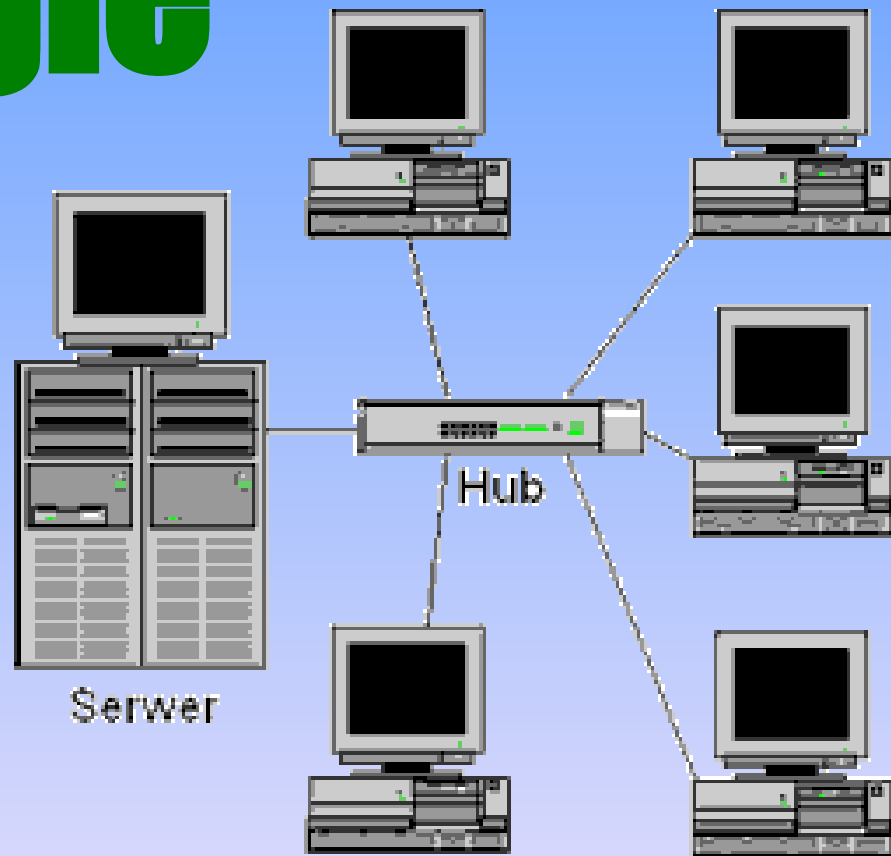


# Topologie sieci LAN



Ryszard Myhan

# Sieci lokalne

## (LAN – *Local Area Networks*)



Sieci te charakteryzują się następującymi cechami:

- Sieci działają na zamkniętym obszarze;
- Stacje wchodzące w skład sieci lokalnej korzystają z połączeń o szerokim paśmie przesyłowym, jak Ethernet albo Token Ring;
- Wszystkie elementy sieci są zarządzane wewnętrznie.

# Sieci lokalne

(LAN – *Local Area Networks*)



Patrząc przez pryzmat sieciowych systemów operacyjnych można wyróżnić trzy typy sieci

- sieci równorzędne - „każdy z każdym” (*peer to peer*);
- sieci oparte na serwerach;
- sieci mieszane.

# Sieci lokalne

## (sieci równorzędne)

---

- Sieci typu „każdy z każdym” funkcjonują bez wydzielonych serwerów.
- Każda ze stacji jest zarówno klientem, jak i serwerem sieci.
- Użytkownik każdego stanowiska samodzielnie określa, które informacje lub urządzenia zewnętrzne będzie udostępniał innym użytkownikom sieci.

# Sieci lokalne

## (sieci równorzędne)

---

Korzystanie z sieci równorzędnej daje następujące korzyści:

1. Sieci te są w miarę łatwe do wdrożenia i w obsłudze. Stworzenie takiej sieci wymaga jedynie dostarczenie i zainstalowanie koncentratora (lub koncentratorów) sieci LAN, komputerów, okablowania oraz systemu operacyjnego pozwalającego na korzystanie z tej metody dostępu do zasobów.

# Sieci lokalne

## (sieci równorzędne)

---

2. Sieci te są tanie w eksploatacji. Nie wymagają one drogich i skomplikowanych serwerów dedykowanych.
3. Mogą być ustanawiane przy wykorzystaniu prostych systemów operacyjnych.
4. Brak hierarchicznej zależności sprawia, że sieci te są dużo bardziej odporne na błędy niżeli sieci oparte na serwerach.

# Sieci lokalne

## (sieci równorzędne)

---

Korzystanie z sieci równorzędnej niesie też za sobą ograniczenia, takie jak:

1. Użytkownicy tej sieci muszą pamiętać wiele haseł, zwykle po jednym dla każdego komputera wchodzącego w sieć.
2. Brak centralnego składu udostępniania zasobów zmusza użytkownika do samodzielnego wyszukiwania informacji.
3. Nieskoordynowane i niekonsekwentne tworzenie kopii zapasowych danych oraz oprogramowania.

# Sieci lokalne

## (sieci równorzędne)

---

4. Zdecentralizowana odpowiedzialność za trzymanie się ustalonych konwencji nazywania i składowania plików.
5. Mniejsza jest również wydajność tego typu sieci, czego przyczyną jest wielodostępność każdego z komputerów tworzących sieć równorzędną.
6. W przypadku, gdy użytkownik wyłączy swój komputer, jego zasoby są niedostępne dla reszty komputerów znajdujących się w sieci.



# Sieci lokalne

## (sieci oparte na serwerach)

---

- Sieci oparte na serwerach wprowadzają hierarchię, która ma na celu zwiększenie sterowalności różnych funkcji obsługiwanych przez sieć w miarę, jak zwiększa się jej skala.
- W sieciach klient-serwer zasoby często udostępniane gromadzone są w komputerach odrębnej warstwy zwanych serwerami. Serwery zwykle nie mają użytkowników bezpośrednich. Są one komputerami wielodostępnymi, które regulują udostępnianie swoich zasobów szerokiej rzeszy klientów.

# Sieci lokalne

## (sieci oparte na serwerach)

---

- W sieciach tego typu z klientów zdjęty jest ciężar funkcjonowania jako serwery wobec innych klientów.
- Sieci oparte na serwerach są bezpieczniejsze niż sieci równorzędne:
  - bezpieczeństwem zarządza się centralnie,
  - zadania administracyjne, takie jak tworzenie kopii zapasowych, mogą być wykonywane stale i w wiarygodny sposób.

# Sieci lokalne

## (sieci oparte na serwerach)

---

- Sieci oparte na serwerach charakteryzują się większą wydajnością wchodzących w jej skład komputerów, ze względu na kilka czynników:
  - z każdego klienta zdjęty jest ciężar przetwarzania żądań innych klientów,
  - przetwarzanie to jest wykonywane przez serwer, który jest skonfigurowany specjalnie do wykonywania tej usługi,

# Sieci lokalne

## (sieci oparte na serwerach)

---

- Jednak i ta sieć ma swoje ograniczenie, którym jest ponoszenie dużych kosztów związanych z zainstalowaniem i obsługą tego rodzaju sieci:
  - większy koszt sprzętu i oprogramowania;
  - koszty obsługi wynikające z potrzeby zatrudnienia wyszkolonego pracownika specjalnie do administrowania i obsługi sieci;
  - większy koszt ewentualnego czasu przestoju.

# Sieci lokalne

(sieci oparte na serwerach)

---

**Serwery mogą pełnić kilka różnych ról:**



**Serwery plików i drukarek** – zapewniają bezpieczne składowanie wszystkich danych, mogą również obsługiwać kolejki drukowania zapewniające dostęp do sieciowych urządzeń drukujących.



**Serwery aplikacji** – na kliencie uruchamiana jest jedynie okrojona wersja programu, która zapewnia możliwość łączenia z serwerem. Przykładami serwerów aplikacji mogą być serwery WWW i serwery baz danych.

# Sieci lokalne

(sieci oparte na serwerach)

---



**Serwery pocztowe** – zapewniające klientom sieci możliwość korzystania z poczty elektronicznej. Wykorzystywanie bram pozwala przekazywać pocztę pomiędzy różnorodnymi systemami pocztowymi.



**Serwery faksów** – pozwalające użytkownikowi sieci korzystać z usług związanych z odbieraniem i wysyłaniem faksów.

# Sieci lokalne

(sieci oparte na serwerach)

---



**Serwery bezpieczeństwa** – zabezpieczające sieć lokalną, gdy jest ona połączona z innymi sieciami, jak np. Internet. Do grupy tej należą firewalle i serwery proxy.



**Serwery komunikacyjne** – których zadaniem jest umożliwienie przepływu danych między siecią lokalną a odległymi klientami

# Sieci lokalne

## (sieci mieszane)

---

- Sieci mieszane - połączenie sieci równorzędnych i serwerowych.



# Sieci lokalne – topologia sieci

---

- Topologie sieci LAN mogą być opisane zarówno na płaszczyźnie fizycznej, jak i logicznej.
  - Topologia fizyczna określa geometryczną organizację sieci lokalnych.
  - Topologia logiczna opisuje wszelkie możliwe połączenia między parami mogących się komunikować punktów końcowych sieci.

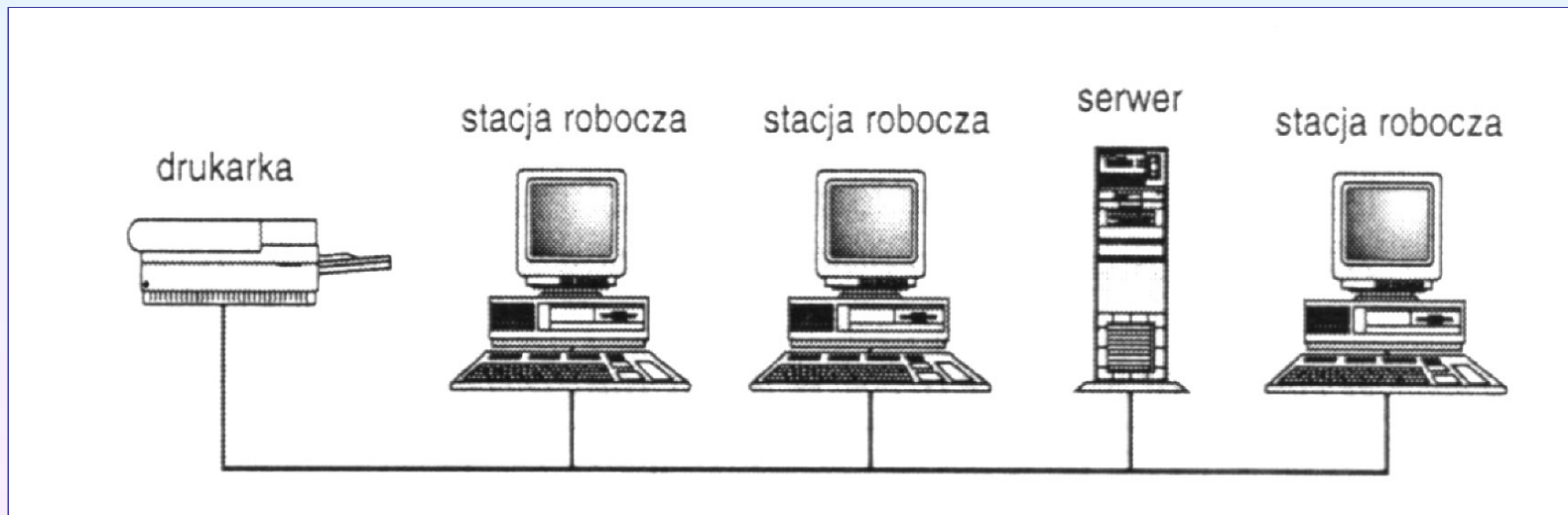
# Sieci lokalne – topologia sieci

---

- Rodzaj topologii fizycznej wynika z rodzaju zastosowania technologii sieci LAN.
- Wyróżniamy topologie:
  - magistrali (*bus*);
  - gwiazdy (*star*);
  - pierścienia (*ring*);
  - topologie złożone.

# Topologie sieci LAN - magistrala

- **Magistrala** (bus) jest najprostszą techniką łączenia komputerów w sieć.
- Sieć tego rodzaju składa się z pojedynczego przewodu, który łączy razem wszystkie komputery, serwery i inne urządzenia sieciowe.



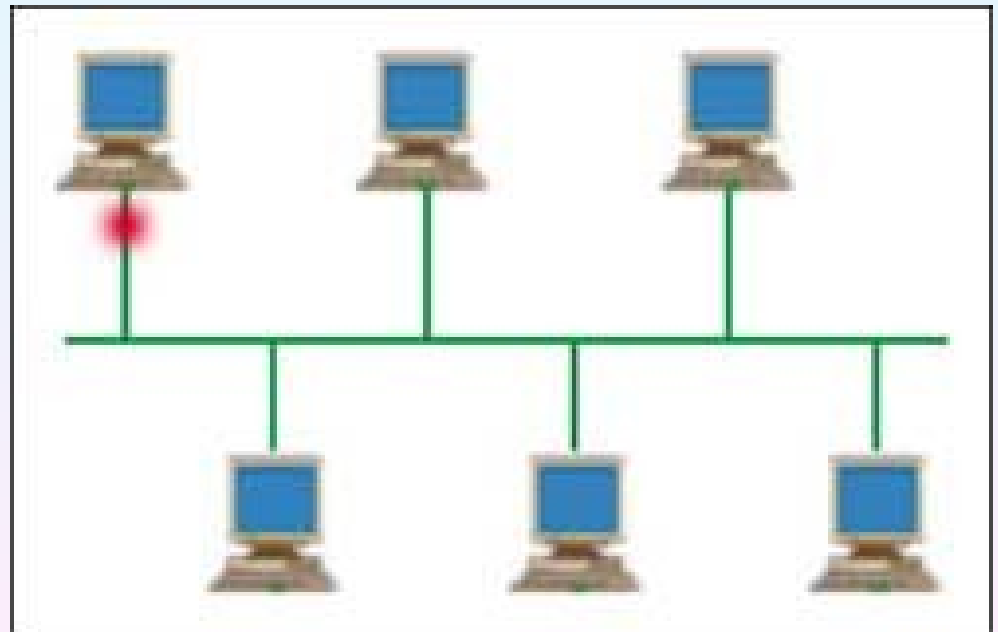
# Topologie sieci LAN - magistrala

---

- Jest to konfiguracja, w której do pojedynczego kabla głównego, stanowiącego wspólne medium transmisyjne, podłączone są wszystkie komputery.
- Dopuszczalna długość kabla oraz liczba stacji są ograniczone w zależności od typu kabla.
- Nadawane sygnały docierają do wszystkich stacji poruszając się we wszystkich możliwych kierunkach.

# Topologie sieci LAN - magistrala

- W danej chwili tylko jeden komputer może wysyłać dane w trybie rozgłaszania.
- Gdy sygnał dociera do końca kabla zostaje wygaszony przez znajdujący się tam terminator, dzięki czemu nie występują odbicia.
- Dane poruszają się nie przechodząc przez komputery sieci.



# Topologie sieci LAN - magistrala

---

- **Zalety:**
  - niewielka długość użytego kabla i prostota układu przewodów;
  - wyłączenie lub awaria jednego komputera nie powoduje zakłóceń w pracy sieci.

# Topologie sieci LAN - magistrala

---

- **Wady:**
  - konkurencja o dostęp - wszystkie komputery muszą dzielić się kablem;
  - utrudniona diagnostyka błędów z powodu braku centralnego systemu zarządzającego siecią;
  - sieć może przestać działać po uszkodzeniu kabla głównego w dowolnym punkcie.

# Topologie sieci LAN - magistrala

---

## ■ **Komunikacja w sieci:**

- W sieci o takiej topologii stacje komunikują się między sobą przekazując na magistralę dane

### **Karty sieciowe i adresy MAC**

- Każda karta sieciowa ma przypisany niepowtarzalny adres MAC (zazwyczaj oznaczenie złożone z 12 cyfr szesnastkowych).
- Każdemu producentowi przypisany jest początek takiego adresu, przeznaczony dla jego kart sieciowych.
- Do jego obowiązków należy dbanie o to, aby żaden z adresów MAC nie został powtórzony



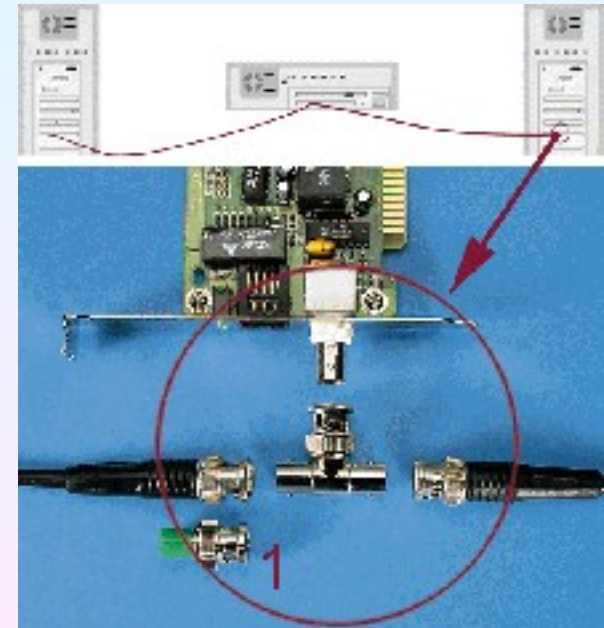
# Topologie sieci LAN - magistrala

---

- **Komunikacja w sieci:**
  - Dane wysłane zostają do wszystkich przyłączonych do sieci komputerów, a każdy z nich sprawdza czy adres sieciowy pokrywa się z jego numerem MAC,
    - jeżeli tak to komputer odczytuje przekazywane informacje,
    - w przeciwnym razie przesyłka zostaje pominięta.

# Topologie sieci LAN - magistrala

- **Wyposażenie sprzętowe sieci magistralowej :**
  - **Złącza BNC** (*British Naval Connector*) – pozwalają łączyć kolejne fragmenty koncentrycznego przewodu „cienkiego” ethernetu.
  - Jednocześnie każda ze stacji posiada złącze typu „T” łączące jej kartę sieciową z magistralą.



# Topologie sieci LAN - magistrala

---

- **Wyposażenie sprzętowe sieci magistralowej :**
  - **Terminatory** – umieszczone na każdym ze swobodnych końców przewodu koncentrycznego, absorbujące swobodne sygnały i zapobiegające ich odbijaniu się wewnątrz segmentu sieci.
  - **Złącza AUI** – używane z grubszym typem okablowania ethernetowego.
  - **Transceivery** – interfejsy wyposażone z jednej strony w złącze BNC, z drugiej zaś w AUI.

# Topologie sieci LAN - magistrala

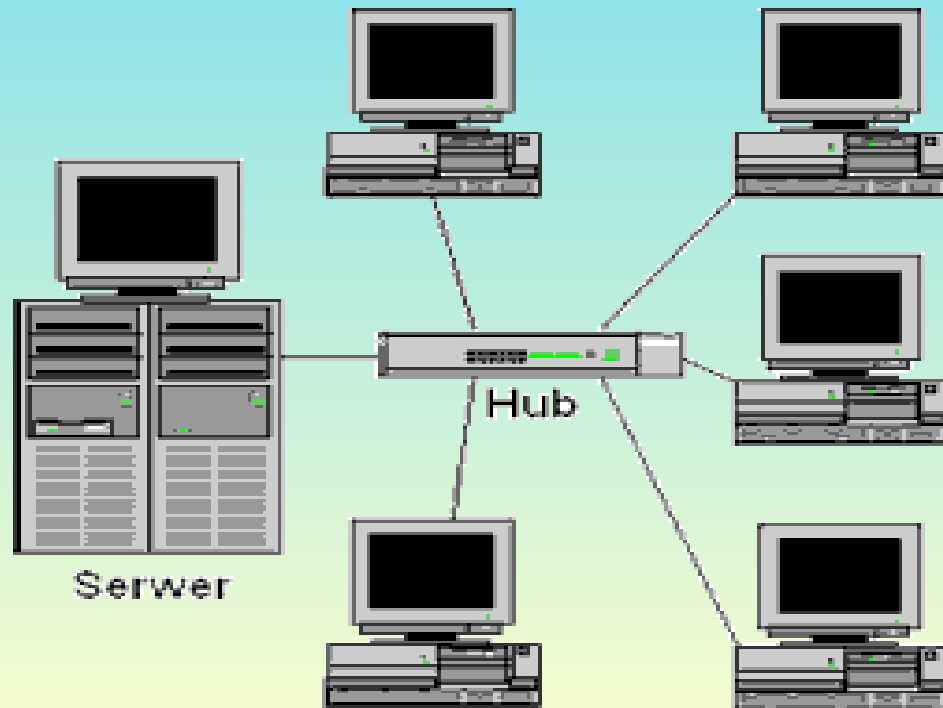
---

## Standardy okablowania sieci magistralowej :

- **10Base2** – „cienki” ethernet pozwalający łączyć koncentrycznym przewodem segmenty sieci o maksymalnej długości do 185 metrów.
- **10Base5** – „gruby” ethernet pozwalający łączyć koncentrycznym przewodem segmenty sieci o maksymalnej długości do 500 metrów.
- **10Base-T** – skrętka wykorzystywana przy topologii gwiazdy.

# Topologie sieci LAN - gwiazda

- Połączenie sieci LAN o topologii gwiazdy z przyłączonymi do niej urządzeniami rozchodzą się z jednego, wspólnego punktu, którym jest koncentrator.



# Topologie sieci LAN - gwiazda

---

- Każde urządzenie przyłączone do sieci w topologii gwiazdy może uzyskiwać bezpośredni i niezależny od innych urządzeń dostęp do nośnika.
- W tym celu urządzenia te muszą współdzielić dostępne szerokości pasma koncentratora.
- Są one elastyczne, skalowalne i stosunkowo tanie w porównaniu z bardziej komplikowanymi sieciami LAN o ściśle regulowanych metodach dostępu.

# Topologie sieci LAN - gwiazda

---

## ■ Zalety:

- Są elastyczne, skalowalne i stosunkowo tanie w porównaniu z bardziej komplikowanymi sieciami LAN o ściśle regulowanych metodach dostępu.
- Łatwość konserwacji, wykrywania uszkodzeń, monitorowania i zarządzania siecią.
- Awaria jednej stacji nie wpływa na pracę reszty sieci.

# Topologie sieci LAN - gwiazda

---

## ■ Zalety:

- Możliwość łączenia koncentratorów w wieże, co pozwala zwiększyć liczbę gniazd służących do podłączenia kolejnych stacji.
- Możliwość stosowania różnorodnych typów okablowania.
- Zastosowanie koncentratorów aktywnych pozwala na centralne monitorowanie funkcjonowania i ruchu w sieci za pomocą protokołów zarządzania siecią.



# Topologie sieci LAN - gwiazda

---

## ■ Wady:

- Wszystkie maszyny wymagają podłączenia wprost do głównego komputera.
- Zależność działania sieci od sprawności komputera centralnego, huba - przestaje działać cała sieć.
- Łatwo dołączyć stację roboczą, ale jego koszt jest stosunkowo duży (potrzeba duże ilości kabla w celu podłączenia każdej nowej stacji).

# Topologie sieci LAN - gwiazda

---

## Standardy okablowania:

- Standardem połączeń w sieciach tego typu jest 10Base-T, który przenosi ethernetowe sygnały elektryczne po niedrogiej „skrętce, czyli skręconej ze sobą parze cienkich przewodów (*UPT – unshielded twisted pair*).
- Wyróżnia się sześć kategorii takich przewodów:
  - **Kategoria 1.** - wykorzystywana w tradycyjnym przewodzie telefonicznym UPT (może przenosić wyłącznie głos).

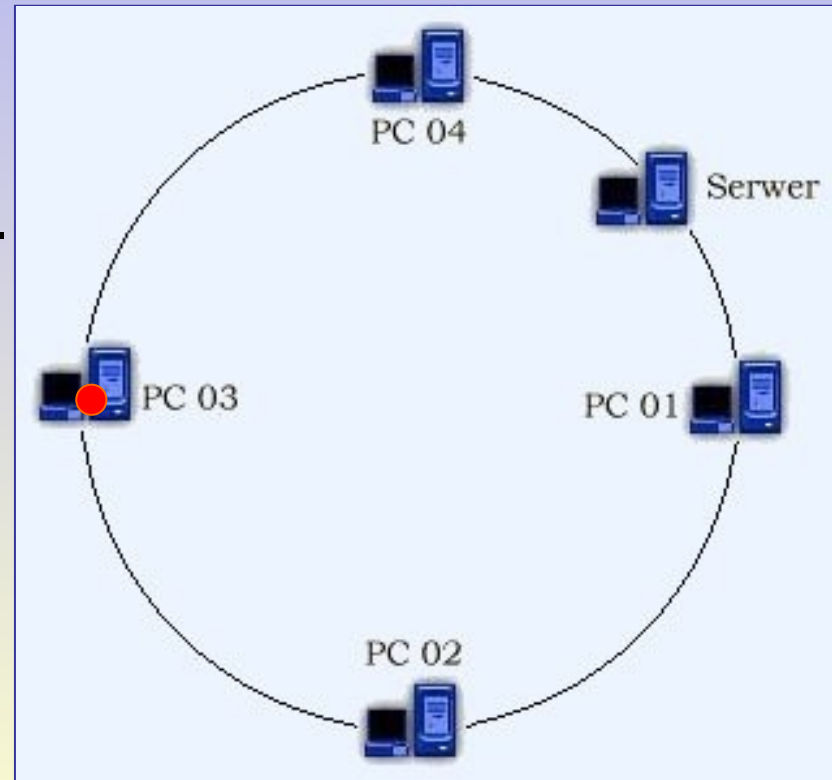
# Topologie sieci LAN - gwiazda

---

- **Kategoria 2.** - zatwierdzona do transmisji danych z szybkością do 4 Mbps (wczesne sieci Token Ring).
- **Kategoria 3.** - zatwierdzona do transmisji danych z szybkością do 10 Mbps (Ethernet).
- **Kategoria 4.** - zatwierdzona do transmisji danych z szybkością do 16 Mbps (Token Ring).
- **Kategoria 5.** - zatwierdzona do transmisji danych z szybkością do 100 Mbps (Ethernet).

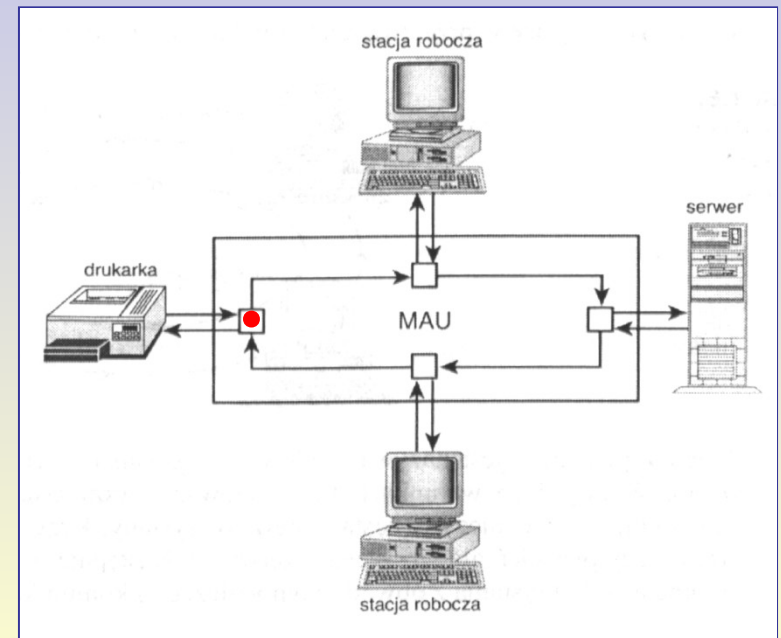
# Topologie sieci LAN - pierścień

- W sieci o topologii pierścienia (*ring*) wszystkie komputery są połączone logicznie w okrąg.
- Dane wędrują po tym okręgu i przechodzą przez każdą z maszyn.



# Topologie sieci LAN - pierścień

- W układzie fizycznym sieć pierścieniowa wygląda podobnie jak sieć o topologii gwiazdy.
- Różnicę stanowi tzw. **wielostanowiskowa jednostka połączeniowa (MAU – Multi-Station Access Unit)**.
- Wewnątrz **MAU** dane są przekazywane okrężnie od jednej stacji do drugiej.



# Topologie sieci LAN - pierścień

---

- Każda stacja jest wyposażona w tzw. **retransmitter**, którego elementarną funkcją jest regenerowanie sygnału nadchodzącego od stacji poprzedniej w celu przekazania go stacji następnej.
- Retransmitter może:
  - modyfikować niektóre pozycje odebranego ciągu bitów,
  - wstrzymywać proces regeneracji,
  - udostępniać odebrane dane własnej stacji,
  - nadawać do następnika ciąg bitów przygotowanych przez własną stację.

# Topologie sieci LAN - pierścień

---

- Ze względu na możliwość wystąpienia kolizji, potrzebny jest pewien algorytm ustalający zasady wprowadzania danych do pierścienia.
  - Informacja wprowadzona do sieci musi być usunięta przez jeden z węzłów - inaczej niepotrzebnie krążyłaby w sieci.
  - Sygnał przechodzi przez poszczególne węzły i jest w nich wzmacniany.
  - Czas propagacji sygnału jest tutaj zależny od liczby węzłów.
  - Dane poruszają się w jednym kierunku.

# Topologie sieci LAN - pierścień

---

## ■ Zalety:

- mniejsza długość kabla niż w topologii gwiazdzistej.

## ■ Wady:

- Awaria jednej stacji lub łącza może spowodować awarię całej sieci.
- Trudniejsza jest diagnostyka.
- Modyfikacja (dołączenie stacji) wymaga wyłączenia całej sieci.



# Topologie sieci LAN – topologie złożone

---

## Podwójny pierścień

- W topologii podwójnego pierścienia (*dual-ring*) tworzone są sieci **FDDI** (*Fiber Distributed Data Interface* – złącze danych światłowodowych).
- Sieć FDDI może być wykorzystywana do przyłączania sieci lokalnych (LAN) do sieci miejskich (MAN).
- Pozwala tworzyć pierścienie o całkowitej długości 115 km i przepustowości 100 Mbps.

# Topologie sieci LAN – topologie złożone

---

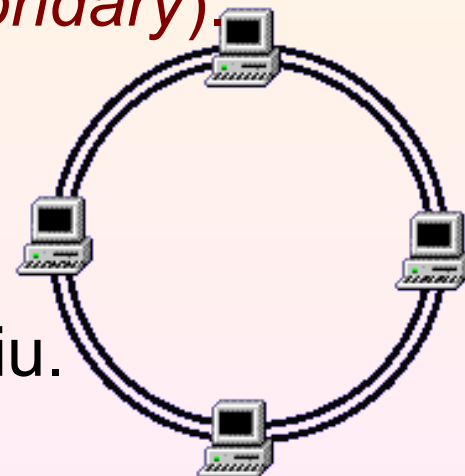
## Podwójny pierścień

- Różnice między topologią pierścieniową i FDDI wiążą się głównie z realizacją procedury przekazywania znacznika.
- Komputer w sieci FDDI może przed przekazaniem znacznika dalej wysyłać tak wiele ramek, ile potrafi przygotować w określonym interwale czasowym, a po sieci może w tym samym czasie krążyć więcej niż jedna ramka.

# Topologie sieci LAN – topologie złożone

## Podwójny pierścień.

- Na ruch danych w sieciach tego typu składają się dwa podobne strumienie krążące w przeciwnych kierunkach.
- Jeden z pierścieni jest nazywany głównym (*primary*), drugi – pomocniczym (*secondary*).
- W zwykłych warunkach dane krążą wyłącznie po pierścieniu głównym, pomocniczy zostaje użyty tylko wtedy gdy główny ulegnie uszkodzeniu.



# Topologie sieci LAN – topologie złożone

---

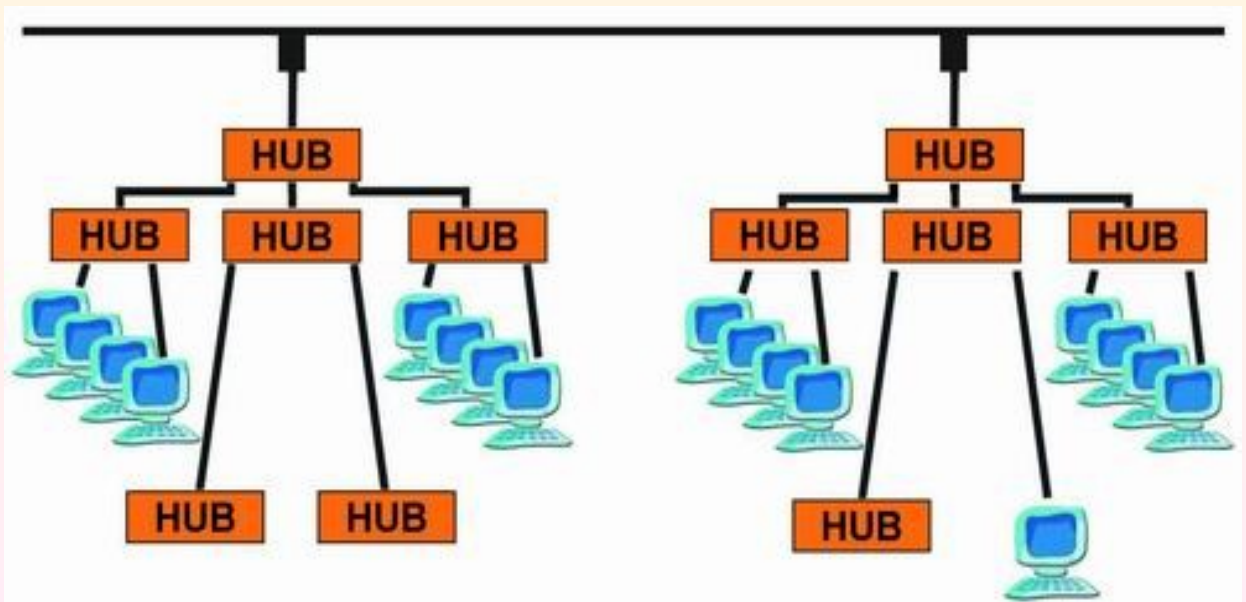
## Topologia drzewa

- Topologia drzewa (zwana również topologią rozproszonej gwiazdy) jest utworzona z wielu magistrali liniowych połączony łańcuchowo.
- Na początku jedną magistralę liniową dołącza się do huba, dzieląc ją na dwie lub więcej magistral.
- Proces dzielenia można kontynuować, tworząc dodatkowe magistrale liniowe wychodzące z magistral odchodzących od pierwszej magistrali, co nadaje topologii cechy topologii gwiazdy.

# Topologie sieci LAN – topologie złożone

## Topologia drzewa

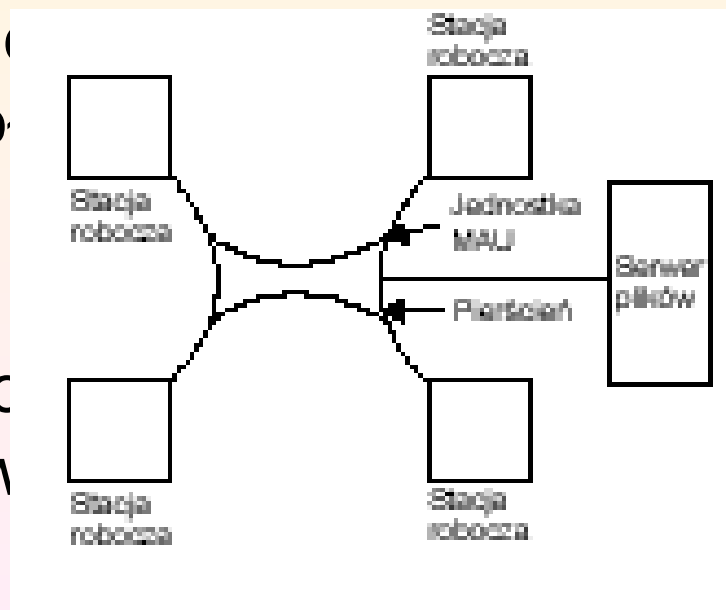
- **Zaletami** topologii drzewa są łatwość rozbudowy oraz ułatwienie lokalizacji uszkodzeń.
- **Wadą** jest zależność pracy sieci od głównej magistrali.



# Topologie sieci LAN – topologie złożone

## Topologia pierścień-gwiazda

- Topologia pierścień - gwiazda łączy zalety konfiguracji gwiazdy i pierścienia.
- Centralnym punktem jest pierścień który może się znajdować w jednym hubie rozproszonych hubach połączonych za pomocą łącz *ring-in* oraz *ring-out* połączenie fizyczne.
- Poszczególne węzły połączają się za pomocą dwóch



# Topologie sieci LAN – porównanie

Topologia	Zalety	Wady
<i>Topologia gwiazdy</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• łatwy do modyfikacji układ kabli,</li><li>• łatwość dodawania nowych stacji roboczych,</li><li>• łatwa kontrola i likwidacja problemów.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• awaria węzła powoduje awarię całej sieci,</li><li>• trudniejsza diagnostyka uszkodzeń</li></ul>

# Topologie sieci LAN – porównanie

Topologia	Zalety	Wady
<i>Topologia magistrali</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• wymaga najmniejszej ilości kabli,</li><li>• prosty układ okablowania,</li><li>• niezawodna,</li><li>• rozszerzenie sieci jest b. trudne.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• trudna diagnostyka i lokalizacja błędów,</li><li>• przy dużym ruchu w sieci możliwe opóźnienia</li></ul>



# Topologie sieci LAN – porównanie

Topologia	Zalety	Wady
<i>Topologia pierścienia</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• mniejsza całkowita długość kabla,</li><li>• krótsze kable oznaczają mniejszy koszt okablowania.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• awaria węzła powoduje awarię całej sieci,</li><li>• trudniejsza diagnostyka uszkodzeń</li></ul>

# Standardy sieciowe – Ethernet

---

- Ethernet jest dobrze znaną i szeroko używaną techniką sieciową o topologii szynowej.
- Został on opracowany przez Xerox Corporation's Palo Alto Research Center we wczesnych latach siedemdziesiątych.
- Była to sieć półdupleksowa, w której urządzenia łączone były za pomocą grubego kabla koncentrycznego, a prędkość przesyłania sygnału wynosiła 10 Mbps.

# Standardy sieciowe – Ethernet

---

- Obecnie ten typ sieci znany jest jako **PARC Ethernet** lub **Ethernet I**.
- Oryginalny Ethernet używał bardzo prymitywnej metody znanej jako wielodostęp do łącza sieci z badaniem stanu kanału lub metody **CSMA**.
- Jej istota polegała na tym, że stacja, która chciała przesyłać dane, musiała najpierw upewnić się, że jest to możliwe "nasłuchując", czy linie przesyłowe (kanały) są wolne.

# Standardy sieciowe – Ethernet

---

- Usprawnienie polegało na dodaniu możliwości wykrywania kolizji.
- Nowa metodologia dostępu do nośnika, zastosowana w **Ethernecie II**, nazwana została **wielodostępem do łącza sieci z badaniem stanu kanału i wykrywaniem kolizji CSMA/CD** (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect*).

# Standardy sieciowe – Ethernet

---

Oznacza to, że:

1. W danym momencie tylko jedna stacja może przesyłać dane.
2. Jeżeli inna stacja przygotowuje się do transmisji i wykrywa, że magistrala jest zajęta to oczekuje aż do jej zwolnienia.
3. Gdy dwie stacje rozpoczynają wysyłanie w tym samym momencie (kolizja) - jedna z nich wysyła wtedy sygnał zagłuszający, którego zadaniem jest podtrzymanie kolizji przez czas potrzebny do rozpoznania jej przez pozostałe stacje.

# Standardy sieciowe – Ethernet

---

4. Stacje wysyłające dane wstrzymują ponowienie transmisji o losowo określany interwał czasowy.

- Sieci Ethernet mogą pracować w paśmie podstawowym lub mogą być szerokopasmowe, pełnodupleksowe lub półdupleksowe.
- Mogą wykorzystywać jeden z pięciu różnych nośników i pracować z prędkościami z zakresu od 10 Mbps do 1Gbps.

# Standardy sieciowe – Ethernet

---

- Na sprzęt, który może być używany do obsługi sieci Ethernet, składają się:
  - karty sieciowe,
  - koncentratory wzmacniające,
  - koncentratory nie wzmacniające,
  - mosty,
  - routery.

# Standardy sieciowe – Fast Ethernet

---

- Zwiększenie prędkości sieci Ethernet z 10 Mbps do 100 Mbps wymagało opracowania całkowicie nowej warstwy fizycznej i wprowadzenia niewielkich zmian w warstwie łącza danych, która musiała zostać dopasowana do nowej warstwy fizycznej.
- Opracowano w związku z tym nowy standard Fast Ethernet. **Fast Ethernet** jest rozszerzeniem specyfikacji **IEEE 802.3** do 100 Mbps.
- Właściwie jest on bardzo podobny do Ethernet 10BaseT, ale działa o wiele szybciej.



# Standardy sieciowe – Fast Ethernet

---

- Fast Ethernet szybko zadomowił się w środowisku sieci lokalnych.
- Wielu producentów wspomogło ten proces, oferując karty sieciowe obsługujące dwie szybkości transmisji 10 i 100 Mbps.
- Takie karty są w stanie albo automatycznie wybierać optymalną prędkość, uwzględniając typ okablowania i odległość od koncentratora, lub też prędkość może być wybierana ręcznie.

# Standardy sieciowe – Fast Ethernet

---

- Rozszerzenie standardu 802.3 (do 100 Mbps) obejmuje trzy interfejsy międzynaśnikowe (MDI):
  - 100BaseTX - określa oryginalną specyfikację 100BaseX dla kategorii 5 nieekranowanej skrętki dwużyłowej (UTP) i dla ekranowanej skrętki dwużyłowej (STP) typu 1.
  - 100BaseFX - określa Ethernet 100 Mbps z okablowaniem światłowodowym.
  - 100BaseT4 - opisuje Ethernet 100 Mbps z okablowaniem UTP kategorii 3,4 i 5.

# Standardy sieciowe – Token Ring

---

- **Token Ring** jest kolejną architekturą sieci LAN znormalizowaną przez IEEE (*Institute of Electrical and Eletronic Engineers*) .
- Ma ona wiele cech wspólnych z Ethernetem i innymi architekturami sieci LAN należącymi do standardów sieciowych IEEE 802.
- Początkowo Token Ring był technologią dostosowaną do pasma 4 Mbps, później przepustowość podniesiono do 16 Mbps. Dziś istnieją rozwiązania zwiększające prędkość sygnału w sieci Token Ring do 100 lub nawet 128 Mbps.

# Standardy sieciowe – Token Ring

---

- W odróżnieniu od Ethernetu, z jego chaotyczną i nieregulowaną metodą wielodostępu, Token Ring pozwala w danym czasie nadawać tylko jednemu urządzeniu.
- Dane są przesyłane przy użyciu techniki nazywanej *token passing* – przekazywania znacznika (żetonu).
  1. Kiedy stacja zaczyna przesyłać dane, dołącza je do znacznika konfiguruje przy użyciu adresu fizycznego (MAC).

# Standardy sieciowe – Token Ring

---

2. Dane przechodzą przez kolejne komputery aż do osiągnięcia stacji docelowej.
  3. Stacja docelowa modyfikuje znacznik, sygnalizując odebranie danych.
  4. Kiedy nadawca przesyłki otrzyma potwierdzenie odbioru ramka zostaje usunięta z sieci, znacznik jest zwalniany i inne stacje mogą rozpocząć transmisję.
- Nie występują więc w tym rozwiązaniu kolizje.

# Standardy sieciowe – Token Ring

---

- Współdzielona sieć Token Ring posiada wiele zalet w porównaniu z innymi architekturami LAN.
- Sieć ta wyróżnia się również monitorowaniem działania sieci.
  - Są to min. agenci zarządzania stacją (SMT), zajmujący się zbieraniem danych i raportowaniem.
  - Istnieją również mechanizmy automatycznego wykrywania awarii sprzętu i informowania o nich innych stacji w pierścieniu.

# Standardy sieciowe – Token Ring

---

- Podstawowa ramka tokenu jest przekształcana w nagłówki rozmaitych, specjalizowanych ramek.
- Token Ring obsługuje następujące rodzaje ramek:
  - Ramkę Token
  - Ramkę danych
  - Ramkę danych LLC
  - Ramki zarządzania MAC
  - Ramkę przerwania



# Standardy sieciowe – FDDI

---

- Standard ten został znormalizowany w połowie lat 80-tych, jako specyfikacja ANSI X3T9.5.
- Sieć FDDI (*Fiber Distributed Data Interface – złącze danych światłowodowych*) cechuje się szybkością transmisji danych 100 Mbps i dwoma przeciwbieżnymi pierścieniami.
- Pierścienie te mogą mieć rozpiętość do 200 kilometrów i wykorzystują kable światłowodowe.
- Dostęp do nośnika jest regulowany przez przekazywanie tokenu, podobni jak w Token Ring.



# Standardy sieciowe – FDDI

---

- Różnice między topologią pierścieniową i FDDI wiążą się głównie z realizacją procedury przekazywania znacznika.
- Komputer w sieci FDDI może przed przekazaniem znacznika dalej **wysyłać tak wiele ramek**, ile potrafi przygotować w określonym interwale czasowym, a po sieci może w **tym samym czasie krążyć więcej niż jedna ramka**.
- Token może poruszać się tylko w jednym kierunku.

# Standardy sieciowe – FDDI

---

- W przypadku awarii sieci, wzmacniaki i/lub stacje są w stanie wykryć uszkodzenie, określić obszar sieci, z którym utracono łączność, i automatycznie (ale tylko logicznie, nie fizycznie) połączyć obydwie pierścienie.
- Zdolność autonaprawy i duża szybkość transmisji danych czynią FDDI jedyną technologią LAN odpowiednią dla aplikacji wymagających dużej przepustowości i/lub wysokiej niezawodności.

# Standardy sieciowe – FDDI

---

- FDDI obejmuje cztery składniki funkcjonalne.
- Każdy z nich jest określany przez własną serię specyfikacji. Składnikami tymi są:
  - Sterownie dostępem do nośnika (MAC)
  - Protokół warstwy fizycznej (PHY)
  - Nośnik warstwy fizycznej (PMD)
  - Zarządzanie stacją (SMT)

# Standardy sieciowe – ATM

---

- ATM odwraca tradycyjny paradygmat sieci.
- W sieciach tradycyjnych, bezpołączeniowe pakiety wysyłane ze stacji niosą ze sobą dodatkową informację, która pozwalała tylko zidentyfikować ich nadawcę i miejsca przeznaczenia.
- Sama sieć została obarczona uciążliwym zadaniem rozwiązania problemu dostarczenia pakietu do odbiorcy.
- ATM jest tego przeciwieństwem.

# Standardy sieciowe – ATM

---

- Ciężar spoczywa na stacjach końcowych, które ustanawiają między sobą wirtualną ścieżkę.
- Przełączniki znajdujące się na tej ścieżce przekazują komórki wirtualnym kanałem poprzez przełączaną sieć, wykorzystując do tego informacje zawarte w nagłówkach tych komórek.
- W sieci ATM można ustanawiać dwa rodzaje połączeń wirtualnych:
  - Obwód wirtualny
  - Ścieżkę wirtualną

# Sieci lokalne – rodzaje nośników

---

- W sieciach typu Ethernet można stosować różnorodne rodzaje mediów transmisyjnych.
- Ich wybór opiera się o kilka cech, które należy rozważyć projektując sieć:
  - wymagania szerokości pasma aplikacji i użytkownika,
  - perspektywy rozwoju sieci,
  - odległości między systemami komputerów,
  - środowisko geograficzne (kabel, transmisja radiowa lub satelitarna),

# Sieci lokalne – rodzaje nośników

---

- wymagana tolerancja błędów – zdolność sieci do funkcjonowania pomimo poważnej awarii, najczęściej jest funkcją topologii sieci,
- środowisko – rodzaj i moc zakłóceń generowanych przez otoczenie,
- cena.

# Sieci lokalne – rodzaje nośników

Standard	Norma – rok ogłoszenia	Szybkość	Topologia	Rodzaj medium transmisyjnego	Maks. długość segmentu w m.	
					Half-Duplex	Full-Duplex
10Base5	DIX-1980, 802.3-1983	10Mb/s	Magistrala	pojedynczy 50W przewód koncentryczny (gruby Ethernet) o średnicy 10mm	500	n/a
10Base2	802.3a-1985	10Mb/s	Magistrala	pojedynczy 50W przewód koncentryczny (cienki Ethernet RG58) o średnicy 5mm	185	n/a
10Broad36	802.3b-1985	10Mb/s	Magistrala	pojedynczy 75 przewód szerokopasmowy	1800	n/a
FOIRL	802.3d-1987	10Mb/s	Gwiazda	dwa włókna optyczne	1000	>1000
1Base5	802.3e-1987	1Mb/s	Gwiazda	dwie skręcone pary przewodów telefonicznych	250	n/a
10Base-T	802.3i-1990	10Mb/s	Gwiazda	dwie pary kategorii Cat-3 UTP	100	100
10Base-FL	802.3j-1993	10Mb/s	Gwiazda	dwa włókna optyczne	2000	>2000
10Base-FB	802.3j-1993	10Mb/s	Gwiazda	dwa włókna optyczne	2000	n/a
10Base-FP	802.3j-1993	10Mb/s	Gwiazda	dwa włókna optyczne	1000	n/a
100Base-TX	802.3u-1995	100Mb/s	Gwiazda	dwie pary kategorii Cat-5 UTP	100	100
100Base-FX	802.3u-1995	100Mb/s	Gwiazda	dwa włókna optyczne	412	2000



# Sieci lokalne – rodzaje nośników

Standard	Norma – rok ogłoszenia	Szybkość	Topologia	Rodzaj medium transmisyjnego	Maks. długość segmentu w m.	
					Half-Duplex	Full-Duplex
100Base-T4	802.3u-1995	100Mb/s	Gwiazda	cztery pary kategorii Cat-3 UTP	100	n/a
100Base-T2	802.3y-1997	100Mb/s	Gwiazda	cztery pary kategorii Cat-3 UTP	100	100
1000Base-LX	802.3z-1998	1Gb/s	Gwiazda	laser długofalowy (1300nm) przez:		
				- 62.5um wielomodowe włókno	316	550
				- 50um wielomodowe włókno	316	550
				- 10um jednomodowe włókno	316	5000
1000Base-SX	802.3z-1998	1Gb/s	Gwiazda	laser krótkofalowy (850nm) przez:		
				- 62.5um wielomodowe włókno	275	275
				- 50um wielomodowe włókno	316	550
1000Base-CX	802.3z-1998	1Gb/s	Gwiazda	ekranowany kabel miedziany	25	25
1000Base-T	802.3ab-1999	1Gb/s	Gwiazda	cztery pary kategorii Cat-5 UTP	100	100

# Sieci lokalne – rodzaje nośników

---

## Kabel koncentryczny

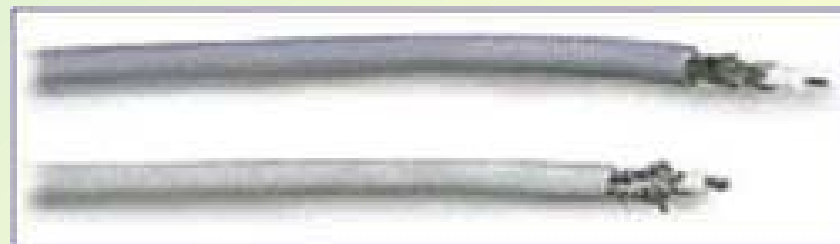
- Kabel koncentryczny (**BNC**), często nazywany "koncentrykiem", składa się z dwóch koncentrycznych (czyli współosiowych) przewodów.
- Najczęściej używa się dwu rodzajów kabli koncentrycznych zwanych popularnie cienkim koncentrykiem lub grubym koncentrykiem.

# Sieci lokalne – rodzaje nośników

---

## Cienki koncentryk

- Składa się z pojedynczego, centralnego przewodu miedzianego, otoczonego warstwą izolacyjną.
- Jest to kabel ekranowany, jako ekran stosuje się cienką siatkę miedzianą.
- Maksymalna długość jednego segmentu sieci wynosi 185 metrów.
- Przepustowość 10Mb/s.



# Sieci lokalne – rodzaje nośników

---

## Gruby koncentryk

- Gruby ethernet składa się z pojedynczego, centralnego przewodu otoczonego warstwą izolacyjną, a następnie ekranującą siateczką oraz zewnętrzną izolacją.
- Maksymalna długość jednego segmentu sieci realizowanej na grubym koncentryku wynosi 500 metrów.
- Przepustowość 10 Mb/s.



# Sieci lokalne – rodzaje nośników

---

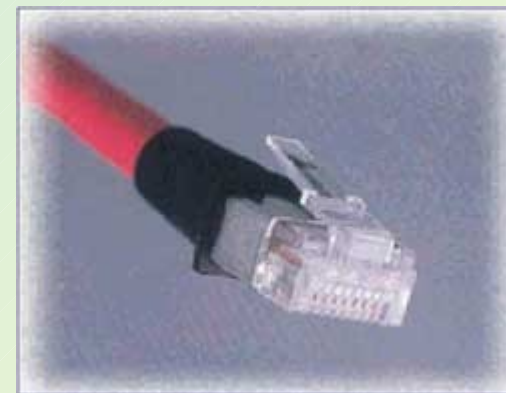
## **Skръtka**

- To obecnie najpopularniejsze medium transmisyjne, używany jest także w telefonii.
- Wyróżnia się dużą niezawodnością i niewielkimi kosztami realizacji sieci.
- Składa się z od 2 do nawet kilku tysięcy par skręconych przewodów, umieszczonych we wspólnej osłonie.
- Aby zmniejszyć oddziaływanie par przewodów na siebie, są one wspólnie skręcone.

# Sieci lokalne – rodzaje nośników

## Skrętka

- Istnieją 2 rodzaje tego typu kabla:
  - ekranowany (**STP, FTP**);
  - nieekranowany (**UTP**)
- Różnią się one tym, iż ekranowany posiada folie ekranującą, a pokrycie ochronne jest lepszej jakości, co zapewnia mniejsze straty transmisji i większą odporność na zakłócenia.



# Sieci lokalne – rodzaje nośników

---

## Kategorie skrętki

- kategorii 1 to kabel telefoniczny;
- kategorii 2 przeznaczona jest do transmisji danych z szybkością 4 Mb/s;
- kategorii 3 do transmisji o przepustowości do 10 Mb/s;
- kategorii 4 do transmisji o przepustowości do 16 Mb/s;
- kategorii 5 do ponad 100 Mb/s - ten typ ma zastosowanie w szybkich sieciach np. Fast Ethernet;
- kategoria 6 - 622 Mb/s przeznaczona dla sieci ATM.

# Sieci lokalne – rodzaje nośników

---

## Światłowód

- W światłowodach do transmisji informacji wykorzystywana jest wiązka światła, która jest odpowiednikiem prądu w innych kablach.
- Szybkość transmisji może wynosić nawet 3 Tb/s.
- Światłowód jest wykonany ze szkła kwarcowego, składa się z rdzenia (złożonego z jednego lub wielu włókien), okrywającego go płaszczu oraz warstwy ochronnej.



# Sieci lokalne – rodzaje nośników

---

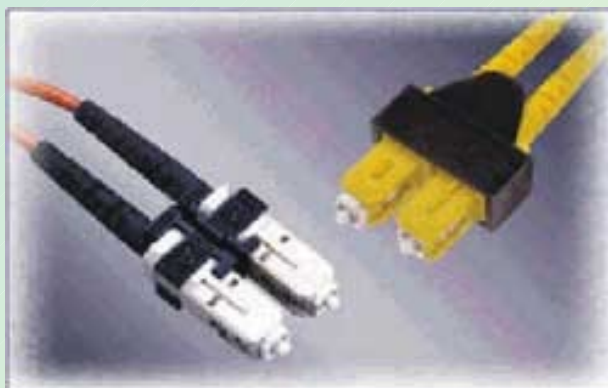
## Światłowód

- Transmisja światłowodowa polega na przepuszczeniu przez szklane włókno wiązki światła generowanej przez diodę lub laser.
- Wiązka ta to zakodowana informacja binarna, rozkodowywana następnie przez **fotodekoder** na końcu kabla.
- W przeciwieństwie do kabli miedzianych, nie wytwarza pola elektromagnetycznego, co uniemożliwia podsłuch transmisji.

# Sieci lokalne – rodzaje nośników

## Światłowód

- Główną wadą tego medium jest łatwa możliwość przzerwania kabla, a jego ponowne złączenie jest bardzo kosztowne.



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

- Każda technika sieci lokalnych cechuje się określoną szybkością, zasięgiem i kosztem.
- Sieci lokalne nadają się głównie do łączenia komputerów w obrębie budynku.
- Jeżeli sieć LAN obejmuje większy obszar wtedy z reguły dzieli się taką sieć na:
  - segmenty
  - lub wydziela odrębne podsieci.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Rozszerzanie za pomocą światłowodów

- Jest to najprostsza metoda rozszerzania sieci lokalnej polegająca na zastosowaniu **światłowodów** i pary **modemów optycznych** w celu wydłużenia odległości między komputerem i nadajnikiem-odbiornikiem.



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Rozszerzanie za pomocą światłowodów

- Każdy z modemów ma dwa rodzaje układów:
  - układ elektroniczny do konwersji między sygnałami AUI a danymi w postaci cyfrowej;
  - układ do konwersji między sygnałami elektrycznymi a optycznymi, który zmienia dane cyfrowe na impulsy światła wędrujące światłowodem.



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Rozszerzanie za pomocą światłowodów

- Główna zaletą modemów optycznych to:
  - możliwość podłączenia komputera do odległej sieci lokalnej bez konieczności modyfikacji samej sieci lub tego komputera.
  - możliwość stosowania łączy optycznych o długości do kilku kilometrów.



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Wzmacniak (*repeater*)

- Wzmacniak jest zwykle urządzeniem analogowym, stale monitorującym sygnał w kablach, które łączy.
- Po wykryciu sygnału w jednym kablu przekazuje jego wzmocnioną kopię do drugiego kabla.
- Wzmacniak łączy dwa kable sieci ethernet zwane segmentami.



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Wzmacniak

- Wzmacniaki nie interpretują formatów ramek ani adresów fizycznych sieci.
- Są podłączone bezpośrednio do kabla sieciowego i przekazują kopie sygnałów elektrycznych, nie czekając na przesłanie kompletnej ramki.





# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Wzmacniak

- Wzmacniaki mają kilka wad:
  - Mogą łączyć tylko sieci a takiej samej architekturze, używające tych samych protokołów i technik transmisyjnych
  - Przekazują tylko sygnały między segmentami sieci, niezależnie od tego, czy są to poprawne ramki, czy jakieś inne sygnały.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Wzmacniak

- Wzmacniaki mają kilka wad (cd.):
  - Jeśli w jednym z segmentów wystąpi kolizja, to odpowiadający jej sygnał zostanie powtórzony we wszystkich segmentach sieci.
  - Podobnie dowolne zakłócenia elektryczne (np. spowodowane przez burzę) również zostaną wiernie powtórzone w całej sieci.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Most

- Most, podobnie jak wzmacniak jest urządzeniem elektronicznym, które umożliwia połączenie dwóch osobnych segmentów sieci lokalnej.
- Most, w przeciwieństwie do wzmacniaka, przekazuje tylko pełne ramki i jest wyposażony w standardowe interfejsy sieciowe, podobnie jak komputer.
- Most odbiera sygnały z każdego segmentu w trybie odbioru wszystkich ramek.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Most

- Po odebraniu ramki z jednego segmentu sprawdza, czy jest ona poprawna, a potem (jeżeli jest taka potrzeba) przekazuje ją do drugiego segmentu.
- Dwa segmenty sieci połączone mostem zachowują się jak jeden segment sieci fizycznej.
- W każdym segmencie używa się tej samej technologii i identycznego formatu ramek.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

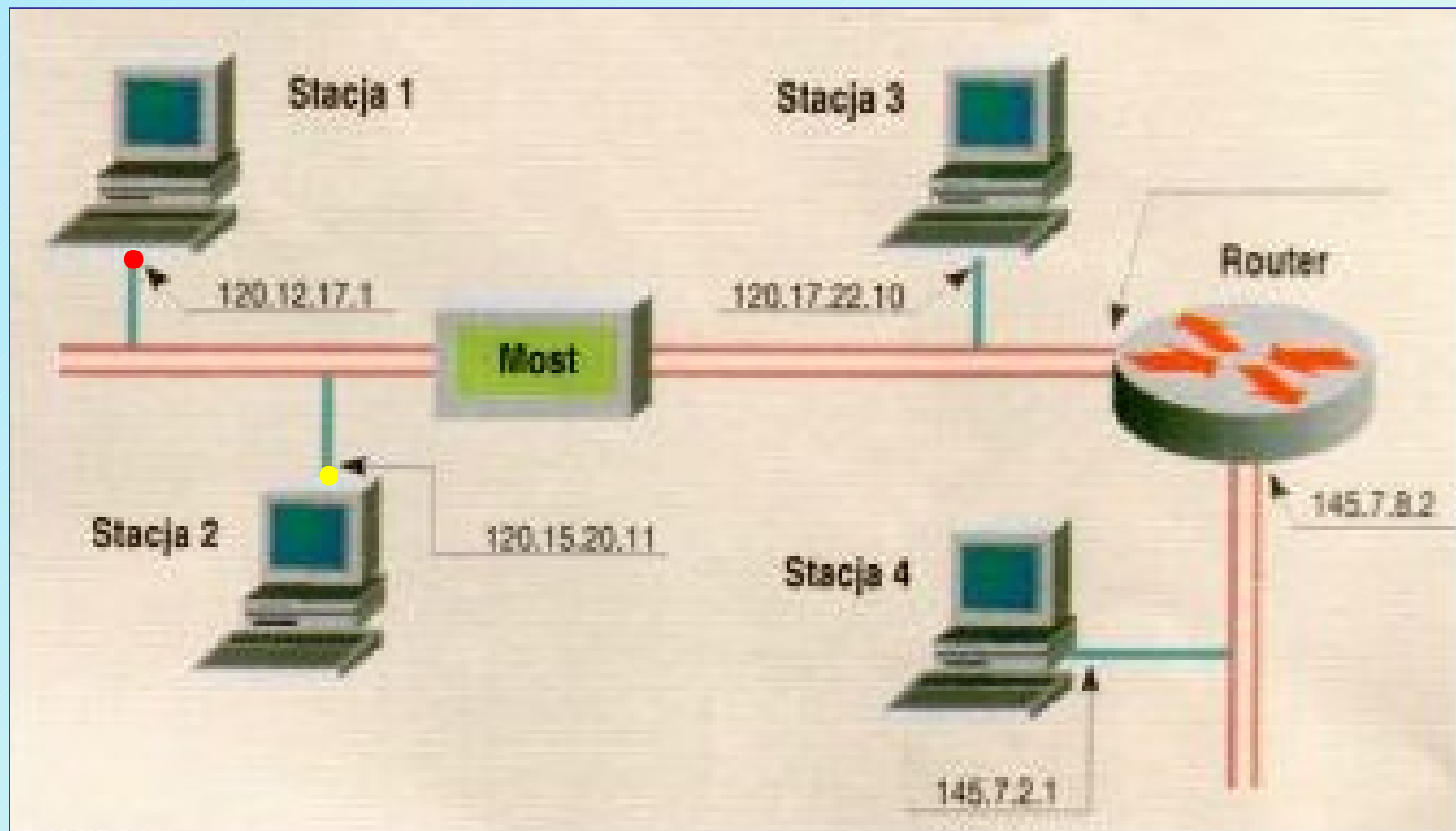
---

## Most

- Do przesyłania ramek mosty wykorzystują adresy fizyczne (adresy MAC).
- Most „uczy się”, które adresy fizyczne są przyłączone do sieci przy użyciu jego portów.
- W razie odebrania ramki z adresem fizycznym nie występującym w segmencie sieci, dla którego została ona wygenerowana, szuka on tego adresu w swojej **tablicy mostkującej** i wysyła ramkę do odpowiedniego segmentu sieci.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Most



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

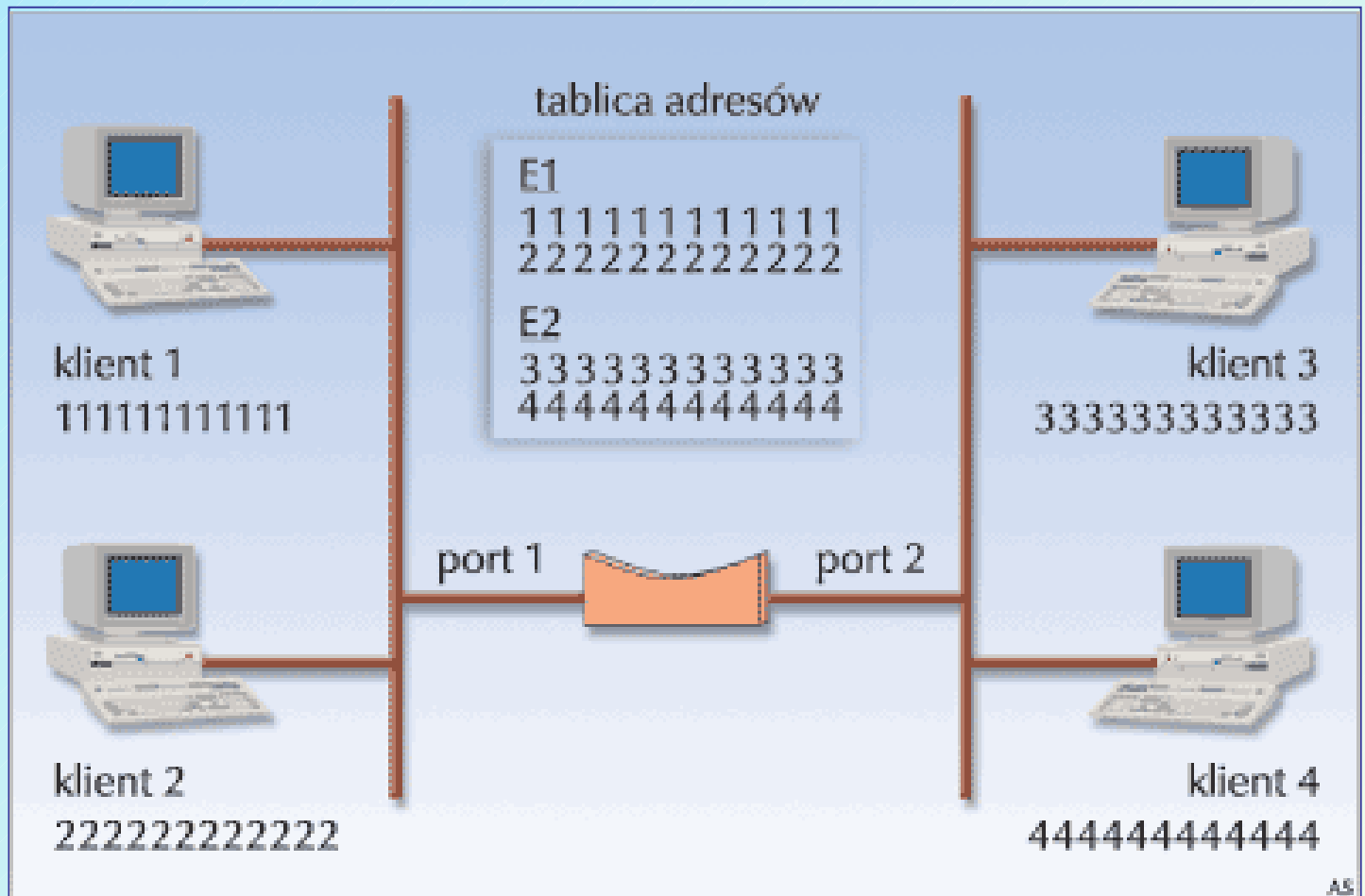
---

## Most – działanie

- Przy użyciu protokołu ARP jest określony adres fizyczny stacji docelowej.
- Odbywa się to bez przeszkód, gdyż most jest „przezroczysty” dla pakietów *ARP request* (zapytanie) i *ARP response* (odpowiedź)
- Jeżeli most „stwierdzi”, że adres stacji znajduje się po jego drugiej stronie to tam właśnie wysyła ramkę, jeżeli nie to ramka nie przechodzi przez most.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Most





# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

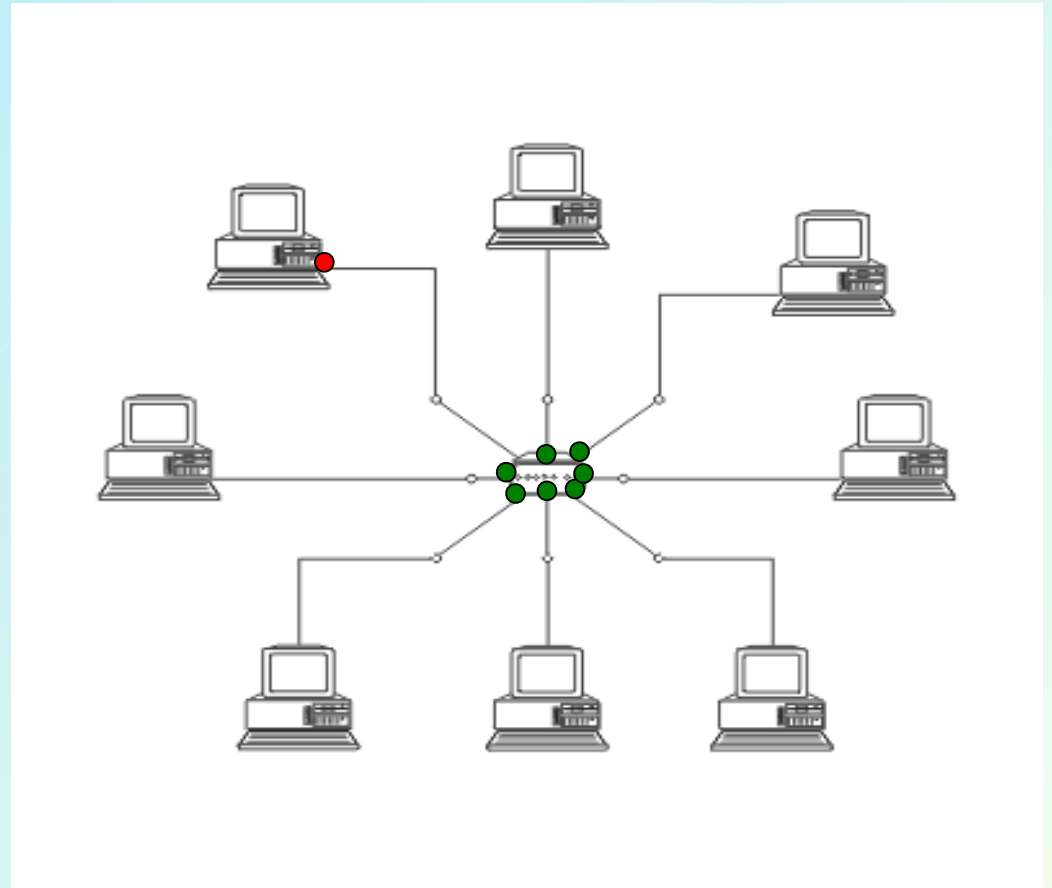
---

## **Koncentrator** (*hub*)

- Określany jako wieloportowy regeneratory.
- Służy do tworzenia fizycznej gwiazdy przy istnieniu logicznej struktury szyny lub pierścienia.
- Pracuje w warstwie 1 (fizycznej) modelu OSI.
- Pakiety wchodzące przez jeden port są transmitowane na wszystkie inne porty.
- Wynikiem tego jest fakt, że koncentratory pracują w trybie *half-duplex* (transmisja tylko w jedną stronę w tym samym czasie).

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Koncentrator (*hub*)



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Przełącznik (*switch*)

- Urządzenie warstwy łącza danych, łączące wiele fizycznych segmentów LAN w jedną większą sieć.
- Przełączniki działają podobnie do koncentratorów z tą różnicą, że transmisja pakietów nie odbywa się z jednego wejścia na wszystkie wyjścia przełącznika, ale na podstawie adresów MAC kart sieciowych przełącznik uczy się, a następnie kieruje pakiety tylko do konkretnego odbiorcy co powoduje wydatne zmniejszenie ruchu w sieci.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Przełącznik (*switch*)

- W przeciwieństwie do koncentratorów, przełączniki działają w trybie *full-duplex* (jednoczesna transmisja w obu kierunkach).
- Przełączniki działają w oparciu o jeden z dwóch trybów pracy:
  - *cut through* (przełączanie bezzwłoczne)
  - *store&forward* (zapamiętaj i wyślij).

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

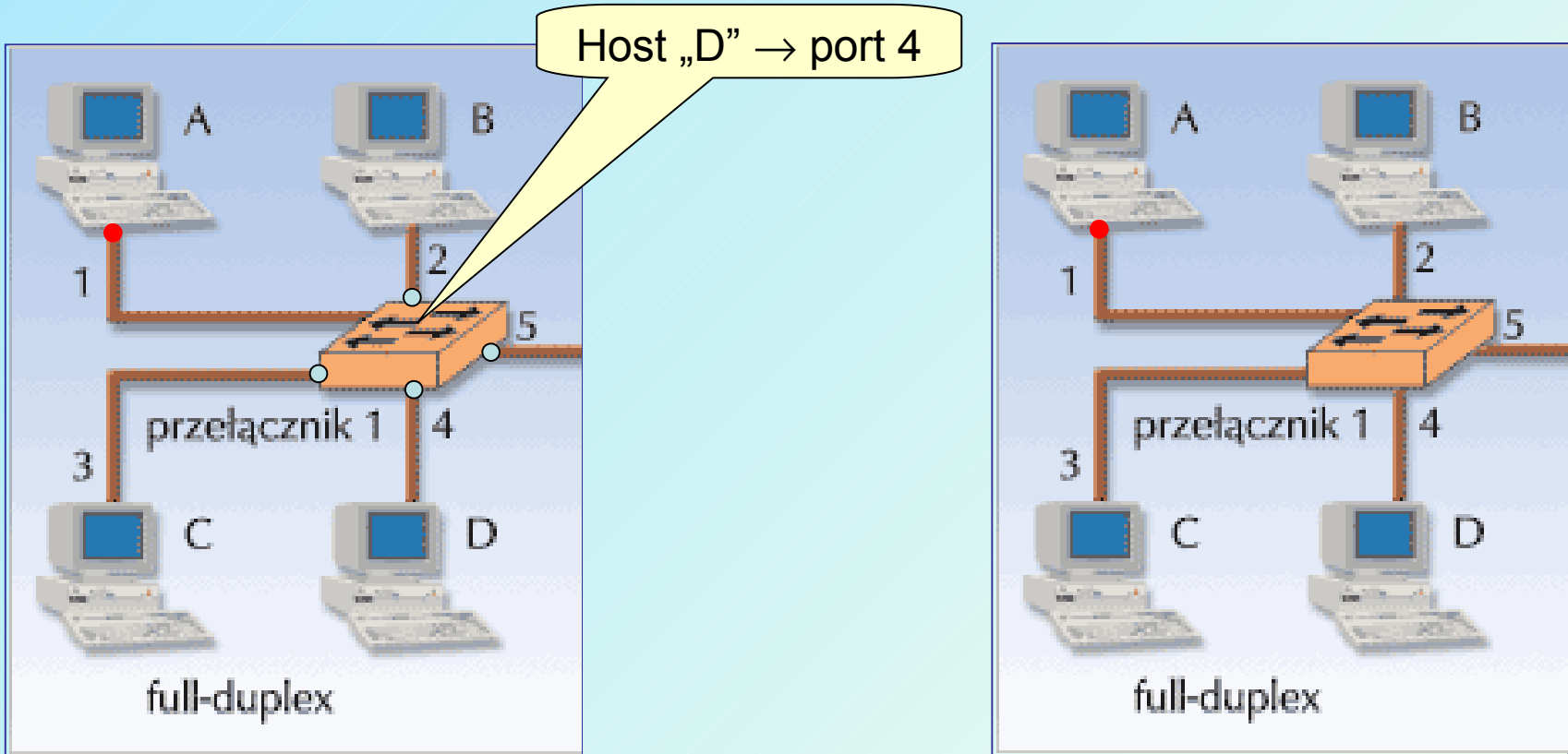
---

## Przełącznik (*switch*)

- Pierwsza technologia jest wydajniejsza ponieważ pakiet jest natychmiast kierowany do portu przeznaczenia bez oczekiwania na koniec ramki, lecz pakiety przesyłane w taki sposób nie są sprawdzane pod względem poprawności.
- Druga technologia charakteryzuje się tym, że przełącznik najpierw odczytuje całą ramkę, sprawdza, czy została odczytana bez błędów i dopiero potem kieruje ją do portu docelowego.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Przełącznik (*switch*)



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

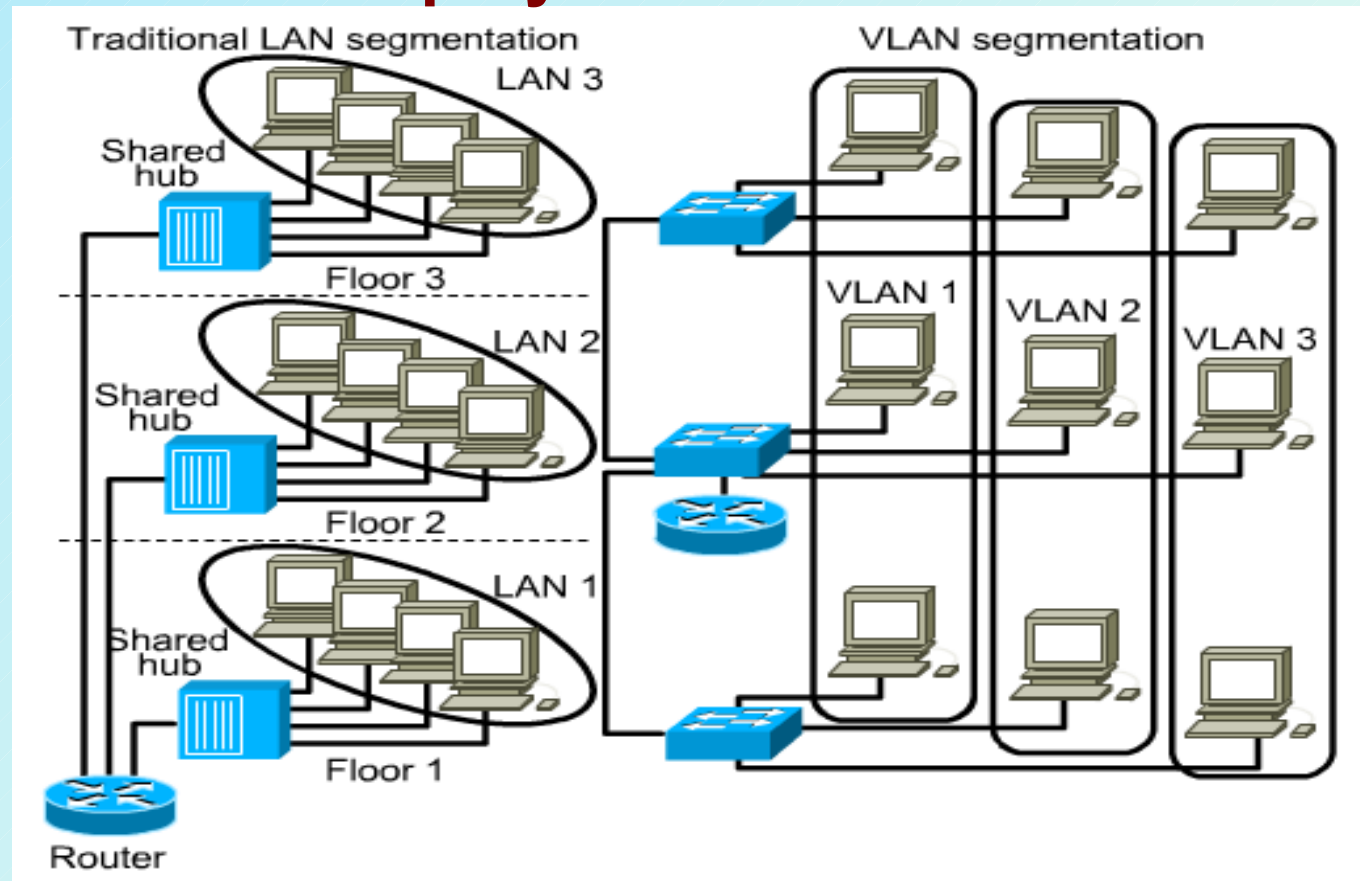
---

## Przełącznik VLAN

- Jest odmianą przełącznika umożliwiającą tworzenie wirtualnych sieci **LAN**, których stanowiska są zlokalizowane w różnych punktach (sieciach, podsieciach, segmentach), zaś w sieć wirtualną łączy je jedynie pewien klucz logiczny.
- Sieć taka pozwala optymalizować natężenie ruchu pakietów w poszczególnych częściach sieci.
- Możliwa jest również łatwa zmiana konfiguracji oraz struktury logicznej takiej sieci

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Przełącznik VLAN - przykład





# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Router

- To najbardziej zaawansowane urządzenie stosowane do łączenia segmentów sieci i zwiększania jej fizycznych rozmiarów.
- Router jest urządzeniem **konfigurowalnym**, które może sterować przepustowością sieci i zapewnia pełną izolację pomiędzy segmentami.



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Router

- Funkcje routera są podobne do mostu, a różnice polegają na tym, że:
  - routery są używane do przekazywania danych pomiędzy sieciami opartymi na różnych technologiach oraz
  - na większym zaawansowaniu technicznym.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Router

- Do kierowania danych routery używają tzw. **tablicę routingu**, zawierającą informacje o sąsiadujących routerach i sieciach lokalnych.
- Służy ona do wyszukania optymalnej drogi od obecnego położenia pakietu do innego miejsca sieci.
- Tablica routingu może być **statyczna** lub **dynamiczna**, zależy to od postawionych wymagań.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Router

- **Statyczna** musi być **aktualizowana ręcznie** przez administratora sieci, **dynamiczna** natomiast jest aktualizowana **automatycznie przez oprogramowanie sieciowe**.
- Zaletą dynamicznej tablicy routingu jest to, że w wypadku zablokowania sieci z powodu ruchu o dużym natężeniu oprogramowanie sieciowe może zaktualizować tablicę, tak aby poprowadzić pakiety drogą omijającą zator.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## Router

- Komunikacja w sieci z routerem oparta jest na **adresacji logicznej**, co pozwala np. na fizyczne umiejscowienie adresata.
- Rozmiar sieci opartej na routerze nie jest limitowany jak np. w przypadku mostu.
- Jest też szybszy, z reguły potrafi przesłać kilkanaście tysięcy pakietów na sekundę (most maksymalnie 10 tys.), sieć na jego bazie jest prostsza w utrzymaniu od sieci na bazie mostów.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

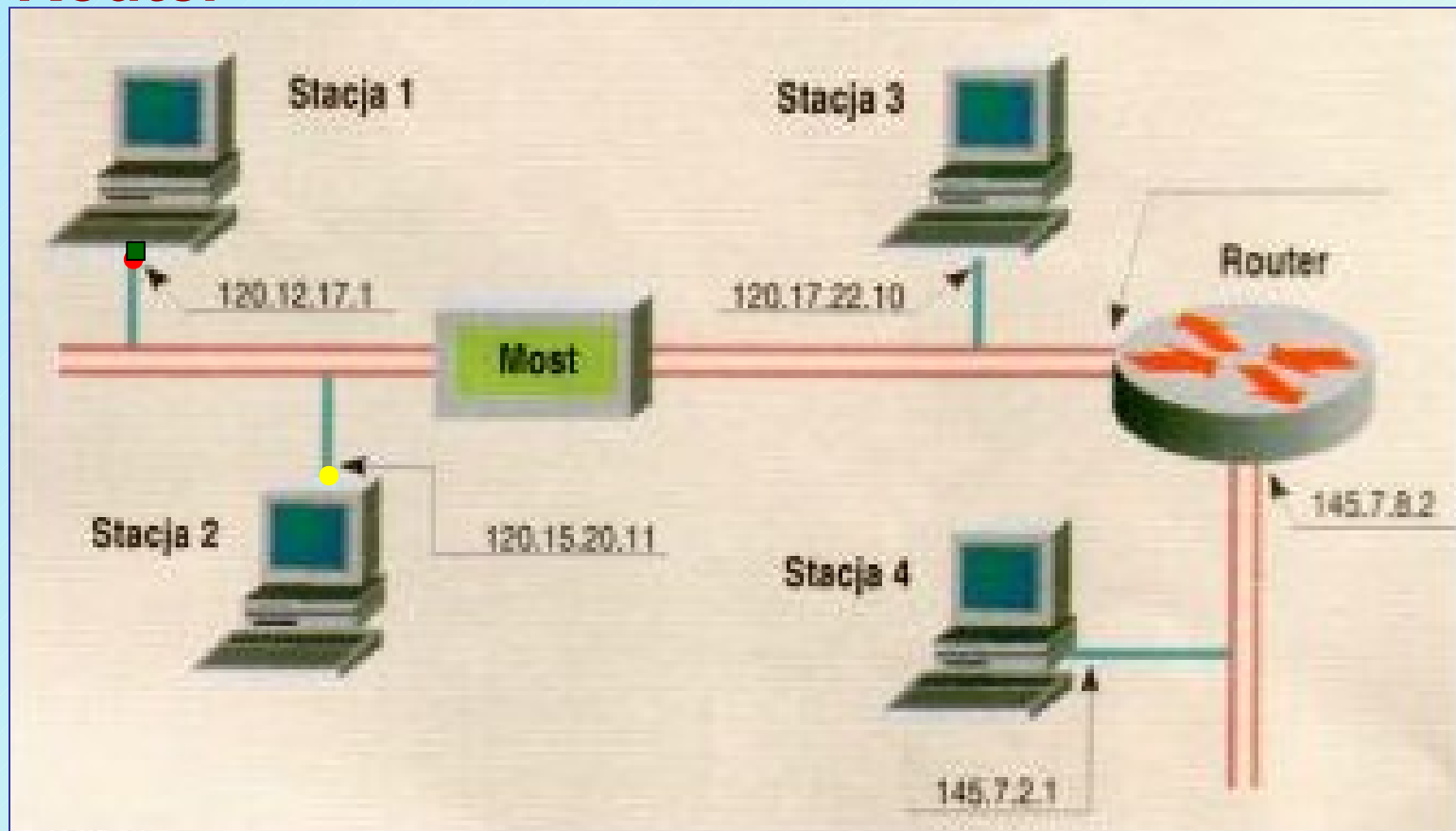
---

## Router – inne zalety

- wybór optymalnej trasy między nadawcą a odbiorcą,
- ochrona (zapory, kodowanie),
- transakcja protokołów (łączenie różnych segmentów o różnych protokołach),
- filtrowanie pakietów (sortowanie i selekcja transmitowanych pakietów),
- usuwanie pakietów bez adresu.

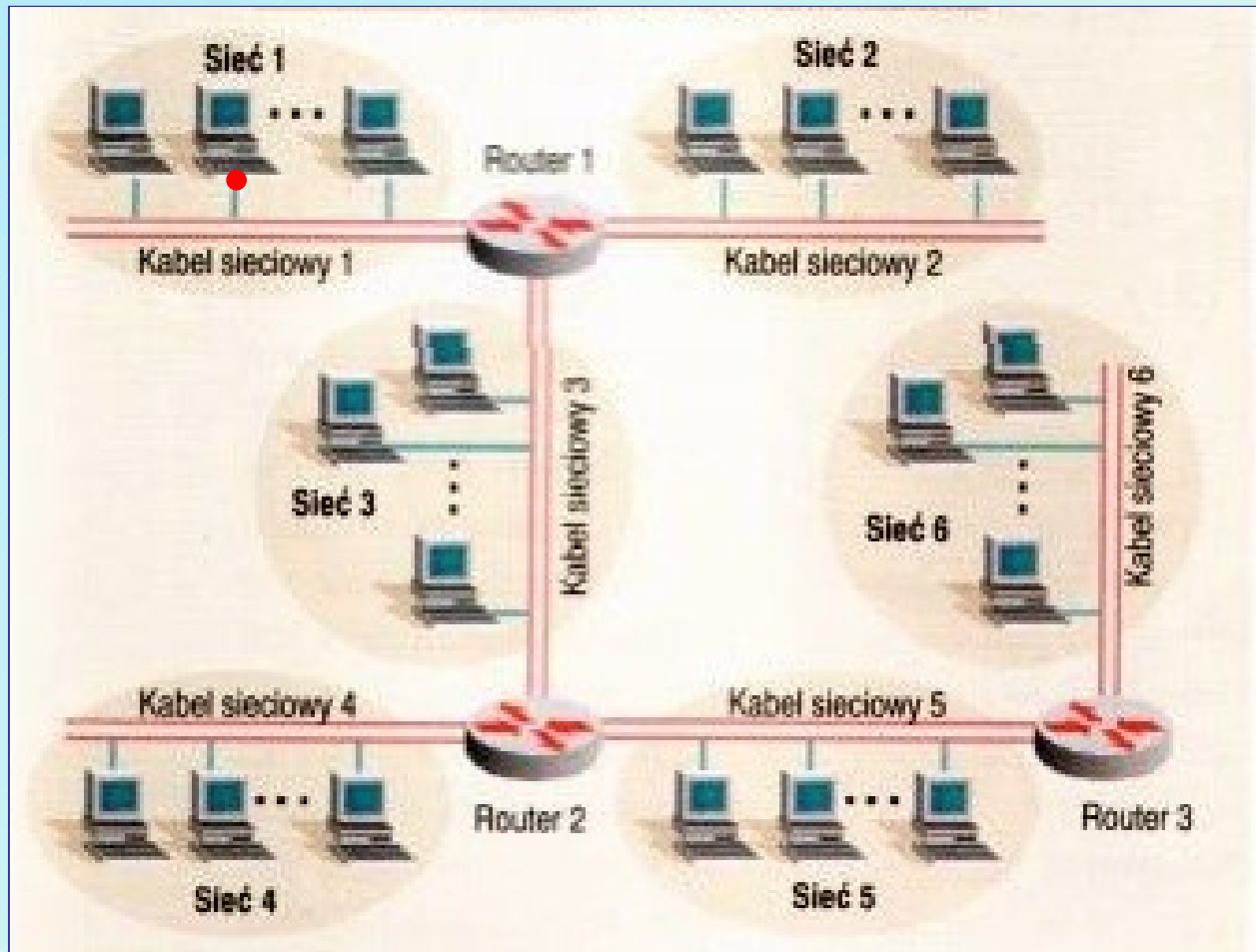
# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Router



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

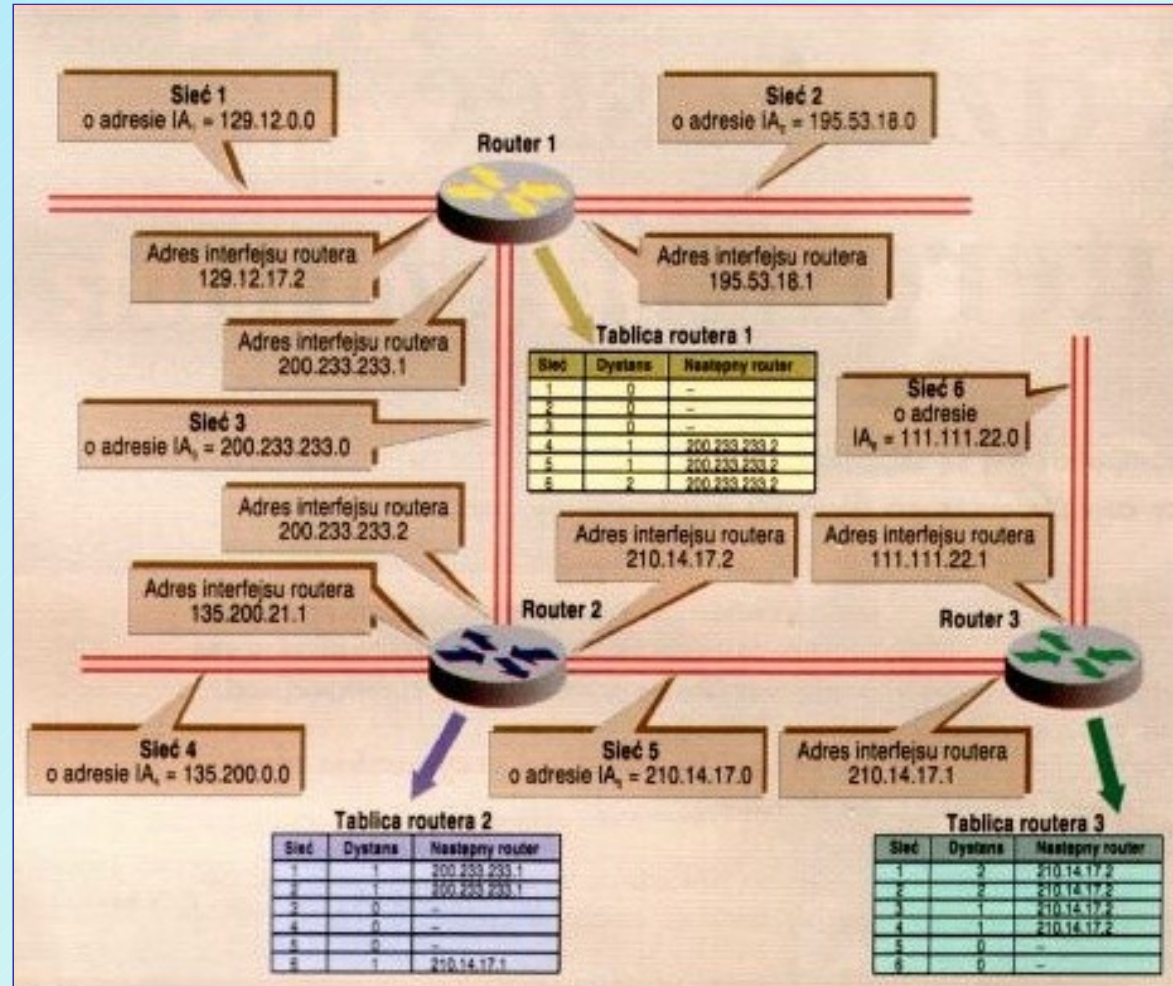
## Router





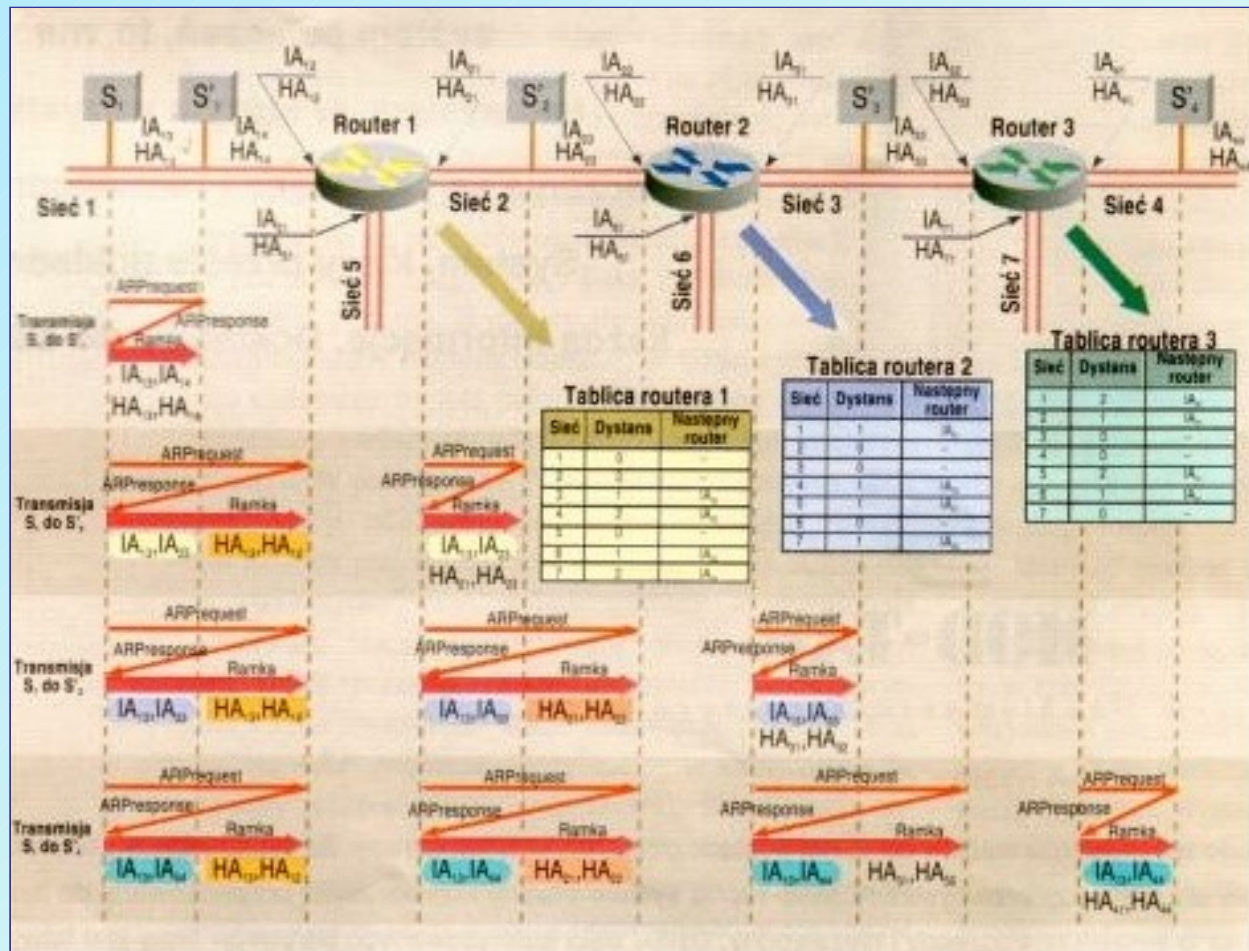
# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Router



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Router



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

---

## **Brama** (*gateway*)

- Komputer, urządzenie lub program umożliwiający współpracę różnych typów sieci.
- Do jej zadań należy tłumaczenie komunikatów przesyłanych między sieciami posługującymi się różnymi protokołami (np. Netware i TCP/IP).
- Brama jest bardzo często zwyczajnym komputerem, wyposażonym w kilka interfejsów sieciowych służących do przyłączenia różnych sieci oraz w odpowiednie oprogramowanie.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

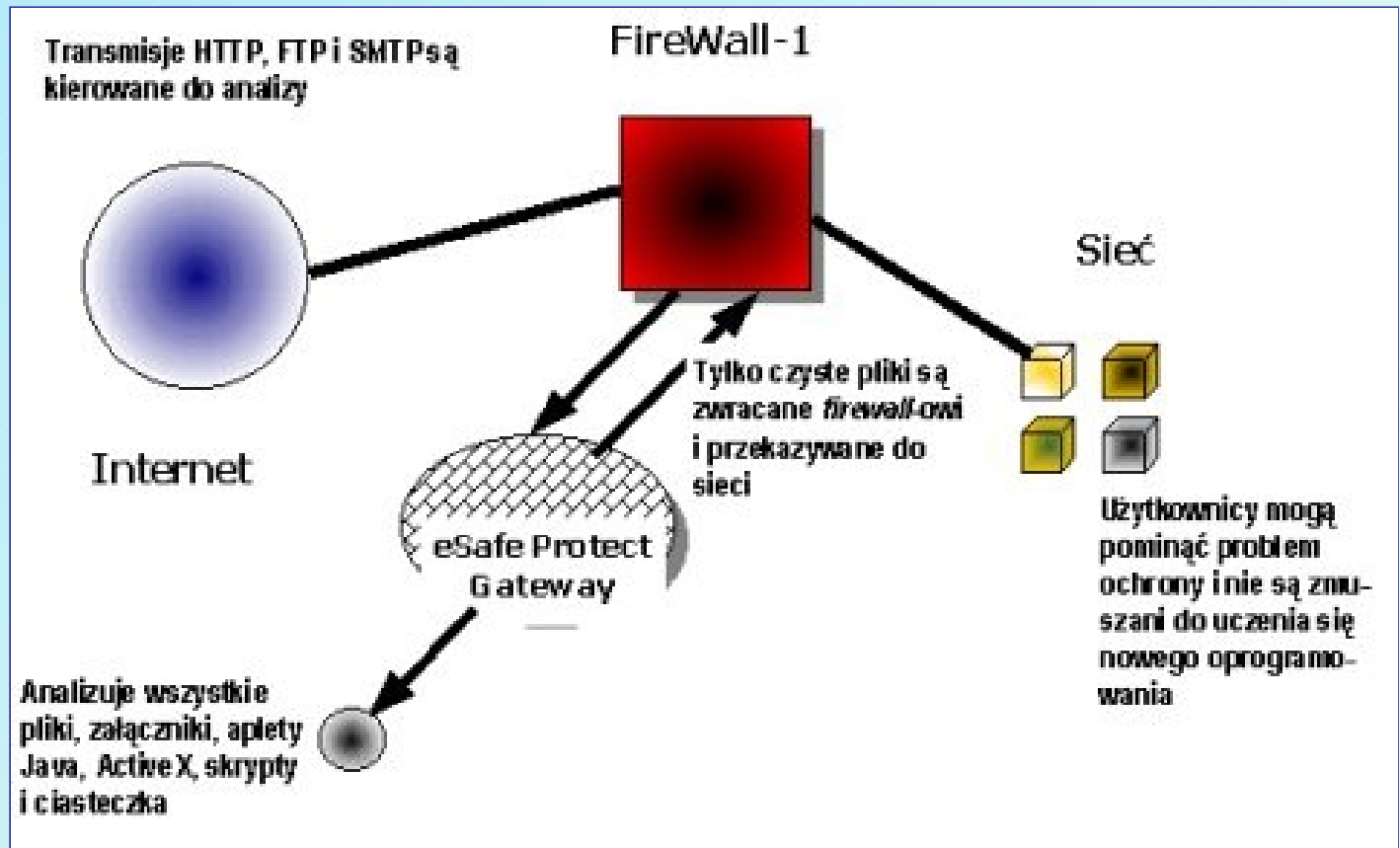
---

## **Brama** (*gateway*)

- Brama pozwala łączyć sieci spełniające podobne funkcje, lecz o odmiennych rozwiązaniach (protokołach) służących do wymiany danych.
- Brama to także, bardzo często oprogramowanie chroniące sieć lokalną przed wirusami i wandalami mogącymi przedostać się do niej z sieci rozległych typu Internet.

# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

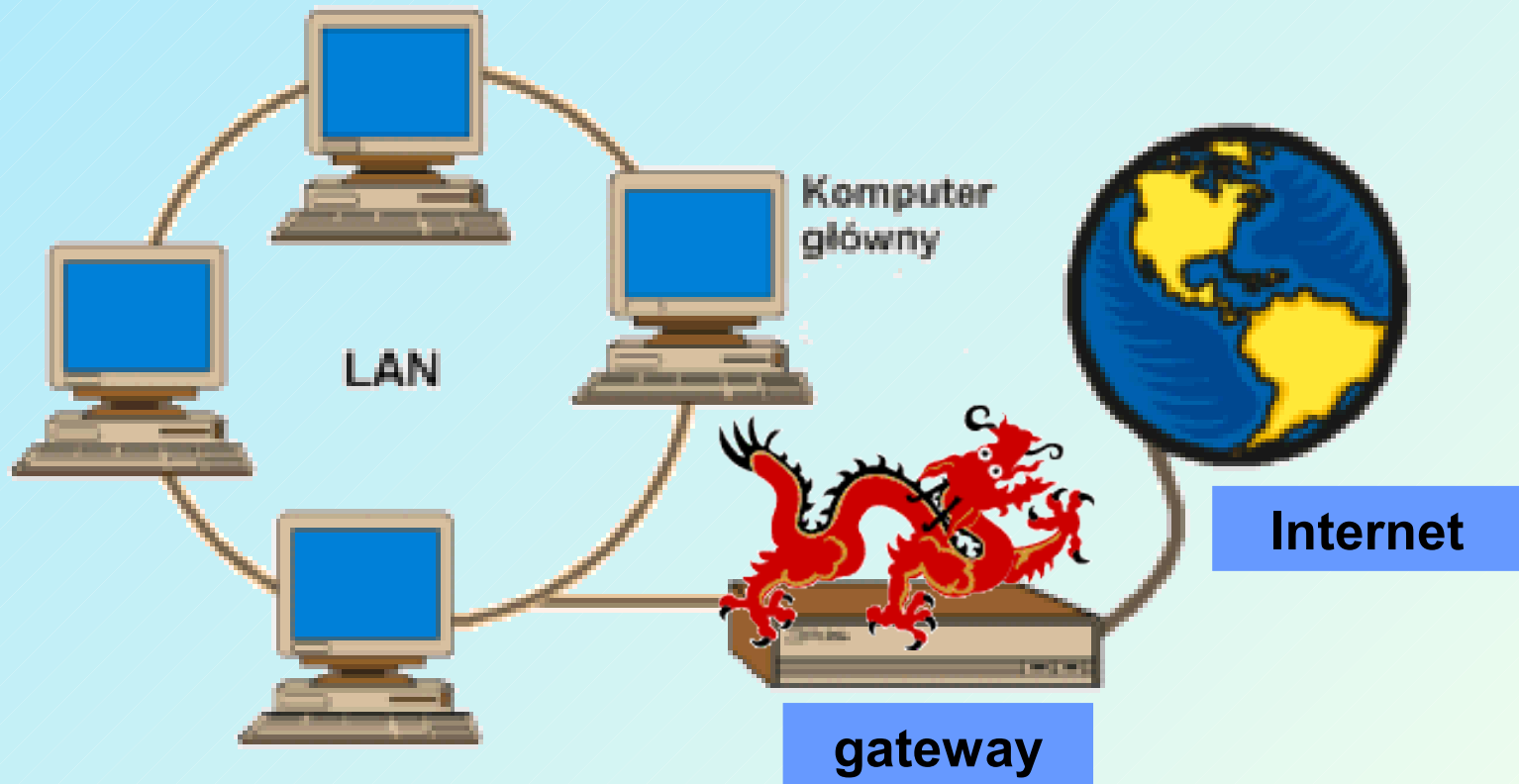
## Brama (gateway)





# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

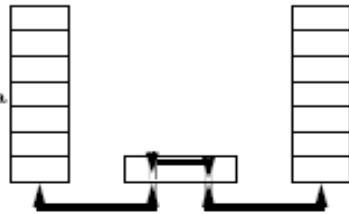
## Brama (*gateway*)



# Sieci lokalne – rozszerzenia sieci

## Repeater

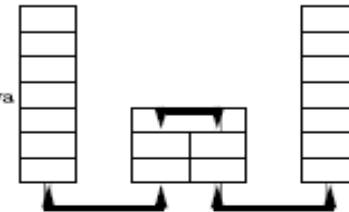
w.aplikacji  
w.prezentacji  
w.sesji  
w.transportowa  
w.sieciowa  
w.łącza  
w.fizyczna



1

## Router

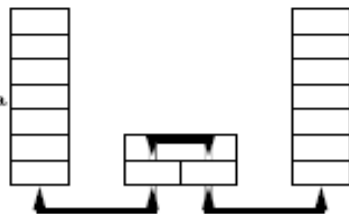
w.aplikacji  
w.prezentacji  
w.sesji  
w.transportowa  
w.sieciowa  
w.łącza  
w.fizyczna



2

## Bridge

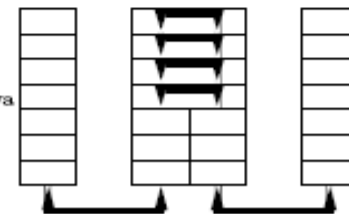
w.aplikacji  
w.prezentacji  
w.sesji  
w.transportowa  
w.sieciowa  
w.łącza  
w.fizyczna



2

## Gateway

w.aplikacji  
w.prezentacji  
w.sesji  
w.transportowa  
w.sieciowa  
w.łącza  
w.fizyczna



4