

НОВЫЕ ФУНКЦИИ В ЦИФРОВЫХ АТС: ОПЫТ АТСЦ-90/L5 и DX-200/L4.5

Б.С.Гольдштейн

Наряду с внедрением нового поколения отечественных АТС семейства АТСЦ-90 специалистами ЛОНИИС при поддержке коллег из компании НОКИА и Московской, Петербургской, Новосибирской и Тульской ГТС проведена модернизация ряда АТС системы DX200, включающая замену морально устаревшей версии программного обеспечения R3 и R4 на версию L4.5 с качественно новыми, соответствующими современным требованиям функциями, такими как:

- *система сигнализации ОКС №7 (MTP-R, ISUP-R);*
- *первичный ISDN доступ 30B+D по протоколу E-DSS;*
- *15-тизначная международная нумерация;*
- *100% -ый подробный учет стоимости ;*
- *поддержка функций СОРМ в полном объеме;*
- *подключение оборудования доступа по интерфейсу V5.2;*
- *отделение Интернет-трафика*
- *и др.*

Эти версии ПО (L5 для АТСЦ-90 и L4.5 для DX-200) практически идентичны и впервые прошли сертификационные испытания еще в 1999 году, а после успешных дополнительных линейных испытаний СОРМ и V5.2 в декабре 2000 года выданы соответствующие сертификаты без каких либо ограничений и с широким набором функциональных возможностей.

Собственно говоря, именно этим новым функциональным возможностям, актуальным для всех современных цифровых АТС, посвящена данная статья.

Немного истории

Станции DX-200 производства фирмы NOKIA устанавливались в СССР с начала 1980 годов, поддерживали используемые в то время системы межстанционной сигнализации - декадной и многочастотной и обеспечивали соответствовавший тому времени набор дополнительных видов обслуживания (ДВО).

В 1990 году, по условиям межгосударственного соглашения о поставках, фирма NOKIA передала российской стороне документацию для системы DX-200/R4, на основе которой в Ленинградском отраслевом научно-исследовательском институте связи (ЛОНИИС) была создана база для производства оборудования и разработки совместимой с DX-200 станции с программным обеспечением отечественной разработки, дающей возможность внедрения на Взаимоуязванной сети связи страны перспективных технологий и услуг связи.

Сегодня в сетях связи России работают станции DX-200 системных уровней R3 и R4, общая емкость которых составляет около 1.5 миллионов номеров. Накопленный опыт работы DX-200 позволяет заключить, что это надежная и удобная в эксплуатации система, обладающая большим ресурсом работы и высокими эксплуатационными характеристиками.

Однако несмотря на очевидные достоинства, станции DX-200 не удовлетворяют требованиям интенсивно развивающихся сетей связи: не обеспечивают обработку 15-значного международного номера, как это установлено Международным союзом электросвязи, не обрабатывают сигнализацию ОКС№7 (на уровнях R3, R4), не поддерживают услуги ISDN, не выполняют подробный учет стоимости для 100% абонентов, не позволяют вводить требуемые абонентские услуги, не поддерживает СОРМ, не имеет универсальный интерфейс V5 с оборудованием абонентского доступа и т.д. В связи с этим вопрос о необходимости модернизации DX-200 потребовал серьезного рассмотрения. Решению этой отнюдь не простой технической проблемы в ЛОНИИС способствовали первые успехи в установке схожих с DX-200, но уже полностью отечественных станций АТСЦ-90/L4 [1].

Собственно говоря, далее модернизация систем АТСЦ-90/L4 и DX-200/R3,R4 велась параллельно и привела в конце концов к успешной сертификации версий L5 для АТСЦ-90 и спустя два месяца - L4.5 для DX-200. Общая структура модернизированной системы представлена на рис.1 и ориентирована на работу с сетями ТФОП и ISDN, IP-сетями, в составе Интеллектуальной сети [2], совместно с разнообразным оборудованием сети доступа (AN) и др.

Основные задачи модернизации

При модернизации цифровой системы коммутации перед разработчиками стоят две основные задачи:

- обеспечить возможность замены существующих аппаратных блоков и модулей аналогичными, но с улучшенными параметрами;
- заменить программное обеспечение новым, способным улучшить качественные характеристики станции.

Выполнение сформулированной выше задачи было бы невозможно, если бы в ЛОНИИС не было бы организовано производство набора блоков системы DX-200, необходимых для замены и расширения оборудования действующих станций. Т.к.одновременно с разработкой оборудования DX-200 создавалась подобная ей отечественная коммутационная система АТСЦ-90, блоки АТСЦ-90 создавались полными функциональными аналогами блоков DX-200 уровня R4 и даже в большинстве случаев совместимы с DX-200 по таким критериям как геометрические размеры, механическое присоединение, электропитание, внешние интерфейсы и энергопотребление. Взаимозаменяемость блоков производства Nokia и блоков производства ЛОНИИС позволяет решить в дальнейшем проблему ремонта и замены неисправного оборудования станций DX-200.

На основе версии ПО R4.32 фирмы Nokia в ЛОНИИС создана версия L4.5, которая обеспечивает для системы DX-200:

- обработку сигнализации ОКCN№7;
- подключение абонентов ISDN;
- подробный учет стоимости разговоров для 100% абонентов станции;
- стандартный интерфейс с биллинговой системой;
- обработку номера длиной до 18 знаков для выхода на новые 15-значные номера международной сети.

Кроме того, версия L4.5 поддерживает интерфейс с интеллектуальным пользовательским терминалом и интеллектуальным принтером, разработанными в ЛОНИИС.

Версия L4.5 полностью совместима с оборудованием DX-200 и является основой дальнейшего расширения функций этих станций. Рис.1 иллюстрирует использование возможностей DX-200/L4.5 для внедрения новых технологий и услуг.

Разработка программного обеспечения сопровождается специальным электронным архивом, обеспечивающим надежное хранение и преемственность версий ПО.

Технология модернизации

Модернизация DX-200, как отмечалось ранее, включает в себя модернизацию оборудования и установку нового программного пакета, обеспечивающего расширение функциональных возможностей станции [5]

Объемы аппаратной модернизации DX-200/R3 и DX-200/R4 различны в связи с тем, что в этих станциях используются блоки различных модификаций, причем ряд блоков DX-200/R3 подлежит обязательной замене из-за ограниченности их ресурсов. Различаются также задачи модернизации станций DX-210 и DX-220 вследствие различия их архитектуры и объема оборудования.

Для внедрения новых функций, таких как ОКCN№7 и подробный учет стоимости разговоров, требуется включение в конфигурацию станции соответствующих блоков, что не вызывает принципиальных трудностей благодаря «открытой» архитектуре DX 200. Установка новой версии ПО выполняется непосредственно после модернизации оборудования станции.

В ЛОНИИС разработана технология установки версий ПО на работающей станции DX-200, позволяющая сократить до минимума потери вызовов.

Последовательность операций, выполняемых при установке новой версии, показана на рис.2. График замены версии составляется с учетом распределения нагрузки в течение суток. Необходимо отметить, что основная часть работ, приведенных в правой колонке рисунка, вообще не влечет за собой потерь.

Технология замены версии неоднократно проверялась на станциях, работающих в местных сетях связи.

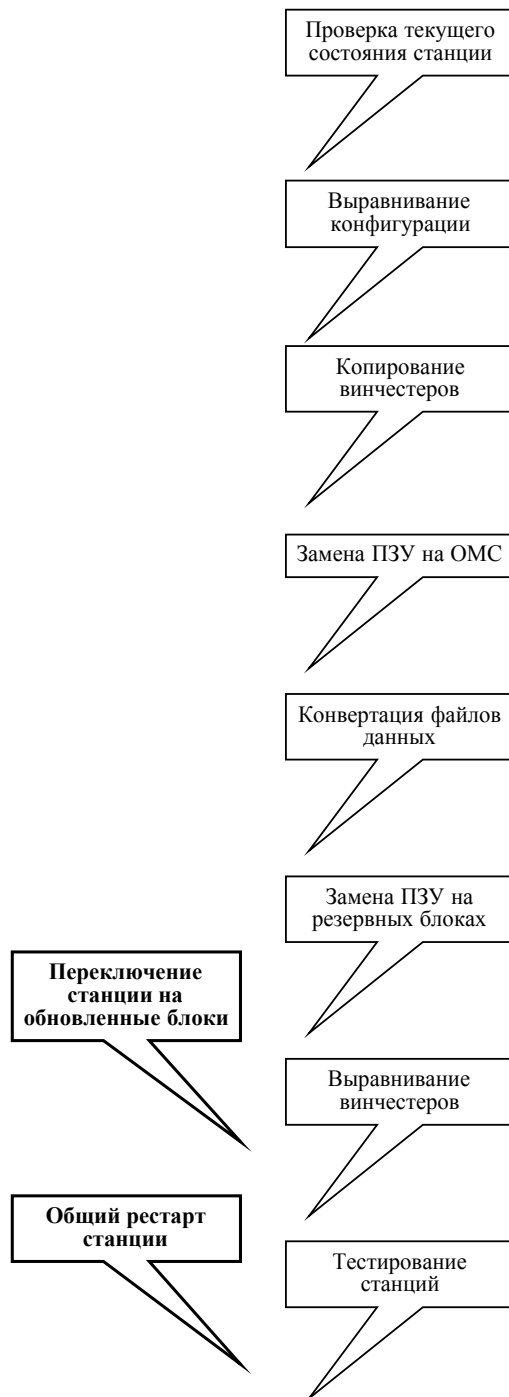


Рис.2. Порядок работ при замене версии ПО на действующей станции

Эффективность модернизации DX-200

В результате модернизации система DX-200 с версией L4.5, в дополнение к уже заложенным в нее функциям, будет выполнять:

- обработку сигнализации по общему каналу ОКС№7;
- обработку 18-ти знаков номера;
- поддержку интерфейса первичного доступа PRI сети ISDN;
- подробный учет стоимости разговоров и услуг для 100% абонентов станции;
- поддержку стандартного интерфейса с биллинговой системой.

Положительный эффект от внедрения в DX200 новых функций рассматривается ниже более подробно.

Внедрение общеканальной сигнализации

Сегодня уже не вызывает сомнений тот факт, что внедрение системы общеканальной сигнализации ОКС-7 является ключевым элементом построения современных сетей электросвязи. Сигнализация ОКС-7 может использоваться вместо любой из применяемых сегодня в ТфОП систем сигнализации, легко модифицируется к специфическим особенностям разных уровней сети, позволяет оптимизировать использование пропускной способности цифровых сетей связи [3]. При полном переходе на сигнализацию ОКС-7 повышается эффективность использования соединительных линий и приборов станции, что позволяет существенно уменьшить объем оборудования, соответственно сократить эксплуатационные расходы на обслуживание станции и снизить энергопотребление. Кроме того, сигнализация ОКС№7 является основой для поддержки услуг Интеллектуальной сети и ISDN. При внедрении ОКС-7 становится целесообразным применение в станциях DX-200 интерфейса первичного доступа PRI, например, для подключения УПАТС с функциями ISDN. Технические характеристики программно-аппаратной реализации ОКС №7 приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики реализации ОКС №7

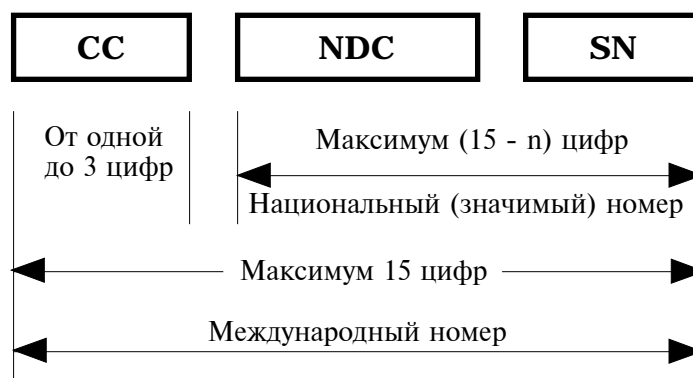
Наименование	Значение
Количество разговорных каналов на один CCSU	2048
Количество сигнальных терминалов на один CCSU	4
Количество звеньев сигнализации на один SP	64
Подсистема МТП	
Уровень 2	Q.702, Q.703: Белая книга МСЭ, национальные спецификации подсистемы МТП
Уровень 3	Q.704: Белая книга МСЭ, национальные спецификации подсистемы МТП
Подсистема ISDN UP (ISUP)	Q.761-Q.764: Белая книга МСЭ, национальные спецификации подсистемы ISUP

Поддержка 15-значной международной нумерации.

Для вхождения России в Европейскую и Глобальную информационные инфраструктуры необходимо, чтобы выполнялось требование обработки в станциях и узлах местных сетей 15-значного (а с учетом индексов выхода – 18-значного) международного номера при установлении исходящих и транзитных соединений [4]. В контексте этой статьи будет рассматриваться только система нумерации по схеме рекомендации E.164, в которой определяются три разные структуры для *международных номеров в системах связи общего пользования (для краткости такие номера называются ниже просто международными номерами)*:

- структура международного номера применительно к территориям,
- структура международного номера применительно к глобальным услугам,
- структура международного номера применительно к сетям.

Структура международного номера применительно к территориям представлена на рис.3. Номер содержит некоторое количество десятичных цифр, организованных в специальные кодовые поля. Кодовыми полями в данном случае являются поле кода страны (CC) и поле национального (значащего) номера N(S)N.

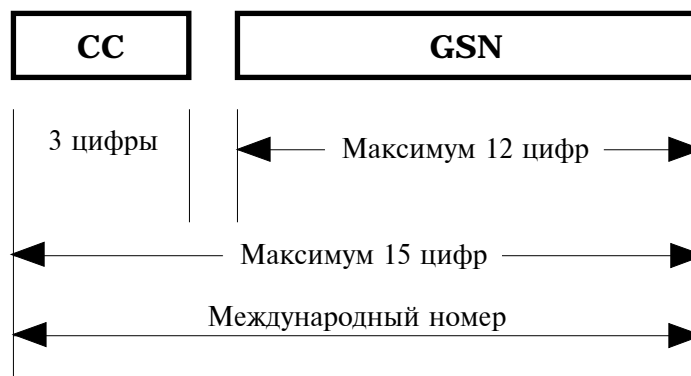


- CC Код страны применительно к территориям
- NDC Код (междугородной) зоны (опция)
- SN Номер абонента
- n Количество цифр в коде страны

Рис.3. Структура международного номера применительно к территориям

Структура номера по схеме E.164 для географических областей может использоваться в качестве как имени, так и адреса. Номер является адресом в том случае, когда он определяет конкретную конечную точку, например, 7 812 296 6897. Номер является именем тогда, когда он используется для некоторых не географических услуг, например, бесплатной услуги, поскольку служит идентификатором.

На рис.4 показана структура международного номера применительно к глобальным услугам. Для разных услуг формат используется по-разному в зависимости от того, какие требования предъявляет к нумерации та или иная услуга.

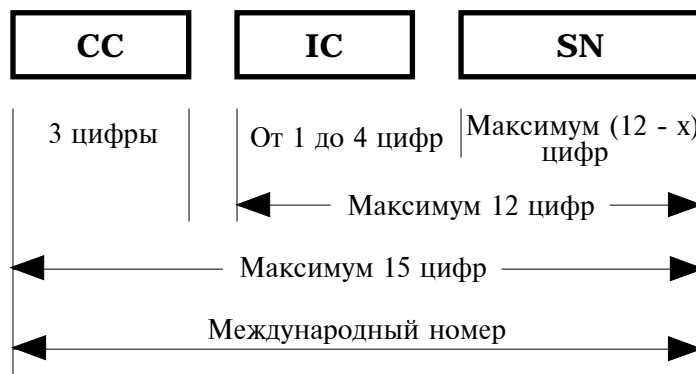


CC Код страны применительно к глобальным услугам

GSN Номер абонента глобальной услуги

Рис.4. Структура международного номера применительно к глобальным услугам

Международный номер со структурой применительно к сетям (рис.5) состоит из десятичных цифр, сгруппированных в три кодовых поля. Кодовые поля представляют собой: 3-значное поле кода страны (CC), поле кода идентификации сети (IC), длина которого может составлять от 1 до 4 цифр, и поле номера абонента (SN), которое может содержать 15 цифр минус количество цифр в полях CC и IC.



CC Код страны применительно к сетям

IC Код идентификации сети

SN Номер абонента

x Количество цифр в коде идентификации сети

Рис.5. Структура международного номера применительно к сетям

Структура номера применительно к сетям представляет собой комбинацию как имени, так и адреса. Первые два компонента номера, CC+IC, - это адрес, поскольку они идентифицируют сеть, к которой должен маршрутизироваться вызов, в то время как оставшаяся часть номера, SN, является именем, поскольку она используется как средство идентификации сетью.

Версия L4.5 [5] позволяет станции или узлу DX-200 обрабатывать номера длиной до 18 цифр («8-10»+15цифр номера) при установлении исходящих и транзитных соединений к АМТС со всеми типами сигнализации, обеспечивая выполнение следующих функций :

- прием и накопление международного номера, содержащего до 15 знаков (а с учетом индексов выхода на международную сеть - до 18 знаков);
- фиксацию недобора номера по выдержке времени при приеме после индекса «8-10» менее 8 знаков;
- фиксацию окончания набора номера либо по выдержке времени в случае приема после индекса «8-10» от восьми до четырнадцати знаков, либо при приеме 15-ти знаков;

- анализ индекса выхода на междугородную (8) или международную (8-10) сети с целью определить максимальное число знаков в принимаемом номере (10 или 15);
- передачу полученной информации на АМТС декадным методом или методом «импульсный пакет »;
- использование в ряде дополнительных услуг 18 знаков номера для выхода на международную сеть.
- возможность сбора и вывода данных контроля трафика с учетом 15-значной международной нумерации;
- возможность изменения параметров маршрутизации и параметров дополнительных услуг с MML-терминала станции с учетом увеличения длины абонентского номера.

Рис.6 иллюстрирует обработку 15-значного международного номера в станции АТСЦ-90/L5 и DX-200/L4.5 на разных участках установления соединения.

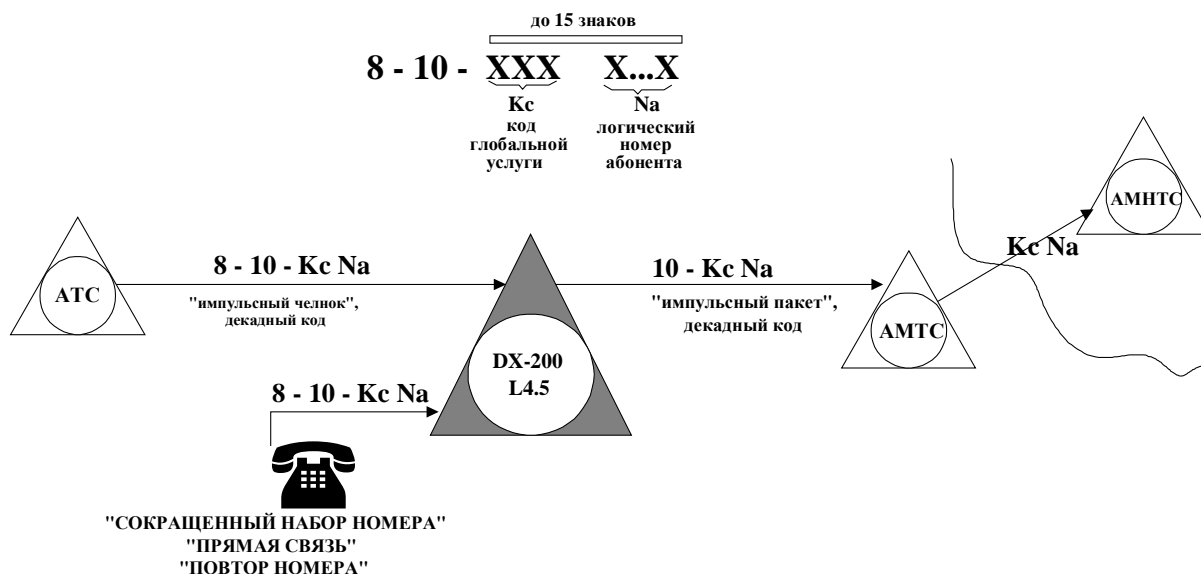


Рис.6 Обработка 15-значного международного номера в АТС

Поддержка услуг ISDN

Подключение оборудования ISDN к АТС осуществляется с помощью блока ISU, поддерживающего интерфейс первичного доступа (PRI) и систему сигнализации E-DSS1, включая уровни 1, 2 и 3 интерфейса "пользователь-сеть" (поддержка тракта ИКМ-30, установление и поддержание звена данных LAPD, процедуры управления соединением).

Интерфейс первичного доступа может использоваться для подключения к DX-200 современных цифровых УПАТС, большинство из которых имеет функции ISDN. Во-первых, такое подключение обеспечит абонентам УПАТС доступ к услугам ISDN в масштабах ТФОП (видеотелефония, быстрая передача данных, передача коротких текстовых сообщений и т.д.). Во-вторых, использование интерфейса PRI вместо традиционной сигнализации по двум выделенным сигнальным каналам обеспечит более высокую скорость и надежность установления соединения, снизит время непроизводительного занятия канала. Кроме этого, интерфейс PRI может использоваться для подключения оборудования доступа к INTERNET.

Повременный учет стоимости разговоров в АТСЦ-90/L5 и DX-200/L4.5

Актуальным в последнее время стало требование обеспечить для 100% абонентов станции подробный учет стоимости разговоров и услуг, в то время как DX200/R3,R4 обеспечивает подробный учет только для 2% - 5% абонентов. К сожалению, обработка и хранение большого объема учетной информации требует увеличения объема памяти блока статистики STU и установки версии ПО L4.5, реализующей функции обработки.

Долговременное хранение первичной учетной информации обеспечивает система ТАРЛОН, которая подключается к АТС DX-200 через внешний интерфейс. Система ТАРЛОН предоставляет обслуживающему персоналу АТС возможности:

- выполнять обработку и классификацию первичной учетной информации по разным критериям (по видам связи, по отдельным абонентам, по группам абонентов, по типам вызовов и т.д.);
- формировать абонентскую картотеку, облегчающую и систематизирующую работу с абонентами;
- получать полные сведения о состоявшихся соединениях, о распределении нагрузки, и о распределении во времени числа и продолжительности разговоров в виде таблиц, графиков и гистограмм;
- осуществлять расчеты с абонентами по принятым в ТфОП правилам. Поддержка изменения тарифов может выполняться как подсистемой учета стоимости разговоров АТС, так и аппаратурой обработки (АО) системы ТАРЛОН;
- передавать учетную информацию с помощью стандартных средств и протоколов в центр расчета с абонентами. При этом ПО системы ТАРЛОН позволяет преобразовать формат передаваемых данных по требованию Заказчика.

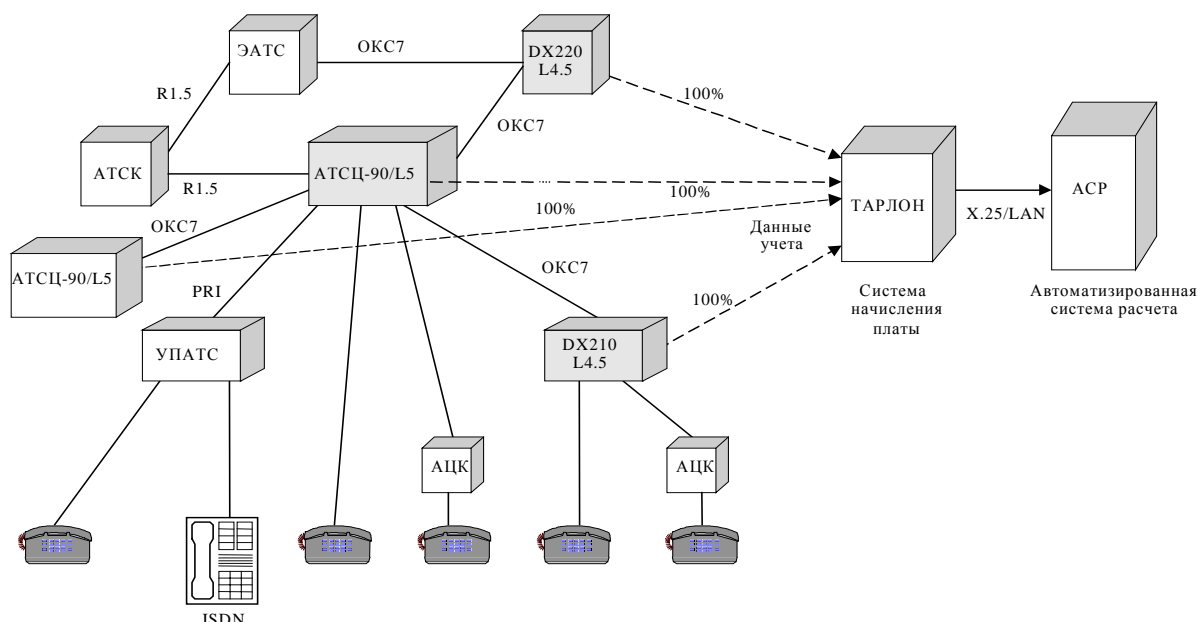


Рис.7. Включение ТАРЛОН

Терминалы технической эксплуатации

Для административного управления системой DX-200/R3,R4 используется следующее оборудование (по штатному списку):

- терминалы (пульты VDU) для управляющих воздействий (передачи команд) и для получения результатов их выполнения;
- алфавитно-цифровые печатающие устройства (принтеры) для переноса на бумажный носитель технологической информации, генерируемой АТС в процессе функционирования.

Ресурс вышеперечисленного оборудования давно выработан. Запасные части и детали для терминалов и принтеров не выпускаются, а стоимость нового аналогичного оборудования сравнима со стоимостью персонального компьютера. Кроме того, велики затраты на расходные материалы (бумагу, красящую ленту). Существенным является и то, что ни рассматриваемое оборудование, ни сама система технического обслуживания принципиально не позволяют станциям семейства DX-200 в перспективе быть интегрированными в сеть эксплуатационного управления (TMN), развитие которой в мировом масштабе становится объективной реальностью [6].

В рамках программы АТС-90 разработаны новые средства технического обслуживания – интеллектуальный пользовательский терминал (ИПТ) и интеллектуальный принтер (ИП), которые

вполне могут заменить VDU и принтеры с сохранением всех функций административного управления системой.

Таким образом, отпадает необходимость в приобретении расходных материалов, поскольку вся информация о работе АТС хранится в электронном виде. При использовании систем ИПТ и ИП в узлах централизованного управления (MSW, MMSW) можно вообще отказаться от использования принтеров и уменьшить количество VDU терминалов.

Внедрение систем ИПТ и ИП позволит перевести процесс технического обслуживания АТС DX-200 на качественно новый уровень в части управления станциями и в части обработки эксплуатационной информации. В дальнейшем эти системы смогут выполнять роль Q-адаптеров при интеграции АТС DX-200 в сеть TMN.

Использование ИПТ и ИП даст возможность обслуживающему персоналу получать оперативную помощь в режиме «Hot-line» из единого центра поддержки DX-200.

Реализация интерфейса V5

В соответствии общими техническими требованиями (ОТТ) на цифровые АТС обе платформы DX 220/L4.5 и АТСЦ-90/L5 были спроектированы так, чтобы предоставлять услуги открытых интерфейсов V5.1 и V5.2. Интерфейс V5 дает возможность оператору построить сеть доступа независимо от того, какой фирмой произведена местная АТС. Интерфейс V5 позволяет оператору предлагать универсальные традиционные телефонные услуги (POTS) и услуги ISDN для самых разнообразных технических решений проводного или беспроводного доступа. Научно-техническим аспектам интерфейсов V5 и реализующему этот интерфейс блоку VSU посвящена отдельная статья, публикуемая в этом же номере журнала.

Отделение Интернет-трафика

Для решения этой проблемы выбран вариант организации точки присутствия Интернет в коммутационном оборудовании АТСЦ-90/L5. При этом не только отводится трафик Интернет, но и операторы телефонной связи, приобретающие АТСЦ-90/L5 или модернизирующие DX-200 до уровня L4.5, становятся потенциальными поставщиками услуг глобальной сети Интернет, что позволяет существенно повысить доходы операторов [7].

Разработанный согласно этому подходу входящий в комплекс оборудования АТСЦ-90 модуль IPU (Internet Point of Presence Unit) позволяет организовать интеграцию оборудования коммутации каналов АТСЦ-90 с сетями на основе коммутации пакетов.

Модуль IPU представляет собой интегрированный сервер доступа, т.е. устройство, выполняющее одновременно функции шлюза IP-телефонии и сервера удаленного доступа к IP-сетям. В качестве шлюза IP-телефонии сервер обеспечивает передачу речевого трафика и факсимильных сообщений по сетям с коммутацией пакетов по протоколу H.323, а в качестве сервера удаленного доступа он обеспечивает абонентам ТФОП доступ в Интернет или к удаленным ЛВС по коммутируемым линиям. Модуль IPU автоматически по набранному номеру и по характеру сигналов (голос, факс) распознает, какое из вышеперечисленных приложений должно быть использовано для обслуживания поступившего вызова.

Реализация функций *шлюза IP-телефонии* обеспечивает возможность использования сети с коммутацией пакетов для предоставления услуг междугородней и международной связи, что приводит к удешевлению услуг (при приемлемых показателях качества обслуживания, сравнимых с теми же показателями для ТФОП). Удешевление достигается за счет применения современных алгоритмов кодирования речевых сигналов, подавления пауз в разговоре и статистического мультиплексирования пользовательской информации.

Основным функциональным назначением шлюза является преобразование речевой информации, поступающей со стороны ТФОП с постоянной скоростью передачи, в вид пригодный для передачи по сетям с маршрутизацией пакетов IP: кодирование и упаковка речевой информации в пакеты RTP/UDP/IP, а также обратное преобразование. Кроме того шлюз преобразует сообщения абонентской сигнализации ISDN E-DSS1 и сигнальные сообщения ОКС7, поступающие из ТФОП, в сигнальные сообщения протокола H.225.0, а также управляет разговорными каналами при помощи протокола H.245.

Шлюз IP-телефонии может использоваться для уплотнения межстанционных соединительных линий связи. При этом отсутствует стандартная обработка сигнальных сообщений (сигнальная информация ОКС7 передается прозрачно), так как разговорные каналы постоянно открыты и по ним передается сжатая речь с подавленными паузами. Кроме того, шлюз автоматически обнаруживает сигналы факса,

и начинает вести обработку информации по протоколу Т.38, после окончания факсимильной сессии система возвращается на прежний режим работы.

Реализация функций *сервера удаленного доступа* позволяет оператору связи обеспечить возможность доступ абонентов АТСЦ-90 (и других телефонных станций) к услугам глобальной сети Интернет, таким как: передача файлов по протоколам http и ftp, доставка электронной почты и т.д.

Интегрированный сервер доступа подключается к АТСЦ-90 по цифровым линиям связи Е1 с использованием систем сигнализации ОКС7 (ISUP) или E-DSS1, а к сетям с коммутацией пакетов при помощи интерфейса 10/100BaseT.

Кроме интегрированного сервера доступа в состав программно-аппаратного комплекса оборудования АТСЦ-90 входит Привратник сетей IP-телефонии (Gatekeeper), на базе которого создаются новые телекоммуникационные продукты. В *Привратнике сетей IP-телефонии* сосредоточен весь интеллект сетей IP-телефонии. Основными функциями Привратника являются преобразование адреса вызываемого абонента в формате E.164 в транспортный адрес IP-сетей (IP адрес + номер порта TCP), идентификация пользователя, контроль доступа пользователей системы к услугам IP-телефонии и контроль пропускной способности при помощи протокола RAS (Рекомендация ITU-T H.225.0).

Для организации информационно-справочных служб предусмотрены ступень распределения вызовов (СРВ) и интерактивная речевая система (IVR), также реализуемые на базе Привратника. Таким образом, интегрированный сервер доступа организует доступ абонентов ТфОП к услугам передачи данных и передачи речевой информации по сетям с коммутацией пакетов. Привратник обрабатывает различные виды сигнализации, управляет шлюзами и другими устройствами сети IP-телефонии, распределяет пропускную способность сети, управляет доступом к услугам IP-телефонии и осуществляет биллинг, обеспечивает предоставление базового вызова и дополнительных видов обслуживания. Это означает, что АТСЦ-90/L5 и DX-200/L4.5 имеют шанс вступить в третье тысячелетие в качестве оборудования, позволяющего организовать конвергенцию телефонных сетей с сетями с коммутацией пакетов.

Заключение

В последние годы задача внедрения новых телекоммуникационных технологий и услуг в инфраструктуру местной телефонной сети является чрезвычайно актуальной. Строительство новых АТС – дорогостоящее дело, тогда как модернизация существующих позволит нам не только плавно войти во всемирную сеть связи в соответствии с общемировыми стандартами, но и эффективно распределить финансовые потоки на модернизацию существующих цифровых и на строительство новых АТС в районах с малой плотностью телефонизации.

Литература

1. Гольдштейн Б.С. Функциональная архитектура АТСЦ-90 и ее программная реализация. // Электросвязь, №4, 1997.
2. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Интеллектуальные сети//М.: Радио и связь.-2000.
3. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д., Юхалина И.Н., Видерман А.В., Баева О.В. Реализация общеканальной системы сигнализации ОКС №7 в АТСЦ-90. // Электросвязь, №9, 1998.
4. Апостолова Н.А., Воробьева В.А. Программное обеспечение АТСЦ-90: перспективы развития//Электросвязь, №4, 1997.
5. Апостолова Н.А., Антонова О.В., Воробьева В.А., Гольдштейн Б. С., Никулина Л.А., Самошкина Н.В. Технологический процесс замены версий программного обеспечения // Авторское свидетельство №10088010 от 28.03.95. М.КЛ5.G06F 15/20.
6. Ерохин А.В. Дистанционное техническое обслуживание коммутационного оборудования АТСЦ-90// Электросвязь, №4, 1997.
7. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.. IP-телефония//М.: Радио и связь.-2001.

