcji i zapisany w pamięci ROM. Karty mogą pracować z różnymi prędkościami. Obecnie standardem są karty sieciowe pracujące z prędkością 100 Mb/s lub 1 Gb/s. Karta może być wyposażona w interfejsy do połączenia z siecią za pomocą skrętki lub kabla koncentrycznego. Do komputera montowana jest w złączu PCI, PCMCIA lub USB.

**Wzmacniak** (urządzenie wzmacniające) wykorzystuje się w miejscach, w których wymagane jest wzmocnienie lub regeneracja sygnału, niezbędne do zwiększenia zasięgu sieci. Rzadko jest to samodzielne urządzenie. Najczęściej rolę wzmacniaka pełni urządzenie sieciowe posiadające własne zasilanie energią elektryczną np. koncentrator.

**Koncentrator** to urządzenie posiadające wiele portów służących do przyłączania stacji roboczych lub innych urządzeń. Koncentratory mogą być pasywne i aktywne. Pasywny pełni tylko

funkcję skrzynki łączeniowej, rozsyłającej sygnał otrzymany na jednym porcie do wszystkich pozostałych. Aktywny dodatkowo wzmacnia sygnały.

**Most** to urządzenie posiadające dwa porty, służące do łączenia segmentów sieci. W swojej pamięci zapamiętuje adresy MAC urządzeń przyłączonych do poszczególnych portów. Po otrzymaniu ramki danych sprawdza adres miejsca docelowego i określa, do jakiego segmentu należy przesłać daną ramkę. Gdy komputer z jednego segmentu wysyła wiadomość, most analizuje zawarte w niej adresy MAC i na tej podstawie podejmuje decyzję, czy sygnał przesłać do drugiego segmentu czy go zablokować. W sieci nie są wtedy przesyłane zbędne ramki, dzięki czemu zwiększa się jej wydajność.

**Przełącznik** oferuje te same funkcje, co koncentrator, a dodatkowo pozwala, podobnie jak most, podzielić sieć na segmenty. Urządzenie posiada wiele portów przyłączeniowych, pozwalających na podłączenie komputerów, innych przełączników, lub koncentratorów. Porty w przełączniku mogą pracować z jednakowymi prędkościami (przełączniki symetryczne) lub z różnymi prędkościami (przełączniki asymetryczne). Przełączniki mogą posiadać funkcje zarządzania i monitoringu sieci.

**Punkt dostępowy** to urządzenie zapewniające stacjom bezprzewodowym dostęp do zasobów sieci za pomocą bezprzewodowego medium transmisyjnego. Pełni rolę mostu łączącego sieć bezprzewodową z siecią przewodową. Do sieci bezprzewodowych przyłączane są laptopy, palmtopy oraz komputery stacjonarne wyposażone w karty bezprzewodowe. Punkt dostępowy może być połączony w jedno urządzenie z routerem.

**Router** to urządzenie stosowane do łączenia sieci, np. do przyłączania sieci LAN do Internetu. Jest urządzeniem konfigurowalnym, pozwala sterować przepustowością sieci i zapewnia bezpieczeństwo.

**Brama sieciowa** to urządzenie, za pośrednictwem którego komputery z sieci lokalnej komunikują się z komputerami w innych sieciach. W sieci TCP/IP domyślna brama oznacza router, do którego komputery sieci lokalnej mają wysyłać pakiety adresowane do innej sieci, np. Internet. Niektóre bramy umożliwiają komunikację pomiędzy sieciami, w których działają różne protokoły.

## **8.4. Nośniki transmisji**

Urządzenia sieciowe, aby wymieniać informacje, muszą być ze sobą połączone. Łączy wykorzystane w budowie sieci mogą korzystać z różnych nośników. Nośniki transmisji w sieciach mogą być przewodowe, np. kable miedziane i światłowodowe, lub bezprzewodowe, np. fale radiowe, podczerwień, światło laserowe. Najpopularniejszym medium transmisyjnym używanym obecnie do budowy sieci lokalnych jest skrętka. Składa się ona z 4 par przewodów, umieszczonych we wspólnej osłonie. Aby zmniejszyć oddziaływanie elektromagnetyczne przewodów na siebie, są one wspólnie skręcone. Istnieją 2 typy skrętki:

- nieekranowana UTP (Unshielded Twisted Pair) - stosowana w większości sieci,
- ekranowana STP (Shielded Twisted Pair) - posiada specjalną warstwę (ekran) chroniącą przed wpływem zakłóceń elektromagnetycznych. Odmiany skrętki ekranowanej różnią się między sobą sposobem wykonania ekranu.

Skrętka stosowana jest w telekomunikacji do przesyłania danych zarówno w postaci analogowej, jak i cyfrowej. Przydatność skrętki do transmisji danych określana jest za pomocą kategorii. Do budowy sieci używana jest:

- kategoria 3. (CAT 3) - stosowana w starszych sieciach o przepustowości do 10 Mb/s,
- kategoria 5 (CAT 5) - stosowana w szybkich sieciach o przepustowości do 100 Mb/s lub 1 Gb/s,
- kategoria 5e (CAT 5e) - skrętka kategorii 5, w której poprawiono parametry transmisji, stosowana w szybkich sieciach o przepustowości do 100 Mb/s lub 1 Gb/s,
- kategoria 6 (CAT 6) - stosowana do przenoszenia danych w sieciach o przepustowości do 10 Gb/s.
- kategoria 7 (CAT 7) - ekranowana skrętka stosowana do przenoszenia danych w sieciach o przepustowości powyżej 1 Gb/s.

Większość nowych sieci komputerowych wykonywana jest przy wykorzystaniu skrętki kategorii 5e lub wyższych. Maksymalna długość połączeń wykonanych za pomocą skrętki wynosi 100 metrów. Do karty sieciowej skrętkę przyłącza się za pomocą złącza RJ-45.

W starszych sieciach jako medium transmisyjne wykorzystywano **kabel koncentryczny** (coaxial cable) z miedzianego rdzenia umieszczonego w osi kabla, otoczonego izolatorem oraz ekranem. Maksymalna prędkość transmisji przesyłanych nim danych wynosi 10 Mb/s. Istnieją dwa rodzaje kabla koncentrycznego:

- gruby Ethernet - o grubości około 1 cm, pozwalający transmitować dane na maksymalną odległość do 500 m,
- cienki Ethernet - o grubości około 0,5 cm, pozwalający transmitować dane na maksymalną odległość do 185 m.

Najnowocześniejszym z obecnie stosowanych nośników transmisji przewodowej jest **światłowód** (Fiber Optic Cable). Rdzeń światłowodu wykonany ze szkła kwarcowego, pokryty jest płaszczem oraz warstwą ochronną. Transmisja polega na przesyłaniu wiązki światła, generowanej przez diodę lub laser, przez rdzeń światłowodu. Dane zakodowane są w postaci impulsów światła. Do transmisji danych używa się zawsze pary przewodów, z których jeden służy do wysyłania danych, a drugi do ich odbierania. Ze względu na wysoką cenę oraz duże prędkości przesyłania danych i zasięg, światłowody najczęściej są stosowane do budowy szkieletu sieci, np. połączeń między przełącznikami. Światłowód jest całkowicie odporny na zakłócenia elektromagnetyczne, a ponadto uniemożliwia podsłuch transmisji.

Coraz większą popularność w sieciach komputerowych zdobywa łączność bezprzewodowa. Do transmisji danych wykorzystywane są wtedy fale elektromagnetyczne. Najczęściej używane są:

- fale elektromagnetyczne w zakresie podczerwieni IR (InfraRed) - jako źródła promieniowania wykorzystuje się diody LED lub diody laserowe. Zasięg i prędkość transmisji są niewielkie, stosowane do przyłączania, np. klawiatury lub myszy.
- fale radiowe - najpopularniejsze sieci korzystają z częstotliwości 2,4 GHz, która nie podlega koncesjonowaniu. Istnieją trzy standardy oznaczone 802.11a, 802.11b, 802.11g, zapewniające różne prędkości transmisji. Obecnie najbardziej popularny jest standard 802.11g zapewniający prędkość

transmisji do 54 Mb/s. Przygotowywany jest standard 802.11n.

## 8.5. Topologie sieci

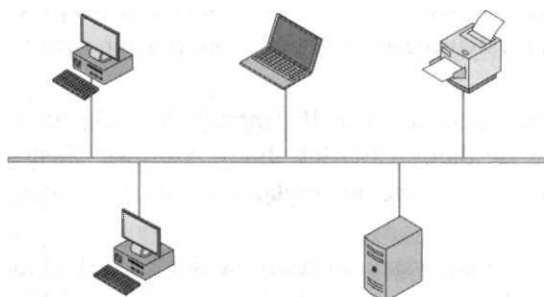
Topologia sieci określa sposób jej wykonania, czyli połączenia urządzeń komputerowych za pomocą medium transmisyjnego. Topologie sieci LAN mogą być opisane zarówno na płaszczyźnie fizycznej, jak i logicznej. Topologia fizyczna określa geometryczną organizację sieci lokalnej, graficznie przedstawiając jej kształt i strukturę. Topologia logiczna opisuje reguły komunikacji, z których korzystają urządzenia komunikujące się w sieci. Przy jej pomocy można opisać, które urządzenia mogą się ze sobą komunikować lub mają wzajemne, bezpośrednie połączenie fizyczne. Podstawowymi topologiami fizycznymi, stosowanymi w budowie sieci przewodowych są:

- magistrala (bus),
- pierścień (ring),
- gwiazda (star).

W rzeczywistych rozwiązaniach sieć komputerowa może być bardziej skomplikowana i tworzyć topologię:

- rozszerzonej gwiazdy,
- siatki pełnej lub niepełnej.

W topologii **magistrali** (rys. 8.1) wszystkie węzły (np. komputery) sieci połączone są ze sobą za pomocą pojedynczego kabla koncentrycznego, który obsługuje tylko jeden kanał i nosi nazwę magistrali. Węzły dołączane są do wspólnej magistrali, za pomocą „trójników”, w sposób charakterystyczny dla sieci równorzędnej. Oba końce magistrali muszą być zakończone opornikami ograniczającymi, zwanymi terminatorami. Oporniki te chronią przed odbiciami sygnału. Magistrala nie jest obsługiwana przez żadne urządzenia zewnętrzne, a więc wszystkie urządzenia przyłączone do sieci słuchają transmisji przesyłanych magistralą i odbierają pakiety do nich zaadresowane. Topologia ta była stosowana w małych sieciach.

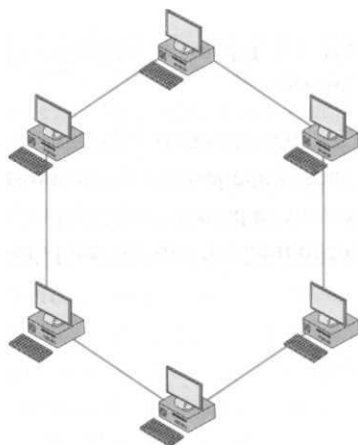


Rys. 8.1. Topologia magistrali

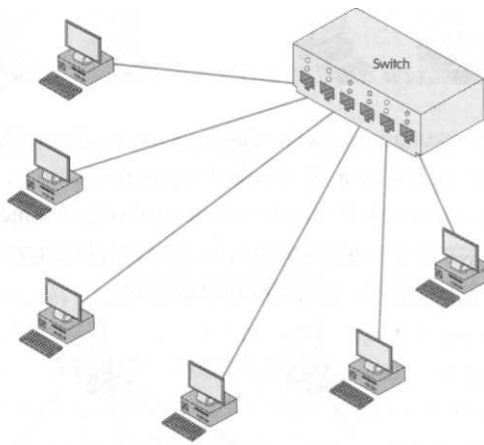
Zaletami magistrali są: krótki kabel użyty do budowy sieci, brak dodatkowych urządzeń (koncentratorów, przełączników) i łatwość przyłączenia nowego urządzenia. Wadą magistrali jest trudna lokalizacja uszkodzenia kabla. Możliwa jest tylko jedna transmisja w danym momencie, a awaria kabla powoduje unieruchomienie całej sieci.

W topologii **pierścienia** (rys. 8.2) każda przyłączona do sieci stacja robocza ma dwa połączenia - po jednym do każdego ze swoich najbliższych sąsiadów. Połączenie takie tworzy fizyczną pętlę, czyli pierścień. Dane przesyłane są wokół pierścienia w jednym kierunku. Każda stacja robocza działa

podobnie jak wzmacniak, pobierając i odpowiadając na pakiety do niej zaadresowane, a także przesyłając pozostałe pakiety do następnej stacji roboczej. Im więcej urządzeń przyłączonych jest do pierścienia, tym dłuższy jest czas odpowiedzi. Czas ten można jednak określić, co nie jest możliwe w przypadku innych topologii.



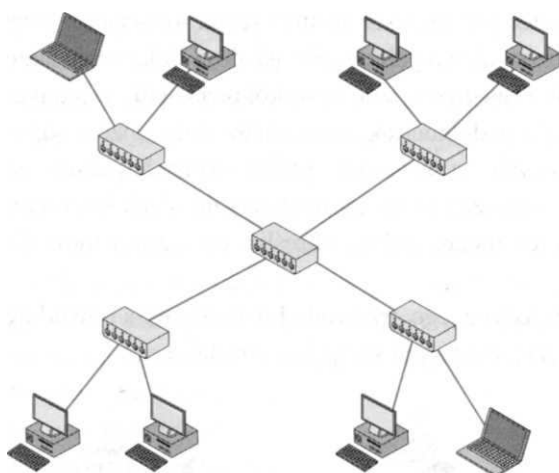
Rys. 8.2. Topologia pierścienia



Rys. 8.3. Topologia gwiazdy

Wadą pierścienia jest to, że awaria pojedynczego przewodu lub komputera powoduje przerwanie pracy całej sieci, a dołączenie nowych stacji jest utrudnione.

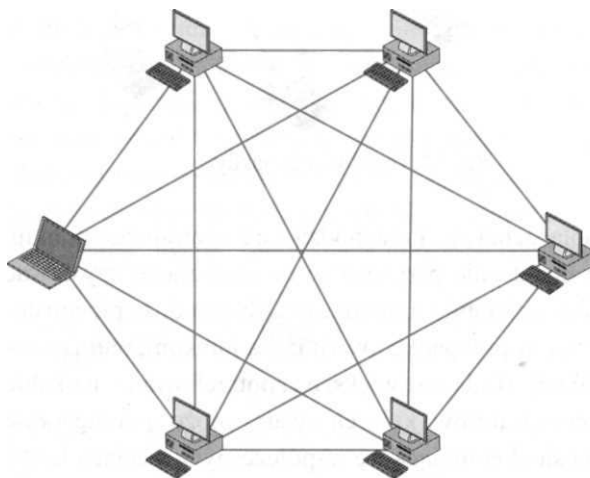
W topologii **gwiazdy** (rys. 8.3) połączenia sieci rozchodzą się z centralnego punktu, którym jest koncentrator. Każde urządzenie przyłączone do sieci może uzyskiwać dostęp do współdzielonego nośnika. Zaletami topologii gwiazdy jest duża przepustowość, łatwa lokalizacja uszkodzeń, a w przypadku awarii łącza lub komputera pozostała część sieci pracuje bez zakłóceń. Wadą jest większe zapotrzebowanie na kable oraz konieczność stosowania koncentratorów, których awaria może unieruchomić całą sieć. Topologia gwiazdy stała się dominująca we współczesnych sieciach LAN. Są one elastyczne, skalowalne i stosunkowo tanie.



Rys. 8.4. Topologia rozgałęzionej gwiazdy

Topologia **rozgałęzionej gwiazdy** (rys. 8.4) oparta jest na topologii gwiazdy. Pojedyncze gwiazdy połączone są przy użyciu koncentratorów lub przełączników. Topologia ta stosowana jest w przypadku dużych sieci, gdy obszar, który ma być pokryty siecią jest większy niż pozwala na to topologia gwiazdy. Zaletą topologii rozgałęzionej gwiazdy jest ograniczenie liczby urządzeń, które muszą być połączone z centralnym węzłem oraz możliwość ograniczenia ruchu lokalnego do pojedynczej gwiazdy. Topologia **siatki** (rys. 8.5) używana jest wtedy, gdy każdy węzeł ma własne połączenia z wszystkimi

pozostałymi. Zaletą jest niezawodność, uzyskana przez możliwość przesyłania danych wieloma różnymi ścieżkami. Wadą jest wysoki koszt i skomplikowana budowa. W sieciach rozległych, np. w Internecie, stosowana jest topologia siatki częściowej. Pomędzy routerami odgrywającymi rolę węzłów, za pomocą których przyłączane są sieci lokalne, istnieje wiele ścieżek do dowolnego miejsca, lecz nie ma połączeń między wszystkimi węzłami.



Rys. 8.5. Topologia siatki

## 8.6. Technologie sieciowe. Metody dostępu. Szybkość transferu

Urządzenia w sieci połączone są za pomocą łączy. Dane pomiędzy urządzeniami przesyłane są za pomocą kanałów. **Kanał** może być rozumiany jako pojedyncze połączenie między dwoma urządzeniami. W łączy może być wydzielony jeden kanał transmisyjny lub wiele kanałów, z których każdy wykorzystuje część tego łączy. W zależności od sposobu wykorzystania łączy, możemy wyróżnić:

- **transmisję w paśmie podstawowym** (baseband) - polega ona na utworzeniu w łączy tylko jednego kanału transmisyjnego, za pomocą którego przesyłany jest tylko jeden ciąg sygnałów,
- **transmisję szerokopasmową** (broadband) - polega ona na podziale pojedynczego łączy na wiele kanałów przez przydzielenie im różnych częstotliwości lub przez podział czasu transmisji na szczeliny czasowe, w których przesyłane są dane z różnych kanałów.

Do budowy sieci lokalnych wykorzystać możemy różne technologie. Najpopularniejszą z nich jest Ethernet, jednak w niektórych zastosowaniach spotykane są również technologie Token Ring oraz FDDI.

Ethernet odnosi się do wielu technologii sieci lokalnych LAN, z których wyróżnić należy trzy podstawowe kategorie:

- Ethernet 10 Mb/s (Standard Ethernet),
- Ethernet 100 Mb/s (Fast Ethernet),
- Ethernet 1 Gb/s (Gigabit Ethernet).

Technologia **Ethernet** została opracowana w latach siedemdziesiątych w firmie Xerox. Obecnie nazwa ta odnosi się do wszystkich sieci pochodnych, korzystających z dostępu do nośnika metodą **CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Access Collision Detect). W metodzie tej stacja zamierzająca transmitować dane może uzyskać dostęp do nośnika w dowolnej chwili. Przed wysłaniem danych stacja



nasłuchuje, czy w sieci odbywa się ruch. Jeżeli wykryje ruch w sieci, czeka do momentu, kiedy nośnik będzie wolny. Jeżeli dwie stacje nadają w tym samym czasie, następuje kolizja i obie transmisje muszą zostać powtórzone. Zjawisko kolizji jest niekorzystne, ponieważ powoduje zmniejszenie wydajności sieci, ale jego występowanie w sieci jest naturalne i niewielka liczba kolizji nie powinna być powodem do niepokoju. Po wykryciu kolizji stacja nadaje jeszcze przez określony czas specjalny sygnał wymuszania kolizji, aby poinformować wszystkie inne urządzenia o jej wystąpieniu. Następnie przed ponowieniem próby transmisji odczeka losowo wybrany czas, co zabezpiecza sieć przed sytuacją, gdy stacje ponawiałyby swe próby w takich samych odcinkach czasu, powodując powstawanie kolejnych kolizji.

Dane przesyłane w sieci Ethernet podzielone są na fragmenty nazywane ramkami. Ramka Ethernet zbudowana jest z następujących elementów:

7	1	6	6	2	46-1500	4
Preambuła	SFD	MAC odbiorcy	MAC nadawcy	Typ ramki	Dane	CRC

- preambuła - 7 bajtów złożonych z naprzemiennych jedynek i zer pozwalających na szybką synchronizację odbiorników,
- SFD - (start frame delimiter) - znacznik początkowy ramki (1 bajt),
- adres MAC odbiorcy (6 bajtów),
- adres MAC nadawcy (6 bajtów),
- typ ramki (2 bajty) - jeżeli jego wartość jest mniejsza niż 1500, to oznacza długość ramki, jeżeli większa - typ pakietu,
- przesyłane dane (46 - 1500 bajtów) - jeżeli dane są mniejsze od 46 bajtów, to uzupełniane są zerami,
- suma kontrolna CRC (4 bajty) - pozwala na wykrycie błędów transmisji.

W sieci Ethernet każda stacja widzi wszystkie przepływające ramki danych i sprawdza, czy przepływająca ramka nie jest adresowana do niej. Sprawdzenie ramki polega na porównaniu adresu MAC karty sieciowej i adresu zapisanego w polu „adres MAC odbiorcy”. Jeżeli adresy są identyczne, ramka jest odbierana, w innym przypadku ramka jest odrzucana.

W sieciach Ethernet mogą być stosowane różne rodzaje nośników, charakteryzujących się różnymi prędkościami przesyłania danych. Ogólny schemat oznaczania prędkości przesyłania danych oraz rodzaju medium stosowanego w sieciach Ethernet składa się z następujących części:

- prędkość przesyłania danych wyrażona w Mb/s, np. 10, 100, 1000,
- rodzaj transmisji
  - Base - transmisja w paśmie podstawowym (baseband),
  - Broad - transmisja przy wykorzystaniu częstotliwości nośnej (broadband),
- rodzaj zastosowanego medium

- 2 - cienki kabel koncentryczny (Thin Ethernet),
- 5 - gruby kabel koncentryczny (Thick Ethernet)
- T - skrętka (Twisted Pair),
- F - światłowód (Fiber Optic),
- dodatkowe oznaczenie.

Najczęściej stosowane nośniki danych dla sieci Ethernet:

- 10Base2 - cienki kabel koncentryczny o prędkości przesyłania sygnału 10 Mb/s, transmisja pasmem podstawowym, 2 to maksymalna długość kabla w metrach, zaokrąglona do setek, a następnie podzielona przez 100,
- 10Base5 - gruby kabel koncentryczny o maksymalnej długości 500 metrów,
- 10BaseT długość kabla ograniczona do 100 metrów, litera T symbolizuje skrętka jako nośnik fizyczny.

Najczęściej stosowane nośniki danych dla sieci FastEthernet:

- 100BaseTX - nieekranowana skrętka (UTP) Kategorii 5,
- 100BaseFX - światłowód obsługujący transmisję danych z szybkością 100 Mb/s na odległość do 400 metrów.

Najczęściej stosowane nośniki danych dla sieci Gigabit Ethernet:

- 1000BASE-T - skrętka kategorii 5 lub wyższej przy użyciu czterech par przewodów,
- 1000BASE-SX - 1 Gb/s na światłowodzie wielomodowym (do 550 m),
- 1000BASE-LX - 1 Gb/s na światłowodzie jednomodowym. (do 10 km).

Technologia **Token Ring** została opracowana w latach siedemdziesiątych przez IBM. W sieci tej stacje sieciowe podłączone są bezpośrednio do urządzeń MAU (Multi Access Unit), które połączone są ze sobą, tak by tworzyły jeden duży pierścień. Token Ring stosuje metodę dostępu do nośnika nazywaną przekazywaniem żetonu (Token-Passing). W pierścieniu krąży ramka - **żeton** (token). Stacja sieciowa uzyskuje prawo do transmisji danych tylko wtedy, gdy posiada żeton. Jeżeli stacja sieciowa posiada żeton, ale nie jest gotowa do wysyłania danych, to przesyła żeton do następnej w kolejności stacji sieciowej. Stacja może przetrzymać żeton tylko przez określony czas, po którym musi przekazać go następnej w pierścieniu. Stacja posiadająca żeton przekształca go w ramkę, dodając dane przeznaczone do przesłania i wysyła ją do następnej stacji w pierścieniu. Ramka informacyjna, po osiągnięciu stacji docelowej, jest przez nią kopiowana w celu dalszego wykorzystania. Ramka kontynuuje wędrówkę w pierścieniu aż do momentu osiągnięcia ramki nadawczej, gdzie zostaje usunięta z pierścienia. Stacja nadawcza może sprawdzić, czy ramka dotarła do stacji docelowej i czy tam została skopiowana. Sieć Token Ring używa systemu priorytetu zezwalającego stacjom o wysokim priorytecie, np. serwerom, na częstsze korzystanie z sieci. Gdy ramka przemieszcza się w pierścieniu, w sieci nie ma żetonu, co oznacza, że inne stacje muszą czekać na zakończenie transmisji i wygenerowanie nowego żetonu. Ponieważ w pierścieniu może być tylko jeden żeton, w sieciach Token Ring nie występują kolizje.

Sieć **FDDI** (Fiber Distributed Data Interface) to cyfrowa sieć o topologii podwójnych przeciwbieżnych pierścieni oparta na nośniku światłowodowym. Podobnie jak w sieci Token Ring, wykorzystywany jest w niej mechanizm przekazywania żetonu. Informacje mogą być transmitowane w każdym pierścieniu, ale podczas normalnej pracy wykorzystywany jest tylko pierścień podstawowy (Primary Ring). Drugi pierścień dodatkowy (Secondary Ring) stanowi połączenie rezerwowe. Sieć FDDI charakteryzuje się dużą niezawodnością pracy. W razie awarii stacji lub uszkodzenia światłowodu pierścień jest automatycznie zamykany przy wykorzystaniu pierścienia dodatkowego, tak aby sygnał ze stacji poprzedniej przechodził bezpośrednio do stacji następnej.

Najpopularniejszym nośnikiem danych, stosowanym w budowie sieci komputerowych jest skrętka. Kabel taki składa się z czterech par przewodów skręconych ze sobą i oznakowanych za pomocą kolorów izolacji. Każdy kabel zakończony jest wtykiem typu RJ-45. Kolejność przewodów we wtyku jest określona za pomocą standardów TIA/EIA 568A i TIA/EIA 568B (tab. 8.1).

Tabela 8.1. Kolejność przewodów we wtyku RJ-45

Pin	Kolor według standardu	
	TIA/EIA 568A	TIA/EIA 568B
1	zielono-biały	pomarańczowo-biały
2	zielony	pomarańczowy
3	pomarańczowo-biały	zielono-biały
4	niebieski	niebieski
5	niebiesko-biały	niebiesko-biały
6	pomarańczowy	zielony
7	brązowo-biały	brązowo-biały
8	brązowy	brązowy

Do łączenia urządzeń stosowane są dwa rodzaje kabli:

- prosty (Pass-through) - wtyki na obu końcach wykonane są według jednego standardu. Kabel prosty stosowany jest do łączenia komputera z przełącznikiem lub koncentratorom oraz routera z przełącznikiem lub koncentratorom.
- skrosowany (Cross-over) - wtyk na jednym końcu wykonany jest według standardu 568A, a na drugim według standardu 568B. Kabel skrosowany stosowany jest do łączenia komputera z komputerem, przełącznika lub koncentratora z przełącznikiem lub koncentratorom, komputera z routerem.