

Коммутационное E1-гелие

(Разумеющий английский, да услышит!)

Борис Гольдштейн - д.т.н., профессор, зам. директора по науке ЛОНИИС

Александр Гольшко - гл. эксперт ЗАО «Компания «МТУ-Информ»

Манфред Шнепс-Шнеппе - д.т.н., профессор, руководитель отдела системных исследований фирмы «Светец»

Геннадий Яновский - д.т.н., профессор, зав. кафедрой сетей связи ГУТ им. Бонч-Бруевича



Однажды во время проведения выставки СВЯЗЬ-ЭКСПОКОММ'2001 мы решили совместно высказаться на тему, являющуюся, как нам представляется, одним из краеугольных камней отрасли связи. Вероятно, сей совместный труд может быть полезен и как упрощенная модель, имитирующая сложные современные взгляды на будущее телекоммуникаций, и как краткий сборник

коммутационных идей и технологий, адресованный широкому кругу читателей от начинающих связисток и связистов до наших умудренных опытом коллег. Ведь даже если мы говорим об одном и том же, то отталкиваемся от собственного восприятия и акцентируем внимание на разных событиях. Точно также процесс революционного развития телекоммуникаций воспринимается в пестром мире связистов, компьютерщиков и пр. и пр. Вот, к примеру, студенты обычно получают в качестве собственного мнения мнение конкретного преподавателя. А ведь реальная жизнь подчас гораздо сложнее.

Итак, что касается темы коммутации, то все во всемирной отрасли связи начиналось с нее и развивалось в соответствии с ее технологическими воплощениями. Ну а каналы E1 являются самой ходовой телекоммуникационной «валютой» (во всяком случае по эту сторону Атлантики), по размерам которой судят о возможностях сетевых операторов, что в наши дни немаловажно.

«Напряжение двух противоположных начал есть Божественная сущность мира.»

Дмитрий Мережковский «Тайна трех. Египет – Вавилон.»

От Бориса

1. Четвертого июля 1776 года король Георг III сделал в своем дневнике следующую запись: *«Сегодня не произошло ничего важного»*. Он даже не подозревал, что в этот день за океаном родилось государство, которое сначала нанесет поражение Англии, а затем поведет ее и другие страны по пути технического прогресса.

Через 100 лет после этой записи 13 марта 1876 г. в этом самом государстве Гарднер Хаббард написал своему зятю Александру Беллу, уже получившему за шесть дней до этого патент на изобретение телефона, следующее письмо: *«Если бы вы могли изобрести что-нибудь полезное в области телеграфии, вы бы обеспечили годовой доход ... и потом, отписав его вашей жене, вы могли обучать визуализированной речи и ставить эксперименты с чистой и спокойной совестью»*.

И еще через 100 лет в 1976 г. там же в калифорнийском гараже два Стива – Стив (Стефен) Возняк и Стив (Стивен) Джобс собрали персональный компьютер «Эппл», показав тем самым компании IBM пример для начала коммерческого выпуска IBM PC, преобразовавших современный мир и опровергнувших прогноз своего директора Томаса Уотсона о том, *«Что на мировом рынке можно будет продать штук пять компьютеров»*.

2. Приведенные примеры прекрасно иллюстрируют сложность и даже безнадежность затей авторов, как, впрочем, и авторов других научно-технических прогнозов, исключая, возможно, гениального Жюль Верна. Действительно, кто из современников изобретения Белла в 1876 году мог представить себе всепланетную телефонную сеть коммутации каналов, составляющая вместе с транспортом и банковской системой основу современной цивилизации и до сих пор являющаяся самой сложной технической системой, созданной человечеством? И кто совсем недавно смог бы распознать в сменявшихся игровых «Атари» и «Зайлги» персональных компьютерах IBM PC, объединяющихся в другую всепланетную сеть – Интернет, потенциального могильщика этой самой телефонной сети с коммутацией каналов? Не предлагаю даже бросить камень.

Но обо всем по порядку.

3. Родословие телефонии, дочери Белла. Первые сто лет или около того, эволюция телефонной сети происходила довольно медленно. По сути, за исключением декадно-шаговых электромеханических станций и телефонов с дисковым номеронабирателем, за первые 50 лет было мало что сделано в плане технологии. Внедрение координатных АТС в 1937 году, автоматической междугородной связи в 1950-х годах и тонального набора номера в 1960-х годах можно назвать революционными событиями только условно. Согласно учебникам, по которым, к сожалению, и сегодня учат студентов в ВУЗах связи, под коммутацией понимается процесс замыкания, размыкания и переключения электрических цепей. Появление цифровых АТС сместило понятие коммутации электрических цепей в сторону более общего понятия коммутации каналов и позволило переопределить коммутацию как кратковременное установление соединения между вызывающим абонентом и заданным им выходом, например, вызываемым абонентом, на период сеанса обмена информацией между ними с последующим разъединением этого соединения по указанию вызывающей и/или вызываемой стороны.

4. Вся эта смена понятий, впрочем, была и осталась сугубо внутриотраслевой эволюцией, затронувшей разве что еще и строителей, совсем еще недавно возводивших высоченные здания с бойницами вместо окон для размещения координатных АТС, украшающих и сегодня российские города. На функциональном же уровне телефонные сети с коммутацией каналов до самого последнего времени характеризовались тремя тройками:

- **3** вызова от абонента в час наибольшей нагрузки;
- **3** минуты - длительность телефонного соединения;
- **3** КГц - полоса, предоставляемая каждому телефонному соединению.

Эти три тройки соответствовали телефонным сетям с коммутацией каналов на протяжении практически всей их истории и были вполне достаточны для традиционных услуг телефонной связи POTS (Plain Old Telephone Service).

5. Темпы эволюции относительно возросли с появлением технологии ISDN, идеологии Информационной супермагистрали и, разумеется, Интернет, увеличившей, например, с 3 до 18-20 минут среднее время занятия для телефонного абонента, устанавливающего соединение со своим Интернет-провайдером. Именно этот виток эволюции добавил две новые тройки, составившие «три источника и три составные части» телефонных сетей на современном этапе:

- **3** источника телефонной нагрузки: *речь* (телефонные разговоры, справки, речевая почта, оповещение и пр.), *данные* (Интернет, факс, e-mail и др.) и *видеоинформация* (например, «видео по требованию» - VoD);
- **3** составные части абонентского доступа к узлам коммутации каналов: *металлический кабель* (телефонная пара, телевизионный коаксиал), *оптоволокно* и *радиоканал* (WLL).

6. Появление двух дополнительных троек не могло не повлиять на архитектуру современных коммутационных платформ АТС. Тем не менее, все, включая и самые современные, АТС построены для конкретных целей. Они должны обеспечивать эффективную и надёжную коммутацию каналов, и они это делают. Именно по этой причине непосредственная поддержка ими спектра перспективных услуг, например, услуг IP-телефонии проблематична. Хотя к этим традиционным фирменным коммутаторам могут подсоединяться дополнительные серверы, получаемые технические решения часто неуклюжи и очень расточительно используют ресурсы.

7. Безусловно, возможны новые весьма экономные и изящные решения для новых «конвергированных» перспективных АТС, но потребности в таких системах ограничены, пожалуй, отечественным рынком, а ресурсов на разработку всегда не хватает. Сегодня ни один из самых крупных телекоммуникационных гигантов не обладает всей совокупностью требуемых на рынках западных стран продуктов и технологий, в связи с чем разными корпорациями на разных этапах и по-разному провозглашаются технические решения для E1 поверх IP, а IP поверх ATM, или Frame Relay, или прямо поверх SDH, или прямо поверх DWDM, или Но вне зависимости от того, будут ли шире использоваться сети ATM, или развивающиеся IP-сети, наряду с будущими сетями 3G, или все пойдет прямо по DWDM, или попытки оправдать сделанные инвестиции приведут к распространению многослойной архитектуры IP/ATM/SDH/DWDM, хотелось бы здесь и сейчас сформулировать гораздо более принципиальный и лежащий над этими спорами, поистине E1-гелический постулат: *технологические проблемы конвергенции разнородных сетей связи на всех этапах этой конвергенции должны быть скрыты как от разработчиков новых телекоммуникационных услуг, так и от абонентов - пользователей этими услугами.*

8. Что же касается отечественных проблем коммутации каналов, то на сегодняшний день на территории России требуют замены около 15 миллионов номеров координатных и 4,4 миллиона номеров декадно-шаговых телефонных станций. К этому числу следует добавить 7 миллионов неудовлетворенных заявок на установку телефона плюс еще столько же тех, кто просто не подал заявку, при этом незадействованная емкость составляет порядка 2 миллионов номеров. В 2000 году количество телефонов на 100 жителей составило по стране 21%, коэффициент наличия мобильной связи - 2,9%, а доля пользователей Интернет - всего 1,7%. Эти же показатели для западных стран составляют соответственно 40-60%, 20-40% и 20-30%. По планам Минсвязи в 2010 году в России телефонная плотность будет составлять 33%, доля мобильных абонентов - 11%, а пользователей Интернет - 10%.

В этих специфических условиях поддержка как традиционных систем с коммутацией каналов, так и новых систем еще важнее. При переходе от одних систем к другим важно, чтобы АТС нового поколения были способны поддерживать как новые, так и существующие стандарты, включая АОН, R1.5, сельские сетевые структуры и системы сигнализации, существующий биллинг на междугородных АТС и т.п. В связи с этим архитектура новых АТС должна абстрагироваться как от сигнализации, так и от каналов передачи информации, т.е. дополнительные приложения высокого уровня могут абстрагироваться от аспектов нижних уровней, таких как сетевые протоколы (R1.5, OKC7, DSS1), тип передающей среды (ИКМ, IP) и методы кодирования информации (G.711, G.723, G.729). Также важно, чтобы АТС нового поколения поддерживали как интерфейсы E1 сетей с коммутацией каналов, так и интерфейсы IP-сетей, а также открытые интерфейсы, специфицированные ITU-T, ETSI, IETF и другими отраслевыми органами стандартизации, стандарты интеллектуальных сетей, включая наборы функциональных возможностей CS1 и CS2, и внешние интерфейсы, такие как PARLAY-совместимые интерфейсы, интерфейсы MGCP и SIP.

В этом случае эти новые АТС обеспечат жизнеспособную и полную замену существующих декадно-шаговых и координатных систем, предоставляя также при этом ряд дополнительных услуг, таких как телефонные карты, уведомление о поступлении нового вызова при работе в Интернет и др.

9. Вышесказанное позволяет сформулировать еще один, развивающий предыдущий E1-гегельский постулат: *логика попыток более тесно объединить мощность Интернета и интуитивность речи как в привычной фиксированной, так и в комфортной мобильной телефонных сетях является главным направлением развития коммутации каналов, которое и называется "конвергенцией"*.

10. Когда еще совсем недавно IP был единственным королём на широком телекоммуникационном поле, понятие "конвергенция" в большинстве публикаций заключалось в способности передавать голос по IP-сетям. Среди достоинств такого метода - экономия благодаря эксплуатации одной сети вместо двух, а также лёгкость создания и развёртывания услуг в компьютерной среде и тот факт, что многие новые поставщики услуг не имели сетей общего пользования. При этом предполагалось, что инфраструктуру существующей телефонной сети с коммутацией каналов можно успешно игнорировать.

11. Сегодня ажиотаж вокруг «чистого» IP как единственной сетевой технологии несколько спал, и термин "конвергенция" стал заключать в себе гораздо более широкий спектр элементов, из которых VoIP - просто один из аспектов, в то время как существующие телефонные сети и сети мобильной связи с коммутацией каналов, похоже, намереваются в обозримом будущем остаться в силе.

12. Теперь под конвергенцией понимается слияние различных технологий доступа в Интернет, слияние различных магистральных сетей для передачи речи и данных и слияние речи и данных для предоставления совершенно новых возможностей конечному пользователю, в том числе, и на основе коммутации E1.

А такая трактовка позволяет сформулировать третий, также являющийся следствием первого, E1-гелический постулат: *главной задачей коммутации каналов в обозримом будущем будет предоставление услуг, доступ к которым может осуществляться так же легко с телефона, мобильного терминала или РС и которые могут разворачиваться одинаково просто по сетям с коммутацией каналов и по сетям с коммутацией пакетов, предлагая одинаковые возможности для конечного пользователя, реализуя все преимущества обоих миров.*

Да сопутствует всем нам успех в решении этой задачи.

От Геннадия

1. “Процесс создания технологии подобен строительству собора. В течение нескольких сотен лет приходят все новые и новые люди и каждый укладывает камень поверх существующей кладки, говоря при этом: «Я строю собор». А потом приходит историк и спрашивает: «Кто же построил собор?» Питер положил камень здесь и Поль добавил еще немного. Если вы не будете точны в деталях, вы можете уговорить себя, что это вы сделали наиболее важную часть работы. Но правда состоит в том, что усилие каждого является продолжением предыдущей работы. Однако история часто ленива и стремится отдать предпочтение архитектору и основателю собора. Может быть, мы должны быть более аккуратны, чтобы избежать подобной простоты, но мы также ленивы и готовы определить одного человека и забыть других, кто реально сделал все это возможным.” (*Paul Baran, March 5, 1990*).

Примечание: ряд упомянутых ниже событий и имен заимствован из книги J. Gillies, R. Cailliau “How the Web was born: the story of the World Wide Web”, Oxford University Press, 2000.

2. Появление информации и необходимости каким-либо образом ее передавать идет бок о бок с развитием человеческого общества. На планете менялись общественно-исторические эпохи, возникали и исчезали империи, тоталитаризм и демократия с завидной регулярностью сменяли друг друга, декабристы будили Герцена, аграрный комплекс ежедневно и ежечасно рождал мелкую буржуазию, а мелкая буржуазия становилась крупной и развивала до невиданных масштабов индустриальное общество. И все эти процессы были бы невозможны без развития соответствующих систем связи, история которых неотделима от истории совершенствования технологий передачи информации. Начав развиваться как простейший голосовой канал между людьми, они постепенно превратились в мощный интерфейс между все более и более совершенными компьютерами (которые попутно легко решают и задачу передачи голоса). Телекоммуникационный мир вдруг серьезно задумался над сменой парадигмы систем коммутации на сетях связи. И это, в свою очередь, стимулировало дальнейшее развитие сетевого строительства.

Но началось все с космоса.

3. Когда мы пытаемся понять, какие именно события явились спусковым механизмом, определившим появление компьютерных сетей, мы должны вернуться к 4 октября 1957 г., когда Советский Союз запустил первый искусственный спутник на околоземную орбиту. Запуск спутника в корне изменил направления научных исследований в США. В ответ на действительно фантастический успех Советского Союза Президент США Д. Эйзенхауэр (D. Eisenhower) объявил, что вся система оборонных исследований должна быть перестроена так, чтобы в будущем Америка опережала Советский Союз хотя бы на один шаг. Д. Эйзенхауэр был солдат, но в вопросах долгосрочных научных исследований он доверял ученым больше, чем военным. В окружении Президента было несколько наиболее талантливых американских ученых, занимавших ключевые посты и у Президента был собственный научный советник.

Даже Министр обороны в правительстве Эйзенхауэра, McElroy, не имел военного образования и пришел в правительство из компании Proctor and Gamble, где он последовательно поднимался по служебной лестнице, начав с продавца и закончив должностью президента компании. Опыт работы McElroy в компании Proctor and Gamble показал, что инвестиции в научные исследования и разработки напрямую определяют успехи компании. Желая перенести этот опыт в военное ведомство, McElroy предложил создать в рамках Министерства обороны центральную организацию, которая бы осуществляла руководство всеми долгосрочными научными исследованиями, связанными с проектами, ориентированными на военные цели. Эта идея встретила сопротивление со стороны руководства министерства обороны, но Эйзенхауэр одобрил ее. 7 января 1958 г. Президент обратился к Конгрессу с предложением выделить деньги на новую организацию и Конгресс поддержал эту идею. Результатом этого явилось создание в 1958 г. в Вашингтоне (в рамках Министерства обороны США) организации, названной Advanced Research Projects Agency (ARPA).

4. В начале основные проекты в ARPA были связаны с разработкой противоракетных и спутниковых систем, однако вскоре космические программы были переданы в NASA. К 1962 г. структура ARPA окончательно сложилась, и были определены основные области долгосрочных исследований – противоракетная оборона и контроль ядерных испытаний, однако в составе организации был сформирован небольшой отдел (менее 10% бюджета), получивший название Information Processing Techniques Office (IPTO) во главе с Дж. Ликлайдером (J.C.R. Licklider).

Ликлайдер пришел в ARPA в 1962 г. из небольшой научно-исследовательской компании Bolt, Beranek and Newman (BBN), расположенной в Кембридже, штат Массачусеттс. Будучи психологом, Дж. Ликлайдер исследовал проблемы взаимодействия человека и компьютера, работая в тесном контакте со специалистами Гарвардского университета и Массачусеттского технологического института (Massachusetts Institute of Technology, MIT). В 1962 году Дж. Ликлайдер и Welden Clark представили доклад на национальную весеннюю компьютерную конференцию AFIP, посвященный человеко-машинному взаимодействию. Многие идеи, высказанные в статье, сегодня ушли в прошлое, но может быть наиболее удивительным было предсказание, что через 20 лет [считая от 1962 г.] работа на компьютерной клавиатуре будет доступна детям, а спустя 40 лет клавиатура будет также распространена как карандаш.

Одной из первых задач, с которой столкнулся Дж. Ликлайдер после прихода в ARPA, было применение компьютеров для управления боевыми операциями. Основываясь на идее разделения времени, о которой Дж. Ликлайдер услышал впервые на конференции AFIP в 1962 г., он предложил использовать прямой доступ к компьютерам с нескольких рабочих мест. Немаловажным было то, что Дж. Ликлайдер смог собрать в ARPA мощную команду специалистов по вычислительной технике, привлекая выпускников и студентов Гарварда и MIT. С помощью этой команды Дж. Ликлайдер реализовал на практике теоретические идеи систем с разделением времени.

Проработав в ARPA два года, Дж. Ликлайдер сменил основное направление IPTO с разработки методов управления, ориентированных на военные приложения, в сторону глубоких исследований в области перспективных вычислительных систем. Он не смог создать компьютерную сеть, но он задал первый импульс в этом направлении.

5. В 1965 г. в IPTO пришел Б. Тейлор (B. Taylor), который в 1966 г. становится директором этого отделения ARPA. Для руководства наиболее важными проектами Б. Тейлор приглашает молодого специалиста по вычислительной технике Л. Робертса (Larry Roberts), работавшего в Лабораториях Линкольна (Lincoln Labs) в MIT. В этот период IPTO выделило деньги на проект соединения через телефонный канал компьютера TX-2, находящегося в MIT (Восточное побережье США), с компьютером Q-32 в компании System Development Corporation (SDC) в Калифорнии (Западное побережье). Проект был предложен небольшой компанией в Калифорнии, однако, агентство ARPA выбрало в качестве партнера Lincoln Labs, MIT, и

выразило желание, чтобы именно Л. Робертс руководил проектом. Первый успешный обмен данными между этими двумя компьютерами состоялся в 1965 г. и этот момент можно считать началом эпохи компьютерной связи. В 1966 г. Л. Робертс дает согласие на работу в IPTO в Вашингтоне и начинает разрабатывать планы по созданию сети ARPA Computer Network, получившей впоследствии сокращенное название ARPANET.

В начале 1967 г. Б. Тейлор организовал совещание ведущих исследователей ARPA, на котором в качестве основного докладчика выступил Л. Робертс. Л. Робертс предложил расширить проводимый эксперимент с двумя компьютерами, объединив через телефонную сеть несколько компьютеров, расположенных в удаленных исследовательских центрах США. Одна из серьезных проблем, возникающих при подобном объединении, состояла в том, что компьютеры имели различные операционные системы и при взаимодействии двух компьютеров один из них должен был «учить новый язык». Присутствовавший на совещании Wesley Clark, сотрудник Lincoln Labs, предложил решение этой задачи путем создания подсети внутри основной сети. Подсеть, по идее Кларка, должна состоять из небольших компьютеров, которые будут осуществлять маршрутизацию данных внутри сети. При этом каждый из больших компьютеров должен будет «разговаривать» только со своим маршрутизатором. После короткого обсуждения идея была полностью принята Л. Робертс, и небольшие процессоры-маршрутизаторы получили название Interface Message Processor, IMP. С появлением IMP архитектура сети ARPANET была теоретически готова.

6. Идея построения компьютерной сети с использованием процессоров IMP была доложена в совместном докладе Кларка и Робертса в октябре 1967 г. на одной из крупнейших компьютерных конференций ACM (Association for Computing Machinery). Одним из участников этой конференции был англичанин R. Scantlebury, специалист в области вычислительных систем, работавший вместе с Д. Дэвисом (Donald Davis) из National Physical Laboratory (NPL), Лондон, в проекте создания вычислительных сетей.

7. Настала пора появиться коммутации пакетов. Д. Дэвис, сыгравший одну из ключевых ролей в создании теории и практики компьютерных сетей, получил образование в области физики в лондонском Imperial College, однако два события во время учебы оказали влияние на сдвиг его научных интересов в сторону вычислительной техники. Первым событием была лекция Нобелевского лауреата Норберта Винера (Norbert Wiener) в Imperial College и вторым событием была встреча с R. Womersley, учеником и сотрудником Алана Тьюринга (Alan Turing) и приглашение в проект по созданию вычислительной машины Тьюринга (Turing's Automatic Calculation Engine, ACE), где Д. Дэвис начал работать в 1947 г.

В 60-е гг. Д. Дэвис часто посещал конференции по вычислительной технике в США и был знаком как с концепцией использования компьютеров в режиме разделения времени, так и с людьми, развивавшими эти идеи. Л. Робертс входил в круг этих людей, и он вместе с Дэвисом часто обсуждал проблемы компьютерных сетей. Как правило, дискуссии на эту тему фокусировались на использовании телефонных сетей, поскольку телефонные сети с одной стороны, были достаточно хорошо развиты, и, с другой, имели лучшие характеристики, чем существующие телеграфные сети. В то же время Д. Дэвис понимал, что метод коммутации каналов (КК) являясь методом статического распределения сетевых ресурсов, не очень соответствовал природе компьютерной связи, когда короткие периоды активности сменялись длительными паузами (свойство компьютерного трафика, которое впоследствии получило название пачечности). Статическое распределение ресурсов не позволяло использовать возникающие паузы для передачи других сообщений, что определяло низкий коэффициент использования пропускной способности сети.

Д. Дэвис рассматривал возможность использования в компьютерных сетях метода коммутации сообщений (КС), широко применяемого для передачи телеграмм. Как известно, коммутация сообщений обеспечивает высокую степень использования сетевых ресурсов, являясь динамическим методом управления пропускной способностью. В тоже время для коммутации сообщений характерны большие и непредсказуемые задержки, особенно в тех случаях, когда через один узел передаются короткие и длинные сообщения.

Вернувшись в 1965 г. с очередной конференции в США, Д. Дэвис предложил совместить принцип коммутации сообщений и использование компьютеров в режиме разделения времени. В дополнение он также предложил делить длинные сообщения на небольшие блоки (которые Д. Дэвис назвал «короткими сообщениями») и обслуживать их в циклическом режиме. Тогда, если на коммутатор приходят длинные сообщения и сообщения небольшой длины, обслуживание первых мало влияет на задержку вторых. В ноябре 1965 г. Д. Дэвис представляет эту идею в записке, с которой знакомит сотрудников NPL. Затем термин «короткое сообщение» Д. Дэвис заменяет на термин «пакет» по совету лингвистов NPL, считавших, что слово «пакет» более просто переводится на другие языки. В это же время Д. Дэвис развивает структуру межконцевого протокола, обеспечивающего сохранность пакетов при транспортировке через сеть. В соответствии с этим протоколом каждый пакет должен был содержать информацию о передатчике и приемнике, иметь определенную длину, содержать порядковый номер и т.д.

В марте 1966 г. Д. Дэвис проводит в NPL расширенный семинар, на котором в присутствии более чем 100 человек рассказывает о методе коммутации пакетов применительно к компьютерным сетям. Один из присутствующих на семинаре – сотрудник Министерства обороны США А. Целвеллуп, после семинара рассказал Дэвису, что в 1964 г. П. Бэрэн (Paul Baran), сотрудник корпорации RAND, опубликовал статью, в которой он рассматривал многие из тех вопросов, которые Д. Дэвис обсуждал на семинаре. П. Бэрэн также пришел к выводу, что сообщения при передаче через сеть должны быть разделены на «стандартизированные блоки определенного формата» и даже выбрал длину пакетов такую же, что и Дэвис.

То, что Д. Дэвис не имел представления о работе П. Бэрэна, не было ничего удивительного. По существу, Дэвис и Бэрэн работали в разных прикладных нишах: Бэрэн разрабатывал свой проект по заказу ВВС США, и основной идеей его работы было обеспечение живучести системы управления ракетами и самолетами-бомбардировщиками после нанесения противником ядерного удара, тогда как основной идеей работы Дэвиса было построение компьютерной сети с гарантированной доставкой информации и его работе проявляло интерес Британское почтовое ведомство, которое являлось национальным монополистом и в области электросвязи.

В. Две разные постановки проблемы, как выяснилось впоследствии, привели к развитию двух методов коммутации пакетов – метода виртуальных соединений (Д. Дэвис) и метода дейтаграмм (П. Бэрэн). Режим виртуальных соединений предполагает резервирование ресурса (пусть даже виртуального) на время сеанса связи и в определенной степени напоминает метод коммутации каналов, применяемый в классических телефонных сетях. Наличие резервированного ресурса позволяет гарантировать определенное качество обслуживания (знаменитое сегодня QoS) и, естественно, подходит для применений в сетях общего пользования. Метод коммутации пакетов, предложенный Д. Дэвисом, был стандартизован в 1976 г. Международным союзом электросвязи (МСЭ) в виде рекомендации X.25 и рекомендован МСЭ для сетей передачи данных общего пользования. На базе протокола X.25 во многих странах (включая и СССР) было построено значительное число сетей ПД, как общего пользования, так и корпоративных.

9. Разработанный для применения в аналоговых телефонных каналах (а это означало высокие вероятности ошибок и низкие скорости передачи) протокол X.25 содержал громоздкие процедуры защиты от ошибок, приводящие к существенным задержкам пакетов во всех узлах сети. При переходе на цифровые каналы (70-е гг.), где скорость передачи уже не ограничивалась полосой частот 4 кГц, протокол X.25 должен был уступить место более совершенным протоколам. В начале 80-х гг. был предложен протокол Frame Relay (FR), являющийся модификацией протокола X.25, который учитывал новые возможности цифровых каналов. В протоколе FR были существенно упрощены процедуры защиты от ошибок в узлах, что привело к значительному уменьшению «межконцевых» задержек пакетов. В середине 80-х гг. была предложена технология АТМ, еще более напоминающая коммутацию каналов, но все также базирующаяся на концепции виртуальных соединений и предназначенная для применения в системах со скоростями десятки и сотни Мбит/с.

10. В методе дейтаграмм П. Бэрэна, основанном также на коммутации пакетов, вообще отсутствует принцип резервирования ресурсов, а это означает, что метод Бэрэна не обеспечивал гарантированное качество обслуживания и не мог быть применен в сетях ПД общего пользования. Главным достоинством метода датаграмм была простота механизма передачи пакетов. Метод датаграмм был положен в основу протокола IP и успешно использован при построении сети ARPANET и ряда других корпоративных сетей, в основном в университетских и исследовательских структурах. В 90-х гг. протокол IP начал вытеснять протокол X.25 и из сетей общего пользования (о причинах этого будет сказано несколько ниже).

11. Начали строиться первые компьютерные сети. Однако вернемся к работам Д. Дэвиса в лаборатории NPL. В конце 1966 г. Д. Дэвис становится директором отдела вычислительных систем NPL и получает необходимые финансовые ресурсы, чтобы создать прототип компьютерной сети с коммутацией пакетов. В 1967 г. команда Дэвиса создает первый коммутатор пакетов на базе ЭВМ и в 1968 г. на конференции IFIP в Эдинбурге были представлены результаты тестирования первой территориально-распределенной сети с коммутацией пакетов, построенной на трех пакетных коммутаторах, разработанных в NPL. В том же, 1968 г., Почтовое ведомство приняло решение финансировать строительство национальной компьютерной сети с коммутацией пакетов.

Удивительно, что в течение двух лет (1966-67 гг.) ни Б. Тейлор, ни Л. Робертс, работая в проекте ARPANET, ничего не знали о работах П. Бэрэна и Д. Дэвиса, развивавших идею коммутации пакетов. Они услышали об этих идеях впервые в 1967 г. на конференции ACM от одного из сотрудников Д. Дэвиса. К чести Робертса, он мгновенно понял идею коммутации пакетов и вскоре П. Бэрэн был приглашен консультантом в ARPA. С этого момента коммутация пакетов рассматривается как единственно возможный транспортный механизм для сети ARPANET и для ARPANET выбирается метод коммутации, развитый П. Бэрэном – метод дейтаграмм.

12. История создания первых компьютерных сетей была бы неполной, если не упомянуть работы Л. Клейнрока (Leonard Kleinrock), исследовавшего компьютерные сети еще в своей диссертации в MIT в начале 60-х гг. Затем Л. Клейнрок начал работать в Калифорнийском университете, Лос-Анджелес (UCLA) и продолжал изучать вероятностно-временные характеристики трафика в компьютерных сетях. Результаты Л. Клейнрока в теории сетей и теории очередей были настолько важны, что Л. Роберт как-то заметил, что без них он не смог бы построить ARPANET и не смог бы убедить телекоммуникационную общественность, что эта сеть работоспособна.

В условиях жесткой конкуренции компания BBN (откуда Дж. Ликлайдер перешел в ARPA), сумела получить от ARPA контракт на строительство сети ARPANET. Основной задачей BBN было объединение IMP каналами связи. К середине августа 1969 г. были построены первых два маршрутизатора IMP и 2 сентября 1969 г. был осуществлен обмен сообщениями между двумя IMP, один из которых был установлен в UCLA, а второй – в Стенфордском исследовательском институте. К концу 1969 г. уже четыре IMP были объединены каналами со скоростью 56 кбит/с, и в 1970 г. число IMP в сети ARPANET увеличивалось примерно на один узел в месяц.

Компания BBN отвечала только за объединение IMP с помощью каналов связи. Разработка протоколов взаимодействия между IMP и хост-компьютерами была поручена специальной группе Network Working Group (NWG). В задачи этой группы также входили вопросы обмена между хост-компьютерами через сеть. Один из участников NWG, студент UCLA С. Крокер (Steve Crocker) в апреле 1969 г. направил членам NWG памятную записку, касающуюся протоколов обмена, которой он дал произвольное название Request for Comments (RFC). Вскоре документы RFC становятся традиционным названием для документов, которыми обменивались между собой все, кто был вовлечен в создание ARPANET. Вместе с тем, впоследствии документы RFC стали выполнять роль своеобразных стандартов, в которых определялись услуги Интернет, спецификации протоколов и условия их применения.

13. Среди ключевых событий, последовавших за началом эксплуатации сети ARPANET, отметим следующие. В 1972 г. сотрудник BBN Р. Томлинсон (Ray Tomlinson) написал первую программу для пересылки почтовых сообщений. Он предложил использовать символ для разделения имен пользователя и компьютера, основываясь на уверенности, что этот символ не может встретиться ни в имени пользователя, ни в имени компьютера.

14. В 1974 г. в статье В. Серфа (Vinton Cerf) и Б. Кана (Bob Kahn), посвященной протоколу транспортного уровня (Transmission Control Protocol, TCP), впервые был использован термин "Internet". В следующем году группа В. Серфа и Б. Кана разработала спецификации стека протоколов TCP/IP. Процедуры транспортировки пакетов между узлами сети ARPANET определялись протоколом Internet Protocol (IP) - протоколом 3-го (сетевого) уровня и процедуры межконцевой доставки - протоколом TCP - протоколом 4-го уровня. Впоследствии термин «Интернет» широко использовался для определения сетей, базировавшихся на стеке протоколов TCP/IP, при этом сеть ARPANET всегда рассматривалась как родоначальница всех последующих сетей Интернет.

Таким образом, день 2 сентября 1969 г., когда были соединены первые два узла IMP, можно считать днем начала истории технологии IP и сетей Интернет. Стартовавшая как ARPANET, сеть Интернет на протяжении 70-х и начала 80-х гг. использовалась преимущественно американским правительством, а также академическими и исследовательскими организациями. Технология Интернет была использована для строительства академических сетей и в ряде стран Европы. Однако, как часть телекоммуникационной инфраструктуры, сети на базе технологии Интернет все еще оставались в относительно узкой нише приложений, будучи невостребованными в среде операторов общего пользования и уступая по масштабам сетям X.25.

15. Эта ситуация сохранялась до середины 90-х гг., когда появились первые дружественные к пользователю приложения (такие, как системы поиска информации *Mosaic*, *WWW*, гипертекстовый язык *HTML*), были разработаны недорогие модемы для подключения квартирных абонентов к сетям и созданы высокоскоростные магистрали, способные пропускать трафик со скоростями несколько сот Мбит/с. В середине 1995 г. на рынке появилась операционная система *Windows 95* с интегрированным стеком TCP/IP и услуги Интернет стали доступны многим миллионам пользователей. Однако это будет уже совсем другая история.

От Манфреда

1. Вначале было слово. Потом другое. Потом много разных слов, в которых уложилась вся человеческая история. В том числе и история связи, в течение которой родились, развились и необыкновенно усовершенствовались, став интеллектуальными, сети с коммутацией каналов, а затем в еще более быстром темпе реализовались сети с коммутацией пакетов. Все эти сети и боролись, и рождались, и благодаря этому в конце XX века началась всемирная конвергенция инфокоммуникаций.

2. Впрочем, были среди упомянутых выше слов и сладкие, например, такие, как «перестройка». Перестройка – главное, что мы пережили, и нынче это слово прочно вошло в мировую лексику. Сегодня в обиход запускается понятие IP-перестройка. Так Джеф Пулвер, крупнейший американский предприниматель в мире Интернета, говорит о текущем моменте, о революции в телекоммуникациях. К сожалению, хотя само слово и русского происхождения, но IP-перестройка, то есть перестройка сетей связи по IP-стандартам, проходит скорее не в России. А жалко. Крайне жалко. Без IP-перестройки Россия не станет развитой.

Что следовало бы делать? Рассмотрим это на примере двух крупных общероссийских проектов, которыми сегодня заняты связисты России:

- построение федеральной интеллектуальной сети и
- выполнение федеральной целевой программы "Электронная Россия 2002-2010".

3. Но прежде чем перейти к разговору о сути этих проектов, скажу несколько слов о личном, вектор которого довольно продолжительное время совпадал с вектором развития отечественных телекоммуникаций. Этим же могу оправдать суровость стиля, в котором хотел бы говорить о текущем моменте.

Более сорока лет моей жизни прошли в занятиях с телефонными станциями. Почти все 40 трудовых лет, за исключением семейных дел, занятий медицинской техникой (по долгу службы) и историей (как хобби). Начал я с декадно-шаговых АТС, с задачи как оптимально включать соединительные линии в поле контактов шагового искателя. Повезло – с решением этой задачи попал в МГУ, к А. Н. Колмогорову – математику мирового масштаба. Оказалось, что решение отличается от бытующего мнения – еще со времен лекций А. Я. Хинчина по теории массового обслуживания.

С этого все и началось – получил приглашение в аспирантуру МГУ. Далее было участие на заводе ВЭФ в разработках координатных АТС (на станциях АТСК 50/200, АТСК 100/2000 до сих пор держится сельская связь). Получил прекрасное внедрение и в 1969 году защитил докторскую диссертацию. Пять лет (1979-1984) в ЦНИИСе ведал разработкой ПО для квазиэлектронной АМТС Кварц. Повезло – на основе мощнейшей кооперации: ЦНИИС, ЛОНИИС, Украинский институт кибернетики, заводы ВЭФ, Роботрон, созданной С. А. Аджемовым, директором ЦНИИС было выпущено более 20 больших АМТСЭ.

С 1984 г. работал по проекту ЕССКТ на заводе ВЭФ (о чем разговор пойдет ниже). За последние годы прошел новейшие технологии: интеллектуальные сети и компьютерную телефонию. А сейчас и Интернет-телефонию. В этом году повезло участвовать в Стокгольме – на конференции Voice-over-Net и в Лондоне на Интернет-форуме IETF, лицезреть, как 2500 программистов трудятся над стандартами Интернета.

Для меня перестройка началась в конце 80-х – с приезда Михаила Горбачева на завод ВЭФ. Тогда генеральный директор завода Ленев был приближенным консультантом Горбачева, а сам ВЭФ был ведущим предприятием по крупнейшему проекту ЕССКТ (Единая Система Средств Коммутационной Техники). Над проектом трудились все страны-члены СЭВ.

Приехал Горбачев, посетил чудо - комбинат питания ВЭФ и велел такие же комбинаты построить на всех крупных предприятиях Союза. Не тут то было. Оказалось, что нет никакой технической документации. Так сказать, одну блоху подковали, но не ясно, как такое дело запустить в серию. К тому же промолчали, что продуктами питания комбинат обеспечивает другое чудо - агрофирма Адажи. Ее тоже следовало бы тиражировать. Одним словом, пыл скоро иссяк.

4. Подобная судьба постигла и проект ЕССКТ. Директивными органами, как это раньше называлось, в качестве прототипа была выбрана АТС S-12 американской компании ИТТ, и ее следовало советизировать. (Называя ИТТ, я не оговорился: известная всем система S-12 стала собственностью Alcatel и Франции несколькими годами позже - когда ИТТ не справилась с разработкой и самой компании ИТТ грозило банкротство.) Советские разведчики во всю трудились на благо проекта ЕССКТ - на завод мешками и почти еженедельно поступала документация по системе S-12. Следовало повторить ее элементную базу, конструкцию и главное - программное обеспечение. Словом все-все. С такой работой ВЭФ не справился, не справился вместе с ЦНИИС, ЛОНИИС и другими институтами, вместе с заводами Зеленограда, заводами Польши, Венгрии и т.д. Сегодня ясно, что деятельность компании ИТТ не подлежала тиражированию, и проект ЕССКТ умер... И, как выяснилось, прихватил с собой СЭВ вместе с СССР.

5. Чуть позже - в начале 90-х - перестройка для меня закончилась. Узнал, что, валюту, которая была накоплена заводом за производство финской станции DX-200 и предназначалась для новых разработок, руководство ВЭФ пустило на закупку списанных кирпичных заводов в Дании. Там они были невыгодны - из-за дороговизны электроэнергии, а в Латвию тогда поступала дешевая электроэнергия из России, и думали хорошо заработать. Но тарифы вскоре возросли, и кирпичные заводы остались незапущенными. Это было первое лечение от перестройки, а второе пришло с приватизацией Латтелекома.

Кое-кто из правительства независимой Латвии хотел ускорить свое вхождение в капитализм, продали сеть связи иностранцам, те поставили западную технику (не без выгоды для посредников). Так отпала необходимость в собственных разработках, в собственном производстве - в заводе ВЭФ (Подобная участь постигла и другие заводы Риги.). Сеть Латвии ныне перестраивают по лучшим мировым образцам и ... по высоким тарифам отсталых стран. К сожалению, на сельскую связь денег все равно не хватает, и село отмирает. Вот, собственно, и вся перестройка.

Подобные картины из российской жизни читатели и сами рисуют.

6. Текущий момент в области связи характеризуется тем, что Россия стремится занять место в "восьмерке" развитых. Страна упорядочивается, повышается ее управляемость. И в этом деле, как всегда и везде, связь выступает важнейшим фактором. Совсем как в живом организме.

Если нервы отказывают, наступает паралич. Если в какой-то деревне нет связи, то там нет школы, нет детей. Значит она вымирает. А таких деревень - без телефонной связи, как недавно осмелился сообщить ОАО "Связьинвест", насчитывается более 45 тысяч, т.е. более трети России. А без современной связи на селе нельзя говорить о будущем России. Там же, где связь еще сохранилась, сельские АТС, как правило, - старые, электромеханические: шаговые и координатные. Их следует заменять.

А на что? Нельзя модернизировать сельскую сеть только за счет иностранных закупок. Никаких денег не хватит. Наступает время важнейшего стратегического решения - восстановить промышленность средств связи.

7. Как же выйти из бедственного положения?

Для этого следует решить две задачи: первая - раздобыть инвестиции и вторая - истратить их с толком. Впрочем, подобную задачу вынуждены были решать, решают и будут решать в каждой развитой стране.

Согласно одобренной Правительством Российской Федерации концепции развития отрасли связи на ближайшее десятилетие понадобится привлечь сумму, эквивалентную 33 млрд. долларов США, чтобы преодолеть существующий дефицит в обслуживании населения. Задача непростая, тем паче привычный современному человеку «средний» набор услуг связи тоже, вероятно, не будет стоять на месте. Хотя бы за счет увеличения скорости доступа в Интернет. А ведь как хочется, чтобы усилия отечественных связистов воплотились в новые сетевые решения, в новые отечественные технологии, а новые идеи сконцентрировались в таком «мозговом центре» отрасли, снабжающем операторов связи научно-техническими разработками, конкурентноспособными на мировой сцене. Быть может, это не менее сложная задача, чем привлечение указанных выше инвестиций, но как иначе выбрать действенное стратегическое решение?

Особенность отечественной ситуации состоит в том, что из-за некоторого отставания в модернизации национальной сетевой инфраструктуры мы можем учесть чужие ошибки. Например, осторожно отнестись к так и не состоявшейся во всемирном масштабе реализации широкополосного доступа по стандартам В-ISDN или создавать интеллектуальную сеть с учетом специфики российской ТФОП и последних достижений IP-телефонии.

8. А тем временем Минсвязи России приступает к реализации крупнейшего проекта – к построению федеральной интеллектуальной сети России, и ОАО «Связьинвест» приступает к ее пилотному проекту. Такое решение было озвучено на Международной конференции «Пути создания интеллектуальной мультисервисной сети связи в составе Российской инфотелекоммуникационной инфраструктуры», проведенной в июне с. г. в Санкт-Петербурге (на базе ЛОНИИС). Следует сказать, что это чрезвычайно сложный и дорогостоящий проект. Предыдущим российским проектом такого масштаба было внедрение системы сигнализации ОКС-7 пять лет назад. Но в случае с ОКС-7 ситуация была значительно проще, так как существовали единые стандарты МСЭ, апробированные к тому времени во многих странах мира. Вопрос построения интеллектуальных сетей является более сложным, так как сегодня в мире не существует единого мнения как их строить. За рынок предоставления дополнительных (интеллектуальных) услуг конкурируют три технологии, а именно:

- классические интеллектуальные сети по стандартам МСЭ, оборудование этих сетей в Россию поставляют Alcatel, Siemens, Huawei и другие производители телефонных станций;
- интеллектуальные платформы по стандартам компьютерной телефонии ЕСТЕ; за этот рынок борются иностранные компании Nortel, Intel, Microsoft, а также отечественные производители: фирма Светец, ЛОНИИС и другие;
- Интернет и IP-телефония. Эти стандарты разрабатывает Интернет-форум IETF.

В своих новейших разработках компании Alcatel, Ericsson, Lucent, Nortel, Siemens пытаются учесть выигрышные свойства всех трех технологий. Каким же путем идти в России? Если продолжать путь классических IN, то, учитывая неизбежность распространения IP-телефонии, за основу федеральной интеллектуальной сети следовало бы выбирать новейшую концепцию SIP-IN, которую разрабатывает IETF.

9. Концепцию SIP-IN предложили представители компаний Alcatel Bell (Бельгия), Lucent (США) и Wipro (Индия). Примечательно, что представители Индии выходят на арену новейших технологий. Эта концепция изложена в проекте стандарта IETF (draft-haerens-sip-in), срок действия которого истекает в январе 2002 г.

Новая архитектура SIP-IN обеспечивает традиционные IN-услуги для абонентов IP-сети, построенной по протоколу SIP, которые выходят в ТФОП (т.е. вызов производится из IP-хоста к телефону). Первопричиной разработки этой концепции являются интеллектуальные услуги: Услуга 800 (freephone), Виртуальные корпоративные сети VPN, вызов по телефонной карте и др., т.е. те же услуги, которые являются основой создания федеральной интеллектуальной сети России.

Разработка протокола взаимодействия SIP-IN предполагает решение ряда сложнейших задач:

- Интерпретация модели IN-вызова в SIP-окружении,
- Перевод IN-сообщений в SIP-сообщения и наоборот,
- Перевод IN-параметров в SIP-параметры и наоборот,
- Введение расширений протокола SIP, по необходимости.

Придется расширять классическую архитектуру интеллектуальной сети, в которой АТС имеют функцию коммутации услуг SSF и взаимодействуют с общесетевым контроллером SCP и медиа-ресурсами (интеллектуальной периферией). Для взаимодействия с IP-областью (по протоколу SIP) следует добавить две довольно сложные вспомогательные блоки: CCF(IP) в части контроля вызова и SSF(IP) в части коммутации услуг:

В функции CCF(IP), например, входит управление услугами IP-сети (фильтрация данных, аутентификация, биллинг и т.д.), функции менеджера медиа-шлюзов(Media Gateway Control), что включает, например, сигнализацию ISUP в соответствии с SIP-T.

В функции SSF(IP) входит взаимодействие с IN SCF, установления соответствия с триггерами и процедурами событий INAP.

Поток RTP – это поток речевых пакетов, закодированных по протоколу RTP. Медиа-шлюз выполняет функцию конвертера между ИКМ-поток и RTP-пакетами.

Главная особенность архитектуры SIP-IN – это сохранение единого контроллера услуг SCP в будущей интеллектуальной сети. Если связисты России действительно хотят перестроить сеть связи страны по стандартам интеллектуальных сетей, то архитектура, представленная на рисунке, представляет собой одно из наиболее перспективных решений. (Правда, эта архитектура, на мой взгляд, чрезвычайно громоздка и не подходит для российских условий. Особенно из-за многообразия типов АТС, которые плохо стыкуются друг с другом и пока не полностью связаны единой сетью ОКС-7.)

10. Федеральная целевая программа "Электронная Россия 2002-2010". Это другой крупный проект, за который отвечает Минсвязи России, особенно в части раздела 6 "Развитие инфраструктуры публичных сетей доступа". Там предусмотрена "разработка типовых решений и типовых конфигураций узлов доступа к сети Интернет для бюджетных организаций различного уровня и проектов типовых классов открытого интернет-доступа в учебных заведениях".

Государственными заказчиками программы названы Минэкономразвития России (координатор), Минобрания России, Минсвязи России, Минпромнауки России, ФАПСИ, Росавиакосмос и РАСУ, которые ответственны за подготовку и эффективную ее реализацию. В этом списке исполнителей Минсвязи следовало бы играть ведущую роль. О какой пользе Интернета можно говорить в каком-либо населенном пункте, если там нет современной связи. Тем более что обеспечение экстренной телефонной связи – вызвать врача или пожарных – имеет более высокий приоритет, чем доступ к Интернету. Поэтому связистам следовало бы брать на себя ответственность в полной мере. А если учитывать масштабность программы и бедственное положение с сельской связью, то следовало бы – наладить отечественное производство изделий связи и компьютеров и тем обеспечить выполнение программы "Электронная Россия 2002-2010". Требования этой программы следовало бы прямо внести в новую редакцию Закона о связи. В аналогичном законе США – в Акте о телекоммуникациях 1996 года – так и сказано: связисты обязаны обеспечить доступ к Интернету в школах, библиотеках и больницах.

11. Вначале было слово, затем дело... А Дело за Министерством связи и информатизации Российской Федерации. России суждено стать развитой страной. Но строить ее придется собственными силами.

От Александра

1. Сначала было слово. Слово, содержащее некоторую информацию, предназначенную для передачи от человека к человеку. И уж потом у этих ребят постепенно сформировалось осознание того, что для нормального информационного обмена необходимы средства связи (от голубиной почты и верблюжьих караванов до телефонов и компьютеров), а также сети связи (соответственно от верблюжьих троп до волоконно-оптических магистралей).

2. А вот само «слово» в узком смысле научились передавать по сетям связи не так уж и давно. Немногим более 140 лет назад (!) в 1860 году Филипп Рейс, учитель из немецкого Гнелгаузена, занимаясь исследованиями органов слуха, изобрел аппарат, названный им телефоном, но не получивший статус изобретения и отнесенный местными учеными мужами к игрушкам. Зато Александр Грэхем Белл усовершенствовал одну такую «игрушку», запатентовал ее 14 февраля 1876г. и тем вошел в историю. Его первыми переданными по проводам словами были: «Мистер Уотсон, зайдите! Вы мне нужны». На всемирной выставке 1876г. в Филадельфии наряду с лампочкой Эдисона экспонировался телефон Белла, работающий на расстоянии до 100м. А уже в 1881г. российское правительство утвердило «Основные условия устройства и эксплуатации городских телефонных сообщений в России».

Впрочем, все это было давно, и все, что скрывается за «словом» ныне принято определять более общим понятием «информация». Хотя скрытая борьба за «обладание» этим термином ведется на протяжении почти полутора веков. К примеру, в книге 1980-го года «Архитектура вычислительных сетей» можно прочесть, что широкие возможности открылись перед вычислительными машинами лишь когда произошло «превращение телефонной и телеграфной сетей в сети передачи информации...». Как говорится, без комментариев. Впрочем, подобный «обмен любезностями» между «правоверными» компьютерщиками и «правоверными» связистами стал регулярным в конце XX века. Ну разве что сыграла свою роль увековеченная в анекдотах природная скромность последних.

Тем временем, отмеченных выше «первобытных» сетей оказалось достаточно лишь для осуществления соединений типа «точка-точка», что при сколько-нибудь серьезном росте пользовательской базы сразу же делало размеры телекоммуникаций поистине угрожающими. На современном языке такие сети с установлением долговременных соединений называются сетями с **кроссовой коммутацией** и их экономические показатели в части числа необходимых каналов связи прямо пропорциональны квадрату количества пользователей. Действительно мало не покажется. Первыми столкнулись с указанной проблемой и стали чесать затылки телеграфисты, которые еще с 30-х годов XIX века пользовались изобретением Сэмюэла Морзе. Им уже тогда стало ясно, что для упрощения сетевой инфраструктуры желательно иметь средства для переключения линий, ведущих к пользователям. Заметим попутно, что передача данных исторически (и технически) возникла раньше дистанционной голосовой связи (причем со времен солнечных зайчиков и дымов от костров вплоть до возникновения электросвязи).

Удивительно, что еще в 1850г. родилась очень прогрессивная телеграфная коммутационная система Дюмона, использующая круговой вращательный искатель, ставший прообразом шаговых коммутаторов. Правда, эти идеи слишком обогнали тогдашнюю технологическую базу и остались незамеченными, на целое столетие передав пальму первенства в вопросах коммутации телефонистам. В телеграфе же в течение длительного времени использовалась коммутация с ручным переключением, представляющая эстафетную передачу сообщений от телеграфиста к телеграфисту, как это, кстати, делают в

автоматическом режиме современные коммутационные устройства. Впоследствии телекоммуникационное человечество еще неоднократно убедится в том, что «все новое – это хорошо забытое старое».

3. Мысли связистов об экономии сетевого ресурса постепенно воплотились в «железо». Так родились более экономичные сети с **оперативной коммутацией**, при которой при каждом сеансе связи устанавливается новое соединение с частичным использованием одних и тех же линий связи. Число необходимых каналов связи при этом становится значительно меньше и пропорционально числу пользователей, что, несомненно, было во благо оператору. Именно такие сети и стали называться «истинно» **коммутируемыми сетями**, главным «действующим лицом» которых является так называемый **коммутационный узел (КУ)**. С давних пор и по настоящее время все коммутаторы вне зависимости от назначения выполняли и выполняют одну и ту же функцию, которая на современном техническом языке выражается так: автоматическое переключение трафика с входного на выходной интерфейс. Главным же остается способ их соединения друг с другом: «каждый с каждым»; «дерево»; «радиально-узловой». На основе этих сетевых построений каждый оператор волен решать опросы быстродействия, надежности и экономии пучков каналов в зависимости от текущей обстановки и применяемого способа коммутации.

Исторически сложилось так, что все существующие системы коммутации, на базе которых и выполняются УК, обладают как общими, так и уникальными свойствами. Общие связаны общими принципами построения таких систем с организацией как непосредственного соединения, так и соединения с накоплением информации. Но самыми первыми (вероятно, потому что были самыми логичными в тот момент) появились системы, осуществляющие **коммутацию каналов** и являющиеся воплощением принципа установления непосредственного соединения, когда через цепь УК организуется прямой (сквозной) путь (канал) от одного пользователя до другого, а уж потом осуществляется непосредственно передача информации.

4. Идея прямого контакта пользователей присуща как телефонным, так и телеграфным сетям. И первыми телефонными коммутаторами стали как раз усовершенствованные телеграфные коммутаторы, приспособленные для передачи речи (интересно, что через столетие пошел аналогичный процесс, правда, немного на другой технологической базе). Например, штепсельный коммутатор, известный по фразе «Барышня, Смольный!», на самом деле появился даже раньше телефона. Однако уже на рубеже XIX-XX веков была разработана целая серия коммутаторов ручного обслуживания. Московская телефонная сеть, открывшаяся 1 июля 1882г., была оснащена «коммутаторными досками» Гилланда емкостью по 50 номеров. Хотя для первых 26 московских абонентов этого было более чем достаточно, вскоре начался бум. Поэтому уже в конце 90-х годов позапрошлого века компания Бэлла проводит реконструкцию первой российской телефонной сети, установив 15 шнуровых коммутаторов системы МБ.

А в 1904г. в Милютинском переулке г. Москвы по проекту компании «Л.М.Эрикссон» была построена сама современная на тот момент телефонная станция на 60 тыс. номеров, которая была выполнена по принципу распределительной системы и включала в свой состав два вида коммутаторов: распределительные и соединительные. Вызов абонента поступал на распределительный коммутатор, где «сигнальная» телефонистка, не спрашивая его ни о чем, с помощью опросного шнура передавала его свободной «соединительной» телефонистке, которая уже получала у абонента необходимую информацию и организовывала соединение. Это было начало. А потом дошла очередь и до автоматических коммутаторов, проекты которых появились еще в 70-х годах XIX века. И если бы не они, то, вероятно, современные пользователи Интернет были бы вынуждены кричать в телефонную трубку: «Барышня, 56 килобит, пожалуйста!».

Первый патент на простейшую АТС был получен в 1879г. группой американцев. Через два года авторы усовершенствовали свою систему импульсным реле для трансляции импульсов. В 1887 г. К. А. Мосцицкий впервые выдвинул идею релейной АТС

(без искателей) и разработал схему станции на шесть номеров. Пока это была квази-АТС, ибо коммутация соединений, хотя и выполнялась без телефонисток, управлялась-таки абонентами. А в 1889г. американец А. Б. Строуджер запатентовал искатель с двумя движениями контактных щеток - подъемным и вращательным - прообраз шагового телефонного искателя. И уже в 1895г. появилась основа для проектирования АТС - разработанный М. Ф. Фрейденбергом предыскатель и принцип свободного искания. В 1896г. он же создал линейный искатель на тысячу линий с общим многократным полем для группы искателей, а затем ввел групповые искатели. Макет так называемой машинной АТС прошел успешные испытания в Париже в 1898г.

Первая же АТС была создана в 1900 г. в США. В СССР АТС с машинным искателем начали распространяться только с 1929г. с открытием в Ростове-на-Дону первой станции емкостью 6 тыс. номеров и в октябре 1930г. - в Москве (Замоскворецкая АТС на 8 тыс. номеров). Это была продукция «Л.М.Эриксон», однако, в дальнейшем парк отечественных АТС прирастал все более и более совершенным отечественным оборудованием, включая первую (и единственную!) советскую электронную АТС «Кварц» (разработки ЦНИИС) и нынешнюю российскую АТСЦ-90 (разработки ЛОНИИС). Но вернемся немного назад.

В 1954 г. в Осло было введена в эксплуатацию механо-электронная АТС на 2 тыс. номеров, предложенная бельгийскими инженерами на базе координатного соединителя типа Кроссбар, разработанного в 1913г. американцем Дж. Рейнольдсом и усовершенствованного в 1919 г. шведом Г. Бетуландером. В том же 1954 г. в Англии был испытан макет АТС, полностью построенной на электронных приборах.

5. До середины XX века сети с коммутацией каналов ограничивались передачей аналоговой телефонии, которая улучшалась, совершенствовалась и оказалась почти на самой вершине достижимого качества, когда выяснилось, что это не совсем та вершина. Ведь системы коммутации являются для пользователя хотя и невидимыми, но вместе с тем и самыми важными с точки зрения предоставления услуг связи. А бизнес-то делается именно на услугах. Поэтому основной вехой в развитии различных видов обслуживания считается 1965г., когда система коммутации с управлением по записанной программе впервые была введена в эксплуатацию на ТфОП США. Это позволило предоставить пользователю многие ранее неизвестные услуги связи, а оператору - средства, позволяющие значительно упростить организацию эксплуатации систем коммутации и административные функции.

Управление процессами коммутации с помощью компьютера привело к появлению термина **“электронная” коммутация**. Однако коммутационные схемы, используемые в этих электронных системах коммутации первого поколения, были реализованы на электромеханических коммутационных приборах (квазиэлектронные системы коммутации). Впервые же полностью электронные коммутационные схемы были использованы в 1971г. во Франции, когда была введена в эксплуатацию **цифровая система коммутации**. Удивительно, но для управления этим воистину революционным устройством не использовалось управление с помощью ПО. С 1978г. (!) телефонные компании США начали внедрение цифровых систем коммутации на уровне оконечных станций, главным образом путем замены более старого декадно-шагового оборудования. Наступала эра цифровой телефонии, передающей голос в виде потока битов информации, и сразу же появились предпосылки интегрированного обслуживания. Так, например, узкополосная сеть с интеграцией служб (N-ISDN) предоставляла пользователю сразу три цифровых соединения как для передачи голоса, так и данных.

6. Параллельно развивалась и другая технологическая база для передачи информации. Ведь в последней трети XX века передача данных стала ассоциироваться не с телеграфией, а с компьютерными сетями, которые развиваются чрезвычайно быстро. Сегодня производительность компьютеров увеличивается небывалыми темпами (похоже, что если бы не закон Мура, констатирующий удвоение производительности каждые 1,5 года, компьютеры совершенствовались бы еще быстрее).

Первые компьютеры были соединены по схеме «точка-точка» в середине 60-х годов прошлого века. Еще в 1961 году один из создателей сети Интернет Леонард Клейнрок указал в своих работах на преимущества системы коммутации пакетов.

Все в мире имеет свою противоположность. Таковой для коммутации каналов стала **коммутация пакетов**, которая, как и система **коммутации сообщений** является разновидностью систем коммутации с накоплением. Недостаток последних был в невозможности живого диалога между пользователями, ибо оконечные устройства не работают в реальном масштабе времени. Устранением этого неудобства мир обязан коммутации пакетов, когда каждое сообщение разбивается на небольшие группы битов (пакеты), передаваемые в точно определенный промежуток времени. Все пакеты пронумерованы и «пронумерованы» (в точке приема их расставят в прежней последовательности). Коммутация пакетов позволяет более эффективно использовать канал связи для передачи информации сразу от многих пользователей и очень пригодилась для решения задач объединения компьютерных сетей и создания всемирной сети Интернет. Принцип разбиения сообщения на пакеты, каждый из которых снабжается заголовком и рассматривается как отдельное сообщение, получил название **дейтаграммного режима** коммутации пакетов. Для обеспечения режима реального времени время задержки в сети должно быть соизмеримо со временем обработки сообщения его получателем. Итак, сети с коммутацией пакетов, как и сети с коммутацией каналов, оказались пригодны для организации диалога между пользователями. Узлами коммутации таких сетей становятся маршрутизаторы (разумеется, полностью «электронные»), которые поддерживают соответствующие таблицы маршрутизации для направления пакетов по назначению.

В октябре 1969г. было послано первое электронное сообщение между компьютерами Калифорнийского Университета и Исследовательского Института Стэнфорда. Говорят, что в самом начале работы эта первая компьютерная сеть сразу же «зависла», но, как говорится, процесс пошел. Тогда же в США четыре удаленных компьютера были объединены в первоначальную конфигурацию военно-исторической сети ARPANET. Тут, собственно, и взошел первый росток Интернета, которому в октябре 2001г. «стукнуло» уже 32 года.

7. В 1972г. американец Роберт Кан разработал новую версию протокола пакетной сети (ранее с 1970г. действовал протокол управления сетью Network Control Protocol, NCP), удовлетворяющую требованиям окружения с открытой сетевой архитектурой. Этот протокол позднее и будет назван известным нам именем: **Transmission Control Protocol/Internet Protocol** или **TCP/IP**. В то время как NCP действовал в духе драйвера устройства, новинка должна была в большей мере напоминать коммуникационный протокол, потому что Р. Кан положил в основу своих рассуждений четыре принципа:

- Каждая сеть должна сохранять свою индивидуальность. При подключении к Интернет сети не должны подвергаться внутренним переделкам.
- Связь должна осуществляться идти по принципу «максимум возможного». И если пакет не прибыл в пункт назначения, источник должен вскоре повторно передать его.
- Для межсетевых соединений должны использоваться «черные ящики», они же коммутаторы, которые впоследствии были названы шлюзами и маршрутизаторами. Эти устройства не должны хранить информацию об отдельных протекающих через них потоках данных и функционально должны оставаться максимально простыми, без сложных средств адаптации и восстановления после разного рода кризисных ситуаций.
- На эксплуатационном уровне не должно существовать глобальной системы управления.

Успех, как говорится, не заставил себя ждать. Ныне среди всех видов телекоммуникационного сервиса Интернет держит мировую пальму первенства по времени охвата первых 50 млн. пользователей. У него это заняло у него всего лишь 4 года!

В свое время для достижения этой планки персональным компьютерам понадобилось 13 лет, телевидению – 16, а радио – целых 36.

8. А тут вдруг, после более чем столетнего развития, телефонные сети подошли к некоторому рубежу, способному перевернуть всю идеологию их развития. Не секрет, что классическая телефонная компания всегда была уверена в том, что:

- дорогая и уникальная инфраструктура сети упростит предоставление новых услуг связи;
- основная часть передаваемого трафика генерируется человеческим голосом;
- сети с коммутацией каналов представляют собой «телекоммуникационные технологии», которые имеют чрезвычайно важное значение;
- телефонная компания действительно управляет своей сетью.
- Приведенные постулаты продолжали существовать, несмотря на то, что:
- за последние 30 лет произошло стремительное снижение удельной стоимости сетевой инфраструктуры;
- в течение последних 20 лет наблюдается ежегодное удвоение объема трафика передачи данных, причем он уже значительно превосходит речевой трафик;
- существует множество различных типов данных, передаваемых по телефонной сети, несмотря на то, что последняя нисколько не оптимизирована для их прохождения;
- существует достаточно много различных типов «телекоммуникационных технологий» от ТВ-вещания до Ethernet, которые никак не вписываются в архитектуру классической телефонной сети;
- Интернет, которому вовсе не требуется какое-либо глобальное управление телекоммуникационной сетью, возлагает управление на конечного пользователя или местного провайдера (selfregulation).

9. В 90-е годы прошлого века все быстрее телекоммуникационный мир стал меняться в угоду пользователям, которым стало недостаточно простой голосовой связи. Ведь при работе цифровой телефонной сети по прямому назначению существует единственный способ передачи ее восьмибитовых байтов в 8 тысяч раз в секунду с суммарной скоростью 64 кбит/с, и вся телефонная инфраструктура спроектирована и вращается вокруг этой скорости.

Но если вы захотите передать речь при помощи Интернет, то можете сделать это с любой скоростью, которая возможна в существующей инфраструктуре. Захотели, к примеру, в сети с возможностью передачи до 10 Мбит/с передать голос с качеством 256 кбит/с – нет проблем. Но на обычной телефонной сети этого вы сделать не сможете. Другое дело, что это никому не нужно, но зато какие перспективы в части передачи мультимедиа или видео! Да и существует компьютеризированная передача аудио и видео уже с начала 90-х г.г. Или, скажем, нужно вам послать из одной точки одновременно несколько речевых потоков в разные пункты назначения. Тоже без проблем. И тут мир связи сделал выводы и вдруг заговорил об Интернет-телефонии. Тем более, что она позволяла обычным компьютерщикам стать вдруг телекоммуникационными операторами. И (каково искушение) задешево!

10. В чем главные отличия последней от телефонии, традиционной со времен А. Белла? Традиционная телефония обеспечивает связь путем коммутации каналов с фиксированной полосой пропускания. А в IP-сетях полоса пропускания может гибко перераспределяться для поддержки самых разных служб: речевых, факсимильных, видео, коллективного

редактирования и пр. В общем, реальное воплощение давней мечты прогрессивного человечества: от каждого по способностям - каждому по потребностям (при условии, что экономика должна быть экономной). Разницу же между способами коммутации каналов и пакетов легко увидеть, попытавшись представить автотрассу с одной или несколькими полосами движения, где последняя, несомненно, более производительна.

11. Как отмечают телекоммуникационные предания, концепция передачи голоса по Интернету зародилась в Университете штата Иллинойс (США). В 1993г. местный товарищ по имени Чарли Кляйн выпустил в свет Maven, первую программу для передачи в Интернет голоса посредством РС. Одновременно одним из самых популярных мультимедийных приложений в Сети стала CU-SeeMe, программа видеоконференций для ПК Macintosh (Mac), разработанная в Корнельском университете.

Во время очередного полета челнока Endeavor (апрель 1994г.), NASA передало на Землю его изображение с помощью программы CU-SeeMe. Одновременно, используя Maven, попробовали передавать и звук. Полученный сигнал из Льюисовского исследовательского центра поступал на работающий в Интернет Mac, и любой желающий мог услышать голоса астронавтов. Потом одну программу встроили в другую, и появился вариант CU-SeeMe с полными функциями аудио и видео как для Mac, так и для РС.

В феврале 1995г. израильская компания VocalTec предложила первую версию программы Internet Phone, разработанную для владельцев мультимедийных РС, работающих под Windows. Перспективы сего действия не остались незамеченными, и уже в том же году на рынок обрушился поток продукции, предназначенной для телефонии через Интернет.

Датой рождения настоящей Интернет-телефонии считается август 1996 г., когда VocalTec завершила тестирование VTG (VocalTec Telephone Gateway), позволяющего соединить сеть традиционной телефонии с системой передачи данных в Интернете. То есть обычный телефонный аппарат научился выходить из ТфОП в Интернет и обратно через шлюз. Так на рынке телекоммуникаций появляется новый раздражитель. В том же 1996г. Интернет-телефония привлекает внимание крупнейших телефонных компаний США, которые обращаются в Конгресс для ввода ограничений на ее распространение. Но ограничения эти продлятся лишь около года. С того момента Интернет-телефонии поют дифирамбы демократически настроенные «фанаты» Интернет (и заодно обещают «похоронить» традиционных телефонистов) и ею же пугают на ночь своих «дочек» операторы дальней связи. Так спустя век сети передачи данных снова предложили свои решения для передачи голоса. Новые же сетевые решения, предлагающие настоящий мультисервис, грозят быстро и основательно «перелопатить» существующую инфраструктуру связи.

12. Тут можно вспомнить, что даже на Западе “старой гвардии” телефонистов потребовалось в свое время от 10 до 20 и более (!!!) лет, чтобы произвести предыдущую сетевую революцию, заключающуюся в замене аналогового оборудования на цифровое. К настоящему моменту целый ряд известных телефонных операторов (TELCO) объявили о строительстве магистральных транспортных сетей на основе технологий «IP поверх DWDM», позволяющих передавать смешанный трафик данных на терабитных скоростях (и, быть может, еще больший скачок могут сделать в этом отношении китайские связисты, у которых порою не было даже аналоговых АТС). Тем не менее, наблюдаемый сегодня процесс конвергенции сетей и технологий, будет идти и дальше, ориентируясь на следующие постулаты:

- изменения на сетях TELCO должны происходить в быстром темпе (т. е. в течение нескольких лет, а не десятилетий);
- TELCO все же не под силу изобретать для своих сетей все новое самостоятельно и, соответственно, самостоятельно распоряжаться всем этим;
- TELCO не под силу управлять тем, что помимо их воли происходит на их собственных сетях.

То есть идея технологической независимости TELCO от мира информационных систем, в котором и для которого они, собственно, сегодня и существуют, к концу прошлого века вдруг умерла. **Впервые связисты** (впрочем, их армия сегодня здорово разрослась) **стали создавать базовую сеть на основе не своих собственных (и не тесно связанных с ними производителей коммутационного оборудования) достижений, а достижений компьютерной индустрии.**

13. Интернет более чем удачно вошел в слабое место услуг и приложений. При этом возникает желание раз и навсегда объявить, что коммутация пакетов на базе IP является панацеей при создании и развитии будущей глобальной и универсальной информационной инфраструктуры, олицетворяющей собой лозунг «everything over IP & IP over everything» (дословно «все по IP и IP по всему»). Однако подвинуть традиционных связистов приверженцам такого тотального «айпизма» не удастся. Ведь пакетная коммутация, как таковая, не обеспечивает какого-либо мгновенного чудодейственного решения задач, которые по наследству вовлекаются в развивающиеся телекоммуникационные услуги в здоровой рыночной среде: массовый охват, приемлемая стоимость, соответствующее качество обслуживания, управление услугами и сетями, биллинг, и т.д. И тут, вероятно, следствием всемирного закона сохранения энергии может стать закон сохранения инвестиций в формулировке: за все надо платить.

В традиционной IP-технологии известно правило: послал пакет и молча стой, авось дойдет. А уж если где-то что-то не дошло, и все маршрутизаторы разом стали «переспрашивать» своих соседей, то лавинообразный рост нагрузки может попросту парализовать весь прилегающий участок сети. Поэтому IP-сети испытывают недостаток средств и возможностей, гарантирующих высокую гибкость и прогнозируемую производительность и характеризуется непредсказуемой задержкой, неустойчивой синхронизацией и потерями пакетов. Посему, например, диалог в режиме реального времени с помощью высокоскоростных потоков (видео) может быть, мягко говоря, затруднен. Это плата за достижение максимального использования линий связи посредством статистического мультиплексирования. Конечно, на самом деле не все так грустно.

В современной технологической и рыночной среде доступная полоса пропускания транспорта информации растет быстрее, чем процессорная мощность, доступная в УК. Чем больше пропускная способность, тем проще справиться с проблемами управления трафиком. Поэтому кажется резонным заменять усложнение сетевых узлов упрочнением пропускной способности сети. Тем паче, каналы связи быстро дешевеют. Но как много канальной емкости можно «разбазаривать», принимая во внимание, что любая имеющаяся в наличии емкость как-то необычайно быстро истощается при существующих аппетитах на новые услуги и приложения?

Чтобы достигнуть гарантированного качества услуг, необходимого для передачи видео и речи, разработчики решили разрабатывать более сложные протоколы (для резервирования и пр.), что, однако, одновременно приводит к утрате замечательной и всепроникающей простоты первоначального протокола IP и требует получения признания у подавляющего числа производителей. Чем, к примеру, плоха технология ATM, если бы не стоимость и (какая мелочь) необходимость глобальной перестройки всей сетевой инфраструктуры? Похоже, всемирная отрасль связи переживает очередной переходный период. К тому же на рубеже тысячелетий технология IP-телефонии уже не обещает кого-нибудь «похоронить» и заняла одно из мест (и весьма достойных) в ряду технологий уплотнения каналов связи, а в головах телекоммуникационных менеджеров сформировалось четкое убеждение: хочешь высокое качество обслуживания, но задорого, - применяй коммутацию каналов; хочешь задешево побольше услуг, но с не особо гарантированным качеством, - выбирай коммутацию пакетов в лице IP.

14. Но не всегда все такое черно-белое. Реальная телекоммуникационная практика говорит о том, что, во-первых, многим операторам еще долго придется иметь дело с набором сетей, выполненных с использованием различных видов систем

коммутации, а, во-вторых, современная технологическая база подчас позволяет интегрировать в одной системе и то, и другое. Появляется **гибридная коммутация**, работающая при необходимости как с каналами, так и с пакетами. Появляются так называемые разновидности **быстрой коммутации каналов**, при которой канал связи образуется на время передачи одного пакета, и **быстрой коммутации пакетов**, когда устанавливается виртуальное соединение и экономится память в маршрутизаторе. То есть коммутационные компромиссы нужны, и возникают сегодня регулярно. Но под очень взвешенным и подчас выстраданным лозунгом: «За IP без айпизма!».

15. Во время переходного периода к сетям «IP over DWDM» существующая в оптическом волокне парадигма маршрутизации длин волн для переноса пакетного трафика Интернет будет, вероятно, подвержена влиянию недостатков, присущих сетям с коммутацией каналов. Пока парадигма полностью оптической коммутации считается экзотикой. Однако уже предлагается адаптировать разработанную IETF (Internet Engineering Task Force) для электронного уровня **многопrotocolную коммутацию меток (MPLS)** к оптическому уровню. Как сообщается, IETF разработал так называемую **мультипротоколную лямбда-коммутацию (MP λ S)**, с помощью которой должен устанавливаться сквозной оптический маршрут. Продолжаются также попытки комбинирования электронного и оптического уровней DWDM с тем, чтобы они могли «бесшовно» взаимодействовать в процессе маршрутизации.

Меж тем, ввод технологий оптической коммутации пакетов связан со значительными расходами и технологическими барьерами, связанными, в первую очередь, с пока еще недостаточным быстродействием существующих процессоров для обработки каждого IP-пакета непосредственно в оптической сети (без перевода в электронный вид). Ведь пропускная способность последней колоссальна, и уже сегодня ясно, что сети связи следующего поколения будут полностью (или частично) выполнять функции управления и коммутации на оптическом уровне.

Поэтому те, кто смотрит далеко вперед, уже поняли, что именно оптический IP-маршрутизатор будет, вероятно, одним из самых «узких» мест в новой оптической сети. К сожалению, практическая реализация оптической пакетной коммутации все еще обходится слишком дорого, что связано и со значительными расходами на разработку, и с определенными технологическими барьерами. Наиболее характерная проблема - это недостаточный ресурс оптического запоминающего устройства (буфера). Еще одна проблема - обеспечение требований по синхронизации между многочисленными IP-пакетами, поступающими на различные порты оптического коммутационного устройства, а также между заголовками пакетов и их полезной нагрузкой.

16. В свою очередь, **оптическая коммутация блоков (IP-пакетов)**, она же OBS или Optical Burst Switching, воссоздает утраченное было равновесие между коммутацией пакетов и коммутацией каналов. Концепция OBS была предложена еще в начале 80-х годов для коммутации речи, но как-то не пригодилась. По общему определению блок (burst) представляет собой цифровизированный «всплеск» разговора или группа данных. В сетях «IP over DWDM» блок, формируемый на границе коммутатора/маршрутизатора, может состоять из множества IP-пакетов и содержать несколько мегабайт данных (это изображение с высокой разрешающей способностью или короткий видео-клип).

Сегодня можно выделить три основных отличия между коммутацией блоков (пакетов) и ее более известными предшественниками - канальной и пакетной коммутацией:

- блок занимает промежуточное место между такими фундаментальными понятиями других видов коммутации: вызовом (сеансом) и пакетом;
- процесс выделения в OBS требуемой полосы пропускания (для блока) более оперативен, потому что блок может быть отправлен без подтверждения осуществления успешной коммутации (односторонний процесс), в то время как в случае канальной коммутации данные могут быть отправлены только после получения информации о проключении канала (двухсторонний процесс);
- прохождение блоков через транзитные сетевые узлы осуществляется без буферизации, в то время как в пакетной коммутации пакет сначала запоминается, а лишь затем направляется в промежуточный УК (где нарастает сложность).

17. Сегодня в оптических сетях применяется довольно много разновидностей канальной и пакетной коммутации, при которых данные удерживаются в оптическом домене в течение процесса коммутации, чтобы сгладить узкие места электрической обработки/коммутации и достигнуть определенной степени прозрачности битовых скоростей, протоколов, и форматов кодирования. Предлагаемая парадигма OBS, вероятно, не только поможет достигнуть хорошего баланса между оптической пакетной коммутацией и коммутацией каналов. Такая интеграция, несомненно, поможет реализовать концепцию построения оптической сети Интернет нового поколения, которая вберет в себя лучшие достижения телефонных сетей (качество обслуживания, интеллектуальные услуги и пр.) и поможет обслуживать перспективную сетевую инфраструктуру с колоссальной полосой пропускания и самыми разнообразными услугами. Пока она скрывается за заманчивым термином **NGN (Next Generation Network)**.

Вот, собственно, и все, что мы хотели рассказать.

Конечно, многое и другое сотворили за полтора столетия связисты всего мира; но, если бы писать о том подробно, то, вероятно, «и самому миру не вместить бы написанных книг» (Евангелие от Иоанна 21:25).