

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)**

**Костюкович А.Е.
Костюкович Н.Ф.**

Методические указания
для выполнения курсового проекта

**«Проект ресурсов
мультисервисной транспортной сети»**

по дисциплине “Мультисервисные сети”

для направления 11.03.02

Инфокоммуникационные технологии и системы связи
профиль «Сети связи и системы коммутации»

Новосибирск - 2016

Костюкович А.Е.
Костюкович Н.Ф.

Аннотация.

Практикум к курсовому проекту для дисциплины "Мультисервисные сети связи". Может быть также использован в процессе изучения дисциплин «Пакетная телефония», «Управление сетями связи» и "Сети связи".

В практикуме приводятся основные сведения, касающиеся организации современных транспортных сетей, расчету их характеристик, выбору сетевого оборудования и ПО, и конфигурации этого оборудования и ПО в соответствии с проектными данными.

Рассматриваются вопросы взаимодействия существующих сетей связи общего пользования (ССОП) с проектируемыми мультисервисными сетями (МСС).

Организация проектирования в рамках данного проекта предусматривает использование проектных методов, позволяющих раскрыть потенциал студентов в качестве работников «проектных групп», включая роли исполнителей и руководителей проектов.

Таким образом, в процессе выполнения проекта предоставляется возможность приобрести компетенции, характерные для корпоративной работы в группе.

Рекомендуется для студентов 4 курса, включая дипломников.

Кафедра АЭС

Ил. ...5, список лит. - ...

Рецензент – Мелентьев О.Г.

По направлению – 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
профиль «Сети связи и системы коммутации»

Утверждено редакционно-издательским советом СибГУТИ
в качестве методических указаний

2016г.

Содержание методических указаний		Стр.
	Введение	
1.	Задание	
1.1.	Исходные данные	
1.2.	Указания к выполнению проекта	
2.	Обзорная часть	
2.1.	Архитектура NGN	
2.2.	Услуги сетей NGN	
3.	Проектная часть	
3.1.	Разработка общей структурной схемы МСС	
3.2.	Выбор технологий для реализации ядра мультисервисной транспортной сети	
3.3.	Выбор технологий сетей доступа (ЕТТН, хРОН, Wi-Fi, ...)	
3.4.	Проект телефонных услуг	
3.4.1.	Разработка структурной схемы обеспечения услуг VoIP	
3.4.2.	Разработка стека протоколов для обеспечения услуг VoIP	
3.4.3.	Разработка плана телефонной нумерации, IP-адресации, VLAN	
3.4.4.	Расчет характеристик шлюза доступа – AGW	
3.4.5.	Расчет характеристик магистральных шлюзов – TGW	
3.4.6.	Организация взаимодействия NGN с существующими сетями общего пользования (ССОП)	
3.4.7.	Расчет производительности Softswitch	
3.4.8.	Расчет производительности коммутаторов транспортной сети	
3.4.9.	Выбор оборудования и ПО	
3.4.10.	Конфигурация выбранного оборудования и ПО в Packet Tracer	
3.4.11.	Конфигурация выбранного оборудования и ПО в лаб. НОЦ (404)	
3.4.12.	Тестирование услуг VoIP. Сдача-приемка услуг VoIP в эксплуатацию. Демонстрация услуг. Презентация и защита КП.	
3.5.	Проект услуг IPTV	
3.5.1.	Разработка структурной схемы обеспечения услуг IPTV (IP-адресация, VLAN)	
3.5.2.	Разработка стека протоколов для обеспечения услуг IPTV	
3.5.3.	Расчет требуемой пропускной способности	
3.5.4.	Конфигурация выбранного оборудования и ПО в Packet Tracer	
3.5.5.	Конфигурация выбранного оборудования и ПО в лаб. НОЦ (404)	
3.5.6.	Тестирование услуг IPTV. Сдача-приемка услуг IPTV в эксплуатацию. Демонстрация услуг. Презентация и защита КП.	
3.6.	Проект услуг видеонаблюдения (индивидуально)	
3.6.1.	Разработка структурной схемы обеспечения услуг в/наблюдения	
3.6.2.	Разработка стека протоколов для обеспечения услуг в/наблюдения	
3.6.3.	Расчет требуемой пропускной способности	
3.6.4.	Конфигурация выбранного оборудования и ПО в Packet Tracer	
3.6.5.	Конфигурация выбранного оборудования и ПО в лаб. НОЦ (404)	
3.6.6.	Тестирование услуг в/наблюдения. Сдача-приемка услуг в/наблюдения в эксплуатацию. Демонстрация услуг. Презентация и защита КП.	
3.7.	Проект услуг доступа в сеть Интернет (индивидуально)	
3.7.1.	Разработка структурной схемы обеспечения услуг доступа в Интернет	
3.7.2.	Разработка стека протоколов для обеспечения услуг в/наблюдения	
3.7.3.	Расчет требуемой пропускной способности	
3.7.4.	Конфигурация выбранного оборудования и ПО в Packet Tracer	
3.7.5.	Конфигурация выбранного оборудования и ПО в лаб. НОЦ (404)	
3.7.6.	Тестирование услуг в/наблюдения. Сдача-приемка услуг в/наблюдения в эксплуатацию. Демонстрация услуг. Презентация и защита КП.	
3.8.	Проект услуг управления сетью (выполняют все на последней неделе)	

3.8.1	Разработка структурной схемы обеспечения управления сетью	
3.8.2	Разработка стека протоколов для обеспечения управления сетью	
3.8.3	Расчет требуемой пропускной способности	
3.8.4	Конфигурация выбранного оборудования и ПО в Packet Tracer	
3.8.5	Конфигурация выбранного оборудования и ПО в лаб. НОЦ (404)	
3.8.6	Тестирование услуг в/наблюдения. Сдача-приемка услуг в/наблюдения в эксплуатацию. Демонстрация услуг. Презентация и защита КП.	
4.	Примеры выполнения проекта (отдельными файлами)	
5.	Заключение	
6.	Приложения	
7.	Библиография	
8.	Обозначения и термины	

Введение

Целью данного проекта является приобретение следующих компетенций (умений и навыков):

ОПК-1 – Способность понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны

ОПК-4 – Способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ

Приобретение этих компетенций может быть реализовано в рамках данного проекта благодаря ресурсам НОЦ (научно-образовательного центра для наукоемких предприятий г. Новосибирска), оснащенного практически всей линейкой оборудования и ПО от ведущего Российского производителя – компании Элтекс - <http://eltex.nsk.ru/> .

Задание на КП

Курсовой проект должен содержать:

1. В обзорной части:
 - 1) Краткое описание технологий, используемых в проекте.
 - 2) Выбор и краткое описание проектируемых услуг.
2. В проектной части:
 - 1) Общую структурную схему проектируемой сети МСС.
 - 2) Структурную схему выбранной сети доступа.
 - 3) Структурную схему проектируемой сети для обеспечения выбранной услуги.
 - i. Стеки протоколов для обеспечения выбранной услуги.
 - ii. Проект IP-адресов.
 - iii. Проект телефонной нумерации.
 - iv. Проект VLAN.
 - v. Проект QoS.
 - vi. Проект системы/сети сигнализации.
 - vii. Проекты обеспечения других услуг...
 - 4) Расчет характеристик абонентских концентраторов и шлюзов мультисервисной транспортной сети.
 - 5) Расчет требуемой пропускной способности сетевых интерфейсов в точках концентрации транспортной сети.
 - 6) Расчет характеристик Softswitch/SIP-сервера.
 - 7) Расчет характеристик коммутаторов транспортной сети.
 - 8) Выбор оборудования для построения сети.
3. В части практической реализации проекта:
 - 1) **Конфигурация выбранного оборудования в Packet Tracer**
 - i. Описание основных настроек оборудования и ПО.
 - 2) **Конфигурация выбранного оборудования в лаб. НОЦ (404к)**
 - i. Описание основных настроек оборудования и ПО.
 - 3) Выбор способа тестирования (проверки) проектируемых услуг.
 - i. Протокол испытаний
 - ii. Демонстрация проектируемых услуг
 - iii. Презентация и защита проекта.
4. Оформление ПЗ к проекту (один на проектную подгруппу из 7...8 чел.).

Указания к выполнению проекта

Особенностью данного проекта является использование так называемых «проектных методов» [15], позволяющих приобрести приведенные во введении компетенции.

С этой целью данный проект состоит из 4 частей:

1-я часть должна содержать обзор проектируемых транспортных сетевых технологий (ядро сети и сети доступа), а также обзор выбранных для проекта информационных услуг (VoIP, IPTV, видеонаблюдение, доступ к сети Интернет, услуги управления сетью);

2-я часть должна содержать собственно проект выбранных сетей и средств обеспечения проектируемых информационных услуг:

- разработка структурной схемы,
- разработка стеков протоколов,
- расчет нагрузки
- расчет пропускной способности сетевых интерфейсов
- расчет производительности сетевых узлов,
- выбор оборудования и ПО,
- планы нумерации/адресации;

3-я часть должна содержать описание процессов конфигурации выбранного оборудования и ПО в **Packet Tracer** (настроенная схема в виде файла **№гп-№п/гр.pkt**).

4-я часть должна содержать описание процессов конфигурации выбранного оборудования и ПО для обеспечения проектируемых услуг в лаб. НОЦ (404к), а также описание способа тестирования этих услуг и сдачи-приемки их в эксплуатацию (демонстрацию, презентацию).

1-я часть КП (Обзорная).

1. Обзор выбранных для проекта информационных услуг (VoIP, IPTV, видеонаблюдение, доступ к сети Интернет, услуги управления сетью) и свойств видов информации. Свойства услуг и информации – привести в виде сравнительных таблиц.
2. Обзор классов услуг транспортных сетей.
3. Обзор проектируемых транспортных сетевых технологий (ядро сети и сети доступа).

Требования к оформлению Обзорной части КП

В данной части курсового проекта необходимо привести **краткое описание** общей концепции NGN, назначение отдельных уровней архитектуры NGN (см. рис.1.1), особенностям организации взаимодействия МСС с существующими сетями общего пользования (ССОП) (см. рис.2.2), а также сравнение технологий построения транспортных сетей уровня ядра и доступа.

Содержимое обзорной части должно отражать **аналитический взгляд студента** на особенности современного этапа развития инфокоммуникаций как в транспортной части, так и в части обеспечения информационных услуг.

Под аналитическим взглядом понимается сравнение различных транспортных и информационных технологий.

Рекомендуемый объем обзорной части – не более 10 страниц А4, шрифт TimesNewRoman, размер 14, интервал – одинарный.

2-я часть КП.

Проект выбранных сетей и средств обеспечения проектируемых информационных услуг:

- разработка структурной схемы,
- планы нумерации/адресации;
- разработка стеков протоколов,
- расчет нагрузки
- расчет пропускной способности сетевых интерфейсов
- расчет производительности сетевых узлов,
- выбор оборудования и ПО,

Исходные данные к КП

Данные Вашего варианта – обязательно привести на первой странице пояснительной записки Вашего проекта!

Количество источников, создающих нагрузку на сеть, приведено в таблице

Таблица 2.1 - Исходные данные количества источников

вариант №п/гр	Колич. терминалов PSTN, подключаемых к сетям доступа пакетной сети (TAU)	Колич. подключаемых PBX и колич. потоков типа PRI в каждой (MC-240, SMG)	Колич. подключаемых WLAN и колич. абонентов в каждой (SIP, Wi-Fi)	Колич. подключаемых LAN и колич. абонентов в каждой (SIP, EТТН, PON)	Колич. существующих ССОП, подключаемых к проектируемой трансп. сети через ТGW (MC-240, SMG, ССS-7)
1-1	10000	5/1	4/200	4/200	3
1-2	7000	3/1	4/400	4/400	3
1-3	7500	4/1	6/180	7/2300	2
2-1	7000	2/1	7/200	4/2000	2
2-2	8000	4/1	6/180	5/1300	3
2-3	6000	5/1	7/230	6/180	4
3-1	8000	3/1	4/200	8/2700	3
3-2	12000	5/1	5/130	4/2000	2
3-3	12000	4/1	5/130	6/1300	3
4-1	10000	4/1	7/200	7/2000	3
4-2	12000	5/1	8/270	8/2700	4
4-3	5000	3/1	7/100	7/1000	2

Нагрузка при взаимодействии абонентов мультисервисной транспортной сети друг с другом и существующими сетями связи общего пользования (ССОП):

Таблица 2.2

Взаимодействующие объекты	Доля общей нагрузки
ССОП 1 ↔ абоненты пакетной сети	0,15
ССОП 2 ↔ абоненты пакетной сети	0,15
ССОП 3 ↔ абоненты пакетной сети	0,15
ССОП 4 ↔ абоненты пакетной сети	0,15
абоненты пакетной сети ↔ абоненты пакетной сети	0,4

Примечание: в таблице 1.2 доли общей нагрузки при взаимодействии групп пользователей, приведены для того случая, когда **количество существующих ССОП равно 4.**

В Вашем варианте исходных данных, основываясь на данных табл.2.1 (последний столбец), Вы должны сами заполнить табл. 2.2 для Вашего варианта количества ССОП, взаимодействующих с МСС. При этом соблюдать условие, чтобы общая (распределенная по долям) нагрузка в сумме не превышала 100%.

Таблица 2.3 – Значения удельной нагрузки u_i и интенсивности вызовов P_i в ЧНН для различных служб [4]:

Службы	Удельная нагрузка u_i , Эрл	Интенсивность вызовов, обслуживаемых одним каналом DS0 ($V=64$ Кбит/с), выз/чнн	Средняя длина сигнальных сообщений, октетов	Среднее количество сигнальных сообщений при обслуживании вызова
Абонентские линии PSTN	0,1	5	50	10
Терминалы H.323, SIP, MEGACO	0,1	5	50	10
Потоки E1, используемые для связи с существующими ССОП	0,7	35	–	–
Потоки PRI, используемые для связи с PBX	0,7	35	–	–
Потоки E1 (интерфейс V5.2), используемые для связи с пакетными сетями доступа	0,7	35	–	–

Указания по проектной части

Разработка общей структурной схемы МСС

При проектировании мультисервисной сети необходимо выполнить:

- Расчет транспортного ресурса (пропускной способности) для подключения AGW к транспортной пакетной сети и выбор типов интерфейсов;
- Выбор типов интерфейсов между узлами транспортной пакетной сети;
- Разработка схемы организации связи и взаимодействия с существующими сетями;
- Расчет требуемой производительности Softswitch;
- Обоснование выбора количества коммутаторов (SW) транспортной пакетной сети и схемы организации связи;
- Расчет требуемой производительности коммутаторов транспортной пакетной сети.

На рисунке 2.1 приведены объекты проектируемой мультисервисной сети.

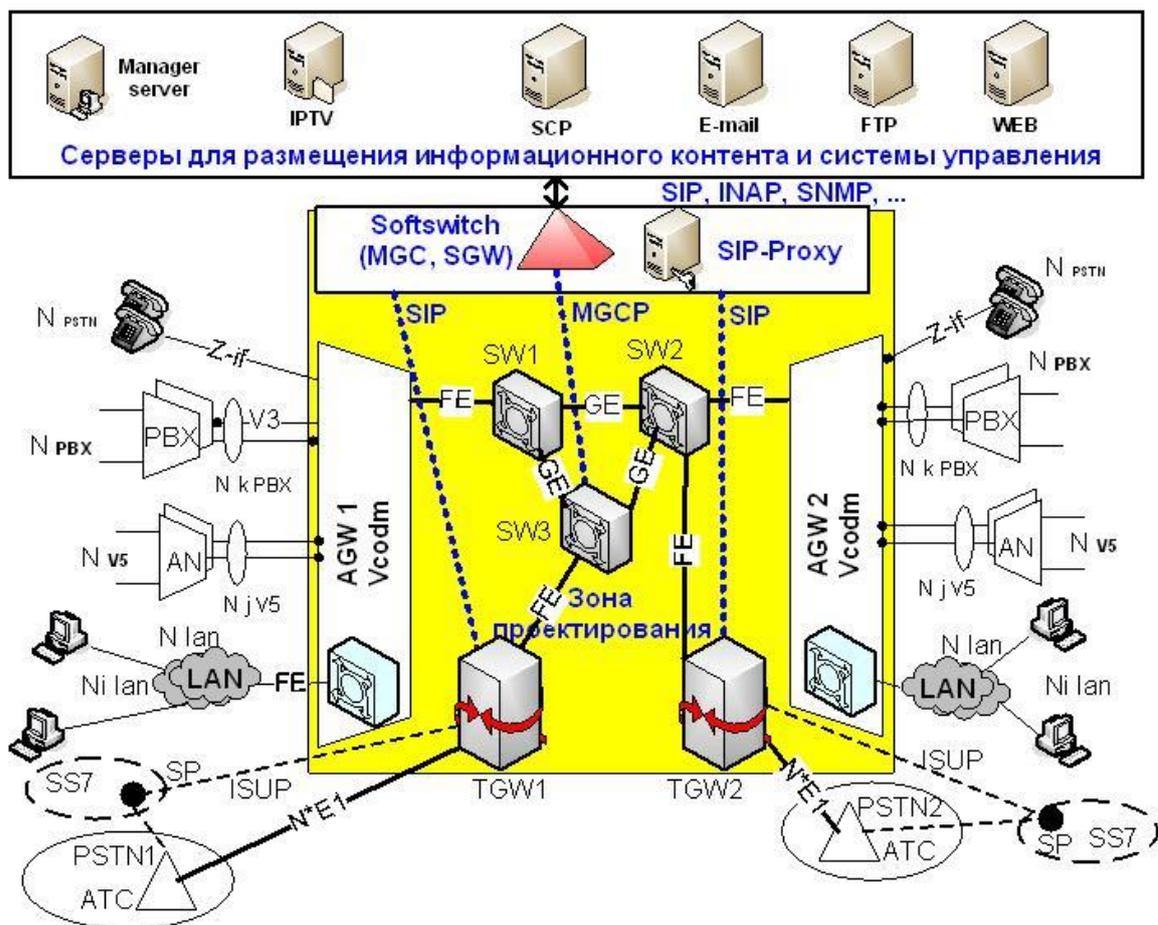


Рис. 2.1 – Пример общей структурной схемы МСС

Разработка структурной схемы МСС. Выбор технологии для реализации мультисервисной транспортной сети.

На основе общей схемы (рис.2.1) и данных Вашего варианта (табл.2.1...2.3), необходимо разработать и отобразить структурную схему Вашего варианта проектируемой сети, учитывающей особенности Вашего варианта задания (количество AGW, TGW, сетей LAN, узлов включаемых по интерфейсам V3 (PRI), V5.x и т.п.).

С учетом требований, предъявляемых к сетям доступа и ядру сети, необходимо обосновать выбор и применение:

- технологий доступа (аналоговый доступ по Z-интерфейсу, BRI, PRI, V5.x, широкополосный доступ),
- технологий управления соединениями (Softswitch, MEGACO, SIP),
- технологий для ядра транспортной сети.

Расчет характеристик шлюза доступа – AGW

В данном проекте рассматривается расчет двух типов шлюзов:

- **AGW (Access Gate Way) – шлюзы доступа**, используемые для подключения к IP-сети следующих устройств с соответствующими видами сигнализации:
 - аналоговых абонентских терминалов по интерфейсу Z
 - цифровых терминалов (NT) по интерфейсу V1 (BRI)
 - PBX (УАТС) по интерфейсам V3 (PRI)
 - выносных абонентских концентраторов по интерфейсам V5.1, V5.2
- **TGW (Trunking Gate Way) – транкинговые шлюзы**, используемые для подключения к IP-сети крупных сетевых узлов (АТС) по интерфейсам E1 с сигнализацией ОКС-7

При расчете нагрузки будем использовать значения удельной нагрузки u_i , создаваемой пользователями в ЧНН согласно данным вариантов заданий.

В нижеприводимых формулах используются следующие обозначения:

- N_{PSTN} – количество терминалов PSTN, подключаемых с помощью аналоговых абонентских линий;
- N_{ISDN} – количество терминалов ISDN, подключаемых с использованием базового доступа (BRA);
- N_{SHM} – количество терминалов SIP/H.323/MGCP, подключаемых к LAN;
- N_{LAN} – количество локальных сетей Ethernet, подключаемых к AGW;
- $N_i lan$ – количество компьютеров, подключаемых к i -той локальной сети;
- N_{V5} – количество сетей доступа, подключаемых к шлюзу доступа по интерфейсу V5.2;
- $N_j v5$ – количество пользовательских каналов в j -том интерфейсе V5.2;
- N_{PBX} – количество сетей ограниченного пользования (PBX), подключаемых к шлюзу доступа;
- $N_k PBX$ – количество пользовательских каналов в интерфейсе “PBX_k – шлюз доступа”;
- V – скорость передачи источника (например, кодека), кбит/с
- C – транспортный ресурс (пропускная способность), подлежащий расчету в данном проекте, кбит/с

При построении распределенного абонентского концентратора могут использоваться универсальные шлюзы доступа AGW, выполняющие как функции телефонных концентраторов, так и средств широкополосного доступа к МСС, например, мультисервисные абонентские концентраторы (МАК или MSAN), имеющие в своем составе:

- концентратор аналоговых абонентских линий (Z-интерфейсы)
- концентратор линий доступа N-ISDN (V1-интерфейсы)
- порты доступа V3 (PRI) для подключения PBX (УАТС)
- интерфейсы V5.1/V5.2 для подключения удаленных концентраторов
- шлюзы TDM/IP для взаимодействия ТфОП с NGN
- концентратор/мультиплексор линий ш/полосного доступа по технологии ADSL
- порты доступа SHDSL для организации потоков PRI и E1 поверх DSL
- встроенные коммутаторы пакетов для замыкания локального трафика

- интерфейсы FE для подключения домовых сетей (по технологиям ETTH, PON, Wi-Fi, xDSL) и локальных сетей LAN
- интерфейсы FE/GE для подключения к МСС

В данном проекте, рассматриваются возможности подключения к NGN следующих **источников нагрузки**:

1. Устройства традиционных ТфОП (аналоговые и цифровые):
 - 1.1. аналоговые терминалы телефонной сети, подключаемые к шлюзам доступа по Z-интерфейсам;
 - 1.2. учрежденческие АТС (УАТС или РВХ), подключаемые к шлюзам доступа по интерфейсам PRI;
 - 1.3. выносные концентраторы сети доступа, подключаемые к шлюзам доступа по интерфейсу V5.2;
 - 1.4. АТС городской сети или сельской сети, подключаемые к транкинговым шлюзам по интерфейсу E1 с сигнализацией ОКС-7 (ISUP).
2. Цифровые терминалы и серверы IP-сетей:
 - 2.1. терминалы SIP;
 - 2.2. терминалы MGCP/MEGACO;
 - 2.3. локальные вычислительные сети, в которых используются терминалы SIP;
 - 2.4. серверы (головные станции) вещательного ТВ (IPTV);
 - 2.5. IP-видеокамеры для услуг видеонаблюдения.

Найдем общую нагрузку, создаваемую пользователями PSTN, ISDN, j-ым интерфейсом V5.2, k-ой учрежденческой АТС/РВХ:

$$Y_{PSTN} = N_{PSTN} \cdot Y_{PSTN} \quad (2.1),$$

$$Y_{ISDN} = N_{ISDN} \cdot Y_{ISDN} \quad (2.2),$$

$$Y_{j \text{ V5}} = N_{j \text{ V5}} \cdot Y_{j \text{ V5}} \quad (2.3),$$

$$Y_{k \text{ РВХ}} = N_{k \text{ РВХ}} \cdot Y_{k \text{ РВХ}} \quad (2.4).$$

Общая нагрузка, создаваемая абонентами PSTN и ISDN на шлюз доступа (AGW), равна:

$$Y_{AGW} = Y_{PSTN} + Y_{ISDN} \quad (2.5)$$

Учитывая данные таблицы 3.3, рассчитаем: $Y_{AGW} = 0,1 \cdot N_{PSTN} + 0,2 \cdot Y_{ISDN}$.

Общая нагрузка, создаваемая всеми проектируемыми сетями доступа, подключаемыми к шлюзу доступа по интерфейсу V5.2:

$$Y_{V5} = \sum_{j=1}^J Y_{j \text{ V5}} = 0,8 \cdot \sum_{j=1}^J N_{j \text{ V5}} \quad (2.6)$$

Общая нагрузка, создаваемая всеми проектируемыми учрежденческими АТС:

$$Y_{PBX} = \sum_{k=1}^K Y_{k \text{ PBX}} = 0,8 \cdot \sum_{k=1}^K N_{k \text{ PBX}} \quad (2.7)$$

Общая нагрузка Y_{GW} от сетей доступа, подключаемых к шлюзу доступа по интерфейсу V5.2 и PBX/V3, равна:

$$Y_{GW} = 0,8 \cdot \left(\sum_{j=1}^J N_{j \text{ V5}} + \sum_{k=1}^K N_{k \text{ PBX}} \right) + 0,1 \cdot N_{PSTN} + 0,2 \cdot Y_{ISDN} \quad (2.8)$$

Расчет транспортного ресурса для подключения AGW к мультисервисной транспортной сети и выбор типов интерфейсов

При расчете транспортного ресурса (в первую очередь – пропускной способности сетевых интерфейсов), необходимо учитывать возможности сжатия речевой и другой информации, широко используемой в IP-шлюзах для экономии пропускной способности. Могут применяться различные кодеки для сжатия речевой информации [1].

При применении речевого кодека типа m в шлюзе доступа, расчет пропускной способности – C_{GW_USER} интерфейса от шлюза до коммутатора мультисервисной транспортной сети для доставки информации пользователей выполняется по формуле (4.9):

$$C_{GW_USER} = k_{изб} \cdot Y_{GW} \cdot V_{COD_m}, \quad (2.9)$$

где $k_{изб} = 1,25$ – коэффициент избыточности транспортного ресурса.

При проектировании необходимо учитывать, что некоторая часть информационных потоков, чувствительных к задержке, обслуживается шлюзом доступа без компрессии.

В этом случае объем транспортного ресурса (пропускная способность – C_{GW_USER}) может быть рассчитан по формуле (3.10):

$$C_{GW_USER} = k_{изб} \cdot Y_{GW} \cdot ((1 - x) \cdot V_{COD_m} + x \cdot V_{G.711}), \quad (2.10)$$

- где x – доля объема информационных потоков, обслуживаемая шлюзом доступа без компрессии,
- $V_{G.711}$ – скорость передачи речевой информации с использованием кодека G.711 (без подавления пауз во время сеанса связи) и используемый для эмуляции канала (имитации функций канала DS0=64 Кбит/с в сети с КП).

После расчета объема транспортного ресурса шлюза необходимо определить **тип и количество интерфейсов**, используемых для сопряжения с объектами транспортной сети.

Количество интерфейсов N_{INT} находят по формуле (2.11):

$$N_{INT} = C_{GW} / C_{INT}, \quad (2.11)$$

где C_{INT} – транспортный ресурс одного интерфейса, используемого для доставки информации в транспортной сети (аппаратная пропускная способность интерфейса).

Объекты проектируемой сети и обозначения параметров расчета приведены на рисунке 2.2.

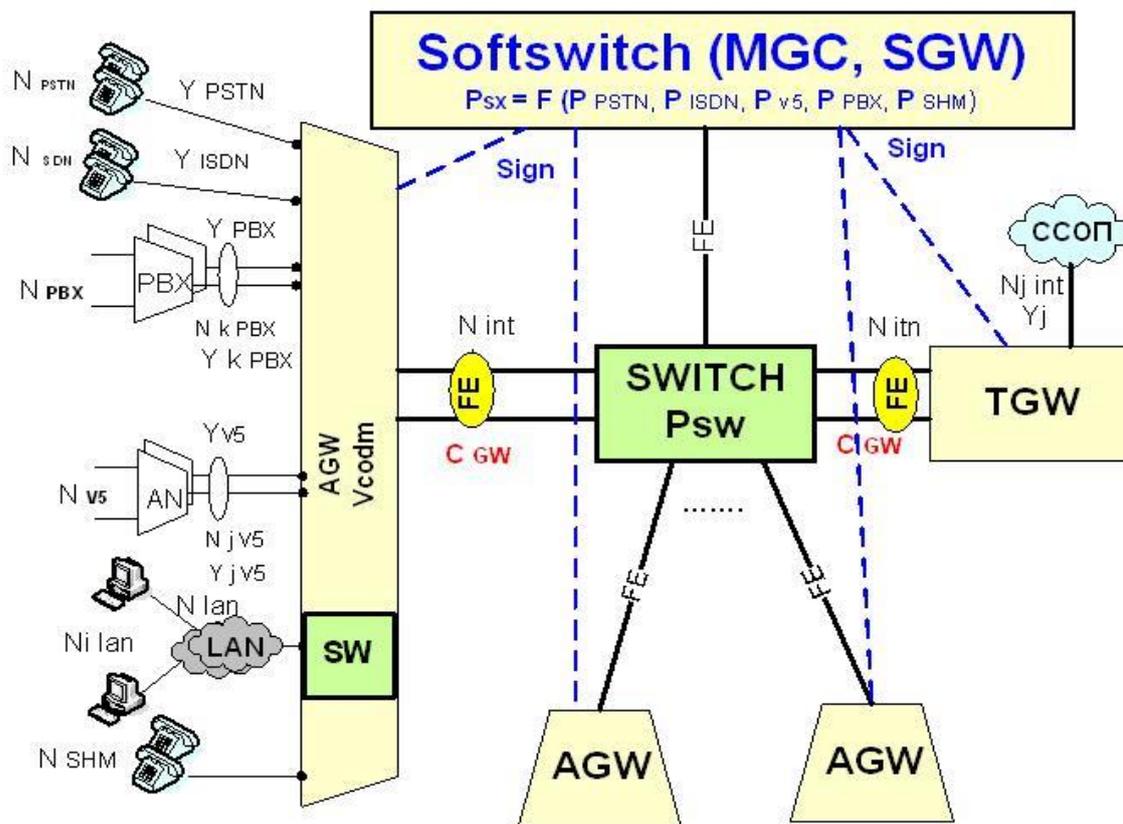


Рисунок 2.2. – Проектируемые элементы сети

Расчет характеристик магистральных шлюзов – TGW

При расчете транспортного ресурса шлюза, необходимого для передачи сигнальной информации, используются те же параметры, что и для расчета транспортного ресурса Softswitch.

Общий транспортный ресурс (пропускная способность – С) шлюза TGW для передачи *пользовательской, сигнальной информации и команд управления шлюзом* (по протоколу MGCP) равен сумме следующих составляющих:

$$C_{GW} = C_{GW_USER} + C_{PSTN}^{SIGN} + C_{ISDN}^{SIGN} + C_{V5}^{SIGN} + C_{PBX}^{SIGN} + C_{MGCP} \quad (2.16).$$

Для передачи сигнальной информации, необходимой при обслуживании вызовов, требуется следующая скорость передачи:

$$\begin{aligned} V_{PSTN}^{SIGN} &= (P_{PSTN}^{SIGN} \cdot N_{PSTN} \cdot L_{MEGACO} \cdot N_{MEGACO}) / 450 \text{ [бит/с]}, \\ V_{ISDN}^{SIGN} &= (P_{ISDN}^{SIGN} \cdot N_{ISDN} \cdot L_{IUA} \cdot N_{IUA}) / 450 \text{ [бит/с]}, \\ V_{V5}^{SIGN} &= (P_{V5}^{SIGN} \cdot N_{V5} \cdot N_{k V5} \cdot L_{V5UA} \cdot N_{V5UA}) / 450 \text{ [бит/с]}, \\ V_{PBX}^{SIGN} &= (P_{PBX}^{SIGN} \cdot N_{PBX} \cdot N_{k PBX} \cdot L_{IUA} \cdot N_{IUA}) / 450 \text{ [бит/с]}. \end{aligned}$$

В данных формулах значение P выражается в (число вызовов/час), значение L – в байтах.

Для обслуживания источников сигнализации с параметрами скорости V_{SIGN} , требуется следующая пропускная способность в интерфейсе шлюза с транспортной сетью:

$$C_{sign} = V_{SIGN} \cdot K_{сигн}$$

Для передачи команд управления шлюзом требуется следующая скорость передачи:

$$V_{MGCP} = [(P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + P_{ISTN} \cdot N_{ISTN} + P_{V5} \cdot N_{V5} \cdot N_{k V5} + P_{PBX} \cdot N_{PBX} \cdot N_{k PBX}) \cdot L_{MGCP} \cdot N_{MGCP}] / 450 \text{ [бит/с]}.$$

Для обслуживания источников сигнализации с параметрами скорости V_{MGCP} , требуется следующая пропускная способность в интерфейсе шлюза с транспортной сетью:

$$C_{MGCP} = V_{MGCP} \cdot K_{сигн}$$

Здесь $K_{сигн}$ – коэффициент использования транспортного ресурса при передаче сигнальной нагрузки задан $K_{сигн} = 5$, что соответствует сигнальной нагрузке на один канал – $u_{сигн} = 0,2$ Эрл.

Здесь и далее обозначены:

V (кбит/с) – характеристика информационного источника (речевого кодека, сигнального шлюза и т.п.)

C (кбит/с) – характеристика транспортного ресурса, т.е. пропускная способность физического или виртуального канала

Организация взаимодействия NGN с существующими сетями общего пользования (ССОП)

Управление взаимодействием NGN с ССОП выполняет такой интеллектуальный сетевой комплекс, как Softswitch (гибкая система управления коммутацией), включающей следующие компоненты (рис. 2.2):

- MGC – контроллер управления медиашлюзами (центральная и самая интеллектуальная часть распределенной системы Softswitch);
- SGW – сигнальные шлюзы, конвертирующие протоколы сигнализации традиционных сетей (ISUP, Q.931, PSTN/V5.2 и др.) в протокол SIP и наоборот;
- MGW – транспортный медиашлюз, конвертирующий медиапоток традиционных сетей (голос, видео) в потоки IP-пакетов для дальнейшей транспортировки по мультисервисной IP-сети.

Существующие ССОП, использующие общеканальную систему сигнализации № 7, могут быть подключены к транспортной пакетной сети с помощью транкинговых шлюзов, выполняющих функции как транспортного шлюза для потоков пользовательской информации, так и сигнального шлюза.

Для подключения учрежденческих АТС (УАТС или РВХ емкостью до 3000 абонентов) к ССОП (а также к NGN) используются шлюзы доступа (AGW) с интерфейсами типа PRI с сигнализацией EDSS1 (Q.931).

Объем транспортного ресурса для потоков пользовательской информации, направляемых к сетям связи общего пользования, может быть найден по формуле (2.18):

$$C_{\text{PSTN}} = p \cdot \sum_{l=1}^L C_{l_GW} \text{ [бит/с]}, \quad (2.17)$$

где p – доля трафика, направляемого к ССОП;
 l – номер шлюза.

Долю трафика, направляемого к ССОП, можно принять равной отношению:

$$p = Q_{\text{PSTN}} / (\sum_{i=1}^I Q_{i_AGW} + Q_{\text{ССОП}}), \quad (2.18)$$

- где $Q_{\text{ССОП}}$ – суммарная нагрузка, поступающая на транспортную сеть от ССОП;
- Q_{i_AGW} – нагрузка, создаваемая всеми абонентами на i -ый шлюз доступа;
- i – номер проектируемого шлюза доступа.

При расчете производительности Softswitch, который обслуживает TGW, используем формулу (2.20):

$$P_{SX}^{TGW} = \sum_{k=1}^K P_{k_GW} = 30 \cdot P_{DS0} \cdot \sum_{k=1}^K N_{k_E1} \text{ [ВЫЗОВ/ЧНН]}, \quad (2.19)$$

- где K – количество TGW, обслуживаемых одним Softswitch,
- P_{DS0} – интенсивность вызовов, обслуживаемых одним каналом типа DS0 ($V= 64$ Кбит/с),
- P_{k_GW} – интенсивность вызовов, обслуживаемых k –ым TGW,
- N_{k_E1} – количество трактов типа E1, используемых для подключения ТфОП к TGW.

2.1.1. Расчет производительности Softswitch

Основные функции Softswitch состоят в обработке **сигнальной информации** при обслуживании **вызовов** и управлении установлением соединений в шлюзах.

Требования к производительности Softswitch определяются интенсивностью поступления вызовов.

Общая интенсивность вызовов P_{CALL} , поступающих на Softswitch от источников всех типов, может быть рассчитана по формуле (2.20):

$$P_{CALL} = P_{PSTN} \left(\sum_{l=1}^L N_{l_PSTN} + \sum_{l=1}^L N_{l_SHM} \right) + P_{ISDN} \cdot \sum_{l=1}^L N_{l_ISDN} + \\ + P_{V5} \cdot \left(\sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J N_{j_V5} + \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K N_{k_PBX} \right), \quad (2.20)$$

- где L – количество шлюзов доступа, обслуживаемых одним Softswitch;
- J – количество сетей доступа, подключаемых к шлюзу доступа по интерфейсу V5.2;
- K – количество PBX;
- L – количество терминалов пользователей.

На схеме (рисунок 2.3) Softswitch имеет интерфейс к коммутатору SW 3.

Требуемая пропускная способность C_{SX} этого интерфейса зависит от скорости, требующейся для передачи **сигнальных и управляющих сообщений между шлюзами и Softswitch** по протоколам IUA, V5UA, SIP, MGCP, MEGACO.

В свою очередь, скорость для передачи сообщений этих протоколов, зависит от:

- количества служб (сигнальных/управляющих протоколов) – Sq ,
- количества пользователей Nr , создающих нагрузку,
- интенсивности создаваемых ими вызовов Pq ,
- длины сигнальных сообщений Lq_sig и
- среднего количества сообщений Mq_sig в процессе обслуживания вызова.

$$C_{SX} = F(Sq, Nr, Pq, Lq_sig, Mq_sig)$$

Рассчитаем требуемую **скорость передачи** для каждой службы (протокола) для ЧНН:

$$V_{V5UA} = L_{V5UA} \cdot M_{V5UA} \cdot P_{V5} \cdot N_{V5}$$

$$V_{IUA} = L_{IUA} \cdot M_{IUA} \cdot (P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX})$$

$$V_{SIP} = L_{SIP} \cdot M_{SIP,H.323} \cdot P_{SH} \cdot N_{SH}$$

$$V_{MEGACO} = L_{MEGACO} \cdot M_{MEGACO} \cdot P_{PSTN} \cdot N_{PSTN}$$

$$V_{MGCP} = L_{MGCP} \cdot M_{MGCP} \cdot (P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + P_{V5UA} \cdot N_{V5UA} + P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX})$$

Теперь определим необходимую пропускную способность интерфейса Softswitch-SW 3, с учетом запаса k_{SIG} :

$$C_{SX} = 2 \cdot k_{SIG} \cdot (V_{V5UA} + V_{IUA} + V_{SIP} + V_{MEGACO} + V_{MGCP}) \text{ (бит/с)}, \quad (2.21)$$

- где $k_{SIG} = 5$ – коэффициент избыточности транспортного ресурса при передаче сигнальных сообщений (по аналогии с использованием ресурса звена сигнализации ОКС-7 для пересылки потока сигнальных сообщений $k_{SIG}^{ОКС-7} = 1/0,2 = 5$, где 0,2 – удельная нагрузка на звено ОКС-7);
- L_{MEGACO} – средняя длина сообщений в байтах протокола MEGACO, используемого при передаче сигнальной информации по абонентским линиям локальных сетей с терминалами, использующими протокол MEGACO;
- M_{MEGACO} , M_{MGCP} , $M_{SIP,H.323}$ – **среднее количество сообщений** протокола MEGACO, MGCP, SIP, H.323 при обслуживании вызова, соответственно;
- M_{IUA} – **среднее количество сообщений** протокола IUA при обслуживании вызова;
- M_{V5UA} – **среднее количество сообщений** протокола V5UA при обслуживании вызова;
- L_{V5UA} – средняя длина сообщений протокола V5UA (V5.2 User Adaptation Layer – протокол адаптации сигнализации пользователя сети доступа, подключаемой по интерфейсу V5.2);
- L_{IUA} – средняя длина сообщений протокола IUA (ISDN Q.921 User Adaptation – протокол адаптации сигнализации пользователя ISDN);
- P_{PSTN} , P_{ISDN} , P_{PBX} , P_{SH} – интенсивность вызовов пользователей PSTN, ISDN, PBX, SIP, H.323 соответственно;
- N_{PSTN} , N_{V5} , N_{ISDN} , N_{PBX} , N_{SH} – **количество абонентов**, подключаемых по аналоговым абонентским линиям, по интерфейсу V5.2, количество PBX, подключаемых к шлюзу доступа и количество терминалов SIP и H.323, соответственно;
- P_{V5} – интенсивность вызовов, поступающих от терминалов, использующих протокол V5UA;
- N_{V5} – количество сетей доступа, подключаемых к шлюзу доступа по интерфейсу V5.2;
- **1/450** – результат приведения размерности «байт в час» к размерностям «бит в секунду» ($8/3600 = 1/450$).

Заметим, что производительность, как шлюза, так и Softswitch, может быть разной в зависимости от типа обслуживаемого вызова.

Например, при обслуживании пользователей ISDN от шлюза и Softswitch требуется более высокая производительность, чем при обслуживании пользователей PSTN. В документации изготовителей обычно указывается производительность при обслуживании вызовов с наиболее простыми требованиями к сети.

Для оценки минимально необходимой пропускной способности интерфейса “Softswitch-SW3” примем следующие допущения:

- средняя длина сообщений сигнализации $L_{q_sig}=50$ байт (или 400 бит),
- среднее количество сообщений в процессе обслуживания вызова $M_{q_sig}=10$,
- объем исходящего и входящего сигнального/управляющего трафика возьмем равным, следовательно, в формуле расчета C_{SX} (2.21) необходимо умножить полученные значения скорости передачи на 2.

При подстановке этих значений в формулу (2.21), а также учитывая данные таблицы 2.3, получим оценку объема транспортного ресурса:

$$\begin{aligned}
 V_{V5UA} &= L_{V5UA} \cdot M_{V5UA} \cdot P_{V5} \cdot N_{V5} = \\
 &= ((50 \text{ байт} \cdot 10 \text{ сообщ/вызов} \cdot 5 \text{ вызовов/час})/450) \cdot N_{PSTN} = 5,5 \cdot N_{PSTN} \text{ (бит/с)} \\
 V_{IUA} &= L_{IUA} \cdot M_{IUA} \cdot (P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX}) = 50 \cdot 10 \cdot (10 \cdot N_{V5} + 35 \cdot N_{PBX}) / 450 = \\
 &= 1,1 \cdot (10 \cdot N_{V5} + 35 \cdot N_{PBX}) \text{ (бит/с)} \\
 V_{SIP} &= L_{SIP} \cdot M_{SIP,H.323} \cdot P_{SH} \cdot N_{SH} = (50 \cdot 10 \cdot 5) / 450 \cdot N_{SH} = 5,5 \cdot N_{SH} \text{ (бит/с)} \\
 V_{MEGACO} &= L_{MEGACO} \cdot M_{MEGACO} \cdot P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} = (50 \cdot 10 \cdot 5 / 450) \cdot N_{PSTN} = 5,5 \cdot N_{PSTN} \text{ (бит/с)} \\
 V_{MGCP} &= [L_{MGCP} \cdot M_{MGCP} \cdot (P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + P_{V5UA} \cdot N_{V5UA} + P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX})] = \\
 &= [50 \cdot 10 \cdot (5 \cdot N_{PSTN} + 35 \cdot N_{V5UA} + 10 \cdot N_{ISDN} + 35 \cdot N_{PBX})] / 450 \text{ (бит/с)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{SX} &= 2 \cdot 5 \cdot [5,5 \cdot N_{PSTN} + 1,1 \cdot (10 \cdot N_{V5} + 35 \cdot N_{PBX}) + 5,5 \cdot N_{SH} + 5,5 \cdot N_{PSTN} + \\
 &+ (50 \cdot 10 \cdot (5 \cdot N_{PSTN} + 35 \cdot N_{V5UA} + 10 \cdot N_{ISDN} + 35 \cdot N_{PBX})) / 450] \text{ (бит/с)}
 \end{aligned}$$

Количество интерфейсов N_{INT} выбранного проектантом типа для взаимодействия Softswitch с SW3 может быть найдено по формуле (2.22).

$$N_{INT} = C_{SX} / C_{INT}, \quad (2.22)$$

где C_{INT} – транспортный ресурс одного интерфейса, используемого для доставки информации в транспортной сети (аппаратная пропускная способность интерфейса).

Для расчета производительности Softswitch (P_{SX}^{AGW}) при обслуживании вызовов пользователей проектируемой пакетной сети используем формулу (2.23):

$$\begin{aligned}
 P_{SX}^{AGW} &= P_{PSTN} \cdot \left(\sum_{i=1}^I N_{i_PSTN} + \sum_{i=1}^I N_{i_SHM} \right) + P_{ISDN} \cdot \sum_{i=1}^I N_{i_ISDN} + \\
 &+ P_{V5} \cdot \left(\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K N_{k_V5} + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N N_{n_PBX} \right), \quad (2.23)
 \end{aligned}$$

где I – количество шлюзов доступа, обслуживаемых Softswitch,

K – количество интерфейсов типа V5,

N – количество PBX.

2.1.2. Расчет производительности коммутаторов транспортной пакетной сети

Обозначения параметров расчета шлюза доступа (AGW) приведены на рисунке 3.2. Суммарная производительность коммутаторов транспортной пакетной сети (SW) определяется суммарной нагрузкой, поступающей от всех шлюзов.

На рисунке 3.1 показано 4 шлюза: AGW1, AGW2, TGW1, TGW2.

В пакетную сеть поступает определенная доля p (см. формулу 3.17) пользовательской информации от ССОП через TGW1, TGW2 и сигнальная информация к Softswitch.

Расчет требуемой суммарной производительности коммутаторов магистрального уровня пакетной сети будет выполняться без учета топологии первичной сети. Необходимо учесть то обстоятельство, что лишь часть *пользовательской нагрузки сети доступа* поступает в транспортную сеть. Другая ее часть замыкается на уровне шлюза доступа. Поэтому для расчета производительности коммутаторов пакетной сети P_{SW} необходимо знать долю потока пользовательской информации шлюза (M_{m_GW}), поступающую в пакетную сеть, и скорость потока сигнальной информации в интерфейсе «SW – Softswitch»:

$$P_{SW} = \left[\sum_{m=1}^M (1 - M_{m_GW}) \cdot C_{GW} + V_{SX} \right] / L_{IP} \text{ [пак/с]}, \quad (2.24)$$

- где M_{m_GW} – доля потока пользовательской информации, замыкающаяся на уровне m -го шлюза доступа;
- m – номер шлюза;
- $1 - M_{m_GW}$ – доля потока пользовательской информации, поступающая в пакетную сеть;
- L_{IP} – средняя длина IP-пакета, используемого при передаче пользовательской и сигнальной информации в пакетной сети;
- M – количество шлюзов, подключенных к транспортной пакетной сети.

В составе оборудования шлюза, обеспечивающего замыкание пользовательской нагрузки без занятия ресурсов транспортной пакетной сети, имеется собственный коммутатор с производительностью P_{GW} :

$$P_{GW} = M_{m_GW} \cdot C_{m_GW} / L_{IP} \text{ [пак/с]}, \quad (2.25)$$

Организация VLAN для сигнализации и речевого трафика

Для гарантий качества пропуски критического трафика (голос, видео, сигнализация и др.) по транспортным мультисервисным сетям используются механизмы обеспечения качества на уровне L2:

- DiffServ, позволяющие тонко настроить параметры сети (классы обслуживания, приоритеты, дисциплины обслуживания очередей) для каждого из видов трафика с учетом свойств этого трафика.
- IntServ, позволяющие выделить необходимые транспортные ресурсы (пропускную способность, буферную память) в соответствии со свойствами трафика (требуемой информационной скоростью и чувствительностью к задержкам).

Реализация этих механизмов возможна в рамках технологий MPLS, IEEE 802.1p/Q, PBB и др.

В рамках данного проекта используется технология 802.1p/Q (VLAN), поддерживаемая коммутаторами MES уровня L2 и L3 от компании Элтекс.

Для конфигурации VLAN на коммутаторах MES, необходимо предварительно спланировать таблицы VLAN для трех видов трафика:

- Голос (телефония VoIP)
- Сигнализация (SIP)
- Управление (SNMP)

В таблицах VLAN предусмотреть:

- варианты номеров VLAN (VID), согласованные с преподавателем,
- классы услуг (CoS), в соответствии с «Базовыми правилами QoS» (приложение 4, табл.П4.1),
- пропускную способность в рамках конкретного интерфейса, в соответствии с расчетным значением по проекту.

Таблица организации VLAN:

№№	название VLAN	№ VID	CoS	BW (Bandwidth) (пропускная способность)
1	Voice	в соответствии с вариантом в подгруппе	табл.П4.1	в соответствии с расчетом
2	Signaling	в соответствии с вариантом в подгруппе	табл.П4.1	в соответствии с расчетом
3	Management	в соответствии с вариантом в подгруппе	табл.П4.1	5 % от суммы Voice + Signaling

Выбор оборудования и ПО

Для выполнения данного раздела необходимо:

1. Познакомиться с линейкой оборудования от компании Элтекс - <http://eltex.nsk.ru/catalog/>
2. Изучив возможности НОЦ, выбрать необходимое оборудование по согласованию с преподавателем.

3-я Часть КП.

Описание процессов конфигурации выбранного оборудования и ПО в **Packet Tracer** необходимо выполнить перед тем, как соответствующие настройки будут применяться на реальном оборудовании в лаборатории Элтекс.

Настроенная схема должна быть сохранена в виде файла **№гп-№п/гп.pkt**

Данные процессы конфигурации можно выполнить в режиме онлайн на сайте - <http://ccnav6.com/cisco-packet-tracer-6-3-tutorial-windows-free-download.html> .

Также можно скачать данный симулятор на странице академии Cisco:

<https://www.netacad.com/ru/about-networking-academy/packet-tracer/#!%2F>

Пример схемы, соответствующей одному из вариантов Ваших заданий приведен на рис. 3.1.

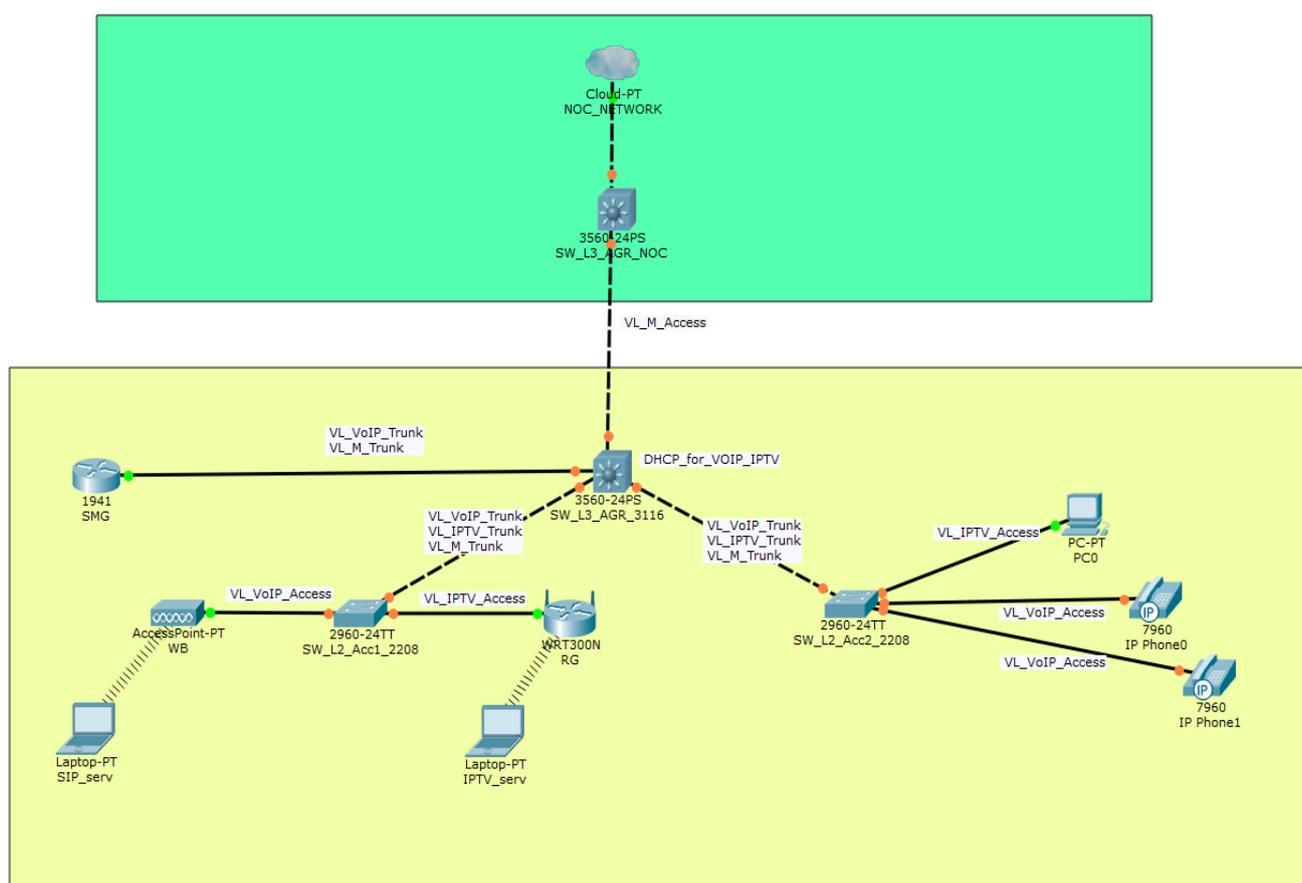


Рисунок 3.1 – Вариант схемы для реализации проектируемых услуг в Packet Tracer.

Цель данной части проекта – самостоятельно сконфигурировать прообраз Вашей проектируемой сети, настроить IP-адресацию и VLAN и «прозвонить» все связи, используя утилиту ping.

На Switch L3 Вам необходимо настроить DHCP с IP-адресацией, соответствующей варианту Вашей сети, выделив статические адреса серверам VoIP, IPTV, точке доступа.

4-я часть КП

Конфигурация выбранного оборудования и ПО

Для реализации проектируемых сетей и услуг необходимо исходить из возможностей НОЦ, имеющего достаточно полную линейку сетевого оборудования и ПО от ведущего Российского производителя – компании Элтекс [17].

На рис. 4.1 отображена схема для реализации нескольких вариантов сетей доступа и услуг, используя возможности НОЦ:

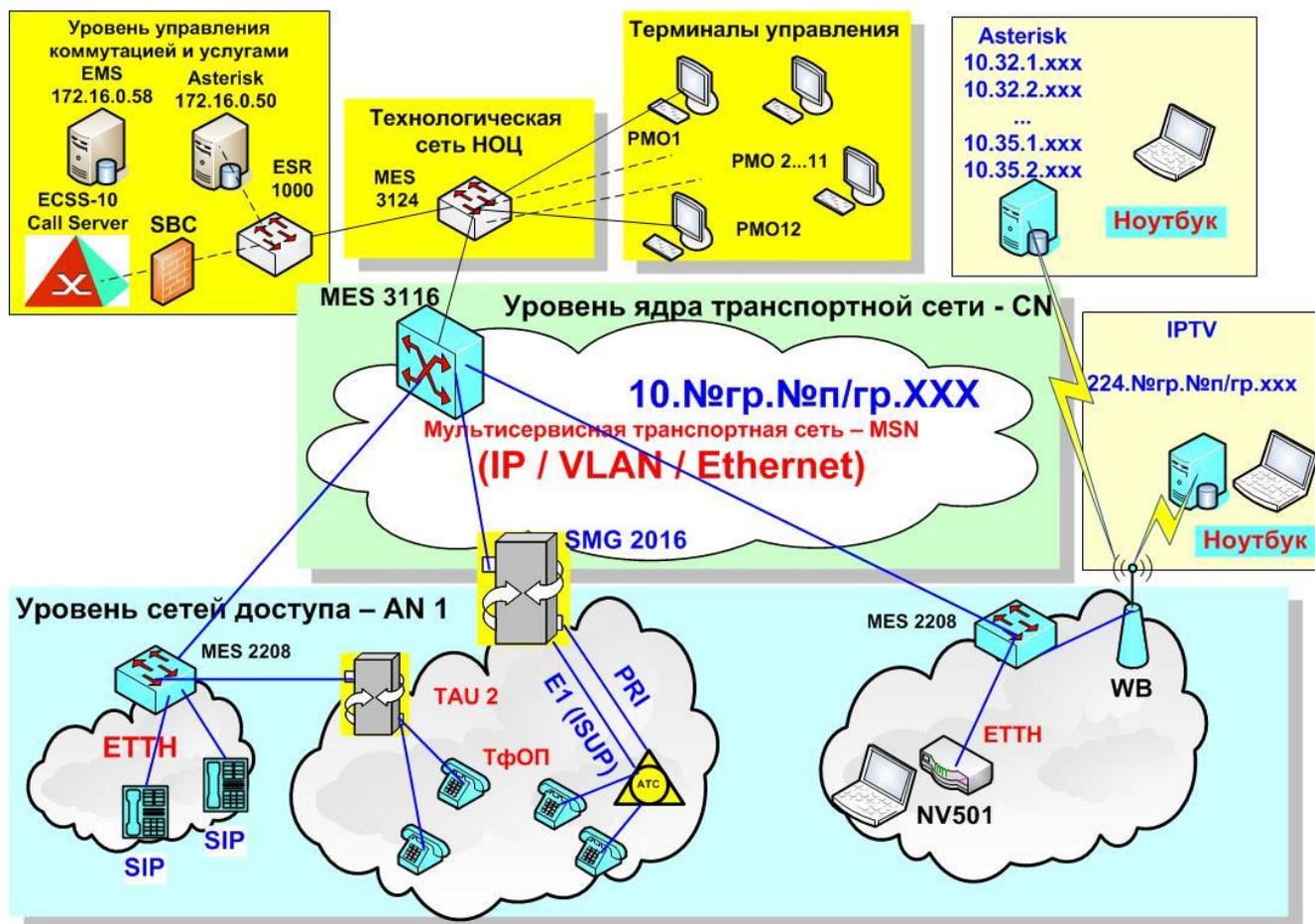


Рисунок 4.1 – Схема для реализации проектируемых услуг на базе ресурсов НОЦ (Элтекс).

Конкретные варианты для каждой проектной подгруппы определяются по согласованию с преподавателем.

Настройка конкретных услуг приведена в соответствующих методических указаниях:

- 1. Настройка услуг VoIP-ТфОП_TDM – «Настройка MC-240_SMG-2016_v3.pdf»**
- 2. Настройка SIP-сервера Asterisk – «МУ_Asterisk_v3-1.pdf»**
- 3. Настройка ядра транспортной сети – «Требования к настройкам MES.docx», «ЛАБ-1_МУ_по_MES_Eltex_v4.pdf»**
- 4. Настройка услуг IPTV, VoD – в данных методических указаниях.**

Исходные данные для реализации КП по МСС на базе ресурсов НОЦ:

- 1. Схемы:**
 - 1.1. Ядро сети – по 1 коммутатору L3 в ядре для каждой из подгрупп (MES 3116). Номера коммутатора в статье – назначаются преподавателем.**
 - 1.2. SIP-серверы, Softswitch – назначаются преподавателем (Asterisk, ECSS-10).**
 - 1.3. Сети доступа**
 - 1.3.1. Технологии сетей доступа (назначаются преподавателем)**
 - 1.3.1.1. ЕТТН (MES 2208 – назначаются преподавателем)**
 - 1.3.1.2. Wi-Fi (WEP-12, RG-5421 – выдаются преподавателем)**
- 2. Адресация в IP-сети – 10.№гр.№п/гр.ххх**
- 3. Нумерация в телефонной сети (разрабатывается в проекте)**
- 4. Номера VLAN (разрабатывается в проекте)**

1. SIP-серверы. Asterisk. <http://www.asterisknow.ru/>

По сигнализации с ТфОП (SMG 1016, IP-адрес: **10.№гр.№п/гр.ххх** – статический)
- АТС MC-240 — PRI (EDSS1), №№ тел (разрабатывается в проекте)
— E1, ОКС-7 (ISUP), №№ тел (разрабатывается в проекте)

По ТАУ (абон.шлюзы).

IP-адрес – динамический, DHCP на MES-3116,
№№ тел (разрабатывается в проекте)
- ТАУ-8 (Офис)
- ТАУ-2 (home)

По сети доступа Wi-Fi (WB)

VLAN, IP-адрес – статически с учетом ресурсов DHCP на MES-3116

Методические указания по настройке оборудования и ПО для обеспечения услуг IPTV и VoD.

I. Головная станция

В общем случае головная станция IPTV представляет собой программно-аппаратный комплекс, позволяющий осуществить прием медиаконтента от внешних или внутренних источников, его преобразование и введение в IP-сеть с целью доставки до конечного пользователя.

В данном курсовом проекте необходимо настроить головную станцию IPTV для предоставления клиентам таких сервисов, как:

- **IP-телевидение (IPTV);**
- **видео по запросу (VOD).**

Услуга IPTV предоставляется в формате multicast, где каждый ТВ-канал представляет собой отдельную многоадресную группу, которая характеризуется индивидуальным IP-адресом класса D. Для того, чтобы просмотреть конкретный ТВ-канал, пользователь должен вступить в многоадресную группу данного канала. Процесс вступления/выхода из многоадресных групп регулирует протокол IGMP. Перед началом работы рекомендуется изучить работу данного протокола и виды его сообщений.

Услуга VOD предполагает одноадресную рассылку (unicast) медиаконтента пользователям по их персональному запросу. Клиент отправляет запрос на сервер VOD, в котором указывает название интересующего видео; сервер, получая запрос, транслирует трафик запрашиваемого видео персонально клиенту.

Организация головной станции:

- 1) **Создать виртуальную машину в среде VirtualBox.** В качестве операционной системы использовать серверную версию Ubuntu 16.04.1 LTS или 14.04.5 LTS, разрядность по возможности 64 bit. Объем оперативной памяти желательно не меньше 2ГБ.
- 2) **Задать сетевые настройки виртуальной машины.**

Под сетевыми настройками имеется в виду назначение виртуальной машине IP-адреса, маски подсети, шлюза по умолчанию и адресов DNS-серверов (последние нужны для подключения к репозиториям Ubuntu в целях загрузки необходимых пакетов программ).

Задать вышеописанные настройки лучше вручную, чтобы в дальнейшем не редактировать настройки сервера VOD и соответствующий плейлист при каждом подключении головной станции к сети.

Для конфигурации сетевых настроек виртуальной машины нужно отредактировать файл /etc/network/interfaces. Пример содержимого данного файла для настройки интерфейса виртуальной машины enp0s3:

```
# This file describes the network interfaces available on your system
# and how to activate them. For more information, see interfaces(5).

source /etc/network/interfaces.d/*

# The loopback network interface
auto lo
iface lo inet loopback

# The primary network interface
iface enp0s3 inet static
address 192.168.0.50
netmask 255.255.255.0
gateway 192.168.0.1
dns-nameserver 8.8.8.8 8.8.8.4
auto enp0s3
```

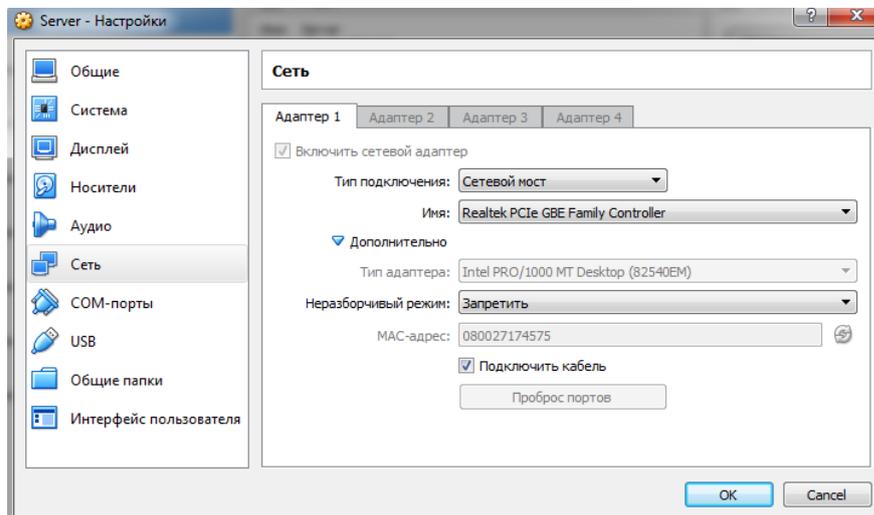
3) Создать сетевой мост на физический адаптер хоста.

Это необходимо для связи виртуальной машины с сетью, в которую будет происходить трансляция трафика. В режиме сетевого моста адаптер виртуальной машины получает такой же доступ в сеть, как и адаптер хостовой машины. С этой точки зрения виртуальная машина будет рассматриваться как отдельный компьютер в сети.

Для настройки сетевого моста выполнить следующие действия:

- в главном меню VirtualBox выбрать в списке виртуальную машину, нажать кнопку "Настроить";
- в открывшемся окне выбрать вкладку "Сеть";
- задать тип подключения как "Сетевой мост", в графе "Имя" выбрать сетевой адаптер хоста. Дополнительные настройки оставить по умолчанию.

Пример:



4) Загрузить следующие пакеты:

- telnetd и openssh-server - серверы Telnet и SSH для удаленного доступа к виртуальной машине;
- ffmpeg - набор библиотек для обработки аудио- и видеофайлов (если не установлен по умолчанию. Проверить наличие пакета можно при помощи команды **whereis ffmpeg**. Если в выводе команды указаны пути к исполняемым файлам пакета, то он уже загружен в системе);

- vlc-nox - кроссплатформенный медиаплеер без графической оболочки. Для установки пакетов программ использовать команду:

sudo apt-get install <имя пакета>

Функционал головной станции можно разделить на 2 блока:

- файловое хранилище - директория, где хранятся подготовленные для вещания видеофайлы и скрипты запуска услуг IPTV и VOD;
- транскодер - программное средство, преобразующее видеофайлы в формат трафика предоставляемой услуги (IPTV или VOD). Запускается при помощи соответствующих скриптов.

Создание файлового хранилища:

В корневом каталоге системы нужно создать директорию *stream*, содержимое которой разбить на 2 папки:

- *videos* - папка для хранения видео;
- *scripts* - папка для хранения скриптов запуска услуг IPTV и VOD.

Создать директорию можно при помощи команды **mkdir**.

В папку *videos* директории *stream* нужно загрузить видеофайлы с кодировкой mp4 (предпочтительно) или avi, каждый из этих видеофайлов будет локальным источником для своего канала IPTV. Рекомендуется использовать видеофайлы стандартного разрешения (SD), длительность которых не превышает 5-7 минут.

Передать видеофайлы на виртуальную машину можно по протоколу SCP, с использованием утилиты WinSCP на Windows. Однако предварительно следует открыть доступ к папке *videos*, назначив абсолютные права на ее использование при помощи команды:

sudo chmod 777 /stream/videos

В качестве источников контента для услуги VOD необходимо использовать видеофайлы с кодировкой ts. То есть нужно будет создать дубликаты исходных видеофайлов (кодировка mp4 или avi) в формате ts. Перекодирование видео из одного формата в другой позволит осуществить утилита ffmpeg. Пример перекодирования видеофайла video.mp4 в формат ts:

ffmpeg -i video.mp4 -c copy -bsf:v h264_mp4toannexb -f mpegts video.ts

Создание транскодера:

В директории *etc*, которая находится в корневом каталоге системы, нужно создать два конфигурационных файла:

- iptv.cfg
- vod.cfg

В данных файлах нужно прописать основные параметры трафика предоставляемых услуг. Для создания файлов используется команда **touch**.

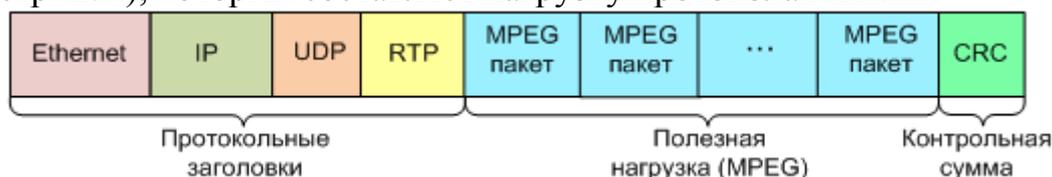
Содержимое файла iptv.cfg заполняется по следующему формату:

```
new channel1 broadcast enabled
setup channel1 input /stream/videos/video.mp4
setup channel1 output #transcode{vcodec=h264,acodec=mp3,vb=2048,ab=128}:rtp{mux=ts,dst=239.0.0.10}
setup channel1 loop
```

Команда `new` с параметром `broadcast` создает ТВ-канал с названием `channel1`.

Команда `setup` с параметром `input` указывает на источник контента для канала `channel1` (в данном случае это видеофайл `video.mp4`, находящийся в папке `videos` директории `stream`).

Команда `setup` с параметром `output` определяет параметры выходного потока для ТВ-канала. В данном случае для сжатия видео-дорожки используется кодек `h264`, для сжатия данных аудио - кодек `mp3`. Полезная нагрузка ТВ-канала, сформированная кодеками, помещается в медиаконтейнер MPEG-TS (на это указывает параметр `mux`), который составляет нагрузку протокола RTP.



В поле `Destination address` IP-заголовка сформированного пакета для данного ТВ-канала записывается адрес группы, в рамках которой предоставляется трафик этого канала. В качестве порта назначения UDP указывается значение `5004` (по умолчанию).

Параметры `vb` и `ab` позволяют явно задавать скорость работы для видео- и аудио-кодеков. Это позволяет управлять компрессией и подстраивать вещание канала под конкретные требования к пропускной способности сети. Команда `setup` с параметром `loop` позволяет зациклить воспроизведение данного канала. Является опциональной.

Аналогичным образом можно создать другие каналы IPTV, дополнив файл `iptv.cfg` соответствующими командами.

Файл `vod.cfg` формируется подобным образом:

```
new video vod enabled
setup video input /stream/videos/video.ts
setup video mux mp2t
```

Команда `new` с параметром `vod` создает услугу видео по запросу с названием `video`. Источником контента для данной услуги является видеофайл `video.ts`, находящийся в папке `videos` директории `stream`.

Сервис видео по запросу предоставляется с использованием протокола RTSP, для передачи трафика данной услуги в плоскости U формируется такой же стек протоколов, как и для IPTV, только вместо RTP будет использоваться RTSP, нагрузка которого, в данном случае, формируется кодеком MPEG-2.

Аналогичным образом можно определить другие видео, которые клиент сможет посмотреть по персональному обращению к серверу.

В папке `scripts` следует создать два исполняемых файла (скрипта) для услуг IPTV и VOD, которые позволят запустить процесс транскодирования для данных сервисов:

- `iptv.sh`
- `vod.sh`

После создания этих файлов следует назначить права на их исполнение:

```
sudo chmod +x /stream/scripts/iptv.sh
```

sudo chmod +x /stream/scripts/vod.sh

Пример содержимого файла iptv.sh:

```
#!/bin/sh
/usr/bin/vlc --daemon -I telnet --telnet-password admin123 --telnet-port 1111 --vlm-conf /etc/iptv.cfg
sudo touch /var/run/iptv.pid
sudo chmod 777 /var/run/iptv.pid
ps axv |grep vlc |grep 1111 |awk '{print $1; exit;}' > /var/run/iptv.pid
```

Пример содержимого файла vod.sh:

```
#!/bin/sh
/usr/bin/vlc --daemon -I telnet --telnet-password admin123 --telnet-port 2222 --rtsp-host 192.168.0.50 --rtsp-port 5554 --vlm-conf /etc/vod.cfg
sudo touch /var/run/vod.pid
sudo chmod 777 /var/run/vod.pid
ps axv |grep vlc |grep 2222 |awk '{print $1; exit;}' > /var/run/vod.pid
```

Процесс транскодирования осуществляется на базе кодеков пакета vlc-нох. Запись /usr/bin/vlc запускает процесс vlc в фоновом режиме (на это указывает ключ daemon), управление данным процессом доступно по telnet-сессии (пароль: admin123, порты telnet: 1111 для iptv и 2222 для vod), Ключ vlm-conf указывает путь к конфигурационному файлу, откуда транскодер будет брать настройки для конкретного сервиса. Ключи rtsp-host и rtsp-port поднимают rtsp-сервер и порт, на котором он будет доступен (в качестве параметра rtsp-host указать IP-адрес своей виртуальной машины). Кроме того, в обоих скриптах используется выгрузка идентификатора процесса vlc в отдельные файлы директории /var/run/. Это необходимо для остановки процесса при помощи команды **kill** (формат команды **kill <pid>**) и отслеживания расхода ресурсов операционной системы.

Для того, чтобы запустить сервисы IPTV и VOD, нужно запустить выше-описанные скрипты:

sh /stream/scripts/iptv.sh

sh /stream/scripts/vod.sh

После запуска скриптов услуга VOD станет доступной для клиентов.

Для того, чтобы запустить вещание каналов IPTV в сеть, необходимо подключиться к транскодеру по telnet. Для этого в консоли Ubuntu ввести команду:

telnet localhost 1111

Где 1111 - telnet-порт по которому доступно управление транскодером.

Пароль при входе в консоль транскодера: admin123.

Запуск вещания канала IPTV в сеть осуществляется при помощи команды:

control <channel_name> play

Где channel_name - имя созданного канала (задавать без знаков <>).

Остановка вещания канала:

control <channel_name> stop

Просмотр параметров транскодирования канала:

show <channel_name>

Просмотр параметров транскодирования всех каналов:

show

II. Учебная сеть

Без специальных настроек коммутатор передаёт multicast-трафик как широковещательный, т.е. на все порты за исключением того, откуда пришел. Это обусловлено тем, что коммутаторы не умеют изучать мультикастинговые MAC-адреса кадров, которые формируются по определенному алгоритму на основе адресов IP-multicast. Поэтому необходимо оптимизировать передачу многоадресного трафика в сети таким образом, чтобы его мог получать только тот клиент, который его запросил.

Такого рода оптимизацию осуществляет функция IGMP Snooping. Она позволяет коммутатору вести таблицу восходящих и нисходящих интерфейсов, на основе которой многоадресный трафик передается от головной станции до клиентов, принадлежащих различным multicast-группам.

Примечание: восходящий интерфейс - порт коммутатора, на который поступает многоадресный трафик данной группы; нисходящий интерфейс - порт, на который копируется трафик данной группы.

Совместно с функцией IGMP Snooping должен работать механизм IGMP Querier, который позволяет коммутатору осуществлять периодическую рассылку запросов IGMP (Query) с целью опроса клиентов о членстве в многоадресных группах. Это необходимый механизм для определения восходящих интерфейсов в таблице IGMP Snooping.

Достаточно детальное описание работы данных функций и протокола IGMP в целом приведено в статье:

<https://habrahabr.ru/company/cbs/blog/309486/>

Итого для оптимизации пропуска многоадресного трафика в учебной сети НОЦ **необходимо произвести следующие настройки:**

- 1) Разрешить использование функции IGMP Snooping на всех коммутаторах учебной сети глобально и для конкретной VLAN, выделенной для IPTV;
- 2) На коммутаторе доступа, ближайшем к головной станции, настроить механизм IGMP Querier для конкретной VLAN, выделенной под IPTV;
- 3) На транковых интерфейсах коммутаторов применить фильтрацию незарегистрированных многоадресных пакетов.

Конкретные команды по настройке можно найти в руководстве по эксплуатации коммутаторов MES в разделах "Правила групповой адресации (multicast addressing)" и "Функция посредника протокола IGMP (IGMP Snooping)".

III. Конечный пользователь

В данном проекте нужно рассмотреть различные способы получения услуг IPTV пользователем:

- **через проводную сеть;**
- **через беспроводную сеть;**

В проводной сети прием трафика сервисов IPTV и VOD осуществляют ПК и телевизор, подключенный к ТВ-приставке. В сети Wi-Fi - ноутбуки и смартфоны. Следует заметить, что последние не поддерживают прием multicast-трафика в чистом виде, так же как и работу в диапазоне 5ГГц. Поэтому, для того, чтобы пользователь смартфона мог просматривать каналы IPTV, транслируемые с сервера, на точке доступа Wi-Fi, к которой он подключен, должна быть настроена функция HTTP проху. Это позволит осуществлять преобразование UDP-потока в поток HTTP. Иначе говоря, пользователь смартфона будет получать трафик телеканалов IPTV в формате unicast с предварительным установлением соединения по протоколу TCP. Последовательность настройки HTTP проху можно найти в руководстве по эксплуатации RG-5421G-Wac в меню «IP-телевидение».

На ПК, ноутбуках и смартфонах должен быть установлен медиаплеер VLC, который будет осуществлять прием, декодирование и воспроизведение трафика.

На приставке нужно будет задать сетевые настройки (вручную или динамически). Примеры имеются в руководстве по эксплуатации приставок NV-310 и NV-501 Wac.

Для просмотра каналов IPTV и видео VOD на различных устройствах используются плейлисты. Наиболее часто используемые форматы плейлистов:

- m3u;
- xspf.

Замечание: для доступа к сервисам IPTV и VOD на ПК, ноутбуке и смартфоне использовать формат плейлиста m3u. На ТВ-приставке для услуги IPTV использовать формат xspf, для VOD - m3u.

Формирование плейлиста:

1) В Windows создать документ типа "блокнот" с расширением .m3u или .xspf, в зависимости от того, какой формат плейлиста требуется.

2) Заполнить документ.

Пример заполнения документа формата m3u:

```
#EXTM3U
```

```
#EXTINF:-1, Название канала 1
```

```
rtp://@239.255.0.10:5004
```

```
#EXTINF:-1, Название канала 2
```

rtp://@239.255.0.20:5004

где #EXTM3U - заголовок плейлиста, #EXTINF - дополнительная информация о канале (в данном случае его название).

rtp://@239.255.0.10:5004 - медиассылка на канал IPTV, который предоставляется по протоколу RTP, имеет адрес 239.255.0.10 и доступен по UDP порту 5004.

Пример медиассылки для VOD: rtsp://192.168.0.50:5554/video. Здесь указывается адрес VOD-сервера (192.168.0.50), UDP - порт, по которому он доступен (5554) и название услуги (video), прописанной в файле vod.cfg (см. настройку транскодера).

3) Сохранить документ в кодировке UTF-8.

Создание плейлиста формата xspf подробно описано в руководстве по созданию плейлиста IPTV для приставок NV-501 Wac и NV-310.

Тестирование услуг VoIP. Сдача-приемка услуг VoIP в эксплуатацию. Демонстрация услуг. Презентация и защита КП

В данном разделе необходимо представить схему тестирования проектируемой услуги с использованием необходимых устройств и программных средств:

- Терминалы пользователей
- Серверы, обслуживающие запросы пользователей
- Средства тестирования, анализа и перехвата трафика (Wireshark, tcpdump, Windump).

Услугу надо продемонстрировать из-конца-в-конец, используя заданные по варианту номера телефонов, каналов, объектов.

Демонстрация должна сопровождаться презентацией основных проектных решений с необходимыми комментариями авторов проекта.

Файл презентации необходимо готовить в формате *.odp (Open Office, LibreOffice).

Оценка каждому участнику проектной группы выставляется по итогам всей работы над проектом, включая участие в расчетной и графической части, участие в конфигурации и настройке услуг, тестировании, демонстрации и защите результатов проекта.

5. Заключение

В этой части необходимо сделать обобщающие выводы по каждому разделу обзорной и проектной частей данного курсового проекта.

Библиография

1. Битнер, В. И. Сети нового поколения NGN [Текст] : учеб. пособие / В. И. Битнер, Ц. Ц. Михайлова. - М. : Горячая линия-Телеком, 2011. - 226с. - 390 р.
2. Телекоммуникационные системы и сети [Текст] : учеб. пособие : в 3 т. / В. В. Величко, Е. А. Субботин, В. П. Шувалов, А. Ф. Ярославцев ; под ред. В. П. Шувалова. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2012 - 2015. Т. 3 : Мультисервисные сети. - 2-е изд., стер. - 2015. - 592 с. -). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-9912-0484-2 : 595 р
3. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст] : учеб. пособие / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. - 4-е изд. - СПб. : ПИТЕР, 2012. - 943с.
4. Росляков А. В. Мультисервисные платформы сетей следующего поколения NGN. Т.1.Отечественные системы [Текст] : монография / А. В. Росляков. - Самара : ПГУТИ : ООО "Изд-во АсГард", 2012. - 304с.
5. Берлин А.Н. Основные протоколы Интернет [Электронный ресурс]/ Берлин А.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 602 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/15840>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6. Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. – Спб. «Наука и техника», 2005, 240 с.
7. Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е издание. – М.: «Питер». 2003, 782 с.
8. А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн. Softswitch. – «БХВ – Санкт-Петербург», 2006, 366 с.
9. Руководящий документ РД.45.120-2000 «НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ – НТП 112-2000»
10. Руководящий документ РД.45.333-2002 «Оборудование связи, реализующее функции гибкого коммутатора "SoftSwitch". Технические требования». 2002г.
11. А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн. Технология и протоколы MPLS. - «БХВ – Санкт-Петербург», 2005, 301 с.
12. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации. – М.: «ЭКО-ТРЕНДЗ». 2008, 399 с.
13. ITU-T. Recommendation Y.1541
14. Крук Б.И., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети, Том 1 Современные технологии/Под ред. профессора В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия–Телеком, 2003, 647 с.
15. Перечень-классификатор традиционных и новых услуг связи. - The Boston Consulting Group Ltd и Коминфо Консалтинг (для ОАО "Связьинвест"), 2002
16. Документ международного консорциума "Эталонная архитектура, июнь 2002, версия 1.2" (International Softswitch Consortium "Reference Architecture, June 2002, v 1.2").
17. Костюкович А.Е., Костюкович Н.Ф. Проектные методы обучения в технических дисциплинах СибГУТИ //«Проблемы обеспечения качества высшего образования в условиях реализации ФГОС»: материалы 57 (LVII) межвузовской научно-методической конференции / Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики [и др.], Новосибирск, 2016.
18. ITU-T Recommendation Y.100...Y.4xxx. <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index.aspx?ser=Y>.
19. Каталог оборудования компании Элтекс. <http://eltex.nsk.ru/catalog/>

1. Термины и обозначения

(на русском языке)

A:

Асинхронный метод переноса – ATM (Asynchronous Transfer Mode)

C:

Система передачи (Transmission System) – комплекс технических средств и среда распространения, которые обеспечивают организацию типовых канатов и трактов передачи и линейного тракта

T:

Транспортная сеть электросвязи (Transport Network) – часть сети электросвязи, обеспечивающая доставку пользовательских и служебных данных по заданным адресам и состоящая из ряда подсетей с возможно различными принципами их организации и принадлежности к различным операторам

(на английском языке)

A:

ABR (Available Bit Rate) – доступная битовая скорость;

AGW (Access Gateway) – шлюз доступа;

AS (Application Server) – сервер приложений;

ATM (Asynchronous Transfer Mode) – асинхронный метод переноса (АМП)

CBR (Constant Bit Rate) – постоянная битовая скорость;

D:

DiffServ (Differentiated Service) – предоставление дифференцированных услуг доставки информации (придание потокам информации приоритета доставки);

F:

FEC (Forwarding Equivalence Class) - класс доставки;

Fiber/UTP/Coax – оптоволоконно/неэкранированная витая пара/коаксиальный кабель;

G:

GE (Gigabit Ethernet) – локальная сеть Ethernet, в которой обеспечивается скорость обмена компьютеров по шине 10 Гбит/с, использует множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов

H:

H.248/MEGACO – протокол управления шлюзом;

I:

IPDV (IP Delay Variation) – отклонение задержки переноса IP пакетов;

IPLR (IP Loss Ratio) – доля потерянных IP пакетов;

IP/MPLS (IP over MPLS) – технология коммутации пакетов, использующая многопротокольную коммутацию с помощью меток;

IPTD (IP Time Transfer Delay) – задержка переноса IP пакетов;

IREP (IP Repair) – доля искаженных IP пакетов;

IUA (ISDN User Adaptation) – протокол адаптации SCTP к протоколу DSS1;

L:

LER (Level Edge Router) - пограничный маршрутизатор MPLS, коммутирующий пакеты с помощью меток;

LSP (Label Switching Path) – путь (тракт), в котором пакеты коммутируются с помощью меток;

LSR (Label Switching Router) - транзитный маршрутизатор MPLS, коммутирующий пакеты с помощью меток

M:

M3UA (MTP3 User Adaptation Layer) – протокол IETF SIGTRAN уровня адаптации SCTP к протоколам прикладного уровня ОКС № 7;

MAC (Media Access Control) - протокол управления доступом к среде передачи (общее название методов доступа сетевых устройств к среде передачи);

MEGACO (Media Gateway Control Protocol) - протокол управления медиашлюзом;
MG (Media Gateway) – медиашлюз;
MGC (Media Gateway Control) - контроллер медиашлюза;
MPLS (Multiprotocol Label Switching) – многопротокольная коммутация с возможностью распознавания потоков пакетов с одинаковым маршрутом и присваивания им меток, с помощью которых эти пакеты коммутируются в сетевых узлах без полного раскрытия заголовка;
MRS (Media Resource Server) – сервер медиаресурсов;
MTP (Message Transfer Point) – подсистема передачи сообщений ОКС № 7;
MTP 2, MTP 3, ISUP – протоколы 2-го, 3-го и 4-го уровней стека протоколов ОКС № 7

N:

nrtVBR (Non-real-time Variable Bit Rate) - доставка с переменной битовой скоростью в относительном масштабе времени

O:

OSS (Operation Support System) – система поддержки эксплуатации

P:

PLMN (Public Land Mobile Network) – наземная сеть мобильной связи общего пользования;
PSTN (Public Switched Telephone Network) – коммутируемая телефонная сеть общего пользования

R:

RTP (Real Time Protocol) - протокол Internet доставки пакетов в реальном масштабе времени;
rtVBR (Real-time Variable Bit Rate) – доставка с переменной битовой скоростью в реальном масштабе времени;

S:

SCTP (Stream Control Transmission Protocol) – протокол управления передачей IETF SIGTRAN с управлением потоками кадров;
SG (Signaling Gateway) – шлюз сигнализации;
SP (Signaling Point) – пункт сигнализации ОКС № 7;
SPR (Signaling Point with SCCP Relay function) – пункт сигнализации ОКС № 7 с функцией переприема;

T:

TCP, UDP, IP – протоколы стека протоколов Internet;
TE (Terminal Equipment) – терминальное оборудование (оконечное оборудование пользователя);
TGW (Trunk Gateway) – шлюз трактов

U:

UBR (Unspecified Bit Rate) - доставка с неопределенной битовой скоростью;
UDP (User Datagram Protocol) – протокол передачи дейтаграмм пользователя (быстрый сетевой протокол транспортного уровня Internet, на котором базируются сетевая файловая система, служба имен и ряд других служб, однако, в отличие от TCP, UDP обеспечивает обмен дейтаграммами без подтверждения доставки)

V:

VBR (Variable Bit Rate) – переменная скорость передачи;
VPN (Virtual Private Network) – корпоративная (частная) виртуальная сеть

W:

WDM (Wavelength-Division Multiplexing) – мультиплексирование (с разделением) по длинам волн;

Анатолий Егорович Костюкович
Наталья Федоровна Костюкович

Методические указания к курсовому проекту:
«Проект ресурсов мультисервисной транспортной сети».

Редактор: Ромашова Т.И..

Корректор:

подписано в печать.....

сдано в набор, бумага писчая N1.

Формат бумаги 60x84/16. Шрифт N10, печать РИЗО,

изд.листов Тираж 500, заказ N

Сибирская государственная академия телекоммуникаций и
информатики

630102, Новосибирск, ул.Кирова,86