Глава 1
СЕТИ СВЯЗИ СТАЦИОНАРНЫХ АБОНЕНТОВ (ISDN)

1.1. Общие сведения

Сети связи стационарных абонентов используют ***способ коммутации каналов***. Сеанс связи между пользователями (абонентами) состоит из двух фаз.

На первой фазе исходящая станция при помощи системы сигнализации пытается установить сквозное соединение “из конца в конец”. Каждая проходная транзитная станция в соответствии с адресной частью поступившего сигнального сообщения резервирует ресурсы (канал) в заданном направлении. При отсутствии ресурсов на каком-либо этапе исходящей стороне посылается отказ. Если же сигнальное сообщение благополучно достигает заданного пункта назначения, то входящая оконечная станция высылает подтверждение. Таким образом, на первой фазе производится жёсткое закрепление ресурсов сети за установленным соединением. На второй фазе по установленному сквозному каналу абоненты начинают говорить, используя канал тональной частоты.

Первое поколение систем коммутации (декадно-шаговые автоматические телефонные станции) были разработаны ещё в начале 20-го века. Такие АТС декадно-шагового типа использовали электромеханические коммутационные элементы (декадно-шаговые искатели), система сигнализации между станциями основана на посылках постоянного тока. Речевой сигнал представляет переменный ток, точно соответствующий (аналогичный) звуковому давлению, создаваемым речевым аппаратом человека. В связи с этим иногда такие системы называют аналоговыми. Недостатки такой технологии были очевидны: низкая надёжность коммутационных элементов и медленное установление соединения.

В 60-х годах 20-го века произошла модернизация аналоговых АТС. Во втором поколении аналоговых АТС (координатные АТС) стали использоваться более совершенные и надёжные коммутационные элементы, а система сигнализации между станциями была заменена посылками переменного тока.

В третьем поколении аналоговых АТС (70-е годы 20-го века) продолжилась дальнейшая модернизация аналоговых АТС. В качестве коммутационных элементов стали использоваться малогабаритные механические контакты, помещённые в вакуумную колбу, система сигнализации осталась той же. Но в качестве управляющих устройств стали

использоваться электронные процессоры. Такие системы получили название квазиэлектронных АТС.

Сети связи, использующие аналоговые АТС получили название ***телефонных сетей общего пользования*** (ТФОП), англоязычный термин – Public Switched Telephone Network (PSTN). Они

– для передачи и коммутации информации пользователя используют канал тональной частоты в спектре 0,3-3,4 КГц;

– для передачи сигналов сигнализации используют посылки постоянного или переменного тока в спектре 0,3-3,4 КГц.

К началу 80-х годов появились первые образцы цифровых АТС с коммутацией каналов. Принципы установления соединения остались теми же, но появились и существенные отличия.

1. Исходный аналоговый сигнал перед отправкой в сеть связи всегда преобразуется в цифровой сигнал кратный скорости передачи 64 Кбит/с.

2. Система сигнализации используют технологию общего канала сигнализации (Common Channel Signalling, CCS7), в которой передача сигнальной информации производится пакетами на скорости 64 Кбит/с.

3. Узлы коммутации спроектированы на обслуживание всех видов связи (речь, данные видео).

4. Управляющее устройство узла коммутации реализовано на основе мощного многопроцессорного комплекса.

Сети связи, использующие такие узлы коммутации, получили название ***цифровых сетей интегрального обслуживания*** (ЦСИО), англоязычный термин – Integrated Services Digital Network (ISDN). ЦСИО используют принцип временного разделения каналов (Time Division Multiplex, TDM), в которой полоса передачи любого вида информации должна быть кратна основному цифровому B-каналу со скоростью передачи 64 Кбит/с. Для передачи информации с более высокими скоростями применяются составные B-каналы: H0-канал со скоростью передачи 384 Кбит/с (шесть B-каналов) и H12-канал со скоростью передачи 1920 Кбит/с (тридцать B-каналов). Такая технология ЦСИО, заложенная в 1980-х годах, должна была, по мнению разработчиков, предоставить разнообразные услуги, как телефонные, так и передачи данных. Однако, очень скоро стали очевидны, по крайней мере, два следующих недостатка ЦСИО.

1. Жесткое закрепление сетевых ресурсов за установленным соединением не позволяет в периоды “молчания” динамично перераспределять ресурсы другим пользователям, что приводит к завышенному их расходу. Например, дуплексное разговорное соединение всегда используется не более чем на 50% за счёт попеременного разговора абонентов.

2. Жесткая градация полосы передачи, кратная 64 Кбит/с, не позволяет эффективно ее использовать. Например, если источник информации использует полосу передачи 2,4 Кбит/с, то в сети ему все равно будет

выделено 64 Кбит/с, а полоса передачи свыше 1920 Кбит/с вообще недоступна.

Наличие этих недостатков привело к тому, что ЦСИО стала, в основном, использоваться для передачи речи, что побудило разработчиков сетей искать другие решения и привело к разработке ***систем коммутации пакетов*** различного вида. Они рассматриваются во 2-й главе.

К настоящему времени проектирование и разработка систем коммутации каналов прекращена всеми ведущими мировыми производителями коммутационного оборудования, хотя большая часть коммутационного оборудования, находящаяся в эксплуатации, относится к системам коммутации каналов.

Подробно ЦСИО рассмотрена в [2].

ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 1.1

1. Перечислите поколения систем коммутации каналов.

Ответ. Декадно-шаговые, координатные, квазиэлектронные, цифровые электронные АТС.

2. Что является коммутирующей единицей в аналоговых АТС?

Ответ. Канал тональной частоты в спектре 0,3-3,4 КГц.

3. Какие сигналы для установления соединения используются в аналоговых АТС?

Ответ. Посылки постоянного или переменного тока в спектре 0,3-3,4 КГц.

4. Что является коммутирующей единицей в цифровых АТС?

Ответ. Основной цифровой канал со скоростью передачи 64 Кбит/с.

5. Какие сигналы для установления соединения используются в цифровых АТС?

Ответ. Пакеты цифровых сигналов на скорости 64 Кбит/с.

6. Перечислите основные недостатки систем коммутации каналов.

Ответ. 1) жёсткое закрепление сетевых ресурсов за установленным соединением; 2) жёсткая градация полосы передачи.

1.2. Структура сети связи стационарных абонентов

Архитектура сети стационарных абонентов имеет иерархическую структуру. Иерархическая структурная схема ТФОП на примере двух телефонных зон, каждая из которых содержит по одной местной городской телефонной сети (ГТС) и сельской телефонной сети (СТС), приведена на рис. 1.1. В состав ГТС входят оконечные районные автоматические телефонные станции (ОС), узловые станции (УС) и учрежденческие АТС (УАТС). В составе СТС показаны центральная станция (ЦС), узловая станция (УС) и оконечная станция (ОС). Автоматические междугородные телефонные станции (АМТС) разных зон могут быть соединены между

собой непосредственно, либо через узлы автоматической коммутации (УАК). Телефонная связь между местными сетями одной зоны и разных зон осуществляется через АМТС, а международная связь – через международные центры коммутации (МЦК, International Switching Center – ISC).

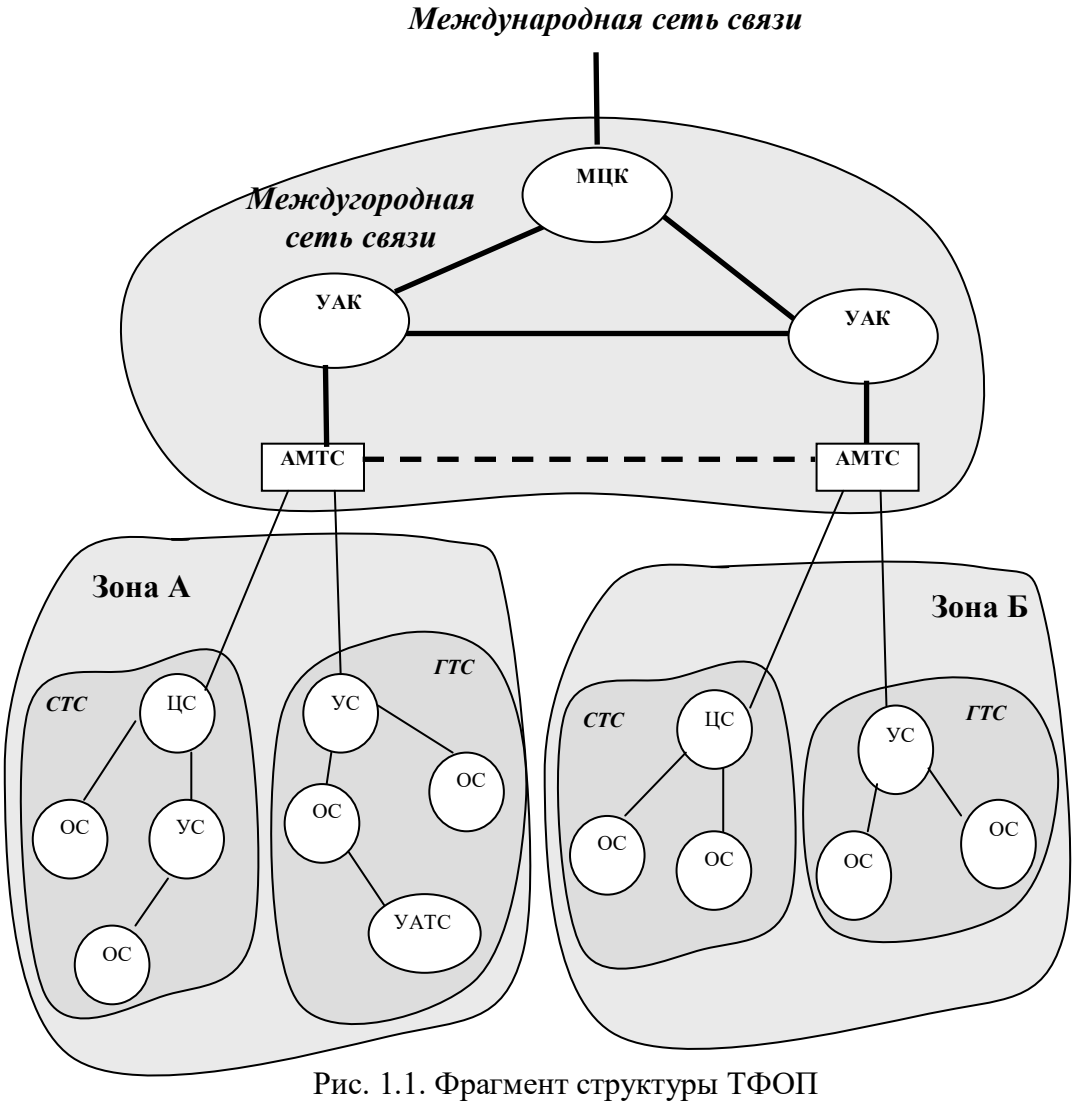

Рис. 1.1. Фрагмент структуры ТФОП

1.2.1. Интерфейсы сетевых элементов

Обмен информацией между устройствами происходит в соответствии с интерфейсом между ними. *Интерфейс* определяет физические и электрические свойства сигналов обмена и дополняется *протоколом* обмена, описывающим логические процедуры по их обработке. Сложные интерфейсы содержат несколько уровней, каждый уровень принимает сообщения низшего уровня и поставляет результаты обработки более высокому уровню и наоборот. Описание интерфейсов и протоколов существуют в виде международных ***Рекомендаций ITU-T, ETS*** и других.

На рис. 1.2 показано наименование и месторасположение интерфейсов в эталонных точках, а также соответствующие этим интерфейсам Рекомендации. Цифровая оконечная станция (LE – Local Exchange) представлена станционными окончаниями (ET – Exchange Termination), коммутационным полем (SN – Switching Network) и устройством управления (CU – Control Unit).

Аналоговые ОУ (TE2 – Terminal Equipment 2) подключаются к станции непосредственно через 2-проводную АЛ в эталонной точке Z. Характеристики передачи Z-интерфейса приведены в ***Рекомендации ITU-T Q.551*** [25]. Аналого-цифровое преобразование производится в ET, которое практически реализуется в виде аналогового абонентского комплекта.

Цифровые ОУ подключаются к станции через *цифровую секцию доступа*, которую ***Рекомендация ITU-T Q.512*** [23] определяет как комплекс средств, обеспечивающий транспортировку цифровых сигналов между эталонными точками доступа со стороны пользователя и эталонными точками V доступа к станции. При этом может быть использована любая транспортная среда: металлический или оптический кабель, радио доступ и т.д. Описание видов доступа в эталонной точке V приведено в ***Рекомендациях ITU-T G.960*** [15] (базовый доступ), ***ITU-T G.962*** [17] (первичный доступ), ***ITU-T G.964*** [18] (сеть доступа по интерфейсу V5.1), ***ITU-T G.965*** [19] (сеть доступа по интерфейсу V5.2).

Цифровые ОУ (TE1 – Terminal Equipment 1) подключаются к цифровой секции доступа в эталонной точке S. Сетевое окончание – розетка *(NT1 – Network Termination)* – обеспечивает электропитание ОУ, разрешение конфликтов доступа при одновременном занятии NT1 несколькими ОУ, переход от 4-проводного интерфейса S к 2-проводной абонентской линии, повышение помехозащищенности принимаемого из АЛ сигнала. Подключение к NT1 других ОУ, не имеющих интерфейс S (аналоговых телефонов, устаревших факсимильных аппаратов, компьютеров и т. д.), производится с помощью преобразователя стыка – терминального адаптера (TA – Terminal Adapter). Адаптер настраивается на определенный режим работы. Одна розетка обеспечивает 4-проводное подключение до 8-и TE1 или TA в любом сочетании. Структура мультиплексированного сигнала в точке S имеет вид 2B+D, означающая наличие 2-х информационных пользовательских B-каналов с пропускной способностью 64 Кб/с каждый, одного сигнального D-канала с пропускной способностью 16 Кб/с и дополнительных служебных каналов. Передача СУВ в D-канале происходит по протоколу цифровой абонентской сигнализации (DSS1 – Digital Subscriber Signaling 1). Суммарная скорость – 192 Кб/с, способ кодирования линейного сигнала – AMI. Линейная сторона NT1 по АЛ подключается к линейному окончанию *(LT – Line Termination),* основными функциями которого являются переход от 2-проводного

окончания АЛ к 4-проводному станционному окончанию и сопряжение с эталонной точкой V1 (***Рекомендация ITU-T G.960*** [15]). Скорость передачи на участке NT1–LT в эталонной точке U – 160 Кб/с, способ кодирования линейного сигнала – 2B1Q. Часто LT и ET практически реализуются в виде цифрового абонентского комплекта.

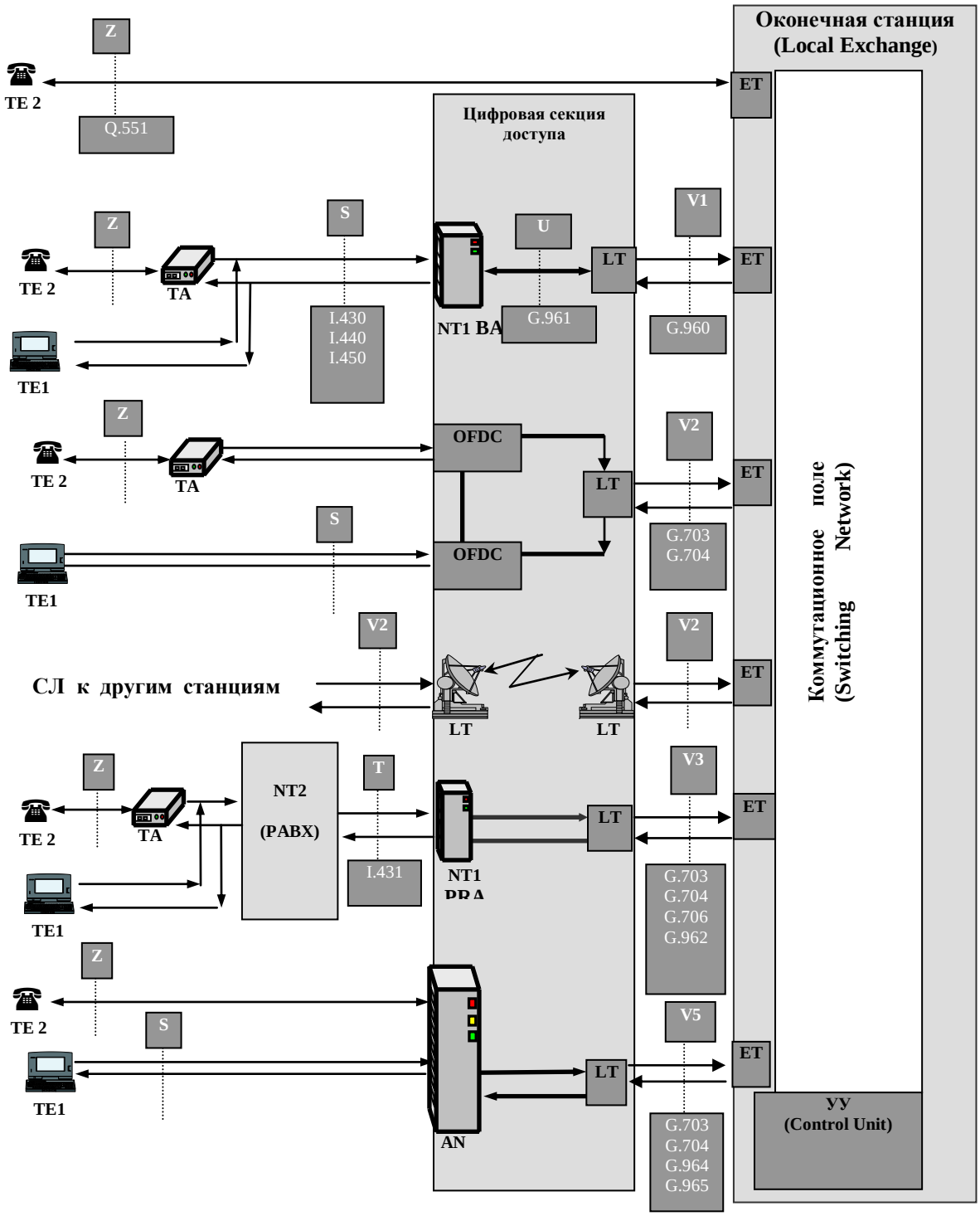

Рис. 1.2. Наименование и месторасположение интерфейсов в станции ISDN

Рассмотренный способ подключения ОУ к точке S получил название *базового доступа* (BA – Basic Access). Описание интерфейса базового доступа содержатся в ***Рекомендациях I.430*** [20] (первый уровень), ***Q.920*** [29] и ***Q.921*** [30] (второй уровень), ***Q.930*** [31] и ***Q.931*** [32] (третий уровень).

Подключение к станции географически удалённых друг от друга небольших групп абонентов осуществляется через *кольцевую оптическую сеть доступа* (OFDC – Optical Fiber Distributed Concentrator), имеющую со стороны абонентов интерфейсы для подключения ОУ. Приёмная часть оборудования OFDC из группового цифрового сигнала “на проходе” изымает байт информации из соответствующего временного интервала, а передающая часть оборудования OFDC в тот же временной интервал вставляет байт информации для передачи.

Линейное станционное окончание LT обеспечивает преобразование оптического сигнала в электрический и переход в эталонную точку V2. Основная задача OFDC – экономия линейно-кабельных сооружений на абонентском участке за счёт временного уплотнения (мультиплексирования).

Подключение к базовому доступу более 8-и компактно расположенных ОУ осуществляется через сетевое окончание NT2, обеспечивающее электропитание TE1, разрешение конфликтов доступа при одновременном занятии NT2 несколькими TE, коммутацию местных ОУ, концентрацию исходящих вызовов. Концентраторы нагрузки, учрежденческие АТС, различного вида мультиплексоры – типичные представители NT2. Между NT2 и станцией используется стандартный 4-проводный интерфейс, получивший название *первичного доступа* (PRA – Primary Rate Access). В ***Рекомендации I.431*** [21] приведены две реализации первичного доступа: на скорости 1544 Кб/с (Североамериканский стандарт, применяющийся в Америке и Японии) и на скорости 2048 Кб/с (Европейский стандарт, принятый в России). В дальнейшем речь будет идти только о втором варианте. Структура мультиплексированного сигнала в точке первичного доступа T имеет вид 30B+D, означающий наличие 30-и информационных B-каналов с пропускной способностью 64 Кб/с каждый и одного сигнального D-канала (DSS1) с пропускной способностью 64 Кб/с. Интерфейс первичного доступа совпадает с интерфейсом на межстанционном участке (***Рекомендации G.703*** [6] и ***G.704*** [7]), однако, используемый протокол обмена DSS1, в отличие от протокола обмена на межстанционном участке (ОКС, CCS – Common Channel Signaling), не обеспечивает процедуры запроса АОН, управление эхо заградителями и т.д. Линейная сторона NT1 подключается к линейному окончанию и обеспечивает синхронизацию, мультиплексирование B-каналов, преобразование группового линейного сигнала в вид, удобный для передачи (например, по волоконно-оптической линии связи).

Подключение к станции группы компактно расположенных абонентов без взаимного тяготения нагрузки между ними осуществляется через *сеть доступа* (AN – Access Network), имеющую со стороны абонентов соответствующие интерфейсы для подключения ОУ. Линейная сторона AN подключается к одному или нескольким станционным окончаниям ET. Основная задача AN – экономия линейно-кабельных сооружений на абонентском участке за счёт временного уплотнения (мультиплексирования) и концентрации нагрузки. Подключение сети доступа к станции осуществляется через специальный интерфейс V5, который имеет два варианта исполнения. Интерфейс V5.1 предусматривает подключение только 30-и пользователей к одному групповому тракту с жёстким закреплением временных каналов, а интерфейс V5.2 предусматривает использование до 16-и групповых трактов, что даёт возможность подключения до нескольких тысяч пользователей за счёт динамического закрепления временных каналов.

1.2.2. Устройство цифровой станции

Структурная схема цифровой станции интегрального обслуживания изображена на рис. 1.3. Она состоит из отдельных модулей, представляющих собой функционально-конструктивные единицы, число и тип которых определяется в зависимости от ёмкости, нагрузки и сетевого "окружения".

В состав станции входят модули абонентских линий (МАЛ), соединительных линий (МСЛ), цифровой коммутации (МЦК) и другое дополнительное оборудование. Центральное управляющее устройство (ЦУУ) осуществляет логические функции по установлению соединений и обеспечивает выполнение директив оператора, поступающих с его рабочего места (РМО).

Модуль абонентских линий содержит абонентские комплекты и мультиплексор цифрового тракта. Абонентский комплект обеспечивает взаимодействие оборудования станции с оконечным устройством пользователя (например, телефонным аппаратом). Мультиплексор производит мультиплексирование индивидуальных В-каналов в стандартный ИКМ-тракт.

Модуль соединительных линий устанавливается только при сопряжении цифровых станций с телефонной сетью общего пользования (ТФОП) и содержит комплекты соединительных линий различного вида для согласования унифицированного интерфейса МЦК с конкретным типом СЛ (с 3-х проводной физической СЛ, с 4-х проводной аналоговой системой передачи и т.д.).

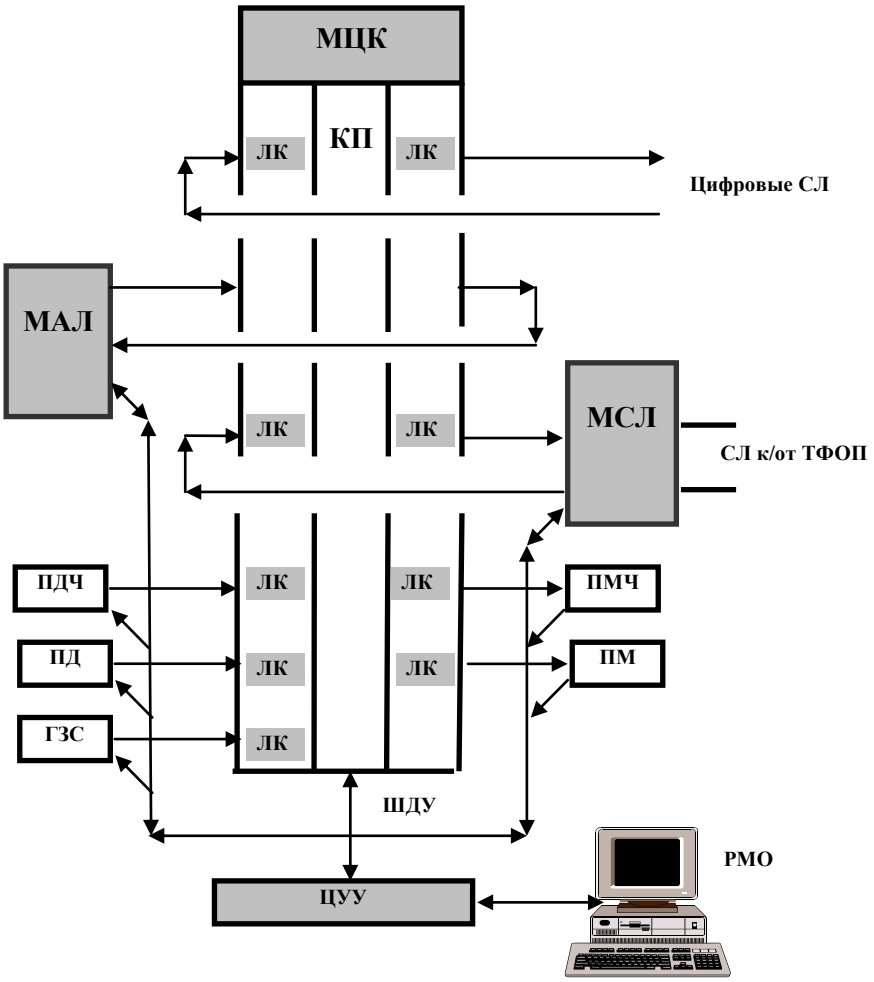

Рис. 1.3. Структурная схема цифровой станции

Модуль цифровой коммутации содержит коммутационное поле (КП) и линейные комплекты (ЛК). Коммутационное поле производит коммутацию любого канального интервала (time slot) любого входящего тракта с любым канальным интервалом любого исходящего тракта. К линейным комплектам подключаются

модули абонентских и соединительных линий;

модули многочастотных передатчиков (ПДЧ) и приёмников (ПМЧ), обеспечивающих прием СУВ от телефонных аппаратов с частотным набором и обмен СУВ многочастотным кодом по СЛ;

модули ПД и ПМ для работы по общему каналу сигнализации (ОКС) при связи с другими цифровыми станциями;

генератор зуммерных сигналов (ГЗС), вырабатывающий различные зуммерные сигналы, посредством которых абонент уведомляется о прохождении фаз соединения.

Каждый модуль станции имеет местное управляющее устройство (МУУ), в совокупности образующие многопроцессорную систему. МУУ решает свою часть задачи и поставляет результаты в другие МУУ или ЦУУ по шине данных и управления (ШДУ).

Логика работа МУУ хранится в виде программного обеспечения (ПО, Soft Ware – SW) и базы данных (БД, Data Base – DB). Программное обеспечение реализует вычислительный процесс функционирования модуля (загрузку программного обеспечения, обслуживание вызовов, взаимодействие с другими МУУ, слежение за исправностью оборудования и т.д.). БД хранит исходные данные для вычислительного процесса (число и типы оконечных устройств, коды доступа к другим станциям и маршруты к ним, тарифы, типы сигнализации и т.д.). МУУ решает свою часть задачи и обменивается результатами с другими МУУ или ЦУУ. Каждое МУУ содержит ПО двух видов: операционную систему и функциональное программное обеспечение (ФПО).

Операционная система обеспечивает прохождение ФПО в реальном масштабе времени и состоит из управляющих программ и программ обеспечения надёжности. Управляющая программа определяет последовательность выполнения задач в соответствии с их приоритетами, следит за допустимым временем выполнения текущей задачи, следит за распределением памяти, организует процесс обмена результатов решения задачи с другими МУУ. Программа обеспечения надёжности (Safeguarding) обеспечивает проведение периодических проверок исправности периферийного оборудования. Оно анализирует аварийные сигналы, поступающие от схем встроенного контроля, и определяет местонахождение повреждений; принимает меры по перераспределению задач между исправным оборудованием; перезагружает ПО неисправного оборудования; вовлекает новое или исправное оборудование в работу.

Функциональное программное обеспечение выполняет обработку вызовов, функции технического обслуживания и эксплуатации.

Администрирование и техническое обслуживание производится персоналом с рабочего места оператора (РМО), которое, в зависимости от системы эксплуатации – децентрализованной или централизованной – может быть локальным или удаленным. В последнем случае удалённое РМО по внешнему каналу передачи данных подключается к ЦУУ и модернизирует его базу данных дистанционно. С РМО оператор станции имеет возможность корректировать конфигурацию станции, задавая ее ёмкость, категорию абонентов, маршруты установления соединений, протоколы обмена по СЛ и т.д. Для снижения эксплуатационных затрат используется система централизованного обслуживания станций, когда с узловой или центральной станции оператор с одного РМО производит дистанционный надзор и управление другими станциями.

База данных содержит как полупостоянные, так и переменные данные. Параметры полупостоянных данных (тип и категория линий, категория абонентов, позиционное местоположение комплектов, услуги, коды доступа, маршруты соединений и т. д.) изменяются с рабочего места оператора и происходят относительно редко. Переменные данные (статус

аппаратных средств и соединений, наличие станционных ресурсов) могут изменяться операционной системой. Оперативные данные (цифры набора номера, стоимость текущего разговора, реализация заказанной услуги и т. д.) связаны с обработкой вызова и изменяются ФПО по мере обслуживания вызова.

Физически программное обеспечение существует в виде прикладного программного обеспечения (Application Program System – APS), загружаемого с РМО в ЦУУ и/или в виде резидентных программ, хранящихся в полупостоянных запоминающих устройствах (Firm Ware – FW). ЦУУ распределяет соответствующие части APS в соответствующие МУУ.

Для повышения надёжности системы применяются два способа резервирования устройств: функционально-задействованное и функционально-незадействованное. В первом случае основное и резервное оборудование совместно участвуют в выполнении своих функций. Во втором случае резервное оборудование включается в работу взамен основного только при неисправности последнего.

В исходном состоянии УУ устанавливает КП в исходное состояние: разъединяет все разговорные каналы и проключает в КП входные 16-е каналы на ПМ, осуществляющий групповую обработку ОКС от всех трактов. Аналогично все выходные 16-е каналы подключаются к ПД. УУ проверяет целостность цифровых трактов, убеждаясь в наличии сигнала “синхрометка” во всех рабочих трактах и приступает к обслуживанию абонентов.

Наличие управляющего устройства с записанной программой позволяет эффективно реализовывать дополнительные виды обслуживания (ДВО, supplementary services): уведомление о поступлении нового вызова (CALL WAITING), наведение справки во время разговора (ENQUIRY), конференц-связь (CONFERENCE), перевод вызова (TRANSFER), вызов без набора номера (HOTLINE), переадресация вызова (CALL DIVERSION), побудку по телефону (ALARM CALL SERVICE) и т.д. Сервис ДВО может быть заказан как заранее набором комбинации “*” и двузначного кода услуги, так и во время разговора. Заказ услуги во время разговора с аналогового аппарата предваряется кратковременным (0.5 – 2 секунды) нажатием на рычажный переключатель (hook flash) и набором кода услуги. Отказ от услуги производится набором комбинации “#” и ранее набранного двузначного кода услуги.

ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 1.2

1. Перечислите состав сетевых элементов местной сети.

Ответ. Городская сеть связи состоит из узловых, оконечных, учрежденческих АТС. Сельская сеть связи состоит центральной станции, узловых, оконечных АТС.

2. Перечислите состав сетевых элементов междугородной сети.

Ответ. Междугородные АТС, узлы автоматической коммутации и международные центры коммутации.

3. Перечислите основные типы оконечных устройств (ОУ) и соответствующие им эталонные точки доступа к станции.

Ответ. Аналоговое ОУ подключается через эталонную точку Z, цифровое ОУ с базовым доступом – через эталонную точку V1, соединительные линии к другим станциям – через эталонную точку V2, учрежденческие АТС – через эталонную точку V3, сеть доступа – через эталонную точку V5.

4. Поясните структуру мультиплексированного сигнала в точке S для базового доступа.

Ответ. Структура мультиплексированного сигнала в точке S базового доступа содержит два B-канала по 64 Кбит/с каждый и D-канал сигнализации со скоростью 16 Кбит/с.

5. Какой протокол сигнализации используется на абонентском участке для цифровых оконечных устройств?

Ответ. Протокол цифровой абонентской сигнализации (DSS1 – Digital Subscriber Signaling 1).

6. Какой протокол сигнализации используется между цифровыми станциями?

Ответ. Протокол общего канала сигнализации (ОКС, CCS – Common Channel Signaling).

7. Дайте определение базы данных абонента.

Ответ. База данных абонента содержит сведения о способах его обслуживания (номере порта подключения к станции, сетевом номере абонента, наличие дополнительных видов обслуживания, состояния расчётного счета и т. д.).

8. Где хранится база данных абонента сети стационарной связи?

Ответ. На той станции, к которой подключена абонентская линия.

9. Поясните назначение модуля абонентских линий.

Ответ. Модуль абонентских линий 1)обеспечивает взаимодействие с оконечным устройством пользователя и 2)формирует групповой ИКМ-тракт в сторону МЦК.

10. Поясните назначение коммутационного поля.

Ответ. Коммутационное поле обеспечивает соединение любого временного канала входящего ИКМ-тракта с любым временного канала исходящего ИКМ-тракта.

11. Поясните назначение модуля соединительных линий.

Ответ. Модуль соединительных линий устанавливается только при сопряжении цифровых станций с телефонной сетью общего пользования (ТФОП). Между цифровыми станциями он не используется.

12. Поясните назначение рабочего места оператора.

Ответ. С РМО оператор станции имеет возможность корректировать конфигурацию станции, изменять состав и категорию абонентов, маршруты установления соединений, протоколы обмена по СЛ и т.д.

13. Почему для управления станцией используется многопроцессорная система?

Ответ. Производительность одного процессора слишком мала для решения всех станционных задач.

1.3. Система нумерации

Рекомендация ITU-T E.164 [5] предлагает три принципа плана нумерации – географический (зоновый), глобальный и сетевой. Все три плана имеют максимальную длину номера 15 десятичных цифр без учёта префикса выхода на выбранный план нумерации и тип номера.

Зоновый план нумерации предполагается к использованию для географически связанных абонентов страны или стран. Формирование адреса абонента происходит по схеме (рис.1.4):

Код страны(Country Code, CC) CC= 1-3 знака (для России CC = ”7”)	Национальный код пункта назначения (National Destination Code, NDC)	Номер абонента (Subscriber Number) SN

← Max (NDC+SN) = (15 – CC) знаков →

Рис. 1.4. Зоновый план нумерации

Глобальный план нумерации предполагается к использованию для абонентов, принадлежащих специфической сети, например сети мобильной спутниковой связи. Формирование адреса абонента происходит по схеме (рис.1.5):

Код страны (Country Code) CC = 3 знака	Глобальный номер абонента (Global Subscriber Number) Max GSN =12 знаков

Рис. 1.5. Глобальный план нумерации

Сетевой план нумерации используется при наличии в стране ряда альтернативных сетей, отличающихся, например, тарифной политикой. Формирование адреса абонента происходит по схеме (рис.1.6):

Код страны (Country Code, CC) CC= 1-3 знака	Код идентификации сети (Identification Code) IC = 1 – 4 знака	Номер абонента (Subscriber Number)

Рис. 1.6. Сетевой план нумерации

В ТФОП и ЦСИО принят зоновый план нумерации. При установлении соединения в местной сети (ГТС или СТС) абонент набирает номер абонента (SN). При установлении междугороднего соединения абонент набирает национальный номер (NDC+SN). При установлении международного соединения абонент набирает международный номер

(CC+NDC+SN). Для определения типа номера используются префиксы (указатели типа номера). Например, если абонент С-Петербурга набирает номер 495xxxx (x – любая цифра), то соединение будет установлено с абонентом С-Петербурга. Если абонент С-Петербурга набирает номер 8-495xxxxxxx (8 – префикс междугороднего номера), то соединение будет установлено с абонентом Москвы (495 – национальный код пункта назначения Москвы). Если же абонент С-Петербурга набирает номер 810495yyxxxxxxx (810 – префикс международного номера), то соединение будет установлено с абонентом Германии (49 – код страны Германии, 5yy – национальный код пункта назначения Германии, xxxxxxx – номер абонента).

ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 1.3

1. Какой план нумерации используется в сетях связи стационарных абонентов?

Ответ. Зоновый план нумерации.

2. Какая Рекомендация описывает зоновый план нумерации?

Ответ. Рекомендация ITU-T E.164.

3. Существуют ли международные рекомендации для префиксов набора?

Ответ. Нет, это прерогатива национальной администрации.

4. Каким образом станция определяет тип номера?

Ответ. Анализом присутствия префиксов набора.

5. Какой тип номера используется при установлении связи в местной сети?

Ответ. Номер абонента.

6. Какой тип номера используется при установлении междугороднего соединения?

Ответ. Национальный номер, состоящий из национального кода пункта назначения и номера абонента.

7. Какой тип номера используется при установлении международного соединения?

Ответ. Международный номер, состоящий из кода страны, национального кода пункта назначения и номера абонента.

8. Абонент в г. С-Петербург набрал номер 3462… Куда будет установлено соединение?

Ответ. Соединение будет установлено с абонентом С-Петербурга.

9. Абонент в г. С-Петербург набрал номер 8-3462… Куда будет установлено соединение?

Ответ. Соединение будет установлено с абонентом г. Сургут.

10. Абонент в г. С-Петербург набрал номер 810-3462… Куда будет установлено соединение?

Ответ. Соединение будет установлено с абонентом Испании.

1.4. Способы учёта стоимости разговора

Имеется два вида оплаты телекоммуникационных услуг стационарным абонентом: арендная (flat-rate tariff) и повременная (service tariff).

Арендная плата предусматривает фиксированную оплату услуг заранее за оговорённый период времени (например, за месяц) без ограничения пользователя в числе вызовов и длительности разговора. Достоинством арендной платы для операторов сети является гарантированный доход и экономия на оборудовании повременного учёта. Используется на местных сетях (ГТС и СТС) в виде абонентской платы.

Повременный учёт стоимости реализуется на основе подсчёта тарификационных импульсов, локально или централизованно.

Учет стоимости тарификационных импульсов (pulse metering) предполагает оценку стоимости сетевого соединения средствами одной из станций, входящих в соединение и ответственной за тарификацию. Для этого каждая станция сети оборудуется определёнными устройствами: тарификаторами, осуществляющими определение тарифов по коду набора (zoning); генераторами и счётчиками, хронометрирующими продолжительность каждого разговора в соответствии с тарифом. Станция, ответственная за тарификацию (например, междугородная или международная АТС), генерирует тарификационные импульсы в канал связи, транзитные станции ретранслируют их, а исходящая станция принимает и транслирует их в абонентское устройство. Абонентское устройство кассирует монеты или жетоны. Используется только для тарификации разговоров с телефонов-автоматов (без рассылки счета).

Локальный и централизованный учёт стоимости предполагают реализацию услуги в кредит (postpaid), при этом сначала предоставляется услуга (разговор), а расчёт обычно производится позже, в конце расчётного периода (месяца). Плательщиком всегда является абонент-инициатор соединения.

Локальный учёт стоимости (Local Automatic Message Accounting – LAMA) предполагает учёт стоимости каждого вызова на исходящей оконечной станции. В конце расчётного периода эти данные из базы данных абонента отсылаются в центр оплаты (Billing Center). Высылаемый счёт (bill) содержит подробную информацию о каждом разговоре: дате, продолжительности, номерах участников связи, тарифе и сумме к оплате. Используется для тарификации на местных сетях взамен арендной платы.

Централизованный учёт стоимости (Central Automatic Message Accounting – CAMA) отличается от учёта стоимости импульсов тем, что станция, ответственная за тарификацию (например, междугородная или международная АТС), импульсы не высылает, но оборудуется аппаратурой автоматического определения номера (АОН, ANI – A_party Number Identification), обеспечивающей идентификацию номера вызывающего абонента и его категории для начисления ему оплаты. Высылаемый счёт

(bill) содержит подробную информацию о каждом разговоре: дате, продолжительности, номерах участников связи, тарифе и сумме к оплате. Используется для тарификации междугородных и международных разговоров.

На сети связи России существует десять видов категорий абонентов:

1-я – абонент квартирный или учрежденческий с правом выхода на автоматическую внутризоновую (ЗОН), междугородную (МЖГ) и международную (МЖН) сети связи;

2-я – абонент гостиницы, с правом выхода на ЗОН, МЖГ и МЖН сети связи, счёт которому высылается немедленно;

3-я – абонент квартирный, учрежденческий или гостиницы, имеющий право только на местную связь;

4-я – абонент учрежденческий с правом выхода на ЗОН, МЖГ, МЖН сети связи, а также на платные службы сервиса, имеющий приоритет на ЗОН и МЖГ сетях;

5-я – абонент учрежденческий Министерства связи с правом выхода на ЗОН, МЖГ и МЖН сети связи, а также на платные службы сервиса без тарификации;

6-я – абонент универсального таксофона с правом выхода на местную, ЗОН, МЖГ и МЖН сети связи, а также на платные службы сервиса;

7-я – абонент квартирный, учрежденческий с правом выхода на ЗОН и МЖГ сети связи, а также на платные службы сервиса;

8-я – абонент учрежденческий с правом выхода на ЗОН, МЖГ и МЖН сети связи, имеющий устройства передачи данных, факсимильной связи или электронной почты;

9-я – абонент местного таксофона;

10-я категория – резерв.

Передача информации АОН из АТС осуществляется по разговорному тракту частотным кодом "2 из 6" способом "безынтервальный пакет", при котором частотные комбинации следуют одна за другой без паузы. Передача информации АОН производится при поступлении линейного сигнала ОТВЕТ (ЗАПРОС АОН), сопровождающегося частотным сигналом запроса (500 +/-5 Гц, длительностью не менее 90 мс и задержкой относительно сигнала ОТВЕТ на 10-275 мс). Поступление запроса может быть многократным, каждый из них предваряется снятием линейного сигнала ОТВЕТ, по которому разговорный тракт переводится в предответное состояние. Максимальное число запросов – три, максимальная длительность линейного сигнала ОТВЕТ – 2,2 с, минимальная – 980 мс. Принят следующий порядок выдачи информации АОН: первая цифра – сигнал начала, 2-я – категория абонента, 3-я – цифра единиц, 4-я – десятков, 5-я – сотен, 6-я – тысяч, 7-я – третья цифра номера АТС для ГТС или десятков тысяч для СТС, 8-я – вторая цифра номера АТС для ГТС или вторая цифра кода местной СТС, 9-я – первая

цифра номера АТС для ГТС или первая цифра кода местной СТС, 10-я – сигнал начала.

Значения сигналов кода "2 из 6" приведены в таблице 1.1. Уровень каждой из частот – минус 7,3 +/- 0,8 дБм0, отклонение значения частоты от номинала – не более 0,5%, длительность передачи частотной комбинации – 45 +/- 1 мс. В случае следования одинаковых цифр используется комбинация 14 – "Повтор". Например, передача местного номера абонента СТС 3-57-71 с первой категорией от 64-й стотысячной группы (“64-й местной СТС”) будет выглядеть так: 13-14-1-14-7-5-3-4-6-13...

Табл.1.1. Значения сигналов многочастотного кода "2 из 6"

Номер сигнала	Содержание комбинации	Обозначение кода	Значения частот, Гц
A1	Цифра " 1"	f0 f1	700, 900
A2	Цифра " 2"	f0 f2	700, 1100
A3	Цифра " 3"	f1 f2	900, 1100
A4	Цифра " 4"	f0 f4	700, 1300
A5	Цифра " 5"	f1 f4	900, 1300
A6	Цифра " 6"	f2 f4	1100, 1300
A7	Цифра " 7"	f0 f7	700, 1500
A8	Цифра " 8"	f1 f7	900, 1500
A9	Цифра " 9"	f2 f7	1100, 1500
A10	Цифра "10"	f4 f7	1300, 1500
A11	Резерв	f0 f11	700, 1700
A12	Резерв	f1 f11	900, 1700
A13	Начало	f2 f11	1100, 1700
A14	Повтор	f4 f11	1300, 1700
A15	Резерв	f7 f11	1500, 1700

ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 1.4

1. Кто из участников соединения оплачивает его стоимость?

Ответ. Плательщиком всегда является абонент-инициатор соединения.

2. Каким образом оконечная станция определяет номер инициатора связи?

Ответ. По номеру активированного абонентского порта, который является индивидуальным для каждого абонента.

3. Каким образом междугородная станция определяет номер инициатора связи?

Ответ. Запросом номера абонента, поскольку номер порта междугородной станции является групповым.

1.5. Процессы в цифровой станции

1.5.1. Преобразование аналогового сигнала в цифровой

Преобразование исходного аналогового речевого сигнала в цифровой согласно ***Рекомендации ITU-T G.711*** [9] происходит в три этапа.

На первом этапе исходный аналоговый сигнал при помощи фильтра низких частот ограничивается по спектру в полосе f_1- f2 = 300 – 3400 Гц.

На втором этапе происходит дискретизация, т.е. выделение из исходного сигнала с частотой $F \geq 2f_2$ отдельных отсчётов и приравнивания их значения к ближайшему разрешенному к передаче уровню Ui. Частота дискретизации аналогового сигнала – F=8000 $с^{-1}$, что соответствует времени между смежными отсчётами 125 мкс. Число уровней передачи выбирается равным 128, что вполне достаточно для качественного воспроизведения речи. Этот процесс называется *амплитудным квантованием*.

На третьем этапе производится *кодирование* квантованного сигнала, при котором амплитуда каждого отсчёта отображается в виде двоичного 8-разрядного цифрового кода, при этом первый разряд определяет полярность (знак) отсчёта, а оставшиеся 7 разрядов – амплитуду отсчёта, поэтому скорость передачи речи в цифровой форме равна В = 8 бит х 8000 $с^{-1}$ = 64 Кб/с.

Такой процесс преобразования исходного сигнала носит название *импульсно-кодовой модуляции* (ИКМ, PCM – Pulse Code Modulation). Устройство, осуществляющее аналого-цифровое преобразование на передаче называется *кодером*, а устройство, осуществляющее цифро-аналоговое преобразование на приёме, называется *декодером*. Кодер и декодер обычно реализуются в виде единого устройства – *кодека*.

Для эффективного использования 8-разрядного кода принят нелинейный закон кодирования, при котором динамический диапазон положительных и отрицательных значений входного сигнала разбивается на неравные сегменты и каждому сегменту соответствует свой шаг квантования, причём сигналы с большей амплитудой, расположенные в старших сегментах, имеют больший шаг квантования. Внутри сегмента используется один и тот же шаг квантования, равный 1/16 его диапазона. Таким образом, значение мгновенного отсчёта u в цифровом 8-разрядном коде представляется в следующем виде: «знак – 1 разряд» + «номер сегмента – 3 разряда» + «код шага внутри сегмента – 4 разряда». Сегменты 0001, 0000, 1000, 1001 объединены в один сегмент с наименьшим шагом квантования 2, поэтому общее число сегментов равно 13. Чётные разряды перед передачей в канал связи инвертируются.

Допускается два вида преобразования: А-преобразование (Европейский стандарт) и μ-преобразование (Североамериканский стандарт). Различие между ними состоит в способе закреплении амплитуды

входного сигнала за номером сегмента. Имеются таблицы соответствия одного вида преобразования в другой. При коммутации каналов с различными видами преобразования приоритет имеет А-преобразование.

В таблице 1.2 приведено соответствие между двоичным цифровым кодом без учёта знака и значением уровнем квантования для А-преобразования.

Табл.1.2. Уровни квантования цифрового сигнала

Код шага внутри сегмента	Номер сегмента							
	000	001	010	011	100	101	110	111
1111	31	63	126	252	504	1008	2016	4032
1110	29	61	122	244	488	976	1952	3904
1101	27	59	118	236	472	944	1888	3776
1100	25	57	114	228	456	912	1824	3648
1011	23	55	110	220	440	880	1760	3520
1010	21	53	106	212	424	848	1696	3392
1001	19	51	102	204	408	816	1632	3264
1000	17	49	98	196	392	784	1568	3136
0111	15	47	94	188	376	752	1504	3008
0110	13	45	90	180	360	720	1440	2880
0101	11	43	86	172	344	688	1376	2752
0100	9	41	82	164	328	656	1312	2624
0011	7	39	78	156	312	624	1248	2496
0010	5	37	74	148	296	592	1184	2368
0001	3	35	70	140	280	560	1120	2240
0000	1	33	66	132	264	528	1056	2112
Шаг	2	2	4	8	16	32	64	128

Привязка физического уровня сигнала к цифровому коду происходит следующим образом.

1. Вычисляются мгновенные значения сигналов по формуле $u=Um\cdot\sin(2\pi fkt+\varphi)$, $k=1,2,...n$, где Um – требуемая амплитуда сигнала, f – номинал требуемой частоты, t=125 мкс, φ – начальная фаза.

2. Вычисляются мгновенные значения уровней квантования, соответствующих мгновенным значениям сигналов $x=4032\cdot u/Um$.

3. По табл.1.2 находится наиболее соответствующий двоичный код. Например, уровню квантования 88,6 соответствует ближайшее значение 90, которому соответствует двоичный код 010 0110 (без учёта знака). Значение двоичного кода в цифровом коде передаётся в следующем порядке: “знак” + “номер сегмента” +”код внутри сегмента”. Чётные разряды (2, 4, 6, 8 биты) полученного кода перед передачей в канал связи инвертируются.

1.5.2. Формирование межстанционных цифровых потоков

Правила формирования группового цифрового тракта, которые соединяют между собой различные коммутационные узлы ЦСИО, приведены в ***Рекомендациях ITU-T G.704*** [7] и ***G.732*** [13]**.** В таблице 1.3

представлена структура группового цифрового тракта из 30 пользовательских В-каналов со скоростью передачи 64 Кб/с каждый и двух служебных каналов, расположенных в 0-м и 16-м каналах (Европейский стандарт). ***Рекомендация G.704*** [7] различает временные интервалы (октеты с номерами 0 – 31) и каналы пользователей (с номерами 1 – 30), закреплённых за ними. Шестнадцать последовательных циклов с порядковыми номерами 0,1,2,…15 образуют сверхцикл, причём 8 последовательных циклов (2048 бит) образуют подциклы (SMF–Sub-Multi-Frame) с порядковыми номерами 1 и 2.

Табл. 1.3. Структура группового ИКМ-сигнала

Номера бит								Номер октета	Номер канала	Назначение октетов	Номера циклов
1	2	3	4	5	6	7	8				
S	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	0		Служебный канал	0
x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	Каналы пользователей	
x	x	x	x	x	x	x	x	2	2		
x	x	x	x	x	x	x	x	…	…		
x	x	x	x	x	x	x	x	15	15		
0	**0**	**0**	**0**	x	**Y**	x	x	16		Служебный канал	
x	x	x	x	x	x	x	x	17	16	Каналы пользователей	
x	x	x	x	x	x	x	x	18	17		
x	x	x	x	x	x	x	x	…	…		
x	x	x	x	x	x	x	x	31	30		
S	**1**	**A**	**S**	**S**	**S**	**S**	**S**	0		Служебный канал	1
x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	Каналы пользователей	
x	x	x	x	x	x	x	x	2	2		
x	x	x	x	x	x	x	x	…	…		
x	x	x	x	x	x	x	x	15	15		
a	**b**	**c**	**d**	**a**	**b**	**c**	**d**	16		ВСК 1 и 16	
x	x	x	x	x	x	x	x	17	16	Каналы пользователей	
x	x	x	x	x	x	x	x	18	17		
x	x	x	x	x	x	x	x	…	…		
x	x	x	x	x	x	x	x	31	30		
. . .											
S	**1**	**A**	**S**	**S**	**S**	**S**	**S**	0		Служебный канал	15
x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	Каналы пользователей	
x	x	x	x	x	x	x	x	2	2		
x	x	x	x	x	x	x	x	…	…		
x	x	x	x	x	x	x	x	15	15		
a	**b**	**c**	**d**	**a**	**b**	**c**	**d**	16		ВСК 15 и 30	
x	x	x	x	x	x	x	x	17	16	Каналы пользователей	
x	x	x	x	x	x	x	x	18	17		
x	x	x	x	x	x	x	x	…	…		
x	x	x	x	x	x	x	x	31	30		

Для правильного декодирования порядка следования циклов каждый сверхцикл начинается со специального сигнала – сверхцикловой синхрометки (MFAS – Multi Frame Alignment Signal), имеющий постоянное кодовое значение 0000 в 1-4 разрядах 16-го канала 0-го цикла.

Бит Y=1 служит для извещения удаленному концу о потере сверхцикловой синхрометки. При нормальном приеме сверхцикловой синхрометки приемная сторона высылает передающей стороне бит Y=0,

давая понять передающей стороне о нормальном функционировании передающего ИКМ-тракта и возможности использования каналов пользователей. При повреждении ИКМ-тракта приемная сторона высылает передающей стороне бит Y=1, давая понять передающей стороне о ненормальном функционировании передающего ИКМ-тракта. Передающая сторона перестает использовать каналы пользователей в данном ИКМ-тракте. Назначение битов 0-го служебного канала следующее (см. Табл. 1.4).

Таблица 1.4. Назначение битов 0-го служебного канала

	Циклы	Номер цикла	Биты 1 – 8 0-го служебного канала							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Сверхцикл	SMF1	0	C1	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**
		1	**0**	**1**	**A**	S_{a4}	S_{a5}	S_{a6}	S_{a7}	S_{a8}
		2	C2	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**
		3	**0**	**1**	**A**	S_{a4}	S_{a5}	S_{a6}	S_{a7}	S_{a8}
		4	C3	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**
		5	**1**	**1**	**A**	S_{a4}	S_{a5}	S_{a6}	S_{a7}	S_{a8}
		6	C4	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**
		7	**0**	**1**	**A**	S_{a4}	S_{a5}	S_{a6}	S_{a7}	S_{a8}
	SMF2	8	C1	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**
		9	**1**	**1**	**A**	S_{a4}	S_{a5}	S_{a6}	S_{a7}	S_{a8}
		10	C2	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**
		11	**1**	**1**	**A**	S_{a4}	S_{a5}	S_{a6}	S_{a7}	S_{a8}
		12	C3	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**
		13	E	**1**	**A**	S_{a4}	S_{a5}	S_{a6}	S_{a7}	S_{a8}
		14	C4	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**
		15	E	**1**	**A**	S_{a4}	S_{a5}	S_{a6}	S_{a7}	S_{a8}

Биты 2-8 всех четных циклов 0-го канала используются для передачи цикловой *синхрометки (FAS – Frame Alignment Signal)*, служащей для правильного декодирования порядка следования каналов. Синхрометка имеет постоянное кодовое значение 0011011, дополненное битом защиты от ее имитации в нечетных циклах (“1” во 2-м разряде нечетных циклов). Бит A (AIS – Alarm Indication Signal) служит для извещения удаленному концу о потере цикловой синхрометки (A=1 – наличие аварии). Бит E служит для извещения удаленному концу о наличии ошибки (E=0) в процедуре тестирования качества канала (Cyclic Redundancy Check). Если процедура не используется, то E=C1=C2=C3=C4=1. При использовании процедуры CRC4 передатчик устанавливает в текущем SMF (длина SMF=32x8=256 байт) разряды C1=C2=C3=C4=0, умножает SMF на x^4, делит по модулю 2 на образующий полином $X^4 + X + 1$ и остаток от деления отсылает в следующем SMF. Приемник, производя такие же операции, по количеству несовпадений вычисленного и принятого остатка от деления имеет возможность оценить качество цифрового тракта.

Биты S_{a4} – S_{a8} предназначены для использования в других интерфейсах (PRA, V5.2 и других), а также для национального использования и устанавливаются в “1”, если не используются. Возможное применение: техническое обслуживание и эксплуатация, приложения в режиме станция-станция и т.д.

Передача СУВ производится в 16-м канале с пропускной способностью 64 Кб/с. Имеется два способа использования 16-го сигнального канала.

В первом случае за каждым соединением закрепляется часть пропускной способности 16-го канала, в виде выделенных сигнальных каналов в соответствующем цикле: за 1-м каналом – 1-4 биты 16-го канала 1-го цикла, за 2-м – 1-4 биты 2-го цикла, … за 16-м каналом – 5-8 биты 1-го цикла, … за 30-м каналом – 5-8 биты 15-го цикла. Скорость передачи по одному выделенному сигнальному каналу – 0.5 Кб/сек (период следования сигнального канала – 2 миллисекунды), что вполне достаточно для передачи линейной и регистровой сигнализации декадным кодом со скоростью 10 импульсов/сек (период следования импульсов – 100 миллисекунд). Практически за каждым соединением закрепляется либо один бит (при сигнализации индуктивным кодом или кодом “Норка”) либо два бита (при сигнализации по односторонним или двухсторонним СЛ по двум сигнальным каналам). Такой метод называется передачей по выделенным сигнальным каналам (*ВСК, CAS – Channel Associated Signaling*).

Во втором случае 16-ый канал на время передачи сигнализации занимается полностью в порядке очереди. Такой метод передачи СУВ называется сигнализацией по общему каналу (*ОКС, CCS – Common Channel Signaling*). Передача по общему каналу производится пакетами, обязательно имеющими в заголовке адресную часть, определяющую его принадлежность к конкретному цифровому тракту и разговорному каналу. Время передачи по общему каналу сигнального пакета максимальной длины 272 байта составляет 34 миллисекунды, что позволяет одному сигнальному каналу обслуживать несколько тысяч соединений одновременно.

Общий канал сигнализации может размещаться и в любом другом разговорном канале вместо 16-го канала.

1.5.3. Преобразование линейных кодов

Внутри цифровой станции сигналы передаются в виде биполярного кода (NRZ – **N**on-**R**eturn-to-**Z**ero code), в котором логической “1” соответствует напряжение не менее +2.4 Вольт, а логическому “0” – не более 0.4 Вольта. Биполярный код не приспособлен для передачи сигналов по каналам связи по следующим причинам:

1. Наличие в канальном оборудовании трансформаторов, конденсаторов не позволяет передавать информацию импульсами постоянного тока, что приводит к искажению передаваемого сигнала. Исключение составляют физические линии связи.

2. Кроме того, передача информации постоянным током затрудняет приемной стороне выделение тактовой частоты при длительной передаче “0” или “1”, что имеет место при передаче данных. Тактовая частота необходима приемной стороне для синхронного способа передачи.

Поэтому передаваемую информацию на физическом уровне следует преобразовать таким образом, чтобы исключить указанные недостатки. Это преобразование осуществляют ***преобразователи линейных кодов (ПЛК)***. Физические и электрические характеристики наиболее важных цифровых интерфейсов приведены в ***Рекомендации CCITT G.703*** [6]**.** Рассмотрим наиболее распространенные способы преобразования.

1. Alternating Mark Inversion (AMI) – код чередующейся полярности импульсов (ЧПИ). Достоинство – простота реализации, недостаток – отсутствие импульсов в линии связи при длительной передаче “0”.

Правило преобразования (рис. 1.7): “1” передаются импульсами чередующейся полярности, “0” – отсутствием импульса.

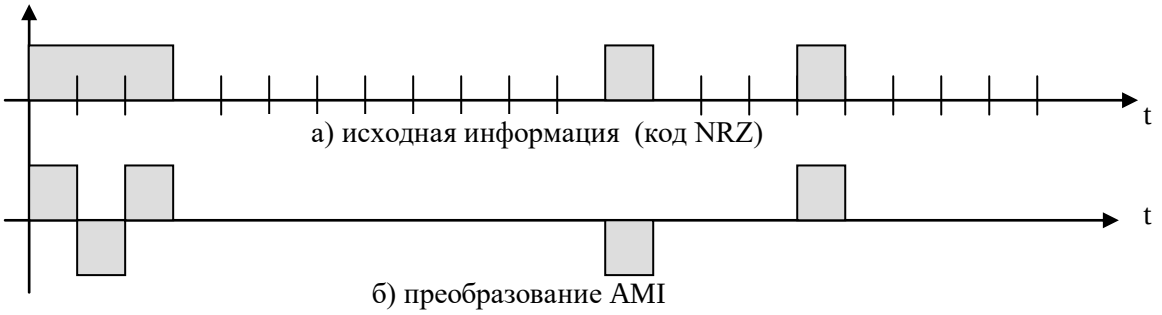

Рис. 1.7. Временные диаграммы преобразования AMI

2. High Density Bipolar of Order 3 Code (HDB3) – биполярный код высокой плотности 3-го порядка. Устраняет недостатки кода AMI. Используется в цифровых системах передачи со скоростями 2048, 8448, 34368 Кб/с.

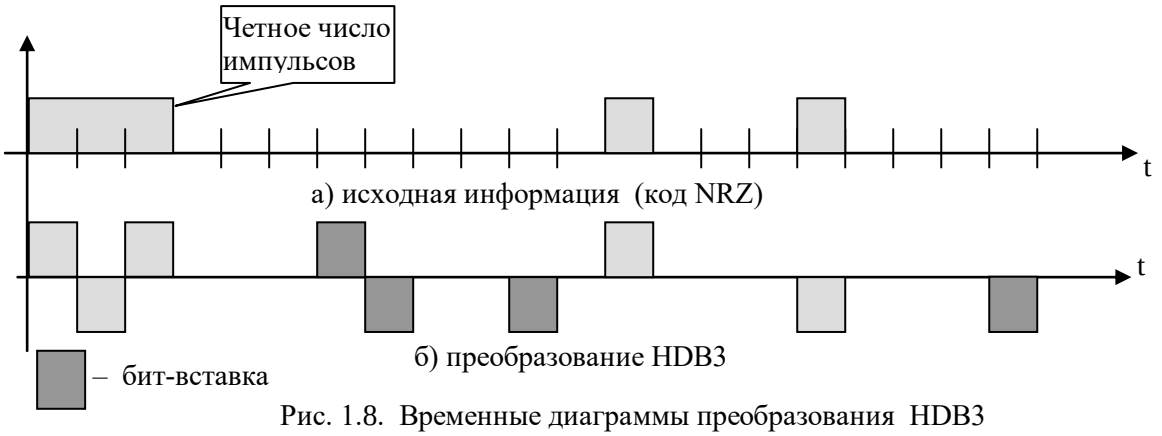

Рис. 1.8. Временные диаграммы преобразования HDB3

Правило преобразования (рис. 1.8): так же, как в AMI, но комбинация из 4-х “0”-ей подряд заменяется на 000V, если после предыдущего V было четное число импульсов B или на B00V, если после предыдущего V было нечетное число импульсов B.

3. Coded Mark Inversion (CMI). Используется в цифровых системах передачи со скоростями 139264, 155520 Кб/с.

Правило преобразования (рис. 1.9): “0” передаются дебитами “01”; “1” – импульсом положительной полярности, если предшествующая полярность “1” была отрицательная, или отрицательной, если предшествующая полярность “1” была положительная.

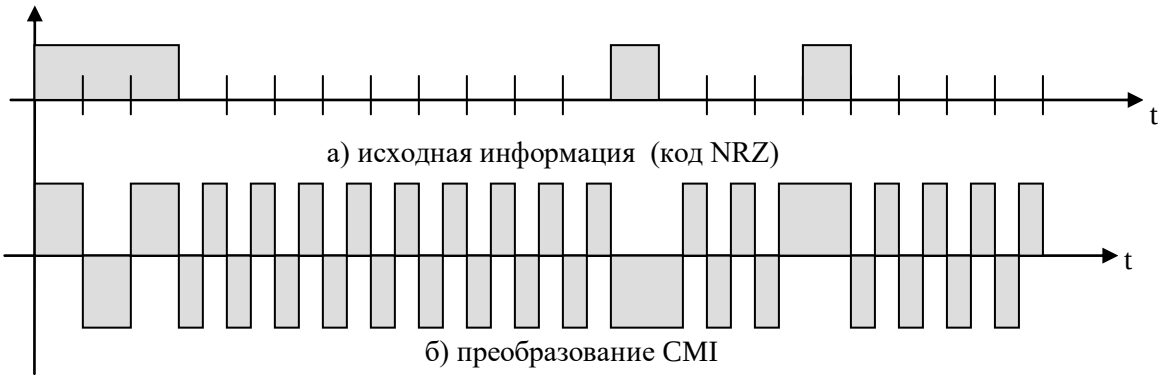

Рис. 1.9. Временные диаграммы преобразования CMI

4. Two Binary One Quaternary (2B1Q). Рекомендовано ***ITU-T G.961*** [16] для использования в физических линиях базового доступа на участке NT1-LT со скоростью передачи 160 Кб/с. Имеет пониженную частоту передачи, может содержать постоянную составляющую.

Правило преобразования (рис. 1.10): исходная последовательность дебитов вида “10” передается одним битом амплитудой A (2.5 Вольта), последовательность вида “11” – амплитудой A/3, последовательность вида “01” – амплитудой -A/3, последовательность вида “00” – амплитудой -A (минус 2.5 Вольта).

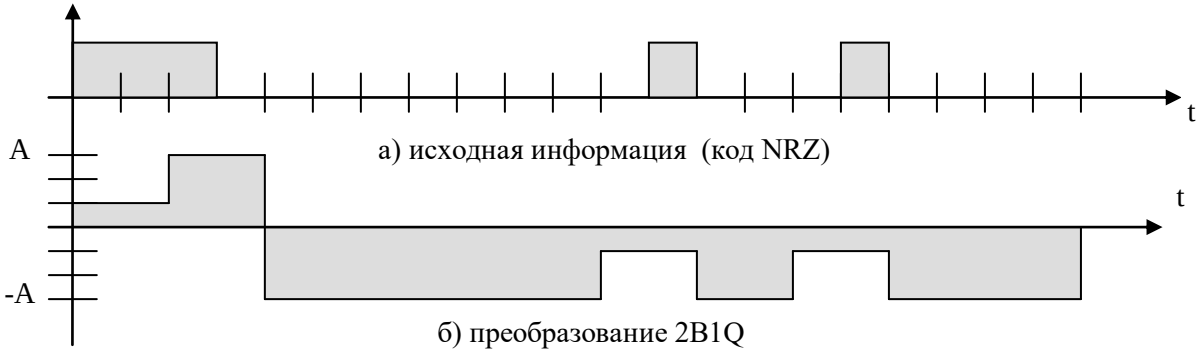

Рис. 1.10. Временные диаграммы преобразования 2B1Q

5. Manchester (MCH). Используется в локальных компьютерных сетях Ethernet.

Правило преобразования (рис. 1.11): биты передаются дебитами, причем первой имеет истинное значение, второй – инверсное.

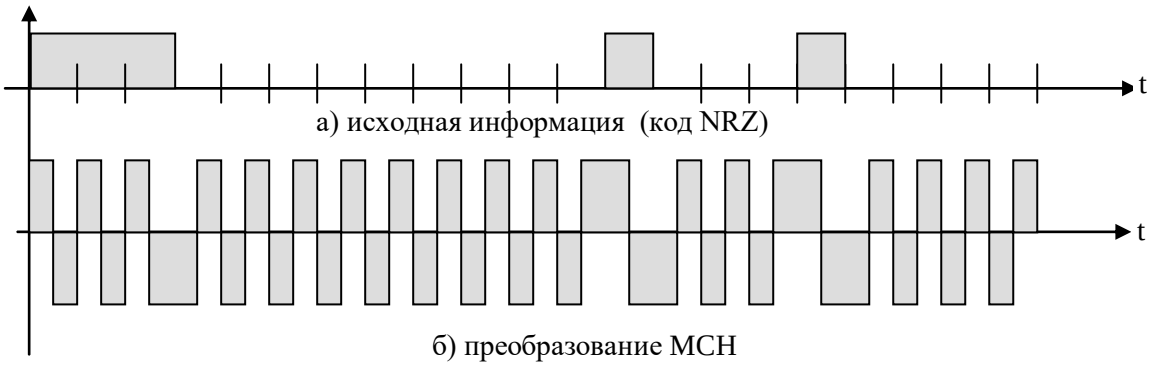

Рис. 1.11. Временные диаграммы преобразования MCH

Рекомендация CCITT G.703 [6] нормирует форму передаваемых и принимаемых сигналов для симметричных и коаксиальных кабелей с импедансом (комплексным сопротивлением) 120 и 75 Ом, соответственно. Соответствие осуществляется сравнением с эталонами, которые задается в виде шаблонов.

1.5.4. Синхронизация в цифровой сети

При передаче сигналов между цифровыми станциями должны быть предусмотрены меры, исключающие пропадание (“проскальзывания”) информации за счет разностей частот, генерируемых приемником и передатчиком. Если приемник и передатчик работают на одной и той же частоте, то система называется синхронной, в противном случае – асинхронной. Передаваемая информация может передаваться блоками различной длины, поэтому для правильной расстановки поступающих сигналов приемник обязательно должен работать синфазно с передатчиком, т.е. опознавать начало блока.

В асинхронных системах передатчик и приемник работают на своих частотах. Передача производится блоками постоянной длины, блок начинается заголовком (STR) и заканчивается концевиком (STP). Приемник, распознав заголовок, для обеспечения ***синфазности*** устанавливает фазу своего генератора на моменты опознавания информации в середину поступившего заголовка. По мере приема информации за счет разности частот передатчика и приемника происходит постепенное смещение моментов опознавания относительно центра. Если B – длина блока, Ft – скорость передачи, Fr – скорость приема, d = |Ft-Fr|/Fr – относительная стабильность приемного генератора, то при непрерывной передаче за 1 сек будет потеряно в=dB бит информации. Поэтому в

асинхронных системах передача производится на относительно низких скоростях блоками небольшой длины с периодической остановкой для подстройки фазы приемного генератора. При этом наличие высокостабильных генераторов не требуется. Для стыка RS-232C B=10 бит (1 бит STR, 1 бит STP и 8 бит информации), смещение момента приема относительно центра составляет 1% , поэтому d = в/B = 1E-3.

Существует шесть основных способов построения синхронных систем:

- использование на сети эталонного генератора;
- плезиохронный режим;
- принудительная синхронизация;
- взаимная синхронизация;
- согласование скоростей на всей сети;
- пакетная передача.

При использовании ***эталонного генератора*** колебания тактовой частоты единственного не сети связи генератора передаются ко всем узлам сети. Все узлы сети непосредственно соединены с эталонным генератором сети, что подразумевает необходимость использования отдельной сети передачи для раздачи колебаний эталонной частоты. Из-за высокой стоимости отдельной сети раздачи эталонной частоты такая система синхронизации для всей сети нежелательна, но часто используется внутри станции.

Плезиохронная сеть не синхронизируется, в ней просто во всех узлах коммутации устанавливаются высокостабильные задающие генераторы, поэтому частность проскальзываний битов информации между узлами является приемлемо низкой. Этот способ проще всего внедрить, поскольку не требуется учитывать хронирующие колебания в каждом узле сети, однако, даже в небольших узлах коммутации необходимо иметь дорогие высокоточные и стабильные источники хронирования. По этой причине плезиохронный режим планируется использовать только на международной цифровой сети. В ***Рекомендации МККТТ G.811*** [14] установлена норма на стабильность задающих генераторов международных цифровых узлов коммутации, равная 1 E-11, которая означает, что проскальзывания на линиях, соединяющих международные узлы коммутации, будут случаться один раз в 70 дней (при частоте повторения циклов 8 КГц). Современные генераторы обеспечивают суточную относительную нестабильность частоты 1 E-11 у рубидиевого атомного стандарта и даже 1 E-12 у атомных стандартов следующего поколения.

На сети связи ***с принудительной синхронизацией*** колебания эталонной частоты генерируется в одном из узлов коммутации, который считается на сети главным, и в виде отдельной метки (например, сигнала фазирования по циклам в ИКМ-тракте) передается совместно с

информационным потоком по цифровым системам передачи узлам коммутации высокого уровня. Устройства фазовой автоподстройки частоты и фазирования узлов коммутации высокого уровня осуществляют постоянное сличение положения метки, приходящей по цифровым системам передачи от главного узла, с положением метки, генерируемой местным задающим генератором. В зависимости от результата сличения устройство фазовой автоподстройки частоты либо оставляет, либо осаживает, либо подгоняет собственную частоту местного генератора. После того, как местные задающие генераторы узлов высокого уровня будут засинхронизированы с эталонным генератором, колебания эталонной частоты через исходящие цифровые системы передачи от узлов высокого уровня передаются к узлам коммутации более низкого уровня. Узлы коммутации еще более низкого уровня таким же образом синхронизируются от узлов более высокого уровня и передают хронирующие колебания на узлы коммутации следующего уровня через исходящие от них цифровые системы передачи. Поскольку все узлы коммутации синхронизируются от одного и того же эталонного генератора, то в нормальных условиях они работают с одной и той же тактовой частотой и проскальзывания появиться не могут. Этот метод наиболее широко используется в местных цифровых сетях связи.

В синхронных системах с принудительной синхронизацией передача производится блоками постоянной длины без промежутков между ними, блок начинается специальной комбинацией – синхрометка, имеющей постоянное кодовое значение и период следования. Из принимаемого сигнала выделяются фронты, которые воздействуют ("подкачивают") на контур ударного возбуждения ВТЧ, настроенного на частоту передачи. В периодах между "подкачками" контур формирует монотонно затухающие колебания. Путем усиления и ограничения по амплитуде принятых колебаний выделяется тактовая частота приема, под которую и настраивается задающий генератор на приеме при помощи специального устройства – автоподстройки частоты (ФАПЧ). Подстройка частоты на станции производится только от узлов ***высшей*** иерархии. При отсутствии принимаемого сигнала в канале связи ЗГ функционирует автономно.

При ***взаимной синхронизации*** в каждом узле коммутации производится расчет усредненного положения приходящих меток от смежных узлов коммутации и подстройка местного задающего генератора под усредненное положение. Основным недостатком сети с взаимной синхронизацией является нестабильность функционирования и неопределенность поведения во время переходных процессов (при выходе из строя и восстановлении узлов коммутации). По этой причине взаимная синхронизация не получила широкого распространения.

Согласование скоростей на всей сети предполагает преобразование скорости передачи источника информации в более высокую скорость при вхождении в узел коммутации и обратное преобразование на выходе. Наличие обычно нескольких районов хронирования эталонной частоты делает необходимым операцию согласования скоростей индивидуальной для каждого источника информации на каждом узле коммутации. Это препятствует использованию согласования скоростей в качестве экономически приемлемого решения.

Пакетная передача используется только в системах коммутации пакетов. Если при приеме пакета из-за ресинхронизации смежных узлов происходит проскальзывание бита, то это сразу же обнаруживается приемной стороной по несовпадению циклического полинома. По истечению тайм-аута передающая сторона, не получив подтверждения на переданный пакет, возобновляет его повторную передачу.

ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 1.5

1. Назовите номер основной Рекомендации кодирования аналогового речевого сигнала.

Ответ. Рекомендация ITU-T G.711.

2. Какая скорость передачи В-канала?

Ответ. 64 Кбит\с.

3. Поясните назначение бит передаваемого байта В-канала для речевого сигнала.

Ответ. Байт содержит: «знак – 1 разряд» + «номер сегмента – 3 разряда» + «код шага внутри сегмента – 4 разряда».

4. Какая скорость передачи ИКМ тракта (Европейский стандарт)?

Ответ. 2048 Кбит\с.

5. Назовите признаки синхрометки.

Ответ. Синхрометка имеет постоянное кодовое значение и период следования.

6. Назовите назначение цикловой синхрометки.

Ответ. Цикловая синхрометка позволяет приемнику определить порядок следования цифровых каналов.

7. Назовите назначение сверхцикловой синхрометки.

Ответ. Сверхцикловая синхрометка позволяет приемнику определить порядок следования циклов.

8. Где передается сверхцикловая синхрометка?

Ответ. В ТФОП сверхцикловая синхрометка передается в 1-4 разрядах 16-го канала 0-го цикла. В ЦСИО сверхцикловая синхрометка не используется.

9. В каком канале ИКМ тракта располагается общий канал сигнализации (ОКС)?

Ответ. Может располагаться в любом канале, кроме 0-го. Обычно располагается в 16-м канале каждого цикла.

10. Назовите наиболее распространенный способ преобразования линейных кодов на межстанционном участке в ИКМ-тракте.

Ответ. HDB3.

11. Назовите наиболее распространенный способ преобразования линейных кодов на абонентском участке интерфейса 2B+D.

Ответ. 2B1Q.

12. Какой способ синхронизации используется на международной сети?

Ответ. Плезиохронная синхронизация.

12. Какой способ синхронизации используется на местной сети?

Ответ. Принудительная синхронизация.

1.6. Процессы в цифровой сети интегрального обслуживания

1.6.1. Общие принципы построения общего канала сигнализации

Общий канал сигнализации (ОКС) используется для передачи СУВ и по технико-экономическим причинам реализуется только на цифровых станциях с записанной программой. Из-за сложности реализации оборудование ОКС содержит 4 уровня, каждый из которых выполняет определенную задачу в соответствии с ***Рекомендацией ITU-T X.200*** [33]**.** Структура и взаимодействие уровней показаны на рис. 1.12.

Первый уровень (L1 – Level 1) осуществляет физическую передачу сигнальных сообщений по требуемой транспортной среде (металлический или волоконно-оптический кабель, радио доступ).

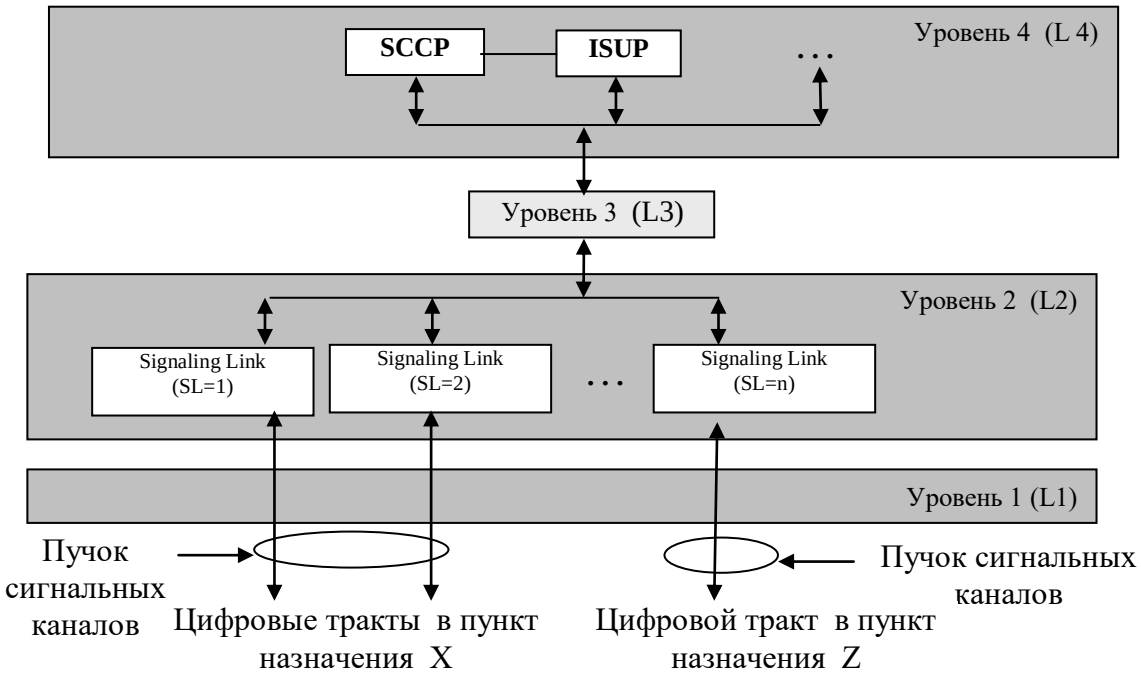

Рис. 1.12. Иерархия уровней ОКС

Второй уровень (L2) обеспечивает их безошибочную транспортировку.

Третий уровень (L3), получив сообщение от 2 уровня, определяет пользователя ОКС на 4 уровне (подсистему управления соединениями сигнализации – SCCP, пользователя интегральной сети – ISUP, телефонной сети – TUP,…) и направляет сообщение ему. Получив сообщение от 4-го уровня, маршрутизирует его в один из сигнальных каналов (SL – Signaling Link) в пучке сигнальных каналов (LS – Link Set), который ведет в требуемый пункт назначения.

Первые три уровня, обеспечивающие доставку сообщений, объединяются под общим названием подсистемы передачи сообщений сигнализации (MTP – Message Transfer Part).

Четвертый уровень (L4 – Level 4) состоит из обслуживающих программ (пользователей), которые обрабатывают смысловое содержание сообщений ОКС.

Передача сигнальной информации производится порциями в виде отдельных сообщений (Message). В ***Рекомендации ITU-T Q.703*** [26] специфицированы три вида сообщений: сигнальные (MSU – Message Signal Unit), которыми обмениваются L4; аварийные (LSSU – Link Status Signal Unit), посредством которых L2 извещают друг друга о сбойных ситуациях; заполняющие (FISU – Fill-in Signal Unit), по прохождению которых во время спада нагрузки L2 контролирует целостность SL. Форматы сообщений и их поля приведены на рис. 1.13.

F 8	CK 16	User Information 8 x n, n>2	Routing Label 32	SIO 8	2	LI 6	FIB 1	FSN 7	BIB 1	BSN 7	F 8

а)

F 8	CK 16	SF 8 или 16	2	LI 6	FIB 1	FSN 7	BIB 1	BSN 7	F 8

б)

F 8	CK 16	2	LI 6	FIB 1	FSN 7	BIB 1	BSN 7	F 8

в)

Рис. 1.13. Типы кадров: а)MSU б)LSSU

Назначение полей сигнального сообщения (кадра) следующее.

Каждый передаваемый кадр должен начинаться и заканчиваться комбинацией "Флаг" (F – Flag), имеющую битовую структуру вида 01111110. Одна и та же комбинация "Флаг" может быть использована как закрывающая для одного кадра и открывающая для следующего кадра. Комбинации "Флаг" должны выявляться приемной стороной с целью определения границ кадра. Для обеспечения кодонезависимого переноса информации необходимо исключить из последующих полей кадра все комбинации, совпадающие с комбинацией "Флаг". Процедура кодонезависимости при передаче производится после формирования всех

полей кадра и заключается в побитовом просмотре содержимого каждого кадра от открывающей до закрывающей комбинации "Флаг" и вставке бита "ноль" после каждых пяти смежных битов "единица". Процедура обеспечения кодонезависимости при приеме производится перед анализом кадра и его декодированием и заключается в побитном просмотре содержимого каждого кадра от открывающей до закрывающей комбинации "Флаг" и изъятии бита "ноль" после пяти смежных битов "единица".

Четыре последующих поля – обратный порядковый номер (BSN – Backward Sequence Number), обратный бит-индикатор (BIB – Backward Indicator Bit), прямой порядковый номер (FSN – Forward Sequence Number), прямой бит-индикатор (FIB – Forward Indicator Bit) – содержат информацию о прохождении кадров. При формировании очередного кадра передатчик подставляет его порядковый номер по модулю 128 (FSN = …0,1,2,…127, 0,1,2,…) и прямой бит-индикатор со значением FIB=0 или FIB=1. При отсутствии искажения кадра приемная сторона в очередном кадре возвращает FSN в виде обратного порядкового номера BSN=FSN и обратного бита-индикатора BIB=FIB. При обнаружении ошибки приемная сторона возвращает FSN в виде обратного порядкового номера BSN последнего кадра, принятого без искажений, и обратного бита-индикатора BIB противоположной полярности.

По значению длины индикатора (LI – Length Indicator) определяется тип кадра: LI > 2 соответствует MSU-кадру, LI=1 или LI=2 – LSSU-кадру, LI=0 – FISU-кадру. Последующие 2 бита – пустые, используются для дополнения до байтовой структуры.

Проверочная область кадра (CK – Check bits) содержит проверочную последовательность, получаемую в результате кодирования содержимого остальных областей кадра, исключая комбинации "Флаг", циклическим кодом. На передаче кадр формируется так, чтобы при: а)умножении принятой информации от открывающей до закрывающей комбинации ”Флаг” на X^{16} и б)последующем делении по модулю 2 на образующий полином вида $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ результат был бы равен постоянному числу 0001110100001111.

Обмен информацией между пользователями и MTP происходит при помощи примитивов (внутренних сообщений) MTP_TRANSFER request и MTP_TRANSFER indication. Рассмотрим содержание и назначение информационных полей SIF и SIO (рис.1.14), которые использует подсистема ISUP при установлении сетевого соединения ***(Рекомендация ITU-T Q.704*** [27]***)***.

Signaling Information Field – **SIF**								Service Information Octet – **SIO**		
User Information					Routing Label					
OP	MVP	MFP	MT	CIC	SLS	OPC	DPC	NI	XX	SI

Рис. 1.14. Состав полей SIF и SIO

Обозначения:

SI (Service Indicator) – индикатор услуги, указывает МТР на пользователя L4, которому предназначено или от которого поступило сообщение ОКС, длина 4 бита (SI=0000 – менеджер ОКС, SI=0101 – подсистема обслуживания абонентов сети с интеграцией служб (ISUP), SI=0011 – подсистема управления соединениями сигнализации – SCCP и т. д.);

XX – пустые 2 бита;

NI (Network Indicator) – индикатор сети, указывает из какой сети поступило сообщение, длина 2 бита (код 00 – международная сеть, код 10 – национальная сеть, код 11 – местная сеть);

DPC (Destination Point Code) – уникальный сетевой код пункта назначения, указывает адрес доставки, длина 14 или 24 бит;

OPC (Origination Point Code) – уникальный сетевой код пункта отправления, указывает адрес отправителя, длина 14 или 24 бит;

SLS (Signaling Link Selection) – идентификатор маршрутной таблицы, использующийся при выборе альтернативных сигнальных пучков (LS) и каналов (SL), которые ведут в требуемый пункт назначения, имеет одинаковое значение в пределах одного звена, длина 4 бита;

CIC (Circuit Identification Code) – идентификатор канала, указывает на номер разговорного канала в пучке, который обслуживается звеном сигнализации, длина 2 байта (первые 5 бит CICL указывают на один из 32-х разговорных каналов, последующие 7 бит CICH – на номер цифрового тракта, 4-е – не используются);

MT (Message Type) – тип сообщения, указывает на характер передаваемой информации, длина 1 байт, возможные типы сообщений приведены в ***Рекомендации ITU-T Q.763*** [28], наиболее распространенные из них показаны в табл.1.5;

MFP (Mandatory Fixed Part) – обязательная часть сообщения фиксированной длины из 4-х параметров общей длиной 5 байт;

MVP (Mandatory Variable Part) – обязательная часть сообщения переменной длины;

OP (Optional Part) – необязательная часть сообщения.

Табл. 1.5. Основные типы сообщений

Название сообщения	Направление Передачи	Код сообщения
IAM (Initial Address Message) – Начальное сообщение	→	01
SAM (Subsequent Address Message) – Набор номера	→	02
ACM (Address Complete Message) – Адрес полный	←	06
ANM (Answer Message) – Ответ абонента	←	09
SUS (Suspend) – Приостановка соединения	←→	0D
RES (Resume) – Возобновление соединения	←→	0E
REL (Release) – Освобождение	←→	0C
RLC (Release Complete) – Разъединение	←→	10

1.6.2. Установление исходящего соединения

Рассмотрим содержание и порядок передачи сигнальных сообщений (кадров) для сценария, изображенного на рис. 1.15.

В этом сценарии А-абонент аналоговой станции с номером 54-91-13 устанавливает местное соединение к Б-абоненту ЦСИО с номером 23-45-67. Соединение проходит через транзитную АТС ЦСИО. Аналоговая АТС использует передачу сигналов управления и взаимодействия декадным кодом (D03-D) и систему одностороннего отбоя.

Для понимания сценария следует учесть следующее.

1. Для уменьшения нагрузки на общий канал сигнализации между АТС ЦСИО в сообщении IAM обычно передаются все цифры номера Б-абонента. В рассматриваемом сценарии транзитная АТС ЦСИО передает входящей АТС ЦСИО по одной цифре. Это сделано только для демонстрации функционирования сообщения SAM.

2. Для установления соединения входящая АТС ЦСИО должна иметь полный номер А-абонента. Эта информация необходима для определения злонамеренного вызова. Поэтому входящая оконечная АТС ЦСИО перед установлением входящего соединения производит запрос категории и номера А-абонента сообщением INR, которое транзитной станцией преобразуется в запрос АОН к исходящей аналоговой АТС. Исходящая аналоговая станция в ответ высылает информацию о категории абонента и его зоновый номер, получаемый добавлением лидирующей цифрой “2” к местному номеру 549113.

3. Временное приостановление связи характерно только для оконечных устройств типа TE1, которое происходит при переключении оконечного устройства из одной розетки в другую. В этом случае для удержания соединения на время переключения высылается сообщение SUS. Возобновление связи осуществляется после передачи сообщения RES.

4. АТС ЦСИО всегда используют систему одностороннего отбоя. Система двухстороннего отбоя применялась для удержания соединеия при злонамеренном вызове. Поскоьку в сообщении IAM всегда присутствуют ноиера вызываемого и вызывающего абонентов, то система двухстороннего отбоя в сетях ISDN стала лишней.

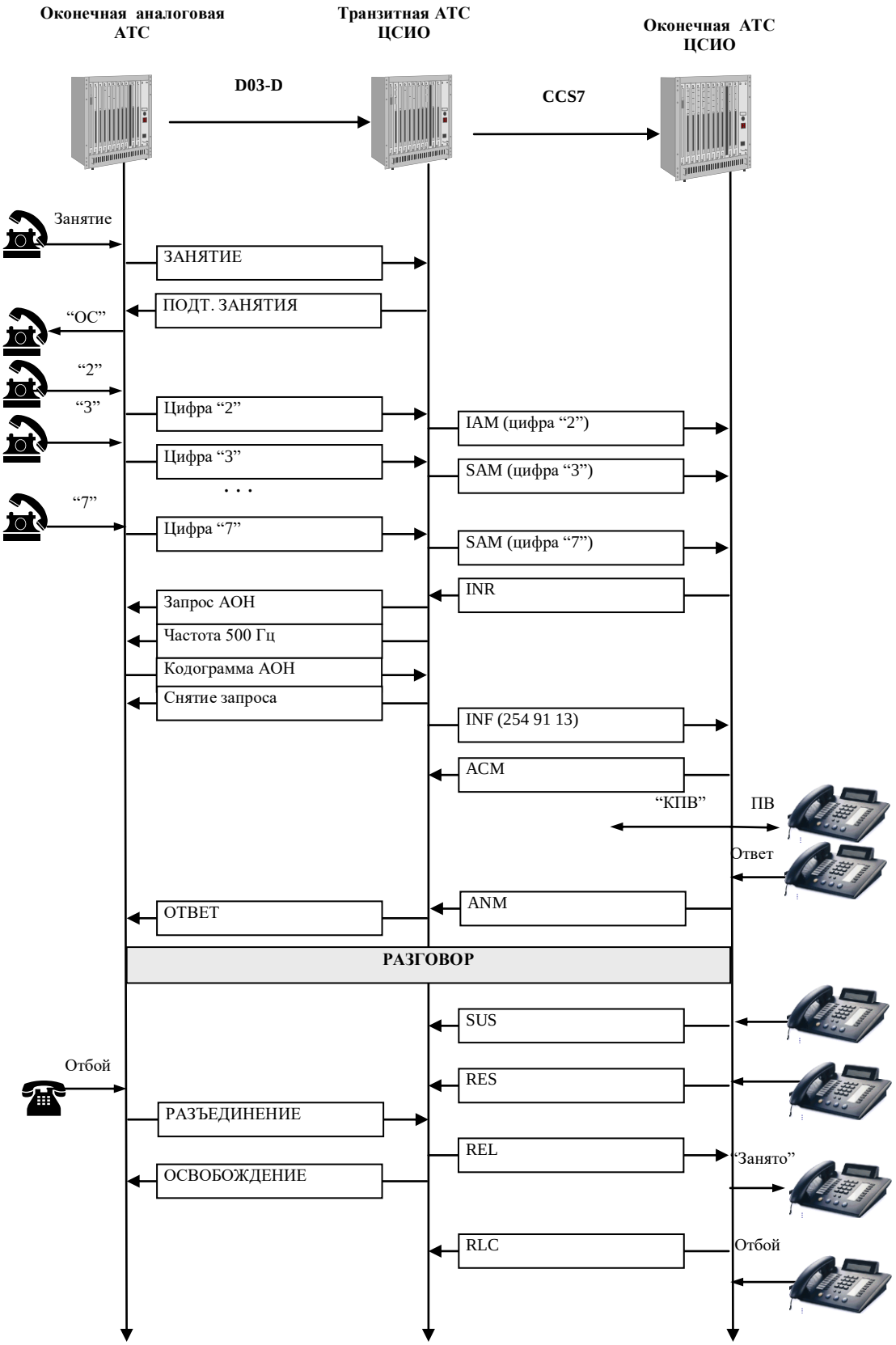

Рис. 1.15. Сценарий соединения D03-D и CCS7

Типовое поле SIF для сообщения IAM (занятие и передача первой цифры – “2”) приведено в табл. 1.6.

Табл. 1.6. Поле SIF для сообщения IAM

Байт и статус	&H	Двоич. код HGFE PONM	DCBA LKJI	Наименование поля	Пояснения
01 F	7F	*0***111**	**1111**	DPC=***0***-*4*-**127**	Структура OPC и DPC в битах: 3-4-7
02 F	42	**01*00***	***0010***	OPC=***0***-4-**97**	
03 F	98	*100***1**	**1000**		
04 F	10	**0001**	***0000***	SLS=1	Идентификатор маршрутной таблицы
05 F	01	000**0**	**0001**	CICL=1	Номер разговорного канала = 1 (5 бит)
06 F	00	0000	0000	CICH=0	Номер цифрового тракта = 0 (7 бит)
07 F	01	0000	0001	IAM	Тип сообщения
08 F	00	0000	0000	NCI – Nature of Connection Indicators	BA=00 – нет спутникового канала DC=00 – не требуется тестирования канала E=0 – нет эхозаградителя на исходящей стороне
09 F	48	0100	1000	FCI – Forward Call Indicators	A=0 – национальный вызов
10 F	00	0000	0000		CB=00 – сигнализация по звеньям D=1 – имеется конвертирование сигнализации E=0 – нет индикации “из конца в конец” F=0 – нет сквозного ISDN-канала HG=01 – ISDN на всей сети не требуется I=0 – исходящий вызов не ISDN KJ=00 – без индикации
11 F	00	0000	0000	CPC – Calling Party’s Category	H…A=00000000 – абонент A с неопределенной категорией
12 F	03	0000	0011	TMR – Transmission Medium Requirem.	Требуется полоса 3.1 Кгц
13 F	02	0000	0010	PMP – Pointer to Mandatory variable Part	Начало обязательной переменной части MVP со 2-го байта
14 F	05	0000	0101	POP – Pointer to Optional Part	Начало необязательной переменной части POP с 5-го байта
15 V	03	0000	0011	Length Indicator	Длина обязательной переменной части MVP – 3 байта
16 V	82	1000	0010	Called Party Number Values	H=1 – нечетное число цифр G…A=0000010 – местный номер (NAI=2)
17 V	10	0001	0000		H=0 – выход на МЦК разрешен GFE=001 – план нумерации МККТТ E.164 D..A =0 – резерв
18 V	02	0000	**0010**		1-ая цифра = **2**
19 O	00	0000	0000	End of Optional Parameters	Конец опциональных параметров

Информационное поле SIF для сообщения SAM (передача последней цифры – “7”) приведено в табл. 1.7.

Табл. 1.7. Поле SIF для сообщения SAM

Байт и статус	&H	Двоич. код HGFE DCBA PONM LKJ I	Наименование поля	Пояснения
05 F 06 F	01 00	0000 0001 0000 0000	CICL=1 CICH=0	Номер разговорного канала = 1 Номер цифрового тракта = 0
07 F	02	0000 0010	SAM	Тип сообщения
08 F	02	0000 0010	PMP – Pointer to Mandatory variable Part	Начало обязательной переменной части MVP со 2-го байта
09 F	05	0000 0101	POP – Pointer to Optional Part	Начало необязательной переменной части POP с 5-го байта
10 V 11 V 12 V 13 V	03 82 10 07	0000 0011 1000 0010 0001 0000 0000 0111	Length Indicator Called Party Number Values	Длина обязательной переменной части MVP – 3 байта H=1 – нечетное число цифр G…A = 0000010 – местный номер (NAI=2) H=0 – выход на МЦК разрешен GFE=001 – план нумерации МККТТ E.164 D..A =0 – резерв 1-ая цифра = 7
14 O	00	0000 0000	End of Optional Parameters	Конец опциональных параметров

Информационное поле SIF для сообщения INR (запрос номера абонента А) приведено в табл. 1.8.

Табл. 1.8. Поле SIF для сообщения INR

Байт и статус	&H	Двоич. код HGFE DCBA PONM LKJ I	Наименование поля	Пояснения
05 F 06 F	01 00	0000 0001 0000 0000	CICL=1 CICH=0	Номер разговорного канала = 1 Номер цифрового тракта = 0
07 F	03	0000 0011	INR	Тип сообщения
08 F 09 F	89 00	1000 1001 0000 0000	Information request indicators	A=1 – запрашивается номер абонента А B=0 – удержание абонента А не требуется C=0 D=1 – запрашивается категория абонента А E=0 – нет запроса о тарифе GF=00 H=1 – запрос о злонамеренном вызове P…I = 00000000
10 F	00	0000 0000	POP – Pointer to Optional Part	Начало необязательной переменной части POP с 0-го байта

Информационное поле SIF для сообщения INF (передача категории А-абонента его зонового номера = 2549113, полученного запросом АОН у исходящей АТС) приведено в табл. 1.9.

Табл. 1.9. Поле SIF для сообщения INF

Байт и статус	&H	Двоич. код HGFE DCBA PONM LKJI	Наименование поля	Пояснения
05 F 06 F	01 00	0000 0001 0000 0000	CICL=1 CICH=0	Номер разговорного канала = 1 Номер цифрового тракта = 0
07 F	04	0000 0100	INF	Тип сообщения
08 F 09 F	A3 00	1010 0011 0000 0000	Information indicators	BA=11 – передается номер абонента А C=0 – удержание абонента А не обеспечивается ED=00 F=1 – передается категория абонента А G=0 – нет информации о тарифе H=0 – запрос удовлетворен P…I = 00000000
10 F	03	0000 0011	POP– Pointer to Optional Part	Начало необязательной переменной части POP с 1-го байта
11 O 12 O 13 O	09 01 0B	0000 1001 0000 0001 0000 1011	Calling Party's Category Length Indicator Values	Имя элемента - "Категория вызывающего абонента" Длина элемента – 1 байт H…A =00001011 – абонент с приоритетом
14 O 15 O 16 O 17 O 18 O 19 O 20 O 21 O	0A 06 81 13 52 94 11 03	0000 1010 0000 0110 1000 0001 0001 0011 0101 **0010** 1001 **0100** 0001 **0001** 0000 **0011**	Calling Party Number Length Indicator CPN Values	Имя элемента "Номер вызывающего абонента' Длина элемента – 6 байт H=1 – нечетное число цифр G…A=0000001– абонентский номер (NAI=1) H=0 – номер полный GFE=001 – план нумерации МККТТ E.164 DC=00 – показ номера абонента А разрешен BA=11 – показ номера обеспечивает сеть 1-ая цифра = **2**, 2-ая цифра = 5 3-я цифра =**4**, 4-ая цифра = 9 5-ая цифра = **1**, 6-ая цифра = 1 7-ая цифра = **3**
22 O	00	0000 0000	End of Optional Parameters	Конец опциональных параметров

Информационное поле SIF для сообщения ACM (Адрес полный) приведено в табл. 1.10.

Табл. 1.10. Поле SIF для сообщения ACM

Байт и статус	&H	Двоич. код HGFE DCBA PONM LKJ I	Наименование поля	Пояснения
05 F 06 F	01 00	0000 0001 0000 0000	CICL=1 CICH=0	Номер разговорного канала = 1 Номер цифрового тракта = 0
07 F	06	0000 0110	ACM	Тип сообщения
08 F 09 F	16 16	0001 0110 0001 0110	BCI – Backward Call Indicators	BA=10 – оплату произведет А-абонент DC=01 – В-абонент свободен FE=01 – обыкновенный абонент HG=00 – сигнализация по звеньям I=0 – нет конвертирования сигнализации J=1 – возможна индикация “из конца в конец” K=1 – используется сквозной ISDN-канал L=0 – удержание соединения после отбоя А не требуется M=1 – абонент Б – ISDN N=0 – нет эхозаградителя на входящей стороне PO=00 – без индикации
10 F	01	0000 0001	POP– Pointer to Optional Part	Начало необязательной переменной части POP с 1-го байта
11 O	29	0010 1001 0000 0001 0000 0001	Optional BCI Length Indicator OBCI Values	Имя элемента “Номер вызывающего абонента’ Длина элемента – 1 байт A=1 – прослушивание акустич. сигнала B=0 – без индикации C=0 – без индикации D=0 – без индикации EFGH=0000 – резерв
12	00	0000 0000	End of Optional Parameters	Конец опциональных параметров

Информационное поле SIF для сообщения ANM (абонент Б – ответил) приведено в табл. 1.11. С этого момента исходящая АТС проключает разговорный канал в прямом направлении и начинает тарификацию разговорного соединения.

Табл. 1.11. Поле SIF для сообщения ANM

Байт и статус	&H	Двоич. код HGFE DCBA PONM LKJ I	Наименование поля	Пояснения
05 F 06 F	01 00	0000 0001 0000 0000	CICL=1 CICH=0	Номер разговорного канала = 1 Номер цифрового тракта = 0
07 F	09	0000 1001	ANM	Тип сообщения
08 F	00	0000 0000	POP – Pointer to Optional Part	Начало необязательной переменной части POP с 0-го байта

Информационное поле SIF для сообщения SUS (абонент Б временно прекратил связь) приведено в табл. 1.12.

Табл. 1.12. Поле SIF для сообщения SUS

Байт и статус	&H	Двоич. код HGFE DCBA PONM LKJ I	Наименование поля	Пояснения
05 F 06 F	01 00	0000 0001 0000 0000	CICL=1 CICH=0	Номер разговорного канала = 1 Номер цифрового тракта = 0
07 F	0D	0000 1101	SUS	Тип сообщения
08 F	00	0000 0000	Suspend indicators	A=0 – инициализация абонента ISDN H…B=0000000 – не используются
09 O	00	0000 0000	POP – Pointer to Optional Part	Начало необязательной переменной части POP с 0-го байта

Информационное поле SIF для сообщения RES (абонент Б возобновил связь) приведено в табл. 1.13.

Табл. 1.13. Поле SIF для сообщения RES

Байт и статус	&H	Двоич. код HGFE DCBA PONM LKJI	Наименование поля	Пояснения
05 F 06 F	01 00	0000 0001 0000 0000	CICL=1 CICH=0	Номер разговорного канала = 1 Номер цифрового тракта = 0
07 F	0E	0000 1110	RES	Тип сообщения
08 F	00	0000 0000	Suspend indicators	A=0 – инициализация абонента ISDN H…B – не используются
09 O	00	0000 0000	POP – Pointer to Optional Part	Начало необязательной переменной части POP с 0-го байта

Информационное поле SIF для сообщения REL (отбой абонента А) приведено в табл. 1.14.

Табл. 1.14. Поле SIF для сообщения REL

Байт и статус	&H	Двоич. код HGFE DCBA PONM LKJI	Наименование поля	Пояснения
05 F 06 F	01 00	0000 0001 0000 0000	CICL=1 CICH=0	Номер разговорного канала = 1 Номер цифрового тракта = 0
07 F	0C	0000 1100	REL	Тип сообщения
08 F	02	0000 0010	PMP – Pointer to Mandatory variable Part	Начало обязательной переменной части MVP со 2-го байта
09 F	00	0000 0000	POP – Pointer to Optional Part	Начало необязательной переменной части POP с 0-го байта
10 V 11 V	02 80	0000 0010 1000 0000	Length Indicator MVP Call Indicators Values	Длина обязательной переменной части MVP – 2 байта H=1 – октет закончен GF=00- стандарт кодирования по МККТТ E – не используется D..A=0000 – инициировано абонентом

12 V	90	1001 0000	Cause value	H=1 – октет закончен G…E=001 – типовое событие D…A=0000 – нормальное разъединение

Информационное поле SIF для сообщения RLC (отбой абонента Б) приведено в табл. 1.15. С получением этого сообщения все задействованные в соединении устройства приходят в исходное состояние и могут быть использованы для установления другого соединения.

Табл. 1.15. Поле SIF для сообщения RLC

Байт и статус	&H	Двоич. код HGFE DCBA PONM LKJI	Наименование поля	Пояснения
05 F	01	0000 0001	CICL=1	Номер разговорного канала = 1
06 F	00	0000 0000	CICH=0	Номер цифрового тракта = 0
07 F	10	0001 0000	RLC	Тип сообщения
08 F	01	0000 0001	POP – Pointer to Optional art	Начало необязательной переменной части POP с 1-го байта
09 O	00	0000 0000	End of Optional Parameters	

1.6.3. Оценка качества обслуживания

Рекомендация ITU-T Q.543 [24] задает нормы качества обслуживания вызовов цифровой станцией в части нормы потерь по вызовам (доле отвергнутых вызовов из-за нехватки ресурсов станции) и производительности управляющих устройств (скорости установления соединений). При оценке норм качества предлагается пользоваться двумя типами нагрузки по соединительным линиям: нормальной (типа А) и повышенной (типа В). Нагрузка типа А имеет значение 0.7 Эрланг и интенсивность поступления вызовов (параметр поступающего потока вызовов) $\lambda = 0.7\,N / t_s$, где N – число входящих линий, t_s – среднее время занятия. Нагрузка типа В имеет значение 0.8 Эрланг и увеличенное значение интенсивности поступления вызовов в 1.2 раза.

Рекомендуемые значения расчетной нагрузки для абонентов с аналоговыми ОУ заданы табл.1.16:

Табл. 1.16. Значения нагрузки для аналоговых ОУ

Тип станции	Значение нагрузки, Эрланг	Параметр потока, час $^{-1}$
W	0.03	1.2
X	0.06	2.4
Y	0.10	4.0
Z	0.17	6.8

а для абонентов ЦСИО табл.1.17:

Табл. 1.17. Значения нагрузки для цифровых ОУ

Тип линии	Значение нагрузки, Эрланг	Параметр потока, час $^{-1}$
Y’	0.05	2
Y’’	0.10	4
Y’’’	0.55	2

Потери по вызовам не должны превосходить табличных значений табл.1.18:

Табл. 1.18. Нормы потерь по вызовам

Тип соединения	Значение потерь	
	Нагрузка типа А	Нагрузка типа В
Внутреннее	0.010	0.04
Исходящее	0.005	0.03
Входящее	0.005	0.03
Транзитное	0.001	0.01

Качество обслуживания вызова управляющим устройством оценивается средним временем окончания этапа обслуживания и функцией распределения времени окончания (ФРВО) этапа обслуживания. Последняя характеризует долю вызовов, обслуженных за нормируемое время, с вероятностью не менее 0.95. Нормирование производится для каждого этапа обслуживания отдельно для абонентов с аналоговыми ОУ и с цифровыми ОУ. Задается в виде таблиц. Ниже приведены данные для некоторых этапов.

Задержка в обнаружении поступления входящего вызова из аналогового канала связи – момент времени между обнаружением поступления линейного сигнала ЗАНЯТИЕ и моментом выдачи ответного линейного сигнала ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ЗАНЯТИЯ – характеризуется табл.1.19:

Табл. 1.19. Нормы задержки обслуживания в канале связи

	Нагрузка типа А	Нагрузка типа В
Среднее значение (не более), мс	300	400
Достижение ФРВО на уровне 0.95 (не более), мс	400	600

Задержка в обнаружении поступления вызова от абонента – момент времени между обнаружением поступления вызова от абонента с аналоговым ОУ и моментом подключения зуммерного сигнала “Ответ станции”; момент времени между поступлением всех цифр набора в сообщении SETUP от цифрового абонента и моментом выдачи ответного сообщения SETUP ACK. Характеризуется табл.1.20:

Табл. 1.20. Нормы задержки обнаружения вызова от абонента

	Нагрузка типа А	Нагрузка типа В
Среднее значение (не более), мс	400	800
Достижение ФРВО на уровне 0.95 (не более), мс	600	1000

Задержка “из конца в конец” при установлении внутреннего или входящего соединения к абоненту – момент времени между окончанием приема последней цифры и моментом подключения зуммерного сигнала “Контроль посылки вызова”. Характеризуется табл.1.21:

Табл. 1.21. Нормы задержки при установлении соединения

	Нагрузка типа А	Нагрузка типа В
Среднее значение (не более), мс	650	1000
Достижение ФРВО на уровне 0.95 (не более), мс	900	1600

ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 1.6

1. Какая скорость передачи по ОКС и максимальная длина сообщения ОКС?

Ответ. 64 Кбит/с, 272 байта.

2. Перечислите виды сообщений ОКС.

Ответ. MSU для установления соединений, LSSU для извещения о сбойных ситуациях, FISU для контроля целостности ОКС во время спада нагрузки.

3. Как называется первое сообщение ОКС, которое инициирует соединение, и что оно содержит?

Ответ. Первое сообщение – IAM, оно содержит номер вызывающего и вызываемого абонентов, описание источника вызова, описание событий на пути следования сообщения.

4. Назовите главное назначение сообщения ANM.

Ответ. С момента получения сообщения ANM начинается тарификация стоимости соединения для абонента инициатора связи.

5. Сколько уровней стека протоколов содержит общий канал сигнализации?

Ответ: Общий канал сигнализации содержит четыре уровня.

6. Назовите функцию первого уровня ОКС.

Ответ: Первый уровень обеспечивает адаптацию сигналов к требуемой транспортной среде.

7. Назовите функцию второго уровня ОКС.

Ответ: Второй уровень обеспечивает защиту сообщений ОКС от ошибок.

8. Назовите функцию третьего уровня ОКС.

Ответ: Третий уровень обеспечивает маршрутизацию сообщений ОКС.

9. Какую информацию содержит поле CIC?

Ответ. Поле CIC=12 бит и состоит из CICH=7 бит и CICL=5 бит. CICH определяет номер ИКМ-тракта, а CICL определяет номер канала, где содержится информация пользователя.

10. Какое максимальное число соединений потенциально может обслужить один ОКС?

Ответ. Максимальное число соединений равно 2^12=4096.

11. Какую информацию содержит поле SLS?

Ответ. Поле SLS показывает номер сигнального канала при использовании альтернативных сигнальных пучков (LS) и каналов (SL), которые ведут в требуемый пункт назначения.

12. Какая Рекомендация описывает типы сообщений ОКС и их содержимое?

Ответ. Типы сообщений и содержимое сообщений ОКС приведены в Рекомендации ITU-T Q.763.

13. Как в сообщении IAM определяется тип номера?

Ответ. По полю NAI (Nature of address indicator): NAI=0000001 – абонентский (местный) номер, NAI=0000010 – неизвестный (национальный) номер, NAI=0000011 – национальный (междугородный) номер, NAI=0000100 – международный номер.

14. Назовите состав обязательной части сообщения фиксированной длины в ОКС?

Ответ. Она не имеет имя, не имеет указатель длины, имеет параметры.

15. Назовите состав обязательной части сообщения переменной длины в ОКС?

Ответ. Она не имеет имя, имеет указатель длины, имеет параметры.

16. Назовите состав необязательной части сообщения в ОКС?

Ответ. Она имеет имя, имеет указатель длины, имеет параметры.

17. Чем характеризуется система одностороннего отбоя?

Ответ. Отбой любой из сторон приводит к разрушению сетевого соединения.

18. Назовите Рекомендацию, которая задает нормы качества обслуживания вызовов цифровой станцией.

Ответ. Рекомендация ITU-T Q.543.

19. Поясните смысл функции распределения времени окончания (ФРВО) обслуживания вызова.

Ответ. ФРВО задает долю вызовов, которая должна быть обслужена с заданной вероятностью за нормируемое время.

1.7. Интеллектуальная сеть связи

Услуги делятся на станционные и сетевые.

Станционные услуги конфигурируются (вводятся и отменяются) операторами станций индивидуально для каждого абонента и хранятся в базе данных каждой станции.

С другой стороны, имеются сетевые услуги, являющиеся общими для всех абонентов сети (для всех станций). Этап внедрения/отмены сетевой

услуги для конкретного абонента требует установки услуги на всех существующих станциях сети, что занимает достаточно много времени и средств. Интеллектуальная сеть *(Intelligent network – IN)* позволяет избежать эти недостатки за счет централизации сетевых услуг в одном месте сети. Составными частями ИС являются: узел коммутации услуги *(Service Switching Point – SSP),* узел управления услугами *(Service Control Point – SCP),* устройство ввода/снятия/модификации услуг *(Service Management Point – SMP).* Обмен информацией между SSP и SCP происходит по специальному протоколу (Intelligent network Application Protocol – *INAP*). Интеллектуальная сеть взаимодействует только с узлами ЦСИО.

В общем случае обслуживание услуги интеллектуальной сетью показано на рис. 1.16.

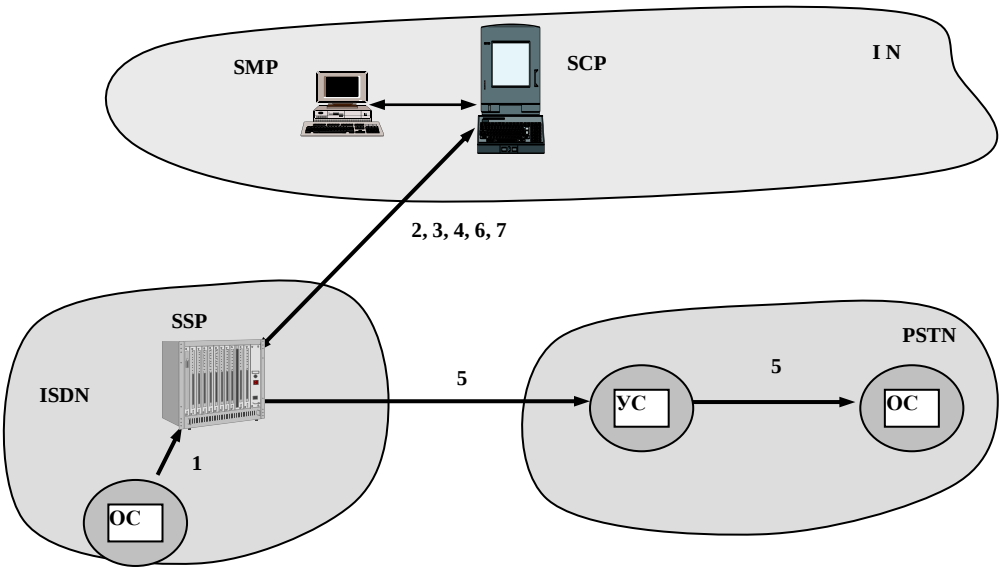

Рис. 1.16. Обслуживание услуги в интеллектуальной сети

Абонент набирает префикс выхода на услугу (в случае расположения SCP на АМТС – “8”), код услуги (обычно “800”) и некоторую дополнительную информацию. Станция местной сети соединяет абонента с SSP (этап 1).

SSP обращается за консультацией в SCP о смысле кода запрашиваемой услуги (этап 2) и получает подробную инструкцию (этап 3), на основании которых запрашивает у абонента, если это необходимо, дополнительную информацию (например, номер кредитной карты) и отсылает ее в SCP (этап 4). SCP возвращает SSP номер вызываемого абонента. SSP устанавливает соединение (этап 5) и в соответствии с тарифом периодически отсылает текущие данные о стоимости соединения в SCP (этап 6).

По окончании вызова SCP высылает SSP данные для оплаты за произведенную услугу (этап 7).

С помощью устройства ввода/снятия услуг SMP оператор сети имеет возможность централизовано внедрять, снимать и модифицировать сетевые услуги.

Рассмотрим некоторые типовые услуги, реализуемые с помощью интеллектуальной сети.

Услуга “Бесплатный вызов” *(Free phone – FPH)* предоставляет клиенту (А-абоненту) возможность бесплатной связи набором единого логического номера. Заказчиком услуги может быть, например, фирма, рекламирующая свой товар и арендующая у оператора сети легко запоминающийся логический С-номер (например, 100-200-300). В этом случае полный набор для А-абонента будет выглядеть так: 8-800-100-200-300. Нормально сетевое соединение оплачивает абонент инициатор связи, т.е. вызывающий абонент. При услуге “Бесплатный вызов” SCP информирует SSP о том, чтобы плата за это соединение на вызывающего абонента не начислялась. Оплату соединения производит фирма, арендующая С-номер. Окупаемость арендованного номера фирма реализует, например, за счет увеличения объема продаж.

На рис. 1.17 приведен сценарий реализации услуги FPH для случая, когда из-за занятости В1-абонента осуществляется новое соединение к В2-абоненту. Завершение диалога – после выполнения последней инструкции от SCP.

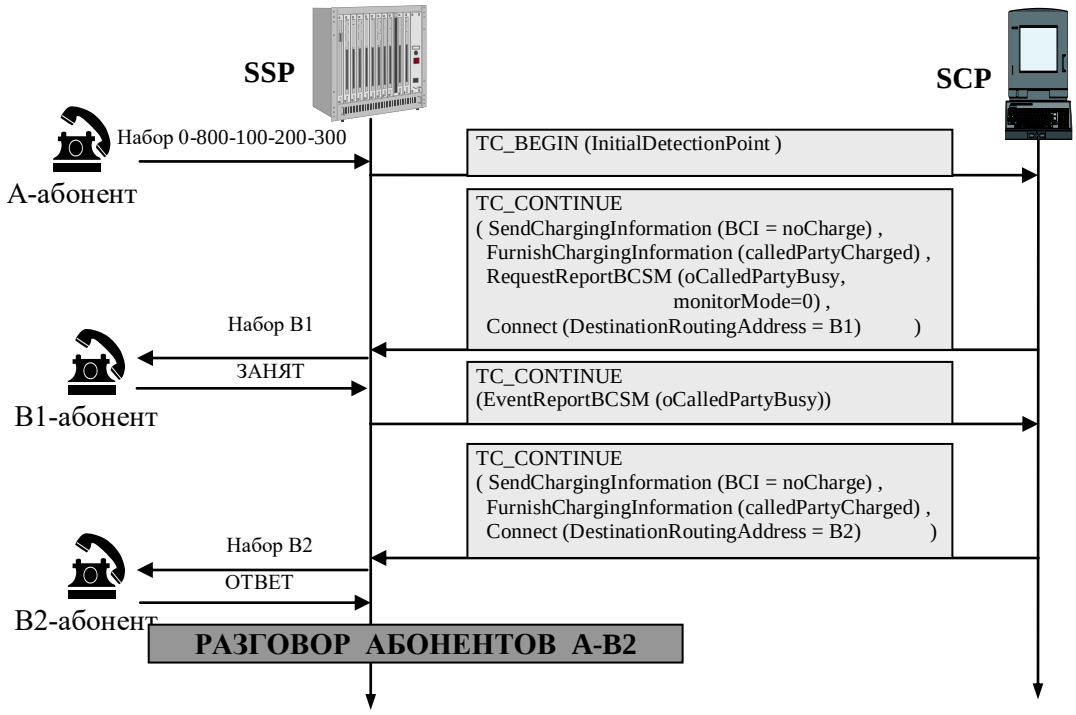

Рис. 1.17. Сценарий реализации услуги FPH

Услуга “Карта с предоплатой” *(Prepaid Card Service – PCS)* предоставляет клиенту (А-абоненту) возможность осуществить заранее оплаченные исходящие телефонные вызовы, как с телефонного аппарата,

так и с карточного таксофона. Карта с предоплатой избавляет абонента от необходимости иметь в наличии жетоны или монеты определенного номинала. Для этого абонент покупает телефонную карту, в которой занесены номер карты и код-пароль (PIN-код). Эти же данные оператор сети с помощью SMP вносит в SCP. На рис. 1.18 приведен возможный сценарий реализации услуги PCS для случая, когда абонент имеет номер телефонной карты 12345, PIN-код 7777, набирает номер В-абонента 7654321.

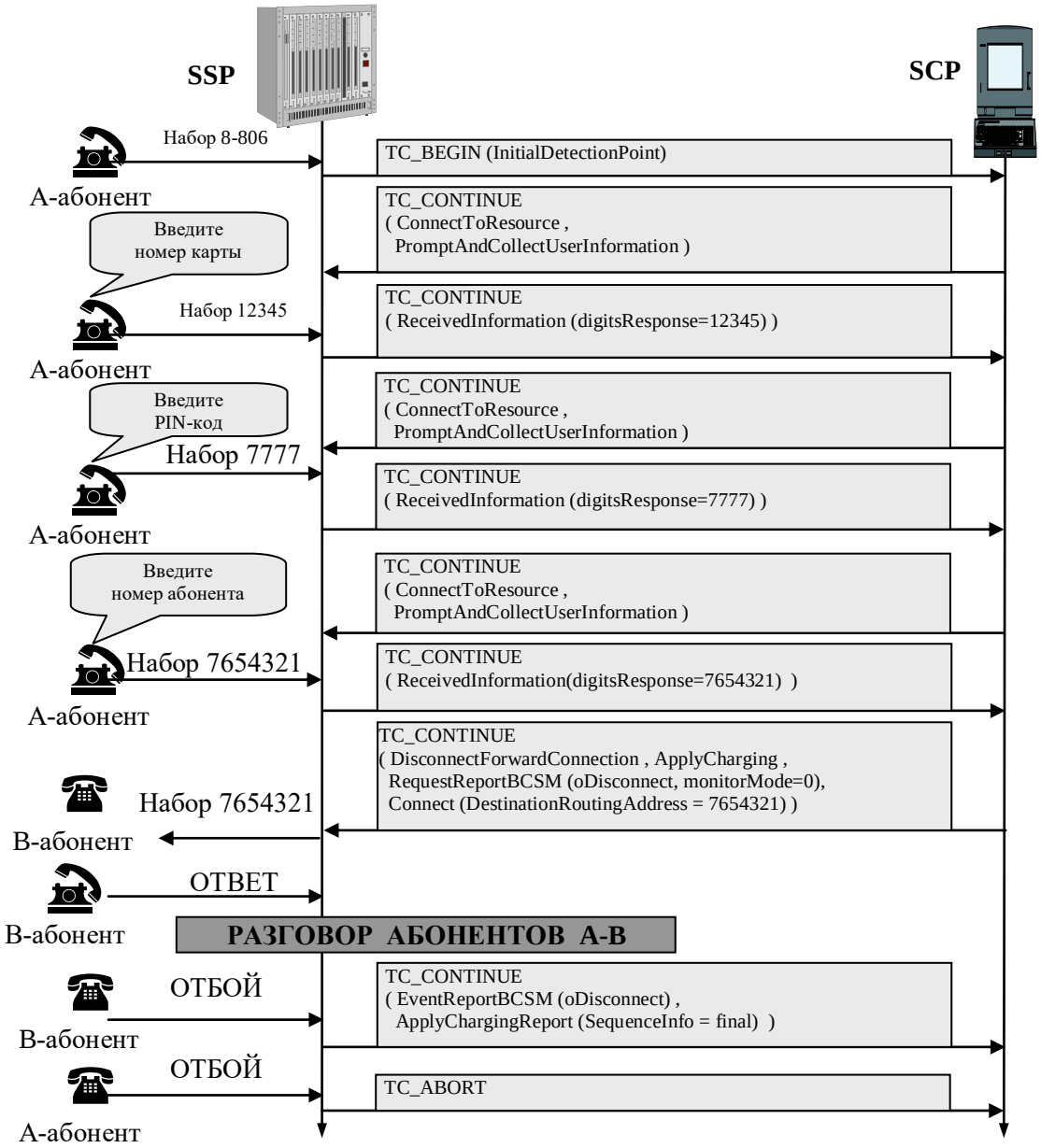

Рис. 1.18. Сценарий реализации услуги PCS

Пользователь набирает префикс выхода на интеллектуальную сеть и код услуги. После этого при помощи голосового сообщения система (SSP) предлагает абоненту набрать номер счета (номер телефонной карты), идентифицировать владельца телефонной карты (набрать PIN-код) и

набрать номер вызываемого абонента. Сеть устанавливает требуемое соединение.

В течение соединения система отслеживает стоимость текущего разговора и вычитает его из счета абонента. По окончании разговора остаток счета продолжает храниться в SCP.

Следует заметить, что услуга “Карта с предоплатой” с появлением мобильных телефонов становится все менее востребованной. Однако в сети связи мобильных абонентов способ расчёта стоимости услуг при помощи интеллектуальной сети является основным.

ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 1.7

1. Назовите состав сетевых элементов интеллектуальной сети.

Ответ. Составными частями интеллектуальной сети являются: узел коммутации услуги (SSP), узел управления услугами (SCP), устройство ввода/снятия/модификации услуг (SMP).

2. Какой элемент сети хранит логику обработки интеллектуальной услуги?

Ответ: Узел управления услугами (SCP).

3. В каком элементе сети производится ввод/отмена/модификация интеллектуальной услуги?

Ответ: В устройстве ввода/снятия/модификации услуг (SMP).

4. В каком элементе сети производится исполнение интеллектуальной услуги?

Ответ: В узел коммутации услуги (SSP).

5. По какому протоколу происходит взаимодействие узла ЦСИО с интеллектуальной сетью?

Ответ. Взаимодействие происходит по специальному протоколу INAP.

6. Какая обычная практика начисления платы за разговор в сети связи стационарных абонентов?

Ответ. Оплату за разговор производит вызывающий абонент (инициатор связи).

7. Почему для оплаты счета местного соединения в стационарной сети связи для квартирного абонента используется локальный учёт стоимости?

Ответ. Потому что начисление счета производится по номеру порта (абонентской линии), который является фиксированным.

8. Почему для оплаты счета в сетях мобильных абонентов используется интеллектуальная сеть?

Ответ. Из-за местоположения абонента в любой точке сети мобильный абонент не идентифицируется по номеру порта.

9. Объясните различие между двумя способами оплаты за услуги связи: prepaid и postpaid.

Ответ. Предоплата (prepaid) предусматривает проверку наличия у абонента достаточных средств для оплаты до реализации услуги. Оплата в

кредит (postpaid) не предусматривает проверку наличия у абонента достаточных средств для оплаты услуги (используется локальный учет стоимости и оплата в конце расчетного периода).

10. Какая интеллектуальная услуга для ЦСИО в настоящий момент наиболее востребована и чем она характерна?

Ответ. Услуга “Бесплатный вызов”, оплату за разговор производит вызываемый абонент.

11. К какой услуге (станционной или сетевой) относится услуга “Побудка по телефону”?

Ответ. К станционной услуге.

12. Как называется первое сообщение, с которого начинается диалог между SSP и SCP?

Ответ. InitialDetectionPoint (IDP).