

## Занятие № 17. “Принципы цифровой иерархии”

Цифровые выделенные линии образуются путем постоянной коммутации в первичных сетях, построенных на базе коммутационной аппаратуры, работающей на принципах разделения канала во времени - TDM. Существуют два поколения технологий цифровых первичных сетей - технология плезиохронной («плезио» означает «почти», то есть почти синхронной) цифровой иерархии (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH) и более поздняя технология - синхронная цифровая иерархия (Synchronous Digital Hierarchy, SDH). В Америке технологии SDH соответствует стандарт SONET.

### 1. Технология плезиохронной цифровой иерархии

Несмотря на различия американской и международных версий технологии цифровой иерархии, для обозначения иерархии скоростей принято использовать одни и те же обозначения - DS<sub>n</sub> (Digital Signal *n*). На рис. 1 приводятся значения для всех введенных стандартами уровней скоростей обеих технологий.

На практике в основном используются каналы T1/E1 и T3/E3.

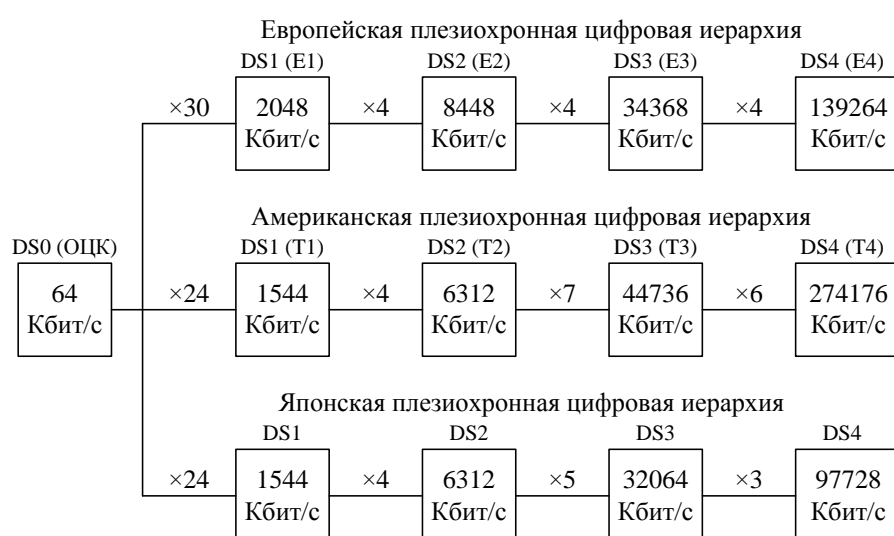


Рис. 1. Иерархия цифровых скоростей

Физический уровень технологии PDH поддерживает различные виды кабелей: витую пару, коаксиальный кабель и волоконно-оптический кабель. Основным вариантом абонентского доступа к каналам T1/E1 является кабель из двух витых пар с разъемами RJ-48. Две пары требуются для организации дуплексного режима передачи данных со скоростью 1,544/2,048 Мбит/с. Для представления сигналов используется: в каналах T1 биполярный потенциальный код B8ZS, в каналах E1-биполярный потенциальный код HDB3. Для усиления сигнала на линиях T1 через каждые 1800 м (одна миля) устанавливаются регенераторы и аппаратура контроля линии.

Коаксиальный кабель благодаря своей широкой полосе пропускания поддерживает канал T2/E2 или 4 канала T1/E1. Для работы каналов T3/E3 обычно используется либо коаксиальный кабель, либо волоконно-оптический кабель, либо каналы СВЧ.

Одним из основных недостатков является сложность операций мультиплексирования и демultipлексирования пользовательских данных. Сам термин «плезиохронный», используемый для этой технологии, говорит о причине такого явления - отсутствии полной синхронности потоков данных при объединении низкоскоростных каналов в более высокоскоростные. Для извлечения пользовательских данных из объединенного канала необходимо полностью демultipлексировать кадры этого объединенного канала.



формируются субблоки: TU-11, TU-12, TU-2 и TU-3, содержащие нагрузку виртуальных контейнеров VC-11, VC-12 TU-2 и VC-3 соответственно, а также их TU-указатели.

Сформированные субблоки побайтно объединяются (мультиплексируются), образуя группу субблоков (Tributary Unit Group – TUG), и размещаются на фиксированные позиции в кадре вышестоящего виртуального контейнера. При этом группа субблоков TUG-3 может содержать один субблок TU-3 или однородный набор из семи групп TUG-2, а каждая группа субблоков TUG-2 – один субблок TU-2 или однородный набор из трех TU-12 или четырех TU-11.

Синхронные транспортные модули (Synchronous Transport Module - STM) переносят виртуальные контейнеры и являются форматами линейных сигналов СЦИ, которые имеют блочную циклическую структуру с периодом повторения 125 мкс. Основным модуль STM-1 транспортируется по сети со скоростью 155,52 Мбит/с, (округленно - 155 Мбит/с), а модули высших порядков STM-N - в N раз больше.

В настоящее время, кроме модуля первого порядка - STM-1, специфицированы модули: четвертого порядка STM-4 со скоростью транспортирования 622,08 Мбит/с (округленно – 622 Мбит/с);

шестнадцатого порядка STM-16 со скоростью транспортирования 2488,32 Мбит/с (округленно – 2,5 Гбит/с);

шестьдесят четвертого порядка STM-64 со скоростью транспортирования 9953,28 (округленно – 10 Гбит/с).

Для радиолиний, недостаточно мощных для транспортирования STM-1, введен субпервичный формат STM-RR линейного сигнала со скоростью передачи 51,84 Мбит/с. Однако STM-RR в настоящее время не рекомендован как уровень СЦИ и не используется на интерфейсах (стыках) сетевых узлов.

Для согласования трактов верхнего порядка и среды передачи предварительно формируются информационные структуры, называемые административными блоками (Administrative Unit – AU). В административных блоках размещаются информационная нагрузка виртуальных контейнеров VC-4 (блок AU-4) или VC-3 (блок AU-3) и указатель административного блока (AU-указатель), который отмечает смещение позиций контейнеров относительно начала кадра STM:

$$AU = VC + AU\text{-указатель}$$

AU-указатель, как и указатель субблока (TU-указатель), обеспечивает корректирование колебаний фазы и скорости виртуальных контейнеров относительно обслуживающего их слоя мультиплексных секций. Позиция этого указателя фиксирована относительно кадра линейного сигнала STM.

Три блока AU-3, имеющие собственные указатели, после выполнения операции мультиплексирования образуют группу административных блоков (Administrative Unit Group - AUG), которая совпадает с административным блоком AU-4 и совместно с секционным заголовком SOH целиком загружает STM-1:

$$STM-1 = AUG(AU-4) + SOH$$

STM-N образуется побайтным объединением N-групп и заголовка SOH. Каждая группа блоков AUG занимает фиксированное положение в цикле STM-N. Количество объединенных групп отмечается в заголовке. Заголовки в STM-N образуются формированием, а не побайтным объединением заголовков низшего уровня:

$$STM-N = AUG(AU-4) \times N + SOH$$

Самым нижним слоем среды передачи СЦИ является физическая среда распространения сигналов STM. Основной физической средой распространения в СЦИ является одномодовые оптические волокна.