ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА

Факультет СС, СК и ВТ

Допустить к защите

Зав. кафедрой _____

«____»_____2009г.

Дипломная работа

на тему

Разработка универсального интерфейса

в рамках концепции ABC, обеспечивающего

доступ к FMC-услугам

Дипломник _____ Садовников В.Ю.

Руководитель работы _____ д.т.н., проф. Гольдштейн Б.С.

Консультанты кафедр:

Выпускающей _____ _____

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2009 г.

/* задание */

/* задание */

РЕФЕРАТ

Происходящая в области телекоммуникаций конвергенция фиксированной и мобильной связи (***FMC - Fixed Mobile Convergence***) привлекает все большее внимание специалистов.

На основе существующих технологий проектируются и внедряются новые, которые радикально отличаются от технологий прошлых лет. Это отличие заключается в том, что основной точкой опоры является уже не сеть, предоставляющая пользователю конкретную услугу, а сама услуга. В связи с этим встают задачи поиска механизмов, позволяющих предоставить как уже имеющиеся услуги, так и добавить широкий спектр новых, не отказываясь от используемых на сегодняшний день технологий и сетей доступа, в тоже время гарантируя, что новые стандарты безболезненно вольются в сформировавшуюся инфраструктуру.

Дипломная работа посвящена разработке универсального интерфейса, который обеспечил бы прозрачный доступ к услугам конвергентной сети (FMC-услугам) вне зависимости от используемых технологий и сетей доступа.

Пояснительная записка, объемом 57 страницы, содержит 11 рисунков. При написании работы использовано 18 литературных источников.

Перечень ключевых слов: конвергенция, конвергенция фиксированной и мобильной связи, FMC-услуга, процессы конвергенции, абонент, мобильное устройство, пользовательский терминал, функция, сеть доступа, технология доступа, концепция ABC, постоянное наилучшее соединение, компонентная модель, универсальный интерфейс, типовой сценарий, прозрачный выбор, математическая модель.

В дипломной работе обозначена проблематика, предусматривающая создание технологии доступа к FMC-услугам. В качестве технического решения предложена концепция постоянного наилучшего соединения (ABC - Always Best Connected).

Сформирован собственный подход к использованию концепции ABC, так как на данный момент ABC не имеет установленных спецификаций, находясь в стадии зарождения и широкого обсуждения разработчиками всего мира. Определены основные задачи по обеспечению постоянного наилучшего соединения и выделены для их решения соответствующие функции. Предложена инкапсуляции функций в компоненты, реализованная в виде компонентной модели.

Для компонентной модели разработаны сценарии по предоставлению FMC-услуг в реальных сетях, демонстрирующие принцип работы универсального интерфейса по обеспечению прозрачного выбора, подключения и использования сети доступа, а также перехода из одной сети в другую.

Предложена математическая модель и сформулирован численный метод по принятию решения о выборе наилучшей сети доступа, рассмотрен наглядный пример.

В целом, доказана перспективность использования концепции ABC в качестве технологии доступа к конвергентным услугам будущего.

.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ 7
На русском языке 7
На английском языке 7
ВВЕДЕНИЕ 10
1. Конвергенция. FMC 14
1.1. Что есть конвергенция? 14
1.2. Конвергентные процессы FMC 16
1.3. База для воплощения FMC. Новая проблематика в FMC. 19
2. Концепция ABC 23
2.1. Общее представление об ABC 24
2.2. Задачи и функции ABC 26
3. Компонентная модель ABC 29
4. Предоставление FMC-услуги в рамках ABC 34
4.1 Сценарий организации доступа к FMC-услуге 34
4.2. Сценарий переключения сети доступа при предоставлении FMC-услуги .. 36
4.3 Типовой сценарий предоставления FMC-услуги 37
5. Математическая модель выбора наилучшей сети доступа 42
5.1 Численный метод выбора наилучшей сети 44
5.2. Пример выбора наилучшей сети доступа 47
6. Куда двигаться дальше? 50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 52
ЛИТЕРАТУРА 53

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

На русском языке

КПК - Карманный Персональный Компьютер;

ОКС7 - Система Общеканальной Сигнализации № 7;

ТфОП - Телефонная сеть Общего Пользования;

На английском языке

ABC - Always Best Connected, постоянное наилучшее соединение;

AM - Access Manager, Менеджер управления доступом;

APP/UI - Application/User Interface, приложение/пользовательский интерфейс;

ATM - Asynchronous Transfer Mode, системы асинхронной передачи данных;

DOCSIS - Data Over Cable Service Interface Specifications, спецификации по передаче данных по коаксиальному кабелю;

DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol, протокол динамической конфигурации узла;

EDGE - Enhanced Data rates for GSM Evolution, расширение скоростей передачи данных для развития GSM-сетей;

ETSI - European Telecommunications Standards Institute, Европейский институт стандартизации телекоммуникаций;

FMC - Fixed-Mobile Convergence, конвергенция фиксированной и мобильной связи;

GERAN - GSM EDGE Radio Access Network, беспроводная сеть доступа стандарта GPRS/EDGE;

GPRS - General Packet Radio Service, пакетная радиосвязь общего пользования;

GPS - Global Positioning System, глобальная система позиционирования;

GSM - Global System for Mobile Communications, стандарт глобальной сети мобильной связи;

IETF - Internet Engineering Task Force, Консорциум по развитию и продвижению стандартов сети Internet;

IM - Instant Messaging, сервис по обмену мгновенными сообщениями;

IMS - IP Multimedia Subsystem, мультимедийная подсистема на базе сетевого протокола IP;

IP - Internet Protocol, Межсетевой протокол;

LM - Link Manager, менеджер управления звеном;

MMS - Multimedia Messaging Service, сервис обмена мультимедийными сообщениями;

MOD - Music On-Deman, музыка по запросу;

NGN - Next Generation Networks, конвергентные сети нового поколения;

OSI - Open System Interconnected, взаимодействие открытых систем;

PS - Packet Scheduler, планировщик пакетов;

QoS - Quality of Service, качество предоставления услуги;

RT - Routing Table, таблица маршрутизации;

SDH - Synchronous Digital Hierarchy, синхронная цифровая иерархия;

SIP - Session Initiation Protocol, протокол инициации сессий;

SLA - Service Level Aggreement, соглашение об уровне предоставляемой услуги;

SMPP - Short Message Peer-to-Peer, протокол, описывающий взаимодействие конечного клиента с SMS-сервером;

SMS - Short Message Service, система обмена короткими сообщениями;

TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol, стек протоколов сети Интернет;

UI - User Interface, пользовательский интерфейс;

UMTS - Universal Mobile Telecommunications System, универсальная система мобильной связи;

UTRAN - UMTS Terrestrial Radio Acess Network;

VPN - Virtual Private Network, виртуальная частная сеть;

VCC - Voice Call Continuity, непрерывность голосового вызова;

VoIP - Voice over IP, передача речевого трафика по IP-сетям;

WAL - Wireless Adaptation Layer, уровень адаптации к беспроводным сетям;

WiMAX - Worldwide Inter-operability for Microwave Access;

xDSL - x Digital Subscriber Line, цифровая абонентская линия;

3GPP - 3rd Generation Partnership Project;

ВВЕДЕНИЕ

Развитие телекоммуникационной индустрии, основанной на использовании современных высоких технологий, становится невозможным без тесной международной интеграции. Одним из подтверждений этому является активно реализуемая на протяжении ряда лет в разных странах мира тенденция по объединению имеющихся фиксированных (стационарных) и мобильных сетей связи (FMC - Fixed Mobile Convergence). Ведь в настоящее время услуга телефонии может быть реализована как в фиксированной проводной сети, так и посредством сетей подвижной связи, а еще есть IP-телефония в сетях передачи данных.

В связи с этим рынку придется пережить структурное разделение операторского бизнеса, заявленное как один из приоритетов регулирования в Евросоюзе. Сейчас взаимодействие между операторами, например, разных стран воспринимается как желательная, но необязательная опция. В любом случае оператор, даже не имея связи с другими странами, чувствует себя замечательно, так как в его власти находятся и сетевые идентификаторы (телефонные номера), и условия доступа к другим сетям, и услуги, которые в них предоставляются, и конечное оборудование, то есть вся цепочка добавленной стоимости. Все деньги, которые тратятся в этой сети доступа, принадлежат оператору, и это приводит к тому, что «все дорого и плохо».

Ограниченными остаются свобода и возможности абонента: на сегодняшний день пользовательский терминал не знает, что делать с существующим множеством сетей доступа, потому что, как было отмечено выше, каждая сеть доступа – отдельная инфраструктура. При этом, технология построения сети доступа у каждого оператора своя, что вынуждает пользовательское устройство приспосабливаться к огромному количеству стандартов и протоколов. И вся эта «рутина» возглагается не на оператора, не на оборудование, а на конечного пользователя (end-user), который вынужден перенастраивать и адаптировать

устройство при переходе из одной сети в другую. На самом же деле, пользователь не должен задумываться ни об архитектуре сетей, ни о деталях их реализации, ни о деталях предоставления услуг. Данной проблемой должны совместно заниматься операторы сетей и производители терминального оборудования.

Решением этой проблемы, по мнению многих специалистов, является концепция FMC. Абоненты, не задумываясь о своем местоположении, должны иметь возможность активно пользоваться нужными им FMC-услугами. Центром внимания при таком подходе становится услуга, а не сеть.

Существующие сети связи способны стать базой для продвижения FMC-услуг, основанных на объединении свойств различных сетей доступа (стандартов UTRAN, GERAN, WiFi/WiMAX, DOCSIS, xDSL и др.). На сегодняшний день наиболее разумным решением для развития FMC признана платформа IMS (IP Multimedia Subsystem). В архитектуре IMS используются стандартизированные протокол транспорта IP (Internet Protocol) и протокол инициации сессий SIP (Session Initiation Protocol). Однако эти протоколы сейчас поддерживают далеко не все существующие сети доступа, и это создаёт затруднения в развитии FMC, так как переход из одной сети в другую должен быть прозрачным, то есть незаметным для пользовательского устройства в процессе пользования сервисами. Поэтому вопрос встаёт за пользовательским терминалом и сетями доступа, то есть за соответствующей технологией доступа к FMC-услугам.

На сегодня такая технология в стадии зарождения. Как многообещающее решение широко исследуется концепция постоянного наилучшего соединения (концепция ABC). Установленных стандартов по ABC еще нет, и создание их в имеющихся научных публикациях излагается по-разному. Кроме этого, свои варианты реализации предлагают и разные производители пользовательских терминалов.

В связи с вышеизложенным, понятна актуальность данной дипломной работы, в названии которой («Разработка универсального интерфейса в рамках концепции

АВС, обеспечивающего доступ к FMC-услугам») сформулирована поставленная для решения задача.

В дипломной работе сформирован собственный подход к использованию концепции АВС, в рамках которой разработан универсальный интерфейс, обеспечивающий предоставление FMC-услуги вне зависимости от технологий и сетей доступа доступа, обеспечивающий прозрачный выбор, подключение и использование сети доступа, а также переход из одной сети доступа в другую. Предложенный абстрактный механизм, создающий среду для взаимодействия пользовательских приложений и сервисов, располагается на нижних уровнях модели ЭМ ВОС (OSI).

Отмечая, что на сегодняшний день для оказания FMC-услуг основные элементы уже определены, а для их предоставления предложена архитектура конвергентной сети, базирующаяся на платформе IMS, в разделе 1 дано представление о конвергенции, FMC и конвергентных процессах FMC. Сформулирована новая проблематика FMC, которая предусматривает создание технологии доступа к услугам и является отправной точкой для данной дипломной работы.

В разделе 2 обоснованы два ключевых момента, которые следует предусматривать при поиске технического решения по предоставлению FMC-услуг в разных сетях. В результате, осуществлен подход к концепции постоянного наилучшего соединения (АВС – Always Best Connected), как одному из вариантов поиска такого решения. Дано общее представление об АВС в рамках FMC, определены основные задачи и функции по обеспечению постоянного наилучшего соединения.

В разделе 3, базируясь на задачах и функциях АВС, выделенных в разделе 2, предложен вариант компонентной модели АВС, на основе которой создан универсальный интерфейс доступа к FMC-услугам, обеспечивающий переход из одной сети доступа в другую. Универсальность заключается в том, что для

пользовательского приложения создаётся иллюзия работы всегда в одной сети доступа.

В разделе 4 разработан типовой сценарий по предоставлению услуг в существующих сетях, который наглядно демонстрирует принцип работы универсального интерфейса.

В разделе 5 представлена математическая модель для выбора наилучшей сети доступа, обоснован и сформулирован численный метод принятия решения, согласно которому должен функционировать универсальный интерфейс предложенной в работе компонентной модели ABC. Рассмотрен наглядный пример.

Поскольку дипломная работа актуальна, то в разделе 6 представлены области возможного ее использования, упомянуты исследовательские проблемы и задачи, с которыми ещё предстоит работать .

1. Конвергенция. FMC

Услуги мобильной связи занимают все большую долю в структуре общих расходов на связь, в то время как доходы операторов стационарной связи падают, в основном из-за перетекания абонентов в мобильный сегмент, замещения стационарных услуг мобильными. Именно поэтому сегодня наблюдается увеличение интереса к конвергентным услугам у операторов фиксированной связи. Эта глобальная тенденция привела к востребованности, а вместе с тем и к необходимости скорейшего внедрения технологии FMC, позволяющей объединить эти два сегмента связи.

Инициативу о скорейшей интеграции поддерживают крупнейшие производители сетевых программно-аппаратных решений, которые стремятся занять свои позиции в новом сегменте рынка и предлагают собственные подходы и решения. Многие операторы видят свое будущее в FMC, что позволит им предлагать клиентам в неограниченном масштабе целый спектр новых услуг. Заинтересованы в FMC корпоративные заказчики, ну и конечно же интеграторы.

1.1. Что есть конвергенция?

«Для термина «конвергенция», который активно используется многими специалистами, пока не сформулировано внятное определение» [1]. Если рассматривать абстрактный термин, то конвергенция (лат. convergo – сближаю) – это процесс сближения, схождения (в различных смыслах), компромисса, стабилизации.

В телекоммуникациях конвергенция – это процесс сближения нескольких продуктов или технологий. «Как результат, могут появиться новые устройства, услуги, сервисы, предоставляющие либо новые возможности, либо более выгодные условия использования» [2].

Из-за отсутствия общепринятого определения термин FMC часто понимается по-разному, чаще неправильно: иногда он используется в значении единого

биллинга в области услуг фиксированной и мобильной связи, или же под ним подразумевается применение одного абонентского устройства для фиксированной и мобильной телефонии.

Идея же FMC состоит в том, что современная связь – это не свойство аппарата, подключенного к фиксированной или мобильной сети, а «закрепленный» за клиентом сервис, который может быть многофункциональным, доступным в любой точке земного шара и при этом сочетать в себе комфортность работы и легкость в настройке. С FMC-сервисами сеть подстраивается под абонента, а не наоборот. Даже телефонные аппараты фиксированной связи в среде FMC становятся гибкими устройствами, ориентированными на разнообразные услуги, представляемые абонентам.

Конвергенция фиксированной и мобильной связи (FMC) – это тенденция, подход к обслуживанию клиента, и очевидными становятся такие задачи, как:

- поиск технологических решений;
- устранение социально-экономических препятствий;
- преодоление бизнес-понятийных барьеров.

«Пытаясь объединить технико-экономическую (на уровне вендор/оператор) и социально-экономическую (на уровне оператор/абонент) составляющие, под FMC будем понимать процессы изменения сетевых архитектур и бизнес-моделей операторов, а также процессы изменения логики предоставления телекоммуникационных услуг, которые приводят к возникновению инфокоммуникационной инфраструктуры, отвечающей принципам:

- бесшовности на уровне коммутационных устройств, архитектур и услуг;
- гибкости в способах доступа пользователя к услугам связи;
- распространения конвергентных абонентских терминалов;
- персонализации с возможностями настройки услуг из мобильного и фиксированного миров;
- предоставления услуг наиболее удобным и эффективным образом в

зависимости от условий их предоставления» [3].

1.2. Конвергентные процессы FMC

При поиске технологического решения для FMC на сегодняшний день конвергентные процессы классифицируются как (см. рис. 1):

- процессы конвергенции сетей доступа;
- процессы конвергенции сервисов и приложений;
- процессы конвергенции оборудования.

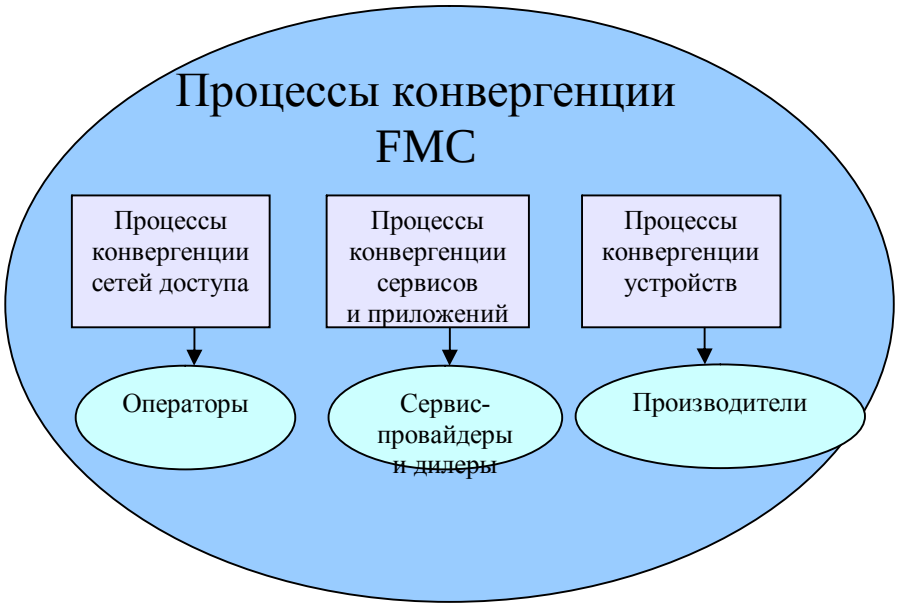


Рис. 1. - Процессы конвергенции FMC.

Под **процессами конвергенции сетей доступа** следует понимать опору на единую инфраструктуру при оказании мобильных, фиксированных и конвергентных услуг, то есть конвергенция сводится к переходу всех видов связи на единую транспортную платформу.

В результате:

- беспроводные сети доступа (WiFi, WiMAX, GSM/GPRS/EDGE, UMTS, и др.) с единым протоколом передачи данных обеспечат абоненту свободу перемещения с мобильным устройством;

- функция транспорта возложится на фиксированные сети (ТфОП, SDH, ATM, Ethernet и т.д);
- операторы связи не будут продавать ничего кроме доступа к транспортной среде. Сегодня же операторы продают всевозможные услуги, реализуемые в их сети, стараясь выжать максимум из своих сетей.

Конвергенция сетей для сотовых компаний уже началась, в виде ухода трафика SMS и MMS с традиционных платформ (например, ОКС7), в сторону IP, где для транспортировки SMS используется протокол SMPP.

Под **процессами конвергенции сервисов и приложений** подразумевается закрепление за пользователем определённого набора услуг, которыми он может воспользоваться из любой точки мира через любую конвергентную сеть доступа.

В результате:

- появится большое количество сервис-провайдеров, предоставляющих свой спектр услуг, и сформируется конкурентный рынок услуг. Сегодня же сам оператор является также сервис-провайдером, все деньги, которые тратятся в его сети, остаются ему, и это приводит к тому, что «всё дорого и плохо» [4];
- пользователь будет иметь право выбора конкретной услуги у определённого сервис-провайдера;
- пользователю будет выставляться единый консолидированный счёт вне зависимости от объёма предоставленных ему услуг сервис-провайдерами в сетях доступа операторов. Скорее всего, выставлением единого счёта для пользователя займутся дилинговые центры (дилеры), на которых также будут возложены взаиморасчёты с операторами и сервис-провайдерами. А, возможно, это будет ещё один вид конвергентных процессов – *конвергенция биллинга.* Например, уже сегодня существуют и функционируют схемы дилинга, где имеется один провайдер, предоставляющий часть своего ресурса дилерам, которые, в свою очередь, ищут клиентов.

Приведём примеры сервисов и приложений, которые сегодня являются объектами конвергенции [5]:

- голосовая телефония: проводная, мобильная, IP-телефония (через сети передачи данных);
- передача текста - SMS, e-mail, IM, факс;
- веб-браузинг;
- мультимедиа - видео, ТВ, радио, музыка по требованию (MOD), аудио/видеоподкастинг;
- интернет-сервисы - социальные сети, чаты, форумы и т.п.;
- сервис глобального позиционирования (GPS, GPRS).

Сервисы, которые появились в результате конвергенции:

- "связывание" call-центров с мобильными телефонами клиента;
- осуществление переадресации на любые телефоны в зависимости от места нахождения клиента;
- введение системы внутренних коротких номеров среди мобильных номеров сотрудников одной компании или альянса компаний;
- виртуальные частные сети VPN;
- услуга "прямого" мобильного номера.

Под **процессами конвергенции оборудования** понимается внедрение новых терминальных устройств, задача которых заключается в предоставлении пользователю любых сервисов вне зависимости от технологии доступа. Абоненту не надо будет задумываться об архитектуре и деталях реализации сетей доступа, а также заниматься настройкой устройства при переходе из одной сети в другую.

В результате, конвергентное устройство:

- обеспечит отвязанность абонента от конкретной сети и, соответственно, условий и тарифов одного оператора;

- станет интеллектуальнее;
- сможет работать в нескольких режимах и поддерживать большое число интерфейсов, таких как GSM/GPRS, UMTS, WiFi, WiMAX, Bluetooth и др.

Конвергенция оборудования сконцентрирует внимание производителей на развитии сетей доступа и устройств, на которые будет устойчивый (а лучше растущий) спрос.

Самый простой и наглядный пример конвергентного устройства – это смартфон, поддерживающий не только сети GSM и UMTS, но и работающий с беспроводными сетями WiFi, WiMAX, системой глобального позиционирования GPS. Всё большее распространение на рынке получают персональные медиапроигрыватели с поддержкой беспроводных локальных сетей и интернет-планшеты, ориентированные в первую очередь на доступ в сеть Интернет через сети беспроводной связи.

На сегодняшний день хочется отметить технологию двухрежимного хэндовера VCC (Voice Call Continuity), которая напрямую вытекает из технологий беспроводного доступа. Эта технология позволяет достичь непрерывности голосового соединения при переходе абонента из фиксированной сети в мобильную и наоборот [6]. Первая коммерческая эксплуатация этой услуги была реализована в 2006 г. компанией Huawei Technologies. В её реализации взаимодействуют все вышеперечисленные конвергентные процессы FMC.

1.3. База для воплощения FMC. Новая проблематика в FMC.

Развитие FMC пришлось на момент перехода на IP-технологии, а на их основе – сетей нового поколения (NGN - Next Generation Networks) с учётом того, что мир связи становится широкополосным.

Существующие сети связи способны стать основой продвижения конвергентных услуг, основанных на объединении свойств различных сетей доступа (см. рис. 2, рис. 3).

Из рис. 2 и рис. 3 видно, что вне зависимости от того, какая сеть доступа используется (UTRAN, GERAN, WiFi/WiMAX, DOCSIS, xDSL) и какая в ней применяется технология доступа, пользователь может обратиться к сервисам (Internet, операторским услугам, ТфОП, серверам приложений, Intranet) со своего терминального устройства (мобильный телефон, КПК, смартфон, ноутбук, персональный компьютер и т.д.) за счёт использования единой транспортной среды (IP-каналы связи операторов), которая заканчивается медиашлюзами и серверами приложений.

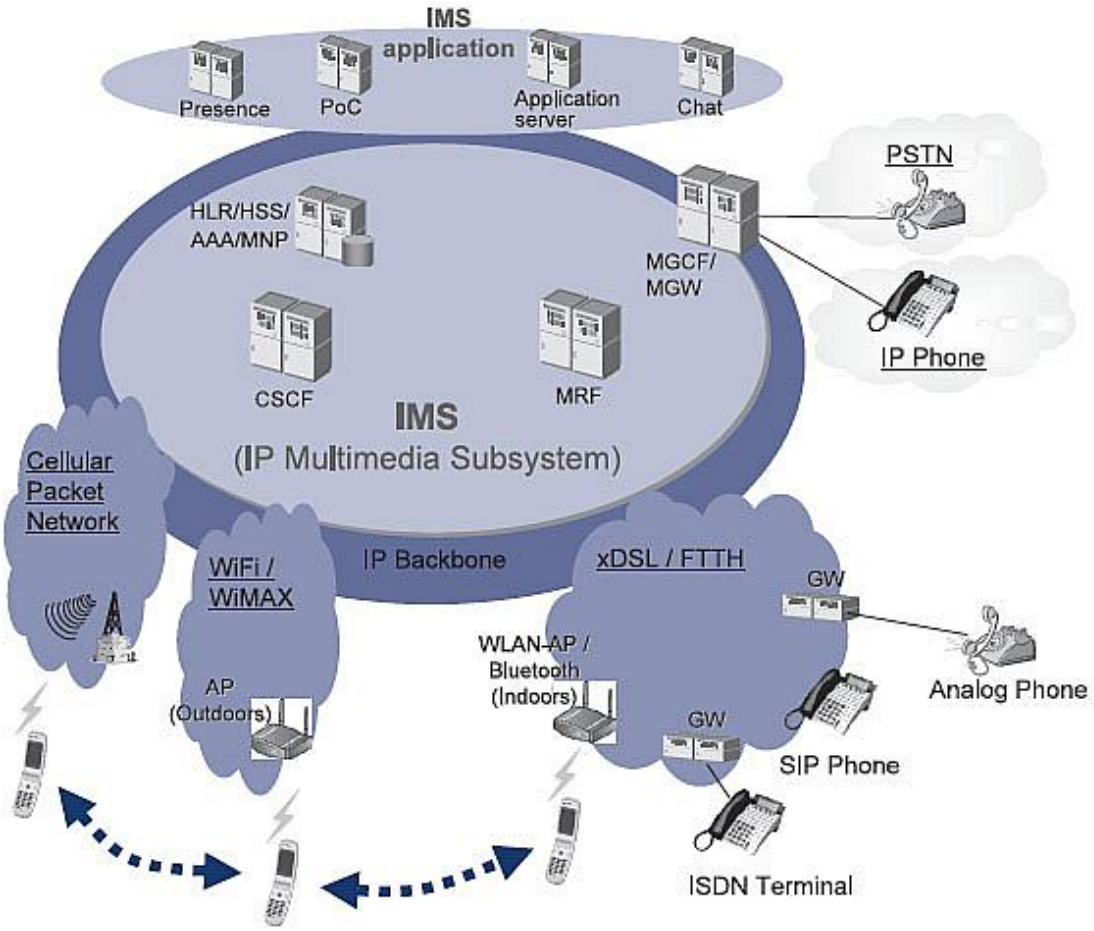


Рис. 2. - FMC на базе IMS.

Сегодня в архитектуре NGN для оказания FMC-услуг используются два основных элемента:

– платформа IMS (IP Multimedia subsystem) в качестве структурно-

функционального элемента;

- пользовательский терминал и сети доступа как технологический элемент.

Платформа IMS – это стандартизированная архитектура сетей NGN, реализующих передачу голоса и данных в единой транспортной сети с применением открытых стандартов, принятых организациями 3GPP (3rd Generation Partnership Project), ETSI (European Telecommunications Standarts Institute), IETF (Internet Engineering Task Force) и др. FMC на базе IMS представлена на рис. 2.

IMS «представляет собой набор функций, соединённых стандартными интерфейсами. Разработчики вправе скомбинировать несколько функций в одном физическом объекте или, наоборот, реализовать одну функцию распределённо, однако чаще всего физическую архитектуру ставят в соответствие функциональной и реализуют каждую функцию в отдельном узле» [3].

В архитектуре IMS используются стандартизированные протокол транспорта IP (Internet Protocol) и протокол инициации сессий SIP (Session Initiation Protocol). Однако эти протоколы сейчас поддерживают далеко не все существующие сети, что создаёт затруднения в развитии FMC, так как переход из одной сети в другую должен быть прозрачным, то есть незаметным для пользовательского устройства в процессе предоставления сервисов. Поэтому, вопрос встаёт за пользовательским терминалом и сетями доступа, то есть за соответствующей технологией.

Таким образом, на сегодняшний день (см. рис. 3) для предоставления FMC-услуги определена архитектура FMC на базе IMS. Новой проблематикой FMC является создание технологии доступа к FMC-услугам, для выбора которой в разделе 2 сформулированы и обоснованы ключевые моменты.

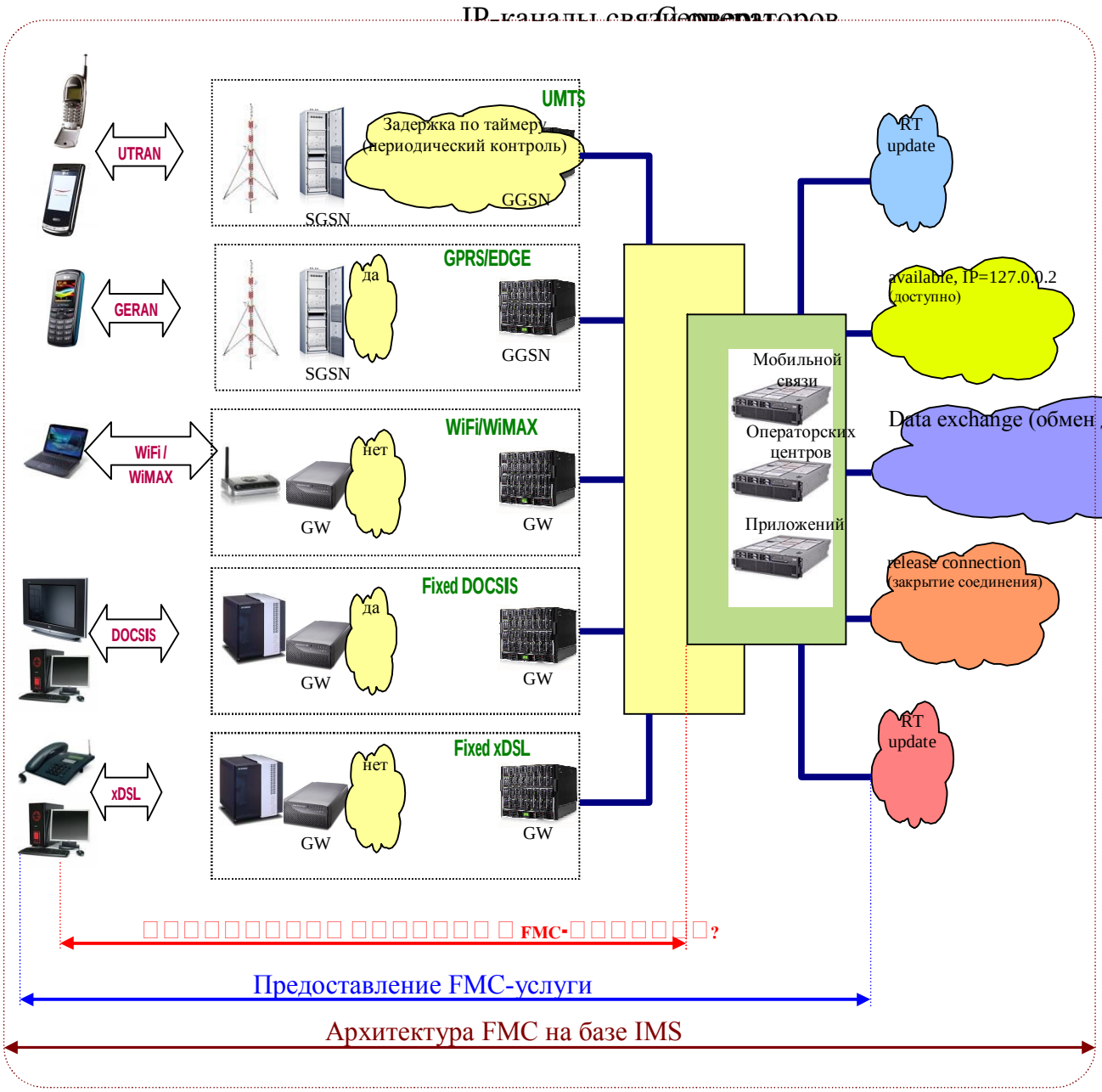


Рис. 3. - Новая проблематика в FMC.

2. Концепция ABC

Единая среда передачи для FMC в идеале подразумевает, что:

- для всех существующих сетей должна быть *создана единая инфрастуктура*;
- все пользовательские устройства должны *иметь единый интерфейс доступа*.

На сегодняшний день выполнение этих условий весьма проблематично, так как нет единого стандарта для существующих сетей доступа. *Создание единой инфраструктуры* со стандартным интерфейсом требует значительно больших финансовых затрат, чем решение задач по адаптации уже существующих сетей. Кроме того, следует заметить, что в связи со стремительным развитием инфокоммуникационных технологий полученный *единый стандарт интерфейса доступа* на момент его принятия может оказаться устаревшим.

Исходя из написанного выше, следует, что в техническом решении проблемы прежде всего следует предусматривать два ключевых момента:

1) разработка должна исходить из уже имеющихся технологий и сетей доступа;

2) запрещается привязка к конкретным технологиям и сетям доступа для возможности добавления новых стандартов.

Одним из возможных вариантов такого решения может стать концепция **постоянного наилучшего соединения (ABC – Always Best Connected)**, которая на данный момент широко исследуется как перспективный подход к предоставлению FMC-услуг.

Следует отметить, что установленных стандартов по данной технологии ещё нет и в имеющихся научных статьях разработка концепции ABC излагается по-разному.

Поскольку спецификации по ABC на сегодняшний день ещё не установились, то в дипломной работе сформирован свой подход к этой технологии, который представлен в следующих разделах.

2.1. Общее представление об ABC

ABC (Always Best Connected) – постоянное наилучшее соединение [7], по сути, подразумевает автоматический выбор пользовательскими устройствами сети доступа в соответствии с заданными критериями и требованиями, которые предъявляются к среде передачи для реализации конкретной конвергентной услуги.

Из [8] следует, что ABC - это рабочая среда, которая обеспечивает:

- управление мобильностью (непрерывность сессии);
- поиск способов доступа и их выбор;
- аутентификацию и безопасность;
- управление профилями.

Важно отметить, что постоянное наилучшее соединение необходимо как для мобильных устройств (свободно перемещаемых устройств, имеющих автономные источники электропитания), так и для фиксированных устройств (настольный компьютер, стационарный телефон и т.п.).

Таким образом, исходя из вышепредставленных определений, ABC – это технология выбора и переключения соединений в сетях доступа, так как пользовательский терминал, учитывая свои возможности, должен по сведениям об имеющихся сетях доступа выбрать одну или несколько сетей для предоставления конкретной услуги в рамках FMC и обеспечить переход из одной сети в другую.

При предоставлении услуг существует необходимость соблюдения следующих

требований:

- защищённость (конфиденциальность);
- соблюдение SLA (Service Level Aggreement – соглашение об уровне предоставляемой услуги);
- соответствие стандартам (например, на сегодняшний день WiMAX не имеет единого стандарта);
- непрерывность.

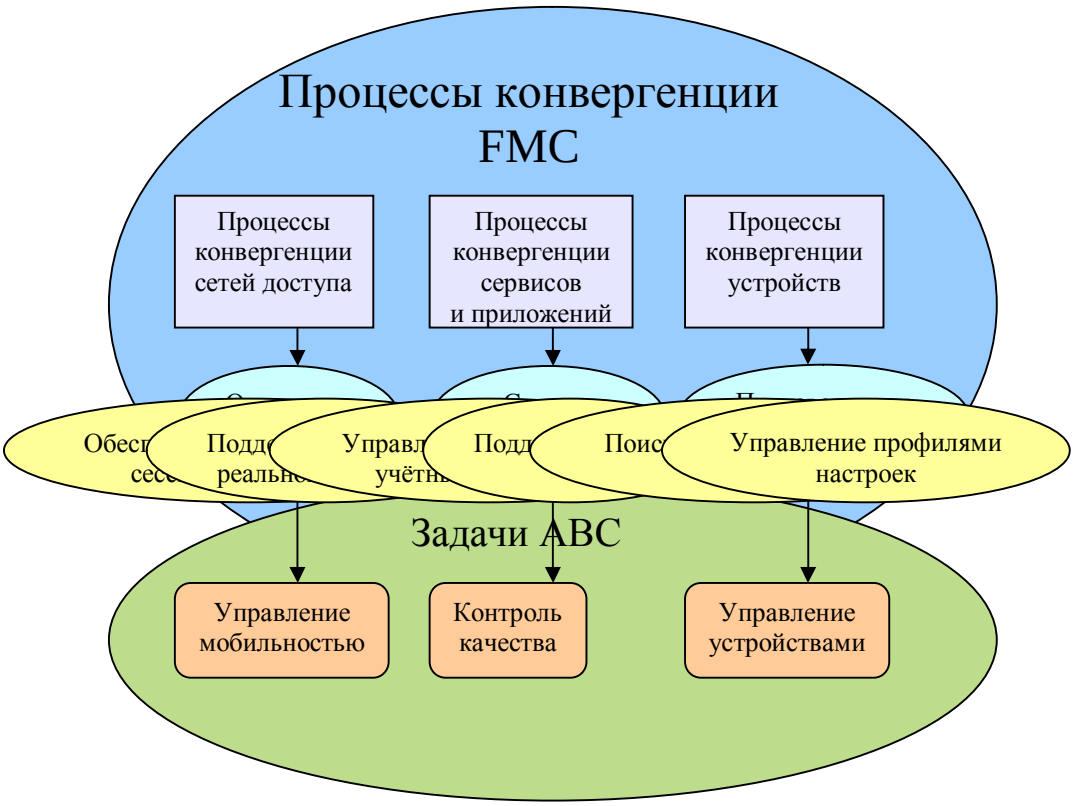


Рис. 4. - Общее представление об АВС в рамках FMC.

Учитывая требования, предъявляемые к трафику реального времени в пакетном режиме, выбор соединения должен осуществляться согласно следующим основным критериям:

- скорость передачи данных;
- среднее время задержки данных;
- вариация задержки данных;
- надёжность соединения;

- вероятность потерь;
- стоимость трафика.

Выше, на рис. 4 показано общее представление об АВС в соответствии с процессами конвергенции FMC.

2.2. Задачи и функции АВС

Рассматривая технологию АВС в рамках FMC (см. рис. 4), можно определить её основные задачи:

- применительно к **процессам конвергенции сетей доступа** АВС функционально выполняет задачу обеспечения мобильности (задача **управления мобильностью**), то есть способности свободного перемещения пользовательского устройства в пространстве;
- относительно **процессов конвергенции сервисов и приложений** АВС реализует требования к среде передачи со стороны конвергентной услуги (задача **контроля качества**), так как для конвергентной услуги требуется соединение в одной или нескольких сетях доступа, которое обеспечивает необходимое качество;
- относительно **процессов конвергенции устройств** АВС управляет устройствами (задача **управления устройствами**), так как, имея большой спектр сетей доступа, мобильное устройство должно обладать большим интеллектом и набором интерфейсов для доступа к этим сетям.

Вышеназванные задачи АВС решаются с помощью соответствующих им функций.

Для задачи **управления мобильностью** используются функции:

- <u>обеспечения непрерывности сессии и её передачи</u> (бесшовный переход из одной сети в другую без разрыва сессии);
- <u>поддержки сервисов реального времени</u> (обеспечение нормальной работы и

максимального времени отклика критичных ко времени сервисов).

Для задачи **контроля качества** необходимо обращаться к функциям:

- управления профилями и учётными записями (хранение единой информации об абоненте, его предпочтениях и требованиях к сервисам, составление персональных расписаний и т.д., т.е. хранение единой учётной записи для доступов и сервисов);
- поддержки AAA: аутентификации, авторизации и аккаунтинга (биллинга).

Для задачи **управления устройствами** реализуются функции:

- поиска способов доступа и их выбора (мобильное устройство находится в постоянном режиме сканирования новых сетей, определения их доступности и возможностей для выбора наиболее подходящих сетей);
- управления профилями настроек (предоставление возможности пользователю задавать критерии и параметры выбора сетей).

В качестве примера можно рассмотреть абонента, который в пределах своего офиса, имея универсальное мобильное устройство (смартфон), может общаться со своими партнёрами, где в качестве сети доступа выступает локальная WiFi-сеть.

Когда абонент покидает зону своего офиса, он продолжает общение, но уже прибегая к технологии GPRS. Его мобильный терминал, используя функцию поиска способов доступа и их выбора, определяет, что локальная WiFi-сеть стала недоступной, поэтому следует с помощью функции обеспечения непрерывности сессии и её передачи осуществить бесшовный переход в GSM-сеть и включить передачу данных через GPRS за счёт функции поддержки сервисов реального времени. Переход должен быть выполнен за очень короткий промежуток времени, чтобы по мере удаления абонента от WiFi-сети уровень сигнала не упал ниже порогового. При этом, абонент может придумать и составить свои персональные профили, пользуясь в своём смартфоне функцией управления профилями настроек.

Например, он может задать расписание, по которому в дневное время ему будет предоставляться максимальная полоса пропускания с минимальной задержкой

передачи информациии и соответствующей высокой оплатой, а в вечернее, свободное от работы время, жёсткие требования к качеству связи предъявляться не будут, и, соответственно, оплата снизится.

Для предоставления услуги функция поддержки AAA позволяет убедиться в подлинности абонента (аутентификация и авторизация) и правильно вести аккаунтинг (биллинг). Проводя процедуру аутентификации и авторизации, система обслуживания абонента проверяет его права на пользование учётной записью, и, обратившись к функции управления профилями и учётными записями, определяет статус абонента. Так как в нашем примере владельцем учётной записи является абонент с особой схемой биллинга, то для него запускается специальная процедура тарификации: за пользование услугами в рабочее время расплачивается фирма, в остальное время услуги оплачиваются самим клиентом.

Ниже рассмотрим инкапсуляцию функций в компоненты («помещение в обёртку») и реализацию этих компонентов.

3. Компонентная модель АВС

В данном разделе представлен вариант компонентной модели АВС, который изображён на рис. 5. Названные ранее функции АВС можно разделить между двумя группами компонент:

- компоненты, реализуемые конвергентными устройствами (**пользовательским терминалом**);
- компоненты, реализуемые телекоммуникационной средой (конвергентными сетями и платформой IMS), которую можно назвать **ядром АВС**.

Показанные на рисунке 5: приложение, UI (User Interface – пользовательский интерфейс) и сервер приложений не являются компонентами АВС. Они являются компонентами, которые необходимы для предоставления FMC-услуг. Для их функционирования компоненты АВС должны предоставлять качественную рабочую среду, то есть поддерживать постоянное наилучшее соединение.

Пример с абонентом, приведённый в разделе 2.2, наглядно поясняет функции АВС и их взаимосвязь, а рисунок 5 представляет компоненты, в которые заключены эти функции.

Однако следует заметить, что однозначного разделения функций АВС между компонентами нет: одна функция может быть декомпозирована (разделена) между несколькими компонентами, в то время как в одном компоненте может быть сконцентрировано несколько функций. Например, функция управления профилями и учётными записями и функция управления профилями настроек декомпозированы между компонентами: *агент управления профилями настроек*, *сервис управления абонентскими профилями* и *сервер управления профилями и учётными записями*. При этом, обе эти функции присутствуют в каждой из компонент.

Для предоставления постоянного наилучшего соединения практически вся информация будет сконцентрирована в компоненте *сервер управления профилями и*

учётными записями. Информация представляет собой модель данных, которая включает в себя:

- профили пользователей;
- характеристики сетей;
- возможности оборудования;
- персональные настройки.

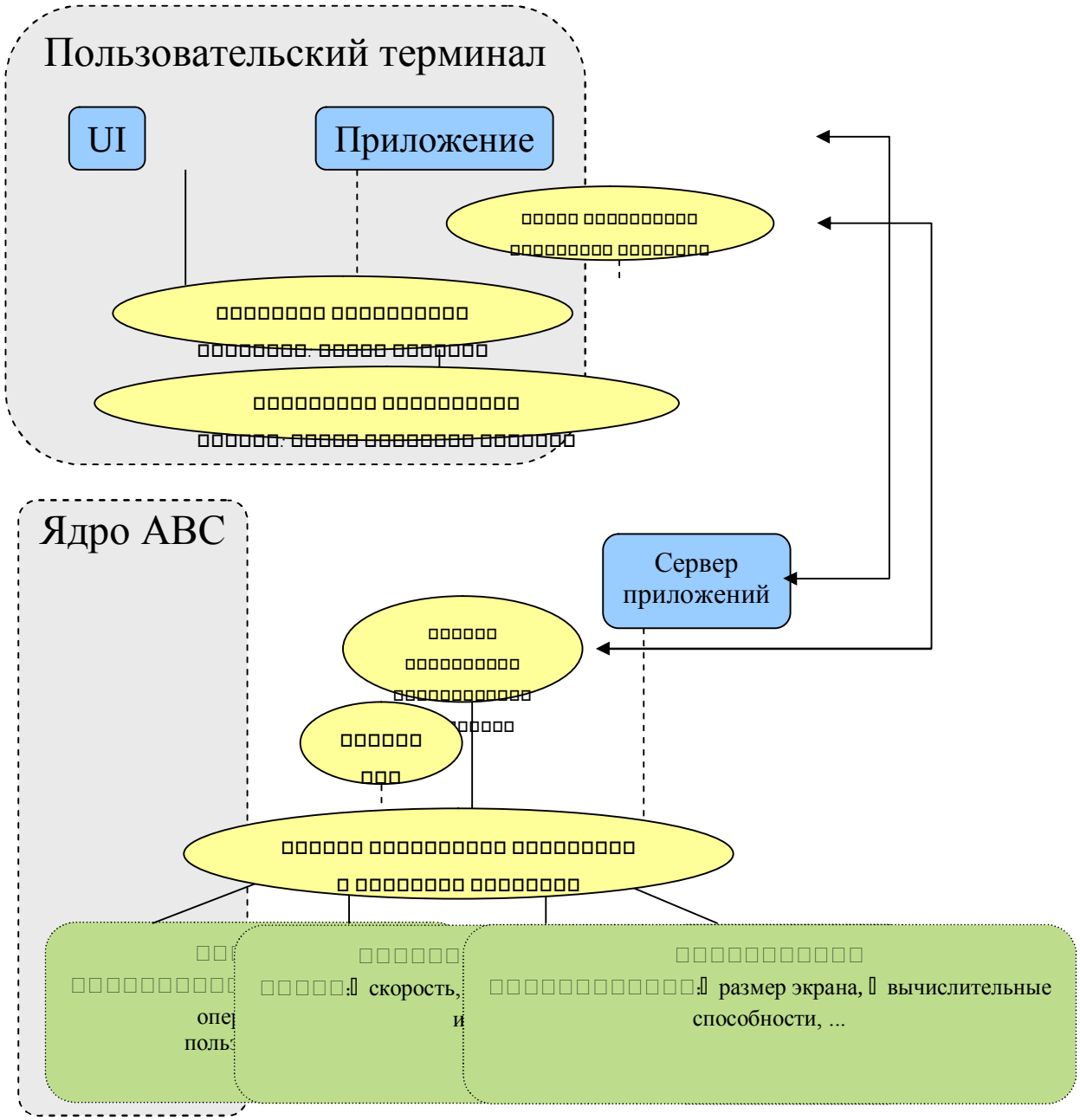


Рис. 5. - Компонентная модель АВС.

Определённые части этой модели данных используются другими компонентами для выполнения возложенных на них функций, поскольку, как уже отмечалось ранее, нет однозначного соответствия между функцией и компонентом.

Наибольший интерес представляют собой компоненты: *менеджер управления доступом* и *менеджеры управления звеном*, так как на них возложена задача реализации бесшовного перехода из одной сети доступа в другую. Эти менеджеры добавляют в стек протоколов TCP/IP уровень адаптации к беспроводным сетям (WAL – Wireless Adaptation Layer) [9], который встаёт между межсетевым и канальным уровнями.

Менеджер управления доступом выбирает одну или несколько наиболее подходящих сетей доступа, используя одного или нескольких менеджеров управления звеном в соответствии с требованиями QoS (Quality of Service – качество обслуживания).

Менеджер управления звеном управляет физическим интерфейсом (WiFi, WiMAX, Bluetooth и т.д.) и обеспечивает контроль соединения, установленного через этот интерфейс. Причём, следует заметить, что за каждым интерфейсом закрепляется индивидуальный менеджер. Упрощённый принцип работы менеджера управления звеном по осуществлению периодического контроля доступности соединения представлен на рис. 6. Он заключается в следующем: периодически проверяется состояние физического соединения (связь доступна или нет). Если соединение с сетью недоступно, то осуществляется попытка его установления с последующим получением IP-адреса у сервера DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol – протокол динамической конфигурации узла). О факте неуспешного установления соединения или об отказе в получении IP-адреса посылается сообщение *менеджеру управления доступом*, который в свою очередь выберет другого *менеджера управления звеном*.

Пример взаимодействия *менеджера управления доступом* (Access Manager –

AM) и *менеджеров управления звеном* (Link Manager – LM1, LM2) изображён на рис. 7.

Составной частью *менеджера управления доступом* является таблица маршрутизации (Routing Table – RT), по которой IP-пакеты маршрутизируются со внутреннего IP-адреса (например, 127.0.0.2), выданного приложению (Application/User Interface – APP/UI), на внеший IP-адрес (например, 192.168.0.1), полученный *менеджером управления звеном* (LM2) в сети доступа по протоколу DHCP.

Следует отметить, что сам *менеджер управления доступом* помимо таблицы маршрутизации включает в себя планировщик пакетов (Packet Scheduler – PS), который распределяет отправляемые пакеты между несколькими соединениями в зависимости от требуемого QoS.

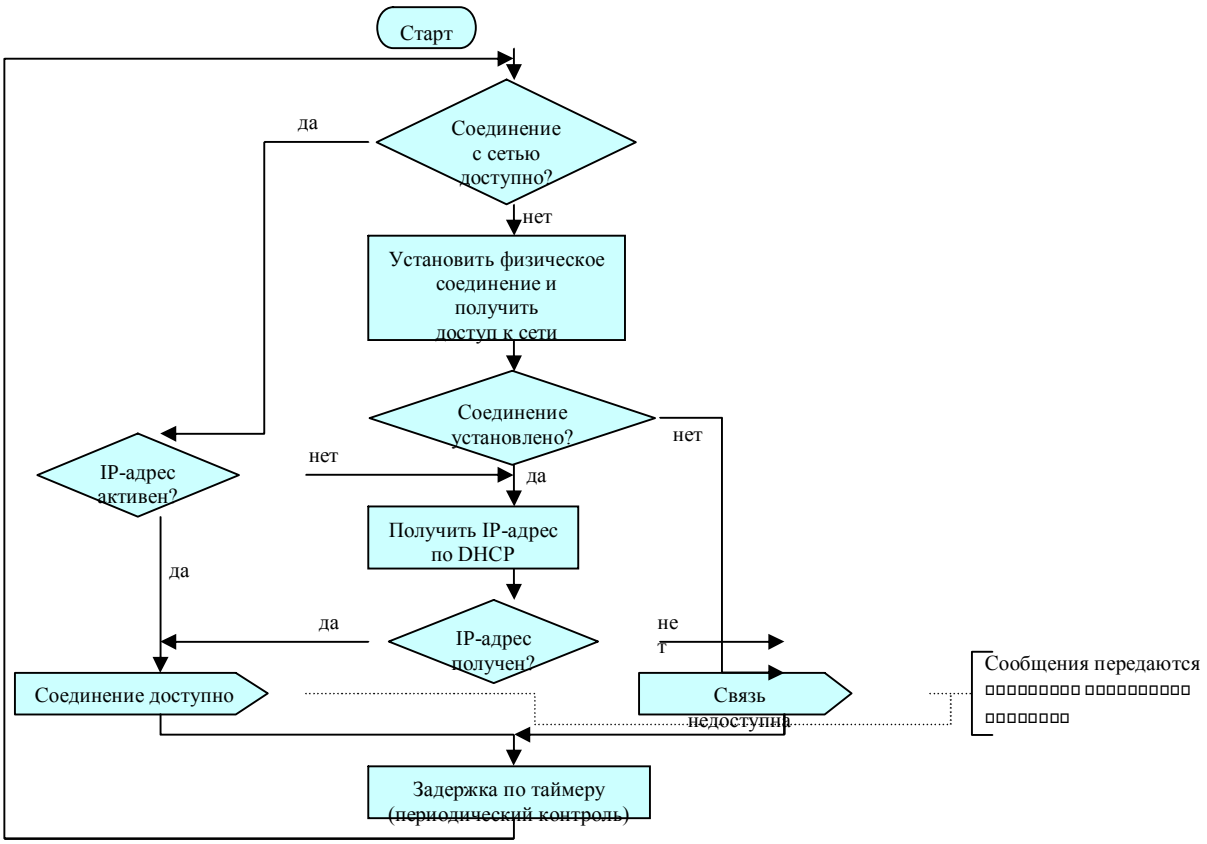
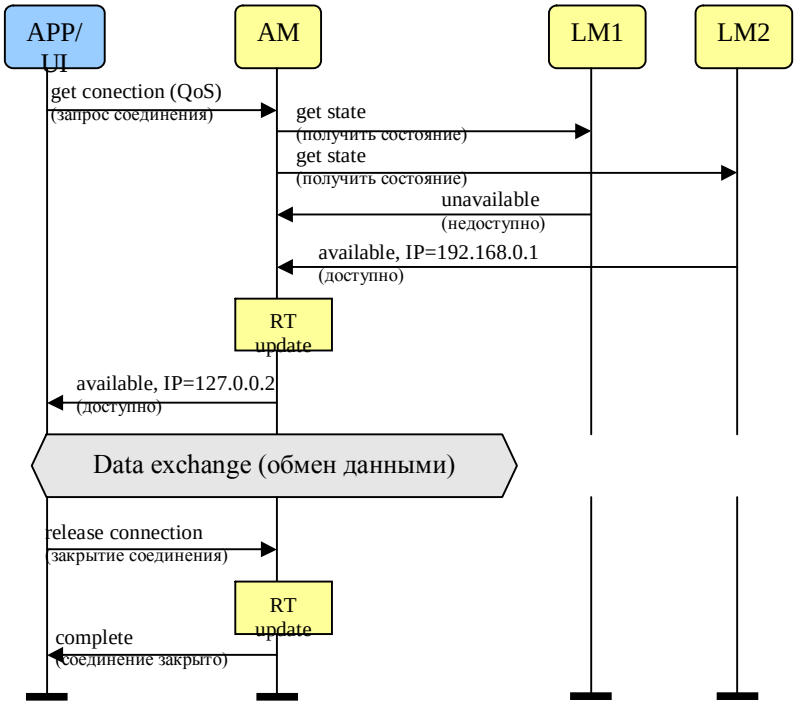


Рис. 6. - Периодический контроль доступности соединения.



APP/UI – приложение / пользовательский интерфейс;
AM – □□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□;
LM1, **LM2** – □□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□;
RT – таблица маршрутизации.

Рис. 7. - Диаграмма взаимодействия менеджеров управления.

Разработанная компонентная модель – это универсальный интерфейс, с помощью которого возможен прозрачный выбор наилучших сетей доступа и переход между ними.

В следующем разделе настоящей работы дается разработка типового сценария по предоставлению FMC-услуги, в котором отражается вся динамика функционирования универсального интерфейса, работающего в существующих сетях.

4. Предоставление FMC-услуги в рамках ABC

Перед тем, как изобразить типовой сценарий по предоставлению FMC-услуги с использованием предложенной компонентной модели были разработаны два простых сценария:

- сценарий организации доступа к FMC-услуге (см. раздел 4.1);
- сценарий переключения сети доступа при предоставлении FMC-услуги (см. раздел 4.2).

В сценариях задействованы две сети доступа: GPRS и WiFi. При этом, для передачи трафика реального времени в каждый момент времени используется только одно соединение.

4.1 Сценарий организации доступа к FMC-услуге

Рассмотрим первый сценарий (см. рис. 8), демонстрирующий организацию доступа к услуге обмена мгновенными сообщениями (IM – Instant Messaging).

Для доступа к услуге обмена мгновенными сообщениями (IM) в рамках ABC приложение (APP/UI), занимающееся обменом сообщений, посылает через менеджер управления доступом (AM) запрос регистрации на сервер обмена мгновенными сообщениями (Instant Messaging Server – IM Server), сообщение ●.

В результате чего AM одновременно опрашивает состояния менеджеров управления звеном каждой сети: LM1 (WiFi) и LM2 (GPRS), сообщения ●●.

На полученный запрос (сообщение ●), LM1 отвечает, что соединение по WiFi недоступно (сообщение ●), а LM2, получив у DHCP-сервера IP-адрес по GPRS (сообщения ●●), сообщает о своей готовности к передаче данных (сообщение ●).

Вследствие этого AM обновляет свою таблицу маршрутизации (добавляет маршрут через сеть GPRS) и транслирует запрос регистрации от APP/UI на прокси-сервер (Proxy), сообщение ●.

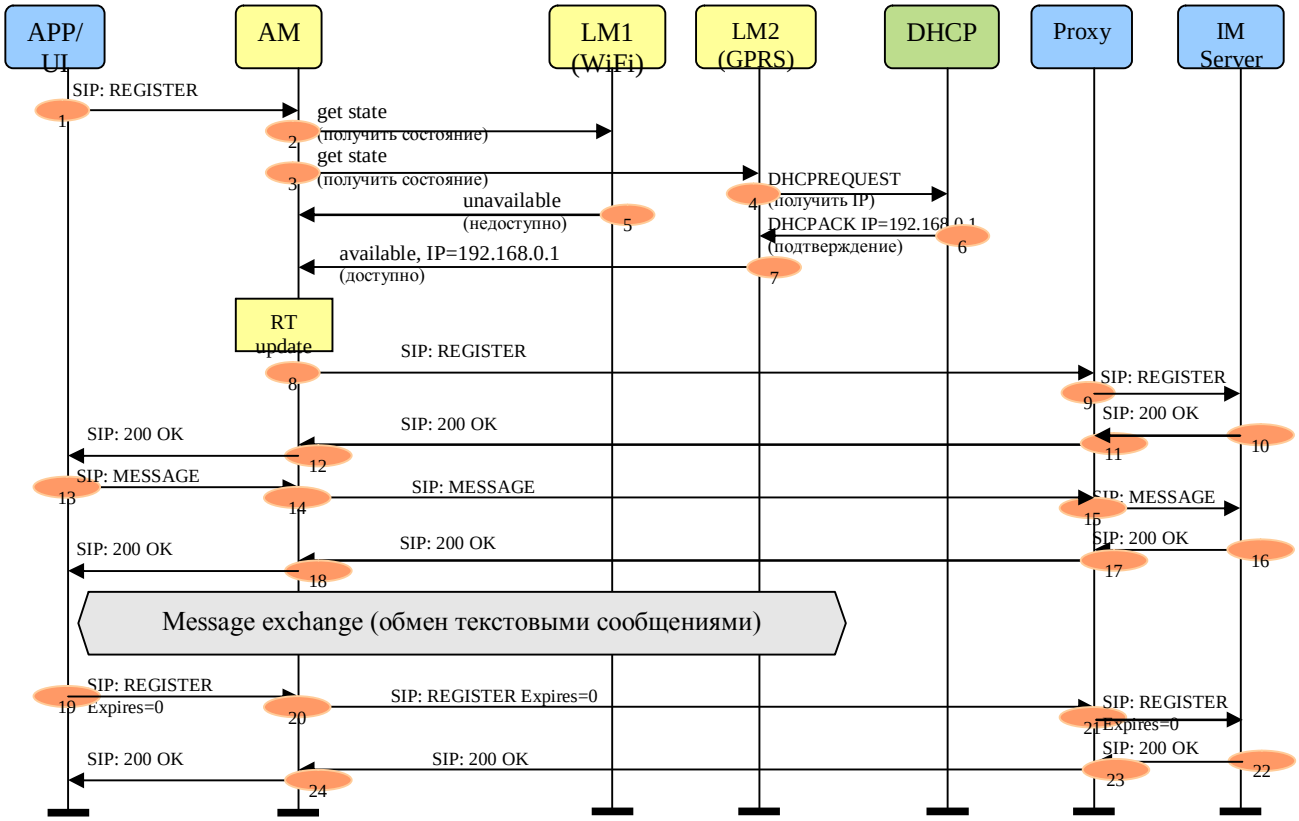


Рис. 8. - Доступ к услуге обмена мгновенными сообщениями (IM).

Прокси-сервер передаёт данный запрос на IM Server (сообщение), где проводится процедура регистрации абонента и формируется положительный ответ в сторону APP/UI (сообщение), который проходит по обратной цепочке через Proxy (сообщение) и AM (сообщение). Задачей прокси-сервера является регистрация абонента и маршрутизация входящих пакетов в ту сеть, где на данный момент находится абонент (в нашем примере это сеть GPRS).

Дальнейшие действия осуществляются в рамках протокола SIP по цепочке APP/UI – AM – Proxy – IM Server (сообщения -).

Затем, по окончании предоставления услуги, приложение формирует запрос к IM Server на отмену регистрации абонента (сообщение) и передаёт его через AM (сообщение) и Proxy (сообщение).

IM Server отменяет регистрацию пользователя и отсылает положительный ответ в сторону APP/UI (сообщение). Транслируя этот ответ, Proxy также

отменяет регистрацию абонента (сообщение), а AM удаляет из своего рабочего списка адрес этого Proxy (сообщение). При этом, соединение по GPRS может не закрываться, чтобы впоследствии не инициировать соединения снова.

4.2. Сценарий переключения сети доступа при предоставлении FMC-услуги

Второй сценарий показывает переключение сети доступа при предоставлении услуги IM (см. рис. 9).

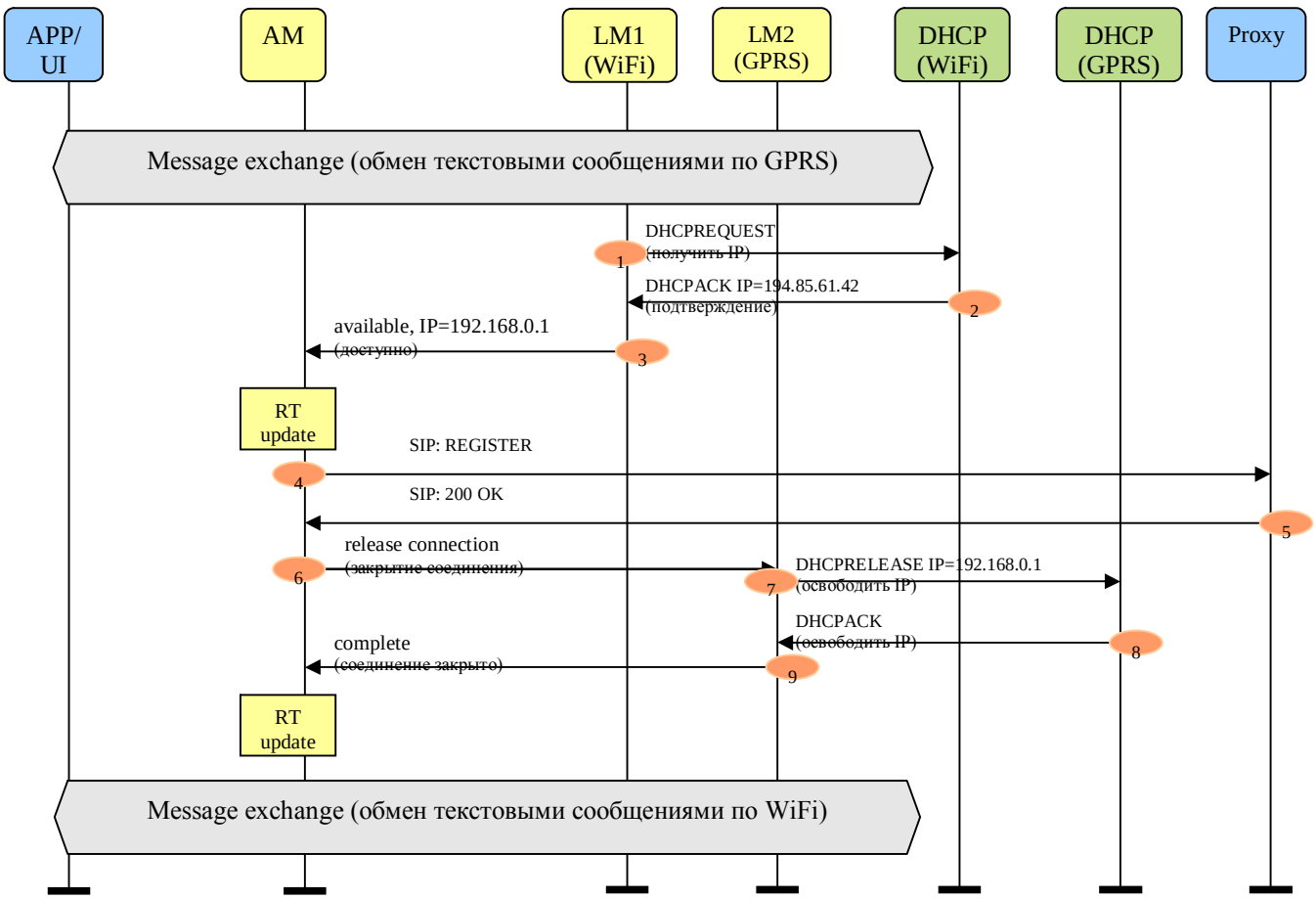


Рис. 9. - Переключение сети доступа при предоставления услуги IM.

В рамках ABC переключение начинается с LM1, который устанавливает соединение с WiFi-сетью (сообщения), при этом LM2 уже ранее установил

соединение по GPRS (см. предыдущий сценарий, рис. 8). LM1 сообщает AM о доступности соединения (сообщение ●).

В свою очередь, AM принимает решение о переключении трафика с сети GPRS в сеть WiFi. Происходит обновление таблицы маршрутизации (RT) и выбор нового маршрута следования пакетов (через WiFi-сеть). Далее AM осуществляет процедуру вынужденной регистрации абонента на Proxy-сервере, отсылая в сторону Proxy запрос регистрации через сеть WiFi (сообщение ●).

Proxy, изменив информацию о местоположении абонента (смена адреса сети GPRS на адрес WiFi-сети), формирует положительный ответ в сторону AM (сообщение ●).

AM инициирует процедуру отключения LM2 (сообщения ●-●), в процессе которой освобождается IP-адрес по DHCP (сообщения ●●). После этого AM обновляет таблицу маршрутизации (удаляет информацию о GPRS-сети) и сообщает приложению об успешном закрытии соединения. Далее обмен сообщениями осуществляется через WiFi-сеть.

4.3 Типовой сценарий предоставления FMC-услуги

Следует заметить, что **пользовательский терминал** помимо предоставления услуги может находиться также в свободном состоянии (не используется для предоставления услуги) и перемещаться из одной сети в другую. Поэтому, для установления входящих сеансов связи конвергентная сеть должна располагать данными о местонахождении и адресе этого устройства. Положение усугубляется ещё и тем, что устройство может быть вообще выключено. Поскольку контролировать состояние каждого терминального устройства сеть неспособна, то устройство само должно оповещать сеть о своём состоянии. В связи с этим можно говорить о необходимости таких процедур, как:

- ***подключение к сети доступа*** (осуществляется с использованием протоколов 1 и 2 уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем

(OSI – Open Systems Interconnect)).

Терминал в рамках стека протоколов TCP/IP осуществляет поиск DHCP-сервера с целью получения у него IP-адреса интерфейса. На рис. 8 к данной процедуре относятся сообщения ● и ● (заметим, что взаимодействие 1-го и 2-го уровня OSI не рассматривается);

- ***первичная регистрация*** (запускается при включении пользовательского устройства, а также при подключении его к новой сети).

  Терминал выбирает наиболее подходящую сеть доступа, устанавливает связь, получает адрес и посылает запрос регистрации. На рис. 8 к первичной регистрации относятся сообщения ●-●;

- ***периодическая регистрация*** (запускается периодически включенным устройством по истечении периода регистрации с целью контроля присутствия устройства в сети);

- ***вынужденная регистрация*** (обусловлена необходимостью перемаршрутизации входящего трафика к устройству, переходящему из одной сети в другую). На рис. 9 к вынужденной регистрации относятся сообщения ●-● (из которых ●-● относятся к процедуре ***подключения к сети доступа***, а в сообщении ● (REGISTER) содержится информация об отмене прежней регистрации и установлении новой);

- ***отмена регистрации*** (осуществляется в случае отказа пользователя от услуги, либо при выполнении процедуры ***отключения устройства***). На рис. 8 данная процедура показана сообщениями ●-●;

- ***отключение устройства от сети*** (осуществляется при ручном выключении интерфейса или устройства, а также при выходе из сети доступа). На рис. 9 к процедуре отключения устройства относятся сообщения ●-●.

После регистрации следует процедура ***инициации сеанса связи***, которая

представлена сообщениями - на рис. 10 (установление сеанса связи для передачи речи).

Завершающей процедурой является процедура ***разрыва сеанса связи***, которая представлена сообщениями - на рис. 10.

Все перечисленные выше процедуры входят в сценарий по предоставлению услуги VoIP (Voice over IP – передача речевого трафика по IP-сетям), представленный на рис. 10. Сценарий учитывает два предыдущих сценария и сценарий установления соединения через прокси-сервер (см. рис. 4.4 [3]), который также перенесен на компонентную модель ABC.

В сценарии входящего VoIP-вызова присутствует процедуры ***подключения к сети доступа*** (сообщения -) и ***первичной регистрации*** (сообщения -). Процедура ***первичной регистрации*** похожа на процедуру ***первичной регистрации*** в сценарии доступа к услуге обмена мгновенными сообщениями (см. рис. 8) за исключением сообщений опроса менеджеров LM1 и LM2 со стороны AM, так как в данном случае пользовательское устройство автоматически ищет сети доступа. При этом, регистрация абонента со стороны Proxy осуществляется на сервере определения местоположения абонента (Location Server). Также показана процедура ***периодической регистрации*** (сообщения), при выполнении которой обмен сообщениями осуществляется только между AM и Proxy с целью подтверждения их доступности.

Вызывающий абонент (Calling User) посылает на свой прокси-сервер запрос INVITE (инициация SIP-сессии), сообщение , то есть выполняется процедура ***инициации сеанса связи***.

Proxy обращается к Location Server и определяет адрес прокси-сервера, на котором в данный момент времени зарегистрирован вызываемый абонент (Called User), сообщения .

Далее следует стандартный обмен SIP-сообщениями в рамках VoIP-вызова по

цепочке: Calling User – Proxy – Proxy – AM – Called User (сообщения -), в результате чего наступает разговорная фаза. В процессе разговора вызываемый абонент переходит из сети GPRS в WiFi-сеть, то есть работает сценарий переключения сети доступа в процессе предоставления услуги (сообщения -) аналогичный сценарию, представленному на рис. 9.

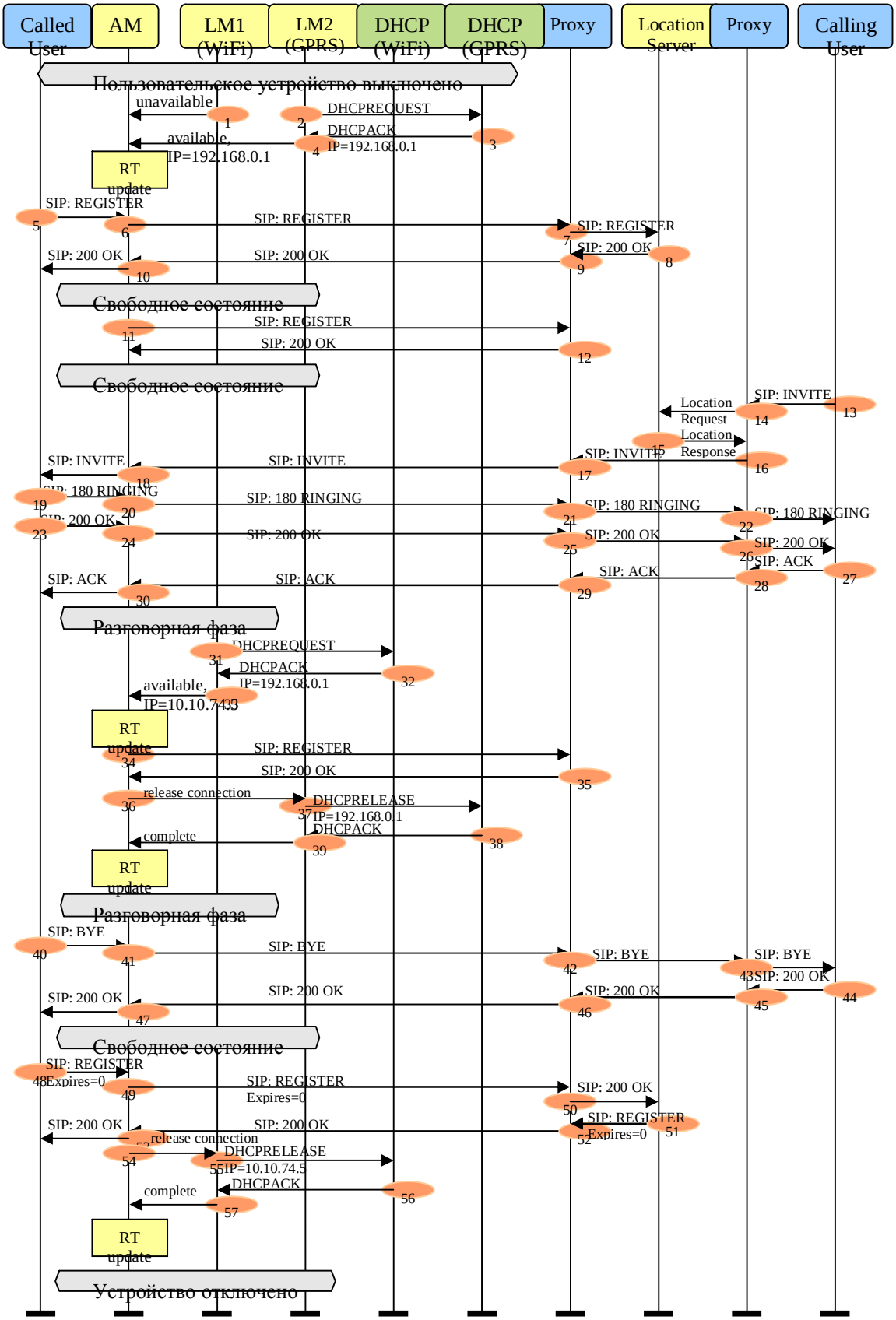


Рис. 10. - Типовой сценарий входящего VoIP-вызова в рамках АВС.

По окончании разговора со стороны вызываемого абонента приложением запускается процедура ***разрыва сеанса связи*** (сообщения -), в результате чего SIP-сессия завершается.

Далее следуют процедуры ***отмены регистрации*** (сообщения -) и ***отключения устройства*** вызываемого абонента (сообщения -), которые отменяют регистрацию устройства на Location Server и Proxy, а также освобождают IP-адрес в сети доступа WiFi.

Разработанный типовой сценарий предоставления FMC-услуги в рамках предложенной компонентной модели ABC (см. рис. 10) демонстрирует принцип работы универсального интерфейса по обеспечению прозрачного:

- *выбора сети доступа*;
- *подключения к выбранной сети доступа интерфейса пользовательского устройства*;
- *использования сети доступа*;
- *перехода из одной сети доступа в другую*.

Однако, следует заметить, что сеть доступа, выбранная универсальным интерфейсом, может оказаться не лучшей по показателям QoS, так как методики выбора правильной сети на сегодняшний день нет. Поэтому для создания такой методики встаёт вопрос разработки математической модели, учитывающей соответствующие параметры имеющихся сетей доступа. Подход к такой модели продемонстрирован в следующем разделе.

5. Математическая модель выбора наилучшей сети доступа

Предлагаемая математическая модель решает задачу выбора наилучшей сети доступа относительно сетей и услуг.

Каждая FMC-услуга имеет свои индивидуальные требования к QoS (см. раздел 2.1), которые могут варьироваться с течением времени либо при переходе пользовательского терминала из одной сети в другую.

В общем случае оценку QoS можно свести к единому нормированному параметру, который вычисляется согласно некоторой сложной функции $Q(q_1, q_2, \dots q_v)$, индивидуально задаваемой для каждого вида услуги и учитывающей все требования, предъявляемые к трафику. При этом:

- функция будет иметь минимальное значение Q_{min}, при котором качество предоставления услуги остаётся в пределах нормы;
- значения параметров трафика, при которых $Q(q_1, q_2, \dots q_v) < Q_{min}$ считаются недопустимыми, а предоставление услуги – невозможным.

При разработке математической модели воспользуемся некоторыми математическими выкладками, описанными в [10].

В общем случае задачу можно свести к M сетям, которые должны обеспечивать N услуг, при этом каждая из услуг предъявляет свои заведомо известные требования к трафику $Q_{min} = (Q_{1,min}, Q_{2,min}, \dots Q_{n,min})$.

Далее примем за:

- $n = 1 \div N$ идентификатор отдельной услуги,
- $m = 1 \div M$ номер сети доступа.

Каждая сеть доступа m, являясь ограниченным ресурсом, одновременно может

предоставить услугу n целому конечному числу пользователей, которое обозначим как U_n^m.

В общем виде всех пользователей услуг всех сетей можно свести в матрицу U из M строк и N столбцов:

$$U = \begin{bmatrix} U_1^1 & U_2^1 & \cdots & U_n^1 \\ U_2^1 & U_2^2 & \cdots & U_n^2 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ U_1^m & U_2^m & \cdots & U_n^m \end{bmatrix}$$

Общее число пользователей всех услуг в сети доступа m можно представить в виде вектора $\vec{U}^m = [U^1, U^2, \ldots, U^m]$, где каждый элемент вектора является суммой всех элементов соответствующей строки матрицы: $U^m = \sum_n U_n^m$.

Общее число пользователей услуги n во всех сетях доступа также представляется в виде вектора $\vec{U}_n = [U_1, U_2, \ldots, U_n]$, в котором отдельный элемент рассчитывается как сумма всех элементов соответствующего столбца: $U_n = \sum_m U_n^m$.

Общее число пользователей всех услуг во всех сетях доступа U рассчитывается как сумма всех элементов матрицы U либо векторов $\vec{U}_n$ или $\vec{U}^m$: $U = \sum_n \sum_n U_n^m = \sum_n U_n = \sum_m U^m$.

Обозначим за:

- $\vec{u}^m = [U_1^m, U_2^m, \ldots, U_N^m]$ вектор пользователей услуг в сети m,
- $\vec{u}_{\square 1}^m$ новый вектор пользователей услуг (когда запрашивается ещё одна услуга) обозначим $\vec{u}_{\square 1}^m$.

Минимальную оценку качества предоставления услуги в любой сети можно считать постоянной величиной $Q_{n,min}$. Исходя из этого оценка QoS для каждой услуги в пределах одной сети доступа m будет являться функцией, зависящей от

$$\vec{u}^m : Q_n(\vec{u}^m).$$

Все допустимые комбинации вектора $\vec{u}^m$, при которых сетью m соблюдается QoS, можно выделить в отдельное множество K^m – область гарантии QoS:

$$K^m = \{\vec{u}^m : Q_n(\vec{u}^m) \geq Q_{n,min}, \forall n\},$$

при этом, имеет место взаимная зависимость между составляющими вектора $\vec{u}^m$, а форма области K^m зависит от правил предоставления QoS в сети доступа.

Встаёт <u>задача</u>: *определить, какую сеть доступа m должно выбрать абонентское устройство, запрашивая услугу n, чтобы новый вектор пользователей услуг в этой сети $\vec{u}^m_1$ привёл к минимальному уменьшению общего количества пользователей, которое может обслужить конвергентная сеть вообще.*

Данная задача ввиду дискретности количества пользователей и услуг не является аналитической, она должна решаться численными методами. Рассмотрим один из возможных методов решения.

5.1 Численный метод выбора наилучшей сети

Вектор пользователей услуг в сети доступа m $\vec{u}^m = (U_1^m, U_2^m, \ldots, U_n^m)$ не может пересечь границу области K^m, за пределами которой QoS не обеспечивается. Следовательно, новый вектор $\vec{u}^m_1$ тоже не может выходить за пределы области K^m.

Ввиду того, что векторы $\vec{u}^m_1$ и $\vec{u}^m$ имеют дискретные составляющие, введём понятие дельта-вектора, как разности $\Delta u^m = \vec{u}^m - \vec{u}^m_1$,

$$\text{где } \Delta u_i^m = \begin{cases} 0, i \neq n \\ 1, i = n \end{cases}, \forall i = 1 \ldots N \quad (*)$$

Считаем, что задача нахождения области K^m для всех возможных $\vec{u}^m$ решена, так как это отдельная большая задача, затрагивающая политики QoS. Поэтому границу

области K^m можно представить в виде уравнения

$$\boldsymbol{K^m(c^m, u^m) = 0},$$

в котором c^m – доля тех пользователей, которых дополнительно может обслужить сеть доступа (C^m) по отношению к максимально возможному количеству пользователей в этой сети C^m_{max} : $c^m = \dfrac{C^m_{max} - C^m}{C^m_{max}}$.

Нетрудно заметить, что:

- при $c^m = 0$ сеть не предоставляет никаких услуг (полностью свободна),
- при $c^m \geq 1$ сеть неспособна при предоставлении услуг обеспечить QoS.

По форме области K^m можно определить характеры зависимостей между компонентами вектора u^m с целью определения максимального числа пользователей всех услуг в сети доступа.

Формы бласти K^m наглядно изобразим на примере двух услуг (см. пример на рис. 11):

- *ортогональность* – изменение одной составляющей вектора не накладывает ограничений на изменение других составляющих, максимальное число пользователей услуг равно $C^m_{max,ортог.} = \sum_n U^m_{n,max}$;
- *неявная зависимость* – изменение одной составляющей вектора незначительно ограничивает изменение других составляющих, максимальное число пользователей услуг в отдельной сети может варьироваться: $C^m_{max,ортог.} \square C^m_{max,неявн.} \square C^m_{max,прям.}$;
- *прямая зависимость* – изменение одной составляющей вектора пропорционально ограничивает изменение других составляющих, при этом максимальное число пользователей услуг можно примерно рассчитать как $C^m_{max,прям.} \square \left] \sum_n \dfrac{U^m_{n,max}}{2} \right[$;

- *явная зависимость* – изменение одной составляющей вектора значительно ограничивает изменение других, и максимальное число пользователей определяется неравенством: $C^m_{max,прям.} \square C^m_{max,явн.} \square C^m_{max,искл.}$;
- *взаимоисключение* – если хотя бы одна составляющая вектора отлична от нуля, все остальные компоненты должны оставаться нулевыми. Максимальное число пользователей, которое может быть обслужено сетью доступа, вычисляется как $C^m_{max,искл.} = max\{u^m\}$.

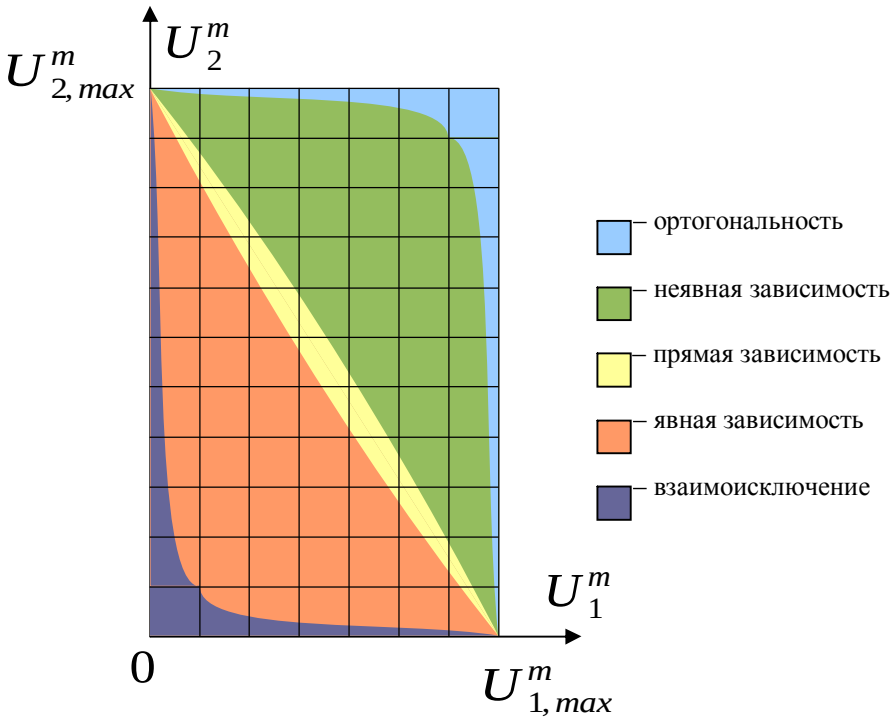


Рис. 11. - Формы бласти K^m для примера с двумя услугами.

Задача абонентского терминала, выбирающего сеть доступа m, сводится к минимизации разности между количеством пользователей, которых может обслужить сеть, до и после запроса услуги:

$$\square C^m = C^m \square u_m \square - C^m \square u^m \square \square u^m \square = C^m_{max} \square c^m_1 - c^m \square \quad (**).$$

Иначе говоря: $\boldsymbol{m_{opt}: \square C^{m_{opt}} \square \square C^m, \square m \neq m_{opt}}$.

Это легко рассчитывается, если сеть доступа m передаст устройству:

- вектор $\vec{u}^m$;
- максимально допустимое число обслуживаемых абонентов C_{max}^m ;
- уравнение границы для области K^m .

Пример расчёта рассмотрим ниже, в разделе 5.2.

5.2. Пример выбора наилучшей сети доступа

Возьмём две сети доступа – $M = 2$, предоставляющие три услуги – $N = 3$.

Пусть абонентскому устройству также известно максимальное количество пользователей к каждой сети доступа: $C_{max}^1 = 13$ и $C_{max}^2 = 19$.

Зададимся матрицей пользователей U по сетям и услугам:

$$U = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{bmatrix} \quad (0)$$

Пусть пользователь запросил услугу с идентификатором $n = 1$, при этом границы областей сетей доступа K^1 и K^2 пусть будут заданы уравнениями (1) и (2):

$$K^1: \frac{U_1^1}{10} + \frac{U_2^1}{12} + \frac{U_3^1}{14} - c^1 = 0 \Rightarrow c^1 = \frac{U_1^1}{10} + \frac{U_2^1}{12} + \frac{U_3^1}{14} \quad (1)$$

$$K^2: \left(\frac{U_1^2}{10}\right)^2 + \left(\frac{U_2^2}{10}\right)^2 + \left(\frac{U_3^2}{14}\right)^2 - \left(c^2\right)^2 = 0 \Rightarrow c^2 = \sqrt{\left(\frac{U_1^2}{10}\right)^2 + \left(\frac{U_2^2}{10}\right)^2 + \left(\frac{U_3^2}{14}\right)^2} \quad (2)$$

где

- в уравнении (1) для сети $m = 1$ 10, 12, 14 – максимальное количество пользователей, которым могут быть предоставлены соответствующие услуги $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$;
- в уравнении (2) для сети $m = 2$ 10, 10, 14 – максимальное количество пользователей, которым могут быть предоставлены соответствующие услуги

$n=1$, $n=2$, $n=3$.

Из уравнения (1) границы области K^1 видно, что она устанавливает *прямую* зависимость между максимальными составляющими вектора пользователей услуг $\vec{u}^m$.

Уравнение (2) границы области K^2 говорит о *неявной* зависимости максимальных составляющих вектора $\vec{u}^m$.

В примере:

$\vec{u}^1$ - вектор пользователей услуг в сети $m=1$;

$\vec{u}^2$ - вектор пользователей услуг в сети $m=2$

Векторы $\vec{u}^1$ и $\vec{u}^2$ возьмём из матрицы U (см. (0)):

$$\vec{u}^1 = [1, 2, 3]$$

$$\vec{u}^2 = [4, 5, 6]$$

Исходя из их значений, вычислим величины c^1 и c^2:

- c^1 - доля тех пользователей, которых дополнительно может обслужить сеть доступа $m=1$ по отношению к максимально возможному количеству пользователей в этой сети $C^1_{max}=13$;
- c^2 - доля тех пользователей, которых дополнительно может обслужить сеть доступа $m=2$ по отношению к максимально возможному количеству пользователей в этой сети $C^1_{max}=19$

$$c^1 = \frac{1}{10} \cdot \frac{2}{12} \cdot \frac{3}{14} = 0.48$$

$$c^2 = \sqrt{\left(\frac{4}{10}\right)^2 + \left(\frac{5}{10}\right)^2 + \left(\frac{6}{14}\right)^2} = 0.77$$

Для услуги $n=1$ исходя из формулы (*) дельта-вектор имеет вид:

$$\Delta \vec{u}^m = [1, 0, 0]$$

Учитывая значение дельта-вектора, вычислим новые вектора пользователей услуг (когда запрашивается ещё одна услуга): $u^{1}_{\square 1}$ в сети $m=1$ и $u^{2}_{\square 1}$ в сети $m=2$:

$$u^{1}_{\square 1} = [1,2,3] + [1,0,0] = [2,2,3]$$

$$u^{2}_{\square 1} = [4,5,6] + [1,0,0] = [5,5,6]$$

Зная $u^{1}_{\square 1}$ и $u^{2}_{\square 1}$, вычислим величины $c^{1}_{\square 1}$ и $c^{2}_{\square 1}$:

- $c^{1}_{\square 1}$ доля тех пользователей, которых дополнительно может обслужить сеть доступа $m=1$ по отношению к максимально возможному количеству пользователей в этой сети $C^{1}_{max}=13$ после того, как была запрошена еще одна услуга;
- $c^{2}_{\square 1}$ доля тех пользователей, которых дополнительно может обслужить сеть доступа $m=2$ по отношению к максимально возможному количеству пользователей в этой сети $C^{1}_{max}=19$ после того, как была запрошена еще одна услуга

$$c^{1}_{\square 1} = \frac{1+1}{10} + \frac{2+0}{12} + \frac{3+0}{14} = 0.58$$

$$c^{2}_{\square 1} = \sqrt{\left(\frac{4+1}{10}\right)^{2} + \left(\frac{5+0}{10}\right)^{2} + \left(\frac{6+0}{14}\right)^{2}} = 0.83$$

Для принятия решения о выборе сети доступа определим для каждой сети разность между количеством пользователей, которых может обслужить сеть, до и после запроса услуги: - $\square C^{1}$ для сети $m=1$;

- $\square C^{2}$ для сети $m=2$.

Согласно формуле (**):

$$\square C^{1} = 13 \cdot (0.58 - 0.48) = 1.3$$

$$\square C^{2} = 19 \cdot (0.83 - 0.77) = 1.14$$

Из вычислений следует, что $\square C^{2} > \square C^{1}$. Значит следует выбрать вторую сеть $m=2=m_{opt}$, то есть *запрос на предоставление ещё одной пользовательской*

услуги у второй сети доступа приведёт к минимальному уменьшению общего количества пользователей, которое может обслужить вся конвергентная сеть. Таким образом, задача, сформулированная в разделе 5, решена.

6. Куда двигаться дальше?

Результаты дипломной работы могут послужить основой дальнейшего развития области телекоммуникаций применительно к конвергентным сетям (FMC). Концепция ABC может стать основопологающей технологией по прозрачному, непрерывному и дешёвому предоставлению FMC-услуг абонентам, находящимся в любой точке Земли, поскольку опирается на имеющиеся технологии и сети доступа и даёт возможность добавления новых стандартов. На основе предложенного в разделе 5.1 численного метода терминальное устройство может принять решение о выборе наилучшей сети доступа. Для этого в устройство следует заложить несложную логику, которая не требует больших вычислительных мощностей.

Необходимы дополнительные исследования, решающие задачи по определению политик QoS в отдельных сетях доступа, так как принятие решения терминальным устройством о выборе сети основано на данных, предоставляемых с её стороны, в том числе и на данных о политиках QoS. На сегодняшний день эти задачи вполне решаемы.

Кроме этого, существует проблема выбора наилучшей сети доступа среди нескольких однородных сетей одним интерфейсом (например, одновременный сбор информации одним сетевым интерфейсом о нескольких сетях доступа WiFi, присутствующих на одной географической территории, и политиках предоставления QoS в них).

Важной проблемой является минимизация скорости перехода из одной сети

доступа в другую, которая решена в мобильных сетях, но пока отсутствует в беспроводных сетях WiFi и WiMAX. Здесь, возможно, потребуется пересмотр и дополнение существующих стандартов на беспроводные сети.

Дипломная работа широко соприкасается с областью информационных и компьютерных технологий, так как наилучшей базой для развития FMC на сегодня признана платформа IMS, для которой основополагающими являются протоколы IP и SIP, то есть речь идёт о развитии аппаратного и программного обеспечения, поддерживающего функции АВС.

Внедрение АВС с целью предоставления FMC-услуг (мультимедиа-сервисов) потребует новых разработок в области электроники: производство высокопроизводительных, удобных и малых по габаритам пользовательских устройств, поддерживающих широкий спектр интерфейсов доступа к гетерогенным сетям (сетям разрых стандартов).

Обязательно будет затронута экономическая область, так как следствием применения новой технологии могут стать реорганизация рынка операторов со здоровой конкуренцией и, соответственно, реструктуризация систем биллинга (учёта платежей по услугам). Ведь в идеале пользователю должен выставляться единый консолидированный счёт вне зависимости от объёма предоставленных ему услуг сервис-провайдерами в сетях доступа операторов. Это ведёт к появлению дилинговых центров (дилеров), которые возьмут на себя все взаиморасчёты с операторами и сервис-провайдерами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

До сегодняшнего дня в имеющихся материалах и научных работах рассматривались лишь отдельные вопросы, связанные с проблемой постоянного наилучшего соединения, цельного подхода применительно к конвергентной сети не было найдено. Поэтому, в дипломной работе дано свое достоверное представление об использовании концепции ABC для осуществления прозрачного перехода из одной сети доступа в другую в процессе предоставления FMC-услуги.

Представленная разработка универсального интерфейса, который обеспечивает прозрачность:

- выбора сети доступа;
- подключения к выбранной сети доступа;
- интерфейса доступа пользовательского устройства;
- использования сети доступа, перехода из одной сети доступа в другую,

доказывает перспективность использования концепции ABC в качестве технологии доступа к конвергентным услугам будущего и позволяет специалистам перейти к реальному осуществлению необходимых в рамках ABC стандартов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Н.А. Процессы конвергенции, интеграции и консолидации в современной телекоммуникационной системе // «Connect! Мир связи» – №10, октябрь 2007.

2. Конвергентные услуги. FMC. Fixed to Mobile Convergency. Конвергенция. Convergency // MForum.ru http://www.mforum.ru/062461.htm, февраль 2008.

3. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. SOFTSWITCH – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2006.

4. Юлия Волкова. Источники и составные части конвергенции // «CIO» №5 от 20 мая 2008 года (http://offline.cio-world.ru/2008/72/360306/).

5. Анастасия Ризоль. Конвергенция услуг связи – от теории к практике. // Мабила – 28 марта 2008 (http://media.mabila.ua/ru/articles/konvergention/)

6. Гольдштейн Б.С, Гольдштейн А.Б. Конвергенция технологий в операторских сетях. Сценарии возможные и невозможные // «Connect! Мир связи» – №10, октябрь 2007.

7. Евгений и Виктор Рудометовы. Мобильный мир в будущем (по материалам IDF Spring 2003) // Ф-Центр http://www.fcenter.ru/online.shtml?articles/hardware/technologies/6233, 28 марта 2003.

8. Rajesh Mishra. Always Best Connected Architecture and Design // Ericsson Berkley Wireless Center, august 2002.

9. Nikos Passas, Sarantis Paskalis, Alexandros Kaloxylos, Carlos Bader, Renato Narcisi, Evangelos Tsontsis, Adil S. Jahan, and Hamid Aghvami. Enabling Technologies for the «Always Best Connected» Concept.

10. Gabor Fodor, Anders Furuskar, Johan Lundsjo. On Access Selection Techniques in Always Best Connected Networks // Ericsson Research

11. Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи. Том 1. – 4-е издание – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2005.

12. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа. Том 2. 3-е издание – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2005.

13. Роман Химич. Конвергенция: сети, продукты, услуги // ITNews http://itnews.com.ua/analitics/28.html, 18 марта 2008.

14. Александр Чубуков. FMC захватывает корпоративный рынок // PCWeek http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=72078, 14 марта 2006.

15. Sridhar Machiraju, Per Johansson. An Always Best Connected Service // Ericsson Research.

16. Magnus Gunarsson. Enabling multi-access services with the Always Best Connected concept. // Ericsson, october 2003.

17. Bo Xing, Nalini Venkatausbramanian. Multi-constraint dynamic access selection in Always Best Connected networks. // Donald Bren School of Information and Computer Sciencies, Univercity of California.

18. Vasantha Kumar B P. Tunnel-Accessed Remote NATs for Always-Best-Connected Remote Service and Application Mobility. // Department of Electric Engineering, Indian Institute of Technology, Bombay.