FlexCON-TDMoE

ОБОРУДОВАНИЕ ПЕРЕДАЧИ ПОТОКОВ E1 ЧЕРЕЗ СЕТИ С КОММУТАЦИЕЙ ПАКЕТОВ

Краткое описание

Версия 1.0

© НАТЕКС, 2026

Права на данный документ принадлежат НАТЕКС. НАТЕКС, предоставляя в данном документе максимально точную информацию, не несет никакой ответственности за возможные несоответствия и оставляет за собой право вносить изменения в настоящее руководство без предварительного уведомления заказчиков. При несоответствии настоящего документа фактическому состоянию продукта, заказчик может получить обновления, направив запрос по адресу help@nateks.ru.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ

Оборудование FlexCON-TDMoE (далее "шлюз") предназначено для передачи потоков E1 поверх пакетных сетей Ethernet с помощью технологии псевдопроводной эмуляции TDMoE ("TDM over Ethernet"). Эта технология предоставляет возможность простого переноса уже имеющихся TDM-решений на пакетные сети, используя последние в качестве дешевой транспортной среды.

> **Примечание** Для обозначения технологии псевдопроводной эмуляции TDM-канала поверх пакет-ной сети также употребляются такие термины как TDMoIP (TDM over IP) и TDMoP (TDM over Packet).

Технология TDMoE решает несколько задач:

1. Адаптация данных для транспорта через пакетную сеть — в исходном виде поток E1 представляет собой непрерывную битовую последовательность, в то время как пакетные сети ориентированы на передачу блоков данных в случайные моменты времени.

2. Подавление негативных эффектов транспортной сети — для пакетных сетей характерны переменная величина задержки передачи, вероятность нарушения очередности следования пакетов или потери отдельных пакетов в случайные моменты времени.

3. Синхронизация потока — в отличии от сетей PDH/SDH, в пакетных сетях отсутствуют какие бы то ни было механизмы распределения тактовой синхронизации.

Для адаптации к транспорту шлюз непрерывно "нарезает" входной поток E1 на блоки данных фиксированного размера. Каждый блок снабжается заголовком соответствующего протокола и передается в виде пакета через пакетную сеть на удаленный шлюз (рисунок 1.1). На приемной стороне данные извлекаются из пакетов и выдаются в канал снова в виде непрерывной битовой последовательности.

Рис. 1.1 Принцип работы шлюзов FC-TDMoE

Для подавления негативных эффектов все пакеты последовательно нумеруются, что позволяет приемной стороне фиксировать потери, а также выявлять и исправлять ошибки в очередности приема пакетов.

Эмуляция канала E1 всегда осуществляется в дуплексном режиме, поэтому вышеописанный механизм работает также и для передачи "встречного" потока в противоположном направлении.

Для поддержания синхронизации шлюз либо использует сигнал от внешнего источника, либо восстанавливает синхронизацию по принимаемым пакетам.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Встроенный коммутатор Ethernet	
Кол-во портов	2 или 4 (модели -SA), 5 (модели -SR или -SA 8E1)
Спецификация	10/100BASE-TX/1000BASE-T (модели -SA 8E1), MDI/MDI-X, IEEE 802.1Q, 802.1p, 802.3x
Классы обслуживания	PCP 0..7(аппаратная поддержка)
Поддержка VLAN	8 выделенных MAC-таблиц + общая таблица, фильтрация по VID
Макс. размер кадров	2040 байт
Настройки портов	выбор скорости/дуплекса, тегированный/нетегированный/смешанный режимы
Соединитель	розетка RJ-45, SFP (только модели -SA)
Интерфейсы E1	
Кол-во интерфейсов	1/2/4 или 8 (модели -SA 8E1)
Спецификация	ITU-T G.703, G.704, G.823
Структура потока	цикловая, сверхцикловая с CRC4, неструктуированный режим
Кодирование	AMI/HDB3
Физический уровень	импеданс 75/120 Ом, настройка чувствительности short/long haul
Доп. особенности	статистика ITU-T G.826, встроенный BERT, внутренний/внешний шлейф
Соединитель	вилка DB-15 (модели -SR) или розетка RJ-45 (модели -SA)
Псевдопроводная эмуляция (TDMoE)	
Протоколы	SAToP (rfc 4553), CESoPSN (rfc 5086), CESoETH (MEF-8), расширенный режим
Интервал пакетизации	от 8 до 64 фреймов с шагом 8 (от 1 до 8 мс с шагом 1 мс)
Кол-во соединений	до 32 (не более 20 · 103 пакетов/с)
Приемный буфер	от 2 до 250 мс
Синхронизация	внешняя, адаптивная, дифференциальная
Доп. особенности	прозрачная передача или генерация TS0, генерация/пересчет CRC4
Управление	
Интерфейс	RS-232, USB (только модели -SA), Telnet
Мониторинг	локальный журнал, Syslog (rfc 3164)
Доп. особенности	управление внешним оборудованием по RS-232, встроенный SNTP-клиент

Электропитание	
Напряжение питания	-40.5...-72 В (вход основного и резервного источника) модели -SA поставляются с адаптером питания от сети ~220 В
Потр. мощность	не более 6 Вт
Климатические условия	
Рабочая температура	-5...+45 ^{O}C
Отн. влажность	не более 95% при температуре +25 ^{O}C

3. ВНЕШНИЙ ВИД. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА

Шлюзы поставляются в двух вариантах исполнения:

- Standalone (модели -SA) — настольное исполнение;
- Subrack (модели -SR) — стоечное исполнение

Рис. 3.1 Внешний вид TDMoE-SA

Рис. 3.2 Внешний вид TDMoE-SR

3.1. Модели -SA (настольное исполнение)

Шлюз модели -SA выполнен в корпусе из ударопрочного полистирола или алюминия и предназначен для настольного или настенного монтажа.

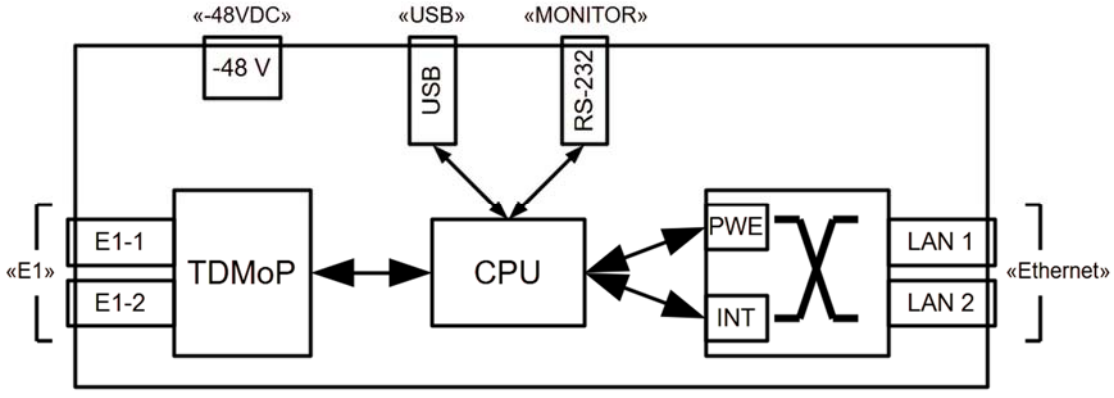


Рис. 3.3 — Структурная схема шлюза модели -SA

Основные особенности моделей -SA:

- вход напряжения питания (разъем "-48VDC" для моделей 1/2E1 или разъем "12VDC" для моделей 8E1). Предусмотрена защита от неправильной полярности. В комплект поставки входит внешний адаптер питания от сети ~220 В 50 Гц;

- локальное управление по стыку RS-232 и через USB-порт;
- встроенный коммутатор Ethernet 10/100 BASE-TX на 4 порта — внутренние порты (INT, PWE), два порта на задней панели (LAN1, LAN2). Порт LAN1 — медный или SFP. Также исполнение с встроенным коммутатором Ethernet 10/100/1000 BASE-TX на 6 портов — внутренний порт (INT), 5 портов на лицевой панели (LAN1, LAN2, LAN3, LAN4, LAN5). Порт LAN5 — SFP;
- 1, 2 или 8 интерфейсов E1 (в зависимости от модели шлюза).

Внешний вид задней и лицевой панели модели 2E1 приведен на рисунке 3.4. На лицевой пане-ли расположены индикаторы питания/статуса (см. Таблицу 3.1). На задней панели расположены:

- 2 розетки "Ethernet" (2 x RJ-45 или RJ-45 + SFP) — интерфейсы LAN;
- 1 или 2 розетки "E1" (RJ-45) — интерфейсы E1;
- розетка "MONITOR" (DB-9) — стык RS-232 для локального управления шлюзом;
- вилка "USB" (USB-B) — порт USB для локального управления шлюзом;
- вилка "-48VDC" (Molex 2x2) — вход основного/резервного питания -48 В;
- болт заземления.

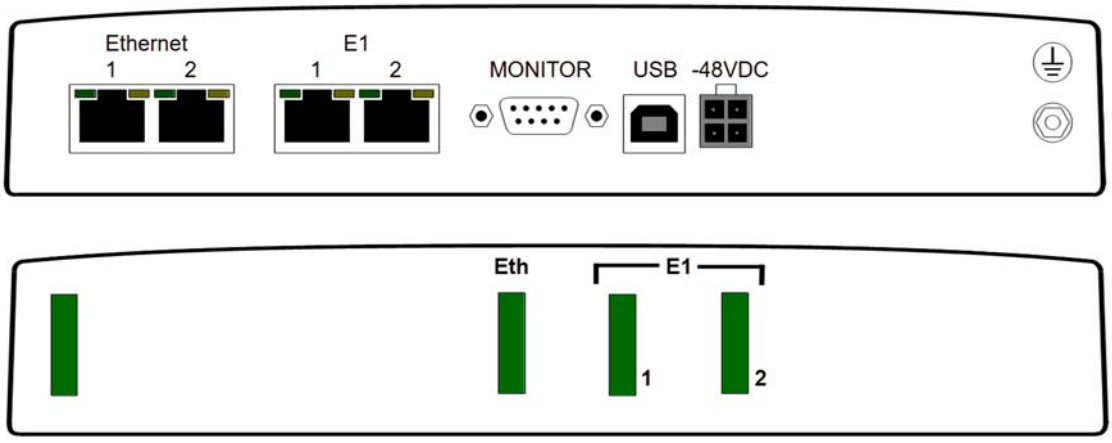


Рис. 3.4 Задняя и лицевая панели шлюза модели -SA 2E1

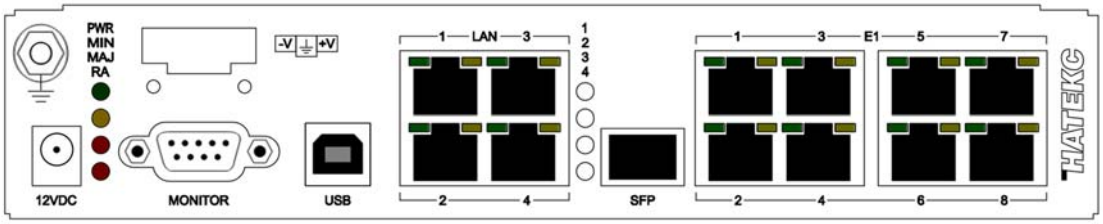


Рис. 3.5 — Лицевая панель шлюза модели -SA 8E1

Таблица 3.1 Индикаторы лицевой панели шлюза модели -SA 8E1.

Индикатор	*Назначение*	*Цветовая кодировка*	
"PWR"	Индикатор питания	зеленый	питание присутствует;
		не горит	нет питания.
"MIN"	Индикатор минорной аварии	желтый	авария подключения LAN, после обновления не подтверждена прошивка;
		не горит	минорные аварии отсутствуют.
"RA"	Индикатор удаленной аварии	красный	удаленная авария канала E1, обрыв соединения с удаленной стороной;
		не горит	удаленные аварии отсутствуют.
"E1" (группа)	Индикаторы состояния интерфейсов E1: "1" — E1-1; "2" — E1-2; "3" — E1-3; "4" — E1-4; "5" — E1-5; "6" — E1-6; "7" — E1-7; "8" — E1-8;	зеленый	исправно;
		желтый	местная авария канала E1, на интерфейсе включен тестовый режим (BERT, LOOP), нет сигнала на входе (не подключен кабель);
		не горит	интерфейс не задействован.

3.2. Модели -SR (стоечное исполнение)

Шлюз модели исполнения -SR выполнен в виде печатной платы с лицевой панелью и предназначен для установки в конструктив серии FlexGain.

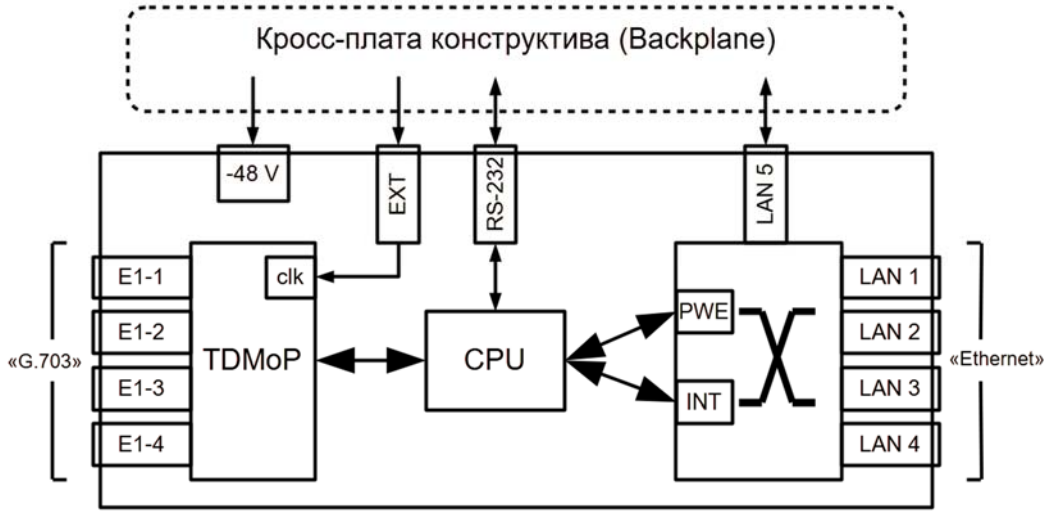


Рис. 3.6 Структурная схема шлюза модели -SR

Основные особенности моделей -SR:

- подключение питания и локальное управление осуществляется через Backplane;
- вход для внешнего сигнала синхронизации со стороны Backplane (порт "EXT");
- встроенный коммутатор Ethernet 10/100 BASE-TX на 7 портов — внутренние порты (INT, PWE), порт на стороне Backplane (LAN 5), четыре порта на лицевой панели (LAN1 … LAN4);
- 2 или 4 интерфейса E1 (в зависимости от модели шлюза).

Внешний вид лицевой панели приведен на рисунке 3.7. На лицевой панели расположены:

- 4 или 6 светодиодных индикаторов питания/статуса (см. таблицу 3.2)
- 4 розетки "Ethernet" (RJ-45) — интерфейсы LAN (кроме LAN5);
- 1 или 2 вилки "G.703" (DB-15) — интерфейсы E1 (рядом нанесены номера каналов);
- конструктивные элементы — два крепежных винта, две ручки.

Рис.3.7 Лицевая панель моделей -SR. Варианты с 2-мя и 4-мя каналами E1

Таблица 3.2 Индикаторы лицевой панели шлюза модели -SR

Индикатор	*Назначение*	*Цветовая кодировка*	
"1"	Индикатор питания и системного статуса	зеленый	исправно;
		желтый	системное предупреждение;
		красный	неисправность шлюза;
		не горит	нет питания.
"2"	Индикатор состояния передачи потоков E1 через пакетную сеть Ethernet/IP	зеленый	исправно;
		желтый	удаленная авария канала E1, удаленная или местная авария синхронизации;
		красный	нет связи с удаленным шлюзом;
		не горит	передача потоков не задействована.
"3"..."6"	Индикаторы состояния интерфейсов E1: "3" — E1-1; "4" — E1-2; "5" — E1-3; "6" — E1-4.	зеленый	исправно;
		желтый	местная авария канала E1, на интерфейсе включен тестовый режим (BERT, LOOP);
		красный	нет сигнала на входе (не подключен кабель);
		не горит	интерфейс не задействован

Примечание. В течении сеанса локального/удаленного управления шлюзом все индикаторы мигают с частотой раз в секунду.

4. ПОДСИСТЕМА ETHERNET

4.1. Порты LAN. Внутренние порты INT и PWE

Все шлюзы оснащаются встроенным коммутатором Ethernet 10/100 BASE-TX . Количество портов коммутатора зависит от модели шлюза (рисунок 4.1):

- в моделях -SA присутствует 4 или 7 портов — INT, PWE, LAN1, LAN2 или INT, PWE, LAN1...LAN5;
- в моделях -SR присутствует 6 портов — INT, PWE, LAN1…LAN5.

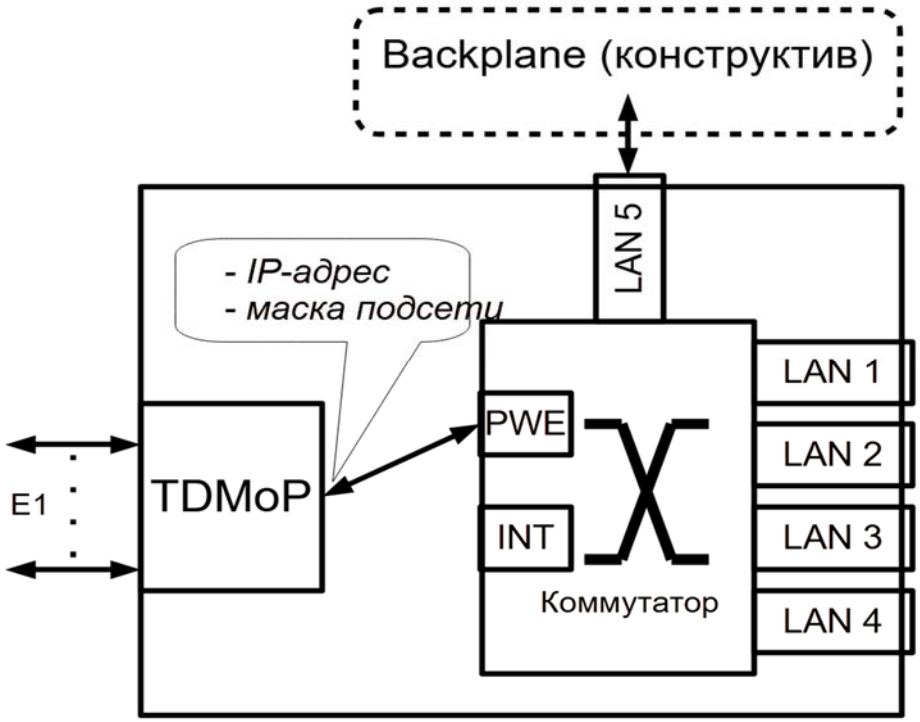


Рис. 4.1 Структурная схема Ethernet-подсистемы шлюза.

Порты LAN1…LAN5 — это наружные интерфейсы, доступные для подключения пользователю. В моделях SR На внешнюю панель шлюза выведены только порты LAN1…LAN4. Для доступа к порту LAN5 необходимо использовать конструктив с Ethernet-шиной на кросс-плате, в конструктиве должен быть установлен системный Ethernet-коммутатор (например, FG-21-SWU). В моделях SA на внешнюю панель выведены порты LAN1...LAN2 или LAN1...LAN5 в зависимости от исполнения.

Помимо пользовательских портов LAN в коммутаторе имеется внутренний порт INT, к которому подключен сетевой порт системного процессора (CPU). Через этот порт осуществляется удаленное управление шлюзом (Telnet, HTTP). Также в коммутаторе имеется внутренний порт PWE, при помощи которого осуществляется прием и передача TDMoE-пакетов.

Все порты коммутатора настраиваются и управляются независимо друг от друга.

4.2. Настройки портов — скорость/дуплекс, ограничение потока

Для любого LAN-порта можно:

- выбрать скорость/дуплекс (10 Half, 10 Full, 100 Half, 100 Full, 1000 Full (модели -SA 8E1), автоопределение. При скорости 1000 Full у задействованного LAN-порта активны зеленый и желтый светодиод, в остальных случаях активен только зеленый);
- задать ограничение скорости входящих данных. Ограничение скорости может работать как с включенным контролем потока (стандарт 802.3x Flow Control), так и с выключенным;
- физически выключить порт.

Ограничение скорости входящего потока достигается за счет управления предельной скоростью считывания данных коммутатором из внутреннего приемного буфера LAN-порта. При превышении входящим потоком установленного ограничения буфер быстро оказывается переполненным, в результате чего часть входящих пакетов начинает просто отбрасываться.

В режиме ограничения скорости с включенным контролем потока дополнительно используются специальные Ethernet-кадры — 802.3x MAC Pause. Такие кадры посылаются через LAN-порт на какое-либо внешнее Ethernet-устройство, как только скорость потока от этого устройства превышает установленный предел, а внутренний приемный буфер LAN-порта оказывается близок к переполнению. Внешнее устройство, приняв кадр MAC Pause, должно временно приостановить передачу данных, предотвратив таким образом потери пакетов.

Для внутреннего порта INT указанные настройки не применяются, а именно:

- порт INT всегда работает в режиме 100 Full (1000 Full для модели -SA 8E1), его нельзя физически выключить;
- для порта INT нельзя установить ограничение скорости входящего потока.

4.3. Тегирование 802.1Q. Таблица VLAN

Стандарт 802.1Q предусматривает использование в Ethernet-кадрах (пакетах) дополнительного заголовка (VLAN-тега) размером 4 байта, включающего в себя:

- VID — идентификатор VLAN. Принимает значения от 1 до 4094;
- PCP — приоритет пакета (качество обслуживания). Принимает значения от 0 до 7;
- TPID, CFI — тип протокола, индикатор формата. Имеют постоянные значения.

Коммутатор физически не может обеспечить отдельное управление каждой из 4094 возможных сетей VLAN. Поэтому все VLAN разделены в коммутаторе на две группы:

- отдельно управляемые сети VLAN1...VLAN8. Для каждой из них пользователь вручную задает VID в диапазоне значений от 1 до 4094;
- все остальные сети (OTHER VLANS), управляемые по общим правилам.

5. ПОДСИСТЕМА E1/TDMOE

5.1. Интерфейсы E1 (G.703/G.704)

В зависимости от модели шлюза пользователю доступно 1, 2 или 4 интерфейса E1. Интерфейсы функционируют независимо, каждый из них может быть задействован для передачи потока E1 через пакетную сеть, для синхронизации, а также для внутреннего или внешнего тестирования.

Для интерфейсов предусмотрены следующие настройки физического уровня:

- импеданс линии — 75 или 120 Ом;
- тип кодирования — AMI или HDB3;
- чувствительность приемника — выбирается из ряда значений -2.5 дБм, -5 дБм, -7.5 дБм, -10 дБм, -12,5 дБм, -15 дБм, -17.5 дБм, -20 дБм, -23 дБм, -26 дБм, -29 дБм, -32 дБм, -36 дБм, -40 дБм, -44 дБм, -48 дБм, SHORTHAUL (-12,5 дБм) или LONGHAUL (-48 дБм).

Тип кодирования и чувствительность настраиваются отдельно для каждого интерфейса. Выбор импеданса линии предусмотрен только для всех интерфейсов сразу.

Интерфейсы поддерживают три режима фреймирования:

- нефреймированный режим G704 OFF — входной поток рассматривается как неструкту-рированная битовая последовательность (наличие/отсутствие структуры игнорируется);
- фреймированный режим G704 ON — входной поток должен иметь цикловую структуру;
- фреймированный режим CRC4 ON — входной поток должен иметь цикловую и сверхцикловую структуру с контрольной суммой CRC4.

В нефреймированном режиме (G704 OFF) интерфейс может использоваться только для прозрачной передачи полного потока — как структурированного, так и неструктурированного.

Во фреймированном режиме пользователь может выбрать для приема/передачи как полный поток, так и лишь часть таймслотов. В зависимости от того, указан ли TS0 в списке таймслотов или нет, интерфейс E1 может работать соответственно в режиме пропускания TS0 или в режиме генерации TS0 (таблица 5.1).

Таблица 5.1 Режимы генерации/пропускания TS0

Режим фреймирования	*Содержимое таймслота TS0 в выходном потоке*	
	в режиме пропускания	*в режиме генерации*
G704 OFF	Прозрачная передача	—
G704 ON	Данные, принимаемые от удаленного шлюза	Содержит биты цикловой синхронизации. Неиспользуемые биты (сброшены в '0'): 1) Бит Si; 2) Биты Sa4... Sa8 в кадрах NFAS.
CRC4 ON	Данные, принимаемые от удаленного шлюза, с пересчетом контрольной суммы CRC4	Содержит биты цикловой и сверхцикловой синхронизации, контрольную сумму CRC4. Неиспользуемые биты (сброшены в '0'): 1) Биты Sa4... Sa8 в кадрах NFAS.

Для каждого интерфейса E1 предусмотрены настройки генерации/детектирования AIS:

- AISDET ON/OFF— включает/отключает детектирование AIS на входе интерфейса. Эта настройка требуется в нефреймированном режиме, чтобы разрешить или запретить прозрачную передачу AIS в потоке (по тем или иным причинам);
- AISGEN ON/OFF — разрешает/запрещает генерацию AIS на выходе интерфейса E1, если он не используется для передачи потока. В режиме AISGEN OFF незадействованный интерфейс будет переведен в режим пониженного энергопотребления.

5.2. Бандлы. Пиры. Схемы передачи потоков E1

Настройка псевдопроводной эмуляции TDM-каналов осуществляется посредством бандлов (интерфейс DS0-Bundle — группа таймслотов в пределах отдельного канала E1).

Во фреймированном режиме на интерфейсе E1 можно создать несколько бандлов, разбив поток E1 на несколько непересекающихся между собой групп таймслотов (рисунок 5.1). Для нумерации бандлов в пределах интерфейса E1 используются числа от 0 до 31. Номера бандлов выбираются произвольно. В нефреймированном режиме на интерфейсе E1 должен быть только один бандл, включающий в себя весь поток.

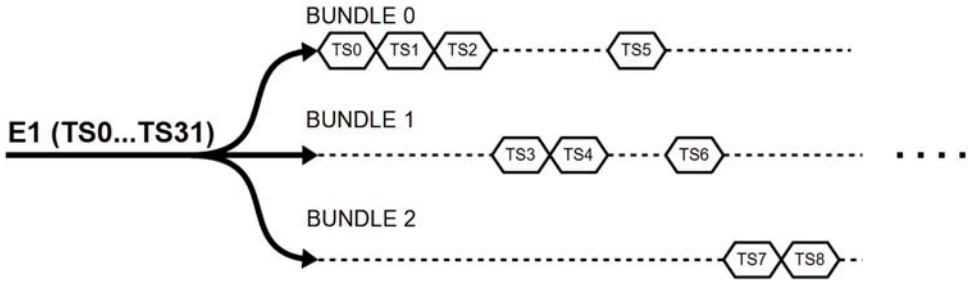


Рис. 5.1 Пример разбиения потока E1 на бандлы

В настройке TDMoE-канала всегда участвует пара бандлов — один на локальной стороне и один на удаленной. С каждой такой парой ассоциируется отдельное сетевое соединение со своими параметрами, обеспечивающее дуплексную передачу TDM-данных. Количество бандлов на интерфейсах E1, а также схема соединения бандлов между шлюзами выбирается в соответствии с решаемой задачей.

Внимание! *Общее количество бандлов в пределах одного шлюза — не более 32.*

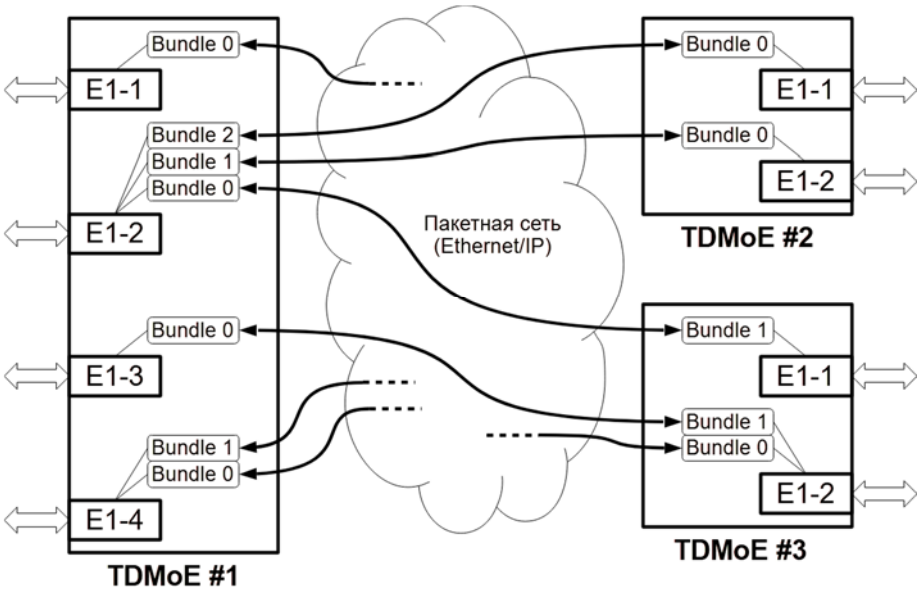


Рис. 5.2 Пример схемы передачи потоков E1

Для различения бандлов в пределах шлюза используется пара значений — номер канала E1 и номер бандла в пределах указанного канала ("E1-1:BUNDLE0", "E1-1:BUNDLE1" и т.д.).

Для хранения сетевых адресов удаленных шлюзов используется таблица пиров. Слово "пир" (Peer) обозначает удаленный шлюз, т. к. взаимодействие между TDMoE-оборудованием осуществляется по принципу одноранговой сети (Peer to Peer). Размер таблицы пиров — 32 записи.

5.3. Протоколы псевдопроводной эмуляции

Шлюзы поддерживают несколько стандартных протоколов:

1. SAToP (rfc 4553) — протокол прозрачной передачи полного потока в нефреймированном режиме. Работает поверх UDP-протокола;

2. CESoPSN (rfc 5086) — протокол передачи фреймированного потока. Аналогично протоколу SAToP работает поверх UDP-протокола;

3. CESoETH (MEF-8) — универсальный протокол для передачи как нефреймированных, так и фреймированных потоков. Работает непосредственно на канальном уровне Ethernet.

Каждый из протоколов реализован в стандартном и в расширенном вариантах. Расширенный вариант протоколов разработан специалистами Натекс специально для шлюзов FlexCON и отличается от стандартных использованием дополнительного заголовка '-ext'. Передаваемые в этом заголовке данные повышают возможности для контроля за синхронизацией, а также позволяют заметно улучшить качество адаптивного восстановления частоты.

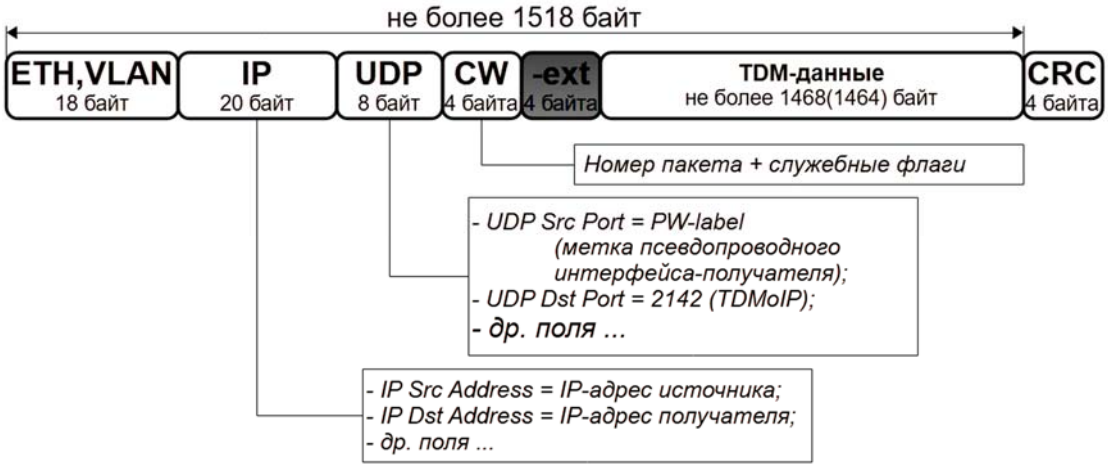


Рис. 5.3 Формат пакета для протоколов SAToP, CESoPSN

Рис. 5.4 Формат пакета для протокола CESoETH

На уровне протокола каждый бандл снабжается целочисленным идентификатором — меткой псевдопроводного интерфейса (PW-label). Эти метки являются локальными и имеют смысл только в пределах отдельного шлюза. В передаваемых пакетах всегда содержится метка для указания бандла, которому предназначен пакет (см. рисунок 5.3, 5.4).

Способ именования бандлов и правила назначения меток PW-label не определены в стандартах, поэтому могут различаться в оборудовании различных производителей. В шлюзах FlexCON-TDMoE предусмотрено два способа:

1. Метка определяется через имя бандла как 32 · (N – 1) + i, где N и i — соответственно но-мер канала E1 и номер бандла. Например, для "E1-1: BUNDLE4" используется метка '4';

2. Метка назначается пользователем вручную — через UDP-порт или ECID.

Исходя из настроек пира в таблице и способа задания удаленного бандла следующие параметры выбираются автоматически:

- тип протокола — задает транспортный уровень, формат входящих/исходящих пакетов;
- удаленная метка — метка PW-label, которой снабжаются исходящие пакеты, предназначенные для рассматриваемого пира/бандла;
- локальная метка — метка PW-label, которую должны иметь входящие пакеты, предназначенные для рассматриваемого локального бандла.

Таблица 5.2 Правила автоматического выбора типа протокола и меток PW-label

Способ задания удаленного бандла	*Тип сетевого адреса в таблице пиров*	
	MAC-адрес	*IP-адрес*
по имени	- протокол — CESoETH-ext; - локальная метка — вычисляется по имени локального бандла; - удаленная метка — вычисляется по имени удаленного бандла	- протокол — SAToP-ext/CESoPSN-ext; - локальная метка — вычисляется по имени локального бандла; - удаленная метка — вычисляется по имени удаленного бандла
UDP-порт	не допустимо	- протокол — SAToP/CESoPSN; - локальная метка — указанное значение UDP-порта; - удаленная метка — указанное значение UDP-порта.
ECID	- протокол — CESoETH; - локальная метка — указанное значение ECID; - удаленная метка — указанное значение ECID.	не допустимо

Примечание. Протокол SAToP(SAToP-ext) используется только в нефреймированном режиме

5.4. 1Интервал пакетизации. Инкапсуляция данных

Пакеты формируются с интервалом, который задается во фреймах (FPP — Frames per Packet). В шлюзах используется интервал пакетизации от 8 до 64 FPP с шагом 8 при условии, что размер данных в пакете не превышает максимально допустимое значение. Номинальный период фрейма — 125 мкс.

Способ инкапсуляции данных зависит от режима фреймирования:

- в нефреймированном режиме данные добавляются в пакет блоками размером по 256 бит (32 байта). Параметр FPP задает количество таких 32-байтных блоков на пакет;
- во фреймированном режиме данные в пакет добавляются последовательно по фреймам, при этом из потока выделяются только таймслоты, указанные в списке. Размер данных в пакете определяется как NTS · FPP [байт], где NTS — количество таймс-лотов в списке (от 1 до 32).

Рис. 5.5 Пример инкапсуляции данных фреймированного потока

5.5. Приемный буфер. Потери пакетов

Приемный буфер выполняет две задачи (рис. 5.6):

1. Согласование потока данных — в буфере сохраняются данные, принимаемые периодически и большими блоками (пакетами). Данные, выдаваемые в канал E1 считываются из буфера непрерывно и побитно (поэтому уровень буфера меняется "пилообразно");

2. Компенсация джиттера пакетов — для пакетных сетей характерно дрожание задержки передачи (PDV — Packet Delay Variation), когда некоторые пакеты прибывают позже ожи-даемого времени. Чтобы иметь возможность непрерывно выдавать поток E1 в канал, шлюз предварительно накапливает в буфере определенный "запас" данных.

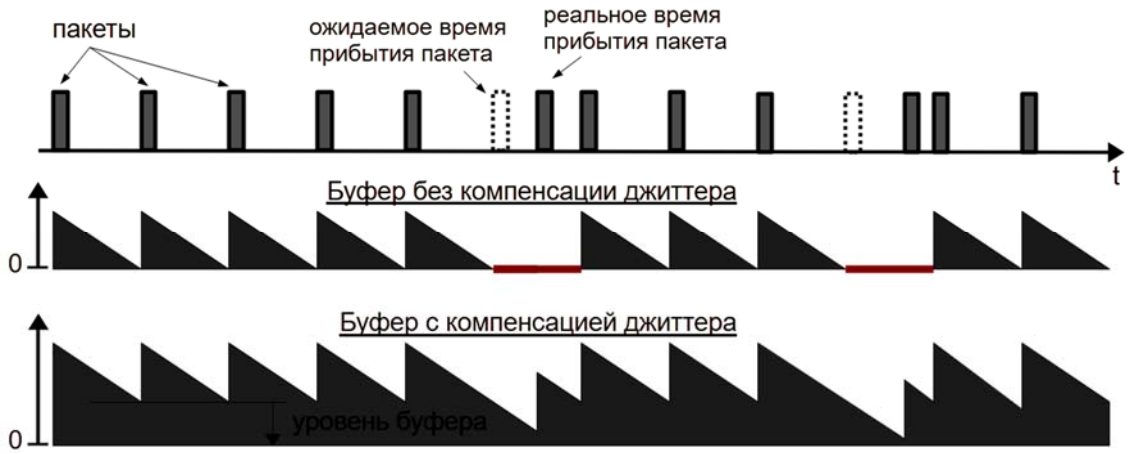


Рис. 5.6 Принцип работы приемного джиттер-буфера

Номинальный уровень буфера выбирается пользователем в диапазоне от 2 до 250 мс. Эта величина определяет задержку, вносимую буфером, а также максимальное значение джиттера пакетов, которое буфер может скомпенсировать без потерь данных.

Потеря пакета регистрируется, если он отсутствовал в буфере в нужный момент времени. В этом случае отсутствующие данные замещаются предыдущим пакетом (дублирование пакетов).

Потеря пакета может произойти по нескольким причинам:

- потеря пакета в сети;
- пакет был принят слишком поздно (в момент приема он уже был засчитан как потерянный, а его данные были замещены дублированием, поэтому он был отброшен). Чаще всего это связано с высоким джиттером пакетов и недостаточно большой глубиной буфера;
- ошибки переполнения/опустошения буфера (см. рисунок 5.7);

Появление ошибок переполнения/опустошения обычно вызвано неверно настроенной синхронизацией, когда скорость записи в буфер данных, принимаемых от удаленного шлюза, не совпадает со скоростью считывания данных из буфера для выдачи в канал E1.

Переполнение возникает, когда уровень буфера медленно увеличивается и достигает критического значения — текущий уровень превышает номинальный на 5 мс. В результате очередной пакет будет отброшен, что автоматически обеспечит "стабилизацию" буфера на какое-то время.

Опустошение возникает, когда уровень буфера медленно уменьшается до нуля, после чего все последующие пакеты фактически будут приходить поздно. Это временно вызовет множественные потери пакетов, после чего шлюз выполнит повторную буферизацию.

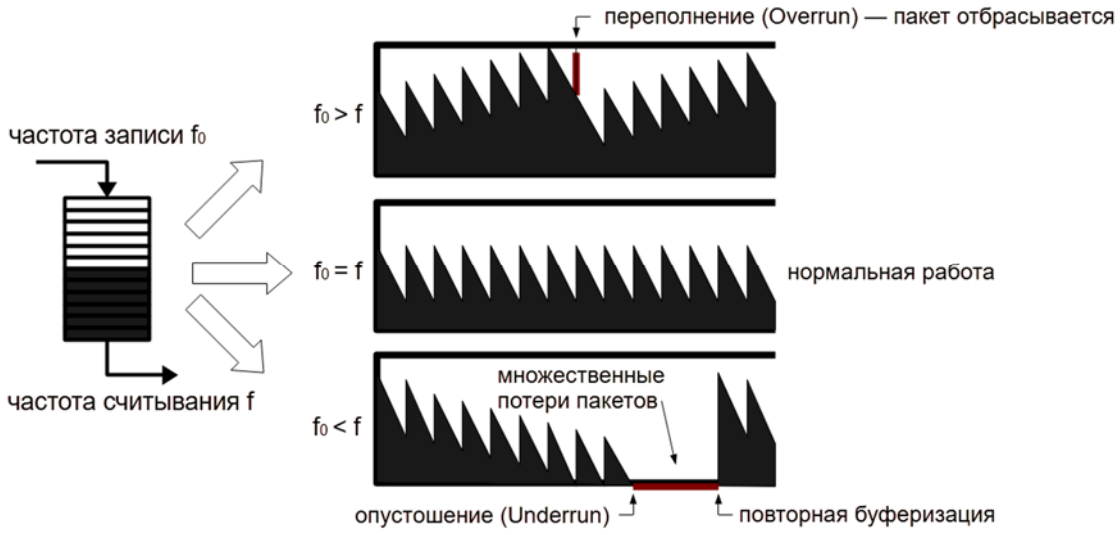


Рис. 5.7 Ошибки переполнения/опустошения буфера

5.6. Задержка передачи

Полная задержка передачи в одном направлении включает в себя (рисунок 5.8):

1. Задержку пакетизации — время на накопление данных для отдельного пакета. Величина этой задержки вычисляется как 125 мкс · FPP;

2. Задержку в сети — время на прохождение пакета через сеть до удаленного шлюза (зависит от характеристик сети);

3. Задержку в буфере — задержку, вносимую буфером компенсации джиттера. Величина этой задержки равна номинальному размеру буфера, выбранному пользователем.

Рис. 5.8 Задержка передачи потока E1 через канал TDMoE

5.7. Полоса IP-канала. Производительность

Для оценки степени загрузки шлюза (IP-канала) используют два параметра:

1. Занимаемая полоса (кбит/с) — обычно подразумевается полоса либо в исходящем, либо во входящем направлении. Для отдельного бандла занимаемая полоса в одном направлении вычисляется по формуле: (64000 / FPP) · (Hsz + Dsz) [бит/с], где Hsz — размер заголовка в пакете, а Dsz — размер полезных данных. Размер заголовка Hsz в зависимости от протокола составляет 26 байт (CESoETH), 30 байт (CESoETH-ext), 50 байт (SAToP/CESoPSN) или 54 байт (SAToP-ext/CESoPSN-ext). Размер поля данных Dsz в нефреймированном режиме вычисляется как 32 · FPP [байт], во фреймированном — NTS · FPP [байт];

2. Количество пакетов в секунду — обычно подразумевается общее количество пакетов в исходящем и во входящем направлении (как показатель суммарной нагрузки на сетевые узлы). Для отдельного бандла общее количество пакетов равно 16000 / FPP [пакетов/с] (по 8000 / FPP [пакетов/с] в каждом направлении).

Для оценки общей загрузки шлюза (IP-канала) требуется просто просуммировать занимаемую полосу или количество пакетов от каждого активного бандла.

Необходимо учитывать, что производительность шлюзов составляет около 20 · 103 [пакетов/с]. При настройке большого количества TDMoE-соединений необходимо использовать более высокие значения FPP, чтобы не выйти за этот предел.

5.8. Синхронизация потока. Восстановление частоты

Каждый интерфейс E1 может работать в одном из следующих режимов синхронизации:

- внешняя (External, рисунок 5.9 а, б) — в качестве источника синхронизации используется входной сигнал любого интерфейса E1(в т. ч. RX), порт EXT (только в моделях -SR) или внутренний генератор (INT). Для каждого интерфейса можно задать приоритетный список из не более чем пяти источников синхронизации. Качество синхронизации определяется исключительно качеством внешнего источника;
- адаптивная (Adaptive, рисунок 5.9 в) — синхронизация восстанавливается по входящим пакетам (путем усреднения времени прихода). Качество синхронизации зависит от характеристик пакетной сети;
- дифференциальная (Differential, рисунок 5.9 г) — синхронизация восстанавливается с использованием входящих пакетов и дополнительного внешнего опорного источника. Опорный источник обычно не синхронизирован с передаваемым потоком, но он должен быть доступен на обеих сторонах. Качество синхронизации практически не зависит от характеристик сети и определяется в основном стабильностью опорного сигнала;

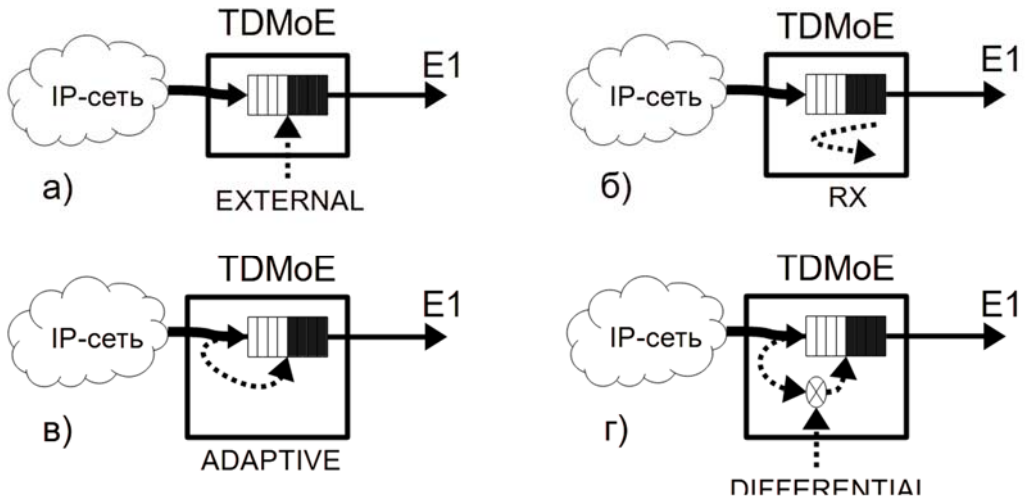


Рис. 5.9 Режимы синхронизации в шлюзах

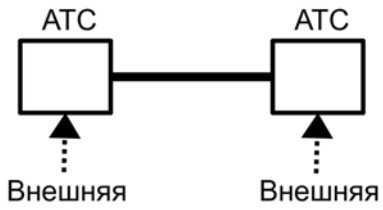
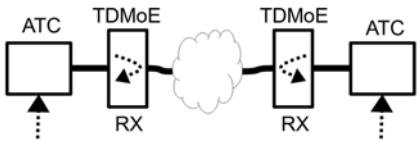
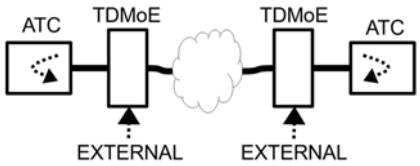
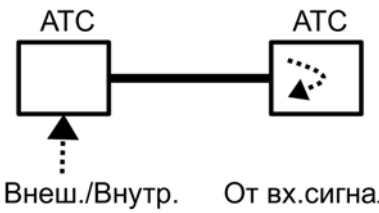
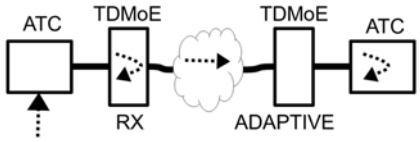
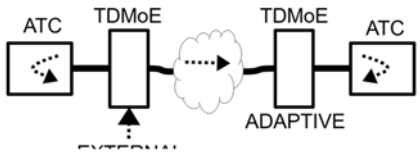
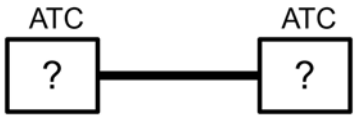
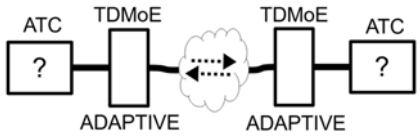
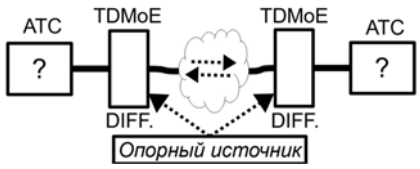
Выбор того или иного режима синхронизации осуществляется с учетом настроек синхронизации в используемом оборудовании E1 (АТС и т. п.). Настройки оборудования E1 должны выбираться в предположении прямого физического соединения оборудования друг с другом кабелем — на практике чаще всего используется синхронизация от внешнего источника на обеих сторонах или схема "ведущий-ведомый".

Типичные варианты настройки синхронизации приведены в таблице 5.3

Использовать режим адаптивного восстановления на обеих сторонах рекомендуется только в тех случаях, когда настройки оборудования E1 неизвестны.

Режим дифференциального восстановления хотя и является универсальным, но на практике он применяется редко ввиду специфичного требования к наличию общего опорного источника.

Таблица 5.3 — Выбор режима синхронизации в шлюзах

Схема синхронизации оборудования E1	*Настройки синхронизации TDMoE*
	
	
	
	
	
	

5.9. Установление и контроль соединения

В протоколах TDMoE не предусмотрено никакого механизма для проверки готовности встречно работающего интерфейса. Поэтому стандартное оборудование TDMoIP, как правило, передает пакеты в нормальном темпе в любых случаях, даже когда на удаленной стороне оборудование не сконфигурировано, отключено или соединение с ним отсутствует вследствие аварии на ка-ком-либо участке пакетной сети. Это приводит к лишнему трафику, а в коммутируемых сетях Ethernet также может вызвать эффект "Unknown Unicast Flooding" — когда коммутатор вынужден "размножать" и выдавать на все свои порты пакеты, MAC-адрес назначения которых неизвестен (запись с таким MAC-адресом отсутствует в таблицах коммутации).

Для предотвращения подобных ситуаций в шлюзах FlexCON-TDMoE используется довольно простой алгоритм:

1. При установлении соединения шлюз отправляет по одному пакету каждые 2 с;

2. При получении хотя бы одного пакета от удаленной стороны шлюз начинает передавать пакеты в нормальном темпе (с интервалом от 1 до 8 мс);

3. Если в течение 1 с шлюз не получает ни одного пакета от удаленной стороны, то он фиксирует обрыв соединения и переходит снова в режим периодической более редкой отправки отдельных пакетов (п. 1).

Такой механизм предотвращает возникновения эффекта "Unkwnown Unicast Flooding", при этом обеспечивается совместимость со стандартным TDMoIP-оборудованием.

6. УПРАВЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЕМ

6.1. Локальное управление по RS-232/USB

Способ локального управления зависит от варианта исполнения шлюза (рис. 6.1):

- модели -SA поддерживают локальное управление по стыку RS-232 и по шине USB. Управление по USB реализуется через стандартный класс CDC (Communication Device Class), эмулирующий работу последовательного порта. Поддержка CDC предусмотрена во всех современных операционных системах;
- модели -SR поддерживают только локальное управление через Backplane-шину конструктива. Доступ к Backplane по стыку RS-232 осуществляется через разъем "MONITOR" конструктива, а в случае использования кассеты FlexGain-R-E — через модуль питания и управления FG-ACU-SR или FG-TCU-SR (устанавливается в 1-ое платоместо).

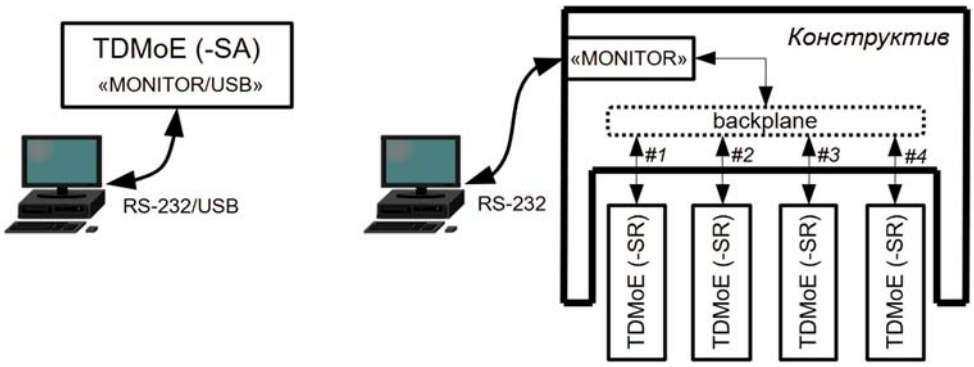


Рис. 6.1 Схемы локального управления по RS-232/USB

При подключении по стыку RS-232 (в т. ч. через переходник USB-COM) должны использоваться следующие параметры:

- скорость 9600 бит/с;
- 8 бит данных, 1 стоповый бит, без бита четности;
- управление потоком отключено;
- режим эмуляции терминала VT100.

6.2. Удаленное управление по Telnet

Шлюзы поддерживают удаленное управление по протоколу Telnet через интерфейс командной строки, аналогичный локальному управлению по RS-232/USB. Используется стандартные параметры подключения — протокол TCP/IP, порт 23.

6.3. Удаленное управление по HTTP

Шлюзы также поддерживают управление по протоколу HTTP, используя WEB-интерфейс. Для доступа к WEB-интерфейсу рекомендуется использовать интернет-браузеры Mozilla Firefox, Opera или Google Chrome.

6.4. Управление внешним оборудованием

В шлюзах предусмотрена возможность управления внешним оборудованием (рис. 6.2):

1. В моделях -SA обеспечивается доступ к штатному стыку RS-232 ("MONITOR") из консоли управления через Telnet или USB. Предусмотрено два режима — режим управления оборудованием Натекс и режим прозрачной передачи вводимых/считываемых символов. Последний позволяет организовать управление любым другим сторонним оборудованием.

2. В моделях -SR предусмотрен режим захвата управления конструктивом/кассетой, позволяющий организовать удаленный доступ к любым другим Subrack-модулям FlexGain в этом же конструктиве через Telnet.

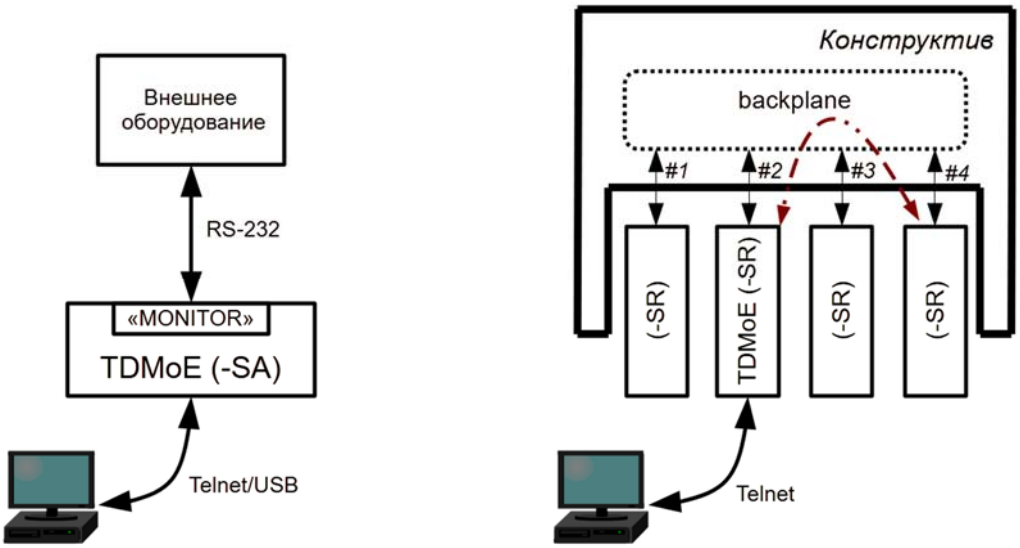


Рис. 6.2 Схемы управления внешним оборудованием

7. ФУНКЦИИ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА

7.1. Флаги аварий

В шлюзе предусмотрены флаги аварий, позволяющие пользователю контролировать:

- состояние интерфейсов E1;
- состояние соединений TDMoE;
- состояние интерфейсов Ethernet;
- системный статус шлюза.

В таблице 7.1 приведены флаги аварий для контроля входных потоков на интерфейсах E1.

Таблица 7.1 — Флаги аварий по входам интерфейсов E1

Флаг аварии по входу канала E1 (обозначение/описание)	*Режим фреймирования*		
	G704 OFF	*G704 ON*	*CRC4 ON*
LOS-S — нет сигнала	+	+	+
AIS-S — обнаружен сигнал удаленной аварии	+	+	+
LFA-S — потеря цикловой/сверхцикловой синхронизации	—	+	+
BER-S — высокий коэффициент битовых ошибок (по CRC)	—	—	+

Помимо этого, для каждого интерфейса E1 предусмотрен набор флагов, сигнализирующих о включении тестовых режимов (т. е. нарушающих нормальное прохождение данных):

- RLB-S — на интерфейсе установлен шлейф Remote;
- LLB-S — на интерфейсе установлен шлейф Local;
- B-TST — на интерфейсе включен внутренний BER-тестер.

Для контроля за состоянием TDMoE-соединения для каждого интерфейса E1 используются следующие флаги:

- PWLOS — один из активных бандлов в пределах рассматриваемого интерфейса E1 зафиксировал обрыв соединения с удаленной стороной;
- AIS-R — один из активных бандлов в пределах рассматриваемого интерфейса E1 получил от удаленной стороны сигнал аварии потока E1;
- LSS-S — авария опорного сигнала для дифференциального восстановления частоты на локальной стороне;
- LSS-R — авария опорного сигнала для дифференциального восстановления частоты на удаленной стороне.

Для контроля за системным статусом шлюза предусмотрено:

- HW-F (Hardware Fail) — флаг аппаратной ошибки;
- SW-MNT (Software Maintenance) — группа флагов, сигнализирующих о состоянии программного обеспечения шлюза.

В группу флагов SW-MNT входят:

- UPD (Updating) — в текущий момент выполняется загрузка двоичного образа новой версии ПО;
- ERR (Error) — в загружаемом двоичном образе нового ПО обнаружена ошибка;
- NEW — требуется перезагрузка шлюза для старта с новой версией ПО;
- NCONF (Not Confirmed) — шлюз стартовал с новой версией ПО, для которой еще не была проведена процедура подтверждения пользователем.

7.2. Статистика ITU-T G.826

Шлюз обеспечивает вычисление по входам интерфейсов E1 статистики ITU-T G.826:

- EB (Errored Blocks) — количество принятых блоков, содержащих хотя бы один искаженный бит;
- ES (Errored Seconds) — число секунд, в которых был принят хотя бы один блок с ошибками;
- SES (Severely Errored Seconds) — число особо поражённых секунд, т. е. секунд, в которых число блоков с ошибками превышает 30% от количества всех принятых блоков;
- BBE (Background Block Errors) — число принятых блоков с ошибками за вычетом ошибочных блоков, принятых в течение особо поражённых секунд;
- ESR (Errored Second Ratio) — отношение ES к AT;
- SESR (Severely Errored Second Ratio) — отношение SES к AT;
- BBER (Background Block Error Ratio) — отношение BBE к общему числу принятых блоков;
- AT (Available Time) — доступное время интервала измерений, т. е. число секунд в интервале измерений, в течение которых связь была установлена;
- UAT (Unavailable Time) — недоступное время интервала измерений, т. е. число секунд в интервале измерений, в течение которых связь отсутствовала.

7.3. Сетевая статистика

Шлюз обеспечивает подсчет пакетной/октетной статистики и статистики ошибок отдельно для каждого порта внутреннего коммутатора Ethernet.

Пакетная/октетная статистика включает в себя следующие счетчики:

- IN Octets — кол-во принятых байт данных, включая поврежденные пакеты;
- IN Packets — кол-во принятых пакетов (включая поврежденные);
- IN B/mcast — кол-во принятых Broadcast/Multicast-пакетов;
- IN Speed, kbit/s — средняя скорость входящего потока за последнюю секунду, кбит/с;
- Size — распределение общего количества принятых пакетов (IN Packets) по размеру;
- OUT Octets — кол-во отправленных байт данных;
- OUT Packets — кол-во отправленных пакетов;
- OUT B/mcast — кол-во отправленных Broadcast/Multicast-пакетов;
- OUT Speed kbit/s — средняя скорость исходящего потока за последнюю секунду, кбит/с.

Статистика ошибок включает в себя следующие счетчики:

- IN Bad octets — общее кол-во байт, принятых с ошибками;
- IN Discards — общее кол-во отброшенных входящих пакетов;
- IN Undersize — кол-во входящих пакетов, отброшенных из-за недопустимо малого раз-мера (менее 64 байт);
- IN Oversize — кол-во входящих пакетов, отброшенных из-за недопустимо большого раз-мера (более 2040 байт);
- IN Fragments — кол-во входящих пакетов с недопустимо малым размером и неверной контрольной суммой FCS;
- IN Jabber — кол-во входящих пакетов с недопустимо большим размером и неверной кон-трольной суммой FCS;
- IN MAC error — кол-во входящих пакетов, отброшенных из-за аппаратных ошибок при-емника на MAC-уровне (Media Access Level);
- IN Bad FCS — кол-во входящих пакетов, отброшенных из-за неверной контрольной суммы (Frame Check Sequence);
- OUT Bad FCS — общее кол-во поврежденных переданных байт;
- OUT Deferred — общее кол-во отброшенных пакетов (с ошибками или без);
- Collisions — общее кол-во зафиксированных коллизий;
- Late — кол-во поздних коллизий;

- Excessive — кол-во пакетов, отброшенных из-за превышения предельного числа подряд возникших коллизий;
- Single — кол-во пакетов, переданных после возникновения одиночной коллизии;
- Multiple — кол-во пакетов, переданных после возникновения нескольких подряд коллизий.

7.4. Статистика передачи потоков и синхронизации

Шлюз обеспечивает подсчет статистики по приему/передаче TDMoE-пакетов (оценка джиттера пакетов, статистика ошибок и т. д.) и статистики синхронизации (текущий источник, данные о восстановлении частоты и т. д.).

8. СИСТЕМНЫЕ ФУНКЦИИ

8.1. Управление конфигурацией шлюза

Под конфигурацией понимается полных набор всех настроек шлюза, задающих режимы работы всех его узлов. В шлюзах используется четыре типа конфигурации:

- Startup (стартовая) — настройки шлюза, хранящиеся в энергонезависимой памяти. С этими настройками шлюз начинает работать после включения/перезапуска;
- Running (текущая) — настройки, с которыми шлюз работает в текущий момент. Текущая конфигурация содержится в оперативной памяти шлюза и пропадает при его перезапуске;
- New (новая) — новый набор настроек, формируемый пользователем. Аналогично теку-щей конфигурации хранится в оперативной памяти шлюза;
- Backup (резервная) — запасной вариант конфигурации. Хранится в энергонезависимой памяти. Используется в специальных случаях;

Работа с конфигурацией выглядит следующим образом:

1. При запуске/перезапуске шлюза стартовая конфигурация копируется в текущую и в новую, т. е. шлюз начинает работать с настройками из стартовой конфигурации.

2. Пользователь может вводить различные команды настройки, которые изменяют лишь содержимое новой конфигурации. Возможно, она будет отличаться от текущей и от стартовой. Шлюз продолжает работать в соответствии с текущей конфигурацией.

3. При применении настроек (APPLY) новая конфигурации копируется в текущую. Текущая конфигурация теперь, возможно, может отличаться от стартовой. Однако при перезапуске шлюза все изменения пропадут, т. к. шлюз заново загрузит данные из стартовой конфигурации (см. п. 1).

4. При подтверждении настроек (CONFIRM) текущая конфигурация копируется с стартовую. Все изменения будут сохранены в энергонезависимой памяти.

В шлюзах предусмотрены расширенные возможности для работы с конфигурацией (рекомендуются только для опытных пользователей):

1. Сохранение конфигурации в виде текстового файла;
2. Загрузка конфигурации из текстового файла;
3. Сравнение двух типов конфигурации.

8.2. Система журналирования. Поддержка Syslog и SNTP

В шлюзах предусмотрено две системы журналирования:

1. Ведение локального журнала во внутренней энергонезависимой памяти;
2. Ведение журнала на удаленном сервере по протоколу Syslog (rfc 3164).

Каждая запись локального системного журнала включает в себя:

1. Время с начала запуска шлюза (Up Time);
2. Имя пользователя (login);
3. Введенную пользователем команду.

Для ведения удаленного журнала шлюз оснащен встроенным Syslog-клиентом с поддержкой до двух серверов. Для передачи Syslog-сообщений используется протокол UDP. Каждое сообщение включает в себя:

1. Временную метку (Timestamp);
2. Флаги текущих аварий;
3. Имя пользователя (login);
4. Введенную пользователем команду.

Для формирования временных меток Syslog-сообщений шлюз оснащен встроенным клиентом SNTP (rfc 2030). Пользователь может указать до двух NTP-серверов, которые будут периодически опрашиваться для синхронизации внутренних часов шлюза.

8.3. Встроенное ПО

В энергонезависимой памяти шлюза хранится две копии ПО:

- заводское ПО — записывается во внутреннюю память шлюза на заводе-изготовителе, ее невозможно изменить или удалить;
- пользовательское ПО — основная ("рабочая") версия ПО, которую пользователь может обновить на более новую версию.

Обновление пользовательского ПО выполняется предельно просто, а несколько степеней защиты делают этот процесс максимально безопасным:

1. Наличие заводского ПО гарантирует, что даже при серьезных проблемах с обновлением пользовательского ПО (например, внезапное пропадание питания) шлюз останется работоспособным;

2. Пользовательское ПО защищено контрольной суммой CRC-16, которая всегда проверяется при запуске шлюза. При обнаружении ошибки контрольной суммы в пользовательском ПО шлюз будет запущен с заводским ПО.

3. В пользовательском ПО содержатся данные о типе устройства, для которого оно предназначено. Невозможно случайно записать ПО, предназначенное для другой модели шлюза. Загрузить произвольный файл также невозможно.

Помимо этого пользовательское ПО защищается механизмом подтверждения, который предотвращает использование заведомо нерабочего ПО. Этот механизм действует следующим образом:

1. Пользователь загружает в шлюз новую версию пользовательского ПО, после чего выполняет перезапуск шлюза (RESET).

2. При старте шлюза внутренний загрузчик выполнит проверку контрольной суммы CRC-16 пользовательского ПО и соответствие типу устройства, проверит, что данное ПО запускается впервые и запустит его на исполнение.

3. Пользователь должен будет получить доступ к консоли управления шлюза и выполнить подтверждение новой версии ПО (SOFTCONFIRM). Если он не сможет этого сделать (например, по причине неработоспособности новой прошивки) или просто не пожелает этого сделать, то после очередного перезапуска шлюза во второй и последующие разы внутренний загрузчик будет загружать только заводское ПО. Так будет продолжаться до тех пор, пока во внутренней памяти устройства не появится версия пользовательского ПО, для которого была проведена процедура подтверждения.