

Sieci komputerowe

Wykład 4 — Warstwa łącza danych

Marta Szarmach
Zakład Telekomunikacji Morskiej
Wydział Elektryczny
Uniwersytet Morski w Gdyni

03.2022

Plan prezentacji

- 1 Warstwa łącza danych modelu OSI
- 2 Protokoły DLL
 - Ethernet
 - Token Ring
 - Point-to-Point Protocol
 - HDLC
- 3 Działanie DLL
 - Adresy MAC
 - Protokół ARP
 - Przełączanie ramek
- 4 Dostęp do medium transmisyjnego
 - Domeny
 - Metody

1. Warstwa łączy danych

Rola, protokoły i podział warstwy

1. Warstwa łącza danych

DLL (ang. *Data Link Layer*) — przypomnienie:

Rola

Przekazanie danych na poziomie lokalnym:

- ramkowanie danych,
- organizacja dostępu do medium transmisyjnego,
- kontrola błędów w ramach.

Protokoły

- Ethernet
- Token Ring
- PPP (ang. *Point-to-Point Protocol*)
- HDLC (ang. *High-Level Data Link Control*)

1. Warstwa łączy danych

Warstwa łączy danych dzieli się na 2 podwarstwy:

Podwarstwa dostępu — MAC (ang. *Media Access Control*)

Współpracuje przede wszystkim z warstwą fizyczną:

- zapewnia dostęp do medium transmisyjnego,
- zapewnia adresację lokalną,
- kontroluje przepływ danych,
- rozdziela ramki,
- sprawdza błędy w ramach.

Podwarstwa kanału logicznego — LLC (ang. *Logical Link Control*)

Współpracuje przede wszystkim z warstwą sieciową:

- tworzy ramki,
- umieszcza w ramach informacje wpływające z warstwy wyższej (sieciowej),
- ewentualnie dokonuje retransmisji ramki.

2. Protokoły warstwy łącza danych

Ethernet, Token Ring, PPP i HDLC

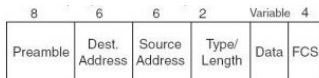
2.1 Protokoły DLL. Ethernet

Protokół Ethernet — IEEE 802.3

- Najpopularniejszy protokół na warstwie łącza danych
- Najczęściej wykorzystywany w sieciach lokalnych LAN
- Standard IEEE 802.3 wykracza tak naprawdę poza warstwę łącza danych, obejmuje też standardy warstwy fizycznej (por. poprzedni wykład)
- Ciągłe rozwijany, umożliwia komunikację w szerokim spektrum prędkości i rodzajów medium transmisyjnego
- Maksymalny ładunek ramki — 1500 bajtów

2.1 Protokoły DLL. Ethernet

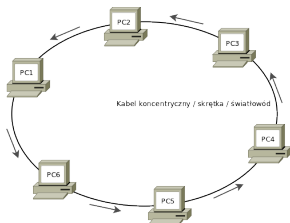
Protokół Ethernet — budowa ramki:



- Preambuła — ciąg naprzemiennie występujących po sobie 0 i 1, służy do synchronizacji komunikujących się ze sobą urządzeń. Ostatnie 2 bity mają postać 11 i oznaczają początek ramki
- Adres docelowy — MAC urządzenia, które ma odebrać ramkę
- Adres źródłowy — MAC urządzenia, które nadało ramkę
- Typ — typ protokołu, którego dane stanowią zawartość ramki, lub długość przesyłanych danych
- Dane — enkapsulowany w ramce pakiet z wyższej warstwy,
- Suma kontrolna — umożliwia sprawdzenie, czy w trakcie transmisji nie doszło do zaburzenia któregoś z bitów

2.2 Protokoły DLL. Token Ring

Token Ring — kontrolowane przekazywanie żetonu

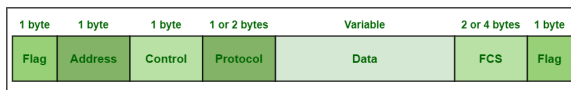


- Najczęściej wykorzystywany w sieciach lokalnych
- Może nadawać tylko ta stacja, która posiada „żeton”
- Żeton umożliwia stworzenie i wysłanie ramki
- Ramka krąży aż do momentu, kiedy zostanie jawnie odebrana
- Eliminacja kolizji

2.3 Protokoły DLL. PPP

PPP — ang. *Point-to-Point Protocol*

- Służy do łączenia dwóch urządzeń
- Najczęściej wykorzystywany w połączeniach szeregowych (WAN)
- Umożliwia uwierzytelnianie (PAP lub CHAP)

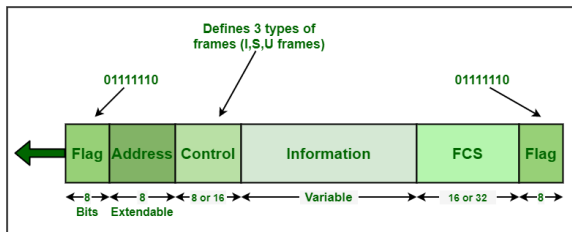


PPP Frame Format

2.4 Protokoły DLL. HDLC

HDLC — ang. *High-Level Data Link Control*

- Najczęściej wykorzystywany w połączeniach szeregowych (WAN)
- Cisco posiada własną implementację



Basic Frame Structure

3. Działanie warstwy łącza danych

Adresy MAC, protokół ARP i przełączanie ramek

3.1 Działanie DLL. Adresy MAC

Definicja

Adres MAC — jest to sprzętowy adres (często nazywany fizycznym) nadawany karcie sieciowej przez producenta, jednoznacznie identyfikujący sprzęt w sieci.

Umieszczony jest w nieulotnej pamięci ROM karty sieciowej, dzięki czemu jest wryty w urządzeniu na stałe (choć istnieje możliwość, by go programistycznie zmienić, por. klonowanie MAC).

3.1 Działanie DLL. Adresy MAC

Adres MAC:

- Składa się z 48 bitów (6 bajtów), z których:
 - pierwsze 24 bity identyfikują producenta sprzętu (OUI, ang. *Organizationally Unique Identifier*)
 - pozostałe 24 bity są identyfikatorami konkretnego sprzętu
- Zapisywany jest za pomocą systemu szesnastkowego
- Przykład: E8-6A-64-AC-B8-36
 - E8-6A-64 — identyfikator producenta sprzętu (HeFei)
 - AC-B8-36 — identyfikator konkretnego sprzętu
- Rozgłoszeniowy MAC: FF-FF-FF-FF-FF-FF

3.2 Działanie DLL. Protokół ARP

Zastosowanie protokołu ARP w tworzeniu ramek

Kiedy z warstwy sieciowej spływają dane, które należy zamknąć w ramce i wysłać łączem, znane są następujące dane:

- adres sieciowy (IP) docelowy i źródłowy — na podstawie otrzymanego z warstwy sieciowej nagłówka,
- źródłowy adres MAC — na podstawie ustawień karty sieciowej, która chce wysłać ramkę.

Do pełnego stworzenia ramki na warstwie 2. niezbędny jest jeszcze adres MAC odbiorcy. Do jego otrzymania wykorzystywany jest **protokół ARP**.

3.2 Działanie DLL. Protokół ARP

Definicja

Protokół ARP (ang. *Address Resolution Protocol*) umożliwia skojarzenie adresu z warstwy sieciowej (np. IP) z adresem fizycznym warstwy łącza danych.

- Stacja, która chce złożyć ramkę, wysyła do wszystkich urządzeń w ramach danej sieci (na rozgłoszeniowy adres MAC) zapytanie o to, które z nich posiada wskazany adres sieciowy (ARP request).
- Urządzenie, które rozpozna w poszukiwanym adresie swój własny, przekazuje bezpośrednio do pytającego informację o swoim adresie MAC.

3.2 Działanie DLL. Protokół ARP

Struktura ramki ARP:

Hardware Type		Protocol Type
Hard. Addr. Length	Prot. Addr.Type	Operation Code
Source MAC		
Source Protocol Addr.		
Target MAC		
Target Protocol Addr.		

- Source MAC — źródłowy adres warstwy 2, target MAC — poszukiwany docelowy adres warstwy 2
- Source/Target Protocol Address — źródłowy/docelowy adres sieciowy (np. IP)

3.2 Działanie DLL. Protokół ARP

Tablica powiązań ARP:

```
C:\>arp -a
Internet Address      Physical Address      Type
172.16.1.2           00d0.ffcd.e458       dynamic
```

- Wiele urządzeń (np. komputery) tworzy tablicę powiązań ARP.
- Wpis domyślnie jest usuwany z pamięci po upływie pewnego czasu (np. w systemie Windows po 2 minutach, chyba, że wpis był ponownie używany, wówczas po 10 minutach) — zachowanie balansu pomiędzy wysyłaniem zapytań ARP przy tworzeniu dosłownie każdej ramki, a pamiętaniem przez długi czas potencjalnie przestarzałych wpisów

3.3 Działanie DLL. Przełączanie ramek

Urządzeniem, które działa na warstwie łącza danych jest **przełącznik (switch)**.

- Dokonuje **przełączania ramek** — podczas wysyłania ramki sprawdza, na który port należy ją przekazać (na podstawie wyuczonej tablicy MAC adresów):

```
Switch#show mac address-table dynamic
Mac Address Table
```

Vlan	Mac Address	Type	Ports
----	-----	-----	-----
1	0000.0c3d.9d8c	DYNAMIC	Fa0/1
1	00d0.ffcd.e458	DYNAMIC	Fa0/3

- Rozpoznaje urządzenia na podstawie ich adresów MAC

3.3 Działanie DLL. Przełączanie ramek

Jak działa przełącznik sieciowy?

Zapełnianie tablicy MAC adresów (etap uczenia się sieci):

- Przełącznik odbiera na porcie ramkę.
- Odczytuje źródłowy MAC i zapisuje w tablicy MAC adresów powiązanie MAC-numer portu.

Wysyłanie ramki:

- Przełącznik wyodrębnia docelowy adres MAC.
- Przeszukuje tablicę MAC adresów, by znaleźć port, pod którym wpięte jest docelowe urządzenie.
- Jeśli wpis istnieje — ramka jest wysyłana pod wskazany port, jeśli nie — na wszystkie pozostałe.

3.3 Działanie DLL. Przełączanie ramek

Rodzaje przełączania ramek:

Store-and forward:

- Ramka jest w całości zapamiętana, zanim zostanie wysłana
- Przełączanie jest dłuższe, ale pozwala na wykrycie błędów w ramce

Cut-through:

- Ramka jest przełączana, kiedy tylko uda się zidentyfikować urządzenie odbiorcze
- Przełączanie jest szybsze, lecz nie umożliwia wykrycia błędów

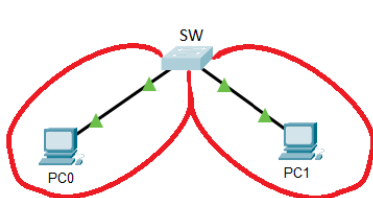
4. Dostęp do medium transmisyjnego

ALOHA, CSMA/CD, CSMA/CA

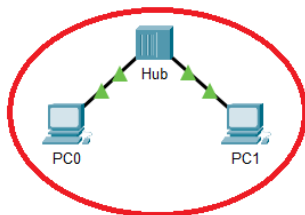
4.1 Dostęp do medium transmisyjnego. Domeny

Definicja

Domena kolizyjna — obszar sieci, w obrębie którego może dojść do kolizji wysyłanych danych (tj. nadawania przez kilka urządzeń w tym samym czasie)



Dla switcha — obszar jednego portu

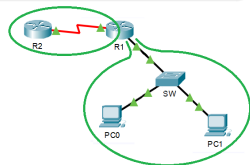
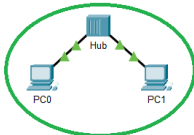
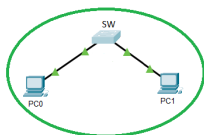


Dla koncentratora — obszar wszystkich portów

4.1 Dostęp do medium transmisyjnego. Domeny

Definicja

Domena rozgłoszeniowa — obszar sieci, w obrębie którego może dojść do komunikacji pomiędzy dwoma dowolnymi urządzeniami bez konieczności użycia routera



Zarówno dla switcha, jak i koncentratora jest to obszar wszystkich portów (o ile adresy IP urządzeń są z tych samych podsieci), dla routera — jednego portu.

4.2 Dostęp do medium transmisyjnego. Metody

Definicja

Metodą zwielokrotnienia dostępu do medium transmisyjnego nazywamy sposób, za pomocą którego wiele urządzeń jest w stanie korzystać z tego samego medium.

Interesują nas tu **metody zwielokrotnienia czasowego** (możemy przydzielić urządzeniom szczeliny czasowe, w których mają prawo nadawać, gdyż wszystkie nadają np. na tej samej częstotliwości), a dokładniej metody **dostępu rywalizacyjnego** (nie ma z góry określonej strategii przydzielania slotów, jak przy chociażby przekazywaniu żetonów, urządzenia walczą o dostęp na zasadzie „kto pierwszy ten lepszy”).

4.2 Dostęp do medium transmisyjnego. Metody

Metoda ALOHA

- Ramka wysyłana jest natychmiast, nie następuje sprawdzenie, czy łącze nie jest przypadkiem zajęte
- Jeśli dojdzie do kolizji, oczekiwany jest **losowy** czas i próba transmisji jest ponawiana

Zalety:

Prostota

Wady:

Mała wydajność

4.2 Dostęp do medium transmisyjnego. Metody

Metoda CSMA/CD (ang. *Carrier Sense Multiple Access Collision Detection*)

- Przed wysłaniem ramki łącze jest nasłuchiwane, czy nikt inny w tym czasie nie nadaje
- Podczas wysyłania sprawdzane jest, czy nie doszło do kolizji (czy sygnał obecny w łączu jest taki sam, jak wysyłany)
- Jeśli doszło do kolizji, wysyłany jest do wszystkich pozostałych urządzeń sygnał zagłuszania (jam) informujący o kolizji
- Retransmisja następuje po losowym czasie
- Wykorzystanie: klasyczny Ethernet

Zalety:

Większa wydajność niż ALOHA, szybkość wykrywania kolizji

Wady:

Wydajność spada wraz z długością łącza i ilością rywalizujących urządzeń

4.2 Dostęp do medium transmisyjnego. Metody

Metoda CSMA/CA (ang. *Carrier Sense Multiple Access Collision Avoidance*)

- Przed wysłaniem ramki łącze jest nasłuchiwane, czy nikt inny w tym czasie nie nadaje
- Zanim urządzenie wyśle właściwą ramkę, wysyła sygnał próbny
- Jeśli sygnał próbny nie kolidował z innym, urządzenie dostaje zgodę na nadawanie (urządzeniem nadzorującym jest np. access point)
- Wykorzystanie: lokalne sieci bezprzewodowe

Zalety:

Zapobieganie kolizjom

Wady:

Wydajność spada wraz z ilością rywalizujących urządzeń