

# MSS-MSN

## Принципы сетевого взаимодействия

Костюкович А.Е.  
Каф.АЭС, СибГУТИ  
[www.aek-54.ru](http://www.aek-54.ru)

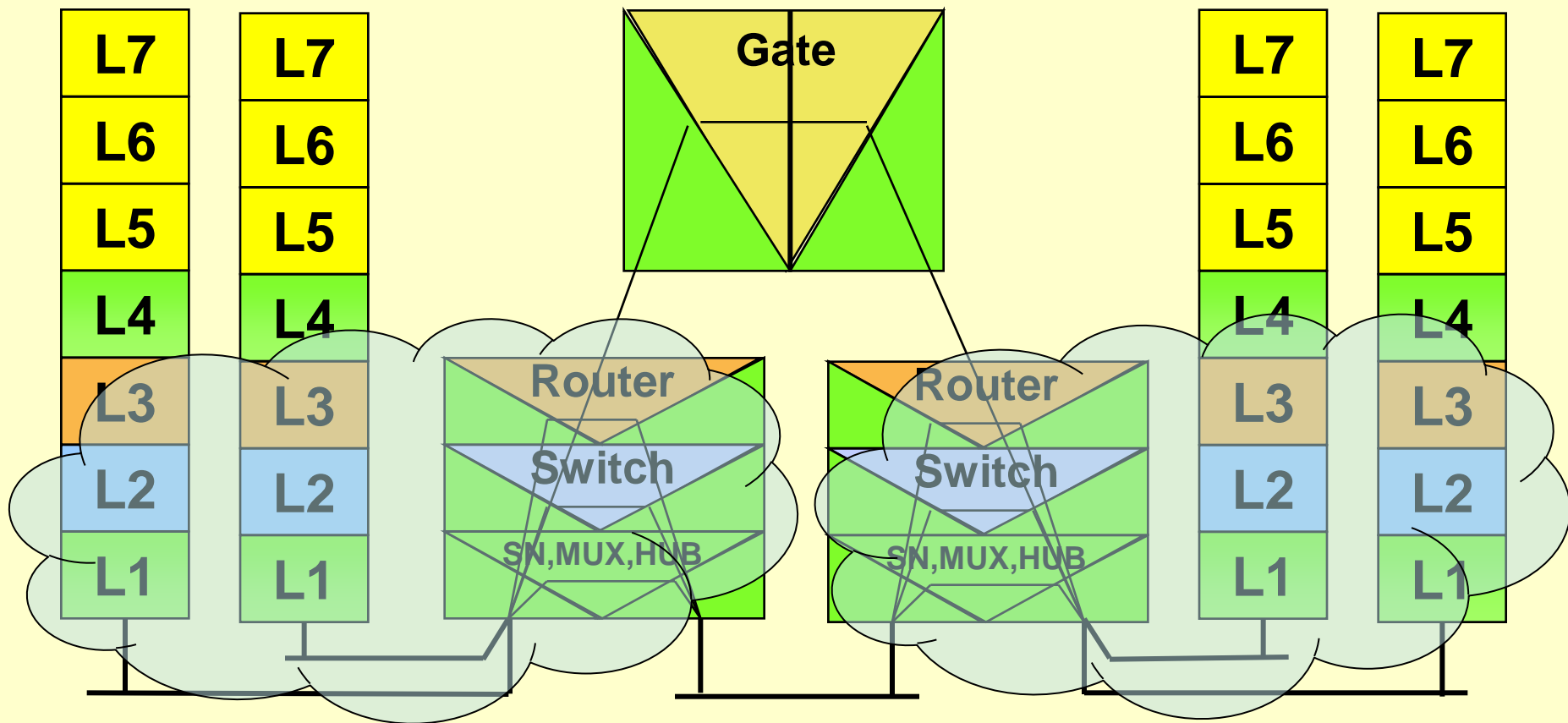
# ПЛАН Темы 3

- 1. Взаимодействие согласно модели OSI**
- 2. Особенности реализации взаимодействия**
  - 1. Функции и устройства**
  - 2. Достоинства и недостатки взаимодействия на уровнях L1/L2/L3...**
  - 3. Системы адресации**
  - 4. Системы нумерации**
- 3. Способы организации взаимодействия сетей с различными технологиями**
  - 1. Инкапсуляция протоколов**
    - 1. Организация туннелей (PPTP, L2TP, GRE, GTP, VPLS,...)**
    - 2. Имитация (эмуляция) протоколов (LANE)**
  - 2. Преобразование (Конвертация) протоколов (шлюзы)**

# **1. Взаимодействие согласно модели OSI**

# Организация взаимодействия (IWF) по ISO

## Уровни и устройства для IWF:



Итак, основными устройствами, реализующими взаимодействие на различных уровнях ЭМВОС, являются – **MUX, HUB, SN, Bridge, Switch, Router, Gateway**  
Разберем особенности работы этих устройств и функций.

# Взаимодействие согласно модели OSI

В рамках модели OSI для организации взаимодействия между различными приложениями необходимо выполнить достаточно большой набор функций (действий, операций).

Этот набор функций в модели OSI предлагается разделить на 7 функциональных блоков (уровней), между которыми ЭМВОС определяет два основных типа взаимодействия:

- взаимодействие между смежными уровнями внутри одной открытой системы (по вертикали OSI). Такое взаимодействие должно определяться набором правил, называемых – **ИНТЕРФЕЙСОМ**.
- взаимодействие между одноименными уровнями, находящимися в разных открытых системах. Такое взаимодействие должно определяться набором правил, называемых – **ПРОТОКОЛАМИ**.

# Взаимодействие согласно модели OSI

Модель OSI не определяет – каким образом должны выполняться функции каждого уровня, например – за счет аппаратных или программных средств.

Практическая реализация этих функций в конкретных аппаратно-программных средствах определяется производителями этих средств.

Особенности реализации различных функций таковы, что чем ниже уровень модели, тем более в реализации функций этого уровня используются аппаратные средства (Hardware – HW), а чем выше уровень – тем более выгодно и гибко использовать для реализации функций – программные средства (Software – SW).

## **2. Особенности реализации взаимодействия**

## Особенности реализации взаимодействия на уровне L1

На физическом уровне наиболее задействованы аппаратные средства («железо»), особенно в пору аналоговых устройств.

С развитием цифровизации ПО все глубже стало проникать и на физический уровень.

Например, функция фильтрации по частоте (частотное мультиплексирование и демultipлексирование) в таких устройствах физического уровня как ADSL и Wi-Fi-модемы, выполняется с помощью ПО (фильтрация, использует преобразование входной временной реализации в частотную и наоборот – с помощью математических операций Преобразования Фурье и реализована на основе типовых сигнальных процессоров).



# Особенности реализации взаимодействия на уровне L1

На физическом уровне возможно организовать такие функции сетевого взаимодействия как:

- Мультиплексирование
- Концентрация
- Коммутация (переключение)

Модель OSI предусматривает возможность организации доступа к ресурсам нижележащего уровня нескольким приложениям вышележащего уровня!

Функция МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ, наиболее просто позволяет организовать взаимодействие.

Задача этой функции состоит в необходимости использовать общий ресурс нижележащего уровня несколькими пользователями/приложениями вышележащего уровня.

## Особенности реализации взаимодействия на уровне L1

Рассмотрим такие ресурсы физического уровня как среда передачи.

Наиболее распространены следующие среды передачи:

- Медные среды (многопарные телефонные кабели, коаксиальные кабели, малопарные витые пары и т.п.)
- Радиосреды в различных диапазонах частот
- Опτικο-волоконные кабели

**Для более эффективного использования сред передачи на физическом уровне – применяют функции мультиплексирования**

## Особенности реализации взаимодействия на уровне L1

Функция **мультиплекирования** позволяет организовать множественный доступ к среде передачи всем пользователям физического уровня.

Широко известны такие методы организации множественного доступа к среде передачи, как:

- **FDMA** (доступ с разделением по частоте)
- **TDMA** (доступ с разделением по времени)
- **CDMA** (доступ с разделением по коду)
- **WDMA** (доступ с разделением по длине волны)
- Комбинации этих методов, например – FDMA/TDMA

## Особенности реализации взаимодействия на уровне L1

Отметим такую особенность: функция мультиплексирования на физическом уровне является – статической, т.е. не использует статистические свойства пропускаемой нагрузки, что **значительно упрощает реализацию, однако, снижает эффективность использования общего сетевого ресурса** (TDM / FDM / WDM – канала).

Для более эффективного использования общего ресурса на физическом уровне достаточно часто используется функция **КОНЦЕНТРАЦИИ**, которая позволяет учитывать статистические свойства пропускаемой нагрузки.

## Особенности реализации взаимодействия на уровне L1

Типичным примером реализации «концентрированного» взаимодействия – является абонентский телефонный концентратор, или базовая станция сети GSM, использующие статистику поступающей абонентской нагрузки, благодаря чему на каждые 1000 абонентских линий достаточно, например, 100 соединительных линий при абонентской нагрузке 0,1 Эрл.

Реализация функций концентрации намного сложнее, чем взаимодействие посредством мультиплексирования, так как требуется оперативно определять активность абонента, для чего привлекаются средства сетевого уровня, например, – сигнализация, выбор свободного ресурса.

## Особенности реализации взаимодействия на уровне L1

Другой пример использования функции концентрации на физическом уровне – концентратор Ethernet (хаб – hub).

Организация такой концентрации значительно дешевле и проще, чем концентратор ТфОП, т.к. Ethernet-хаб использует только средства физического уровня.

Для выявления статистики (активности терминала) здесь используются методы множественного доступа CSMA/CD с соответствующим набором аппаратных средств (фильтров для «прослушки» шины, устройств электрической развязки для доступа к шине нескольких терминалов,...).

## Особенности реализации взаимодействия на уровне L1

Однако, и мультиплексирование и концентрация обладают таким **существенным недостатком** в условиях взаимодействия многих сотен тысяч пользователей – **отсутствие возможности оперативного соединения любого пользователя с любым.**

Для реализации оперативного взаимодействия – используется функция **коммутации (переключения).**

На физическом уровне используется коммутация таких ресурсов, как «**каналы**» - особым способом организованные ресурсы в различных средах передачи.

## Особенности реализации взаимодействия на уровне L1

Например, в ТфОП, наиболее широко используется способ организации «ВРЕМЕННЫХ» каналов с помощью TDM-технологий (например, PDH, SDH).

В оптических транспортных сетях находит применение организация каналов по длине волны ( $\lambda$ -каналы), для переключения которых используется функция  $\lambda$ -коммутации.

Коммутация таких ресурсов, как каналы (называемая часто – коммутацией физических каналов, или просто **КК**) – наиболее распространенный в существующих ТфОП способ организации взаимодействия.



# Достоинства коммутации на уровне L1

1. относительная простота реализации
2. очень малые задержки в узле коммутации
3. гарантированная пропускная способность физического соединения на все время сеанса
4. возможность организации узлов коммутации на несколько сотен тысяч и миллионы физических портов.
5. низкая стоимость реализации (благодаря отсутствию «интеллекта» во время выполнения функция коммутации)

## Недостатки коммутации на уровне L1

1. Для организации оперативного соединения через коммутатор, придется привлечь значительные ресурсы сетевого уровня – сигнальные протоколы, таблицы маршрутизации и пр. – т.е. программные средства.
2. К наиболее существенным недостаткам коммутации на уровне L1 относят – **низкую эффективность использования общего ресурса (канала)**.
3. Этот недостаток особенно стал заметен при изменении статистики трафика в сторону трафика передачи данных, характеризуемого **резко выраженной неравномерностью** во время соединения/сеанса (см. предыд. лекции)

## Особенности реализации взаимодействия на уровне L1

Собственно, если учесть, что от физического уровня требуется минимальная задержка, то это исключает возможность буферизации на физическом уровне.

А именно благодаря предварительной буферизации переносимой информации возникает возможность не только накапливать в буферной памяти больше информации, чем может пропустить в данный момент узел коммутации по существующим аппаратным интерфейсам, но и:

- разделять функции коммутации и гибкого управления пропускной способностью
- организовать различные дисциплины обслуживания информационных блоков (например, по приоритетам)

Поэтому в условиях мультисервисного трафика реализация **функции коммутации** перенесена **на уровень L2 OSI**.

## Организация взаимодействия в сети на уровнях модели OSI

Отметим сейчас следующие **общие особенности взаимодействия:**

1. Для организации взаимодействия используются какие-либо **признаки, позволяющие уникальным способом идентифицировать сетевой ресурс**, а также **пользователя ресурсов**. В качестве таких идентификаторов используются – **адреса и номера пользователей / протоколов**.

## Примеры используемых адресов

В зависимости от уровня OSI различают типы адресов:

1. Адреса физического уровня (например, СІС – в технологиях TDM-КК, используемым в ТфОП для уникальной идентификации канала)
2. Адреса канального уровня (L2-адреса, например, MAC – в технологиях Ethernet, **VPI/VCI** – в технологии ATM, **DLCI** – в технологии Frame Relay / LAP и т.п.) (**примеч. к L2-адресам в МСС/NGN**)
3. Адреса сетевого уровня (L3-адреса, например, **E.164** в ТфОП, **Q.708** в ОКС-7, **IPv4** в Интернете, **X.121** – в сетях передачи данных X.25 и т.д.)
4. Адреса транспортного уровня (L4-адреса, например, номера портов TCP/UDP, назначаемые прикладным протоколам соответствующих служб – Web-служба/HTTP/port:80, служба E-mail/SMTP:25 и POP3:110, ...)
5. Адреса прикладного уровня / приложений – например, URI типа <http://aek-54.ru>, [aek1954@gmail.com](mailto:aek1954@gmail.com), и т.п.

## Адреса уровня L2 (канального уровня) – Локальные

Технология LAN / MAN	Сокращ. назв. адреса	Емкость адреса	
		Bin	Dec
ATM	VPI/VCI	12/16 бит (28 бит)	$2^{**28} = 268\ 435\ 456$
FR (LAP-F)	DLCI	10 бит	1024
LAP-D	TEI	7 бит	128
802.3 (Ethernet)	MAC	6 байт 48 бит	
	<b>Уровень «L 2,5»</b>		
MPLS	Label	20 бит	$2^{**20} = 1\ 000\ 000$
802.1 p/Q (VLAN)	VID	12 бит	$2^{**12} = 4096$

## Адреса уровня L3 ( сетевого уровня) – Глобальные

WAN-Сеть	Организация	Стандарт	Емкость	
			Hex, Bin	Dec
ТфОП (N-ISDN)	ITU-T	E.164	-	15 десят. Цифр – $10^{15}$
X.25	ITU-T	X.121	-	15 десят. Цифр – $10^{15}$
СПС (GSM,...)	ITU-T	E.212 (IMSI)	-	15 десят. Цифр – $10^{15}$
ОКС-7	ITU-T	Q.708	14бит	$2^{14}$ =до 16384 SP
Internet	IAAB-IETF	RFC-789 IPv4	4 байта (32 бита)	$2^{32} =$ 4 294 967 296 $\approx$ $10^9$
Internet	IAAB-IETF	RFC-3513 IPv6	16 байт (128 бит)	$2^{128} \approx 3,4 \cdot 10^{38}$

## Общие особенности взаимодействия на уровнях модели OSI

**2.** Взаимодействие между адресами разных уровней организуется посредством соответствующих служб:

- **DNS** – между адресами приложений и сетевыми адресами,
- **ARP/RARP** – между адресами L3 и адресами L2.

**3.** Адреса физического и канального уровня могут быть использованы только для взаимодействия в рамках локальных сетей (сетей уровня местного оператора – LAN, MAN), так как эти адреса не удовлетворяют условиям глобальной уникальности и имеют небольшую емкость.



## Общие особенности взаимодействия на уровнях модели OSI

4. Для взаимодействия в рамках глобальных сетей (WAN) используются адреса уровня L3 (сетевые), удовлетворяющие следующим требованиям:

- **Достаточная емкость** адресного пространства, позволяющая уникальным образом пронумеровать всех пользователей глобальной сети (например, адресное пространство E.164 – 15 десятичных цифр)
- **Наличие единого центра администрирования адресов** (например, ИТУ-Т управляет глобальной частью им же созданных адресов – в E.164 – это адрес страны, занимающий от 1 до 3 старших цифр адреса E.164)

## Общие особенности взаимодействия на уровнях модели OSI

5. Взаимодействие может быть реализовано в двух режимах:
  1. В режиме с установлением соединения (**CONS**), называемом часто режимом «виртуальных каналов». Этот режим используется для соответствующих информационных сервисов, предъявляющих особые требования к таким показателям качества, как гарантия пропускной способности, малые задержки, соблюдение последовательности передаваемых данных и т.п.
  2. В режиме без установления соединения (**CLNS**), называемом часто дейтаграммным. Это режим обычно не гарантирует качества по вышеперечисленным показателям, а потому используется для соответствующих видов информационных сервисов, как SMS, IM, SNMP-мониторинг и т.п.

## Общие особенности взаимодействия на уровнях модели OSI

**6.** На уровне L2 функция коммутации/переключения (коммутация пакетов – КП, коммутация кадров, коммутация ячеек и т.п.), выполняемая **КОММУТАТРАМИ** (Switch), имеет следующие особенности:

1. Коммутаторы уровня L2 обычно реализованы за счет аппаратных средств, что снижает их стоимость и повышает быстродействие.
2. В связи с удешевлением технологий, в коммутаторах все чаще используются некоторые функции сетевого уровня (L3), что позволяет значительно расширить масштабы и возможности операторских сетей, не применяя более дорогие маршрутизаторы.
3. Для взаимодействия на уровне L2 между небольшим количеством устройств используются **МОСТЫ** (Bridge). Коммутаторы уровня L2 по сравнению с мостами, имеют большее количество портов.

## Общие особенности взаимодействия на уровнях модели OSI

7. Для коммутации требуется в каждом коммутаторе (на уровне L1 или L2) составить **таблицу коммутации**, связывающую на время активности пользователя адреса L1/L2 с ресурсами коммутатора (номерами каналов, портов и т.п.)
8. В режиме CONS, составление таблиц коммутации требуется из-конца-в-конец (т.е. через множество коммутаторов на все время сеанса), что гарантирует качество доставки информации. Для этих целей используются средства уровня L3 (например, сигнализация в ТфОП, В-ISDN, IP/MPLS и т.п.).

## Общие особенности взаимодействия на уровнях модели OSI

9. Для взаимодействия на уровне L3 (сетевом), используются функции маршрутизации, реализуемые в сетевых узлах – **МАРШРУТИЗАТОРАХ** (Router).
1. Маршрутизаторы обычно реализуются программными средствами на базе стандартных ОС типа Unix, Linux или даже Windows (для малых предприятий), либо специализированных ОС, например, IOS-Cisco.
  2. Реализация функций маршрутизации программными средствами является основным достоинством маршрутизатора, т.к. позволяет организовать гибкую **«СЕТЕВУЮ ПОЛИТИКУ»**.
  3. Однако, это значительно увеличивает как стоимость самих маршрутизаторов, так и стоимость/сложность их эксплуатации.
  4. «Благодаря» этим свойствам маршрутизаторы используются обычно на границах автономных систем, т.е. между операторскими сетями. При этом каждый оператор ведет внутри своей сети (AS) независимую от другого оператора сетевую политику в области безопасности, качества и.т.п.
  5. Маршрутизаторы могут выполнять также и функции шлюза между пакетными сетями на разных технологиях, т.к. поддерживают различные типы сетевых интерфейсов (Ethernet, ATM, FR, PPP, ...).

## Общие особенности взаимодействия на уровнях модели OSI

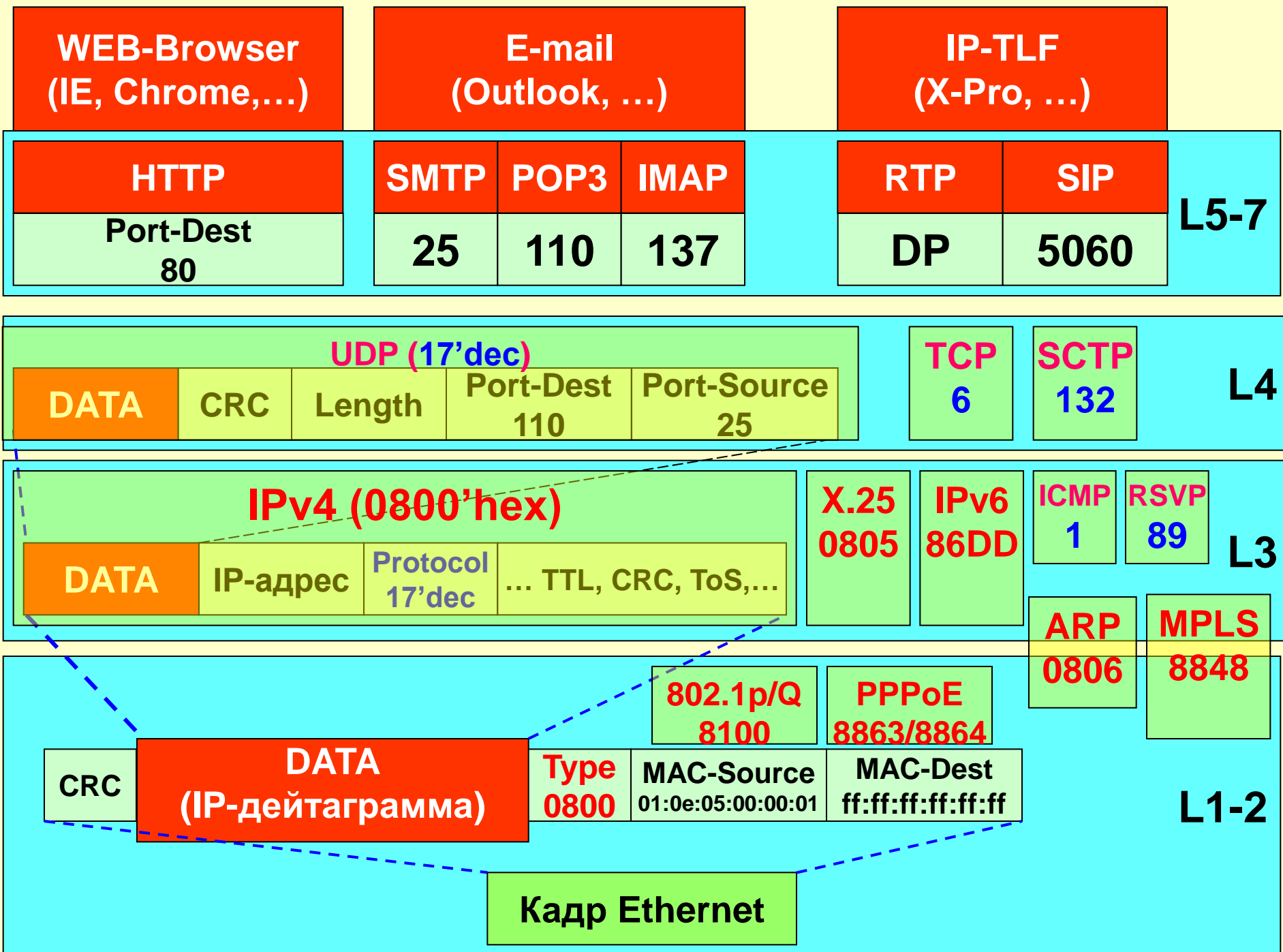
**10.** Для организации взаимодействия между сетями, построенными на принципиально отличающихся технологиях – используются «**ШЛЮЗЫ**», позволяющие преобразовать (конвертировать) протоколы одних сетей в протоколы других сетей.

Например, для взаимодействия сетей TDM-КК с сетями IP, используются речевые шлюзы, преобразующие речевую информацию, представленную в сети TDM в форме тайм-слотов, следующих через 125 мкс, в IP-пакеты, размер и скорость поступления которых в IP-сеть определяется типом аудиокодека и др. параметрами.

# Нумерация приложений / протоколов

Реализация функция мультиплексирования и концентрации подразумевает нумерацию мультиплексируемых приложений или протоколов, чтобы однозначно идентифицировать это приложение или протокол на другом устройстве.

Рассмотрим это на примере анимации...





# Нумерация приложений / протоколов

Чтобы соблюсти уникальность этой нумерации организации ИТУ-Т, IETF и др. разрабатывают системы управления нумерацией и адресами.

Документ IETF RFC 1700 определяет «назначенные номера» для приложений стека

Документ IETF RFC 791 определяет значения поля “Protocol” для IPv4.

# Коды популярных протоколов Интернет - RFC 791

Код протокола Интернет (Поле Protocol) (DEC)	Сокращенное название протокола	Описание
1	ICMP	Протокол контрольных сообщений [rfc-792]
2	IGMP	Групповой протокол управления [rfc-1112]
4	IP	IP поверх IP (инкапсуляция/туннели)
6	TCP	Протокол управления передачей [RFC-793]
8	EGP	Протокол внешней маршрутизации [RFC-888]
9	IGP	Протокол внутренней маршрутизации
17	UDP	Протокол дейтаграмм пользователя [RFC-768]
46	RSVP	Протокол резервирования ресурсов канала
88	IGRP	IGRP (Cisco) - внутренний протокол маршрутизации
89	OSPF	OSPF – внутренний протокол маршрутизации

# Нумерация приложений / протоколов

Документ ITU-T Q.704 определяет назначение номеров (бит) поля SIO (SI) для нумерации пользователей транспортной системы ОКС-7 (МТР):

<b>SI</b>	<b>Подсистема пользователей (UP)</b>
<b>0000</b>	<b>SNMUP</b>
<b>0001</b>	<b>SNT</b>
<b>0011</b>	<b>SCCP</b>
<b>0100</b>	<b>TUP</b>
<b>0101</b>	<b>ISUP</b>

# Нумерация приложений протокола Ethernet

EtherType	Protocol
08 00	Internet Protocol, Version 4 ( IPv4 )
08 06	Address Resolution Protocol ( ARP )
80 35	Reverse Address Resolution Protocol ( RARP )
81 00	VLAN-tagged frame ( IEEE 802.1Q, 802.1aq)
81 4C	Simple Network Management Protocol ( SNMP )
86 DD	Internet Protocol, Version 6 ( IPv6 )
88 47	MPLS unicast
88 48	MPLS multicast
88 63	PPPoE Discovery Stage
88 64	PPPoE Session Stage
88 A8	Provider Bridging ( PBB – IEEE 802.1ad, 802.1aq)
88 AB	Ethernet Powerlink
88 D8	Circuit Emulation Services over Ethernet ( MEF-8 )
88 E5	MAC security ( IEEE 802.1AE )
88 F7	Precision Time Protocol (IEEE 1588) (синхронный Ethernet)
89 02	IEEE 802.1ag Connectivity Fault Management Protocol / ITU-T Y.1731
89 06	Fibre Channel over Ethernet
90 00	Configuration Test Protocol (Loop)
91 00	Q-in-Q

# Способы организации взаимодействия

По мере роста количества спецификаций протоколов и интерфейсов, используемых в сетях на разных технологиях, вопрос о взаимодействии таких сетей стал приобретать все большую актуальность.

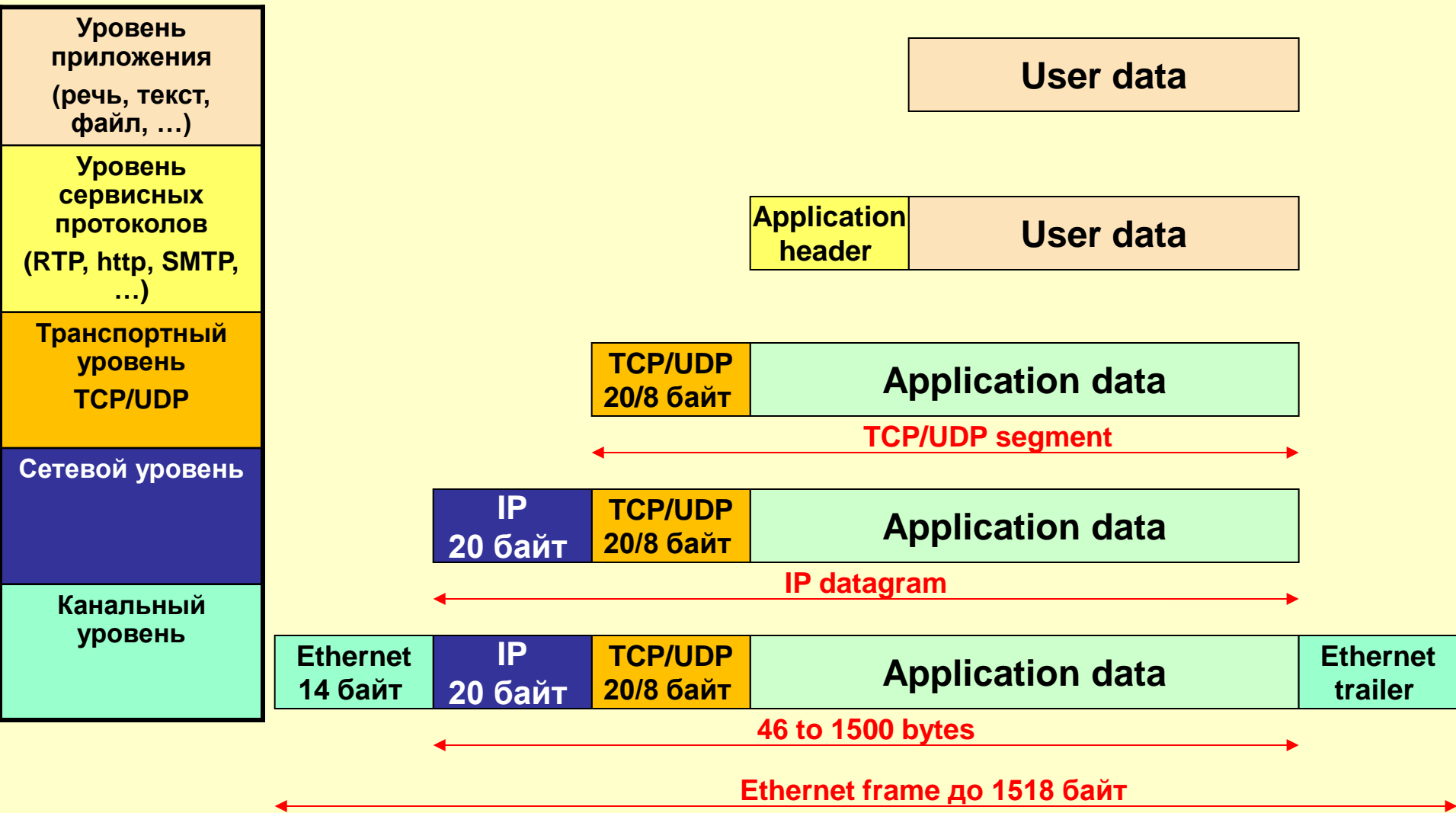
Для организации взаимодействия сетей, построенных на разных технологиях используются следующие способы:

## **1. Инкапсуляция протоколов**

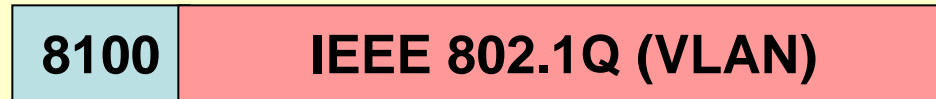
1. Организация туннелей (PPTP, L2TP, GRE, GTP, VPLS,...)
2. Имитация (эмуляция) протоколов (LANE в ATM)

## **2. Преобразование (Конвертация) протоколов (шлюзы)**

# Инкапсуляция данных



# Ethernet Encapsulation (RFC 894)



ИЛИ



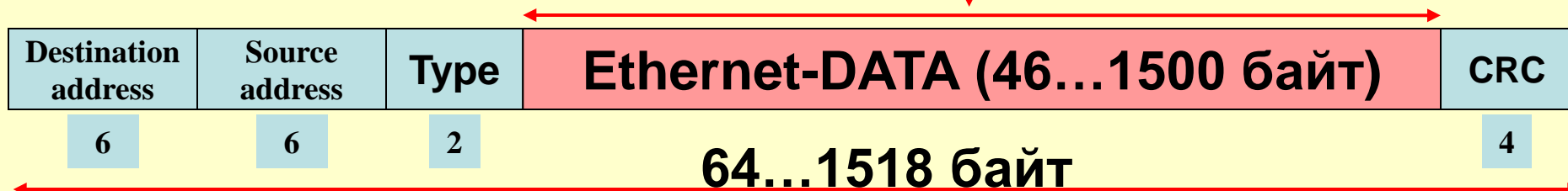
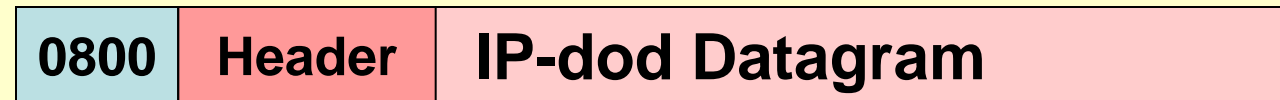
ИЛИ



ИЛИ



ИЛИ



# Классификация **существующих** транспортных сетей

Среди различных подходов к классификации, выделим следующие:

- По масштабам – PAN, LAN, MAN, WAN
- Первичные, вторичные
- По уровням иерархии (местные, зоновые, м/г, м/н)
- По владельцам (общего пользования – публичные, корпоративные)
- По типам транспортируемой информации (телефонные, ПД, ТВ, мультисервисные)



# Изменения в организации сетей

Классификации, разработанные для существующих сетей либо значительно изменяются при переходе к МСС, либо вовсе становятся не актуальными или бессмысленными:

1. Иерархии для сетей ТфОП, продиктованы особенностями пропуска телефонного трафика, тарифными единицами (канало-километр, сеанс).
2. Для МСС уменьшается количество иерархий – Международные / национальные / региональные (для России и др. территориально крупных стран).
3. Зависимость тарифа от расстояния значительно изменяется.
4. Понятие первичные/вторичные для МСС сращивается технологически и организационно
5. Понятие «сети по видам сервиса» - ТфОП, СПД, ТВ, РВ - отмирает по причине мультисервисности (одна транспортная сеть для всех сервисов)
6. Понятия ЕСЭ/ВСС/ЕАСС – более не актуальны вследствие конкуренции операторов. Для госмонополиста – Ростелеком – значительно пересмотрены.

# Классификация МСС

## 1. По масштабам

1. WAN (глобальные сети)
2. MAN (городские сети – метро)
3. LAN, PAN (локальные, персональные)

## 2. По принадлежности

1. Публичные
2. Корпоративные/ведомственные/кампусные

## 3. По уровню концентрации трафика

1. Ядро сети (Core/Backbone Network)
2. Сети доступа (Access Network)
  1. По технологиям доступа/средам передачи
  2. По уровню концентрации трафика (доступ, распределение, агрегация)

# Глобальные сети. Метропольные сети. Локальные сети

Такое разделение пришло из компьютерных (локальных) сетей, основными признаками которых, отличающих ЛВС от больших (глобальных) сетей были:

- Число терминалов (абонентов) – не более 1000
- Территориальные размеры сети – сотни метров
- Соответствующие технологии (в основном - Ethernet)

Глобальные сети (ТфОП, x.25, I-net, GSM и т.п.) отличаются не только размерами и технологиями, **но и адресацией**.

В ЛВС (LAN), MAN для организации соединений используются адреса уровня L2, которые являются локальными, т.к. не имеют достаточного размера адресного пространства и единого центра администрирования, обеспечивающих уникальность адреса.

# СПАСИБО за ВНИМАНИЕ

