

Селіверстов Р. Г.

КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ



Лекція 4

КАНАЛЬНИЙ РІВЕНЬ: підрівень LLC

Служби каналного рівня

Основна послуга - переміщення пакету між двома сусідніми вузлами по одній лінії (каналу) зв'язку

- формування і передавання кадру - підрівень **LLC (Logical Link Control)**
- адресація та доступ до середовища передавання (для розділюваних середовищ) - підрівень **MAC (Media Access Control)**

не обов'язкові:

- надійна доставка (механізми підтверджень та повторних передач);
- виявлення і виправлення помилок;
- управління потоком (унеможливлення “затоплення” повільних приймачів швидкими передавачами).

Основне завдання канального рівня

Основне завдання: передавання **повідомлення=кадру** каналом зв'язку сусідньому вузлу у маршруті.

Формат кадру залежить від протоколу (Ethernet, Token Ring, FDDI, Wi-Fi, ...)

На канальному рівні “зустрічаються” програмне і апаратне забезпечення.

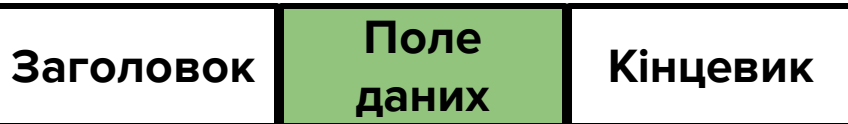
Програмне забезпечення зазвичай на рівні драйвера пристрою (мережевої карти, інтерфейсної плати маршрутизатора)

Канальний рівень

Мережевий рівень (відправник-сусід)

Пакет

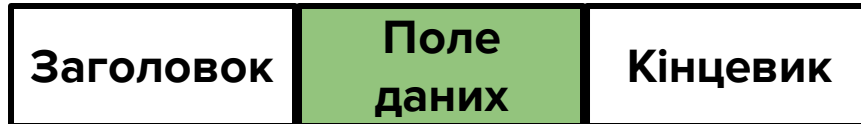
Кадр (frame)



Мережевий рівень (отримувач-сусід)

Пакет

Кадр (frame)



Фізичний рівень (канал зв'язку)

Шлях від хоста-відправника до хоста-
одержувача складається з кількох/багатьох
каналів

На кожному маршрутизаторі відбувається
перехід “канальний-мережевий-канальний”



Турагент - протокол маршрутизації

Вид транспорту - Протокол каналного рівня

Турист - Пакет

Турист з квитком - Кадр

Методи формування/розпізнавання кадру

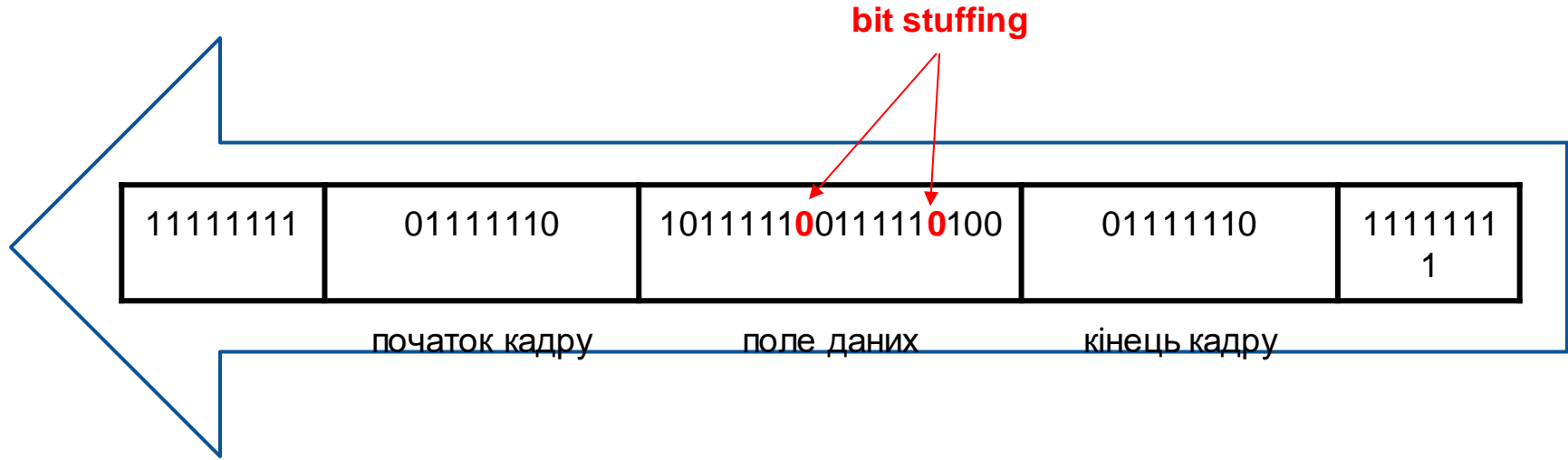
- на початку кадру вказується кількість байт (зараз на практиці **не застосовується**);
- вставляються спеціальні послідовності байтів/бітів (в сучасних мережах використовуються **біт-орієнтовані протоколи** - потік сканується приймачем побітово для виявлення стартового/стопового прапорця);
- використовуються засоби фізичного рівня.

Вказівник кількості байт

5	1	7	2	6	3	25	5	7	100	5	7	3	0	5
---	---	---	---	---	---	----	---	---	-----	---	---	---	---	---

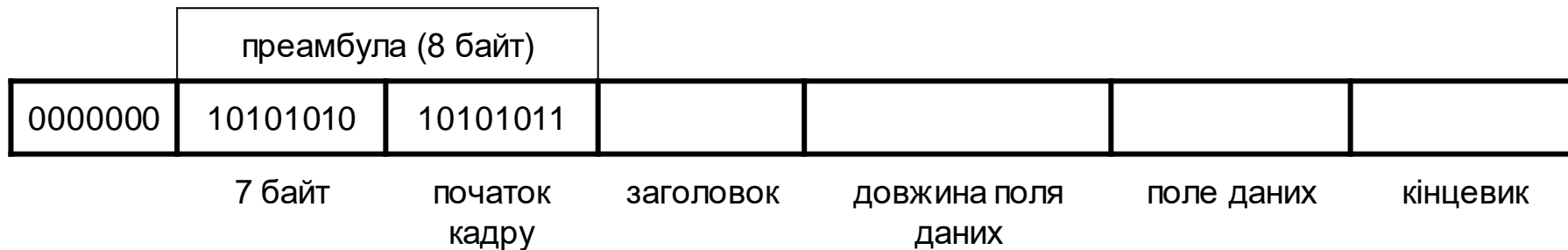
4	1	7	2	6	3	25	5	7	100	5	7	3	0	5
---	---	---	---	---	---	----	---	---	-----	---	---	---	---	---

Біт-орієнтовані протоколи (HDLC і PPP)



Щоб прапорець не зустрічався в полі даних, використовують **біт-стафінг** - вставка нульового біту після п'яти підряд 1 (навіть якщо після них ішов 0) Приймач виконує зворотню функцію - викидає 0 після 5 одиниць.

Класичний Ethernet



Fast Ethernet

Передавання спеціальних символів, які заборонені для передавання даних в надлишковому коді:

- початок кадру - пара (11000) і (10001);
- кінець кадру - символ (01101)

Виявлення і корекція помилок на канальному рівні

Виявлення помилок: протокол повинен

Виправлення помилок: по можливості

Ethernet, Token Ring, FDDI - тільки виявляють (“битий” кадр ігнорується)

LLC2, LAP-B - ще й виправляють

Не можна вважати, що один протокол кращий за інший, бо він відновлює кадри з помилками - кожен протокол добре працює в мережах, для яких він розроблений (в оптоволокні помилок майже не виникає, для безпроводних мереж помилка - типове явище, тому в оптоволокні дешевше заново передати дані, в Wi-Fi доцільніше виправити помилку)

Методи виявлення помилок

- Контроль парності (одно- та двовимірний);
- Контрольні суми (Frame Check Sequence, FCS)
- Циклічний надлишковий контроль.

Методи виправлення помилок

- Коди Хемінга
- Двійкові згорткові коди
- Коди Ріда-Соломона
- Коди з малою густиною перевірок на парність

MTU (Maximum Transmission Unit)

MTU - максимальний розмір блоку корисного навантаження (в байтах), який можна передати на каналному рівні.

```
$ ip l
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 state UNKNOWN
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
2: enp5s0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 state UP
    link/ether xx:xx:xx:xx:xx:xx brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

Ethernet - 1500 Б; Wi-Fi - 2304 Б.

Інтернет: передаватимете більшими порціями - мережеві пристрої будуть змушені додатково виконувати дефрагментацію

(cmd Windows) **netsh interface ipv4 show subinterfaces**

Структура кадру Ethernet II

		Заголовок			Дані (+ поле заповнення)	Кінцевик
Preamble	SFD	DA	SA	T	Data (+ Padding)	FCS
7	1	6	6	2	46-1500 байт	4
		64-1518 байт				

Preamble - преамбула, 7 байтів “10101010” - для синхронізації

SFD, Starting Frame Delimiter - байт “10101011”, наступний байт - перший байт заголовка кадру

DA, Destination Address - MAC-адреса призначення (індивідуальна адреса або широкомовна)

SA, Source Address - MAC-адреса відправника

T, Type - тип (вказує, від якого протоколу отримані / якому передавати дані - IPv4/v6, ARP)

Data - IP-пакет; (*JumboFrame* - 9000 байт) **Padding** - заповнення до мінімальних 46 байт

FCS, Frame Check Sequence - контрольна сума (алгоритм CRC-32) - “битий” кадр відкидається



dns

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3355	13.023496272	192.168.0.107	192.168.0.1	DNS	91	Standard query 0xd181
3356	13.027928625	192.168.0.1	192.168.0.107	DNS	252	Standard query response
3488	13.334850203	192.168.0.107	192.168.0.1	DNS	87	Standard query 0x2655
3490	13.338080480	192.168.0.1	192.168.0.107	DNS	167	Standard query response
5381	21.802177255	102.168.0.107	192.168.0.1	DNS	88	Standard query 0xb660

▼ Frame 3355: 91 bytes on wire (728 bits), 91 bytes captured (728 bits) on interface wlp1s0, id 0

► Interface id: 0 (wlp1s0)

Encapsulation type: Ethernet (1)

Arrival Time: Sep 24, 2021 15:19:12.274728912 EEST

[Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]

Epoch Time: 1632485952.274728912 seconds

[Time delta from previous captured frame: 0.003173632 seconds]

[Time delta from previous displayed frame: 0.000000000 seconds]

[Time since reference or first frame: 13.023496272 seconds]

Frame Number: 3355

Frame Length: 91 bytes (728 bits)

Capture Length: 91 bytes (728 bits)

[Frame is marked: False]

[Frame is ignored: False]

[Protocols in frame: eth:ethertype:ip:udp:dns]

[Coloring Rule Name: UDP]

[Coloring Rule String: udp]

▼ Ethernet II, Src: HonHaiPr_29:90:01 (dc:a2:66:29:90:01), Dst: Tp-LinkT_d1:bf:b8 (7c:8b:ca:d1:bf:b8)

► Destination: Tp-LinkT_d1:bf:b8 (7c:8b:ca:d1:bf:b8)

► Source: HonHaiPr_29:90:01 (dc:a2:66:29:90:01)

Type: IPv4 (0x0800)

► Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.107, Dst: 192.168.0.1

► User Datagram Protocol, Src Port: 46838, Dst Port: 53

► Domain Name System (query)