

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ И  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ФАКУЛЬТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**СЛУЖБЫ МУЛЬТИМЕДИА**

**(часть 1)**

Методические указания по выполнению практических работ

Ташкент 2014

**Автор:** Е. В. Тарасенко, Р. Х. Джураев «Службы мультимедиа» (часть 1).  
Методические указания по выполнению практических работ / ТУИТ, с.  
Ташкент, 2014

Рассмотрены на заседании учебно-методического совета факультета и  
рекомендованы к печати (протокол № 33 от 06мая 2014 г.)

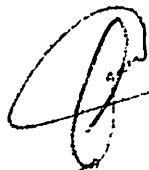
Цель методических указаний – методическое обеспечение процесса  
проведения практических работ по дисциплине «Службы мультимедиа».

Методические указания рассчитаны на использование в учебном процессе  
при подготовке магистров по специализации 5А350101  
«Телекоммуникационный инжиниринг». Продолжительность работ,  
приведенных в данных методических указаниях, составляет 10 академических  
часов.

Рецензент,

к.т.н., доцент кафедры

«Сети и системы передачи данных»



Ш. Ю. Джаббаров

Корректор



Л. Х. Хамдам-Заде

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Международная практика показывает, что радикальные изменения в информационной сфере экономически развитых стран, произошедшие на рубеже XX-XXI веков, существенно изменили облик информационной инфраструктуры страны. Взаимное проникновение телекоммуникационных и информационных технологий вызывается быстрорастущей потребностью в передаче разнородной (мультимедийной) информации. Передаваемая в виде различных сигналов информация может представлять собой речь, данные, видеонизображение или любую их комбинацию, называемую мультимедийной. В настоящее время наиболее востребованными услугами являются услуги с комплексным предоставлением информации, которые в рекомендациях МСЭ-Т определяются как мультимедийные, для обеспечения которых требуется рост пропускной способности сети телекоммуникаций. Тенденция к увеличению количества передаваемой по сети телекоммуникаций мультимедийной информации неизбежно приводит к возрастанию информационных потоков, а резкий рост потребностей в обмене мультимедийной информацией - вызвал необходимость создания современных высокоскоростных телекоммуникационных технологий. Как известно, термином "мультимедиа" принято обозначать интеграцию данных, текста, графики, аудио, видео и речи в рамках единой пользовательской платформы, позволяющей одновременно использовать сразу несколько из перечисленных видов информации.

Данное методическое пособие имеет целью обучение магистров по специализации 5А350101 «Телекоммуникационный инжиниринг» практическому применению знаний по материалам основных разделов дисциплины «Службы мультимедиа».

10'QUV ZATI

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ**

### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Практическая работа предназначена для:

- ознакомления с основными принципами кодирования информации;
- получения базовых практических навыков построения эффективных кодов.

### **2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Сигнал – это физический процесс, параметры которого изменяются в соответствии с передаваемым сообщением.

Сигналы, формируемые на выходе преобразователя дискретного сообщения в сигнал, как правило, описываются функцией дискретного времени и конечным множеством возможных значений. В технике передачи данных такие сигналы называют цифровыми сигналами данных.

Параметр сигнала данных, изменение которого отображает изменение сообщения, называется информационным параметром сигнала данных.

Под кодированием понимается процесс преобразования дискретного сообщения в сигнал. Тогда кодом будет называться соответствие между алфавитом сообщения, т.е. набором символов, и значениями информационного параметра сигнала, формируемыми в процессе передачи.

Коды можно разделить на две самостоятельные группы. К первой относятся коды, использующие все возможные комбинации – избыточные коды. Ко второй группе относятся коды, использующие лишь определенную часть всех возможных комбинаций, такие коды называются избыточными. Оставшаяся часть комбинаций используется для обнаружения или исправления ошибок, возникающих при передаче сообщений.

Обе группы кодов, в свою очередь, подразделяются на равномерные и неравномерные. Равномерные коды – это коды, все кодовые комбинации которых содержат постоянное количество разрядов. Неравномерные коды содержат кодовые комбинации с различным числом разрядов.

При передаче сообщений, закодированных равномерным кодом, не учитывается статистическая структура передаваемых сообщений.

Из теоремы Шеннона о кодировании сообщений в каналах без шумов следует следующее:

если передача дискретных сообщений ведется при отсутствии помех, то всегда можно найти такой метод кодирования, при котором среднее число двоичных символов на одно сообщение будет сколь угодно близким к энтропии источника этих сообщений, но никогда не может быть меньше ее.

Учет статистики сообщений на основании теоремы Шеннона позволяет строить код, в котором часто встречающимся сообщением присваиваются более короткие кодовые комбинации, а редко встречающимся – более длинные.

### 2.1. Алгоритм Шеннона-Фано

Первым подобным кодом стал код Шеннона–Фано. Код Шеннона–Фано является префиксным. Префиксный код – это неравномерный код, обладающий следующим свойством: если в код входит слово  $a$ , то для любой непустой строки  $b$  слова  $ab$  в коде не существует. Хотя префиксный код состоит из слов разной длины, эти слова можно записывать без разделительного символа.

Код Шеннона-Фано строится следующим образом:

1. Символы (сообщения) выписывают в порядке убывания вероятностей.
2. Упорядоченные символы делят на две группы, суммарные вероятности которых максимально близки друг другу.
3. Первой группе присваивается «0», второй – «1».

4. Полученные группы рекурсивно делятся и их подгруппам назначаются соответствующие двоичные цифры.

Основной принцип, положенный в основу кодирования по методу Шеннона-Фано заключается в том, что при выборе каждой цифры кодового слова стремятся, чтобы содержащееся в ней количество информации было наибольшее. -

Для примера рассмотрим сообщение, для которого справедливо следующее распределение количества появлений символов:

Символ	A	B	C	D	E	F	G
Количество появлений	5	4	4	4	3	2	1

Энтропия для описанного выше сообщения  $H(x) = 2,682 \text{ bit}$ .

Так как используется всего 7 символов, то для кодирования каждого из них равномерным кодом достаточно будет использовать 3 bit.

Теперь рассмотрим кодирование методом Шеннона-Фано.

Символ	Количество появлений	Вспомогательная таблица			Код	
A	5	0	0		00	
B	4		1	0	010	
C	4			1	011	
D	4	1	0		10	
E	3		1	0		110
F	2			1	0	1110
G	1				1	1111

Зная количество бит  $n_i$  в каждом символе  $a_i$  при использовании кода Шеннона-Фано, можно рассчитать среднее количество бит  $n_{cp}$ , приходящееся на каждый символ:

$$n_{cp} = \sum_{i=1}^7 [P(a_i) \cdot n_i] = 2,739 \text{ bit}.$$

Таким образом, среднее количество бит, приходящееся на один символ кода, при использовании кода Шеннона-Фано меньше, чем при использовании равномерного кода, и ближе к значению энтропии.

## 2.2. Алгоритм Хаффмена

Еще одним неравномерным кодом, учитывающим статистическую структуру сообщений, является код Хаффмена.

Метод построения кода Хаффмена сводится к следующему:

1. Исходные сообщения записываются в порядке их убывания.
2. Выбирается две наименьших по вероятности сообщения, и создается их «родитель» – сумма двух этих сообщений, вероятность которой определяется как сумма вероятностей исходных сообщений.
3. Пункт 2 повторяется до тех пор, пока не будет найден главный «родитель».
4. Чтобы составить кодовую комбинацию, соответственно данному сообщению, необходимо проследить путь перехода сообщения от главного «родителя». Каждой ветви, выходящей из одного узла, присваивается двоичный символ. Причем ветви с большей вероятностью присваивается «1», а с меньшей – «0».

Для примера рассмотрим сообщение, приведенное в примере для кода Шеннона-Фано, и построим кодовое дерево (рис. 1.1).

Получается, что символы сообщения будут закодированы следующим образом:

Символ	A	B	C	D	E	F	G
Код	01	00	111	110	101	1001	1000

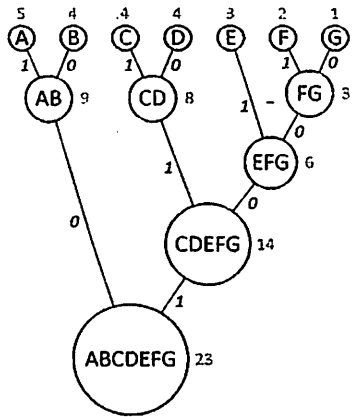


Рис. 1.1. Пример кодового дерева

Также как и для кода Шеннона–Фано, зная количество бит  $n_i$  в каждом символе  $a_i$  при использовании кода Хаффмена, можно рассчитать среднее количество бит  $n_{cp}$ , приходящееся на каждый символ:

$$n_{cp} = \sum_{i=1}^7 [P(a_i) \cdot n_i] = 2,739 \text{ bit}.$$

Таким образом, среднее количество бит, приходящееся на один символ кода, при использовании кода Хаффмена, равно среднему количеству символов при использовании кода Шеннона–Фано и меньше, чем при использовании равномерного кода.

При построении кода Шеннона–Фано разбиение множества элементов может быть произведено несколькими способами. Выбор разбиения на каждом уровне может ухудшить варианты разбиения на следующем уровне и привести к неоптимальности кода в целом. Поэтому код Шеннона–Фано не



является оптимальным в общем смысле, хотя и дает оптимальные результаты при некоторых распределениях вероятностей. Коды Хаффмена данным недостатком не обладают. Для одного и того же распределения вероятностей можно построить несколько кодов Шеннона–Фано, и все они могут дать различные результаты. Если построить все возможные коды Шеннона–Фано для данного – распределения вероятностей, то среди них будут находиться и все коды Хаффмана, то есть оптимальные коды.

### 3. ЗАДАНИЕ

1. Определить частоту появления каждого символа (включая знаки препинания и пробелы) в сообщении (исходные сообщения смотрите в таблице 1.1).

2. Найти информационную энтропию исходного сообщения.

3. Определить минимальное количество бит, необходимое для кодирования всех символов исходного сообщения равномерным кодом.

4. Закодировать все символы исходного сообщения (включая знаки препинания и пробелы), используя алгоритм Шеннона – Фано. Определить среднее количество бит, приходящееся на каждый символ сообщения.

5. Закодировать все символы исходного сообщения (включая знаки препинания и пробелы), используя алгоритм Хаффмена. Определить среднее количество бит, приходящееся на каждый символ сообщения.

6. Подготовить выводы по полученным результатам.

### 3.1. Исходные данные

Таблица 1.1

#### Варианты для выполнения практической работы

Вариант	Исходное сообщение
1	«Система передачи данных, обеспечивающая двухстороннюю передачу информации, может содержать большое число источников и получателей сообщений, передатчиков, приемников и линий связи»
2	«Требования, предъявляемые к системам передачи данных, удобнее рассматривать на примере системы одностороннего действия с одним получателем сообщений. Кодовые комбинации первичного»
3	«Коды поступают от источника информации впередатчик, который состоит из устройства защиты от ошибок и устройства преобразования сигналов. Принятые по каналу связи сигналы поступают»
4	«К получателю информации, важнейшими требованиями, которые получатель информации предъявляет к системе передачи данных, являются требования к верности передачи, надежности функционирования»
5	«Системы передачи данных и сроку доставки информации или скорости передачи информации. В систему передачи дискретной информации может входить дискретный канал, либо канал передачи данных»
6	«Источник информации и получатель информации в состав системы передачи данных не входят. Дискретный канал представляет собой совокупность устройства преобразования сигнала и канала связи»
7	«Ипредназначен для передачи дискретных сигналов. Устройство преобразования сигналов предназначено для спектрального согласования, а также для согласования по амплитуде источника информации»
8	«С каналом связи, в пункте приема согласуется по амплитуде выход канала связи с входом получателя информации. Дискретный канал характеризуется максимально допустимой скоростью модуляции»

9	«Вероятностью ошибки и надежностью. Никаких специальных мер для повышения верности передачи и надежности дискретного канала не предусмотрено. Следовательно, качество передачи информации»
10	«В системе передачи данных целиком зависит от реально существующих характеристик канала и устройства преобразования сигнала. Канал передачи данных представляет собой совокупность дискретного»
11	«Канала и устройств защиты от ошибок. Наличие устройств защиты от ошибок гарантирует заданную верность передачи. С целью повышения верности передачи требуется водить избыточность»
12	«Сообщение, что снижает пропускную способность системы. Канал передачи данных характеризуется заданной верностью. Эффективной скоростью передачи информации, и надежностью.тракт передачи»
13	«...данных представляет собой совокупность взаимно резервированных каналов передачи данных (двух или более) и групповых устройств. Тракт обеспечивает передачу информации с заданными эффективной»
14	«Скорость, верность и надежность. Приведённые требования являются основными и далеко не исчерпывают всех требований, предъявляемых к системе передачи данных. Любая система передачи»
15	«...данных может быть описана через три основные свои компоненты. Такими компонентами являются передатчик, канал передачи данных и приёмник. При двухсторонней передаче источник и получатель»
16	«Передача данных является качественно новым видом телекоммуникаций, и поэтому её основные технические характеристики отличаются следующими: верность или безошибочность передачи данных»
17	«...характеризуется коэффициентом ошибок, численно равным отношению количества ошибочно принятых знаков к общему количеству переданных знаков. Обычно при передаче данных коэффициент ошибок»
18	«...не должен превышать одной миллионной. Это требование определяется важностью передаваемых данных. Для повышения

	верности приема информации принимает специальные меры. Так, например, можно ...»
19	«Одну и ту же информацию передавать по нескольким независимым путям, а на приеме производить выборку голосованием. Чем больше независимых путей, тем меньше вероятность неправильного приема»
20	«Аналогичную операцию можно произвести, если одно и то же сообщение передавать по одному каналу несколько раз. Верность приема можно увеличить, используя помехоустойчивые коды»
21	«Способность при передаче данных должна быть как можно высокой, поскольку требуется передавать больше объема информации в жестко заданный отрезок времени. Увеличение пропускной способности»
22	«...достигается за счет значительного увеличения скорости передачи сигналов данных, а также за счет применения более широкополосных каналов связи. Пропускная способность системы передачи...»
23	«...дискретных сообщений или скорость передачи информации, зависит в основном от ширины спектра частот, отводимого для работы системы, а также от вида модуляции и интенсивности помех»
24	«Ширина канала определяет длительность нарастания переходного процесса при модуляции какого-либо параметра несущих частоты. Надежность работы элементов устройств передачи данных должна...»
25	«...быть достаточно высокой, чтобы обеспечить бесперебойное функционирование системы, для которой передаются эти данные. Надежность системы передачи данных характеризуется средним временем»

**Отчет должен содержать:**

- номер и название работы;
- задание в соответствии с вариантом;
- минимальное количество бит, необходимое для кодирования всех символов исходного сообщения равномерным кодом;

- вспомогательная таблица кодирования по алгоритму Шеннона–Фано;
- среднее количество бит, приходящееся на каждый символ сообщения, при кодировании с использованием алгоритма Шеннона-Фано;
- кодовое дерево, использовавшееся при кодировании по алгоритму Хаффмена;
- среднее количество бит, приходящееся на каждый символ сообщения, при кодировании с использованием алгоритма Хаффмена;
- выводы по полученным результатам.

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что называется сигналом?
- 2) Какие сигналы называются непрерывными, а какие дискретными?
- 3) Что называется информационным параметром сигнала?
- 4) Что такое кодирование?
- 5) Какие коды называются избыточными?
- 6) Какие коды называются неизбыточными?
- 7) Какие коды называются равномерными?
- 8) Какие коды называются неравномерными?
- 9) Каковы преимущества использования равномерных кодов перед использованием неравномерных?
- 10) Каковы преимущества использования неравномерных кодов перед использованием равномерных?
- 11) Теорема Шеннона о кодировании сообщений в каналах без шумов.
- 12) Что называется префиксным кодом?
- 13) Каковы преимущества использования префиксного кода перед использованием непрефиксного кода?
- 14) Алгоритм Шеннона-Фано.
- 15) Алгоритм Хаффмена.
- 16) Каковы недостатки алгоритма Шеннона-Фано?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Передача дискретных сообщений. Под ред. Шувалова В. П. – М.: Радио и связь, 1991
- 2) Финк. Л. М. Теория передачи дискретных сообщений. М.: Радио и связь, 1970
- 3) Фано Р. Передача информации. Статистическая теория связи. Перевод с английского. Под ред. Добрушина Р. Л. – М.: Мир, 1965

Практическая работа №2  
**ИЗУЧЕНИЕ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ**

**1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Практическая работа предназначена для:

- ознакомления с основными принципами сжатия информации;
- получения базовых практических навыков применения словарных алгоритмов сжатия информации.

**2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

**2.1. Общие сведения**

Сжатие информации – алгоритмическое преобразование сообщений, производимое с целью уменьшения занимаемого ими объёма. Применяется для более рационального использования устройств хранения и передачи данных. Обратная процедура называется восстановлением информации.

Сжатие основано на устранении избыточности, содержащейся в исходном сообщении. Подобная избыточность обычно устраняется заменой повторяющейся последовательности ссылкой на уже закодированный фрагмент с указанием его длины. Другой вид избыточности связан с тем, что некоторые значения в сжимаемых сообщениях встречаются чаще других. Сокращение объёма сообщения достигается за счёт замены часто встречающихся символов короткими кодовыми словами, а редких – длинными. Сжатие сообщений, не обладающих свойством избыточности, невозможно осуществить без потерь информации.

Все методы сжатия данных делятся на два основных класса:

- сжатие без потерь;
- сжатие с потерями.

Сжатие без потерь – метод сжатия, при использовании которого сообщения могут быть восстановлены с точностью до бита. При этом оригинальные сообщения полностью восстанавливаются из сжатого состояния. Для каждого из типов информации, как правило, существуют свои оптимальные алгоритмы сжатия без потерь.

Сжатие с потерями – метод сжатия, при использовании которого восстановленные сообщения отличаются от исходных сообщений, но степень их отличия не является существенной с точки зрения их дальнейшего использования.

Коэффициент сжатия – это основная характеристика алгоритма сжатия. Она определяется как отношение объёма исходных несжатых данных к объёму сжатых, т.е.

$$K = \frac{S_n}{S_c},$$

где  $S_n$  – объём исходных данных, а  $S_c$  – объём сжатых.

Если  $K = 1$ , то алгоритм не производит сжатия, т.е. выходное сообщение оказывается по объёму равным исходному. Если же  $K < 1$ , то алгоритм порождает сообщение большего размера, нежели исходное.

Ситуация с  $K < 1$  вполне возможна при сжатии, т.к. невозможно получить алгоритм сжатия без потерь, который для любых исходных сообщений образовывал бы на выходе сообщения меньшей или равной длины. Обоснование этого факта заключается в том, что поскольку число различных сообщений длиной  $n$  бит составляет  $2^n$ , число различных сообщений с длиной меньшей или равной  $n$  бит будет меньше  $2^n$ . Это значит, что невозможно однозначно сопоставить все исходные сообщения сжатым. Однако даже когда алгоритм сжатия увеличивает размер исходных данных, легко добиться того, чтобы их объём гарантировано не мог увеличиться более чем на 1 бит. Делается это следующим образом: если объём сжатых



данных меньше объёма исходных, возвращаем сжатые данные, добавив к ним «1», иначе возвращаем исходные данные, добавив к ним «0»).

## 2.2. Словарные методы сжатия

Словарные методы сжатия основываются на том, что входную последовательность символов можно рассматривать как последовательность строк, содержащих произвольное количество символов. Эти строки символов можно заменить кодами, которые будут соответствовать индексу строк в некотором словаре. Строки, образующие словарь, будем называть фразами. При восстановлении производится замена индекса на соответствующую ему фразу из словаря.

В данном случае словарь будет представлять собой набор таких фраз, которые предположительно будут встречаться в обрабатываемом сообщении. Индекс фраз словаря должен быть построен таким образом, чтобы в среднем количество содержащихся в нем символов было меньше, чем количество символов, содержащееся во фразах словаря. Именно это позволяет осуществить сжатие исходного сообщения.

## 2.3. Алгоритмы сжатия Лемпеля-Зива

Классические алгоритмы Лемпеля-Зива представляют собой универсальные алгоритмы словарного сжатия, в которых словарь формируется на основании уже обработанной части входного потока символов исходного сообщения, т.е. данные алгоритмы являются адаптивными. Отличия данных алгоритмов заключаются лишь в способе формирования фраз словаря.

### 2.3.1. Алгоритм LZ77

Алгоритм LZ77 является первым алгоритмом со скользящим словарем (скользящим окном). В данном алгоритме в качестве словаря используется блок уже закодированной последовательности. По мере выполнения

обработки положение этого блока относительно начала последовательности изменяется.

Скользящее окно имеет длину  $N$  символов и состоит из двух частей:

- последовательность длины  $W = N-n$  уже закодированных символов, которая является словарем;
- упреждающий буфер длины  $n$ .

Пусть к определенному моменту уже закодировано  $i$  символов исходного сообщения  $s_1, s_2, \dots, s_i$ . Тогда словарем будет  $W$  предшествующих символов  $s_{i-(W-1)}, s_{i-(W-1)+1}, s_{i-(W-1)+2}, \dots, s_i$ . При этом в упреждающем буфере находится  $n$  символов  $s_{i+1}, s_{i+2}, \dots, s_{i+n}$ .

Сущность алгоритма заключается в поиске самого длинного совпадения между строкой буфера, начинающейся с символа  $s_{i+1}$ , и всеми фразами словаря. Эти фразы могут начинаться с любого символа  $s_{i-(W-1)}, s_{i-(W-1)+1}, s_{i-(W-1)+2}, \dots, s_i$ , но не должны выходить за пределы скользящего окна. Кроме того длина совпадения не должна превышать размер буфера. Полученная в результате поиска фраза  $s_{i-(i-1)}, s_{i-(i-1)+1}, \dots, s_{i-(i-1)+(j-1)}$  кодируется с помощью двух чисел:

- смещения от начала буфера –  $i$ ;
- длины совпадения –  $j$ .

Смещение и длина совпадения выполняют функцию указателя, однозначно определяющего фразу словаря. Также в выходной поток записывается один символ, непосредственно следующий за совпавшей строкой буфера.

Таким образом, на каждом этапе кодер выдает значения трех элементов: смещение  $i$ , длина совпадения  $j$  и один символ. После этого окно смещается на  $j+1$  символов вправо и начинается следующий этап сжатия.

Пример работы алгоритма LZ77 для сжатия исходного сообщения «АВААДДДДВВААССССЕАФФФДДАААА» представлен в табл. 2.1.

В исходном сообщении содержится 27 символов алфавита, включающего 26 символов. Для кодирования каждого символа  $s_i$

исходного сообщения достаточно 5 бит. Следовательно, для кодирования данного сообщения равномерным двоичным кодом без сжатия потребуется не менее  $27 \cdot 5 = 135$  бит.

Так как количество символов в сообщении равно 27, то максимальное смещение относительно начала буфера будет равно  $i_{\max} = 25$  символам. Размер упреждающего буфера равен 7 символам, поэтому максимальная длина совпадения будет равна  $j_{\max} = 7$ . Следовательно, для кодирования будет достаточно 5 бит, а для кодирования  $j - 3$  бит. Так как вместо символов исходного сообщения будут передаваться тройки  $(i; j; s)$ , то после сжатия сообщение будет занимать  $14 \cdot (5+3+5) = 182$  бит.

Таблица 2.1

**Пример работы алгоритма LZ77**

Такт	Скользящее окно		Совпадающая фраза	Код		
	Словарь	Буфер (7)		$i$	$j$	$s$
1	-	ABAADDD	-	1	0	A
2	A	BAADDDD	-	1	0	B
3	AB	AADDDDD	A	2	1	A
4	ABAA	DDDDDBA	-	1	0	D
5	ABAAD	DDDDBA	D	1	1	D
6	ABAADDD	DDBAACC	DD	2	2	B
7	ABAADDDDB	AACCCCE	AA	8	2	C
8	ABAADDDDDBAAC	CCCEAFF	C	1	1	C
9	ABAADDDDDBAACCC	CEAFFFF	C	1	1	E
10	ABAADDDDDBAACCCCE	AFFFFDA	A	6	1	F
11	ABAADDDDDBAACCCCEAF	FFFDAAA	F	1	1	F
12	ABAADDDDDBAACCCCEAFF	FDAAA	F	1	1	D
13	ABAADDDDDBAACCCCEAFFFD	AAAA	AA	13	2	A
14	ABAADDDDDBAACCCCEAFFFDAAA	A	-	1	0	A

В данном случае коэффициент сжатия

$$K_{LZ77} = \frac{S_u}{S_c} = \frac{135}{195} = 0,742.$$

Следовательно, в данном случае сжатие было выполнено неэффективно. Данный пример показывает, что алгоритм LZ77 неэффективен для относительно коротких сообщений.

Восстановление сжатого сообщения осуществляется путем простой замены кода на блок символов, состоящий из фразы словаря и явно передаваемого символа. Фраза-словаря определяется по смещению  $i$  и длине совпадения  $j$ .

### 2.3.2. Алгоритм LZSS

Алгоритм LZSS позволяет сочетать в выходной последовательности символы и указатели, что в некоторых случаях позволяет повысить эффективность сжатия.

Принцип работы этого алгоритма заключается в добавлении к каждому указателю и символу одного бита  $f$ , который позволяет отличить указатель от символа. Символ подается на выход в явном виде, если текущая длина максимального совпадения буфера и какой-либо фразы словаря меньше или равна 1. В данном случае значение бита  $f=0$ . Во всех остальных случаях на выход подается указатель, а значение бита  $f=1$ .

Пример работы алгоритма LZSS для сжатия исходного сообщения «АВААДДДДВААСССЕАФФФДАААА» представлен в табл. 2.2.

Как было указано выше для кодирования исходного сообщения равномерным двоичным кодом без сжатия потребуется 135 бит, для кодирования  $i$  будет достаточно 5 бит, а для кодирования  $j$  – 3 бит. Тогда количество бит, полученных в результате сжатия сообщения можно найти как  $5 \cdot (1+5+3+5) + 11 \cdot (1+5) = 136$  бит.

Пример работы алгоритма LZSS

Такт	Скользящее окно		Совпадающая фраза	Код			
	Словарь	Буфер (7)		<i>f</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>s</i>
1	-	ABAADDD	-	0	-	-	A
2	A	BAADDDD	-	0	-	-	B
3	AB	AADDDDD	A	0	-	-	A
4	ABA	ADDDDDDB	A	0	-	-	A
5	ABAA	DDDDDBA	-	0	-	-	B
6	ABAAD	DDDDBA	D	0	-	-	D
7	ABAADD	DDDBAAC	DD	1	2	2	D
8	ABAADDDDD	BAACCCC	BAA	1	8	3	C
9	ABAADDDDDBAAC	CCCEAFF	C	0	-	-	C
10	ABAADDDDDBAACC	CCEAFFF	CC	1	2	2	E
11	ABAADDDDDBAACCCCE	FFFFDA	A	0	-	-	A
12	ABAADDDDDBAACCCCEA	FFFFDAA	-	0	-	-	F
13	ABAADDDDDBAACCCCEAF	FFDAAA	F	0	-	-	F
14	ABAADDDDDBAACCCCEAFF	FFDAAA	FF	1	2	2	D
15	ABAADDDDDBAACCCCEAFFFD	AAAA	AA	1	13	2	A
16	ABAADDDDDBAACCCCEAFFFDAAA	A	A	0	-	-	A

В данном случае коэффициент сжатия

$$K_{LZSS} = \frac{S_u}{S_c} = \frac{135}{136} = 0,993.$$

Следовательно, в данном случае сжатие также было выполнено неэффективно. Однако в данном случае алгоритм LZSS оказался эффективнее, чем алгоритм LZ77.

### 2.3.3. Алгоритм LZ78

Алгоритм LZ78 не использует скользящего окна и в словарь заносится не все встречаемые при кодировании строки, а лишь те, которые имеют большую вероятность последующего использования. На каждом этапе в словарь записывается новая фраза, которая представляет собой

конкатенацию фразы Словаря, имеющей самое длинное совпадение со строкой буфера, и символа  $s$ . Символ  $s$  является символом, следующим за строкой буфера, для которой найдена совпадающая фраза  $S$ .

Каждая кодовая последовательность после сжатия будет состоять из индекса  $n$  «родительской» фразы  $S$  и символа  $s$ .

Пример работы алгоритма LZ78 для сжатия исходного сообщения «ABAADDDDDBAACCCCEAFFFFDAAA» представлен в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Пример работы алгоритма LZ78

Такт	Буфер (6)	Код		Совпадающая фраза	Словарь	
		$n$	$s$		индекс	фраза
0	-	-	-	-	1	-
1	ABAADD	1	A	-	2	A
2	BAADDD	1	B	-	3	B
3	AADDDD	2	A	A	4	AA
4	DDDDDB	1	D	-	5	D
5	DDDDBA	5	D	D	6	DD
6	DDBAAC	6	B	DD	7	DDB
7	AACCCC	4	C	AA	8	AAC
8	CCCEAF	1	C	-	9	C
9	CCEAFF	9	C	C	10	CC
10	EAFFFF	1	E	-	11	E
11	AFFFFD	2	F	A	12	AF
12	FFFDAA	1	F	-	13	F
13	FFDAAA	13	F	F	14	FF
14	DAAAA	5	A	-	15	DA
15	AAA	4	A	AA	16	AAA

Для кодирования исходного сообщения равномерным двоичным кодом без сжатия потребуется 135 бит.

Так как количество символов в сообщении равно 27, то максимальное значение индекса словаря может быть равно  $n_{\max} = 28$  (с учетом пустой строки). Следовательно, для кодирования индекса  $n$  достаточно будет 5 бит. Так как вместо символов исходного сообщения будут передаваться пары ( $n$ ;  $s$ ), то после сжатия сообщение будет занимать  $15 \cdot (5+5) = 150$  бит.

В данном случае коэффициент сжатия

$$K_{LZ78} = \frac{S_n}{S_c} = \frac{135}{150} = 0,9.$$

Следовательно, в данном случае сжатие было выполнено неэффективно, однако алгоритм LZ78 оказался эффективнее LZ77, т.к.  $K_{LZ78} > K_{LZ77}$ . Но при этом для данного примера алгоритм LZ78 проигрывает в эффективности сжатия алгоритму LZSS.

### 3. ЗАДАНИЕ

1. В соответствии с вариантом (табл. 2.4) произвести сжатие исходной информационной последовательности с помощью алгоритма LZ77.
2. Определить коэффициент сжатия с помощью алгоритма LZ77.
3. В соответствии с вариантом (табл. 2.4) произвести сжатие исходной информационной последовательности с помощью алгоритма LZSS.
4. Определить коэффициент сжатия с помощью алгоритма LZSS.
5. В соответствии с вариантом (табл. 2.4) произвести сжатие исходной информационной последовательности с помощью алгоритма LZ78.
6. Определить коэффициент сжатия с помощью алгоритма LZ78.
7. Сделать выводы по полученным результатам.

### 3.1. Исходные данные

Таблица 2.4

#### Варианты для выполнения практической работы

Вариант	Информационная последовательность
1	BVCCCCDEEEGGGGFFBAFFFEFFFGGCCDEGGFFFDD
2	DFABBBEEFAEBCEDDABCBBBEFFFAEBBCBVBABBBBC
3	CCCCBBVCCCCCCCCBVBBAAAAADDDEEBBAAEFDEEF
4	BCDEEFAACCAAAEEDEEDDBBCCDEDCCADBAAEEEDD
5	AAABVCCCAAAAABVAAAABBAFFFFEBCCCCDDDDDEEE
6	CEDDBCEFABBBFAABBADDFAEBAADDEGGFDEEAAEFA
7	BBCBVCCAADBBDEEFDDDEGABBDABBBBACACCEGEDE
8	DDFEBBCAADAEEFFBCCBDDCEDDAEGHAABFBBAAFBD
9	BBCBZZZBCZDDEDAAYYYFADDFZXFGGHXCXZZDHEE
10	DDECZZZPOODGHHEKKBFFFEELLLLBBEEEEAAAABBB
11	CAADSSAASSSSSAEVVVVBGBUUUEUFBEUUUDEFGHEEA
12	FFFBBCOOOXODEEAWETWAFDQQQFFAQQAABFFZXXF
13	CEEFKLLLFAEDAALLKKKEDAARRRTECBAATTTDOODD
14	EZZZXXXZXZEEKLMRRREBRRRBBERRREAASETTRKROP
15	GBGBGBGZZDBAFZZZFFRETEDSGHRTBBBFFFDEEDER
16	BBSABAASABEDDAAAEDAAGFAAAZXCWJERZXESSSQW
17	FFEAZAAZSADZZSADDFDFGTOOTTYYYTTFAAGFAA
18	GFFFFBBSDSDBBAAAACFFFAWETWDSRRRFCCDDE
19	FFFFFFECCDEEEGGGFGGCCDEGGAGFFBFFFFDDBBCC
20	FABBCENABCDEDAAYYYFAEGAAFAAADFADDFADD
21	AAADAAABVCCZSADZZDDEEFFGGHHSADZZHHAADAA
22	ABBBCEBBFAABBDDEFFFAEBBCCBVBFAABVCCADABBB
23	DDDDBAFZDZDAACCBABBBCCCCDDDEDBAFZZEEFFF
24	AFFFEFFFFFGGCCDEGGFFFFDDBBCCCCDEEEGGGGFFB
25	BCBBBEFFFAEBBCBVBABBBBCDFABBBEEFAEBCEDDA

Отчет должен содержать:

- номер и название практической работы;
- задание в соответствии с вариантом;



- таблицу, описывающую процесс сжатия исходной последовательности алгоритмом LZ77;
- коэффициент сжатия с помощью алгоритма LZ77;
- таблицу, описывающую процесс сжатия исходной последовательности алгоритмом LZSS;
- коэффициент сжатия с помощью алгоритма LZSS;
- таблицу, описывающую процесс сжатия исходной последовательности алгоритмом LZ78;
- коэффициент сжатия с помощью алгоритма LZ78;
- выводы по полученным результатам.

#### **4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1) Что такое сжатие информации?
- 2) На каком свойстве сообщений основаны все алгоритмы сжатия?
- 3) Какие классы алгоритмов сжатия существуют?
- 4) Какие алгоритмы сжатия называют алгоритмами сжатия без потерь?
- 5) Какие алгоритмы сжатия называют алгоритмами сжатия с потерями?
- 6) Что такое коэффициент сжатия?
- 7) В чем заключается основной принцип работы словарных методов сжатия?
- 7) В чем заключается основной принцип работы алгоритма LZ77?
- 8) В чем заключается основной принцип работы алгоритма LZSS?
- 9) В чем заключается основной принцип работы алгоритма LZ78?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Передача дискретных сообщений. Под ред. Шувалова В. П. – М.: Радио и связь, 1991
- 2) Финк. Л. М. Теория передачи дискретных сообщений. М.: Радио и связь, 1970
- 3) Фано Р. Передача информации. Статистическая теория связи. Перевод с английского. Под ред. Добрушина Р. Л. – М.: Мир, 1965

## АНАЛИЗ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ СЕТИ НА БАЗЕ SOFTSWITCH

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Практическая работа предназначена для:

- назначение и структура сетей следующего поколения на базе Softswitch;
- основные принципы проектирования и расчета современной мультисервисной сети.

### 2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Термин *Softswitch* был введен Айком Элиотом во время разработки интерфейса между АТС с коммутацией каналов и системой интерактивного речевого взаимодействия IVR. Позже им же введены понятия *CallAgent* и *MediaGateway* начата разработка контроллера транспортного шлюза *MGC (MediaGatewayController)*, функции которого, как и функции *CallAgent*, выполняет *Softswitch*. Через год Кристиан Хьюйтама создал протокол управления шлюзами сигнализации *SGCP (SignalingGatewayControlProtocol)*.

На базе этих разработок в IETF была создана первая спецификация протокола управления шлюзами *MGCP (MediaGatewayControlProtocol)*. Это одна ветвь родословной *Softswitch*.

Другим предшественником *Softswitch* является привратник *GK (Gatekeeper)*, заимствованный из технологии H.323. Согласно принципам рекомендации H.323, привратник управляет действиями в определенной зоне сети, представляющей собой один или совокупность нескольких шлюзов. При этом привратник рассматривается как логическая функция, а не как физический объект.

В этом учебном пособии *Softswitch* определяется как носитель ин-

*теллектуальных возможностей сети, который координирует управление обслуживанием вызовов, сигнализацию и функции, обеспечивающие установление соединения через одну или несколько сетей.*

Необходимо обратить внимание на то, что Softswitch (в пособии используется также термин *гибкий коммутатор*) – это не только одно из сетевых устройств, но и сетевая архитектура и даже, в определенной степени, – идеология построения сети. В первую очередь, Softswitch реализует функции CallAgent, управляя обслуживанием вызовов, т. е. распознаванием и обработкой цифр номера для функций маршрутизации и распознаванием момента ответа вызываемой стороны, момента, когда один из абонентов кладет трубку, а также регистрацией этих действий для начисления платы. Таким образом, Softswitch координирует обмен сигнальными сообщениями между сетями, т. е. поддерживает функции шлюза сигнализации SG (SignalingGateway), управляет действиями, обеспечивающими соединение с логическими объектами в разных сетях, и преобразует информацию в сообщениях с тем, чтобы они были понятны на обеих сторонах несхожих взаимодействующих сетей. Один Softswitch, как правило, управляет одновременно несколькими транспортными шлюзами. В сети может присутствовать несколько Softswitch, которые связаны между собой по протоколу SIP (возможно также по протоколу H.323 или протоколу ВСС) и согласованно управляют шлюзами, участвующими в соединении.

Для того чтобы обеспечить взаимодействие транспортного шлюза и Softswitch, рабочей группой Megaco, организованной IETF, был создан протокол принцип декомпозиции шлюза, когда шлюз разбивается на следующие функциональные блоки:

– *транспортный шлюз MediaGateway*, который преобразует речевую информацию, поступающую со стороны ТфОП, в вид, пригодный для передачи по сетям с маршрутизацией пакетов IP, т.е. кодирует и упаковывает в пакеты RTP/UDP/IP речевую информацию, а также производит обратное преобразование;

–устройство управления шлюзом *MediaGatewayController (Softswitch, CallAgent)*, выполняющее функции управления шлюзом и содержащее весь интеллект декомпозированного шлюза;

–шлюз сигнализации *SignalingGateway*, который обеспечивает доставку сигнальной информации, поступающей со стороны ТФОП, к устройству управления шлюзом, и перенос сигнальной информации в обратном направлении, т. е., в частности, выполняет функции STP – транзитного пункта системы сигнализации по общему каналу ОКС7.

Современная телекоммуникационная сеть – это сложный комплекс технических средств, в состав которого входят большое количество разнотипного оборудования, различные виды линий связи, отличающиеся технологиями передачи и интерфейсами взаимодействия. Поэтому расчет современной мультисервисной сети является сложной задачей и здесь приведены лишь общие основы.

Одним из наиболее важных элементов сети является шлюз. Число шлюзов определяется исходя из параметров критичности длины абонентской линии, топологии первичной сети (если таковая уже существует), наличия помещения для установки, технологических показателей типов оборудования, предполагаемого к использованию.

Исходя из критерия критичности длины абонентской линии, зона обслуживания 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. Представленная методика расчета взята из.

Введем следующие переменные:

$N_{PSTN}$  — число абонентов, использующих подключение по аналоговой абонентской линии;

$N_{ISDN}$  — число абонентов, использующих подключение по базовому доступу ISDN;

$N_{SHM}$  — число абонентов с терминалами SIP/H.323/MGCP, использующих подключение по Ethernet-интерфейсу на уровне маршрутизатора шлюза доступа;

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

$N_{i\_LAN}$  — число абонентов, подключаемых к LAN $_i$ , где  $i$  — номер LAN;

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

$N_{j\_V5}$  — число пользовательских каналов в интерфейсе V5  $j$ , где  $j$  — номер сети доступа;

$N_{PBX}$  — число УПАТС, подключаемых к шлюзу;

$N_{k\_PBX}$  — число пользовательских каналов в интерфейсе подключения УПАТС  $k$ , где  $k$  — номер УПАТС.

Пусть:

1.  $Y_{PSTN}$  — общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов PSTN;

$U_{PSTN}$  — удельная нагрузка от абонента ТфОП в ЧНН. Будем считать, что  $U_{PSTN} = 0.1$  Эрл.

Тогда:

$$Y_{PSTN} = N_{PSTN} \cdot U_{PSTN}, \text{ Эрл.}$$

2.  $Y_{ISDN}$  — общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов ISDN;

$U_{ISDN}$  — удельная нагрузка от абонента ISDN в ЧНН. Будем считать, что  $U_{ISDN} = 0.2$  Эрл.

Тогда:

$$Y_{ISDN} = N_{ISDN} \cdot y_{ISDN}, \text{ Эрл.}$$

3.  $Y_{V5}$  — нагрузка от сети доступа  $j$  интерфейса V5, подключаемой к шлюзу доступа;

$y_{V5}$  — удельная нагрузка одного пользовательского канала интерфейса V5.

Будем считать, что  $y_{V5} = 0.8$  Эрл.

Тогда:

$$Y_{V5} = N_{V5} \cdot y_{V5}, \text{ Эрл.}$$

4.  $Y_{k\_PBX}$  — нагрузка от УПАТС  $k$ , подключаемой к шлюзу;

$y_{k\_PBX}$  — удельная нагрузка одного пользовательского канала первичного доступа ISDN. Будем считать, что  $y_{k\_PBX} = 0,8$  Эрл.

Тогда:

$$Y_{PBX} = N_{PBX} \cdot y_{PBX}, \text{ Эрл.}$$

Если шлюз реализует функции резидентного шлюза доступа, шлюза доступа и транкингового шлюза подключения УПАТС, то общая нагрузка, поступающая на шлюз равна:

$$Y_{GW} = 0,8 \cdot (\sum N_{j-V5} + \sum N_{k-PBX}) + 0,1 \cdot N_{PSTN} + 0,2 \cdot N_{ISDN}, \text{ Эрл.}$$

### **2.1 Определение транспортного ресурса подключения шлюза доступа в сеть**

Пусть  $V_{COD\_m}$  — скорость передачи кодека типа  $m$  при обслуживании вызова. Тогда транспортный ресурс, который должен быть выделен для передачи в пакетной сети трафика, поступающего на шлюз, при условии использования кодека типа  $m$ , будет рассчитываться согласно следующему выражению:

$$V_{\text{GW-USER}} = k \cdot V_{\text{COD}_m} \cdot Y_{\text{GW}}$$

где  $k$  — коэффициент использования ресурса,  $k = 1,25$ .

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

$$V_{\text{COD}_m} = 12,12 \text{ кбит/с}$$

Следует отметить, что для обслуживания той же нагрузки в режиме коммутации каналов потребовался бы ресурс G.711.

$$V_{\text{COD}_m} = 84,8 \text{ кбит/с.}$$

$$V_{\text{COD}_m} = 64 \text{ кбит/с.}$$

Следует отметить, что обеспечение поддержки услуг доставки информации в сетях с коммутацией каналов и в сетях с коммутацией пакетов осуществляется по разному.

Формулу для определения транспортного ресурса можно представить в виде:

$$V_{\text{GW-USER}} = k \cdot ((1-x) \cdot V_{\text{COD}_m} + x \cdot V_{\text{G.711}}) \cdot Y_{\text{GW}}, \text{ Мбит/с}$$

где  $V_{\text{G.711}}$  — 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 терминалы SIP/H.323 либо LAN, осуществляющие подключение таких пользователей, то требуемый транспортный ресурс подключения шлюзов доступа должен быть увеличен. Доля увеличения транспортного ресурса за счет предоставления базовой услуги телефонии таким пользователям может быть определена в зависимости от используемых кодеков и числа пользователей.



## 2.2 Расчет оборудования гибкого коммутатора

Основной задачей гибкого коммутатора при построении распределенного абонентского концентратора являются обработка сигнальной информации обслуживания вызова и управление установлением соединений.

В сети NGN могут подключаться пользователи различных типов. При этом для обслуживания вызовов могут использоваться различные протоколы сигнализации.

Емкостные параметры абонентской базы гибкого коммутатора должны позволять обслуживание всех абонентов различных типов, подключение которых планируется при построении абонентского концентратора. Параметры интерфейса подключения к пакетной сети определяются исходя из интенсивности обмена сигнальными сообщениями в процессе обслуживания вызовов.

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;

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

$$P_{SHM} = P_{PSTN} P_{ISDN} = 10 \text{ выз/чнн}$$

$$P_{V5} = P_{PBX} P_{PBX} = 35 \text{ выз/чнн}$$

$$P_{PSTN} = 5 \text{ выз/чнн}$$

## 2.3 Общая интенсивность вызовов, поступающих на гибкий

### коммутатор от источников всех типов.

$$P_{CALL} = P_{PSTN} \cdot (\sum N_{i-PSTN} + \sum N_{i-SHM}) + P_{ISDN} \cdot \sum N_{i-ISDN} + P_{V5} \cdot (\sum N_{i-V5} + \sum N_{i-PBX}), \text{ выз/ЧНН}$$

L-число шлюзов доступа, обслуживаемых гибким коммутатором.

#### 2.4 Параметры интерфейсов подключения к пакетной сети

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

Введем следующие переменные:

$L_{MEGACO}$ —средняя длина сообщения протокола MEGACO, используемого при передаче информации сигнализации по абонентским линиям  $L_{MEGACO}=50$ байт;

$L_{MEGACO}$ — среднее количество сообщений протокола MEGACO при обслуживании вызова  $L_{MEGACO}=10$ бит;

$L_{V5UA}$ — средняя длина сообщения протокола V5UA  $L_{V5UA}=50$ байт;

$N_{V5UA}$ — среднее количество сообщений протокола V5UA при обслуживании вызова  $N_{V5UA}=10$ бит;

$L_{IUA}$ — средняя длина сообщения протокола IUA  $L_{IUA}=50$ байт;

$N_{IUA}$ — среднее количество сообщений протокола IUA при обслуживании вызова  $N_{IUA}=10$ бит;

$L_{SH}$ — средняя длина сообщения протоколов SIP/H.323  $L_{SH}=50$ байт;

$N_{SH}$ — среднее количество сообщений протоколов SIP/H.323 при обслуживании вызова  $N_{SH}=10$ бит;

$L_{MGCP}$ — средняя длина сообщения протокола MGCP, используемого при управлении коммутацией на шлюзе  $L_{MGCP}=50$ байт;

$N_{MGCP}$ — среднее количество сообщений протокола MGCP при обслуживании вызова  $N_{MGCP}=10$ бит;

$$P_{SH} = P_{LAN}$$

Тогда:

$$V_{SX} = k_{sig} \cdot [(L_{MEGACO} \cdot N_{MEGACO} \cdot P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + L_{V5UA} \cdot N_{V5UA} \cdot P_{V5} \cdot N_{V5} + L_{IUA}$$

$$\cdot N_{IUA} \cdot (P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX}) + L_{SH} \cdot N_{SH} \cdot P_{SH} \cdot N_{SH} + L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} \cdot (P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + P_{VSUA} \cdot N_{VSUA} + P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX})] / 450$$

где:

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

$k_{sig}$  — коэффициент использования транспортного ресурса при передаче сигнальной нагрузки. По аналогии с расчетом сигнальной сети ОКС7 примем значение  $k_{sig}=5$ , что соответствует нагрузке в 0.2 Эрл;

1/450 — результат приведения размерностей «байт в час» к «бит в секунду» ( $8/3600 = 1/450$ ). Значение 1/90, приведенное ниже получается при использовании  $k_{sig}=5$ , тогда  $5 \cdot 1/450 = 1/90$ .

Если в качестве примера принять, что средняя длина всех сообщений равна 50 байтам, а среднее количество сообщений в процессе обслуживания вызова равно 10, то при подстановке значений получим:

$$V_{SX} = 5 \cdot (11 \cdot N_{PSTN} + 78 \cdot (N_{VS} + N_{PBX}) + 22 \cdot N_{ISDN} + 6,5 \cdot N_{SH}).$$

Для расчета транспортного ресурса шлюзов, необходимого для передачи сигнальной информации, используются те же параметры, что и для расчета транспортного ресурса гибкого коммутатора. Так для передачи сигнальной информации с целью обслуживания вызовов различных типов требуются следующие объемы полосы пропускания:

$$V_{PSTN} = (P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} \cdot L_{MEGACO} \cdot N_{MEGACO}) / 90,$$

$$V_{ISDN} = (P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} \cdot L_{IUA} \cdot N_{IUA}) / 90,$$

$$V_{VS} = (P_{VS} \cdot N_{VS} \cdot L_{VSUA} \cdot N_{VSUA}) / 90,$$

$$V_{PBX} = (P_{PBX} \cdot N_{PBX} \cdot L_{IUA} \cdot N_{IUA}) / 90.$$

Кроме того, в шлюзе должен быть предусмотрен транспортный ресурс

для обмена сообщениями протокола MGCP, используемого для управления шлюзом, который определяется формулой:

$$V_{MGCP} = [(P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{V5} \cdot N_{V5} + P_{PBX} \cdot N_{PBX}) \cdot L_{MGCP} \times \times N_{MGCP}] / 90.$$

Таким образом, общий транспортный ресурс шлюза может быть определен как сумма всех необходимых составляющих:

$$V_{GW} = V_{GW\_USER} + V_{PSTN} + V_{ISDN} + V_{V5} + V_{PBX} + V_{MGCP}.$$

При использовании гибкого коммутатора для организации распределенного транзитного коммутатора сообщения сигнализации ОКС7 поступают на SX в формате сообщений протокола M2UA или M3UA, в зависимости от реализации.

### 3. ЗАДАНИЕ

1. Изучить архитектурные особенности построения современных мультисервисных сетей, ознакомиться с общей уровневой моделью, технологиями, используемыми на разных уровнях.
2. Изучить функциональную структуру современной мультисервисной сети, виды используемого оборудования, протоколы.
3. Выполнить задание в соответствии с вариантом и проанализировать полученные результаты.
4. Подготовить выводы по расчетам.
5. Подготовить отчет по проделанной работе.

### 3.1. Исходные данные

Таблица 3.1

#### Варианты для выполнения практической работы

№	Аналог. АЛ	ISDN -	СД V5	PBX (УАТС)	IP- телефон	Видео- телефон	ПД
1	2000	50	30	180	100	20	40
2	2200	60	600	450	200	160	240
3	2400	70	60	210	300	300	440
4	2600	80	570	420	400	40	640
5	2800	90	90	240	500	180	80
6	3000	100	540	390	600	320	280
7	2100	110	120	270	700	60	480
8	2300	120	510	360	800	200	680
9	2500	130	150	300	900	340	120
10	2700	140	480	330	1000	80	320
11	2900	150	180	30	150	220	520
12	1500	160	450	600	250	360	720
13	1600	170	210	60	350	100	160
14	1700	180	420	570	450	240	360
15	1800	190	240	90	550	380	560
16	1900	200	390	540	650	120	760
17	3100	210	270	120	750	260	200
18	3200	220	360	510	850	400	400
19	3300	230	300	150	950	140	600
20	3400	240	330	480	1050	280	800

### **Отчет должен содержать:**

- формулировка цели работы;
- краткие теоретические сведения;
- выводы по результатам расчетов;
- количество и тип используемых в сети интерфейсов;
- выводы по проделанной работе.

### **4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1) Что такое программный коммутатор SoftSwitch?
- 2) Для чего используются шлюзы и какие виды шлюзов используются в мультисервисных сетях
- 3) Как производится расчет нагрузок от разных типов доступа, поступающих на шлюз?
- 4) Как производится расчет нагрузки, поступающей на транспортный шлюз от ТфОП?
- 5) Определение параметров гибкого коммутатора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. - СПб: Наука и Техника, 2005 – 240 с.
- 2) Гулевич Д.С. Сети связи следующего поколения. - Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2007 – 184 с.
- 3) Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Softswitch. СПб: БВХ – Санкт-Петербург, 2006. – 368 с.

Практическая работа № 4  
**АНАЛИЗ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ СЕТИ НА БАЗЕ  
IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM**

### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Данная практическая работа предназначена для:

- ознакомление с теоретическими сведениями концепции IMS;
- получения практических навыков проектирования мультисервисной сети на базе IMS.

### **2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

#### **2.1. Архитектура IMS**

Для IMS разработана многоуровневая архитектура с разделением транспорта переноса трафика и сигнальной сети IMS для управления сеансами (рис. 4.1). Таким образом, при разработке IMS на мобильные сети фактически перенесена основная идеология Softswitch. В IMS выделяются пользовательский уровень или уровень передачи данных (*UserPlane*), уровень управления (*ControlPlane*) и уровень приложений (*ApplicationPlane*).

В этих плоскостях 3GPP специфицирует не узлы сети, а функции. Это означает, что IMS-архитектура, как и архитектура Softswitch, также представляет собой набор функций, соединенных стандартными интерфейсами.

При этом в случае IMS функции тоже оказываются описанными в стандартах. Разработчики вправе скомбинировать несколько функций в одном физическом объекте или, наоборот, реализовать одну функцию распределенным образом.



Рассмотрим функциональные элементы на рис. 4.1 более подробно.

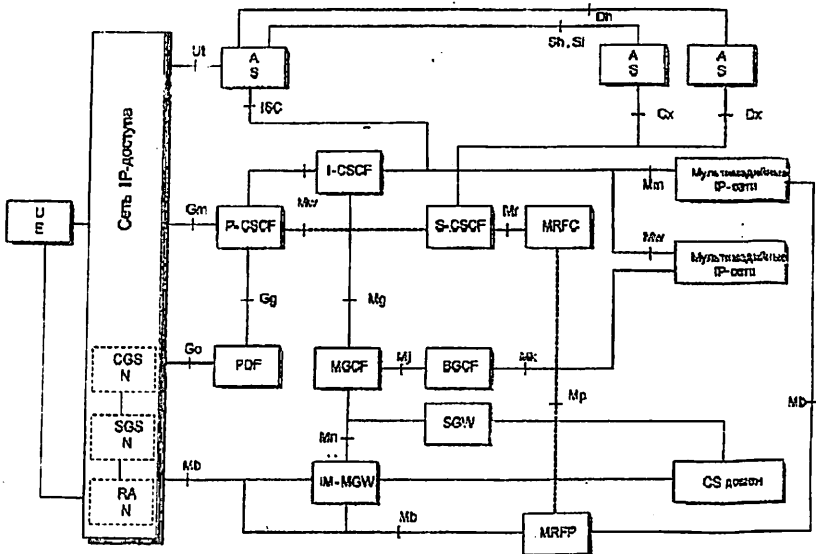


Рис. 4.1. Архитектура IMS

### 2.1.1. Пользовательские базы HSS и SLF

Каждая IMS-сеть содержит один или более серверов пользовательских баз данных HSS. Сервер HSS представляет собой централизованное хранилище информации об абонентах и услугах и является эволюционным развитием *HLR (HomeLocationRegister)* из архитектуры сетей GSM. Сеть может содержать более одного HSS в том случае, если количество абонентов слишком велико, чтобы поддерживаться одним HSS. Такая сеть, наряду с несколькими HSS, должна будет иметь в своем составе функцию *SLF (SubscriberLocationFunction)*, представляющую собой простую базу данных, которая хранит соответствие информации HSS адресам пользователей. Узел,

передавший к SLF запрос с адресом пользователя, получает от нее сведения о том HSS, который содержит информацию об этом пользователе.

### 2.1.2. Функция SIP-сервера

Функция управления сеансами *CSCF* (*CallSessionControlFunction*) является центральной частью системы IMS, представляет собой, по сути, SIP-сервер и обрабатывает SIP-сигнализацию в IMS. Существуют функции CSCF трех типов: Проxy-CSCF (P-CSCF), Interrogating-CSCF (I-CSCF) и Serving-CSCF (S-CSCF).

Первая из перечисленных, функция P-CSCF – это первая точка взаимодействия (на сигнальном уровне) пользовательского IMS-терминала и IMS-сети. С точки зрения SIP, она является входящим/исходящим прокси-сервером, через который проходят все запросы, исходящие от IMS-терминала или направляемые к нему. Однако функция P-CSCF может вести себя и как агент пользователя UA, что необходимо для прерывания сеансов в нестандартных ситуациях и для создания независимых SIP-транзакций, связанных с процессом регистрации.

I-CSCF – еще один SIP-прокси, расположенный на границе административного домена Оператора. Когда SIP-сервер определяет следующую пересылку для некоторого SIP-сообщения, он получает от службы DNS адрес I-CSCF соответствующего домена. Кроме исполнения функций SIP-прокси I-CSCF взаимодействует по протоколу Diameter с HSS и SLF, получает от них информацию о местонахождении пользователя и об обслуживающей его S-CSCF. Если никакая функция S-CSCF еще не назначена, функция I-CSCF производит ее назначение.

S-CSCF – центральная интеллектуальная функция на сигнальном уровне, т.е. функция SIP-сервера, который управляет сеансом. Помимо этого, S-CSCF выполняет функцию регистрирующего сервера сети SIP (SIP-registrar), то есть поддерживает привязку местоположения пользователя

(например, IP-адресом терминала, с которого пользователь получил доступ в сеть) к его SIP-адресу (PUI-PublicUserIdentity).

Функция S-CSCF взаимодействует по протоколу Diameter с HSS, получает от последнего данные аутентификации пользователя, пытающегося получить доступ к сети, и данные о профиле пользователя, т. е. перечень доступных ему услуг – набор триггерных точек для маршрутизации сообщения SIP к серверам приложений. В свою очередь, функция S-CSCF информирует HSS о том, что этот пользователь прикреплен к нему на срок своей регистрации, и о срабатывании таймера регистрации.

### **2.1.3. Функция PDF**

Функция PolicyDecisionFunction (PDF) иногда интегрируется с функцией P-CSCF, но может быть реализована отдельно. Эта функция отвечает за выработку политики на основании информации о характере сеанса и о передаваемом трафике (транспортные адреса, ширина полосы и т.д.), полученной от P-CSCF. На базе этой информации PDF принимает решение об авторизации запросов от GGSN и производит повторную авторизацию при изменении параметров сеанса, а также может запретить передачу определенного трафика или организацию сеансов некоторых типов.

### **2.1.4. Серверы приложений**

Серверы приложений (ApplicationServers), по существу, не являются элементами IMS, а работают, условно говоря, поверх нее, предоставляя услуги в сетях, построенных согласно IMS-архитектуре. Серверы приложений взаимодействуют с функцией S-CSCF по протоколу SIP. Основными функциями серверов приложений являются обслуживание и модификация SIP-сеанса, создание SIP-запросов, передача данных тарификации в центры начисления платы за услуги связи.

### 2.1.5. Функция MRF

Теперь рассмотрим *MRF (Media Resource Function)*, являющуюся источником медианформации в домашней сети и позволяющую воспроизводить разные объявления, смешивать медиапотоки, транскодировать битовые потоки кодеков, получать статистические данные и анализировать медианформацию.

Функция MRF делится на две части: *MRFC – Media Resource Function Controller* и *MRFP – Media Resource Function Processor*.

MRFC находится на сигнальном уровне и взаимодействует с S-CSCF по протоколу SIP. Используя полученные инструкции, MRFC управляет по протоколу Megaco/H.248 процессором MRFP, находящимся на уровне передачи данных, а тот выполняет все манипуляции с медианформацией.

### 2.1.6. Функция BGCF

*Breakout Gateway Control Function* – это SIP-сервер, способный выполнять маршрутизацию вызовов на основе телефонных номеров. BGCF используется только в тех случаях, когда сеанс инициируется IMS- терминалом, а адресатом является абонент сети с коммутацией каналов (например, TDM или мобильной сети 2G). Основными задачами BGCF является выбор той IMS-сети, в которой должно происходить взаимодействие с сетью коммутации каналов, или выбор подходящего TDM/CS шлюза, если это взаимодействие должно происходить в сети, где находится сам сервер BGCF. В первом случае BGCF переводит сеанс к BGCF выбранной сети, а во втором – к выбранному TDM/CS шлюзу.

### 2.1.7. Шлюз TDM/CS

Шлюз TDM/CS поддерживает взаимодействие IMS-сети с TDM и позволяет устанавливать соединения между пользователями этих сетей. Он имеет распределенную структуру, характерную для архитектуры Softswitch:

SGW – SignalingGateway, MGCF – MediaGatewayControlFunction и MGW – MediaGateway.

### 2.1.8. Шлюз безопасности SEG

Для того чтобы защитить уровень управления в домене безопасности (securitydomain), представляющем собой такую область сети, которая принадлежит одному провайдеру услуг, в которой действуют единые административные правила и сетевая политика, трафик на входе в этот домен и на выходе из него будет проходить через шлюз безопасности *SEG (Security Gateway)*. Как правило, границы домена безопасности совпадают с границами сети провайдера, а шлюзов SEG в сети провайдера обычно присутствует несколько. В качестве SEG часто выступают пограничные контроллеры SBC.

## 2.2. Протоколы сигнализации

В архитектуре IMS существует основной протокол сигнализации SIP, однако предусмотрена поддержка протоколов для взаимодействия как с сетями NGN, так и с сетями TDM. Стоит только отметить, что в IMS для обмена информацией с базой данных HSS используется протокол Diameter. Остановимся на нем более подробно. Протокол Diameter является эволюционным развитием протокола RADIUS и предлагается, в основном, для использования в качестве протокола следующего поколения для аутентификации, авторизации и учета *AAA (Authentication, Authorization, Accounting)*. Этот протокол работает поверх TCP или SCTP, так как оба эти протокола обеспечивают надежную передачу, что является критичным для приложений, обменивающихся информацией об учетных записях. Исходя из того, что Diameter, в основном, имеет одноранговую архитектуру, для конкретного узла можно было бы установить более одного соединения.

Концепция IMS разрабатывалась позже Softswitch, поэтому в ней уже заранее предусмотрена поддержка как IPv4, так и IPv6. Необходимость перехода к новой версии протокола IP была вызвана рядом проблем, таких как проблема масштабируемости сети, непригодность протокола IPv4 к передаче мультисервисной информации с поддержкой различных классов обслуживания, включая обеспечение информационной безопасности.

При этом к проблемам масштабируемости протокола IPv4 следует отнести следующие:

- недостаточность объема 32-битового адресного пространства;
- сложность агрегирования маршрутов, разрастание таблиц маршрутизации;
- сложность массового изменения IP-адресов; относительная
- сложность обработки заголовков пакетов IPv4.

Кроме того, масштабируемость IP-сетей следует рассматривать не только с точки зрения увеличения числа узлов, но и с точки зрения повышения скорости передачи и уменьшения задержек при маршрутизации. Указанные проблемы обусловили развитие классической версии протокола IPv4 в направлении разработки версии IPv6.

### **2.3. Сценарий базового вызова**

Ниже приведен сценарий обмена сообщениями при обслуживании базового вызова. Абонент из сети TDM совершает вызов к абоненту в сети IMS (рис. 4.2).

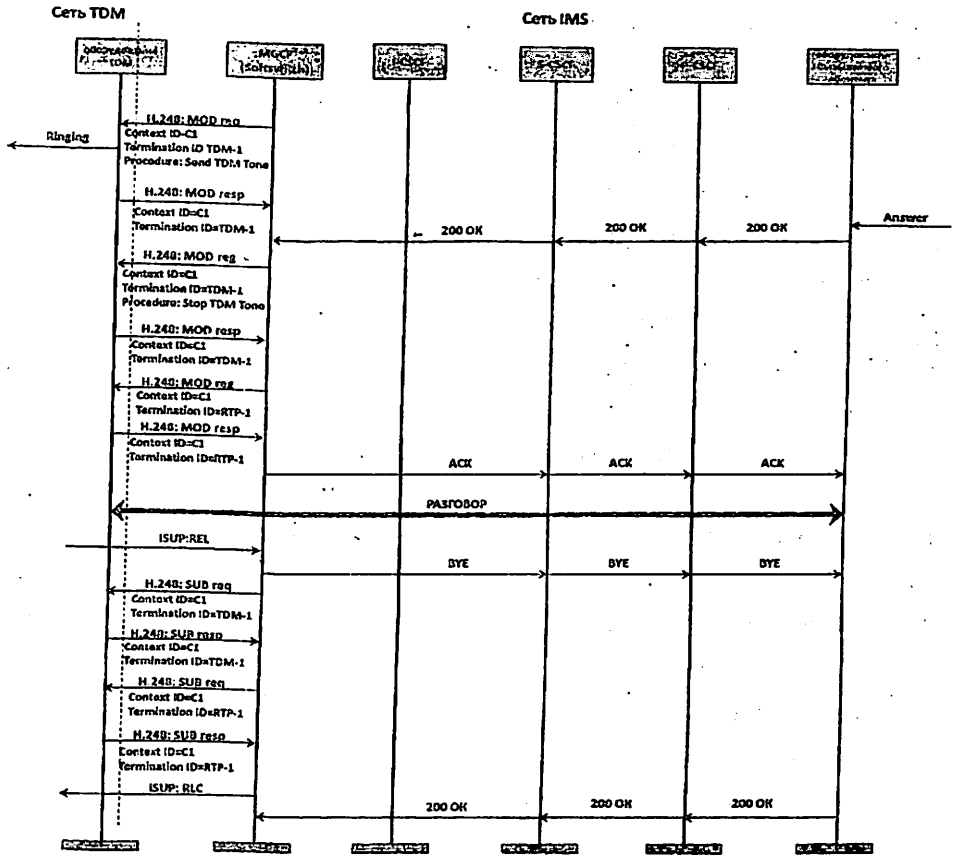


Рис. 4.2. Сценарий обслуживания вызова

## 2.4 Особенности предоставления услуг на базе IMS

Предоставление разнообразных услуг на базе единой пакетной сети NGN требует гибкой поддержки качества этих услуг. Поддержка QoS является фундаментальным требованием к IMS. При организации каждого сеанса пользовательское оборудование извещает IMS о своих возможностях и своих требованиях к QoS. При помощи протокола SIP возможно учесть

такие параметры, как тип и направление передачи данных, скорость, размер пакетов, использование RTP, требуемая ширина полосы пропускания.

IMS позволяет управлять качеством связи, которое получит тот или иной пользователь, и таким образом дифференцировать пользователей и предоставляемые им услуги.

Еще одним фактором является усложнение системы начисления платы за мультимедийные сеансы связи. Если оператор не принимает во внимание характер трафика мультимедийного сеанса, он может начислить плату за него только поверхностно – на основании объема переданных данных.

При этом пользователю становится не выгодно пользоваться одними услугами (создающими большой объем трафика, например видео), а оператору становится не выгодно предоставлять другие (создающие незначительный объем трафика, например InstantMessaging). Если оператор осведомлен о характере передаваемого трафика, он может использовать в системе начисления платы более эффективные бизнес-модели, несущие выгоду и ему и пользователям.

Кроме того, IMS дает возможность оператору внедрять услуги, созданные сторонними разработчиками или даже самим оператором, а не производителями телекоммуникационного оборудования. Это позволяет интегрировать различные услуги и предоставляет широкие возможности персонализации и увеличения количества услуг. Концепция IMS предполагает горизонтальную архитектуру, позволяющую оператору просто и экономично внедрять новые персонализированные услуги, причем пользователи могут в одном и том же сеансе связи получить доступ к разным услугам (рис. 4.3).



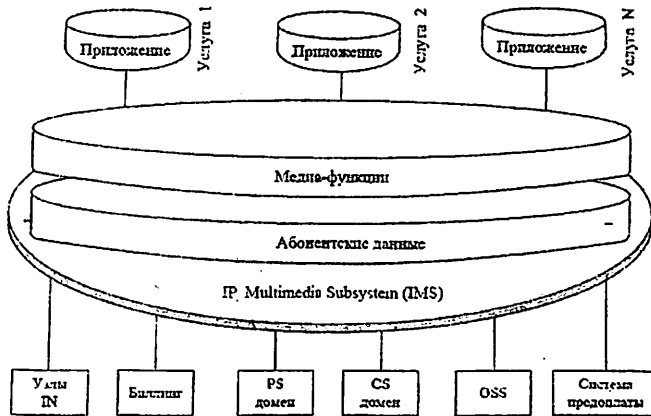


Рис. 4.3. Горизонтальная сервисная архитектура, применяемая в IMS

Несмотря на довольно широкий спектр услуг, предоставляемый IMS, до сих пор наиболее важную роль играет двусторонняя аудио/видео связь. Для этого архитектура IMS должна поддерживать сеансы мультимедийной связи в IP-сетях, причем такая связь должна быть доступна пользователям как в домашней, так и в гостевой сетях. Помимо описанных выше, IMS обеспечивает следующие функциональные возможности: взаимодействие с другими сетями, инвариантность доступа, создание услуг и управление ими, роуминг, защиту информации, начисление платы.

#### 2.4.1. Взаимодействие с другими сетями

Функция поддержки взаимодействия с сетью Интернет очевидна, так как благодаря общим протоколам пользователи IMS могут устанавливать мультимедийные сеансы связи с разными службами глобальной сети. Поскольку переход к NGN и IMS будет постепенным и более или менее длительным, IMS должна также иметь возможность взаимодействия с сетями

предыдущих поколений – стационарными (TDM) и мобильными (2G) сетями с коммутацией каналов. Функции взаимодействия с сетями коммутации каналов не имеют, разумеется, долгосрочной перспективы, но они абсолютно необходимы в течение довольно длительного периода существования конвергентных сетей.

#### 2.4.2. Инвариантность относительно доступа

Функциональные возможности IMS инвариантны относительно разных технологий доступа к ней, отличных от GPRS, например, технологий WLAN, xDSL, HFC (HybridFiberCoax) и т.п. Здесь нет ничего необычного.

Как и любая IP-сеть, IMS инвариантна относительно протоколов нижних уровней и технологий доступа. Но поскольку 3GPP сконцентрировал свои усилия на эволюции GSM сетей, спецификация первой версии IMS (Release 5) содержала некоторые GPRS-ориентированные опции. В следующих версиях, начиная уже с шестой, функции доступа были отделены от ядра сети, и началась разработка концепции инвариантности IMS относительно доступа, получившая название *IP connectivity access* и предполагающая применение любой технологии доступа, которая может обеспечить транспортировку IP-трафика между пользовательским оборудованием и объектами IMS без изменения принципов функционирования последних.

#### 2.4.3. Создание услуг и управление услугами

Необходимость быстро внедрять разнообразные услуги, поскольку именно они должны стать основным источником доходов оператора в XXI веке, потребовала пересмотреть процесс создания услуг в IMS. Чтобы уменьшить время внедрения услуги и обеспечить ее предоставление в гостевой сети при роуминге пользователя, в IMS ведется стандартизация не услуг, а возможностей предоставления услуг (*service capability*). Таким образом, оператор может внедрить любую услугу, соответствующую *service*

capability, причем эта услуга будет поддерживаться и при перемещении пользователя в гостевую сеть, если эта сеть обладает аналогичными стандартизованными servicescapability (возможностями предоставления услуг).

Это достигается благодаря тому, что в IMS принято управление услугой из домашней сети, т. е. устройство, имеющее доступ к базе данных пользователей и непосредственно взаимодействующее с сервисной платформой, всегда находится в домашней сети. Для управления услугами оператор может применять разную *общую политику сети*, распространяющуюся на всех пользователей сети (например, ограничение использования в сети широкополосных кодеков типа G.711), и разную *индивидуальную политику*, распространяющуюся на того или иного пользователя (например, запрет пользования видеосвязью) и сетью коммутации каналов.

#### **2.4.4. Защита информации**

Функции обеспечения защиты информации необходимы каждой телекоммуникационной системе, и IMS предоставляет уровень защиты информации, по крайней мере, не меньший, чем GPRS-сети и сети коммутации каналов. IMS производит аутентификацию пользователей перед началом предоставления услуги, дает пользователю возможность запросить конфиденциальность информации, передаваемой во время сеанса, и др.

#### **2.4.5. Начисление платы**

Как было отмечено выше, IMS позволяет оператору или провайдеру услуг гибко назначать тарифы для мультимедийных сеансов. IMS сохраняет возможность начислять плату за сеанс наиболее простым способом в зависимости от длительности сеанса или от объема трафика, но может также использовать более сложные схемы, учитывающие разную пользовательскую

политику, компоненты медиаданных, предоставляемые услуги и т.п. Требуется также, чтобы две IMS-сети при необходимости могли обмениваться информацией, нужной для начисления платы за сеанс связи.

IMS поддерживает начисление платы как в режиме online, так и в режиме offline.

## 2.5. Расчет оборудования сети IMS

На рис. 4.4 представлена упрощенная схема архитектуры IMS. На ней изображены только основные функциональные элементы архитектуры, сертифицированной 3GPP. В курсовом проекте рассматриваем сети TDM и IMS, между которыми организуется взаимодействие.

Вызовы, создаваемые в сети TDM, попадают через оборудование шлюзов в сеть IMS, а именно к Softswitch, выполняющему роль MGCF. От Softswitch информация поступает на 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 задействован MRF и/или сервер (а) приложений (AS).

Во избежание путаницы, на рис. 4.4 отмечены только те логические связи между элементами, которые имеют значение и/или учитываются при расчетах в курсовом проекте. На линиях, указан протокол, при помощи которого осуществляется взаимодействие между функциональными объектами.

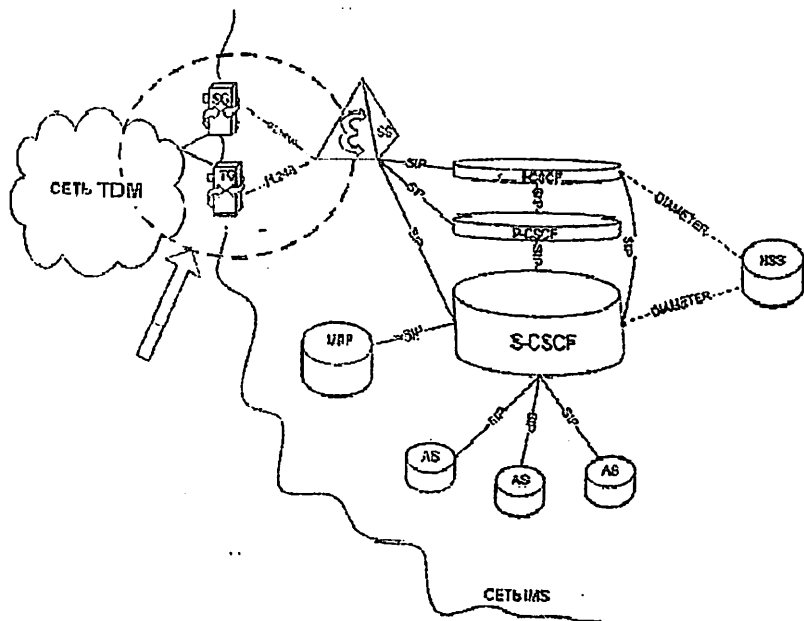


Рис. 4.4. Архитектура IMS. Стык сети TDM и IMS.

## 2.6. Расчет необходимого транспортного ресурса, необходимого для обеспечения сигнального обмена с функцией S-CSCF

Попадая в сеть IMS, вызовы в конечном итоге обслуживаются одной из S-CSCF. Этот сетевой элемент представляет собой SIP-сервер, управляющий сеансом связи. Для выполнения своих функций он получает от других сетевых элементов всю информацию об устанавливаемом соединении и требуемой услуге (рис. 4.5).

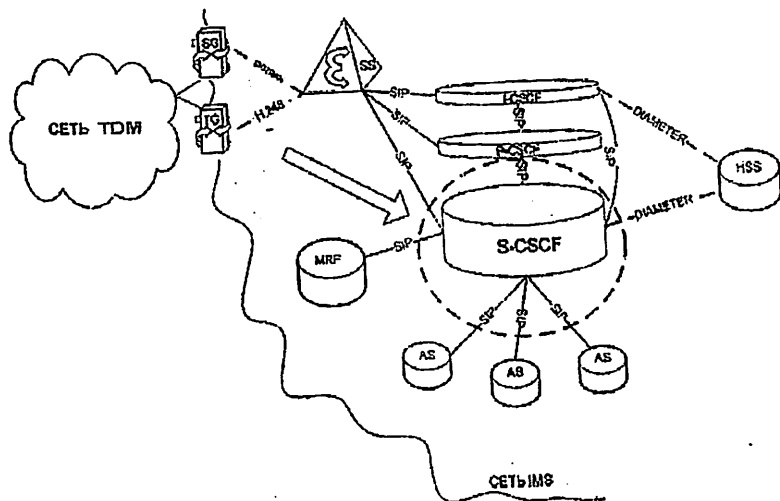


Рис. 4.5. S-CSCF в архитектуре IMS

Как уже было сказано во второй главе, функции IMS могут иметь разную физическую декомпозицию, то есть, они могут быть реализованы как в виде единого блока, обладающего всеми возможностями, так и представлять собой набор устройств, каждое из которых отвечает за реализацию конкретной функции. Независимо от физической реализации, интерфейсы остаются стандартными. Поэтому, рассчитав в отдельности каждую из функций, можно оценить требуемую производительность сервера как при отдельной ее реализации, так и в случае реализации совместно с другими элементами.

**Задача.** Определить транспортный ресурс функции S-CSCF, необходимый для обслуживания вызовов, учитывая только обмен сообщениями SIP.

*Исходные данные для проектирования.* Вызовы из сети TDM через оборудование шлюзов поступают на Softswitch (рис. 4.5), который в архитектуре IMS выполняет функции MGCF. Softswitch по протоколу SIP обращается к I-CSCF, которая в свою очередь, в ходе установления соединения обменивается сообщениями SIP с S-CSCF. Через I-CSCF Softswitch передает S-CSCF адресную информацию, информацию о местонахождении вызываемого пользователя, а также информацию об услуге, запрашиваемой вызываемым абонентом. Получив эту информацию и обработав ее, S-CSCF начинает процесс обслуживания вызова.

В зависимости от требуемой услуги, S-CSCF может обратиться к медиа-серверу (MRF) или к серверам приложений (AS). Таким образом, S-CSCF ведет сигнальный обмен с MGCF, I-CSCF, MRF, AS. В ходе предоставления речевых услуг существует также SIP-соединение с P-CSCF, но мы его не учитываем в процессе расчета транспортного ресурса, так как его влияние незначительно.

Введем следующие обозначения:

Среднее число SIP сообщений при обслуживании одного вызова между:

- a) SS и S-CSCF –  $N_{sip1}$ ,
- b) MRF и S-CSCF –  $N_{sip2}$ ,
- c) AS и S-CSCF –  $N_{sip3}$ ,
- d) I-CSCF и S-CSCF –  $N_{sip4}$ ,

Средняя длина сообщения SIP в байтах –  $L_{sip}$ ;

$X\%$  – процент вызовов, при обслуживании которых требуется обращение к серверу MRF;

$Y\%$ . Процент вызовов, при обслуживании которых требуется обращение к серверам приложений AS;

$V_{ss-s-cscf}$  – транспортный ресурс между MGCF и S-CSCF, который требуется

для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;  
 $V_{as-s-cscf}$  – транспортный ресурс между серверами приложений (AS) и S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{-}$  – транспортный ресурс между MRF и S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{i-cscf-s-cscf}$  – транспортный ресурс между I-CSCF и S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{s-cscf}$  – общий транспортный ресурс S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов.

Тогда общий требуемый транспортный ресурс будет равен суммарному транспортному ресурсу взаимодействия функции S-CSCF с другими элементами IMS архитектуры:

$$V_{s-cscf} = V_{i-cscf-s-cscf} + V_{mrf-s-cscf} + V_{as-s-cscf} + V_{ss-s-cscf}, \quad (0)$$

$$V_{ss-s-cscf} = \frac{k_{sig} (L_{sip} \cdot N_{sip1} \cdot P_{sx})}{450}, \quad (1)$$

$$V_{as-s-cscf} = \frac{k_{sig} (L_{sip} \cdot N_{sip2} \cdot P_{sx} \cdot X\%)}{450} \quad (2)$$

$$V_{mrf-s-cscf} = \frac{k_{sig} (L_{sip} \cdot N_{sip3} \cdot P_{sx} \cdot Y\%)}{450}, \quad (3)$$

$$V_{i-cscf-s-cscf} = \frac{k_{sig} (L_{sip} \cdot N_{sip4} \cdot P_{sx})}{450}, \quad (4)$$

Значения  $P_{sx}$ ,  $k_{sig}$  и  $L_{sip}$ , которые используются в формулах (0) - (4), задаются преподавателем.



## 2.7. Расчет необходимого транспортного ресурса, необходимого для обеспечения сигнального обмена с функцией I-CSCF

Так же, как и S-CSCF, функциональный элемент I-CSCF участвует в соединениях, затрагивающих взаимодействие разнородных сетей. Помимо функций SIP-прокси, он взаимодействует с HSS и SLF, получает от них информацию о местонахождении пользователя и об обслуживающем его SCSCF.

Будем проводить расчет транспортного ресурса, необходимого для взаимодействия I-CSCF с другими элементами сети. Как видно, I-CSCF взаимодействует с S-CSCF, с Softswitch (MGCF), а также с P-CSCF и HSS. При расчете будем учитывать взаимодействие только с первыми двумя компонентами, так как взаимодействие с HSS происходит при помощи протокола DIAMETER, что выходит за рамки курсового проектирования.

*Задача.* Определить транспортный ресурс на I-CSCF для обеспечения сигнального обмена по SIP, необходимого для обслуживания вызовов.

*Данные для проектирования.* I-CSCF связан SIP-соединением только с Softswitch (MGCF) и S-CSCF.

1) Число SIP-сообщений при обслуживании одного вызова между :

а)  $I\text{-CSCF} \leftrightarrow S\text{-CSCF} - N_{sip4}$ ,

б)  $SS \leftrightarrow I\text{-CSCF} - N_{sip5}$ .

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

Введем следующие обозначения:

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

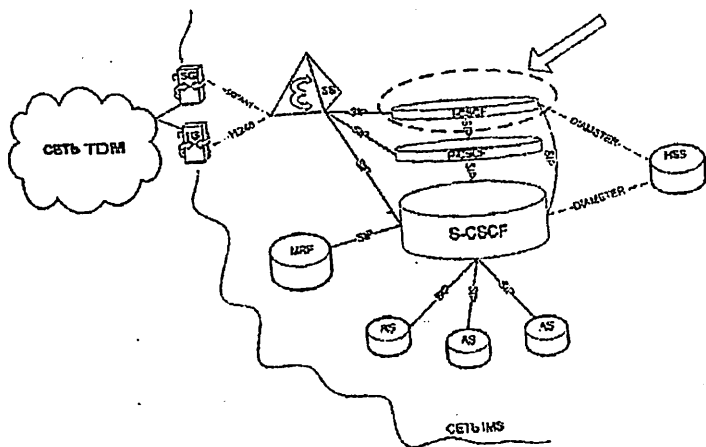


Рис. 4.6. I-CSCF в архитектуре IMS

Тогда общий транспортный ресурс:

$$V_{I-CSCF} = V_{SS-I-CSCF} + V_{I-CSCF-S-CSCF}, \quad (5)$$

Значение  $V_{I-CSCF-S-CSCF}$  рассчитано ранее по (4), а  $V_{SS-I-CSCF}$  вычисляется по формуле:

$$V_{SS-I-CSCF} = k_{sig} (L_{sip} \cdot N_{sip} \cdot P_{sx}), \quad (6)$$

На функциональную схему сети IMS необходимо нанести полученные результаты расчета транспортных ресурсов для S-CSCF и I-CSCF.

### 3. ЗАДАНИЕ

1. Ознакомиться с многоуровневой архитектурой IMS.
2. Изучить теоретические аспекты концепции IMS описанные в данной работе.
3. Изучить и рассчитать нагрузки на S-CSCF в соответствии с вариантом.
4. Изучить и рассчитать нагрузки на I-CSCF в соответствии с вариантом.
5. Подготовить выводы по расчетам.
6. Подготовить отчет по проделанной работе.

#### 3.1. Исходные данные

Для нечетных вариантов использование кодеков следующее:

20% вызовов – кодек G.711

20% вызовов – кодек G.723 I/r

30% вызовов – кодек G.723 h/r

30% вызовов – кодек G.729A.

Для нечетных вариантов  $n = 0,9$ .

Для четных вариантов использование кодеков следующее:

30% вызовов – кодек G.711

30% вызовов – кодек G.723 I/r

20% вызовов – кодек G.723 h/r

20% вызовов – кодек G.729A.

Для четных вариантов  $n = 0,5$ .

Таблица 4.1

#### Поправочные коэффициенты

Вариант	$K_{PSTN}$	$K_{ISDN}$	$K_{T5}$	$K_{PBU}$	$K_{SML}$
Нечетный	1,25	1,75	2	1,75	1,9
Четный	1,3	1,8	1,9	1,8	2

для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{as-s-cscf}$  – транспортный ресурс между серверами приложений (AS) и S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{-}$  – транспортный ресурс между MRF и S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{i-cscf-s-cscf}$  – транспортный ресурс между I-CSCF и S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{s-cscf}$  – общий транспортный ресурс S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов.

Тогда общий требуемый транспортный ресурс будет равен суммарному транспортному ресурсу взаимодействия функции S-CSCF с другими элементами IMS архитектуры:

$$V_{s-cscf} = V_{i-cscf-s-cscf} + V_{mrf-s-cscf} + V_{as-s-cscf} + V_{ss-s-cscf}, \quad (0)$$

$$V_{ss-s-cscf} = \frac{k_{sig} (L_{sip} \cdot N_{sip1} \cdot P_{sx})}{450}, \quad (1)$$

$$V_{as-s-cscf} = \frac{k_{sig} (L_{sip} \cdot N_{sip2} \cdot P_{sx} \cdot X\%)}{450} \quad (2)$$

$$V_{mrf-s-cscf} = \frac{k_{sig} (L_{sip} \cdot N_{sip3} \cdot P_{sx} \cdot Y\%)}{450}, \quad (3)$$

$$V_{i-cscf-s-cscf} = \frac{k_{sig} (L_{sip} \cdot N_{sip4} \cdot P_{sx})}{450}, \quad (4)$$

Значения  $P_{sx}$ ,  $k_{sig}$  и  $L_{sip}$ , которые используются в формулах (0) - (4), задаются преподавателем.

## 2.7. Расчет необходимого транспортного ресурса, необходимого для обеспечения сигнального обмена с функцией I-CSCF

Так же, как и S-CSCF, функциональный элемент I-CSCF участвует в соединениях, затрагивающих взаимодействие разнородных сетей. Помимо функций SIP-прокси, он взаимодействует с HSS и SLF, получает от них информацию о местонахождении пользователя и об обслуживающем его SCSCF.

Будем проводить расчет транспортного ресурса, необходимого для взаимодействия I-CSCF с другими элементами сети. Как видно, I-CSCF взаимодействует с S-CSCF, с Softswitch (MGCF), а также с P-CSCF и HSS. При расчете будем учитывать взаимодействие только с первыми двумя компонентами, так как взаимодействие с HSS происходит при помощи протокола DIAMETER, что выходит за рамки курсового проектирования.

*Задача.* Определить транспортный ресурс на I-CSCF для обеспечения сигнального обмена по SIP, необходимого для обслуживания вызовов.

*Данные для проектирования.* I-CSCF связан SIP-соединением только с Softswitch (MGCF) и S-CSCF.

1) Число SIP-сообщений при обслуживании одного вызова между :

а) I-CSCF и S-CSCF –  $N_{sip4}$ ,

б) SSWhI-CSCF –  $N_{sip5}$ .

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

Введем следующие обозначения:

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

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

Таблица 4.2

## Варианты для выполнения практической работы

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$N_{PSTN}$ (аб)	5000	8000	11000	14000	12000	6000	7000	15000	10000	5000	13000	7500	8500	9000	11000	20000	10000	15500	15000	8000	5000
$N_{SDN}$ (аб)	500	300	700	600	800	200	400	1000	600	200	900	350	550	400	600	1200	1500	900	1100	500	700
$N_{шт}$ (аб)	100	150	200	250	100	50	150	200	250	50	100	100	150	50	200	250	1000	1000	300	200	150
$I$	8	7	6	5	4	7	8	9	5	4	6	8	9	3	5	9	7	10	3	5	7
$N_{I, \text{там}}$ (аб)	40	30	20	50	30	40	60	70	20	40	30	20	50	30	60	70	40	70	90	20	50
$J$	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	6	8	9	2	5
$N_{J, \text{в5}}$ (аб)	90	80	70	60	50	40	30	20	90	80	70	60	50	40	30	20	60	50	40	30	20
$M$	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	1	6	5	4	3	2
$N_{\text{ин\_пр}}$ (аб)	100	150	120	140	130	90	100	80	200	150	120	130	150	200	100	250	100	300	400	200	150
$L_{\text{MEGACO}}$ (един)	150	145	155	150	145	155	150	145	155	150	145	155	150	145	155	150	150	155	145	150	155
$N_{\text{MEGACO}}$ (коэф.)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$L_{\text{PSTN}}$ (един)	145	150	155	145	150	155	145	150	155	145	150	155	145	150	155	145	150	150	155	145	150
$N_{\text{PSTN}}$ (коэф.)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$L_{\text{MPLS}}$ (един)	155	145	150	155	145	150	155	145	150	155	145	150	155	145	150	155	145	150	150	155	150
$N_{\text{MPLS}}$ (коэф.)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$L_{\text{пр}}$ (свдт)	140	145	150	155	140	145	150	155	140	145	150	155	140	145	150	155	160	160	15	145	140
$N_{\text{SH}}$ (свобманш)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$N_{\text{EL}}$	5	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	9	8	7	6	5	4	3	2
$P_{\text{вн}}$ (рас/вн)	1000	1500	2000	2500	1000	1500	2000	2500	1000	1500	2000	2500	1000	1500	2000	2500	1000	1500	2000	2500	1000
$L$ (при св- манна 2)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
$P_{\text{всего}}$ (рас/вн)	6000	5000	7000	6500	7500	8500	5500	600	500	700	650	750	8500	5500	6000	5000	7000	6500	7500	8500	5500
$L_{\text{всего}}$ (свдт)	160	150	140	145	155	165	170	175	145	150	155	160	165	170	175	160	150	140	145	155	165
$N_{\text{всего}}$ (свобманш)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$P_{\text{вг}}$ (рас/вн)	18000	10000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	10000	15000	10000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	55000	60000	25000
$P$ (рас/вн)	0,25	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,2	0,21
$N_{\text{сп1}}$	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15
$N_{\text{сп2}}$	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10
$N_{\text{сп3}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
$N_{\text{сп4}}$	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5
$N_{\text{сп5}}$	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5
$X\%$	15	20	30	40	50	60	50	40	30	15	20	30	40	50	60	15	20	30	40	50	60
$Y\%$	40	30	20	10	15	20	25	30	35	40	45	10	15	20	25	30	35	40	45	10	15

### Отчет должен содержать:

- номер и название работы;
- исходные данные в соответствии с вариантом;
- изображение архитектуры IMS;
- резюме концепции IMS;
- полный отчет по расчетам IMS согласно заданию;
- результаты расчета (оформить в виде таблицы).

## 4. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

### 4.1. Расчет оборудования сети IMS

#### Расчет нагрузки на S-CSCF

Заполним исходные данные для третьего задания.

Таблица 4.3

Исходные данные

Параметр	Значение
$N_{sip1}$	10 сообщений
$N_{sip2}$	5 сообщений
$N_{sip3}$	5 сообщений
$N_{sip4}$	10 сообщений
$L_{sip}$	140 байт
$X\%$	15%
$Y\%$	40%
$N_{sip5}$	15 сообщений

Транспортный ресурс, необходимый для организации взаимодействия между S-CSCF и Softswitch:



$$V_{ss-s-cscf} = \frac{k_{sig}(L_{sn} \cdot N_{stp1} \cdot P_{sx})}{450} = 5 \cdot 140 \cdot 10 \cdot \frac{150000}{450} = 2333333 \quad (\text{бит/с})$$

Транспортный ресурс, необходимый для организации взаимодействия между S-CSCF и серверами приложений (AS):

$$V_{as-s-cscf} = \frac{k_{sig}(L_{sn} \cdot N_{stp2} \cdot P_{sx} \cdot X\%)}{450} = 5 \cdot 140 \cdot 5 \cdot 150000 \cdot \frac{0,15}{450} = 175000 \quad (\text{бит/с})$$

Транспортный ресурс, необходимый для организации взаимодействия между S-CSCF и MRF:

$$V_{mrf-s-cscf} = \frac{k_{sig}(L_{sn} \cdot N_{stp2} \cdot P_{sx} \cdot Y\%)}{450} = 5 \cdot 140 \cdot 5 \cdot 150000 \cdot \frac{0,4}{450} = 466667 \quad (\text{бит/с})$$

Транспортный ресурс, необходимый для организации взаимодействия между S-CSCF и I-CSCF:

$$V_{i-cscf-s-cscf} = \frac{k_{sig}(L_{sn} \cdot N_{stp4} \cdot P_{sx})}{450} = 5 \cdot 140 \cdot 10 \cdot \frac{150000}{450} = 2333333 \quad (\text{бит/с})$$

Тогда общий транспортный ресурс

$$V_{s-cscf} = V_{i-cscf-s-cscf} + V_{mrf-s-cscf} + V_{as-s-cscf} + V_{ss-s-cscf} = 2333333 + 175000 + 466667 \quad (\text{бит/с})$$

### Расчет нагрузки на I-CSCF

Транспортный ресурс между Softswitch и I-CSCF (рис. 4.7), который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов:

$$V_{ss-i-cscf} = \frac{k_{sig}(L_{sn} \cdot N_{sip5} \cdot P_{sx})}{450} = 5 \cdot 140 \cdot 15 \cdot \frac{150000}{450} = 3500000 \quad (\text{бит/с})$$

Общий транспортный ресурс

$$V_{t-cscf} = V_{ss-t-cscf} + V_{t-cscf-s-cscf} = 3500000 + 5308333 = 8808333$$

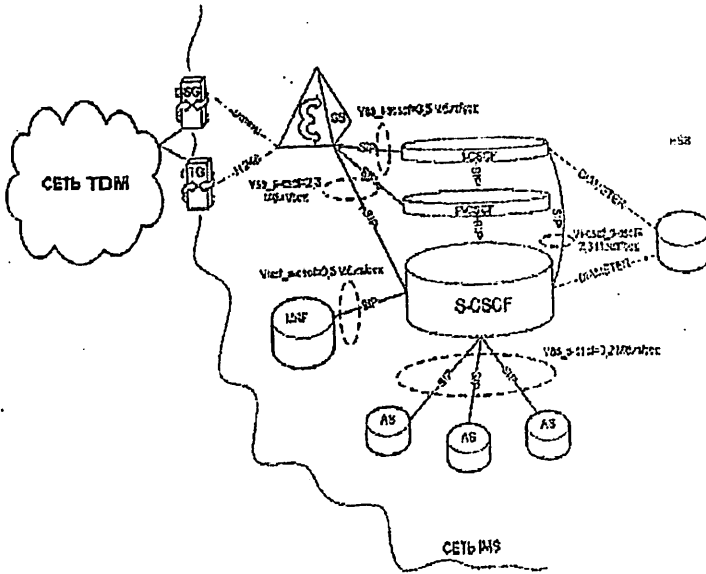


Рис.4.7. Архитектура IMS. Результаты расчета нагрузки на S-CSCFI-CSCF

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Опишите этапы расчета оборудования сети IMS.
- 2) Расскажите об особенностях предоставления услуг на базе IMS.
- 3) Рассчитайте транспортный ресурс, необходимый для организации взаимодействия между S-CSCF и Softswitch.

4) Для чего требуется транспортный ресурс между Softswitch и I-CSCF ? Как рассчитывается ?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) *Гольдштейн, А.Б. Softswitch* / А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн. – СПб. : BHV, 2006.
- 2) *Бакланов, И.Г. NGN: принципы построения и организации* / И.Г. Бакланов; под ред. Ю.Н. Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2008.
- 3) *Гольдштейн, Б.С. Сигнализация в сетях связи* / Б.С. Гольдштейн; Т. - 1. Протоколы сети доступа. Т. 2. – М. : Радио и связь, 2005.
- 4) *Гольдштейн, Б.С. Протокол SIP* / Б.С. Гольдштейн, А.А. Зарубин, В.В. Саморезов; Серия «Телекоммуникационные протоколы». – СПб. : БХВ – СПб, 2005.
- 5) *Атцик, А.А. Протокол Megaco/H.248* / А.А. Атцик, А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн; Серия «Телекоммуникационные протоколы». – СПб. : БХВ – СПб, 2009.
- 6) <http://www.niits.ru/>
- 7) <http://www.skri.sut.ru/>
- 8) <http://www.protei.ru/>

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕДУР ОБРАБОТКИ РЕЧИ В IP-ТЕЛЕФОНИИ

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Практическая работа предназначена для:

- изучения процедуры обработки речи в IP-телефонии;
- произведения расчета полосы пропускания IP-телефонии;
- освоения принципов построения сетей IP-телефонии.

### 2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Особенности функционирования каналов для передачи речевых данных, и прежде всего сети Интернет, а также возможные варианты построения систем телефонной связи на базе сети Интернет предъявляют ряд специфических требований к речевым кодекам (вокодерам). В силу пакетного принципа передачи и коммутации речевых данных отпадает необходимость кодирования и синхронной передачи одинаковых по длительности фрагментов речи. Как было отмечено выше, наиболее целесообразным и естественным для систем IP-телефонии является применение кодеков с переменной скоростью кодирования речевого сигнала. В основе кодека речи с переменной скоростью лежит классификатор входного сигнала, определяющий степень его информативности и, таким образом, задающий метод кодирования и скорость передачи речевых данных. Наиболее простым классификатором речевого сигнала является VoiceActivityDetector (VAD), который выделяет во входном речевом сигнале активную речь и паузы. При этом, фрагменты сигнала, классифицируемые как активная речь, кодируются каким-либо из известных алгоритмов (как правило на базе метода CodeExcitedLinearPrediction - CELP) с типичной скоростью 4 - 8 Кбит/с. Фрагменты, классифицированные как паузы,

кодируются и передаются с очень низкой скоростью (порядка 0.1 - 0.2 Кбит/с), либо не передаются вообще. Передача минимальной информации о паузных фрагментах предпочтительна.

Схемы более эффективных классификаторов входного сигнала детальнее осуществляют классификацию фрагментов, соответствующих активной речи. Это позволяет оптимизировать выбор стратегии кодирования (скорости передачи данных), выделяя для особо ответственных за качество речи участков речевого сигнала большее число бит (соответственно большую скорость), для менее ответственных - меньше бит (меньшую скорость). При таком построении кодеков могут быть достигнуты низкие средние скорости (2 - 4 Кбит/с) при высоком качестве синтезируемой речи.

Необходимо отметить, что для рассматриваемых приложений традиционная для вокодеров проблема снижения задержки при обработке сигнала в кодеке не является актуальной, так как величина суммарной задержки при передаче речи в системах IP-телефонии главным образом определяется задержками вносимыми каналами сети Интернет. Тем не менее, решения, позволяющие снизить задержку в вокодере, представляют практический интерес.

Проведенный в различных исследовательских группах анализ качества синтезированной речи при передаче речевых данных через сеть Интернет показывает, что основным источником возникновения искажений, снижения качества и разборчивости синтезированной речи является прерывание потока речевых данных, вызванное потерями при передаче по сети либо превышением предельно допустимого времени доставки пакета с речевыми данными. Анализ распределения числа последовательно потерянных пакетов показывает, что вероятность одиночных потерь выше вероятности потерь нескольких кадров подряд. Можно ожидать, что с развитием сети Интернет при дальнейшем увеличении ее пропускной способности, оптимизации маршрутизаторов и протоколов преобладающую роль будут играть потери одиночных пакетов. Следует заметить, что в случае прихода пакета данные,

как правило, доставляются без ошибок. В таких условиях помехоустойчивое кодирование речевых данных нецелесообразно.

Таким образом, одной из важнейших задач при построении вокодеров для IP-телефонии является создание алгоритмов компрессии речи толерантных к потерям пакетов.

Для обслуживания широкой сети абонентов система IP телефонной связи с использованием шлюзов должна включать абонентские линии связи с аналоговыми окончаниями. Это означает, что синтезированный в шлюзе аналоговый речевой сигнал по соединительной линии будет поступать на телефонный аппарат абонента. Точно также сигнал с выхода микрофона телефонного аппарата абонента по аналоговой линии будет поступать на вход вокодера, размещенного в шлюзе. Хорошо известно, что классические алгоритмы низкоскоростной компрессии речи чувствительны к амплитудно-частотным искажениям, возможным в соединительных линиях и акустических трактах. При создании алгоритмов низкоскоростных вокодеров это обстоятельство должно приниматься во внимание.

Каковы же перспективы создания вокодеров для IP-телефонии? Что имеется сегодня и ожидается в ближайшее время? Насколько можно судить по литературным данным специальных разработок для Интернет-телефонии, рекомендованных ITU-T (сектор стандартизации в области телекоммуникаций международного союза телекоммуникаций) пока не существует. Среди международных стандартов, рекомендуемых для подобных систем, чаще других упоминается G.723.1, обеспечивающий передачу речи со скоростью 5.3 и 6.3 Кбит/с, а так же G.729 для скорости передачи 8 Кбит/с.

Гарантируя достаточно высокое качество речи в идеальных условиях передачи, упомянутые стандарты были разработаны для использования в каналах, отличных от Интернет и уже позже частично адаптировались для условий потерь пакетов. Развития этих стандартов включают в себя VoiceActivityDetector и элементы, ответственные за синтез речевого сигнала

на фрагментах, соответствующих потерянными речевым данным. В настоящее время ведущие в области телекоммуникаций фирмы и университеты проводят разработки алгоритмов вокодеров для Интернет-телефонии. Ориентируясь на рекламные публикации и собственные исследования, можно ожидать появления в ближайшие годы алгоритмов компрессии со средними скоростями 2 - 4 Кбит/с и ниже с качеством синтезированной речи, близким к коммерческому, при допустимых искажениях в условиях 20% потерь пакетов с речевыми данными.

В заключении этого раздела следует коротко отметить перспективные на наш взгляд пути построения низкоскоростных вокодеров с переменной скоростью. Во всех случаях здесь предпочтительными являются методы, использующие линейное предсказание. При этом, для скоростей более 3 Кбит/с целесообразно использование CELP-алгоритмов. Для более низких скоростей передачи данных алгоритмы будут, по-видимому, строиться на базе тщательной классификации речевого сигнала с их последующим рациональным кодированием.

Полоса пропускания, выделенная под данный разговорный канал должна учитывать следующие факторы:

- тип кодека (кодер/декодер) и размер выборки голоса (мс);
- IP/UDP/RTP заголовки;
- тип сетевой технологии передачи;
- детектор речевой активности (если есть).

IP/UDP/RTP заголовки в сумме занимают объем передачи 40 байт на пакет. Заголовок Ethernet в сумме занимает объем 38 байт на пакет.



Общая структура пакета будет выглядеть следующим образом.

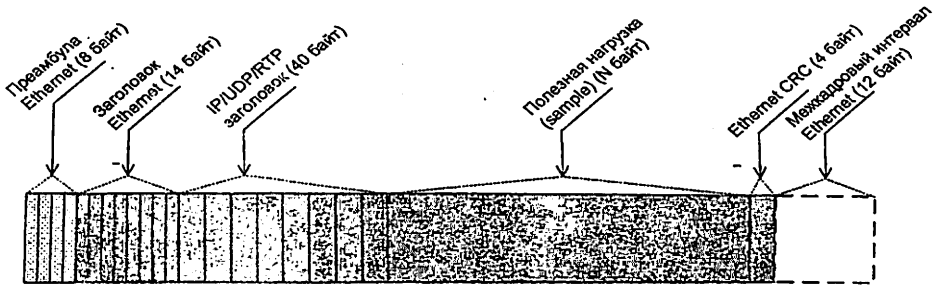


Рисунок 5.1. Структура пакета

Выбранный тип кодека и размер выборки оказывают большое влияние на качество передаваемой речевой информации и на ее задержку при передаче. Количество голосовых выборок упаковываемых в пакет также оказывает влияние на задержки и требуемую полосу пропускания канала.

Таблица 5.1

Параметры распространенных кодеков

Тип кодека	Скорость кодирования, кбит/с ( $V_{код}$ )	Период семпла, мс	Количество фреймов в пакете
G.711(PCM)	64	20	1
G.723.1A (ACELP)	5,3	30	1
G.723.1A (MP-MLQ)	6,4	30	1
G.726 (ADPCM)	32	20	1
G.728 (LD-CELP)	16	2,5	4
G.729A (CS-CELP)	8	10	2

Полоса пропускания, требуемая для передачи одного речевого канала рассчитывается по формуле:

$$B_{\text{канф\_IP}} = (Ethernet\_overhead + IP/UDP/RTP\_overhead + PL) \cdot N_{\text{пак}} \cdot 8 \quad (1)$$

где:

*Ethernet\_overhead* - суммарный объем заголовков Ethernet;

*IP/UDP/RTP\_overhead* – суммарный объем заголовков IP/UDP/RTP;

*PL* – объем полезной голосовой нагрузки в байтах исходя из длительности семпла в пакете;

$N_{\text{пак}}$  - количество голосовых семплов в 1с времени.

Объем полезной нагрузки рассчитывается по формуле:

$$PL = B_{\text{код}} \cdot N_{\text{пак}}$$

### 3. ЗАДАНИЕ

- 1 Ознакомиться с процедурами обработки речи в IP-телефонии.
- 2 Произвести расчет полосы пропускания в расчете на один канал IP-телефонии для всех типов кодеков (таблица 5.1).
3. Подготовить выводы по расчетам.
4. Подготовить отчет по проделанной работе.
5. Ответить на контрольные вопросы.

**Отчет должен содержать:**

- номер и название работы;
- цель работы;
- схемы связи;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод о примененный протокола SIP.

**4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1) Какие существуют процедуры обработки речи в IP-телефонии?
- 2) Как происходит обработка речи в соответствии с кодеком PCМ?
- 3) Как происходит обработка речи в соответствии с кодеком CELP?
- 4) От каких параметров зависит полоса пропускания в IP-телефонии?
- 5) Какой объем составляют заголовки в общей полосе пропускания IP-канала?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, И.В. Шibaева. IP-телефония, М.:Эко-Трендз, 2001 – 250с.
- 2) Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. м.: Радио и связь, 2001 – 336 с.
- 3) Ю.В. Семенов Проектирование сетей связи следующего поколения. СПб.: Наука и Техника, 2005. – 240 с.
- 4) С.Н. Ксенофонтов, Э.Л. Портнов. Направляющие системы электросвязи. – М.: Горячая линия –Телеком, 2004. – 268 с.
- 5) Гаранин М.В. Системы и сети передачи информации. м.: Радио и связь, 2001.-336с.
- 6) Катунин Г.П., Мамчев Г.В., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети.- Новосибирск: Цэрис, 2000.
- 7) [www.sipnet.ru](http://www.sipnet.ru)
- 8) [www.skype.ru](http://www.skype.ru)
- 9) [www.dlink.ru](http://www.dlink.ru)
- 10) <http://www.connect.ru/article.asp?id=4997>.
- 11) [http://www.voipuser.org/forum\\_topic\\_2567.html](http://www.voipuser.org/forum_topic_2567.html)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Практическая работа №1. Эффективные методы кодирования информации.....	4
Практическая работа №2. Изучение алгоритмов сжатия информации	15
Практическая работа №3. Анализ мультимедийной сети на базе Softswitch.....	27
Практическая работа №4. Анализ мультимедийной сети на базе IMS.....	40
Практическая работа №5. Изучение процедур обработки речи в IP-телефонии .....	67

Формат 60x84 1/16

Заказ № - 1. Тираж - 20

Отпечатано в Издательско полиграфическом  
центре «ALQACH» при ТУИТ  
Ташкент ул. Амир Темура, 108