

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 12.09.2024 23:26:07  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d69e3f1c11eabb175e943d14a4851fda56d069

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»

Кафедра космического приборостроения и систем связи



## ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

Методические указания по выполнению лабораторных работ  
для студентов направления подготовки 11.03.02  
Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
по дисциплине «Основы построения инфокоммуникационных  
систем и сетей»

Курск 2024

УДК 004.7

Составитель: А.В. Хмелевская

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры *И. Г. Бабанин*

**Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей:** методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи по дисциплине «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей» / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост.: А.В. Хмелевская. – Курск, 2024. – 98 с.

Методические указания содержат сведения о технике безопасности на рабочем месте, порядке выполнения лабораторных работ, рекомендации по подготовке, оформлению и защите лабораторных работ, а также критерии оценивания защиты отчета.

Предназначены для студентов направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи по дисциплине «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей» .

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 16.05.2024. Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л.5,70. Уч.- изд. л.5,16. Тираж 100 экз. Заказ 383. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Содержание

Инструкция по технике безопасности

Лабораторная работа №1 «Расчет объема оборудования шлюзов сети NGN»

Лабораторная работа №2 «Расчет объема оборудования гибкого коммутатора(Softswitch) сети NGN»

Лабораторная работа №3 «Построение сигнальных диаграмм соединений в сети NGN на базе протокола SIP»

Лабораторная работа №4 «Разработка схем взаимодействия традиционных телефонных сетей и сетей NGN»

Лабораторная работа №5 «Расчет сигнальной нагрузки протокола SIP в сети IMS»

Форма отчета обучающегося о выполняемой лабораторной работе

Шкала оценивания и критерии оценивания выполненной лабораторной работы

Заключение

# ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

## *Общие положения*

Настоящая инструкция предназначена для студентов и работников, выполняющих работы на персональном компьютере и на сетевом оборудовании (коммутаторы, маршрутизаторы, межсетевые экраны и т.д.).

К выполнению работ допускаются лица:

- не моложе 16 лет;
- прошедшие медицинский осмотр;
- прошедшие вводный инструктаж по охране труда, а также инструктаж по охране труда на рабочем месте;
- прошедшие обучение безопасным приемам труда на рабочем месте по выполняемой работе.

Работник обязан:

- выполнять правила внутреннего трудового распорядка, установленные в положениях и инструкциях, утвержденных ректором ЮЗГУ, или его заместителями;
- выполнять требования настоящей инструкции;
- сообщать руководителю работ о неисправностях, при которых невозможно безопасное производство работ;
- не допускать присутствия на рабочем месте посторонних лиц;
- уметь оказывать первую помощь и при необходимости оказывать ее пострадавшим при несчастных случаях на производстве, по возможности сохранив обстановку на месте происшествия без изменения и сообщив о случившемся руководителю;
- выполнять требования противопожарной безопасности не разводить открытый огонь без специального на то разрешения руководителя работ;
- периодически проходить медицинский осмотр в сроки, предусмотренные для данной профессии.

Работник должен знать опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на данном рабочем месте:

- возможность травмирования электрическим током при отсутствии или неисправности заземляющих устройств;
- вредное воздействие монитора компьютера при его неправильной установке или неисправности;

- возможность возникновения заболеваний при неправильном расположении монитора, клавиатуры, стула и стола;
- вредное воздействие паров, газов и аэрозолей, выделяющихся при работе копировальной и печатающей оргтехники в непроветриваемых помещениях.

Работник при выполнении любой работы должен обладать здоровым чувством опасности и руководствоваться здравым смыслом. При отсутствии данных качеств он к самостоятельной работе не допускается.

### ***Требования охраны труда перед началом работы***

Перед началом работы работник обязан:

- получить от руководителя работ инструктаж о безопасных методах, приемах и последовательности выполнения производственного задания;
- привести в порядок одежду, застегнуть на все пуговицы, чтобы не было свисающих концов, уложить волосы, чтобы они не закрывали лицо и глаза;
- привести рабочее место в безопасное состояние;
- запрещается носить обувь на чрезмерно высоких каблуках;

Перед включением компьютера или сетевого оборудования убедиться в исправности электрических проводов, штепсельных вилок и розеток. Вилки и розетки должны соответствовать Евростандарту. Отличительной особенностью этих вилок и розеток является наличие третьего провода, обеспечивающего заземление компьютера или другого прибора. При отсутствии третьего заземляющего провода заземление должно быть выполнено обычным способом с применением заземляющего проводника и контура заземления;

Убедиться, что корпус включаемого оборудования не поврежден, что на нем не находятся предметы, бумага и т.п. Вентиляционные отверстия в корпусе включаемого оборудования не должны быть закрыты занавесками, завалены бумагой, заклеены липкой лентой или перекрыты каким-либо другим способом.

## ***Требования охраны труда во время работы***

Запрещается во время работы пить какие-либо напитки, принимать пищу;

Запрещается ставить на рабочий стол любые жидкости в любой таре (упаковке или в чашках);

Помещения для эксплуатации компьютеров, сетевого оборудования должны иметь естественное и искусственное освещение, естественную вентиляцию и соответствовать требованиям действующих норм и правил. Запрещается размещать рабочие места вблизи силовых электрических кабелей и вводов трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе и отрицательно влияющие на здоровье операторов;

Окна в помещениях, где установлены компьютеры должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы оборудуются регулируемыми устройствами типа жалюзи или занавесками;

Площадь на одно рабочее место пользователей компьютера должна составлять не менее  $6 \text{ м}^2$  при рядном и центральном расположении, при расположении по периметру помещения –  $4 \text{ м}^2$ . При использовании компьютера без вспомогательных устройств (принтер, сканер и т.п.) с продолжительностью работы менее четырех часов в день допускается минимальная площадь на одно рабочее место  $5 \text{ м}^2$ ;

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещений с ПК, должны подвергаться санитарно-эпидемиологической экспертизе. Поверхность пола должна обладать антистатическими свойствами, быть ровной. В помещениях ежедневно проводится влажная уборка. Запрещается использование удлинителей, фильтров, тройников и т.п., не имеющих специальных заземляющих контактов;

Экран видеомонитора должен находиться от глаз оператора на расстоянии 600-700 мм, минимально допустимое расстояние 500 мм;

Продолжительность непрерывной работы с ПК должна быть не более 2 часов.

## ***Требования охраны труда по окончании работы***

По окончании работы работник обязан выполнить следующее:

- привести в порядок рабочее место;
- убрать инструмент и приспособления в специально отведенные для него места хранения;
- обо всех замеченных неисправностях и отклонениях от нормального состояния сообщить руководителю работ;
- привести рабочее место в соответствие с требованиями пожарной безопасности.

## ***Действие при аварии, пожаре, травме***

В случае возникновения аварии или ситуации, в которой возможно возникновение аварии немедленно прекратить работу, предпринять меры к собственной безопасности и безопасности других рабочих, сообщить о случившемся руководителю работ.

В случае возникновения пожара немедленно прекратить работу, сообщить в пожарную часть по телефону 01, своему руководителю работ и приступить к тушению огня имеющимися средствами.

В случае получения травмы обратиться в медпункт, сохранить по возможности место травмирования в том состоянии, в котором оно было на момент травмирования, доложить своему руководителю работ лично или через товарищей по работе.

## ***Ответственность за нарушение инструкции***

Каждый работник ЮЗГУ в зависимости от тяжести последствий несет дисциплинарную, административную или уголовную ответственность за несоблюдение настоящей инструкции, а также прочих положений и инструкций, утвержденных ректором ЮЗГУ или его заместителями.

Руководители подразделений, заведующий кафедрой, начальники отделов и служб несут ответственность за действия своих подчиненных, которые привели или могли привести к авариям и травмам согласно действующему в РФ законодательству в зависимости от тяжести последствий в дисциплинарном, административном или уголовном порядке.

Администрация ЮЗГУ вправе взыскать с виновных убытки, понесенные предприятием в результате ликвидации аварии, при возмещении ущерба работникам по временной или постоянной утрате трудоспособности в соответствии с действующим законодательством.

## **Лабораторная работа №1 «Расчет объема оборудования шлюзов сети NGN»**

**Цель занятия:** изучение методики и получение практических навыков расчетов объема оборудования доступа, используемых в сетях связи следующего поколения NGN.

### **Задачи занятия:**

1. Рассчитать параметры заданных шлюзов.
2. Изобразить проектируемую сеть доступа сети NGN с указанием путей и протоколов передачи сигнальных и медиапотоков.

### **Планируемые результаты обучения:**

- формирование знаний о сетях доступа NGN;
- формирование навыков расчета оборудования шлюзов доступа и оборудования транспортных шлюзов.

### **Материально-техническое оборудование и материалы:**

- 1) Персональный компьютер с операционной системой;
- 2) Табличный редактор Microsoft Excel.

### **План проведения лабораторного занятия**

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

- 1) Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи. [Текст]/ Б. С. Гольдштейн, Н. А. Соколов, Г. Г. Яновский – СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 302 с.
- 2) Росляков А. В. Сети следующего поколения. Часть II [Текст]/ А. В. Росляков – Самара.: ПГАТИ, 2008. – 148 с.
- 3) Росляков А. В. Основы IP-телефонии. Учебное пособие [Текст]/ А. В. Росляков – М.: ИРИАС, 2007. – 88 с.

4) Росляков А. В. Система общеканальной сигнализации ОКС№7. Учебное пособие [Текст]/ А. В. Росляков – М.: ИРИАС, 2007. – 68 с

5) Семенов Ю. В. Проектирование сетей связи следующего поколения. [Текст]/ Ю. В. Семенов – СПб.: Наука и техника, 2005 – 183 с.

*Краткая теоретическая справка для самостоятельной подготовки к лабораторному занятию:*

### **Сети доступа NGN**

NGN (сети следующего/нового поколения) – мультисервисные сети связи, ядром которых являются опорные IP-сети, поддерживающие полную или частичную интеграцию услуг передачи речи, данных и мультимедиа. Реализует принцип конвергенции услуг электросвязи.

Основное отличие сетей следующего поколения от традиционных сетей в том, что вся информация, циркулирующая в сети, разбита на две составляющие: сигнальная информация, обеспечивающая коммутацию абонентов и предоставление услуг; и непосредственно пользовательские данные, содержащие полезную нагрузку, предназначенную абоненту (голос, видео, данные). Пути прохождения сигнальных сообщений и пользовательской нагрузки могут не совпадать.

Сети NGN базируются на интернет-технологиях, включающих в себя протокол IP и технологию MPLS. На сегодняшний день разработано несколько подходов к построению сетей IP-телефонии, предложенных организациями ITU-T и IETF: H.323, SIP и MGCP.

### **Состав оборудования сети доступа**

Для подключения различных пользователей к сети NGN на уровне сети доступа используются два типа оборудования:

– медиашлюзы – для подключения линий и терминального оборудования пользователей, не работающего с пакетными технологиями; основное назначение медиашлюзов – преобразование пользовательской и сигнальной информации в пакетный вид на базе стека протоколов TCP/IP, пригодный для передачи в транспортной сети NGN.

– пакетные коммутаторы/маршрутизаторы – для подключения линий и оконечного оборудования пользователей, работающего с пакетными технологиями на базе стека протоколов TCP/IP.

Различают несколько видов медиашлюзов в зависимости от типа подключаемых линий и терминального оборудования пользователей:

– резидентный шлюз доступа RAGW (Resident Access Gateway) – для непосредственного включения абонентских линий, например аналоговых телефонных линий, к которым могут подключаться терминалы телефонной сети связи общего пользования (ССОП), такие как традиционные телефонные аппараты, аналоговые модемы, факсимильные аппараты, модемы xDSL и цифровых абонентских линий ISDN, к которым подключается терминальное оборудование базового доступа BRA (2B+D), например, цифровые телефонные аппараты ISDN, видеотелефоны и др.;

– шлюз доступа AGW (Access Gateway) – предназначен для включения сетей доступа AN (Access Network) через интерфейс V5.2, который может включать от 2 до 16 первичных потоков E1, т.е.  $n \times E1$ , где  $n=2 \div 16$  или УПАТС через интерфейс первичного доступа PRA сети ISDN (30B+D);

– транзитный (транкинговый) шлюз TG (Trunk Gateway) – для включения соединительных линий от существующих телефонных станций для сопряжения с сетью NGN по первичным потокам E1 с сигнализацией ОКС№7 для подключения цифровых АТС и R1,5 (2ВСК+МЧК) для подключения координатных АТС.

Часто конструктивно резидентный шлюз и шлюз доступа реализуются в виде единого мультисервисного узла доступа MSAN (Multi-Service Access Node). В состав такого MSAN обязательно входит пакетный коммутатор Ethernet, в который включаются непосредственно все источники нагрузки, работающие по пакетным технологиям: локальные вычислительные сети LAN и мультимедийные терминалы на базе протоколов SIP, H.323 (рисунок 1).

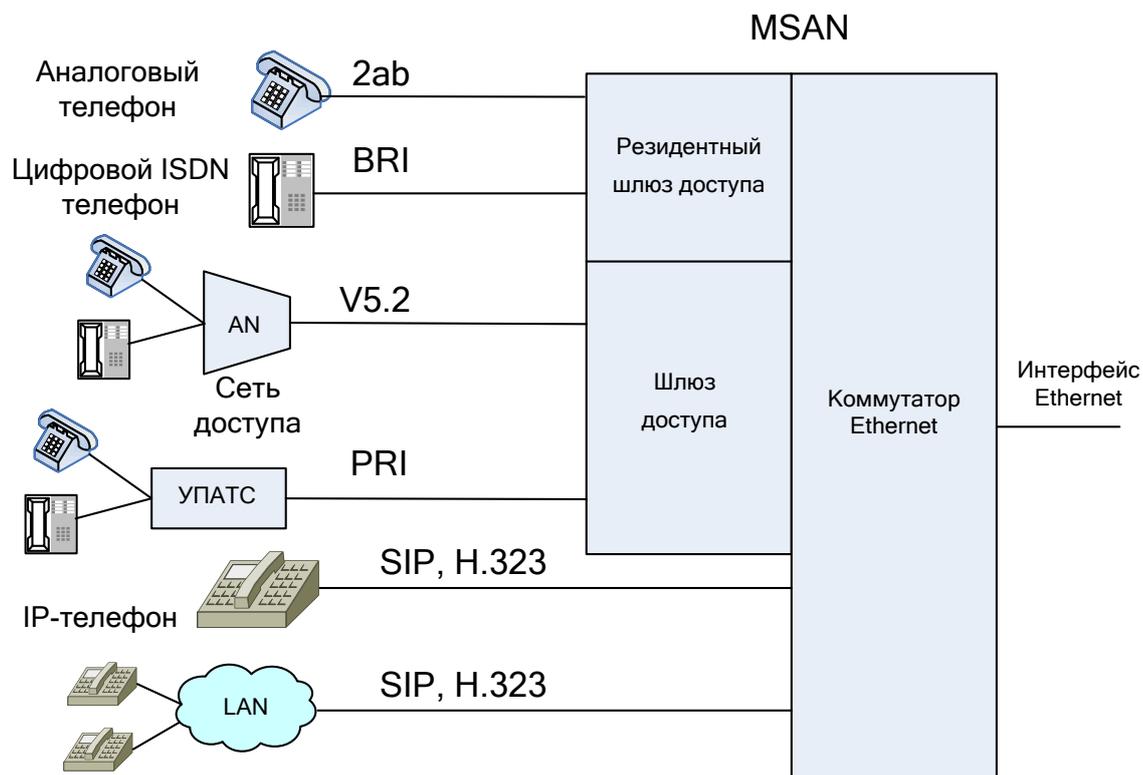


Рисунок 1 – Структура мультисервисного узла доступа MSAN  
**Исходные данные для расчета оборудования доступа**

Исходными данными проектирования сети доступа NGN являются:

1. Количество источников нагрузки различных типов, подключение которых планируется реализовать при формировании сети доступа. К источникам нагрузки относятся:

- абоненты, использующие подключение по аналоговым абонентским линиям и подключаемые в резидентный шлюз доступа (RAGW);

- абоненты, использующие подключение через базовый доступ ISDN BRI и подключаемые в RAGW;

- абоненты, использующие пакетные терминалы SIP и подключаемые в пакетную сеть на уровне коммутатора Ethernet шлюза доступа AGW;

- абоненты, использующие пакетные терминалы H.323 и подключаемые в пакетную сеть на уровне коммутатора Ethernet шлюза доступа AGW;

- локальные вычислительные сети, осуществляющие подключение абонентов с терминалами SIP и H.323 и подключаемые в пакетную сеть на уровне коммутатора Ethernet шлюза доступа AGW;

- УПАТС, использующие внешний интерфейс ISDN-PRA и подключаемые в пакетную сеть через шлюз доступа AGW;
- оборудование сети доступа с интерфейсом V5, подключаемое в пакетную сеть через шлюз доступа AGW;
- АТС телефонной сети, подключаемые к транзитному шлюзу.

2. Удельные нагрузки от перечисленных выше источников сетей с коммутацией каналов.

3. Удельные параметры передачи терминального оборудования пакетных сетей и удельные нагрузки, приведенные к параметрам передачи.

Типы кодеков в планируемом к внедрению оборудовании шлюзов.

### ***Алгоритм проведения эксперимента:***

#### ***Часть 1. Расчет оборудования шлюзов доступа***

Число абонентских шлюзов определяется исходя из параметров критичности длины абонентской линии, расчетного значения предполагаемой нагрузки, топологии первичной сети (если таковая уже существует), наличия помещений для установки, технологических показателей типов оборудования, предполагаемого к использованию.

Исходя из критерия критичности длины абонентской линии, зона обслуживания резидентного шлюза доступа должна создаваться таким образом, чтобы максимальная длина абонентской линии не превышала 3-4 км. Если шлюз производит подключение оборудования сети доступа интерфейса V5, LAN либо УПАТС, то зона обслуживания шлюза включает в себя и зоны обслуживания подключаемых объектов.

Исходя из зоны обслуживания определяются емкостные показатели шлюза, которые отражают общее количество абонентов и емкости каждого из типов подключений.

Введем следующие переменные:

$N_{SH}$  – число абонентов с терминалами SIP/H.323, использующих подключение по Ethernet-интерфейсу на уровне коммутатора Ethernet шлюза доступа;

$N_{LAN}$  – число LAN, подключаемых к Ethernet-коммутатору на уровне шлюза доступа;

$M_{i\_LAN}$  – число абонентов речевых услуг, подключаемых к  $i$ -ой LAN, где  $i$  – номер LAN;

$N_{V5}$  – число сетей доступа интерфейса V5, подключаемых к шлюзу доступа;

$M_{j\_V5}$  – число пользовательских каналов в  $j$ -ом интерфейсе V5, где  $j$  – номер сети доступа;

$N_{УПАТС}$  – число УПАТС, подключаемых к шлюзу доступа;

$M_{k\_УПАТС}$  – число пользовательских каналов в интерфейсе подключения PRI $k$ -ой УПАТС, где  $k$  – номер УПАТС.

Рассчитаем нагрузки, поступающие на каждый вид шлюзов.

1. Общая нагрузка, поступающая на резидентный шлюз доступа RAGW, обеспечивающий подключение аналоговых абонентов ССОП и абонентов базового доступа ISDN, равна:

$$Y_{RAGW} = Y_{CCOП} + Y_{ISDN} = y_{CCOП} \cdot N_{CCOП} + y_{ISDN} \cdot N_{ISDN}, \text{ Эрл} \quad (1)$$

где  $Y_{CCOП}$  – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов ССОП;

$Y_{ISDN}$  – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов ISDN;

$y_{CCOП}$  – удельная нагрузка на одного абонента ССОП, равна 0,1 Эрл;

$y_{ISDN}$  – удельная нагрузка на одного абонента ISDN, равна 0,2 Эрл;

$N_{CCOП}$  – число абонентов, использующих подключение по аналоговой абонентской линии к ССОП;

$N_{ISDN}$  – число абонентов, использующих подключение по базовому доступу ISDN.

2. Общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа AG, обеспечивающий подключение сетей доступа СД через интерфейс V5 и УПАТС через интерфейс первичного доступа PRI, равна:

$$Y_{AGW} = \sum_{j=1}^J y_{V5} M_{j\_V5} + \sum_{k=1}^K y_{УПАТС} M_{k\_УПАТС}, \text{ Эрл} \quad (2)$$

$y_{V5}$  – удельная нагрузка на один канал интерфейса V5.2, равная 0,7 Эрл;

$M_{j\_V5}$  – число каналов в интерфейсе V5.2 для подключения  $j$ -ой сети доступа (следует учитывать, что задано число первичных потоков E1 для подключения сетей доступа, которое необходимо пересчитать в число речевых каналов);

$J$  – общее число сетей доступа;

$y_{УПАТС}$  - удельная нагрузка на один канал первичного доступа ISDN PRI для подключения УПАТС, равная 0,8 Эрл;

$M_{k\_УПАТС}$  - число каналов в интерфейсе PRI для подключения k-ой УПАТС (следует учитывать, что задано число потоков PRI для подключения каждой УПАТС, которое необходимо пересчитать в число речевых каналов);

$K$  – общее число УПАТС.

Если шлюз реализует одновременно функции резидентного шлюза доступа и шлюза доступа, то общая нагрузка, поступающая на такой медиашлюз, равна:

$$Y_{GW} = Y_{RAGW} + Y_{AGW}, \text{ Эрл.} \quad (3)$$

Пусть  $V_{COD\_m}$  – скорость передачи кодека типа  $m$  при обслуживании речевого вызова. Значения  $V_{COD\_m}$  для различных типов речевых кодеков приведены в таблице 1.

Таблица 1– Характеристики различных речевых кодеков

Кодек	Полоса пропускания кодека $V_{COD}$ , кбит /с	Полоса пропускания с учетом подавлений пауз, кбит/с
G.711	84,80	42
G.726	37,69	19
G.729a	14,13	12.2

Тогда транспортный ресурс, который должен быть выделен для передачи в пакетной сети голосового трафика, поступающего на шлюз, при условии использования кодека типа  $m$  будет равен:

$$V_{GW\_COD} = k \cdot V_{COD} \cdot Y_{GW} \quad (4)$$

где  $k$ – коэффициент использования ресурса,  $k = 1,25$ ;

$V_{COD}$  – полоса пропускания заданного речевого кодека с учетом подавления пауз.

Например, если суммарная нагрузка от источников всех типов, поступающая на шлюз, равна 100 Эрл, и, если используется кодек G.711 без подавления пауз, то выделяемый ресурс должен составлять

$$V = 1,25 \cdot 84,8 \text{ кбит/с} \cdot 100 = 10,62 \text{ Мбит/с}$$

Если используется кодек G.729a с алгоритмом подавления пауз, то для обслуживания той же нагрузки потребуется ресурс

$$V = 1,25 \cdot 12,2 \text{ кбит/с} \cdot 100 = 1,615 \text{ Мбит/с}$$

Следует отметить, что для обслуживания той же нагрузки в режиме коммутации каналов потребовался бы ресурс

$$V = 1,25 \cdot 64 \text{ кбит/с} \cdot 100 = 8 \text{ Мбит/с}$$

что меньше, чем в случае использования кодеков G.711.

Следует отметить, что обеспечение поддержки услуг доставки информации в сетях с коммутацией канатов и в сетях с коммутацией пакетов осуществляется по-разному. Для передачи факсимильной информации в сетях с коммутацией каналов используется стандартный канал 64 кбит/с, а в пакетных сетях может использоваться либо кодек T.38, либо эмуляция канала 64 кбит/с. Аналогично, для поддержки модемных соединений или соединений в рамках услуги доставки «64 кбит/с без ограничений». При расчете транспортного ресурса следует учитывать, что некоторая часть вызовов будет обслуживаться без компрессии пользовательской информации.

Определив долю такой нагрузки как « $x$ », тогда формулу для определения транспортного ресурса шлюза (4) но с учетом доли вызовов, обслуживаемых без компрессии, можно представить в виде:

$$V_{GW\_compr} = k \cdot ((1-x) \cdot V_{COD} + x \cdot V_{G.711}) \cdot Y_{GW} \quad (5)$$

где  $V_{G.711}$  – ресурс для передачи информации от кодека G.711 без подавления пауз, используемого для эмуляции каналов.

Если в оборудовании шлюза доступа реализована возможность подключения пользователей, использующих пакетные терминалы SIP, H.323 либо включение локальных вычислительных сетей LAN, осуществляющих подключение таких пользователей, то требуемый транспортный ресурс подключения шлюзов доступа должен быть увеличен. Доля увеличения транспортного ресурса  $V_{paket}$  за счет предоставления базовой услуги пакетной телефонии таким пользователям может быть определена в зависимости от используемых кодеков и числа пользователей. Тогда дополнительный транспортный ресурс шлюза для обслуживания терминалов пакетной телефонии равен:

$$V_{paket} = V_{LAN} + V_{SH} = y_{paket} \cdot V_{COD} (N_{LAN} \cdot M_{LAN} + N_{SH}) \quad (6)$$

где  $y_{paket}$  – удельная нагрузка от терминала SIP/H.323, которая равна 0,2 Эрл.

Транспортный ресурс шлюза должен быть рассчитан на передачу, помимо пользовательской (медиа), еще и сигнальной

информации на базе протокола H.248/Megaco, которой обменивается шлюз с гибким коммутатором (softswitch). Таким образом, общий транспортный ресурс шлюза может быть определен как сумма всех необходимых составляющих:

$$V_{\Sigma GW} = V_{GW\_compr} + V_{paket} + V_{H.248} \quad (7)$$

Приближенно будем считать, что сигнальная информация требует дополнительно 10% полосы пропускания  $V_{H.248}$  от общего транспортного ресурса шлюза.

После определения транспортного ресурса подключения определяются емкостные показатели, т.е. количество и тип интерфейсов, которыми оборудование шлюза доступа будет подключаться к пакетной сети. Количество интерфейсов, помимо транспортного ресурса, будет определяться также исходя из топологии сети. В любом случае количество интерфейсов должно быть не меньше, чем

$$N_{INT} = \frac{V_{GW}}{V_{INT}} \quad (8)$$

где  $V_{INT}$  – полезный транспортный ресурс одного интерфейса.

В случае использования разнородных интерфейсов количество интерфейсов каждого типа может определяться по формуле:

$$V_{GW} = \sum_{i=1}^I (N_{i\_INT} \cdot V_{i\_INT}), \quad (9)$$

где  $I$  – число типов интерфейсов;

$N_{i\_INT}$  – количество интерфейсов  $i$ -го типа;

$V_{i\_INT}$  – полезный транспортный ресурс интерфейса  $i$ -го типа.

#### *Часть 2. Расчет оборудования транспортных шлюзов*

Как правило, транзитные (транкинговые) шлюзы TMG устанавливаются на существующих объектах сети с учетом структуры имеющейся сети связи общего пользования (ССОП), осуществляя подключение территориально приближенных АТС. Емкостные показатели шлюза TMG определяются исходя из нагрузки, поступающей от этих АТС. В свою очередь, значение нагрузки может быть вычислено на основе числа потоков Е1 между АТС и шлюзом и удельной нагрузки на один канал 64 кбит/с. Обычно для передачи речи от АТС используется стандартный кодек G.711.

Тогда общая нагрузка, поступающая на транзитный шлюз от АТС ССОП, равна:

$$Y_{TMG} = N_{E1} \cdot 30 \cdot y_{кан}, \text{Эрл.} \quad (10)$$

где  $N_{E1}$  – число потоков E1, осуществляющих подключение АТС ССОП к транспортному шлюзу;

$y_{E1}$  – удельная нагрузка одного канала 64 кбит/с в составе первичного потока E1;

$Y_{MG}$  – общая нагрузка, поступающая на транспортный шлюз от АТС ССОП.

Значение удельной нагрузки на один разговорный канал потока E1  $y_{кан}$  при расчетах принимается равным 0,8 Эрл.

Следует также учитывать, что некоторая часть вызовов (передача факсимильной информации, модемных соединений и пр.) будет обслуживаться с использованием кодека G.711 без компрессии пользовательской информации. Определив долю такой нагрузки как «х», формулу для определения транспортного ресурса можно представить в виде:

$$V_{TMG\_compr} = [(1 - z) \cdot V_{G.711-p} + z \cdot V_{G.711}] \cdot Y_{TMG}, \text{бит/с.} \quad (11)$$

где  $V_{G.711-p}$  – ресурс для передачи речевой информации кодека G.711 с подавлением пауз.

Помимо пользовательской информации, на транспортный шлюз поступают сообщения протокола управления медиашлюзами H.248/Megaco и сообщения протокола ОКС№7, которые преобразуются в сообщения протокола SIGTRAN. Для этих сообщений также должен быть выделен транспортный ресурс в шлюзе. Таким образом, общий транспортный ресурс TGW может быть вычислен по формуле:

$$V_{TMG} = V_{MG\_compr} + V_{H.248} + V_{OKC}, \text{бит/с,} \quad (12)$$

где  $V_{H.248}$  – полоса пропускания для передачи сообщений протокола H.248;

$V_{OKC}$  – полоса пропускания для передачи сообщений ОКС№7.

Приближенно будем считать, что сигнальная информация H.248 требует дополнительно 10% полосы пропускания от общего транспортного ресурса шлюза.

Полоса пропускания для передачи сообщений ОКС№7 определяется с использованием методики пересчета разговорной нагрузки в нагрузку ОКС№7, применяемой при проектировании сетей общеканальной сигнализации:

$$V_{OKC} = Y_{TMG} \cdot k_{OKC} \cdot V_{zc} \cdot y_{zc} \cdot k_{SIGTRAN}, \text{бит} \quad (13)$$

где  $k_{OKC}=0,166 \times 10^{-3}$  – коэффициент пересчета местной телефонной нагрузки в нагрузку ОКС№7;

$V_{3c} = 64000$  бит/с - полоса пропускания звена сигнализации, равна;

$y_{3c} = 0,2$  Эрл - загрузка звена сигнализации, равна.

$k_{SIGTRAN}=1,3$  - коэффициент пересчета нагрузки ОКС№7 в нагрузку протокола SIGTRAN.

Количество и тип интерфейсов подключения транзитного шлюза к пакетной сети определяется транспортными ресурсами шлюза и топологией пакетной сети. Транспортный ресурс шлюза и количество интерфейсов связаны соотношением:

$$V_{TMG} = N_{INT} \cdot V_{INT} \text{ , бит/с} \quad (14)$$

где  $V_{INT}$  – полезный транспортный ресурс одного интерфейса;

$N_{INT}$  – количество интерфейсов.

Основные параметры расчета оборудования шлюза доступа и транзитного шлюза представлены на рисунке 2.

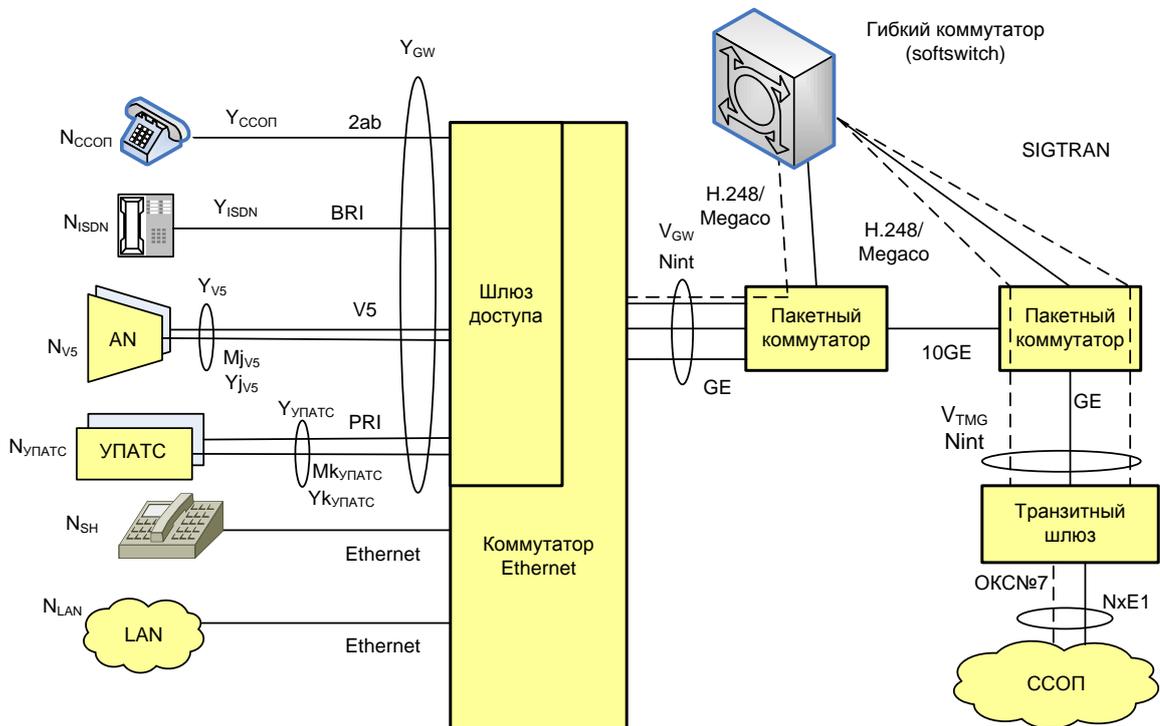


Рисунок 2 – Параметры расчета оборудования шлюза доступа и транзитного шлюза

### *Часть 3. Кодирование систем массового обслуживания*

Для различия систем массового обслуживания мы будем пользоваться кодировкой систем, предложенной Д.Г.Кендаллом. Систему принято обозначать в виде символического представления:  $A/B/r/m$ . Первая компонента  $A$  характеризует входящий поток заявок, вторая компонента  $B$  характеризует время обслуживания заявок, число  $r$  - количество обслуживающих каналов,  $m$  - число мест для ожидания в очереди (емкость накопителя). Если  $A=M$ , то входящий поток заявок есть процесс Пуассона, если  $A=E_k$ , то поток заявок есть поток Эрланга  $k$ -го порядка с плотностью распределения времени между соседними заявками  $f_k(t) = \frac{\lambda^k t^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\lambda t}$  при  $t \geq 0$ . Если  $A=D$ , то поток заявок регулярный, то есть заявки приходят через равные промежутки времени. Если  $A=G$ , то поток общего вида.

Аналогичные обозначения имеют место для параметра  $B$ . Если  $B=M$ , то время обслуживания заявки является экспоненциальным, если  $B=E_k$ , то время обслуживания заявки имеет распределение Эрланга  $k$ -го порядка. Если  $B=D$ , то время обслуживания заявки постоянно. Если  $B=G$ , то время обслуживания есть случайная величина общего вида. Так, например, система  $M/M/1/0$  представляет собой одноканальную систему с отказами с пуассоновским входящим потоком заявок и экспоненциальным временем обслуживания.

Дополнительные условия (обратный приоритет обслуживания, ненадежность обслуживающих каналов и т.д.) содержатся в словесном описании системы массового обслуживания.

*Примерные вопросы к собеседованию, к защите отчета по выполненной лабораторной работе:*

- 1) Укажите назначение шлюзов в сети NGN.
- 2) Чем отличаются различные типы шлюзов сетей NGN: транзитный (транкинговый), сигнальный, доступа, резидентный доступа?
- 3) Перечислите основные задачи проектирования сети доступа NGN.
- 4) Укажите основные варианты подключения конечных пользователей к сети связи общего пользования.
- 5) Укажите варианты подключения пакетных терминалов к сети NGN.

6) Перечислите исходные данные для расчета сети доступа NGN.

7) Поясните методику расчетов оборудования шлюзов доступа в сети NGN.

8) Поясните методику расчетов оборудования транзитных ШЛЮЗОВ.

**Варианты заданий:**

№	Исходный параметр	Варианты заданий									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Параметры шлюза доступа</b>											
1.	Число абонентов ССОП	2000	2500	3000	3500	4000	4500	3000	2500	3500	2000
2.	Число абонентов ISDN-BRA	250	200	150	300	350	400	450	250	300	350
3.	Число абонентов с пакетными терминалами SIP/H.323	500	450	600	250	350	550	300	400	200	450
4.	Число LAN / Число абонентов с пакетными терминалами SIP/H.323 в каждой LAN	2/30	1/40	3/50	4/25	5/35	2/20	3/35	1/20	5/30	4/20
5.	Число сетей доступа с интерфейсом V5.2/Число потоков E1 в каждом	2/5	3/3	5/4	0	3/5	2/1	6/3	4/4	3/6	0
6.	Число УПАТС, подключаемых к шлюзу/Число потоков PRI в каждой	4/2	0	1/2	3/5	1/2	2/3	4/2	0	4/1	3/3
7.	Тип речевого кодека	G.711	G.726	G.729a	G.711	G.726	G.729a	G.711	G.726	G.729a	G.711
8.	Доля вызовов, которые обслуживаются без компрессии, $x$	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,15	0,25	0,2	0,3	0,15
<b>Параметры транзитного шлюза</b>											
9.	Число первичных потоков E1 для включения АТС	25	30	40	35	45	20	25	35	40	45
10.	Доля вызовов, которые обслуживаются без компрессии, $z$	0,2	0,4	0,1	0,2	0,3	0,25	0,15	0,1	0,2	0,3
11.	Тип речевого кодека	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711

**Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:**

- 1) Описать процесс согласно установленному заданию;
- 2) Предоставить скриншоты выполнения каждого этапа работы.

## **Лабораторная работа №2 «Расчет объема оборудования гибкого коммутатора (softswitch) сети NGN»**

**Цель занятия:** изучение методики и получение практических навыков проектирования гибкого коммутатора (softswitch), используемых в сетях связи следующего поколения NGN.

### **Задачи занятия:**

1) Изобразить проектируемую сеть NGN, обслуживаемую гибким коммутатором.

2) Рассчитать параметры гибкого коммутатора.

### **Планируемые результаты обучения:**

- формирование знаний о гибких коммутаторах;  
- формирование навыков расчета производительности гибкого коммутатора, параметров интерфейсов подключения гибкого коммутатора к пакетной сети, оборудования гибкого коммутатора для управления транспортными коммутаторами.

### **Материально-техническое оборудование и материалы:**

1) Персональный компьютер с операционной системой;

2) Табличный редактор Microsoft Excel.

### ***План проведения лабораторного занятия***

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1) Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи. [Текст]/ Б. С. Гольдштейн, Н. А. Соколов, Г. Г. Яновский – СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 302 с.

2) Росляков А. В. Сети следующего поколения. Часть II [Текст]/ А. В. Росляков – Самара.: ПГАТИ, 2008. – 148 с.

3) Росляков А. В. Основы IP-телефонии. Учебное пособие [Текст]/ А. В. Росляков – М.: ИРИАС, 2007. – 88 с.

4) Росляков А. В. Система общеканальной сигнализации ОКС№7. Учебное пособие [Текст]/ А. В. Росляков – М.: ИРИАС, 2007. – 68 с

5) Семенов Ю. В. Проектирование сетей связи следующего поколения. [Текст]/ Ю. В. Семенов – СПб.: Наука и техника, 2005 – 183 с.

*Краткая теоретическая справка для самостоятельной подготовки к лабораторному занятию:*

### **Гибкий коммутатор**

Считается, что самый главный в концепции NGN термин «softswitch» (возможные переводы на русский - «гибкий коммутатор» или «программный коммутатор») был введен компанией Lucent Technologies в 1999 г. как название программно-аппаратного решения для управления вызовами в сетях АТМ и IP.

Гибкий коммутатор является главным и обязательным компонентом в любой сети следующего поколения NGN первой версии. По своей сути softswitch — это вычислительное устройство с соответствующим программным обеспечением и высокой степенью доступности. Однако, несмотря на присутствие в названии слова «коммутатор», оно в действительности не выполняет никаких коммутирующих функций. К softswitch перешли многие из задач управления соединениями, ранее выполнявшиеся его предшественником - привратником GK (GateKeeper) в сети стандарта H.323, который управлял всем оборудованием для обслуживания мультимедийных соединений в зоне своей ответственности. Управление вызовами в сети NGN в типичном случае включает маршрутизацию вызовов, аутентификацию пользователя, установление и разрыв соединения, сигнализацию и другие задачи. В качестве посредника гибкий коммутатор должен «понимать» как протоколы сигнализации в телефонных сетях, так и протоколы управления передачей информации в пакетных сетях. Гибкий коммутатор является основным устройством, реализующим функции уровня управления коммутацией в архитектуре сети NGN.

В оборудовании гибкого коммутатора должны быть реализованы следующие основные функции:

- функция управления базовым вызовом, обеспечивающая прием и обработку сигнальной информации, и реализацию действий по установлению соединения в пакетной сети;

- функция аутентификации и авторизации абонентов, подключаемых в пакетную сеть как непосредственно, так и с использованием оборудования доступа ТфОП;

- функция маршрутизации вызовов в пакетной сети;
- функция тарификации, сбора статистической информации;
- функция управления оборудованием транспортных шлюзов;
- функция предоставления дополнительных видов обслуживания (ДВО) - реализуется в оборудовании гибкого коммутатора или совместно с сервером приложений;
- функция эксплуатации, управления (администрирования), технического обслуживания и предоставления информации OAM&P (Operation, Administration, Maintenance and Provisioning).

Дополнительно в оборудовании гибкого коммутатора могут быть реализованы следующие функции:

- функция оконечного/транзитного пункта сигнализации SP/STP (Signaling Point / Signaling Transfer Point) сети ОКС№7;
- функция взаимодействия с серверами приложений;
- функция узла коммутации услуг SSP (Service Switching Point) интеллектуальной сети и др.

В категорию гибких коммутаторов попадают разные по функциональности решения, поскольку четкой классификации до сих пор нет. Так часть производителей, экспертов и операторов под используемым продуктом «softswitch» понимают контроллер медиашлюзов MGW (Media Gateway Controller) или устройство управления вызовами CA (Call Agent) или сервер вызовов CS (Call Server). Несмотря на все их различия, они выполняют главную функцию гибкого коммутатора: реализованное программным способом управление соединениями для передачи трафика пользователей в сети NGN, поступающего от шлюзов или непосредственно от пакетных абонентских устройств. С другой стороны часто в состав фирменного решения гибкого коммутатора кроме контроллера/устройства управления/сервера входит и различное шлюзовое оборудование: медиашлюзы, сигнальные шлюзы, прокси-серверы SIP, серверы аутентификации, авторизации и учета AAA (Authentication, Authorization, Accounting) и др. Одна из возможных функциональных схем гибкого коммутатора приведена на рисунке 1.

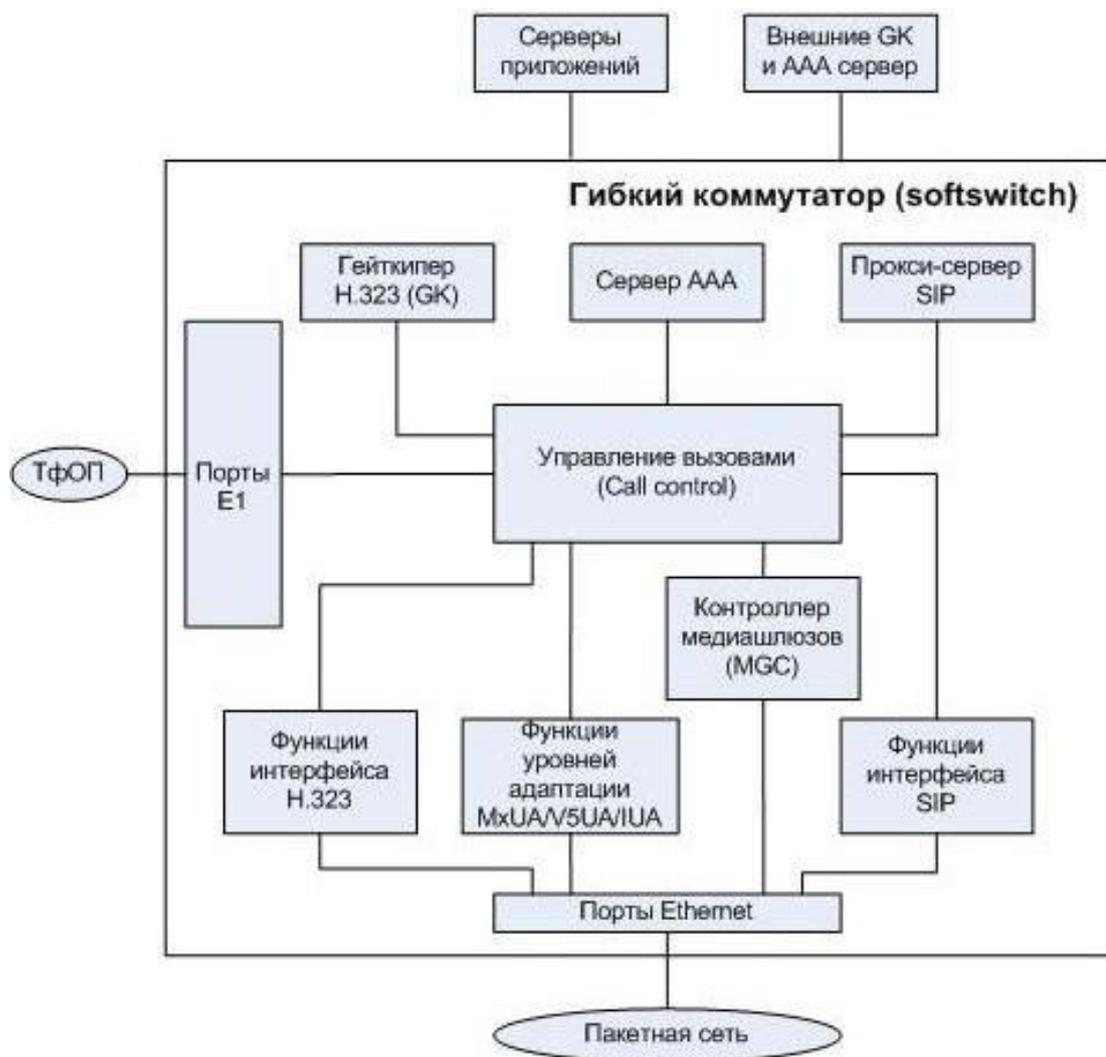


Рисунок 1 – Функциональная схема гибкого коммутатора

Независимо от конкретной фирменной реализации любой гибкий коммутатор должен предоставлять базовую часть функциональности при управлении сеансами связи, включающей в том числе: осуществление управления медиа шлюзами посредством протоколов сигнализации, передачу таблиц маршрутизации, преобразование систем нумерации между различными номерными планами и т.д.

Основными техническими характеристиками оборудования гибкого коммутатора являются:

1. **Производительность.** Производительность определяется количеством вызовов, обслуживаемых гибким коммутатором в час наибольшей нагрузки (ЧНН) или за 1 секунду или одновременно. Производительность оборудования гибкого коммутатора различна при обслуживании вызовов от различных источников, что объясняется как различным объемом и характером поступления

сигнальной информации от разных источников, так и заложенными алгоритмами обработки сигнальной информации.

Гибкий коммутатор может обслуживать вызовы от следующих источников нагрузки:

- пакетных терминалов, предназначенных для работы в сетях NGN (терминалы SIP и H.323, а также IP-УПАТС);

- терминалов, не предназначенных для работы в сетях NGN (аналоговые и ISDN терминалы) и подключаемых через оборудование резидентных шлюзов доступа;

- оборудования сети доступа, не предназначенного для работы в сетях NGN (концентраторы с интерфейсом V5) и подключаемого через оборудование шлюзов доступа;

- оборудования, использующего первичный доступ (УПАТС) и подключаемого через оборудование шлюзов доступа;

- сети ТфОП, обслуживаемые с использованием сигнализации ОКС№7 с включением сигнальных звеньев ОКС№7 либо непосредственно в гибкий коммутатор (если коммутатор реализует функции сигнального шлюза), либо через оборудование сигнальных шлюзов;

- других гибких коммутаторов, обслуживаемые с использованием сигнализации SIP-T и SIP-I.

2. Надежность. Требования по надежности к оборудованию гибкого коммутатора характеризуются средней наработкой на отказ, средним временем восстановления, коэффициентом готовности, сроком службы.

3. Поддерживаемые протоколы. Оборудование гибкого коммутатора может поддерживать следующие виды протоколов:

1) При взаимодействии с существующими фрагментами сети ТфОП:

- непосредственное взаимодействие: сигнальный протокол ОКС№7 с подсистемами MTP, ISUP и SCCP;

- взаимодействие через сигнальные шлюзы: сигнальный протокол SIGTRAN с уровнями адаптации: M2UA, M3UA, M2PA, SUA

- для передачи сигнализации ОКС№7 через пакетную сеть, V5UA - для передачи сигнальной информации интерфейса V5 через пакетную сеть, IUA - для передачи сигнальной информации DSS1 первичного доступа ISDN через пакетную сеть;

- сигнальный протокол MEGACO/H.248 для передачи информации, поступающей по системам сигнализации по выделенным сигнальным каналам (2ВСК).

2) При взаимодействии с терминальным оборудованием:

- непосредственное взаимодействие с терминальным оборудованием пакетных сетей: протоколы SIP и H.323;

- взаимодействие с оборудованием шлюзов, обеспечивающим подключение терминального оборудования ТфОП: сигнальный протокол MEGACO/H.248 - для передачи сигнальной информации по аналоговым абонентским линиям; сигнальный протокол SIGTRAN с уровнем адаптации IUA для передачи сигнальной информации DSS1 базового доступа ISDN.

3) При взаимодействии с другими гибкими коммутаторами: протоколы SIP-T и SIP-I.

4) При взаимодействии с оборудованием интеллектуальных платформ (SCP): сигнальный протокол OKC№7 с прикладным протоколом INAP.

5) При взаимодействии с серверами приложений: в настоящее время взаимодействие с серверами приложений, как правило, базируется на внутрифирменных протоколах, в основе которых лежат технологии JAVA, XML, SIP и др.

6) При взаимодействии с оборудованием транспортных шлюзов:

- для шлюзов, поддерживающих транспорт IP или IP/ATM: протоколы H.248, MGCP, IPDC и др.; для шлюзов, поддерживающих транспорт ATM: протокол BICC.

4. Поддерживаемые интерфейсы. Оборудование гибкого коммутатора поддерживает следующие виды интерфейсов:

- интерфейс E1 (2048 кбит/с) для подключения звеньев сигнализации OKC№7, включаемых непосредственно в гибкий коммутатор;

- интерфейсы семейства Ethernet для подключения гибкого коммутатора к пакетной сети;

- открытые интерфейсы взаимодействия с внешними платформами приложений: JAIN, PARLAY и т.д.

Конструктивно гибкий коммутатор может быть реализован в виде отдельного устройства, выполняющего совместно функции управления вызовами и коммутатора (switching fabric). Часто производители softswitch разделяют его на два и более устройств –

контроллер шлюзов, сигнальный шлюз SG (Signalling Gateway) и медиашлюз MGW.

Как правило, большинство выпускаемых гибких коммутаторов имеют модульную архитектуру построения, что обеспечивает высокую масштабируемость системы и позволяет создавать географически распределенные сети, гибко управлять потоками сигнального и медиа трафика, а также осуществлять резервирование системы. Так для обеспечения надежности работы гибкого коммутатора обычно предусматривается возможность установки резервных модулей, реализации механизмов динамического распределения лицензий и балансировки нагрузки. Поэтому в случае аппаратного сбоя одного из компонентов системы его функции передаются другому компоненту в рамках выбранной схемы резервирования. Каждый модуль гибкого коммутатора может быть зарезервирован самостоятельно или в комплексе с другими, причем для критичных модулей предусмотрено применение многократного резервирования, в том числе географического. Выбор схемы резервирования зависит от структуры конкретной сети и потребностей оператора.

Все гибкие коммутаторы (softswitch) в зависимости от выполняемых сетевых функций подразделяются на два класса: класса 4 и класса 5. Такое деление взято по аналогии с исторически сложившейся классификацией узлов коммутации на телефонных сетях связи Северной Америки. На этих сетях транзитные узлы коммутации без прямого подключения абонентских линий (типа международных и междугородных телефонных станций и транзитных узлов коммутации на местных сетях) относятся к узлам класса 4. А все конечные узлы с абонентским подключением принадлежат к классу 5.

Исходя из данного подхода гибкий коммутатор класса 4 предназначен для организации транзитного узла управления соединениями в операторских сетях с пакетной коммутацией. Он осуществляет маршрутизацию и распределение вызовов в IP-сетях на магистральном (междугородном/международном/местном) уровне, обеспечивая тем самым транзит трафика, получаемого сегментов сети с абонентским подключением.

Фундаментальным отличием гибких коммутаторов 5 класса является возможность работы непосредственно с конечными абонентами сети и предоставление им как основных телефонных и

мультимедийных услуг, так и дополнительных видов обслуживания (ДВО) таких как интеллектуальная маршрутизация вызовов в зависимости от доступности абонента, ожидание вызова, удержание и перевод вызовов, трехсторонние конференции, парковка и перехваты вызовов, многолинейные группы абонентов и т.д.

### **Уровень управления коммутацией и обслуживанием вызова в сети NGN**

Задачей уровня управления коммутацией и передачей является управление установлением соединения в фрагменте сети NGN. Функция установления соединения реализуется на уровне элементов транспортной сети под внешним управлением оборудования гибкого коммутатора (softswitch). Исключением являются АТС с функциями МГС, которые сами выполняют коммутацию на уровне элемента транспортной сети.

Гибкий коммутатор должен осуществлять:

- обработку всех видов сигнализации, используемых в его домене;
- хранение и управление абонентскими данными пользователей, подключаемых к его домену непосредственно или через оборудование шлюзов доступа;
- взаимодействие с серверами приложений для предоставления расширенного списка услуг пользователям сети.

При установлении соединения оборудование гибкого коммутатора осуществляет сигнальный обмен с функциональными элементами уровня управления коммутацией. Такими элементами являются все шлюзы, терминальное оборудование сети (интегрированные устройства доступа (IAD), терминалы SIP и H.323), оборудование других гибких коммутаторов и АТС с функциями контроллера транспортных шлюзов (MGC).

Для передачи информации сигнализации сети ТфОП через пакетную сеть используются специальные протоколы. Так, для передачи информации сигнализации ОКС№7, поступающей через сигнальные шлюзы от ТфОП к оборудованию гибкого коммутатора, используется протокол MxUA технологии SIGTRAN (в то же время в ряде реализаций гибкого коммутатора предусмотрен непосредственный ввод сигнализации ОКС№7).

На основании анализа принятой информации и решения о последующей маршрутизации вызова оборудование гибкого коммутатора, используя соответствующие протоколы, осуществляет сигнальный обмен по установлению соединения с сетевым элементом назначения и управляет с использованием протокола H.248 (для IP коммутации) или ВСС(для АТМ коммутации) установлением соединения для передачи пользовательской информации. При этом потоки пользовательской информации не проходят через гибкий коммутатор, а замыкаются на уровне транспортной сети.

В случае использования на сети нескольких гибких коммутаторов они взаимодействуют по межузловым протоколам (как правило, семейство SIP-T) и обеспечивают совместное управление установлением соединения.

Структура уровня управления сетями доступа NGN представлена на рисунке 2.

Терминальное оборудование пакетной сети взаимодействует с оборудованием гибкого коммутатора с использованием протоколов SIP и H.323. Пользовательская информация от терминального оборудования поступает на уровень узлов доступа пакетной сети и далее маршрутизируется под управлением гибкого коммутатора.

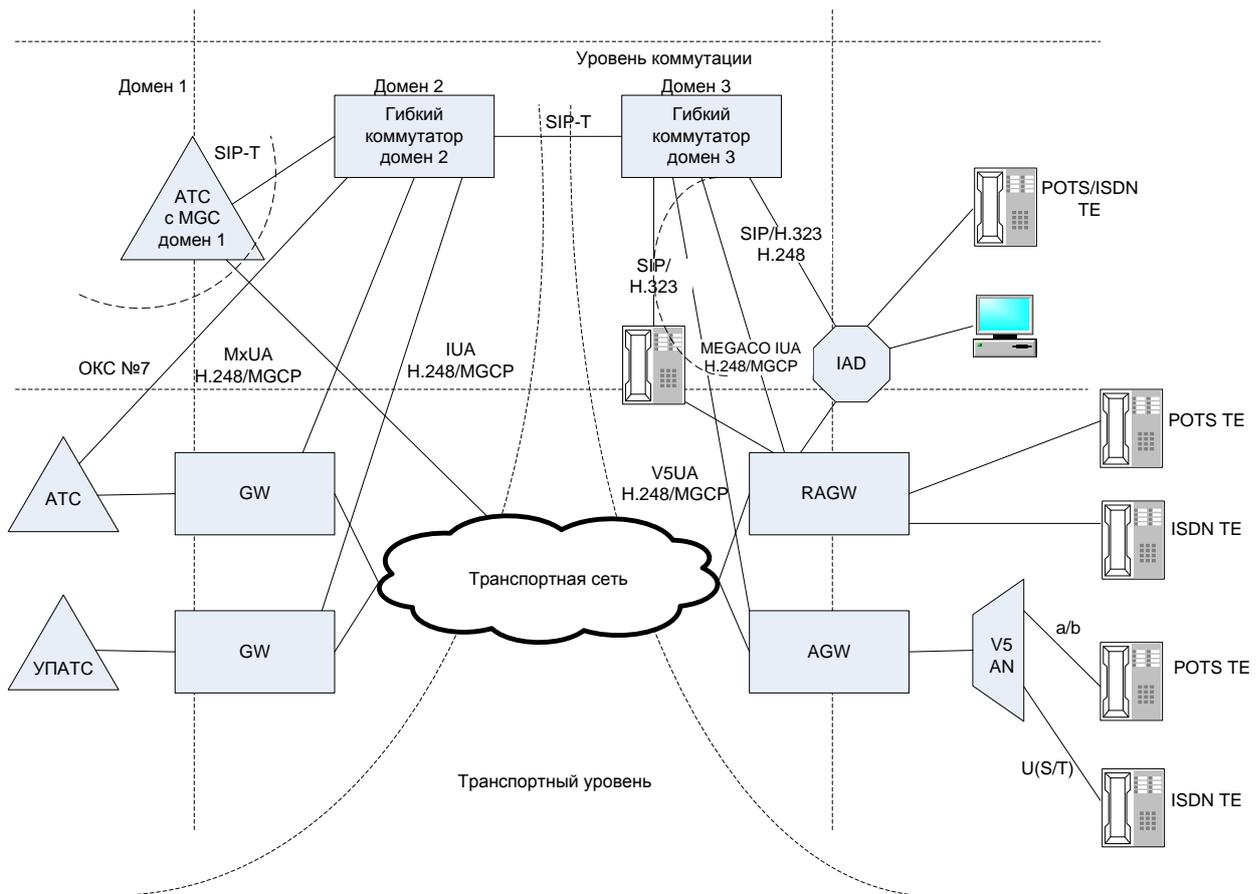


Рисунок 2 – Схема включения гибких коммутаторов для управления сетями доступа NGN

*Примерные вопросы к собеседованию, к защите отчета по выполненной лабораторной работе:*

- 1) Назначение и функции гибкого коммутатора (softswitch) в сети NGN.
- 2) Какие протоколы используются в гибком коммутаторе (softswitch) для управления сетью доступа?
- 3) Какие протоколы используются в гибком коммутаторе (softswitch) для управления транспортной сетью?
- 4) От чего зависит выбор производительности гибкого коммутатора (softswitch)?
- 5) Как рассчитывается нижний предел производительности гибкого коммутатора по обслуживанию сетей доступа?

- 6) Как рассчитывается нижний предел производительности гибкого коммутатора по обслуживанию транзитного уровня NGN?
- 7) Как определить необходимые интерфейсы для подключения гибкого коммутатора к пакетной сети?

**Алгоритм проведения эксперимента:**

*Часть 1. Расчет производительности гибкого коммутатора*

Основной задачей гибкого коммутатора при построении распределенного абонентского концентратора являются обработка сигнальной информации обслуживания вызова и управление установлением соединений. Емкостные параметры абонентской базы гибкого коммутатора должны позволять обслуживание всех абонентов различных типов, подключение которых планируется при построении абонентского концентратора. При этом для обслуживания вызовов могут использоваться различные протоколы сигнализации.

Введем следующие переменные:

$P_{PSTN}$  – удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих доступ по аналоговой телефонной линии в ЧНН;

$P_{ISDN}$  – удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих доступ по базовому доступу ISDN;

$P_{V5}$  – удельная (приведенная к одному каналу интерфейса) интенсивность вызовов от абонентов, подключаемых к пакетной сети через сети доступа интерфейса V5;

$P_{PBX}$  – удельная (приведенная к одному каналу интерфейса) интенсивность вызовов от УПАТС, подключаемых к пакетной сети;

$P_{SHM}$  – удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих терминалы SIP, H.323, MGCP.

В соответствии с «Общими техническими требованиями к городским АТС» интенсивность вызовов равна:

$$P_{PSTN} = 5 \text{ выз/чнн}, \quad P_{ISDN} = 10 \text{ выз/чнн}, \quad P_{PBX} = 35 \text{ выз/чнн}.$$

Значение  $P_{SHM}$  можно принять равным  $P_{PSTN}$ . Значение  $P_{V5}$  можно принять равным  $P_{PBX}$ .

Тогда общая интенсивность вызовов, поступающих на гибкий коммутатор от источников всех типов, равна:

$$P_{CALL} = P_{PSTN} \cdot \left( \sum_{l=1}^L N_{l\_PSTN} + \sum_{l=1}^L N_{l\_SHM} \right) + P_{ISDN} \cdot \sum_{l=1}^L N_{l\_ISDN} + P_{V5} \cdot \left( \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J N_{j\_V5} + \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K N_{k\_PX} \right) \quad (1)$$

где  $L$  – число шлюзов доступа, обслуживаемых гибким коммутатором.

Отметим, что удельная производительность коммутационного оборудования может отличаться в зависимости от типа обслуживаемого вызова, т.е. производительность при обслуживании, например, вызовов ССОП и ISDN, может быть разной.

В документации на коммутационное оборудование, как правило, указывается производительность для наиболее «простого» типа вызовов. В связи с чем при определении требований к производительности гибкого коммутатора можно ввести поправочные коэффициенты, которые характеризуют возможности системы по обслуживанию данного типа вызовов относительно «идеального» типа.

Например, если производительность системы для «идеальных» вызовов SIP равна 10 млн. выз/чнн, а для вызовов ССОП — 8 млн. выз/чнн, то интенсивность последних должна браться с коэффициентом 1,25.

Таким образом, нижний предел производительности гибкого коммутатора по обслуживанию потока вызовов с интенсивностью  $P_{CALL}$  может быть определен по формуле:

$$P_{SN} = k_{PSTN} \cdot P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + k_{ISDN} \cdot P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + k_{V5} \cdot P_{V5} \cdot N_{V5} + k_{PBX} \cdot P_{PBX} \cdot N_{PBX} + k_{SHM} \cdot P_{SHM} \cdot N_{SHM} \quad (2)$$

Следует отметить, что требования по производительности предполагают работу оборудования гибкого коммутатора в условиях перегрузки с показателями не ниже определяемых в рекомендации Q.543 для нагрузок классов В и С.

*Часть 2. Расчет параметров интерфейсов подключения гибкого коммутатора к пакетной сети*

Параметры интерфейса подключения гибкого коммутатора к пакетной сети определяются исходя из интенсивности обмена сигнальными сообщениями в процессе обслуживания вызовов.

Пусть:

$L_{MEGACO}$ — средняя длина сообщения (в байтах) протокола MEGACO, используемого при передаче информации сигнализации по абонентским линиям;

$N_{MEGACO}$ — среднее количество сообщений протокола MEGACO при обслуживании вызова;

$L_{V5UA}$ — средняя длина сообщения протокола V5UA;

$N_{V5UA}$ — среднее количество сообщений протокола V5UA при обслуживании вызова;

$L_{IUA}$ — средняя длина сообщения протокола IUA;

$N_{IUA}$ — среднее количество сообщений протокола IUA при обслуживании вызова;

$L_{SH}$ — средняя длина сообщения протоколов SIP/H.323;

$N_{SH}$ — среднее количество сообщений протоколов SIP/H.323 при обслуживании вызова;

$L_{MGCP}$ — средняя длина сообщения протокола MGCP, используемого при управлении коммутацией на шлюзе;

$N_{MGCP}$ — среднее количество сообщений протокола MGCP при обслуживании вызова.

Тогда:

$$V_{SX} = k_{sig} \cdot [(L_{MEGACO} \cdot N_{MEGACO} \cdot P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + L_{V5UA} \cdot N_{V5UA} \cdot P_{V5} \cdot N_{V5} + \\ + L_{IUA} \cdot N_{IUA} \cdot (P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX}) + L_{SH} \cdot N_{SH} \cdot P_{SH} \cdot N_{SH} + \\ + L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} \cdot (P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + P_{V5} \cdot N_{V5} + P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX})] / 450 \quad (3)$$

где:

$V_{SX}$ — минимальный полезный транспортный ресурс, в бит/с, которым гибкий коммутатор SX должен подключаться к пакетной сети, для обслуживания вызовов в сети доступа;

$k_{sig}$ — коэффициент использования транспортного ресурса при передаче сигнальной нагрузки. По аналогии с расчетом сигнальной сети ОКС№7 примем значение  $k_{sig} = 5$ , что соответствует нагрузке в 0,2 Эрл;

1/450 – результат приведения размерностей «байт в час» к «бит в секунду» ( $8/3600 = 1/450$ ).

Ориентировочно можно принять, что средняя длина всех сообщений равна 50 байтам, а среднее количество сообщений в процессе обслуживания вызова равно 10.

Емкостные параметры интерфейсов подключения оборудования гибкого коммутатора к пакетной сети определяются следующим выражением:

$$N_{INT} = \frac{V_{SX}}{V_{INT}} \quad (4)$$

где  $V_{INT}$  – полезный транспортный ресурс одного интерфейса.

*Часть 3. Расчет оборудования гибкого коммутатора для управления транспортными коммутаторами*

Основной задачей гибкого коммутатора при управлении транзитным уровнем коммутации в сети NGN является обработка сигнальной информации обслуживания вызова и управление установлением соединений. Требования к производительности гибкого коммутатора определяются интенсивностью вызовов, требующих обработки.

Интенсивность поступающих вызовов определяется интенсивностью вызовов, приходящейся на один канал 64 кбит/с первичного потока E1, а также числом потоков E1, используемых для подключения станции к транспортному шлюзу (рисунок 3).

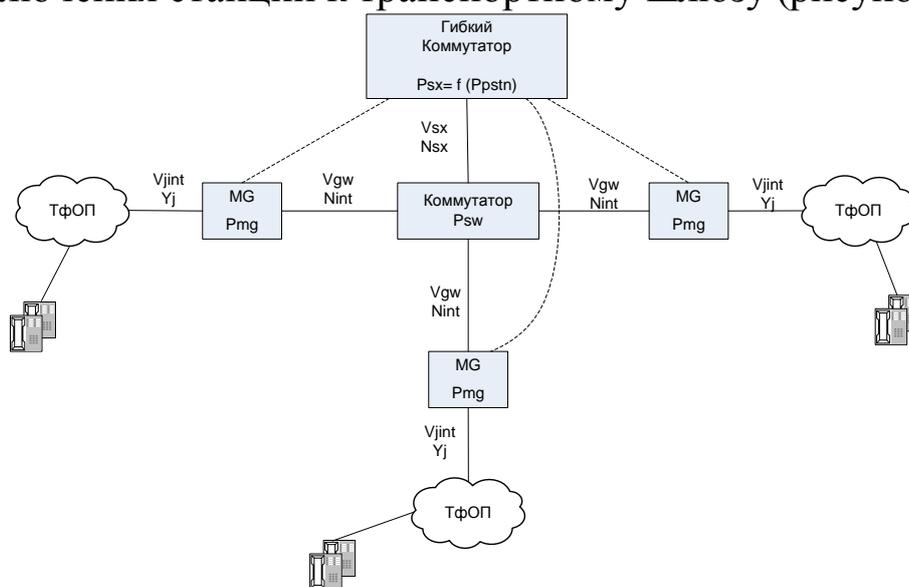


Рисунок 3 – Схема включения гибких коммутаторов для управления транзитными уровнями NGN

Пусть

$P_{CH}$  – интенсивность вызовов, обслуживаемых одним каналом 64 кбит/с;

$P_{GW}$  – интенсивность вызовов, обслуживаемых транспортным шлюзом.

Тогда интенсивность вызовов, поступающих на транспортный шлюз  $l$ , определяется формулой:

$$P_{l\_GW} = N_{l\_E1} \cdot 30 \cdot P_{CH}, \text{ ВЫЗ/ЧНН} \quad (5)$$

Следовательно, интенсивность вызовов, поступающих на гибкий коммутатор, можно вычислить как

$$P_{SX} = \sum_{l=1}^L P_{l\_GW} = 30 \cdot P_{CH} \cdot \sum_{l=1}^L N_{l\_E1}, \text{ ВЫЗ/ЧНН} \quad (6)$$

где  $L$  – число транспортных шлюзов, обслуживаемых гибким коммутатором.

Значение удельной интенсивности нагрузки определяется общими техническими требованиями к используемой опорной станции ОПС.

Требования по производительности предполагают работу оборудования гибкого коммутатора в условиях перегрузки с показателями не ниже определяемых в рекомендации Q.543 для нагрузок классов В и С.

Параметры интерфейса подключения гибкого коммутатора к пакетной сети определяются исходя из интенсивности обмена сигнальными сообщениями в процессе обслуживания вызовов. При использовании гибкого коммутатора для организации распределенного транзитного коммутатора сообщения сигнализации ОКС№7 поступают на SX в формате сообщений протокола M2UA или M3UA, в зависимости от реализации.

Пусть:

$L_{MXUA}$  – средняя длина сообщения (в байтах) протокола MxUA;

$N_{MXUA}$  – среднее количество сообщений протокола MxUA при обслуживании вызова;

$L_{MGCP}$  – средняя длина сообщения (в байтах) протокола MGCP, используемого для управления транспортным шлюзом;

$N_{MGCP}$  – среднее количество сообщений протокола MGCP при обслуживании вызова.

Тогда транспортный ресурс SX, необходимый для передачи сообщений протокола MxUA, составляет:

$$V_{SX\_MXUA} = k_{sig} \cdot L_{MXUA} \cdot N_{MXUA} \cdot P_{SX}, \text{ байт/ЧНН} \quad (7)$$

где  $k_{sig}$  – коэффициент использования ресурса.

Аналогично, транспортный ресурс гибкого коммутатора, необходимый для передачи сообщений протокола MGCP, составляет

$$V_{SX\_MGCP} = k_{sig} \cdot L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} \cdot P_{SX}, \text{ байт/ЧНН} \quad (8)$$

Суммарный минимальный полезный транспортный ресурс гибкого коммутатора SX, требуемый для обслуживания вызовов в структуре транзитного коммутатора, составляет

$$V_{SX} = V_{SX\_MXUA} + V_{SX\_MGCP}$$

После приведения размерностей получаем

$$V_{SX\_MXUA} = k_{sig} \cdot P_{SX} \cdot (L_{MXUA} \cdot N_{MXUA} + L_{MGCP} \cdot N_{MGCP}) / 450, \text{ бит} \quad (9)$$

Также ориентировочно можно принять, что средняя длина всех сообщений равна 50 байтам, а среднее количество сообщений в процессе обслуживания вызова равно 10.

Емкостные параметры интерфейсов подключения оборудования гибкого коммутатора к пакетной сети для управления транзитными коммутаторами могут быть определены по формуле (4).

*Варианты заданий*

№	Исходный параметр	Варианты заданий									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Число абонентов ССОП	2000	2500	3000	3500	4000	4500	3000	2500	3500	2000
2.	Число абонентов ISDN-BRA	250	200	150	300	350	400	450	250	300	350
3.	Число сетей доступа с интерфейсом V.5/Число потоков E1 для подключения	2/5	3/3	5/4	0	3/5	2/1	6/3	4/4	3/6	0
4.	Число УПАТС, подкл. к шлюзу /Число потоков PRI для подкл. УПАТС	4/2	0	1/2	3/5	1/2	2/3	4/2	0	4/1	3/3
5.	Число абонентов с терминалами SIP/H.323/MGCP	500	450	600	250	350	550	300	400	200	450
6.	Поправочный коэфф. для ССОП	1,1	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2
7.	Поправочный коэфф. для ISDN	1,3	1,5	1,6	1,2	1,4	1,3	1,2	1,1	1,5	1,4
8.	Поправочный коэфф. для V.5	1,2	1,3	1,5	1,1	1,2	1,4	1,5	1,3	1,2	1,1
9.	Поправочный коэфф. для УПАТС	1,5	1,1	1,1	1,3	1,3	1,5	1,1	1,2	1,3	1,3
10	Поправочный коэфф. для пакетной сети	1,2	1,3	1,4	1,5	1,2	1,3	1,4	1,2	1,1	1,5
11	Интенсивность вызовов, обслуживаемых одним каналом 64 кбит/с, вызовов/ЧНН	5	7	6	8	4	5	6	7	5	8
12	Число потоков E1, используемых для подкл. станции к транспортному шлюзу	2	3	4	5	2	3	4	2	3	5
13	Число транспортных шлюзов, обслуж. гибким коммутатором	1	2	3	4	5	1	2	3	4	3

***Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:***

- 1) Описать процесс согласно установленному заданию;
- 2) Предоставить скриншоты выполнения каждого этапа работы.

## **Лабораторная работа №3 «Построение сигнальных диаграмм соединений в сети NGN на базе протокола sip»**

**Цель занятия:** изучение форматов сообщений протокола SIP и получение практических навыков построения сигнальных диаграмм и заполнения полей заголовков запросов и ответов.

### **Задачи занятия:**

1) Изобразить стрелочную диаграмму установления успешного соединения и его разрушения между пользователями А и В в сети на базе протокола SIP с указанием используемых запросов и ответов протокола SIP.

2) Для каждого запроса и ответа заполнить поле заголовков.

### **Планируемые результаты обучения:**

- формирование знаний о сетях NGN на базе протокола sip;
- формирование навыков работы с протоколом sip.

### **Материально-техническое оборудование и материалы:**

- 1) Персональный компьютер с операционной системой;
- 2) Табличный редактор Microsoft Excel.

### ***План проведения лабораторного занятия***

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1) Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи. [Текст]/ Б. С. Гольдштейн, Н. А. Соколов, Г. Г. Яновский – СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 302 с.

2) Росляков А. В. Сети следующего поколения. Часть II [Текст]/ А. В. Росляков – Самара.: ПГАТИ, 2008. – 148 с.

3) Росляков А. В. Основы IP-телефонии. Учебное пособие [Текст]/ А. В. Росляков – М.: ИРИАС, 2007. – 88 с.

4) Росляков А. В. Система общеканальной сигнализации ОКС№7. Учебное пособие [Текст]/ А. В. Росляков – М.: ИРИАС, 2007. – 68 с

5) Семенов Ю. В. Проектирование сетей связи следующего поколения. [Текст]/ Ю. В. Семенов – СПб.: Наука и техника, 2005 – 183 с.

*Краткая теоретическая справка для самостоятельной подготовки к лабораторному занятию:*

### **Сценарий установления соединения через сервер переадресации**

Вызывающему пользователю требуется вызвать другого пользователя. Он передает запрос INVITE (1) на известный ему адрес сервера переадресации и на порт 5060, используемый по умолчанию (рисунок 1).

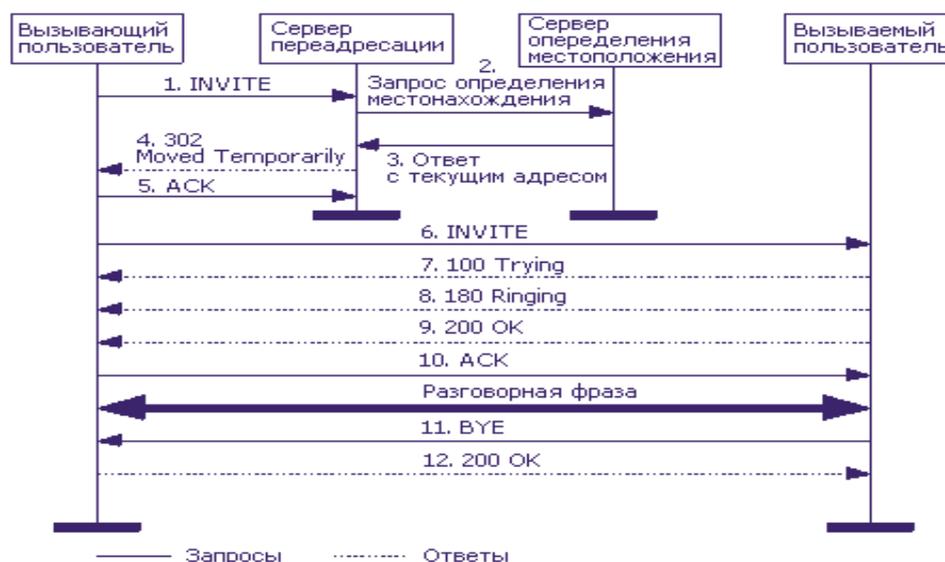


Рисунок 1 – Сценарий установления соединения через сервер переадресации

В запросе вызывающий пользователь указывает адрес вызываемого пользователя. Сервер переадресации запрашивает текущий адрес нужного пользователя у сервера определения местоположения (2), который сообщает ему этот адрес (3). Сервер переадресации в своем ответе 302 Moved temporarily передает вызывающей стороне текущий адрес вызываемого пользователя (4),

или сообщает список зарегистрированных адресов вызываемого пользователя, предлагая вызывающему самому выбрать один из них. Вызывающая сторона подтверждает прием ответа 302 передачей сообщения ACK (5).

Теперь вызывающая сторона может связаться с вызываемой стороной. Для этого она передает новый запрос INVITE (6). В теле сообщения INVITE указываются данные о функциональных возможностях вызывающей стороны в формате протокола SDP. Вызываемая сторона принимает запрос INVITE и начинает его обработку, о чем сообщает ответом 100 Trying (7) встречному оборудованию для перезапуска его таймеров.

После завершения обработки поступившего запроса оборудование вызываемой стороны сообщает своему пользователю о входящем вызове, а встречной стороне передает ответ 180 Ringing (8). После приема вызываемым пользователем входящего вызова встречной стороне передается сообщение 200 OK (9), в котором содержатся данные о функциональных возможностях вызываемого терминала в формате протокола SDP. Терминал вызывающего пользователя подтверждает прием ответа запросом ACK (10). На этом фаза установления соединения заканчивается, и начинается разговорная фаза.

По завершении разговорной фазы любая из сторон передает запрос BYE (11), который подтверждается ответом 200 OK (12).

Если пользователь А знает о текущем местоположении пользователя В, то он не обращается к серверу переадресации и серверу определения местоположения.

### **Сценарий установления соединения через прокси – сервер**

В этом случае действия (1), (2), (3) такие же, как и при использовании сервера переадресации. После выяснения адреса (на сервере определения местоположения) прокси-сервер пользователя А передает по этому адресу запрос INVITE (4) (рисунок 2). Вызываемый пользователь В оповещается акустическим или визуальным сигналом о том, что его вызывают (5); он поднимает трубку, и ответ 200 OK отправляется к прокси-серверу (6). Прокси-сервер переправляет этот ответ вызвавшему пользователю А (7),

последний подтверждает правильность приема, передавая запрос АСК (8), который переправляется к вызванному пользователю В (9). Соединение установлено, идет разговор.

Вызванный пользователь В кладет трубку, передается запрос ВУЕ (8), прием которого подтверждается ответом 200 ОК (9).

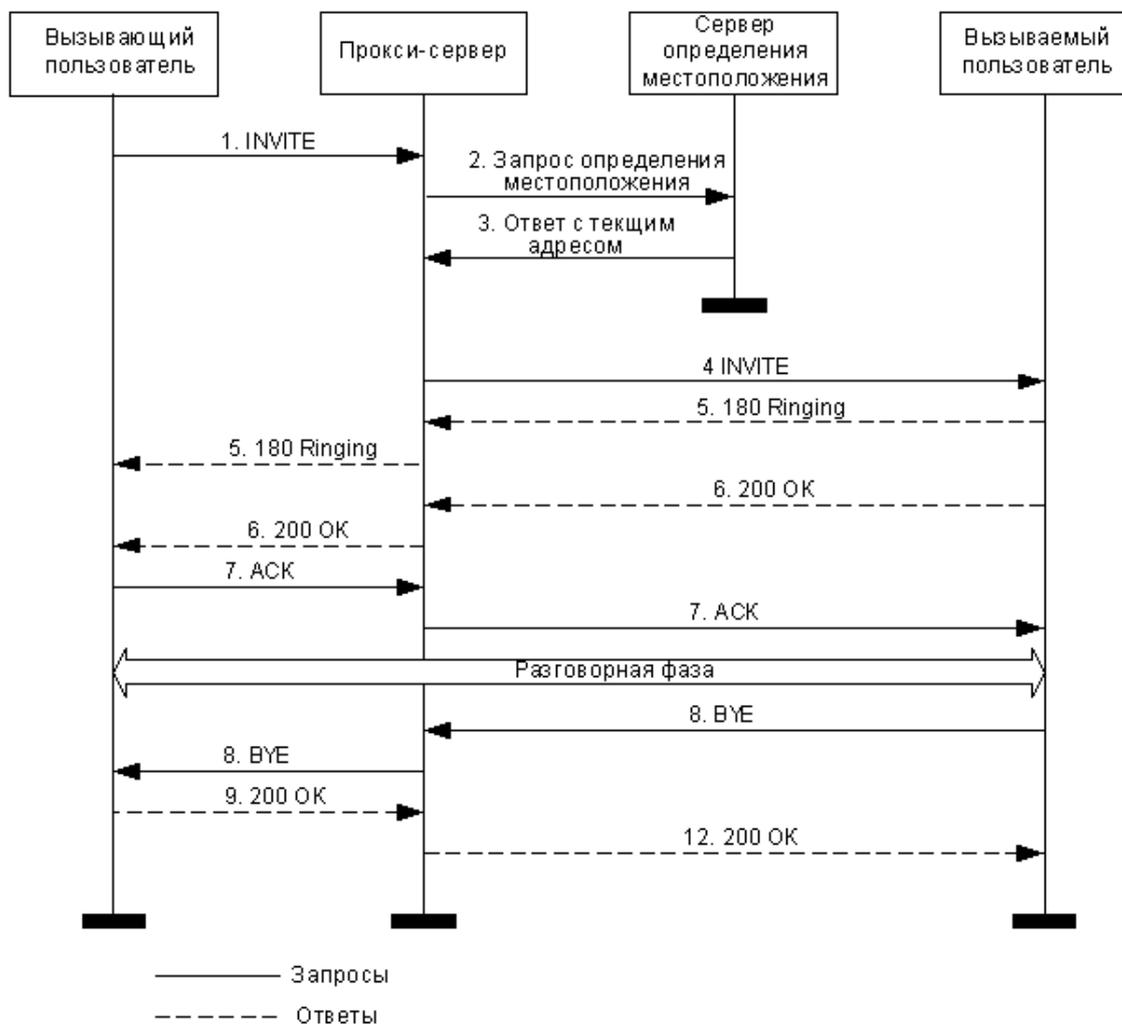


Рисунок 2– Сценарий установления соединения через прокси – сервер

Если прокси-сервер пользователя А знает о текущем местоположении пользователя В, то он не обращается к серверу определения местоположения.

*Примерные вопросы к собеседованию, к защите отчета по выполненной лабораторной работе:*

1) Зачем нужен протокол SIP? Какие принципы положены в основу протокола SIP?

- 2) Какое место занимает протокол SIP в стеке протоколов TCP/IP?
- 3) С помощью какого протокола терминалы обмениваются информацией о своих функциональных возможностях?
- 4) Перечислите основные элементы SIP-сети, укажите их функции.
- 5) Из каких элементов состоит Агент пользователя? Когда они используются?
- 6) Перечислите типы серверов SIP-сети, укажите их функции
- 7) Привести пример SIP-сети. Описать на нем в общем виде процесс установления соединения между терминалами.
- 8) Какой тип адресации используется в протоколе SIP. Перечислить типы SIP-адресов, что значат их элементы?
- 9) Сообщения протокола SIP. Какой формат сообщений и их структура?
- 10) Назначение запросов и ответов протокола SIP.
- 11) Пояснить назначение основных заголовков сообщений.
- 12) Описать процесс установления соединения с участием сервера переадресации.
- 13) Описать процесс установления соединения с участием прокси-сервера.
- 14) В чем разница двух сценариев?
- 15) Какое минимальное число сообщений необходимо для установления соединения?

***Алгоритм проведения эксперимента:***

***Часть 1. Создание запроса протокола SIP***

Сообщения протокола SIP (запросы и ответы), представляют собой последовательности текстовых строк, закодированных в соответствии с документом RFC 2279. Структура и синтаксис сообщений SIP идентичны используемым в протоколе HTTP (рисунок 3).



Рисунок 3– Структура сообщений протокола SIP

Запрос протокола SIP, составленный клиентом агента пользователя UAC (UserAgentClient), должен *обязательно* включать:

- стартовую строку Request-Line;
- шесть полей заголовков: To, From, CSeq, Call-ID, Max-Forwards и Via.

Стартовая строка Request-Line состоит из названия типа запроса, адрес запроса Request-URI и номера версии протокола, разделённых пробелом (рисунок 4). Request-Line заканчивается символами возврата каретки и перевода строки (CRLF). Оба символа, вместе или по одиночке, не должны встречаться в других частях строки.

Тип запроса	Пробел	Request - URL	Пробел	Версия протокола	CRLF
-------------	--------	---------------	--------	------------------	------

Рисунок 4– Структура строки Request-Line

В базовой рекомендации IETF RFC 3261 определено 6 типов запросов: REGISTER – для регистрации контактной информации, INVITE, ACK и CANCEL – для установления сессий, BYE – для завершения сессий и OPTIONS – для запроса информации о функциональных возможностях сервера. В настоящее время число

запросов в протоколе SIP увеличено до 14. Сервер определяет тип принятого запроса по названию, указанному в стартовой строке.

Поле Request-URI – это SIPURI, указывающий на пользователя или сервис, к которому адресован запрос. Исходное значение поля Request-URI сообщения устанавливается таким же, как URI в поле To. При использовании предустановленного маршрута рекомендуется задавать один URI, соответствующий исходящему прокси-серверу. Поле Request-URI не должно содержать пробелов и управляющих символов, а также быть заключённым в угловые скобки «<>».

И запросы, и ответы содержат действующую версию SIP-протокола. Приложения, посылающие SIP-сообщения, должны в поле SIP-Version указывать SIP/2.0. Пример стартовой строки:

ACKsip:alex@psuti.ruSIP/2.0.

Ниже будет рассмотрено формирование заголовков SIP-запросов при работе UAC вне диалога. Примерами запросов, отсылаемых вне диалога, является запрос INVITE, устанавливающий сессию, и запрос OPTIONS для запроса информации о функциональных возможностях. SIP-запросы при работе UAC в режиме диалога должны содержать специальный параметр, определяющий конкретный терминал вызываемого пользователя.

### *Формирование заголовка To*

Поле заголовка To устанавливает желаемого логического получателя запроса – публичный адрес получателя (address-of-record) или ресурс, на который отправляется запрос. Значение заголовка может как быть, так и не быть конечным получателем запроса. Поле To должно содержать SIP или SIPS URI. Схема SIPS означает, что ресурсы достижимы только при условии обеспечения безопасности (например, с помощью протокола TLS). Поле To позволяет также отображать имя пользователя (display name).

Обычно поле заголовка To заполняется через интерфейс пользователя вручную или с использованием адресной книги. Зачастую пользователь не вводит адреса полностью, а вместо этого вводит строку букв или цифр (например, «alex»); агент

пользователя UA (UserAgent) сам решает, как интерпретировать эту строку. Использование строки ввода для формирования пользовательской части SIP-адреса (user part) предполагает, что UA желает определить имя домена, находящееся по правую сторону от «@» SIP URI (например, sip: alex@psuti.ru).

Запросы вне диалога не должны содержать параметра «tag» в поле To. Параметр «tag» в заголовке To определяет конкретный терминал вызываемого пользователя (например, домашний, рабочий или сотовый телефон) из терминалов, зарегистрированных под одним SIP адресом. «Tag» заголовка To в совокупности с «tag» заголовка From и значением поля Call-ID идентифицирует диалог между двумя его участниками. Поскольку диалог не был установлен, «tag» в запросе отсутствует.

Пример поля заголовка To:

To: Alex <sip:alex@psuti.ru>.

### *Формирование заголовка From*

Поле заголовка From содержит логический идентификатор инициатора сообщения, как правило, публичный адрес вызывающего пользователя. Так же, как поле To, оно содержит URI и, опционально, отображаемое имя (display name), что удобно для вызываемого пользователя. Заголовок используется SIP-элементами для того, чтобы определить правила обработки, применимые к запросу (например, автоматическое отклонение вызова). Важно, чтобы URI в заголовке From не содержал IP-адреса хоста, с которым работает UA, так как это не логические имена.

Заголовок From предусматривает присутствие отображаемого имени (display name). UAC должен использовать отображаемое имя «Anonymous», если идентификационная информация пользователя (identity) неизвестна.

Обычно, поле заголовка From запросов, которые создаёт UA, заполняется на основании значения, предварительно определённого пользователем или администратором локального домена пользователя. Если конкретный UA используется несколькими пользователями, он может иметь переключаемые профили, которые содержат URI, соответствующий конкретным пользователям.

Получатели запросов могут аутентифицировать инициатора запроса для того, чтобы убедиться, что они те, кого представляют заголовки From их запросов.

Поле From должно содержать новый параметр «tag», созданный клиентом UA. Этот параметр содержит произвольную буквенно-цифровую строку, которая добавляется к URI UAC. Она используется для идентификации сессии.

Примеры поля заголовка From:

From: "Bob" <sips:bob@biloxi.com> ;tag=a48s

From: sip: +12125551212@phone2net.com;tag=887s

From: Anonymous <sip:c8oqz84zk7z@privacy.org>;tag=hyh8.

### *Формирование заголовка Call-ID*

Заголовок Call-ID – это уникальный идентификатор, объединяющий группу сообщений. Он должен совпадать для всех запросов и ответов, отправляемых любым из двух UA в процессе диалога. При создании нового диалога, заголовок Call-ID должен быть выбран UAC как уникальный идентификатор. Все SIP-агенты пользователя должны иметь средства, чтобы гарантировать, что Call-ID, созданный ими, не будет случайно генерирован другим UA.

При генерации значений Call-ID рекомендуется использовать случайные криптографические идентификаторы (по RFC 1750), их использование обеспечивает некоторую защиту от взлома сессий и уменьшает вероятность возникновения коллизий Call-ID. Значения заголовка Call-ID чувствительны к регистру и должны сравниваться побайтно.

Когда запросы отправляются повторно после получения ответа с кодом ошибки, требующего коррекции запроса, (например, запрос на предоставление отклика аутентификации), эти повторные запросы не рассматриваются как новые и они передаются со старым значением заголовка Call-ID.

Пример поля заголовка Call-ID:

Call-ID: f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6@psuti.ru.

### *Формирование заголовка CSeq*

Поле заголовка CSeq (Sequence Command) служит средством для идентификации и упорядочивания транзакций в диалоге. Поле заголовка CSeq содержит порядковый номер и тип запроса. Для запросов вне диалога, кроме REGISTER, значение порядкового номера может быть произвольным. Величина порядкового номера выражается 32-разрядным целым числом и должна быть меньше, чем  $2^{31}$ . Клиент может выбирать любой механизм для создания значений заголовка CSeq.

Пример поля заголовка CSeq:  
CSeq: 456 INVITE.

### *Формирование заголовка Max-Forwards*

Заголовок Max-Forwards используется в любом типе SIP-запросов, чтобы ограничить число серверов или шлюзов, через которые проходит запрос на пути к месту назначения. Значение заголовка должно быть целым числом в пределах от 0 до 255, отражающим оставшееся количество пересылок, которое разрешено для сообщения. Это число уменьшается каждым сервером на единицу, который пересылает запрос дальше. В качестве первоначального значения рекомендуется брать 70. Величина выбрана достаточно большой, чтобы гарантировать, что запрос не будет отброшен сетью SIP при отсутствии петель, но и не слишком большой, чтобы не загружать ресурсы прокси-сервера при возникновении петли. Меньшие величины рекомендуется использовать с осторожностью и только в сетях, где агенту пользователя известна топология сети.

Пример поля заголовка Max-Forwards:  
Max-Forwards:6.

### *Формирование заголовка Via*

Поле заголовка Via указывает один из узлов, используемых для проведения транзакции и идентифицирует местоположение (location), куда должен быть отправлен ответ. SIP элемент,

добавляет собственное значение заголовка Via только после выбора следующего узла, которому будет передан запрос.

Когда UAC создает запрос, он должен вставить в него поле Via. Также необходимо указать название протокола – SIP, и его версию - 2.0. Поле заголовка Via должно содержать параметр «branch». Этот параметр используется для идентификации транзакции, созданной данным запросом. Он используется и клиентом, и сервером.

Значение параметра «branch» должно быть уникальным для всех запросов, отправляемых UA. Исключение составляют запрос CANCEL и запрос ACK на ответы, отличные от класса 2xx. Запрос CANCEL будет иметь то же значение параметра «branch», что и запрос, который он отменяет. Запрос ACK на ответ, отличный от класса 2xx также будет иметь тот же параметр «branch», что и INVITE, ответ на который он подтверждает. Уникальность этого параметра облегчает его использование в качестве идентификатора транзакции. Параметр «branch», вставляемый элементом сети SIP, должен всегда начинаться с "z9hG4bK". Эти семь символов, называемых «magic cookie» («волшебное печенье»), используют для того, чтобы серверы, получившие запрос, могли определить, что идентификатор транзакции уникален в мировом масштабе. Содержимое куки, как правило, не значимо для получателя и не интерпретируется до тех пор, пока получатель не вернёт куки обратно отправителю. В реальной жизни куки можно сравнить с номерком в гардеробе: номерок не имеет собственной ценности, но он позволяет получить взамен правильное пальто.

Пример заголовка Via:

Via:SIP/2.0/UDP12.26.17.91:5060;

branch=z9hG4bK3af7.0abe92f4

v: SIP/2.0/UDP server10.itep.com

Укажем назначение некоторых других заголовков, часто встречающихся в сообщениях SIP:

В заголовок **Record route(Хранимый маршрут)** прокси-сервер вписывает свой адрес – SIP URL, – если хочет, чтобы последующие запросы прошли через него.

Заголовок **Content Type**(Тип тела сообщения) определяет формат описания сеанса связи. Само описание сеанса, например, в формате протокола SDP, включается в тело сообщения.

Заголовок **Content Length**(Длина тела сообщения) указывает в десятичном виде размер тела сообщения в байтах.

Следует обратить внимание на то, что запросы и ответы на них могут включать в себя лишь определенный набор заголовков (рисунок 5). Здесь буква «M» означает обязательное присутствие заголовка в сообщении, буква «O» – необязательное присутствие, буква «F» запрещает присутствие заголовка. \* – поле необходимо только в случае, когда тело сообщения содержит какую-либо информацию, т.е. не является пустым.

Название заголовка	Место использования заголовка	ACK	BYE	CAN	INV	OPT	REG
Accept	Заголовок в запросах	F	F	F	O	O	O
Accept	Заголовок в ответе 415	F	F	F	O	O	O
Accept-Encoding	Заголовок в запросах	F	F	F	O	O	O
Accept-Encoding	Заголовок в ответе 415	F	F	F	O	O	O
Accept-Language	Заголовок в запросах	F	O	O	O	O	O
Accept-Language	Заголовок в ответе 415	F	O	O	O	O	O
Allow	Заголовок в ответе 200	F	F	F	F	M	F
Allow	Заголовок в ответе 405	O	O	O	O	O	O
Authorization	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Call-ID	Общий заголовок - копируется из запросов в ответы	M	M	M	M	M	M
Contact	Заголовок в запросах	O	F	F	O	O	O
Contact	Заголовок в ответах 1xx	F	F	F	O	O	F
Contact	Заголовок в ответах 2xx	F	F	F	O	O	O
Contact	Заголовок в ответах 3xx	F	O	F	O	O	O
Contact	Заголовок в ответе 485	F	O	F	O	O	O
Content-Encoding	Заголовки содержания	O	F	F	O	O	O
Content-Length	Заголовки содержания	O	F	F	O	O	O
Content-Type	Заголовки содержания	*	F	F	*	*	*
Cseq	Общий заголовок - копируется из запросов в ответы	M	M	M	M	M	M
Date	Заголовок в ответах	O	O	O	O	O	O
Encryption	Заголовок в ответах	O	O	O	O	O	O
Expires	Заголовок в ответах	F	F	F	O	F	O
From	Общий заголовок - копируется из запросов в ответы	M	M	M	M	M	M
Hide	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Max-Forwards	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Organization	Общий заголовок	F	F	F	O	O	O
Proxy-Authenticate	Заголовок в ответе 407	O	O	O	O	O	O
Proxy-Authorization	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Proxy-Require	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Priority	Заголовок в запросах	F	F	F	O	F	F
Require	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Retry-After	Заголовок в запросах	F	F	F	F	F	O
Retry-After	Заголовок в ответах 404, 480, 486, 503, 600 и 603	O	O	O	O	O	O
Response-Key	Заголовок в запросах	F	O	O	O	O	O
Record-Route	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Record-Route	Заголовок в ответах 2xx	O	O	O	O	O	O
Route	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Server	Заголовок в ответах	O	O	O	O	O	O
Subject	Заголовок в запросах	F	F	F	O	F	F
Timestamp	Общий заголовок	O	O	O	O	O	O
To	Общий заголовок - копируется из запросов в ответы	M	M	M	M	M	M
Unsupported	Заголовок в ответе 420	O	O	O	O	O	O
User-Agent	Общий заголовок	O	O	O	O	O	O
Via	Общий заголовок - копируется из запросов в ответы	M	M	M	M	M	M
Warning	Заголовок в ответах	O	O	O	O	O	O
WWW-Authenticate	Заголовок в ответе 401	O	O	O	O	O	O

Рисунок 5– Связь заголовков с запросами и ответами протокола SIP  
v 2.0

### *Часть 2. Создание ответа протокола SIP*

Характерное отличие SIP-ответов от запросов – это наличие строки состояния Status-Line (рисунок 6) , в состав которой входят версия протокола и код ответа (Status-Code) со связанной с ним текстовой расшифровкой (Reason-Phrase), разделённые пробелом. Символы возврата каретки (CR) и перевода строки (LF) могут

использоваться только совместно в завершающей строку последовательности CRLF.

Версия протокола	Пробел	Код ответа	Пробел	Расшифровка ответа	CRLF
------------------	--------	------------	--------	--------------------	------

Рисунок 6 – Структура строки Status – Line

Код ответа – это целое трёхзначное число, отражающее результат обработки запроса сервером. Расшифровка ответа (Reason-Phrase) дает краткое описание кода ответа и предназначена для визуального восприятия пользователем в отличие от кода ответа (Status-Code), который служит для оповещения технических устройств. К формулировке расшифровки ответа (Reason-Phrase) не предъявляется жестких требований.

Определено шесть типов ответов, несущих разную функциональную нагрузку. Тип ответа кодируется трехзначным числом. Самой важной является первая цифра, которая определяет класс ответа, остальные две цифры лишь дополняют первую. В некоторых случаях оборудование даже может не знать все коды ответов, но оно обязательно должно интерпретировать первую цифру ответа.

Все ответы делятся на две группы: информационные и финальные.

Информационные ответы кодируются трехзначным числом, начинающимся с единицы, **1xx** и показывают, что запрос находится в стадии обработки. Информационные ответы показывают, что запрос находится в стадии обработки. Некоторые информационные ответы, например, 100 Trying, предназначены для установки на нуль таймеров, которые запускаются в оборудовании, передавшем запрос. Если к моменту срабатывания таймера ответ на запрос не получен, то считается, что этот запрос потерян и может (по усмотрению производителя) быть передан повторно. Один из распространенных ответов – 180 Ringing; по назначению он идентичен сигналу «Контроль посылки вызова» в ТфОП и означает, что вызываемый пользователь получает сигнал о входящем вызове.

Финальные ответы кодируются трехзначными числами, начинающимися с цифр **2, 3, 4, 5 и 6**. Они означают завершение

обработки запроса и содержат, когда это нужно, результат обработки запроса.

**Ответы 2xx** означают, что запрос был успешно обработан. В настоящее время из всех ответов типа 2xx определен лишь два - 200 OK и 202 Accepted.

Значение ответа 200 OK зависит от того, на какой запрос он отвечает:

- ответ 200 OK на запрос INVITE означает, что вызываемое оборудование согласно на участие в сеансе связи; в теле ответа указываются функциональные возможности этого оборудования;
- ответ 200 OK на запрос BYE означает завершение сеанса связи, в теле ответа никакой информации не содержится;
- ответ 200 OK на запрос CANCEL означает отмену поиска, в теле ответа никакой информации не содержится;
- ответ 200 OK на запрос REGISTER означает, что регистрация прошла успешно;
- ответ 200 OK на запрос OPTIONS служит для передачи сведений о функциональных возможностях оборудования, эти сведения содержатся в теле ответа.

Ответ 202 Accepted означает, что запрос был принят для обработки, но обработка еще не завершена.

**Ответы 3xx** информируют оборудование вызывающего пользователя о новом местоположении вызываемого пользователя или переносят другую информацию, которая может быть использована для нового вызова:

- в ответе 300 Multiple Choices указывается несколько SIP-адресов, по которым можно найти вызываемого пользователя, и вызывающему пользователю предлагается выбрать один из них;
- ответ 301 Moved Permanently означает, что вызываемый пользователь больше не находится по адресу, указанному в запросе, и направлять запросы нужно на адрес, указанный в поле Contact;
- ответ 302 Moved Temporary означает, что пользователь временно (промежуток времени может быть указан в поле Expires) находится по другому адресу, который указывается в поле Contact.

**Ответы 4xx** информируют о том, что в запросе обнаружена ошибка. После получения такого ответа пользователь не должен передавать тот же самый запрос без его модификации:

- ответ 400 Bad Request означает, что запрос не понят из-за наличия в нем синтаксических ошибок;

- ответ 401 Unauthorized означает, что запрос требует проведения процедуры аутентификации пользователя. Существуют разные варианты аутентификации, и в ответе может быть указано, какой из них использовать в данном случае;

- ответ 403 Forbidden означает, что сервер понял запрос, но отказался его обслуживать. Повторный запрос посылать не следует. Причины могут быть разными, например, запросы с этого адреса не обслуживаются и т.д.;

- ответ 485 Ambiguous означает, что адрес в запросе не определяет вызываемого пользователя однозначно;

- ответ 486 Busy Here означает, что вызываемый пользователь в настоящий момент не может принять входящий вызов по данному адресу. Ответ не исключает возможности связаться с пользователем по другому адресу или, к примеру, оставить сообщение в речевом почтовом ящике.

**Ответы 5xx** информируют о том, что запрос не может быть обработан из-за отказа сервера:

- ответ 500 Server Internal Error означает, что сервер не имеет возможности обслужить запрос из-за внутренней ошибки. Клиент может попытаться повторно послать запрос через некоторое время;

- ответ 501 Not Implemented означает, что в сервере не реализованы функции, необходимые для обслуживания этого запроса. Ответ передается, например, в том случае, когда сервер не может распознать тип запроса;

- ответ 502 Bad Gateway информирует о том, что сервер, функционирующий в качестве шлюза или прокси-сервера, принял некорректный ответ от сервера, к которому он направил запрос;

- ответ 503 Service Unavailable говорит о том, что сервер не может в данный момент обслужить вызов вследствие перегрузки или проведения технического обслуживания.

**Ответы бхх** информируют о том, что соединение с вызываемым пользователем установить невозможно:

– ответ 600 Busy Everywhere сообщает, что вызываемый пользователь занят и не может принять вызов в данный момент ни по одному из имеющихся у него адресов. Ответ может указывать время, подходящее для вызова пользователя;

– ответ 603 Decline означает, что вызываемый пользователь не может или не желает принять входящий вызов. В ответе может быть указано подходящее для вызова время;

– ответ 604 Does Not Exist Anywhere означает, что вызываемого пользователя не существует.

Пример ответа 200 ОК:

SIP/2.0 200 ОК

Via: SIP/2.0/UDPkton.bell-tel.com

From: A. Bell <sip:a.g.bell@bell-tel.com>

To: <sip:watson@bell-tel.com>;

Call-ID: 3298420296@kton.bell-tel.com

Cseq: 1 INVITE

Content-Type: application/sdp

Content-Length: ...

v=0

o=watson 4858949 4858949 IN IP4 192.1.2.3

t=3149329600 0

SIP=IN IP4 boston.bell-tel.com

m=audio 5004 RTP/AVP 0 3

a=rtpmap:0 PCMU/8000

a=rtpmap:3 GSM/8000

В ответе пользователя Watson на запрос Bell сообщается, что он может принимать аудиоинформацию на порт 5004, понимает кодеки PCMU, GSM. Поля From, To, Via, Call-ID взяты из запроса. Поле Cseq показывает, что это – ответ на INVITE с Cseq: 1.

*Варианты заданий*

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Имя польз. А	User	Operat	Guest	Privacy	Client	Managr	People	Chief	Boss	Clerk
Отображаемое имя польз.А	Vladimir	Olga	Peter	Ivan	Lena	David	Sofia	Sasha	Nina	Sergei
Домен польз. А	prim.ru	darts.ru	doc.com	ant.org	guk.ru	mtusi.ru	force.int	astan.kz	mins.bu	kiev.ua
IP-адрес польз. А	192.168.0.1	196.14.1.12	207.12.2.51	212.1.0.3	198.1.1.3	195.2.3.11	211.11.1.1	195.0.2.4	199.1.0.32	193.24.1.0
Номер пред. послед-сти команд	25486	3648	31975	593173	2132456	553547	4358	23787	5867	67867
Имя пользователя В	Guest	Privacy	User	Operat	People	Boss	Client	Managr	Clerk	Chief
Отображаемое имя польз.В	Olga	Peter	Lena	Vladimir	Sofia	Nina	Sergei	David	Sasha	Ivan
Домен польз. В	darts.ru	doc.com	prim.ru	mtusi.ru	ant.org	doc.com	guk.ru	guk.ru	astan.kz	docum.com
IP-адрес польз. В	192.130.1.0	193.23.1.2	223.2.0.1	202.14.3.91	197.12.1.3	194.26.2.11	191.3.12.3	211.0.2.1	196.35.0.3	194.32.5.1
Исход вызова	2	3	2	4	2	5	2	6	7	1

***Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:***

- 1) Описать процесс согласно установленному заданию;
- 2) Предоставить скриншоты выполнения каждого этапа работы.

## **Лабораторная работа №4 «Разработка схем взаимодействия традиционных телефонных сетей и сетей NGN»**

**Цель занятия:** изучение процессов установления телефонных соединений с совместным использованием протоколов сигнализации ISUP и SIP и получение практических навыков построения сигнальных диаграмм взаимодействия телефонных сетей и сетей NGN.

### **Задачи занятия:**

1. Изобразить схему организации связи между исходящим и входящим терминалами через транзитную сеть в соответствии с индивидуальным заданием.
2. Указать назначение сетевых узлов, используемых при организации соединений между терминалами разных сетей.
3. Определить:
  - тип используемых протоколов сигнализации на каждом участке взаимодействия сетей;
  - тип используемых протоколов для передачи речевой информации между терминалами на каждом участке соединения;
  - вид передаваемой информации на каждом участке взаимодействия сетей.
4. Изобразить стрелочную диаграмму обмена сигнальными сообщениями между сетевыми узлами, используемыми при организации соединения между терминалами разных сетей.
5. Указать, какую основную информацию переносит каждое сигнальное сообщение.

### **Планируемые результаты обучения:**

- формирование знаний классификации оборудования NGN;
- формирование навыков работы с взаимодействием традиционных телефонных сетей и сетей NGN.

### **Материально-техническое оборудование и материалы:**

- 1) Персональный компьютер с операционной системой;
- 2) Табличный редактор Microsoft Excel.

## ***План проведения лабораторного занятия***

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1) Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи. [Текст]/ Б. С. Гольдштейн, Н. А. Соколов, Г. Г. Яновский – СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 302 с.

2) Росляков А. В. Сети следующего поколения. Часть II [Текст]/ А. В. Росляков – Самара.: ПГАТИ, 2008. – 148 с.

3) Росляков А. В. Основы IP-телефонии. Учебное пособие [Текст]/ А. В. Росляков – М.: ИРИАС, 2007. – 88 с.

4) Росляков А. В. Система общеканальной сигнализации ОКС№7. Учебное пособие [Текст]/ А. В. Росляков – М.: ИРИАС, 2007. – 68 с

5) Семенов Ю. В. Проектирование сетей связи следующего поколения. [Текст]/ Ю. В. Семенов – СПб.: Наука и техника, 2005 – 183 с.

*Краткая теоретическая справка для самостоятельной подготовки к лабораторному занятию:*

### **Классификация оборудования NGN**

В настоящее время выпускается обширный класс фирменных аппаратно-программных решений (платформ) для реализации сетей следующего поколения на базе гибких коммутаторов (softswitch). Эти мультисервисные платформы содержат разнообразное оборудование, которое можно классифицировать по выполняемым сетевым функциям. Большинство имеющихся подходов к классификации основывается на разделении оборудования NGN в соответствии с четырьмя уровнями (плоскостями) сетей следующего поколения: доступа, транспорта, управления вызовами и приложений. На рисунке 1 приведена схема классификации типов оборудования NGN. Основным устройством, реализующим функции уровня управления коммутацией и передачей

информации, является программный коммутатор Softswitch. Кроме этого на данном уровне могут использоваться АТС с функциями контроллера шлюзов (MGC – Media Gateway Controller).

В состав базовой сети, которой соответствует транспортный уровень NGN, могут входить:

- транзитные узлы, выполняющие функции переноса и коммутации;
- конечные (граничные) узлы, обеспечивающие доступ абонентов к мультисервисной сети;
- контроллеры сигнализации, выполняющие функции обработки информации сигнализации, управления вызовами и соединениями;
- шлюзы, позволяющие осуществить подключение традиционных сетей электросвязи (ТфОП, СПД, СПС).

К уровню доступа NGN относятся:

- шлюзы;
- сеть доступа (сеть электросвязи, обеспечивающая подключение конечных терминальных устройств пользователя к конечному узлу транспортной сети);
- конечное абонентское оборудование.

Выделены следующие программные и аппаратные конфигурации шлюзового оборудования:

- транспортный шлюз (Media Gateway (MG));
- сигнальные шлюзы (Signalling Gateway (SG));
- транкинговый шлюз (Trunking Gateway (TGW) – совместная реализация функций MG и SG;
- шлюз доступа (Access Gateway (AGW) – реализация функции MG и SG для оборудования доступа, подключаемого через интерфейс V5;

Отмечено, что с развитием технологий электросвязи становится все проблематичней провести четкую грань между транспортным уровнем и уровнем доступа. Так, например, цифровой абонентский мультиплексор доступа (DSLAM) может быть отнесен и к тому, и к другому уровню.

Кроме двух основных типов терминальных устройств, предназначенных для работы в сетях NG - SIP-терминалы и H.323-терминалы, также иногда используется терминальное оборудование

на основе протокола MEGACO. Еще одним видом терминального оборудования являются интегрированные устройства доступа (IAD).

Для выполнения функций уровня услуг и управления услугами предназначены различные серверы приложений (Application Servers) и серверы дополнительных услуг (Feature Servers). Кроме этого могут использоваться специализированные компоненты передачи пользовательской информации, например, медиасерверы, которые выполняют функции конференцсвязи, IVR и т.п.



Рисунок 1 –Схема классификации типов оборудования NGN

*Примерные вопросы к собеседованию, к защите отчета по выполненной лабораторной работе:*

1) В каких узлах сети происходит преобразование сообщений протоколов ISUP и SIP при установлении и разрушении пользовательских соединений? Какие функции они выполняют в сетях SIP и ОКС№7?

2) Какие базовые сообщения передаются в сети сигнализации ОКС№7 (ISUP) при установлении и разрушении телефонного соединения?

3) Какие базовые запросы и ответы передаются в сети SIP при установлении и разрушении речевого соединения?

4) Каким образом передается информация о причине неуспешного соединения в сети на базе протокола SIP?

5) Каким образом передается информация о причине неуспешного соединения в сети сигнализации ОКС№7 (ISUP)?

***Алгоритм проведения эксперимента:***

*Часть 1 Соединения SIP → ISUP*

*Установление успешного соединения*

1. Когда пользователь SIP желает инициировать сеанс связи с пользователем ТфОП, узел SIP выдает запрос INVITE, шлюз посылает на него ответ 100 Trying.

2. При приеме запроса INVITE шлюз отображает его в сообщении ISUP «Начальное адресное сообщение» (IAM) и посылает его в сеть ОКС№7.

3. Удаленный узел ISUP информирует, что абонент свободен и адрес достаточен для установления соединения путем посылки сообщения ISUP «Адрес полный» (ACM).

4. Получив сообщение ACM, шлюз отображает код события (event code) в промежуточный ответ SIP 180 Ringing (Посылка вызова) и посылает его на узел SIP. Пользователю SIP передается тональный сигнал «Контроль посылки вызова».

5. Когда пользователь ТфОП ответит, шлюзу посылается сообщение ISUP «Ответ» (ANM).

6. Приняв сообщение ANM, шлюз посылает сообщение 200 ОК к узлу SIP.

7. Узел SIP, получив финальный ответ 200 ОК, посылает сообщение ACK для подтверждения.

*Невозможность установления соединения в сети ISUP*

1. Когда пользователь SIP инициирует сеанс связи с пользователем ТфОП, узел SIP генерирует запрос INVITE.

2. Приняв запрос INVITE, шлюз отображает его в сообщение IAM и посылает его в сеть ISUP.

3. Т.к. удаленный узел ISUP не может установить соединение, он посылает сообщение REL.

4. Шлюз освобождает канал и подтверждает, что он свободен для дальнейшего использования посылкой сообщения RLC.

5. Шлюз транслирует код причины из сообщения REL в ответ SIP об ошибке 4xx и передает его на узел SIP.

6. Узел SIP посылает ACK для подтверждения приема финального ответа INVITE.

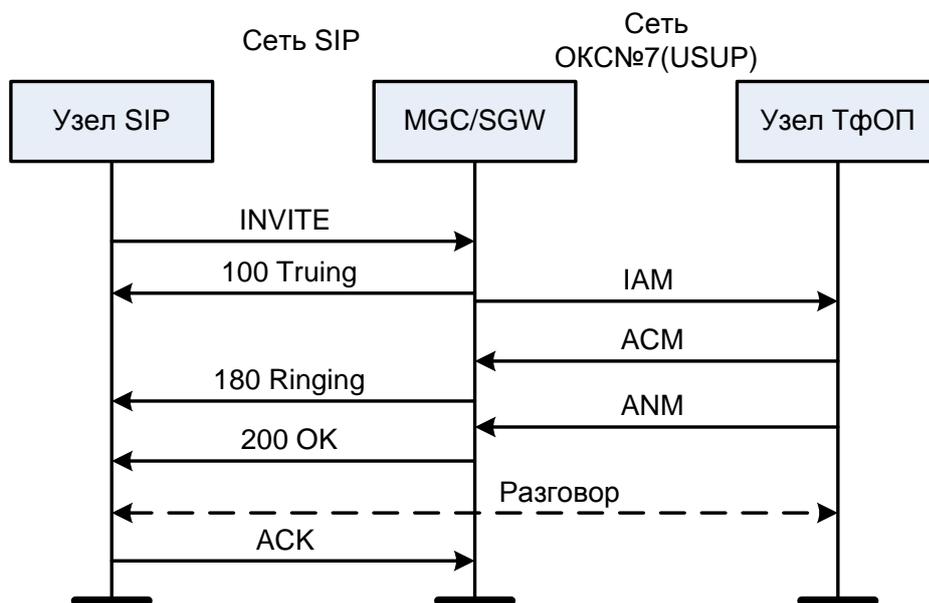


Рисунок 2 – Установление успешного соединения

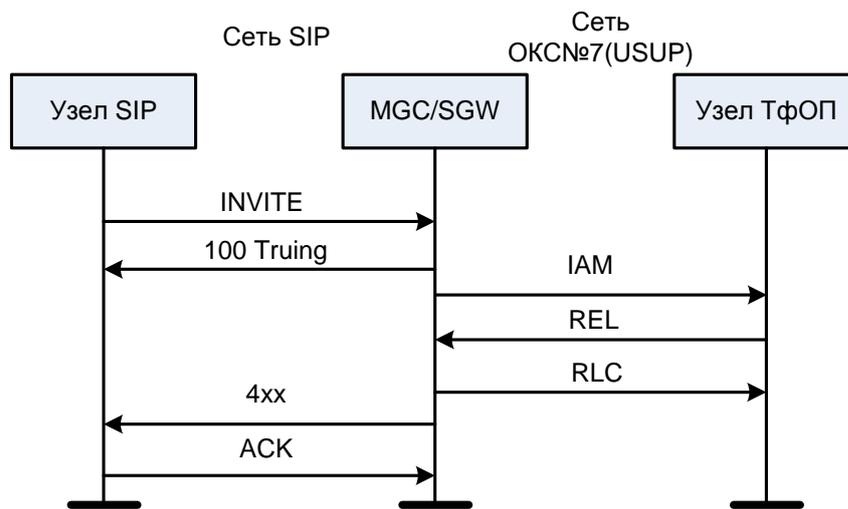


Рисунок 3 – Невозможность установления соединения в сети ISUP

*Отбой вызова на стороне SIP до ответа абонента ТфОП*

1. Когда пользователь SIP инициирует сеанс связи с пользователем ТфОП, узел SIP генерирует запрос INVITE.
2. Приняв запрос INVITE, шлюз отображает его в сообщении IAM и посылает его в сеть ISUP.
3. Удаленный узел ISUP информирует, что абонент свободен и адрес достаточен для установления соединения путем посылки сообщения ACM.
4. Код параметра «called party status» (статус вызываемой стороны) из сообщения ACM отображается в промежуточный ответ SIP 180.
5. Для завершения вызова до ответа абонента узел SIP посылает запрос CANCEL.
6. Запрос CANCEL подтверждается ответом 200 ОК.
7. Получив запрос CANCEL, шлюз посылает ISUP сообщение REL для завершения вызова.
8. Шлюз посылает ответ 478 «Call Cancelled» (Вызов отменен) на узел SIP для завершения транзакции INVITE.
9. Получив сообщение REL, удаленный узел ISUP отвечает сообщением RLC.

10. Получив ответ 487, узел SIP подтверждает прием сообщением ACK.

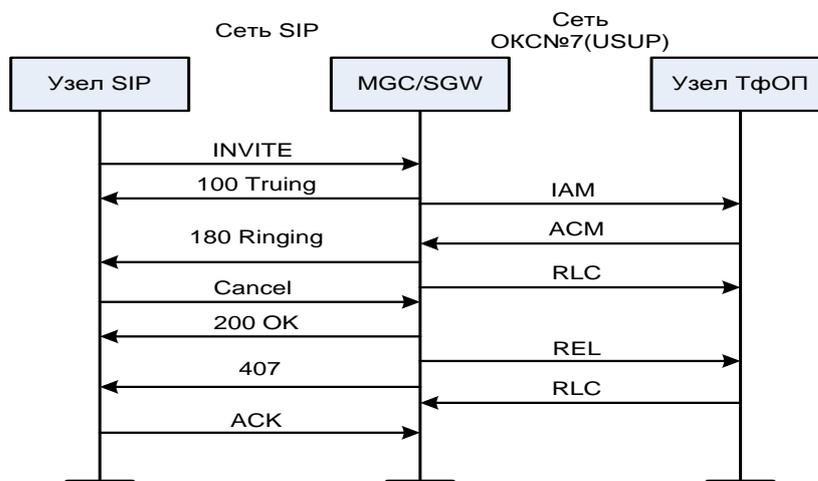


Рисунок 4 – Отбой вызова со стороны сети SIP

### *Часть 2 Соединения ISUP→SIP*

#### *Установление успешного соединения*

1. Когда абоненту ТфОП требуется начать установку сеанса к абоненту SIP, ТфОП генерирует сообщение IAM в направлении шлюза.

2. При приеме сообщения IAM шлюз генерирует сообщение INVITE и посылает его соответствующему узлу SIP.

3. Если происходит событие, обозначающее, что адресная информация вызова является достаточной, то узел SIP генерирует предварительный ответ 180 Ringing или больший.

4. При приеме предварительного ответа 180 Ringing или большего шлюз генерирует сообщение ACM. Если ответ был не 180 Ringing, то в сообщении ACM значение параметра «called party status» («статус вызываемой стороны») будет «no indication» («не указано»).

5. Когда узел SIP ответит на вызов, он посылает сообщение 200 OK.

6. При приеме сообщения 200 OK шлюз посылает сообщение ANM в направлении узла ISUP.

7. Для подтверждения приема окончательного ответа на INVITE шлюз посылает сообщение ACK узлу SIP.

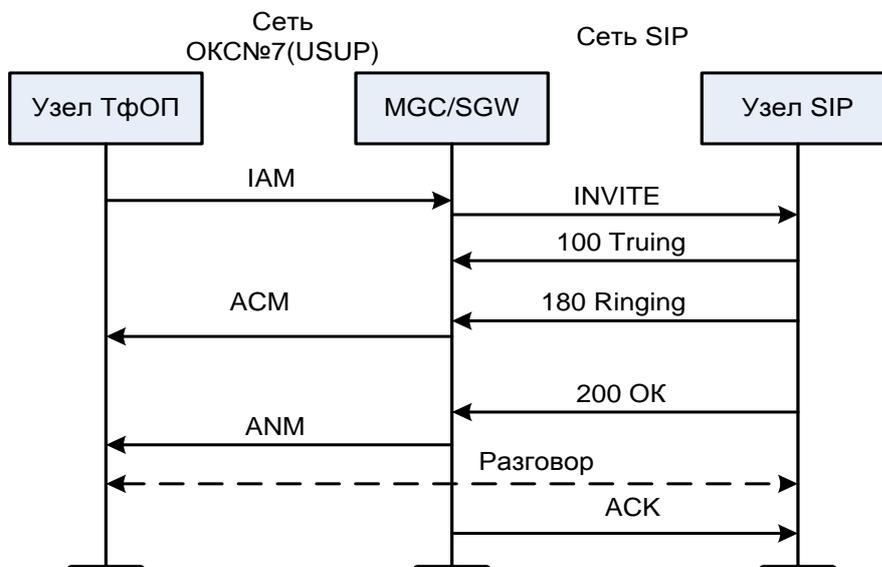


Рисунок 5– Установление успешного соединения  
*Установление неуспешного соединения в сети SIP*

1. Когда абоненту ТфОП требуется начать установку сеанса к абоненту SIP, ТфОП генерирует сообщение IAM в направлении шлюза.

2. При приеме сообщения IAM шлюз генерирует сообщение INVITE и посылает его соответствующему узлу SIP на основе анализа номера вызываемого абонента.

3. Узел SIP указывает на состояние ошибки ответом с кодом 400 или большим.

4. Для подтверждения приема окончательного ответа на INVITE шлюз посылает сообщение ACK узлу SIP.

5. Сообщение REL ISUP с соответствующим кодом причины генерируется из узла SIP.

6. Удаленный узел ISUP подтверждает прием сообщения REL сообщением RLC.

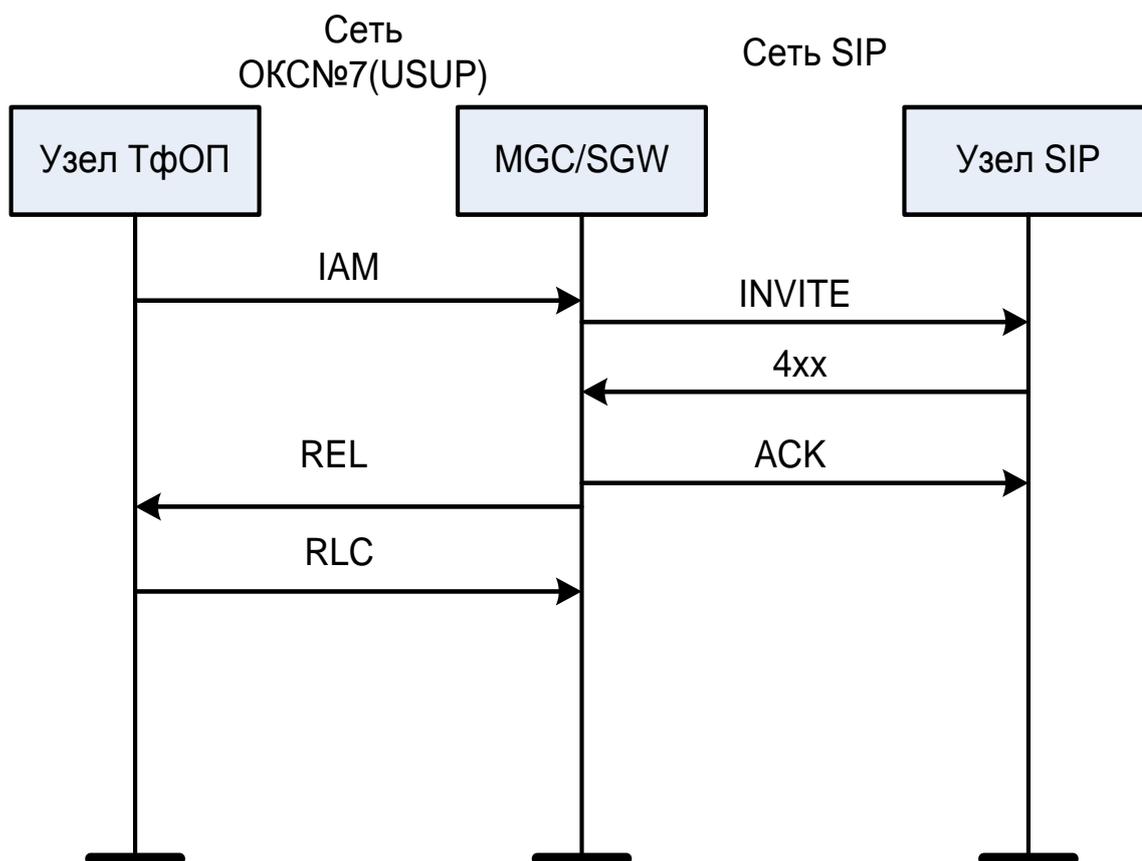


Рисунок 6 – Установление неуспешного соединения в сети SIP

### *Перенаправление вызова в сети SIP*

1. Когда абоненту ТфОП требуется начать установку сеанса к абоненту SIP, ТфОП генерирует сообщение IAM в направлении шлюза.

2. При приеме сообщения IAM шлюз генерирует сообщение INVITE и посылает его соответствующему узлу SIP на основе анализа номера вызываемого абонента.

3. Узел SIP посылкой ответа 3xx указывает, что ресурс, к которому пользователь пытается установить контакт, расположен в другом месте. Предполагается, что контактный URL указывает действительный URL, который доступен VoIP SIP-вызову.

4. Шлюз подтверждает прием окончательного ответа на INVITE, передавая сообщение ACK узлу SIP.

5. Шлюз посылает принятое сообщение INVITE по адресу, указанному в поле контакт сообщения 3xx.

6. Когда происходит событие, говорящее о том, что вызов имеет достаточную адресную информацию, узел SIP генерирует предварительный ответ 180 Ringing или больший.

7. При приеме предварительного ответа 180 Ringing или большего шлюз генерирует сообщение ACM с кодом события.

8. Когда узел SIP отвечает на вызов, он посылает сообщение 200 OK.

9. При приеме сообщения 200 OK шлюз посылает сообщение ANM в направлении узла ISUP.

10. Для подтверждения приема окончательного ответа на INVITE шлюз посылает сообщение ACK узлу SIP.

### *Разъединение соединения со стороны ISUP*

1. Когда абоненту ТфОП требуется начать установку сеанса к абоненту SIP, ТфОП генерирует сообщение IAM в направлении шлюза.

2. При приеме сообщения IAM шлюз генерирует сообщение INVITE и посылает его соответствующему узлу SIP на основе анализа номера вызываемого абонента.

3. Когда происходит событие, говорящее о том, что вызов имеет достаточную адресную информацию, узел SIP генерирует предварительный ответ 180 Ringing или больший.

4. При приеме предварительного ответа 180 Ringing или большего шлюз генерирует сообщение ACM с кодом события.

5. Если вызывающий абонент положит трубку раньше, чем поступит ответ на вызов от узла SIP, то будет генерироваться сообщение REL.

6. Шлюз освобождает линию ТфОП и посылкой RLC показывает, что она доступна для нового использования.

7. При приеме сообщения REL до заключительного ответа на INVITE шлюз посылает сообщение CANCEL в направлении узла SIP.

8. При приеме сообщения CANCEL узел SIP посылает ответ 200.

9. Удаленный узел SIP посылает ответ 487 Call Cancelled («Запрос закончен») для завершения транзакции INVITE.

10. Для подтверждения приема окончательного ответа на INVITE шлюз посылает сообщение ACK узлу SIP.

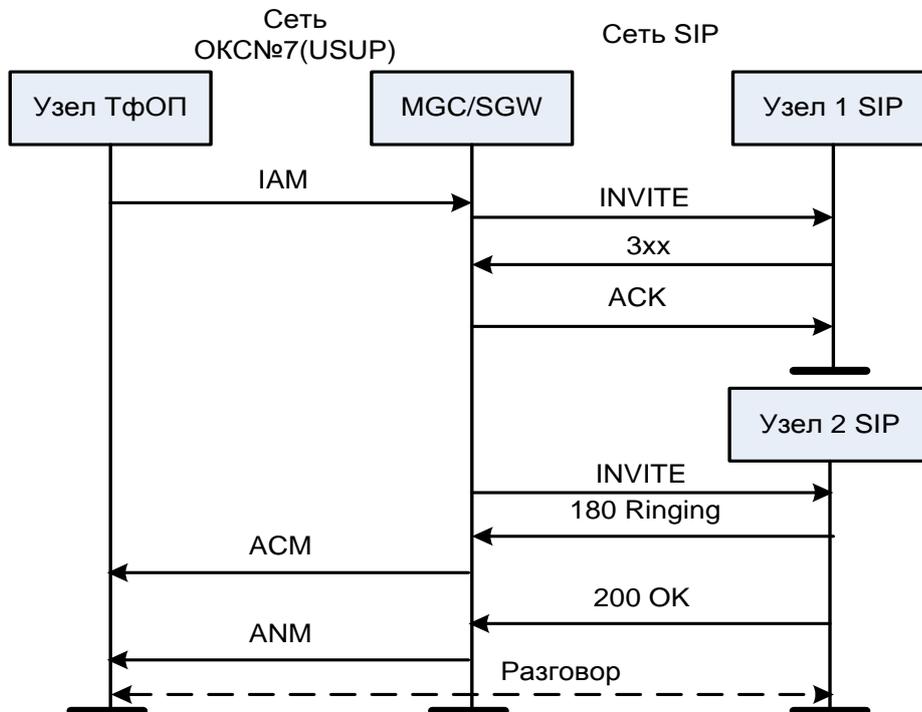
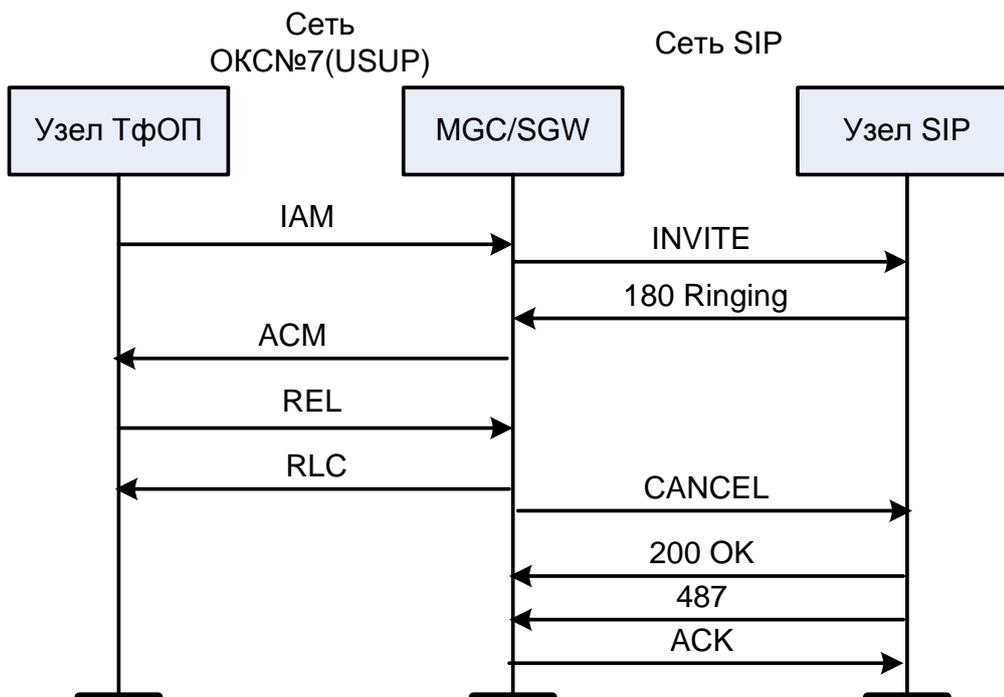


Рисунок 7 – Перенаправление вызова в сети SIP



## Рисунок 8 – Разъединение соединения со стороны ISUP

### *Варианты заданий*

№ варианта	Тип исходящего терминала	Исходящая сеть	Тип транзитной сети	Тип входящего терминала	Входящая сеть	Исход соединения
1	Аналоговый	ТфОП	NGN	Аналоговый	ТфОП	Успешное, отбой абонента Б
2	Аналоговый	NGN	ТфОП	Аналоговый	ТфОП	Неуспешное, занятость абонента Б
3	SIP	NGN	NGN	Аналоговый	ТфОП	Неуспешное, неответ абонента Б
4	SIP	NGN	NGN	Аналоговый	ТфОП	Успешное, отбой абонента А
5	SIP	NGN	ТфОП	SIP	NGN	Неуспешное, неправильный номер абонента Б
6	SIP	NGN	ТфОП	Аналоговый	NGN	Успешное, отбой абонента Б
7	Аналоговый	NGN	NGN	Аналоговый	ТфОП	Неуспешный, абонент Б занят
8	Аналоговый	ТфОП	ТфОП	SIP	NGN	Неуспешное, неответ абонента Б
9	Аналоговый	NGN	NGN	SIP	NGN	Неуспешный, абонент Б занят
0	Аналоговый	NGN	NGN	Аналоговый	ТфОП	Неуспешное, неответ абонента Б

### ***Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:***

- 1) Описать процесс согласно установленному заданию;
- 2) Предоставить скриншоты выполнения каждого этапа работы.

## **Лабораторная работа №5 «Расчет сигнальной нагрузки протокола sip в сети ims»**

**Цель занятия:** Изучение методики и получение практических навыков расчета необходимой полосы пропускания для обслуживания сигнального трафика протокола SIP в различных функциональных элементах подсистемы IMS (IP Multimedia Subsystem).

### **Задачи занятия:**

1. Изобразить схему сопряжения сетей ТфОП и IMS с указанием используемых протоколов в соответствии с заданным вариантом.

2. Рассчитать полосы пропускания для обслуживания нагрузки функциональными подсистемами I-CSCF, P-CSCF и S-CSCF.

### **Планируемые результаты обучения:**

- формирование знаний о подсистеме IMS;
- формирование навыков расчета сигнальной нагрузки протокола SIP в сети IMS.

### **Материально-техническое оборудование и материалы:**

- 1) Персональный компьютер с операционной системой;
- 2) Табличный редактор Microsoft Excel.

### ***План проведения лабораторного занятия***

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1) Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи. [Текст] / Б. С. Гольдштейн, Н. А. Соколов, Г. Г. Яновский – СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 302 с.

2) Росляков А. В. Сети следующего поколения. Часть II [Текст]/ А. В. Росляков – Самара.: ПГАТИ, 2008. – 148 с.

3) Росляков А. В. Основы IP-телефонии. Учебное пособие [Текст]/ А. В. Росляков – М.: ИРИАС, 2007. – 88 с.

4) Росляков А. В. Система общеканальной сигнализации ОКС№7. Учебное пособие [Текст]/ А. В. Росляков – М.: ИРИАС, 2007. – 68 с

5) Семенов Ю. В. Проектирование сетей связи следующего поколения. [Текст]/ Ю. В. Семенов – СПб.: Наука и техника, 2005 – 183 с.

*Краткая теоретическая справка для самостоятельной подготовки к лабораторному занятию:*

### **Подсистема IMS**

IMS – это сервисная архитектура подсистемы IP-мультимедиа, которая может стать основой конвергенции сетей, быстрого развертывания новых услуг и сокращения расходов благодаря использованию открытых стандартов.

Подсистема IP-мультимедиа (IMS) разработана отраслевым комитетом 3GPP (3G Partnership Project) для использования IP-ядер в сетях 3G и сейчас применяется объединенным техническим комитетом TISPAN в качестве ключевого элемента инфраструктуры Сетей Следующего Поколения (NGN). IMS – это не только VoIP. Это возможность организации новых мультимедийных сервисов поверх стандартной IP-сети, требующая небольших затрат и позволяющая предоставить услуги абонентам по привлекательным ценам. Производители, выбравшие стратегию развития новых сервисов путем переноса несвязанного между собой частного ПО на одну платформу, не смогут достигнуть такого же уровня интеграции сервисов, развития новых услуг и поддержки клиентов, как поставщики решений, выбравшие стратегию IMS. IMS не только даст возможность пользователю работать с услугами, используя самый широкий спектр клиентских устройств, но и позволит оператору в интересах клиента формировать новые сервисы, используя существующие. Развертывание подсистемы IP-мультимедиа становится ключевым фактором создания комплексных персонализированных услуг.

Ожидается, что уже в ближайшем будущем операторы приступят к полному использованию ее возможностей.

IMS позволяет предлагать комбинированные услуги, объединяя ранее отдельные сервисы. Как показывают исследования Лабораторий Белла Lucent Technologies, в результате средняя прибыль на абонента (ARPU) потенциально увеличивается до 40%. Благодаря постепенному переходу к сети следующего поколения, применению открытой, стандартной архитектуры IMS достигается снижение капитальных и операционных затрат.

Архитектура IMS обычно делится на три горизонтальных уровня:

- транспорта и абонентских устройств;
- управления вызовами и сеансами (функция CSCF и сервер абонентских данных);
- уровень приложений.

Базовые компоненты включают в себя программные коммутаторы, распределенный абонентский регистр (S-DHLR), медиа-шлюзы и серверы SIP. Унифицированная сервисная архитектура IMS поддерживает широкий спектр сервисов, основанных на гибкости протокола SIP (Session Initiation Protocol). В рамках IMS действует множество серверов приложений, предоставляющих как обычные телефонные услуги, так и новые сервисы (обмен мгновенными сообщениями, мгновенная многоточечная связь, передача видеопотоков, обмен мультимедийными сообщениями и т.д.).

## **Структура Lucent IMS**

Lucent Network Controller – этот компонент работает на периметре сети, отслеживая и регламентируя доступ к сети. Среди его функций находится контроль взаимодействия соединений VoIP инфраструктуры с традиционными телефонными линиями, причем шлюз этого сервиса способен работать как с проводными, так и с беспроводными сетями, что несет дополнительные преимущества для адаптивного строительства инфраструктуры.

Lucent Network Gateway – это лучший в индустрии шлюз, поддерживающий соединение сотовых сетей и фиксированных

проводных сетей на базе пакетной передачи данных. Он обеспечивает окончательную прозрачность сети для телефонных звонков, включая сотовую сеть, проводную сеть, Wi-Fi, традиционную телефонию (PSTN) и общественные телефонные сети.

LucentCompactSwitch – это решение обеспечивает соединение LucentNetworkController и LucentNetworkGateway в единую систему, интегрируя все интерфейсы, поддерживающие голосовую связь в единый тандем. Система может наращиваться по мере развития сети.

Lucent Session Manager выполняет функции контролера сети и регламентирует взаимодействие между одновременно проходящими сессиями для видео, голосовых и специальных данных для одного и того же пользователя. Этот модуль обеспечивает легкость переключения между разными режимами работы для пользователя и легкость предоставления контента для любой сети и с точки зрения провайдера.

Lucent Unified Subscriber Data Server предоставляет простой и надежный способ управления профилем и хранения личных данных. Этот модуль также отвечает за установку пользовательских приоритетов относительно заказанных сервисов. В результате модуль хранит в одной базе данных информацию о месте положения абонента, его личные данные, настройки безопасности и детальную информацию о профиле.

Lucent IMS Application Elements представляет собой набор инновационных технологий, сервисов, порталов и прочих протоколов, которые позволяют предоставлять как конечным абонентам, так и корпоративным клиентам единую и простую систему доступа ко всем приложениям и сервисам, а также к телефонии. Среди конечных приложений портфель Lucent IMS включает в себя Lucent Communications Manager, Lucent Feature Server 5000, Lucent Feature Server 3000, Lucent Feature Server 2500, серию платформ и приложений MiLife, а также систему AnyPath.

Lucent VitalSuite Software Portfolio предоставляет провайдерам, а также корпоративным заказчикам полный контроль над конечным сервисом предоставления услуг в реальном времени. Причем это касается как приложений Lucent, так и частных разработок,

интегрированных в платформу IMS. Lucent IMS Service Enhancement Layer включает в себя все те разработки Bell Labs, которые привели к полной интеграции QoS на всех видах конвергентных сетей, повысили скорость передачи данных на базе SIP через любую инфраструктуру. Благодаря этому модулю можно организовать высокоэффективную передачу видео, звука и данных по одному каналу.

Lucent предлагает сегодня уникальные возможности для заказчиков в рамках одной платформы.

Во-первых, это возможность обеспечить абонентам оператора непрерывное обслуживание даже за пределами домашней сети, включая и общедоступные каналы Интернет. Для этого в IMS от Lucent предусмотрена технология DataGrid, которая позволяет всегда отслеживать местоположения абонента, технологические возможности текущего канала, которым он пользуется и, исходя из заданных политик, организовывать соответствующий доступ к запрашиваемым сервисам.

Вторая возможность, которая становится конкурентным преимуществом для многих провайдеров – это GUPster. Технология представляет собой интегрированную систему, которая позволяет абоненту работать с различными сетями, сохраняя единый интерфейс и пользовательский профиль. Причем здесь речь идет не только о различных службах онлайновой связи, таких как, например, MSN Messenger и службах IP-телефонии, GUPster может быть также интегрирован с банковскими системами, электронной почтой и т.д.

Решение IMS от Lucent также поддерживает высокую безопасность соединения и гарантирует конфиденциальное хранение данных каждого пользователя посредством использования стандарта X.805 ITU.

Еще одна технология, которая серьезно отличает решение Lucent IMS от продуктов конкурентов – это Vortex. Благодаря ей, пользователь может сам выставить предпочтения и правила для услуг связи, которые немедленно будут применены в системе IMS.

## **Архитектура подсистемы IMS**

На рисунке 1 представлена упрощенная схема архитектуры IMS. На ней изображены только основные функциональные элементы архитектуры, сертифицированной 3GPP. Далее рассматриваются две сети: ТфОП и IMS, между которыми организовано взаимодействие. Вызовы, создаваемые в сети ТфОП, попадают через оборудование шлюзов в сеть IMS, а именно на гибкий коммутатор (Softswitch) (SS), который выполняет функции сигнального шлюза и медиашлюза одновременно. От гибкого коммутатора SS сигнальная информация поступает на функциональные подсистемы I-CSCF, P-CSCF и S-CSCF, где начинается процесс обслуживания вызова. В зависимости от типа передаваемой информации и требуемой услуги для обслуживания вызова может быть также задействована функция медиаресурсов MRF и/или сервер(ы) приложений (AS). Следует учитывать, что на рисунке 1 отмечены только те логические связи между элементами IMS, которые имеют значение или учитываются при расчетах. На линиях, обозначающих связи, указан протокол, при помощи которого осуществляется взаимодействие между функциональными объектами подсистемы IMS.

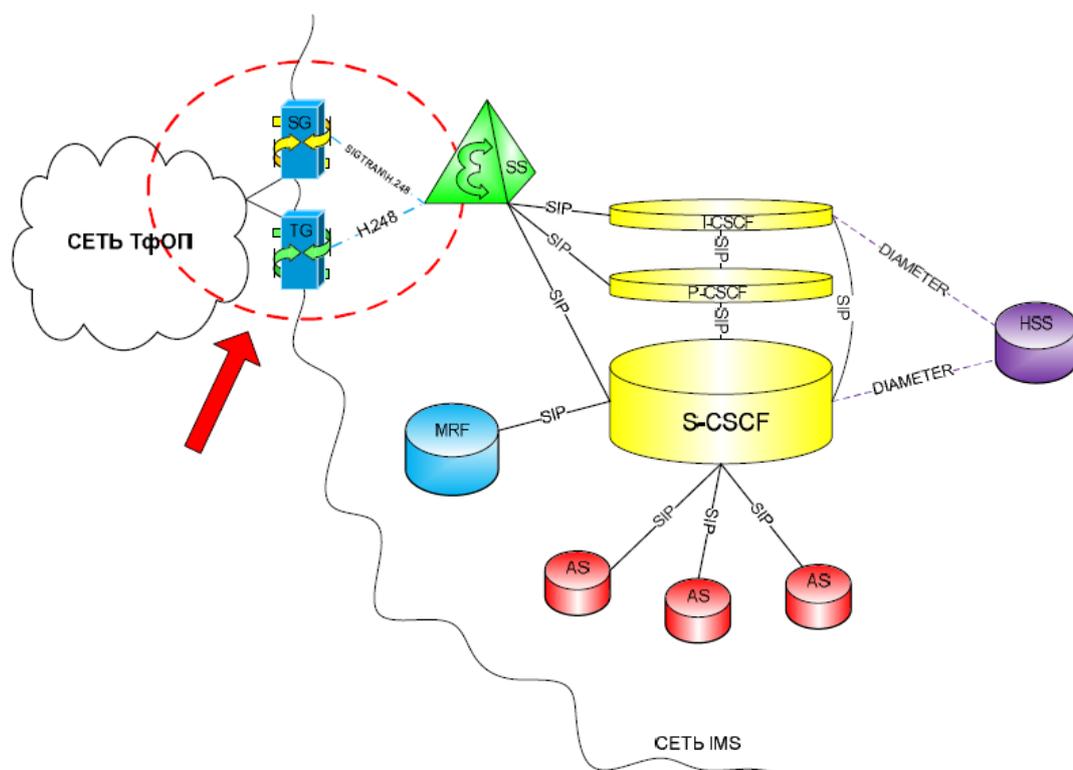
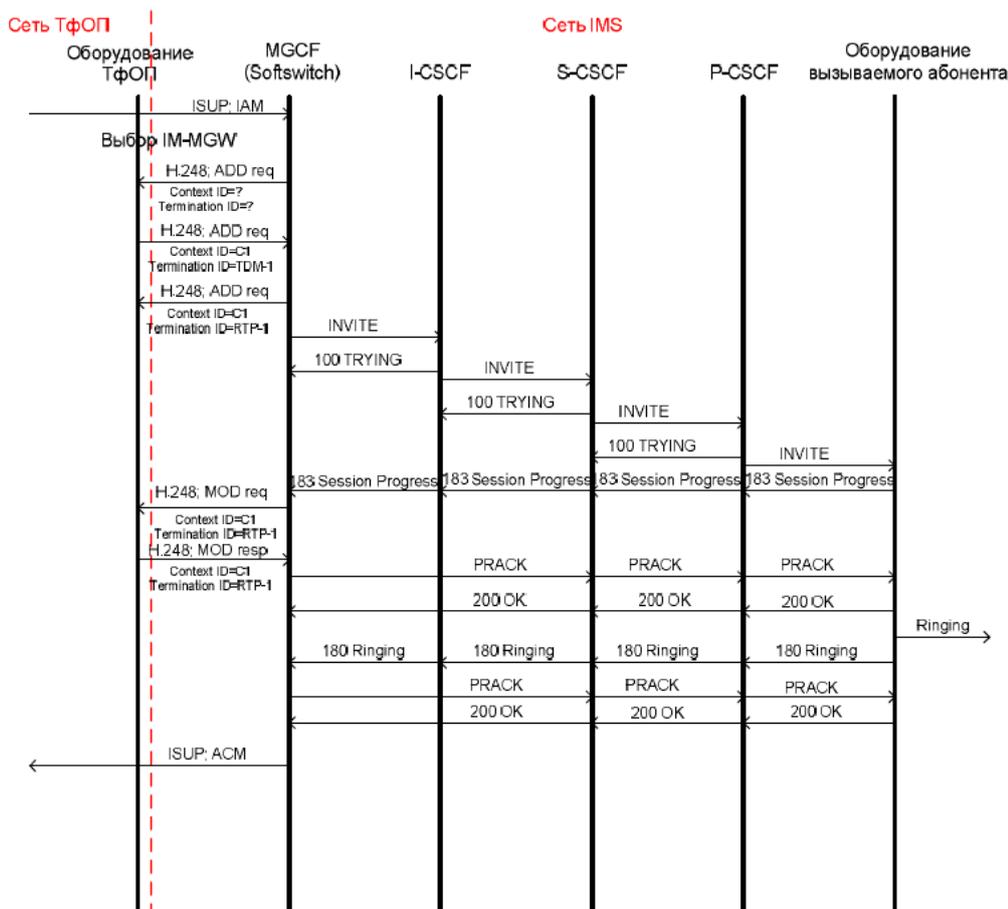


Рисунок 1 – Схема стыка сети ТфОП и IMS

Выделенный пунктиром фрагмент представляет собой схему из практического занятия «Расчет оборудования гибкого коммутатора». Рассмотрим случай, когда оборудование гибкого коммутатора (Softswitch) в архитектуре IMS выполняет функциональность контроллера медиашлюзов MGCF. Основной задачей этого функционального элемента является управление транспортными шлюзами на границе с сетью ТфОП. На предыдущем практическом занятии был произведен расчет данного оборудования, поэтому необходимо пользоваться результатами, полученными ранее.

На рисунке 2 приведен сценарий обмена сообщениями при обслуживании базового вызова, при котором абонент из сети ТфОП звонит абоненту в сети IMS.



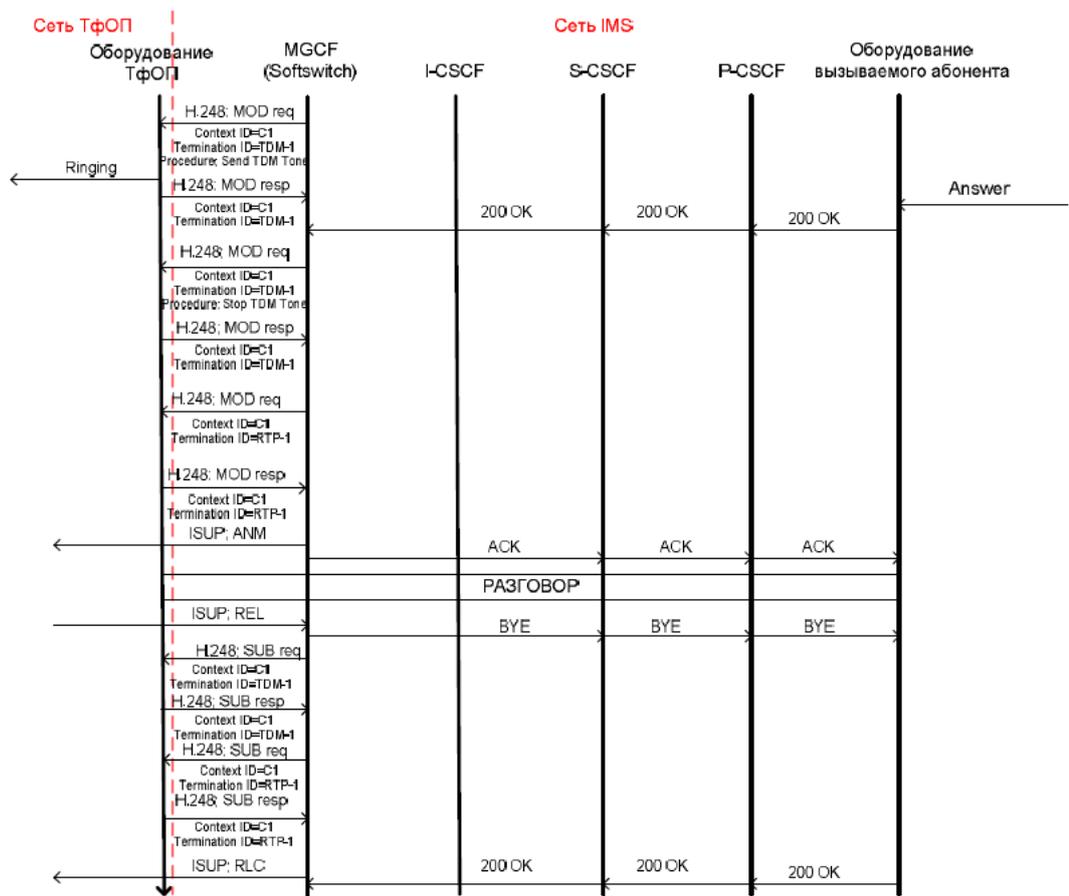


Рисунок 2 – Сценарий обслуживания вызова при взаимодействии ТфОП- IMS

*Примерные вопросы к собеседованию, к защите отчета по выполненной лабораторной работе:*

1) В каких узлах сети происходит преобразование сообщений протоколов ISUP и SIP при установлении и разрушении пользовательских соединений? Какие функции они выполняют в сетях SIP и ОКС№7?

2) Какие базовые сообщения передаются в сети сигнализации ОКС№7 (ISUP) при установлении и разрушении телефонного соединения?

3) Какие базовые запросы и ответы передаются в сети SIP при установлении и разрушении речевого соединения?

4) Каким образом передается информация о причине неуспешного соединения в сети на базе протокола SIP?

5) Каким образом передается информация о причине неуспешного соединения в сети сигнализации ОКС№7 (ISUP)?

### Алгоритм проведения эксперимента:

#### Часть 1. Расчет нагрузки на обслуживающий функциональный элемент S-CSCF

Попадая в сеть IMS, все заявки на обслуживание вызовов (сеансов связи) поступают на обслуживающий функциональный элемент S-CSCF. Этот сетевой элемент представляет собой SIP-сервер, управляющий сеансом связи. Для выполнения своих функций, он получает от других сетевых элементов сети всю информацию об устанавливаемом соединении и требуемой услуге.

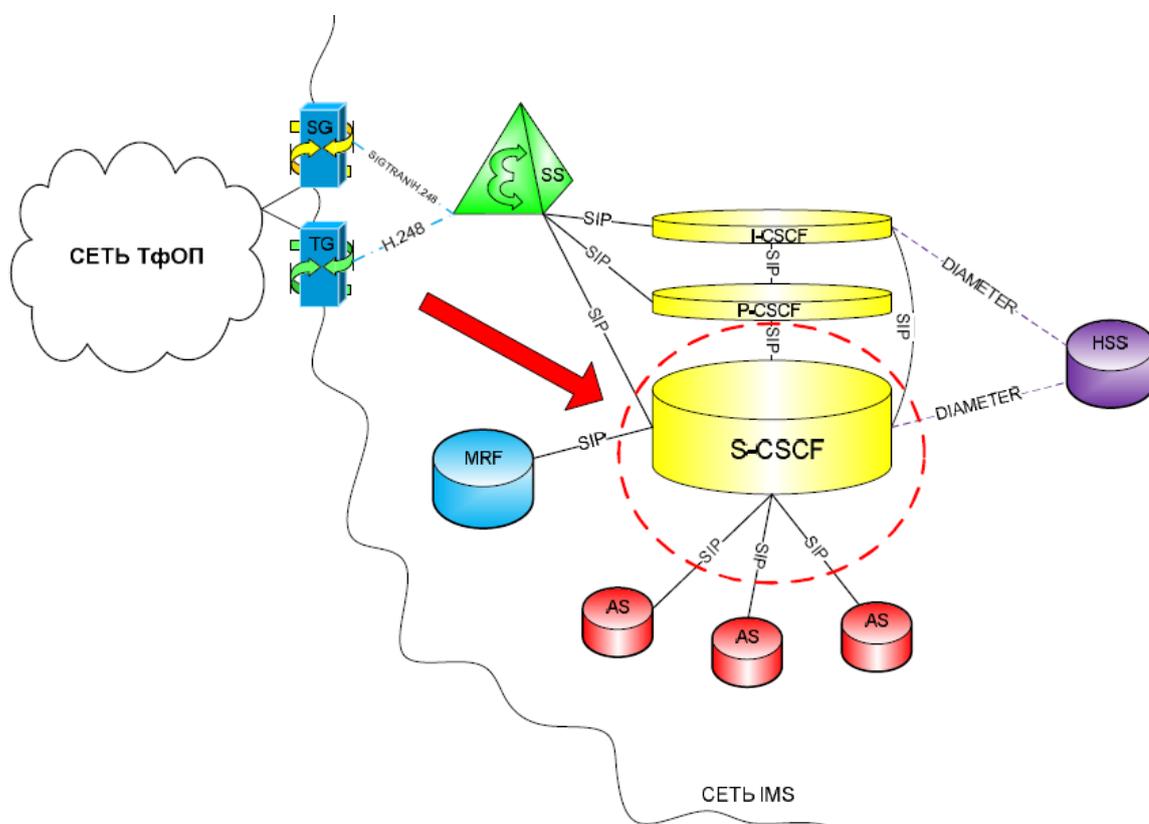


Рисунок 3 – Источники нагрузки на функциональный элемент S-CSCF

Функции элемента управления вызовами и сессиями CSCF (I-CSCF, P-CSCF и S-CSCF), могут иметь разную физическую декомпозицию, то есть они могут быть реализованы как в виде единого блока (сервера), обладающего всеми возможностями, так и

представлять собой набор устройств (серверов), каждое из которых отвечает за реализацию конкретной функции. Независимо от физической реализации, протокол управления сеансами связи остается стандартным – SIP. Поэтому рассчитав в отдельности каждую из функций CSCF, можно оценить требуемую производительность сервера, как при отдельной реализации функциональных элементов, так и в случае совместной реализации. Примечание: при определении полосы пропускания S-CSCF, необходимой для обслуживания вызовов, учитывается только обмен сообщениями протокола SIP и не учитываются сообщения протокола DIAMETER.

Вызовы из сети ТфОП через оборудование шлюзов поступают на гибкий коммутатор (Softswitch), который в данной архитектуре выполняет функции контроллера медиашлюзов MGCF. Softswitch по протоколу SIP обращается к функциональному элементу I-CSCF, который в свою очередь в ходе установления соединения обменивается сообщениями SIP с S-CSCF. Гибкий коммутатор (Softswitch) тоже начинает обмен сообщениями по протоколу SIP с S-CSCF. Далее I-CSCF и Softswitch передают S-CSCF адресную информацию, информацию о местонахождении вызываемого пользователя, а также информацию о виде услуги, которая запрашивается вызываемым абонентом. Получив эту информацию и обработав ее, S-CSCF начинает процесс обслуживания вызова. В зависимости от требуемой услуги, S-CSCF обращается к MRF или к серверам приложений (AS). Таким образом, получаем, что у S-CSCF установлены SIP соединения с Softswitch, I-CSCF, MRF, AS. Существует еще SIP соединение с P-CSCF, но его не учитываем в процессе расчета транспортного ресурса, так как его влияние на требуемый ресурс незначительно.

**Исходными данными** для расчета S-CSCF будут:

1. Среднее число SIP сообщений при обслуживании одного вызова между следующими парами функциональных элементов архитектуры IMS:

- a) SS и S-CSCF -  $N_{sip1}$ ;
- b) MRF и S-CSCF -  $N_{sip2}$ ;

- c) AS и S-CSCF - Nsip3;
- d) I-CSCF и S-CSCF - Nsip4.

2. Средняя длина сообщения SIP в байтах – Lsip.

3. Доля вызовов, при обслуживании которых требуется обращение к серверу медиаресурсов MRF - X.

4. Доля вызовов, при обслуживании которых требуется обращение к серверам приложений AS – Y.

Введем следующие обозначения:

V<sub>ss-s-cscf</sub> – транспортный ресурс между гибким коммутатором SS (SoftSwitch) и элементом S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

V<sub>as-s-cscf</sub> – транспортный ресурс между серверами приложений (AS) и элементом S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

V<sub>mrf-s-cscf</sub> – транспортный ресурс между сервером медиаресурсов MRF и элементом S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

V<sub>i-cscf-s-cscf</sub> – транспортный ресурс между I-CSCF и обслуживающим элементом S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

V<sub>s-cscf</sub> – общий транспортный ресурс S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов.

Тогда общий транспортный ресурс для обслуживающего функционального элемента S-CSCF будет равен:

$$V_{s-cscf} = V_{i-cscf-s-cscf} + V_{mrf-s-cscf} + V_{as-s-cscf} + V_{ss-s-cscf},$$

где

$$V_{ss-s-cscf} = k_{sig} \times (L_{sip} \times N_{sip1} \times P_{sx}); \quad (1)$$

$$V_{as-s-cscf} = k_{sig} \times (L_{sip} \times N_{sip2} \times P_{sx} \times X); \quad (2)$$

$$V_{mrf-s-cscf} = k_{sig} \times (L_{sip} \times N_{sip3} \times P_{sx} \times Y); \quad (3)$$

$$V_{i-cscf-s-cscf} = k_{sig} \times (L_{sip} \times N_{sip4} \times P_{sx}), \quad (4)$$

где  $k_{sig} = 5$  – коэффициент использования транспортного ресурса при передаче сигнальной нагрузки протокола SIP. По аналогии с расчетом сигнальной сети ОКС№7 значение  $k_{sig}=5$  соответствует нагрузке в 0,2 Эрл.

Значения  $P_{sx}$  и  $L_{sip}$ , которые используются в формулах (1) – (4) были рассчитаны или заданы в предыдущем практическом занятии «Проектирование оборудования гибкого коммутатора (softswitch)», а именно:

- величина  $P_{sx}$  – интенсивность вызовов, поступающих на гибкий коммутатор;

- значение параметра  $L_{sip}$  совпадает со значением параметра длина сообщений протоколов SIP/H.323 –  $L_{sh}$ .

### *Часть 2. Расчет нагрузки на запрашивающий функциональный элемент I-CSCF*

Так же, как и обслуживающий функциональный элемент S-CSCF, запрашивающий функциональный элемент I-CSCF участвует в соединениях, затрагивающих взаимодействие разнородных сетей. Так как рассматривается взаимодействие сетей ТфОП и IMS, а они являются разнородными, то, следовательно, запрашивающий функциональный элемент I-CSCF принимает участие в обслуживании вызовов. Помимо функций SIP-прокси, он взаимодействует с сервером домашних абонентов HSS и функцией определения местоположения SLF, получает от них информацию о

местонахождении пользователя и об обслуживающем его элементе S-CSCF (рисунок 4).

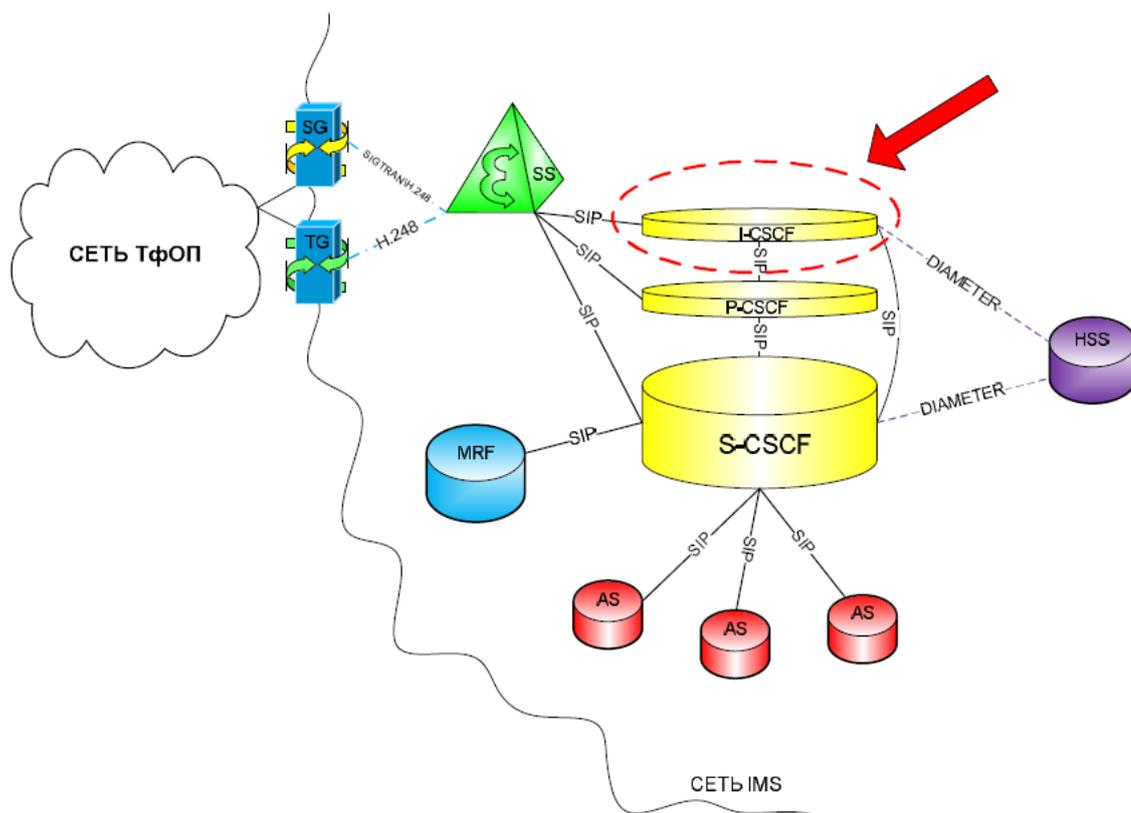


Рисунок 4 – Источники нагрузки на функциональный элемент I-CSCF

Как видно из диаграммы установления соединения (рис. 2) и рисунка 4, запрашивающий функциональный элемент I-CSCF взаимодействует с обслуживающим элементом S-CSCF, гибким коммутатором SS (Softswitch, MGCF), а так же, с проксирующим функциональным элементом P-CSCF и сервером домашних абонентов HSS. При расчете будем учитывать взаимодействие только с первыми двумя компонентами, так как с сервером HSS взаимодействие происходит при помощи протокола DIAMETER, а расчет ведется только для обмена сообщениями по протоколу SIP. Что касается взаимодействий с P-CSCF, не смотря на то, что обмен информацией с ним происходит при помощи сообщений протокола SIP, но трафик, создаваемый при этом обмене мы не будем учитывать в виду его небольшого объема.

При определении транспортного ресурса на I-CSCF, необходимого для обслуживания вызовов, учитывается только обмен сообщениями SIP. I-CSCF связан только с SS и S-CSCF с использованием протокола SIP. Есть также взаимодействие с прокси-функцией P-CSCF, но его в расчетах не учитываем, так же как не учитывается и взаимодействие с HSS с использованием протокола DIAMETER.

Исходными данными для расчетов транспортного ресурса на I-CSCF являются:

1) Число SIP сообщений при обслуживании одного вызова между следующими парами функциональных элементов архитектуры IMS:

a) I-CSCF и S-CSCF -  $N_{sip4}$ ;

b) SS и I-CSCF -  $N_{sip5}$ .

2) Средняя длина сообщений протокола SIP в байтах –  $L_{sip}$ .

Введем следующие обозначения:

$V_{i-cscf}$  - общий транспортный ресурс I-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоку SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{ss-i-cscf}$  - транспортный ресурс между SoftSwitch и I-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоку SIP во время обслуживания вызовов.

Тогда, общий транспортный ресурс будет равен

$$V_{i-cscf} = V_{ss-i-cscf} + V_{i-cscf-s-cscf} .(5)$$

Значение  $V_{i-cscf-s-cscf}$  рассчитано ранее (см. формулу (4)), а значение  $V_{ss-i-cscf}$  вычисляется по формуле:

$$V_{ss-i-cscf} = k_{sig} \times (L_{sip} \times N_{sip5} \times P_{sx}) \quad (6)$$

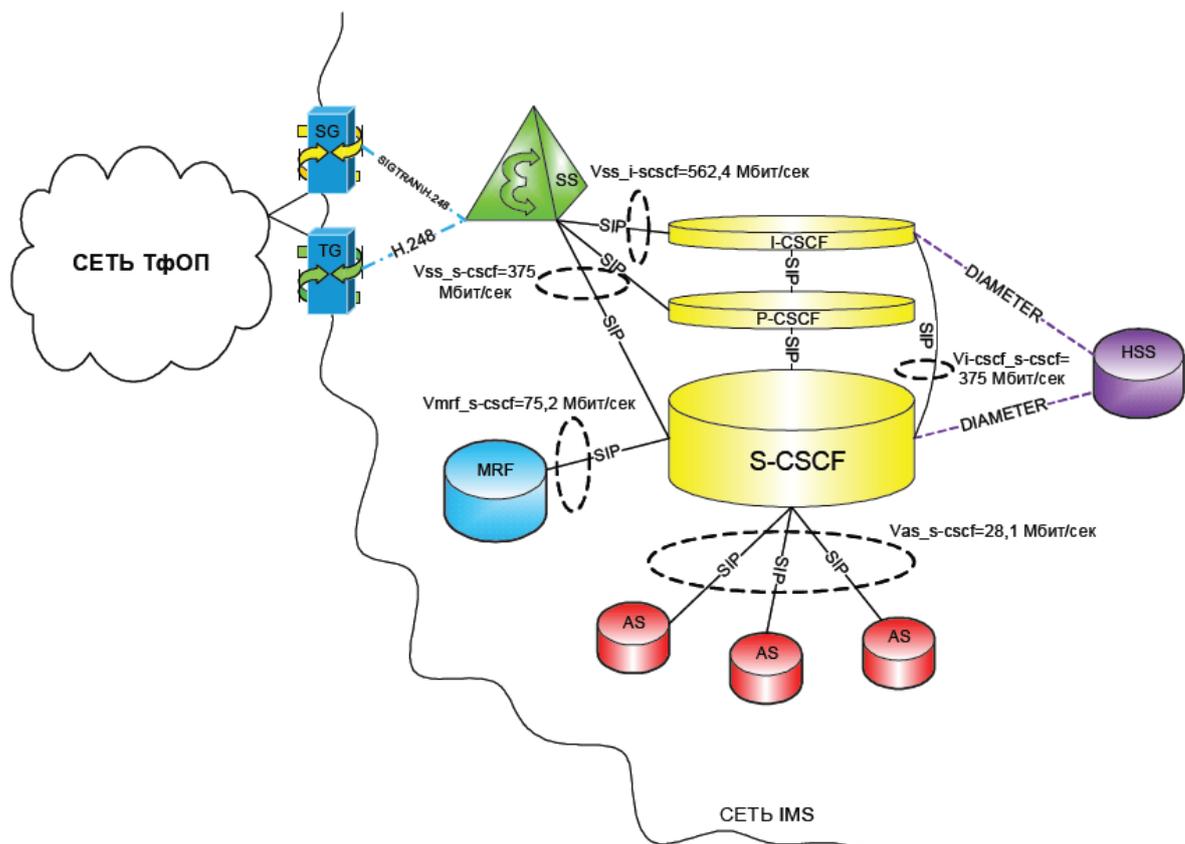


Рисунок 5 – Пример расчета нагрузок на S-CSCF и I-CSCF  
Варианты заданий

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Исходящая сеть	ТфОП	IMS	ТфОП	IMS	ТфОП	IMS	ТфОП	IMS	ТфОП	IMS
Входящая сеть	IMS	ТфОП	IMS	ТфОП	IMS	ТфОП	IMS	ТфОП	IMS	ТфОП
Исход вызова	Успешный	Занято	Не отвечает	Успешный	Занято	Не отвечает	Успешный	Занято	Не отвечает	Успешный
Первым отбивает абонент	А	-	-	Б	-	-	А	-	-	Б
Nsip1, сообщ.	10	12	14	11	13	15	12	11	14	10
Nsip2, сообщ.	5	6	9	7	5	8	6	7	9	8
Nsip3, сообщ.	5	4	6	8	7	5	9	5	6	7
Nsip4, сообщ.	10	11	13	14	12	10	15	10	11	14
Lsip, байт	40	43	45	41	42	40	44	41	42	43
X	0,15	0,2	0,25	0,3	0,15	0,35	0,2	0,3	0,25	0,15
Y	0,4	0,45	0,35	0,5	0,4	0,3	0,45	0,35	0,5	0,4
Nsip5, сообщ.	15	19	13	14	16	18	17	19	13	14

**Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:**

- 1) Описать процесс согласно установленному заданию;
- 2) Предоставить скриншоты выполнения каждого этапа работы.

## ФОРМА ОТЧЕТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ О ВЫПОЛНЯЕМОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчёт должен быть оформлен с помощью редактора MS Word, версии 97 и выше или LibreOffice(.doc, .rtf).

Параметры страницы:

- верхнее поле – 2 см;
- нижнее поле – 2 см;
- левое поле – 2 см;
- правое поле – 1 см;
- переплет – 0 см;
- размер бумаги – А4;
- различать колонтитулы первой страницы.

Шрифт текста Times New Roman, 14 пунктов, через 1,5 интервала, выравнивание по ширине, первая строка с отступом 1,5 см. Номер страницы внизу, по центру, 14 пунктов.

Несложные формулы должны быть набраны с клавиатуры и с использованием команды «Вставка→Символ». Сложные формулы должны быть набраны в редакторе «MathType 6.0 Equation».

Отчёт обучающегося о выполненной лабораторной работе должен содержать:

- название дисциплины, номер и название лабораторной работы;
- фамилию и инициалы автора, номер группы;
- фамилию и инициалы преподавателя;
- дату выполнения и личную подпись;
- цель занятия;
- материально-техническое оборудование и материалы;
- последовательность действий проведения исследований;
- вывод о проделанной работе.

Форма титульного листа отчета представлена в приложении А.

Результаты различных измерений необходимо представить в виде нескольких самостоятельных таблиц и графиков. Каждая таблица и каждый график должны иметь свой заголовок и исходные данные эксперимента.

При выполнении численных расчетов надо записать формулу определяемой величины, сделать соответствующую численную подстановку и произвести вычисления.

## **ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

Оценка «отлично» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена правильно, в установленное преподавателем время или с опережением времени, при этом студентом выбран наиболее эффективный способ выполнения задания.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена правильно, в установленное преподавателем время, типовым способом и допущено наличие несущественных недочетов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при выполнении лабораторной работы допущены ошибки некритического характера и (или) превышено установленное преподавателем время.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если лабораторная работа не выполнена или при его выполнении допущены грубые ошибки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполнения лабораторных работ студент профессиональной программы переподготовки формирует следующие компетенции:

Код компетенции/ этап	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый (удовлетворительный)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
1	2	3	4	5
УК-1/ начальный, основной, завершающий	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие	Знать: - принцип сбора, отбора и обобщения информации. Уметь: - применять методику анализа задач, выделяя ее базовые составляющие. Владеть (или иметь опыт деятельности): - начальными навыками применения методики анализа задач,	Знать: - принцип сбора, отбора и обобщения информации. Уметь: - применять методику анализа задач, выделяя ее базовые составляющие. Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыками применения методики анализа задач, выделяя ее	Знать: - принцип сбора, отбора и обобщения информации; - современные технические решения создания систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов, новейшее оборудование и программное обеспечение. Уметь: - применять

		выделяя ее базовые составляющие.	базовые составляющие.	методику анализа задач, выделяя ее базовые составляющие. Владеть (или иметь опыт деятельности): - в совершенстве навыками применения методики анализа задач, выделяя ее базовые составляющие.
УК-1.2 Определяет и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи	УК-1.2 Определяет и ранжирует технологии для решения задач, связанных с ранжированием информации в рамках достижения поставленной цели. Уметь: - соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов	УК-1.2 Определяет и ранжирует технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач, связанных с ранжированием информации в рамках достижения поставленной цели. Уметь: - соотносить	УК-1.2 Определяет и ранжирует технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач, связанных с ранжированием информации в рамках достижения поставленной цели. Уметь: - соотносить	УК-1.2 Определяет и ранжирует технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач, связанных с ранжированием информации в рамках достижения поставленной цели. Уметь: - соотносить

		<p>профессиональной деятельности. Владеть (или иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- начальными навыками применения методики определения и ранжирования информации, требуемую для решения поставленной задачи.</li> </ul>	<p>разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. Владеть (или иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения методики определения и ранжирования информации, требуемую для решения поставленной задачи.</li> </ul>	<p>разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. Владеть (или иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в совершенстве навыками применения методики определения и ранжирования информации, требуемую для решения поставленной задачи.</li> </ul>
<p>УК-1.3 Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методику осуществления поиска информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать детальный план</li> </ul>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методику осуществления поиска информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать детальный план</li> </ul>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методику осуществления поиска информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать детальный план</li> </ul>	

		<p>для осуществления поиска информации при решении поставленной задачи</p> <p>Владеть (или иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работой с информационными источниками, иметь начальные навыки научного поиска, создания научных текстов.</li> </ul>	<p>для осуществления поиска информации при решении поставленной задачи</p> <p>Владеть (или иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работой с информационными источниками, иметь опыт научного поиска, создания научных текстов.</li> </ul>	<p>для осуществления поиска информации при решении поставленной задачи</p> <p>Владеть (или иметь опыт деятельности):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в совершенстве работой с информационными источниками, иметь опыт научного поиска, создания научных текстов.</li> </ul>
<p>ОПК-2/ начальный, основной, завершающий</p>	<p>ОПК-2.1 Находит, критически анализируя, информацию необходимую для решения поставленной задачи</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-методику нахождения необходимую для решения поставленной задачи</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методику нахождения информации необходимую для решения поставленной</li> </ul>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-методику нахождения необходимую для решения поставленной задачи</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методику нахождения информации необходимую для решения поставленной</li> </ul>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-методику нахождения необходимую для решения поставленной задачи</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методику нахождения информации необходимую для решения поставленной</li> </ul>

		задачи Владеть (или иметь опыт деятельности): - начальными навыками применения методики нахождения необходимой для решения поставленной задачи	задачи Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыками применения методики нахождения необходимую для решения поставленной задачи	задачи Владеть (или иметь опыт деятельности): - В совершенстве навыками применения методики нахождения необходимую для решения поставленной задачи
ОПК-2.2 Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки	Знать: - методику разработки решения конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки. Уметь: - применять методику разработки решения конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его	Знать: - методику разработки решения конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки. Уметь: - применять методику разработки решения конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его	Знать: - методику разработки решения конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки. Уметь: - применять методику разработки решения конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его	Знать: - методику разработки решения конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки. Уметь: - применять методику разработки решения конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его

		<p>достоинства и недостатки.  Владеть (или иметь опыт деятельности):  - начальными навыками применения методики разработки решения конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки.</p>	<p>достоинства и недостатки.  Владеть (или иметь опыт деятельности):  - навыками применения методики разработки решения конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки.</p>	<p>достоинства и недостатки.  Владеть (или иметь опыт деятельности):  - в совершенстве навыками применения методики разработки решения конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки.</p>
<p>ОПК-2.3  Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих их достижение, определяя ожидаемые результаты решения выделенных задач</p>	<p>Знать:  - перспективы технического развития отрасли связи и телекоммуникаций.  Уметь:  - определять предварительные конфигурации управления сетью, согласовывать технические решения и</p>	<p>Знать:  - перспективы технического развития отрасли связи и телекоммуникаций.  Уметь:  - определять предварительные конфигурации управления сетью, разрабатывать и согласовывать</p>	<p>Знать:  - перспективы технического развития отрасли связи и телекоммуникаций.  Уметь:  - определять предварительные конфигурации и места внедрения новых элементов системы</p>	

		<p>детальный план. Владеть (или иметь опыт деятельности): - начальными навыкам формулирования в рамках поставленной цели проекта совокупности взаимосвязанных задач, обеспечивающих их достижение, определяя ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p>	<p>технические решения и детальный план. Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыкам формулирования в рамках поставленной цели проекта совокупности взаимосвязанных задач, обеспечивающих их достижение, определяя ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p>	<p>управления сетью, разрабатывать и согласовывать технические решения и детальный план. Владеть (или иметь опыт деятельности): - в совершенстве навыкам формулирования в рамках поставленной цели проекта совокупности взаимосвязанных задач, обеспечивающих их достижение, определяя ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p>
ОПК-4/ завершающий	ОПК-4.3 Анализирует современные интерактивные программные	<p>Знать: - современные информационные технологии, в том числе отечественного</p>	<p>Знать: - современные информационные технологии и программные средства, в том</p>	<p>Знать: - современные информационные технологии и программные средства, в том</p>

	<p>комплексы и основные приемы обработки экспериментальных данных, в том числе с использованием стандартного программного обеспечения, пакетов программ общего и специального назначения</p>	<p>производства при решении задач профессиональной деятельности. Уметь: - выбирать современные информационные, в том числе отечественного производства при решении задач профессиональной деятельности. Владеть(или иметь опыт деятельности): - начальными навыками применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности.</p>	<p>числе отечественного производства при решении задач профессиональной деятельности. Уметь: - выбирать современные информационные технологии, в том числе отечественного производства при решении задач профессиональной деятельности. Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыками применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональ</p>	<p>числе отечественного производства при решении задач профессиональной деятельности. Уметь: - выбирать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства при решении задач профессиональной деятельности. Владеть (или иметь опыт деятельности): - в совершенстве навыками применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного</p>
--	--	---	--	--

			ной деятельности.	производства, при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК-4.5 Применяет методы компьютерного моделирования физических процессов, протекающих при передаче информации	Знать: - математику и основные методы математического моделирования, классификацию и условия применения моделей, средства проектирования информационных и автоматизированных систем, инструментальные средства моделирования и проектирования. Уметь: - проводить моделирование процессов и систем с применением современных	Знать: - математику, методологию и основные методы математического моделирования, классификацию и условия применения моделей, средства проектирования информационных и автоматизированных систем, инструментальные средства моделирования и проектирования. Уметь: - проводить моделирование процессов и систем с применением	Знать: - математику, методологию и основные методы математического моделирования, классификацию и условия применения моделей, средства проектирования информационных и автоматизированных систем, инструментальные средства моделирования и проектирования. Уметь: - проводить моделирование процессов и систем с применением	Знать: - математику, методологию и основные методы математического моделирования, классификацию и условия применения моделей, методы и средства проектирования информационных и автоматизированных систем, инструментальные средства моделирования и проектирования. Уметь: - проводить моделирование процессов и систем с

		<p>инструменталь ных средств. Владеть (или иметь опыт деятельности): - начальными навыками моделирования информационн ых и автоматизирова нных систем.</p>	<p>современных инструменталь ных средств. Владеть (или иметь опыт деятельности): - навыками моделирования информационн ых и автоматизирова нных систем.</p>	<p>применением современных инструменталь ных средств. Владеть (или иметь опыт деятельности): - в совершенстве навыками моделирования информационн ых и автоматизирова нных систем.</p>
--	--	--	---	--

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

### Форма титульного листа отчета, обучающегося о выполненной лабораторной работе

#### МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

Кафедра космического приборостроения и систем связи

#### ОТЧЕТ

о выполненной лабораторной работе  
по дисциплине «Коммутация и маршрутизациях в защищенных  
информационно-коммуникационных системах»  
на тему «\_\_\_\_\_»

Выполнил

\_\_\_\_\_

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Проверил

\_\_\_\_\_

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Курск 20\_\_