КОНВЕРГЕНЦИЯ УСЛУГ В СИСТЕМАХ ШИРОКОПОЛОСНОГО РАДИОДОСТУПА

В.Н. Войцеховский, Д.Ю. Черников

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Российская Федерация

Рассмотрены и проанализированы основные тенденции проектирования, развертывания и использования систем широкополосного радиодоступа с учетом необходимости конвергенции услуг «де-факто», обязательных для современных мультисервисных систем связи. Показано, что при проектировании и первоначальном развертывании целесообразной является реализация функционала, связанного в первую очередь с решением технологических задач крупными промышленными предприятиями.

Ключевые слова: радиодоступ, широкополосные системы, мультисервисные услуги, зона обслуживания системы, распределение концентрации абонентов.

SERVICE CONVERGENCE IN BROADBAND SYSTEMS RADIO ACCESS

V.N. Voytsekhovskiy, D.Yu. Chernikov

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

The main trends of design, deployment and use of broadband radio access systems are considered and analyzed taking into account the necessity for the convergence of services "de facto" required for modern multi-service communication systems. It is shown that during design and initial deployment it is expedient to implement functional that is primarily associated with solving technological problems by large industrial enterprises.

Keywords: radio access, broadband systems, multi-service services, system coverage, distribution of subscriber concentration.

Окружающий нас мир сегодня буквально пронизан различными информационными потоками, взаимодействие которых во многом и определяет его состояние. Взаимопроникновение информационных технологий и телекоммуникационных сетей, которые появились в результате развития и популяризации интернет-технологий, становится, таким образом, одним из основополагающих факторов, определяющих эффективность, а иногда и жизнеспособность продуктов и услуг, возникших и существующих в этом «цифровом пространстве».

Телекоммуникационные сети, а также радио и телевидение, первоначально развивавшиеся как самостоятельные средства, каждое из которых предназначалось для оказания своего набора услуг. При этом задействовались различные платформы, управление осуществлялось различными системами и отраслевыми регуляторами [1; 2].

Взрывной характер роста трафика данных вызвал к жизни изменение требований к пропускной способности и производительности как сетей доступа, так и транспортных сетей. Сети передачи данных определили переход от коммутации каналов к коммутации пакетов, что, в конечном итоге, позволило реализовать идею создания единой сети общего пользования, поддерживающую передачу различных видов трафика и построенную на базе универсальной технологии, обеспечивающей оговоренное в рамках конкретной услуги качество обслуживания. Такая сеть получила название сети следующего поколения (NGN) [3], а процесс интеграции услуг, реализованный на основе функционала единой транспортной сети, – конвергенцией.

Однако, несмотря на постоянный прогресс в области сетевых технологий, вопросы определения необходимого объема сетевых ресурсов и обеспечения соответствующего качества обслуживания абонентов по-прежнему остаются актуальными.

В этой связи одной из наиболее характерных тенденций развития радиодоступа является повсеместное использование технологий пакетной передачи, ориентированных прежде всего на использование IP пакетов. Подобный подход позволяет спроектировать и построить «последнюю милю» как единую мультисервисную сеть абонентского доступа, которую можно обосновано отнести к сетям NGN [3]. Наряду с многочисленными преимуществами, которые сулит следование данной концепции построения «последней мили», достаточно очевидным будет и появление новых проблем, связанных прежде всего с необходимостью отслеживания нормированных показателей качества обслуживания пакетного мультисервисного трафика.

В соответствии с рекомендациями международного союза электросвязи (МСЭ), показателями качества обслуживания трафика в системах абонентского радиодоступа, построенного с использованием пакетных технологий, являются: математическое ожидание времени задержки пакетов - IP packet Transfer Delay (IPTD) и вариация времени задержки пакетов – IP packet Delay Variation (IPDV). Так, например, для обеспечения возможности варьирования данными величинами в системе широкополосного радиодоступа McWill [3] используются специальные опции, назначаемые абонентам в зависимости от доминирования того или иного вида трафика. Назначение данных опций абонентам может осуществляться оператором системы McWill с помощью интерфейса, представленного на рис. 1.

Рис. 1. Интерфейс оператора связи NGN McWill для назначения опций оборудованию каждого из абонентов

Оценка влияния данных опций на качественные характеристики предоставления услуг производилась в ходе измерений скорости передачи данных (ПД), которую реально удастся достигнуть. Так, по аналогии с [4; 5], авторами был произведен анализ влияния различных режимов работы абонентского оборудования радиодоступа McWill, которые могут быть выбраны и назначены оператором радиодоступа исходя из информации, представленной на рис. 1. При проведении измерительного эксперимента под систему был отведен частотный диапазон с полосой $\Delta F = 3$ МГц. На рис. 2 и 3 представлены результаты измерений скорости передачи данных, полученные с помощью специального программного обеспечения (ПО) – fast.com [6].

Рис. 2. Скорость передачи данных, опция – SCPE (low delay)

Рис. 3. Скорость передачи данных, опция – 256 kbps

Желание увеличить скорость передачи данных, улучшив тем самым условия конвергенции услуг и повысив качество обслуживания абонентов, приводит к необходимости расширения непрерывной полосы частот, отводимой под использование данной системой радиодоступа. Отсюда дополнительные сложности – всевозможные ограничения на величины непрерывных частотных диапазонов ΔF , которые могут быть выделены для территорий, входящей в зону обслуживания радиодоступа [3].

Действительно, параметры используемого диапазона частот – частотные присвоения, являются одними из наиболее важных характеристик для всех без исключения радиосистем передачи информации. От них во многом зависят наиболее важные эксплуатационные параметры систем, а также ключевые организационные вопросы их проектирования и развертывания.

Численной характеристикой эффективности использования выделенного частотного ресурса ΔF , может служить коэффициент частотной эффективности γ , определяемый в соответствии со следующим выражением: $\gamma = R/\Delta F$, где R – скорость передачи данных в сети. Для радиодоступа McWill теоретически достижимыми являются скорости в 15 Мбит/с, в полосе $\Delta F = 5$ МГц и таким образом $\gamma = 3$, что при достаточно высокой эффективности использования спектра, обеспечивает хорошие условия для конвергенции и сочетание низкоскоростных и высокоскоростных служб близкое к оптимальному.

Экспериментальная оценка влияния параметров используемой полосы частот на скорость передачи данных в системе для уже упомянутого радиодоступа McWill подтверждает высокий уровень зависимости качества оказываемых услуг, прежде всего от величины ΔF [3; 6]. Измерения скорости, проведенные в условиях аналогичных [4; 5] для $\Delta F = 5$ МГц в графическом виде представлены на рис. 4. Во всех случаях для оборудования CPE [7] была установлена опция – 256kbps (см. рис. 1).

Рис. 4. Выборка измеренных значений скорости передачи данных

Исходя из представленного графика (вертикальная ось – скорость кбит/сек) можно говорить о том, что измеряемая величина изменяется в интервале примерно от 100 до 300 кбит/сек, а аномальные выбросы измеренных значений скорости ПД – следствие изменений пропускной способности проводных каналов, задействованных оператором радиодоступа [5] для организации связи с используемой БС. Кроме этого, причина появления подобных выбросов может быть связана, например, с возможным выполнением БС процедуры смены вида модуляции (handover для данного абонентского оборудования на время проведения измерений был запрещен).

Плотность вероятности измеренных значений скоростей передачи данных при этом имеет вид, приведенный на рис. 5.

Рис. 5. Плотность вероятности измеренных значений скорости ПД

Пики значений величины плотности вероятности расположены практически на одинаковом расстоянии друг от друга с шагом примерно 10 кбит/сек (по горизонтальной оси значения скорости ПД в кбит/сек).

Для проверки качества результатов измерений контрольные измерения проводились с использованием online-технологий сети Интернет, таких как уже упомянутый ресурс <http://fast.com/> [6]. Результаты измерений скорости ПД для одного и того же места и примерно того же времени полностью соответствуют мат. ожиданию значений, полученных в ходе проведенных измерений с точностью в десятые доли бит/сек, что свидетельствует об их корректности.

Если говорить о технологиях радиодоступа в более широком плане, то основные тенденции его активного применения так или иначе проявляются на территориях, где стационарная и сотовая связь отсутствует или ее использование нецелесообразно по техническим или экономическим причинам. В этой связи наиболее широкое применение средства радиодоступа в качестве «последней мили» нашли широкое применение в нефтегазовой и горнодобывающей промышленности, в энергетике при обслуживании электросетей и удаленных энергообъектов, в природоохранном комплексе и в работе экстренных служб.

Типичная сеть широкополосного радиодоступа для удовлетворения информационных потребностей пользователей должна иметь большое территориальное покрытие и широкий перечень предоставляемых услуг. Конвергенция услуг, включенных в данный перечень, приводит к их существенному взаимовлиянию. Оценка такого взаимовлияния была проведена за счет измерений IPTD и IPDV, схема проведения которых приведена на рис. 6.

Использование данной схемы для получения оценки числовых характеристик задержки при передаче данных в сети радиодоступа McWill позволяет в значительной степени автоматизировать процесс получения и предварительной обработки накопленных выборок. Формируемая выборка измеренных значений задержки накапливается на персональном компьютере (ПК) (рис. 6) в виде текстового файла. Собственно измерение величин задержек в сети радиодоступа и запись результатов в текстовый файл осуществляется за счет использования команды вида

$$\text{ping -f -l <размер пакета> -t <адрес хоста> > <имя файла>.txt, \quad (1)$$

Рис. 6. Схема измерений, используемая для оценки взаимовлияния при конвергенции voice&data

где использование ключа – f запрещает осуществлять фрагментирование тестовых пакетов, а ключа – t позволяет получить выборку измеренных значений задержки практически произвольной длины, а параметр ключа – l определял размер используемого тестового пакета в байтах.

Эксперимент производился в следующей последовательности. Запускался процесс измерения задержки командой (1). После накопления необходимого количества отсчетов задержки в условиях отсутствия предоставления услуг другого типа в течение 3–5 мин, осуществлялся исходящий телефонный вызов в ТфОП с использованием SIP телефона, входящего в состав оборудования пользователя мультисервисной сети (пунктирная линия синего цвета на рис. 6). Длительность телефонного вызова t_{voice} составляла порядка 3–4 минут при этом голосовая информация передавалась непрерывно, после чего голосовой вызов завершался, а накопление отсчетов задержки продолжалось еще в течении 5–7 минут. Длительности каждого из этапов эксперимента варьировались для накопления необходимого количества отсчетов задержки. Для передачи голосовой информации использовался кодек G.711A, а технология реализации услуги речевой связи для сети радиодоступа представлена в [8].

Для исключения влияния сторонних факторов измерение задержки производилось между ПК пользователя и одним из серверов, входящих в состав станционного оборудования сети радиодоступа (пунктирная линия красного цвета на рис. 6). Описанные измерения производились в условиях практического отсутствия абонентской нагрузки, что позволило получить представления о потенциальных возможностях работы сети радиодоступа по конвергенции голосовой связи и предоставлению услуг передачи данных. Результаты измерений обрабатывались в соответствии с методикой, предложенной в [9].

Проведенный эксперимент показал существенное влияние услуги сети радиодоступа по голосовой связи на величины IPTD и IPDV. Влияние передачи голосовой информации существенно зависело от величины тестового пакета данных, т.е. может регулироваться за счет назначения ряда базовых сетевых параметров.

Одним из преимуществ именно рассмотренной технологии радиодоступа может быть возможность организации предоставления услуг на начальном этапе на небольшой территории и последующее расширение сети до более серьезных масштабов. Однако внедрение технологий радиодоступа такого типа и обладающего описанным функционалом, предполагает одномоментное привлечение значительных инвестиций

К особенностям технического проектирования и развертывания именно описываемой системы широкополосной радиодоступа диапазона 340 МГц – McWill при использовании

ее для организации «последней мили» следует прежде всего отнести значительную площадь радиопокрытия для каждой используемой базовой станции [10]. В этой связи не исключены ситуации фактического простоя базовых станций, обусловленные низкой концентрацией абонентов, характерные для труднодоступных и удаленных районов, в т.ч. арктических, так же как и случаи быстрого роста числа абонентов в районе отдельной БС до критических концентраций.

Принимая во внимание необходимость нивелирования подобных ситуаций, следует заранее сформулировать условия использования динамического изменения вида модуляции для различных категорий абонентов в зависимости от качества приема связного сигнала, исходя из необходимости обеспечения стабильной скорости передачи информации.

Кроме этого, следует изначально закладывать и использование алгоритмов разделения ресурсов системы для совмещения режимов дуплексной радиотелефонной и симплексной транкинговой связи в условиях необходимости передачи различных видов трафика [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кох Р., Яновский Г.Г.* Эволюция и конвергенция в электросвязи. М.: Радио и связь, 2001. 280 с., ил.
2. *Грудинин С.В., Черников Д.Ю.* Технология конвергенции сетей фиксированной и мобильной связи // Исследовано в России. 2006. Т. 9. С. 2241–2249.
3. *Туров А.В., Девлишов А.Г., Черников Д.Ю.* Использование оборудования широкополосного радиодоступа NG-1 в составе мультисервисных систем связи // Радиотехника, электроника и связь (РЭС-2017): сб. докл. IV Межд. научн.-технич. конф. Омск, 2017. С. 339–347.
4. *Синиборов И.Ю., Туров А.В., Черников Д.Ю.* Практика измерений скорости передачи данных для мультисервисных систем служебной радиосвязи // Системы связи и радионавигации: сб. тезисов / науч. ред. В.Ф. Шабанов; отв. за вып. Г.П. Лопардина. Красноярск: АО «НПП «Радиосвязь», 2018. 272 с.
5. *Липовка М.А., Черников Д.Ю.* Сравнительный анализ величин задержки при передаче данных в сети широкополосного радиодоступа McWill // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего: сб. матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. (28 ноября 2018 г.). Т. II. Кемерово: ЗапСибНЦ, 2018. С. 101–110.
6. URL: <https://www.notebookcheck-ru.com/FAST-novyi-servis-izmerenija-skorosti-Interneta.165872.0.html>.
7. URL: <http://www.comminform.ru/cat/cat/xinwei-cpe-368w>.
8. *Тарбазанов К.В., Набирухина Л.Л., Черников Д.Ю.* Организация взаимодействия широкополосных систем радиосвязи в задачах обработки речевого трафика // Радиотехника, электроника и связь (РЭС-2017): сб. докл. IV Межд. научн.-техн. конф. Омск, 2017. С. 333–339.
9. *Черников Д.Ю., Войцеховский В.Н.* Эмпирическая оценка статистических характеристик задержки в сети широкополосного радиодоступа McWill // СПб НТО РЭС: труды ежегодной НТК. 2019. № 1 (74). С. 97–100.
10. *Стукалов Р.В., Черников Д.Ю., Тарбазанов К.В.* Визуализация измерений качества радиопокрытия в зонах обслуживания абонентов широкополосного радиодоступа // Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики: матер. 19-й Междунар. научн.-практ. конф. Новочеркасск, 2018. С. 174–178.
11. *Гаранина А.А., Непрокина М.В., Черников Д.Ю.* Реализация сети транкинга как наложенной на сеть широкополосного радиодоступа. // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сб. матер. II Междунар. науч.-практ. конф. / отв. редактор Д.М. Дубинкин. Кемерово: ЗапСибНЦ, 2018. С. 9–11.