

Sieci komputerowe

Tadeusz Kobus, Maciej Kokociński
Instytut Informatyki, Politechnika Poznańska

Warstwa łączy danych

Warstwa łącza danych

- Zapewnia niezawodne dostarczanie danych przez znajdującą się poniżej fizyczną sieć.
- Komunikacja wyłącznie z urządzeniami połączonymi bezpośrednio do tej samej sieci (segmentu sieci).
- Dwie podwarstwy:
 - logical link control (LLC) – sterowanie połączeniem logicznym,
 - media access control (MAC) – sterowanie dostępem do mediów.
- Przykładowe standardy:
 - MAC/LLC
 - PPP
 - ATM
 - Frame Relay
 - HDLC
 - 802.1q
 - 802.3
 - 802.11a/b/g/n MAC/LLC

Podwarstwy LLC i MAC

Logical Link Control (LLC) – sterowanie połączeniem logicznym:

- rozdzielanie i łączenie danych transmitowanych przez warstwę MAC (multiplexing, demultiplexing; np. na podstawie nagłówka, określa do jakiego protokołu warstwy 3 przekazać otrzymaną),
- sterowanie przepływem, wykrywanie błędów, retransmisja danych (w zależności od technologii i protokołów).

Media Access Control (MAC) – sterowanie dostępem do mediów:

- kontrola dostępu do medium transmisji (interfejs dla LLC),
- dzielenie na ramki i kontrola poprawności,
- adresacja komputerów w segmencie i przekazywanie informacji adresowych.

Adresacja w warstwie łącza danych

- Sześć par hexadecymalnych cyfr rozdzielonych dwukropkiem (lub myślnikiem):
 - 2f:de:47:00:32:27,
 - ff:ff:ff:ff:ff:ff – adres rozgłoszeniowy,
 - 01:00:5e:00:00:00 – 01:00:5e:7f:ff:ff – adresy multicast,
- Urządzenie odbiera ramki, które są przeznaczone dla jego adresu MAC, na adres rozgłoszeniowy, lub na adres multicast w którym się zawiera.
- Karta sieciowa w trybie promiscuous odbiera ramki kierowane do wszystkich adresów MAC.
- Producenci sprzętu posiadają przydzielone klasy adresów
[http://standards.ieee.org/develop/
regauth/oui/oui.txt](http://standards.ieee.org/develop/regauth/oui/oui.txt)

Adres MAC karty sieciowej (1)

```
# ip link show
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536
    qdisc noqueue state UNKNOWN mode DEFAULT group default
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500
    qdisc mq state UP mode DORMANT group default qlen 1000
    link/ether 84:3a:4b:71:94:5c brd ff:ff:ff:ff:ff:ff

# ip link set dev eth0 down
# ip link set dev eth0 address aa:bb:cc:dd:ee:ff
# ip link show dev eth0
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500
    qdisc mq state UP mode DORMANT group default qlen 1000
    link/ether aa:bb:cc:dd:ee:ff brd ff:ff:ff:ff:ff:ff

# ip link set dev eth0 up

# ethtool -P eth0
Permanent address: 84:3a:4b:71:94:5c
```

Adres MAC karty sieciowej (2)

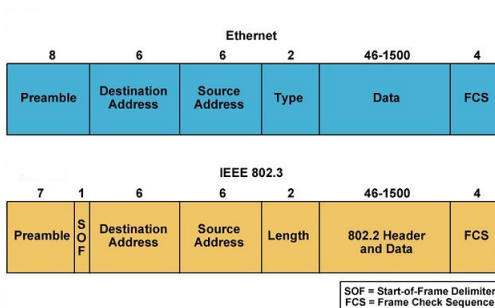
```
# ifconfig
lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
    inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
    loop txqueuelen 0 (Local Loopback)
    RX packets 4755 bytes 407972 (398.4 KiB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 4755 bytes 407972 (398.4 KiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.1.103 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.1.255
    ether 84:3a:4b:71:94:5c txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 3020949 bytes 3781419997 (3.5 GiB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 2068340 bytes 289950531 (276.5 MiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

# ifconfig eth0 down
# ifconfig eth0 hw ether aa:bb:cc:dd:ee:ff
# ifconfig eth0 up
# ifconfig
...
    ether aa:bb:cc:dd:ee:ff txqueuelen 1000 (Ethernet)
```

Standard Ethernet (IEEE 802.3) (1)

- Obejmuje zarówno warstwę fizyczną jak i łącza danych.
- Struktura ramki (długości pól w bajtach/oktetach):



- Rozmiar: od 64B do 1500B.

Standard Ethernet (IEEE 802.3) (2)

- W Ethernet (v2) długość ramki 'zakodowana' jest w danych interpretowanych przez warstwę wyższą.
- Jak zbadać z ramką jakiego typu mamy do czynienia?

Standard Ethernet (IEEE 802.3) (2)

- W Ethernet (v2) długość ramki 'zakodowana' jest w danych interpretowanych przez warstwę wyższą.
- Jak zbadać z ramką jakiego typu mamy do czynienia?
- Kodowanie typu – wartości większe niż 1500:
 - 0x0800: IPv4
 - 0x0806: ARP
 - 0x86DD: IPv6
 - ...
- FCS – algorytm **Cyclic Redundancy Check (CRC)**:
 - detekcja wszystkich pojedynczych, podwójnych, potrójnych przekłamań,
 - detekcja ciągów długości n jednobitowych przekłamań, $n \leq 32$,
 - prawdopodobieństwo, że losowe przekłamanie bitów będzie niewykryte jest równe 2^{-10} .

Zadanie 1

1. Przy pomocy programu Wireshark przeanalizuj ruch w sieci pod kątem występowania ramek Ethernet I i Ethernet II.
2. W przypadku jakich pakietów daje się zaobserwować ramki Ethernet I?

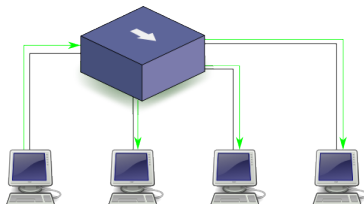
Urządzenia warstwy łącza danych

Podstawowe urządzenia warstwy łącza danych (w tym Ethernetu):

- karty sieciowe,
- koncentratory (hubs),
- przełączniki (switches),
- ...

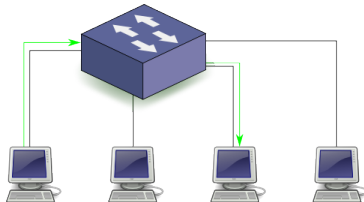
Koncentrator (hub)

- Kieruje ramkę na wszystkie porty.
- Wzmacnia sygnał.
- Komputery współdzielą pasmo – pojedyncza domena kolizyjna.
- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD):
 - transmisja jest zamykana po wykryciu kolizji,
 - wysyłany jest tam sygnał *zagłuszający*,
 - następuje retransmisja po czasie losowej długości.



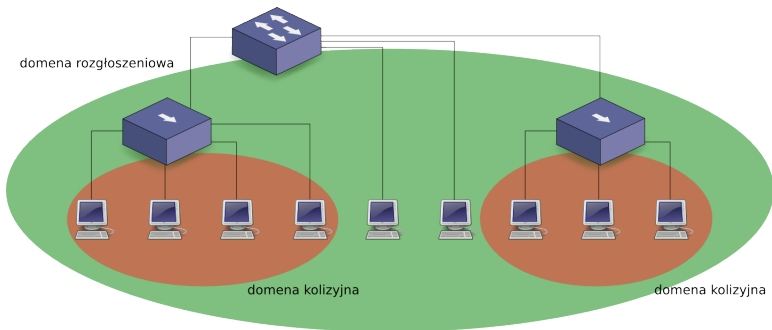
Przełącznik (switch) (1)

- Kieruje ramkę do właściwego portu.
- Uczy się adresów MAC kryjących się za określonymi portami (algorytm Transparent Bridging lub Backward Learning):
 - tablica par (adres MAC, numer portu), gdzie zapamiętuje adresy źródłowe wyciągnięte z ramek,
 - jeśli docelowy adres MAC nie jest zapisany, ramka wysyłana jest na wszystkie porty oprócz źródłowego pod adres rozgłoszeniowy (ff:ff:ff:ff:ff:ff),
 - przestarzałe adresy są usuwane.



Przełącznik (switch) (2)

- Jedna domena rozgłoszeniowa – wiadomość wysłana pod adres rozgłoszeniowy MAC trafi do każdego komputera,
- Separacja domen kolizyjnych.



Zadanie 2

1. Podłącz swój komputer (poprzez port p4p1) do koncentratora (na zapleczu).
2. Skonfiguruj interfejs p4p1, tak by wszystkie komputery w rządzie działały w jednej sieci (unikalne sieci między rządami).
3. Przy pomocy programu wireshark przeanalizuj ruch na interfejsie p4p1. Czy daje się zaobserwować pakiety z innych sieci (w szczególności komunikaty protokołu telnet)?

Pomiar prędkości

```
# netserver -D
```

```
Starting netserver with host 'IN(6)ADDR_ANY' port '12865' and  
family AF_UNSPEC
```

(na innym komputerze)

```
# netperf -H 192.168.1.101
```

```
MIGRATED TCP STREAM TEST from 192.168.1.103 port 0 AF_INET to 192.168.1.101  
port 0 AF_INET
```

Recv Socket Size bytes	Send Socket Size bytes	Send Message Size bytes	Elapsed Time secs.	Throughput 10 ⁶ bits/sec
87380	16384	16384	10.00	941.83

Zadanie 3

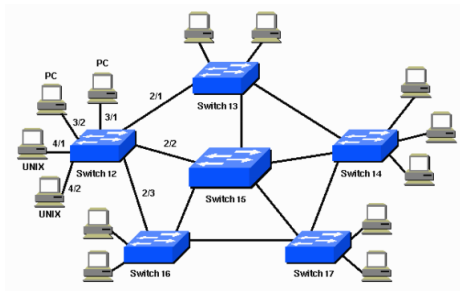
1. W jednej chwili (wraz z koleżankami/kolegami) dokonaj pomiaru prędkości transmisji z sąsiednim komputerem z tego samego rzędu.
2. Wraz z innymi studentami zbadaj sumaryczną przepustowość koncentratora.
3. Przepnij (na zapleczu) swój komputer do wspólnego przełącznika i dokonaj ponownie pomiaru prędkości (punkty 1-2).
4. Skąd wynikają różnice w osiągniętych prędkościach?

Zadanie 4

1. Dokonaj pomiaru prędkości transmisji do adresu 127.0.0.1.
2. Czy do tej transmisji zaangażowana jest karta sieciowa?

Spanning Tree Protocol (1)

- W celu zwiększenia niezawodności, między przełącznikami używa się więcej połączeń niż trzeba.
- Skąd wiadomo którą powinny wędrować ramka?



Spanning Tree Protocol (2)

- **Spanning Tree Protocol (STP)** – protokół drzewa rozpinającego graf → eliminacja cykli z sieci połączonych ze sobą przełączników,
- Algorytm:
 1. Wybór korzenia: ten przełącznik, którego numer seryjny (unikalny w skali światowej) jest najmniejszy.
 2. Wyznaczanie najkrótszych ścieżek od korzenia do wszystkich innych przełączników.
 3. Deaktywacja połączeń, które nie występują w zbiorze najkrótszych ścieżek.
 4. W przypadku awarii któregoś z połączeń, wykonanie algorytmu ponownie.

Zadanie 5 (1)

1. Podepnij swój komputer na porcie p4p1 do przełącznika, tak by jeden przełącznik przypadał na jeden rząd w laboratorium. Upewnij się, że działa połączenie z innymi komputerami w rzędzie.
2. Zepnij dwoma kablami przełącznik, do którego jest podłączony Twój komputer z przełącznikiem odpowiadającym sąsiedniemu rządowi.
3. Odpowiednio skonfiguruj interfejs p4p1 by móc skomunikować się z siecią z sąsiedniego rzędu lub by dało się zaobserwować jakikolwiek ruch w tamtej sieci.
4. Podglądaj ruch na interfejsie p4p1 przy pomocy programu wireshark (najlepiej robić to tylko na jednym lub dwóch wybranych komputerach w rzędzie).

Zadanie 5 (2)

1. Jeden z komputerów w rzędzie podejnij do wejścia konsolowego przełącznika i uruchom (jako root) polecenie `picocom /dev/ttyS0`. Zmień ustawienia/wykonaj polecenia na przełączniku:
 - `terminal auto install: yes`
 - `enter auto configuration: no`
 - `enable`
 - `configure terminal`
 - `no spanning tree vlan 1`
2. Jeśli nie działałyby się nic spektakularnego, wykonaj komendę `ping` na adres z sieci zdefiniowanej dla rzędu, ale który jest nieprzydzielony żadnemu komputerowi w laboratorium.