

SDH

[2]

Общие термины

- **Поток Е1** – стандарт цифровой передачи данных, состоящий из 32 цифровых каналов со скоростью каждого 64 Кбит/с. Такая скорость выбрана не случайно. **64 кбит/сек** как раз достаточно для передачи одного телефонного разговора, продискретизированного с частотой 4 кГц и проквантованного по 256 уровням. Общеизвестно, что этого вполне достаточно для однозначного восприятия произнесенных слов и идентификации говорящего. 30 для голоса и данных. 1 для сигнализации и 1 для синхронизации. Мы опираемся на стандарт Е1, потому что кроме него в России в PDH встретить что-то крайне сложно.
- **Таймслот** — единица деления канала. Как правило, в цифровой технике связи под таймслотом понимается канальный интервал, занимаемый одним каналом 64 кбит/с.
- **PDH/ SDH** – технологии для создания первичных сетей.
- **Первичные сети** – это телекоммуникационные сети особого вида, предназначенные для создания высокоскоростных каналов, которые затем используются для построения других сетей.

Первичная сеть по территориальному принципу подразделяется на магистральные, внутризоновые и местные первичные сети.

Магистральная первичная сеть соединяет каналами различных типов все областные и республиканские центры.

Внутризоновая первичная сеть, в основном, соединяет различными каналами районные сети данной области друг с другом и с областным центром.

Местные первичные сети ограничены территорией города или сельского района. Они обеспечивают возможность организации каналов (или физических пар проводов) между станциями и узлами этих сетей, а также между абонентами. Часто внутризональную сеть и местные первичные сети объединяют одним названием - зональная первичная сеть.

[3]

PDH

Постараемся объяснить устройство технологии PDH на простом примере.

Если представить систему передачи как некий конвейер, на который на одном конце один рабочий ставит коробки с книгами, а на другом конце второй рабочий эти коробки снимает. То для того, чтобы не было ни заторов, ни простоев эти рабочие должны работать синхронно, то есть снимать и ставить коробки с одинаковой скоростью, и это требование в системах PDH выполняется. Но начальство решило увеличить производительность конвейера и увеличило его скорость в четыре раза, на работу этих двух рабочих это ни как не влияет, так как

коробки с конвейера надо снимать с той же скоростью, с которой их туда ставят, но теперь на конвейере освободилось место. И начальство ставит еще трех рабочих в начале конвейера и трех в конце. Каждый из четырех рабочих на погрузке должен работать синхронно со своим партнером на выгрузке, и опять же с этим проблем нет. Но, кроме этого, рабочие при погрузке не должны мешать друг другу, они должны ставить коробки с одинаковой скоростью, то есть синхронно и вот с этим в системах PDH проблема. Решается эта проблема за счет выделения на конвейере дополнительного места, конвейер движется чуть быстрее, чем надо и у каждого рабочего на погрузке есть возможность работать, не сильно подстраиваясь под остальных рабочих, выставляющих коробки на конвейер.

Как следствие выхватить в середине конвейера одну книгу из коробки или поставить книгу в коробку на определенное место невозможно, так как где это место в конкретный момент времени определить невозможно, надо ставить еще восемь рабочих, чтобы они снимали коробки, извлекали из одной из них книгу или ставили эту книгу на свободное место, а потом возвращали коробки на место.

Еще одной проблемой систем PDH являлась не совместимость иерархий разработанных в США, Японии и Европе (несмотря на одинаковые принципы, в их системах использовались различные коэффициенты мультиплексирования на разных уровнях иерархий), а так же невыполнение требований отказоустойчивости и недостаточная производительность на верхних уровнях иерархии. Но при разработке систем следующего поколения (SDH) от этих недостатков удалось избавиться.

Особое внимание уделим проблеме демультиплексирования канала, а именно сложности и неэффективности операций демультиплексирования.

Так, например, для ответвления канала E1 из канала E4, последний нужно будет разобрать на каналы E3, затем необходимый канал E3 разобрать на каналы E2 и только потом определенный канал из этого набора демультиплексировать на каналы E1.

[4]

Таким образом мультиплексирование в PDH состоит в следующем:

- объединяемые цифровые данные, имеющие различные тактовые интервалы (в известных нормативных пределах), должны быть синхронизированы, т.е. согласованы по фазе и частоте тактов;
- для синхронизации объединяемых данных должен быть применен буфер памяти;
- скорость и фаза записи данных в параллельные буферы может различаться, но скорость считывания этих данных из буферов одинакова;
- в процессе записи данных в буфер и считывании могут образоваться в случайные моменты времени состояния неопределенности:

- период записи $T_{\text{зап}} >$ периода считывания $T_{\text{сч}}$, в этом случае буфер может дважды считаться, т.е. произойдет ложная двоичная единица;
- период записи $T_{\text{зап}} <$ периода считывания $T_{\text{сч}}$, в этом случае буфер может оказаться на момент считывания "пустым", т.е. произойдет ложная двоичная единица.

Эти проблемы будут решены в SDH.

Таким образом PDH – это способ организации цифровых сетей передачи, использующий в качестве синхронизации узлов вышеописанный алгоритм.

[5] SDH

В качестве решения проблемам технологии PDH была создана технология SDH.

- Технология **SDH (Synchronous Digital Hierarchy)** это система передачи данных, основанная на синхронизации по времени передающего и принимающего устройств.
- **Мультиплексирование** — это процесс уплотнения канала связи, другими словами, передача нескольких потоков данных с меньшей скоростью по одному каналу связи, с использованием специального устройства, называемого мультиплексором.
- **Мультиплексор** — устройство, обеспечивающее передачу в желаемом порядке цифровой информации, поступающей по нескольким входам на один выход. Может быть реализован как аппаратно так и программно.
- **Временное мультиплексирование** — технология аналогового или цифрового мультиплексирования, в котором несколько сигналов или битовых потоков передаются одновременно как подканалы в одном коммуникационном канале.

Передача данных в таком канале разделена на временные интервалы (таймслоты) фиксированной длины, отдельные для каждого канала

Мультиплексоры SDH требуют для своей работы очень точной взаимной синхронизации (важность этого свойства видно из названия технологии).

Такая синхронизация обеспечивается одним или несколькими внешними эталонными атомными часами, расположенными в Москве и передающими за счет отдельного канала синхронизации необходимые синхроимпульсы на магистральные мультиплексоры сети SDH. Мультиплексоры SDH более низких уровней иерархии синхронизируются другим способом — они извлекают синхросигналы из заголовков кадров, поступающих от магистральных мультиплексоров. В целом сеть синхронизации является важным элементом сети SDH, требующим особого внимания проектировщика сети.

[6]

Нужно начать с небольшой предыстории.

Передачу сигналов в SDH можно сравнить с передачей контейнеров на ленте конвейера. Полезная информация транспортируется в контейнерах определенного размера, а так как полезная информация может быть разных объемов, то существуют контейнеры различной вместимости.

Для переноса информации контейнеру необходима метка. Метка — это поле данных, обрабатываемое приемником, которое включает в себя информацию о содержимом контейнера, данных мониторинга и т.д.

Конвейерная лента разделяется на кадры одинакового размера, которые используются для транспортировки контейнеров, затем, уже сформированные контейнеры, выкладываются на конвейерную ленту.

Расположение контейнеров внутри кадров произвольно, т.е. начало контейнера не обязательно должно находиться в начале кадра, он может располагаться в двух соседних кадрах.

Таким образом, если система PDH генерирует трафик, который нужно передать по системе SDH, то данные PDH так и SDH сначала структурируются в контейнеры, а затем к контейнеру добавляется заголовок и указатели, в результате образуется синхронный транспортный модуль STM-1. По сети контейнеры STM-1 передаются в системе SDH разных уровней (STM-n), но во всех случаях раз сформированный STM-1 может только складываться с другим транспортным модулем, т.е. имеет место мультиплексирование транспортных модулей.

[7]

Вид информации, содержащейся в контейнере не важен для его транспортировки, поэтому выравнивающая информация может быть добавлена в него, под видом полезной нагрузки. Перед транспортировкой, несколько мелких контейнеров могут быть объединены в группу контейнеров, которая затем помещается в контейнер большей величины. Каждый из таких контейнеров включает в себя метку, которая обрабатывается приемником.

Конкретные контейнеры жестко связаны с определенной позицией внутри группы, номер позиции определяет начало соответствующего контейнера.

Изложенное только что, было основано на предположении, что размер необходимой для передачи информации меньше размера контейнера, если это условие не выполняется, то может быть произведено слияние нескольких контейнеров. Таким образом образуется цепочка контейнеров, в этом случае нагрузка будет распределена по всем контейнерам в этой цепи.

[8]

Пример:

Пусть имеется исходный сигнал 599,04 Мбит/с (широкополосный ISDN). Так как максимальный по размеру контейнер может нести только 140 Мбит/с, то необходимо слияние четырех таких контейнеров. Месторасположение контейнерной связки на ленте конвейера, задается только для первого контейнера, положение остальных 2, 3 и 4, определяется по смещению относительно первого.

Размер транспортного кадра должен быть выбран таким образом, чтобы размер связки контейнеров не превышал размера кадра. В то же время группа контейнеров может располагаться в любом месте внутри кадра, и даже может быть распределена по двум соседним кадрам.

[9]

Кадр представляет собой некую среду – сигнал определенной структуры с помощью которого передаются контейнеры. Он имеет блочную структуру подобную той, что представляет собой контейнер, т.е. состоит из N столбцов и M строк, поэтому для разных объемов информации определены различные размеры кадров.

В частности, поскольку мы рассматриваем SDH, в котором информация передается за счет STM (синхронных транспортных модулей). Базовым модулем STM-1. Остальные получаются путем увеличения уровней иерархии (увеличения числа столбцов в контейнере). Синхронный Транспортный Модуль, как мультиплексированный сигнал низшего уровня иерархии SDH, имеющий скорость передачи 155,520 Мбит/с. Покажем откуда берется эта скорость.

Транспортный кадр 1го уровня иерархии STM-1. Он состоит из 270 столбцов и 9 строк. Первые 9 столбцов зарезервированы для специальных функций транспортировки – служебной информации, эта транспортная емкость, называемая заголовком STM-1, состоит из: 9 столбцов*9 строк*8 бит*8000 кадров в секунду = 5,184 Мбит/с, оставшийся 261 столбец используются для переноса полезной информации, со скоростью 261 столбец*9 строк*8 бит*8000 кадров в секунду = 150,336 Мбит/с. В секунду передаются 8000 кадров, что соответствует длительности кадра 125 мкс. Структура полезной нагрузки произвольна, заголовок же передается даже в том случае, когда трафик отсутствует.

Цифровые скорости более высоких уровней определяются умножением скорости потока STM-1, соответственно, на 4, 16, 64 и т. д.: 622,08 Мбит/с (STM-4), 2,48832 Гбит/с (STM-16), 9,95328 Гбит/с (STM-64) и 39,8131 Гбит/с (STM-256).

[10] Мультиплексирование и демультиплексирование SDH

Мультиплексирование.

В качестве примера рассмотрим процесс формирования синхронного транспортного модуля STM-1 из потока E4.

Поток E4 состоит из 64 потоков E1, имеет скорость передачи 139264 кбит/с и состоит из 2176 байт. Это наша информация.

Контейнер С-4 содержит 2340 (матрица 260·9) байт. В С-4 к введенному потоку Е4 добавляется 164 байта, состоящих из битов согласования скоростей и балластных битов.

Затем к виртуальному контейнеру добавляется трактовый заголовок (9 байт). Получаем матрицу 261 * 9.

Далее добавляется информация об указателе (9 байт), а также информация о секционных заголовках.

Секционные заголовки включают кадровый синхросигнал и информацию для контроля параметров, обслуживания и управления.

RSOH - заголовок регенерационной секции, состоящий из 27 байтов;

MSOH - заголовок секции мультиплексирования, состоящий из 45 байтов.

В итоге получаем контейнер STM-1 (270 * 9)

Демультимплексирование.

Демультимплексирование происходит за счет наличия указателей, которые выполняют в технологии SDH две основные функции:

- обеспечение быстрого поиска и доступа к нагрузке;
- обеспечение процедур выравнивания и компенсации рассинхронизации передаваемых потоков.

Первая функция указателей является наиболее важной, поскольку именно с ней связано основное преимущество технологии SDH - отсутствие необходимости пошагового мультиплексирования/демультимплексирования. Указатели административных блоков и блоков нагрузки обеспечивают прямой доступ к загруженному в синхронный транспортный модуль потоку на любом уровне.

[11] Топология сети SDH

SMUX - модульная конструкция SDH мультиплексора - SMUX, при которой выполняемые функции определяются лишь возможностями системы управления и составом модулей, включённых в спецификацию мультиплексора

Топология «кольцо» широко используется для построения SDH сетей первых двух уровней SDH иерархии (155 и 622 Мбит/с). Основное преимущество этой топологии - лёгкость организации защиты типа 1+1 (метод отказоустойчивости, при котором сигналы анализируются и выбирается тот, который имеет наилучшее соотношение параметров), благодаря наличию в синхронных мультиплексорах SMUX двух пар оптических каналов приёма/передачи: восток - запад, дающих возможность формирования двойного кольца со встречными потоками.

[10] Производители оборудования SDH

- Alcatel-Lucent

- Cisco
- D-Link
- Lofis
- QTECH
- RAD Data Communications
- Zelax
- Морион
- НПП Полигон
- Т8 ООО

[11] **Преимущества и недостатки**

Основные преимущества технологии SDH:

- простая технология мультиплексирования / демультиплексирования;
- доступ к низкоскоростным сигналам без необходимости мультиплексирования/демультиплексирования всего высокоскоростного канала. Это позволяет достаточно просто осуществлять подключение клиентского оборудования
- наличие механизмов резервирования на случай отказов каналов связи или оборудования;
- возможность наращивания решения;
- совместимость оборудования от различных производителей;

Недостатки технологии SDH:

- использование одного из каналов полностью под служебный трафик;
- неэффективное использование пропускной способности каналов связи. Сюда относятся как необходимость резервирования полосы на случай отказов, а также отсутствие механизмов приоритезации трафика;
- необходимость использовать дополнительное оборудование (зачастую от других производителей), чтобы обеспечить передачу различных типов трафика (данные, голос) по опорной сети.