

О ВЫБОРЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Развитие сетей связи в современном мире идет по пути перехода к широкополосным услугам и интеграции широкополосных систем передачи данных (СПД), телевидения и существующих сетей телекоммуникаций.

Внедрение современных технологий, как правило, осуществляется при наличии в сети старых и новых технологий, причем, новые технологии могут существенно отличаться своими протоколами, более того, в рамках одной технологии используется аппаратура различных поколений с разными возможностями и интерфейсами.

"Островная" стратегия внедрения новых технологий в телекоммуникационных сетях, как правило, выгодна по экономическим соображениям, но ставит ряд серьезных задач по модернизации сети:

1. Возможности взаимодействия оборудования на стыках сетей с различными технологиями.
2. Выбор новых технологий и оборудования при модернизации сетей со смешанными технологиями.
3. Влияние технологий на параметр качества сервиса QoS при прохождении информации через сегменты с разными технологиями.
4. Степень прозрачности сети с различными технологиями для приложений, представляющих услуги пользователям.
5. Выбор стратегии модернизации смешанной сети по прогнозируемым трафикам и услугам.

Имеется большое число публикаций по современным технологиям, например, [1-4]. Однако большой объем имеющейся информации затрудняет принятие решения на этапе разработки общей стратегии модернизации существующей сети. Целесообразно иметь базу данных с наиболее важными качественными показателями современных технологий.

Проанализируем наряду с классической цифровой технологией PDH перспективные технологии SDH, FR, ATM, AON. Будем учитывать, что LAN-технологии взаимодействуют с перечисленными выше технологиями при организации удаленного доступа к локальным сетям через городские (MAN) и глобальные (WAN) сети.

Технология ATM включает все семь уровней взаимодействия OSI и имеет следующие показатели:

- специально разработана для передачи смешанного широкополосного трафика (тональных сигналов, видеосигналов, сигналов изображения, данных);
- может объединять различные типы трафика и различные требования к его передаче, причем, возможно динамическое перераспределение трафика в процессе передачи;
- асинхронное мультиплексирование обеспечивает более гибкое использование полосы, поскольку предусматривает загрузку данных по мере их поступления от источника;
- используется пакетная коммутация;
- пакеты (ячейки) фиксированной длины, достаточно короткие (всего 53 байта), что позволяет уменьшить задержки при передаче голоса и видео (в большинстве других технологий пакеты имеют переменную длину и, как правило, очень велики, что обеспечивает качественную работу СПД, но приводит к появлению задержек);
- ATM менее эффективна и экономна для передачи данных, чем классические технологии, например, Frame Relay (для блоков данных в 32 байта эффективность ATM порядка 34 % и только для больших массивов в 4900 байт эффективность 89 % в сравнении с FR);
- сложная архитектура внутренних протоколов, охватывающих различные уровни OSI и интерфейсы взаимодействия (в отличие от большей части технологий, работающих не выше третьего уровня, ATM занимает все семь уровней);
- ATM объединяет все существующие и перспективные технологии в едином протоколе, что определяет достаточно сложную и разветвленную архитектуру ATM;
- возможно применение в любых по размеру сетях (в локальных LAN-сетях из-за своей сложности при низких трафиках применение не всегда оправдано);
- прозрачность сети ATM для других технологий, которая обеспечивается за счет применения двух протоколов: VC-мультиплексирования, при котором трафик от разных протоколов передается

по различным виртуальным каналам, и многопротокольной инкапсуляции (вложения) LLC, причем, в обоих случаях протоколы передачи данных, например, TCP/IP, переносятся в поле информационной нагрузки уровня CPCS PDV;

- возможна организация удаленного доступа к LAN-сетям через ATM-сети с помощью специальных протоколов LANE (LUNI и LENNI), реализуемых в шлюзах ATM/LAN, которые со стороны LAN выступают как устройства типа моста маршрутизатора, а также с помощью трехуровневого протокола MPOA для передачи трафиков от роутеров.

Frame Relay – наиболее распространенная технология глобальных WAN-систем передачи данных имеет следующие показатели:

- упрощенный в сравнении с X.25 протокол без обнаружения и исправления ошибок, обладающий низкой протокольной избыточностью;
- более высокая в сравнении с X.25 скорость передачи данных (кадры в коммутаторах не подвергаются преобразованиям и не передаются квитанции подтверждения между коммутаторами на каждый кадр);
- приспособленность к передаче пульсирующего трафика;
- обязательно наличие высококачественной линии связи, как правило, на основе оптического кабеля;
- способность гарантировать ряд параметров качества является ключевым достоинством FR;
- вместо установления приоритетов для трафика используется процедура заказа качества обслуживания при установлении соединения, отсутствующая в сетях X.25 и появившаяся в сетях TCP/IP в форме протокола RSVP, еще не поддерживаемого поставщиками услуг Internet;
- пользователь может заключить соглашение на предоставление при установлении виртуального соединения гарантированной скорости CIR, заданной пропускной способности порта B_c (гарантия качества, если предоставляется возможность пропустить дополнительную информацию), а также на дополнительный объем информации без гарантии качества B_e сверх B_c ;
- пользователь может заключить соглашение на QoS не только по формуле $(CIR + B_c + B_e)$, но и $(CIR + B_c)$, когда в сети без перегрузок кадры доходят до конечного узла даже, если пользователь постоянно нарушает соглашение, а также по формуле $B_c (CIR = 0)$, когда максимальная скорость обеспечивается без гарантии качества;
- пользователь платит не за пропускную способность, а за заказанные CIR, B_c , B_e ;
- параметры качества обслуживания могут быть различными для разных направлений виртуального канала;
- FR могут представлять постоянные PVC и коммутируемые виртуальные каналы SVC;
- сумма CIR-виртуальных каналов не должна превышать пропускную способность порта коммутатора, для PVC это решает оператор сети, для SVC – программное обеспечение коммутатора;
- гарантий по задержке кадра FR не дает, что сдерживает применение FR для передачи голоса, а для видео кроме того недостаточна скорость доступа в 2 Мбит/с;
- при переходе в ATM-сеть вся служебная информация в информационных полях кадра FR преобразуется в информационные ячейки ATM.

В классической цифровой технологии PDH можно выделить один главный показатель – наличие плезиохронного мультиплексирования с выравниванием тактовых частот входящих сигналов методом стаффинга, из-за этого PDH имеет серьезный недостаток - при демультиплексировании требуется пошаговое восстановление исходных каналов, а это в свою очередь делает невозможным непосредственно выделять требуемый канал без установки всего комплекса оконечного оборудования.

Современная скоростная цифровая технология SDH характеризуется следующими показателями:

- синхронное мультиплексирование входных цифровых потоков (трибов) позволяет идентифицировать и выделять сразу любой триб без последовательной разборки в отличие от PDH;
- могут загружаться и выгружаться трибы как PDH, так и SDH различных уровней иерархии и стандартов (европейского, американского, японского);
- входные трибы инкапсулируются (вкладываются) в синхронные контейнеры с соответствующими указателями и заголовками, причем, предусматривается наличие контейнеров различного объема, которые организуются по принципу: малый в большом, а большой в еще большем, что позволяет в зависимости от скорости триба загружать его в контейнеры соответствующего размера;
- иерархия базовых контейнеров-модулей STM стандартизирована (от STM-1 до STM-64 со скоростью от 155 Мбит/с до 10 Гбит/с);

– синхронное мультиплексирование намного сложнее плезихронного, соответственно возросли требования к системе синхронизации, качеству среды передачи и параметрам системы передачи, увеличилось число параметров, существенных для работы сети;

– оборудование SDH имеет стандартные оптические и электрические интерфейсы, что обеспечивает совместимость оборудования различных производителей;

– имеется система самодиагностики первичной сети;

– большое количество сигналов о неисправностях, передаваемых по сети SDH, позволило создать эффективную систему управления на основе платформы TMN, которая обеспечивает управление сколь угодно разветвленной первичной сети из одного центра;

– сеть имеет высокую надежность за счет физического дублирования выходных потоков синхронных мультиплексов (две оптические линии на выходе) и позволяет организовать резервированные по схемам 1+1 и 1:1, а также резервирование на уровне виртуальных контейнеров VC, распределенное по сегментам сети;

– в силу модульной конструкции SDH мультиплексы SMUX, кроме мультиплексирования, могут за счет подбора модулей и системы управления выполнять задачи коммутации, концентрации и регенерации.

AON-технология полностью оптических сетей. Она является транспортной сетью, а ATM, SDH, PDH, Gigabit Ethernet и др. для AON – сетевые приложения.

AON технология имеет следующие качественные показатели:

– при коммутации, мультиплексировании, ретрансляции, обработке сигналов главную роль играют оптические технологии и, как правило, операции с сигналами выполняются только в оптическом диапазоне без преобразования в электрический;

– практически полная защита от электромагнитных влияний на линии, сложность несанкционированного доступа к передаваемой информации, электромагнитная совместимость с системами радиодиапазона;

– не требуется защита линий от влияний атмосферного электричества, высоковольтных линий;

– отсутствуют токи проводимости в оптических линиях, не требуется электрическая изоляция, линии могут находиться в воде и других проводящих средах;

– сложность организации дистанционного питания промежуточного оборудования (необходимость использования оптических кабелей с проводящими жилами или другие способы);

– сверхбольшие полосы пропускания и сверхбольшие скорости передачи цифровой информации, особенно в случае использования плотного волнового мультиплексирования DWDM (оптическое ЧРК с плотным расположением большого числа оптических несущих, для которого по ИТУ-T установлена сетка частот с интервалом 100 или 50 ГГц, например, 40 каналов STM-64 обеспечивают при шаге 100 ГГц скорость 400 Гбит/с на одно оптическое волокно);

– возможность организации оптической коммутации каналов и пакетов и соответственно – оптической маршрутизации как пассивной, так и активной;

– динамическая волновая оптическая маршрутизация с коммутацией каналов на основе волновой конверсии, т.е. смены оптической несущей после прохождения конвертора, обеспечивает большую гибкость сети и повышает эффективность использования ограниченного числа оптических каналов;

– электронное управление извлечением из общего оптического потока и добавлением в него оптических цифровых потоков на заданном программным образом множестве оптических несущих λ ;

– возможность использования оптической управляемой волновой конверсии для организации систем резервирования по аналогии с использованием виртуальных контейнеров SDH;

– прозрачность технологии для ATM, SDH, PDH, Gigabit Ethernet и других технологий низшего уровня.

В табл. 1 представлены основные требования к параметрам трафика некоторых широкополосных интерактивных служб. Данные являются результатом исследования по европейскому проекту RACE. В табл. 2-6 приведены базовые скорости передачи информации различных технологий. В современных LAN-сетях (табл. 2) могут использоваться скорости передачи от 2,5 до 1000 Мбит/с. В цифровых MAN и WAN-сетях наблюдается тенденция роста скоростей передачи (табл. 3-5). В традиционных технологиях, технологиях X.25 и Frame Relay скорости достаточно низкие (табл. 3), в плезихронной технологии PDH европейского стандарта скорости достигают 564,992 Мбит/с (табл. 4), в синхронной

технологии SDH скорости еще выше – до 9953,28 Мбит/с (табл. 5). В оптических сетях скорости могут достигать 400 Гбит/с (табл. 6).

Таблица 1

Служба	Класс пользователей	V _p , бит/с	Пачечность	Длительность пика или сеанса связи		Входящая нагрузка в ЧНН, Эрл	Число вызовов в ЧНН
				T _p , с	T _c , с		
Телефония	КС	64К	1	100	100	0,1	3,6
	ДС	64К	1	100	100	0,4	14,4
	УАТС	64К	1	100	100	4,5	162,0
Факс (цветной)	ДС	2 М	1	3	3	0,01	12,0
	УАТС	2 М	1	3	3	0,03	12,0
Передача файлов	ДС	2 М	1	1	1	0,20	10,8
	УАТС	2 М	1	1	1	2,70	10,8
Видео-телефония	КС	10 М	5	1	100	0,02	0,72
	ДС	10 М	5	1	100	0,02	0,72
	УАТС	10 М	5	1	100	0,1	3,60
Поиск видео	КС	10 М	54	10	540	0,03	0,2
	ДС	10 М	18	10	180	0,10	2,0
	УАТС	10 М	18	10	180	0,40	8,0
	Центр служб	10 М	48	1	480	2,33	46,2
Поиск документов	КС	64 К	200	0,25	300	0,05	0,6
	ДС	64 К	200	0,25	300	0,25	3,0
	УАТС	64 К	200	0,25	300	0,50	6,0
	Центр служб	64 К	200	0,25	300	2,30	39,6
Данные по требованию	ДС	64 К	200	0,04	30	0,20	24,0
	УАТС	64 К	200	0,04	30	0,60	72,0

КС – квартирный сектор; ДС – деловой сектор; УАТС – учрежденческая АТС

Таблица 2

Технология	Arcnet	Token Ring	Ethernet	Fast Token Ring	Fast Ethernet, 100-VG-AnyLAN, FDDI	Gigabit Ethernet
Скорость, Мбит/с	2,5	4	10	16	100	1000

Таблица 3

Технология	Традиционные	X.25	FR
Скорость, Кбит/с	От 7,4 до 9,6	9,6; 19,2; 56	64; 128; 252; 384; 512; 768; 1024; 1536; 2048

Таблица 4

Уровень	E1	E2	E3	E4	E5
Скорость, Мбит/с	2,048	8,448	34,368	139,264	564,992

Таблица 5

Уровень	Sub-STM-1 (STM-0)	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64
Скорость, Мбит/с	51,84	155,52	622,08	2488,32	9953,28

Таблица 6

Технология	FR	Ethernet 10Base FL,FB, FX	FDDI, Ethernet 100 Base FX	STM-1	STM-4	Ethernet 1000 Base SX, LX	STM-16	STM-64	WDM (< 6-7 STM-64)	DWDM (40 STM-64 с шагом 100 ГГц)
Скорость, Гбит/с	0,002	0,01	0,1	0,155	0,622	1	2,5	10	< 60-70	400

На рис. 1-7 даны информационные структуры, иллюстрирующие различные технологии телекоммуникационных сетей и примеры взаимодействия технологий между собой

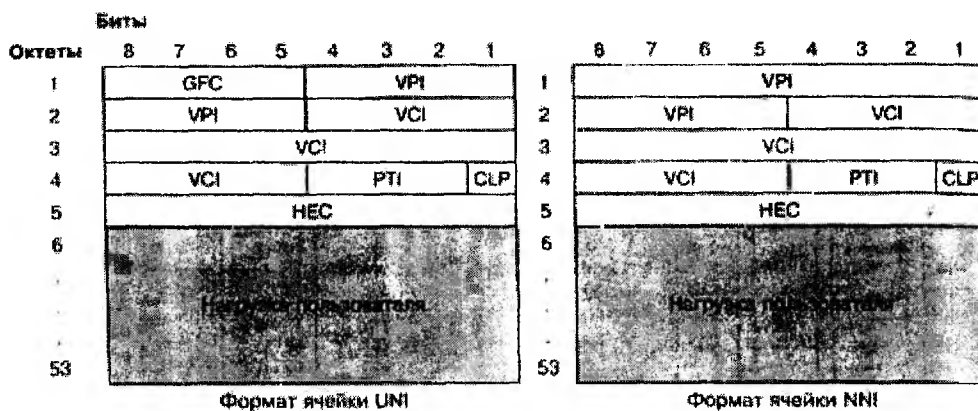


Рис. 1. Ячейки ATM

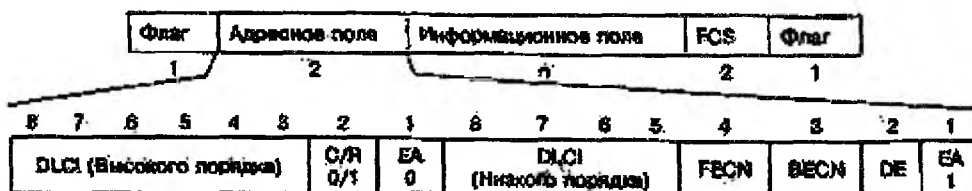


Рис. 2. Структура кадра Frame Relay с адресным полем

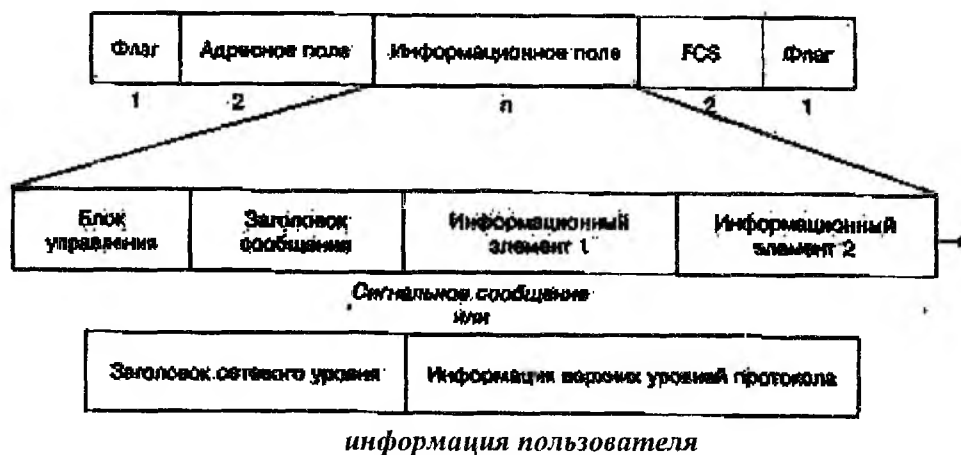


Рис. 3. Структура кадра Frame Relay с информационным полем

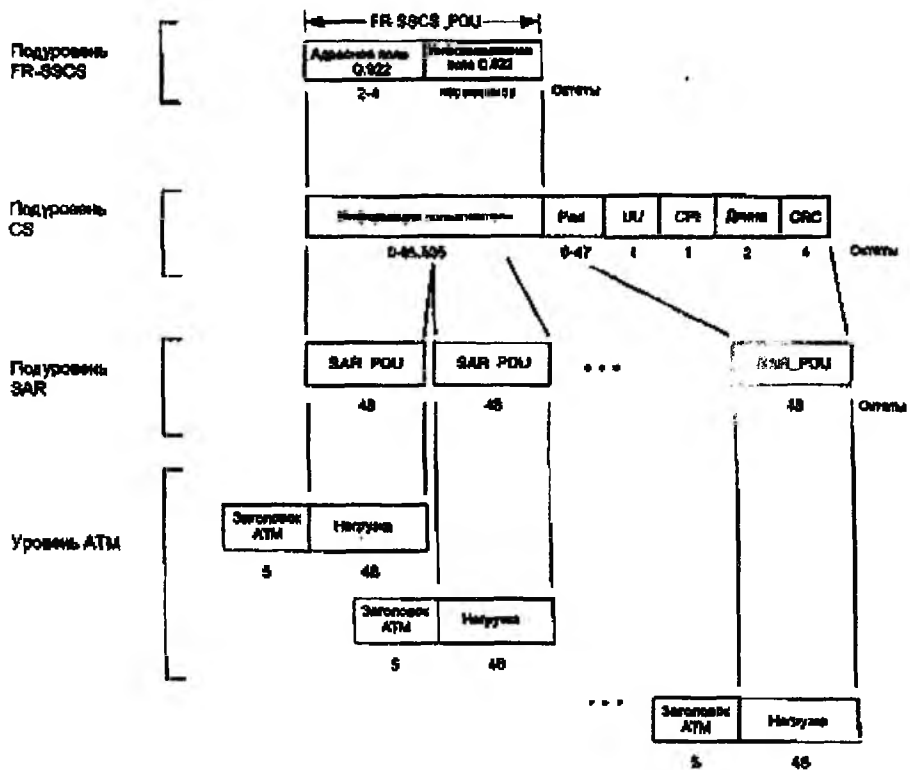


Рис. 4. Преобразование протокола Frame Relay в протокол ATM

Преамбула длиной в семь октетов	Октет "организатор" начала кадра	"Адрес получателя" длиной в шесть октетов	"Организационный адрес" длиной шесть октетов	Поле длины данных длиной в два октета	Поле данных переменной длины (больше 46 октетов, но меньше 1482)	Контрольная последовательность кадра длиной в четыре октета
---------------------------------	----------------------------------	---	--	---------------------------------------	--	---

Рис. 5. Кадр Ethernet стандарта IEEE 802.3

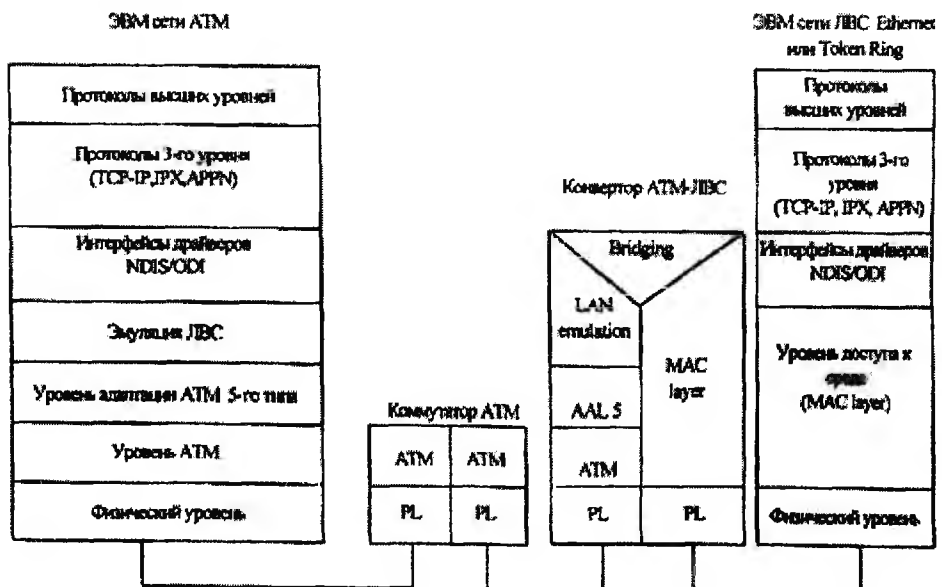


Рис. 6. Конвертирование ATM – ЛВС

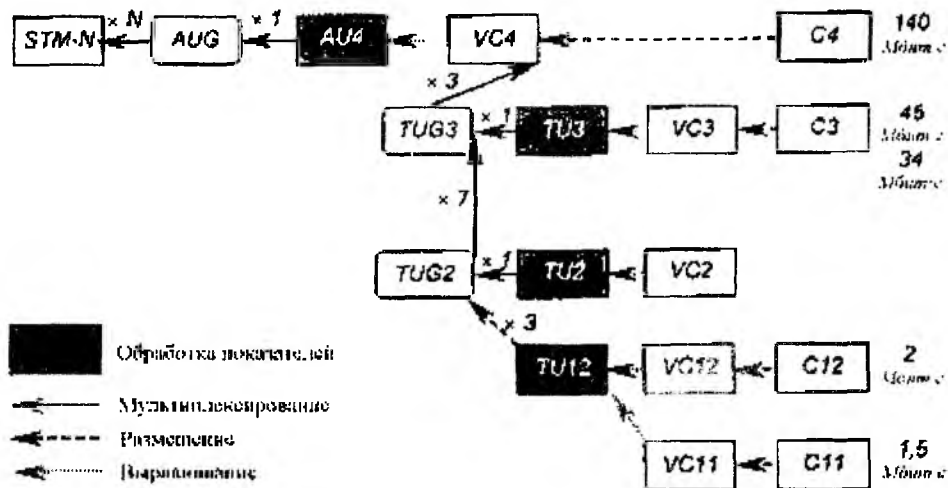


Рис. 7. Загрузка цифровых последовательностей PDH в синхронный модуль STM-N технологии SDH

Список литературы: 1. Назаров А.Н., Симонов М.В. АТМ: технология высокоскоростных сетей. М.:Эко-Трендз, 1998. 252с. 2. Н.Н. Слепов. Синхронные цифровые сети SDH. М.: Эко-Трендз, 1998. 252с. 3. Хендерсон Л., Дженкинс Т. Frame Relay. Межсетевое взаимодействие. М.: ЭНТРОП, 2000. 320с. 4. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. М.: Эко-Трендз, 2000. 267с.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 02.10.2001