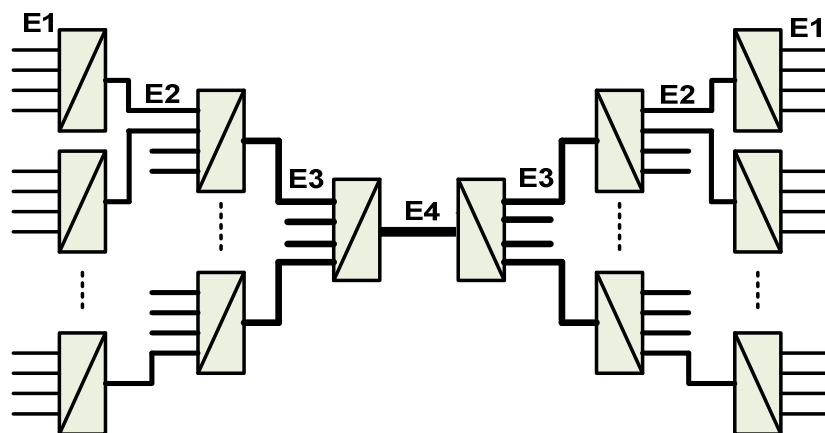


Синхронная цифровая иерархия (SDH)

Общая характеристика технологии SDH

Технология SDH появилась как результат эволюционного скачка, когда PDH система передачи перестала удовлетворять требованиям по пропускной способности, гибкости переключения и выделения цифровых потоков, оперативности управления и соответствию структуре услуг связи.

Недостатки PDH:



Уров. PDH	Скорости передачи (кбит/с),		
	АС: 1544	ЯС: 1544	ЕС: 2048
0	64	64	64
1	1544	1544	2048
2	6312	6312	8448
3	44736	32064	34368
4	---	97728	139264

- Недостаточная пропускная способность для существующих потребностей
- Громоздкость оборудования
- Сложность выделения цифровых потоков на промежуточных пунктах
- Большое время восстановления синхронизации после ее потери
- Неразвитое сетевое управление и мониторинг

Общая характеристика технологии SDH

Цель создания SDH

- Разработать технологию мультиплексирования, обеспечивающую точное определение любого объединяемого потока в групповом сигнале
- Разработать такую структуру цикла, которая позволит организовать достаточное количество каналов управления и мониторинга для сети любой конфигурации
- Систематизировать иерархический ряд скоростей
- Разработать стандартные интерфейсы для облегчения стыковки оборудования

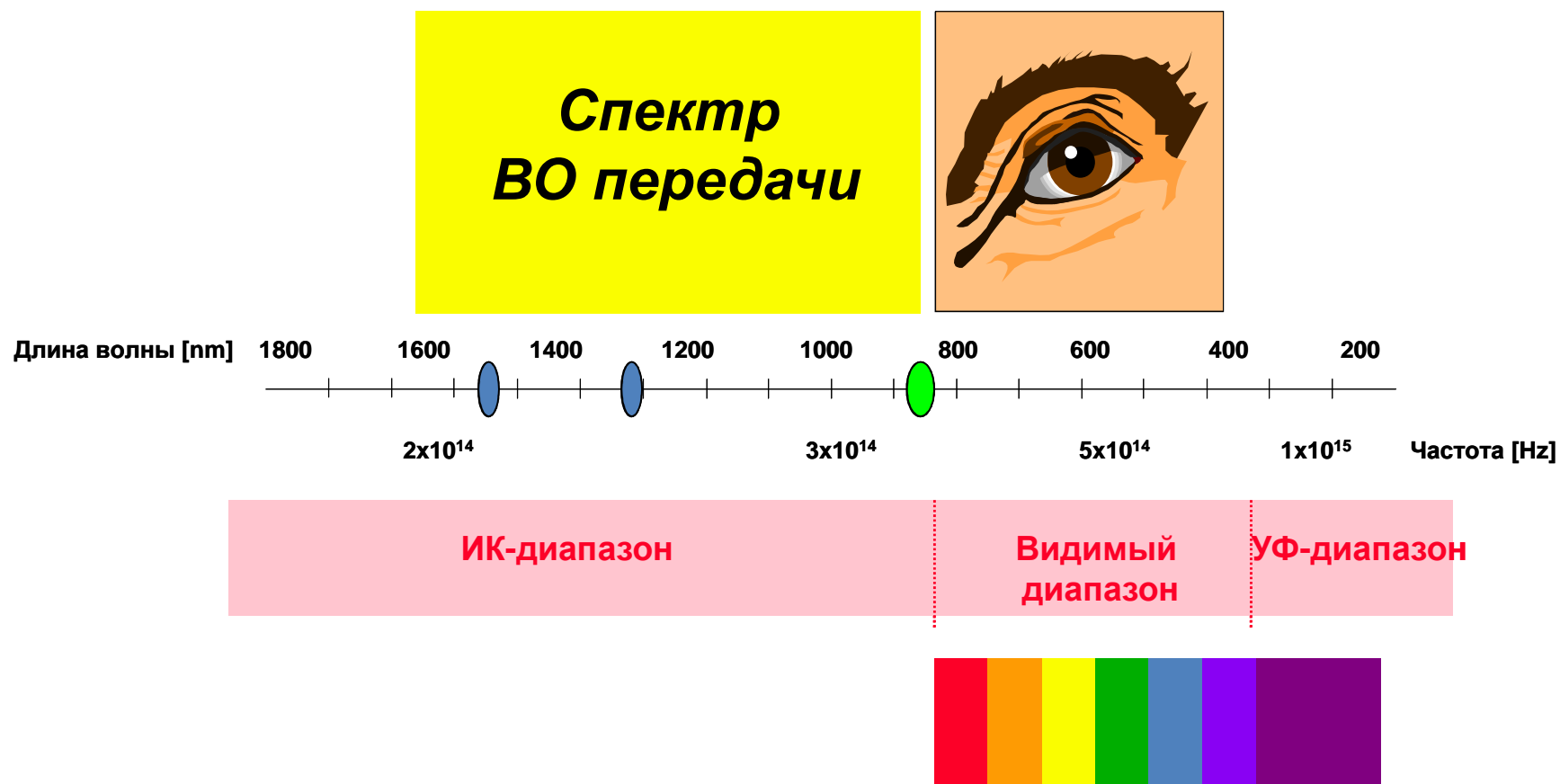
Общая характеристика технологии SDH

Направления создания SDH

- разработка синхронного мультиплексирования с единым центром синхронизации и иерархическим рядом скоростей, способным передавать цифровые потоки существующих номиналов скоростей и обеспечивать стыковку национальных сетей на межгосударственном участке
- разработка техники мультиплексирования, оперирующей не с поочередной передачей бит объединяемых цифровых потоков, а с некими кадрами, имеющими заголовок и поле данных, куда инкапсулируются эти потоки по аналогии с сетями передачи данных для последующей идентификации мультиплексируемых потоков
- разработка алгоритмов загрузки плезиохронных потоков PDH-иерархии в синхронные кадры (контейнеры)
- использование оптических сред для передачи групповых сигналов (агрегатных потоков)

Общая характеристика технологии SDH

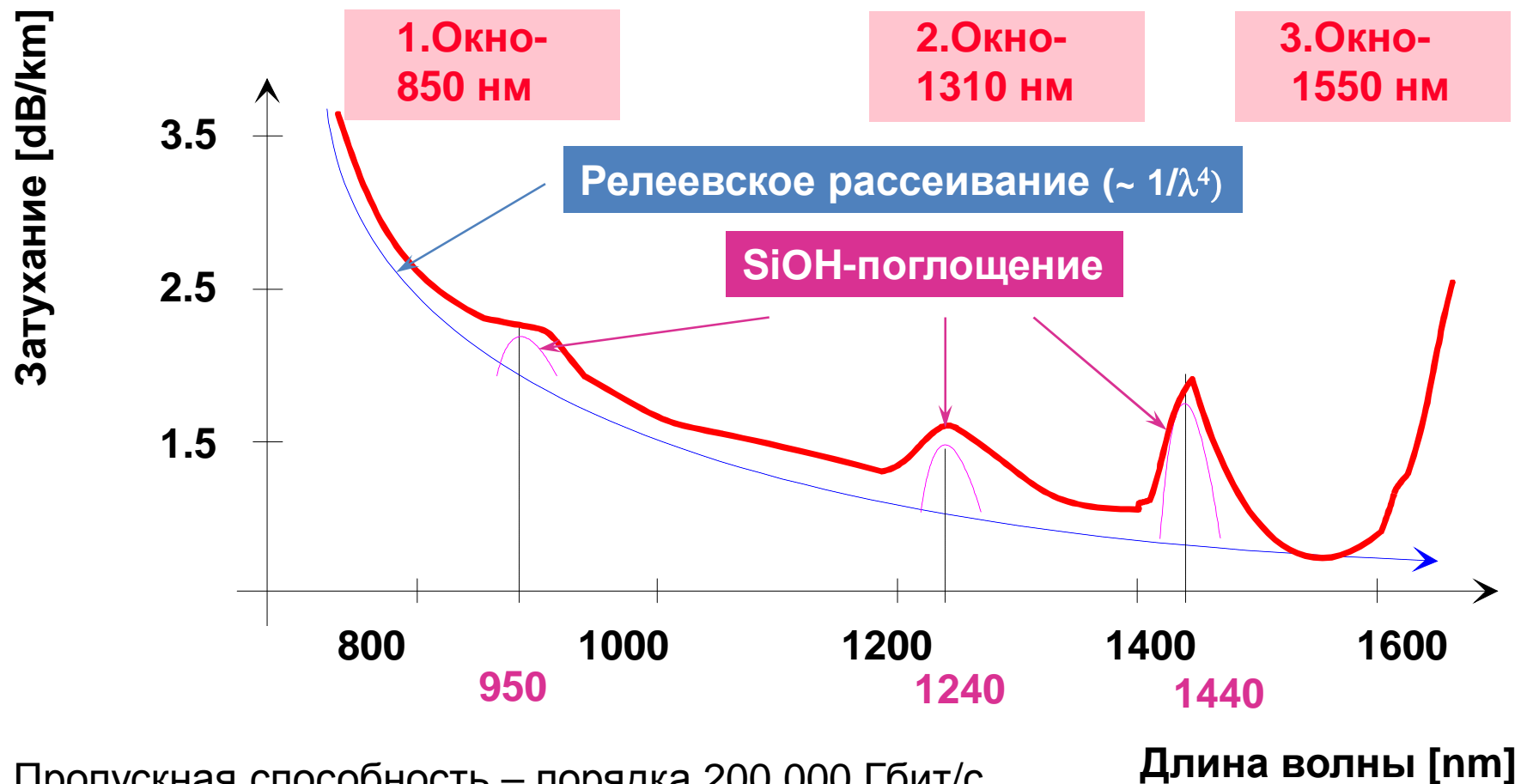
Диапазон волн для ВОСП:



Общая характеристика технологии SDH

Окна прозрачности:

Окна прозрачности



Общая характеристика технологии SDH

Иерархия скоростей SDH (МСЭ-Т G.702)

Уровень SDH	Ном.скор Мбит/с
STM-0 (STS-1)	51,84
STM-1	155,52
STM-4	622,08
STM-16	2488,32
STM-64	9953,28
STM-256	39813,12

STM - Synchronous Transport Module
(синхронный транспортный модуль)

Используется геометрическая прогрессия скоростей

Общая характеристика технологии SDH

Особенности и преимущества SDH:

- синхронное побайтное мультиплексирование
- организация большого количества сервисных каналов и резерва для будущих приложений
- организация универсальных переносчиков потоков данных – виртуальных контейнеров, позволяющих прописать ему маршрут и легко выделить в необходимом пункте связи
- способность транспортировать потоки всего ряда PDH-иерархии как европейского так и американского стандартов: 1,5; 2; 6; 8; 34: 45; 140 Мбит/с
- объединение контейнеров в группы для удобства выделения цифровых потоков
- возможность «сцепки» (конкатенации) контейнеров для передачи различных форматов данных, например Ethernet
- применение механизмов защиты трафика
- сопряжение с американской системой SONET, где базовым транспортным модулем является STS-1 (51,84 Мбит/с) – $155,52 = 3 \times 51,84$

Международные стандарты и основные понятия в системах SDH

Основные международные стандарты по SDH:

1. ITU-T G.707 *Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)*
2. ITU-T G.708 *Sub STM-0 network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)*
3. ITU-T G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces for the Optical Transport Network (OTN).*
4. ITU-T G.780/Y.1351 (2004), *Terms and definitions for synchronous digital hierarchy (SDH) networks.*
5. ITU-T G.783 (2006), *Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks.*
6. ITU-T G.7041/Y.1303 (2005), *Generic framing procedure (GFP).*
7. ITU-T G.7042/Y.1305 (2006), *Link capacity adjustment scheme (LCAS) for virtual concatenated signals.*
8. ITU-T G.803 (2000), *Architecture of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH).*
9. ITU-T G.841 (1998), *Types and characteristics of SDH network protection architectures.*
10. ITU-T G.957 (2006), *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy.*

Международные стандарты и основные понятия в системах SDH

Международные стандарты по SDH. Стандарт G.707:

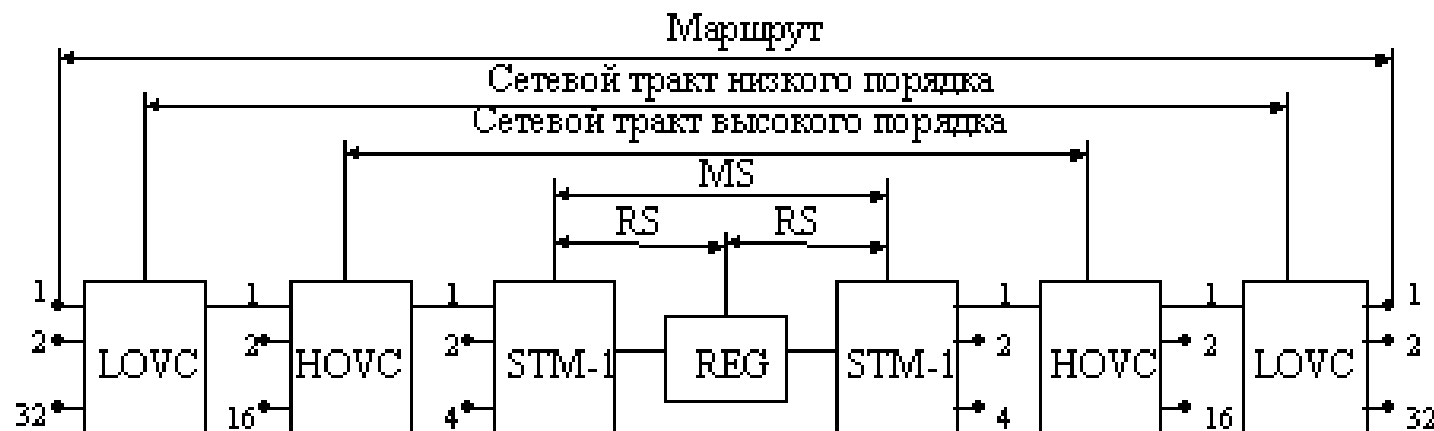
Эта рекомендация формулирует требования к STM сигналам для сетевого узла SDH-сети, а именно:

- скорости передачи
- структуры кадров STMn
- порядок ввода мультиплексируемых цифровых сигналов (PDH, ATM и Ethernet) в кадры STMn
- функциональное назначение и структуру заголовков элементов STMn

Международные стандарты и основные понятия в системах SDH

Основные понятия в системах SDH:

В SDH вводится много новых концепций, из которых наиболее важны **виртуальный контейнер, секция, тракт и маршрут**.

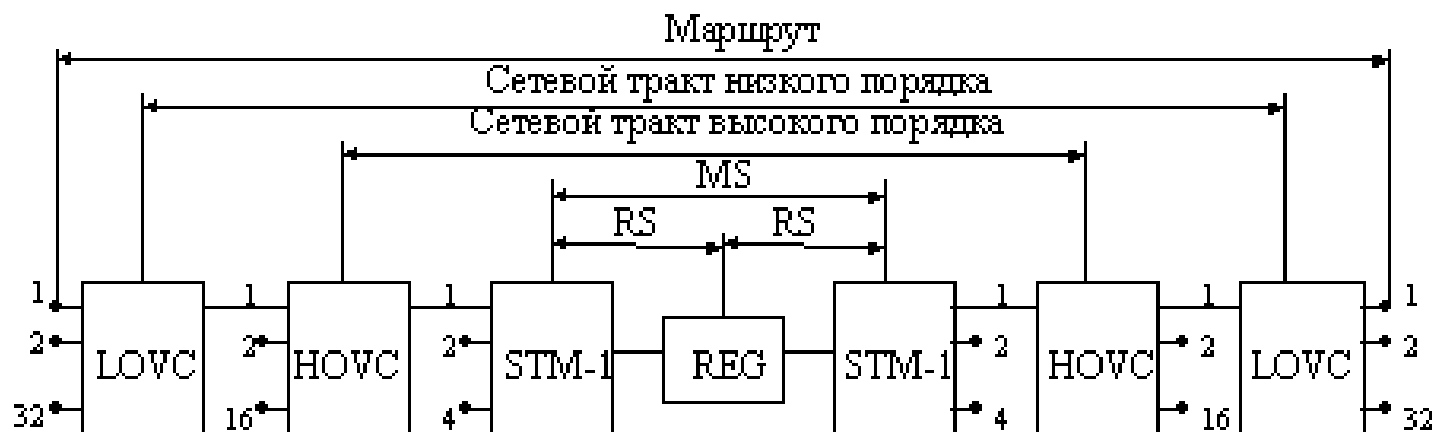


Виртуальный контейнер (Virtual Container; VC) – циклически повторяющаяся в циклах (кадрах) STM структура, предназначенная для "транспортировки" в сети SDH стандартных цифровых потоков PDH. В зависимости от скорости передачи "транспортируемых" потоков организуются виртуальные контейнеры низкого порядка (**LOVC; Low Order VC**) и высокого порядка (**HOVC; High Order VC**). Контейнер имеет заголовок и поле полезной нагрузки.

- VC11 переносит 1,5 Мбит/с, VC12 – 2Мбит/с, VC2 – 6Мбит/с ----- LOVC
- VC3 – 34/45 Мбит/с (LOVC) или вмещает в себя контейнеры VC11, VC12, VC2 (HOVC)
- VC4 – 140 Мбит/с

Международные стандарты и основные понятия в системах SDH

Основные понятия в системах SDH:



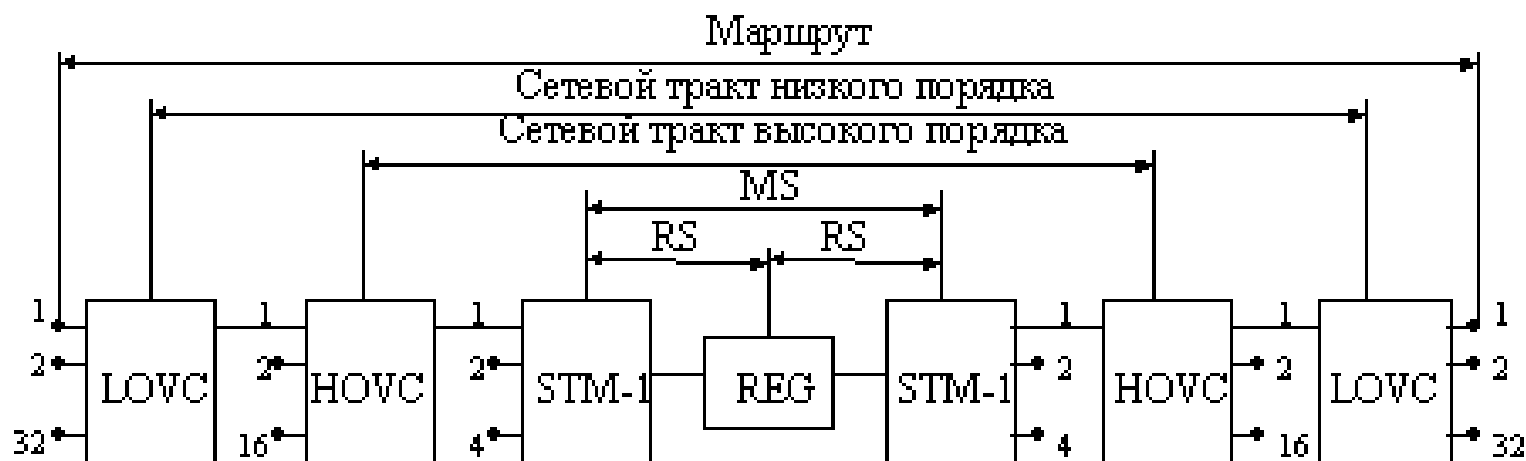
Секция:

Регенерационная секция (Regenerator section, RS) – часть среды передачи между окончанием оборудования линейного тракта и регенератором или между двумя регенераторами

Мультиплексорная секция (Multiplex section, MS) – среда передачи между двумя смежными линейными трактами, в одном из которых организуется STM-сигнал, а в другом оканчивается.

Международные стандарты и основные понятия в системах SDH

Основные понятия в системах SDH:



Тракт, маршрут:

Тракт (Path) – логическое соединение между точкой, в которой "собирается" VC и точкой, в которой VC "разбирается". В зависимости от VC тракты могут быть низкого порядка (LOVC) и высокого порядка (HOVC)

Маршрут (Route) – совокупность каналов, трактов и секций. Маршрут включает в себя средства передачи сигналов и OAM -средства (Operation, Administration, Maintenance) и обеспечивает целостность передаваемой информации

Международные стандарты и основные понятия в системах SDH

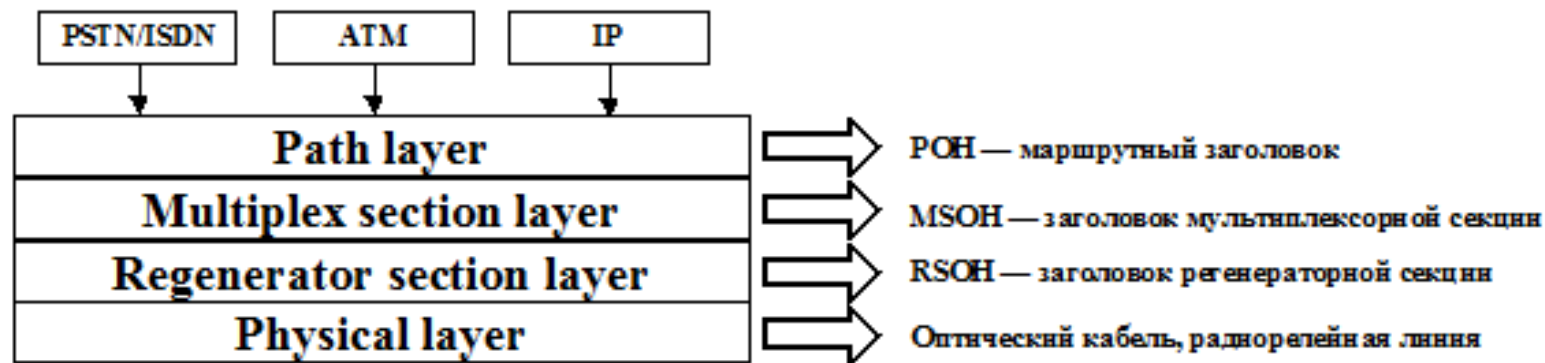
Функциональные слои сети SDH:

Важной особенностью сети SDH является ее деление на **функциональные слои (уровни)**, которые, в свою очередь, подразделяются на подслои.

Каждый слой **обслуживает вышележащий слой** и имеет определенные точки доступа.

Слои имеют собственные **средства контроля и управления**, что минимизирует операции при авариях и снижает влияние аварий на другие слои.

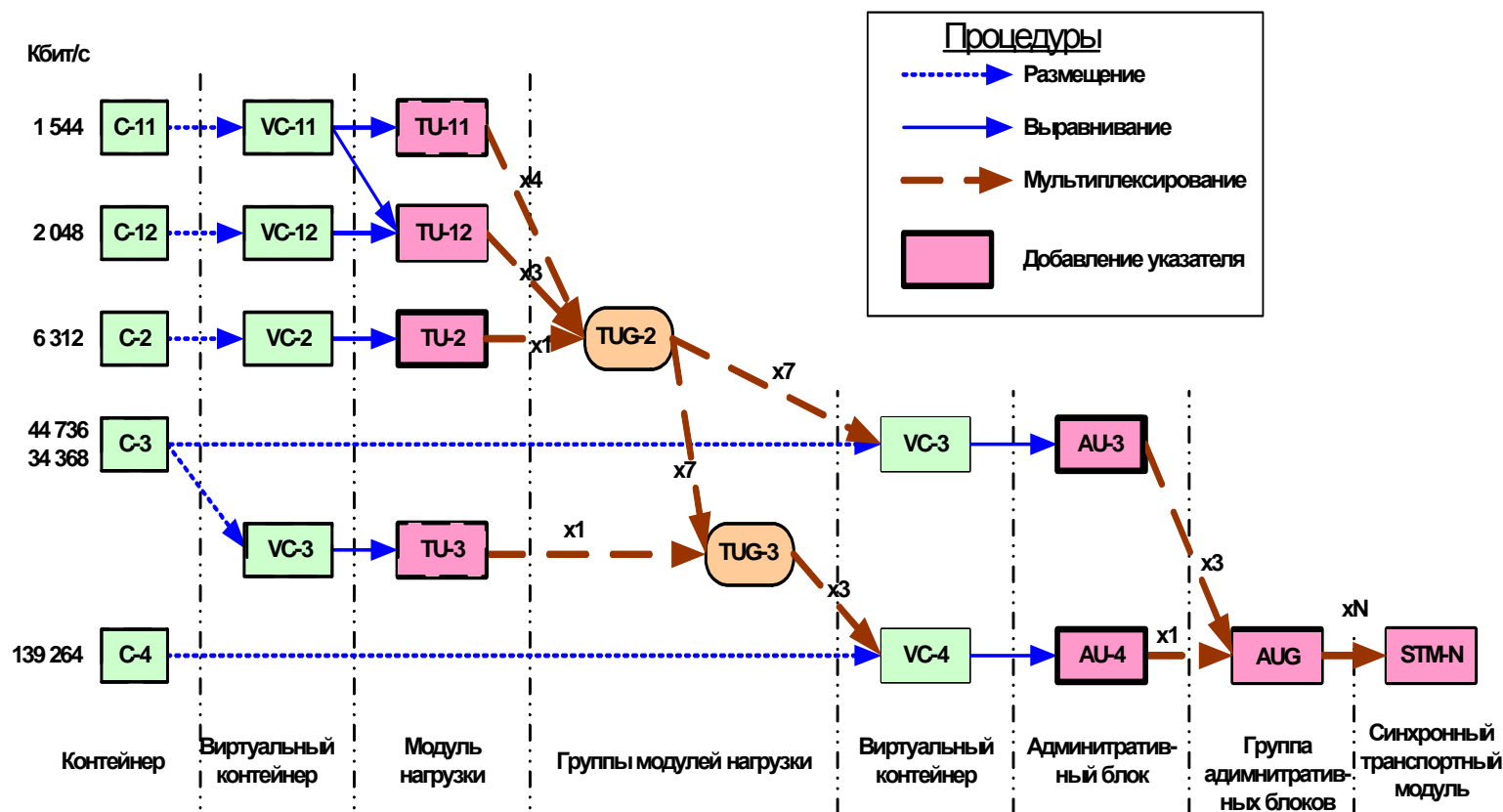
Послойное построение сети SDH **облегчает создание и эксплуатацию сети** и позволяет достичь наиболее высоких технико-экономических показателей.



Взаимодействие слоев — через заголовки элементов цикла (VC, TU, TUG, AU)

Особенности мультиплексирования в SDH

Общая схема мультиплексирования:



Периодичность следования всех компонент схемы мультиплексирования
125 мкс или 500 мкс

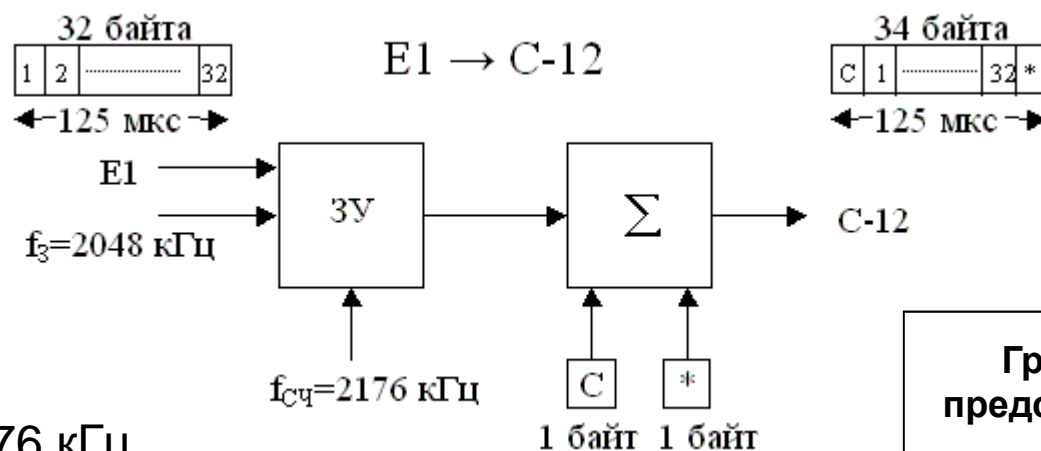
Количество E1, передаваемых в STM-1 = $3 \times 7 \times 3 = 63$; STM-4 – 252 ...

Особенности мультиплексирования в SDH

Процедура размещения (mapping) мультиплексируемых потоков

Процедура размещения заключается в отображении последовательных фрагментов (обычно размером в цикл) вводимых цифровых потоков в периодически повторяющейся структуре контейнеров.

Пример: размещение цифрового сигнала E1 (2048 кбит/с) в C12

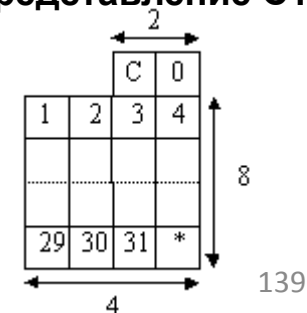


$$f_{сч} = 34/32 \cdot 2048 = 2176 \text{ кГц}$$

C-байт – поле согласования скорости

* - балластные биты

Графическое представление C12

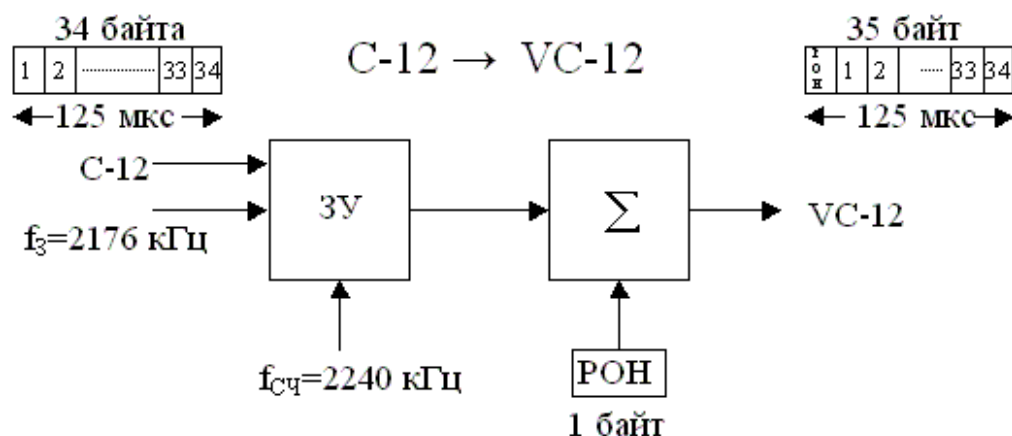


Особенности мультиплексирования в SDH

Процедура образования виртуальных контейнеров с размещенной нагрузкой

Процедура заключается в добавлении к контейнеру трактового заголовка (POH – Pass Over Head), выполняющего функцию контроля прохождения VC в системе SDH.

Пример: формирование VC12 из C12



POH

1	2	3	4	5	6	7	8
BIP-2	FEBE	NU	L1	L2	L3	FERF	

BIP-2 (Bit Interleaving Parity) – проверочные биты на четность

FEBE (Far End Block Error) – оповещение передающей стороны об ошибках при проверке на четность

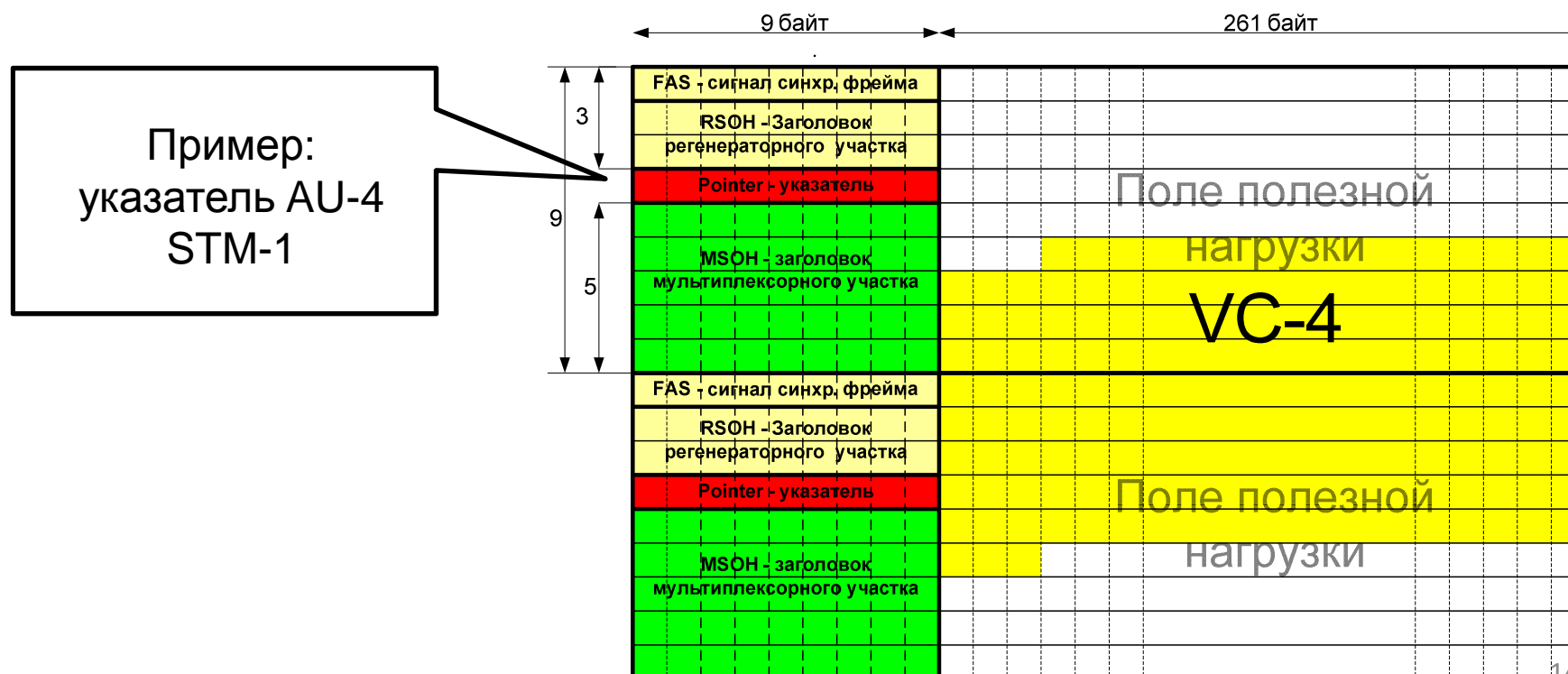
L1...L3 – указатель наличия и типа нагрузки

FERF – сбой при приеме на удаленном конце

Особенности мультиплексирования в SDH

Процедура выравнивания (Aligning)

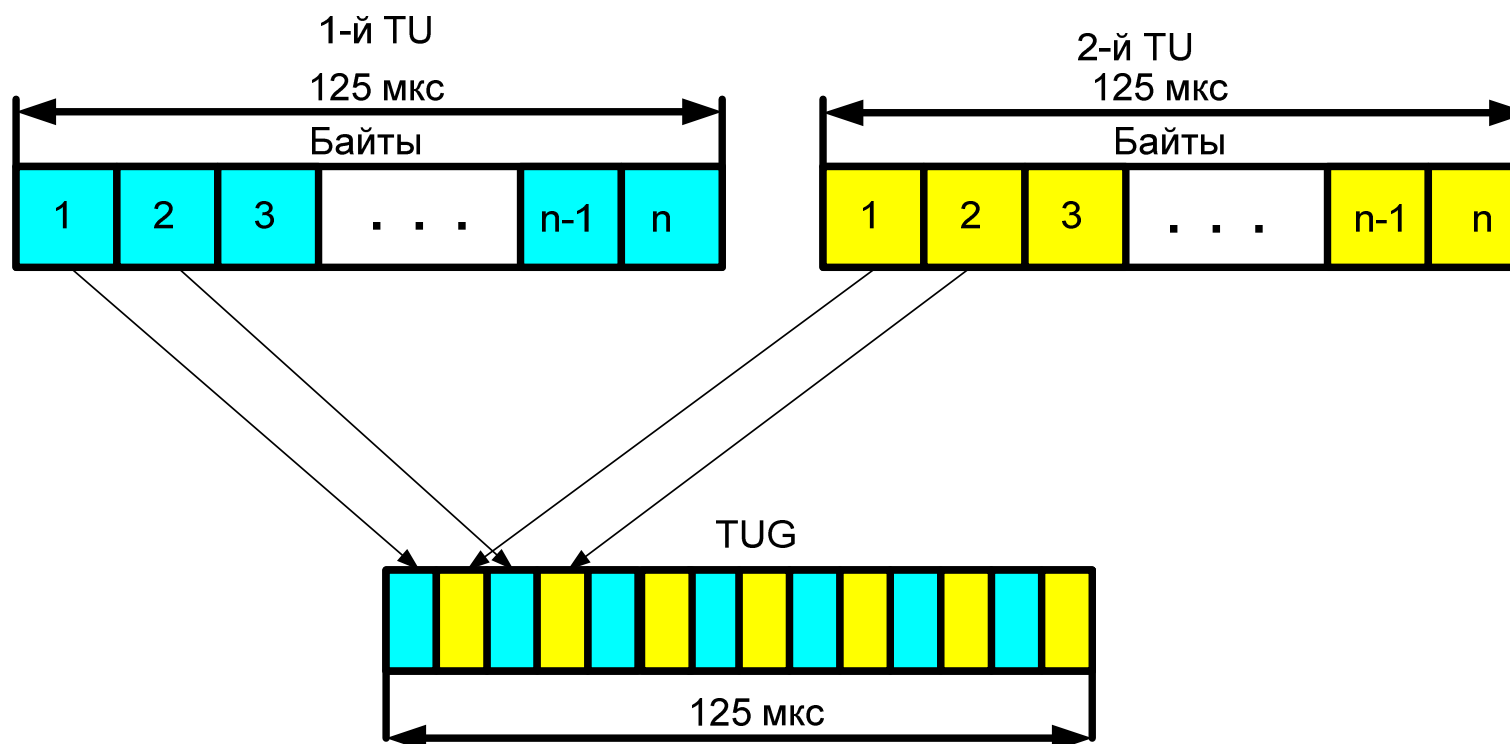
Процедура, посредством которой в транспортный или административный блок вводится информация о величине отступе начала цикла нагрузки (VC) от начала цикла TU или AU. Процедура позволяет динамично компенсировать изменения скорости и фазы VC. Для этого вводится указатель (Pointer – PTR)



Особенности мультиплексирования в SDH

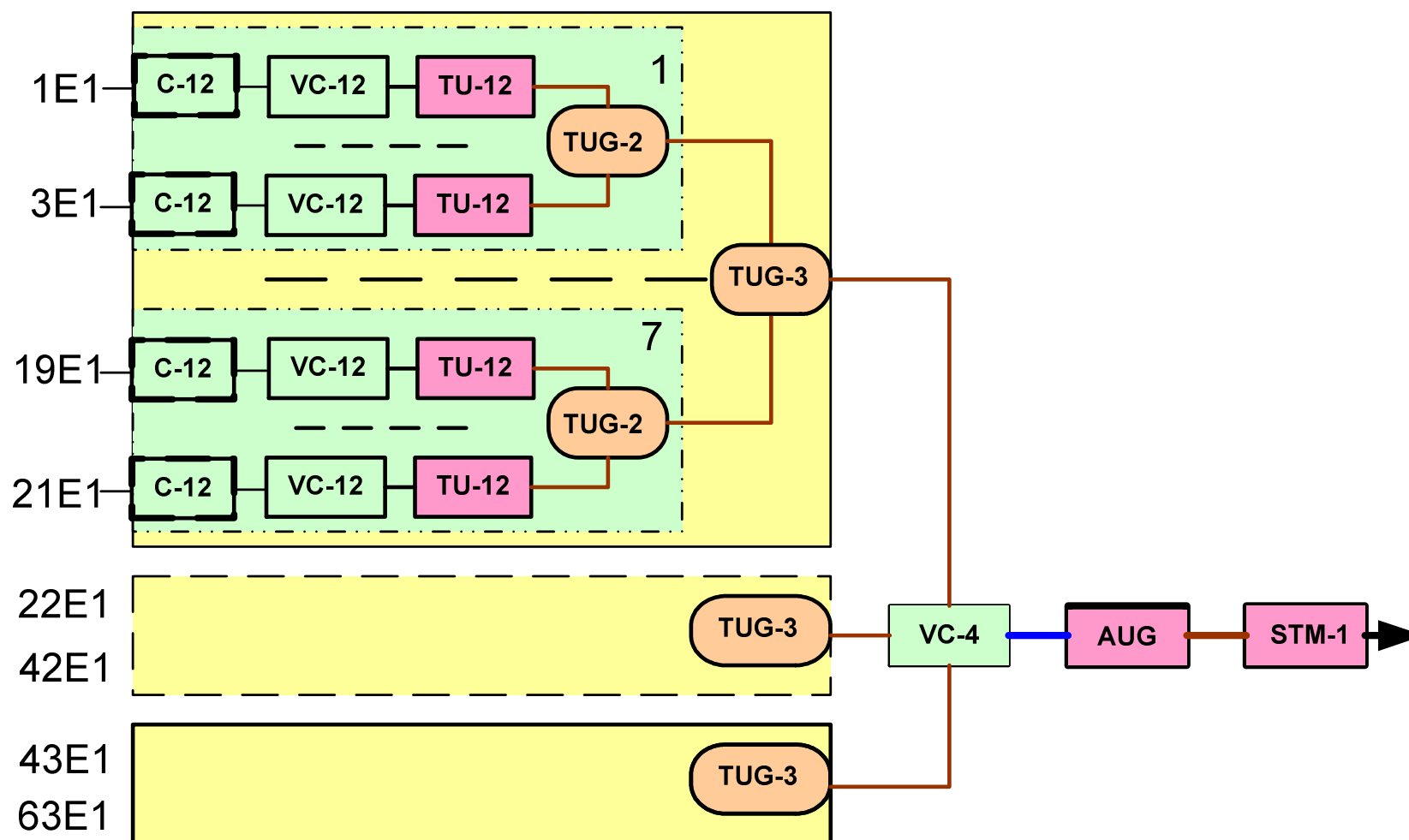
Процедура мультиплексирования (Multiplexing)

Процедура заключается в побайтном синхронном TDM-мультиплексировании трибутарных (нагрузочных) модулей (TU) либо административных модулей (AU) с целью формирования их групп (TUG, AUG)



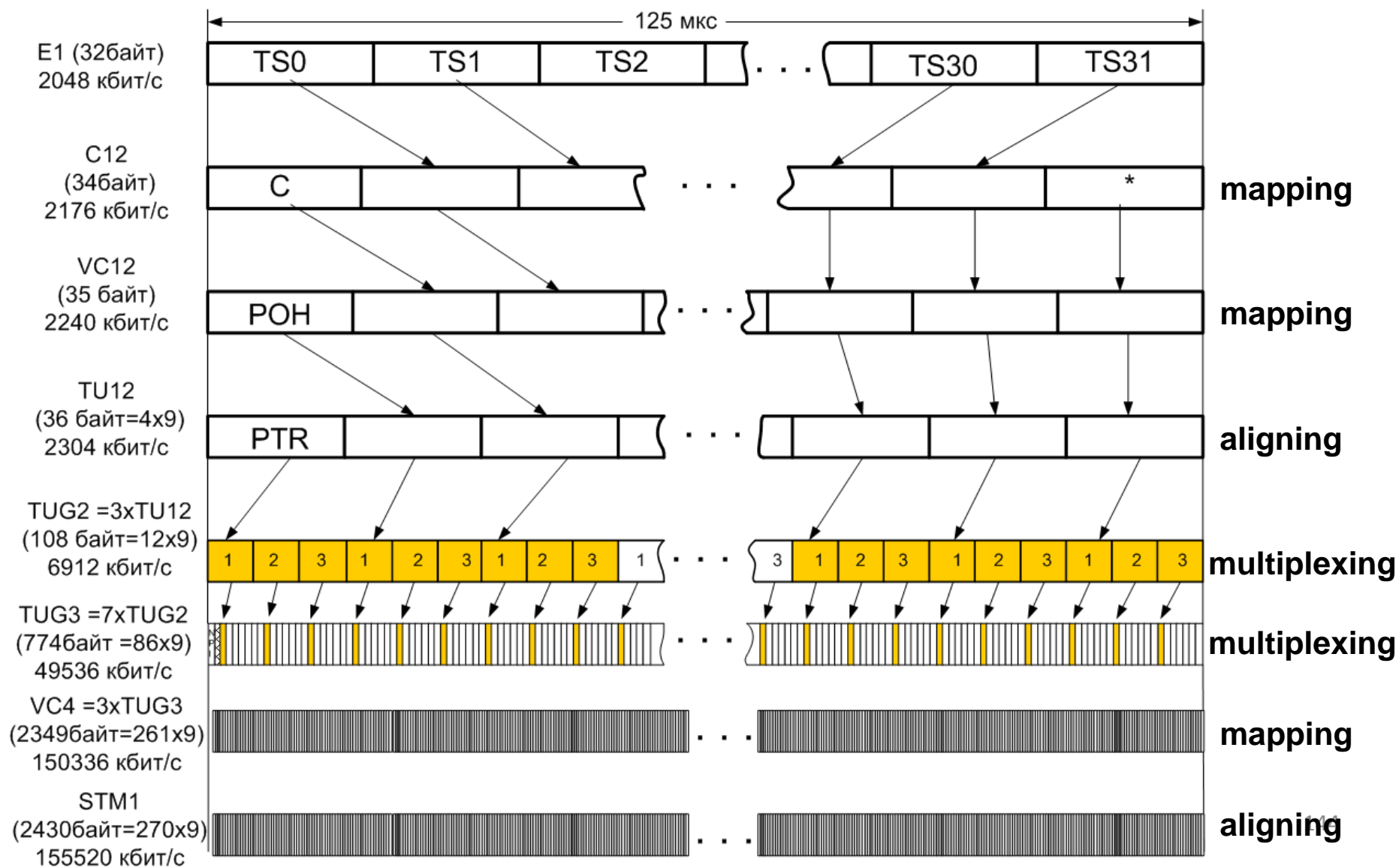
Особенности мультиплексирования в SDH

Мультиплексирование 63xE1 в STM-1



Особенности мультиплексирования в SDH

Диаграмма формирования STM1 из потоков E1



Литература

1. Хмелёв К. Ф. Основы SDH: Монография. - К.: ИВЦ «Видавництво "Політехніка"», 2003.-584 с.: ил.
2. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. –М.: Эко Трендз, 1997

Вопросы для самоконтроля

1. Почему возникла технология SDH?
2. Сравните PDH и SDH технологии мультиплексирования
3. В каком диапазоне световых волн функционирует SDH?
4. Что такое виртуальный контейнер, секция, тракт, маршрут?
5. Поясните общую схему мультиплексирования в SDH
6. Поясните по временной диаграмме принцип мультиплексирования потоков E1