

СОВРЕМЕННЫЙ МУЛЬТИПЛЕКСОР ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ ГМ-2, ВАШ ВЫХОД!

А.Самарин
samar@zelay.ru



Современные системы передачи данных напоминают детский конструктор: несколько типов кубиков и деталей, из которых можно собрать и очень простые, и чрезвычайно сложные конструкции – все зависит от фантазии. При построении систем связи выбор элементов определяется назначением системы, рабочей средой, финансовыми возможностями – но принцип модульности остается неизменным. Модемы, мультиплексоры, коммутаторы, вокодеры, формователи интерфейсов, каналообразующее оборудование и т.п. – это те кубики, комбинируя которые, можно решать самые разные задачи связи для самых разных категорий пользователей.

Принцип модульного построения систем связи давно взяли на вооружение ведущие мировые производители телекоммуникационного оборудования – RAD Data Communications, Zixel, Cisco Systems, Lucent Technologies и многие, многие другие. В их числе и российские фирмы, среди которых одна из наиболее интересных – московская компания "Зелакс" (www.zelay.ru). За пятнадцатилетнюю историю она стала известной как производитель модемов для физических линий различных типов (IDSL, HDSL, ADSL и др.), цифровых и аналоговых. В последние годы компания значительно разнообразила ассортимент продукции, выпустив маршрутизаторы и устройства доступа к шине E1 с конверторами интерфейсов. Следующим логичным шагом стал выпуск гибкого мультиплексора ГМ-2 – универсальной платформы для создания разнообразных коммуникационных систем. Поскольку ГМ-2 в своем классе приборов обладает достаточно уникальными показателями, рассмотрим этот мультиплексор подробнее.

ГИБКИЙ МУЛЬТИПЛЕКСОР ГМ-2

ГМ-2 в базовой конфигурации – это мультиплексор/коммутатор, оснащенный линейным аналоговым портом E1 (порт А) и двумя цифровыми портами – с синхронным (V.35, до 3968 Кбит/с – порт 1, УПИ-2) и асинхронным (RS-232, до 230,4 Кбит/с – порт 2) интерфейсами. Кроме того, предусмотрены два посадочных места, на одно из которых можно установить дополнительный линейный порт В (E1 или SHDSL-модем), а на другое – модуль дополнительного цифрового порта: мост Ethernet 10Base-T (одно- или двухканальный) или порт еще один порт с последовательным синхронным интерфейсом УПИ-2 (рис. 1).

Отметим, что порты с последовательным интерфейсом выполнены по специальному внутрифирменному стандарту УПИ-2 (универсальный последовательный интерфейс), позволяющему в зависимости от конфигурации кабеля реализовывать не только синхронные, но и асинхронные интерфейсы (RS-232/V.24, V.35, RS-422, X.21, RS-449, RS-530). Причем распознавание типа интерфейса происходит автоматически, при подключении соответствующего кабеля.

Разнообразие типов внешних интерфейсов позволяет подключать ГМ-2 практически ко всем стандартным средам передачи данных – телефонным сетям (порт E1), локальным сетям (Ethernet), радио- и спутниковым модемам, радиорелейным линиям (синхронный порт), персональным компьютерам и т.д. Следующие в линейке гибких мультиплексоров устройства позво-

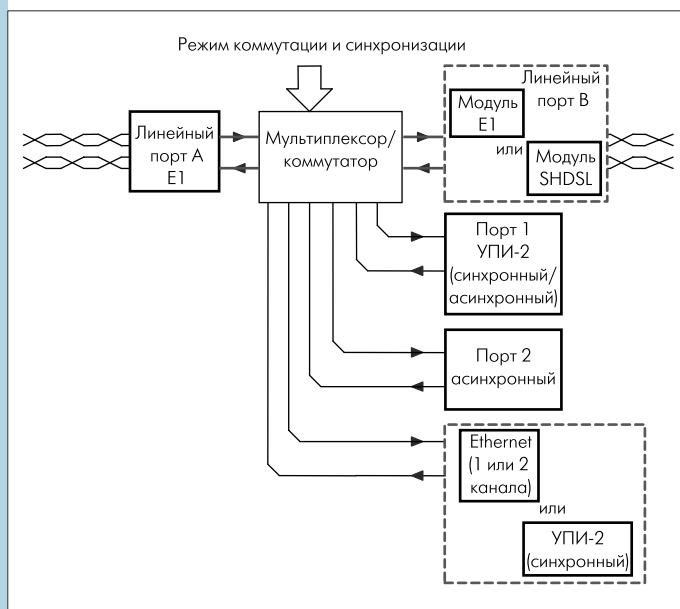


Рис. 1. Структура мультиплексора ГМ-2

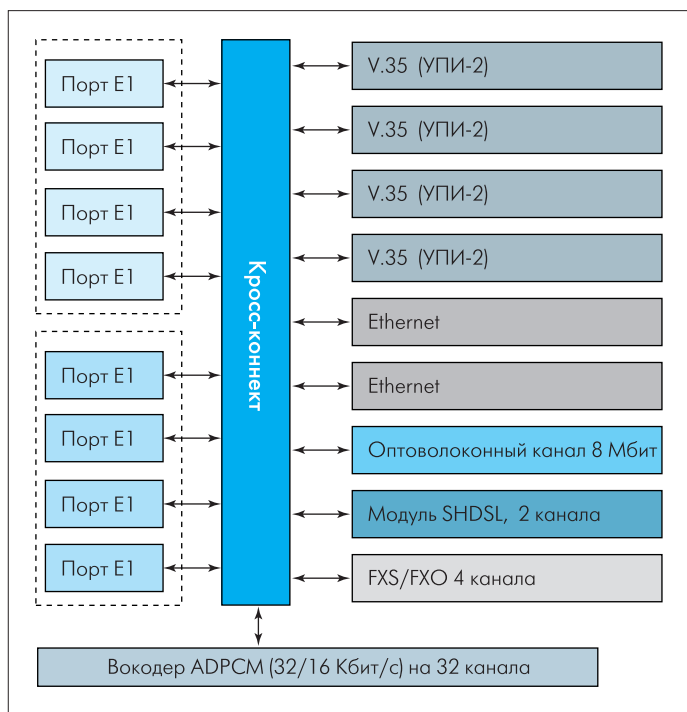


Рис.2. Перспективы линейки гибких мультиплексоров компании "Зелакс"

лят подключать больше, чем ГМ-2, дополнительных модулей (рис.2). В ближайшей перспективе ожидается появление интерфейсных модулей с поддержкой оптоволоконного канала (8 Мбит/с), аналоговых интерфейсов телефонных каналов (FXS/FXO), а также модулей для сжатия голосовых телефонных каналов. Все это существенно расширит области применения гибких мультиплексоров компании "Зелакс".

Гибким мультиплексор ГМ-2 называется потому, что коммутация каналов происходит не по жестко заданной схеме – пользователь может программно назначать и изменять схему маршрутизации каждого тайм-слота (канала) потоков E1 и SHDSL. Это возможно благодаря программно управляемому модулю мультиплексора, обеспечивающему коммутацию, преобразование и формирование потоков данных через линейные порты А и В и цифровые интерфейсы. Мультиплексор способен извлечь/вставить любые заданные тайм-слоты из потоков E1 и SHDSL линейных портов, а также сформировать синхронные или асинхронные потоки данных для цифровых портов. Для согласования скоростей передачи и сохранения синхронизации при мультиплексировании/коммутации предусмотрена буферизация данных.

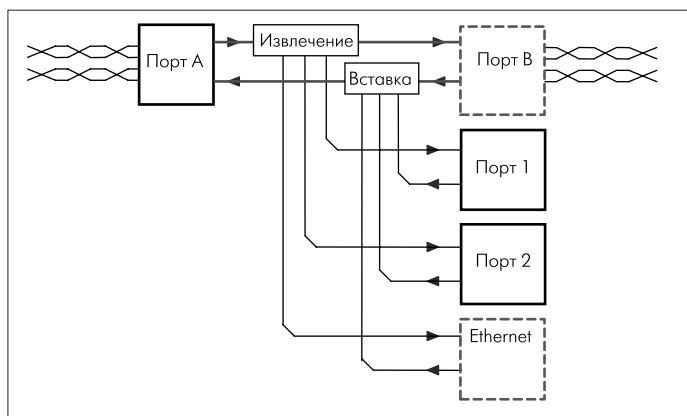


Рис.3. Возможные схемы мультиплицирования потоков

Иными словами, с точки зрения маршрутизации потоков данных, мультиплексор ГМ-2 позволяет (рис.3):

- извлекать любые тайм-слоты из приемника одного линейного порта и распределять их между другим линейным портом (в произвольном порядке), синхронным/асинхронным интерфейсными портами и портом Ethernet (до двух каналов);
- вставлять данные из цифровых каналов в потоки любых линейных каналов;
- передавать данные через линейные порты как в режиме кадровой синхронизации (т.е. с сохранением формата кадров потока E1 в соответствии со стандартом ITU-T G.704), так и без кадровой синхронизации (т.е. в виде сплошного битового потока).

В ГМ-2 использована самая современная элементная база, в том числе – сигнальный процессор ADSP-2185m компании Analog Devices и ПЛИС Spartan-II фирмы Xilinx. Гибкая внутренняя организация мультиплексора позволяет модернизировать его простой сменой встроенного программного обеспечения (включая реконфигурацию ПЛИС) через порт RS-232, сами файлы обновленного ПО регулярно выкладываются на сайте компании.

Очень важно, что все входные цепи интерфейса E1 в мультиплексоре ГМ-2 в соответствии с рекомендациями ETS 300 046-3 и ITU K17-K20 содержат элементы защиты, гарантирующие безопасную и надежную работу оборудования при возникновении перенапряжения в линейном кабеле из-за короткого замыкания с сетевым кабелем или в результате воздействия ударов молнии. В ГМ-2 применена трехуровневая защита. Первый уровень – самовосстанавливающиеся полимерные предохранители PolySwitch фирмы Raychem, обеспечивающие защиту от попадания на входные цепи E1 сетевого напряжения. Второй уровень защиты – быстродействующий газоразрядный предохранитель (напряжение пробоя – 70–90 В), способный защитить от электрического пробоя, связанного с разрядом молнии. И третий уровень защиты – защитные диоды TVS фирмы Semtech с напряжением пробоя 6 В.

Для удобства пользователей предусмотрена возможность питания ГМ-2 как от сети переменного тока 220 В, так и от источников постоянного тока 18–72 В (в частности – от батарей моста питания АТС).

Рассмотрим основные схемы работы мультиплексора ГМ-2 и их практическое применение.

ГДЕ ПРИМЕНЯТЬ ГМ-2?

Типична ситуация, когда офис какой-либо организации и провайдер телекоммуникационных услуг (телефония, ведомственная сеть передачи данных, доступ в Интернет) связаны стандартным каналом E1 (рис.4). Причем общий объем трафика не превышает 2 Мбит/с. В этом случае два мультиплексора ГМ-2 подключаются на противоположных сторонах шины E1 посредством портов А. К порту В мультиплексора в офисе подсоединена офисная мини-АТС (поддерживающая формат E1), на другой стороне – узловая АТС. Порты Ethernet обоих мультиплексоров связывают локальную сеть офиса с внешней сетью передачи данных. В этом случае оба линейных порта мультиплексоров работают с кадровой синхронизацией, по общей карте распределения тайм-слотов. То есть каждый задействованный для телефонии тайм-слот порта А однозначно соответствует тайм-слоту порта В. Незадействованные для передачи телефонных каналов тайм-слоты портов В используются для доставки пакетов Ethernet или любых других потоков цифровых данных, например – через порт V.35. Причем

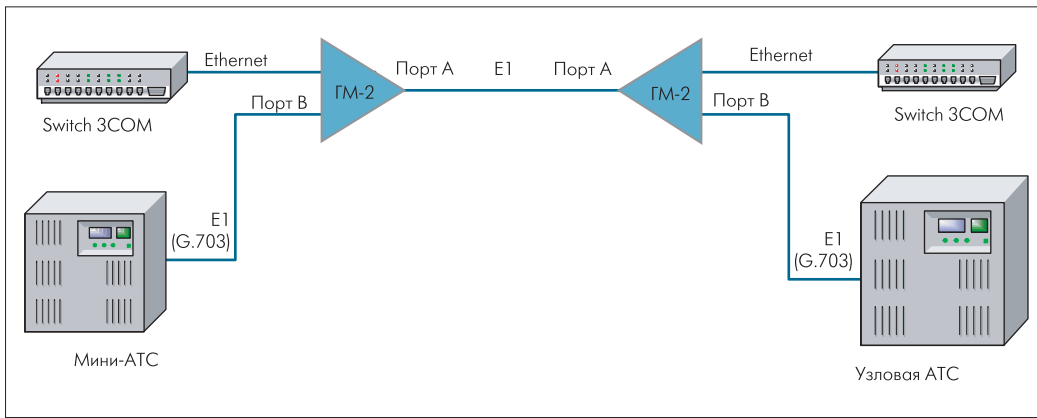


Рис.4. Применение ГМ-2 в случае работы портов А и В по единой карте распределения тайм-слотов

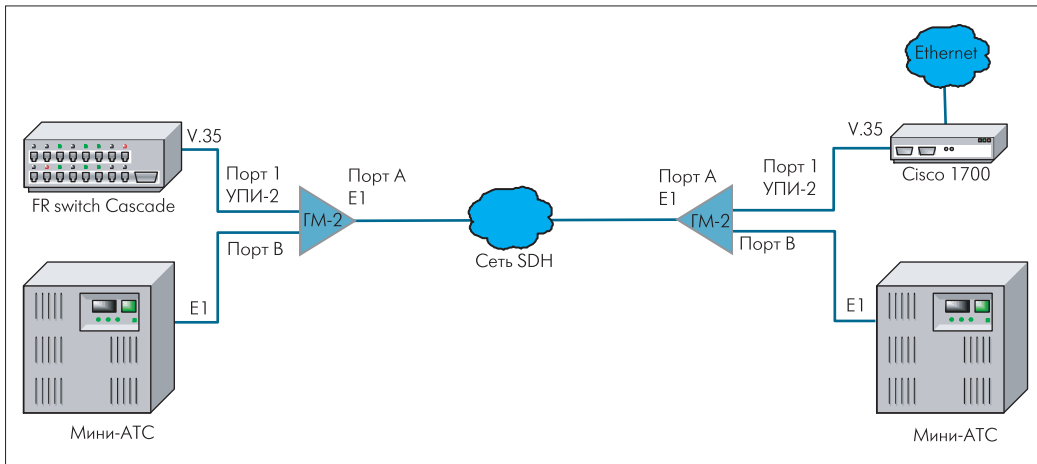


Рис.5. Применение ГМ-2 для передачи телефонного трафика и потока V.35

мультиплексоры могут быть связаны не непосредственно, а через структурированную сеть передачи данных, например – сеть с синхронной цифровой иерархией SDH (рис.5).

Существенно, что для линейных портов можно выбрать тип линейного кода (AMI или HDB3), поскольку в строю еще немало старого телекоммуникационного оборудования, поддерживающего только устаревший AMI. Чтобы компенсировать основной недостаток кода AMI – потерю синхронизации при детектировании длинной последовательности нулей, в мультиплексоре предусмотрена опция скремблирования, исключающая последователь-

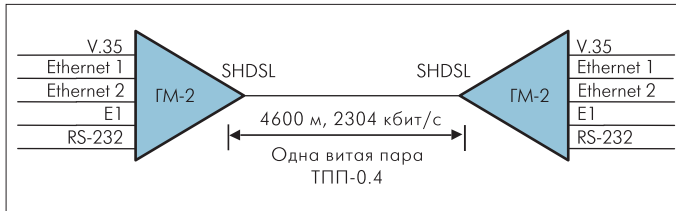


Рис.6. Применение ГМ-2 с SHDSL-модулем

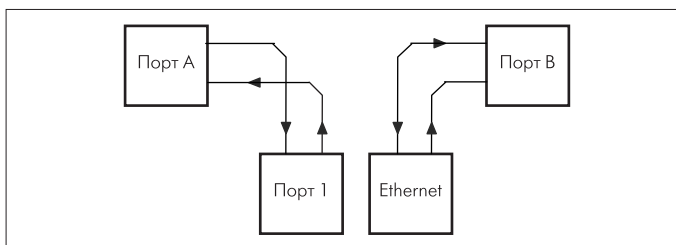


Рис.7. Независимая работа линейных портов ГМ-2

ность из более чем четырех нулей.

Шина E1 предназначена для передачи данных на расстояния, не превышающие 1,5–2,5 км (при использовании проводов стандартного сечения) посредством двух витых пар (см. врезку “Интерфейс E1”). Для тех случаев, когда соединяемые точки расположены на расстоянии порядка 4–5 км, предназначен интерфейс SHDSL (ITU-T G991.2, см. врезку “Интерфейс SHDSL”). Он позволяет по одной витой паре (что очень важно при дефиците ресурса кабельной сети) организовать обмен данными скоростью 2304 кбит/с (до 2312 кбит/с) на расстояние до 6 км (табл. 1). Фактически SHDSL и разрабатывался как транспортный протокол для удлинения каналов E1 по одной витой паре.

Канал SHDSL на уровне данных можно представить как поток с той же частотой кадров, что и в случае E1 (8 тыс. кадров/с), только в ка-

дре не 32, а 36 тайм-слотов (разумеется, реальная кадровая структура потока SHDSL иная – см. врезку “Интерфейс SHDSL”). Поэтому если в качестве порта В использовать специальный SHDSL-модуль, увеличится не только дальность передачи, но и возрастет возможный трафик. Кроме телефонных каналов (кадр E1), через канал SHDSL можно транслировать потоки данных из портов Ethernet, синхронных и асинхронных интерфейсов (рис.6). В простейших случаях ГМ-2 с SHDSL-модулем можно рассматривать как удлинитель интерфейсов E1, V.35, RS-232 и Ethernet.

Порты А и В могут работать и независимо, каждый по своей карте распределения тайм-слотов. Например, через порт А передается телефонный трафик и асинхронный поток данных, а через порт В – пакеты Ethernet (рис.7).

Для обеспечения кадровой синхронизации потоков E1 по крайней мере 1/32 часть трафика расходуется на передачу служебной информации (нулевых тайм-слотов каждого кадра). По-

Таблица 1. Максимальная дальность передачи по интерфейсу SHDSL в зависимости от скорости и типа кабеля*

Максимальная скорость, кбит/с	ТПП-0.4 (диаметр жилы 0,4 мм)	ТПП-0.5 (диаметр жилы 0,5 мм)
2304	4,6	6,0
2048	4,8	6,2
1536	5,2	7,2
1024	6,0	8,0
768	6,4	8,6
512	6,6	8,8
256	7,2	9,6
192	7,6	10,0

*При использовании кабелей с большим диаметром жилы дальность связи возрастает.

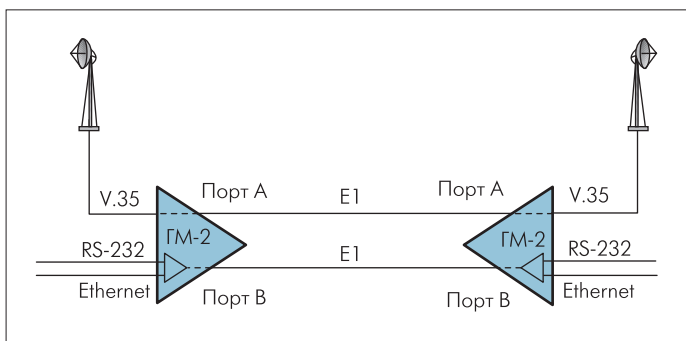


Рис.8. Пример использования ГМ-2 для передачи неструктурированного синхронного потока данных

этому для приложений, когда шина E1 используется исключительно как транспортный канал для потока цифровых данных, полезен режим работы линейного порта без кадровой синхронизации – просто битовый поток со скоростью 2048 кбит/с. Характерный пример – передача синхронного потока V.35 от одного радиомодема до другого (рис.8), если по каким-то причинам это удобнее сделать через E1.

ГМ-2 позволяет работать и в так называемом режиме инверсного мультиплексора (рис.9), когда порты А и В работают параллельно, образуя единый канал передачи данных по двум интерфейсам E1. Тогда полезная пропускная способность интегрального канала с кадровой синхронизацией составит $2 \times 31 \times 64 \text{ кбит/с} = 3968 \text{ кбит/с}$. Входными каналами для мультиплексора в этом случае служат порты Ethernet, а также синхронные/асинхронные интерфейсы. Если при работе в режиме инверсного мультиплексора по какой-либо причине произошла авария (обрыв связи) в одном из каналов E1, то мультиплексор фиксирует этот факт и автоматически перенастраивает порт исправного канала так, что передача данных продолжается, но с вдвое меньшей скоростью.

Возможность гибкой перестановки тайм-слотов мультиплексора ГМ-2 жизненно необходима в таких случаях, когда клиент арендует у оператора несколько (например, четыре) цифровых телефонных каналов (тайм-слотов E1) и хочет доставить данный трафик через сеть передачи данных с полосой пропускания, скажем, 512 Кбит/с (рис.10а). Проблемы начнутся, если в сети оператора телефонной связи используется сигнализация по выделенным каналам – а таких сетей достаточно много. В этом случае необходимо сохранить 16-й тайм-слот кадра E1 – т.е. в потоке от АТС в кадре E1 используются четыре тайм-слота под телефонные каналы (с 1-го по 4-й) и еще один (16-й) – для сигнализации (рис.10б). Однако трансляция 16 тайм-слотов E1 потребует полосы пропускания в 1 Мбит/с. Но ГМ-2 позволяет извлекать из входного потока 16-й тайм-слот и переставлять его так, чтобы используемые тайм-слоты следовали друг за другом, без "дырок", – т.е. в нашем случае 16-й тайм-слот становится пятым. И полосы в 512 Кбит/с хватает уже не только для передачи телефонного трафика, но и иной информации. На приемном конце с помощью другого ГМ-2 происходит восстановление структуры исходного потока E1. Учитывая зависимость цены каналов передачи данных от их пропускной способности, экономия средств может получиться весьма осязаемой.

Канал E1 стандартен для цифрового телефонного коммуникационного оборудования. Однако для многих аналоговых систем передачи данных (радиорелейные линии, радиомодемы, спутни-

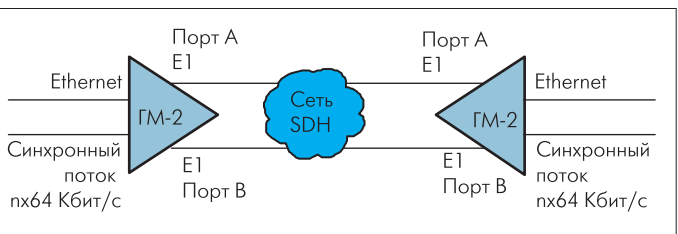


Рис.9. Применение ГМ-2 в режиме инверсного мультиплексора

ИНТЕРФЕЙС E1

В современных телефонных сетях информация между АТС передается в уплотненном виде, группами по 30 каналов. Каждый аналоговый телефонный канал оцифровывают – преобразуют в цифровой поток 64 кбит/с. 30 таких каналов уплотняют в один кадр E1 методом временного разделения (TDM – Time Division Multiplexing), так что каждому каналу отводится один тайм-слот длиной 8 бит. Кроме того, в E1-кадре входят еще два тайм-слота – нулевой, используемый для кадровой синхронизации, и 16-й – предназначенный для передачи сигнализации по телефонным каналам (служебная информация, необходимая для работы телефонных сетей). Таким образом, в один поток E1 мультиплицируется 32 канала со скоростью 64 кбит/с каждый, в результате общая скорость потока данных в канале E1 – 2048 кбит/с.

Нулевой тайм-слот каждого кадра используется для синхронизации и передачи служебной информации. Причем синхропоследовательность – 0011011 – передается в младших семи разрядах нулевого тайм-слота каждого четного кадра (0-й, 2-й, 4-й и т.д.). В нулевых тайм-слотах нечетных (1-й, 3-й и т.д.) кадров младшие пять разрядов (Sa-биты) отведены для служебной информации (их называют "национальными битами", поскольку они предназначены для служебной информации в рамках национальных сетей связи и при пересечении национальных границ устанавливаются в

положение 1). Шестой бит предназначен для передачи на дальний конец тракта информации о потере кадровой синхронизации. Седьмой бит нулевого тайм-слота – признак нечетного (1) кадра. Старший бит используется в системе мультикадровой синхронизации CRC-4 для передачи контрольной суммы предыдущего мультикадра.

Мультикадр – это последовательность из 16 кадров E1. Он необходим для передачи сигнализации в выделенном сигнальном канале (CAS) – в каждом 16-м тайм-слоте кадра E1 передается сигнализация для пары телефонных каналов (по четыре бита на канал). Для обозначения начала в 16-м тайм-слоте первого кадра мультикадра содержится мультикадровый синхросигнал.

Физический интерфейс E1 – две витые пары (см. рис.), тип линейного кода – АМІ или HDB3.



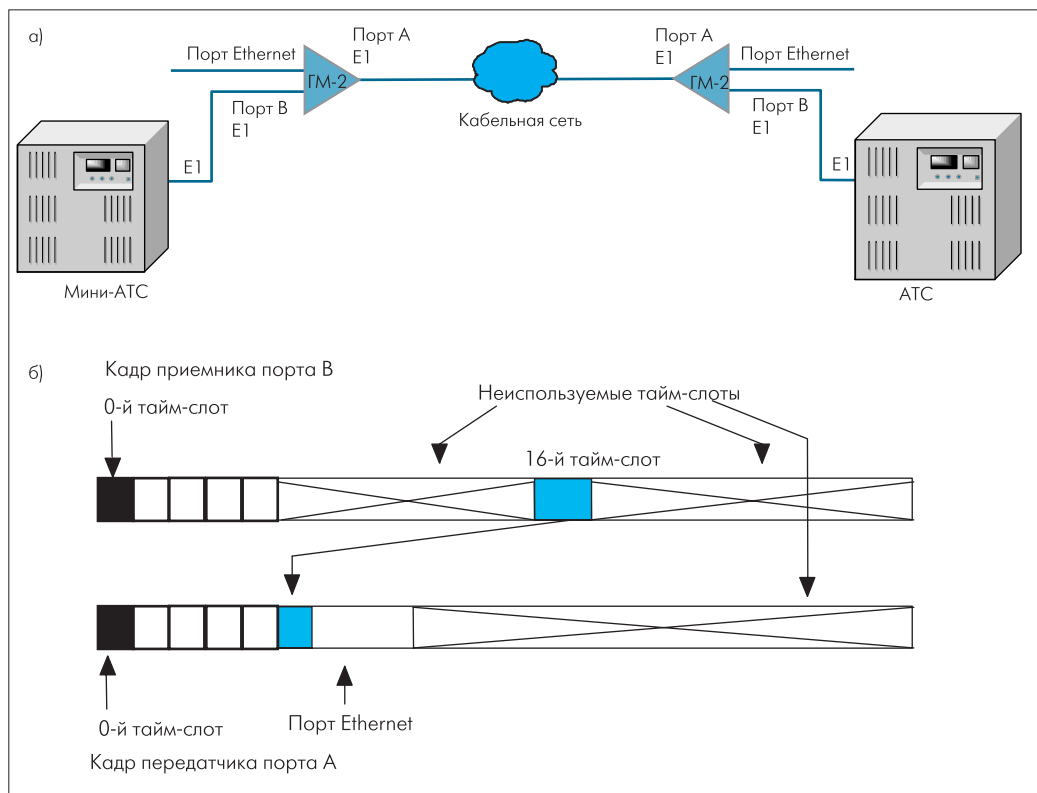


Рис.10. Перестановка 16-го тайм-слота

ковые модемы и т.п.) стандартным интерфейсом является синхронный канал V.35. Мультиплексор ГМ-2 позволяет выделить произвольное число тайм-слотов из канала E1 или SHDSL, добавить к ним кадровую метку (overhead) и направить в синхронный порт. Далее этот поток может быть передан через какую-либо систему передачи и восстановлен на приемном конце.

Данный режим оказался очень удобным при работе с аналоговыми сетями передачи (рассчитанными на частотное уплотнение) типа К-60 и др. (первичные групповые тракты). Канал К-60 предназначен для частотного уплотнения 12 телефонных каналов с шириной полосы 4 кГц (всего 48 кГц) в композитный аналоговый сигнал с рабочей полосой в диапазоне 60–108 кГц. Для работы с такими каналами компания "Зелакс" разработала модем М-АСП-ПГ, позволяющий в синхронном режиме передавать данные со скоростью до 320 кбит/с. С помощью мультиплексора ГМ-2 можно сформировать структурированный синхронный поток (до четырех тайм-слотов из портов А и В плюс кадровая метка) и по каналу V.35 направить его в модем М-АСП-ПГ и далее – в аналоговую систему передачи данных (рис.11).

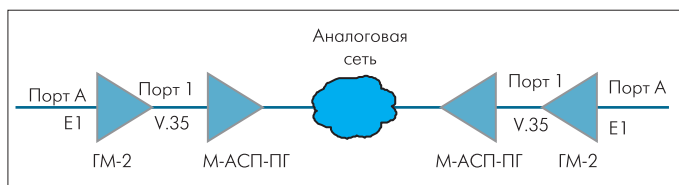


Рис.11. Применение ГМ-2 совместно с модемом М-АСП-ПГ для трансляции структурированного потока через аналоговую систему передачи

СИНХРОНИЗАЦИЯ КАНАЛОВ

В мультиплексоре ГМ-2 предусмотрена возможность выбора источника синхронизации, что позволяет в зависимости от решаемой задачи применить оптимальную схему синхронизации. В ка-

честве источника синхронизации можно использовать:

- восстановленный сигнал тактирования данных в линейных портах (А и В),
- тактовый сигнал CLK синхронного канала V.35,
- сигнал внутреннего генератора мультиплексора,
- сигнал центрального (внешнего) генератора сверхстабильной частоты.

Например, если с помощью двух мультиплексоров ГМ-2 по каналу E-1 связаны две АТС (рис.12), то для предотвращения потерь данных в потоке от АТС1 к АТС2, в MUX1 задают синхронизацию передатчика порта А от приемника порта В, а в MUX2 – синхронизацию передатчика порта В от приемника порта А. Для встречного потока (от АТС2 к АТС1) – настройки симметричные (в MUX2 пере-

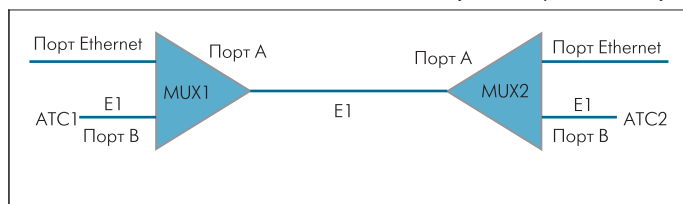


Рис.12. Выбор источников синхронизации портов ГМ-2

датчик порта А – от приемника порта В, в MUX2 – передатчик порта В от приемника порта А).

При мультиплексировании потоков данных из разных источников возникает проблема, связанная с необходимостью использовать в канале передачи два источника синхронизации. Потеря данных в таком случае не избежать. Но ущерб можно свести к минимуму, если сделать этот процесс контролируемым, согласовывая скорости потоков посредством фиксированного буфера данных (эластичная память). Когда из-за рассогласования скоростей потоков буфер окажется заполненным, происходит так называемый slip – потеря данных одного кадра. После чего синхронность фаз потоков вновь восстанавливается, а пропадание одного кадра при голосовом обмене принципиального значения не имеет. При трансляции потоков цифровых данных потерянные кадры должны быть переданы вновь, что снижает объем полезного трафика.

УПРАВЛЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Управление и конфигурирование ГМ-2 возможно непосредственно с пульта мультиплексора, через порт RS-232 в режиме терминала (с помощью терминальной программы любого компьютера) и в режиме удаленного доступа. Чтобы управлять удаленным устройством (например, в необслуживаемом пункте), необходимо организовать специальный служебный канал. ГМ-2 позволяет выделить для этого определенный тайм-слот в кадре E1. Если же лишних тайм-слотов нет, для служебного канала можно использовать до

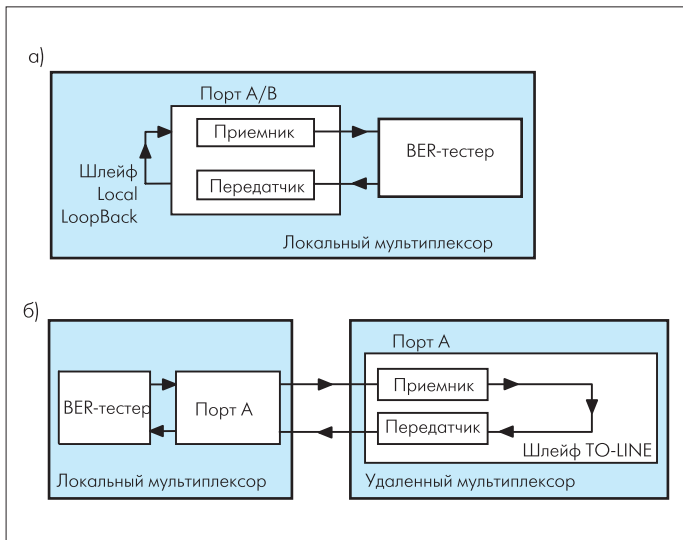


Рис.13. Тестирование GM-2: локального мультиплексора (а) и удаленного устройства (б)

пяты так называемых Sa-бит (национальные биты) в нулевом тайм-слоте каждого нечетного кадра E1 (см. врезку "Интерфейс E1").

Для контроля технического состояния в мультиплексоре предусмотрен тестовый режим, позволяющий в каждом из портов включать тестовые шлейфы, "закольцовывающие" потоки данных. Управлять включением шлейфов можно и на удаленном мультиплексоре, что позволяет проверить работоспособность как самих устройств, так и отдельных сегментов сети (рис.13). В качестве основного инструмента контроля используется встроенный BER-тестер с генератором псевдослучайной последовательности (ПСП) длиной $2^{15}-1$. Для тестирования одного мультиплексора

ИНТЕРФЕЙС SHDSL

Протокол передачи SHDSL (Single-pair high-speed digital subscriber line) приобрел статус международного стандарта сравнительно недавно – он окончательно утвержден ITU в феврале 2001 года. SHDSL явился преемником стандарта HDSL (G.991.1) и предназначался для передачи потоков E1/T1 по одной витой паре (вместо двух в HDSL) на расстоянии, большие, чем при E1/T1 (1,5–2 км). Причем сигнал SHDSL должен оказывать минимальное воздействие на соседние линии, прежде всего – с асимметричным трафиком (ADSL, VDSL и т.п.). Для повышения спектральной эффективности была выбрана 16-уровневая импульсно-амплитудная модуляция (PAM-16) в сочетании с помехозащищающим решетчатый кодом (разновидность сверточного кодирования) – TC-PAM (Trellis coded PAM). В декодере использован алгоритм Витерби. Кроме того, предусмотрено измерение импульсной характеристики канала связи, на основании которого передатчик вносит в сигнал предьсказания (алгоритм Томлинсона). В результате в одном символе SHDSL передается 4 бита (3 информационных и 1 – контрольный, следствие кодовой избыточности) вместо 2 бит в символе HDSL.

На уровне звена данных протокол SDHSL имеет кадровую структуру. В каждом кадре содержится четыре блока данных и до 50 бит служебной информации (48 бит в синхронном режиме). Размер каждого блока k определяется формулой $k = 12(i + 8n)$ [бит], где $n = 3...36$, $i = 0...7$. Соответственно, скорость передачи данных – $64n + 8i$ [кбит/с]. При $n = 36$ $i = 0$ или 1. Предусмотренная стандартом максимально возможная скорость – 2312 кбит/с.

Таблица 2. Сравнительные характеристики однопортных мультиплексоров GM-2 ("Зелакс"), E1XL (Сропх, Москва) и FCD-E1 (RAD Data Communications, Израиль)

Сравниваемые параметры	GM-2	E1XL	FCD-E1
Наличие асинхронного режима для цифровых портов	Есть, до 230 Кбит/с	Нет	Нет
Максимальная скорость синхронного порта	3968 кбит/с	2048 кбит/с	2048 кбит/с
Универсальный цифровой порт (V.35, RS-530, V.36, RS-449, X.21, RS-232 (V.24), V.10, V.11, RS-485)	Назначается типом кабеля	Нет асинхронного канала	Для каждого интерфейса требуется установка отдельного модуля
Режим инверсного мультиплексора	Есть	Нет	Нет
Функция перестановки тайм-слотов в потоке E1	Есть	Нет	Нет
Емкость журнала производительности	За последние 7 суток	Нет	За текущие 24 часа
Наличие истории аварий	Есть	Нет	Нет
Опция линейного кода AMI	Есть	Нет	Нет
Интерфейс "Сухие контакты"	Есть	Нет	Нет

GM-2 предусмотрены специальные проверочные шлейфы. В режиме тестирования линейных портов можно выбирать тайм-слоты, в которые будут вставлены данные из потока ПСП (эти же тайм-слоты будут направлены и в приемник BER-тестера). Для проверки детектора ошибок в тестовую последовательность можно вставлять биты одиночных ошибок (инвертируя отдельные биты ПСП).

Важная особенность мультиплексора GM-2 – сбор и хранение статистической информации о работе каждого из его линейных интерфейсов. Фиксируется время работы портов, а также показатели производительности – время работы без ошибок в секундах (AS), число секунд неготовности (UAS), число секунд с ошибками (ES и SES), число секунд с ошибками контрольной суммы CRC (BES), число минут низкого качества (DM) – в соответствии с рекомендацией ITU-T G.821. Кроме того, фиксируются такие непредусмотренные в G.821 показатели, как число секунд с ошибками вследствие проскальзывания буфера эластичной памяти (Slip), а также время, свободное от ошибок (EFS) и его отношение к общему времени работы мультиплексора.

Пользователю доступна статистика за все время работы портов (от момента последнего сброса счетчика времени), данные за последние 24 часа и текущая статистика за последние 15 минут. Все данные собираются с дискретностью 15 минут. Кроме журнала статистики предусмотрен журнал регистрации аварийных ситуаций.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Мы рассмотрели лишь некоторые возможности мультиплексора GM-2. Однако даже их поверхностный анализ показывает, что этот прибор эффективен и удобен во множестве приложений. Из сравнения GM-2 с однопортными устройствами зарубежных и отечественных производителей видно, что разработанный компанией "Зелакс" мультиплексор не только не уступает, но по ряду показателей и превосходит оборудование ведущих производителей (табл.2). Компания выпускает несколько модификаций GM-2 с различными функциональными возможностями. Это вместе с дополнительными интерфейсными модулями позволяет подобрать оптимальное по цене решение для конкретного применения. Причем в дальнейшем можно расширить функциональность приобретенного устройства. А регулярное обновление встроенного ПО (бесплатное) гарантирует пользователям, что их оборудование не устареет в течение длительного срока. ○