

О развитии коммутационной техники связи

Б.С.Гольдштейн

«Даже самая прекрасная девушка Франции может дать только то, что у нее есть», – гласит популярная французская поговорка. Точно то же справедливо и для любой, даже самой прекрасной технологии: коммутация каналов, которая составляла казавшийся незыблемым фундамент Глобальной телефонной сети от самого начала до самого конца XX века, исчерпала свои возможности, будучи уже не в состоянии дать больше, чем у нее есть.

Три года назад на страницах этого же журнала в другой статье под несколько претенциозным названием «Коммутационные станции АТСЦ-90: quo vadis?» автор явно недооценил скорость революционных изменений, которыми сегодня характеризуется рынок оборудования связи. Хотя кое-что могло бы его насторожить и в то время. Компания Cisco, например, с самого начала относилась к оборудованию коммутации каналов, как к чему-то заведомо устаревшему, как, вероятно, относилась в свое время компания Форда к производству дилижансов. С другой стороны, нельзя считать безуспешными попытки ведущих телефонных компаний Lucent, Siemens, Nortel, Alcatel представить на рынок стройную гамму эволюционирующего телекоммуникационного оборудования на основе их платформ с коммутацией каналов, о чем будет сказано ниже. В этих условиях тот, кто тогда мог предвидеть сегодняшнее заявление одного из крупнейших мировых телефонных операторов – американской компании AT&T – о том, что она более не установит на своих сетях ни одной АТС с коммутацией каналов, пусть первым бросит камень в автора упомянутой статьи.

К тому же, у нас отнюдь не Северная Америка, и выступить с подобным заявлением в стране, миллионы жителей которой еще стоят в очереди на установку обычных телефонов, вряд ли уместно. К тому же, на территории России требуют замены около 15 млн. номеров координатных и 4,4 млн. номеров декадно-шаговых телефонных станций. С другой стороны, при сегодняшнем лавинообразном росте количества пользователей российского Интернет, при изобретении целого ряда новых телекоммуникационных услуг, при новых технологиях доступа и мобильности и т.п. надежда на долговременное сохранение статус-кво и игнорирование общемировых изменений в инфокоммуникациях, конечно же, бесплодны. Концептуальные аспекты технической политики в области коммутационных узлов и станций сети общего пользования, обусловленные этими соображениями, и рассматриваются ниже в данной статье.

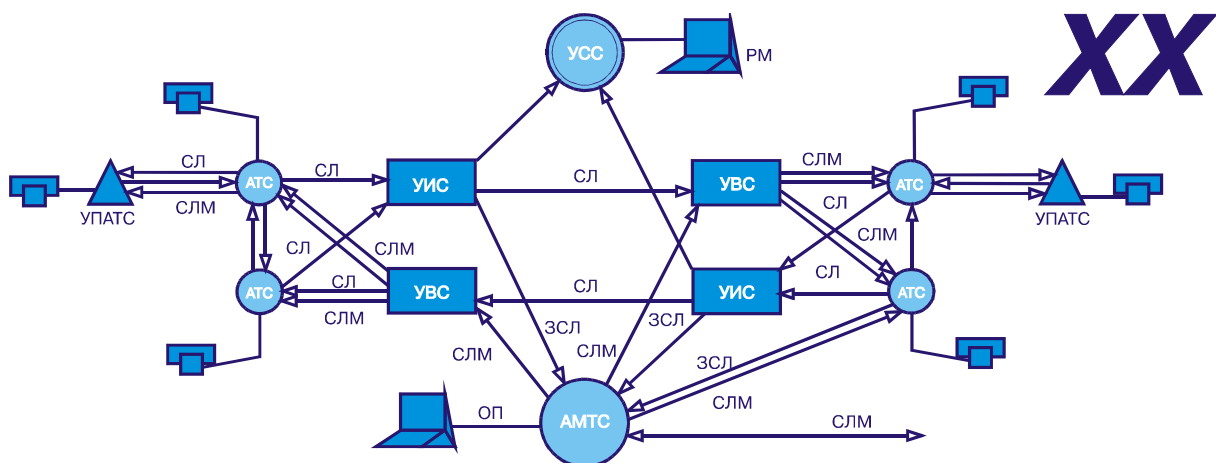


Рис.1. Традиционная структура ГТС ВСС РФ конца прошлого века

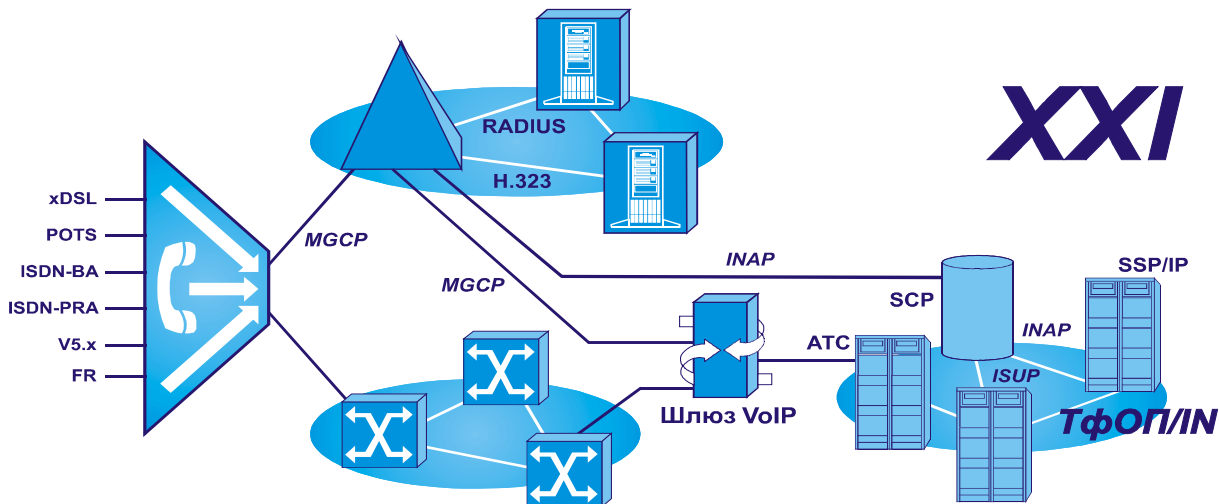


Рис.2. Мультисервисная сеть связи

2. Телефонные сети общего пользования.

Существующие коммутируемые телефонные сети общего пользования (ТфОП) проектировались для обслуживания речевого трафика, т.е. для традиционных услуг телефонной связи POTS (Plain Old Telephone Service). Телеграфные сообщения передавались через отдельную, ранее существовавшую сеть, а системы передачи данных и изображений появились гораздо позже. Поэтому представленные на рис.1 сети были спроектированы по принципу трех троек:

3 - 3 - 3

Первая тройка связана со случайным характером потока обычных телефонных вызовов со средним значением 3 вызова в час наибольшей нагрузки (ЧНН) от абонента.

Обычные телефонные соединения между абонентами относительно кратки по длительности - три минуты в среднем, - что определяет вторую цифру «три» в приведенной выше формуле. Эта величина весьма важна, т.к. концепция коммутации каналов требует, чтобы нужные для конкретного соединения элементы сети были доступны для того, чтобы организовать, коммутировать и поддерживать связь все 100% времени существования соединения. Кстати сказать, произведение этих двух троек и составило 0.15 Эрланга на абонентскую линию, которые были заложены, как тогда казалось, с запасом, в основу проектирования отечественных ТфОП.

Наконец, собственно информационный сигнал изначально является по своему характеру аналоговым в полосе частот 0.3 – 3.4 КГц, что определяет наличие третьей тройки в формуле.

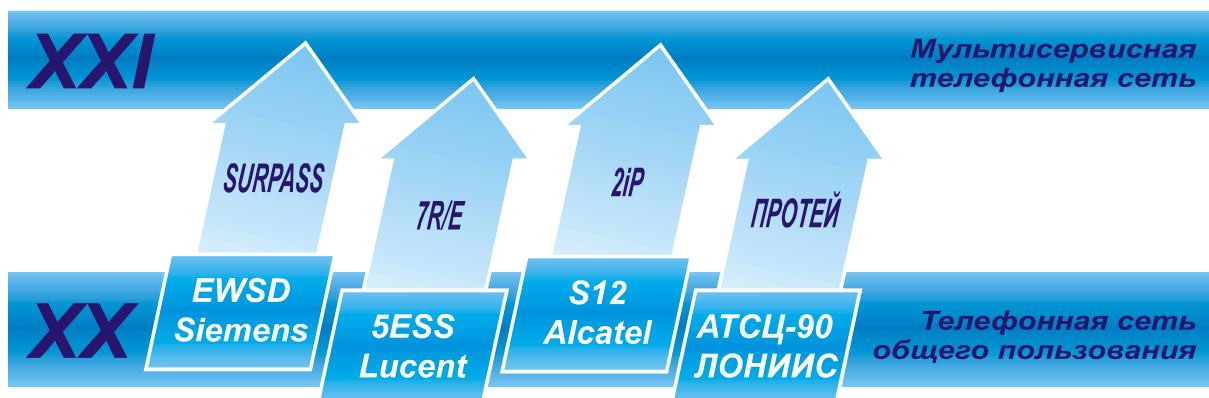


Рис.3. Эволюция коммутационных платформ

Данная формула продолжает и сегодня описывать ТфОП, в которых ручные коммутаторы, уступили дорогу сначала декадно-шаговым (SxS), затем координатным (Xbar) и, наконец, цифровым АТС с программным управлением. Современные ТфОП, конечно, гораздо более многофункциональны, они поддерживают обмен огромными объемами речевой информации, а

также данных и даже, до некоторой степени, видеоинформации. Аналоговая передача уступила место цифровой, на смену медным проводам приходит стекловолокно и беспроводная связь, но принцип 3 – 3 – 3 продолжал до недавнего времени действовать.

Сегодня на смену сетям, следующим этому принципу, приходят сети общего пользования нового поколения (рис.2), основанные на принципах коммутации пакетов и протоколах, разработанных для передачи данных, которые обещают как более низкие цены, так и большую функциональность. Представленная на рис.2 структура сети обусловлена тем, сегодня уже очевидным, фактором, что именно IP является движущей силой конвергенции сетей связи, информационных технологий и мультимедийных продуктов. На сетевом уровне IP создает единую, управляемую приложениями интерактивную сеть, способную обеспечить высокоскоростную пакетную связь с любыми беспроводными или проводными абонентскими устройствами проще и дешевле, чем традиционные сети. Операторы IP-телефонии предлагают более низкие, чем традиционные поставщики телефонных услуг, тарифы, а характер IP-биллинга позволяет (пока больше теоретически, но...) операторам IP-сетей устанавливать единые тарифы за связь с любой точкой Земного шара. Традиционные операторы ТфОП обязаны реагировать на эту ситуацию, о чем уже говорилось в начале статьи, и многие уже делают это, предоставляя услуги IP-телефонии, а также ряд новых услуг, таких как универсальная система обмена сообщениями, IVR, предоплатные телефонные карты Web-сервер, сопровождающий вызов по паролю и т.д.

Рассмотрение эволюции от традиционных сетей к сетям с преимущественной передачей речевой информации и данных на базе протоколов IP мы начнем с анализа того, что происходит с коммутационными узлами и станциями (АТС), составляющими каркас сегодняшних ТфОП.

3. Мультисервисные АТС

Очевидно, что традиционные операторы ТфОП не могут в одночасье переключиться на сеть нового поколения, да и сети новых операторов вынуждены взаимодействовать с традиционными телефонными сетями и услугами. Именно поэтому переход к новой топологии сети (рис.2) требует от новых коммутационных узлов унифицированного взаимодействия с транспортными сетями, базирующимися на временном разделении каналов (TDM), и с сетями общеканальной сигнализации №7 (ОКС7), наравне с IP-сетями, а также поддержки в новых условиях услуг, предоставляемых интеллектуальной сетью (IN), и совместной эксплуатации и развития этих и новых услуг IN и IP. Таким образом, речь идет об оборудовании, равноправно пропускающем трафик IP и трафик коммутации каналов, одновременно реализуя современные услуги, как входящие в перечень услуг интеллектуальной сети, так и некоторые новые услуги. При этом очень важна поддержка как традиционных, так и новых услуг.

Функции обслуживания вызовов в новых мультисервисных АТС должны быть в максимальной степени независимыми от систем сигнализации (2ВСК, ОКС7, ISDN), типа среды передачи информации (TDM или IP), метода кодирования информации (G.711, G.723 или G.729). Важно также, чтобы АТС нового поколения поддерживали как интерфейсы сетей с коммутацией каналов TDM (Е1), так и интерфейсы IP/Ethernet-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, H.323 и SIP.

Обычно операторы пытаются найти оборудование, позволяющее как можно скорее внедрить услуги, причем внедрить их наиболее перспективным способом, однако технология и оборудование не всегда успевают за такими требованиями. И если сегодня российские операторы для передачи IP-трафика могут приобрести оборудование компаний CISCO или RAD, то для передачи речи они, как правило, полагаются на традиционное коммутационное оборудование (5ESS, EWSD, S12 и т.п.).

Эволюция коммутационных систем представлена на рис.3. Рассмотрим эти системы в контексте сформулированной в статье проблемы (коммутация каналов и коммутация пакетов), не касаясь более тонких вопросов, связанных с упрощением эксплуатационного управления сетью, с вопросами начисления платы за связь, с так называемыми программными коммутаторами Softswitch и др. Актуальность такого рассмотрения связана с уже ощущаемыми трудностями телефонных операторов, связанными со снижением доходов от дальней связи из-за IP-телефонии, с увеличением времени занятия линий при сеансах Интернет, с большей долей отказов из-за занятости работающих в Интернет вызываемых абонентов, с преимущественным использованием новых IP-услуг вместо традиционных телефонных (e-mail вместо факсимильной связи, Web-сайты вместо справочно-информационных служб ГТС). Эти проблемы и обусловили создание новых эволюционных программ: 7R/E для 5ESS, SURPASS для EWSD, 2IP для S12, ПРОТЕЙ для АТСЦ-90 (см. рис.3).

Общее для всех упомянутых систем свойство - отвод IP-трафика от телефонной сети. Наверное, первое такое промышленное оборудование было поставлено компанией Nortel в 1998 году на базе DMS-500. При возникновении перегрузок вместо расширения емкости к DMS было построено оборудование GSX-9000 Open Service Switch производства компании SONUS, с помощью которого трафик, поступающий от пользовательских модемов и предназначенный для серверов удаленного доступа, передавался в обход коммутатора телефонной станции. Таким образом, коммутационный узел DMS разгружался для обслуживания исключительно телефонных соединений. Кстати, коммутационная система DMS компании Nortel также могла бы быть помещена на рис.3, и тогда в соответствующей стрелке следовало бы написать SUCCESSION. При этом, правда, следовало бы указать и еще одну весьма распространенную в России систему коммутации компании Italtel, для которой также декларируется весьма интересная программа iMSS с аналогичными целями. Но вернемся к тем системам, которые на рис.3 уже попали.

Компания Lucent Technologies сформулировала программу с весьма удачным названием 7R/E (Revolutionary/Evolutionary), в которой коммутатор 5ESS дооборудуется интерфейсом пакетной передачи, что позволяет операторам создавать масштабируемые пакетные сети и постепенно преобразовать существующие сети с временным разделением каналов (TDM) в сети, основанные на протоколах IP. Элементами концепции 7R/E являются также: 7R/E Call Feature Server, отвечающий за обработку вызова в концепции 7R/E и поддержку всех услуг, реализованных в классической платформе 5ESS, включая и услуги интеллектуальной сети; 7R/E Packet Driver, который позволяет владельцам 5ESS плавно перейти от систем с коммутацией каналов к пакетным системам; 7R/E Programable Feature Server, основанный на уже упоминавшемся продукте Softswitch и позволяющий операторам самостоятельно разрабатывать собственные услуги; 7R/E Packet Gateway – шлюз доступа для объединения различных абонентских устройств, включая DSL, кабельные модемы и беспроводный доступ; 7R/E Trunk Access Gateway и др.

Ядром концепция SURPASS компании Siemens служит центральный сервер обработки речевых вызовов и сигнализации SUPRASS hiQ, управляющий шлюзами на границах сети передачи данных. Основные характеристики этой платформы - поддержка большинства протоколов сигнализации (ISUP, INAP, H.323/SIP, MGCP/H/248), обслуживание вызовов интеллектуальных сетей, наличие API для взаимодействия с программными продуктами 3-й стороны (для приложений электронной коммерции, например), реализация Gatekeeper и RADIUS, позволяющая выполнять функции привратника и производить идентификацию удаленных пользователей и др. Транспортные шлюзы SUPRASS hiG обеспечивают VoIP, VoATM и функции сервера удаленного доступа RAS. Платформа SUPRASS hiA обрабатывает трафик ТфОП, обслуживает цифровые абонентские линии xDSL и выполняет функции сервера удаленного доступа.

В качестве еще одного, несколько менее известного примера хотелось бы упомянуть продукт OneSwitch компании Axtar - программируемый телефонный коммутатор, функционирующий под управлением ОС Linux, который, как и ПРОТЕЙ, одновременно является платформой дополнительных услуг и шлюзом IP-телефонии. Эти открытые платформы революционным образом изменяют принципы разработки и предоставления услуг, обеспечивая возможность на программируемой коммутационной платформе районной АТС одинаково обслуживать вызывающих абонентов, использующих стандартные телефоны или IP-телефоны, и развернуть такие услуги, как Call-центр с Web-доступом, предоплатные телефонные карты, уведомление о новом вызове при работе в Интернет и др.

Представленная на рис.4 структура коммутационной станции АТСЦ-90/ПРОТЕЙ может, благодаря своей многопротокольной архитектуре, служить основой для эволюционного перехода к ТфОП следующего поколения, позволяющей предоставить требуемые уровни и качество обслуживания для самых разнообразных инфокоммуникационных услуг на основе стандартов традиционной (ITU-T и ETSI), компьютерной (ECTF) и IP-телефонии (IETF).

Для традиционных операторов ТфОП, которым нужно перейти от архитектуры, представленной на рис.1 и ориентированной исключительно на передачу речи, к изображенной на рис.2 сети следующего поколения, ориентированной на интегральные инфокоммуникационные услуги по протоколу IP, структура мультисервисной АТС, представленная на рис.4, как раз и обеспечивает возможность напрямую интегрироваться в пакетные сети посредством оснащения телефонных узлов и станций интерфейсными модулями, поддерживающими пакетные интерфейсы с протоколом IP или режим асинхронного переноса информации АТМ. При этом поддерживаются и все возможности современной ТфОП, в том числе, интерфейс V5 для взаимодействия с оборудованием проводного и беспроводного доступа, цифровая абонентская система сигнализации №1 (DSS1) для подключения учрежденческих АТС (и даже сигнализация QSIG для непосредственного взаимодействия с корпоративными сетями), стек протоколов ОКС7, включая INAP для связи с SCP Интеллектуальной сети (о чем речь пойдет ниже), протокол Х.25 для

поддержки функций COPM и, наконец, модуль IPU (ISP PoP Unit) для взаимодействия с пакетными сетями. Преимущества такого подхода, дающего возможность задействовать уже установленное коммутационное оборудование и интегрировать его в пакетные сети, очевидны. Именно этот, представленный на рис.4 подход лучше всего подходит для строительства моста между традиционной телефонией и мультисервисными сетями.

Для новых альтернативных операторов, не отягощенных грузом прошлого, которые имеют возможность разворачивать сеть пакетной передачи речи и данных в отсутствии электромеханического наследия и других исторически сложившихся ограничивающих факторов, возможно, более удобно использовать не представленную на рис.4 «переходную модель», а непосредственно масштабируемую сетевую платформу ПРОТЕЙ, чтобы минимизировать начальные инвестиции и сразу же получить хорошее соотношение рабочих характеристик и пропускной способности с ценой. Начальная стоимость действительно является немаловажным аргументом для альтернативных операторов, а обычная АТС на 10 000 номеров стоит около 1000000 долларов, в то время как «чистая» система класса ПРОТЕЙ существенно дешевле. Суть этого второго, «чистого» подхода к интеграции телефонных и пакетных сетей, который, кстати, практикует Cisco Systems и некоторые другие производители, состоит в разделении интегрированной архитектуры на максимально независимые уровни.

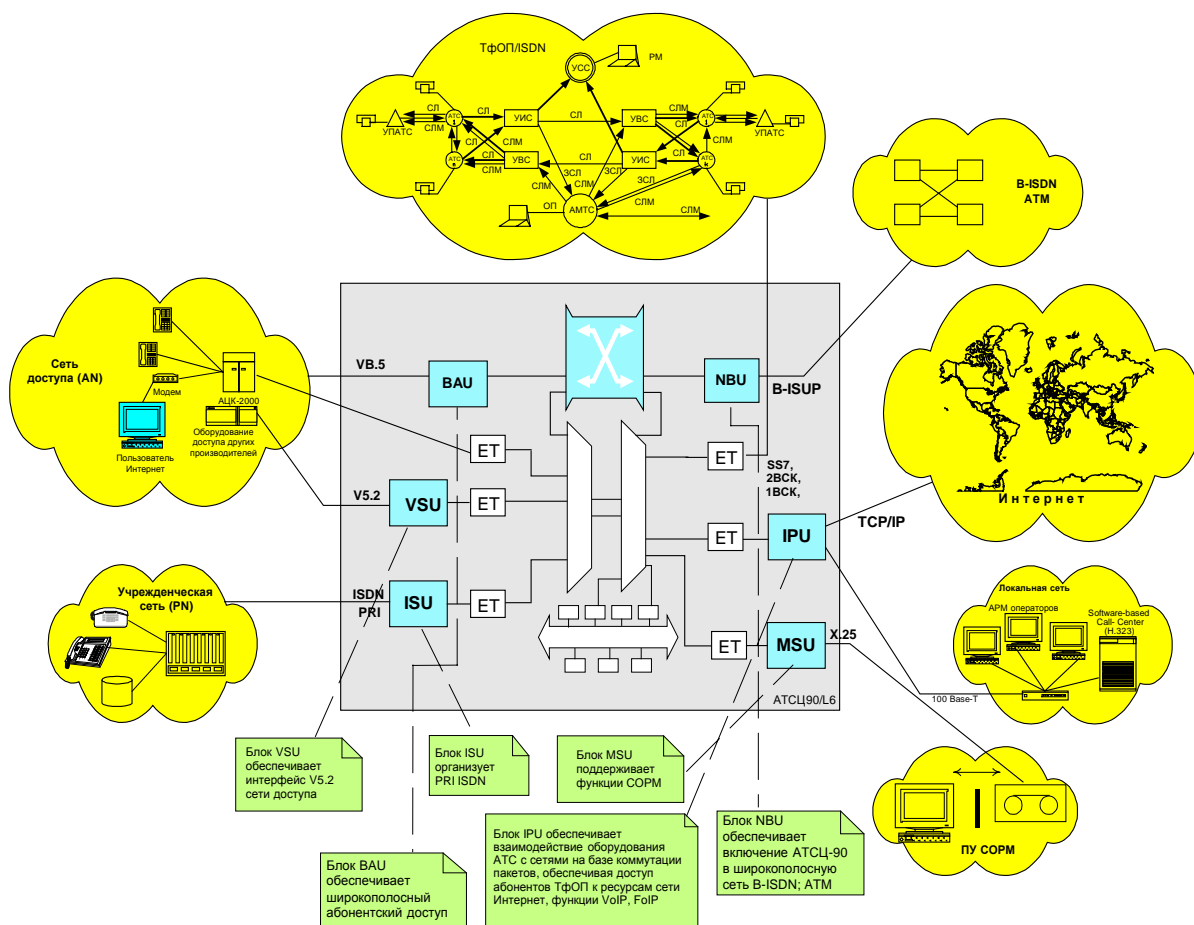


Рис. 4. Структура мультисервисной АТС

Первый уровень отвечает за вопросы интеллектуальной транспортировки трафика независимо от его типа, будь то речь, данные или видео, с предоставлением соответствующего класса обслуживания трафику каждого типа. Таким образом, на первом уровне могут применяться как коммутаторы ATM, Frame Relay, так и коммутаторы IP, поддерживающие стандартный протокол MGCP. Другой уровень отвечает за обработку телефонной сигнализации, независимо от ее типа, и за установление телефонного соединения. Следующий уровень содержит платформы интеллектуальных услуг, о которых будет сказано ниже.

Однако ни первый, ни второй подход не дают универсального решения. Эффективность их применения определяется двумя факторами: характеристиками поступающего трафика (соотношением трафика речи - трафика данных, в частности) и сетевым окружением (включается ли система в сеть, оборудованную преимущественно координатными или цифровыми АТС, наличие ОКС7, характер подключения к Интернет и т.п.). Немаловажны при

всем этом затраты на капитальное строительство, требуемые помещения, кондиционирование, резервирование электропитания, фальш-полы и др. С помощью технических решений ПРОТЕЙ пользователи могут подсоединяться к базовой сети посредством базирующегося на интерфейсе V5 мультисервисного абонентского цифрового концентратора МАК с мультимедийным доступом, который обеспечивает также функциональные возможности транспортного шлюза.

4. Инфокоммуникационные услуги

Высшим достижением ТфОП, по мнению автора, являлась концепция Интеллектуальной сети (ИС), о возможностях и перспективах эволюции которой достаточно подробно написано в книге [Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Интеллектуальные сети//М.: Радио и связь-2000] и в статьях тех же авторов в номерах 5 и 7 журнала «Вестник связи» за 2000 год. Тем не менее, являющийся одним из краеугольных камней концепции Интеллектуальной сети «центростремительный принцип» сосредоточения интеллектуальных возможностей сети в SCP входит в противоречие с пришедшим из Интернет «центробежным принципом» размещения интеллекта, т.е. логики услуг и сопутствующих данных, на границах сети - в пользовательских компьютерах и серверах.

Упомянутая выше платформа ПРОТЕЙ ориентирована на использование как централизованных интеллектуальных возможностей ИС, так и распределенных интеллектуальных возможностей на границе самой сети. В обоих случаях это все та же построенная по принципам CORBA среда создания инфокоммуникационных услуг, способных предстать перед разными пользователями в разных модификациях (отсюда образ Протея, вынесенный в название платформы). Универсальные функции, связанные с услугами (вызов услуги, управление услугой, контроль процесса предоставления услуги, начисление платы и формирование счетов), в этих платформах отделены от аппаратных модулей, обеспечивающих передачу информации и сигнализацию. При этом поддерживаются открытые интерфейсы прикладного программного обеспечения (API), которые облегчают задачу внедрения новых телекоммуникационных услуг. Всё это весьма важные моменты с точки зрения динамики рынка, поскольку операторы получают возможность предоставлять пользователям то, что тем действительно нужно, там, где нужно, и тогда, когда нужно.

Примером такого подхода может служить организация *порталов* – «мест» универсального доступа к разной информации с обширной базой данных и интеллектуальными средствами поиска информации. Имеются речевые порталы, Интернет-порталы, телекоммуникационные порталы, мобильные порталы и др.

Речевой портал представляет собой единый телефонный серийный номер, позволяющий получить нужную информацию в виде речевого сообщения. Высокопроизводительный сервер, на котором построен портал, преобразует речь вызывающего абонента в текст, производит поиск в базе данных, после чего найденная информация «зачитывается» по телефону. Технические проблемы организации речевых порталов связаны с технологическими трудностями распознавания речи, что тем более актуально для распознавания речи на русском языке, гораздо менее разработанного, чем аналогичные продукты для английского языка. Простейшим примером речевого портала является служба точного времени или погоды, а несколько более сложные речевые порталы обеспечивают возможность запрашивать в речевом режиме содержимое Web-сайта.

Мобильный портал позволяет получить доступ к информации и/или отправить сообщение, используя мобильный телефон. В качестве технологии доступа к мобильным порталам используются энергично развиваемые сегодня WAP, SMS, GPRS.

Телекоммуникационные порталы позволяют передавать и принимать сообщения любого типа с помощью любых абонентских терминалов (телефон, мобильный телефон, ноут-бук и др.). Основные услуги телекоммуникационных порталов - отправка и/или получение универсальных сообщений (e-mail, речь, факс, видео, SMS), а также предоставление услуг Интеллектуальной сети Freephone, единый номер, уведомление о вызове во время связи, поиск абонента, перенаправление вызова и др. из списка CS1.

Кроме организации порталов имеется целый ряд других услуг, реализация которых возможна только с помощью представленных на рис.3 платформ.

Например, услуга уведомления о вызове во время связи ICW (Internet Call Waiting) позволяет известить пользователя, занятого сеансом связи с Интернет, о поступившем к нему телефонном вызове. После того как пользователь получит визуальное оповещение на своем компьютере, у него имеется на выбор несколько опций: ответить на вызов, приостановив сеанс с Интернет, переадресовать вызов в почтовый ящик речевых сообщений, передать вызывающему абоненту сигнал ожидания, запомнить номер вызывающего абонента на своем компьютере, чтобы перезвонить позже, или вовсе игнорировать вызов. Если пользователь решил ответить на

вызов, то устанавливается соединение в телефонной сети, а сеанс связи с Интернет прекращается или приостанавливается с отключением модема.

Зеркальным отражением ICW можно условно считать услугу индикации пришедшей электронной почты EWI (E-mail Waiting Indication). Эта услуга позволяет известить абонента о пришедшем к нему по e-mail сообщении с помощью тонального сигнала или информации на табло телефонного аппарата. Ее реализация требует связи мультисервисной АТС с сервером Интернет и соответствующего пересчета адреса электронной почты в телефонный номер ТфОП.

Другая услуга D3BOX позволяет получать и хранить электронную почту, речевую почту и факсимильные сообщения в одном виртуальном почтовом ящике, а также получать доступ с Web-сайта и телефона к этому ящику, просматривать факсы через Интернет, переадресовывать сообщения из D3BOX на указанный e-mail адрес или факсимильный аппарат, прослушивать электронную почту в виде текстового сообщения по телефону, получать оповещения о получении новых сообщений по электронной почте и т.д.

В рамках концепции Интеллектуальной сети абонент или пользователь услугой ИС может управлять профилем этой услуги при помощи сигналов DTMF со своего телефонного аппарата или с помощью оператора. Новая услуга ICPM (Internet Customer Profile Management) позволяет весьма комфортно управлять профилем услуги с персонального компьютера прямо из Web-страницы.

Целый ряд услуг IP-телефонии по сценариям “телефон-телефон”, “компьютер-телефон” и т.п. рассмотрены в книге [Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония//М.: Радио и связь-2001]. Эти услуги не следует считать дополнительными, ибо они обеспечивают традиционную телефонную связь несколько иным способом и, возможно, с использованием предоплаченных телефонных карт, со структуризацией по пин-коду посредством прямого набора с помощью тастатуры телефонного аппарата, программирование телефонного аппарата для автоматической передачи пин-кода пользователя, авторизацию по номеру звонящего абонента (в этом случае сервер автоматически определяет номер вызываемого абонента). К этому следует добавить возможность в одном телефонном канале предоставлять доступ к Интернет, к телефонной сети общего пользования, к IP-телефонии.

Последняя услуга обычно именуется второй виртуальной линией - VSL (Virtual Second Line) и позволяет абоненту ответить на входящий телефонный вызов, не прерывая сеанса связи с Интернет. Для этого используется специальный шлюз, преобразующий речевые телефонные сигналы в пакетную передачу речи по протоколу IP (VoIP – Voice over IP), представленный, в частности, на рис.4 в виде модуля IPU системы ПРОТЕЙ-IP.

Еще одна услуга – C2D (Click to Dial) – дает пользователю возможность во время сеанса связи с Интернет произвести телефонный вызов путем простой активизации соответствующей пиктограммы на экране своего компьютера. Адрес вызываемой и/или вызывающей стороны может быть как IP-адресом, так и номером телефонной линии. Организовать такую услугу могут сами пользователи, имеющие свой Web-сайт, разместив на нем ссылку или клавишу, нажав на которую посетитель сайта может связаться с представителем данного Web-сайта.

Описанные выше интегрированные услуги передачи речи и данных являются лишь верхушкой айсберга. Совместными усилиями разработчиков ведущих мировых компаний в области связи и информатизации сегодня создается множество самых неожиданных новых инфокоммуникационных услуг, даже перечень которых автор не берется прогнозировать, а предлагать читателю свои собственные фантазии на эту тему не считает себя в праве. Но характер услуг, уже реализованных в упомянутых выше платформах, позволяет предположить, что никакой кровавой битвы между технологиями коммутации каналов и пакетов не будет. Выбор уже сделан. И для того, чтобы удержать абонентов, чтобы повысить свою конкурентоспособность, или хотя бы обеспечить элементарное выживание, операторам ТфОП в самое ближайшее время понадобятся мультисервисные платформы, сочетающие высокую производительность с экономичностью и гибкостью предоставления услуг.

Вместо заключения

Когда этот материал уже был завершен и готов к отправке в редакцию, автору случайно попался в одной книге исторический эпизод начала 30-х годов. В Кремле проходило обсуждение вопроса хлебопоставок, и секретарь одного из обкомов партии, говоря о том, что его область не может увеличить поставки зерна, процитировал пословицу, которая приведена в начале данной статьи: «Как говорят французы, – сказал он, – даже самая прекрасная девушка не может дать больше того, что у нее есть». Присутствовавший на обсуждении Сталин поправил: «Но она может дать дважды».

Случайно (но весьма кстати) попавшаяся реплика в какой-то степени компенсирует мрачность прогнозируемого в статье будущего коммутации каналов. Она наводит на такую мысль: а не проявится ли эта технология на следующей витке спирали развития инфокоммуникаций в качестве основного метода, если не для передачи речи и данных, то, скажем, для телепортации.