

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»**

Кафедра инфокоммуникационных систем

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

Архитектура систем коммутации

---

(наименование дисциплины)

основная профессиональная образовательная программа:

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(код и наименование направления подготовки /специальности/)

квалификация бакалавр

профиль

Сети связи и системы коммутации

Санкт-Петербург

2017

## Содержание

Раздел 1. Эволюция топологии сетей связи.....	3
Цели дисциплины и литература.....	3
Архитектура телефонных сетей.....	4
Архитектура IP-телефонии (Softswitch, IMS).....	9
Архитектура сотовых сетей (СПС).....	15
Построение сети доступа.....	16
Раздел 2. Архитектура городской сети с узлообразованием.....	20
Нумерация.....	20
Сельская телефонная сеть (СТС).....	21
Городская телефонная сеть (ГТС).....	21
Примеры построения телефонной сети.....	22
Раздел 3. Архитектура СПС.....	27
Раздел 4. Декомпозиция систем коммутации.....	27
Раздел 5. Сеть NGN.....	27
Раздел 6. Архитектура IMS.....	27
Список используемой в конспекте литературы:.....	27

## Раздел 4. Декомпозиция систем коммутации

Для полноценного разговора о процессе и концепции декомпозиции необходимо разобраться в первых сетях IP-телефонии. Инженеры связи XX века считали сеть IP неподходящей для передачи речи по причине низкого уровня качества обслуживания (QoS). Однако в 1993 году при написании дипломной работы студент Университета Иллинойса (США) Чарли Кляйн создает программный телефон работающий поверх IP-сети - VoIP-SoftPhone. Порядка 1 млн человек скачало результат его работы. По этой причине в 1995 году появился аналогичный телефон Internet Phone (ОС Windows) от компании VocalTec, Израиль. В след за этим VocalTec разрабатывает VoIP-шлюз для преобразования и передачи речи из пакетной сети в сеть с коммутацией каналов. В 1996 году появляются первые наработки протокола сигнализации IP-телефонии H.323 (рис.47), а так же начинается разработка протокола SIP Хенингом Шулзри (Колумбийский университет) и Марком Хэндли (Университетский колледж Лондона). В 1999 году появляется IP-АТС с открытыми кодами — Asterisk (Марк Спенсер), а протокол SIP опубликован в международном документе RFC-2543. В 2001 году начинаются первые поставки IP-АТС в Россию. А в 2002 году SIP указывается основным протокол архитектуры IMS (3GPP).

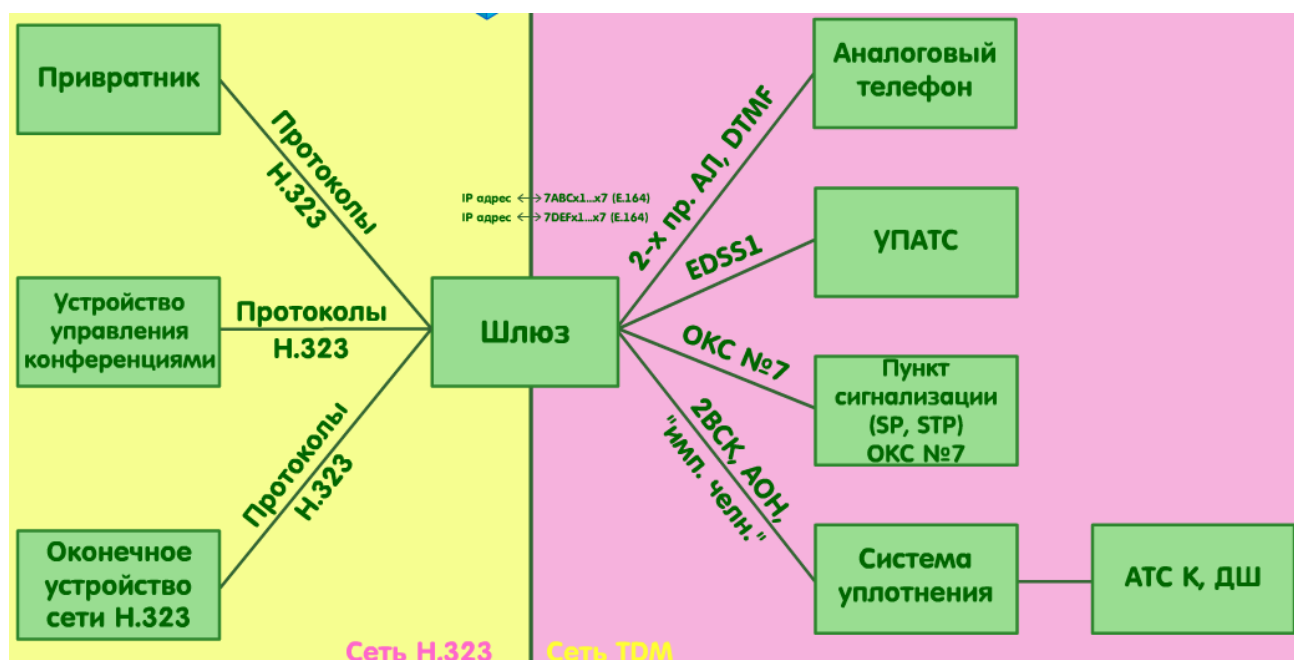


Рис.47. Сеть H.323.

Согласно стандарту H.323 подразумевается помимо телефонных аппаратов H.323, наличие IP-АТС – Привратника (Gatekeeper) и устройства управления конференциями. Для взаимодействия с аналоговой и цифровой сигнализацией, а так же преобразования речи из цифрового в пакетизированный вид применяется шлюз IP-телефонии (рис.47, 48). Роль IP-

телефонного аппарата может выполнять и компьютер с гарнитурой (рис.48, 49), который передает речь в виде пакетов, а шлюз преобразует их в аналоговый или цифровой вид для передачи по сети с коммутацией каналов.

### Сценарий IP телефонии "Компьютер-телефон"

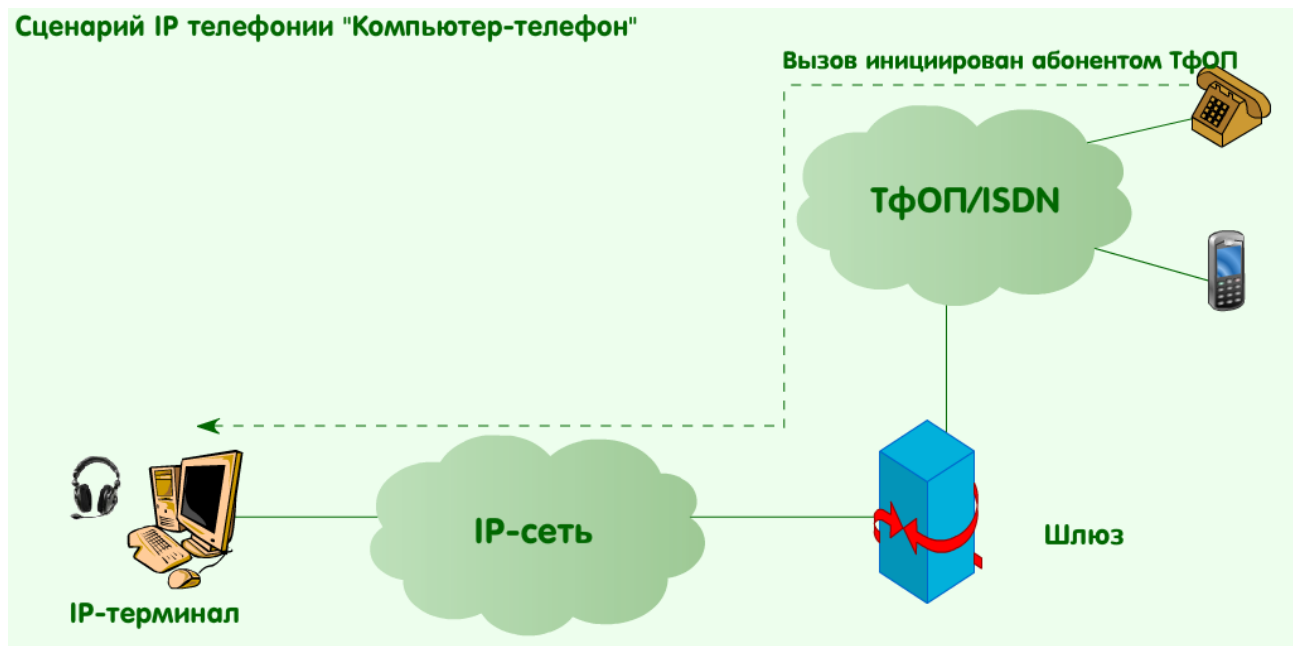


Рис.48. Взаимодействие традиционной телефонии и IP-телефонии.

Согласно документации протокола SIP в сети IP-телефонии применяются аппаратные и программные телефоны, IP-АТС – SIP-сервер (рис.49), и шлюз для доступа к сетям с коммутацией каналов.

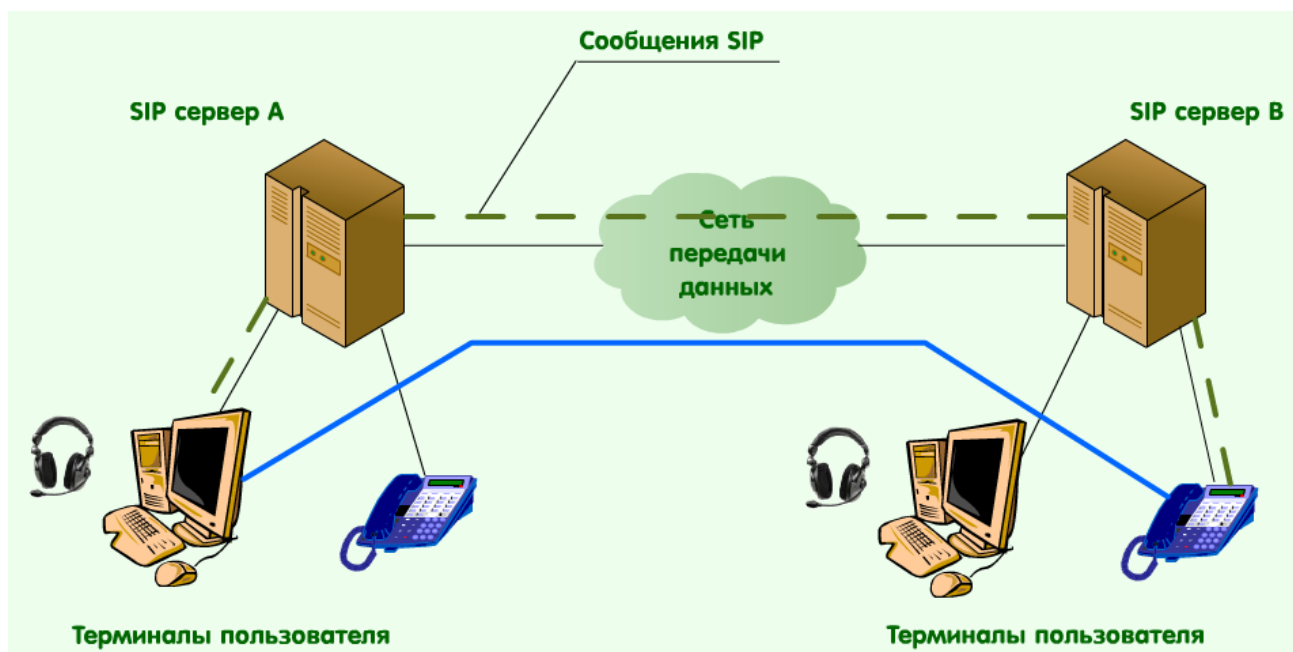


Рис.49. Сеть SIP.

Возможности по организации корпоративной связи с применением IP-телефонии позволяют осуществить подключение удаленного офиса по пакетной сети, подключиться к операторам связи по технологиям коммутации каналов (ТфОП) или коммутации пакетов (VoIP), и подключение сотрудников по сети Интернет, находящихся вне офисов (рис.50).

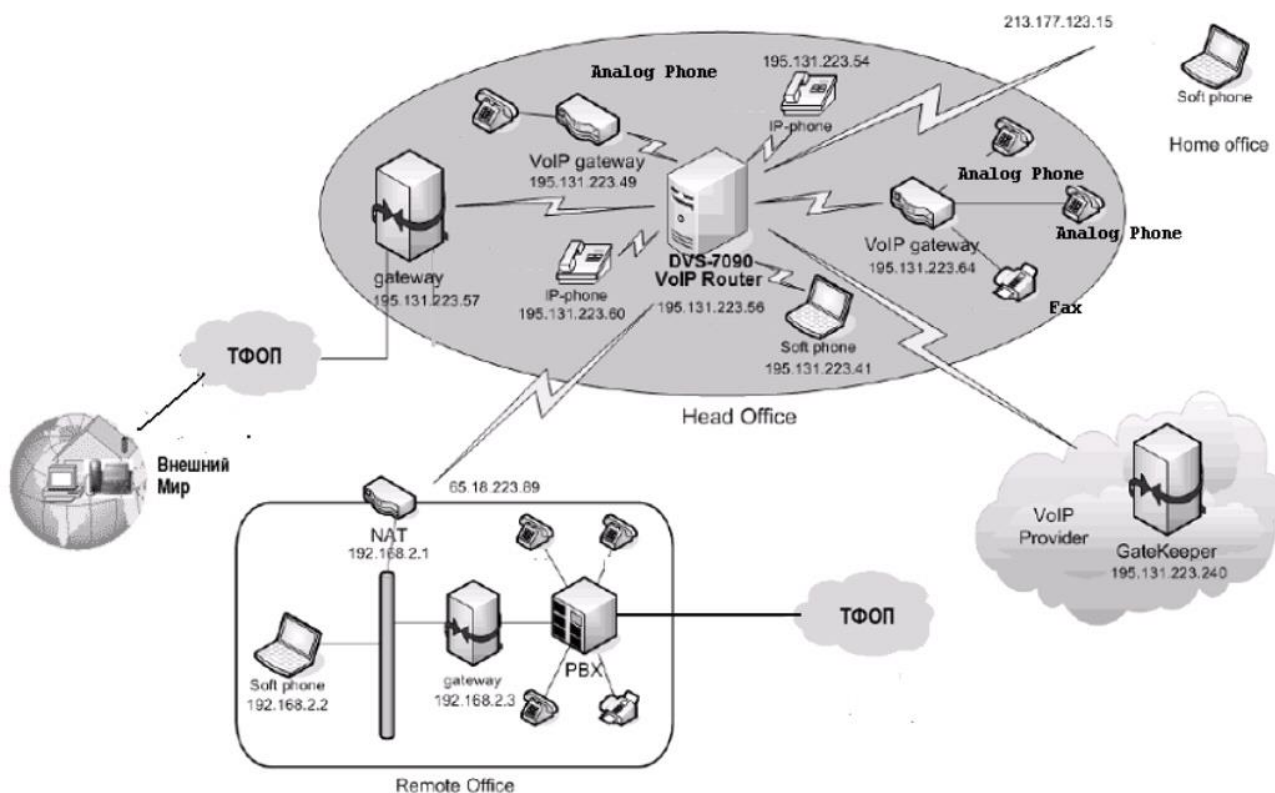


Рис.50. Сеть офисной телефонии.

Шлюзы применяются для подключения IP-АТС к сети коммутации каналов, подключения аналоговых и цифровых телефонов к офисной АТС, для подключения цифровой офисной АТС к IP-АТС и для подключения провайдера VoIP к сети коммутации каналов.

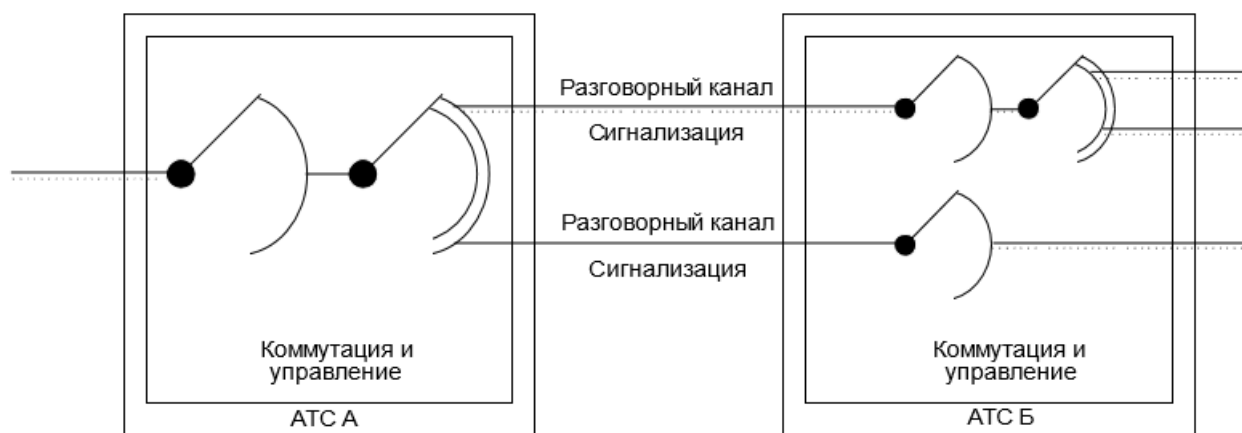


Рис.51. Коммутация и управления в АТС-ДШ.

В АТС-ДШ коммутационный элемент и устройство управления коммутацией находились в одном устройстве – декадно-шаговом искателе, где коммутационным элементом можно назвать щетки искателя, а устройством управления электромагнит переключающий щетку (рис.51). В АТС-КУ коммутационным полем уже можно назвать многократный координатный соединитель (МКС), а устройством управления регистр запоминающий цифры номера абонента и маркер для выбора направления, по которому осуществляется коммутация (рис.52).

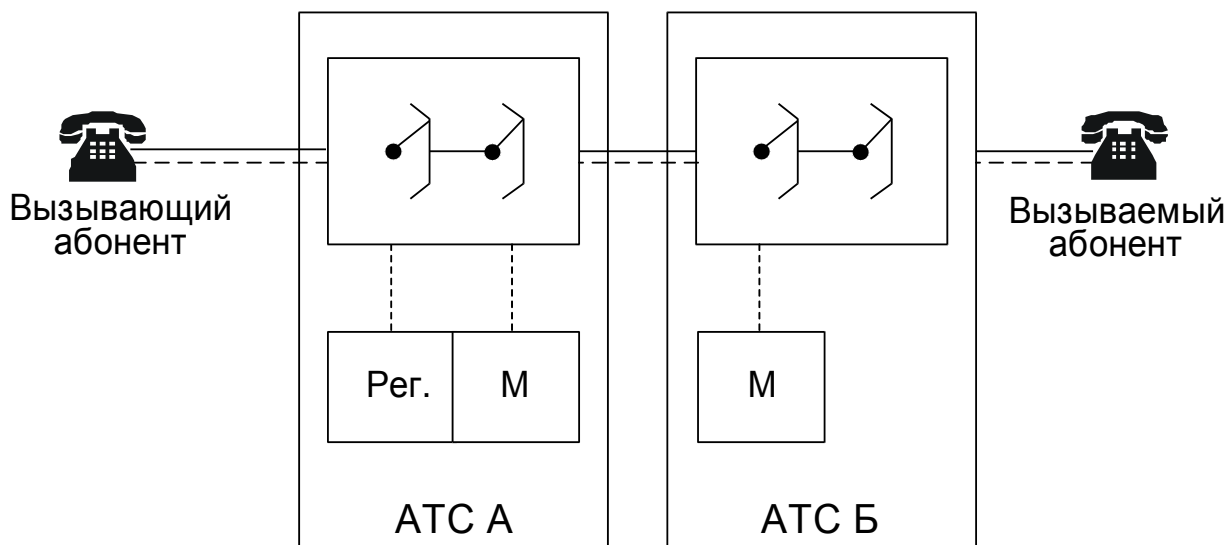


Рис.52. Коммутация и управления в АТС-КУ.

В ЦАТС коммутационное поле состоит из ячеек оперативной памяти и процессора осуществляющего перезапись информации в ячейках, а устройство управление представляет собой сложное программное обеспечение контролирующее работу телефонной станции (рис.53).

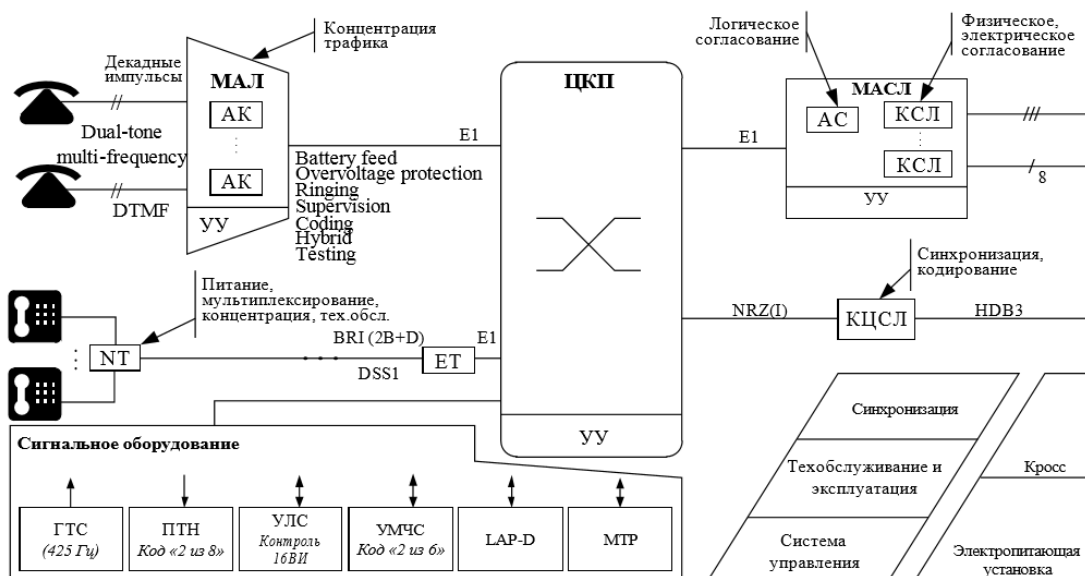


Рис.53. Коммутация и управления в ЦАТС.

АТС с коммутацией каналов состояла из устройств коммутационного поля, устройств управления и устройств, предоставляющих дополнительные виды обслуживания. Суть декомпозиции в вынесение функций устройств в отдельные объекты телефонии взаимодействующие друг с другом. Таким образом IP-АТС уже выполняет только функцию управляющего устройства. Услуги обрабатывают сервера приложений. В качестве коммутационного поля применяются сети IP, построенные на сетевом оборудовании – коммутаторах и маршрутизаторах, а так же шлюзы VoIP (Media Gateway, MG). IP-АТС отвечает за управление процессом коммутации, в том числе за управление шлюзами, для чего включает в себя функцию Media Gateway Controller, MGC (рис.54).

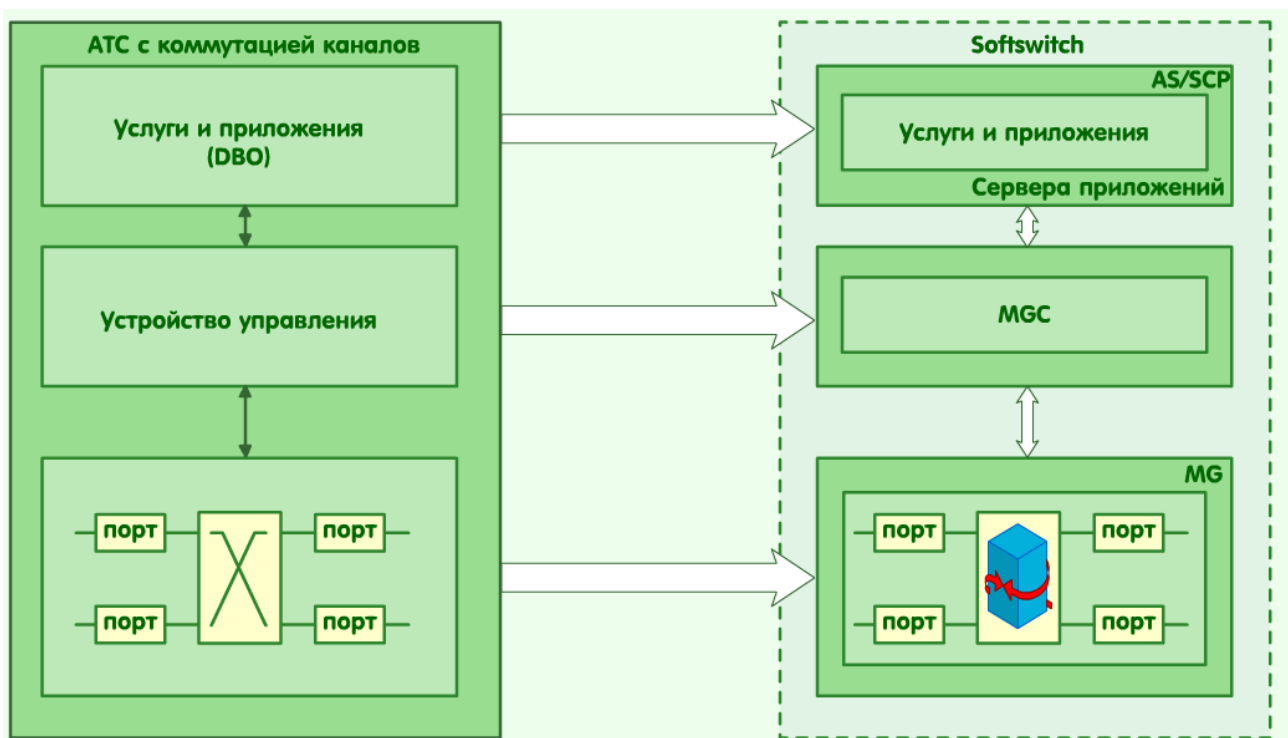


Рис.54. Принцип декомпозиции АТС.

Шлюз должен выполнять три основных функции: осуществлять коммутацию, преобразовывать речь в пакетизированный вид и сигнализацию для передачи по IP сети. MG преобразует речь из вида RTP пакетов в аналоговую речь на частотах до 3,4 кГц либо в цифровую речь передаваемую на скорости 64 кбит/с (рис.55). Сигнализация аналогового и цифрового поколений (аналоговая абонентская, EDSS1, R1.5 и ОКС№7) должна быть передана по IP-сети либо посредством протокола транспортировки Sigtran, либо преобразованная в протоколы VoIP (H.323 или SIP) (рис.56).

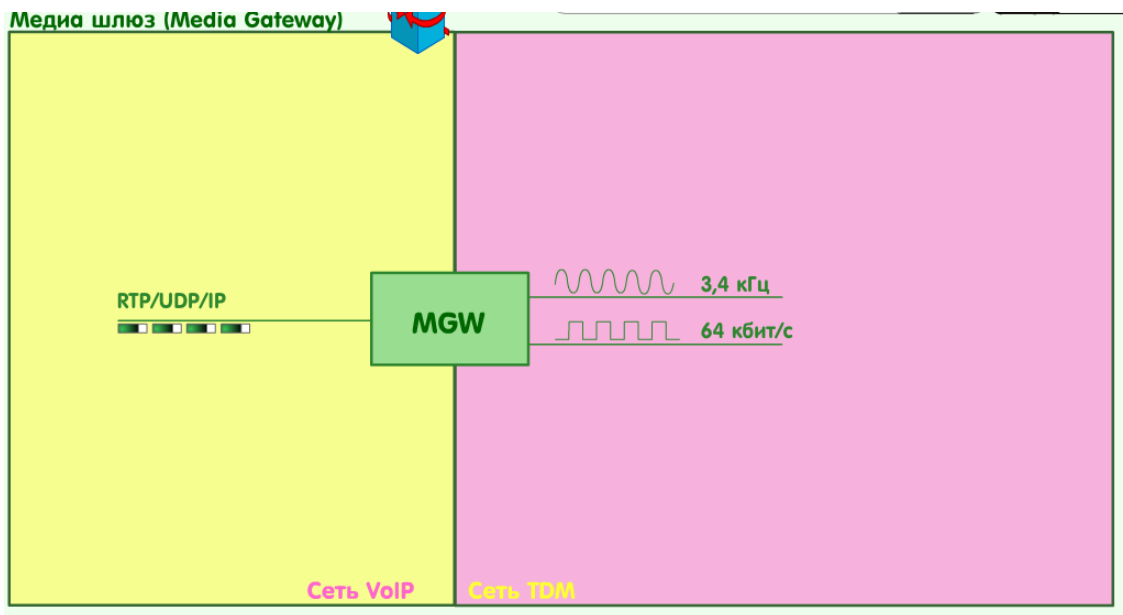


Рис.55. Преобразование речи в шлюзе.

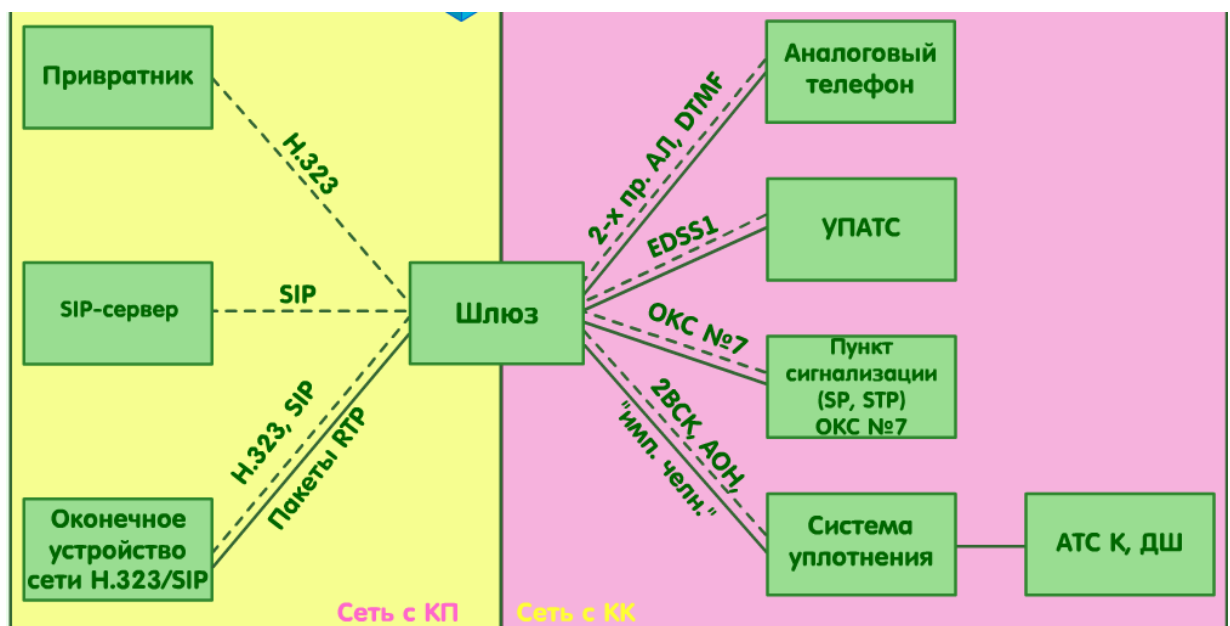


Рис.56. Преобразование сигнализации в шлюзе.

Таким образом, шлюз со стороны IP-сети имеет IP-адрес и номера портов для RTP потоков, а с другой стороны код пункта сигнализации SPC и номер временного канала в цифровой системе передачи для конкретного разговора (рис.57). Шлюз отвечает за кодирование, подавление пауз в речи, компенсацию эха, упаковку речи в пакеты IP/UDP/RTP, устранение джиттера, корректирующие действия при потере пакетов, генерацию комфортного шума. Шлюзы VoIP выпускаются в двух видах форм фактора, как телекоммуникационный сервер (рис.58а, 58б2) или как телекоммуникационная корзина (рис.58б1).



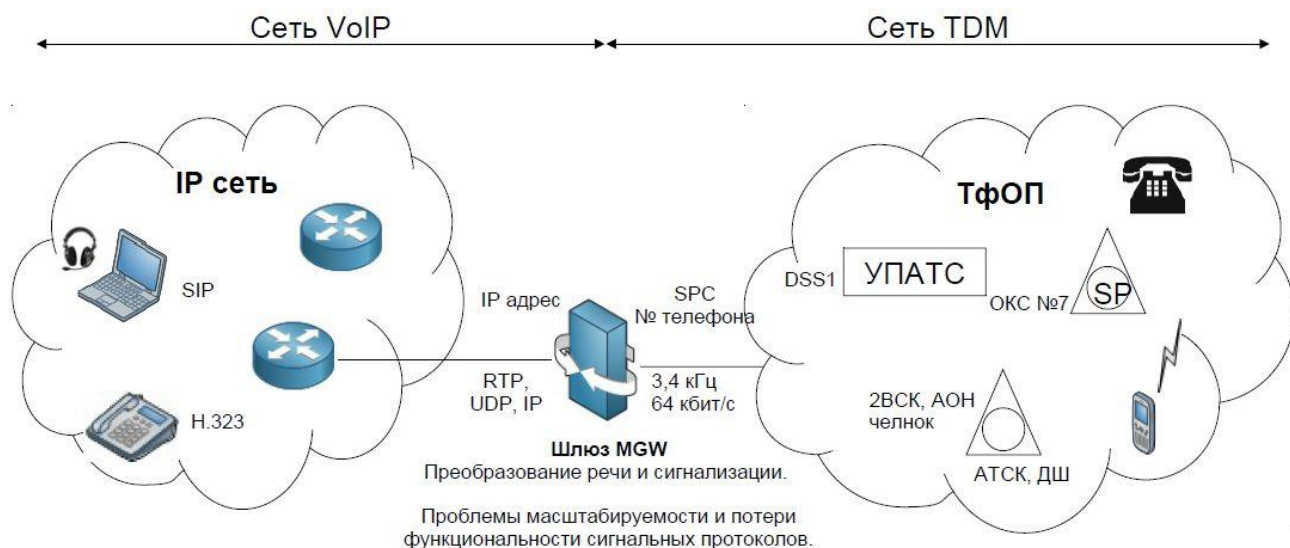
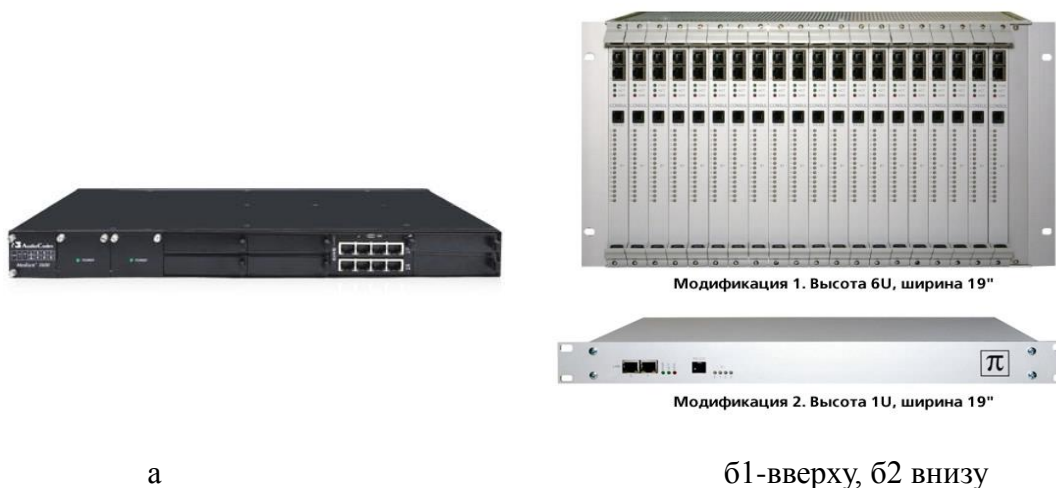


Рис.57. Взаимодействие сетей VoIP и TDM.



а

б1-вверху, б2 внизу

Рис.58. Форм факторы шлюза IP-телефонии.

По мере развития первых сетей IP-телефонии, возникла нужда в универсальном шлюзе который бы не только соединял сеть VoIP с TDM, но и преобразовывал различные протоколы сигнализации в IP-сети: например, H.323 и SIP. Такой универсальный шлюз становился исключительно дорогим устройством (рис.59). Поэтому вначале появились IP-АТС поддерживающие сразу оба протокола сигнализации VoIP, исключая потребность в дорогом шлюзе. Была разработана концепция программного коммутатора (Softswitch), в которой определялась поддержка IP-АТС нескольких протоколов. И появилась концепция декомпозиции шлюза, с целью его удешевления. Универсальный шлюза разделялся на отдельные устройства для преобразования сигнализации (Signalling Gateway, SG), преобразования речи (MG) и управления шлюзами (MGC) (рис.60). Например, мог применяться один сигнальный шлюз совместно с десятком медиа шлюзов, что становилось значительно выгоднее, чем приобретение множества универсальных шлюзов.

По мере развития первых сетей IP-телефонии (на базе протоколов стандарта H.323, протокола SIP) стали проявляться присущие им недостатки и ограничения:

- шлюз, осуществляющий взаимодействие между сетями разных стандартов (стандарта H.323, протокола SIP) и технологий (технология коммутации каналов и коммутации пакетов), обрабатывает сигнализацию, выполняет управление обслуживанием вызова и транскодирование транспортных потоков в едином блоке, что создает, например, проблему масштабируемости при росте трафика;
- H.323 не обеспечивает подключения к сети ОКС7 без конвертации протоколов, что препятствует его «бесшовной» интеграции с существующей телефонной сетью общего пользования с коммутацией каналов.

Для того чтобы справиться с этими проблемами, была разработана концепция декомпозиции шлюза.

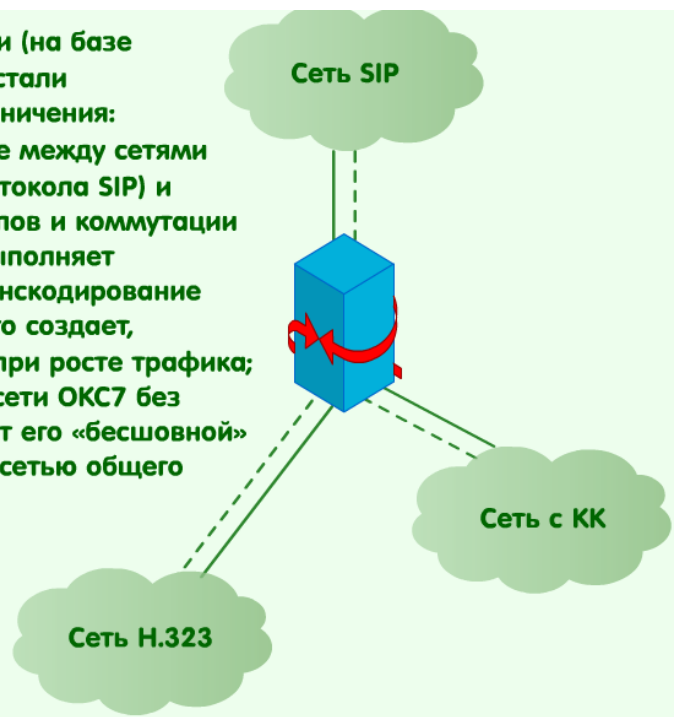


Рис.59. Шлюз первых сетей VoIP.

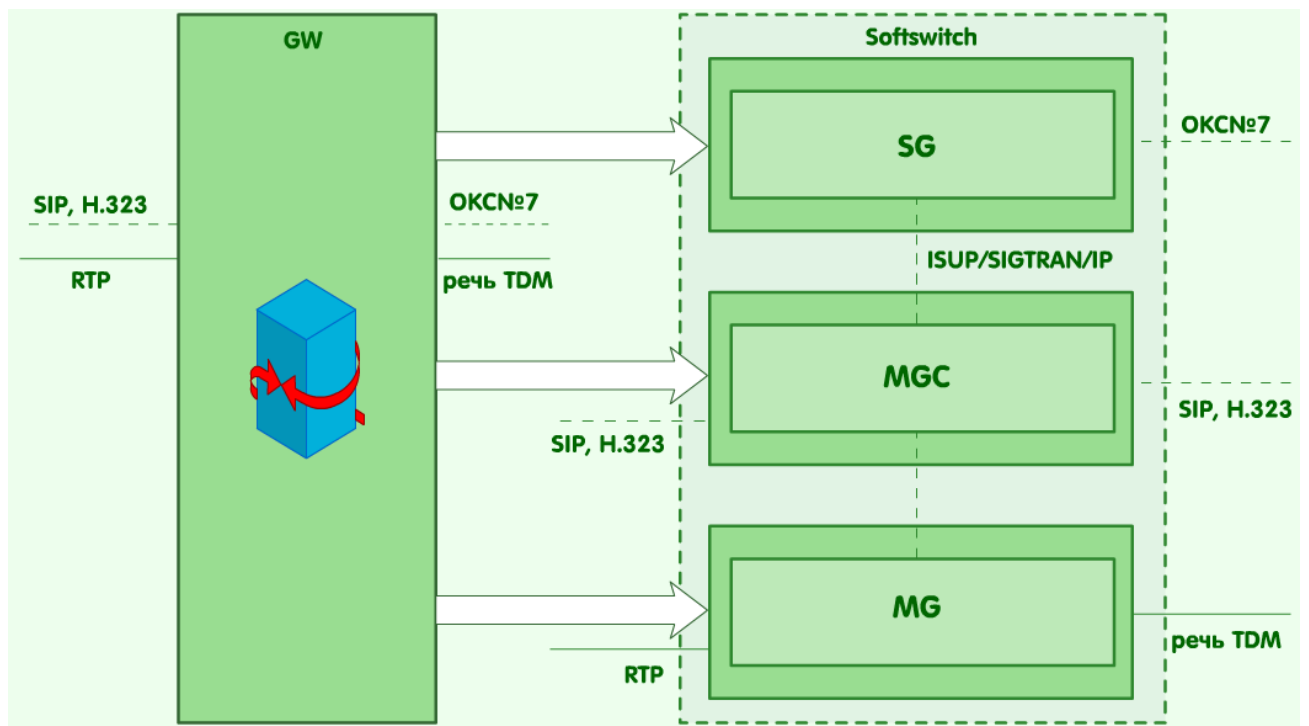


Рис.60. Принцип декомпозиции шлюза.

Каждое из устройств полученных при декомпозиции шлюза, получило от него конкретные функции. Поэтому для каждого устройства определен набор функциональных элементов (F). SG содержит окончание переноса сигналов сети TDM. MG имеет функциональные элементы управления ресурсами низкого уровня и мультимедийное окончание сети IP и сети TDM. В MGC применяются окончание сигнализации верхних

уровней сети TDM, управление ресурсами высокого уровня, окончание сигнализации H.323 и окончание сигнализации SIP (рис.61).

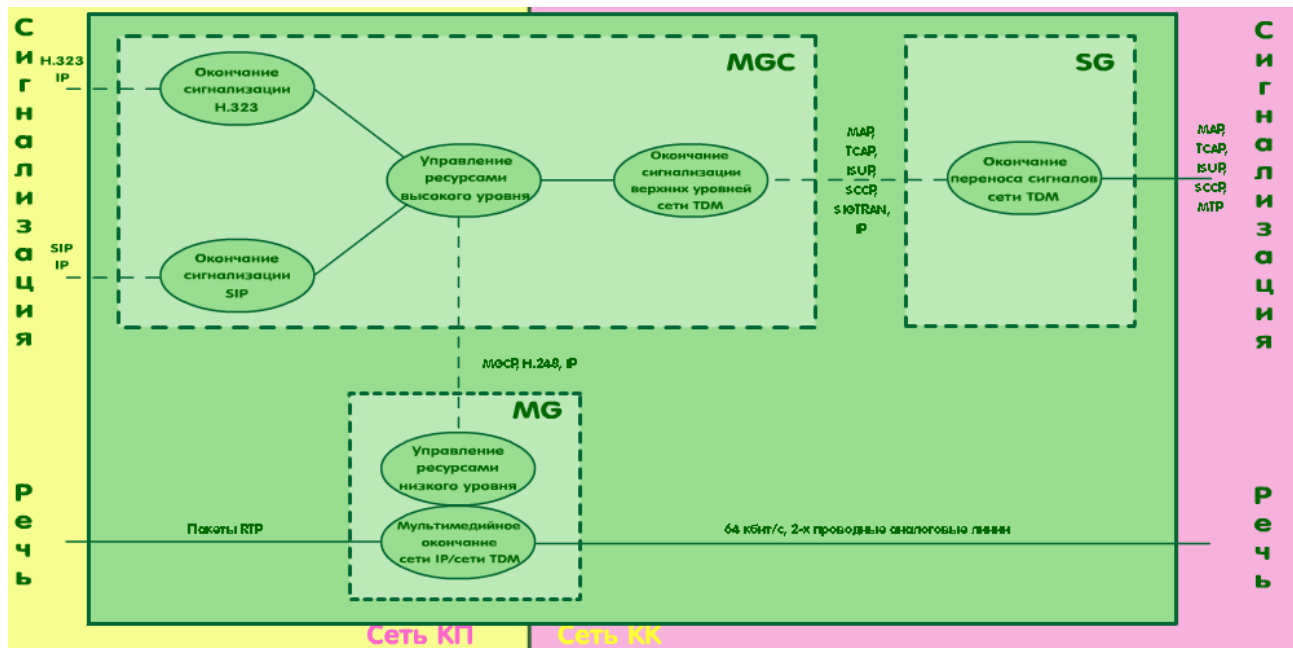


Рис.61. Функциональные элементы MG, SG и MGC.

При разработке документов по протоколам VoIP было определено более 5 видов медиа шлюзов (MG). TG – транспортный шлюз для подключения оператора связи VoIP к оператору связи TDM. AG – шлюз доступа для подключения аналоговых или цифровых абонентов в Softswitch. BG – деловой шлюз для подключения УПАТС. RG – резидентский шлюз для подключения модемов (например, xDSL). VoATMG – шлюз ATM для подключения магистральных ATM сетей (рис.62).

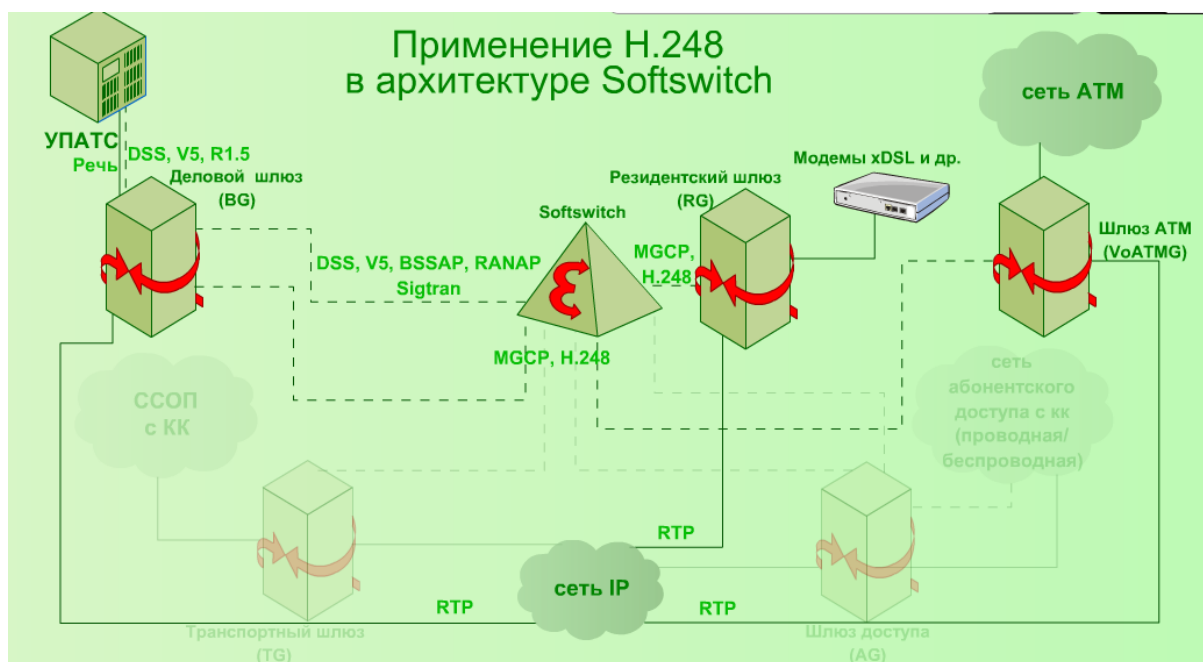


Рис.62. Типы медиа шлюзов.

Принцип декомпозиции применялся и для пограничных контроллеров сессий (Session Border Controller, SBC), защищающих сеть VoIP оператора связи и фиксирующих обмен трафика с другими операторами связи. Так SBC разделялся на SBC media и SBC signaling, с целью оптимизации и плавного наращивания требуемой мощности оборудования. Медиа занимался фиксированием проходящего объема трафика, а сигнальный контроллер сессий фиксировал момент установления и разрушения соединений, а так же скрывал внутреннюю топологию сети оператора связи (рис.63).

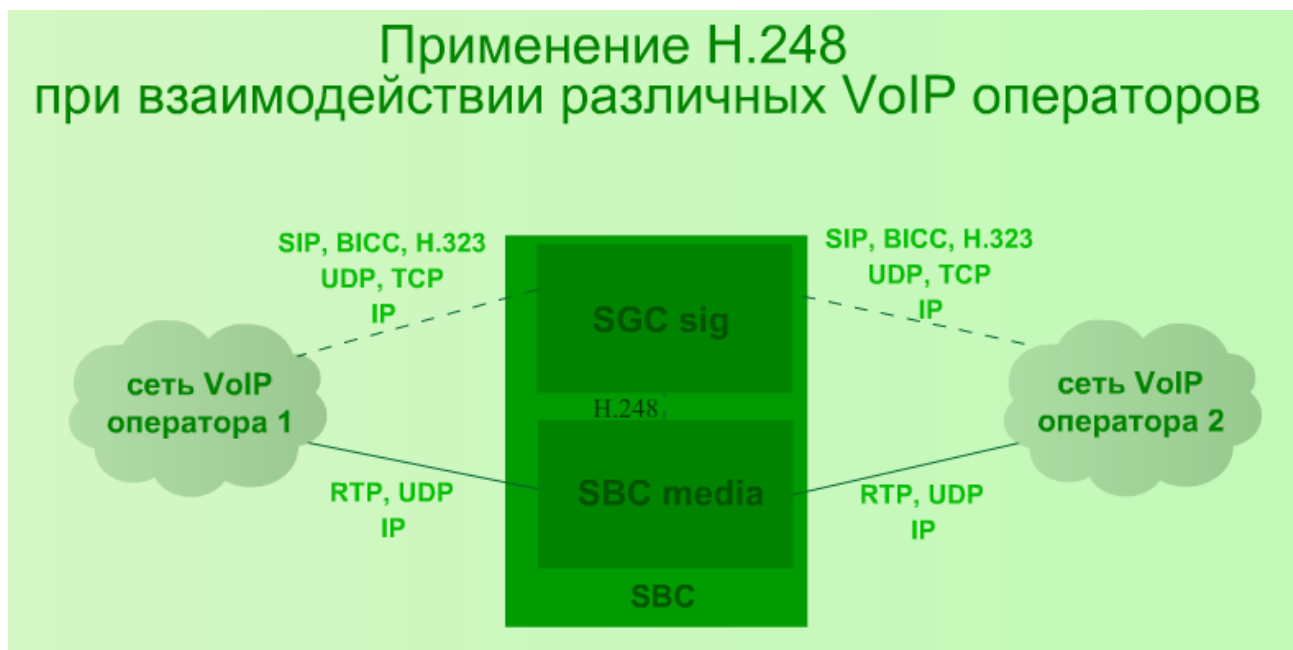


Рис.63. Принцип декомпозиции SBC.