

Lecture 02:

Link layer

Routing



v.2022.09.14

Канальный уровень

- предназначен для обеспечения взаимодействия сетей на физическом уровне (в частности проверка доступности среды передачи) и реализация механизмов контроля за ошибками, которые могут возникнуть.
- Упаковывает данные в битах в кадры, проверяет их на целостность и, если нужно, исправляет ошибки (формирует повторный запрос поврежденного кадра) и отправляет на сетевой уровень
- обеспечивает корректность передачи каждого кадра, помещая специальную последовательность бит, в начало и конец каждого кадра, чтобы отметить его, а также вычисляет контрольную сумму, суммируя все байты кадра определенным способом и добавляя контрольную сумму к кадру.

Функции канального уровня

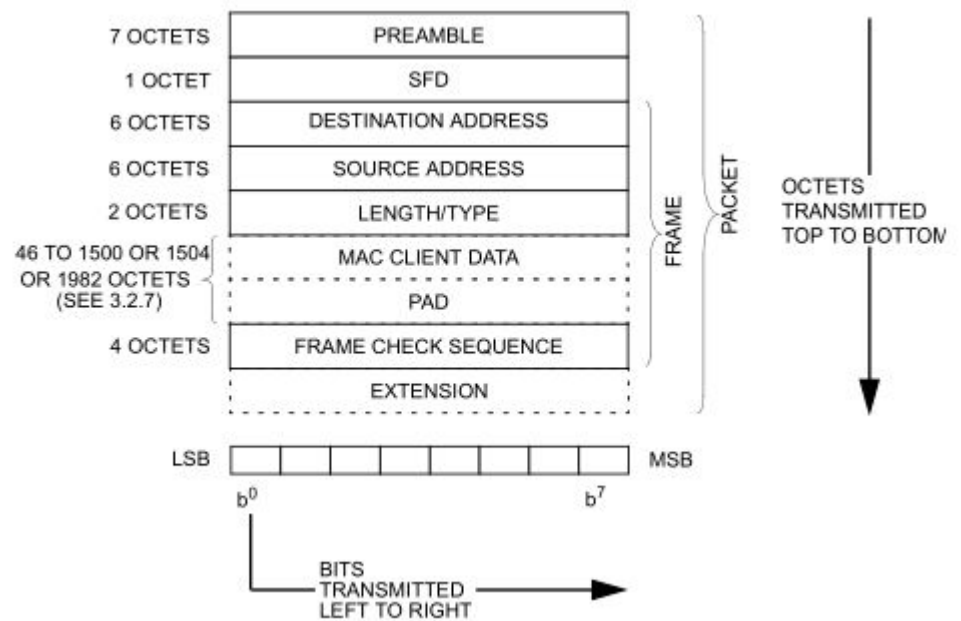
- Организация (установление, управление, расторжение) канальных соединений и идентификация их портов.
- Организация и передача кадров.
- Обнаружение и исправление ошибок.
- Управление потоками данных.
- Обеспечение прозрачности логических каналов (передачи по ним данных, закодированных любым способом).

Link layer (канальный уровень)

Сетевой интерфейс — это абстрактное сетевое устройство канального уровня, за работу которого отвечает ядро операционной системы. Сетевой интерфейс имеет единственный MAC-адрес и соответствует либо 16 физическому устройству (сетевому адаптеру), либо некоторому виртуальному устройству — реализация такого устройства может быть самой разнообразной. В некоторых ОС используется термин сетевое подключение в качестве синонима сетевого интерфейса.

Сегмент сети — совокупность соединённых с помощью сетевых интерфейсов машин, между которыми может быть передано сообщение канального уровня. Все сетевые интерфейсы в пределах сегмента должны иметь уникальные MAC-адреса.

IEEE 802.3



802.3 Ethernet packet and frame structure

Layer	Preamble	Start frame delimiter	MAC destination	MAC source	802.1Q tag (optional)	Ethernet II (Ethernet II) or length (IEEE 802.3)	Payload	Frame check sequence (32-bit CRC)	Interpacket gap
	7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	(4 octets)	2 octets	46-1500 octets	4 octets	12 octets
Layer 2 Ethernet frame	← 64-1522 octets →								
Layer 1 Ethernet packet & IPG	← 72-1530 octets →								← 12 octets →

Hub VS Switch



Настройка

- man 5 /etc/network/interfaces

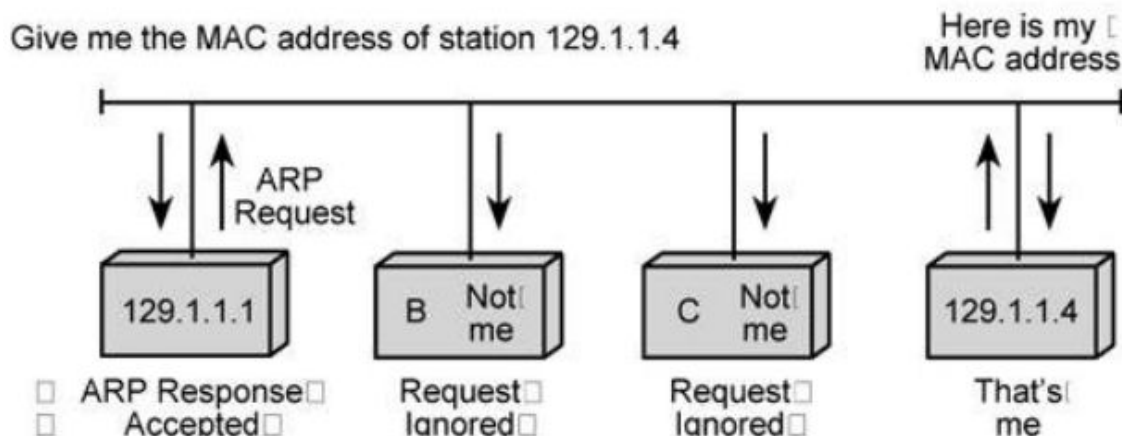
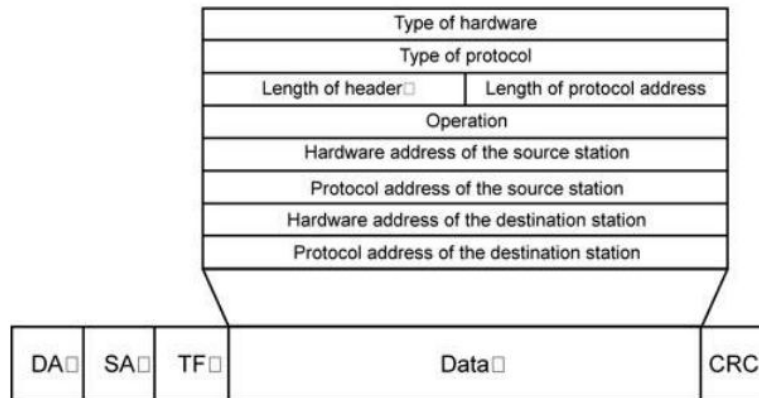
`/etc/network/interfaces` - network interface configuration for ifup and ifdown

```
auto eth0
    allow-hotplug eth1
    source interfaces.d/machine-dependent
    source-directory interfaces.d
    mapping eth0
        script /usr/local/sbin/map-scheme
        map HOME eth0-home
        map WORK eth0-work
    iface eth0-home inet static
        address 192.168.1.1
        netmask 255.255.255.0
    up flush-mail
    iface eth0-work inet dhcp
```

```
iface eth1 inet dhcp
```

ARP

ARP (англ. *Address Resolution Protocol* — протокол определения адреса) — протокол в компьютерных сетях, предназначенный для определения *MAC-адреса* по *IP-адресу* другого компьютера.



ARP + tcpdump

```
arp who-has 10.0.0.22 tell 10.0.0.11
arp reply 10.0.0.22 is-at [MAC-адрес интерфейса машины ws2]
IP 10.0.0.11 > 10.0.0.22: ICMP echo request, id [запрос], seq 1, length 64
IP 10.0.0.22 > 10.0.0.11: ICMP echo reply, [запрос], seq 1, length 64
IP 10.0.0.11 > 10.0.0.22: ICMP echo request, id [запрос], seq 2, length 64
IP 10.0.0.22 > 10.0.0.11: ICMP echo reply, id [запрос], seq 2, length 64
arp who-has 10.0.0.11 tell 10.0.0.22
arp reply 10.0.0.11 is-at [MAC-адрес интерфейса машины ws1]
```

Network layer(Сетевой уровень)

- Устанавливает связь в вычислительной сети между двумя системами и обеспечивает прокладку виртуальных каналов между ними
- Сообщает транспортному уровню о появляющихся ошибках.
- Отвечает за их адресацию и доставку сообщений – “пакетов”

Сетевой уровень

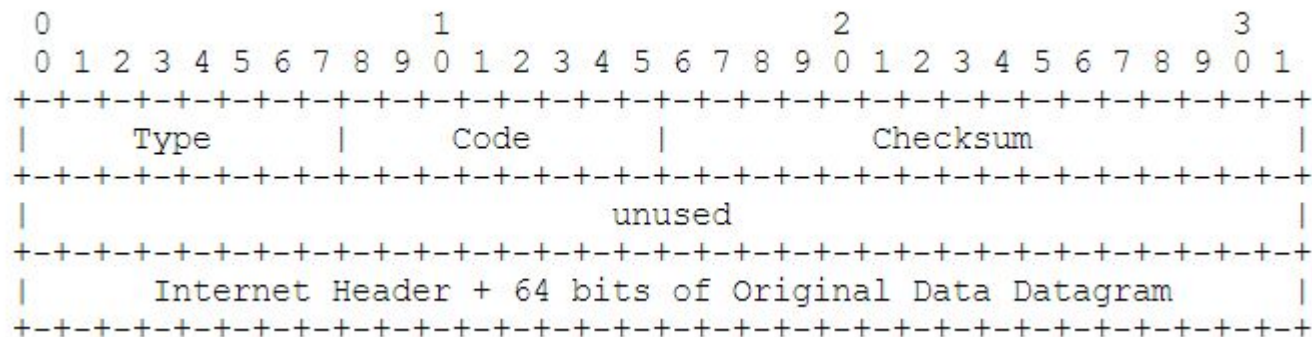
- Прокладка наилучшего пути для передачи данных называется маршрутизацией, и ее решение является главной задачей сетевого уровня.
- Проблема осложняется тем, что самый короткий путь не всегда самый лучший. Часто критерием при выборе маршрута является время передачи данных по этому маршруту; оно зависит от пропускной способности каналов связи и интенсивности трафика, которая может изменяться с течением времени.
- Внутри сети доставка данных регулируется канальным уровнем, связанным с жестким ограничением по использованию в определенной топологии, а вот доставкой данных между сетями занимается сетевой уровень.
- При организации доставки пакетов на сетевом уровне используется понятие номер сети. В этом случае адрес получателя состоит из номера сети и номера компьютера в этой сети.

IP

	0				1				2				3																			
Октет	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	Версия			IHL			Тип обслуживания								Длина пакета																	
4	Идентификатор															Флаги		Смещение фрагмента														
8	Время жизни (TTL)							Протокол								Контрольная сумма заголовка																
12	IP-адрес отправителя																															
16	IP-адрес получателя																															
20	Параметры (от 0 до 10-и 32-х битных слов)																															
	Данные																															

Example Internet Datagram Header

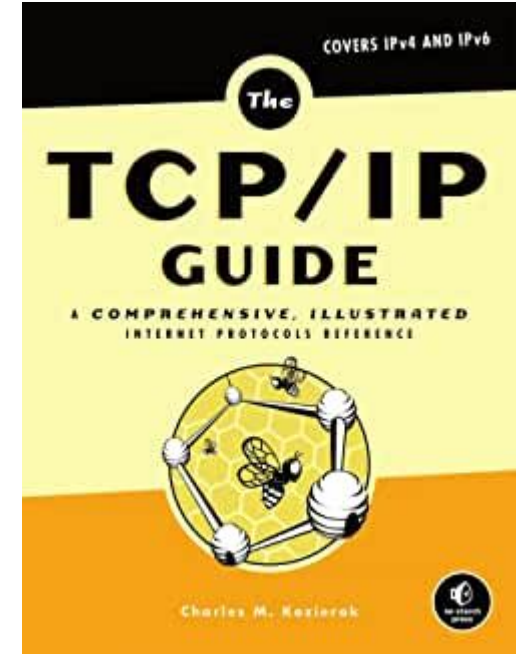
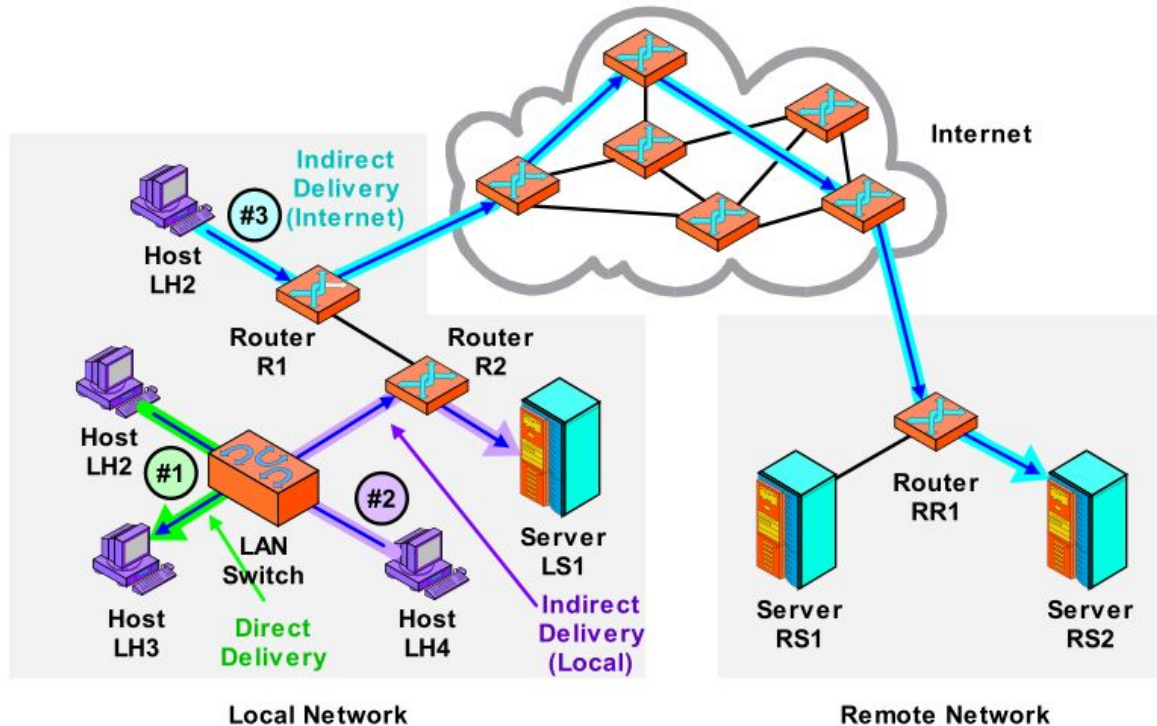
ICMP



Routing

Маршрутизация IP-пакета (англ. IP routing) — определение адреса очередного получателя IP-пакета и последующая передача пакета очередному получателю в кадре канального уровня.

Routing: direct vs indirect



Direct routing



Direct routing

- Ping 10.0.0.22 (с устройства с адресом 10.0.0.11)
- Формируется IP пакет (с типом ICMP)
- Побитовое И своего адреса с маской => srcNet
- Побитовое И удаленного адреса с маской => destNet
- Если srcNet == destNet, отправляем пакет непосредственно получателю
- Выполняем arp запрос на IP адрес 10.0.0.22
- Устройство 10.0.0.22 отвечает на arp запрос со своим MAC адресом
- Отправляем кадр на устройство 10.0.0.22
- Можем получить ошибку «устройство недоступно»

Indirect routing

- На входе: IP адрес назначения
- На выходе: IP адрес маршрутизатора, которому надо отправить пакет + сетевой интерфейс, через который надо отправить пакет
- Алгоритм выбора строки:
 - Побитовое И колонки network и mask => netAddress
 - Побитовое И адреса и mask => destAddress
 - Если netAddress является «подмножеством» destAddress – помечаем строку как «подходящую» и сохраняем кол-во совпавших битов
 - Среди всех «подходящих» строк выбирается одна с наибольшим количеством совпавших битов

ip r || route PRINT

```
oglan@UbuntuVM: ~  
oglan@UbuntuVM:~$ ip r  
default via 10.1.1.1 dev eth0 proto static  
10.1.1.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 10.1.1.107 metric 1  
10.10.0.0/16 via 10.1.1.107 dev eth0  
10.20.0.0/16 via 10.1.1.107 dev eth0  
oglan@UbuntuVM:~$
```

```
C:\Windows\system32\cmd.exe  
  
IPv4 Route Table  
=====
```

Active Routes:					
Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	10.1.1.1	10.1.1.2	20
	10.1.1.0	255.255.255.0	On-link	10.1.1.2	276
	10.1.1.2	255.255.255.255	On-link	10.1.1.2	276
	10.1.1.255	255.255.255.255	On-link	10.1.1.2	276
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	169.254.0.0	255.255.0.0	On-link	169.254.80.80	261
	169.254.80.80	255.255.255.255	On-link	169.254.80.80	261
	169.254.255.255	255.255.255.255	On-link	169.254.80.80	261
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	10.1.1.2	276
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	169.254.80.80	261
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	10.1.1.2	276
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	169.254.80.80	261

```
=====
```

Persistent Routes:
None