

УДК 621.396:654.02.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ СЕТЕЙ LTE ПРИ ПОСТРОЕНИИ СЕТЕЙ M2M

**В.О. Тихвинский**, заместитель генерального директора ООО «Айкоминвест» по инновационным технологиям, д.э.н., проф.; vtiiir@mail.ru  
**С.В. Терентьев**, заместитель генерального директора ООО «Гипросвязь Консалтинг», к.т.н.

**Ключевые слова:** сеть LTE, сеть M2M («машина–машина»), модели взаимодействия сетей, M2M-сервер, архитектура сети связи, модели трафика.

**Введение.** Растущие возможности операторов сетей LTE, использующих наиболее перспективную технологию для оказания услуг высокоскоростной передачи данных, заставляют обратить внимание производителей приложений на сравнительно новые сегменты телекоммуникационных услуг, таких как сети M2M (Machine-to-Machine, машина – машина).

Разработчик технических требований к сетям LTE – партнерский проект 3GPP – вслед за техническим комитетом M2M ETSI уже более пяти лет занимается вопросами внедрения сетей и услуг M2M с использованием сетей 3GPP в качестве инфраструктуры доступа, объединяющей оконечные устройства M2M, локальные сети M2M, базовую сеть, платформы и приложения M2M в единые сети M2M для оказания новых услуг. Одна из проблем, возникающих при использовании мобильных сетей 3GPP в качестве сетей доступа M2M, состоит в том, что они, становясь элементами сетей M2M, должны в то же время оставаться действующими сетями мобильной связи или по крайней мере не нарушать процесс предоставления услуг мобильной связи.

Использование взрывного потенциала новой технологии беспроводного доступа LTE для создания сетей M2M операторами и вендорами оценивается пока негативно из-за низких объемов генерируемого в сетях M2M трафика. Можно ожидать, что сети M2M повысят востребованность и продлят жизненный цикл технологии 2G после внедрения VoLTE и перераспределения рынка речевых услуг между сетями 2G/3G/4G.

**Деятельность рабочих групп 3GPP по формированию технических требований к M2M.** Впервые партнерский проект 3GPP начал разработку технологий связи 3GPP для использования в сетях M2M в 2007 г., когда исследовался вопрос оказания услуг связи «машина–машина» при помощи мобильных сетей, стандартизованных 3GPP (GSM/EDGE/UMTS/HSPA) [1]. Это исследование определило потенциал услуг M2M и показало возможность их движения к премиальному сегменту мобильного рынка. В 2010 г. рабочие группы 3GPP начали процесс внедрения результатов исследований по M2M в разработку технических спецификаций на основе технических отчетов TS 22.368 [2] и TR 23.888 [3].

Технические спецификации TS 22.368 [2] определили общие и специфические требования к технологии связи M2M. Работа над их созданием инициировала два дополнительных исследования, которые были сфокусированы на альтернативах использования нумерации E.164 для M2M и совершенствовании требований M2M (TR 22.888) [4]. Кроме рабочей группы 3GPP SA (Services and System Aspects), еще две рабочие группы: по сетям радиодоступа (Radio Access Network, RAN) и GERAN (GSM Edge Radio Access Network) – также активно работали над улучшениями Релиза 10 для сетей и

услуг M2M при подготовке технических отчетов TR 37.868 (Study on RAN Improvements for MTC) и TR 43.868 (Study on GERAN Improvements for MTC).

Технический отчет TR 33.812 содержит результаты исследования возможностей сетевой безопасности удаленного резервирования и изменения подписки на услуги для оконечного оборудования M2M. В техническом отчете TR 33.868 также рассмотрены аспекты сетевой безопасности M2M, а дальнейшая работа по M2M отложена до Релиза 11.

Технический отчет TR 23.888 [3] выделяет ключевые вопросы M2M и предлагает возможные решения. Технические требования Релиза 10 в части технологии связи M2M направлены на совершенствование требований, связанных с перегрузками и контролем этих перегрузок в сетях LTE/3GPP, а остальные вопросы перенесены на дальнейшие релизы.

В техническом отчете TR 22.888 [2], подготовленном в рамках исследований по Релизу 10, было сформулировано более 14 новых специфических требований к сетям и услугам M2M:

- *низкая мобильность*, что определяется моделями поведения устройств M2M, которые могут быть статичными (неперемещаемыми), иметь ограниченную мобильность (nomadic) или быть мобильными, но в пределах строго определенного региона. Эти свойства M2M-устройств позволяют снижать служебный трафик сигнализации, отвечающий за мобильность, и частоту передаваемых отчетов от устройств M2M;
- *контроль времени связи*, когда данные от устройств M2M могут быть переданы или приняты только в строго определенный период и служебный трафик за пределами этих заранее определенных временных окон минимизирован;
- *толерантность к моменту проведения сеанса связи* и задержкам сообщений, которая реализуется за счет того, что приложения для передачи данных могут обеспечивать независимость от таких задержек;
- *реализация только принципов коммутации пакетов*, вследствие чего доступ в сеть разрешен для ранее установленных услуг и переключение возможно как с применением, так и без применения мобильных терминалов;
- *использование международного номера абонента для нумерации* (International Subscriber Directory Number, MSISDN);
- *передача небольших объемов данных* (Small Data Transmissions), так как большинство M2M-устройств передает небольшие потоки данных в линии вверх;
- *инициализация только мобильного вызова* (Mobile Originated Only), так как сеть предоставляет механизмы снижения управляющего служебного трафика, создаваемого устройствами M2M;
- *завершение мобильного вызова* (Infrequent Mobile Terminated) на сетях LTE/3GPP;
- *мониторинг M2M-сети*, осуществляемый, поскольку сеть M2M не предназначена для предотвращения краж M2M-устройств, для выявления таких событий в сети M2M, как необъяснимое поведение и потеря соединения, уведом-

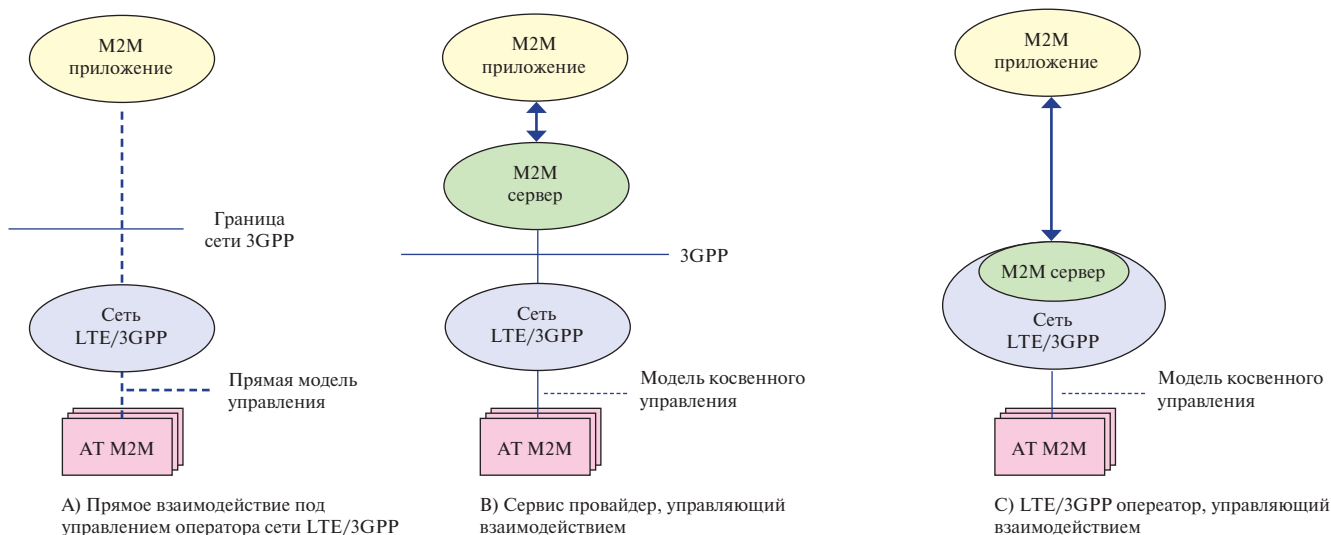


Рис. 1. Модели взаимодействия сетей M2M и LTE/3GPP

ление конечного пользователя о результатах мониторинга;

- *приоритетная передача аварийных сообщений* (Priority Alarm Message, PAM), требующих немедленного внимания оператора и пользователей сети M2M, в случаях краж, срочных или чрезвычайных ситуаций;
- *безопасность соединений*, особенно при соединении через роуминговых операторов;
- *переключение M2M-устройств с учетом особенностей расположения* (оператор хранит информацию о расположении и может «разбудить» или переключить M2M-устройство в определенной области сети M2M);
- *обеспечение достижения места назначения данными в сети M2M для данных*, передаваемых в линии вверх, за счет их передачи, по возможности, на особые адреса;
- *поддержка редких передач*, для чего ресурсы сети доступа LTE/3GPP распределяются только по мере необходимости;
- *возможности группового использования устройств M2M* для вещания на выделенные группы M2M-устройств, на которые при этом распространяются требования политик, тарификации, адресации и QoS.

**Взаимодействие сетей LTE/3GPP и M2M при оказании услуг.** Техническими спецификациями 3GPP TS 22.368 [2] определено три модели использования различных вариантов управления сетью M2M и взаимодействия между устройствами M2M и M2M-сервером, а также M2M-приложением (рис. 1):

- *модель А* обеспечивает прямое взаимодействие между устройствами M2M по принципу «каждый с каждым» без промежуточного M2M-сервера, а также прямое взаимодействие с M2M-приложениями как с приложениями верхнего уровня оператора сети LTE/3GPP. Пример на рис. 1 реализуется только Релизом 12;
- *модель В* обеспечивает взаимодействие устройств M2M с использованием M2M-сервера, расположенного за пределами домена оператора, и оператор сети LTE/3GPP поддерживает это сетевое взаимодействие с M2M-сервером. В качестве точек взаимодействия используются MTCsp и MTCsms, которые могут являться как внешними интерфейсами для оператора сети M2M (сервис-провайдера), так и внутренними при управлении сетью M2M со стороны оператора сети LTE/3GPP;
- *модель С* обеспечивает взаимодействие устройств

M2M посредством M2M-сервера, расположенного в домене оператора. Сеть домена оператора предлагает программируемый интерфейс приложений (API) на M2M-сервере, и потребитель M2M-услуг соответственно имеет доступ к M2M-серверу посредством этого API.

При реализации сценария, когда M2M-устройства взаимодействуют с одним M2M-сервером или более, оператор сети LTE предоставляет соединение к одному или нескольким M2M-серверам. При этом используемый M2M-сервер управляется оператором сети так, как показано на рис. 1, либо сервер M2M может не контролироваться оператором сети (рис. 2).

M2M-приложения для конечных услуг используют службы передачи данных, предоставляемые сетью LTE/3GPP, и частично службы M2M-сервера. Сеть LTE/3GPP обеспечивает для сети M2M услуги транспортной сети и сетевого взаимодействия (включая услуги служб передачи данных 3GPP (Bearer Services), IMS и SMS), а также возможности оптимизации сетей, которые способствуют повышению эффективности взаимодействия устройств M2M.

На рис. 2 представлена архитектура сети LTE/3GPP, в которой абонентский терминал (АТ) M2M используется для взаимодействия с сетью M2M посредством соответствующей сети доступа интерфейса LTE-Uu/Uu/Um. Здесь же показаны варианты моделей взаимодействия А и В, а также возможность использования гибридной модели (А+В), в которой для трафика плоскости пользователя реализуется модель прямого взаимодействия (А), а для служебного трафика плоскости управления сети M2M — модель непрямого взаимодействия (В). Как следует из рисунка, сервер M2M-приложений, поддерживающий различные варианты услуг M2M, и точка сопряжения с программируемым интерфейсом API находятся за пределами границы сети LTE/3GPP.

Однако M2M-сервер располагается как за пределами домена оператора, так и внутри. Точки сопряжения MTCsp и MTCsms могут быть частью функционального модуля межсетевое взаимодействие M2M-IWF (таблица), обеспечивая доступ к M2M-серверу, при использовании сетей с технологией не-3GPP (CDMA-2000, WiMAX и др.).

Приложения M2M могут иметь совмещенное размещение на сервере M2M, который является элементом сети M2M, соединенным с сетью и взаимодействующим как с устройствами M2M, так и с узлами сети мобильного доступа

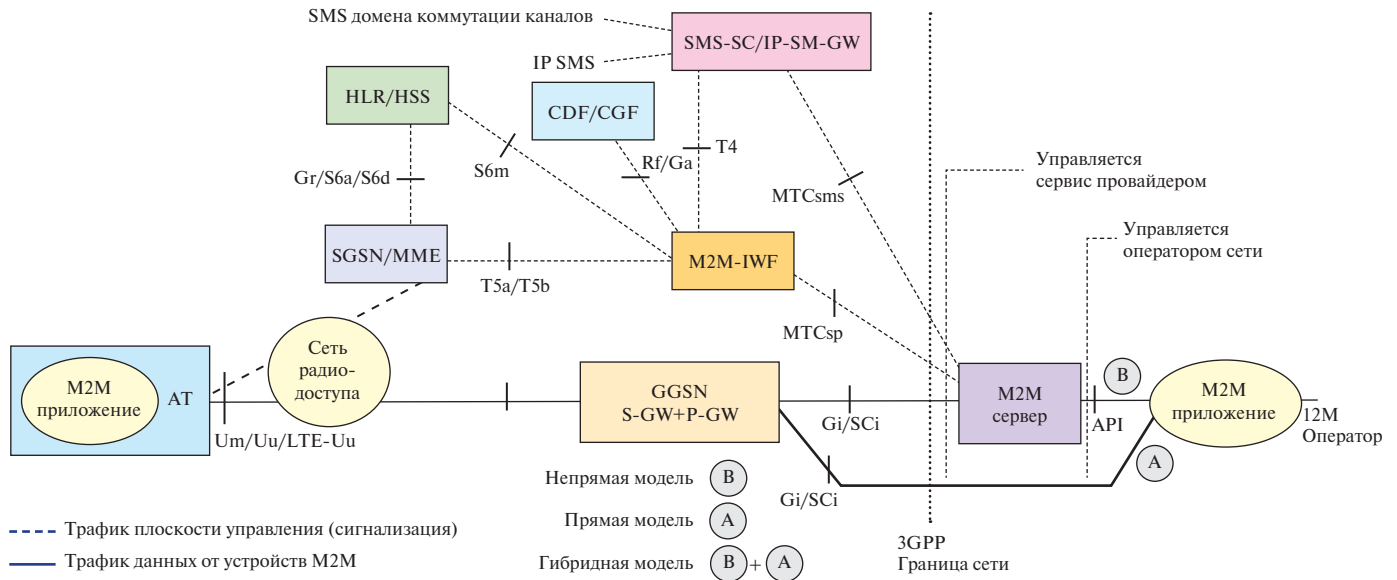


Рис. 2. Архитектура сети M2M с использованием сети доступа LTE/3GPP

LTE/3GPP. Архитектура сети LTE/3GPP обеспечивает поддержку роуминга устройств M2M и доступ к M2M-услугам за счет использования интерфейса LTE-Uu/Uu/Um визитной сети LTE/3GPP.

При роуминге устройства M2M используют точку взаимодействия MTCu визитной сети мобильного оператора LTE/3GPP для доступа к услугам M2M домашней сети.

Сеть LTE/3GPP в качестве сети доступа для M2M-сети, кроме традиционных, выполняет ряд дополнительных функций, определяемых моделью взаимодействия. Соответственно и модули сети LTE/3GPP реализуют новые функции, что зависит от степени их вовлеченности в решение задач управления и оказания услуг M2M:

- M2M-IWF выполняет функцию межсетевое взаимодействия и размещается у оператора домашней сети LTE/3GPP. Обычно этот модуль, обеспечивающий передачу или трансляцию протоколов управления и сигнализации, используемых в точке сопряжения MTCsp, скрыт внутри топологии сети LTE/3GPP. Кроме того, M2M-IWF производит аутентификацию M2M-сервера перед установлением

его присоединения к сети доступа и авторизацию запросов M2M-сервера в плоскости управления;

- HSS осуществляет терминацию присоединений к модулю M2M-IWF в точке сопряжения S6m, сохранение и обеспечение нумерации устройств M2M на базе E.164 с использованием MSISDN и внешних абонентов на основе IMSI, а также маршрутизацию сетевой информации об адресах используемых модулей MME/SGSN/MSC для модуля M2M-IWF;

- PGW обеспечивает прямое взаимодействие между устройствами M2M по принципу «каждый с каждым» без промежуточного M2M-сервера или не прямое взаимодействие с использованием M2M-сервера, а также реализует гибридные модели взаимодействия;

- MME осуществляет терминацию присоединений в точках взаимодействия T5b/T5a, получает команды на переключение устройств M2M из модуля M2M-IWF и сохраняет историю этих переключений, инкапсулируя данные в NAS-сообщения для передачи их устройствам M2M.

**Модели трафика M2M и управление перегрузками в сети**

**Главные элементы архитектуры сети LTE/3GPP и точки сопряжения сетей M2M и LTE/3GPP**

Элементы архитектуры и точки сопряжения сетей M2M и LTE/3GPP	Назначение
MTCu(LTE-Uu)	Точка сопряжения M2M-устройств и сети LTE/3GPP для транспортировки трафика пользователя
MTCsp	Точка сопряжения M2M-сервера и службы обмена данными (3GPP Beamer Service) сети LTE/3GPP, которая обеспечивает взаимодействие модуля M2M-IWF в плоскости управления
MTCsms	Точка сопряжения M2M-сервера для присоединения к сети LTE/3GPP при использовании SMS-услуг для взаимодействия между устройствами M2M
T4	Точка сопряжения модуля M2M-IWF, используемая для маршрутизации устройств M2M, подключаемых к серверу SMS-SC домашней сети LTE/3GPP
T5a	Точка сопряжения модулей M2M-IWF и SGSN
T5b	точка сопряжения модулей M2M-IWF и MME
S6m	Точка сопряжения модуля M2M-IWF, опрашиваемая модулем HSS для адресации при использовании нумерации E.164 на основе MSISDN
M2M-пользователь	Юридическое лицо, которое использует объединенные в сеть абонентские терминалы M2M (обычно контрактный партнер оператора сети связи)
Абонентский терминал M2M (AT M2M)	Оборудование пользователя сети M2M для взаимодействия с M2M-сервером и другими устройствами M2M в сети
M2M-сервер	Модуль для обеспечения взаимодействия M2M-устройств с мобильной сетью LTE/3GPP

**LTE/3GPP.** Трафик, создаваемый в сети LTE/3GPP при оказании услуг M2M, характеризуется следующими особенностями [5–8]:

- спорадическим характером взаимодействия оконечных устройств M2M в сети и короткой продолжительностью этих сеансов;
- незначительным объемом передаваемых данных, требующим небольшой пропускной способности сети доступа, но при этом большим количеством подключенных оконечных M2M-устройств;
- низкой мобильностью оконечных M2M-устройств или полным отсутствием таковой, а также низкой активностью в линии вверх;
- большими группами оконечных M2M-устройств с одновременным запросом соединения в сети;
- низким потреблением энергии оконечными M2M-устройствами, что является следствием небольшого трафика;
- низкими запросами на вычислительные мощности и низкой стоимостью оконечных M2M-устройств как следствие небольшого трафика;
- высокими требованиями к безопасности данных.

Трафик, генерируемый в сетях M2M, можно разделить на два класса: класс для низкого уровня трафика от устройств M2M и класс для высокого уровня трафика от устройств M2M (услуги видеонаблюдения).

M2M-устройства способны генерировать большие объемы служебного трафика (Signaling), который может вызывать перегрузку сети, как минимум, в следующих двух ситуациях:

- M2M-приложение, используемое во многих AT M2M, запрашивает множество AT выполнить какое-то действие (например, команду Attach/Connect Requests) посредством сети LTE/3GPP одновременно;
- большое количество роуминговых AT M2M (in-gamers) движутся и собираются в одном месте, вследствие чего локальные сети устройств M2M переполняются, что ведет к нехватке ресурсов обслуживающей сети LTE/3GPP.

Эти ситуации могут отрицательно влиять как на характеристики сети доступа LTE/3GPP, вызывая перегрузки внутри сети, так и на качество услуг M2M и даже на восприятие пользователя (QoS/End-User Experiences) таких высокодоходных услуг, как передача речи и другие мультимедийные услуги.

При управлении в сети LTE/EPC перегрузками трафика услуг M2M используются следующие способы:

- назначение абонентскому терминалу низкого приоритета доступа при помощи команды Low Access Priority для дифференциации низкого приоритета и задержки для обеспечения толерантности служебного трафика M2M-устройств;
- установление соединения, инициируемого абонентским терминалом, с использованием протокола управления радиоресурсами RRC с низким приоритетом обслуживания, причем терминал может быть индексируется в сети радиодоступа E-UTRAN;
- управление служебным трафиком протокола RRC для обеспечения использования расширенного времени ожидания обслуживания в случае режессии сообщений от M2M-устройств;
- инициирование модулем управления мобильностью MME режессии установления соединения в сети радиодоступа E-UTRAN посредством протокола RRC.

На рис. 3 показаны диаграммы обмена командами в сети E-UTRAN между базовой станцией и модулем управления

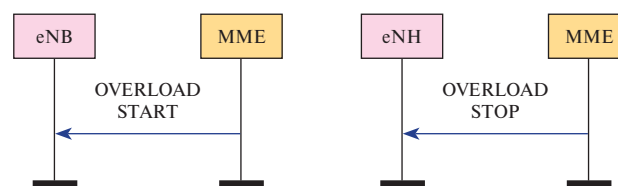


Рис. 3. Управление перегрузками M2M трафика

мобильностью при управлении перегрузками M2M-трафика.

Базовая станция eNB, получив сообщение OVERLOAD START (содержащее команду «Начало перегрузки сети» на режессию установления соединения по протоколу RRC в сети радиодоступа E-UTRAN) от модуля управления MME, работающего с перегрузкой, должна снизить уровень служебного и пользовательского трафика.

При получении сообщения OVERLOAD STOP («Конец перегрузки сети») базовая станция eNB вернется к нормальной работе с модулем управления мобильностью MME без ограничений на генерируемый ею трафик.

**Заключение.** Главной отличительной особенностью сетей M2M от мобильных сетей связи является низкий уровень трафика оконечных устройств и необходимость сведения огромного количества оконечных M2M-устройств, на порядок превышающего число абонентов мобильных сетей, в единые сети. Несмотря на низкий уровень трафика, генерируемого в сетях M2M, и относительную дороговизну на данном этапе абонентских терминалов M2M (сравнительно с терминалами 2G/3G), сети LTE/3GPP рассматриваются как важнейшее решение для создания сетей доступа операторами сетей M2M. Архитектура сети доступа LTE/3GPP, а также модели управления и взаимодействия с сетью M2M определяются наличием в этой сети отдельного M2M-сервера, реализующего различные M2M-приложения, и расположением этого сервера в границах или за пределами сети LTE/3GPP.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; TR 22.868: Study on Facilitating Machine to Machine Communication in 3GPP Systems (Release 8).
2. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; TS 22.368: Service requirements for Machine-Type Communications (MTC) (Release 11).
3. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; TR 23.888: System Improvements for Machine-Type Communications (Release 10).
4. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; TR 22.888: Study on Enhancements for MTC (Release 11).
5. Тихвинский В.О. Перспективы и модели услуг в сетях M2M// Connect! Мир связи. – 2011. – № 2.
6. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Высочин В.П. Использование IMS-платформы для управления услугами в сетях M2M// Электросвязь. – 2011. – № 4.
7. Machine-to-machine (M2M) – the rise of machine// White Paper, Juniper, 2011.
8. Proceedings of M2M World Congress // M2M World Congress. – London, 2012.

Получено 20.07.12