УДК 621.391.1

# МОНЕТИЗАЦИЯ СЕТЕЙ LTE НА ОСНОВЕ УСЛУГ M2M

**В. О. Тихвинский,** заместитель генерального директора по инновационным технологиям ООО «АйКомИнвест», д.э.н., проф.; vtniir@mail.ru
**Г. С. Бочечка,** руководитель управления инновационного центра ООО «АйКомИнвест», к.т.н.; G. Bochechka@icominvest.ru
**А. В. Минов,** заместитель генерального директора ООО «АйКомИнвест»; A. Minov@icominvest.ru

**Необходимость возврата вложений в инфраструктуру сетей LTE заставляет операторов искать новые рынки и пути монетизации услуг LTE. Перспективным направлением монетизации услуг для мобильных операторов в ближайшие годы может стать рынок услуг M2M (машина-машина). Ожидается, что к 2022 г. количество M2M-устройств в мобильных сетях увеличится более чем в 8 раз и составит 2,6 млрд соединений.**

**Рассмотрены перспективы развития рынка услуг M2M, технологические возможности и преимущества сетей LTE для оказания услуг M2M, а также вопросы тарификации трафика, формируемого M2M-устройствами.**

***Ключевые слова:*** *монетизация, LTE, M2M, тарификация, модели трафика.*

**Введение.** Сети LTE в последние три года показывают весьма высокие темпы инвестирования в инфраструктуру и строительство сетей, что обеспечило удвоение числа операторов LTE в мире [1]. Любой инвестор, естественно, хочет окупить свои вложения, однако сети LTE должны развиваться на высококонкурентном современном рынке мобильных услуг связи, уже заполненном услугами на базе технологий предыдущих поколений 2G/3G. Поэтому решающим фактором для инвестирования в развитие сетей LTE является не дальнейшее технологическое развитие, а монетизация услуг сетей LTE.

Под монетизацией услуг связи понимается получение доходов операторами от оказания услуг связи в сетях LTE за счет эффективного использования технологических возможностей LTE и конкурентных преимуществ перед сетями доступа 2G/3G, а также от внедрения дополнительных платных услуг (VAS), передачи видео высокого разрешения (HD) и др.

Монетизация сетей LTE обеспечивается проникновением технологии на новые рынки, достижением технологического и экономического превосходства на уже освоенных 2G/3G-рынках услуг, созданием новых видов услуг на основе новых технологических возможностей сетей LTE.

Однако за пять лет коммерческой эксплуатации сетей LTE традиционные услуги передачи данных постоянно дешевели, уровень потребления трафика абонентами неуклонно рос, не принося при этом ожидаемых доходов на рынке мобильной связи. Флагманская услуга (killer application), потребление которой носило бы взрывной характер, сулящий компаниям связи гарантированный возврат вложений в инфраструктуру 4G, пока не появилась.

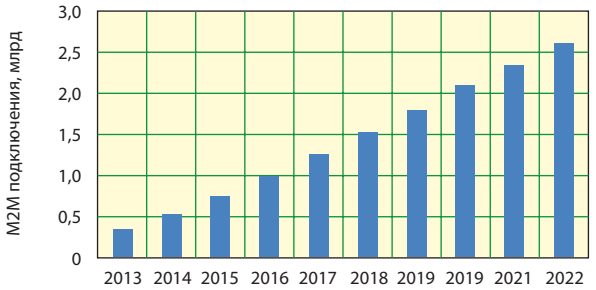
Фактически текущие потребности пользователей в услугах мобильной передачи данных обеспечивают сети третьего поколения, занимая по доходам 90% рынка услуг. К тому же большинство мобильных операторов являются операторами совмещенных сетей 2G/3G/4G, что ведет к возникновению внутренней конкуренции между технологиями. Факторы, сдерживающие инвестиции операторов в развитие LTE:

- технологические риски строительства сетей LTE высокие, а текущий доход от услуг сетей 3G значительно выше дохода от услуг сетей 4G;
- сроки лицензионных обязательств операторов по покрытию территории страны для сетей 3G более жесткие, чем для сетей 4G;
- экосистема LTE, включая абонентское оборудование и роуминг, менее развита по сравнению с экосистемой технологий 3G, а следовательно, эта часть инвестиционных рисков у LTE выше.

Тенденции все большего использования абонентами различных OTT-сервисов (Over the Top), в том числе основанных на IP-приложениях Skype, Viber и WhatsApp, снижающих доходы операторов от традиционных услуг голосовой связи и SMS, также не способствуют росту инвестиций в инфраструктуру сетей LTE. Перед будущими операторами сетей LTE встает угроза превращения их сетей в технологическую «трубу» для трафика чужих высокодоходных приложений и сервисов OTT. Такая бизнес-модель грозит сетевым операторам разорением, поэтому отрасль сейчас находится в поиске новых рынков и оптимальных сценариев монетизации услуг мобильной связи. Эти сценарии предполагают радикальный сдвиг структуры бизнес-моделей в мобильных телекоммуникациях к консолидации и трансформации цепочек создания стоимости услуг.

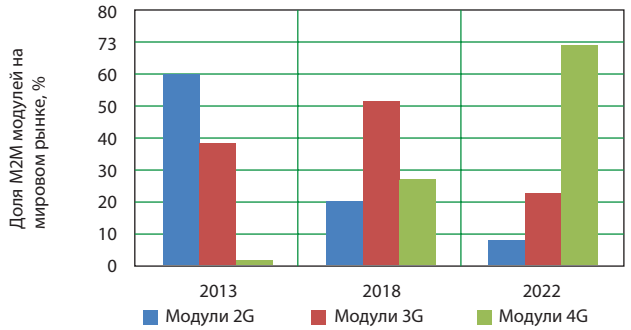
Одним из перспективных и динамично развивающихся рынков услуг для мобильных операторов, включая LTE-операторов, может стать рынок услуг M2M (машина-машина). Сети M2M определяются как сети коммуникации интеллектуальных машин, объединяющие оконечные устройства M2M и системы, работающие без участия или с ограниченным участием человека как конечного пользователя, для управления друг другом. Использование сетей LTE для взаимодействия элементов сетей M2M должно принести операторам сетей LTE дополнительные доходы и придать импульс дальнейшему росту инвестиций.

Анализ перспектив развития рынка услуг M2M. Согласно прогнозам Machina Research (рис. 1), количество M2M-соединений в сетях мобильных операторов в 2018 г. превысит 1,5 млрд [2], что в 5 раз больше текущего показателя, а в 2022 г. на долю мобильных операторов придет-




*Источник: Machina Research*

*Рис. 1.* **Число M2M-соединений в мобильных сетях**




*Источник: Machina Research*

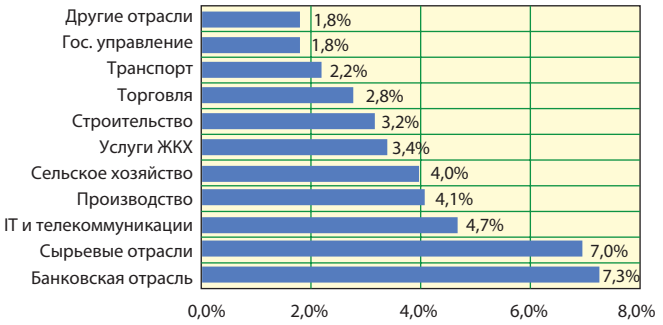
*Рис. 2.* **Деление рынка мобильных M2M-подключений между технологиями 2G, 3G и 4G**

ся свыше 2,6 млрд M2M-соединений. При этом доля M2M-соединений от общего числа соединений в сетях мобильных операторов вырастет с текущих 5% до 15% в 2018 г. и до 22% в 2022 г.

Также ожидается, что к 2018 г. среди M2M-модулей, работающих в сетях сотовой связи, будут доминировать M2M-модули на базе технологий 3G и количество M2M-модулей с 4G превысит количество M2M-модулей с 2G, а в 2022 г. уже будут доминировать M2M-модули на базе технологии LTE (69% рынка) (рис. 2) [3]. На текущий момент более 60% рынка занимают M2M-модули на базе технологии GSM, а M2M-модули на базе технологии LTE не превышают 1% рынка.

Основными нишами рынка услуг M2M являются автоматизированные системы учета расхода ресурсов ЖКХ, системы безопасности, медицинские услуги, управление транспортом, автоматизация промышленных процессов и др. (рис. 3).

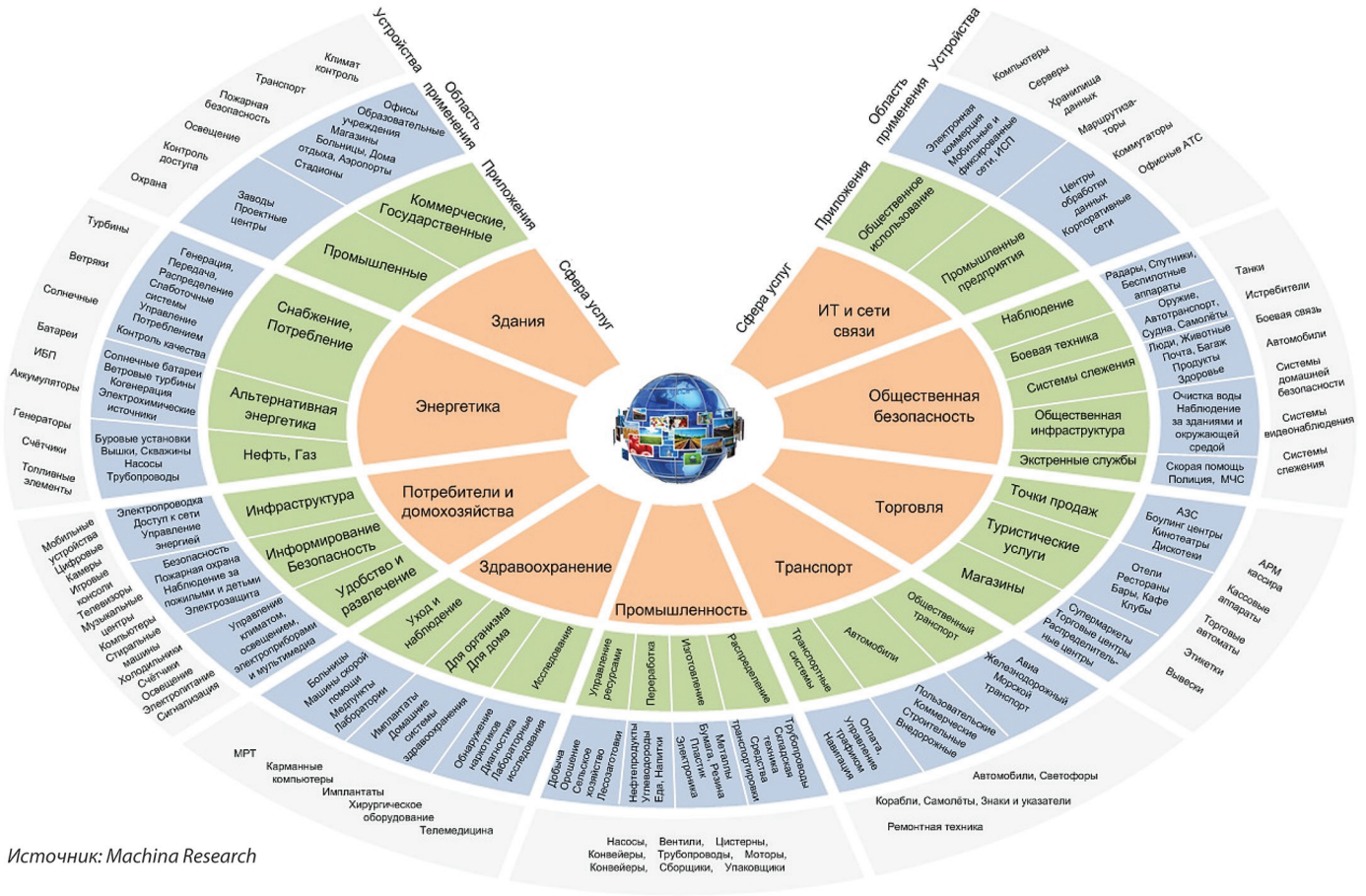
Уровень проникновения M2M-услуг в России, по данным на 2013 г., не превышает 10% (рис. 4), причем наибольшее их проникновение зафиксировано в банковской (7,3%) и сырьевых (7%) отраслях [4].




*Источник: J'son & Partners Consulting*

*Рис. 4.* **Проникновение услуг M2M в России по отраслям**

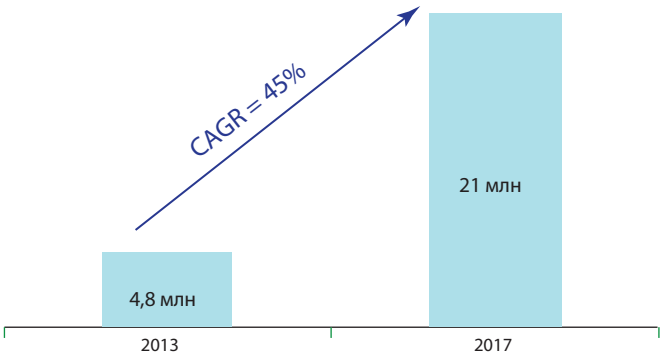
Лидером по числу клиентов мобильного M2M, по данным J'son & Partners Consulting за 2012 г., является компания МТС (50% рынка), на втором месте «ВымпелКом» (22%) и на третьем — «МегаФон» (13%); на долю прочих операторов («СкайЛинк», «Теле 2», «Ростелеком») приходится 15% M2M-клиентов [4].




*Источник: Machina Research*

*Рис. 3.* **Сферы применения услуг M2M**

Несмотря на факторы, сдерживающие развитие рынка мобильной связи и рынка LTE, рынок мобильного M2M в России в ближайшие пять лет будет находиться на подъеме и вырастет с 4,8 млн в 2013 г. до 21 млн в 2017 г. (рис. 5) [4].




*Источник: J'son & Partners Consulting*

*Рис. 5.* **Прогноз роста числа подключений M2M-устройств через сети российских мобильных операторов**

Согласно прогнозам [2], в 2022 г. самым большим сектором для M2M-соединений в мире будут M2M-устройства для частных «умных домов», преимущественно устройства для систем отопления, вентиляции и кондиционирования, а также для систем безопасности (37% всех M2M-соединений). Вторым (32% M2M-соединений) станет сектор потребительской электроники, включая игровые консоли, музыкальные плееры, фотоаппараты и бытовые устройства. За ними последуют сектор жилищно-коммунального хозяйства (10%) и транспорт (8%).

Если анализировать мировой рынок в разрезе стран-пользователей услуг M2M, крупнейшими в 2022 г. станут Китай и США. На долю США придется 20% мировой выручки от продажи M2M-услуг и 19% глобальных M2M-соединений, а аналогичные показатели Китая — 17 и 20%. Следующие по объему рынки M2M-услуг: Япония, Германия и Россия.

**Технологические возможности сетей LTE для M2M-услуг.** Начиная с 2009 г. Технический комитет (ТК) M2M ETSI разработал нормативно-технологическую базу сетей M2M. Это 11 технических отчетов и 6 технических спецификаций, описывающих требования к функциональной архитектуре сетей M2M, M2M-устройствам, M2M-интерфейсам, а также различные сценарии использования услуг M2M, такие как «Умные измерения», «Электронное здоровье», «Управление автотранспортом» и др. Данные технические стандарты стали основой технических спецификаций нового Партнерского проекта oneM2M, объединившего усилия шести региональных органов стандартизации для развития экосистемы устройств и сетей M2M.

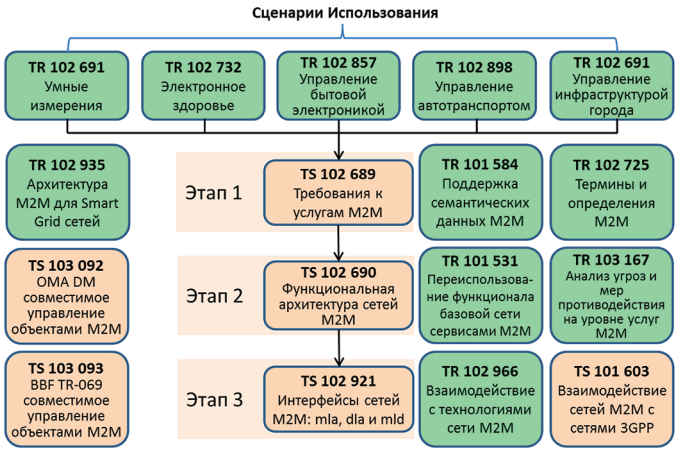



*Рис. 6.* **Стандарты и спецификации ETSI для M2M**

Эти требования обеспечивают работу M2M-сетей, M2M-устройств и M2M-приложений, часть из них вошли в соответствующие стандарты ETSI (рис. 6) [5], а часть — в технические спецификации 3GPP (Релизы 10—12) [6] (рис. 7).

*Рис. 7.* **Эволюция технологических возможностей LTE для M2M-услуг**

Для удовлетворения требований, предъявляемым к сетям M2M, а также для обеспечения эффективной работы мобильных сетей при оказании M2M-услуг Партнерский проект 3GPP совместно с техническим комитетом M2M ETSI уже более шести лет занимаются вопросами стандартизации технических возможностей и требований к сетям и услугам M2M с использованием сетей 3GPP в качестве сетей доступа.

Существующие технологические возможности сетей LTE определяются их техническими характеристиками по дальности связи и зонам покрытия, частотным диапазонам и пропускной способности каналов связи.

Требования к характеристикам LTE публикуются в формате «открытых стандартов» в технических спецификациях на оборудование LTE для соответствующего релиза (выпуска), определяемого годом его разработки. В настоящее время на рынке доступно сетевое и абонентское оборудование LTE для релизов 8, 9 и 10, так как обычно задержка выпуска оборудования на рынок составляет два-три года от момента «замораживания» дальнейшей разработки релиза.

Анализ технических спецификаций 3GPP [6] свидетельствует об эволюции развития возможностей сетей LTE по предоставлению услуг M2M. Так, в Релизе 10 сформулированы общие требования к M2M-услугам в сети LTE, которые сфокусированы на обеспечении контроля и управлении перегрузками трафика M2M-приложений в сети.

Дальнейшее развитие технических требований в Релизе 11 привело к разработке нового функционального элемента MTC—IWF архитектуры сети LTE, выполняющего функцию межсетевого взаимодействия между сетью M2M и сетью доступа. Расширены общие требования к поддерживаемым сетью LTE M2M-услугам, сформулированы требова-

ния к функции вывода M2M-устройства из спящего режима (пробуждения), введены требования по использованию IP-адресации для M2M-устройств, расширяющие общее адресное пространство, а также требования по поддержке M2M-устройств, работающих только с пакетной коммутацией.

Основной целью работ по M2M в Релизе 12 было создание дешевых абонентских устройств M2M на базе технологии LTE. В Релизе 12 дополнительно расширены требования к M2M-услугам, сформулированы требования к функциям групповой доставки сообщений, групповых ограничений и групповой тарификации, к функциям передачи малого объема данных и нечастой отправки сообщений, требования к мониторингу событий, к низкой мобильности и к функциям контроля времени передачи и приема данных, а также требования по снижению энергопотребления M2M-устройств.

Следует отметить, что работа M2M-устройств в мобильных сетях и требования к этим устройствам со стороны пользователей отличаются от традиционных услуг связи в цепочках «человек-человек» (Human to Human, H2H) и «человек-машина» (Human to Machine, H2M). Это связано с отсутствием речевых услуг и высокой асимметричностью трафика, генерируемого в сетях M2M в зависимости от обслуживаемого приложения.

Также одной из проблем, возникающих при использовании мобильных сетей технологий 3GPP в качестве сетей доступа M2M, является сетевая совместимость инфраструктуры, так как, будучи элементами сетей M2M, сети доступа 3GPP должны одновременно предоставлять традиционные услуги сетей мобильной связи или, по крайней мере, не мешать предоставлению этих услуг.

**Преимущества сетей LTE по сравнению с 2G/3G для M2M.** Небольшой объем данных, генерируемых устройствами M2M и передаваемых от них, а также требования низкой стоимости конечных M2M-устройств позволяют использовать сети 2G и 3G в качестве сетей доступа для сетей M2M, что соответствует текущей статистике применения технологий мобильной связи в M2M-сетях.

Однако LTE-сети обладают рядом преимуществ, которые уже в ближайшем будущем приведут к миграции M2M-пользователей от технологий 2G/3G к LTE. Например, для таких M2M-приложений, как видеонаблюдение, передача видеоконтента на цифровые рекламные дисплеи, может потребоваться высокая скорость передачи данных. А скорость передачи данных в сетях LTE, как известно, в сотни раз выше, чем в сетях 2G, и может обеспечить передачу видео высокой четкости, необходимую в системах общественной безопасности и ряде коммерческих приложений.

Другим, наверное, более важным преимуществом сетей LTE является в 10 раз меньшие задержки отклика (время, за которое сигнал от устройства M2M доходит до сервера через сеть мобильного оператора и возвращается обратно). Для GSM-сетей время задержки отклика составляет порядка 150 мс, для UMTS-сетей — 50 мс, а для сетей LTE — 10 мс. Низкие задержки важны для M2M-приложений, работающих в реальном времени, для контроля чувствительного оборудования, а также для сигнализации и управления промышленным оборудованием.

Большое преимущество по сравнению с сетями 2G/3G в условиях передачи данных с асимметричным трафиком в сетях M2M достигается в сетях TD-LTE благодаря возможности гибкого изменения распределения сетевых ресурсов за счет гибкого использования числа тайм-слотов и, соответственно, изменения симметричности трафика в линии вниз и вверх. Подобные сценарии распределения ресурсов тайм-слотов для технологии TD-LTE включают семь вариантов использования от 8:1 до 2:2 [7].

Также ключевым преимуществом сети LTE является время «жизненного цикла» этой технологии, которая стартовала на 20 лет позже технологий 2G/3G. «Жизненный цикл» LTE разрабатывался с перспективой на 10—20 лет. Известно, что многим M2M-устройствам, используемым на транспорте и в промышленном оборудовании, требуется срок службы не менее 10 лет, а сети 2G находятся в фазе старения. Скорее всего, с развитием голосовой связи в сетях LTE абоненты будут мигрировать из сетей 2G, а операторы — отказываться от поддержки сетей 2G, и в этом случае потребуется замена 2G-модулей на 4G-модули, что ведет к дополнительным расходам. Таким образом, более высокая текущая стоимость LTE-модулей может быть компенсирована меньшими эксплуатационными расходами в будущем.

Еще одним преимуществом технологии LTE являются более низкие затраты на обслуживание M2M-сети в перспективе. Благодаря тому что технология *LTE* полностью *основана* на *коммутации пакетов* и работает по протоколу *IP, а также возможности применения принципов самоорганизующихся сетей, сети M2M на базе LTE* проще и дешевле в построении, эксплуатации и расширении. Кроме того, для сетей LTE специфицировано 44 частотных диапазона, они имеет более высокую спектральную эффективность по сравнению с технологиями GSM и HSPA (GSM — 1—1,5 бит/с/Гц, HSPA — 2,2 бит/с/Гц, LTE — 5 бит/с/Гц). Все эти особенности позволяют снизить капитальные затраты и эксплуатационные расходы на мобильную сеть и, как следствие, стоимость передачи одного бита данных.

Сети LTE отличаются высокой масштабируемостью по абонентской базе и внедряются сегодня с поддержкой IPv6-адресации. Это очень важная характеристика, так как запас доступных публичных IPv4-адресов быстро сокращается, а количество M2M-устройств в мире будет и дальше постоянно расти.

**Модели M2M-трафика.** Трафик, создаваемый в сетях M2M при оказании услуг M2M, отличается следующими особенностями:

- случайный характер взаимодействия конечных M2M-устройств с сетью M2M и короткая продолжительность этих сеансов;
- небольшой объем передаваемых данных, требующий небольшой пропускной способности используемой сети доступа, при большом количестве подключенных конечных M2M-устройств;
- низкая мобильность конечных M2M-устройств или полное отсутствие таковой, а также низкая активность в линии «вниз», обусловленная только запросами служебного трафика;
- одновременные запросы на соединение с сетью от большой группы конечных M2M-устройств;
- низкое потребление энергии конечных M2M-устройств как следствие низкого трафика;
- низкие запросы вычислительной мощности и низкая стоимость конечных M2M-устройств;
- высокие требования к безопасности данных.

Различные M2M-приложения характеризуются различными объемами потребления и направлениями передачи трафика данных, а значит, и модели трафика данных в сетях доступа LTE должны учитывать эти особенности. Так, например, банкоматы в процессе обслуживания банковского счета клиента совершают запрос в центральную банков-

**Таблица 1. Объем трафика, генерируемого M2M-устройствами, для вертикальных рынков**

| Вертикальный рынок | Оценка объема трафика для M2M-приложений |
|---|---|
| Энергетика и безопасность | Измерительное оборудование (○)<br>Коммерческие и частные системы охраны и безопасности (●)<br>Системы автомобильной безопасности (○) |
| Автомобили/транспорт | Авто безопасность (○)<br>Управление коммерческим автотранспортом (○)<br>Удаленная диагностика (○) |
| Здравоохранение | Домашний мониторинг здоровья (○)<br>Удаленный видеоприем врача (●) |
| Финансы/ритейл | POS-терминалы (○ и ●)<br>Банкоматы/Киоски (○)<br>Торговые автоматы (○) |
| Производство | Диагностика оборудования и телеметрия (○)<br>Имущество, контейнеры и грузы (○)<br>Управление и отслеживание грузов (○)<br>Управление учетом товаров (○) |
| Потребительская электроника | Персональные навигаторы, Е-ридеры, ошейники для животных (○ и ●) |

*Примечание.*
○ — меньше среднего объема трафика в сетях H2H;
● — больше среднего объема трафика в сетях H2H

скую систему, передавая при этом незначительный объем данных. Другим примером M2M-приложения могут быть некоторые услуги системы охраны и безопасности, такие как видеонаблюдение, при котором видеопоток постоянно передается на видеосервер. Создаваемый при этом поток данных может быть значительным.

Результаты оценки объема трафика, генерируемого M2M-устройствами при оказании M2M-услуг, для вертикальных рынков (табл. 1) показывают, что в большинстве случаев объем M2M-трафика меньше трафика, генерируемого абонентскими устройствами при оказании услуг H2H.

Различные модели трафика, формируемого M2M-приложениями (табл. 2), свидетельствуют, что различные виды M2M-приложений формируют различные объемы трафика в линиях «вниз» и «вверх», в отличие услуг H2H, где обычно речевой трафик делится в пропорции 50 на 50. Следовательно, трафик M2M-приложений, передаваемый через сети доступа мобильных операторов, будет иметь перекосы в прямом и обратном каналах сети доступа.

По оценкам [8], среднее соотношение M2M-трафика передачи данных между каналом «вниз» и каналом «вверх» составляет 10:90. Учитывая перекосы трафика, формируемого M2M-приложениями, между прямым и обратным каналами, мобильные сети LTE, использующие технологию временного разделения дуплексных каналов (TD-LTE), будут иметь преимущество перед LTE-сетями, использующими технологию частотного разделения дуплексных каналов (FD-LTE). Сети TD-LTE позволяют перераспределять частотно-временной ресурс и соответственно трафик между прямым и обратным каналом в пропорции 1 к 8 и оптимально использовать частотный ресурс для оказания услуг M2M; в аналогичной ситуации сети FD-LTE будут работать неэффективно, прямой канал будет недогружен, а обратный канал перегружен.

**Особенности тарификации услуг M2M.** С учетом приведенных выше оценок объема и моделей трафика M2M-приложений традиционные принципы тарификации трафика мобильной передачи данных нельзя назвать экономически эффективными. Для мобильных операторов связи, а особенно для операторов LTE существует риск ухудшения ключевых операционных показателей, таких как выручка, доходность, средняя выручка на одного пользователя (Average Revenue Per User, ARPU) или средняя выручка на одно устройство (Average Revenue Per Device, ARPD). Также сохраняется стратегический риск превращения операторов связи в низкомаржинальную «трубу» для передачи данных, при этом максимальная маржа будет у сервис-про-

**Таблица 2. Модели трафика, формируемого M2M-приложениями**

| Модель трафика передачи данных | Примеры M2M-приложений и соотношение трафика |
|---|---|
| Малый объем трафика на линии «вниз» и на линии «вверх» | Системы учета расхода энергоресурсов (↓20% и ↑80%) |
| Малый объем трафика на линии «вниз» и большой объем трафика на линии «вверх» | Видеонаблюдение (↓0,1% и ↑99,9%) |
| Большой объем трафика на линии «вниз» и малый объем трафика на линии «вверх» | Видеореклама, навигация (↓99,9% и ↑0,1%) |
| Большой объем трафика на линии «вниз» и на линии «вверх» | Удаленный видеоприем врача (↓50% и ↑50%) |

**Таблица 3. Возможные подходы к тарификации услуг M2M для различных сценариев использования**

| Модель трафика | Подход к тарификации |
|---|---|
| Источник информации генерирует поток данных, существенный для сети оператора связи или превосходящий средний объем трафика с пользователя (например, потоковое видео, видеонаблюдение) | Тарификация по передаваемому объему данных |
| Источник генерирует несущественный поток данных, но суммарный поток от общего числа источников является существенным для оператора связи или превосходит средний объем трафика с пользователя (например, сети датчиков RFID) | Тарификация по передаваемому объему данных |
| Источник генерирует поток данных, не являющийся существенным для оператора связи или значительно меньший, чем средний объем трафика с пользователя (например, банкомат) | Тарификация по ценности информации (помесячный тариф для каждого M2M-устройства на уровне минимального ARPU для услуг передачи данных) |

вайдеров M2M-услуг. Поэтому тарификация для различных M2M-сценариев должна значительно отличаться.

Если объем трафика услуг M2M значительный, тарификация может производиться на основе учета трафика. Если же объем трафика небольшой, оператор вынужден выделять сетевые ресурсы для обеспечения связи для таких M2M-устройств, неся соответствующие расходы. В этом случае он может установить минимальную плату, вне зависимости от объема трафика (см. табл. 2). Такие принципы тарификации способствуют увеличению ARPD до целевых показателей ARPU (табл. 3).

Текущая тарифная политика на услуги передачи данных и ARPU операторов мобильной связи в России позволяют судить о том, что существующие подходы к тарификации ориентированы на использование небольших объемов передаваемой информации на абонента в месяц. Доля дохода от услуг M2M в доходах крупнейших операторов мобильной связи РФ пока не превышают 2%, а количество подключенных M2M устройств 3%.

**Заключение.** Будущий экономический успех LTE-операторов связи будет зависеть от многих факторов, одним из которых является эффективная работа по монетизации услуг на рынке M2M. Развитие сетей LTE и M2M могут обеспечить синергию совместного использования, стимулировать взаимный рост и монетизацию услуг LTE на основе M2M-приложений.

Так, с одной стороны развитие технологии LTE приводит к появлению нового функционала сетей доступа, повышающего возможности и качество работы сетей M2M. Соответственно, доступность сетей LTE в мире и международный роуминг стимулируют использование LTE-модулей для доступа различных M2M-устройств в сети M2M и приводит к снижению их стоимости, что в свою очередь стимулирует развитие M2M-бизнеса. Ожидаемое в 2014 г. появление дешевых LTE-модулей должно привести к миграции рынка M2M-модулей от текущего доминирования GSM-модулей, сначала к доминированию UMTS-модулей в 2018 г., а затем к доминированию LTE-модулей на рынке M2M-устройств в 2022 г.

С другой стороны, рост количества M2M-сетей, M2M-приложений и M2M-устройств позволит более эффективно монетизировать услуги сетей LTE, принося дополнительные доходы LTE-операторам, и будет стимулировать их развитие, обеспечив операторам 22% рынка M2M-услуг к 2020 г.

*ЛИТЕРАТУРА*

1. **Ким А.В., Тихвинский В.О**. Мобильный телеком на распутье. Итоги MWC-14 // Электросвязь.— 2014.— № 3.
2. Machina Research. The Global M2M Market in 2013.— London, January 2013.
3. Machina Research. Advancing LTE migration heralds massive change in global M2M modules markets.— London, December 2013.
4. Рынок M2M-коммуникаций в России и мире, ноябрь 2013 // http://www.json.ru/poleznye_materialy/free_market_watches/analytics/rynok_m2m-kommunikacij_v_rossii_i_mire_2013/
5. **Dinesh Chand Sharma, David Boswarthick, Gerry Mc Auley, Laurent Vreck**. ETSI—$52M project and standardization.— India, 2013.
6. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; TS 22.368: Service requirements for Machine-Type Communications (MTC); Release 10—12, 2011—2013.
7. **Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Высочин В.П**. Сети мобильной связи LTE/LTE Advanced: технологии 4G, приложения и архитектура // М.: Медиа Паблишер, 2014.
8. **Boswarthick D., Elloumi O., Hersent O.** M2M Communications: A systems Approach.— John Wiley & Sons, 2012.

*Получено 14.04.14*