ТЕХНОЛОГИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СИСТЕМ SDH и ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ATM

**1. Концепция SDH**

Измерительная концепция SDH — трехмерная.

В состав сети SDH входят следующие устройства: мультиплексоры ввода/вывода (МВВ), мультиплексоры, регенераторы и коммутаторы (SDXC). В качестве первой "координатной оси" классификации можно предложить разделить все измерения на следующие группы: измерения на МВВ; измерения параметров мультиплексоров; измерения параметров регенераторов; измерения параметров коммутаторов; анализ сети в целом.

В качестве варианта второй "координатной оси" можно было бы предложить уже рассмотренный метод разделения всех измерений по уровням ЭМВОС. Однако такое разделение не очень удобно для рассмотрения сетей SDH, поскольку мало учитывает специфику этой технологии. Гораздо эффективнее положить в основу классификации структуру типового тракта, представленную на рис. 1. Структура типового тракта системы передачи SDH легла в основу этой технологии и нашла отражение во всех элементах и протоколах взаимодействия устройств.

Регенераторные секции

Нагрузка

MBB

Нагрузка

Сборка VC

Регенераторы

SDXC

Разборка VC

MBB

Мультиплексорные секции

Маршрут

Рисунок 1 — Модель транспортной системы SDH

В результате выделяются четыре уровня анализа системы SDH: секционный, маршрута высокого уровня, маршрута низкого уровня и уровень нагрузки. Для каждого уровня могут быть выделены определенные параметры измерений. Отдельно должны рассматриваться измерения тракта (маршрута) в целом, а также измерения параметров сети, связанные с анализом всех трактов (уровень сети).

Третьей "координатной осью" можно положить систему методов организации измерений, отражающих цели организации измерений. Необходимость введения этой группы связана с усложнением технологии SDH, и в первую очередь тем, что технология SDH имеет значительный сетевой уровень и должна рассматриваться как централизованно управляемая сеть. Эта особенность уже была учтена при рассмотрении второй "координатной оси" классификации: здесь было указано разделение измерений по участкам тракта, на всем тракте и на сети в целом. Однако усложнение технологии приводит дополнительно к необходимости разделения всех измерений по методам их организации.

Для этого все измерения разделим на три наиболее важных группы: функциональные тесты, измерения стрессового тестирования и логическое тестирование. Из перечисленных групп первые две встречались при описании технологии измерений PDH без явного выделения, третья группа появляется в полной мере только в технологии систем передачи SDH, где имеет место несколько протоколов встроенной диагностики и управления, требующих при эксплуатации включать в измерения элементы анализа протоколов.

Рисунок 2 — Концепция измерений систем SDH

На основе перечисленных выше "координатных осей" построим классификацию измерений в системе SDH (рис. 2). Для этого будем использовать трехмерную измерительную концепцию.

В результате применения этой концепции все группы измерений в системах SDH можно классифицировать в соответствии в тремя координатами Х Y Z, где:

Х — номер в классификации по компонентам;

Y — номер в классификации по уровням тракта;

Z — номер по типу метода.

Таблица 1 — Группы измерений в плоскости X-Y

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс группы по компонентам | 1. Секционный уровень | 2. Уровень маршрута низкого уровня | 3. Уровень маршрута высокого уровня | 4. Уровень нагрузки | 5. Уровень маршрута | 6. Уровень сети |
| 1. Анализ мультиплексоров МВВ | 1.1.Z | 1.2.Z | 1.3.Z | 1.4.Z | 1.5.Z |  |
| 2. Анализ мультиплексоров | 2.1.Z |  |  |  |  |  |
| 3. Анализ регенераторов | 3.1.Z |  |  |  |  |  |
| 4. Анализ коммутаторов | 4.1.Z | 4.2.Z | 4.3.Z |  | 4.5.Z |  |
| 5. Анализ сети в целом | 5.1.Z | 5.2.Z | 5.3.Z | 5.4.Z | 5.5.Z | 5.6.Z |

Таблица 2 — Группы измерений в плоскости Z-Y

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Группы по методам | 1. Секционный уровень | 2. Уровень маршрута низкого уровня | 3. Уровень маршрута высокого уровня | 4. Уровень нагрузки | 5. Уровень маршрута | 6. Уровень сети |
| 1. Функциональные тесты | Х.1.1 | Х.2.1 | Х.3.1 | Х.4.1 | Х.5.1 | Х.6.1 |
| 2. Стрессовое тестирование  | Х.1.2 | Х.2.2 | Х.3.2 | Х.4.2 | Х.5.2 | Х.6.2 |
| 3. Логическое тестирование | Х.1.3 | Х.2.3 | Х.3.3 | Х.4.3 | Х.5.3 | Х.6.3 |

Таблица 3 — Группы измерений в плоскости X-Z

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Группы по методам | 1. Анализ мультиплексоров МВВ | 2. Анализ мультиплексоров  | 3. Анализ регенераторов | 4. Анализ коммутаторов | 5. Анализ сети в целом |
| 1. Функциональные тесты | 1.Y.1 | 2.Y.1 | 3.Y.1 | 4.Y.1 | 5.Y.1 |
| 2. Стрессовое тестирование  | 1.Y.2 | 2.Y.2 | 3.Y.2 | 4.Y.2 | 5.Y.2 |
| 3. Логическое тестирование |  |  |  |  | 5.Y.3 |

Таблица 4 — Группы измерений в системе SDH

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер | Номер в классификации | Описание группы |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  | Анализ мультиплексоров |
| 1 | 1.1.1 | Функциональные тесты мультиплексоров МВВ секционного уровня |
| 2 | 1.1.2 | Стрессовое тестирование мультиплексоров МВВ секционного уровня |
| 3 | 1.2.1 | Функциональные тесты мультиплексоров МВВ маршрута низкого уровня |
| 4 | 1.2.2 | Стрессовое тестирование мультиплексоров МВВ маршрута низкого уровня |
| 5 | 1.3.1 | Функциональные тесты мультиплексоров МВВ маршрута высокого уровня |
| 6 | 1.3.2 | Стрессовое тестирование мультиплексоров МВВ маршрута высокого уровня |
| 7 | 1.4.1 | Функциональные тесты мультиплексоров МВВ уровня нагрузки |
| 8 | 1.4.2 | Стрессовое тестирование мультиплексоров МВВ уровня нагрузки |
| 9 | 1.5.1 | Функциональные тесты мультиплексоров МВВ уровня маршрута |
| 10 | 1.5.2 | Стрессовое тестирование мультиплексоров МВВ уровня маршрута |
|  |  | Анализ мультиплексоров |
| 11 | 2.1.1 | Функциональные тесты мультиплексоров секционного уровня |
| 12 | 2.1.2 | Стрессовое тестирование мультиплексоров секционного уровня |
|  |  | Анализ регенераторов |
| 13 | 3.1.1 | Функциональные тесты регенераторов секционного уровня |
| 14 | 3.1.2 | Стрессовое тестирование регенераторов секционного уровня |
|  |  | Анализ коммутаторов |
| 15 | 4.1.1 | Функциональные тесты коммутаторов секционного уровня |
| 16 | 4.1.2 | Стрессовое тестирование коммутаторов секционного уровня |
| 17 | 4.2.1 | Функциональные тесты коммутаторов маршрута низкого уровня |
| 18 | 4.2.2 | Стрессовое тестирование коммутаторов маршрута низкого уровня |
| 19 | 4.3.1 | Функциональные тесты коммутаторов маршрута высокого уровня |
| 20 | 4.3.2 | Стрессовое тестирование коммутаторов маршрута высокого уровня |
| 21 | 4.5.1 | Функциональные тесты коммутаторов уровня маршрута |
| 22 | 4.5.2 | Стрессовое тестирование коммутаторов уровня маршрута |
|  |  | Анализ сети в целом |
| 23 | 5.1.1 | Функциональные тесты процессов сети секционного уровня |
| 24 | 5.1.2 | Стрессовое тестирование процессов сети секционного уровня |
| 25 | 5.1.3 | Логическое тестирование сети секционного уровня |
| 26 | 5.2.1 | Функциональные тесты процессов сети маршрута низкого уровня |
| 27 | 5.2.2 | Стрессовое тестирование процессов сети маршрута низкого уровня |
| 28 | 5.2.3 | Логическое тестирование сети маршрута низкого уровня |
| 29 | 5.3.1 | Функциональные тесты процессов сети маршрута высокого уровня |
| 30 | 5.3.2 | Стрессовое тестирование процессов сети маршрута высокого уровня |
| 31 | 5.3.3 | Логическое тестирование сети маршрута высокого уровня |
| 32 | 5.4.1 | Функциональные тесты процессов сети уровня нагрузки |
| 33 | 5.4.2 | Стрессовое тестирование процессов сети уровня нагрузки |
| 34 | 5.5.1 | Функциональные тесты процессов сети уровня тракта |
| 35 | 5.5.2 | Стрессовое тестирование процессов сети уровня тракта |
| 36 | 5.5.3 | Логическое тестирование сети уровня тракта |
| 37 | 5.6.1 | Функциональные тесты процессов сети |
| 38 | 5.6.2 | Стрессовое тестирование процессов сети  |
| 39 | 5.6.3 | Логическое тестирование сети  |

**2. Измерительная концепция для ATM**

Технология ATM является достаточно молодой, поэтому в настоящее время значительного опыта эксплуатации сетей ATM нет и, как следствие, нет эксплуатационного измерительного оборудования ATM.

В отличие от технологии SDH, в составе сети ATM присутствуют лишь два типа устройств — коммутаторы ATM и устройства доступа. В результате одна из основ измерительной концепции (ИК) SDH — разделение измерений по компонентам сети — оказывается неэффективной для сети ATM. В то же время сеть ATM характеризуется большим количеством логических и физических интерфейсов: UNI, PNNI, DXI, B-ICI и т.д., причем в зависимости от типа логического интерфейса различаются процедуры обмена данными, протоколы и т.д., так что измерения вполне можно разделить на группы по соответствующим интерфейсам.

## Рисунок 3— Схема измерительной концепции АТМ

Измерения АТМ

Измерения транспортной среды

Анализ протоколов АТМ

Различные интерфейсы PNNI, NNI, UNI, DXI,

B-ICI

Уровни:

Физический

АТМ

Подуровни АТМ

 VP

 VC

AAL

Подуровни АAL

 SAR

 CCPS

 SSCS

Уровень тракта

Уровень сети

Различные типы трафика

CBR, rt-VBR, nrt-VBR, UBR,ABR

Функциональные

Стрессовые

Логические

Неизвестные пока измерения

Второй "осью" ИК для ATM естественно становится тип трафика, поскольку требования, эксплуатационные нормы и методы измерений для разных типов трафика могут значительно отличаться.

Структура протокола ATM имеет также свою специфику, так что можно использовать ее в качестве третьей "оси" классификации, причем разделять все измерения в соответствии со структурой протокола ATM на уровни: физический, ATM и AAL и подуровни SAR и CS (возможно, эффективным окажется и более мелкое деление, например, на подуровни CS - SSCS и CPCS).

Наконец, характерная особенность технологии SDH, а именно разделение всех измерений на функциональные, стрессовые и логические измерения, сохраняется для технологии ATM с той только разницей, что для последней в связи с более разнообразными процессами, связанными с передачей служебной информации в сети, роль логического тестирования значительно повышается.

ИК в сети ATM можно представить схематично, как показано на рис. 3. Как следует из рисунка, все измерения в сети ATM разделяются на измерения транспортной сети ATM и анализ протоколов ATM. Для каждой из этих четырех групп характерно последующее разделение по 4-м осям в зависимости от уровня тестирования, типа трафика, интерфейса, через который он проходит и типа измерений, которые выполняются на сети. По своей структуре схема является принципиально четырехмерной, что определяется наличием четырех, не связанных между собой критериев разделения групп измерений.

Количество различных интерфейсов в сети ATM совпадает с количеством различных устройств в сети SDH, однако наличие нового измерения, связанного с различными типами трафика, значительно усложняет концепцию ATM.

Количество возможных эксплуатационных измерений в сети ATM значительно превосходит количество измерений в сети SDH. При рассмотрении ИК SDH говорилось о том, что концептуально она предусматривает 90 групп измерений, однако в действительности включает 33 группы. Концептуально, не включая неизвестные пока группы измерений, количество групп сети ATM равно:

N=5(типов интерфейсов)х9(уровней и подуровней)х5(типов трафика) х 3(типа измерений )=625.

Конечно, не все группы, допускаемые теоретически концепцией, будут иметь реальный эксплуатационный смысл, многие группы будут "пустыми", однако даже основываясь на опыте с измерительной концепцией SDH, количество допустимых групп скорее всего не уменьшится более чем на треть, так что активными в концепции будут около 100-200 групп измерений по 5-10 схем каждая. Итак, оценочно можно сказать, что технология измерений ATM включает несколько тысяч эксплуатационных измерений с соответствующими схемами, набором эксплуатационных параметров, методами интерпретации результатов и т.д. Отсюда следует ряд выводов:

• Технология ATM как новый шаг в развитии научно-технического прогресса, увеличивает сложность технологии, что еще раз подтверждает закономерность развития технологии.

• Технология измерений ATM включает несколько тысяч измерений, и не может быть в полной мере использована в случае директивного подхода к измерениям. Действительно, ни один стандарт или руководящий документ, ориентированный на разработку непосредственных методик проведения измерений, не сможет в полной мере охватить всех нюансов технологии.

• Полное описание технологии измерений в сетях ATM может дать только технологический подход, причем с использованием понятия ИК. В этом случае описание будет детализировано до уровня методологии, а сами методики должны генерироваться на основе возможностей приборов "по месту". Но и полное описание технологии измерений до уровня методологии будет представлять собой довольно большой труд, который конечно невозможен на данном уровне развития технологии.

Вся технология измерений в системах SDH является лишь одной составной частью технологии измерений ATM. Технология SDH используется для создания транспортной сети ATM, т.е. на физическом уровне последней. Таким образом, для технологии ATM остается актуальным "эффект матрешки". Как измерения на уровне нагрузки в системах SDH представляют собой всю технологию измерений ИКМ/PDH, так вся технология измерений SDH переносится в технологию измерений ATM как измерения физического уровня.

Сами параметры измерений значительно усложняются. Сравнивая технологию ATM с технологиями PDH и SDH, можно сразу отметить, что переход к статистическому мультиплексированию и передачи данных в виде ячеек приводит к тому, что параметры системы передачи ATM становятся статистическими.

В качестве примера рассмотрим эволюцию нескольких основных параметров СП. Как уже отмечалось выше, основным параметром качества любой цифровой СП является параметр ошибки ВЕR, однако при переходе к методам ПД в виде ячеек параметр ВЕR дополняется рядом параметров, специфически связанных с передачей трафика в сети ATM:

BER  {CER; CLR; CMR; BER}

В сети ATM трафик передается в виде ячеек. В случае возникновения ошибок в информационном поле ячейки она уничтожается. В результате одна битовая ошибка приводит к появлению ошибочной ячейки, а общий параметр ошибок характеризуется параметром СЕR. Кроме того, ячейки могут теряться в процессе передачи по сети (параметр CLR), а также ложно вставляться (параметр CMR). Наконец, для определения параметра качества создаваемого в сети ATM цифрового канала по-прежнему используется параметр BER.

Таким образом, если для систем PDH вся методика измерений параметров ошибок G.821/G.826/M.2100 строилась на измерении производных параметров от одного основного — BER, то аналогичная методика для сетей ATM должна базироваться на производных параметрах от 4-х основных.

Еще одним примером эволюции параметров является параметр времени задержки. Использование процедуры статистического мультиплексирования приводит к возникновению статистической задержки при передаче трафика по сети ATM.

Таким образом, если в системах PDH и SDH характеристика задержки RTD является величиной постоянной, то в сети ATM это статистическая величина, характеризуемая распределением вероятности задержки.

Для эксплуатационного анализа функция распределения вероятности является неудобной, вместо нее используется математическое ожидание (параметр CTD) и вариация первого порядка (параметр CDV).

Подводя итог вышесказанному, отметим еще раз, что технология ATM является более сложной, чем технологии PDH и SDH, а измерительная технология ATM включает значительно большее количество измерений, более сложные параметры и методы их анализа.

**3. Методы подключения анализаторов ATM к сети**

Схемы различных включений анализаторов в сеть ATM представлены на рис. 4. Это уже известные по разделам о технологии измерений ИКМ, PDH и SDH методы включения в режиме мониторинга: (схемы а, г и е) и в режиме имитации с отключением канала или устройства (схемы б, в и д). Включение в режиме мониторинга может осуществляться в режиме параллельного высокоомного подключения для электрического интерфейса, через оптический разветвитель для оптического интерфейса или по схеме подключения в разрыв (through).

Кроме приведенных схем могут встречаться комбинированные решения, когда порт передачи анализатора включается в канал доступа UNI (2 Мбит/с), а порт приема подключается к сетевому интерфейсу NNI (155 Мбит/с) и наоборот. Такие схемы аналогичны схемам анализа мультиплексоров в системах SDH.

**4. Анализ работы коммутаторов ATM**

Анализ работы коммутатора включает в себя следующие группы тестов:

- анализ задержки, вносимой коммутатором;

- анализ максимально допустимой нагрузки;

- трафиковые измерения коммутатора при различных условиях.

**5. Уровни измерений в сети ATM**

В целом можно разделить все измерения на 4 уровня. Эти уровни и соответствующие измерения представлены на рис. 5.

## Рисунок 5 — Примеры различных групп измерений на сети АТМ

# Уровень услуг

Анализ параметров QoS, готовности

услуги, допустимой нагрузки,

производительности сети и т.д.

 ATM BERT, QoS

# Уровень AAL

Измерение ошибок последовательностей

SAR, ошибок SAR PDU и т.д.

Корректность процедур AAL

### Производительность AAL

# Уровень AТМ

Анализ CLR, CTD, CDV

Тесты ОАМ и т.д.

### Производительность уровня AТМ

### Анализ параметров трафика АТМ

# Физический уровень

Анализ ошибок, сигналов о неисправности,

Джиттера, девиации частоты и т.д.

### Анализ параметров SDH

Как следует из рисунка, все измерения на сети ATM можно условно разделить на измерения физического уровня, уровня ATM, уровня AAL и уровня предоставления услуг.

Измерения физического уровня включают в себя анализ параметров цифровых каналов, по которым передается трафик ATM. К измерениям этой группы относятся измерения ошибок, анализ сигналов о неисправностях, измерение параметров нестабильности частоты (джиттер, сдвиг частоты линейного сигнала) и т.д. Поскольку в последнее время в качестве физического уровня для сетей ATM широко используются системы передачи SDH, измерения физического уровня фактически идентичны измерениям на сетях SDH.

К измерениям уровня ATM относятся измерения двух классов: анализ производительности уровня ATM (уровень загруженности сети ячейками, общий процент пустых ячеек и т.д.) и анализ параметров трафика в сети ATM (измерение параметров CLR, CTD, CDV и т.д.). В зависимости от технологии измерений в описанных классах может использоваться технология имитации трафика различных групп, использование ячеек ОАМ или тестовых ячеек.

Измерения уровня AAL представляют собой анализ процедур SAR по преобразованию данных пользователя в блоки, затем передаваемые по сети ATM. Анализ этих процедур может быть выполнен, главным образом, в режиме мониторинга реального трафика. Группа измерений этого уровня, относящихся к транспортной сети ATM, не имеет большого эксплуатационного значения. Обычно наибольший объем измерений, выполняемый на уровне AAL, связан с преобразованием данных различных протоколов.

К измерениям уровня услуг относится анализ параметров приложений, создаваемых в рамках сети ATM.