

Warstwa łączy danych

Standardy stosowane
w sieciach lokalnych

Zadania warstwy łączy danych

- Zapewnienie protokołu dostępu do łącza pozwalającego na poprawną transmisję danych
- Formowanie i transmisja **ramek**
- Zapewnienie **adresacji**
- Wykrywanie i ewentualne korygowanie błędów warstwy fizycznej

Sieci lokalne

- Mała rozległość (do kilku kilometrów)
- Wymagana duża przepustowość (nawet do 1 Gb/s)
- Wykorzystywane topologie:
 - szyna
 - gwiazda, rozszerzona gwiazda
 - pierścień
- Stosowane media:
 - kable miedziane
 - światłowody (wielomodowe)
 - krótkozasięgowa łączność bezprzewodowa

Standardy sieci lokalnych

- Standardy serii IEEE 802 dotyczą protokołów warstwy drugiej w sieciach lokalnych
 - 802.3 Ethernet
 - 802.4 Token Bus
 - 802.5 Token Ring
 - 802.11 Wireless LAN (WLAN)
 - 802.15 PAN (Bluetooth + ZigBee)

Topologie sieci lokalnych



- magistrala (bus)
 - wszystkie urządzenia połączone bezpośrednio
 - wysłany sygnał jest odbierany przez wszystkich



- pierścień (ring)
 - otrzymywanie informacji od poprzednika
 - wysyłanie informacji do następnego urządzenia
 - czasami pierścień jest podwójny (FDDI)



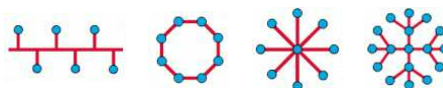
- gwiazda (star)
 - przepływ informacji przez centralne urządzenie



- rozszerzona gwiazda (extended star)
 - rozbudowana hierarchia
 - oszczędniejsze okablowanie

Topologie sieci lokalnych, cd.

- Topologia logiczna a fizyczna
 - fizyczna: jak urządzenia są połączone
 - logiczna: jak propaguje się informacja
- Wady i zalety poszczególnych topologii
 - niezawodność
 - koszt
 - sposób prowadzenia transmisji



Topologie sieci lokalnych, cd.

- Ethernet
 - fizycznie magistrala lub (rozszerzona) gwiazda
 - logicznie magistrala
- Token Ring
 - fizycznie gwiazda lub pierścień
 - logicznie pierścień
- FDDI
 - fizycznie podwójny pierścień
 - logicznie gwiazda

Ramka

- Porcja danych przesyłana przez sieć jako całość
- Typowe pola w ramce sieci LAN
 - znacznik początku i końca ramki
 - adres nadawcy i odbiorcy
 - informacja o typie lub długości ramki
 - pole danych
 - suma kontrolna
- Poszczególne standardy określają własną minimalną i maksymalną długość ramki
 - MTU (Maximum Transmission Unit) – maksymalna długość pola danych ramki warstwy łącza danych

Network Interface Card (NIC)

- Urządzenie pracujące w warstwie [pierwszej i] drugiej modelu OSI/ISO
 - [zapewnia dostęp do medium w określonym standardzie]
 - zajmuje się formowaniem ramek, obsługuje określony protokół warstwy łącza danych
 - posiada (najczęściej niezmienny) adres MAC
- Połączone z urządzeniem sieciowym poprzez jego magistralę

Adresacja w sieciach LAN

- Każde urządzenie NIC ma swój unikalny adres
- Adresy są na stałe związane z interfejsem sieciowym
- Adresacja płaska, bez hierarchii
 - słaba skalowalność
 - niemożliwy routing
- Najczęściej długość 48 bitów, na ogół zapisywane w postaci 12:34:34:56:AA:DC
- Rodzaje adresów
 - *unicast*: adres konkretnego hosta
 - *multicast*: adres grupy hostów
 - *broadcast*: adres wszystkich hostów

Adresacja w sieciach LAN

- Adresy *unicast* składają się z dwóch części
 - 24 bity rozdzielane rozdzielane przez IEEE
 - oznaczają producenta (np. 00:00:0C oznacza Cisco);
 - OUI (Organizationally Unique Identifier)
 - pozostałe 24 bity w gestii wytwórcy
 - to zapewnia unikalność w skali globalnej
- Ilość adresów jest wystarczająca

```
[root@pink root]# ifconfig -a
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:04:75:EE:AC:B2
          inet addr:149.156.97.26  Bcast:149.156.97.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:141084 errors:0 dropped:0 overruns:1 frame:0
          TX packets:3443 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:100
          RX bytes:19973710 (19.0 Mb)  TX bytes:253247 (247.3 Kb)
          Interrupt:9 Base address:0xb800

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
          RX packets:58 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:58 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:7132 (6.9 Kb)  TX bytes:7132 (6.9 Kb)
```

```
Karta Ethernet  Połączenie lokalne:
Sufiko DNS konkretnego połączenia:local.pl
Opis . . . . . : Karta Realtek RTL8139(A)-based PCI Fast Eth
ernet Adapter
Adres fizyczny. . . . . : 00-30-4F-16-F3-80
DHCP włączono . . . . . : tak
Automatyczna konfiguracja włączona . . . . . : tak
Adres IP . . . . . : 192.168.3.4
Maska podsieci . . . . . : 255.255.255.0
Brana domyślna. . . . . : 192.168.3.1
Serwer DHCP . . . . . : 192.168.1.1
Serwery DNS . . . . . : 195.225.248.48
                          195.225.248.8
Podstawowy serwer WINS. . . . . : 127.0.0.1
Dierżawa uzyskana. . . . . : 3 października 2004 14:35:19
Dzierżawa wygasa . . . . . : 4 października 2004 02:35:19
```

```
iris:~> ifconfig -a
lo0: flags=1000843<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST,IPv4> mtu 8232 index 1
     inet 127.0.0.1 netmask ffffffff
eri0: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4> mtu 1500 index 2
     inet 149.156.97.17 netmask ffffff00 broadcast 149.156.97.255
lo0: flags=2000849<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST,IPv6> mtu 8252 index 1
     inet6::1/128
eri0: flags=2000841<UP,RUNNING,MULTICAST,IPv6> mtu 1500 index 2
     inet6 fe80::203:baff:fe21:85b5/10
eri0:1: flags=2080841<UP,RUNNING,MULTICAST,ADDRCONF,IPv6> mtu 1500 index 2
     inet6 2001:6d8:0:1001:203:baff:fe21:85b5/64
```

Pytania kontrolne

- ? Czy rozumiem pojęcie topologii sieci?
- ? Czy rozumiem zalety i wady poszczególnych topologii?
- ? Czy rozumiem pojęcie ramki i jej pól?
- ? Czy znam trzy podstawowe typy adresów?
- ? Czy znam cechy, zalety i wady adresacji MAC?

Standardy LAN Ethernet

Postać ramki
Protokół CSMA/CD

Protokoły dostępu do medium

NIEDETERMINISTYCZNY

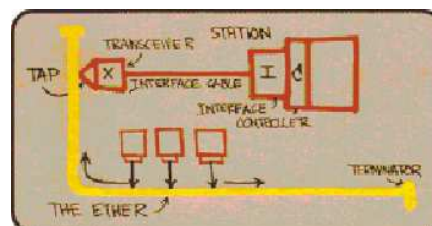
- stacja nadaje, gdy łącze jest wolne
- rywalizacyjny
- problem z wielodostępem do medium
- każda stacja jest równouprawniona
- dobry do zastosowań biurowych
- np. Ethernet

DETERMINISTYCZNY

- stacja nadaje, gdy nadejdzie kolejność
- np. tokenowy
- problem z zarządzaniem kolejnością
- można wprowadzać priorytety
- dobry do zastosowań przemysłowych
- np. Token Ring, Token Bus, FDDI

Ethernet – krótka historia

- Opracowany w laboratoriach firmy Xerox w roku 1973
 - Robert Metcalfe
 - U.S. Patent #4063220
 - początkowo 3Mb/s
- Oparty o koncepcje sieci Aloha
- Opublikowany przez IEEE w 1980 pod nazwą 802.3
- Specyfikacja Ethernet II opracowana nieco później (1982) przez firmy DEC-Intel-Xerox (DIX)
- Intensywnie rozwijany: Fast Ethernet, Gigabit Ethernet



Ramka Ethernet i 802.3

PREAMBUŁA	ZNACZNIK POCZĄTKU RAMKI	ADRES DOCELOWY	ADRES ŹRÓDŁOWY	TYP albo DŁUGOŚĆ	DANE	SUMA KONTROLNA
7 B	1 B	6 B	6 B	2 B	46 - 1500 B	4 B

Ramka Ethernet i 802.3

PREAMBUŁA	ZNACZNIK POCZĄTKU RAMKI	ADRES DOCELOWY	ADRES ŹRÓDŁOWY	TYP albo DŁUGOŚĆ	DANE	SUMA KONTROLNA
7 B	1 B	6 B	6 B	2 B	46 - 1500 B	4 B

- Służy do synchronizacji bitowej
- Pozwala interfejsowi odbierającemu przygotować się do odbioru danych
- Naprzemiennie 1 i 0

W standardzie Ethernet 10 Mb/s używa się kodowania Manchester

Ramka Ethernet i 802.3

PREAMBUŁA	ZNACZNIK POCZĄTKU RAMKI	ADRES DOCELOWY	ADRES ŹRÓDŁOWY	TYP albo DŁUGOŚĆ	DANE	SUMA KONTROLNA
7 B	1 B	6 B	6 B	2 B	46 - 1500 B	4 B

- Służy do synchronizacji bajtowej
- Postać 10101011

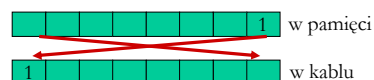
Ramka Ethernet i 802.3

PREAMBUŁA	ZNACZNIK POCZĄTKU RAMKI	ADRES DOCELOWY	ADRES ŹRÓDŁOWY	TYP albo DŁUGOŚĆ	DANE	SUMA KONTROLNA
7 B	1 B	6 B	6 B	2 B	46 - 1500 B	4 B

- Adres pojedynczego hosta (*unicast*)
- Adres rozgłoszeniowy (*broadcast*) FF:FF:FF:FF:FF:FF
- Adres grupowy (*multicast*): najmłodszy bit najstarszego bajtu musi być równy 1, jednak ponieważ w czasie transmisji bity w bajcie są odwrócone, „w kablu” pierwszym bitem musi być 1

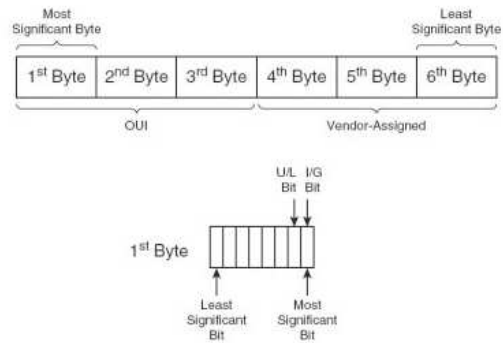
Zadanie:

Podaj po kilka przykładów adresów każdego typu



Przykład multicast

- multicast MAC
 - 0100.CCCC.DDDD
 - 0900.AAAA.BBBB
- unicast MAC
 - 0001.4455.6677
 - 0800.2233.4455



Ramka Ethernet i 802.3

PREAMBUŁA	ZNACZNIK POCZĄTKU RAMKI	ADRES DOCELOWY	ADRES ŹRÓDŁOWY	TYP albo DŁUGOŚĆ	DANE	SUMA KONTROLNA
7 B	1 B	6 B	6 B	2 B	46 - 1500 B	4 B

- Tylko i wyłącznie adres typu *unicast*

Ramka Ethernet i 802.3

PREAMBUŁA	ZNACZNIK POCZĄTKU RAMKI	ADRES DOCELOWY	ADRES ŹRÓDŁOWY	TYP albo DŁUGOŚĆ	DANE	SUMA KONTROLNA
7 B	1 B	6 B	6 B	2 B	46 - 1500 B	4 B

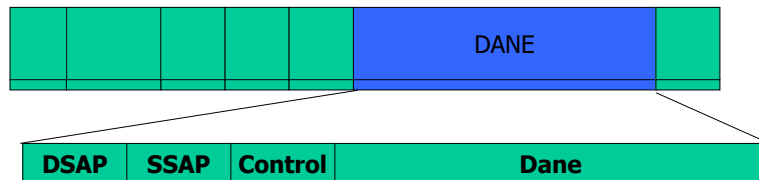
- W standardzie DIX - typ ramki zawartej w polu dane (np. 0x0800 oznacza IP)
- W standardzie IEEE
 - długość pola danych (gdy wartość mniejsza niż 1518)
 - typ (gdy wartość większa niż 1536 - 0x0600)

Ramka Ethernet i 802.3

PREAMBUŁA	ZNACZNIK POCZĄTKU RAMKI	ADRES DOCELOWY	ADRES ŹRÓDŁOWY	TYP albo DŁUGOŚĆ	DANE	SUMA KONTROLNA
7 B	1 B	6 B	6 B	2 B	46 - 1500 B	4 B

- Długość pola danych musi wynosić co najmniej 46 B. Gdy danych do wysłania jest mniej a pole typ/długość:
 - zawiera **długość** – pozostałe bajty to dopełnienie (**pad**)
 - zawiera **typ** – pozostałe bajty są dowolne i warstwa wyższa musi wiedzieć, ile bajtów to właściwe dane
- Standard IEEE 802.2 zakłada dalszy podział tego pola

Pole danych w standardzie IEEE 802.2



- DSAP (Destination Service Access Point), 1 B – kod protokołu warstwy wyższej, do którego mają trafić dane
- SSAP (Source Service Access Point), 1 B – kod protokołu warstwy wyższej, z którego pochodzą dane
- Control, 1-2 B
- Dane (wraz z ewentualnym wypełnieniem), wartość zapewniająca minimalną długość całego pola danych (46 B)

Ramka Ethernet i 802.3

PREambuła	Znacznik Początku Ramki	Adres Docelowy	Adres Źródłowy	Typ albo Długość	DANE	SUMA Kontrolna
7 B	1 B	6 B	6 B	2 B	46 - 1500 B	4 B

- ang. FCS - *frame check sequence*, używa się metody **CRC**
- Obliczana przy nadawaniu ramki na podstawie adresów, pola typ/długość i pola danych
- Ponownie obliczana przy odbiorze i porównywana z zawartą w ramce - jeśli się różnią, **ramka jest pomijana**

Cyclic Redundancy Check

$X(m)$	$Y(r)$
--------	--------

+ wielomian generacyjny G
stopnia r

- X traktuje się jak współczynniki kolejnych wyrazów wielomianu $W(x)$ stopnia $m-1$
- Y traktuje się jako współczynniki wielomianu będącego resztą z dzielenia wielomianu $W(x)$ przez wielomian generacyjny $G(x)$ stopnia r
- Dla sieci lokalnych $G(x)$ jest stopnia 32, w zapisie binarnym 10000010011000001000111011011011
- Ten wielomian gwarantuje:
 - wykrycie wszystkich błędów seryjnych o długości serii do 32
 - prawdopodobieństwo niewykrycia błędu seryjnego o długości serii większej niż 32 wynosi $2 \cdot 10^{-10}$
- Mechanizm CRC pozwala także na korekcję błędów, ale w sieciach lokalnych nie jest to stosowane

CSMA/CD

Carrier Sense
Multiple Access
with
Collision Detection

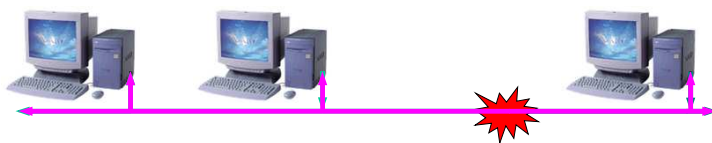


Carrier Sense

- Każda stacja cały czas monitoruje medium
 - gdy medium jest zajęte, nie może nadawać
 - gdy medium się zwolni, odczeka pewien czas (IFG) i rozpoczyna transmisję ramki
- Między kolejnymi ramkami musi wystąpić odstęp równy co najmniej IFG ($9,6 \mu s$ w sieci Ethernet 10 Mb/s)

Multiple Access

- Każda stacja, która stwierdzi, że medium jest wolne może rozpocząć transmisję
- Z powodu skończonej szybkości rozchodzenia się sygnału możliwa (*i dopuszczalna*) jest sytuacja, kiedy kilka stacji będzie nadawało równocześnie
- → wystąpi kolizja



Collision Detection

- Po stwierdzeniu wystąpienia kolizji
 - ewentualne dokończenie transmisji preambuły
 - wysłanie tzw. **sekwencji zagłuszającej** (ang. *jam sequence*) o czasie trwania równym czasowi wysłania 32 bitów ułatwiającej zauważenie kolizji przez pozostałe stacje
 - zaprzestanie nadawania
 - odczekaniu losowego odstępu czasu (zgodnie z algorytmem *exponential backoff*)
 - ponowienie próby wysłania ramki
- W ten sposób postępują wszystkie stacje uczestniczące w kolizji
- W poprawnie zbudowanej i działającej sieci kolizja nie może wystąpić po wysłaniu więcej niż 64 B ramki (wiąże się to z wielkością **szczeliny czasowej**)

Rozległość sieci Ethernet

- Założenie 1: ramka nie może w całości „opuścić” stacji nadającej ją dopóki nie będzie pewności, że nie wystąpi kolizja
- Założenie 2: minimalna całkowita długość ramki to 64 B (512 bitów)
- Czas wysyłania tych 512 bitów (=szczelina czasowa) musi wystarczyć na wykrycie i wymuszenie kolizji w systemie o maksymalnej dopuszczonej wielkości
- Chcemy znaleźć wielkość tego systemu

Rozległość sieci Ethernet, cd.

- Czynniki do wzięcia pod uwagę
 - czas propagacji RTT + opóźnienia w przetwarzaniu
 - szybkość propagacji sygnału ok. 200 000 km/s
 - czas wysłania tej ramki – w sieci Ethernet 10 Mb/s: 51,2 μ s.
- Maksymalna rozległość fizycznego segmentu sieci Ethernet 10 Mb/s – ok. 2800 m.
 - UWAGA: urządzenia warstwy pierwszej wnoszą niezerowe opóźnienie!

Znaczenie szczeliny czasowej

- Minimalny czas transmisji ramki musi wynosić co najmniej 1 ST (slot time)
- Czas propagacji informacji o wystąpieniu kolizji musi być mniejszy niż 1 ST
- Szczelina czasowa jest podstawową jednostką w algorytmie *backoff*

Algorytm wznowienia transmisji (*exponential backoff*)

- Każda ze stacji uczestniczących w kolizji ponawia próbę wysłania ramki
- Stacje niezależnie od siebie losują czas oczekiwania ***r*** (wyrażony w szczelinach czasowych) na retransmisję
- Stosowany algorytm:
 $0 \leq r < 2^k$, gdzie $k = \min(n, 10)$; n = numer próby, $n < 16$
- Gdy nie powiedzie się **15 kolejnych prób**, zaprzestaje się transmisji i generowany jest komunikat do warstwy wyższej
- Taka konstrukcja algorytmu preferuje stacje, które miały mniejszą ilość nieudanych prób

Jakie ramki są odbierane przez NIC?

- NIC decyduje o odebraniu lub nieodebraniu danej ramki na podstawie jej adresu docelowego. Odbiera następujące ramki:
 - adres przeznaczenia jest równy własnemu adresowi MAC
 - adres przeznaczenia jest adresem rozgłoszeniowym
 - adres przeznaczenia należy do zbioru adresów grupowych, którymi stacja jest zainteresowana
- Decyzja o postąpieniu z daną ramką jest podejmowana:
 - po przeczytaniu całej ramki i sprawdzeniu sumy kontrolnej (najczęściej)
 - mostki lub inne urządzenia: niekiedy zaraz po przeczytaniu adresu docelowego
- Pewne urządzenia sieciowe (np. mostki) działają w tzw. **trybie *promiscuous*** odbierając wszystkie ramki

Standardy LAN

Token Ring

Ogólne informacje
Założenia protokołu
Algorytm transmisji i odbioru ramek

Informacje ogólne

- Standard opracowany przez IBM w latach siedemdziesiątych
- Specyfikacja IEEE 802.5 niemal identyczna z Token Ring (1984r.)
- Pojęcie Token Ring zazwyczaj oznacza i standard IBM, i 802.5
- Odmiany standardu
 - 4 Mb/s i 16 Mb/s
 - HSTR (High Speed Token Ring) - 100 Mb/s, opracowany na podstawie standardu 100Base-TX
- Medium transmisyjne: skrętka (zazwyczaj STP)
- Do 260 stacji w segmencie

Topologia sieci

- Topologia fizyczna
 - początkowo pierścień
 - każda stacja ma następnika i poprzednika
 - transmisja jednokierunkowa
 - obecnie gwiazda
 - koncentrator MSAU - MultiStation Access Unit
 - koncentrator ma możliwość detekcji nieaktywnej stacji
- Topologia logiczna: pierścień
- Rozszerzenie: DTR (Dedicated Token Ring) – wykorzystanie techniki przełączania

Protokół

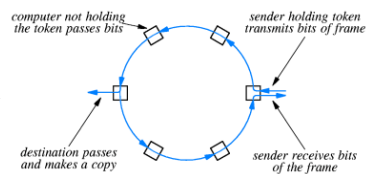
- Metoda dostępu do łącza: **Token Passing**
- Do prowadzenia transmisji niezbędne jest posiadanie uprawnienia (**token**)
- Brak kolizji
- Determinizm sieci

Uprawnienie do transmisji

- Token to specjalna ramka
- Krąży po sieci od stacji do stacji
- Gdy stacja ma do wysłania dane, przechwytuje token i zamienia go na ramkę danych
- Po otrzymaniu ramki z powrotem i zakończeniu nadawania stacja wysyła token do sieci

Prowadzenie transmisji

- Stacja otrzymująca ramkę:
 - kopiuje jej zawartość do bufora
 - wysyła do sieci ewentualnie modyfikując jej zawartość.
 - Stacja, która wysłała tę ramkę usuwa ją z sieci.
 - po stwierdzeniu, że ramka nie była kierowana do tej stacji, usuwa ją ona z bufora
- W czasie trwania transmisji możliwa jest modyfikacja ramki przez stacje z pierścienia
 - potwierdzenie rozpoznania ramki
 - rezerwacja tokenu



Priorytety

- Ramka krąży od nadawcy do nadawcy
- W trakcie obiegu może się odbywać rezerwacja tokenu przez inne stacje
- Priorytet z ramki przeznaczonej do wysłania jest przepisywany do tokenu
- Na priorytet przeznaczone są trzy bity
 - typy ramek mają ustalone priorytety
 - najwyższy (111) zarezerwowany jest dla zarządzania siecią

Format tokenu i ramki danych

SD	AC	ED
----	----	----

SD	AC	FC	DA	SA	INFO	FCS	ED	FS
----	----	----	----	----	------	-----	----	----

- SD (start delimiter) - 1 B
- ED (end delimiter) - 1 B
 - jeden bit wskazuje czy dana ramka jest ostatnią w serii
 - jeden bit określa, czy wystąpił błąd; ustawiany przez pośrednie stacje
- AC (access control) - 1 B
 - trzy bity na priorytet
 - jeden bit określa czy ramka jest tokenem
 - trzy bity rezerwacji (R) pozwalające stacjom posiadającym ramki o wyższym priorytecie „zamówić” token
 - jeden bit używany przez monitor sieci

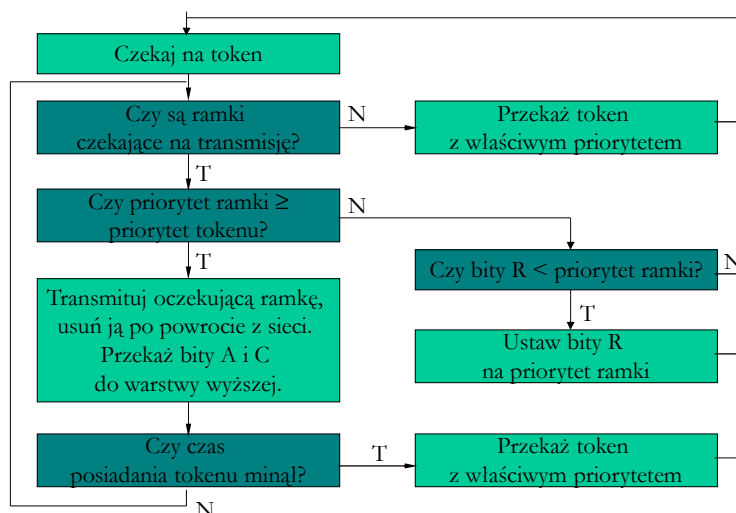
Format tokenu i ramki danych

SD	AC	ED
----	----	----

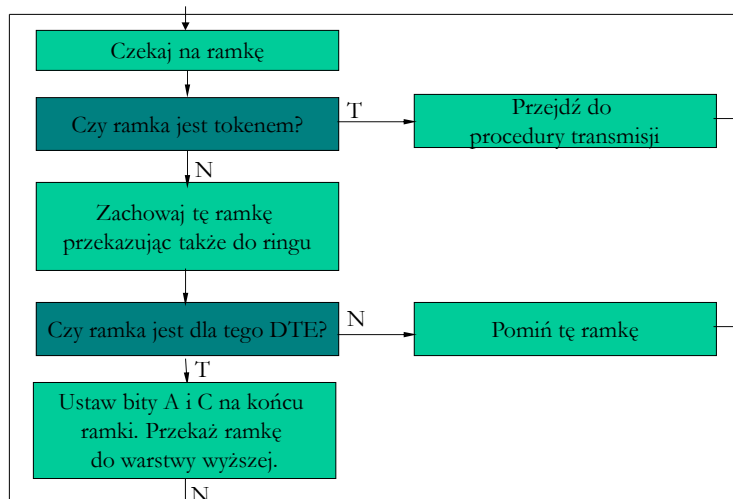
SD	AC	FC	DA	SA	INFO	FCS	ED	FS
----	----	----	----	----	------	-----	----	----

- FC (frame control) dane czy informacja kontrolna (typ) - 1 B
- DA (destination address) - 6 B
- SA (source address) - 6 B
- INFO – do 4332 B (4Mb/s) lub do 17832 B (16Mb/s), dane użytkownika
- FCS – 4 B, suma kontrolna
- FS (frame status) – 4B, określa status ramki
 - pole A (address recognized) ustawiane przez stację(e/e), która(a/e) rozpoznała(a/y) adres
 - pole C (frame copied) ustawiane przez stację(e/e), która(a/e) skopiowała(a/y) ramkę

Procedura wysyłania danych



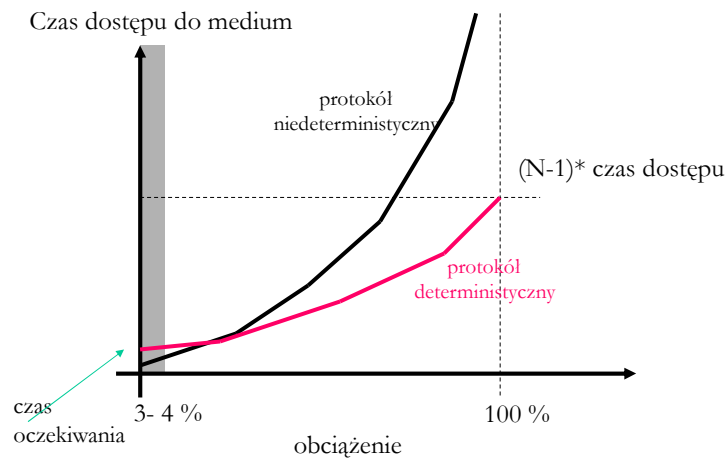
Procedura odbioru danych



Zarządzanie pierścieniem

- Aktywne stacje muszą nieustannie monitorować działanie sieci by w razie problemów odbudować ją
- Istnieje wiele (do 42 (!)) typów ramek służących do zarządzania pierścieniem
- Najważniejszą stacją jest **monitor sieci**
 - w danym momencie jest tylko jeden monitor aktywny (Active Monitor), reszta stacji to monitory oczekujące (Standby Monitor)
 - zapewnia przestrzeganie reguł protokołu
 - reaguje w przypadku wystąpienia problemów (zniknięcie tokenu, krążenie ramek w sieci, itp.)
- Inne funkcje: monitor błędów pierścienia, serwer raportu konfiguracji, serwer parametrów pierścienia

Ethernet a Token Ring



Podsumowanie

- Wysoki determinizm
- Istnienie priorytetów
- Lepszy w zastosowaniach czasu rzeczywistego
- Bardzo duża złożoność
- Trudny w administrowaniu
- Mało popularny
- Słabo rozwijany

Standardy LAN

Wireless LAN (WLAN)

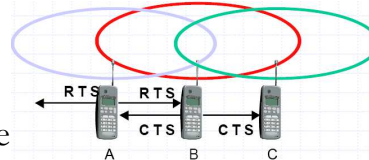
Ogólne informacje
Protokół dostępu do medium

Informacje ogólne

- Standard bezprzewodowej sieci lokalnej
- Opracowany przez IEEE dla domowego i biurowego użytku
- Prace od 1990, jako standard zaakceptowany w 1997
- Wiele odmian
 - 802.11a – 5,0 GHz, do 54 Mb/s, 1999 r.
 - 802.11b – 2,4 GHz (ISM), do 11 Mb/s, 1999 r.
 - 802.11g – 2,4 GHz (ISM), do 54 Mb/s, 2003 r.
 - 802.11n – 2,4/5,0 GHz, do 600 Mb/s, 2009 r.
 - 802.11ac ...
- Złożone metody kodowania: FHSS, DSSS, HR-DSSS, OFDM
- Praca w dwóch trybach:
 - **ad hoc** (peer-to-peer)
 - **infrastructure** (z punktem dostępowym – access point)

Protokół dostępu do medium – CSMA/CA

- Wykrywanie kolizji w środowisku radiowym jest trudne (tzw. *hidden node problem*)



- CSMA with Collision Avoidance
 - monitorowanie łącza, wielodostęp
 - „zamawianie pasma” – RTS i CTS (Request to Send, Clear To Send)
 - potwierdzanie otrzymania ramek (ACK)

Grafika: <http://www.coe.montana.edu/ce/rwolff/EE543-05/Lectures fall05/class 1 MAC 80211.pdf>www.cci.co.za/products

Rozszerzenia standardu Ethernet

Zarysowanie problemów
Stosowane media
Maksymalne rozległości sieci Ethernet

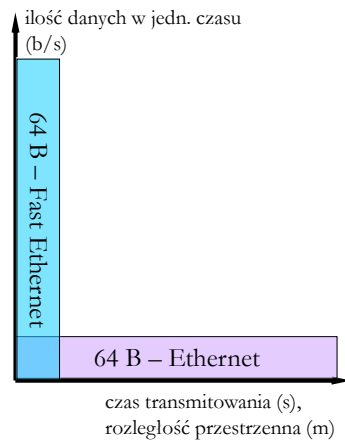
„Szybsze” wersje standardu Ethernet

- Fast Ethernet
 - 100 Mb/s
 - formalnie zaakceptowany w 1995 r.
- Gigabit Ethernet
 - formalnie zaakceptowany w 1995 r.
- 10 Gigabit Ethernet
- Możliwa współpraca pomiędzy standardami: autonegocjacja

„Szybsze” wersje standardu Ethernet

- Dwa główne problemy:
 - zapewnienie, aby sprzęt sieciowy i medium transmisyjne były w stanie obsłużyć szybszą transmisję
 - zapewnienie spełnienia wymagań istniejącego protokołu dostępu do medium (CSMA/CD)
- **ad 1.** To zależy jedynie od postępu technicznego
- **ad 2.** Z założeń standardu Ethernet wynika związek pomiędzy minimalną długością ramki, a rozległością fizycznego segmentu sieci. Ponieważ dane są wysyłane szybciej, trzeba:
 - albo zwiększyć minimalną długość ramki
 - albo zmniejszyć rozległość sieci

„Szybsze” wersje standardu Ethernet



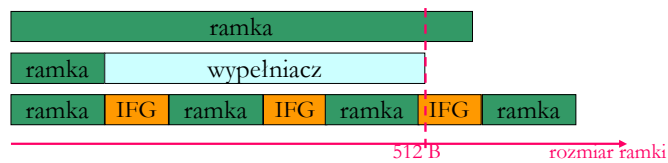
- W obu przypadkach szybkość rozchodzenia się sygnału jest taka sama – ok. 200 000 km/s
- W standardzie Fast Ethernet ilość wysyłanych danych na sekundę jest 10 razy większa, a więc czas wysyłania ramki jest 10 razy krótszy → 10 razy mniejsza jest także rozległość ramki

„Szybsze” wersje standardu Ethernet

- Ethernet
 - szczelina czasowa wynosi 512 bit
 - maksymalna rozległość sieci ok. 2800 m.
- Fast Ethernet
 - wartość szczeliny czasowej utrzymana (512 bit)
 - zmniejszono rozległość sieci (do ok. 200 m.)
- Gigabit Ethernet
 - rozległość sieci ok. 20 m. byłaby nieakceptowalna
 - dłuższa ramka powodowałaby niekompatybilność
 - jak rozwiązać ten problem?

Gigabit Ethernet

- rozwiązanie: zwiększenie czasu zajmowanego przez ramkę do 512 B (sic!) przy zachowaniu jej minimalnej długości 64 B
- wypełniacz (*carrier extension*)
 - za ramką, dopełnia do 512 B
 - duży narzut dla pojedynczych małych ramek
 - gdy stacja ma do wysłania wiele ramek naraz, wypełniacz między nimi nie jest konieczny



10Base-5

- Gruby kabel koncentryczny
- 10 Mb/s
- maks. 500 m., stacje można podłączać co wielokrotność 2,5 m.
- Kodowanie Manchester
- Komponenty sieci:
 - interfejs sieciowy z AUI
 - kabel interfejsowy AUI (maks. 50 m.)
 - MAU (Medium Attachment Unit): zewnętrzny tap+transceiver
 - terminatory 50 Ω

10Base-2

- Cienki kabel koncentryczny
- 10 Mb/s
- maks. 185 m., stacje można podłączać w odległości co najmniej 0,5 m., co najwyżej 30 stacji
- Kodowanie Manchester
- Komponenty sieci:
 - interfejs sieciowy z
 - wbudowanym transceiverem
 - zewnętrznym transceiverem (łącze w standardzie AUI)
 - trójniki BNC
 - terminatory 50 Ω

10Base-T

- Skrętka (twisted pair) kategorii co najmniej 3
- 10 Mb/s
- maks. 100 m.
- Kodowanie Manchester
- Okablowane strukturalne

10Base-F

- Światłowód (fiber optic)
- 10 Mb/s
- Kodowanie Manchester, fizycznie NRZ

100Base-T4

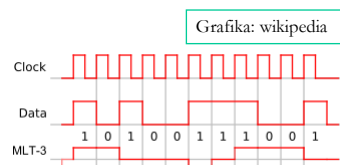
- 100 Mb/s
- Skrętka kategorii co najmniej trzeciej
- Wykorzystywane wszystkie cztery pary skrętki
 - Trzy pary do nadawania sygnału
 - Czwarta para do wykrywania kolizji
- Kodowanie 8B/6T

100Base-T2

- 100 Mb/s
- Skrętka kategorii co najmniej trzeciej
- Wykorzystywane dwie pary skrętki
- Częstotliwość sygnalizacji 25MHz/parę
- Kodowanie 4B/2Q, fizycznie PAM5x5

100Base-TX

- 100 Mb/s
- **Najpopularniejszy** obecnie standard Fast Ethernet
- Skrętka kategorii co najmniej piątej
- Wykorzystywane dwie pary skrętki
- Kodowanie 4B/5B, fizycznie MLT-3
- Częstotliwość 125 Mbaud



1000Base-T

- 1 Gb/s (miliard bitów na sekundę przez UTP!)
- Skrętka kategorii co najmniej piątej
- Wykorzystywane wszystkie cztery pary do jednoczesnej, obustronnej transmisji
- Kodowanie 8B/4Q, fizycznie 4D-PAM5
- Częstotliwość 125 Mbaud
- $125 \text{ Mbaud} * 4 \text{ pary} * 2 \text{ bity/takt} = 1000 \text{ Mb/s}$
- Maksymalnie 100 m

Inne standardy Gigabit Ethernet

- 1000Base-CX (skrętka STP)
- 1000Base-SX (światłowód MMF, 850 nm)
- 1000Base-LX (światłowód MMF, 1300 nm)
- Kodowanie 8B/10B, fizycznie NRZ

10 Gigabit Ethernet

- Światłowód i skrętka (skrętka: od 2006)
- 10GBase-R
 - Kodowanie 64B/66B
 - Odmiany:
 - 10GBase-SR: MMF, do 300 m
 - 10GBase-LR: SMF, do 10 km
 - 10GBase-ER: SMF: do 40 km
- 10GBase-CX4 (802.3ak)
 - Kabel koncentryczny, do 15m.
- 10GBase-T (802.3an)
 - Wymaga skrętki kategorii 7 (UTP kategorii 6 – do 55m.)
 - Kodowanie PAM12, 825 Mbaud na każdej z czterech par
 - Pełny duplex

Pytania kontrolne

- ? Czy rozumiem związek między minimalną długością ramki a maksymalną rozległością fizycznego segmentu sieci Ethernet?
- ? Czy rozumiem jaki wpływ na powyższy związek ma zwiększanie przepustowości sieci Ethernet?
- ? Czy znam najważniejsze standardy sieci Ethernet o różnych przepustowościach?

Tryb pełnego duplexu i autonegocjacja

Tryb pełnego duplexu a CSMA/CD
Autonegocjacja urządzeń Ethernet

Tryb pełnego duplexu

- CSMA/CD: tryb półduplexu – transmisja naprzemienna, prowadzona naraz tylko przez jedno urządzenie
- Pełny duplex: równoczesna transmisja w obie strony

Tryb pełnego duplexu – wymogi

- Łącze musi być punkt-punkt
- Oba interfejsy muszą obsługiwać ten tryb
- Osobne ścieżki dla odbioru i transmisji danych

Tryb pełnego duplexu – wnioski

- Większa przepustowość
(np. 200 Mb/s na łączu 100 Mb/s)
- Huby nie mogą być używane
- Nie mogą być używane m.in. standardy 10Base-2, 10Base-5 i 100Base-T4
- **CSMA/CD jest wyłączony!**
- Brak ograniczeń protokołu na długość medium – odległości mogą być znacznie większe
 - skrętki to nie obejmuje (100 m)
 - światłowód np. 100Base-FX do 2 km na MMF i do 20 km na SMF

Tryb pełnego duplexu – pozostałe informacje

- Opisany w suplemencie 802.3x (1997 r.)
- Przetawienie w ten tryb odbywa się
 - administracyjnie
 - automatycznie – przez protokół autonegociacji

Protokół autonegociacji

- Automatyczna konfiguracja sprzętu Ethernet
- 1995 r.
- Głównie skrętka
- Podstawowe zadania:
 - dopasowanie szybkości interfejsu (np. 10-100-1000 Mb/s)
 - włączenie trybu pełnego duplexu
- Procedura wykonywana jednokrotnie - w czasie inicjacji połączenia
- Własny system sygnalizacji
- Rozgłaszanie własnych możliwości
 - tablica priorytetów (od najszybszych do 10Base-T)
 - wybór HCD (highest common denominator)

Tablica priorytetów HCD

priorytet	technologia
a	1000Base-T, FD
b	1000Base-T, HD
c	100Base-T2, FD
d	100Base-TX, FD
e	100Base-T2, HD
f	100Base-T4
g	100Base-TX, HD
h	10Base-T, FD
i	10Base-T, HD

Pytania kontrolne

- ? Czy rozumiem pojęcie transmisji w trybie pełnego duplexu?
- ? Czy widzę zalety prowadzenia transmisji w trybie pełnego duplexu?
- ? Czy rozumiem pojęcie „autonegocjacja”?

Segmentacja sieci Ethernet

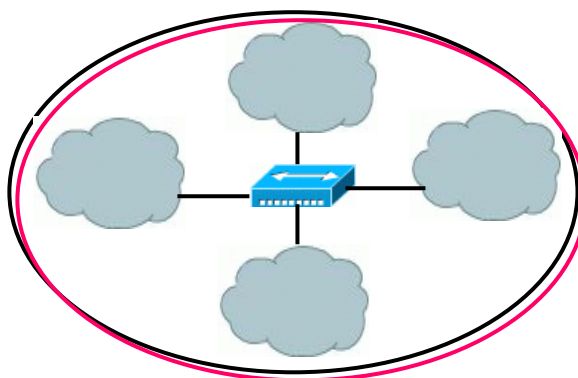
Sieci rozgłoszeniowe

- Ramka przemierza całą sieć
- Jest odbierana przez każdą stację
- Jest przetwarzana przez niektóre
 - zależy od adresu
 - zależy od trybu pracy (*promiscuous*)
- np. Ethernet

Domena kolizyjna a rozgłoszeniowa

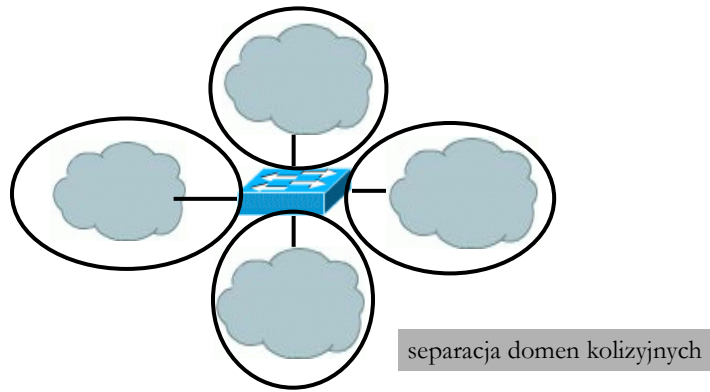
- Domena **kolizyjna** – fragment sieci, w którym transmisja musi być realizowana przez urządzenie w sposób wykluczający prowadzenie w tym czasie transmisji przez inne urządzenia (granicę stanowią porty urządzeń bridge, switch lub router)
- Domena **rozgłoszeniowa** – fragment sieci, jaki pokonują ramki typu broadcast lub multicast (ograniczona przez routery lub sieci wirtualne)

Segmentacja urządzeniem warstwy pierwszej



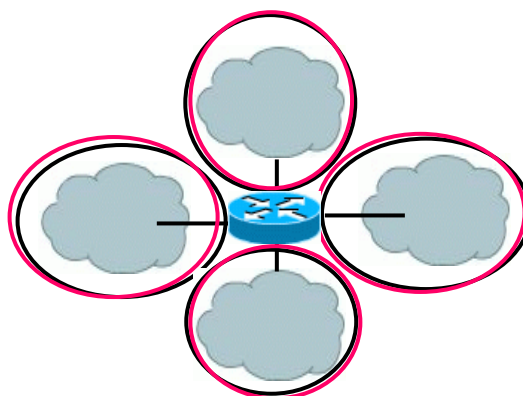
domena kolizyjna = **domena rozgłoszeniowa**

Segmentacja urządzeniem warstwy drugiej



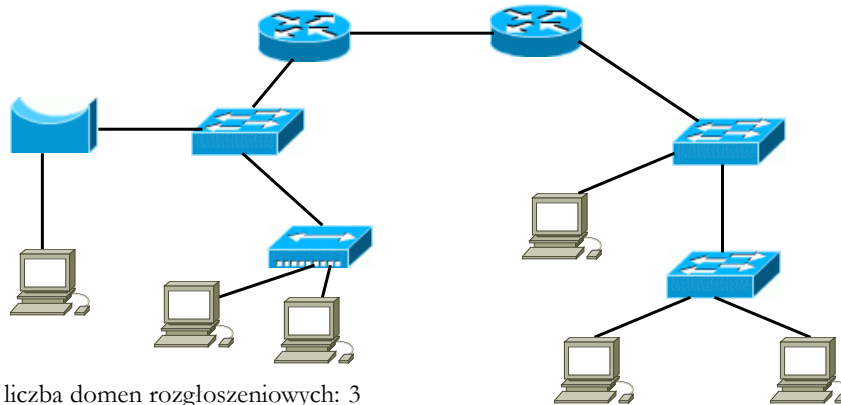
domena kolizyjna \neq domena rozgłoszeniowa

Segmentacja urządzeniem warstwy trzeciej



separacja domen kolizyjnych i rozgłoszeniowych

Domeny kolizyjne i rozgłoszeniowe – przykład



- liczba domen rozgłoszeniowych: 3
- liczba domen kolizyjnych: 10

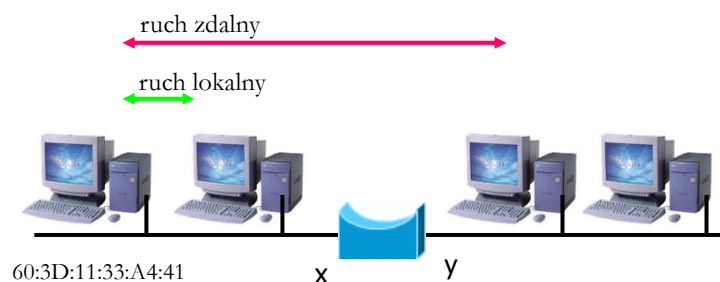
Segmentacja sieci w warstwie II

- Regeneratory sygnału
 - pozwalają zwiększyć rozległość sieci 😊
 - zwiększają rozmiar domeny kolizyjnej ☹️
- Urządzenia warstwy drugiej
 - posiadają zalety regeneratorów sygnału 😊
 - zmniejszają ruch w sieci poprzez filtrację ramek 😊
- Niewielkie opóźnienie wnoszone przez te urządzenia nie stanowi najczęściej problemu
- **Nie zmniejsza się wielkość domeny broadcastowej:** ramki o adresach grupowych i rozgłoszeniowych nie są filtrowane przez te urządzenia

Zasada działania urządzenia typu mostek (bridge)

- Działa na poziomie **warstwy 2** OSI/ISO, interpretuje więc zawartość ramek
- Ze swojego punktu widzenia dzieli sieć na kilka części (zazwyczaj dwie) w oparciu o porty, do którego te fragmenty (segmenty) sieci są podłączone
- Posiada wiedzę pozwalającą na stwierdzenie, w którym segmencie sieci znajduje się host o danym adresie MAC
- W oparciu o tę wiedzę podejmuje decyzję, czy, a jeśli tak, to na który port przekazać ramkę, której adres docelowy pobiera i analizuje

Działanie mostka



Mostki uczą się na adresie źródłowym

Skąd mostki wiedzą o położeniu hostów?

- Uczą się tego same
- Działając w trybie *promiscuous* pobierają adres źródłowy każdej ramki i wpisują do specjalnej tablicy (tzw. **tablicy forwardingu**) wraz z numerem portu, na którym ta ramka się pojawiła
- Każdy wpis ma określony czas ważności, jeśli informacja nie jest odnawiana - znika z tablicy

adres MAC	port	ważność
60:3D:11:33:A4:41	X	17 s.
28:34:12:A3:A0:EE	Y	3 s.
24:38:16:90:12:E6	X	11 s.

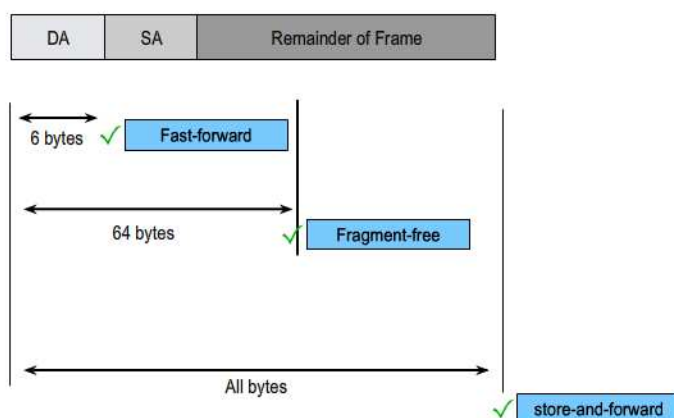
Jak mostki wykorzystują wiedzę?

- Gdy mostek odbiera ramkę, poszukuje jej adresu docelowego w swojej tablicy forwardingu
 - gdy port jest taki sam, jak port, z którego przyszła ramka – nic nie robi
 - gdy port jest inny – przekazuje ramkę na ten port
 - gdy nie znajdzie wpisu – przekazuje na wszystkie pozostałe porty
 - gdy adres jest adresem grupowym lub rozgłoszeniowym – przekazuje na wszystkie pozostałe porty
- Ze względu na zmienność sieci, nieodświeżane wpisy zachowują ważność tylko przez określony czas, po jego upływie są usuwane

Kiedy przełączać ramki?

- Do określenia sposobu postąpienia z ramką wystarczy odczytać jej adres docelowy. Ale:
 - ramka może być uszkodzona (błąd sumy kontrolnej)
 - ramka może nie zostać poprawnie odebrana ze względu na wystąpienie kolizji
- Różne algorytmy postępowania
 - **store-and-forward**: po sprawdzeniu sumy kontrolnej
 - **cut-through**: decyzja przed końcem ramki
 - od razu po odczycie adresu docelowego (**fast-forward**)
 - po 64 B – nie będzie kolizji (**fragment-free**)
 - pierwszy sposób jest pewniejszy, drugi szybszy
 - decyzja powinna zależeć od warunków panujących w sieci

Kiedy przełączać ramki?



Działanie mostka - podsumowanie

- 1. Odbiór ramki
- 2. Na podstawie adresu **docelowego** ramki podjęcie decyzji co z nią zrobić:
 - na które porty przekazać
 - kiedy (trzy podejścia)
- 3. Odczyt adresu **źródłowego** ramki
 - nie ma w tablicy: dopisanie
 - jest już w tablicy: aktualizacja czasu

KONIEC