

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

На правах рукописи

УДК 621.39

АБДУЛЛАЕВ МИРЖАМОЛ МИРКОМИЛОВИЧ

**Оптимизационная модель распределения потоков в
инфокоммуникационной сети**

5А311301 - Устройства и системы передачи информации

Диссертация

на соискание академической степени магистра

Научный руководитель:

д.т.н., проф. Нишанбаев Т.Н.

Ташкент - 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава I. Современное состояние и тенденции развития информационного обмена в инфокоммуникационных сетях следующего поколения.....	8
1. Архитектура современных инфокоммуникационных сетей следующего поколения и тенденция ее развития.....	8
2. Анализ протоколов информационного взаимодействия в сетях следующего поколения.....	24
Выводы по главе I.....	33
Глава II. Анализ функциональной структуры распределения разнородных потоков в ССП.....	35
1. Характеристики информационных потоков и ресурсов в ССП.....	35
2. Обслуживание разнородного потока данных в транспортной сети NGN.....	42
3. Распределение потоков на уровне приложений ССП.....	51
Выводы по главе II.....	54
Глава III. Разработка оптимизационной модели распределения разнородных потоков в инфокоммуникационной сети следующего поколения.....	61
1. Оптимизационная модель распределения потоков в инфокоммуникационной сети следующего поколения.....	61
2. Разработка алгоритма распределения потоков ССП. Анализ результатов.....	72
Выводы по главе III.....	82
Заключение.....	83
Список использованной литературы.....	86

Введение

В последние годы телекоммуникационные операторы не только работают над улучшением качества и распространением традиционных услуг связи, но и активно предлагают новые сервисы, которые становятся важнейшей точкой роста оборота компаний в условиях острой конкурентной борьбы на рынке. Для решения задач по компьютеризации общества, развития информационных технологий 30 мая 2002 года принят Указ Президента Республики Узбекистан "О дальнейшем развитии компьютеризации и внедрении информационно-коммуникационных технологий"[1].

Современная информационная инфраструктура состоит из мощных сетей телекоммуникаций (телекоммуникационный комплекс) и разнообразных информационных систем (информационный комплекс). В последние годы, в соответствии с общепринятыми тенденциями, происходит интеграция телекоммуникационного и информационного комплексов в единый инфокоммуникационный комплекс.

Сегодня под сетью NGN (Next Generation Network) понимают сеть инфокоммуникаций на базе технологии пакетов, способную представлять широкому кругу пользователей информационные и телекоммуникационные услуги, которые используя различные транспортные высокоскоростные технологии, обеспечивают необходимое качество обслуживания и в которой функции, связанные с предоставлением услуг, не зависят от технологии транспортной сети.

Основным направлением развития инфокоммуникационных технологий является усиление интеграционных процессов: технологий, сетей и услуг, рассчитанных на передачу разных видов информации.

Интеграция подразумевает взаимопроникновение и объединение в одно целое:

1) множества различных технологий: информационных и телекоммуникационных;

2) множества различных сетей: телефонных сетей общего пользования; сетей передачи данных; распределенных сетей радиовещания и телевидения; фиксированных (стационарных) и мобильных сетей телекоммуникаций.

3) множества различных услуг, включая услуги телекоммуникаций и информационные услуги в произвольных сочетаниях в виде мультимедиа.

В транспортных системах сети следующего поколения (ССП или NGN) протекают разнородные потоки от разных источников и задача состоит в своевременном и качественном удовлетворении потребностей всех пользователей. Поэтому исследования потоковых процессов в СПП является одним из самых актуальных проблем в развитии современных инфоком-муникационных сетей.

Актуальность темы. Сети следующего поколения NGN вызывают сегодня повышенный интерес, как со стороны телекоммуникационных операторов, так и их заказчиков. Такой интерес обусловлен увеличением влияния современных инфокоммуникационных технологий на повседневную жизнь человека и бизнес. Поэтому ведущие операторы инфокоммуникации, следуя требованиям времени и возрастающим запросам потребителей услуг, уделяет большое внимание реконструкции и развитию инфокоммуникационной инфраструктуры, с использованием современных информационно-коммуникационных технологий.

Поэтому одним из актуальных направлений теоретических и прикладных исследований является модернизация и поиск новых путей совершенствования процессов управления разнородными потоками и услугами сети.

Во многих исследованиях процессы передачи информации в транспортной системе и процессы обработки их в системах обработки (в серверах и компьютерных системах) СПП исследуются отдельно, без

учета влияния вероятностно-временных характеристик в одной системе на аналогичные процессы в другой. В связи с этим совместное рассмотрение процессов обслуживания заявок в этих компонентах ССП является актуальной, позволяющей производить оценку времени пребывания заявок в целом по сети (как в системах передачи, так и в системах обработки), а не в отдельных её компонентах.

Цель работы. Основной целью данной магистерской диссертации является исследование и разработка оптимизационной модели и алгоритма распределения разнородных потоков в инфокоммуникационной сети следующего поколения

Задача работы. Основными задачами данной магистерской диссертации являются:

- анализ состояния и тенденции развития технологии информационного обмена в инфокоммуникационных сетях следующего поколения как объектов своевременного и качественного удовлетворения всех запросов пользователей сети;

- анализ характеристик информационных потоков и ресурсов, а также процессов обслуживания разнородного потока данных в ССП

- формализованное описание оптимизационной модели распределения разнородных потоков в инфокоммуникационной сети следующего поколения

- разработка алгоритма распределения потоков в инфокоммуникационной ССП.

Методы исследования: методами исследования выбраны: методы системного анализа, теории массового обслуживания, теории графов и теории вероятностей.

Научная новизна диссертации сводится к следующему:

- получено выражение для суммарного среднего времени задержки заявок пользователей, учитывающее времени пребывания заявок в транспортной системе и в системе обработки данных;

- разработан алгоритм распределения потоков в инфокоммуникационной ССП.

- показана эффективность совместного учета временных задержек заявок пользователей в транспортной системе и в системах обработки.

Основные положения, выносимые на защиту:

- новый подход к исследованию потоковых процессов в сетях, основанный на совместном учете процессов как в транспортной системе так и в системах обработки информации инфокоммуникационной сети следующего поколения

- модель и алгоритм распределения потоков разнородного трафика данных, основанных на методике системного анализа сложных систем

– результаты вычислительного эксперимента по распределению информационных потоков в инфокоммуникационной сети с заданной топологической структурой.

Практическая ценность полученных результатов:

- полученное выражение для суммарного среднего времени задержки заявок пользователей, учитывающее времени пребывания заявок в транспортной системе и в системе обработки данных может быть использован в качестве целевой функции при исследовании и проектировании инфокоммуникационной сети следующего поколения с распределенной структурой;

- предложенный новый подход, модель и алгоритм распределения потоков разнородного трафика данных, основанные на системный анализ сложных систем могут быть использованы в учебном процессе при преподавании курса «Сетевые технологии».

Апробация результатов работы: Результаты научных разработок и исследований, выполненных работ по теме диссертации, обсуждались на Республиканской научно-технической конференции, проходившей в ТУИТ марте 2013 г.

Публикации: По теме магистерской диссертации опубликованы две научные работы.

Структура и объем работы: Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы.

Глава I. Современное состояние и тенденции развития информационного обмена в инфокоммуникационных сетях следующего поколения

1. Архитектура современных инфокоммуникационных сетей следующего поколения и тенденция ее развития

Архитектура современных инфокоммуникационных сетей следующего поколения (сети NGN – Next Generation Network) представляет собой распределенную структуру, связь между компонентами которой осуществляется исключительно через открытые интерфейсы.

Рекомендация МСЭ-Т Y.2011 «Базовая архитектура сетей следующего поколения NGN» включает 4 основных функциональных уровня (рис. 1.1) [1,2,3]:

- уровень доступа, содержащий сеть абонентского доступа к транспортной пакетной сети;
- транспортный уровень, включающий магистральную сеть, построенную на базе протоколов пакетной коммутации;
- уровень управления вызовами включает совокупность функций по управлению всеми процессами в телекоммуникационной сети;
- уровень услуг и эксплуатационного управления, который содержит логику выполнения услуг и/или приложений и управляет этими услугами, имеет открытые интерфейсы для использования сторонними организациями (для разработки программ и новых услуг).

В представленной архитектуре перенастройка любого из вышележащих уровней не потребует никакой адаптации нижележащих. Эта особенность гарантирует гибкость и универсальность системы и способна дать реальные конкурентные преимущества компании, владеющей подобной инфраструктурой.



Пользователи услуги сети NGN

Рис. 1.1. Базовая архитектура сетей следующего поколения NGN.

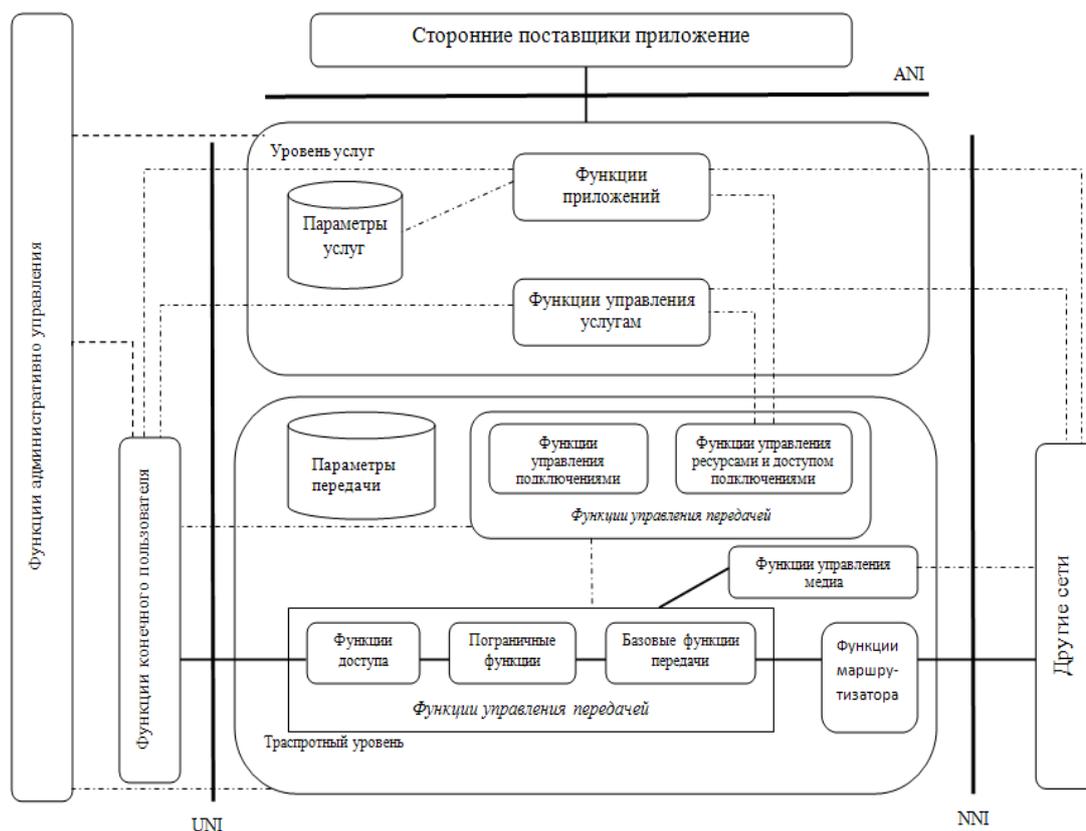
Одной из главных характеристик сети NGN является разделение функциональности услуг и транспорта, что позволяет развивать сервисы управления услугами, транспортные и прикладные сервисы независимо друг от друга.

Разделение представляется в виде двух функциональных уровней. Транспортные функции относятся к транспортному уровню, а функциональность услуг лежит, соответственно, на уровне услуг. Горизонтальное расслоение сети NGN показано на рис.1.2 (архитектура NGN, предлагаемая ИТУ-Т), а вертикальное — на рис. 3. Ниже приводятся преимущества и особенности такого расслоения.

1. Существуют транспортные функции, которые тесно соотносятся с переносом цифровых данных любого вида между двумя географически разнесенными точками. Транспортный уровень как правило, состоит из набора различных плоскостей, относящихся к уровням 1 - 3 эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС). Исходя из этого, транспортные функции предоставляют возможность соединения двух сетей различной архитектуры.

В общем транспортный уровень обеспечивает:

- соединение пользователей между собой;
- соединение пользователей с платформами услуг;
- соединение платформ услуг между собой.



- Административное управление
- Управление услугами
- Медиапотоки

Рис. 1.2. Горизонтальное расслоение компонентов сети NGN.

На транспортном уровне могут быть реализованы любые существующие сетевые технологии, включая передачу данных с коммутацией каналов (Connection Oriented Circuit Switched, CO-CS), передачу данных с коммутацией пакетов (Connection Oriented Packet Switched, CO-PS) и пакетную передачу информации без установления соединения

(Connectionless Packet Switched, CLPS). Протокол IP является базовым протоколом в NGN для предоставления как новых, так и по возможности существующих услуг.

Платформы услуг позволяют предоставлять пользователям телефонные услуги, Web-услуги и др. Уровень услуг, в свою очередь, может содержать сложный набор географически разнесенных платформ формирования услуг или же, в простейшем случае, обладать функциональностью услуг, необходимой для соединения лишь двух пользователей.

2. Существует набор функций приложений, необходимых для предоставления услуг. К таким услугам относятся голосовые услуги (включая телефонию), услуги по передаче данных (включая Web-услуги), видеослужбы (включая просмотр фильмов и телевизионных программ) или комбинация вышеперечисленных услуг (например, мультимедийные услуги, такие как видеотелефония или игры). Существует также множество других критериев классификации услуг (например, отложенные услуги/услуги реального масштаба времени). На рис. 1.3 приведены примеры услуг сетей следующего поколения .

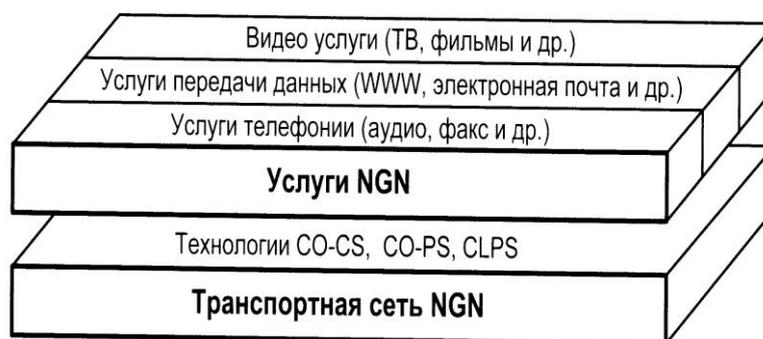


Рис. 1.3. Вертикальное разделение функциональности услуг и транспорта.

Каждый уровень может содержать несколько слоев, то есть каждый уровень может состоять из плоскости данных пользователя, плоскости управления и плоскости менеджмента (рис. 1.3).

Уровни имеют определенный набор ролей, участников и административных доменов. При этом функциональность и роль услуг не зависит от транспортной составляющей. Каждый уровень с технической точки зрения рассматривается отдельно.

Таким образом, основываясь на концепции разделения функциональности услуг и транспорта, можно выделить два основных уровня, представленных на рис. 1.4.

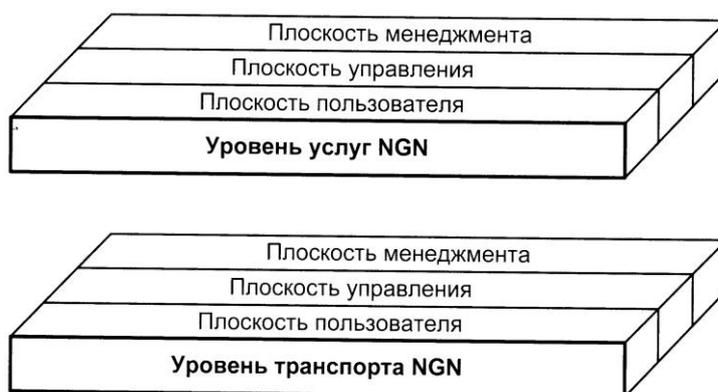


Рис. 1.4. Базовая эталонная модель NGN.

Уровень услуг NGN – это часть NGN, которая предоставляет функции передачи сервисной информации, функции управления услуг и менеджмента сетевых ресурсов.

Этот уровень необходим для функционирования услуг и приложений. Пользовательские услуги могут реализовываться путем рекурсии многослойных сетей в пределах уровня услуг. Уровень услуг NGN предполагает взаимодействие услуг и приложений между равноправными объектами сети. Например, услуги могут относиться к речевым, видео, информационным приложениям или их комбинациям, в случае

предоставления мультимедийных услуг. С точки зрения архитектуры сети, каждый слой на уровне услуг содержит свои плоскости пользовательских данных, управления и менеджмента (рис. 1.4).

Транспортный уровень NGN. Эта часть NGN, обеспечивающая передачу информации и предоставляющая функции по управлению и менеджменту транспортными ресурсами. При передаче информации для целей управления и/или менеджмента устанавливаются динамические или статические соединения. Транспортный уровень реализуется путем рекурсии многослойных сетей. С архитектурной точки зрения, каждый слой в транспортном уровне имеет свои плоскости пользовательских данных, управления и менеджмента, но с некоторыми уточнениями:

- плоскости пользовательских данных, управления и менеджмента логически всегда присутствуют в каждом слое.

- однако, на практике для некоторых слоев могут отсутствовать плоскости управления или менеджмента.

- функции, идентичные функциям плоскости управления и менеджмента в многослойной архитектуре, могут быть реализованы в одном единственном протоколе. Это касается, например, таких технологий, как оптическая сеть с автоматической коммутацией (Automatically Switched Optical Network, ASON) и обобщенная мультипротокольная коммутация по меткам (Generalized Multiprotocol Label Switching, GMPLS).

Общие архитектурные принципы плоскостей пользовательских данных, управления и менеджмента могут быть логически определены так, как показано на рис. 1.4.

Кроме того, из рис. 1.4 видно, что, помимо разделения функциональности услуг и транспорта, на каждом уровне также выделяются плоскости управления и менеджмента. В контексте сетей следующего поколения важно рассматривать:

1. Плоскость менеджмента в NGN как совокупность плоскости менеджмента уровня услуг и плоскости менеджмента транспортного уровня;

2. Плоскость управления в NGN как совокупность плоскости управления уровня услуг и плоскости управления транспортного уровня.

Поскольку рассматриваемые плоскости могут перекрываться, появляются понятия общих функций управления и менеджмента.

Важно отметить, что концепция плоскостей NGN не предусматривает вертикальную интеграцию плоскостей, но требует наличия точек соприкосновения между идентичными плоскостями разных уровней. Данная концепция необходима для упрощения перехода от функционального рассмотрения построения сети NGN к её практической реализации.

При создании услуг NGN используется взаимодействие функций менеджмента и управления ресурсами, как показано на рис. 1.5 . Такое же взаимодействие при создании услуг характерно для функций управления и передачи информации.



Рис. 1.5. Общая функциональная модель NGN

Для поддержки мультимедийных и других услуг при обеспечении мобильности требуются хорошо проработанные функции управления. При этом, прежде всего, должно обеспечиваться гибкое управление ресурсами сети.

При разработке архитектуры NGN необходимо также детально изучить принципы обращения пользователей к услугам (вызов услуги). В рамках разработки функциональной архитектуры NGN важно определить понятие процесса «обращение», традиционно называемого процессом «управление».

Функции управления, вовлеченные в понятие процесса «обращение», можно разделить на две группы:

- функции, относящиеся к управлению услугами (идентификация пользователя, аутентификация пользователя, управление доступом к услугам и др.);

- функции, относящиеся к управлению транспортной сетью (управление доступом к сети, управление сетевыми ресурсами и др.).

Следует отметить, что другие процессы при взаимодействии пользователя с сетью так или иначе связаны с процессом «обращение». Эти процессы относятся к понятию административного управления (менеджмента).

Функции и процессы, относящиеся к плоскости менеджмента и функции управления сетью (TMN) определены в соответствующих рекомендациях и классифицированы следующим образом:

- управление ошибками;
- управление конфигурированием;
- управлением учетом;
- управление производительностью;
- управление безопасностью.

В отличие от менеджмента и управления транспортной сетью, менеджмент услуг изучен недостаточно подробно, однако следует

отметить, что менеджмент услуг идентичен с менеджментом транспортной сети (например, конфигурация ресурсов транспортной сети идентична с конфигурацией ресурсов услуг). Естественно, что атрибуты объектов менеджмента для транспортной сети и услуг различаются.

Традиционная модель NGN предусматривает, что платформы для предоставления услуг подключаются к сети связи по стандартным интерфейсам ОКС № 7, SIP, Parlay, H.323, то есть, с точки зрения сети связи и коммутационных элементов платформы не являются новыми элементами и могут рассматриваться как обычные коммутационные элементы. Однако, при внедрении услуг следующего поколения (Next Generation Services, NGS) разные уровни функциональной модели будут сливаться (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Функциональная модель сети NGN, адаптированная для предоставления услуг.

На уровне управления услугами применяется одна и та же программа логики услуги независимо от типа транспортной сети (IP, ATM, FR и т.п.) и способа доступа. Наличие этого уровня позволяет также вводить на сети любые новые услуги без вмешательства в функционирования других уровней. Уровень управления услугами может включать множество независимых подсистем («сетей услуг»), базирующихся на различных

технологиях и имеющих своих абонентов и использующих свои внутренние системы адресации.

Уровень управления услугами выполняет элементарные функции обслуживания, которые могут использоваться провайдерами услуг для создания более сложных или комплексных услуг. Этот уровень является также интерфейсом с провайдерами услуг, которые используют эти элементарные функции для доступа к основной инфраструктуре.

Профиль такого доступа будет зависеть от коммерческих соглашений между провайдерами услуг или контентом и операторами сетей. Эти интерфейсы позволят разделить услуги и технологии, используемые для их предоставления.

Ниже приводится краткое описание архитектуры NGN, предложенные разными организациями.

1. Архитектура NGN, предлагаемая Форумом мультисервисной коммутации (Multiservice Switching Forum, MSF). Основными компонентами этой архитектуры являются:

- гибкий коммутатор (контроллер медиашлюзов, сервер управления вызовами), обеспечивающий функции маршрутизации и обслуживания вызовов, SIP-сервер, обрабатывающий SIP-сигнализацию и выполняющий функции администрирования и структурирования трафика, а также сбора статистики детальной записи о вызовах, SIP-клиент, реализующий функции, аналогичные функциям SIP-сервера, сервер приложений AS (Application Server), обеспечивающий логику дополнительных услуг, не предоставляемых непосредственно гибким коммутатором, например, услуг сервера речевой почты, конференцсвязи или услуг интеллектуальной сети и медиасервер MS (Media Server), работающий с информационными сообщениями от (и для) абонентов и выполняющий функции детектирования, а также генерации тональных сигналов сервера речевых сообщений и системы оповещения для речевых приложений;

- шлюз сигнализации SG (Signaling Gateway), преобразующий сигнализацию на уровне доступа к сети в среду IP-маршрутизации для обработки ее гибким коммутатором, транспортный шлюз TG (Trunking Gateway) между средой с IP-маршрутизацией и средой сети с коммутацией каналов, шлюз доступа (access concentrator) (концентратор сети абонентского доступа оператора), поддерживающий аналоговые порты ТфОП, содержащий окончания абонентских линий;

- менеджер полосы пропускания, обеспечивающий необходимое качество обслуживания QoS в сети оператора, т.е. обеспечивает выделение соответствующей полосы пропускания и осуществляет контроль доступа к ней каждого абонентского вызова, а также определяет для каждого вызова политику маршрутизации и переноса медиапотока;

- пограничный маршрутизатор (edge router- помещается на границе абонентской сети оператора), выполняющий функции маршрутизации IP-пакетов в магистральной сети;

- интегрированное устройство абонентского доступа (Integrated Access Device –IAD, помещается в точке подключения к сети абонентского доступа), которое содержит окончания абонентских линий ТфОП, xDSL, E1, WLL, PON, FTTx, Ethernet и т.п., а также речевые порты и интерфейсы передачи данных для подключения всего набора терминалов абонента.

Схема данной архитектуры приведена на рис. 1.7, где видно основными направлениями деятельности MSF являются интерфейсы. Действительно, архитектура с разделенными функциями управления и переноса информации требует наличия вертикальных открытых интерфейсов между вышеперечисленными компонентами NGN.

Широкое распространение получила также архитектура IP Multimedia Subsystem (IMS), позволяющая на основе общепринятых стандартов объединить средства передачи голосового и мультимедийного трафика в рамках единой мультисервисной платформы.

Открытая стандартизированная архитектура сетей NGN объединяет передачу голоса и данных в рамках единой пакетной сети с разделением управления вызовами и голосового трафика.

IMS определяет стандартную базовую архитектуру для предоставления услуг передачи голоса (VoIP) и мультимедиа на основе разработанного 3GPP варианта протокола SIP, а в качестве транспортной инфраструктуры предусматривает использование связки IP/MPLS (или любой сети IP).

Среди основных свойств архитектуры IMS можно выделить следующие:

- многоуровневость — разделяет уровни транспорта, управления и приложений;
- независимость от среды доступа — позволяет операторам и сервис-провайдерам конвергировать фиксированные и мобильные сети;

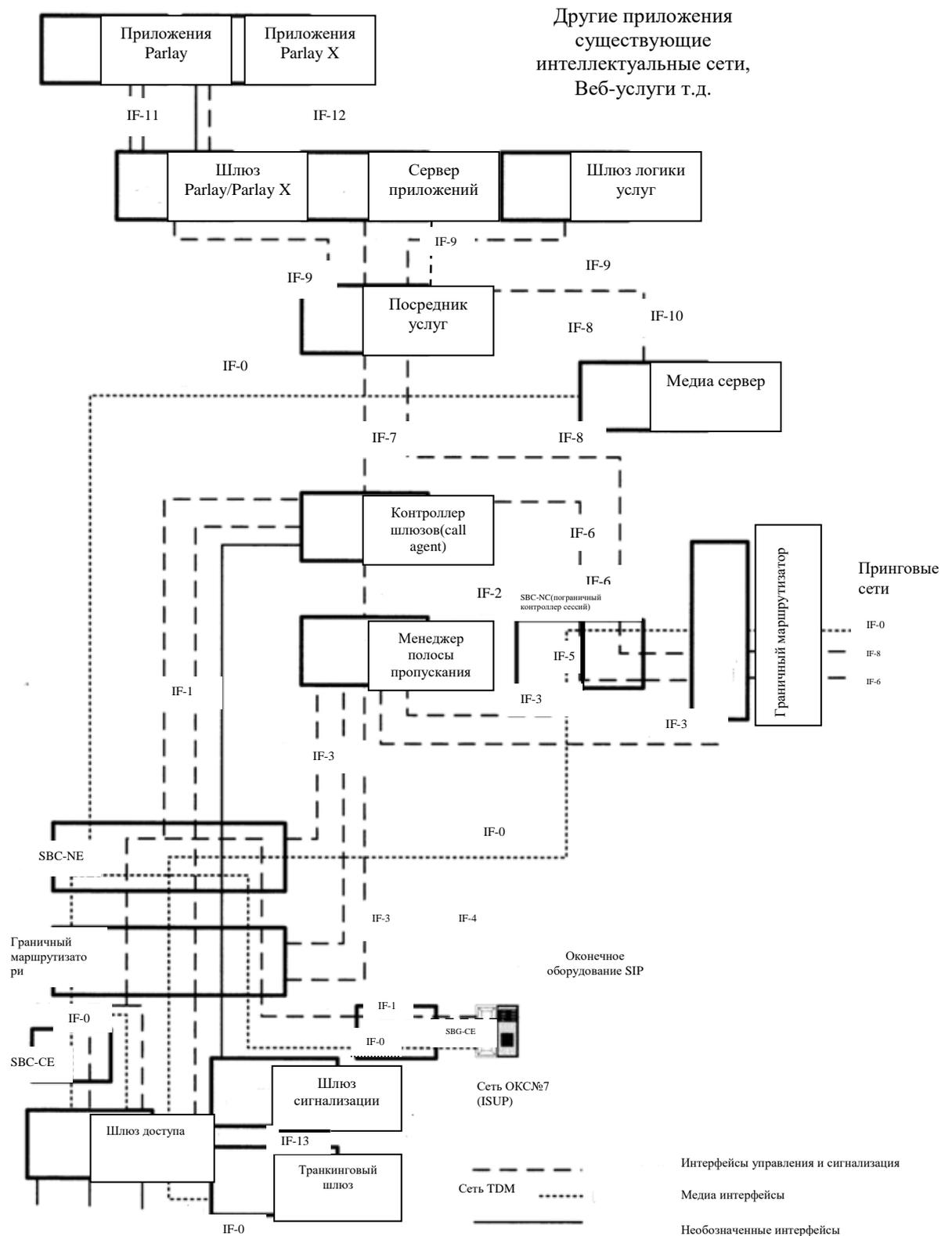


Рис 1.7. Архитектура NGN, предлагаемая MSF:

SBC-NE – пограничный контроллер сессий, сетевое оборудование;

SBC-CE – пограничный контроллер сессий, пользовательское оборудование.

- поддержка мультимедийного персонального обмена информацией в реальном времени (например, голос, видеотелефония) и аналогичного обмена информацией между людьми и компьютерами (например, игры);
- полная интеграция мультимедийных приложений реального и нереального времени (например, потоковые приложения и чаты);
- возможность взаимодействия различных видов услуг (например, услуги управления присутствием и мгновенного обмена сообщениями);
- возможность поддержки нескольких служб в одном сеансе или организации нескольких одновременных синхронизированных сеансов.

Стандарты 3GPP определяют горизонтальную многоуровневую архитектуру IMS с уровнями услуг, управления и связи/взаимодействия. Концепция IMS нацелена на реализацию мультимедийных услуг реального времени (голосовые коммуникации, видеотелефония и др.), интеграцию с приложениями, не требующими взаимодействия в реальном времени (потоковое мультимедиа, чаты и проч.).

В модели IMS уровень доступа не зависит от транспортного уровня — сети IP. Доступ может осуществляться через различные сети: фиксированные (телефонные, xDSL, волоконно-оптические, Ethernet), мобильные, беспроводные (WLAN, WiMAX и др.). При этом обеспечивается многосторонний роуминг — сеанс может быть продолжен даже при смене сети доступа. В качестве универсального протокола управления сеансами и службами служит протокол SIP. В этом контексте IMS становится полнофункциональной платформой для управления коммуникациями в сетях IP.

Наряду с необходимостью отделения транспортного уровня и уровня доступа от сервисного уровня выделяют следующие требования к архитектуре IMS:

- объединение голосовых услуг с услугами реального времени (IM) и возможность задействовать несколько таких услуг в рамках сеанса связи;

- прозрачное взаимодействие с телефонными сетями и совместимость с услугами интеллектуальной сети (IN);

- применение стандартизованных механизмов обмена пользовательской информацией между услугами для биллинга и аутентификации;

- конвергенция услуг в проводных и беспроводных сетях, а также открытые интерфейсы (API) для разработки приложений.

IMS — общая технологическая инфраструктура, помогающая объединить Интернет, ТфОП и беспроводные сети доступа, становится международным стандартом, определяющим принципы взаимодействия и роуминга мультимедийных услуг в сети IP. Ее поддерживают компании Alcatel, Ericsson, Huawei, Lucent Technologies, Motorola, NEC, Nokia, Nortel, Siemens и многие другие, менее известные в России производители. Операторы демонстрируют готовность к работе с IMS, и предлагаемые ведущими поставщиками решения IMS уже находят воплощение в проектах British Telecom, Cingular Wireless, KPN, O2, Shandong Unicom, Sprint, Telecom Italia Mobile, TeliaSonera и др.

IMS рассматривается как один из базовых элементов сетевой архитектуры, определяющий будущее развитие телекоммуникаций. Если в настоящее время идет внедрение NGN с распространением мультимедийных терминалов и услуг, то следующим этапом станет переход от базовых голосовых услуг к мультимедийным сервисам с интеграцией голоса и данных, а в области сетевых технологий — к унифицированной конвергентной сети с упрощенной структурой, в рамках которой услуги будут предоставляться на единой технологической основе без привязки к конкретной сети доступа.

Для сетей NGN характерна недостаточная интеграция между различными системами передачи информации, что проявляется на инфраструктурном, программном и пользовательском уровнях. IMS же

призвана стереть границы между технологиями передачи информации при работе пользователя с абонентскими устройствами.

Начальные инвестиции в IMS должны окупиться за счет получения таких стратегических преимуществ, как быстрое развертывание услуг и повышение операционной эффективности, однако реальную экономию от внедрения IMS и стоимость оптимизации сети для построения этой архитектуры оценить сложно. По данным Bell Labs, за пять лет операционные расходы на предоставление услуг передачи голоса и данных сокращаются за счет применения IMS примерно на 10%. Среди наиболее перспективных приложений — Push-to talk over Cellular (PoC), VoIP, обмен видеоинформацией и сообщениями в реальном времени (IM).

Платформа IMS является первой стандартной архитектурой, которая поддерживает открытые интерфейсы ко всем данным пользователя. Их наличие позволяет различным серверам приложений использовать информацию об абоненте (например, статус присутствия) совместно. Введение сервера HSS является основным отличием архитектуры IMS от более ранних архитектур NGN. Именно он создает возможности для развертывания новых услуг на базе архитектуры IMS.

В ранних архитектурах NGN, таких, как архитектура расширенной интеллектуальной сети (Advanced Intelligent Network, AIN), а также во всех развернутых в настоящее время системах, базирующихся на концепции гибкого коммутатора, пользовательские данные всегда неявно принадлежат так называемому агенту вызовов (call agent). Поэтому эти данные не были легко доступны другим сетевым функциям, например, таким как серверы приложений. Наличие открытых пользовательских данных в IMS является весьма полезным при разработке и развертывании услуг реального времени.

2. Анализ протоколов информационного взаимодействия в сетях следующего поколения

Протоколы сети следующего поколения (сети NGN) в общем виде можно классифицировать следующим образом:

- базовые протоколы сети Интернет IP, ICMP, TCP, UDP;
- транспортные протоколы: RTP, RTCP;
- сигнальные протоколы: SIP, H.323, SIGTRAN. MEGACO/H.248, MGCP, RSVP, SCTP. ISUP, BICC, SCCP. INAP;
- протоколы маршрутизации: RIP, IGRP, OSPF, IS-IS, EGP, BGP, IDRP, TRIP;
- протоколы информационных служб и управления: SLP, OSP, LDAP, SNMP;
- протоколы услуг: FTP, SMTP, HTTP, кодеки G.xxx. H.xxx. факс T37, T.38, IRP. NNTP.

1. Базовые протоколы стека TCP/IP. Протоколы Интернет можно использовать для передачи сообщений через любой набор объединенных между собой сетей. Они в равной мере пригодны для связи как в локальных, так и в глобальных сетях. Комплект протоколов Интернет включает в себя не только спецификации низших уровней (например, TCP и IP), но также спецификации для таких общих применений, как почта (SMTP), приложения гипертекстовых терминалов (HTTP) и передача файлов (FTP).

Протокол IP. Маршрутизация по протоколу IP (Internet Protocol) определяет формат, адресацию и характер перемещения дейтаграмм IP через объединенные сети. В начале следования дейтаграмм весь их маршрут неизвестен. Вместо этого на каждом промежуточном узле вычисляется следующий пункт назначения путем сопоставления адреса пункта назначения, содержащегося в дейтаграмме, с записью данных в

маршрутной таблице текущего узла. Участие каждого узла в процессе маршрутизации заключается в продвижении пакетов, базирующемся лишь на внутренней информации, вне зависимости от того, насколько успешным будет процесс, и того, достигнет или нет пакет конечного пункта назначения. Другими словами. IP не обеспечивает отправку на узел—источник сообщений о неисправностях, когда имеют место аномалии маршрутизации. Выполнение этой задачи предоставлено другому протоколу Интернет, а именно протоколу управляющих сообщений Интернет (Internet Control Message Protocol — ICMP).

Протокол ICMP. Основной задачей данного протокола является сообщение источнику об отказах маршрутизации. Кроме этого, ICMP реализует также:

- метод проверки способности узлов образовывать в объединенной сети повторное эхо (сообщения Echo и Reply ICMP);
- метод стимулирования более эффективной маршрутизации (сообщение Redirect ICMP — переадресация ICMP);
- метод информирования источника о том что какая-то дейтаграмма превысила назначенное ей время существования в пределах данной объединенной сети [ICMP-сообщение Time Exceeded (время превышено)];
- метод передачи прочих полезных сообщений.

В целом, ICMP является интегральной частью любых реализаций IP, особенно таких, которые используются в маршрутизаторах.

Протокол TCP. Transmission Control Protocol (TCP) обеспечивает полностью гарантированные, с подтверждением и управлением потоком данных, услуги доставки для протоколов высших уровней. Он перемещает данные в непрерывном неструктурированном потоке, в котором байты идентифицируются по номерам последовательностей. TCP может также поддерживать многочисленные одновременные диалоги высших уровней.

Протокол UDP. Протокол UDP намного проще, чем TCP. Он полезен в ситуациях, когда мощные механизмы обеспечения надежности протокола TCP необязательны.

Комплект протоколов Интернет включает в себя большое число протоколов высших уровней, представляющих самые разнообразные применения, в том числе управление сетью, передача файлов, распределенные услуги пользования файлами, эмуляция терминалов и электронная почта.

2. Сигнальные протоколы. Протоколы SIP и H.323. В настоящее время для установления мультимедийных вызовов через сети IP создано несколько протоколов, например SIP (Session Initiation Protocol) [RFC 2543] и H.323. Появление данных стандартов открывает широкие возможности децентрализации обеспечения услуг телефонии, причем услуги могут управляться со стороны пользователя.

Протокол инициирования сеансов связи (SIP) предназначен для организации, модификации и завершения мультимедийных сеансов или вызовов. Мультимедийные сеансы включают в себя мультимедийные конференции, интернет-телефонию и другие аналогичные приложения. SIP является одним из ключевых протоколов, используемых для реализации передачи речи по сетям IP (Voice over IP — VoIP). Таким образом, SIP есть упрощенный протокол сигнализации, имеющий широкое применение в Интернет-телефонии.

SIP представляет собой простой протокол сигнализации для установления, модифицирования и разрушения речевых и мультимедийных соединений в сеансах IP-телефонии (VoIP) и мультимедийной конференцсвязи. SIP является протоколом типа «клиент-сервер» и подобен протоколу передачи гипертекста (HyperText Transfer Protocol — HTTP) как с синтаксической, так и с семантической точек зрения. Имеет текстовые запросы и отклики, содержащие поля заголовков, в которых

передается информация об обслуживании и характеристиках соединения.

Протокол SIP-T (SIP for Telephones, RFC 3372) предоставляет возможности интеграции сообщений традиционной телефонной сигнализации в сообщения протокола SIP. SIP-T, таким образом, не является новым протоколом, а представляет собой набор механизмов согласования традиционной телефонной сигнализации с сигнализацией SIP. Задачей SIP-T является выполнение трансляции сообщений протокола и обеспечения прозрачности транспортировки их свойств через точки взаимосвязи ТфОП-IP. Протокол предназначен для использования там, где сеть VoIP имеет интерфейс с ТфОП.

Несмотря на то, что SIP в типовом варианте применяется поверх протоколов UDP или TCP без внесения каких-либо технических изменений он может использовать также возможности протоколов IPX, Frame Relay, AAL5/ATM или X.25.

Протокол MGCP. Протокол управления транспортным шлюзом (Media Gateway Control Protocol — MGCP) используется между элементами распределенного мультимедийного шлюза. Распределенный мультимедийный шлюз включает в себя агента вызова (Call Agent), который содержит «интеллект» по управлению вызовом, и транспортный шлюз, который содержит транспортные функции (например, преобразование речевого канала ИКМ в VoIP).

Протокол управления транспортным шлюзом H.248 /MEGACO. Протокол управления транспортным шлюзом H.248/MEGACO является дальнейшим развитием протокола MGCP и ряда других разработок как IETF, так и ITU-T. Он используется на интерфейсе между контроллером MGC и шлюзом MG, то есть между элементами физической декомпозиции шлюза мультимедиа согласно архитектуре, определенной в рекомендации H.323. Управление транспортным шлюзом (MG) осуществляется специальным устройством управления

транспортными шлюзами или их контроллером (MGC). Для переноса сигнальных сообщений MEGASOH.248 могут использоваться следующие транспортные протоколы: UDP, TCP, SCTP (Stream Control Transport Protocol) и технология ATM.

Протокол MEGASO является внутренним протоколом, который работает между функциональными блоками распределенного шлюза, а именно между MGC и MG. Принцип действия этого протокола — master'slave, то есть, ведущий ведомый. Устройство управления MGC является ведущим, а транспортный шлюз MG — ведомым, который выполняет команды, поступающие к нему от устройства управления.

Протокол ВСС - представляет собой протокол управления вызовом, предполагаемый к использованию между «обслуживающими узлами» (Serving Nodes — SN). Данный протокол получил название «Bearer Independent Call Control», или протокол управления вызовом, независимый от услуг доставки информации. Управление транспортными возможностями между SN предусматривается со стороны других протоколов.

Процедуры взаимодействия ВСС с другими протоколами, в том числе на промежуточных узлах, где могут выполняться функции управления вызовом без реализации какого-либо управления транспортными возможностями.

Транспортировка информации сигнализации (SIGTRAN) - предназначена для передачи сообщений протокола сигнализации сети с коммутацией каналов через сеть с коммутацией пакетов.

При транспортировке сигнальной информации через инфраструктуру сети Интернет, используемым промежуточным средством считается протокол передачи информации управления потоком (Stream Control Transmission Protocol — SCTP).

Протокол передачи информации управления потоком (SCTP) - обеспечивает транспортировку сообщениям сигнализации через сеть IP

между двумя оконечными пунктами с избыточностью доставки информации и повышенной степенью надежности. Для этого применяется стандартизованный метод, отличающийся встраиванием в протокол возможностей повышенной надежности доставки в реальном времени информации от нескольких источников по нескольким информационным потокам.

Протокол SCTP может в различных целях использоваться разнообразными приложениями — от передачи файлов средствами HTTP до транспортировки сигнальной информации, от замещения возможностей функционирования MTP до замещения транспортировки информации сигнализации SCCP.

Пользовательский уровень адаптации ISDN (IUA) - данным уровнем предусматривается поддержка первичного и базового доступов ISDN (PRA и BRA) как для режима «точка — точка», так и для разветвленного режима «точка — несколько точек».

3. Транспортные протоколы RTP/RTCP. Решение проблемы передачи мультимедийного трафика через сеть Интернет, не предоставляющую никаких гарантий по доставке пакетов или их задержке, является нетривиальным. Наиболее доступное место реализации дополнительных функций, связанных с контролем потоков мультимедийного трафика — прикладной уровень. Как правило, алгоритмы повышения достоверности доставки информации строятся на принципах внесения избыточности и перестановки в последовательности информационных сегментов.

Протокол реального времени (Real-Time Transfer Protocol — RTF) является стандартизацией такого подхода и, в отличие от внутрифирменных протоколов, может работать с приложениями других разработчиков. Обычно RTP на транспортном уровне использует возможности протокола UDP.

Сам протокол RTP не обладает никакими дополнительными функциями по обеспечению качества обслуживания. Протокол RTP функционирует по принципу «из конца в конец», а его пакеты в маршрутизаторах на сетевом уровне обрабатываются таким же образом, как остальные IP-пакеты. Дополнительные возможности могут быть реализованы в оконечных пунктах на базе информации статистики, собранной при помощи протоколов RTP и RTCP (RTP Control Protocol). Такая информация, как правило, содержит сведения о количестве отправленных/принятых пакетов RTP, количестве потерянных пакетов, значении джиггера задержки пакета и т. п. Спецификация протокола RTP не регламентирует конкретный способ использования указанной статистической информации приложением.

4. Протоколы информационных служб и управления. Информационная база шлюзов (Gateway Information Base — GIB) может быть доступна разнообразным объектам в пределах данного административного домена сети. Способ организации доступа к такой информации из других доменов называется «front-end» и представляет собой средство эксплуатации услуг протокола маршрутизации вызовов. Существует ряд протоколов, которых можно использовать для доступа к базе данных в случае реализации «front-end».

5. Протоколы маршрутизации и управления. __Сеть NGN отличается гетерогенностью и динамикой функционирования. Поэтому в сети NGN особое значение приобретают протоколы маршрутизации и управления.

Протокол маршрутизации внутреннего шлюза (IGRP). IGRP является протоколом, использующим информацию вектора расстояния. Протоколы маршрутизации по вектору расстояния требуют от каждого маршрутизатора отправления через определенные интервалы времени всем соседним маршрутизаторам всей информации своей маршрутной таблицы или ее части в сообщениях о корректировке маршрута. По мере

того, как маршрутная информация распространяется по сети, маршрутизаторы получают возможность вычислять расстояния до всех узлов объединенной сети.

Протоколы маршрутизации с вектором расстояния часто противопоставляют протоколам маршрутизации с указанием состояния канала, которые отправляют информацию о локальном соединении участков соединений во все узлы объединенной сети. Примерами протоколов, использующих алгоритм маршрутизации с указанием состояния канала, являются протокол установления соединения с алгоритмом поиска кратчайшего пути (Open Shortest Path First — OSPF) и протокол типа «Промежуточная система — Промежуточная система» (Intermediate System to Intermediate System — IS-IS).

Для обеспечения дополнительной гибкости IGRP разрешает многотрактовую маршрутизацию. Дублированные линии с одинаковой шириной полосы могут пропускать отдельный поток трафика циклическим способом с автоматическим переключением на вторую линию, если первая линия выходит из строя. Несколько трактов могут также использоваться даже в том случае, если характеристики этих трактов различны. Например, если один тракт в три раза лучше другого благодаря тому, что его показатели в три раза выше, то лучший тракт будет использоваться в три раза чаще. Для многотрактовой маршрутизации могут использоваться только маршруты с характеристиками, которые находятся в пределах определенного диапазона показателей наилучшего маршрута.

Протокол OSPF является протоколом маршрутизации с объявлением состояния о канале (Link-State). Это значит, что он требует отправки информации о состоянии канала (Link-State Advertisement — LSA) во все маршрутизаторы, которые находятся в пределах одной и той же иерархической области. В объявления LSA протокола OSPF включается информация о подключенных интерфейсах, об

использованных ресурсах и других переменных. По мере накопления маршрутизаторами OSPF информации о состоянии каната, они для расчета наикратчайшего пути к каждому узлу получают возможность применить алгоритм «поиска наикратчайшего пути» (Shortest Path First — SPF).

В отличие от RIP OSPF может работать в пределах некоторой иерархической системы. Самым крупным объектом этой иерархии является автономная система (AS). AS представляет собой набор сетей, которые находятся под единым управлением и совместно используют общую стратегию маршрутизации.

Протокол внешних шлюзов (EGP) (Exterior Gateway Protocol) является динамическим протоколом маршрутизации, он использует очень простую схему. Протокол не учитывает показатели характеристик и, следовательно, не может принимать по-настоящему интеллектуальных решений о маршрутизации. Сообщения корректировки маршрутизации EGP содержат информацию о доступности сетей. Другими словами, они указывают, что доступ к определенным сетям организуется через определенные маршрутизаторы.

Протокол граничных шлюзов (BGP) (Border Gateway Protocol) предназначен для обнаружения маршрутных петель. Его можно назвать следующим поколением протокола EGP.

Хотя BGP разработан как протокол маршрутизации между AS, он может использоваться для маршрутизации также в пределах одной AS. Два смежных объекта BGP, сообщающиеся из различных AS, должны находиться в пределах одной и той же физической сети. Маршрутизаторы BGP, находящиеся в пределах одной и той же AS, общаются друг с другом в порядке выработки согласованного представления о конфигурации данной AS и определения того, какой из маршрутизаторов BGP данной AS будет служить в качестве точки соединения при передаче сообщении в конкретные внешние AS или при приеме сообщений.

Протокол TBGP. Протокол пограничного шлюза IP-телефонии (IP Telephony Border Gateway Protocol) является междосетным протоколом для маршрутизации речевых вызовов через сеть IP по направлению к их пунктам назначения, которые могут находиться или в пределах сети IP и быть пунктами назначения IP, или вне этой сети, являясь пунктами назначения ТфОП. Возможности эксплуатации TBGP не зависят от каких-либо протоколов сигнализации вызовов VoIP (H.323, SIP и т.д.), но этот протокол может служить протоколом маршрутизации вызовов для любого из этих сигнальных протоколов. Данный протокол работает поверх протокола TCP, который обеспечивает для TBGP надежность на транспортном уровне.

Протокол SNMP. Протокол управления сетью (Simple Network Management Protocol — SNMP) является протоколом прикладного уровня, предназначенным для упрощения обмена информацией управления между сетевыми устройствами. Пользуясь информацией SNMP (например, показатель числа пакетов в секунду и вероятность сетевых отказов) сетевые администраторы получают возможность оптимальным образом управлять производительностью ресурсов сети, а также обнаруживать и разрешать сетевые проблемы.

Агентами в конфигурации SNMP являются программные модули, которые работают в управляемых устройствах. Агентами выполняется сбор информации об этих устройствах, а также ее выдача системам управления сетями (Network Management Systems — NMS) с помощью протокола SNMP.

Выводы по главе I

Таким образом, функциональную модель сетей NGN, в общем случае, можно представить тремя уровнями: транспортный уровень;

уровень управления коммутацией и передачей информации; уровень управления услугами.

Задачей транспортного уровня является коммутация и прозрачная передача информации пользователя.

Задачей уровня управления коммутацией и передачей является обработка информации сигнализации, маршрутизация вызовов и управление потоками.

Уровень управления услугами представляет собой распределенную информационно-вычислительную среду, обеспечивающую следующие потребности: предоставление инфокоммуникационных услуг, управление услугами, создание и внедрение новых услуг, взаимодействие различных услуг.

Уровень управления услугами позволяет реализовать специфику услуг, и применять одну и ту же программу логики услуги вне зависимости от типа транспортной сети (IP, ATM, FR и т.п.) и способа доступа. Наличие этого уровня позволяет также вводить на сети любые новые услуги без вмешательства в функционирование других уровней. Данный уровень может включать множество независимых подсистем ("сетей услуг"), базирующихся на различных технологиях, имеющих своих абонентов и использующих свои, внутренние системы адресации.

Глава 2. Анализ структуры разнородных информационных потоков в ССП

1. Характеристики информационных потоков и ресурсов в ССП

В рекомендациях ИТУ-Т приведена следующая классификация основных видов информации:

- пользовательская информация (группа "User");
- информация управления (группа "Control");
- информация административного управления (группа "Management").

К пользовательской информации (U) относятся, например, те виды, которые приведены в таблице 1.

Виды и характеристики информации пользователей

Таблица 1

Вид информации	Диапазон частот (ΔF). Скорость передачи (V). Динамический диапазон уровней (D)	Чувствительность: Т - к задержке; L (loss) - к потере информации	Службы связи (сети)
Голос	0,3-3,4 кГц; $D \leq 40$ дБ	Т	ТЛФ
Музыка	0,02 – 20 кГц; $D \leq 60$ дБ	Т	Радиовещания
TV (подвижное изображение)	$\Delta F_{\text{кан}} \leq 6$ МГц $D \leq 60$ дБ	Т, L	TV
Цифровая ТЛФ	6,5 - 64 Кбит/с	Т	ТЛФ
Цифровое TV	2 - 25 Мбит/с	Т, L	TV
Телеграфная	50 Бит/с-2400 Бит/с	L	ТЛГ
Данные (ПЭВМ)	9,6 Кбит/с – 34 Мбит/с	L	ПД (X.25, FR, ATM)

продолжение таблицы 1

Факс (гр. 3, 4)	2,4 Кбит/с – 64 Кбит/с	L	ФАКСИМИ ЛЕ
Видеотекст, телетекст	64 Кбит/с	L	Видеотекст; телетекст
E-mail	9,6 Кбит/с – 64 Кбит/с	L	FR, Internet (E-mail), АТМ
Голосовая почта	14 Кбит/с – 64 Кбит/с	L	FR, Internet, ТЛФ
Видео почта	(64 – 128) Кбит/с	L	ТЛФ, FR, Internet, АТМ
Телеметрия	(2,4 – 128) Кбит/с	L	ТЛФ, ПД
Доступ к Internet	(19,2-2048) Кбит/с (2,4 - 56) Кбит/с	L	ТЛФ, Internet, АТМ
TV по запросу	(2,0 – 8,0) Мбит/с	L, T	TV, КТВ, АТМ, Internet
Видеоте- лефония	128 Кбит/с	L	ТЛФ, Internet, АТМ
Видеоконферен- ция	(384 – 512) Кбит/с	L	ТЛФ, Internet, АТМ

Для обмена этими видами информации используются следующие информационные протоколы прикладного уровня: SMTP, H.323, HTTP, FTP, T.120 и др.

Как видно из таблицы 1, большинство видов информации чувствительно к задержке при передаче по каналам телекоммуникационных сетей. Поэтому переход к сетям, основанным на концепции NGN, требует учета разнообразия характеристик различных видов информации.

К информации управления_(группа "Control") относятся:

- информация, обеспечивающая поддержку процессов установления и разъединения соединения между сетевыми объектами;
- информация, обеспечивающая поддержку процессов предоставления интеллектуальных услуг;
- информация, обеспечивающая поддержку процессов роуминга в сотовых сетях мобильной связи.

Для обмена этими видами информации используются сигнальные протоколы, приведенные в предыдущем параграфе 1.2.

К информации административного управления (группа "Management") относятся:

- информация административного управления (О&М – эксплуатации и технического обслуживания);
- информация управления сетями связи (TMN).

В процессе решения этих задач обеспечивается обмен данными:

- об авариях;
- о результатах измерений характеристик управляемых объектов;
- о статистике;
- о начислении платы за предоставляемые ресурсы и др.

Для обмена этими видами информации используются следующие протоколы управления сетью: SNMP, CMIP, ILMI, OMAP, FTAM и др.

Мультисервисные сети (MCC) NGN, характеризуются следующими параметрами:

- скорость передачи информации;

- способ установления соединения (коммутируемое, полупостоянное или постоянное);
- метод коммутации (КК или КП);
- конфигурация связи (“точка-точка”, “многоточечная”, “широковещательная”);
- принцип установления связи (по запросу, с предварительным резервированием на заданное время, постоянная связь);
- протокол доступа.

В рекомендациях ITU-T все услуги МСС предлагается делить на интерактивные и вещательные.

К интерактивным услугам относятся: диалоговые (интерактивные) услуги, почтовые услуги, и услуги "по запросу".

К вещательным услугам относятся: трансляционные без влияния пользователя и с возможностью активного управления со стороны пользователя. Примеры диалоговых услуг приведены в таблице 2.

Примеры диалоговых услуг, предоставляемых службами МСС

Таблица 2

Тип информации	Широкополосная услуга	Область применения
1. Подвижные изображения и звук	Видеотелефония	Системы связи для передачи речи, неподвижных и подвижных изображений между двумя пользователями
	Видеоконференции	Системы связи для передачи речи, документов, неподвижных и подвижных изображений между двумя или большим количеством пользователей
	Видеонаблюдение	Системы охраны и мониторинга технологических процессов, дорожного движения и др.
	Передача видео и аудиоинформации	Передачи ТВ, работа с базами данных мультимедиа
2. Звук	Передача множества звуковых каналов	Передача нескольких радиопрограмм, информационные каналы на нескольких языках одновременно
3. Данные	Высокоскоростная передача информации в цифровой форме	1. Передача данных при взаимодействии: <ul style="list-style-type: none"> • ЛВС, • распределённых сетей, • локальных и распределённых сетей АТМ,

		<ul style="list-style-type: none"> • компьютеров, неподвижных изображений. 2. Передача видеoinформации и 3. Распределённая интерактивная компьютерная обработка. 4. Распределенные системы автоматизации производства с обменом в интерактивном режиме.
	Высокоскоростное телеуправление	<ul style="list-style-type: none"> • Системы сигнализации, • Телеметрия, • Системы контроля в реальном времени.
4. Документы	Высокоскоростной телефакс	Передача изображений, текста, рисунков
	Передача видео высокого разрешения	<ul style="list-style-type: none"> • Передача видео с профессиональным. Качеством; • Передача изображений из операционных (мед.); • Компьютерные игры с удалёнными абонентами.
	Обмен документами	Передача смешанных документов.

Ниже в таблице 3 приводятся параметры передачи на физическом уровне сети NGN и их технические характеристики

Таблица 3.

Технология	Среда передачи	Скорость	Максимальное расстояние
HDSL	Медная витая пара	2 Мбит/с, симметричная передача	До 5-8 км в зависимости от диаметра медной жилы
ADSL	Медная витая пара	1 Мбит/с от абонента 7 Мбит/с к абоненту, асимметричная передача	До 5 ... 8 км в зависимости от диаметра медной жилы
VDSL	Медная витая пара	10 Мбит/с, симметричная передача	До 1,5 км
PON	Волокно	10 Мбит/с для данных, 2 Мбит/с для телефонии	До 20 км
HFC	Волокно и коаксиальный кабель	40 Мбит/с нисходящий поток на группу до 100 ... 500 абонентов	450 ... 500 м между усилителями (без ответвлений)
Wi-Fi (версия IEEE 802.11 a/b)	Эфир	До 11/54 Мбит/с	50 ... 100 м
WiMAX (версия IEEE 802.16-2004)	Эфир	До 70 Мбит/с	До 3-5 км – городская застройка, до 50 км – открытая местность

Спутниковая связь	Эфир	До 6 Мбит /с	Не ограничено
Ethernet/Fast Ethernet	Волокно, медная витая пара (кат.5)	10 ... 100 Мбит/с	100 м (медь), до 2 км (многомодовое волокно), до 150 км (одномодовое волокно)

2. Обслуживание разнородного трафика в транспортной сети NGN

Задачей транспортного уровня является коммутация и прозрачная передача информации пользователя.

В транспортной системе ССП протекают потоки информации от различных источников. Источник информации ССП характеризуется двумя группами параметров трафика. К первой группе относятся:

- интенсивность поступающего от пользователя потока требований;
- средняя длительность сеанса;
- удельная нагрузка источника.

Вторая группа параметров характеризует собственно терминал пользователя:

- средняя (битовая) скорость передачи: V_c ;
- пиковая скорость передачи: V_n ;
- коэффициент пачечности: $K_n = V_n / V_c$.

Ниже в таблице 4 приведены виды передаваемого трафика в транспортной сети ССП и влияние параметров передачи на качество обслуживания каждого вида трафика.

Объединение однофункциональных сетей в одну гибкую, многосервис-ную сеть диктует необходимости создания приемлемых условий для транспортировки каждого вида трафика. В противном случае пользователи будут высказывать свои объективные недовольства и потребуют возвращения к отдельным специализированным сетям.

При ограниченной пропускной способности транспортной сети обработка трафика, имеющего одинаковый приоритет может иметь серьезные последствия, так как они могут быть рассчитаны на предсказуемую задержку и высокую пропускную способность.

Таблица 4

Таблица 1. Влияние параметров качества обслуживания на сетевой трафик			
Тип трафика	Параметры качества обслуживания и их влияние на трафик		
	Задержка (CTD)	Вариация задержки (CDV)	Процент потерянных ячеек (CLR)
Передача речи	Значительное; средние задержки требуют подавления эхэ.а длительные - неприемлемы.	Значительное; большое значение этого параметра приводит к увеличению значения CTD и размера необходимых буферов.	Умеренное; потерянные данные параметра приводит не передаются вновь, хотя при этом увеличению значения CTD и страдает качество.

<p>Видеоконференции:</p>	<p>Значительное; длительные задержки неприемлемы</p>	<p>Значительное; большое значение этого параметра приводит к увеличению значения CTD.</p>	<p>Умеренное; потерянные данные не передаются вновь, хотя при этом к увеличению значения CTD. и страдает качество.</p>
<p>Видео по требованию</p>	<p>Умеренное; отправитель должен иметь возможность ответить на команды удаленного управления.</p>	<p>Значительное; большое значение этого параметра приводит к увеличению значения CTD.</p>	<p>Умеренное; потерянные данные не передаются вновь, хотя при этом и страдает качество.</p>
<p>Цанные</p>	<p>Незначительное; соединение характеризуется длительными тайм-аутами и большими окнами повторной передачи.</p>	<p>Незначительное; получатель обычно имеет большую буферную память.</p>	<p>Значительное; потеря пакетов (или нескольких ячеек) приводит к повторной передаче.</p>

В случае передачи потоков с разными приоритетами необходимо принять такое решение, чтобы предоставить «зеленую линию»

высокоприоритетным приложениям, ограничив при этом предоставление канала для передачи обычных сообщений.

Такая технология получила обобщенное название обеспечения качества услуг (Quality of Service, QoS).

Существуют следующие модели QoS:

- Негарантированная доставка — Best Effort Service;
- Интегрированный сервис — Integrated Service (IntServ);
- Дифференцированное обслуживание — Differentiated Service (DiffServ).

Следует отметить, что при необходимости имеющуюся пропускную способность можно распределить "силовыми" методами, то есть по принципу – каждому по потребностям.

Если источник генерирует информацию с изменяющейся скоростью, то скорость передачи может характеризоваться пиковой ($V_{п}$) и средней ($V_{с}$) величинами. Источники, генерирующие информацию с изменяющейся скоростью, характеризуются коэффициентом пачечности

$$K_{п} = V_{п}/V_{с} \quad (1)$$

и средней длительностью пика $T_{п}$. Пиковая, средняя скорость и коэффициент пачечности источников характеризуют конкретную службу, хотя стохастические процессы от сеанса к сеансу могут отличаться.

В случае, когда используется источник некоторой службы, генерирующий информацию с изменяющейся скоростью, то в моменты, когда скорость источника $V(t)$ превышает скорость передачи канала в транспортной сети V_{max} , качество обслуживания снижается.

В транспортных сетях, построенных на базе IP-ориентированных протоколов, предполагаются следующие этапы решения задачи обеспечения QoS:

- создание согласованного общего набора рабочих характеристик сетей IP и норм для этого набора характеристик;

- внедрение сетевых механизмов, которые будут обеспечивать заданные показатели качества обслуживания в конфигурации “терминал-терминал”;
- вложение нормированных значений показателей качества обслуживания в протоколы сигнализации;
- разработка архитектуры сетевых механизмов поддержки.

Для обеспечения требуемого качества обслуживания трафика в документах по стандартизации рассматриваются следующие сетевые характеристики, как наиболее важные по степени их влияния на сквозное качество обслуживания (от источника до получателя):

- производительность сети;
- надежность сети/сетевых элементов;
- задержка и вариация задержки (джиттер);
- потери пакетов.

Производительность сети (или скорость передачи данных) пользователя определяется как эффективная скорость передачи, измеряемая в битах в секунду. Следует отметить, что значение этого параметра не совпадает с максимальной пропускной способностью сети, называемой полосой пропускания. Минимальное значение производительности обычно гарантируется провайдером услуг, который, в свою очередь, должен иметь соответствующие гарантии от сетевого провайдера.

Надежность сети и сетевых элементов. Надежность сети может быть определена с помощью параметров, из которых наиболее часто используется коэффициент готовности, вычисляемый как отношение времени простоя объекта к суммарному времени наблюдения. В идеальном случае коэффициент готовности должен быть равен 1, что означает 100%-ную готовность сети. На практике коэффициент готовности оценивается числом “девяток”. Например “три девятки” означают, что коэффициент

готовности составляет 0,999, что соответствует 9 часам времени недоступности (простоя) сети в год.

Готовность сети ТфОП оценивается величиной “пять девяток”, что означает 5,5 минут простоя в год. Ниже в таблице 5 приведены данные по времени простоя для различного количества “девяток”.

Коэффициенты готовности и соответствующие значения
времени простоя оборудования

Таблица 5

Коэффициент готовности	Время простоя
0,99	3,7 дней в год
0,999	9 часов в год
0,9999	53 минуты в год
0,99999	5,5 минут в год
0,99999999	30 секунд в год

Необходимо отметить, что обеспечение коэффициента готовности “пять девяток” в сетях IP, построенных на традиционном оборудовании данных (серверы, маршрутизаторы), является достаточно серьезной проблемой. Причина этого состоит в том, что обработка информационных потоков в сетях IP в значительной части базируется на программном обеспечении. В то же время статистика отказов сетевого оборудования показывает, что надежность программного обеспечения примерно в два раза ниже надежности аппаратного обеспечения.

Параметры доставки пакетов IP. Сеанс связи состоит из трех фаз – установления соединения, передачи информации и разъединения соединения. В Рекомендации Y.1540 из трех фаз сеанса связи рассматривается только вторая фаза - фаза доставки пакетов IP. Такой

подход отражает природу сетей IP, не ориентированных на установление соединений. Спецификацию рабочих характеристик и параметров QoS для двух других фаз (установление и разъединение соединения) планируется провести в дальнейшем.

Задержка доставки пакета IP (IP packet transfer delay, IPTD).

Параметр IPTD определяется как время $(t_2 - t_1)$ между двумя событиями – вводом пакета во входную точку сети в момент t_1 и выводом пакета из выходной точки сети в момент t_2 , где

$$(t_2 > t_1) \text{ и } (t_2 - t_1) \leq T_{\max} \quad (2)$$

В общем, параметр IPTD определяется как время доставки пакета между источником и получателем для всех пакетов - как успешно переданных, так и для пакетов, пораженных ошибками.

Средняя задержка доставки пакета IP определяется как средняя арифметическая величина задержек пакетов в выбранном наборе переданных и принятых пакетов. Значение средней задержки зависит от передаваемого в сети трафика и доступных сетевых ресурсов, в частности, от пропускной способности. Рост нагрузки и уменьшение доступных сетевых ресурсов ведут к росту очередей в узлах сети и, как следствие, к увеличению средних задержек доставки пакетов.

Речевая информация и, отчасти, видеоинформация являются примерами трафика, чувствительного к задержкам, тогда как приложения данных в основном менее чувствительны к задержкам. Когда задержка доставки пакета превышает определенные значения T_{\max} , такие пакеты отбрасываются. В приложениях реального времени (например, в IP-телефонии) это ведет к ухудшению качества речи. Ограничения, связанные со средней задержкой пакетов IP, играют ключевую роль для успешного внедрения технологии видеоконференций и других приложений реального времени. Этот параметр во многом будет определять готовность пользователей принять подобные приложения.

Вариация задержки пакета IP (IP packet delay variation, IPDV). Параметр v_k характеризует вариацию задержки IPDV. Для IP-пакета с индексом k этот параметр определяется между входной и выходной точками сети в виде разности между абсолютной величиной задержки x_k при доставке пакета с индексом k , и определенной эталонной (или опорной) величиной задержки доставки пакета IP, d_1 для тех же сетевых точек:

$$v_k = x_k - d_1 \quad (3)$$

Эталонная задержка доставки пакета IP (d_1) между источником и получателем определяется как абсолютное значение задержки доставки первого пакета IP между данными сетевыми точками. Вариация задержки пакета IP, или джиттер, проявляется в том, что последовательные пакеты прибывают к получателю в нерегулярные моменты времени. В системах IP-телефонии это, к примеру, ведет к искажениям звука и, в результате, к тому, что речь становится неразборчивой.

Коэффициент потери пакетов IP (IP packet loss ratio, IPLR). Данный коэффициент IPLR определяется как отношение суммарного числа потерянных пакетов к общему числу принятых пакетов в выбранном наборе переданных и принятых пакетов. Потери пакетов в сетях IP возникают в том случае, когда значение задержек при передаче пакетов превышает нормированное значение, определенное выше как T_{max} . Если пакеты теряются, то при передаче данных возможна их повторная передача по запросу принимающей стороны. В системах VoIP пакеты, пришедшие к получателю с задержкой, превышающей T_{max} , отбрасываются, что ведет к провалам в принимаемой речи. Основной причиной, вызывающих потери пакетов, является рост очередей в узлах сети, возникающих при перегрузках.

Коэффициент ошибок пакетов IP (IP packet error ratio, IPER). Коэффициент IPER определяется как отношение суммарного число

пакетов, принятых с ошибками, к сумме успешно принятых пакетов и пакетов, принятых с ошибками.

Архитектура поддержки QoS определяет набор сетевых механизмов, называемых конструктивными блоками. В настоящее время определен набор конструктивных блоков, отвечающих трем логическим плоскостям: плоскости контроля, плоскости данных (информационной плоскости) и плоскости административного управления (рис. 2.1).

Плоскость контроля. Механизмы QoS контрольной плоскости оперируют с путями, по которым передается трафик пользователей, и включают в свой состав:

- Управление допуском (Admission Control, AC);
- Маршрутизацию для QoS (QoS routing);
- Резервирование ресурсов (Resource reservation).



Рис. 2.1. Модель для поддержки качества обслуживания.

Плоскость данных. Эта группа механизмов оперирует непосредственно с пользовательским трафиком и включает в себя:

- Управление буферами (Buffer management);
- Предотвращение перегрузок (Congestion avoidance);
- Маркировка пакетов (Packet marking);
- Организация и диспетчеризация очередей (Queuing and scheduling);
- Формирование трафика (Traffic shaping);
- Правила обработки трафика (Traffic policing);
- Классификация трафика (Traffic classification).

Плоскость административного управления. Эта плоскость содержит механизмы QoS, имеющие отношение к эксплуатации, администрированию и управлению сетью применительно к доставке пользовательского трафика. В число механизмов QoS на этой плоскости входят:

- Измерения (Metering);
- Заданные правила доставки (Policy);
- Восстановление трафика (Traffic restoration);
- Соглашение об уровне обслуживания (Service Level Agreement).

В сетях следующего поколения, построенных на базе протоколов IP, обмен разнородными данными возможен только при условии, когда для большого числа приложений будут обеспечены соответствующие показатели качества обслуживания. Для достижения этой цели разработан ряд механизмов борьбы с задержками и потерями, которые разделяются по трем плоскостям – плоскости контроля, плоскости данных и плоскости административного управления.

Поступающий в транспортную систему ССП трафик классифицируется на потоковом или пакетном уровне. Это необходимо для того, чтобы выделить пакеты одного потока, характеризуемого общими требованиями к качеству обслуживания. Затем трафик подвергается процедуре нормирования. Нормирование трафика

предполагает измерение параметров трафика и сравнение результатов измерений с параметрами, приведенными в соответствующих разделах проектной документации .

Если условия нарушаются, то часть пакетов может быть отброшена. Магистральные маршрутизаторы, составляющие ядро сети, обеспечивают пересылку пакетов в соответствии с требуемым уровнем QoS.

Управление распределением разнородного трафика в ССП осуществляется в оборудовании "Softswitch ". Согласно эталонной архитектуре в ней предусматривается четыре функциональные плоскости (рис. 2.2):

- транспортная;
- управления обслуживанием вызова и сигнализации;
- услуг и приложений;
- эксплуатационного управления.

В транспортной плоскости (Transport Plane) выполняются функции транспортировки сообщений от адресата к получателю. Этими сообщениями могут быть сообщения сигнализации, сообщения маршрутизации для

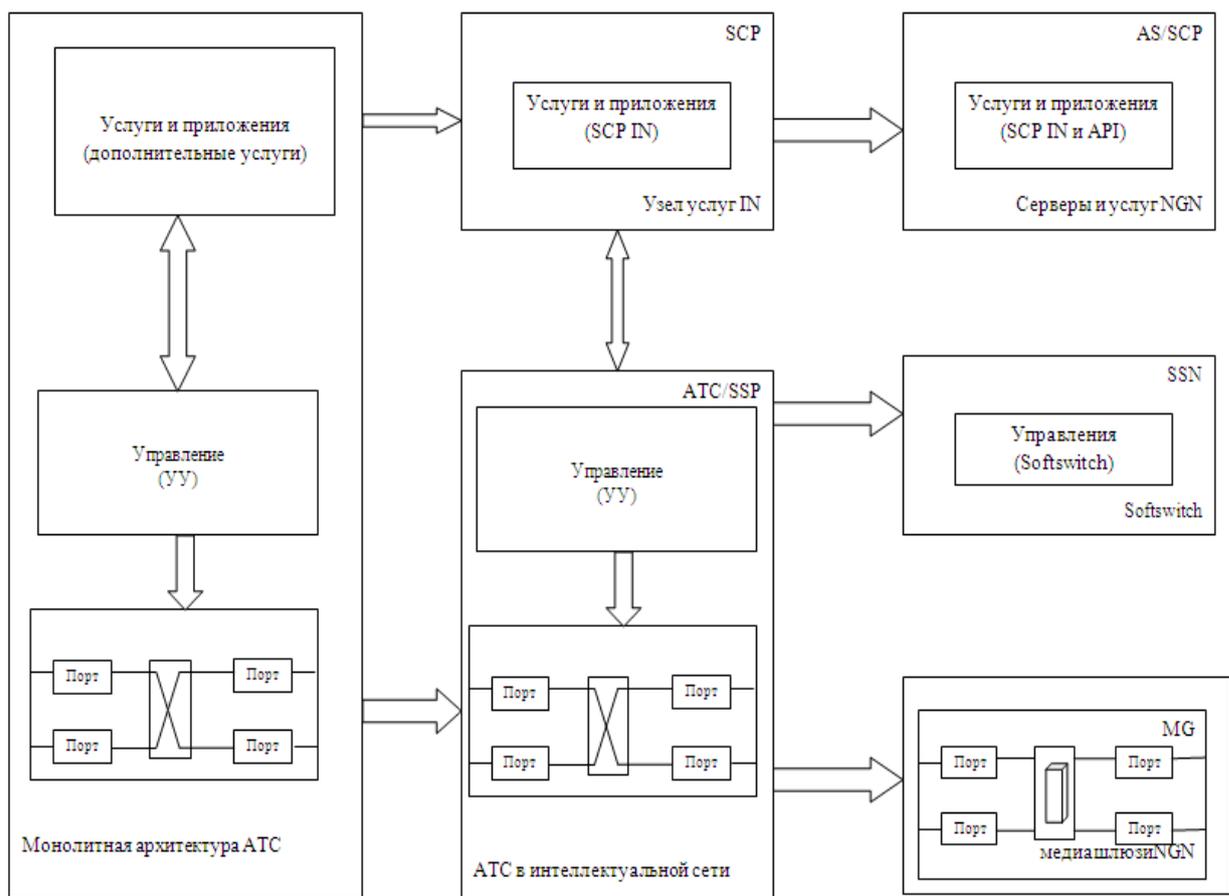


Рис. 2.2. Схема эталонной архитектуры Softswitch.

организации тракта передачи информации или непосредственно пользовательские речь и данные. Расположенный под этой плоскостью физический уровень переноса сообщений может базироваться на любой технологии, которая соответствует требованиям к пропускной способности для переноса трафика этого типа. Транспортная плоскость обеспечивает также доступ к сети IP-телефонии сигнальной и/или пользовательской информации, поступающей со стороны других сетей или терминалов.

Плоскость управления обслуживанием вызова и сигнализации управляет основными элементами сети IP-телефонии и в первую очередь теми, которые принадлежат транспортной плоскости. Она управляет обслуживанием вызова на основе сигнальных сообщений, поступающих из транспортной плоскости, устанавливает и разрушает соединения для передачи пользовательской информации по сети.

Плоскость услуг и приложений содержит логику выполнения услуг и/или приложений в сети IP-телефонии и управляет этими услугами путем взаимодействия с устройствами, находящимися в плоскости управления обслуживанием вызова и сигнализации. Она может также управлять специализированными компонентами передачи пользовательской информации, например, медиасерверами, которые выполняют функции конференцсвязи и т.п.

Плоскость эксплуатационного управления обеспечивает функции включения/выключения абонентов и услуг, эксплуатационной поддержки и другие функции технической эксплуатации сети. Плоскость эксплуатационного управления может взаимодействовать с некоторыми или со всеми другими тремя плоскостями по стандартному протоколу (например по протоколу SNMP) или по внутренним протоколам.

3. Управление потоками данных на уровне предоставления услуг ССП

Вопросы управления информационными процессами на уровне предоставления услуг осуществляется подсистемой управления услугами.

Услуги в ССП представляются интегрированными системами, которые, как и узлы, являются частью сетевой инфраструктуры.

Основная задача таких систем — облегчить процедуры предоставления услуг сети, скрывая сложность протоколов и сетей. В целях масштабирования платформы услуг чаще всего организуются из модулей, каждый из которых выполняет специализированные задачи.

В соответствии с современными тенденциями построения ССП новые архитектуры предоставления услуг следующего поколения NGS (Next Generation Services) должны обеспечить открытые интерфейсы для сторонних поставщиков услуг и приложений с целью гибкого и безопасного использования ресурсов сетей, что создает возможности для

быстрой реализации высоко персонализированных услуг NGS, тесно связанных с информационными технологиями.

Сегодня в число базовых услуг наряду с предоставлением международной, междугородной и местной телефонной связи, входят услуги предоставления доступа в сеть Интернет и другим видам информации. Безусловно, этот набор обязательно должен соответствовать современному уровню, поскольку качество и ассортимент предоставляемых стандартных услуг — главные факторы, влияющие на выбор поставщика услуг ССП. Кроме упомянутых выше, в число новых сервисов ССП можно отнести:

- предоставление услуг с гарантированным классом сервиса и качеством обслуживания;
- создание виртуальных частных сетей (VPN) клиентов и управление ими;
- организация и управление политиками безопасности сетей клиентов;
- доступ с аутентификацией и контролем доступа;
- защита от всплесков трафика;
- управление полосой пропускания;
- управление контентом;
- безопасная доставка контента с обеспечением требуемого качества.

В интегрированных системах предоставления услуг особое место занимают специальные сетевые шлюзы (ОКС № 7), которые не только позволяют управлять процессом установления соединения в сетях коммутации каналов и пакетов, но и делают доступными ряд важных протоколов прикладного уровня (таких как INAP, для поддержки классических интеллектуальных услуг, MAP и CAP — для поддержки услуг мобильных сетей). Независимо от данных протоколов, платформы услуг также поддерживают протоколы IP-сетей, такие как SIP и стек протоколов H.323

(рис. 2.3) и обеспечивают взаимодействие с протоколами предоставления услуг различных сетей.

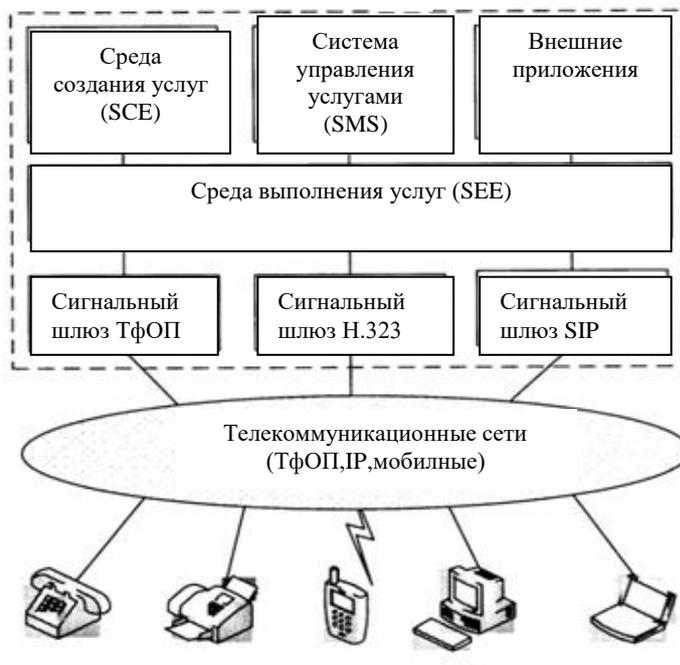


Рис. 2.3. Архитектура платформы услуг NGS.

Телекоммуникационная сеть данной платформы объединяет ТфОП, Интернет и мобильные сети. Она с помощью сигнальных шлюзов использует функциональность сетей (установление соединения, маршрутизация, разъединение вызова). Средства управления услугами SMS (Service Management System) обеспечивают параллельное выполнение множества услуг.

Важной характеристикой платформ (средств) предоставления услуг является открытость их функциональности внешним приложениям через специализированный прикладной программный интерфейс API (Applied Programming Interface) (рис.2.4). Это обеспечивается специальными средствами настройки услуг под требования пользователей и системой безопасности.

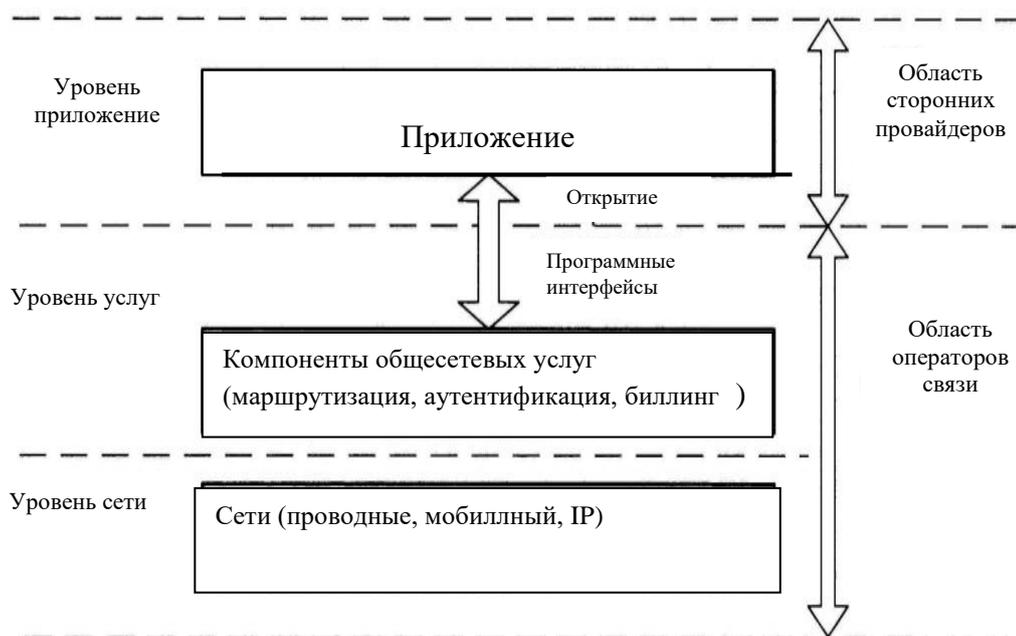


Рис.2.4. Место открытых интерфейсов в архитектуре NGN.

Общесетевые компоненты услуг обеспечивают аутентификацию, маршрутизацию, безопасность и другие общие функции, и доступны программам (приложениям) сторонних провайдеров. Общесетевые компоненты услуг размещаются в безопасной части системы и являются одними и теми же для всех типов сетей: проводных, беспроводных (мобильных), IP-сетей.

Качество предоставления услуг сети ССП зависит от алгоритмов управления услугами.

С развитием ССП повышается значение взаимодействия друг с другом систем управления услугами разных сетей, которые должны решать задачу предоставления широкого спектра услуг по принципу «из конца в конец» (end-to-end) с заданным качеством обслуживания QoS.

К средствам управления услугами предъявляются следующие требования:

- предоставление абоненту произвольного выбора услуг из широкого спектра;

- обеспечение гибкого управления услугами с обеих сторон — со стороны потребителя услуг и со стороны провайдера;

- определение в той или иной мере параметров SLA и механизмов их контроля;

- гарантирование гибкости и точности систем расчетов за услуги.

Приведенные требования обеспечиваются широким использованием соответствующего программного обеспечения (ПО). От качества, производительности и надежности ПО напрямую зависит не только качество услуг, но и отдача от затрат на разработку и внедрения ПО.

Средства управления услугами позволяют создать единый профиль абонента (global user profile), контроль присутствия в коммуникационном пространстве и определение местоположения в сетевом пространстве. С помощью этих средств строится предложение услуг с учетом потребностей абонента и тех обстоятельств, в которых он находится.

В заключении раздела приводится типовая архитектура системы управления услугами в ССП (рис.2.5), которая выполняет задачи:

- управление услугами;
- создание и внедрение новых услуг;
- взаимодействие различных услуг.

Кроме того, она позволяет реализовать специфику услуг и применять одну и ту же программу логики услуги вне зависимости от сетевой инфраструктуры.

Для представления услуг с требуемым качеством должны выполняться следующие правила:

1. Отдельные компоненты услуг предлагаются пользователю статически и определяются средствами управления услуг, другие выбираются пользователем с возможностью оперативной модификации услуг.

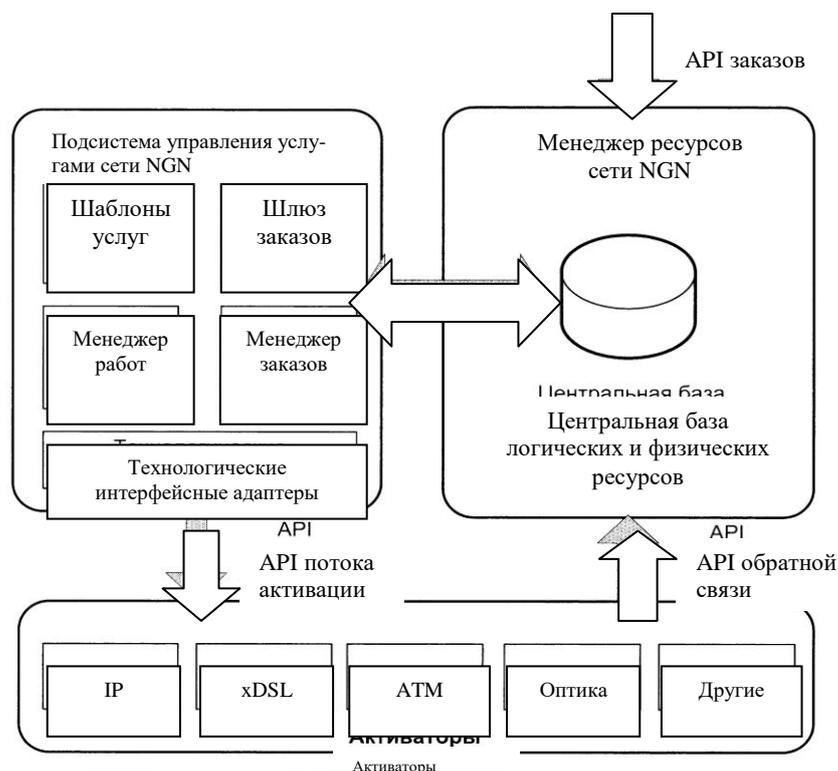


Рис. 2.5. Типовая архитектура подсистемы управления услугами в ССП.

2. Управление оборудованием и внедрение сервисных предложений должны иметь интерфейс для удобного определения параметров и повторного использования этих определений.

3. Система должна иметь возможность предлагать выбираемые пользователем параметры с помощью простого, базирующегося на Web-браузере интерфейса.

4. Выбранные пользователем наборы параметров должны затем передаваться оборудованию, управляющему услугой и внедряющему ее, вместе с записями, генерируемыми для выставления счетов.

В качестве систем поддержки услуг применяются серверы определения присутствия абонента и его местонахождения, формирования сообществ и интерактивных Web-технологий и др., позволяющие новый уровень персонализации услуг и предоставляющие новые услуги (развлечения, информация, обучение, онлайн-овая торговля и т.д.),

значительно расширяющие возможности абонентов в использовании телекоммуникаций.

Выводы по главе II

Технологии и оборудование сети доступа обеспечивают обслуживание всех видов трафика и реализуют функции управления трафиком на стыке сетей доступа и транспортных сетей.

В транспортной системе ССП протекают потоки информации от различных источников. Управление распределением разнородного трафика в ней (коммутация и прозрачная передача информации пользователя) осуществляется с помощью оборудования "Softswitch" в архитектуре которой предусмотрены четыре функциональные плоскости: транспортная, управления обслуживанием вызова и сигнализации, услуг и приложений и эксплуатационного управления.

Плоскость управления управляет обслуживанием вызова на основе сигнальных сообщений, поступающих из транспортной плоскости, устанавливает и разрушает соединения для передачи пользовательской информации по сети.

Плоскость услуг и приложений содержит логику выполнения услуг и/или приложений в сети IP-телефонии и управляет этими услугами путем взаимодействия с устройствами, находящимися в плоскости управления. Она может также управлять специализированными компонентами передачи пользовательской информации, например, медиасерверами, которые выполняют функции конференцсвязи и т.п.

Управление информационными потоками на уровне предоставления услуг осуществляется подсистемой управления услугами-интегрированными системами, которые, как и узлы, являются частью сетевой инфраструктуры. В число услуг входят услуги предоставления связи и доступа в сеть Интернет и другим видам информации.

Глава 3. Разработка оптимизационной модели распределения разнородных потоков в инфокоммуникационной сети следующего поколения

1. Оптимизационная модель распределения потоков в инфокоммуникационной сети следующего поколения

На основе приведенных в предыдущих разделах материалов инфраструктуру современных инфокоммуникационных сетей можно представить как функционально связанную совокупность аппаратно-программных средств обработки и обмена информацией, и состоящую из территориально распределенных подсистем обработки информации, узлов коммутации и физических каналов передачи информации. Все подсистемы в совокупности определяют физическую структуру сети.

Для описания принципов построения и функционирования сети помимо понятия о физической структуре используются понятия о логической и информационной структуре, описывающие размещение и взаимосвязи в распределенной сети тех или иных информационных ресурсов и процессов.

С точки зрения структурной организации инфокоммуникационная сеть следующего поколения состоит из следующих компонентов:

- транспортной сети, представляющей собой распределенную систему, состоящую из узлов коммутации, соединенных каналами транспортной сети, обеспечивающей передачу информации между территориально распределенными абонентскими сетями (АС) и реализующее в рамках ЭМ ВОС функции, трех нижних уровней функциональной архитектуры;
- компьютерных систем (КС), представляющих собой комплекс аппаратно - программных средств, реализующих функции обработки информации посредством соответствующих пакетов программ (ПП) и

обеспечения доступа пользователей, (абонентов) к распределенным информационным ресурсам, а также взаимосвязи потребителей информации между собой посредством транспортной сети.

Иными словами, инфокоммуникационная сеть представляет собой многомерную сеть, в которую интегрированы транспортная сеть, сеть синхронизации, сеть сигнализации и доступа, а также сервисные сети для совместного надежного, качественного и безопасного предоставления разнообразных услуг потребителям (пользователям).

Качественное представление сервиса широкому кругу пользователей зависит от множества факторов - создания и размещения информационных ресурсов, построения коммуникационной сети, надежного и бесперебойного функционирования всех компонентов сети и т. д.

Поэтому изучение существующих методов построения и функционирования инфокоммуникационных сетей, а также проведение научно - исследовательской работы в этой области представляется чрезвычайно актуальной задачей, позволяющей оптимально в смысле выбранного критерия решить задачи синтеза и распределения информационных ресурсов и услуг в инфокоммуникационной сети с распределенной структурой.

Из всего круга проблем, задачи управления информационными потоками являются одним из ключевых, позволяющих решить проблемы по блокировке и перегрузке в транспортной сети, выбору маршрута и транзитных центров и т. д., то есть они фактически направлены на рациональное распределение ограниченных, территориально рассредоточенных ресурсов инфокоммуникационной сети.

Для создания оптимизационной модели инфокоммуникационной сети следующего поколения представим её как сложную распределенную систему, физическая структура которой состоит из множества:

дислоцированных коммуникационных центров, выполняющих функции как управления различными потоками, так и обеспечение взаимодействия терминалов пользователей между собой, и с системами хранения и обработки информационных ресурсов;

высокопроизводительных систем обработки и хранения информации (компьютерных систем - серверов), в которых сосредоточены огромные сетевые информационные и вычислительные ресурсы (то есть услуги, предоставляемые сетью пользователям);

терминальных систем различной конфигурации и средств доступа к транспортной сети;

каналов связи с разной пропускной способностью.

В последнее время предложено и реализовано большое число различных механизмов управления распределением потоков в транспортной сети, накоплен определенный опыт их моделирования и оценки эффективности [1,2,3,4,5,6,15]. Эти результаты могут быть использованы для оценки проектных решений тех или иных алгоритмов управления и их параметров. Следует отметить, что решение задач управления потоками в рассмотренных исследованиях в основном сводится к распределению территориально рассредоточенных ресурсов в транспортной подсети ИКС и остаются в тени вопросы распределения ограниченных ресурсов компьютерных систем, выполняющих функции переработки и предоставления информации. Если учесть, что основным назначением ИКС является предоставление рассредоточенных информационных, а зачастую, и вычислительных услуг пользователям, то становится очевидным целесообразность учета не только параметров транспортной подсети, но и параметров обслуживания заявок в компьютерных системах, предназначенных для обработки информации.

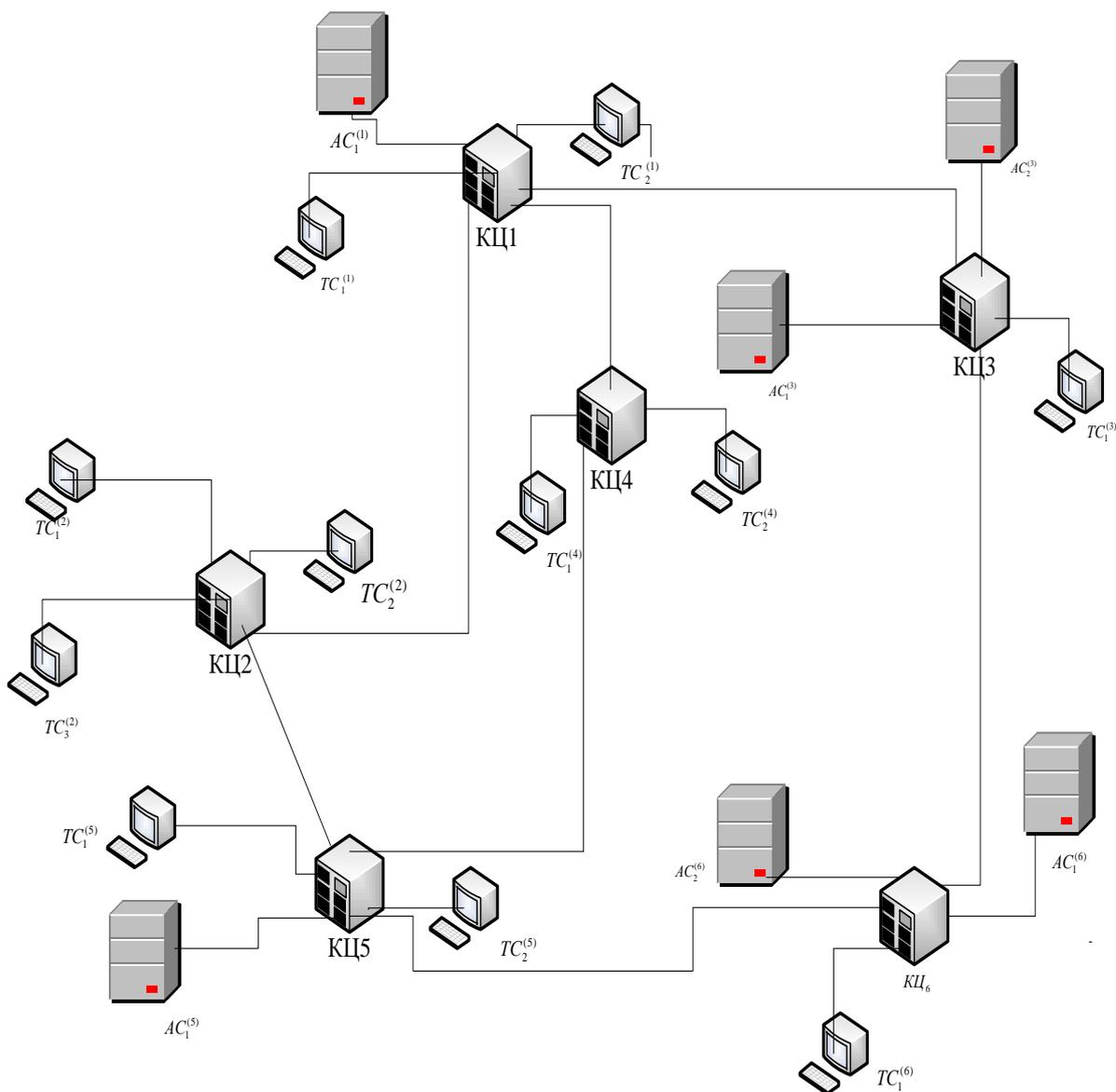
В данной магистерской работе разрабатывается оптимизационная модель распределения потоков заявок в ИКС, учитывающей оба вида задержки одновременно, то есть она посвящена к определению вектора

поточковых параметров \vec{f} , характеризующих распределение потоков «информационного» и «транзитного» трафиков по ветвям (каналам связи) транспортной подсети и системам обработки компьютерных систем.

В основу разработки положены принципы, используемые в задачах маршрутизации и управления потоком.

Рассматриваемая сеть следующего поколения представляется в виде графа $G (M,A)$, каждому ребру (i,j) которого соответствует функция распределения вероятностей $F_{ij}(t)$ времени передачи заявки по каналу (ребру). Входные потоки описываются функцией распределения моментов поступления заявок в сеть, т.е. в узел i для узла j . Входные и выходные потоки присваиваются узлам, связанным с потребителями.

Таким образом, пусть, задана многоцентровая инфокоммуникационная сеть с известной топологией. На рис. 3.1 представлен фрагмент физической структуры данной сети, состоящий из шести коммуникационных центров.



КЦ - коммуникационные центры; АС – абонентские (компьютерные) системы; ТС – терминальные системы.

Рис.3.1. Фрагмент топологической структуры инфокоммуникационной сети.

Коммуникационные центры связаны магистральными каналами связи. К данному фрагменту инфокоммуникационной сети через абонентские каналы связи подключены шесть абонентских и одиннадцать терминальных систем (АС, ТС). Для наглядности еще раз напомним функции систем: АС - предоставление услуг и информационных ресурсов, хранение массивов данных, переработка информации, поиск информации. КЦ - управление потоками информации между АС, ТС и КЦ

(маршрутизация, коммутация, управление передачей данных и т.д.). ТС — получение услуг и потребление информационных ресурсов: управление работой терминалов, подготовка заданий и получение запрошенных информационных ресурсов, сопряжение с технологическими процессами.

Представим физическую структуру рассматриваемого фрагмента инфокоммуникационной сети в упрощенном виде (рис. 3.2). Поскольку ТС не несет функции предоставления услуг, то центр, к которому подключены только ТС, будем называть «пассивным» коммуникационным центром (ПКЦ), а центр, к которому подключены ТС и АС «активным» коммуникационным центром (АКЦ).

Тогда инфокоммуникационную сеть можно представить топологической структурой, содержащей два типа центров АКЦ и ПКЦ.

Рассмотрим характеристики суммарного входного (внешнего) трафика в ИКС

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 \quad (4)$$

представляющего собой поток разнородных сообщений, то есть совокупность трафиков, трех видов:

γ_1 - суммарный внешний трафик, состоящий из сообщений, передаваемых от истоков к стокам (от источников к адресатам) без использования информационных или вычислительных ресурсов ИКС, то есть без обращения к ресурсам абонентских систем. Назовем γ_1 - «транзитным» трафиком.

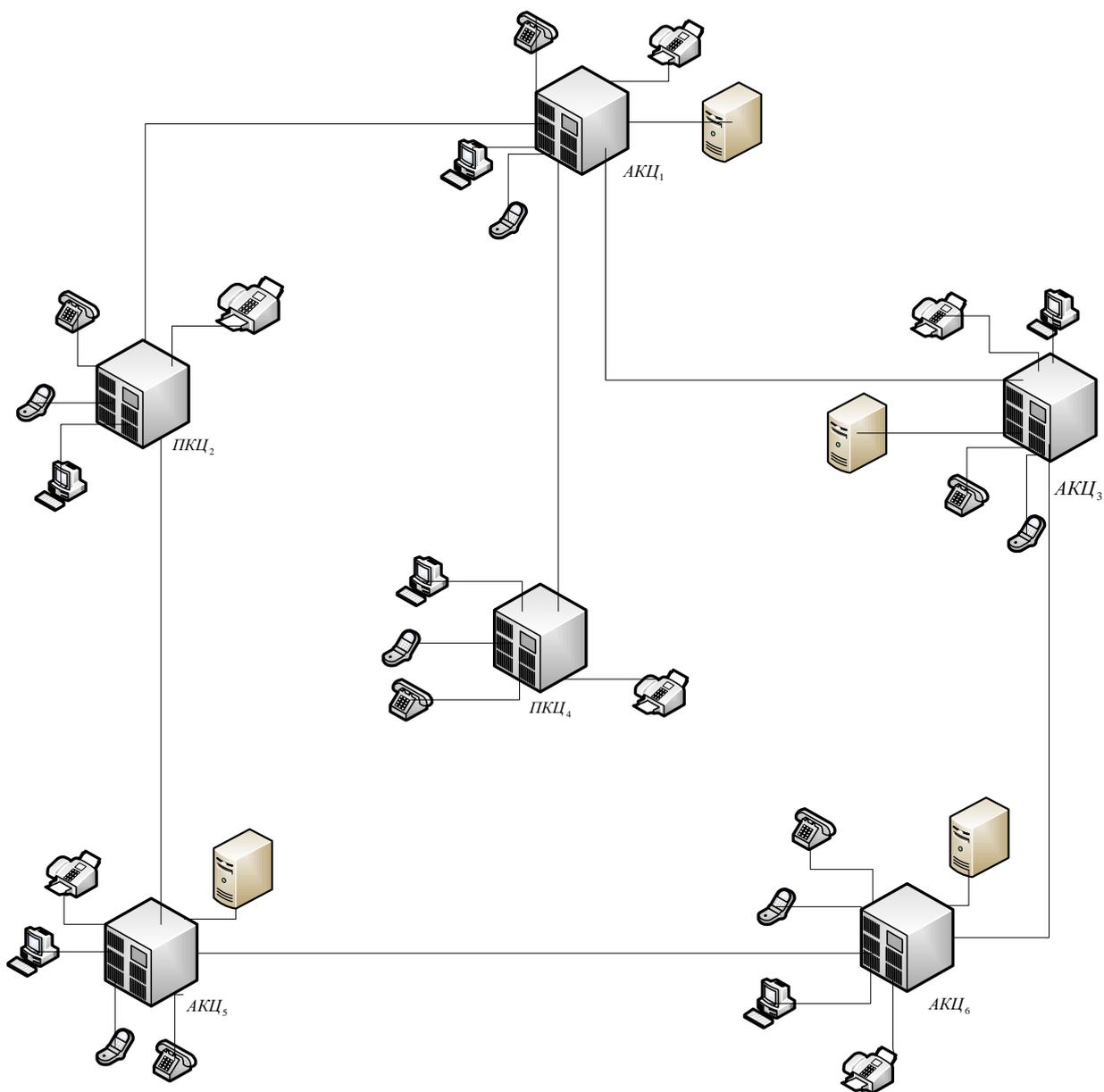


Рис. 3.2. Преобразованный вариант фрагмента топологической структуры инфокоммуникационной сети.

γ_2 - суммарный внешний трафик, состоящий из сообщений, передаваемых от истоков к стокам с использованием информационных или вычислительных ресурсов ИКС. Назовем γ_2 - информационно – вычислительным трафиком. В свою очередь, γ_2 может быть интерпретирован как сумма двух трафиков

$$\gamma_2 = \gamma_2^B + \gamma_3$$

(5)

где γ_2^B - суммарный внешний трафик, направляемый на ближайшие «активные» коммуникационные центры с целью обращения к ресурсам компьютерных систем, подключенных к АКЦ. Назовем γ_2^B - «информационно-вычислительным» трафиком;

γ_3 - суммарный «внутренний» трафик, возвращаемый в транспортную подсеть после обработки в абонентских системах и направляемый к своим стокам (адресатам): Назовем γ_3 - «внутренним информационно-вычислительным» трафиком.

Заметим, что $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ - есть суммарные интенсивности поступления соответствующих трафиков на соответствующие коммуникационные центры.

Учитывая вышеизложенное, формализацию оптимизационной задачи распределения разнотипных потоков в инфокоммуникационной сети в наиболее общей форме можно представить следующим образом. Пусть заданы:

- инфокоммуникационная сеть с фиксированной топологией содержит N ребер и M коммуникационных центров, причем M_1 число «активных» коммуникационных центров, подключенных к компьютерным системам и M_2 - число «пассивных» коммуникационных центров, подключенных только к терминальным системам пользователей;

- размещение информационных и вычислительных ресурсов по компьютерным системам всех «активных» коммуникационных центров инфокоммуникационной сети;

- ребра $N (n_1, n_2, \dots, n_N)$ (каналы связи) и коммуникационные центры обладают конечной помехоустойчивостью и надежностью, характеристики каналов заданы;

на вход ИКС поступают случайно распределенные потоки сообщений, время обслуживания i заявки τ_i , также, распределена по случайному закону;

компьютерные системы на «активных» коммуникационных центрах имеют разную, но конечную производительность μ_j ;

длины пакетов в транспортной подсети фиксированы;

источниками задержки в инфокоммуникационной сети являются как каналы связи транспортной подсети, так и компьютерные системы «активных» коммуникационных центров;

заявки в коммуникационных центрах обслуживаются по принципу «первый поступил, первым обслужился» ;

внешний трафик стационарен, т.е. его интенсивность λ не обладает динамикой во времени.

Требуется определить оптимальную процедуру маршрутизации и алгоритм управления распределением разнотипных потоков, минимизирующие среднее время пребывания заявок в ИКС (то есть, сумму времени пребывания заявки в транспортной подсети и времени пребывания её в выбранной компьютерной системе) при заданных ограничениях.

Формализация данной постановки задачи сводится к следующему: Представим инфокоммуникационную сеть в виде неориентированного графа $G \{M, N\}$ с множеством вершин $M = \{1, 2, \dots, m\}$, разбитым на два подмножества $M_1 = \{1, 2, \dots, m_1\}$ и $M_2 = \{m_1+1, m_1+2, \dots, m\}$. где (M_1 и $M_2 \in M$) и множеством ребер $N = \{(i, j)\}$. Каждому ребру графа соответствует $F_{i,j}(t)$ - функция распределения вероятностей передачи сообщения по каналу связи; $\phi_{i,j}(t)$ - функция распределения потоков из

коммуникационного центра i к центру j , $\{\gamma_{i,j}\}$ - матрица интенсивностей этих потоков.

Для суммарного входного трафика γ его соответствующие интенсивности определяются как:

$$\gamma_1 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \gamma_{1ij}, \quad (ij = 1, 2, \dots, m), \quad (6)$$

где γ_{1ij} - "транзитный" трафик из коммуникационного центра i в коммуникационный центр,

$$\gamma_2 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{M_1} \gamma_{2ij}, \quad (i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, m), \quad (7)$$

где γ_{2ij} - внешний информационно-вычислительный трафик из i ПКЦ (или из другого АКЦ) в j АКЦ,

$$\gamma_3 = \sum_{j=1}^{M_1} \sum_{i=1}^M \gamma_{3ij}, \quad (8)$$

где γ_{3ij} - "внутренний" информационно-вычислительный трафик из j АКЦ в i - ПКЦ (или в другой АКЦ).

Правила маршрутизации определяется матрицей маршрутных переменных.

Если инфокоммуникационную сеть с "фиксированной топологией" с M коммуникационными центрами (M_1 - «активных» и $(M - M_1)$ - «пассивных» КЦ) и N - ребер (каналы связи) представить в виде системы массового обслуживания (СМО) вида $M/M/1$ (интенсивность поступления и интенсивность обслуживания заявок в один прибор описываются экспоненциальным законом распределения), т.е. если считать, что каналы связи и коммуникационные центры абсолютно надёжны и

помехоустойчивы, на вход сети поступает стационарный поток с интенсивностью γ с экспо -

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 \quad (9)$$

ненциальным распределением моментов поступления сообщений (пакетов), то без учёта разделения КЦ на «активные» и «пассивные», среднее время задержки заявок в транспортной подсети ИКС можно описать общеизвестной выпуклой функцией Клейнрока:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i,j=1}^{Ac} \frac{\lambda_{ij}}{\mu_{ij} - \lambda_{ij}}, \quad (10)$$

где $\lambda_{i,j}$ - интенсивность суммарного многопродуктового потока (то есть, суммарная интенсивность «нити» потоков, поступающих в сеть от каждой терминальной системы и протекающие по данному (i,j) каналу) в (i,j) канале транспортной подсети;

$\mu_{i,j}$ – интенсивность обслуживания потоков в (i,j) канале.

Если обозначить через μ_j^1 ($b= 1, M_j$), интенсивность обслуживания заявок в b компьютерной системе j активного коммуникационного центра и считать средняя длина сообщений, одинаковая для всех линий, то суммарное среднее время задержки заявок в инфокоммуникационной сети (то есть, суммарное время пребывания заявки как в транспортной подсети, так и в компьютерной системе), исходя из принципа разделения коммуникационных центров сети на «активные» и «пассивные» будет иметь вид:

$$T = \left\{ \frac{1}{\gamma} \sum_{i,j \in M}^A \left(\frac{\lambda_{ij}}{\mu_{ij} - \lambda_{ij}} \right) + \frac{1}{\gamma_2} \sum_{j=1}^{M_1} \sum_{b=1}^{B_j} \frac{\varepsilon_{jb}}{\mu_{jb}^1 - \varepsilon_{jb}} \right\} \rightarrow \min, \quad (11)$$

где $\lambda_{ij} = \sum_{k=1}^M \lambda_{ij}^{(k)}$ - интенсивность «многопродуктового» потока на

канале (i,j) ;

μ_{ij} - интенсивность обслуживания заявок в канале (i,j) ;

B_j -число абонентских систем, подключенных к j АКЦ;

ε_{jb} - интенсивность потока на входе b абонентской системе, подключенный к j АКЦ;

μ_{jb}^1 - интенсивность обслуживания заявок b абонентской системе, подключенный к j АКЦ.

Данное выражение (11) также является выпуклой функцией, но только двух аргументов λ_{ij} и ε_{jb} .

Итак, получена модернизированная оптимизационная потоковая модель, учитывающая оба вида задержки в ИКС.

Задача распределения потоков, решаемая по данной модели, формулируется в следующем виде: минимизировать данную выпуклую функцию (11) при следующих линейных ограничениях, необходимых для обеспечения стационарности потоков в сети:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_{ij} \geq 0, \quad \lambda_{ij} \leq \mu_{ij}, \quad \varepsilon_{jb} \leq \mu_{jb}^1; \\ \sum_{j=1}^M \lambda_{ij}^{(k)} + \gamma_{ik} = \sum_{j=1}^M \lambda_{ji}^{(k)}; \\ \gamma_{ij} = \gamma_{1ij} + \gamma_{2ij} + \gamma_{3ij}; \end{array} \right. \quad (12)$$

В случае, когда каналы связи и коммуникационные центры обладают конечной помехоустойчивостью и надежностью, процессы передачи сообщений по каналу и обслуживание их в коммуникационных центрах и компьютерных системах не будут описываться экспоненциальными законами распределения, а будут иметь случайный характер, невозможно формализовать оптимизационную задачу и получить в явной форме вид целевой функции.

В данной ситуации в качестве целевой функции используется обобщенная функция и оптимизационная задача решается на основе эвристических алгоритмов.

2. Алгоритм распределения разнородных потоков ССП

В разделе 1 приведено формализованное описание оптимизационной модели распределения потоков в инфокоммуникационных сетях, описываемых по схеме М/М/1.

Для наглядности рассмотрим ситуацию, которая может возникнуть в реально функционирующей сети и приводящий в конечном итоге к возрастанию IP – трафика в транспортной подсистеме.

Например, пользователь чтобы найти и при необходимости записать на свой компьютер нужную информацию из сети Интернет, обращается к информационным ресурсам рассредоточенных компьютеров (Web-серверов). Для этого он набирает ряд адресов и передает их по транспортной сети, просматривает найденные информационные ресурсы на мониторе своего компьютера и если этот ресурс нужен в его дальнейшей деятельности, то он “перекачивает” его в свой компьютер.

Зачастую объем информации, “перекачиваемый” из других компьютеров на свой, в несколько раз превышает объема данных, передаваемого из собственного компьютера. Это может привести к тому, что трафик в транспортной сети может резко возрасти за счет данных, поступающих в сеть после обработки запросов пользователей. Объем этого трафика в априори не задавался и его нельзя предсказать, он станет известным только после обращения к данному ресурсу.

При перекачке больших массивов информации по сети Интернет, значение возникающего “внутреннего” трафика может иметь значительно большее значение, чем значение “внешнего” трафика данных, которые, как правило, имеют характер только запросов. Если учесть, что число таких

пользователей постоянно растет, то не учет таких факторов может привести к чрезмерной загрузке каналов связи транспортной сети потоками данных не только “внешнего”, но и “внутреннего” трафика данных.

Итак, компонент потока, передаваемая адресату после обработки в других компьютерах, может вызвать увеличение нагрузки в транспортной сети за счет появления дополнительного трафика, возникающего после обработки поступивших запросов.

Для аналитической оценки потоков, поступающих в транспортную сеть от разных источников будем считать, что в коммуникационные центры транспортной сети, представляющие собой одноканальное обслуживающее устройство, поступают пуассоновские потоки с экспоненциальным законом распределения моментов поступления заявок., то есть поступают потоки (трафики) трех категорий:

- трафик пакетов с интенсивностью поступления λ_1 , в котором допус-каются их потери при передаче;
- трафик пакетов с интенсивностью поступления λ_2 , , который может быть задержан и в котором могут восстанавливаться некоторые потерянные пакеты;
- трафик пакетов с интенсивностью поступления λ_3 ., который требует сквозной передачи и не допускает потерь;

В общем случае, по каналам связи транспортной сети протекают потоки трех видов с разными значениями трафиков. Образовавшийся при этом вектор многопродуктовых потоков в каналах транспортной системе только от трафика λ_2 , можно представить в следующем виде:

$$\vec{\lambda} = (\lambda_{1,1}^{(1)}, \lambda_{1,2}^{(1)}, \dots, [\lambda_{1,(2,N)}^{(1)}], \lambda_{1,1}^{(2)}, \lambda_{1,2}^{(2)}, \dots, [\lambda_{1,(2,N)}^{(2)}]) \quad (13)$$

Если значения внешних трафиков речевых и видео потоков можно априори задать и считать более или менее известными, то значение трафика потоков данных из-за появления "внутреннего" потока при работе пользователей в реальной сети невозможно заранее предсказать. Это приводит к дополнительным трудностям при поиске оптимального распределения потоков по каналам связи транспортной системе инфокоммуникационной сети.

Поэтому, учитывая рост клиентов передачи данных и, следовательно, рост значения интенсивности потоков данных, целесообразно автономно решить задачу оптимального распределения потоков данных, предполагая известным трафик для других видов потоков. В этом случае целесообразно вначале определить пути для всех потоков и предусмотреть дополнительные пути для тех центров, в которых преобладает потоки данных, то есть целесообразно предусмотреть между центрами коммутации K кратчайших путей и направлять потоки по ним. Возможно, перераспределение пропуск-ных способностей каналов связи транспортной сети между потоками различных видов или управлять значением интенсивности внешнего трафика.

Ниже приводится описание разработанного в работе алгоритма. Данный алгоритм можно применить для случая, когда в сети невозможно аналитически описать законы распределения поступления заявок входного трафика γ и времени обслуживания в коммуникационных и информационных системах сети.

Функции алгоритма выполняются в три этапа. На первом этапе определяются варианты построения кратчайших путей между коммуникационными центрами сети заданной топологии.

На каждой итерации выбирается конкретный вариант построения кратчайшего дерева для конкретного узла и направляется весь поток по этим путям, согласно матрице тяготения.

На следующем (втором) этапе на основе вычисленных кратчайших путей решается задача оптимального распределения «вычислительного» трафика между информационными системами (системами обработки) активных узлов (АУ).

На третьем этапе осуществляется статистическое моделирование процессов передачи пакетов сообщений виртуальным каналам транспортной подсети и обработки сообщений в информационных системах АУ и по результатам моделирования вычисляется значение целевой функции. Естественно, на всех этапах проверяется выполнение ограничений и условий стационарности (реализуемости) потоков. Варианты, не удовлетворяющие ограничениям, не рассматриваются.

Задача распределения потоков в сети сводится к определению для каждой нитки потоков такой виртуальной пути, передача данных по которой осуществляется с минимальными временными задержками.

Суммарная средняя время задержки передачи всех ниток потоков в сети с известной топологической структурой определяется по формуле (11)

Задача минимизации выражения (11) решается только при условии реализуемости канальных и входных потоков: $\lambda_i \geq \mu_i$.

Ниже приводится более подробное описание функции операторов предлагаемого алгоритма:

1) вводит исходные данные, которыми являются параметры рассматриваемой топологии сети (количество узлов, каналов, значения пропускных способностей каналов, интенсивности внешнего трафика, матрица тяготений потоков между узлами и т. д.) и вычисляет кратчайшие пути в метрике пропускных способностей каналов - $\{C_i\}^{(h)}$, $h = 0$;

2) проверяет, все ли варианты просмотрены и если да управление передаётся оператору δ , в противном случае выполняются операции очередного варианта: $h = h + 1$; определяет кратчайшую путь с

минимальным числом каналов, имеющих максимальные пропускные способности;

3) направляет нитки потоков внешнего трафика γ_{2ij} и γ_{2ji} по каналам кратчайшего пути, определенного в предыдущем шаге, то есть

$$\lambda_i^{(h)} = \{\lambda_i^{(h-1)} + \gamma_{2ki}^{(i)}\}, \quad (14)$$

где $\gamma_{2ki}^{(i)}$ - интенсивность потока внешнего трафика между узлами $((k, j)$, протекающий через i – канал в h –м варианте;

4) условный оператор, проверяет, существует ли не направленные адресатам потоки данных внешнего трафика, если да - передает управление оператору 5, иначе оператору 6;

5) вычисляет новые значения пропускных способностей соответствующих каналов связи при учете их загруженности потоками данных внешнего трафика, то есть

$$\{C_i\}^{(h)} = \{\{C_i\}^{(h)} - \gamma_{2ki}^{(i)}\}, \quad (15)$$

Физический смысл функций операторов 3 и 5 заключается в следующем:

в первом случае значение потока, протекающего через данный канал возрастает на величину $\gamma_{2ki}^{(i)}$, что приводит к увеличению загруженности каналов данной пути;

во втором случае - рост загруженности каналов приводит к уменьшению их пропускной способности на эту же величину.

7) выполняет функции передачи нитки потоков к активным узлам, обработки потоков на компьютерных системах и передачи обработанной информации к адресатам. После выполнения своих функций передает управление оператору 2.

8) вычисляет конечное значение целевой функции и останавливает работу алгоритма.

На основании решения данной задачи определяется какие классы трафиков, в какой пропорции могут одновременно передаваться по каждому каналу связи, по каждому маршруту и в какой компьютерной системе актив-ного узла будет обрабатываться заявка.

Другими словами, результатом решения задачи является определение для каждой z -й пары отправитель-получатель и k -го класса трафика единственно упорядоченного множества путей с положительными потоками, обеспечивающие минимум суммарной средней задержки. Физический смысл этого решения состоит в том, что потоки будут проходить по путям, для которых задержка сквозной передачи и обработки являются минимальной. Блок-схема алгоритма приведена на рис. 3.3.

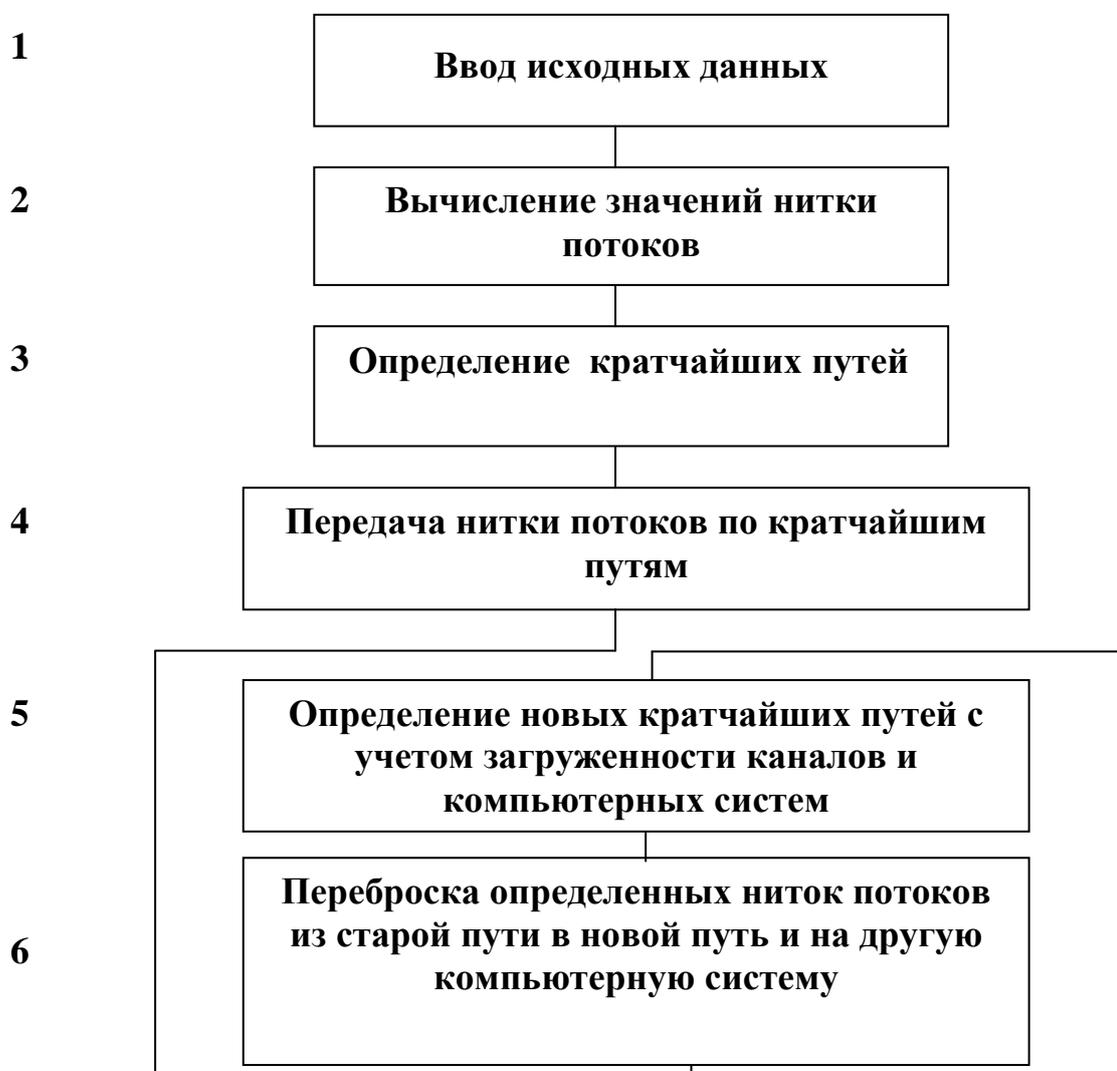


Рис. 3.3. Блок-схема алгоритма распределения потоков в инфокоммуникационной сети с заданной топологической структурой.

Как видно из рис. 3.3 алгоритм распределения потоков в инфокоммуникационной сети с фиксированной топологией и ограниченной производительностью состоит из следующих программных модулей:

- формирование и ввод начальных исходных данных. Вводятся следующие исходные данные: кол-во КЦ, число каналов связи между ними и их значения пропускных способностей (веса ребер), интенсивности транзитного и активного внешнего трафика на каждом КЦ, распределение их по КЦ ;

- определение дерева кратчайших путей. Используется подпрограмма, в пакете программ «COMSET» ;

- на основе вычисленным кратчайшим путям по весу ребра распределение потоков транзитного внешнего трафика от источника-адресату;

- распределение потоков вычислительного внешнего трафика от источника к активному узлу;

- имитация их обслуживания в компьютерной системе и процесса обратной передаче обработанной информации по транспортной сети;

- определение перегруженных точек каналов транспортной сети и в компьютерной системе (выполнение условия стационарности потоков);

- в случае присутствия перегруженных участков в транспортной сети и в компьютерных системах вычисляются новые кратчайшие пути на основе каналов связи, у которых имеются резервы по пропускной способности и определяются ближайшие активные узлы, в компьютерных системах которых имеются резервы;

- реализуется процедура переброски части потоков из перегруженных участков на не догруженные участки транспортной сети и на компьютерную систему ближайшего активного КЦ, у которого имеется резерв;

- после выполнения условий стационарности на всех участках сети (то есть при выполнении условий $\lambda_{ij} \leq \mu_{ij}$, $\epsilon_{jb} \leq \mu_{jb}$), запускается подпрограмма поиска минимума целевой функции T (выражение (11)). Данная подпрограмма в составе пакета программ «COMSET» последовательно определяет менее загруженные участки транспортной сети и компьютерные системы активных КЦ, осуществляет переброску части потока из более загруженных участков на менее загруженные участки и вычисляет значение целевой функции;

- если очередное значение T меньше, чем предыдущее значение, то старый вариант распределения потоков стирается и вычисленный новый вариант распределения потоков сохраняется, и так до тех пор, пока целевое значение не будет улучшаться при осуществлении переброски потоков;

- осуществляется печать результатов работы алгоритма – кратчайший путь для каждой нитки потоков внешнего транзитного

трафика, компьютерная система конкретного активного КЦ, значения λ_{ij} , ε_{jb} и останавливает работу пакета программ.

В данной магистерской диссертации был разработан алгоритм поиска кратчайших маршрутов на основе вычисленного резерва пропускной способности каналов и компьютерных систем.

Разработанный алгоритм был апробирован в составе пакета программ «COMSET», разработанный в [13] при вводе параметров конкретной сети с известными параметрами. Алгоритм был реализован в двух вариантах:

- 1) случай, когда переброска части потоков осуществлялся на основе известного алгоритма Клейнрока о девиации потоков;
- 2) случай, когда переброска части потоков осуществлялся на основе предложенного в диссертации алгоритма.

При объединенной технологии передачи “транзитного” и «вычислительного» трафика представляет интерес определение характера влияния изменения одного вида трафика на временные параметры передачи пакетов другого вида.

В первую очередь решался задача распределения “транзитного” трафика. Далее, выполнялся алгоритм распределения потоков данных при различной загруженности каналов передачей первого типа трафика.

Вычислительный эксперимент проводился на основе распределенной топологии инфокоммуникационной сети, содержащий восемь КЦ, три из которых являются активными, которые соединены с помощью 11 каналами связи (рис.3.4).

Некоторые результаты вычислительного эксперимента приведены на рис. 3.5. Параметр α характеризует степень загрузки сети внешними трафиками.

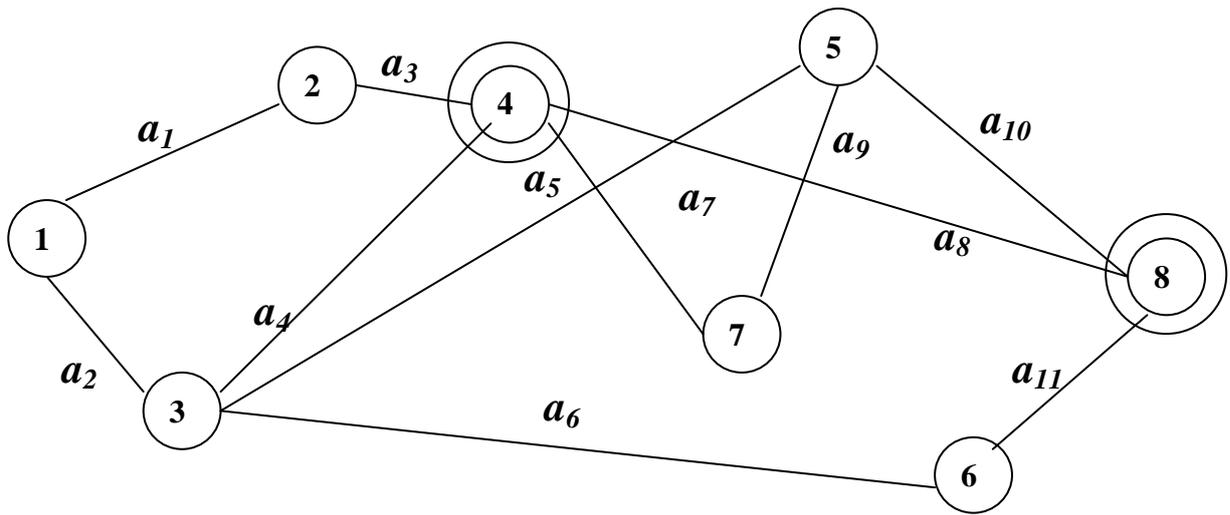


Рис.3.4. Топология исследуемой экспериментальной сети.

Как видно из рисунка, предложенный алгоритм, рационально загружая каналы сети при загрузенности внешними трафиками, не сильно увеличивает значение средней задержки. Вычислительный эксперимент показал, что при использовании метода Клейнрока при $\alpha = 0.65$, $\rho = 0.75$, $T_{cp} = 0.6$, а при разработанном алгоритме при $\alpha = 0.65$, $\rho = 0.75$, $T_{cp} = 0.4$, то есть предложенный вариант позволил на 0.2 уменьшить значение целевой функции T_{cp} .

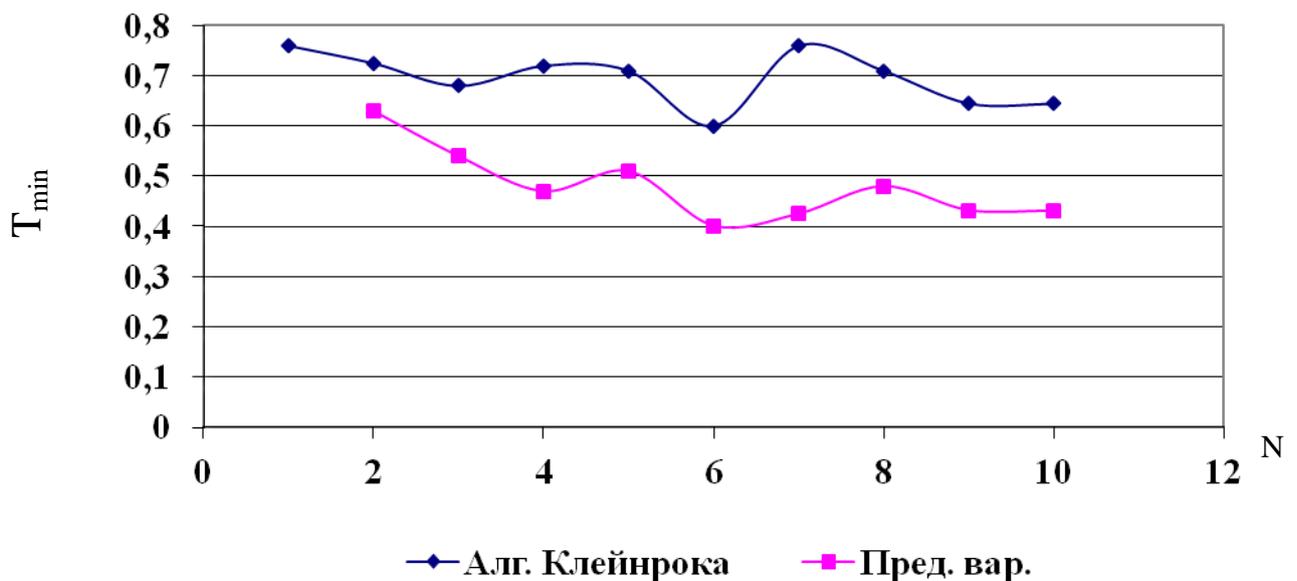


Рис. 3.5. Определение минимума суммарного среднего времени задержки данных.

Таким образом, предложенный алгоритм распределения потоков позволяет для каждой нитки потоков определить такие кратчайшие пути и компьютерную систему, при которых значение суммарной средней задержки информации в сети является меньшей в сравнении с алгоритмом Клейнрока о девиации потоков.

Выводы по главе III

1. В целях исследования характеристик потоков физическую структуру инфокоммуникационной сети целесообразно представить в виде «активных» и «пассивных» коммуникационных центров, к которым подключены помимо терминальных систем и системы обработки информации или только терминальные системы;

2. Разработанный алгоритм при заданных исходных данных позволяет для каждой «нитки» потоков определить кратчайший путь и компьютерную систему, обеспечивающие минимум значения суммарного среднего времени задержки сообщения.

Заключение

На основании проведенных исследований по диссертационной работе можно сделать следующие выводы.

1. Функциональную модель сетей NGN, в общем случае, можно представить тремя уровнями: транспортный уровень; уровень управления коммутацией и передачей информации; уровень управления услугами. Задачей транспортного уровня является коммутация и прозрачная передача информации пользователя. Задачей уровня управления коммутацией и передачей является обработка информации сигнализации, маршрутизация вызовов и управление потоками.

2. Технологии и оборудование сети доступа обеспечивают обслуживание всех видов трафика и реализуют функции управления трафиком на стыке сетей доступа и транспортных сетей.

3. В транспортной системе ССП протекают потоки информации от различных источников. Управление распределением разнородного трафика в ней (коммутация и прозрачная передача информации пользователя) осуществляется с помощью оборудования "Softswitch" в архитектуре которой предусмотрены четыре функциональные плоскости: транспортная, управления обслуживанием вызова и сигнализации, услуг и приложений и эксплуатационного управления.

4. Плоскость услуг и приложений содержит логику выполнения услуг и/или приложений в сети IP-телефонии и управляет этими услугами путем взаимодействия с устройствами, находящимися в плоскости управления. Она может также управлять специализированными компонентами передачи пользовательской информации, например, медиасерверами, которые выполняют функции конференц-связи и т.п. Управление информационными потоками на уровне предоставления услуг осуществляется подсистемой управления услугами-интегрированными системами, которые, как и узлы, являются частью сетевой инфраструктуры. В число услуг входят услуги предоставления связи и доступа в сеть Интернет и другим видам информации.

5. В целях системного исследования характеристик потоков физическую структуру инфокоммуникационной сети целесообразно представить в виде «активных» и «пассивных» коммуникационных центров, к которым подключены помимо терминальных систем и системы обработки информации или только терминальные системы;

6. Предложен новый подход к исследованию потоковых процессов в сетях, основанный на совместном учете процессов как в транспортной системе так и в системах обработки информации инфокоммуникационной сети следующего поколения

7. Получено выражение для суммарного среднего времени задержки заявок пользователей, учитывающее времени пребывания заявок в транспортной системе и в системе обработки данных;

8. Создан алгоритм распределения потоков в инфокоммуникационной сети следующего поколения, в которой задача распределения потоков решается в два этапа: в первом – реализуется подзадача распределения потоков «транзитного» трафика, а во втором - подзадача распределения потоков «активного» трафика между системами обработки информации (между компьютерными системами) сети;

9. Разработанный алгоритм распределения потоков в сети с заданной топологической структурой позволяет для каждой «нитки» потоков определить кратчайший путь при заданных исходных данных и обеспечивает минимум значения суммарного среднего времени задержки сообщения целом в сети (как в транспортной системе, так и в системах обработки) .

10. На основе вычислительного эксперимента показана эффективность совместного учета временных задержек заявок пользователей в транспортной системе и в системах обработки.

11. В целом выполненная магистерская диссертационная работа охватывает поставленные задачи по рассмотрению потоковых процессов в технологиях NGN и требует продолжение работ по этому направлению. Потому что вопросы качественного обслуживания разнородных заявок пользователей являются чрезвычайно актуальными, сложными и наукоемкой проблемой.

Список использованной литературы

I. Книга Президента Республики Узбекистан Каримова И. А.

1. Каримов И.А. По пути преодоления последствий мирового кризиса, модернизации страны и достижения уровня развитых государств/ Ислам Абдуганиевич Каримов/ Ред. Х. Кутлуков. -Ташкент: Узбекистан, 2010. - 248 с.

II. Основная литература

2. Сахнина А.А. Инфокоммуникационные сети: архитектура, технологии, стандартизация. Под редакцией Москва 2004.210с;
3. Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. - СПб.: Наука и техника, 2005. - 240 с.
4. Рослякова А.В. Сети следующего поколения NGN/Под ред. – М.: Экотрендз. 2008. 420 с.
5. Общий обзор NGN. Рекомендация ИТУ-Т Y.2001 (12/2004).
6. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Технология и протоколы MPLS. - «БХВ □ Санкт-Петербург», 2005, 301 с.
7. Гольдштейн Б.С., Зарубин А.А., Саморезов В.В. Протокол SIP. Справочник. – С.-Петербург. «БХВ Санкт-Петербург». 2005. 455 с.
8. Нишанбаев Т. Н." Оптимизационно-имитационные модели и алгоритмы построения и исследования распределенных вычислительных сетей. Авт. на соискание ученой степени доктора технических наук. «Кибернетика», Ташкент 1994, 22с.
9. Нишанбаев Т.Н., Надем А. Система автоматизации проектирования транспортных каналов компьютерных сетей COMSET. В тр. Республиканской конференции «Современные проблемы алгоритмизации и программирования» Ташкент, 2001

III. Дополнительная литература

10. Зайченко Ю. П., Гонга Ю. В.. Структурная оптимизация сетей ЭВМ. «Техника» , Киев 1986, 168с.
11. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания «Машиностроение» Москва, 1979,432с.
12. Клейнрок П.С. Вычислительные системы с очередями. «Мир» Москва, 1979, 600с.
13. Мизин И.А., Богатырев В.А., Кулешов А.Ш. Сети коммутации пакетов под общей ред., акад. Семенихина, «Радио и связь», М., 1986, 428.

14. Кристофидес И. Теория графов. Алгоритмический подход. Перевод с англ. «Мир», Москва, 1978, 432с.
15. Сергиенко И.В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. Киев, «Наукова думка», 1985, 384с.
16. Финкельштейн Ю.Ю. Приближенные методы и прикладные задачи дискретного программирования. Москва, «Наука», 1976, 295с.

IV. Публикации в научно-технических журналах

17. Нишанбаев Т. Н., Усманова Н.Б., Мирхабибов А. Архитектура и особенности современных инфокоммуникационных сетей. Ахбороткоммуникациялар: тармоқлар технологиялар ечимлар. 4(12)/2009 Тошкент, 13-17 б.

V. Интернет сайты

18. www.intuit.ru (ИНТУИТ национальный Открытый Университет)
19. www.niits.ru (НИИ Телекоммуникационных систем)
20. www.elsv.ru (журнал "Электросвязь")