БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра СиУТ

# Реферат на тему

# «Цифровые транспортные сети SDH»

# по дисциплине

# "Транспортные и распределительные сети"

Выполнил

магистрант Бобов М.Н.

специальность 1-458002

Минск 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГИИ SDH

* 1. История возникновения технологии SDH

1.2 Область применения технологии SDH

1.3 Достоинства сетей SDH

2 ИЕРАРХИЯ СКОРОСТЕЙ И МЕТОДЫ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ.

2.1 Иерархия скоростей

2.2 Элементы сети SDH

2.3 Стек протоколов SDH

2.4 Схема мультиплексирования SDH

3 НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРОТОКОЛОВ SDH

3.1 Механизмы стандартов SDH нового поколения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЛИТЕРАТУРА

ВВЕДЕНИЕ

Технология синхронной цифровой иерархии (Synchronous Digital Hierarchy, SDH) позволяет создавать надежные транспортные сети и гибко формировать цифровые каналы в широком диапазоне скоростей — от нескольких мегабит до десятков гигабит в секунду. Основная область ее применения — первичные сети операторов связи.

Первичные сети предназначены для создания коммутируемой инфраструктуры, с помощью которой можно достаточно быстро и гибко организовать постоянный канал с двухточечной топологией между двумя пользовательскими устройствами, подключенными к такой сети. В первичных сетях применяется техника коммутации каналов. На основе каналов, образованных первичными сетями, работают наложенные компьютерные или телефонные сети. Каналы, предоставляемые первичными сетями своим пользователям, отличаются высокой пропускной способностью – обычно от 2 Мбит/с до 10 Гбит/с.

Сети SDH относятся ко второму поколению первичных сетей. Технология SDH пришла на смену устаревшей технологии плезиохронной цифровой иерархии (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH). В настоящее время SDH не является последним достижением технологии первичных сетей. Существуют также уплотненное волновое мультиплексирование (Dense Wave Division Multiplexing, DWDM) и технология, определяющая способы передачи данных по волновым каналам DWDM – оптическая транспортная сеть (Optical Transport Network, OTN).

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГИИ SDH

* 1. История возникновения технологии SDH

Технология синхронной цифровой иерархии первоначально была разработана компанией Bellcore под названием «синхронные оптические сети» (Synchronous Optical NETs, SONET) и, по сути, является развитием технологии PDH. Быстрое развитие телекоммуникационных технологий привело к необходимости расширения иерархии скоростей PDH и максимального использования всех возможностей, которые предоставляла новая среда — волоконно-оптические линии связи.

Одновременно с расширением линейки скоростей нужно было освободиться от выявленных за время эксплуатации этих сетей недостатков PDH, прежде всего, от принципиальной невозможности выделения отдельного низкоскоростного потока из высокоскоростного без полного демультиплексирования последнего. Сам термин «плезиохронный», т. е. «почти» синхронный, говорит о причине такого явления — отсутствии полной синхронности потоков данных при объединении низкоскоростных каналов в более скоростные. Кроме этого, в технологии PDH не были предусмотрены встроенные средства обеспечения отказоустойчивости и управления сетью.

Была создана технология, способная передавать трафик всех существующих цифровых каналов уровня PDH (как американских T1–T3, так и европейских E1–E4) по высокоскоростной магистральной сети на базе волоконно-оптических кабелей и обеспечить иерархию скоростей, продолжающую иерархию технологии PDH до скорости в несколько Гбит/с.

В результате длительной работы удалось создать стандарт на синхронную цифровую иерархию (Synchronous Digital Hierarchy, SDH) — спецификации ITU-T G.702, G.703, G.704, G.707, G.708, G.709, G.773, G.774, G.782, G.783, G.784, G.957, G.958, Q.811, Q.812 и ETSI — ETS 300 147.

1.2 Область применения технологии SDH

Мультиплексоры SDH с волоконно-оптическими линиями связи между ними образуют среду, в которой администратор сети SDH организует цифровые каналы между точками подключения абонентского оборудования или оборудования вторичных (наложенных) сетей самого оператора — телефонных сетей и сетей передачи данных.

На рисунке 1 представлен пример первичной сети, построенной по технологии SDH.

Каналы SDH относятся к классу полупостоянных (semipermanent) — формирование (provisioning) канала происходит по инициативе оператора сети SDH, пользователи же лишены такой возможности, поэтому такие каналы обычно применяются для передачи достаточно устойчивых во времени потоков. Из-за полупостоянного характера соединений в технологии SDH чаще используется термин «кросс-коннект» (cross-connect), а не коммутация.

Рисунок 1 – Пример первичной сети, построенной на технологии SDH

Сети SDH относятся к классу сетей с коммутацией каналов на базе синхронного мультиплексирования с разделением по времени (Time Division Multiplexing, TDM), при котором адресация информации от отдельных абонентов определяется ее относительным временным положением внутри составного кадра, а не явным адресом, как это происходит в сетях с коммутацией пакетов.

С помощью каналов SDH обычно объединяют большое количество периферийных (и менее скоростных) каналов плезиохронной цифровой иерархии (PDH).

1.3 Достоинства сетей SDH

Сети SDH обладают многими отличительными особенностями:

- Гибкая иерархическая схема мультиплексирования цифровых потоков разных скоростей позволяет вводить в магистральный канал и выводить из него пользовательскую информацию любого поддерживаемого технологией уровня скорости без демультиплексирования потока в целом — а это означает не только гибкость, но и экономию оборудования. Схема мультиплексирования стандартизована на международном уровне, что обеспечивает совместимость оборудования разных производителей.

- Отказоустойчивость сети. Сети SDH обладают высокой степенью «живучести» — технология предусматривает автоматическую реакцию оборудования на такие типичные отказы, как обрыв кабеля, выход из строя порта, мультиплексора или отдельной его карты, при этом трафик направляется по резервному пути или происходит быстрый переход на резервный модуль. Переключение на резервный путь осуществляется обычно в течение 50 мс.

- Мониторинг и управление сетью на основе включаемой в заголовки кадров информации обеспечивают обязательный уровень управляемости сети вне зависимости от производителя оборудования и создает основу для наращивания административных функций в системах управления производителей оборудования SDH.

- Высокое качество транспортного обслуживания для трафика любого типа — голосового, видео и компьютерного. Лежащее в основе SDH мультиплексирование TDM обеспечивает трафику каждого абонента гарантированную пропускную способность, а также низкий и фиксированный уровень задержек.

2 ИЕРАРХИЯ СКОРОСТЕЙ И МЕТОДЫ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ

2.1 Иерархия скоростей

Поддерживаемая технологией SDH/SONET (соответствующий американский стандарт) иерархия скоростей представлена в таблице 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SDH | SONET | Скорость |
|  | STS–1, OC–1 | 51,840 Мбит/с |
| STM–1 | STS–3, OC–3 | 155,520 Мбит/с |
| STM–3 | STS–9, OC-9 | 466,560 Мбит/с |
| STM–4 | STS–12, OC–12 | 622,080 Мбит/с |
| STM–6 | STS–18, OC–18 | 933,120 Мбит/с |
| STM–8 | STS–24, OC–24 | 1,244 Гбит/с |
| STM–12 | STS–36, OC–36 | 1,866 Гбит/с |
| STM–16 | STS–48, OC–48 | 2,448 Гбит/с |

Таблица 1 – Поддерживаемые скорости SDH/ SONET

В стандарте SDH все уровни скоростей (и, соответственно, форматы кадров для этих уровней) имеют общее название: Synchronous Transport Module level N (STM-N). В технологии SONET существует два обозначения для уровней скоростей: Synchronous Transport Signal level N (STS-N) в случае передачи данных в виде электрического сигнала, и Optical Carrier level N (OC-N) в случае передачи данных по волоконно-оптическому кабелю. Далее для упрощения изложения будем ориентироваться на STM-N.

2.2 Элементы сети SDH

Oсновным элементом сети SDH является мультиплексор. Обычно он оснащен некоторым количеством портов PDH и SDH: например, портами PDH на 2 и 34/45 Мбит/с и портами SDH STM-1 на 155 Мбит/c и STM-4 на 622 Мбит/c. Порты мультиплексора SDH делятся на агрегатные и трибутарные. Трибутарные порты часто называют также портами ввода/вывода, а агрегатные — линейными. Эта терминология отражает типовые топологии сетей SDH, где имеется ярко выраженная магистраль в виде цепи или кольца, по которой передаются потоки данных, поступающие от пользователей сети через порты ввода/вывода (т. е. втекающие в агрегированный поток: tributary дословно означает «приток»).

Мультиплексоры SDH обычно делят на терминальные (Terminal Multiplexor, TM) и ввода/вывода (Add-Drop Multiplexor, ADM). Разница между ними состоит не в составе портов, а в положении мультиплексора в сети SDH, как показано на рисунке 2. Терминальное устройство завершает агрегатные каналы, мультиплексируя в них большое количество каналов ввода/вывода (трибутарных). Мультиплексор ввода/вывода транзитом передает агрегатные каналы, занимая промежуточное положение на магистрали (в кольце, цепи или смешанной топологии). При этом данные трибутарных каналов вводятся в агрегатный канал или выводятся из него. Агрегатные порты мультиплексора поддерживают максимальный для данной модели уровень скорости STM-N, значение которой служит для характеристики мультиплексора в целом, например мультиплексор STM-4 или STM-64.

Рисунок 2 – Положение мультиплексоров в сети SDH

синхронный цифровой сеть мультиплексирование

Иногда различают так называемые кросс-коннекторы (Digital Cross-Connect, DXC) — в отличие от мультиплексоров ввода/вывода, они выполняют коммутацию произвольных виртуальных контейнеров, а не только контейнера из агрегатного потока с соответствующим контейнером трибутарного потока. Чаще всего кросс-коннекторы реализуют соединения между трибутарными портами (точнее — виртуальными контейнерами, формируемыми из данных трибутарных портов), но могут применяться кросс-коннекторы и агрегатных портов, т. е. контейнеров VC-4 и их групп. Последний вид мультиплексоров пока встречается реже, чем остальные, так как его применение оправдано при большом количестве агрегатных портов и ячеистой топологии сети, а это существенно увеличивает стоимость, как мультиплексора, так и сети в целом.

Большинство производителей выпускает универсальные мультиплексоры, которые могут использоваться в качестве терминальных, ввода/вывода и кросс-коннекторов — в зависимости от набора установленных модулей с агрегатными и трибутарными портами. Однако возможности использования таких мультиплексоров в качестве кросс-коннекторов весьма ограничен, поскольку производители часто выпускают модели мультиплексоров с возможностью установки только одной агрегатной карты с двумя портами. Конфигурация с двумя агрегатными портами является минимальной, обеспечивающей работу в сети с топологией кольцо или цепь. Такая конструкция мультиплексора не слишком дорога, но способна усложнить проектирование сети, если требуется реализовать ячеистую топологию на максимальной для мультиплексора скорости.

Кроме мультиплексоров в состав сети SDH могут входить регенераторы, они необходимы для преодоления ограничений по расстоянию между мультиплексорами, зависящих от мощности оптических передатчиков, чувствительности приемников и затухания волоконно-оптического кабеля. Регенератор преобразует оптический сигнал в электрический и обратно, восстанавливая при этом форму сигнала и его временные параметры. В настоящее время регенераторы SDH применяются достаточно редко, так как стоимость их ненамного меньше стоимости мультиплексора, а функциональные возможности несоизмеримы.

Схема сегментации сети SDH большой протяженности представлена на рисунке 3.

Рисунок 3 – Сеть SDH большой протяженности со связью типа "точка-точка" и её сегментация

2.3 Стек протоколов SDH

Стек протоколов SDH состоит из четырех уровней:

- Физический уровень, названный в стандарте фотонным (photonic), имеет дело с кодированием бит информации с помощью модуляции света.

-Уровень секции (section) поддерживает физическую целостность сети. Под секцией в технологии SDH подразумевается каждый непрерывный отрезок волоконно-оптического кабеля, посредством которого пара устройств SONET/SDH соединяется между собой, например мультиплексор и регенератор, регенератор и регенератор. Ее часто называют регенераторной секцией, имея в виду, что от оконечных устройств не требуется выполнение функций этого уровня мультиплексора. Протокол регенераторной секции имеет дело с определенной частью заголовка кадра, называемой заголовком регенераторной секции (RSOH), и на основе служебной информации может проводить тестирование секции и поддерживать операции административного контроля.

- Уровень линии (line) отвечает за передачу данных между двумя мультиплексорами сети. Протокол этого уровня работает с кадрами уровней STS-n для выполнения различных операций мультиплексирования и демультиплексирования, а также вставки и удаления пользовательских данных. Он осуществляет также проведение операций реконфигурирования линии в случае отказа какого-либо ее элемента - оптического волокна, порта или соседнего мультиплексора. Линию часто называют мультиплексной секцией.

- Уровень тракта (path) контролирует доставку данных между двумя конечными пользователями сети. Тракт (путь) - это составное виртуальное соединение между пользователями. Протокол тракта должен принять поступающие в пользовательском формате данные, например формате E1, и преобразовать их в синхронные кадры STM-N.

Кадры STM-N имеют достаточно сложную структуру, позволяющую агрегировать в общий магистральный поток потоки SDH и PDH с различными скоростями, а также выполнять операции ввода/вывода без полного демультиплексирования магистрального потока.

2.4 Схема мультиплексирования SDH

Операции мультиплексирования и ввода/вывода выполняются при помощи виртуальных контейнеров (Virtual Container, VC), в которых блоки данных PDH можно транспортировать через сеть SDH. Кроме блоков данных PDH в виртуальный контейнер помещается еще некоторая служебная информация, в частности заголовок пути контейнера (Path OverHead, POH). В нем размещается статистическая информация о процессе прохождении контейнера вдоль пути от его начальной до конечной точки (сообщения об ошибках), а также другие служебные данные, например индикатор установления соединения между конечными точками. В результате размер виртуального контейнера больше, чем соответствующая нагрузка PDH, которую он переносит. Например, виртуальный контейнер VC-12 помимо 32 байт данных потока E-1 содержит еще 3 байта служебной информации.

В технологии SDH определено несколько типов виртуальных контейнеров для транспортировки основных типов блоков данных PDH: VC-11 (1,5 Мбит/c), VC-12 (2 Мбит/с), VC-2 (6 Мбит/с), VC-3 (34/45 Мбит/с) и VC-4 (140 Мбит/c).

Виртуальные контейнеры — единица коммутации мультиплексоров SDH. На каждом мультиплексоре имеется таблица соединений (называемая также таблицей кросс-соединений), где указано, например, что контейнер VC-12 порта P1 связан с контейнером VC-12 порта P5, а контейнер VC-3 порта P8 связан с контейнером VC-3 порта P9. Таблицу соединений формирует администратор сети с помощью системы управления или управляющего терминала на каждом мультиплексоре так, чтобы обеспечить сквозной путь между конечными точками сети, к которым подключено пользовательское оборудование.

Для совмещения в рамках одной сети синхронной передачи кадров STM-N с асинхронным характером переносимых этими кадрами пользовательских данных PDH в технологии SDH применяются указатели (pointers). Концепция указателей — ключевая в технологии SDH, она заменяет принятое в PDH выравнивание скоростей асинхронных источников посредством дополнительных бит. Указатель определяет текущее положение виртуального контейнера в структуре более высокого уровня — трибутарном блоке (Tributary Unit, TU) или административном блоке (Administrative Unit, AU). Его применение позволяет виртуальному контейнеру «смещаться» в определенных пределах внутри своего трибутарного или административного блока, положение которого, в свою очередь, в кадре фиксировано. Собственно, основное отличие этих блоков от виртуального контейнера заключается в наличии дополнительного поля указателя. Именно благодаря системе указателей мультиплексор находит положение пользовательских данных в синхронном потоке байт кадров STM-N и на лету извлекает их оттуда, чего механизм мультиплексирования, примененный в PDH, делать не позволяет.

Схема мультиплексирования SDH предоставляет разнообразные возможности по объединению пользовательских потоков PDH. Например, для кадра STM-1 можно реализовать такие варианты:

а)1 поток E4;

б) 63 потока E1;

в) 1 поток E3 и 42 потока E1.

Местоположение виртуальных контейнеров задается не жестко, а с помощью системы указателей (pointers). Техника применения указателей является ключевой в технологии SONET/SDH. Благодаря использованию указателей обеспечивается синхронную передачу байт кадров с асинхронным характером вставляемых и удаляемых пользовательских данных.

Определенным образом кадры STS-n всегда образуют синхронный поток байтов, но с помощью изменения значения соответствующего указателя можно вставить и извлечь из этого потока байты низкоскоростного канала, не выполняя полного демультиплексирования высокоскоростного канала.

В технологии SONET/SDH существует гибкая, но достаточно сложная схема использования поля данных кадров STS-n. Сложность этой схемы в том, что нужно "уложить" в кадр наиболее рациональным способом мозаику из виртуальных контейнеров разного уровня. Поэтому в технологии SONET/SDH стандартизовано шесть типов виртуальных контейнеров, которые хорошо сочетаются друг с другом при образовании кадра STS-n.

На физическом уровне технологии SONET/SDH используется кодирование бит информации с помощью модуляции света. Для кодирования сигнала применяется метод NRZ (благодаря внешней тактовой частоте его плохие самосинхронизирующие свойства недостатком не являются).

Отказоустойчивость сети SONET/SDH встроена в ее основные протоколы. Этот механизм называется автоматическим защитным переключением - Automatic Protection Switching, APS.

Существуют два способа его работы. В первом способе защита осуществляется по схеме 1:1. Для каждого рабочего волокна (и обслуживающего его порта) назначается резервное волокно. Во втором способе, называемом 1:n, для защиты n волокон назначается только одно защитное волокно.

В схеме защиты 1:1 данные передаются как по рабочему, так и по резервному волокну. При выявлении ошибок принимающий мультиплексор сообщает передающему, какое волокно должно быть рабочим. Обычно при защите 1:1 используется схема двух колец, похожая на двойные кольца FDDI, но только с одновременной передачей данных в противоположных направлениях.

3 НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРОТОКОЛОВ SDH

3.1 Механизмы стандартов SDH нового поколения

Изначально технология SDH была ориентирована на передачу элементарных потоков голосового трафика, отсюда и ее ориентация на мультиплексирование пользовательских потоков со скоростями, кратными 64кбит/с, и применение коэффициента кратности 4 для иерархии скоростей.

Однако популярность Интернета изменила ситуацию в телекоммуникационном мире, и сегодня объемы компьютерного трафика в первичных сетях превосходят объемы голосового трафика. В условиях доминирования Ethernet как технологии канального уровня почти весь компьютерный трафик, поступающий на входы мультиплексоров первичных сетей, представляет собой кадры Ethernet, а значит, представлен иерархией скоростей 10-100-1000-10000Мбит/c. Пользовательские потоки с такими скоростями не очень эффективно укладываются в виртуальные контейнеры SDH, рассчитанные на решения других задач.

Для исправления ситуации организация ITU-T разработала несколько стандартов, которые составляют так называемую технологию SDH нового поколения (SDH Next Generation, или SDH NG). Эти стандарты делают технологию SDH более дружественной к компьютерным данным.

Стандарты SDH нового поколения описывают три новых механизма:

- виртуальная конкатенация (VCAT);

- схема динамического изменения пропускной способности линии (LCAS);

- общая процедура инкапсуляции (кадрирования) данных (GFP).

Виртуальная конкатенация (Virtual Concatenation, VCAT) контейнеров позволяет более эффективно использовать емкость виртуальных контейнеров SDH при передаче трафика Ethernet.

У механизма виртуальной конкатенации существует предшественник - механизм смежной конкатенации. Этот механизм был разработан для более эффективной передачи трафика сетей АТМ; он позволяет объединить несколько контейнеров VC-4 со скоростью 140 Мбит/c в один контейнер с более высокой скоростью передачи данных. Коэффициент кратности объединения контейнеров VC-4 в механизме смежной конкатенации может быть равен 4, 16, 64 или 256, что позволяет использовать для передачи нескольких объединенных (конкатенированных) контейнеров VC-4 в кадрах STM-4, STM-16, STM-64 или STM-256. Объединенный контейнер рассматривается как единица коммутации всеми мультиплексорами сети, он имеет только один указатель, так как отдельные виртуальные контейнеры внутри объединенного контейнера заполняются данными одного потока и не могут "плавать" друг относительно друга. При смежной конкатенации объединенный контейнер обозначается как VC-4-4/16/64/256c.

Виртуальная конкатенация расширяет возможности смежной конкатенации за счет использования при объединении виртуальных контейнеров не только типа VC-4, но и других типов: VC-3 (34 Мбит/с), VC-12(2 Мбит/с), VC-11 (1,5 Мбит/с) и VC-2 (6 Мбит/с). При этом объединяться могут лишь виртуальные контейнеры одного типа, например, только VC-3 или только VC-12.

Кроме того, коэффициент кратности при объединении может быть любым от 1 до максимального числа, определяемого емкостью кадра STM-N, применяемого для передачи объединенного контейнера. При виртуальной конкатенации объединенный контейнер обозначается как VC-N-MV, где N - тип виртуального контейнера, а М - кратность его использования, например, VC-3-21v.

Название "виртуальная конкатенация" отражает тот факт, что только конечные мультиплексоры (то есть тот мультиплексор, который формирует объединенный контейнер из пользовательских потоков, и тот мультиплексор, который его демультиплексирует в пользовательские потоки) должны понимать, что это - конкатенированный контейнер. Все промежуточные мультиплексоры сети SDH рассматривают составляющие виртуальные контейнеры как независимые и могут передавать их к конечному мультиплексору по разным маршрутам. Конечный мультиплексор выдерживает некоторый тайм-аут перед демультиплексированием пользовательских потоков, что может быть необходимо для прибытия всех составляющих контейнеров в том случае, когда они передаются по разным маршрутам.

Виртуальная конкатенация позволяет намного эффективнее расходовать пропускную способность сети SDH при передаче трафика Ethernet. Например, чтобы передавать один поток Fast Ethernet 100 Мбит/с, в сети SDM-16 можно применить виртуальную конкатенацию VC-12-46v, которая обеспечивает пропускную способность для пользовательских данных 100,096 Мбит/с (то есть дает почти 100-процентную загрузку объединенного контейнера), а оставшиеся 206 контейнеров VC-12 (кадр STM-4 вмещает 63х4=252 контейнера VC-12) задействовать как для передачи других потоков Fast Ethernet, так и для передачи голосового трафика.

Схема динамического изменения пропускной способности линии (Link Capacity Adjustment Scheme, LCAS) является дополнением к механизму виртуальной конкатенации. Эта схема позволяет исходному мультиплексору, то есть тому, который формирует объединенный контейнер, динамически изменять его емкость, присоединяя к нему или отсоединяя от него виртуальные контейнеры. Для того чтобы добиться нужного эффекта, исходный мультиплексор посылает конечному мультиплексору специальное служебное сообщение, уведомляющее об изменении состава объединенного контейнера.

Общая процедура инкапсуляции данных (Generic Framing Procedure, GFP) предназначена для упаковки кадров различных протоколов компьютерных сетей в кадр единого формата и передачи его по сети SDH. Такая процедура полезна, так как она решает несколько задач, общих при передаче данных компьютерных сетей через сети SDH. В эти задачи входят выравнивание скорости компьютерного протокола со скоростью виртуального контейнера SDH, используемого для передачи компьютерных данных, а также распознавания начала кадра.

- Выравнивание скорости компьютерного протокола и скорости виртуального контейнера SDH, используемого для передачи компьютерных данных. Например, если мы применяем объединенный контейнер VC-12-46v для передачи кадров Fast Ethernet, то нужно выровнять скорости 100 и 100,096 Мбит/с. Процедура GFP поддерживает два режима работы: GFP-F (кадровый режим, или Frame Mode) и GFP-T (прозрачный режим, или Transparent Mode). В режиме GFP-F проблема выравнивания скоростей решается обычным для компьютерных сетей способом - поступающий кадр полностью буферизуется, упаковывается в формат GFT, а затем со скоростью соединения SDH передается через сеть. Режим GFP-T предназначен для чувствительного к задержкам трафика, в этом режиме кадр полностью не буферизуется, а побитно по мере поступления передается в сеть SDH (предварительно снабженный служебными полями GFP). Для выравнивания скоростей в режиме GFP-T применяются специальные служебные "пустые" кадры GFP, которые посылаются в те моменты, когда рассогласование приводит к отсутствию пользовательских битов у исходного мультиплексора SDH.

- Распознавание начала кадра. Соединение SDH представляет для пользователя поток битов, разбитый на кадры SDH, начало которых никак не связано с началом кадра пользователя. Процедура GFP позволяет принимающему мультиплексору SDH распознать начало каждого пользовательского кадра, что необходимо для его извлечения из потока битов, проверки его корректности и передачи на выходной интерфейс в сеть пользователя. В процедуре GFP для распознавания начала кадра служит его собственный заголовок, который состоит из поля длины размером в два байта и поля контрольной суммы также размером в два байта. Для того чтобы "поймать" начало кадра, мультиплексор SDH последовательно смещается бит за битом по полученным данным, для каждого такого смещения вычисляет контрольную сумму для первых двух байтов данных, которые должны быть полем длины, и сравнивает вычисленное значение со значением, находящимся во вторых двух байтах данных. Если эти значения совпадают, мультиплексор считает, что данное смещение в полученных данных соответствует началу кадра - и с большой степенью вероятности так оно и есть. Если же значения не совпадают, это значит, что начало кадра не соответствует текущему смещению, тогда мультиплексор смещается на один бит дальше и повторяет свои вычисления. В конце концов, он доходит до положения, когда первый бит смещения действительно является первым битом поля длины кадра, при этом вычисляемая контрольная сумма совпадает с помещенной в кадр, и процесс распознавания заканчивается успешно. После этого мультиплексор долгое время находится в синхронизме с поступающими кадрами, то есть он постоянно с первого раза находит начало кадра - до тех пор, пока из-за таких-то помех не произойдет рассинхронизация и ему не придется методом последовательных смещений опять искать начало кадра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сети SDH заняли прочное положение в телекоммуникационном мире. Сегодня они составляют фундамент практически всех крупных сетей — региональных, национальных и международных. Это положение еще более укрепилось в результате появления технологии спектрального мультиплексирования DWDM, поскольку сети SDH могут легко интегрироваться с этим новым типом оптических магистралей с поддержкой очень высоких скоростей в сотни гигабит в секунду. В магистральных сетях с ядром DWDM сети SDH будут играть роль сети доступа, т. е. выполнять те же функции, которые сети PDH играют по отношению к SDH.

Технологии SDH свойственны, конечно, и недостатки. Сегодня чаще всего говорят о ее неспособности динамически перераспределять пропускную способность между абонентами сети — свойстве, обеспечиваемом пакетными сетями. Значимость этого недостатка будет возрастать по мере увеличения доли и ценности трафика данных по отношению к стандартному голосовому.

ЛИТЕРАТУРА

1 Аннабел З. Додд. Мир телекоммуникаций. Обзор технологий и отрасли. – М.: ЗАО «Олимп Бизнес», 2002.

2 Куроуз Дж., Росс К. Компьютерные сети, 4-е изд. – М.: Вильямс, 2003.

3 Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2010.

4 Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. – М.: Эко-Трендз, 1998.

5 Столингс В. Передача данных, 4-е изд. – М.: Лори, 2004.