



Факультет  
Технической  
Кибернетики

Санкт-Петербургский  
Государственный  
Политехнический  
Университет



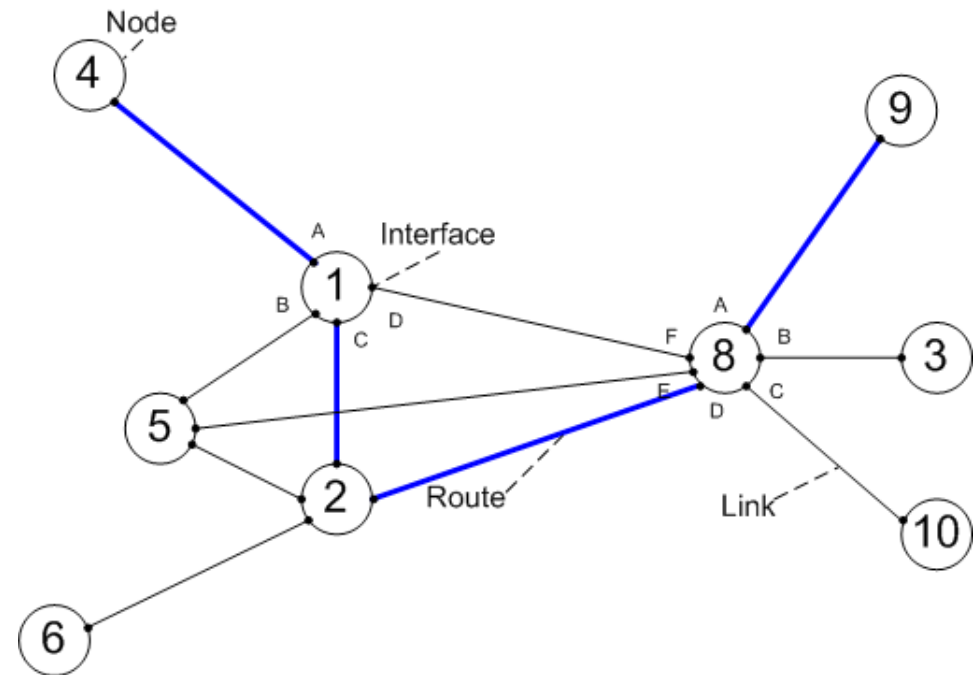
# Телекоммуникационные технологии

---

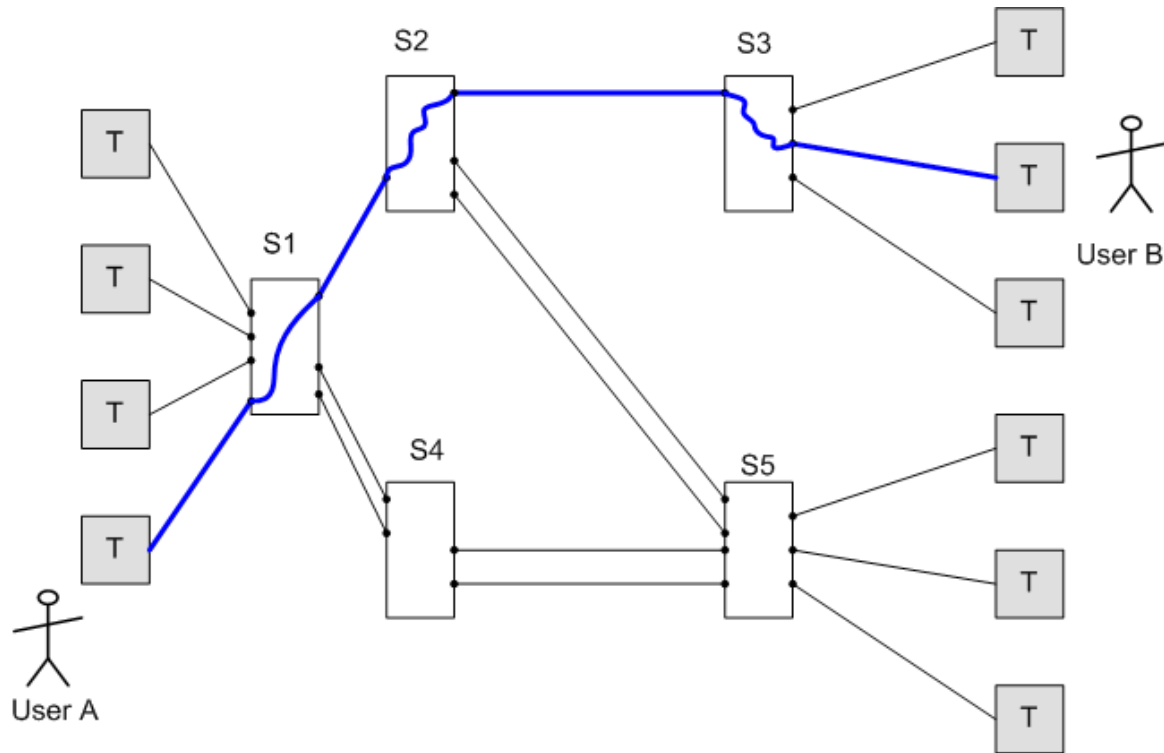
Материалы для использования  
на экзамене

# Обобщенная задача коммутации

- Выделение отдельных информационных потоков
- Маршрутизация потоков
- Продвижение потоков в узлах коммутации
- Мультиплексирование и демultipлексирование

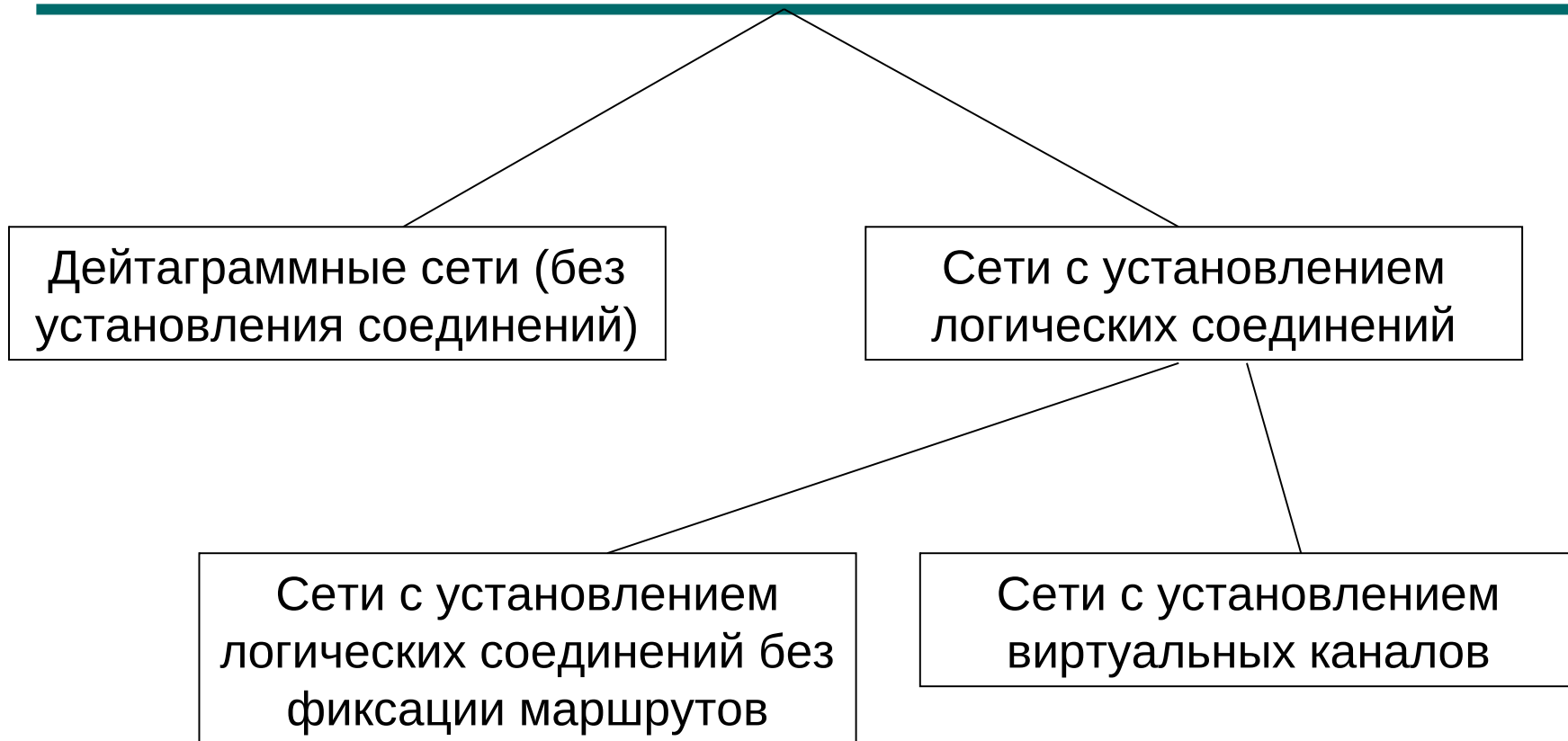


# Коммутация каналов

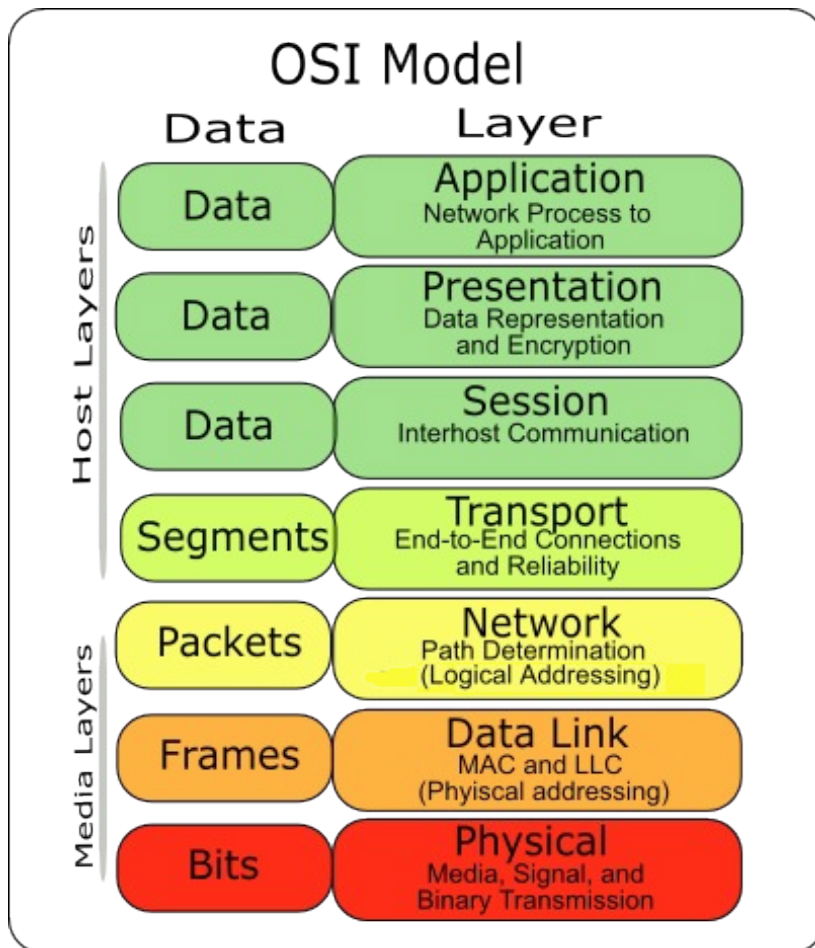


# Методы продвижения пакетов

---



# Модель ISO-OSI



## ➤ Модель OSI (ISO+ITU-T)

- Уровни
- Названия уровней
- Функции уровней
- Но **НЕ** протоколы

## ➤ Хорошая модель для изучения/сопоставления

- Разрабатывалась только для PS
- Можно адаптировать и для CS

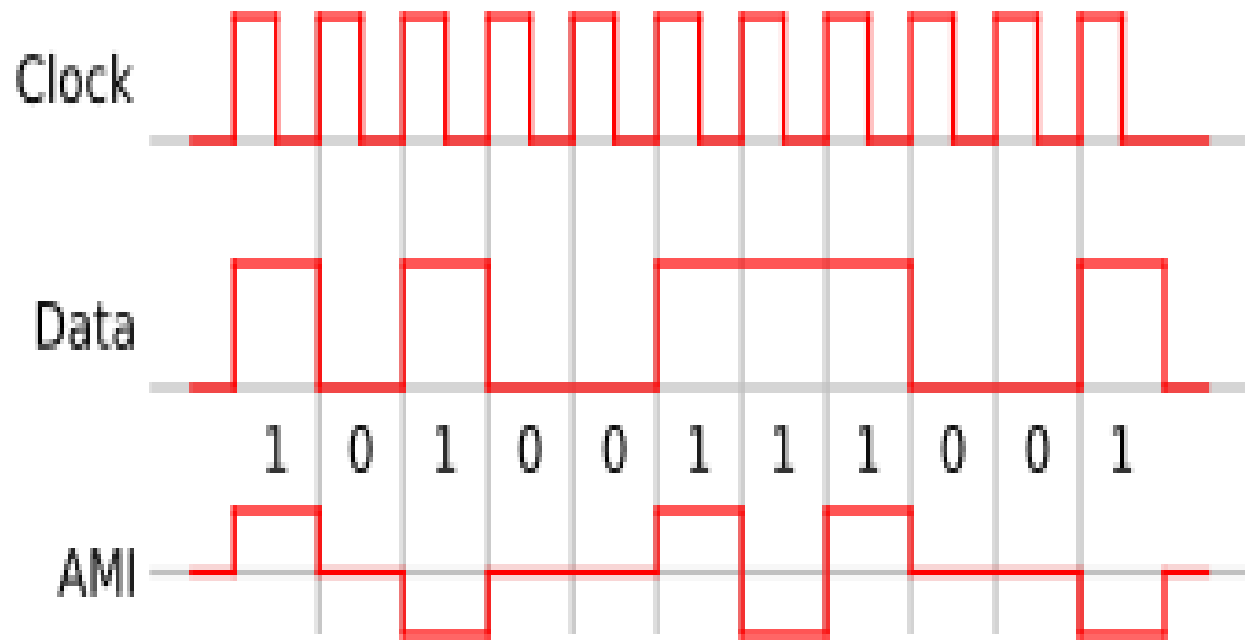
# Pulse Code Modulation - DS0

---

- ♦ Звук Гц- Гц → кбит DS0
- ♦ 1) Фильтрация в диапазоне до ? кГц
- ♦ 2) Выборка:  $F_s = ?$  кГц - PAM
- ♦ 3) Квантование: ? уровней
- ♦ 4) Кодирование: ? бит - PCM

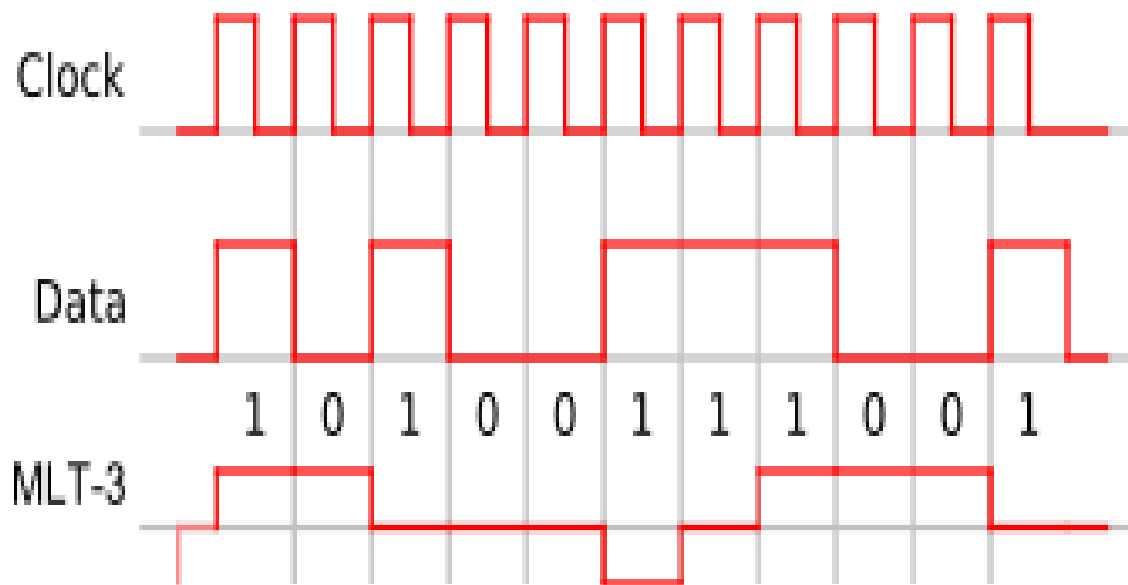
# Alternate Mark Inversion (AMI)

---



# MultiLevel Transmission encoding - 3 levels (MLT-3)

---





# Виды модуляции

---

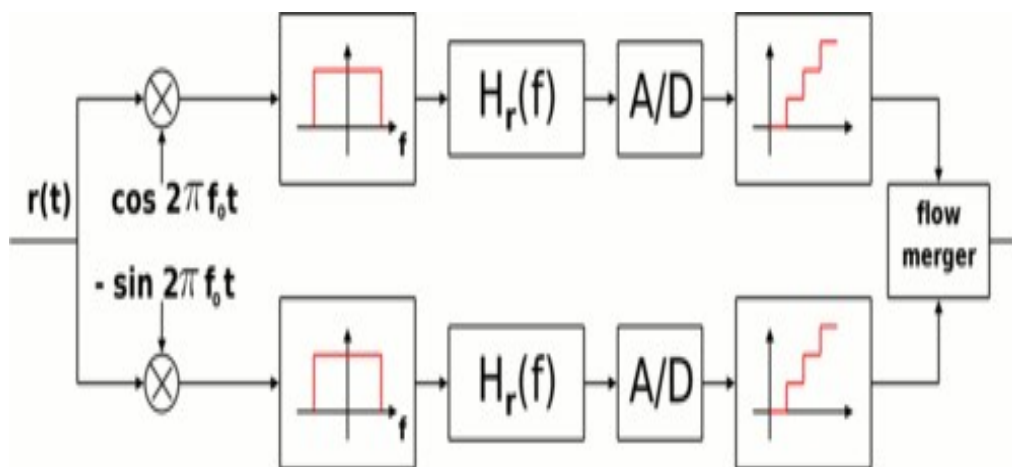
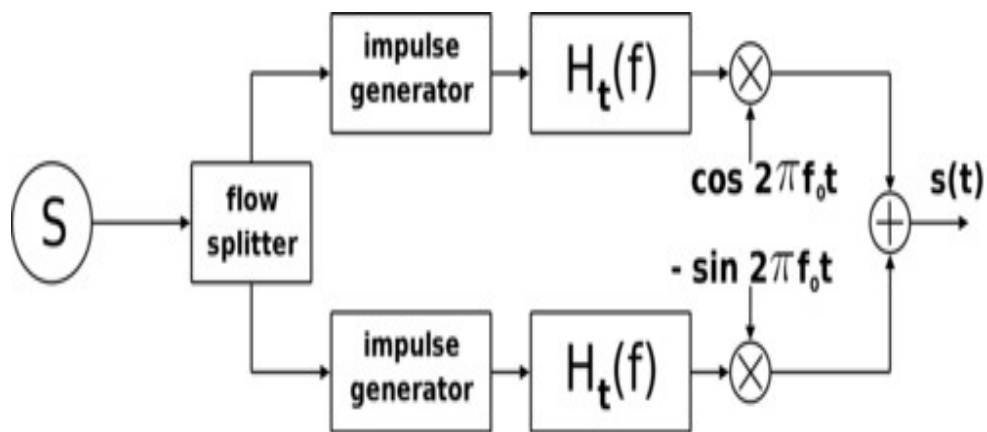
## ♦ Аналоговая модуляция

- AM
- FM
- PM
- QAM

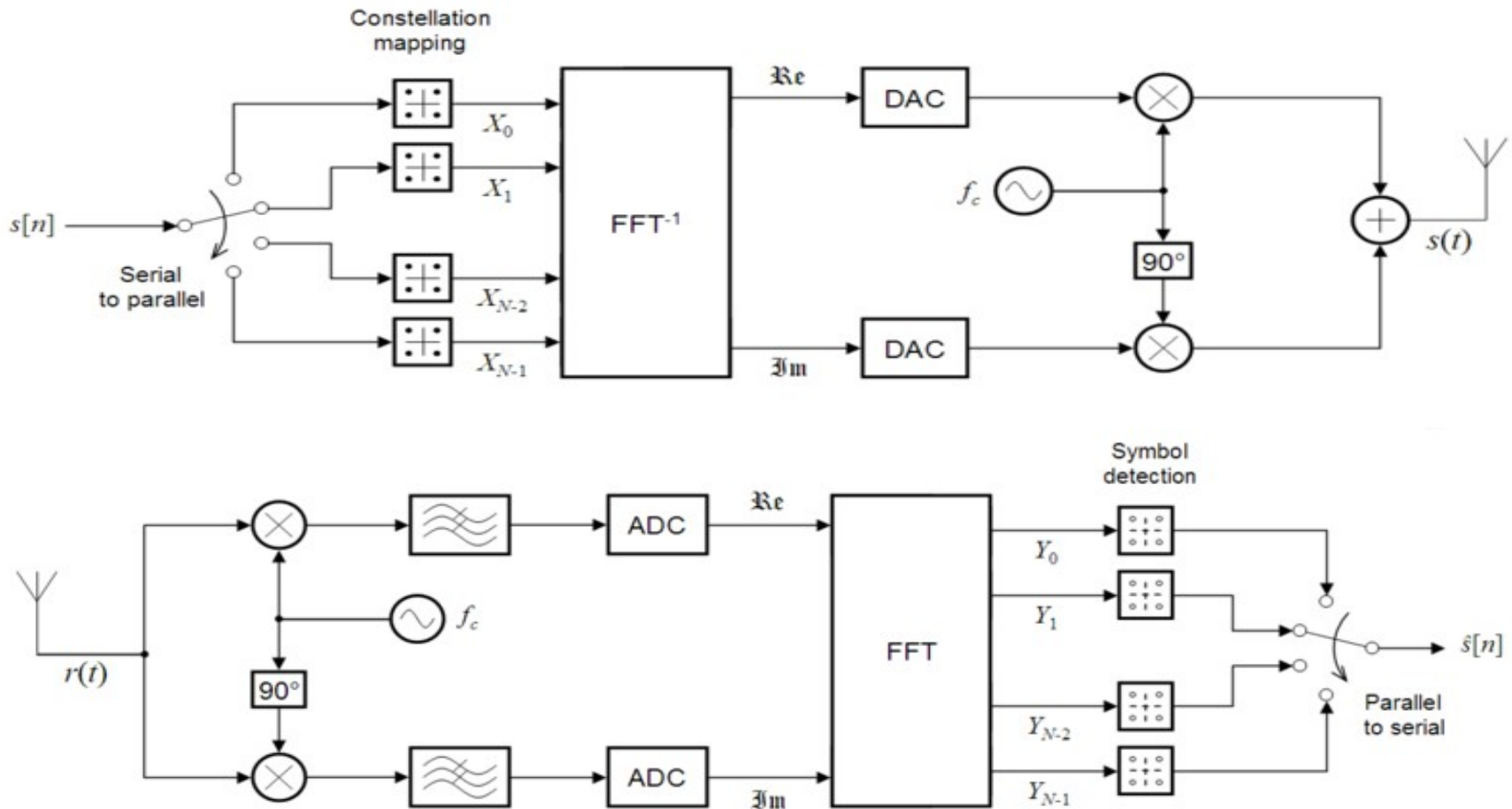
## ♦ Цифровая модуляция

- ASK
- PSK
- FSK
  - MSK, GMSK
- QAM
- OFDM
- Trellis
- Wavelet

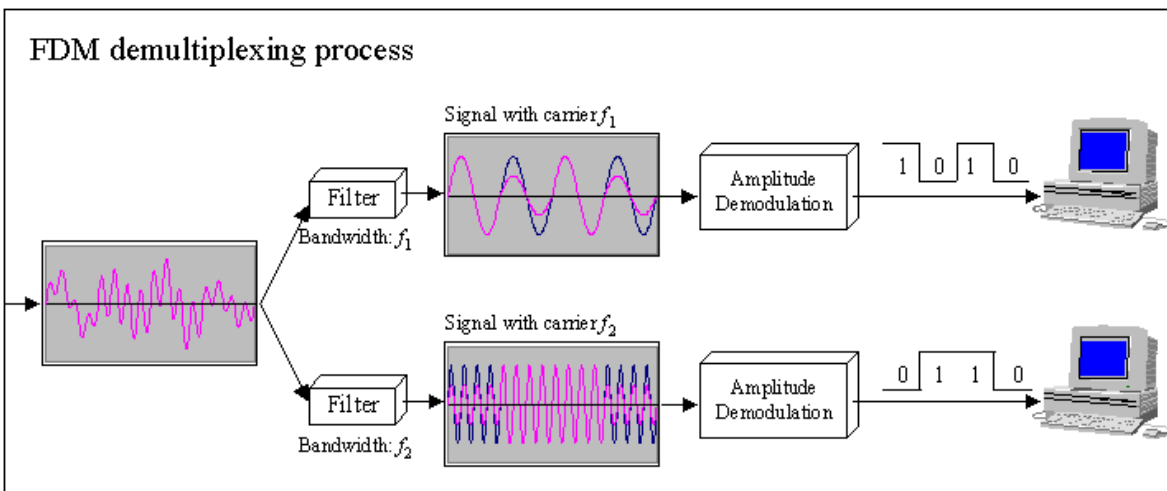
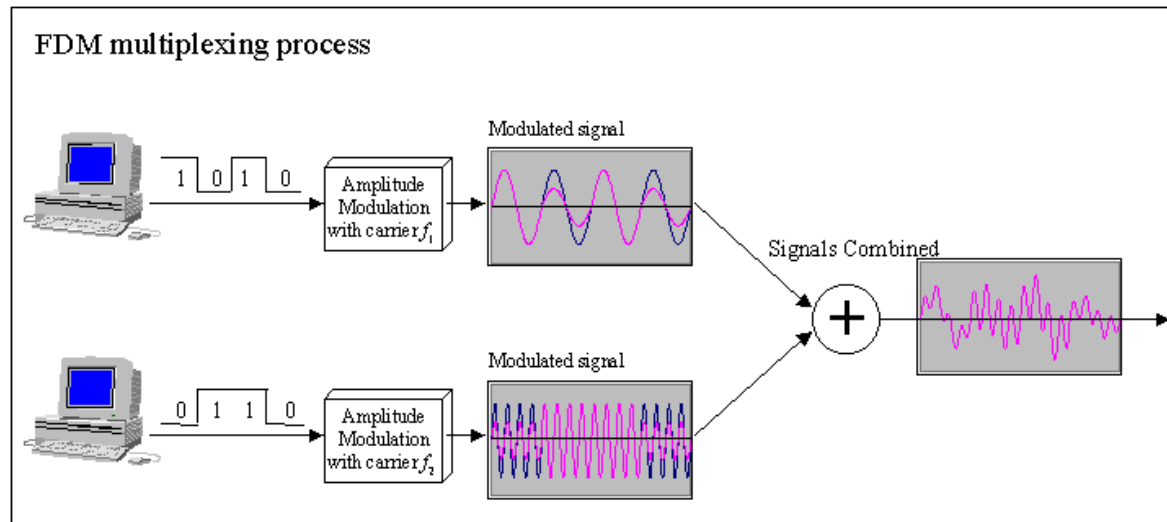
# QAM - обобщенная схема



# OFDM – обобщенная схема

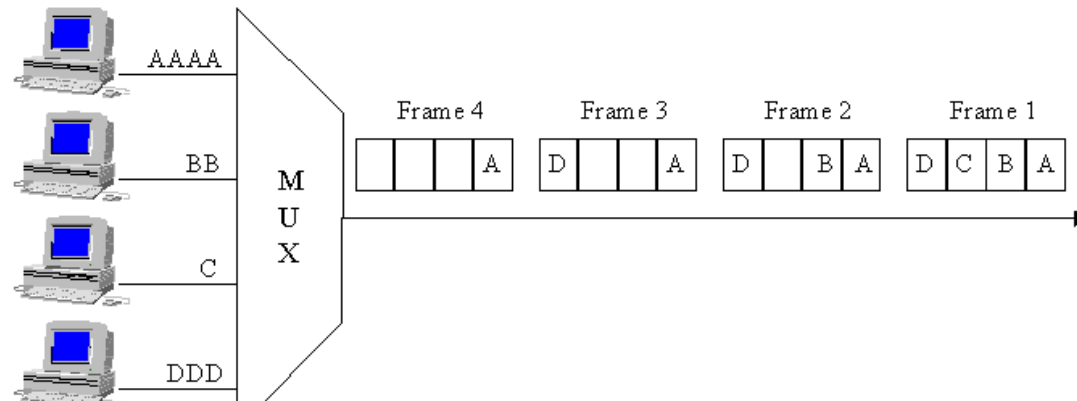


# FDM

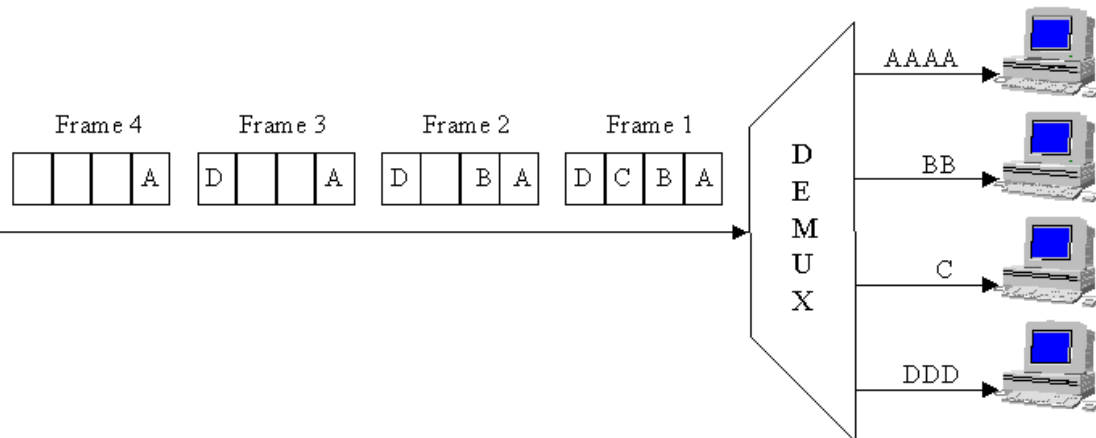


# TDM

## Synchronous TDM: multiplexing process



## Synchronous TDM: demultiplexing process



# Coaxial – основные кабели

Тип	Z (Ом)	$d_{\text{серд}}$	$d_{\text{диэл}}$	$d_{\text{общ}}$	Оплетка	Использование
<b>RG-6/U</b>	75	1.0	4.7	8.4	2	Cable TV, SatTV, Cable modems
<b>RG-8/U</b>	50	2.2	7.2	10.3	2	10Base5
<b>RG-58/U</b>	50	1.0	2.9	5.0	1	10Base2
<b>RG-59/U</b>	75	0.8	3.7	6.1	1	Cable TV
<b>RG-62/U</b>	92	0.9	3.6	6.1	1	ARCNet
<b>LMR-1700</b>	50	13	35	50	1	Антенны/приемо-передатчики

# ТР EIA568 (A, B)

Cat	Class ISO/IEC	Типы	Полоса частот (MHz)	A, Fmax (дБ), 100м	NEXT, Fmax (дБ), 100м	Где используются
1,2,4	-	-	20			Не используются
3	C	UTP	16	-13,1	-23	10BaseT, 100BaseT4, телефония, ISDN, V., X.25, FDDI
5	D	UTP/ FTP	100	-24	-27.1	100BaseTX, Token Ring, ATM, FDDI (deprecated)
5e	D	UTP/ FTP	100	-24	-30.1	1000BaseT
6	E	UTP/ FTP	250	-36	-33.1	1000BaseTX
6a	E <sub>A</sub>	FTP/ SSTP	500	-39	-39	10GBaseT
(7)	F	SSTP	600	-54	-51	10GBaseT
(7a)	F <sub>A</sub>	SSTP	1000			10, 40, 100GBaseT - планируется

# Параметры оптоволоконной ЛИНИИ

## Частотные характеристики

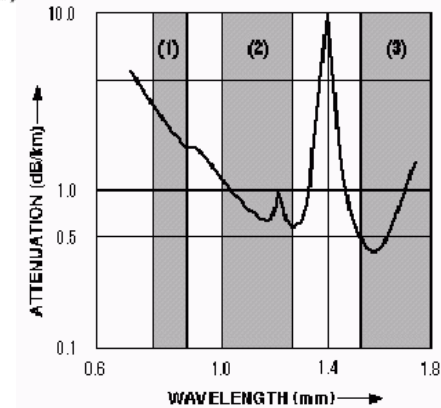
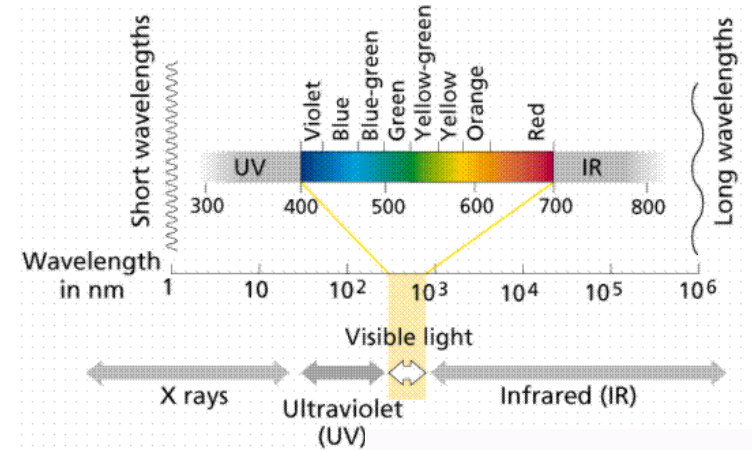
### Используемые диапазоны частот

- 850 nm (353THz)
- 1300 nm (231THz)
- 1550 nm (194THz)
  - ◆ 1530-1570nm (C-band)
  - ◆ 1570-1610nm (L-band)

## Затухание сигнала

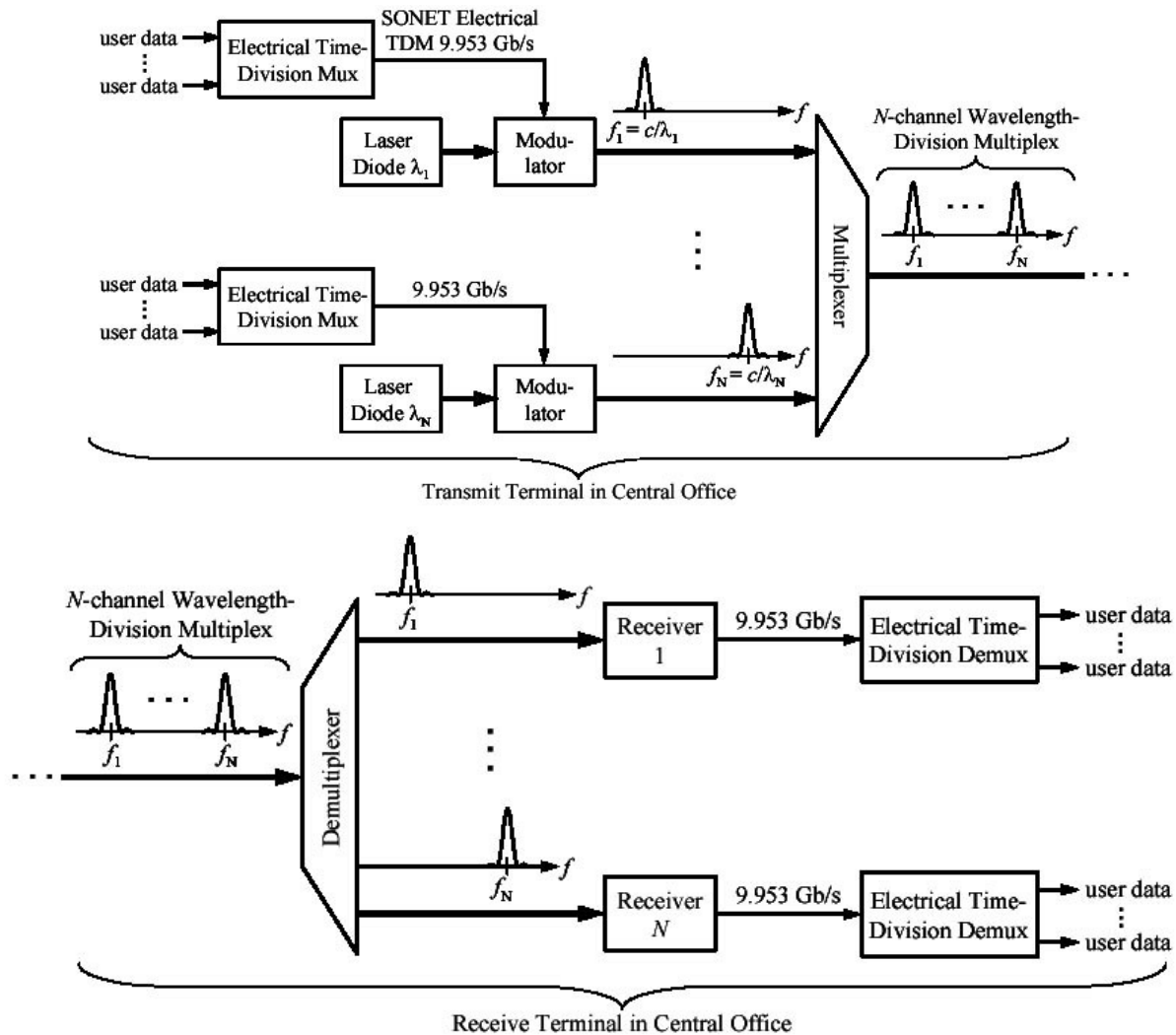
### $A = 10 \lg(P_{out}/P_{in})$ (дБ/км)

- 850 - 1.8
- 1300 - 0.7
- 1550 - 0.5





# WDM



# Диапазоны радиочастот

$(f\lambda=c)$

$N_{ITU}$	Code	Name	Group Name	$\lambda$	f	Использование
4	VLF	Мириаметровые	Сверхдлинные	100..10km	3..30kHz	Submarine, геофизика, поисковое оборудование
5	LF	Километровые	Длинные	10..1km	30..300kHz	Навигация, сигналы точного времени, длинноволновое AM
6	MF	Гектометровые	Средние	1km..100 m	300..3000 kHz	Средневолновое AM – вещание
7	HF	Декаметровые	Короткие	100..10m	3..30MHz	КВ вещание, загоризонтные локация и авиакommunikация
8	VHF	Метровые	Ультракороткие	10..1m	30..300MHz	УКВ-радио (FM), TV, прямая авиакommunikация
9	UHF	Дециметровые		1m..10cm	300..3000 MHz	TV, мобильные телефоны, WiFi, BlueTooth, микроволновые печи ☺
10	SHF	Сантиметровые		10..1cm	3..30GHz	WiFi, RADAR, Satellite Phones, Data, TV
11	EHF	Миллиметровые		10..1mm	30..300GHz	Радиоастрономия, микроволновые радиорелейные системы

# Optical Ethernet











Топология – деревья (концентраторы)

802.3(15)

Название	Тип кабеля	Max L	Rep	Кодирование	Комментарии
FOIRL	MMF (два)	1км	4	Manchester	Изначально для повторителей, потом распространился на все
10BASE-FL		2км	4		Наиболее широко использовался
10BASE-FB		2км	5		Только для повторителей

# PoE (TIA/EIA 568-B T568A)

Pin	Pair	Color	phone	10T	100TX	1000 T	PoE A	PoE B
1	3		-	TX+	Z	Bidir	48V out	-
2	3		-	TX-	Z	Bidir	48V out	-
3	2		-	RX+	Z	Bidir	48V ret	-
4	1		Ring	-	-	Bidir	-	48V out
5	1		gnd	-	-	Bidir	-	48V out
6	2		-	RX-	Z	Bidir	48V ret	-
7	4		-	-	-	Bidir	-	48V ret
8	4		-	-	-	Bidir	-	48V ret

# Optical Fast Ethernet

Название	Тип кабеля	Max L	Кодирование
100BASE-FX	MMF (2), LASER	400m HD/ 2km FD	4B5B NRZI
100BASE-SX	MMF (2), LED	300m HD	
100BASE-BX10	SMF (1)	10km FD	
100BASE-LX10	SMF (2)	10km FD	



# Optical GigE

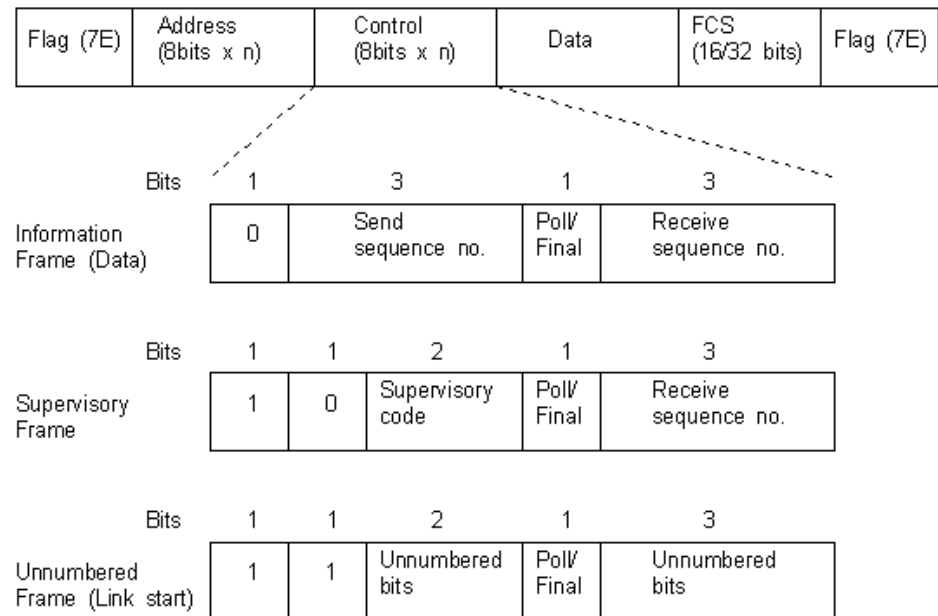
Название	Тип кабеля	Max L	Кодирование
1000BASE-SX	MMF (2) 62.5/50 850nm LED	220м / 500м	8B10B NRZ (1.25GBd)
1000BASE-LX	MMF (2) 1300nm SMF (2)	550м 2км	
1000BASE- (L/B)X10	SMF (2/1)	10км FD	
1000BASE- PX(10/20)	SMF(1)	10/20км S Point – Multipoint	
1000BASE-LH	SMF (2) 1550nm	100км FD	

# Optical 10GigE (802.3ae,aq)

Название	Тип кабеля	Max L	Кодирование
10GBASE-SR	MMF (2) 62.5/50 850nm LED	80м / 300м	64B66B NRZ, 10.3GBaud
10GBASE-LR	SMF (2) 1310nm	10км	
10GBASE-ER (ZR)	SMF (2) 1550	40км (80км - NonStand)	
10GBASE-LX4	MMF(2) 4x850 Laser SMF (2) 4x1310Laser	250м 10км	8B10B NRZ, 3.125GBaud
10GBASE-LRM	MMF (2) 62.5 1310nm	220м	64B66B NRZ, 10.3GBaud

# HDLC - формат кадров

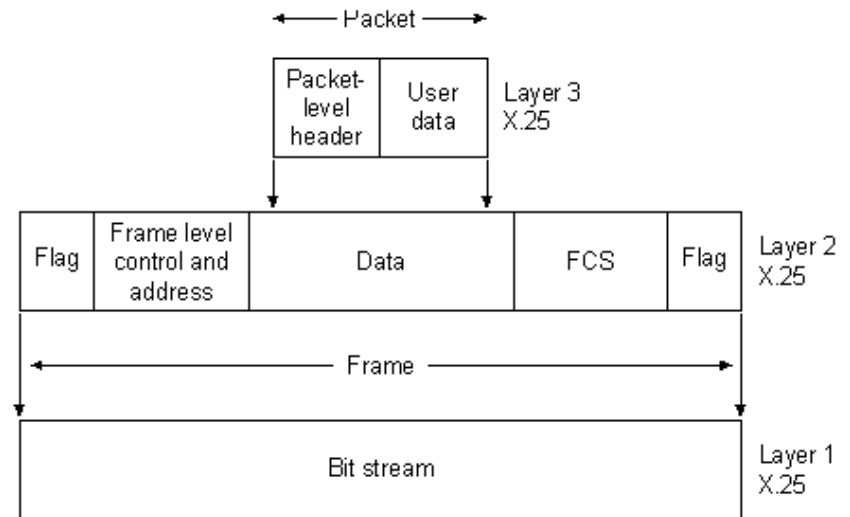
- ◆ Использование флагов
  - Разделение кадров
  - Bit/byte stuffing
- ◆ Адрес
  - Обычно один байт
- ◆ Поле управления
  - Зависит от типа кадра
  - Использование битов P/F
  - Использование алгоритма скользящего окна
- ◆ Данные
  - Пакет верхнего уровня
- ◆ FCS





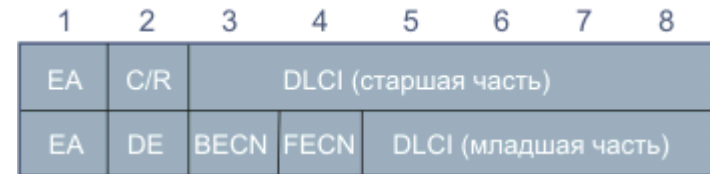
# X.25 – формат кадров

- ▶ На канальном уровне (LAP-B) полностью идентичен HDLC
- ▶ На сетевом уровне – пакет X.25/3
  - $2^n$ : 16 — 4096 байт
  - Обычно 128 байт

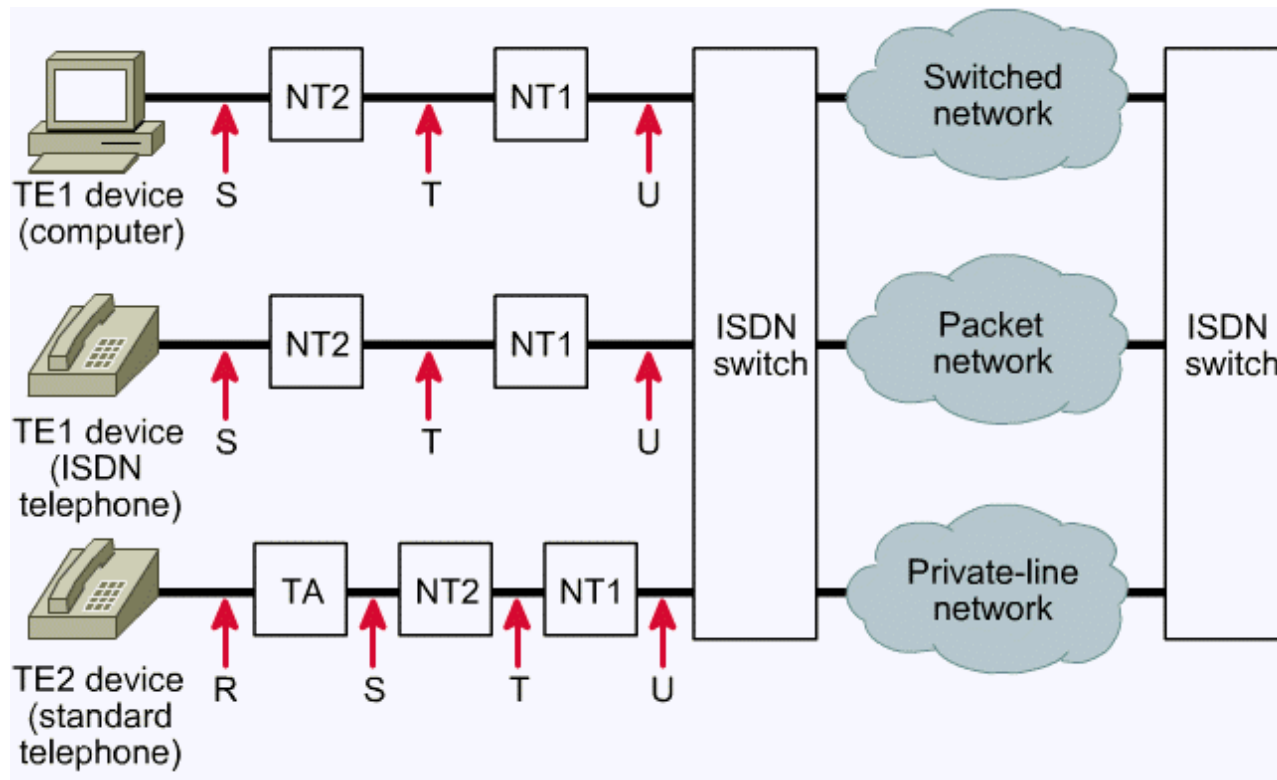


# Frame Relay – формат кадров

- ▶ Общая структура заимствована из HDLC
  - Другой заголовок
  - Control = 0x03
  - NLPID – тип протокола выше
- ▶ Формат заголовка
  - 2/3/4 байта
  - DLCI – Data Link Connection Identifier
  - DE, BECN, FECN – QoS
  - C/R – Command/Response
  - D/C – Data/Control



# Опорные точки сети ISDN

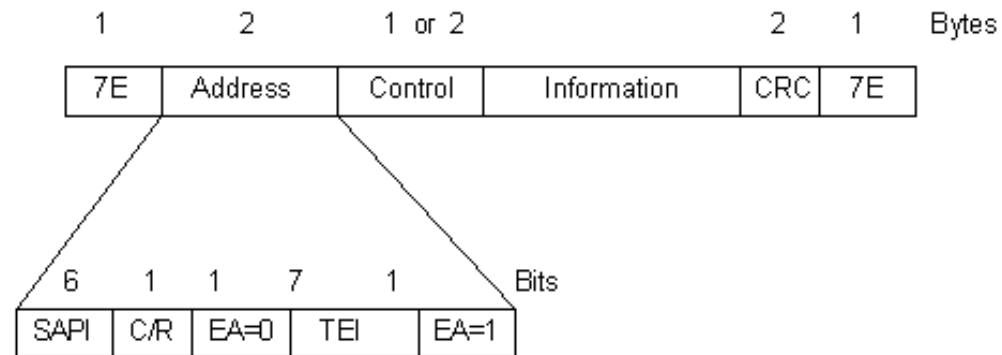


До 8 устройств на шине S/T

# ISDN – формат кадров (канал D)

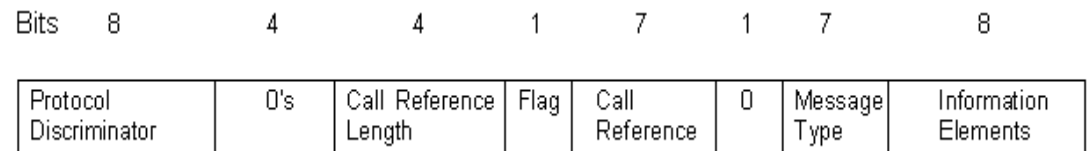
## ◆ Q.921 (LAP-D)

- ~ HDLC ABM
- SAPI – Service Access Point ID (Тип трафика)
- TEI – Terminal Equipment ID
- Control – как в HDLC



## ◆ Q.931

- Call Reference
  - Нумерация запросов
- Message Type
- Information Elements
  - Вся полезная нагрузка (переменная длина)



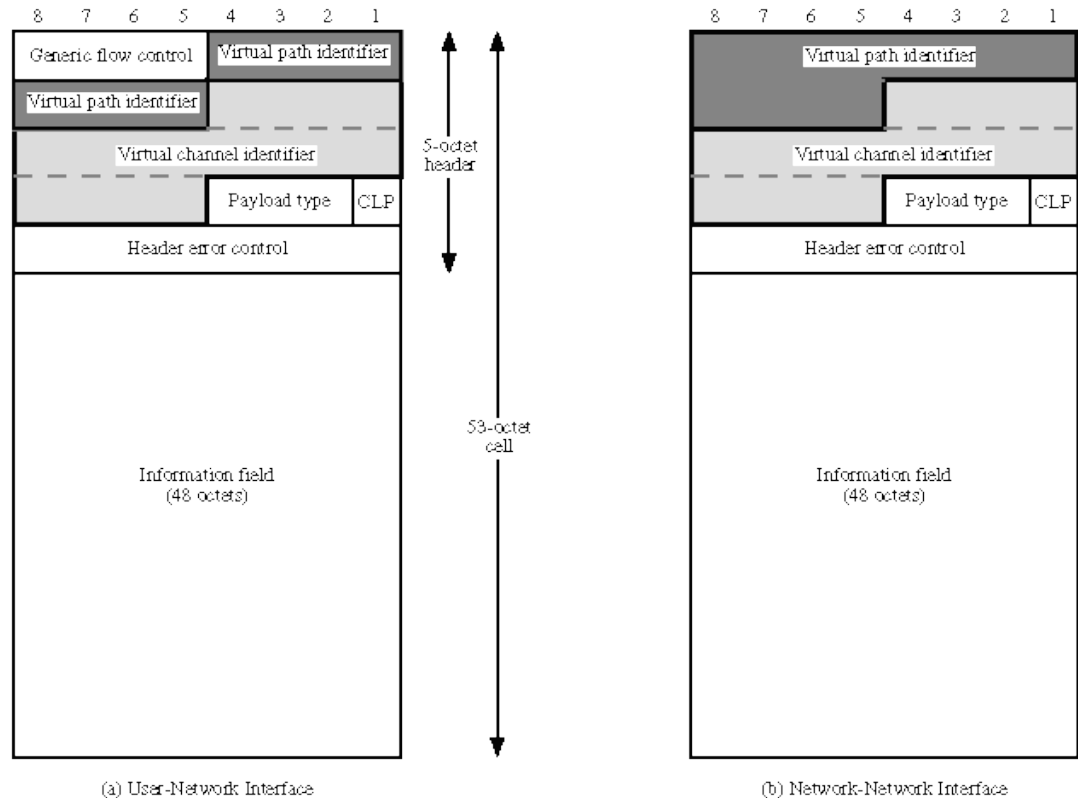
# ATM Cell

## ▶ Всегда 53 октета!

- 5 байт – заголовок
- 48 байт – данные
  - (32 VS 64)

## ▶ Заголовок

- GFC (0000)
- VPI
- VCI
- PTI
- CLP (Cell Loss Priority)
- HEC



# Уровни AAL и классы трафика

Уровни AAL	AAL1	AAL2	AAL3/4, AAL5	
Сквозная синхронизация	Обязательная		Необязательная	
Битовая скорость	Постоянная	Переменная		
Режим соединения	С установлением соединений			Без установления соединений
Соответствующие классы ATM-услуг	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR
		ABR		

# xDSL – диапазоны скоростей/дальности

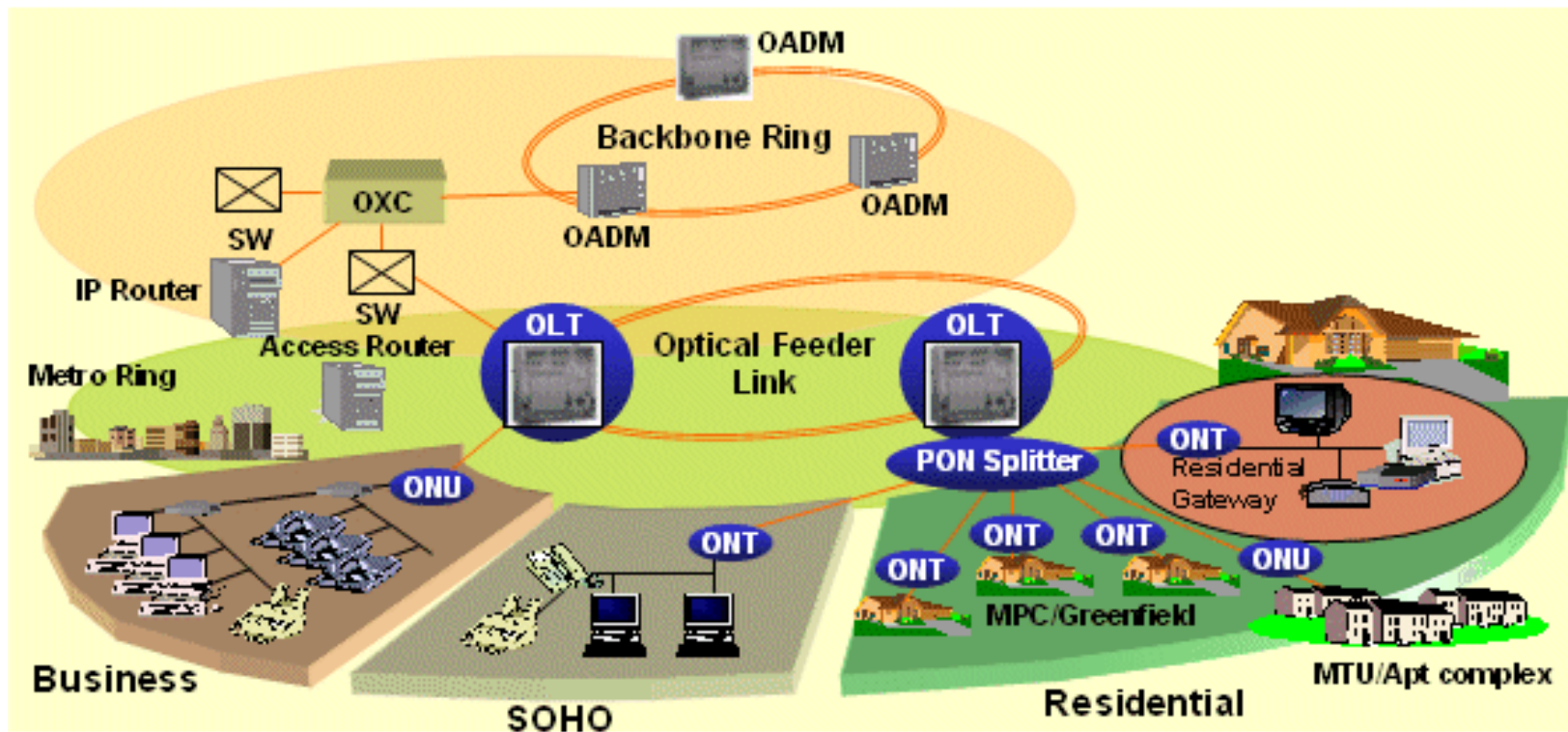
xDSL	Up (Mbit/s)	Down (Mbit/s)	Distance (km)	Standard
ADSL	0.8	8	5	T1.413, G.992.1
G.Lite	0.512	1.5	7	G.992.2
ADSL 2(+)	1 / 3.5	12 (24)	3.5	G.992.3(5)
G.SHDSL	2.304	2.304	6	G.991.2
HDSL(2)	T1/E1	T1/E1	3	G.991.1
SDSL	0.768	0.768	3	G.992.1
VDSL(2)	20	52 (200)	0.5	G.993.1(2)

# DOCSIS – пропускная способность

DOCSIS	Mod (down)	Speed (down)	Mod (up)	Speed (up)	Standard
1.0, 1.1	QAM64 / QAM256	<b>30.3 / 42.88</b>	QPSK / QAM16	<b>5.1 / 10.24</b>	J.112 Annex B, 1997, 1999
Euro	QAM64 / QAM256	<b>41.7 / 57.2</b>	QPSK / QAM16	<b>5.1 / 10.24</b>	J.112 1997, 1999
2.0	QAM256	<b>42.88</b>	32, 64, 128 TCM QAM	<b>30.72</b>	J.122, 2001
3.0	N* QAM256	<b>&gt;171</b>	N* QAM128	<b>&gt;122</b>	J.222, 2006

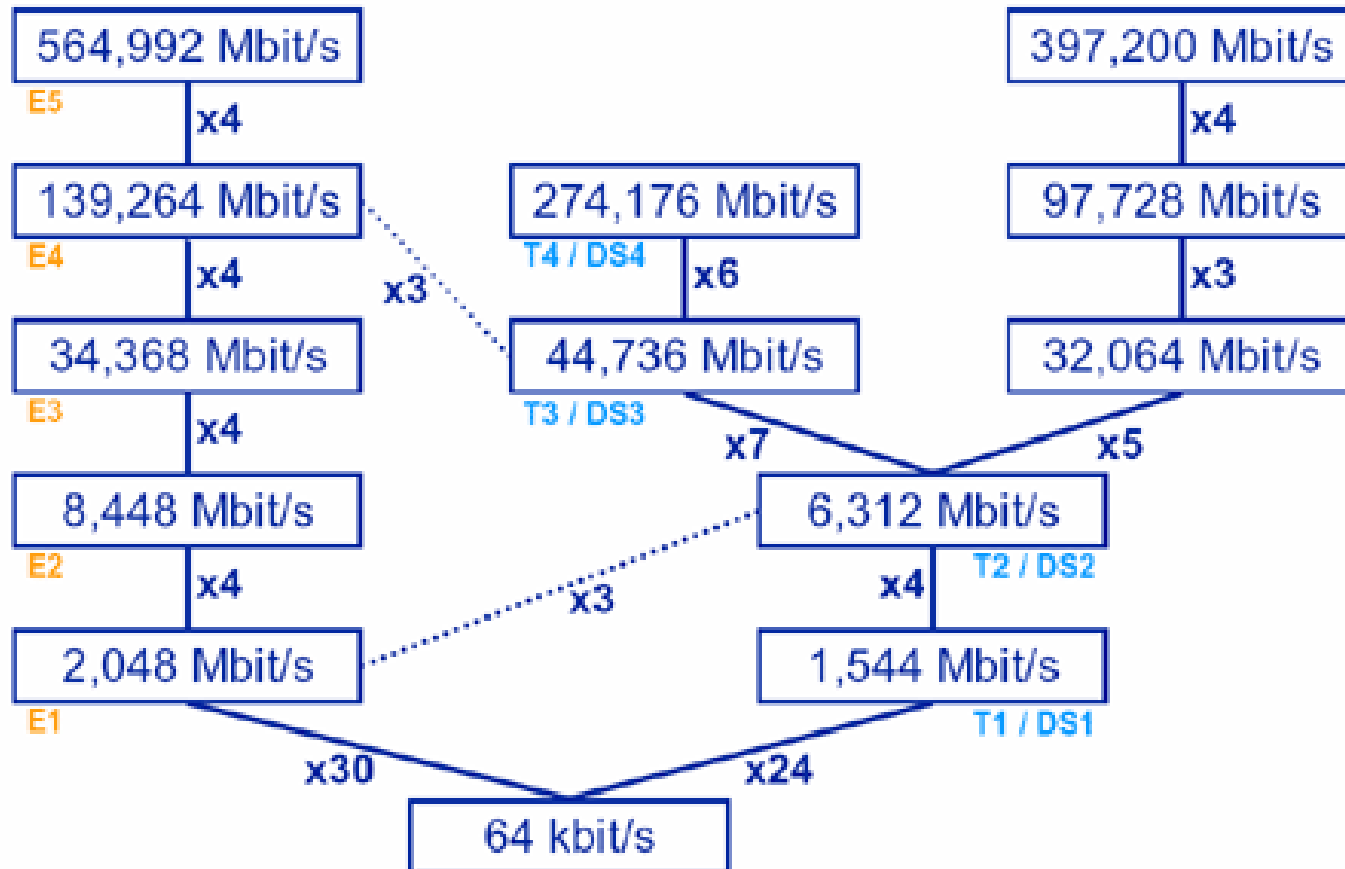


# Сеть на основе PON



- **ONT/ONU** - Optical Network Terminal / Optical Network Unit
- **OLT** - Optical Line Terminal

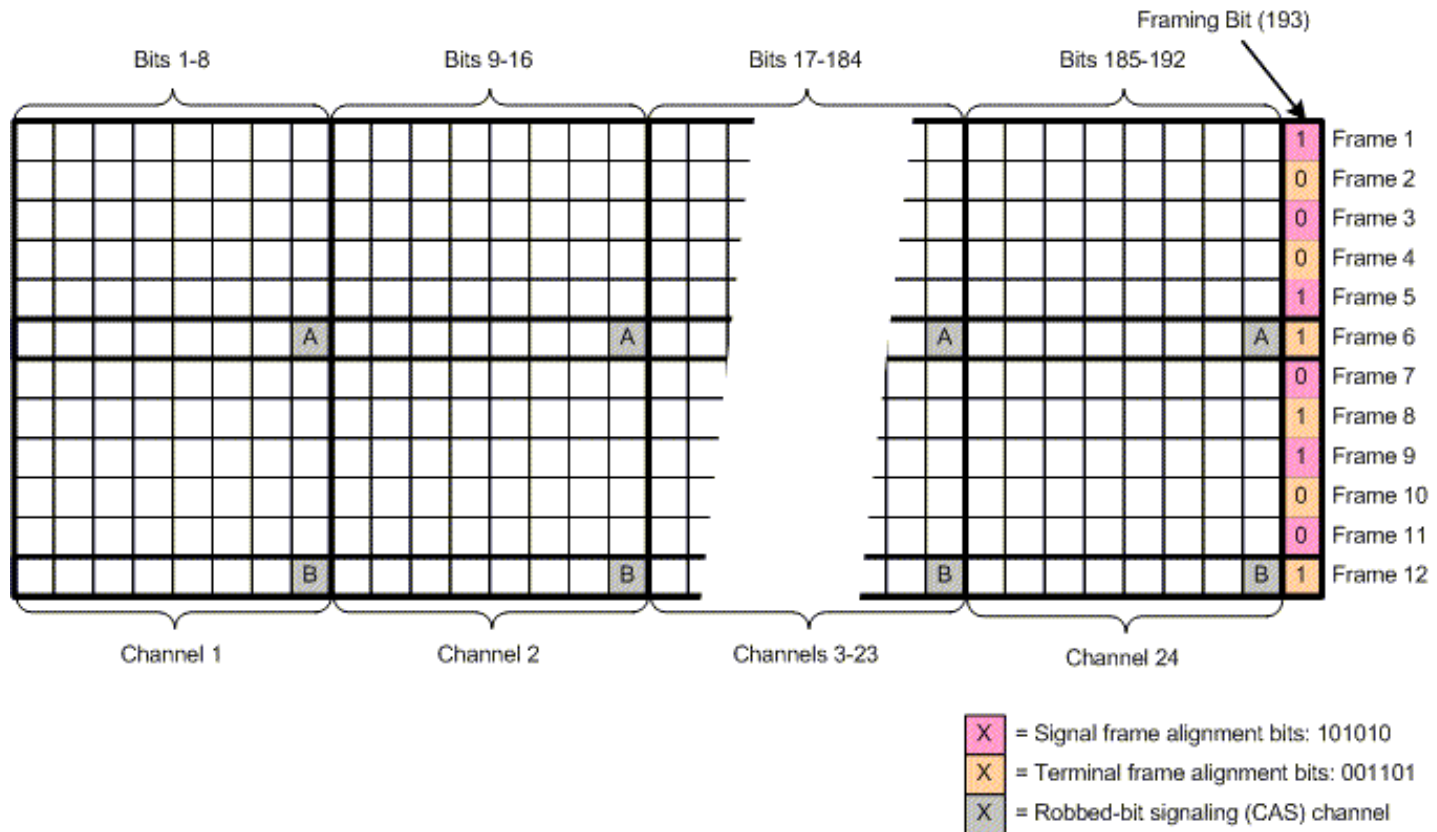
# PDH – иерархия скоростей



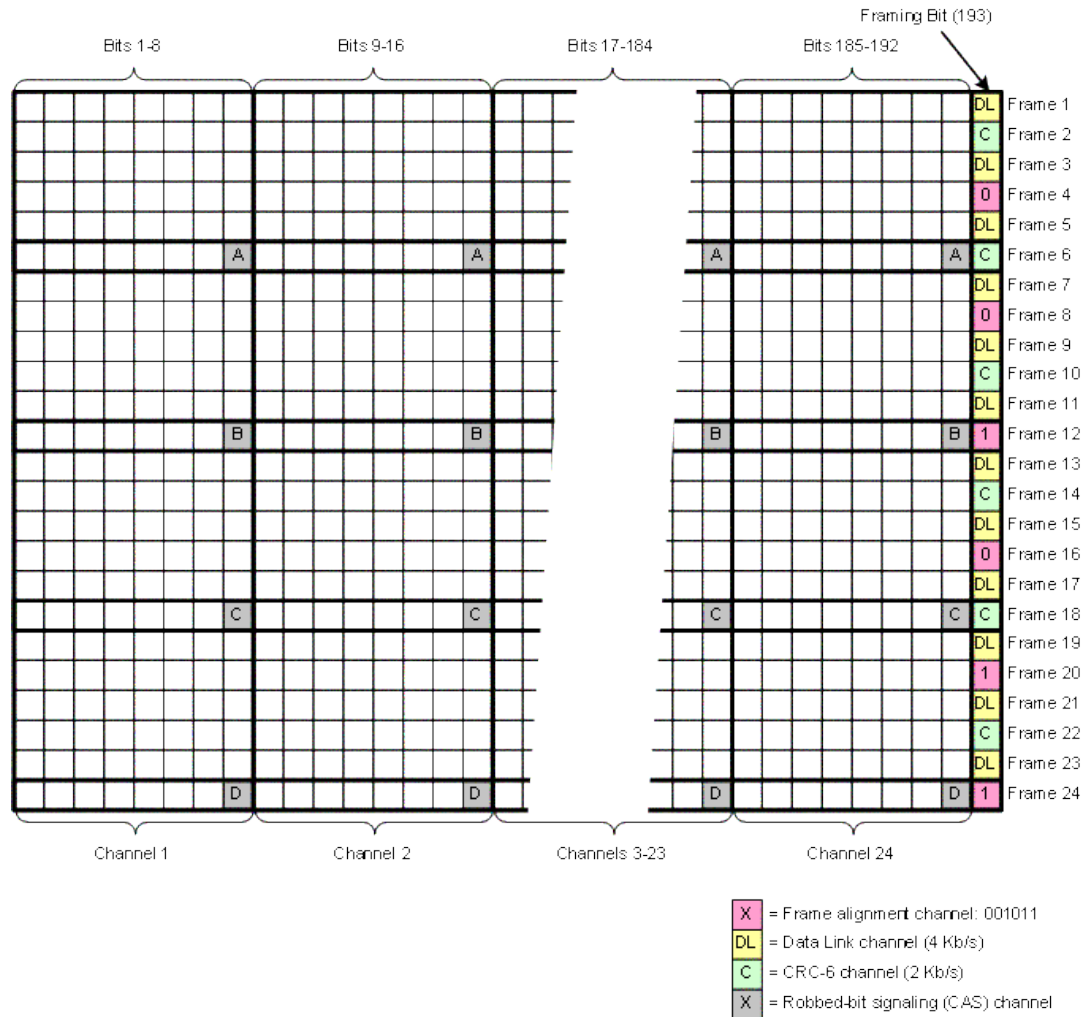
# PDH – иерархия скоростей

Уровень	США	Европа
DS0	64 Кбит/с	64 Кбит/с
DS1	<b>T1 (24ch)</b> 1.544 Мбит/с	<b>E1 (32ch)</b> 2.048 Мбит/с
(DS2)	<b>T2 = 4xT1 (96ch)</b> 6.312 Мбит/с	<b>E2 = 4xE1 (128ch)</b> 8.448 Мбит/с
DS3	<b>T3 = 7xT2 (672ch)</b> 44.736 Мбит/с	<b>E3 = 4xE2 (512ch)</b> 34.368 Мбит/с
DS4	<b>T4 = 6xT3 (4032ch)</b> 274.176 Мбит/с	<b>E4 = 4xE3 (2048ch)</b> 139.264 Мбит/с
(DS5)	<b>(T5) (5760ch)</b> 400.352 Мбит/с	<b>E5 = 4xE4 (8192ch)</b> 565.148 Мбит/с

# Super Frame



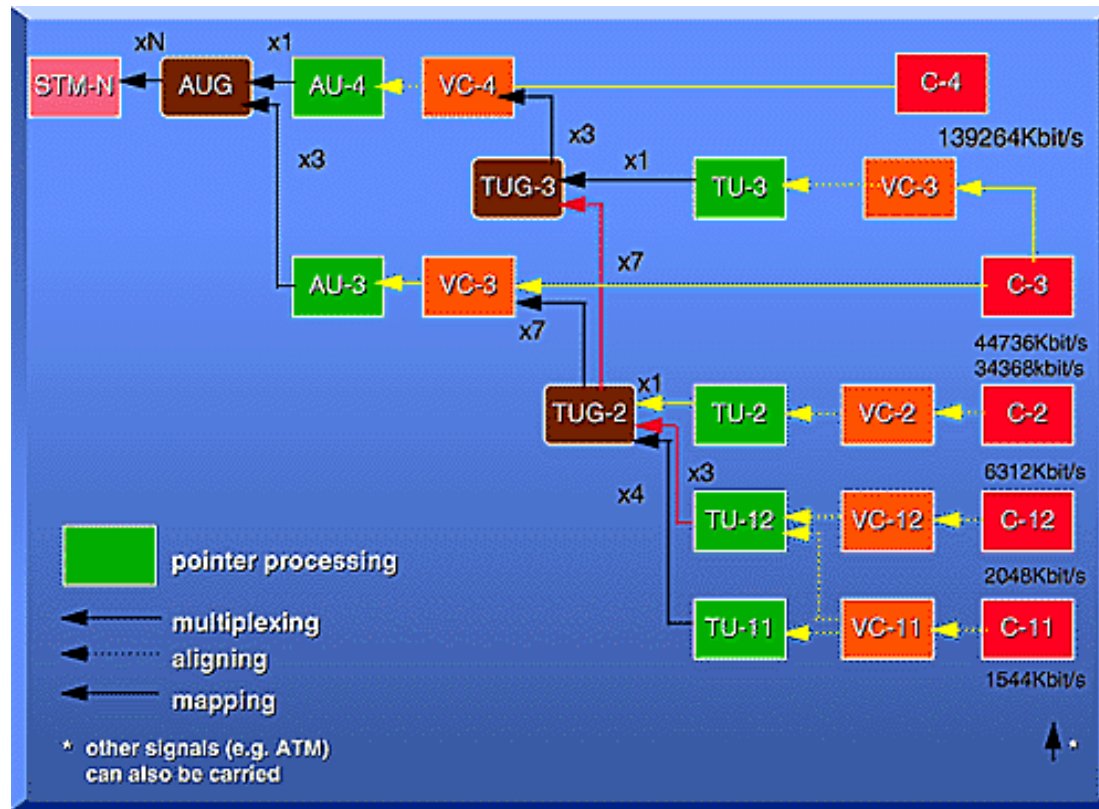
# Extended Super Frame



# SONET/SDH - иерархия скоростей

<b>SONET Optical Carrier/frame type (Synchronous Transport Signal)</b>	<b>SDH level &amp; frame type (Synchronous Transport Module)</b>	<b>Скорость (Мбит/с)</b>
OC-1 / STS-1	(STM-0)	51.84
OC-3 / STS-3	STM-1	155.52
OC-12 / STS-12	STM-4	622.08
OC-48 / STS-48	STM-16	2488.32
OC-192 / STS-192	STM-64	9953.28
OC-768 / STS-768	STM-256	39813.12
(OC-3072 / STS-3072)	(STM-1024)	159252.24

# SDH – Mux/DeMux трафика



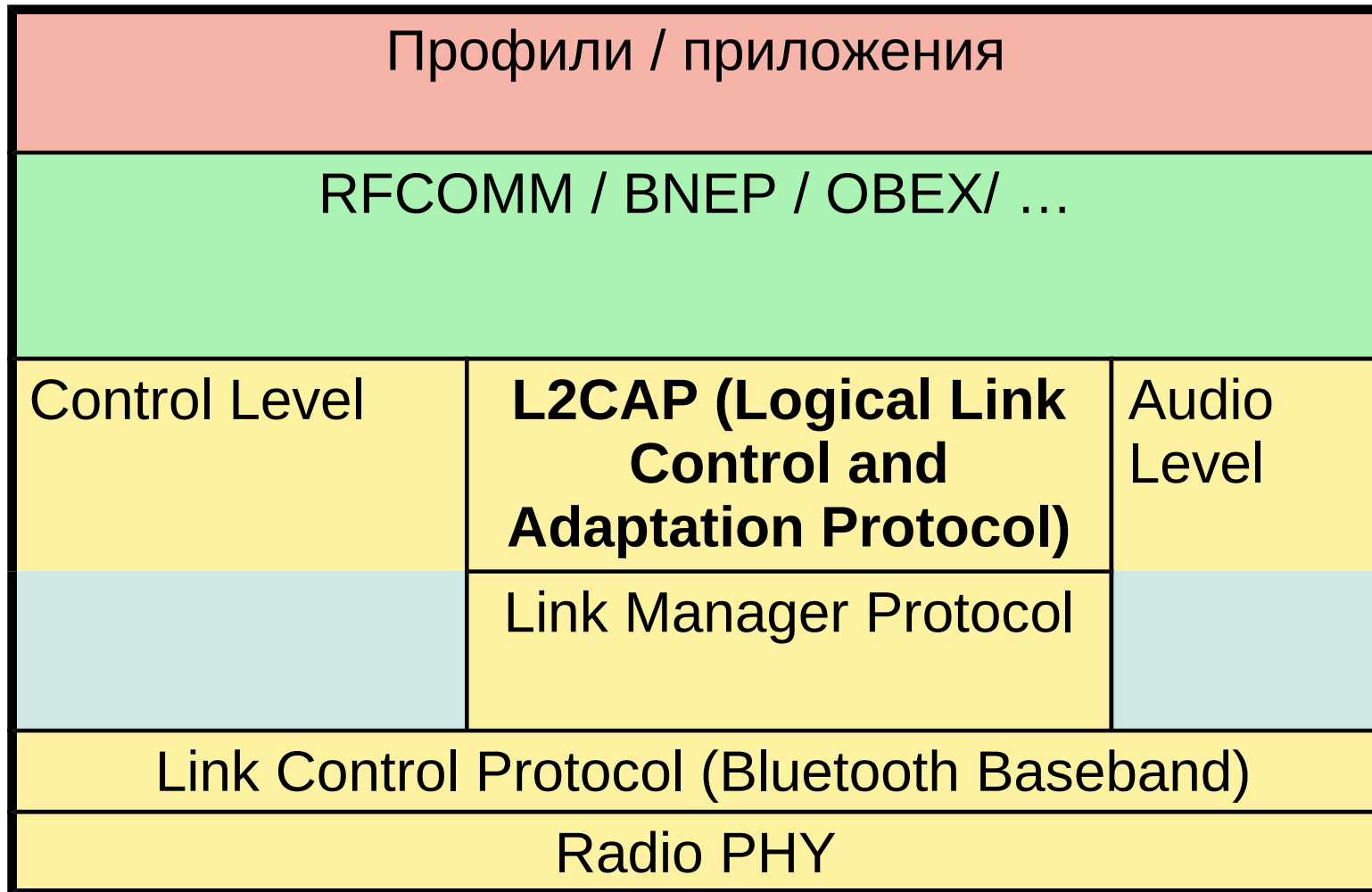
- ◆ C – Container
- ◆ VC – Virtual Container
- ◆ Использование таблиц соединений виртуальных контейнеров
- TU(G) – Tributary Unit (Group)
- AU – Administrative Unit

# Wi-Fi – IEEE 802.11x

Стандарт / хар-ка	802.11	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Band (Ghz)	2.4	5	2.4	2.4	2.4 / 5
Max speed (Mbit/s)	2	54	11	54	600
Range	50m	30m	50m	50m	100m
Modulation	FHSS / DSSS	OFDM	DSSS	DSSS / OFDM	MIMO



# Стек протоколов Bluetooth



# Технологии 2G

---

## ◆ TDMA

- D-AMPS (IS-54/136)
- GSM
- iDEN
- PDC

## ◆ CDMA

- CDMA One (IS-95)

# IMT-2000 и 3GPP(2)

---

- ◆ IMT-2000 (ITU-R M.1457) - International Mobile Telecommunications – 2000 (1999)
  - IMT Direct Sequence (W-CDMA)
  - IMT Multi-Carrier (CDMA2000)
  - IMT Time-Division (TD-CDMA + TD-SCDMA)
  - IMT Single Carrier (EDGE)
  - IMT Frequency Time (DECT)
  - IMT-OFDMA TDD WMAN (WiMAX) (2007)
  
- ◆ 3GPP - 3G Partnership Project (1998) (W-CDMA)
  - Release 98 – GSM
  - Release 99 – UMTS
  - Release 5 (2002) – HSDPA, IMS(IP Multimedia Subsystem), IPv6
  - Release 6 (2005) – HSUPA
  - Release 7 (2008) – HSPA+
  
- ◆ 3GPP – 3G Partnership Project 2 (CDMA2000)