

УДК 621.391

doi:10.15217/issn1684-8853.2017.1.63

ОБЗОР СЦЕНАРИЕВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ В СЕТЯХ LTE

С. А. Митрофанов^{а, 1}, аспирант^аСанкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, РФ

Постановка проблемы: стандартом сетей 4G предусмотрена возможность доставлять одинаковый контент пользователям сети ширококвещательным способом, что открывает новые возможности для предоставления различных услуг в рамках сетей беспроводной передачи данных. Однако ширококвещательная передача данных подходит не для всех сценариев, а стандарт не описывает условия, при которых ее можно использовать. **Цель исследования:** описание возможных способов применения механизма ширококвещательной передачи, введение критериев эффективности использования радиоресурса для сравнения ширококвещательного и выделенного режимов передачи. **Результаты:** показано, что для работы ширококвещательной передачи стандарт предполагает добавление новых логических элементов как в опорную сеть, так и в сеть радиодоступа. Описаны двенадцать возможных сценариев, когда данные пользователям может быть выгодно доставлять ширококвещательным способом. Сформулированы и решены две задачи для определения условий, когда пользователям лучше доставлять данные не индивидуально, а всем сразу по ширококвещательному каналу. Приведена актуальная информация о разворачивании данной технологии в мире. **Практическая значимость:** предложены приемы, позволяющие оператору сотовой сети или производителю оборудования сотовых сетей разработать подходы для грамотного использования ширококвещательной передачи данных.

Ключевые слова — LTE, 4G, eMBMS, ширококвещательная передача.

Введение

Совместное развитие мобильных технологий и устройств дало людям возможность смотреть видео на мобильных устройствах, не жертвуя качеством картинки. Каждый день через сети мобильных операторов проходит огромное количество данных миллионам абонентов. И этот объем данных будет продолжать расти. Согласно прогнозам [1], общий ежемесячный объем данных, передаваемых по мобильным сетям, вырастет в 10 раз к 2020 г. по сравнению с 2014 г. При этом 80 % от всего ежемесячного объема данных будет занимать видео.

В настоящее время в большинстве случаев, когда множество пользователей обслуживается одной базовой станцией и принимает одинаковые данные, передача происходит в режиме «точка-точка» (выделенный (unicast) режим передачи). Это относится к трансляции прямых телевизионных эфиров или, например, скачиванию популярных данных. Очевидно, что в таких условиях ресурсы сети используются неэффективно, поскольку выделенный метод передачи не масштабируется с ростом числа пользователей. По этой причине 3GPP (3rd Generation Partnership Project) комитетом была стандартизована технология ширококвещательной передачи данных

¹ Научный руководитель — доктор технических наук, заведующий кафедрой инфокоммуникационных систем Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения А. М. Тюрликов.

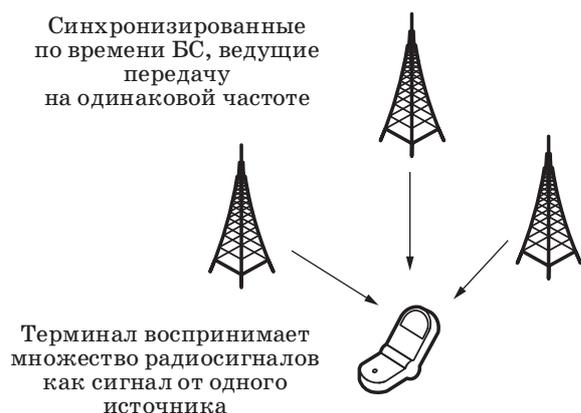
в сетях LTE (Long-Term Evolution) — eMBMS (evolved Multimedia Broadcast Multicast Service). Стандарт описывает саму технологию, но не указывает, в каком случае и каким образом ее использовать.

Эффективность использования данной технологии сильно зависит от того, для какого сценария она применяется, и общих условий, в которых находятся абоненты. В настоящей статье рассматриваются возможные сценарии использования ширококвещательной передачи данных и то, какие задачи возникают при ее использовании. Показаны возможные сценарии использования технологии ширококвещательной передачи данных в сетях LTE. На основании рассмотренных сценариев формируются новые задачи, которые необходимо решить для внедрения технологии eMBMS.

Описание ширококвещательной передачи в сетях LTE

Особенности функционирования eMBMS на уровне сети радиодоступа

Особенностью технологии eMBMS является возможность вести одновременную передачу одних и тех же потоков данных в нескольких сотах, синхронизированных по времени и использующих одну несущую частоту. Так как для нескольких одновременных передач используются одни и те же одинаковые радиоресурсы, то мобильная станция (МС) воспринимает это как одну передачу. Базовые станции (БС), осуществляющие пере-



■ **Рис. 1.** Концепция одночастотной групповой вещательной сети

дачу данных таким образом, организуют одночастотную групповую вещательную сеть (SFN — Single Frequency Network) (рис. 1).

Использование широковещательной передачи позволяет улучшить соотношение сигнал/шум на границе сот, что в свою очередь ведет к повышению пропускной способности сети. Улучшение условий на границе сот позволяет использовать сервисы, требующие большей пропускной способности.

Работа широковещательной передачи поддерживается как в FDD (Frequency-division Duplexing, т. е. передача может вестись одновременно от БС к МС и обратно на разных частотах), так и в TDD (Time-division Duplexing, на передаче от БС к МС и обратно отводятся отдельные временные слоты) LTE.

Один кадр в сетях LTE делится на 10 субкадров (1 мс каждый). Для широковещательной передачи может быть отведено только некоторое количество субкадров (до 60 % от всего ресурса [2]).

В отличие от случая выделенной передачи данных, при использовании eMBMS нет возможности применять механизм гибридной повторной передачи (HARQ — Hybrid Automatic Repeat Request), так как отсутствует обратная связь от пользователей к БС.

Для работы eMBMS стандарт предусматривает несколько новых каналов¹. К новым логическим каналам относятся MССН (Multicast Control Channel) и МТСН (Multicast Traffic Channel). По MССН-каналу передается информация управления, например, в каких субкадрах какая сессия передается. МТСН-канал фактически представляет собой отдельную eMBMS-сессию. Информация, передающаяся по этим логическим

¹ Здесь и далее используется терминология на английском языке, поскольку данные общепринятые названия используются в стандартах и других работах.

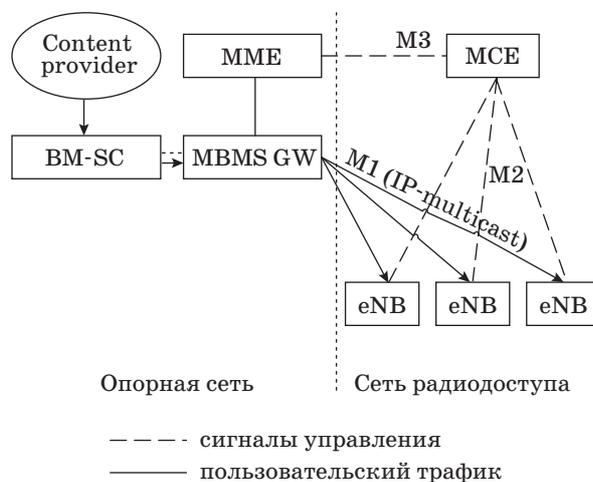
каналам, переносится транспортным (МСН — Multicast Channel) каналом, который в свою очередь использует ресурсы канала РМСН (Physical Multicast Channel).

Также для поддержки eMBMS необходимы некоторые изменения, касающиеся блоков системной информации (SIB — System Information Block) (эта информация с определенной периодичностью постоянно отправляется БС в канал и необходима для функционирования связи с МС). Во-первых, в SIB2 добавляется информация о том, какие субкадры зарезервированы для широковещательной передачи, а SIB13 содержит информацию о том, в каких конкретно субкадрах ведется передача MССН-канала (МС должна его считать, чтобы получить информацию о передающихся в данный момент eMBMS-сессиях).

Архитектура сети

Структура сети LTE, поддерживающей eMBMS (рис. 2), разработана в соответствии с необходимостью эффективного использования доступных ресурсов.

Центр широковещательной передачи (BM-SC — Broadcast Multicast Service Center) — новый элемент в опорной сети. Он служит входной точкой для данных, которые затем подразумевается передавать с использованием eMBMS. Однако при передаче BM-SC может использовать помехоустойчивое кодирование (AL-FEC — Application Layer Forward Error Correction), чтобы на стороне получателя можно было исправить ошибки. Также BM-SC обеспечивает работу процедур восстановления данных, позволяющих повторно отправить данные одному или нескольким пользователям. Для обеспечения синхронной передачи данных всеми БС BM-SC использует SYNC-протокол [3]. При старте какой-либо сессии BM-SC задает для нее определенный показатель ка-



■ **Рис. 2.** Архитектура LTE-сети с поддержкой eMBMS

чества обслуживания (QoS — Quality of Service), который затем используется для определения кодомодуляционной схемы (MCS — Modulation and Coding Scheme), по которой БС будет передавать данные этой сессии по радиоканалу.

Широковещательный шлюз (MBMS Gateway) — это логический узел в опорной сети. Он может быть реализован как отдельный элемент сети, так и быть встроенным в другой элемент, например, интегрирован с BM-SC. MBMS-GW является шлюзом для широковещательных данных между опорной и радиосетями. Он передает данные, полученные от BM-SC, всем БС, участвующим в eMBMS-передаче. Для передачи данных по M1-интерфейсу используется IP-multicast, что позволяет эффективно использовать ресурсы транспортной сети. MBMS-GW перенаправляет команды управления к MME (Mobility Management Entity), находящимся в обслуживаемой области, которые в свою очередь обмениваются контрольной информацией с узлами управления широковещательной передачей.

Узел управления широковещательной передачей (MCE — Multicast Coordination Entity) — это логический узел в сети радиодоступа. Он может существовать как отдельный узел, который используют несколько БС, так и быть встроенным в каждую БС. Он обеспечивает управление радиоресурсами, назначение кодомодуляционной схемы согласно QoS-параметрам, контроль доступа и процедуры подсчета слушателей.

Сценарии использования eMBMS

Мобильное телевидение. Согласно исследованиям OMVC, в США около 90 % владельцев мобильных устройств заинтересованы в просмотре прямых эфиров телевизионных новостей и прогнозов погоды со своих мобильных устройств [4].

Благодаря мобильному телевидению пользователи могут получить доступ к множеству TV-каналов и программ премиум, распространяющихся в HD-качестве и защищенных средствами DRM-систем.

Для оператора появляется новая возможность получать прибыль посредством введения подписной модели доступа к сервисам. Немаловажным фактором является то, что нагрузка на сеть почти не изменяется с ростом числа пользователей.

Абонент может совершить оплату услуги и получить доступ к данным через специальное приложение. Также возможно, к примеру, сделать бесплатным просмотр местных новостей. С точки зрения потребителя важно, что независимо от нагрузки на сеть у него всегда есть доступ к данным.

Цифровое радио. Согласно докладу Citrix, ко второй четверти 2013 г. в Северной Америке мобильное аудио (музыка в частности) составило

12 % от всех данных, переданных с помощью мобильного Интернета [5].

Технология широковещательной передачи в LTE может постепенно заменить традиционное FM-радио и предоставить высококачественное цифровое аудио вместе с новым мультимедиа-контентом, таким как обложки альбомов, подробная информация об исполнителях, расписание выступлений, даже в местах большого скопления людей.

Пользователи получают возможность наслаждаться музыкой в хорошем качестве, а оператор — дополнительный источник дохода.

Просмотр популярного видеоконтента. В данном сценарии предполагается, что видео с новыми программами, фильмами или последними новостями периодически загружается и хранится у пользователя до востребования. Например, видеосюжеты, в которых заинтересовано наибольшее количество пользователей, можно передавать широковещательным образом в течение ночи (когда нагрузка на сеть не такая большая, как днем). Абонент может подписаться на получение любимых шоу или других видео на указанную тему. Новые видео будут загружаться автоматически, а старые удаляться по необходимости.

С точки зрения пользователя важно, что у него появляется постоянный доступ к актуальному видеоряду в хорошем качестве независимо от загруженности сотовой сети, при этом у оператора появляется возможность продавать такую услугу, относительно не увеличивая нагрузку на сеть.

Автомобили с доступом в Интернет. Согласно Arbitron In-Car Study, уже в 2009 г. люди проводили от двух до трех часов в день в машинах и принимали 22 % решений о покупках, находясь за рулем [6]. В 2013 г. Atos Origin прогнозировало, что в течение следующих трех лет практически каждый автомобиль в той или иной степени будет подключен к сети [7]. Сегодня большинство водителей при посадке в автомобиль запускает на телефоне навигатор или музыкальный плеер. В дальнейшем можно ожидать, что личные мобильные телефоны пользователей и автомобили будут теснее интегрироваться друг с другом.

С использованием eMBMS могут предоставляться услуги для всей семьи:

- телевидение для пассажиров заднего ряда сидений;

- сервисы реального времени, основанные на местоположении пользователя (например, информация о ситуации на дороге, цены на топливо, обновления карт, расположение ресторанов);

- умная реклама на основе близости места предоставления услуг и данных о наличии топлива в баке;

- данные о свободных парковочных местах в зоне, что уменьшает время на поиск места в переполненном городе.

Реклама в зависимости от местоположения пользователя. В зависимости от того, где в данный момент находится пользователь и какие услуги предоставляются в непосредственной близости от него (кино, магазины, рестораны и т. д.), приложение на его мобильном телефоне может оповещать владельца о скидках и специальных предложениях. Такой подход выгоден как тем, кто предоставляет услуги, так и операторам, которые получают дополнительный источник дохода, не перегружая при этом собственные сети.

Похожий подход может работать не только для рекламы, но и для различной полезной информации, в передаче которой могут быть заинтересованы, к примеру, музеи или различные городские службы.

Предупреждения о чрезвычайных ситуациях. В критической ситуации телекоммуникационные системы могут не справиться с нагрузкой. Это является проблемой как для людей, столкнувшихся с чрезвычайной ситуацией, так и для групп быстрого реагирования, которым необходим доступ к важной информации для взятия ситуации под контроль.

Long-Term Evolution поддерживает как минимум два механизма оповещения о чрезвычайных ситуациях: ETWS (Earthquake and Tsunami Warning System) и CMAS (Commercial Mobile Alert System). Оба механизма предполагают периодическую передачу оповещений посредством блоков системной информации, однако с их помощью нельзя передать большой объем информации.

eMBMS может быть отличным способом передачи чувствительной к задержкам информации огромному числу пользователей. В данном сценарии технологию eMBMS со всеми ее плюсами в виде SFN и возможность передачи мультимедиа-сообщений можно рассматривать как расширение уже существующей технологии широкополосного оповещения в экстренных ситуациях.

Приложения для стадиона. Множество спортивных соревнований, проходящих по всему миру, собирают огромное число болельщиков на стадионах. Можно предположить, что на стадионе во время матча найдется достаточно много людей, желающих посмотреть повтор того или иного момента на своем мобильном устройстве. Приложение для стадиона могло бы предоставлять доступ к просмотру различных моментов с разных камер, данные статистики и новостную ленту прямо на телефоне пользователя в отличном качестве.

А для тех болельщиков, которые не хотят пропустить ни одного матча, приложение для стадиона может предоставить данные об игре, проходящей в этот момент в другом городе. Для ярых фанатов, готовых наблюдать несколько игр одно-

временно, дополнительная подписка будет не большой платой за такую возможность.

Электронные газеты и журналы. По всему миру СМИ обладают огромной аудиторией. Практически в каждом магазине приложений можно найти электронную версию того или иного журнала.

В электронные газеты и журналы встраивается все больше видеофайлов. Однако видео становится длиннее и, таким образом, его загрузка занимает больше времени, к тому же обычно оно запрашивается множеством пользователей одновременно. Приложение может использовать eMBMS для загрузки и кеширования электронных изданий в памяти устройства.

В результате конечный пользователь может читать любимую газету каждое утро без раздражающего ожидания окончания загрузки.

Обновление программного обеспечения. Программное обеспечение смартфонов и планшетов должно своевременно обновляться производителем для исправления ошибок и добавления нового функционала.

Используя широкополосную передачу, оператор может передавать своим абонентам обновления программного обеспечения для наиболее популярных устройств. Миллионы пользователей одновременно смогут загружать обновления.

Встроенная реклама в видео. Реклама перед показом видеоролика является одним из источников дохода в мобильном Интернете.

Реклама чрезвычайно важна для экономики мобильных сетей, но ее назойливость все более разочаровывает конечных пользователей. Таким образом, пользовательский опыт, обеспечиваемый имеющимися в настоящее время мобильными приложениями или интернет-сайтами, меньше, чем мог бы быть в случае отсутствия проблем, вызванных рекламой.

Действительно, пользователю показывается что-то, что он точно не желает видеть, причем в то же время он обязан платить за данные, которые не запрашивал, и ждать; видеореклама проигрывается довольно часто — и все это в совокупности не может не раздражать абонентов.

eMBMS позволяет осуществить предварительную фоновую загрузку рекламного видеоряда на устройство незаметно для пользователя. Перед просмотром видео приложение самостоятельно определяет наличие предварительно загруженной рекламы. Если она там есть, то отобразится мгновенно и в хорошем качестве, не раздражая пользователя.

Интернет вещей (умные счетчики). В качестве примера рассмотрим счетчики электричества. Такое умное устройство учитывает потребление электроэнергии и передает данные (по крайней мере раз в день) на серверы для мониторинга и тарификации.

Эти устройства несут на себе программное обеспечение и могут управляться централизованно. Очевидно, что с ростом числа подобных устройств затрудняется централизованное управление ими, что может дорого обойтись поставщику услуг. Широковещательная передача данных может помочь справиться с такой задачей, рассылая команды или обновления множеству устройств одновременно.

Общественная безопасность. Представим, что где-то произошло чрезвычайное происшествие, для урегулирования последствий требуются совместные усилия многих государственных служб — спасателей, полиции, пожарных и т. д. Для одновременной отдачи приказов множеству сотрудников нужна хорошая связь. Использование средств мобильной связи может оказаться хорошей альтернативой использованию портативных радиостанций.

Поэтому в настоящее время 3GPP активно прорабатывается использование eMBMS для решения вопросов общественной безопасности. Как вариант, eMBMS может использоваться для организации Push-to-Talk-сервиса. Это позволит просто и гибко обеспечивать связь внутри большой группы заинтересованных лиц.

Количественные характеристики эффективности использования радиоресурса

Особенности функционирования eMBMS

К главным недостаткам механизма широковещательной передачи в сетях LTE можно отнести статическое выделение радиоресурсов под нужды eMBMS и отсутствие обратной связи от пользователей.

Под статическим выделением радиоресурса подразумевается то, что доля субкадров, выделяемых под широковещательную передачу, задается заранее, а также то, что сами субкадры, используемые для широковещательной передачи, не могут быть использованы для выделенной передачи. Разумеется, стандартом предусмотрена возможность изменения доли субкадров, выделяемых под eMBMS среди общего ресурса, однако каждое такое изменение на данный момент не может пройти быстрее, чем за ~5 с (минимальное время, которое может пройти между обновлением сообщения, передающегося по MCCN-каналу, составляет 512 субкадров). К тому же такое изменение требует обновления SIB'ов, что не рекомендуется делать более 32 раз в течение трех часов [2].

При выделенной передаче данных БС может получать от пользователей информацию о потерях и, соответственно, использовать режим гибридной повторной передачи (HARQ — Hybrid Automatic Repeat Request). В режиме широковещательной

передачи механизм HARQ не применяется потому, что, во-первых, отсутствует обратная связь в принципе, а во-вторых, если бы БС могла самостоятельно пересылать пакеты по широковещательному каналу, то это нарушило бы принцип согласованной передачи с другими БС, участвующими в SFN. Таким образом, отправитель (BMS-C) не может узнать, приняли ли все пользователи очередной блок данных, чтобы в случае каких-либо потерь, во-первых, самостоятельно переслать данные еще раз, а во-вторых, запустить процесс изменения MCS (путем обновления QoS) для этой сессии. Так как нельзя исключать вероятность того, что в силу каких-то обстоятельств кто-либо из пользователей может не принять блок данных, стандарт предусматривает использование механизмов восстановления файлов, которые подразумевают как повторную доставку пакетов по выделенному каналу конкретным пользователям, так и повторную рассылку в рамках всей SFN.

Соответственно, для эффективного использования широковещательной передачи необходимо решить несколько качественных задач. В данном разделе будут рассмотрены две задачи такого типа.

Сначала будет рассмотрен подход, позволяющий понять, имеет ли смысл использовать широковещательную передачу данных в принципе. Такой подход следует применять, когда заранее неизвестно, для чего будет использоваться eMBMS. Если же сценарий известен, как и будет показано далее на примере, то можно использовать другие критерии для определения, как лучше всего применять eMBMS и каким образом обеспечить надежную доставку данных до абонента в силу отсутствия обратной связи. В настоящее время имеется небольшое число статей, посвященных этой теме. Данный раздел опирается на результаты работ автора статьи.

Сравнение эффективности использования широковещательной и выделенной передачи

Для того чтобы субкадры не выделялись зря под широковещательную передачу, необходимо иметь возможность узнать, когда лучше передавать данные не средствами выделенной передачи каждому пользователю, а сразу всем пользователям, применяя eMBMS.

Одним из критериев, позволяющих сравнить эффективность выделенной и широковещательной передачи, является отношение числа затраченных ресурсных блоков к объему переданной уникальной информации:

$$Q = \frac{\sum_{t=1}^T RB}{\sum_{t=1}^T k_t}, \quad (1)$$

где T — общее время работы или число переданных субкадров; RB_i — число ресурсных блоков, использованных для передачи в i -м субкадре; k_i — число полезных бит, переданных в i -м субкадре.

В работе [8] приводится сравнение выделенной и ширококвещательной передачи с использованием имитационного моделирования и аналитического подхода, сделанного при условии наличия ряда допущений:

- RLC- и PDCP-уровни не вносят заголовки;
- RLC-уровень не разбивает и не объединяет пакеты;
- PDCP-уровень не сжимает IP-заголовки;
- пользователи равноправны;
- в канале отсутствуют ошибки.

Для случая выделенной передачи данных формулу (1) возможно записать следующим образом:

$$Q = \frac{\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^N RB_{i,j}}{\sum_{t=1}^T k_i}, \quad (2)$$

где N — количество пользовательских устройств, которым передавались данные по выделенному каналу; $RB_{i,j}$ — число ресурсных блоков, использованных пользователем j в i -м субкадре.

Поскольку для сравнения входной поток для всех пользователей одинаков (в противном случае задача не имеет смысла) и считаются только полезные данные, знаменатель дроби не зависит от числа пользователей.

С использованием указанных допущений выражение (2) можно привести к виду

$$Q_{unicast} \approx \frac{N \cdot \overline{RB}}{k_{tti}}, \quad (3)$$

где N — число пользователей; \overline{RB} — среднее число ресурсных блоков, приходящихся на одного пользователя в одном субкадре; k_{tti} — среднее количество бит, переданных в одном субкадре.

Выражение (1) для случая ширококвещательной передачи выглядит следующим образом:

$$Q_{eMBMS} = \frac{\frac{m}{10} \cdot T \cdot RB_{sf}}{\sum_{t=1}^T k_i}, \quad (4)$$

где $m/10$ — доля субкадров, отведенных под ширококвещательную передачу среди общего числа субкадров в кадре; RB_{sf} — число ресурсных блоков в субкадре. Оно зависит только от ширины канала. Например, при ширине канала 15 МГц один субкадр будет содержать в себе 75 ресурсных блоков.

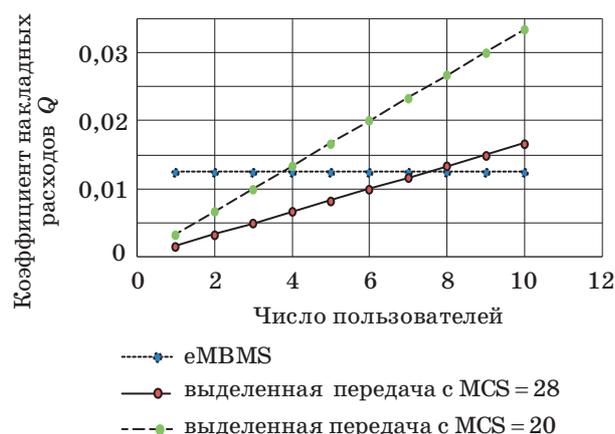


Рис. 3. Сравнение эффективности выделенной и ширококвещательной передач при интенсивности входного потока 0,6 Мбит/с

Если принять во внимание указанные ранее допущения, то можно из выражения (4) получить выражение вида

$$Q_{eMBMS} \approx \frac{m \cdot RB_{sf}}{10 \cdot k_{tti}}, \quad (5)$$

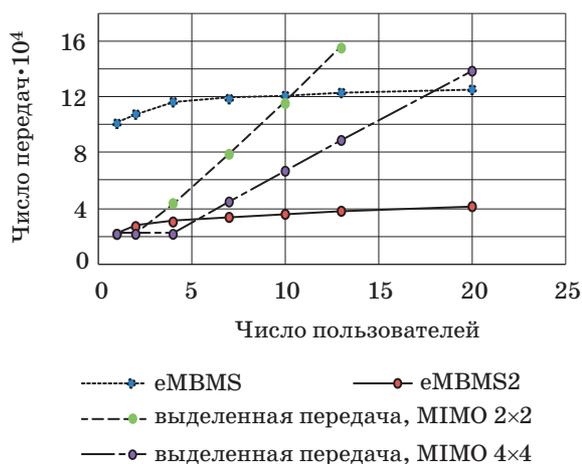
где m является входным параметром и задается перед началом вычислений на основе среднего числа бит, поступающих в систему за один момент времени, и максимального объема данных, который можно передать в одном субкадре.

График результатов сравнения эффективности выделенной и ширококвещательной передачи для случая, когда входной видеопоток поступает с интенсивностью 0,6 Мбит/с, показан на рис. 3.

С ростом числа пользователей растет коэффициент накладных расходов на выделенную передачу данных, но скорость этого роста зависит от выбранной кодомодуляционной схемы (которая в свою очередь зависит от условий в канале). Из графика видно, что в одном из случаев ширококвещательную передачу имеет смысл использовать, начиная уже с четырех пользователей.

Эффективность методов восстановления файлов

Частным случаем сценария обновления программного обеспечения является обновление операционной системы на смартфонах. Обычно обновление появляется одновременно во многих регионах для огромного числа устройств. Использование ширококвещательной передачи для доставки обновления не исключает того, что какая-то часть файла с обновлением может быть не принята пользовательским устройством вследствие ошибки.



■ Рис. 4. Сравнение методов восстановления файлов

Для исправления таких ошибок стандарт предусматривает два подхода к восстановлению файлов: восстановление с использованием выделенного канала передачи и восстановление с использованием широкополосного канала.

В работе [9] проведены анализ и сравнение двух методов восстановления файлов, подразумевающих стандартом для использования:

- повторная передача принятых блоков по широкополосному каналу;
- повторная передача принятых блоков каждому пользователю индивидуально по выделенному каналу.

Также в работе был предложен не противоречащий стандарту метод восстановления файлов по широкополосному каналу, заключающийся в постоянной циклической передаче принятых блоков по широкополосному каналу до тех пор, пока они не будут приняты всеми пользователями. Данный метод показал преимущество в некоторых условиях по сравнению с методами, взятыми из стандарта.

На графиках (рис. 4) отражена зависимость необходимого числа передач от числа мобильных устройств, принимающих данные. Для выделенной передачи данных принималось во внимание использование технологии MIMO в конфигурации 2×2 и 4×4.

Статус внедрения eMBMS в сетях разных операторов

Данные из отчета [10] на апрель 2016 г. систематизированы в таблице. Из них следует, что как минимум два оператора имеют развернутую коммерческую сеть с поддержкой eMBMS. Еще не менее трех операторов занимаются внедрением eMBMS в свои LTE-сети. Множество испытаний и демонстраций было проведено и запланировано с операторами по всему миру.

Страна	Оператор	Статус
Австралия	Telstra	Подготовка к использованию
Бразилия	Clara and NET	Проведены испытания
Великобритания	Etisalat	Проводятся испытания
Германия	Vodafone	Проведены испытания
	IRT	Проводятся испытания
Гонконг	PCCW (CSL)	Проводится внутреннее тестирование
Индия	RJIL	Проведены испытания
Индонезия	Smartfren	Испытания запланированы
Испания	Vodafone	Проведены испытания
Италия	RAI	Проводятся испытания и сравнение eMBMS с DVB
	TIM	Проводятся испытания
Китай	China Mobile	Проведены испытания
	Cine Telecom	Проведены испытания
Нидерланды	KPN	Проведены испытания
Польша	Polkomtel Plus	Проведены испытания
Португалия	Meo	Проводятся испытания
Россия	Megafon	Проводится внутреннее тестирование
	MTS	Проведены испытания
Сингапур	SingTel	Проводятся испытания
США	AT&T	Проводятся испытания и осуществляется подготовка к использованию
	Verizon Wireless	Используется в коммерческой сети
Филиппины	Globe	Подготовка к использованию
	Smart	Проведены испытания
Франция	Orange	Проведены испытания
	TDF	Проводятся испытания и сравнение eMBMS с DVB
Южная Корея	SK Telecom	Подготовка к использованию
	KT	Используется в коммерческой сети

Заключение

Рассмотрена технология широкополосной передачи данных в сетях LTE, известная как eMBMS. Сама по себе технология только начинает свой путь в коммерческих сотовых сетях. Нет сомнений, что широкополосная передача

будет развиваться и дальше. Аналогов у данной технологии нет, и большинство предложенных сценариев использования мобильных сетей могут стать возможными только благодаря ей.

Основная польза от использования eMBMS возникает, когда доступ к одинаковым данным требуется нескольким пользователям. Причем точное число пользователей, при котором ширококвещательная передача становится предпочтительнее выделенной, зависит от различных внешних факторов, например, условий в канале. В данной работе описывается подход, позволяющий сравнить эффективность использования

канального ресурса для выделенной и ширококвещательной передачи данных.

Поскольку ширококвещательный канал все так же подвержен ошибкам, то возникает необходимость исправления ошибок в результате передачи данных с использованием eMBMS. Данная задача может решаться различными методами, при этом каждый обладает своими преимуществами.

Возможные сценарии использования ширококвещательной передачи не исчерпываются описанными в статье. Стоит ожидать расширения области возможного применения данной технологии с развитием сетей мобильной передачи данных.

Литература

1. Ericsson Mobility Report. Nov. 2015. <http://www.ericsson.com/res/docs/2015/mobility-report/ericsson-mobility-report-nov-2015.pdf> (дата обращения: 10.10.2016).
2. 3GPP TS 36.331 V12.8.0. RRC Protocol Specification. <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2440> (дата обращения: 05.09.2016).
3. 3GPP TS 25.446 V12.1.0. MBMS Synchronisation Protocol (SYNC). <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=1210> (дата обращения: 05.09.2016).
4. The OMVC Mobile TV Study: Live, Local Programming Will Drive Demand for Mobile TV. — Frank N. Magid Associates, Inc. <http://online.wsj.com/public/resources/documents/omvc200912.pdf> (дата обращения: 22.08.2016).
5. Citrix ByteMobile Mobile Analytics Report. — Citrix, June 2013. <https://www.citrix.com/products/bytemobile-adaptive-traffic-management/tech-info.htm> (дата обращения: 19.08.2016).
6. Diane Williams. The Arbitron National In-Car Study. — Arbitron, 2009 Ed. <http://www.arbitron.com/downloads/InCarStudy2009.pdf> (дата обращения: 04.09.2016).
7. Automotive Futures. Connected Cars for Smart Mobility: envisioning. — Atos, 2010. <https://se.atos.net/content/dam/global/careers/atos-connected-cars-smart-mobility.pdf> (дата обращения: 01.07.2016).
8. Митрофанов С. А., Тюрликов А. М. eMBMS LTE Usage to Deliver Mobile Data// 6th Intern. Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems, Saint-Petersburg, 2014. P. 60–65. doi:10.1109/ICUMT.2014.7002079
9. Митрофанов С. А. Анализ методов восстановления файлов при ширококвещательной передаче в сетях LTE // Научная сессия ГУАП: сб. докл. Ч. 1. СПб., 2015. С. 269–273.
10. LTE Broadcast (eMBMS): Global Status Summary of Deployments and Activities. 2016. <http://gsacom.com/paper/lte-broadcast-embms-global-status-summary-of-deployments-and-activities/> (дата обращения: 12.10.2016).

UDC 621.391

doi:10.15217/issn1684-8853.2017.1.63

Overview of Broadcast Transmission usage Scenarios in LTE Networks

Mitrofanov S. A.^a, Post-Graduate Student, smtrfnv@gmail.com

^aSaint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, 67, B. Morskaya St., 190000, Saint-Petersburg, Russian Federation

Introduction: Standards for 4G networks provide a way to transfer the same data to multiple users in a broadcast manner. This brings new opportunities to mobile operators for offering and deploying new mobile services. However, broadcast transmission is not usable for all possible scenarios and the standards do not provide any guideline answering the question. **Purpose:** We discuss possible broadcast transmission usage scenarios, introduce some metrics of effectiveness and use them for comparison between unicast and broadcast transmission schemes. **Results:** It is demonstrated that in order to support such a transmission mode, new logical nodes should be added into the core and radio networks. Twelve different scenarios of possible effective broadcast transmission scheme usage are described. Two problems are provided and solved in order to find out when it is better to use the broadcast transmission scheme rather than the unicast one. The article contains information about broadcast transmission scheme usage (deployments, trials, tests) through mobile networks all around the world. **Practical relevance:** The proposed approaches allow the operators and manufacturers to develop their own ways for effective usage of the broadcast transmission scheme.

Keywords — LTE, 4G, eMBMS, Broadcast Transmission.

References

1. *Ericsson Mobility Report*. November 2015. Available at: <http://www.ericsson.com/res/docs/2015/mobility-report/ericsson-mobility-report-nov-2015.pdf> (accessed 10 October 2016).
2. *3GPP TS 36.331 V12.8.0. RRC Protocol Specification*. Available at: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2440> (accessed 05 September 2016).
3. *3GPP TS 25.446 V12.1.0. MBMS Synchronisation Protocol (SYNC)*. Available at: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=1210> (accessed 05 September 2016).
4. *The OMVC Mobile TV Study: Live, Local Programming Will Drive Demand for Mobile TV*. Frank N. Magid Associates, Inc. Available at: <http://online.wsj.com/public/resources/documents/omvc200912.pdf> (accessed 22 August 2016).
5. *Citrix ByteMobile Mobile Analytics Report*. Citrix, June 2013. Available at: <https://www.citrix.com/products/byte-mobile-adaptive-traffic-management/tech-info.htm> (accessed 19 August 2016).
6. Diane Williams. *The Arbitron National In-Car Study*. Arbitron, 2009 Ed. Available at: <http://www.arbitron.com/downloads/InCarStudy2009.pdf> (accessed 04 September 2016).
7. *Automotive Futures. Connected Cars for Smart Mobility*. Atos, 2010. Available at: <https://se.atos.net/content/dam/global/careers/atos-connected-cars-smart-mobility.pdf> (accessed 01 June 2016).
8. Mitrofanov S. A., Turlikov A. M. eMBMS LTE Usage to Deliver Mobile Data. *6th Intern. Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems*. Saint-Petersburg, 2014, pp. 60–65. doi:10.1109/ICUMT.2014.7002079
9. Mitrofanov S. A. The Analysis of File Repairing Methods for LTE Broadcast Transmission Scheme. *Sbornik dokladov "Nauchnaia sessiia GUAP"*, chast 1 [Proc. of the "Scientific session SUAE", part 1]. Saint-Petersburg, pp. 269–273 (In Russian).
10. *LTE Broadcast (eMBMS): Global Status Summary of Deployments and Activities*. 2016. Available at: <http://gsacom.com/paper/lte-broadcast-embms-global-status-summary-of-deployments-and-activities/> (accessed 12 October 2016).

УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

Научная электронная библиотека (НЭБ) продолжает работу по реализации проекта SCIENCE INDEX. После того как Вы регистрируетесь на сайте НЭБ (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>), будет создана Ваша личная страничка, содержание которой составят не только Ваши персональные данные, но и перечень всех Ваших печатных трудов, имеющих в базе данных НЭБ, включая диссертации, патенты и тезисы к конференциям, а также сравнительные индексы цитирования: РИНЦ (Российский индекс научного цитирования), h (индекс Хирша) от Web of Science и h от Scopus. После создания базового варианта Вашей персональной страницы Вы получите код доступа, который позволит Вам редактировать информацию, помогая создавать максимально объективную картину Вашей научной активности и цитирования Ваших трудов.