

Moduł 8. Przelączenie w sieciach Ethernet

Współdzielona sieć Ethernet w idealnych warunkach sprawuje się doskonale. Kiedy liczba urządzeń próbujących uzyskać dostęp do sieci jest niewielka, liczba kolizji utrzymuje się w akceptowalnych granicach. Jednakże gdy w sieci przybywa użytkowników, zwiększona liczba kolizji może doprowadzić do nadmiernego spadku wydajności. Aby pomóc ograniczyć skalę problemów wydajnościowych wynikających ze zwiększonej liczby kolizji, opracowano mechanizmy mostowania. Rozwój mechanizmów mostowania doprowadził do powstania techniki przelączenia, która stała się kluczową technologią w nowoczesnych lokalnych sieciach Ethernet.

Zjawiska kolizji i rozgłaszania są naturalnymi elementami współczesnych sieci komputerowych. W rzeczywistości są one częścią sieci Ethernet oraz technologii wyższych warstw. Jednak gdy ilość tych zjawisk przekracza wartość optymalną, wydajność sieci spada. Idea domen kolizyjnych i rozgłoszeniowych dotyczy określenia takich sposobów projektowania sieci, które pozwalają na ograniczenie negatywnych efektów kolizji i rozgłaszania. W tym module zajmujemy się wpływem kolizji i rozgłaszania na ruch w sieci, a także opiszemy sposoby wykorzystania mostów i routerów do segmentowania sieci w celu uzyskania lepszej wydajności.

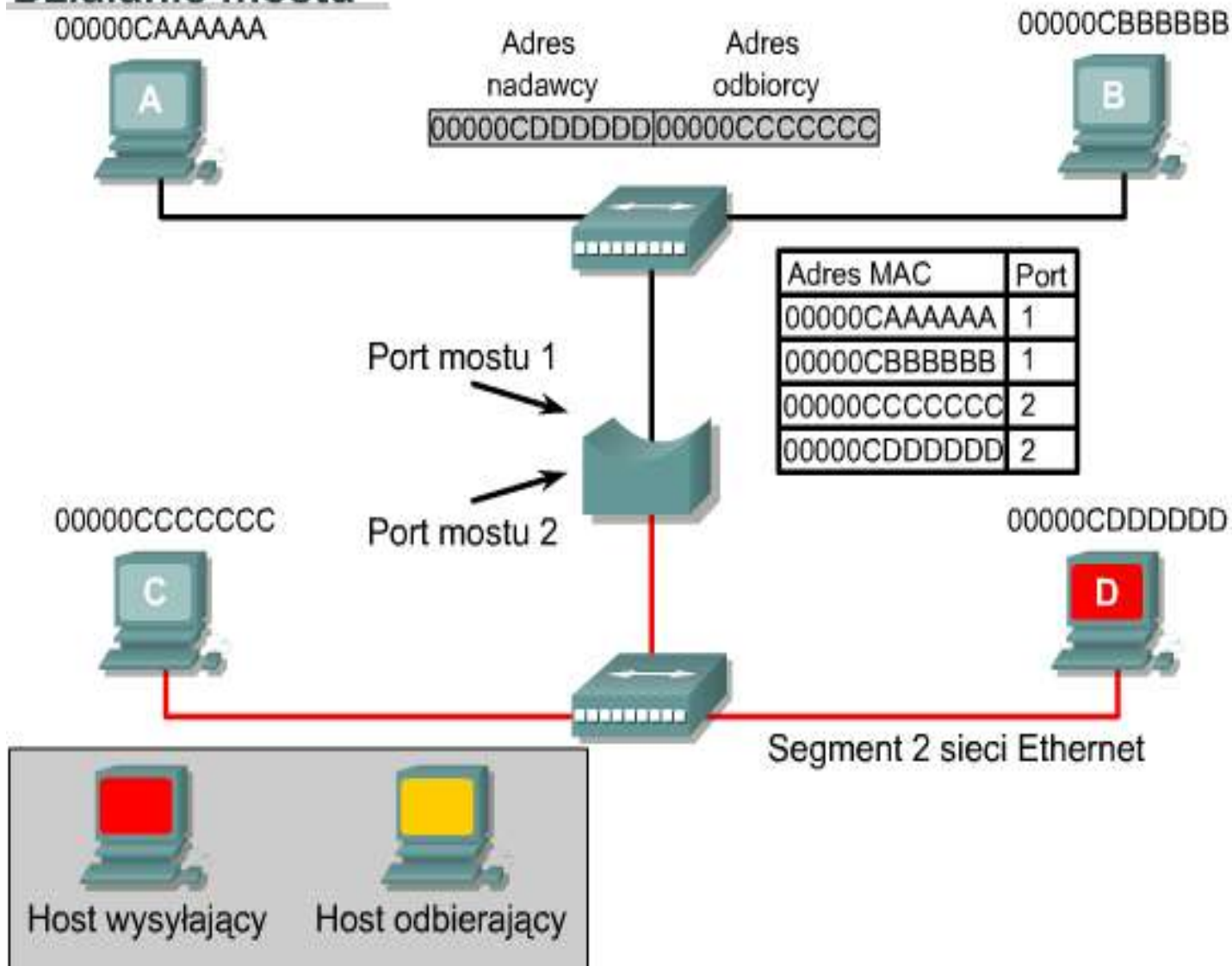
8.1 Przelączenie w sieciach Ethernet

8.1.1 Mostowanie w warstwie 2

Gdy do fizycznego segmentu sieci Ethernet zostaje dodana większa liczba węzłów, wzrasta rywalizacja o dostęp do medium. Sieć Ethernet jest medium współdzielonym, co oznacza, że w danym momencie może nadawać tylko jeden węzeł. Dodawanie kolejnych węzłów zwiększa wymagania dotyczące dostępnego pasma oraz dodatkowo obciąża medium. Wzrost liczby węzłów w pojedynczym segmencie zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji, co prowadzi do częstszych retransmisji. Problem ten można rozwiązać przez podzielenie jednego dużego segmentu na części stanowiące odosobnione domeny kolizyjne.

Aby było to możliwe, most przechowuje tablicę adresów MAC oraz przypisanych im portów. Most przekazuje lub odrzuca ramki w oparciu o wpisy w tabeli.

Działanie mostu



Poniższa procedura ilustruje działanie mostu:

- Po uruchomieniu mostu jego tablica jest pusta. Most oczekuje na pojawienie się ruchu w segmencie. Wykryty ruch jest obsługiwany przez most.
- Host A wysyła pakiety ping do hosta B. Ponieważ dane transmitowane są w całym segmencie domeny kolizyjnej, zarówno host B, jak i most przetwarzają pakiety.
- Adres nadawcy ramki zostaje dodany do tablicy mostu. Ponieważ adres znajduje się w polu adresu nadawcy, a ramka została odebrana na porcie nr 1, musi być ona skojarzona w tablicy z portem nr 1.
- W tablicy mostu poszukiwany jest adres odbiorcy. Ponieważ adresu nie ma w tablicy, mimo że znajduje się on w tej samej domenie kolizyjnej, ramka jest przekazywana do innego segmentu. Adres hosta B nie został jeszcze zapisany, ponieważ zapamiętywany jest jedynie adres nadawcy.
- Host B przetwarza żądanie ping i wysyła odpowiedź ping do hosta A. Dane są przesyłane przez całą domenę kolizyjną. Zarówno host A, jak i most odbierają i przetwarzają ramkę.
- Adres nadawcy ramki zostaje dodany do tablicy mostu. Ponieważ tablica mostu nie zawiera adresu nadawcy, a został on odebrany na porcie 1, adres nadawcy ramki musi być skojarzony z portem 1 w tablicy. W celu odnalezienia pozycji zawierającej adres odbiorcy ramki przeszukiwana jest tablica mostu. Ponieważ adres znajduje się w tablicy, odszukany zostaje odpowiadający mu port. Adres hosta A zostaje skojarzony z portem, na który została wysłana ramka, więc nie jest ona dalej przekazywana.
- Host A wysyła teraz pakiety ping do hosta C. Ponieważ dane są transmitowane w całej domenie kolizyjnej, zarówno most, jak i host B przetwarzają ramkę. Ramka zostaje odrzucona przez hosta B, ponieważ nie była do niego kierowana.
- Adres nadawcy ramki zostaje dodany do tablicy mostu. Ponieważ adres jest już zapisany w tablicy mostu, pozycja jest jedynie odświeżana.
- Tablica mostu jest przeszukiwana w celu odnalezienia pozycji zawierającej adres odbiorcy ramki. Ponieważ adresu nie ma w tablicy, ramka jest przekazywana do innego segmentu. Adres hosta C nie został jeszcze zapisany, gdyż zapamiętywany jest jedynie adres nadawcy.
- Host C przetwarza żądanie ping i wysyła odpowiedź ping do hosta A. Dane są przesyłane przez całą domenę kolizyjną. Zarówno host D, jak i most otrzymują i przetwarzają ramkę. Ramka zostaje odrzucona przez hosta D, ponieważ nie była do niego kierowana.
- Adres nadawcy ramki zostaje dodany do tablicy mostu. Ponieważ adres znajduje się w polu adresu nadawcy, a ramka zostaje odebrana na porcie nr 2, musi być ona skojarzona w tablicy z portem nr 2.
- Tablica mostu jest przeszukiwana w celu odnalezienia pozycji zawierającej adres odbiorcy ramki. Adres znajduje się w tablicy, lecz jest on skojarzony z portem 1, więc ramka jest przekazywana do innego segmentu.
- Gdy host D transmituje dane, jego adres MAC zostaje również zapisany w tablicy mostu. W ten sposób most kontroluje ruch pomiędzy domenami kolizyjnymi.

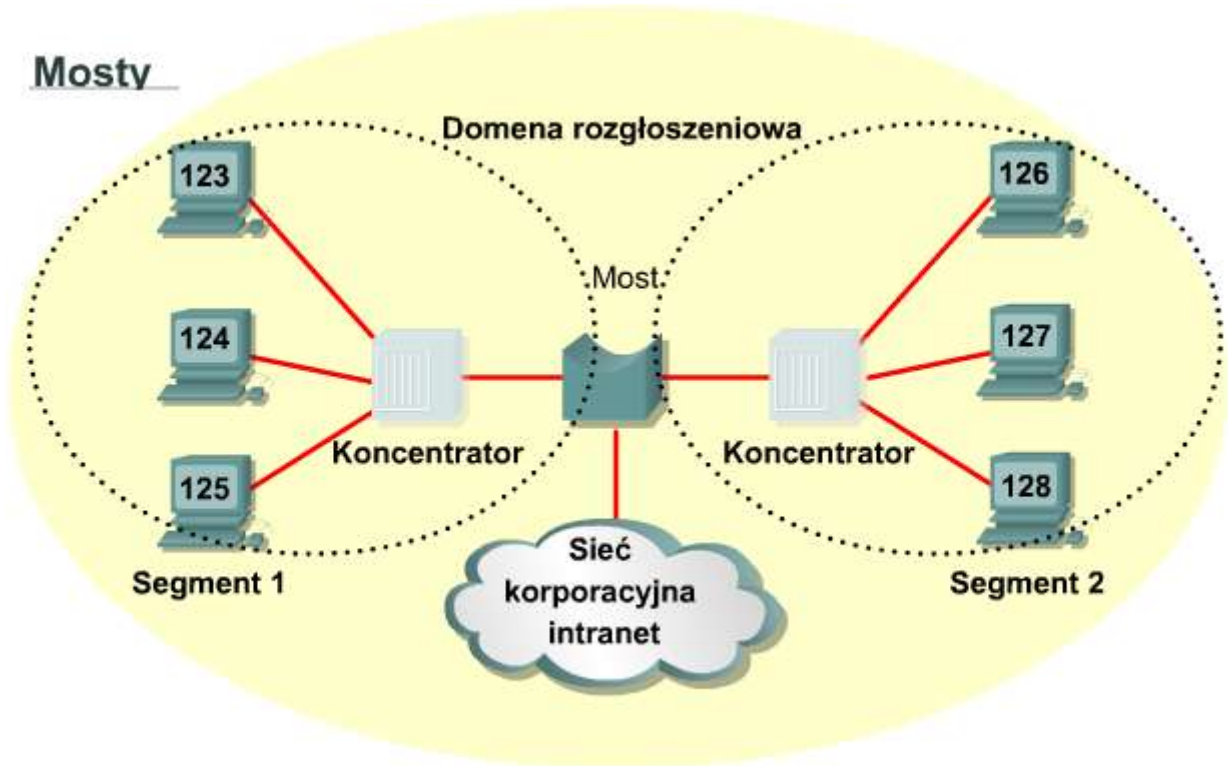
Są to operacje, jakie podejmuje most w celu przekazywania i odrzucania ramek, które są odbierane na dowolnym z jego portów.

8.1.2 Przelączanie w warstwie 2

Zasadniczo most zawiera tylko dwa porty i rozdziela domenę kolizyjną na dwie części. Wszystkie wybory dokonywane przez most opierają się na adresach MAC lub inaczej adresowaniu w warstwie 2 i nie wpływają na adresowanie logiczne zwane także adresowaniem w warstwie 3. Tak więc most dzieli domenę kolizyjną, nie wpływając przy tym na domenę logiczną lub rozgłoszeniową. Niezależnie od liczby mostów w sieci cała sieć będzie współdzieliła tę samą logiczną przestrzeń adresową (o ile nie ma w niej urządzenia korzystającego z procesu adresowania w warstwie 3, takiego jak router). Most utworzy dodatkowe domeny kolizyjne, nie zwiększając jednak liczby domen rozgłoszeniowych.

W istocie przełącznik jest szybkim, wieloportowym mostem mogącym zawierać dziesiątki portów. W przeciwieństwie do mostu, który powoduje powstanie dwóch domen kolizyjnych, w tym przypadku osobna domena kolizyjna jest tworzona w obrębie każdego z portów. W sieci składającej się z dwudziestu węzłów istnieje dwadzieścia domen kolizyjnych, jeśli każdy węzeł jest podłączony do innego portu przełącznika. Przy uwzględnieniu portu połączenia nadrzędnego (uplink) pojedynczy przełącznik tworzy dwadzieścia jeden domen kolizyjnych, z których każda zawiera jeden węzeł. Przełącznik dynamicznie tworzy i utrzymuje tablicę pamięci asocjacyjnej (CAM, ang. *Content-Addressable Memory*), przechowując dla każdego portu wszystkie niezbędne informacje dotyczące adresów MAC.

Mosty

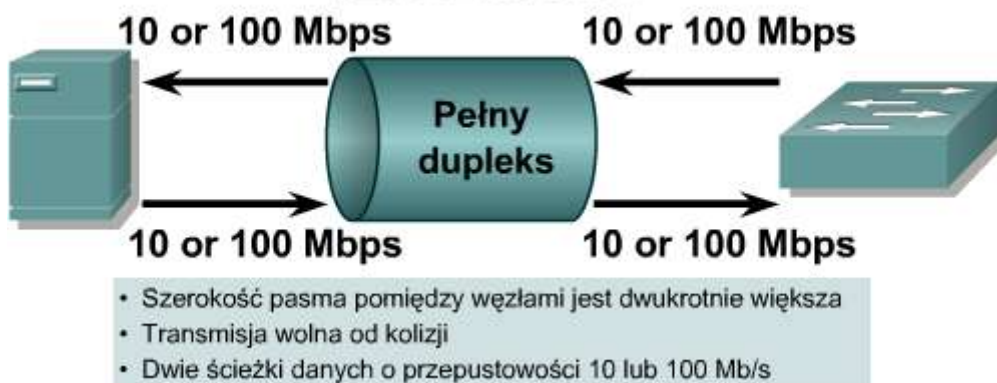


8.1.3 Działanie przełącznika

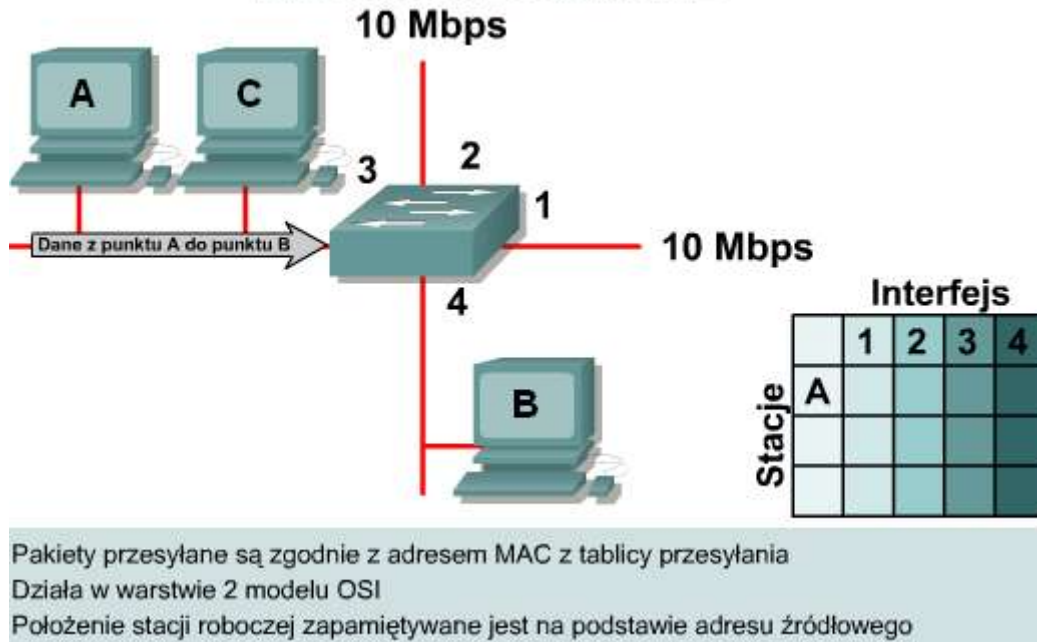
Przełącznik jest po prostu mostem z wieloma portami. Gdy do portu przełącznika jest podłączony tylko jeden host, domena kolizyjna na medium współdzielonym składa się jedynie z dwóch elementów: portu przełącznika i dołączonego do niego hosta. Każdy z dwóch węzłów w tym małym segmencie (domenie kolizyjnej) składa się z portu przełącznika oraz hosta podłączonego do niego. Takie małe segmenty fizyczne zwane są mikrosegmentami. W sytuacji, gdy podłączone są tylko dwa węzły, pojawia się dodatkowa możliwość. W sieci wykorzystującej skrętkę jedna para przewodów używana jest do przenoszenia transmitowanego sygnału z jednego węzła do drugiego. Oddzielna para jest wykorzystywana do odbioru lub przekazywania sygnału zwrotnego. Możliwe jest przesyłanie sygnałów w obydwu kierunkach równocześnie. Zdolność komunikowania się w obydwu kierunkach równocześnie określana jest jako pełny duplex. Większość przełączników i kart sieciowych obsługuje komunikację w trybie pełnego duplexu. W trybie tym nie występuje rywalizacja o dostęp do medium. W związku z tym pojęcie domeny kolizyjnej przestaje istnieć. Teoretycznie w trybie pełnego duplexu szerokość pasma zostaje podwojona.

Oprócz szybszych mikroprocesorów i pamięci, opracowanie przełączników umożliwiły dwie inne innowacje technologiczne. Pamięć asocjacyjna (CAM) działa odwrotnie niż pamięć tradycyjna. Wprowadzenie danych do pamięci spowoduje zwrot skojarzonego z nimi adresu. Wykorzystanie pamięci asocjacyjnych (CAM) pozwala przełącznikowi na bezpośrednie odnalezienie portu skojarzonego z adresem MAC bez konieczności wykorzystywania algorytmów wyszukiwania. Układ ASIC (ang. *Application-Specific Integrated Circuit*) jest urządzeniem składającym się z bramek logicznych o nieprzypisanych funkcjach, które mogą zostać zaprogramowane tak, aby realizować operacje z prędkością układów logicznych. Działania, które wcześniej mogły być realizowane programowo, teraz mogą być wykonywane sprzętowo z wykorzystaniem układów ASIC. Wykorzystanie tych technologii w znaczący sposób zredukowało opóźnienia wprowadzane przez oprogramowanie oraz pozwoliło dotrzymać kroku zapotrzebowaniu wielu mikrosegmentów na dane oraz sprostać dużym szybkościom bitowym.

Pełny duplex



Działanie przełącznika



8.1.4 Opóźnienie

Opóźnienie to różnica pomiędzy czasem, kiedy urządzenie nadawcze rozpoczyna wysyłanie ramki, a czasem, gdy jej początkowa część osiągnie swój cel. Opóźnienie ramki przesyłanej pomiędzy źródłem i miejscem docelowym może być spowodowane przez wiele różnych czynników:

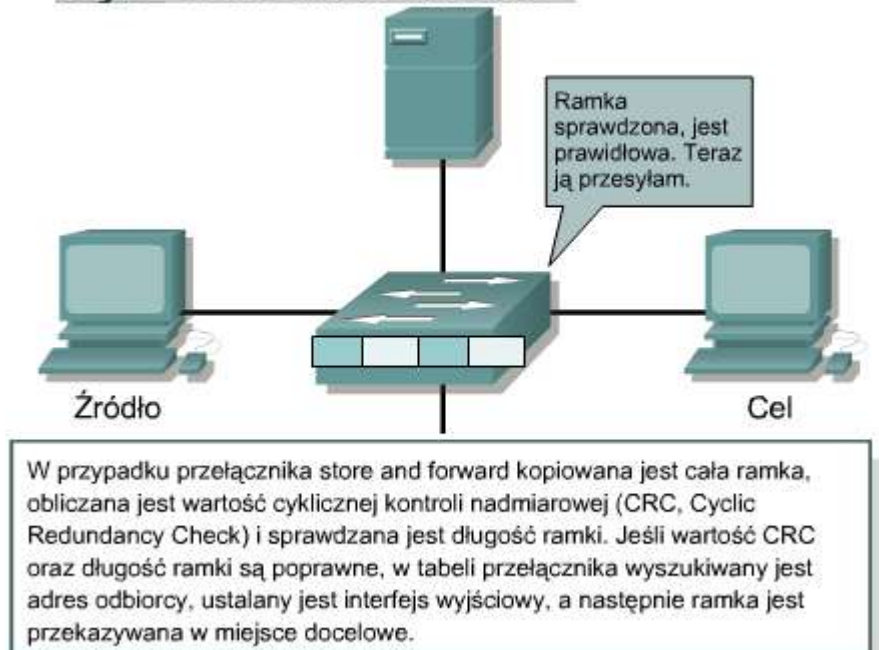
- Opóźnienia medium spowodowane skończoną prędkością, z jaką może poruszać się sygnał w medium fizycznym.
- Opóźnienia obwodów wnoszone przez układy elektroniczne przetwarzające sygnał na jego drodze.
- Opóźnienia programowe powodowane przez procesy decyzyjne realizowane przez oprogramowanie w celu implementacji funkcji przełączania i obsługi protokołów.
- Opóźnienia powodowane przez zawartość ramki oraz miejsce w obrębie ramki objęte procesami decyzyjnymi dotyczącymi przełączania. Na przykład urządzenie nie może skierować ramki do portu docelowego, dopóki nie zostanie odczytany adres MAC odbiorcy.

8.1.5 Tryby przełączania

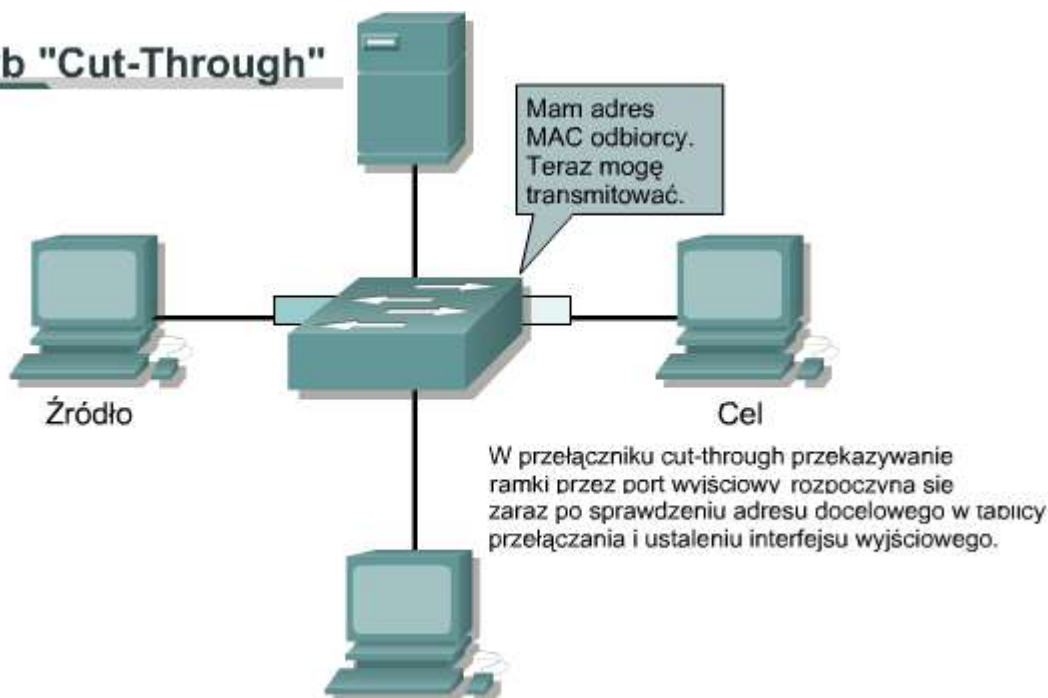
Sposób przełączania ramki do portu docelowego stanowi rozwiązanie kompromisowe między wartością opóźnienia i niezawodnością. Przełącznik może zacząć przysyłać ramkę zaraz po otrzymaniu adresu MAC odbiorcy. Taki sposób przełączania nazywany jest przełączaniem „cut-through”.

Charakteryzuje się on najmniejszym opóźnieniem. Jednak w tym przypadku wykrywanie błędów nie jest możliwe. Z drugiej strony, przełącznik może odebrać całą ramkę przed przesłaniem jej dalej przez port docelowy. W tej sytuacji przed wysłaniem ramki do punktu docelowego istnieje możliwość sprawdzenia kodu kontrolnego ramki (FCS) przez oprogramowanie przełącznika. Można w ten sposób upewnić się, że ramka została poprawnie odebrana. W przypadku wykrycia błędu odrzucenie ramki jest realizowane przez przełącznik, a nie przez komputer docelowy. Ponieważ przed przekazaniem cała zawartość ramki jest przechowywana w pamięci, ten tryb określa się mianem „store-and-forward” (zachowaj i przekaż). Tryb „fragment-free” stanowi kompromis pomiędzy metodami „cut-through” i „store-and-forward”. W przypadku metody „fragment-free” odbierane są pierwsze 64 bajty zawierające nagłówek ramki, przełączanie rozpoczyna się zanim zostanie odebrane pole danych i suma kontrolna. W trybie tym weryfikowana jest poprawność adresowania oraz informacji

Tryb "Store and Forward"



Tryb "Cut-Through"



protokołu LLC (Logical Link Control) w celu zapewnienia, że przetwarzanie danych oraz informacje określające punkt docelowy będą prawidłowe. Gdy do przełączania używana jest metoda „cut-through”, zarówno port źródłowy, jak i port docelowy muszą pracować z tą samą szybkością bitową, aby nie uszkodzić ramki. Przełączanie takie określa się mianem symetrycznego. Jeżeli szybkości bitowe są

różne, ramka musi być zapisana z jedną szybkością, a następnie wysłana z inną. Ten typ przełączania określa się mianem asymetrycznego. Do przełączania asymetrycznego musi być wykorzystywany tryb „store-and-forward”. Przełączanie asymetryczne zapewnia połączenia komutowane pomiędzy portami o różnych szerokościach pasma, na przykład 100 Mb/s i 1000 Mb/s. Przełączanie asymetryczne jest zoptymalizowane pod kątem ruchu generowanego przez połączenia typu klient/serwer, gdzie wiele klientów jednocześnie komunikuje się z serwerem, co wymaga zapewnienia szerszego pasma po stronie portu serwera w celu ograniczenia możliwości powstania wąskiego gardła w tym punkcie.

8.1.6 Protokół drzewa opinającego

Gdy wiele przełączników połączonych jest w ramach jednej struktury drzewiastej, wystąpienie pętli przełączania jest mało prawdopodobne. Jednak sieci komutowane są zwykle zaprojektowane tak, aby zapewnić ścieżki nadmiarowe, co ma gwarantować niezawodność i odporność na błędy. Występowanie ścieżek nadmiarowych jest pomocne, jednak zastosowanie ich może nieść za sobą niepożądane efekty uboczne. Pętla przełączania jest jednym z takich efektów. Pętla przełączania może wystąpić przez przypadek lub być konsekwencją świadomego działania. Może ona doprowadzić do burzy rozgłoszeń, która gwałtownie obejmie całą sieć. Aby zapobiec możliwości powstania pętli, przełączniki wyposażone są w oparty na standardach protokół drzewa opinającego (STP). Każdy przełącznik w sieci LAN, który wykorzystuje protokół drzewa opinającego (STP), wysyła przez każdy swój port specjalne komunikaty zwane jednostkami BPDU (ang. Bridge Protocol Data Unit), aby zakomunikować innym przełącznikom swoją obecność i umożliwić wybór mostu głównego sieci. Następnie przełączniki wykorzystują algorytm drzewa opinającego w celu identyfikacji i zamknięcia ścieżek nadmiarowych.

Każdy port przełącznika używającego algorytmu drzewa opinającego znajduje się w jednym z pięciu stanów: Blokowanie Nasłuch Zapamiętywanie Przesyłanie Wyłączony

Stany STP	Cel
Blokowanie	Otrzymywanie jednostek BPDU
Nasłuch	Tworzenie aktywnej topologii
Zapamiętywanie	Tworzenie tablicy mostowania
Przekazywanie	Wysyłanie i odbiór danych użytkowych
Wyłączony	Wyłączony administracyjnie

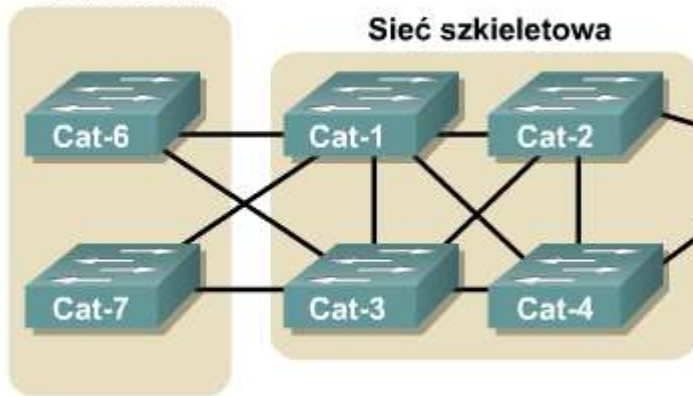
Port może przechodzić z jednego stanu do innego w następujących cyklach:

- * od inicjacji do blokowania
- * od nasłuchu do zapamiętywania lub zablokowania
- * od przesłania do zablokowania
- * od blokowania do nasłuchu lub zablokowania
- * od zapamiętywania do przesłania lub zablokowania

Wynikiem zidentyfikowania i wyeliminowania pętli z wykorzystaniem protokołu STP jest powstanie hierarchicznej struktury drzewiastej wolnej od zapętleń. Alternatywne ścieżki są jednak w dalszym ciągu dostępne i mogą być wykorzystane w razie potrzeby.

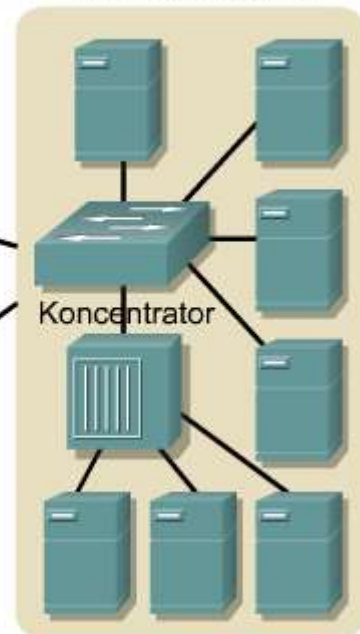
Działanie drzewa opinającego

Węzeł dystrybucji okablowania



Sieć szkieletowa

Farma serwerów



8.2 Domena kolizyjna i domena rozgłoszeniowa

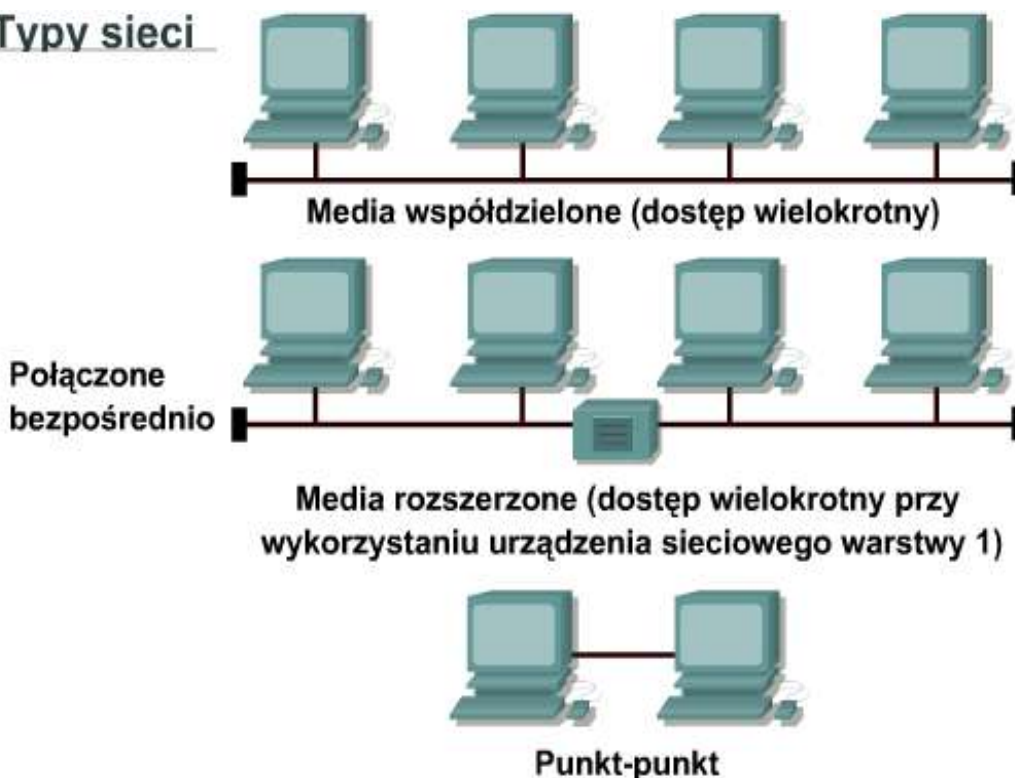
8.2.1 Środowiska ze współdzielonym medium

Przyswojenie sobie pojęcia domeny kolizyjnej wymaga zrozumienia, czym są kolizje i co je powoduje. W celu wyjaśnienia pojęcia kolizji, dokonano przeglądu mediów oraz topologii warstwy pierwszej.

Niektóre sieci są ze sobą bezpośrednio połączone i wszystkie hosty współdzielą warstwę 1. Poniżej przedstawiono przykłady:

- **Środowisko ze współdzielonym medium:** Występuje, gdy wiele hostów ma dostęp do tego samego medium. Jeśli na przykład kilka komputerów jest dołączonych do tego samego przewodu lub światłowodu to współdzielą one to samo środowisko medium.
- **Rozszerzone środowisko ze współdzielonym medium:** Jest to specjalny rodzaj środowiska ze współdzielonym medium, w którym urządzenia sieciowe mogą rozszerzyć środowisko w taki sposób, że możliwy jest wielodostęp lub większa długość połączeń kablowych.
- **Środowisko sieciowe typu punkt-punkt:** Często stosuje się je w sieciowych połączeniach telefonicznych. Jest ono najbardziej znane użytkownikom domowym. Stanowi taki typ współdzielonego środowiska sieciowego, w którym pojedyncze urządzenie jest połączone z innym pojedynczym urządzeniem (tak jak w przypadku połączenia komputera z dostawcą usług internetowych za pomocą modemu i linii telefonicznej).

Typy sieci



Umiejętność zidentyfikowania środowiska ze współdzielonym medium jest ważna, ponieważ tylko tam występują kolizje. Sieć drogowa jest przykładem współdzielonego środowiska, w którym mogą występować kolizje, ponieważ duża liczba pojazdów korzysta z tych samych dróg. Wraz ze zwiększaniem się w systemie liczby pojazdów, zwiększa się prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji. Współdzielona sieć danych jest bardzo podobna do systemu dróg. Zostały zdefiniowane reguły określające zasady dostępu do medium sieciowego, jednak czasem, ze względu na natężenie ruchu, stosowanie reguł nie wystarcza

i występują kolizje

8.2.2 Domeny kolizyjne

Domeny kolizyjne są połączonymi fizycznymi segmentami sieci, w których mogą wystąpić kolizje. Kolizje mogą sprawić, że sieć będzie działać mało wydajnie. Przy każdym wystąpieniu kolizji transmisja zatrzymywana jest na pewien czas. Długość tej przerwy jest różna i zależy od algorytmu oczekiwania w przypadku każdego urządzenia sieciowego.

Typy urządzeń, które łączą segmenty medium, wyznaczają granice domen kolizyjnych. Urządzenia te zostały zaklasyfikowane jako urządzenia warstw 1, 2 i 3 modelu OSI. Urządzenia warstwy 1 nie rozdzielają domen kolizyjnych, urządzenia warstw 2 i 3 rozdzielają domeny kolizyjne. Rozdzielanie domen kolizyjnych (zwiększanie ich liczby) przy użyciu urządzeń warstw 2 i 3 jest także znane jako segmentacja.

Podstawową funkcją urządzeń warstwy 1, takich jak wtórniki i koncentratory jest rozszerzanie segmentów kablowych sieci Ethernet. Dzięki powiększeniu sieci można dodać większą liczbę hostów. Każdy dodany host zwiększa jednak potencjalnie natężenie ruchu w sieci. Ponieważ urządzenia warstwy 1 przekazują dalej wszystkie informacje przesyłane przez medium, im intensywniejszy ruch jest generowany wewnątrz domeny kolizyjnej, tym większe jest prawdopodobieństwo kolizji. Efektem końcowym jest zmniejszona wydajność sieci. Efekt ten zostanie jeszcze spotęgowany, jeśli wszystkie komputery w tej sieci zgłoszą duże zapotrzebowanie na pasmo. Innymi słowy: urządzenia warstwy 1 rozszerzają domenę kolizyjną, lecz rozmiar sieci LAN może równocześnie zostać zbyt mocno powiększony, co zwiększy liczbę problemów dotyczących kolizji.

Według reguły czterech wtórników w sieci Ethernet, pomiędzy dwoma dowolnymi komputerami w sieci nie powinny znajdować się więcej niż cztery wtórniki lub koncentratory. Aby zapewnić prawidłowe funkcjonowanie sieci 10BASE-T z wtórnikami, czas opóźnienia w obie strony musi zawierać się w określonych granicach. W innym przypadku niektóre stacje robocze nie będą w stanie wykryć wszystkich kolizji w sieci. Reguła czterech wtórników uwzględnia opóźnienia wprowadzane przez wtórniki, opóźnienia propagacji i opóźnienia wprowadzane przez karty sieciowe. Złamanie reguły czterech wtórników może prowadzić do naruszenia granicy maksymalnego opóźnienia. Po przekroczeniu tej granicy liczba kolizji spóźnionych zwiększa się radykalnie. Kolizja spóźniona występuje po wyemitowaniu pierwszych 64 bajtów ramki. Nie jest wymagane, aby chipsety kart sieciowych podejmowały automatyczną retransmisję w przypadku wystąpienia kolizji spóźnionej. Ramki spóźnionych kolizji wprowadzają opóźnienie zwane opóźnieniem konsumpcyjnym. Kiedy zwłoka i opóźnienie konsumpcyjne wzrastają, wydajność sieci spada.

Według reguły 5-4-3-2-1 nie należy przekraczać poniższych wartości:

- Pięć segmentów medium sieciowego
- Cztery wtórniki lub koncentratory
- Trzy segmenty sieci zawierające hosty
- Dwie sekcje łączy (bez hostów)
- Jedna duża domena kolizyjna

Reguła 5-4-3-2-1 zawiera również wskazówki pozwalające utrzymać w odpowiednich granicach obustronne opóźnienia występujące w sieci współdzielonej.

8.2.3 Segmentacja

Historia rozwoju sposobów, w jaki radzono sobie z kolizjami i domenami kolizyjnymi w sieci Ethernet, sięga badań prowadzonych na Uniwersytecie Hawajskim w roku 1970. Próby stworzenia bezprzewodowego systemu komunikacyjnego dla wysp Hawajskich doprowadziły do opracowania protokołu znanego pod nazwą Aloha. Protokół Ethernet został stworzony na bazie protokołu Aloha.

Zdolność identyfikowania domen kolizyjnych jest ważną umiejętnością specjalistów sieciowych. Podłączenie kilku komputerów do pojedynczego współdzielonego medium, do którego nie są podłączone inne urządzenia sieciowe, tworzy domenę kolizyjną. Sytuacja ta powoduje ograniczenie liczby komputerów, które mogą korzystać z medium. Taki ograniczony zbiór zwany jest także segmentem. Urządzenia warstwy 1 rozszerzają domeny kolizyjne, lecz nie kontrolują ich.

Obliczanie opóźnienia transmisji w obie strony

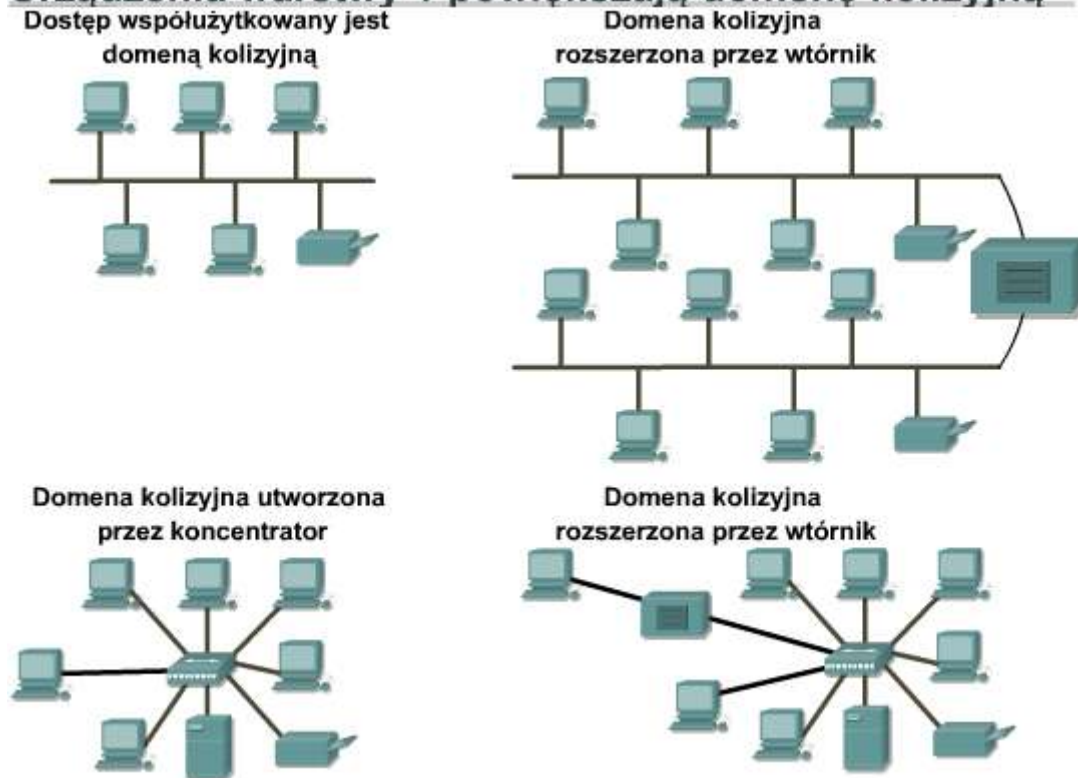
(opóźnienie wtórnika + opóźnienie okablowania + opóźnienie karty sieciowej) x 2 < maksymalnego opóźnienia transmisji w obie strony

Opóźnienie wtórnika dla sieci 10BASE-T < 2 mikrosekundy na wtórnik
Opóźnienie okablowania ~ 0,55 mikrosekundy na 100 metrów
Opóźnienie karty sieciowej ~ 1 mikrosekunda na kartę sieciową.

Maksymalne opóźnienie powrotne (czas transmisji bitu w sieciach 10BASE-T równy 0,1 mikrosekundy pomnożony przez minimalną długość ramki równą 512 bitów) wynosi 51,2 mikrosekundy.

Dla skrętki nieekranowanej o długości 500 m połączonej przez cztery wtórniki lub koncentratory oraz dwie karty sieciowe całkowite opóźnienie byłoby dużo niższe od maksymalnego opóźnienia transmisji w obie strony.

Urządzenia warstwy 1 powiększają domenę kolizyjną



Urządzenia warstwy 2 segmentują czyli dzielą domeny kolizyjne. Segmentacja ta jest prowadzona dzięki kontroli propagacji ramek dokonywanej w oparciu o adres MAC przypisany do każdego urządzenia używanego w sieci Ethernet. Urządzenia warstwy 2 — mosty i przełączniki — rejestrują adresy MAC i ich występowanie w poszczególnych segmentach. Wykonywanie tej czynności pozwala urządzeniom kontrolować ruch na poziomie warstwy 2. Dzięki tej funkcji sieci działają sprawniej, ponieważ dane mogą być przesyłane w różnych segmentach sieci LAN w tym samym czasie, nie powodując przy tym kolizji. Poprzez zastosowanie mostów i przełączników domena kolizyjna jest dzielona na mniejsze części, które stają się osobnymi domenami kolizyjnymi.

Mniejsze domeny kolizyjne zawierają mniej hostów, co powoduje mniejszy ruch niż w pierwotnej domenie kolizyjnej. Mniejsza liczba hostów znajdujących się w pojedynczej domenie kolizyjnej sprawia, że dostępność medium jest bardziej prawdopodobna. Mostowana sieć działa dobrze do momentu, gdy ruch pomiędzy segmentami połączonymi za pomocą mostów staje się zbyt duży. W tym przypadku urządzenie warstwy 2 może samo stać się wąskim gardłem spowalniającym komunikację.

Urządzenia warstwy 3, podobnie jak urządzenia warstwy 2, nie przesyłają kolizji. Z tego powodu wykorzystanie urządzeń warstwy 3 w sieci powoduje podział domen kolizyjnych na mniejsze domeny. Urządzenia warstwy 3 poza podziałem domen kolizyjnych pełnią również inne funkcje. Urządzenia warstwy 3 oraz ich funkcje będą szczegółowo opisane w części dotyczącej domen rozgłoszeniowych.

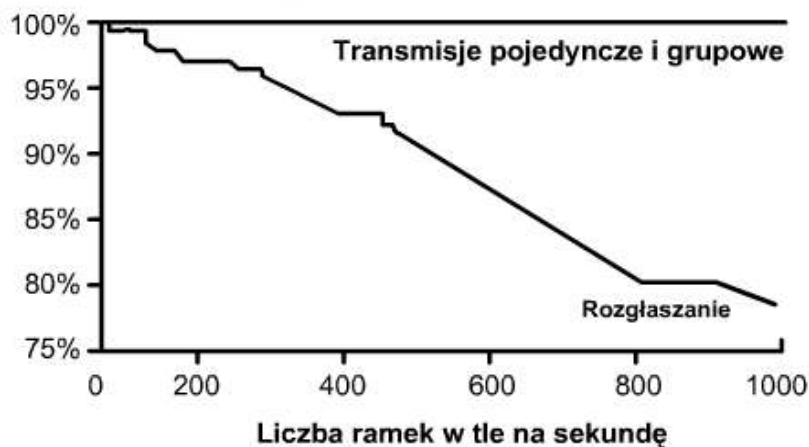
8.2.4 Rozgłaszanie w warstwie 2

Protokoły wykorzystują ramki rozgłoszeniowe i wieloemisyjne na poziomie warstwy 2 modelu OSI do komunikacji pomiędzy domenami kolizyjnymi. Kiedy węzeł ma nawiązać komunikację ze wszystkimi hostami w sieci, wysyła ramkę rozgłoszeniową z adresem odbiorcy równym 0xFFFFFFFFFFFFFFF. Ramkę z takim adresem muszą rozpoznać karty sieciowe wszystkich hostów.

Urządzenia warstwy 2 muszą rozpropagowywać ruch rozgłoszeniowy i grupowy na wszystkie porty. Sumaryczny ruch rozgłoszeniowy i grupowy generowany przez wszystkie urządzenia w sieci nazywany jest promieniowaniem rozgłoszeniowym. Zdarza się, że obieg promieniowania rozgłoszeniowego może tak nasycić sieć, że zabraknie pasma dla danych aplikacji. W tym przypadku nowe połączenia sieciowe nie mogą być ustanowione, a nawiązane już połączenia mogą zostać zerwane. Sytuacja taka jest nazywana burzą rozgłoszeniową. Prawdopodobieństwo wystąpienia burzy rozgłoszeniowej wzrasta wraz z rozrostem sieci przełączanej.

Promieniowanie rozgłoszeniowe wpływa na wydajność hostów w sieci, ponieważ karty sieciowe przerywają normalną pracę procesora, aby przetworzyć każde rozgłoszenie lub emisję grupową, którą są objęte. **Na rysunku** przedstawione są wyniki testów prowadzonych przez firmę Cisco ukazujące wpływ promieniowania rozgłoszeniowego na wydajność procesora komputera SPARCstation 2 firmy SUN wyposażonego w standardową, wbudowaną kartę sieci Ethernet. Jak wyniki pokazują, stacja robocza może zostać skutecznie zablokowana przez rozgłaszanie zalewające sieć. W skrajnych sytuacjach obserwowano szczytowe poziomy ruchu rozgłoszeniowego rzędu tysięcy rozgłoszeń na sekundę podczas burzy rozgłoszeń. Testy prowadzone w kontrolowanym środowisku sieciowym z wieloma emisjami rozgłoszeniowymi i grupowymi ukazują mierzalne obniżenie wydajności systemu

Wpływ emisji rozgłoszeń na hosty w sieci IP



zlokalizować adres MAC, który nie znajduje się w jej tablicy ARP. Pomimo że liczby pokazane na rysunku mogą wydawać się niskie, reprezentują średnią, dobrze zaprojektowaną sieć IP. Gdy ruch rozgłoszeniowy i związany z emisjami grupowymi osiąga szczyt z powodu burzy, szczytowa strata mocy procesora może być o cały rząd wielkości większa od wielkości średniej. Burze rozgłoszeniowe mogą być powodowane przez urządzenie żądające informacji od zbyt mocno rozrośniętej sieci. Urządzenie nie jest w stanie przetworzyć tak dużej liczby odpowiedzi, bądź też pierwsze żądanie wyzwala podobne żądania od innych urządzeń, co skutecznie blokuje normalny ruch w sieci.

Na przykład adres w poleceniu **telnet mumble.com** jest tłumaczony na adres IP w procesie wyszukiwania w ramach protokołu DNS. W celu zlokalizowania odpowiadającego adresu MAC rozgłaszane jest żądanie ARP. Zwykle stacje robocze IP przechowują w pamięci podręcznej w wewnętrznych tablicach ARP od 10 do 100 adresów na czas około dwóch godzin. Dla typowej stacji roboczej może to być 50 adresów w przeciągu 2 godzin, co daje 0,007 żądania ARP na sekundę. Tak więc 2000 stacji końcowych generuje około 14 żądań ARP na sekundę.

Znaczący wzrost ruchu rozgłoszeniowego może być spowodowany działaniem protokołów routingu skonfigurowanych w danej sieci. Zdarza się, że administratorzy sieci w ramach strategii nadmiarowości i dostępności konfigurują wszystkie stacje robocze, tak aby był na nich uruchomiony protokół RIP. Co 30 sekund protokół RIPv1 wykorzystuje rozgłaszanie w celu retransmisji tablic routingu do innych routerów. Jeśli działanie protokołu RIP zostałoby skonfigurowane na 2000 stacji roboczych, a przesłanie tablicy routingu wymagałoby średnio 50 pakietów, stacje robocze generowałyby 3333 rozgłoszenia na sekundę. Większość administratorów sieci konfiguruje niewielką liczbę routerów (zwykle od 5 do 10), na których ma być uruchomiony protokół RIP. 10 routerów z protokołem RIP wygenerowałoby 16 rozgłoszeń na sekundę w przypadku tablicy routingu o rozmiarze 50 pakietów.

Aplikacje z emisją grupową IP mogą niekorzystnie wpływać na wydajność dużej, dobrze skalowanej sieci przełączanej. Oprócz tego, że emisja grupowa jest wydajną metodą przesyłania strumienia danych multimedialnych do wielu użytkowników, to niestety oddziałuje ona na każdego użytkownika w sieci przełączanej. Dana aplikacja wideo operująca pakietami może wygenerować siedmiomegabajtowy strumień danych rozgłoszeniowych, który w sieci przełączanej zostałby rozesyłany do każdego segmentu, powodując wystąpienie poważnego zatoru.

8.2.5 Domeny rozgłoszeniowe

Domena rozgłoszeniowa jest zbiorem domen kolizyjnych połączonych ze sobą urządzeniami warstwy 2. Podział sieci LAN na większą liczbę domen kolizyjnych zwiększa prawdopodobieństwo uzyskania przez każdy host dostępu do medium. Prawdopodobieństwo kolizji zostaje zredukowane, a każdy host zyskuje możliwość dostępu do szerszego pasma. Jednak pakiety rozgłoszeniowe są przesyłane przez urządzenia warstwy 2 i, jeśli występują zbyt często, mogą zmniejszyć wydajność całej sieci LAN. Ponieważ urządzenia warstw 1 i 2 nie mają wpływu na emisje rozgłoszeniowe, muszą być one kontrolowane przez urządzenia warstwy 3. Całkowity rozmiar domeny rozgłoszeniowej można zidentyfikować, wyszukując wszystkie domeny kolizyjne, w których jest przetwarzana ramka rozgłoszeniowa. Innymi słowy, obejmuje ona obszar sieci ograniczony urządzeniami warstwy trzeciej. Domeny rozgłoszeniowe są kontrolowane na poziomie warstwy 3, ponieważ routery nie przesyłają rozgłoszeń. W rzeczywistości routery działają w warstwach 1, 2 oraz 3 i, tak samo jak urządzenia warstwy 1, są fizycznie podłączone do medium oraz transmitują dane za jego pośrednictwem. Dane podlegają enkapsulacji na wszystkich interfejsach i są traktowane tak samo jak w każdym innym urządzeniu warstwy 2. Routery mogą segmentować domeny rozgłoszeniowe w warstwie 3.

Żeby pakiet został przesłany przez router, musi być wcześniej przetworzony przez urządzenie warstwy 2, a informacje ramki muszą być usunięte. Przesyłanie w warstwie 3 oparte jest na adresie IP odbiorcy, a nie na adresie

przy zaledwie 100 rozgłoszeniach lub emisjach grupowych na sekundę. Najczęściej host niebędący adresatem w żaden sposób nie korzysta z przetworzenia rozgłoszenia. Host nie jest zainteresowany ogłaszaną usługą lub wie już o jej istnieniu. Wysoki poziom promieniowania rozgłoszeniowego może w zauważalny sposób obniżyć wydajność hosta. Stacje robocze, routery i aplikacje rozgłoszeniowe stanowią trzy źródła rozgłaszania i emisji grupowej w sieciach IP. Stacja robocza rozgłasza żądanie protokołu ARP za każdym razem, gdy trzeba

MAC. Aby doszło do przesłania pakietu, musi on zawierać docelowy adres IP spoza zakresu adresów przypisanych danej sieci LAN. Adres ten musi być zawarty w wewnętrznej tablicy routingu routera.

8.2.6 Wprowadzenie do przepływu danych

Pojęcie przepływu danych w kontekście domen kolizyjnych i rozgłoszeniowych obejmuje sposób, w jaki ramka rozprzestrzenia się w sieci. Dotyczy to przepływu informacji przez urządzenia warstw 1, 2 i 3 oraz sposobów efektywnej enkapsulacji danych w celu ich przesłania między warstwami.

Należy pamiętać, że proces enkapsulacji na poziomie warstwy sieciowej obejmuje adresy IP nadawcy i odbiorcy, a na poziomie warstwy łącza danych — adresy MAC nadawcy i odbiorcy.

Dobrze jest zapamiętać, że urządzenia warstwy 1 zawsze przekazują, natomiast urządzenia warstwy 2 „chcą” przekazać ramkę. Innymi słowy, urządzenie warstwy 2 przekaże ramkę, chyba że zaistnieją określone okoliczności. Urządzenie warstwy 3 nie przekaże ramki, jeśli nie zaistnieje taka potrzeba. Zastosowanie tej reguły pomoże zrozumieć, w jaki sposób dane są przesyłane przez sieć.

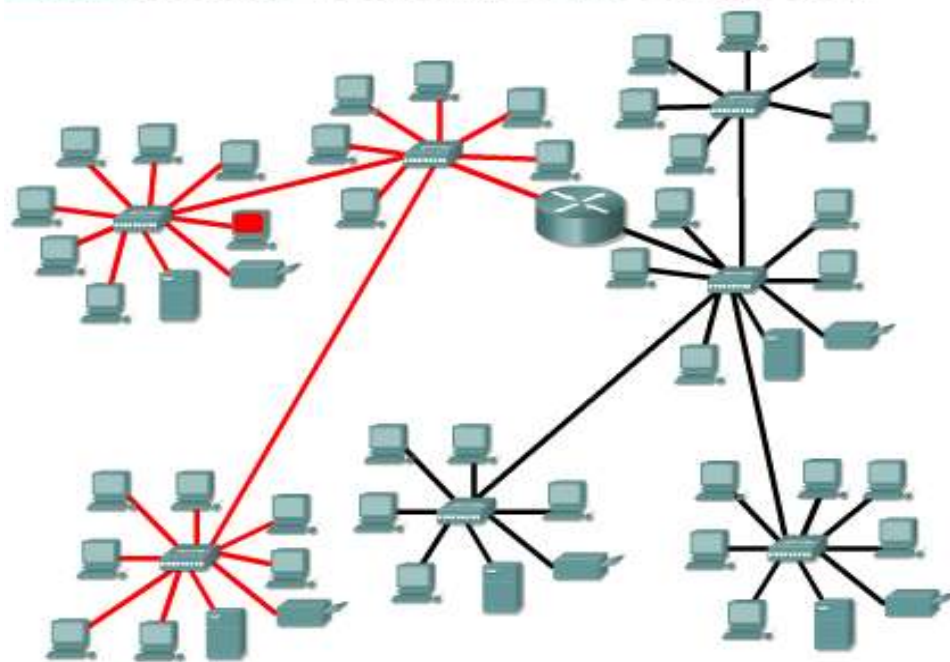
Urządzenia warstwy 1 nie filtrują danych, więc wszystkie odebrane dane są przekazywane do następnego segmentu. Zwracana ramka poddawana jest procesom regeneracji i synchronizacji, które przywracają jej początkową jakość. Wszystkie segmenty połączone za pośrednictwem urządzeń warstwy 1 stanowią tę samą domenę kolizyjną i rozgłoszeniową.

Urządzenia warstwy 2 filtrują ramki w oparciu o adres MAC odbiorcy. Ramka jest przekazywana, jeśli jest kierowana do nieznanego odbiorcy poza domeną kolizyjną. Ramka zostanie przekazana także w przypadku, gdy jest częścią transmisji grupowej, pojedynczej lub rozgłoszeniowej kierowanej poza lokalną domenę kolizyjną. Urządzenie warstwy 2 nie przekaże ramki tylko w przypadku, gdy zostanie stwierdzone, że host nadawcy i odbiorcy znajdują się w tej samej domenie kolizyjnej. Urządzenie warstwy 2, takie jak most, tworzy wiele domen kolizyjnych, lecz utrzymuje pojedynczą domenę rozgłoszeniową.

Urządzenia warstwy 3 filtrują pakiety danych w oparciu o adres IP odbiorcy. Pakiet zostanie przesłany tylko w przypadku, gdy adres IP odbiorcy znajduje się poza domeną rozgłoszeniową, a router zidentyfikował miejsce, do którego pakiet ma zostać skierowany. Urządzenia warstwy 3 tworzą wiele domen kolizyjnych i rozgłoszeniowych.

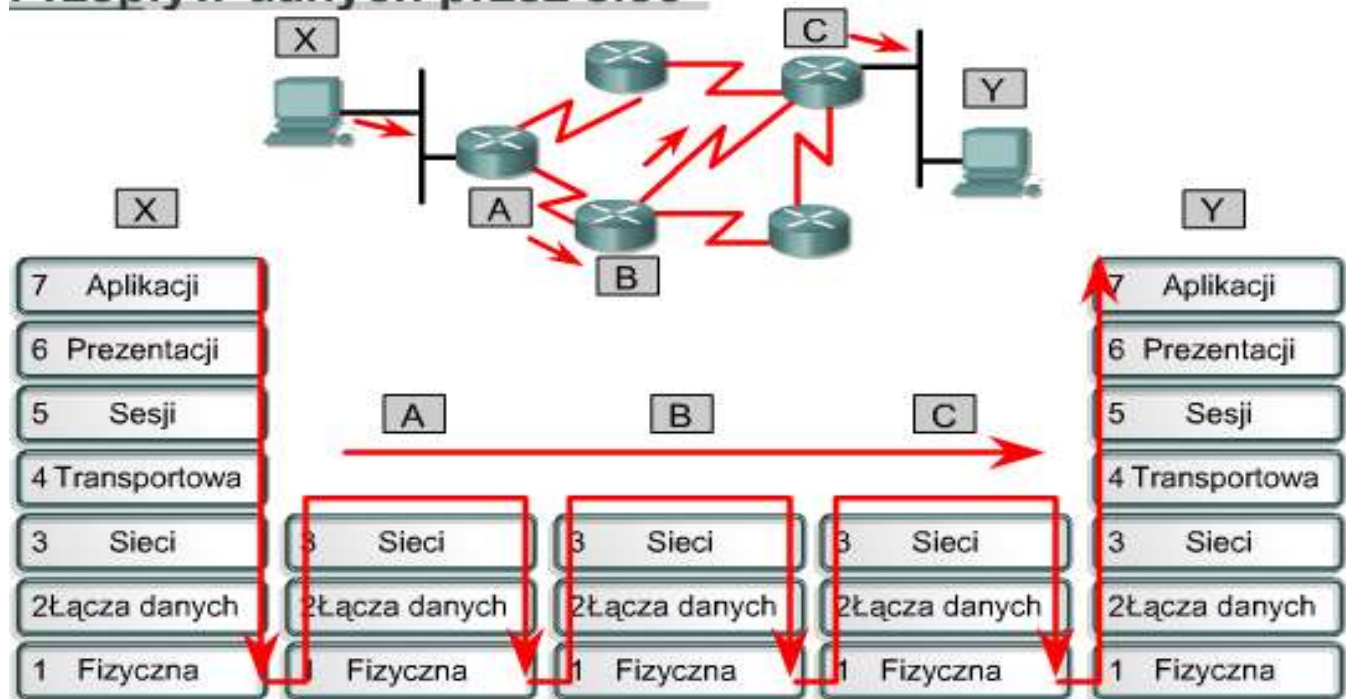
Przepływ danych przez routowaną sieć IP wymaga przesyłania informacji pomiędzy urządzeniami zarządzającymi ruchem w warstwach 1, 2 i 3 modelu OSI. Warstwę 1 wykorzystuje się do transmitowania danych w medium fizycznym, warstwa 2 służy do zarządzania domenami kolizyjnymi, natomiast warstwa 3 do zarządzania domenami rozgłoszeniowymi.

Segmentacja domeny rozgłoszeniowej



Użycie routera w miejsce urządzenia mostującego blokuje zgłaszanie w warstwie drugiej. Urządzenia warstwy trzeciej są jedynymi urządzeniami powstrzymującymi rozgłaszanie.

Przepływ danych przez sieć



Przepływ danych w sieci skupia się na pierwszej, drugiej i trzeciej warstwie modelu OSI. Dzieje się to po nadaniu przez hosta wysyłającego i przed odebraniem przez hosta odbierającego.

8.2.7 Czym jest segment sieci?

Tak jak wiele innych pojęć i skrótów, słowo segment ma wiele znaczeń. Słownikowa definicja tego pojęcia brzmi:

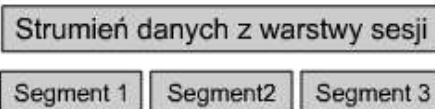
- oddzielna część czegoś
- jedna z części, na które jest lub mogłaby być podzielona jednostka lub zbiór

W przypadku transmisji danych używa się następujących definicji:

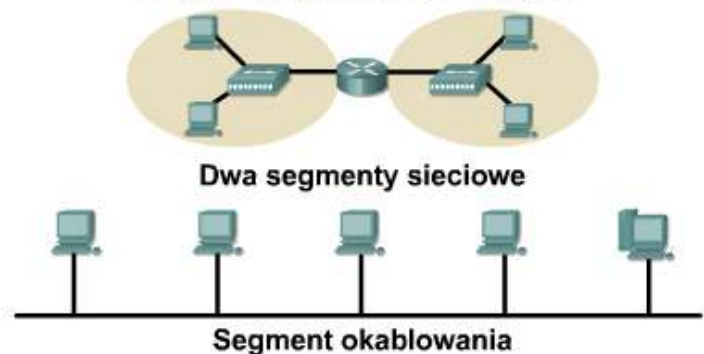
- Sekcja sieci, której granice wyznaczają mosty, routery lub przełączniki.
- W sieci LAN o topologii magistrali segment jest ciągłym odcinkiem obwodu elektrycznego często połączonym z innymi podobnymi segmentami przy użyciu wtórników.
- Pojęcie używane w specyfikacji protokołu TCP do opisu pojedynczej jednostki informacji w warstwie transportowej. Do opisu logicznych grup informacji na różnych poziomach modelu odniesienia OSI służą również pojęcia: *datagram*, *ramka*, *komunikat* i *paket*. Są one używane w różnych środowiskach technicznych.

Aby poprawnie zdefiniować pojęcie segmentu, należy podać kontekst, w jakim używane jest to słowo. Jeśli słowo segment jest używane w kontekście protokołu TCP, określa ono oddzielną porcję danych. Jeśli natomiast jest użyte w kontekście fizycznego medium sieciowego w sieci routowanej, oznacza jedną z części lub sekcji składających się na całą sieć.

Segmenty



Segmentacja strumienia danych



Wyróżnia się różne typy segmentów sieci komputerowych. Znaczenie pojęcia segment zależy od kontekstu danego zdania.

Podsumowanie

- Trzy najczęściej stosowane przełączania to: store-and-forward, cut-through oraz fragment-free.
- Protokół drzewa opinającego stosowany jest w celu unikania i eliminowania pętli w sieci.
- Urządzenia warstwy 1 nie dzielą domen kolizyjnych.
- Urządzenia warstwy 2 i 3 dzielą domeny kolizyjne.
- Urządzenia warstwy 1 i 2 nie blokują rozgłaszania.