

ТЕХНОЛОГИИ M2M - БАЗОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ БУДУЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ «УМНЫМИ ГОРОДАМИ» И ТРАНСПОРТОМ

Зоран Чекеревац, Людмила Пригода, Миланка Богавац
zoran@cekerevac.eu

*Факультет бизнеса и права Университета «Унион - Никола Тесла»
Кнез Михаилова 33, 11000 Белград
СЕРБИЯ*

*Майкопский государственный технологический университет
385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191
РОССИЯ*

Ключевые слова: умные города, интернет вещей, IoT, M2M, менеджмент, транспорт
Резюме. Современные тенденции миграции населения в крупные города вносят заметные изменения в организацию жизни и работы в городах. Новые потребности порождают необходимость внедрения как новых технологий, так и новых способов управления. В данной статье рассматриваются возможности применения межмашинных технологий и технологий Интернета вещей для этих целей. Анализируются межмашинные коммуникации с точки зрения их соединения, коммуникации, инфраструктуры системы M2M, стандартизации и протоколов, а также применения этих технологий на транспорте и в «умных городах». Особое внимание уделяется сетям доступа, капиллярным и WAN сетям. Также показаны некоторые из наиболее важных протоколов и протоколов M2M, используемых сегодня для общих нужд Интернета, таких как FTP, HTTP, SMTP, DHCP, SSH, а именно Asterisk, BACnet, CoAP, DNP3, OLE for Process Control, Radius и т. д.. В статье также представлены некоторые практические примеры применения технологии M2M в энергетике, управлении трафиком и инвентаризации. Отмечено, что дальнейшее развитие этих технологий зависит только от человеческого воображения, и что главной проблемой могут быть только текущие возможности достижения уровня технологического развития.

1 ВВЕДЕНИЕ

С ростом притока населения жить в городах становится все труднее во всех отношениях. От организации снабжения, жизни и работы до освобождения городов от побочных продуктов живущего в них населения. Каждая сфера индивидуально нуждается в доработке, требует улучшения. Поскольку улучшение одной сферы жизни обычно влияет на другую, а ускоренное развитие одной сферы не означает общего улучшения, появилась концепция так называемых «умных» городов. Они должны обеспечить в целом комфортную, экономичную, устойчивую и безопасную жизнь для своих жителей.

По прогнозам, к 2030 году в мире будет 43 мегаполиса с населением более 10 миллионов человек, большинство из которых находятся в развивающихся регионах. Однако, некоторые из наиболее быстро растущих городских агломераций, - это города с населением менее 1 миллиона человек, многие из которых расположены в Азии и Африке. В то время как каждый восьмой человек живет в 33 мегаполисах по всему миру, около половины городских жителей мира проживают в гораздо более мелких поселениях с населением менее 500 000 человек. [1]

Помимо прогноза, что в 2050 году две трети населения мира будут проживать в городах, следует ожидать, что города будут потреблять более 70% энергии и выбрасывать столько же парниковых газов. По мере роста населения города будут расти спрос на услуги, а также на ресурсы. Этот спрос создает нагрузку на энергетические сети, системы обеспечения водой, отходы, мобильность и другие услуги. [2] Чтобы решить эти проблемы, необходимо активное внедрение в систему управления городов инновационных технологий и оцифровки.

Развитие интернет-технологий, протоколов IPv6, LPWAN, LoRa и 5G, и новые разработки в области нанотехнологий позволили изготовить, настроить и подключить к сети многие устройства, оснащенные датчиками и исполнительными устройствами. Эти устройства могут быть доступны и управляться онлайн в режиме реального времени. Устройства, подключенные к Интернету, могут связываться с другими устройствами. Этот тип связи называется M2M-коммуникацией (машина-машина).

2 M2M СВЯЗЬ

Межмашинное взаимодействие (машинно-машинное взаимодействие, англ. Machine-to-Machine, M2M) — общее название технологий, которые позволяют машинам обмениваться информацией друг с другом, или же передавать её в одностороннем порядке. [3] В общем, когда кто-то говорит «M2M-связь», он часто ссылается на сотовую связь для встроенных устройств. Технологии M2M должны обеспечивать автоматическую связь различных устройств и связь с глобальной сетью без участия человека. Машинное взаимодействие происходит в основном через IP-протоколы.

Поскольку предприятия осознали ценность M2M, M2M приобрел новое название- «Интернет вещей (IoT)». С развитием связи M2M был запущен широкий спектр приложений, таких как интеллектуальный учет, дистанционный мониторинг состояния здоровья пациентов, управление и мониторинг транспортных средств и автоматизация промышленности.

2.1 M2M коммуникация

Реализуется посредством проводной или беспроводной передачи. В основе каждой M2M коммуникации лежат сбор данных, передача данных по сети связи, обработка данных и ответ на соответствующую информацию.

В зависимости от требований к полосе пропускания, скорости, надежности передачи, безопасности и задержки сети, связь M2M может быть разной. Одним из подклассов M2M является межмашинное взаимодействие с использованием мобильных решений, для него также может использоваться аббревиатура *M2M* (англ. *Mobile-to-Mobile*).

2.2 Инфраструктура системы M2M

Инфраструктура системы M2M обеспечивает автоматический обмен и обработку данных между подключенными машинами и устройствами. Чаще всего это реализуется путем горизонтальной платформы, которая позволяет подключать и связывать промышленное оборудование, транспортные средства, банкоматы, торговые точки и

другие элементы систем через Интернет. Концепция горизонтальной платформы показана на рисунке 1.

Инфраструктура WAN может находиться в частной собственности или сдаваться в аренду сторонними поставщиками услуг, такими как оператор связи, поставщик интернет-услуг, частный оператор IP-сети или кабельная компания. Сам сервис может работать по выделенному частному соединению, часто поддерживаемому соглашением об уровне обслуживания, или по общедоступной сети, такой как Интернет. Гибридные глобальные сети используют комбинацию частных и общедоступных сетевых услуг. Программно-определяемая WAN (SD-WAN) предназначена для упрощения развертывания, эксплуатации и управления гибридными архитектурами WAN. Используя комбинацию виртуализации, решений на уровне приложений и сетевых наложений, локальные устройства SD-WAN, программные платформы или абонентское оборудование (CPE) системы выполняют две функции:

- объединяют несколько общих и частных каналов глобальной сети;
- автоматически выбирают наиболее оптимальный путь для трафика, основываясь на условиях реального времени. [4]



Рис. 1 Горизонтальная платформа системы M2M [5]

2.2.1 Сеть доступа

Роль телекоммуникационных систем состоит в том, чтобы позволить устройствам на физическом уровне подключаться к необходимому уровню доступа или основному слою сети. Эти системы могут быть: проводными (xDSL, HFC и т. д.) или беспроводными (2G, 3G, 4G, 5G, LTE, WLAN, WiMAX, спутниковая связь и т. д.), а также могут использовать технику передачи по линиям электропередачи (Power Line Communication). Протоколы IPv4 и IPv6 используются в качестве протоколов сетевого уровня в связи M2M.

Связь M2M показана на рисунке 2.

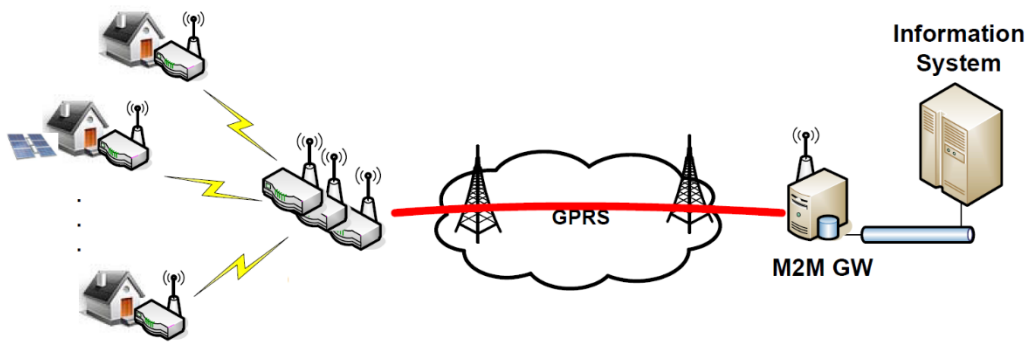


Рис. 2 Связь M2M [6]

2.2.2 Капиллярная сеть

Капиллярная сеть в контексте M2M представляет собой набор простых и недорогих устройств, таких как датчики и исполнительные механизмы, которые обычно реализуются на небольшой площади. Доступ к этим устройствам осуществляется через сеть WAN, шлюз или напрямую. В некоторых случаях они подключаются к локальной сети через IP-концентратор (DSLAM или аналогичный).

Устройства, через которые M2M устройства, датчики и исполнительные механизмы подключаются к сети, могут поддерживать следующие функции:

- взаимодействие нескольких протоколов на уровне физического канала и на уровне сети;
- идентификация узлов;
- преобразование всех типов данных в единый формат;
- объединение данных из нескольких узлов в одном элементе;
- временное хранение данных;
- контроль доступа;
- график взаимодействия сенсорного узла;
- удаленный доступ, обновление программного обеспечения и т. д.

2.2.3 WAN сети

Широкая сеть (WAN) является географически распределенной сетью частных телекоммуникаций, которая связывает несколько локальных вычислительных сетей (LAN, ЛВС). WAN не ограничен одним конкретным местоположением. Основное назначение сетей WAN в контексте M2M - обмен данными между устройствами M2M через конечные точки WAN. Соединения WAN могут включать проводные и беспроводные технологии. Услуги проводной WAN могут включать многопротокольную коммутацию по меткам, T1, Carrier Ethernet и коммерческие широкополосные интернет-каналы. Технологии беспроводной глобальной сети могут включать сотовые сети передачи данных, такие как 4G LTE, а также общедоступные сети Wi-Fi или спутниковые сети. [4]

Сети WAN работают в лицензированном и нелицензированном частотном спектре с использованием беспроводных или проводных технологий, таких как: xDSL, WiMAX, Wi-Fi, Ethernet и другие. Модель трафика сети связи M2M зависит от типа развертывания. Основные функции, которые должна обеспечить сеть WAN [7]:

- подключение капиллярных сетей, датчиков и исполнительных механизмов к функциям предоставления услуг M2M. Стандартная модель связи - TCP / IP;
- получение и доставка различных типов пакетов, таких как SMS;
- управление идентификацией внутри и снаружи ячейки, используемой для предоставления доступа к определенному ресурсу WAN.

2.3 Стандартизация и протоколы в сетях M2M

Наиболее сложной частью реализации решения M2M является взаимодействие компонентов с различными сетями связи. Для правильной и эффективной работы, устройства должны корректно взаимодействовать и координировать свои действия с другими. Технологии распределенных вычислений, встроенные датчики, современные беспроводные технологии позволяют Интернету вещей выполнять поставленные задачи. Разработка успешных приложений IoT включает в себя задачи обеспечения мобильности: при перемещении IoT устройства меняется IP-адрес, следовательно, необходима налаженная работа протоколов маршрутизации; надежности (система должна быть очень надежной и быстрой в плане сбора и передачи данных и принятия решений), масштабируемости, т.е. иметь возможность расширения пользователей сети. В общем случае, принята модель взаимодействия устройств в сети Интернета вещей, в которой конечные устройства, датчики, сенсоры взаимодействуют друг с другом (так называемое взаимодействие D2D – Device to Device). В сети Интернет используются сотни протоколов. С процессом внедрения Интернета вещей, ростом устройств подключенных к сети и расширением спектра возлагаемых на них задач, количество протоколов будет только расти. В связи с этим возникает проблема выбора того или иного протокола. Для решения этой проблемы важно более детально изучить каждый из них, понимать принцип работы и возможные области применения. [8]

В рамках данного исследования мы не будем углубляться в анализ протоколов, а просто упомянем некоторые из наиболее важных протоколов M2M и опустим протоколы, используемые сегодня для общих интернет-потребностей, таких как FTP, HTTP, SMTP, DHCP, SSH и т. д.:

- **Asterisk**. Стек различных протоколов (SIP, H.323, MGCP и др.) для мониторинга и управления системой компьютерной телефонии.
- **BACnet** (Building Automation and Control Networks). Открытый протокол автоматизации и управления инженерными сетями.
- **CoAP** (Constrained Application Protocol). Веб-протокол передачи данных для использования в ограниченных узлах и сетях Интернета вещей.
- **DNP3** (Distributed Network Protocol). Протокол передачи данных между объектами сети IoT.
- **EVA-DTS**. Протокол передачи данных для торговых автоматов.
- **GPS/GLONASS** и **M2M Data**. Система для получения произвольных отчетов от любых спутниковых датчиков и других устройств M2M через протоколы TCP или UDP.
- **МЭК 60870-5-104**. Протокол телемеханики, предназначенный для передачи данных в центры управления.
- **Modbus**. Открытый коммуникационный протокол для обмена данными между сетевыми устройствами, основанный на архитектуре ведущий-ведомый (master-slave).
- **OPC** (OLE for Process Control). Стандарт интерфейсов для совместной работы средств автоматизации, функционирующих на разных аппаратных платформах, в разных промышленных сетях и производимых разными фирмами.
- **Radius** (Remote Authentication Dial In User Service). Протокол службы дистанционной аутентификации пользователей по коммутируемым линиям.
- **SMI-S** (Storage Management Initiative Specification). Стандарт управления дисковыми хранилищами. [8].

2.4 Применение систем M2M

Легко понять, почему у межмашинных коммуникаций так много применений. Благодаря улучшенным датчикам, беспроводным сетям и расширенным вычислительным возможностям, развертывание M2M имеет перспективы применения во многих секторах. Энергетические компании, например, используют связь M2M, как в процессе добычи энергетических продуктов, таких как нефть и газ, так и при выставлении счетов клиентам. В полевых условиях дистанционные датчики могут определять требуемые параметры на буровой площадке. Датчики могут передавать информацию по беспроводной сети на компьютер с конкретными сведениями о давлении, расходах и температурах, или даже уровнях топлива в оборудовании на месте. Компьютер может автоматически настраивать оборудование на месте для максимальной эффективности. [9]

Управление трафиком - это еще одна динамическая среда, в которой может быть полезна связь M2M. В типичной системе датчики отслеживают такие переменные, как объем трафика и скорость. Датчики отправляют эту информацию на компьютеры, используя специализированное программное обеспечение, которое управляет устройствами управления движением, такими как светофоры и переменные информационные знаки. Используя входящие данные, программное обеспечение манипулирует устройствами управления трафиком, чтобы максимизировать его поток. Исследователи изучают способы создания сетей M2M, которые контролируют состояние инфраструктур, таких как мосты и автомагистрали. [10]

Бизнес также может использовать связь M2M для отслеживания производственных процессов и безопасности. Предприятиям, занимающимся городским и пригородным общественным транспортом, а также другим транспортным предприятиям, крупным потребителям топлива, необходим контроль за доставкой топлива для предотвращения и/или сведения к минимуму неправильного использования топлива. Одно из таких решений показано в [11]. Данные о заправке транспортных средств, общем запасе топлива на АЗС, выполняются водителями транспортных средств и персоналом АЗС с целью сбора данных для проведения дальнейшего анализа. Такой анализ позволяет оценить техническое состояние автомобиля, и, в конечном итоге, выявить имеющее место неправильное использование топлива и т. д. Данная технология может быть применена не только для предприятий, которые имеют свои собственные заправочные станции, но также и для АЗС, которые используют при расчетах систему безналичных платежей.

Существуют RFID-решения, которые предоставляют информацию о текущем состоянии запасов, устраняя необходимость периодически проводить инвентаризацию. В то же время можно гарантировать, что товары будут всегда доступны покупателям на полках. Можно также предусмотреть автоматический заказ товаров, когда их запасы упадут до заранее определенного уровня. Одно из таких решений показано в [12].

Практически нет ограничений на использование технологии M2M. Скорость развития данной технологии будет зависеть, в основном, от воображения людей.

3 ВЫВОДЫ

Настоящий момент, несомненно, является промежуточным периодом перехода от одного технологического уровня к другому. Внедрение современных цифровых технологий позволит создать среду, в которой собранная со всех систем информация будет использоваться в массовом порядке. В настоящее время происходят изменения в образе жизни людей, философии управления и общем взаимодействии между людьми и окружающей средой. Увеличившийся приток населения в большие города стал реальностью, а, следовательно, последствия этого притока и необходимость создания

нового способа управления системами жизнеобеспечения, являются очевидными. Новый образ жизни и работы людей требует применения новых технологий и новых способов управления. Технологии М2М, прежде всего Интернет вещей, становятся основными инструментами будущего управления «умными городами», в том числе и транспортом. Учитывая возможности, доступные людям, можно сказать, что широта применения IoT будет зависеть только от воображения людей и практически не будет никаких ограничений, за исключением, может, нынешних ограничений технических возможностей.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- [1] UN, «68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN,» 16 05 2018. [В Интернете]. Available: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>.
- [2] E. Hartog и et al, «Smart Cities - Smart Living,» 9 12 2019. [В Интернете]. Available: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/smart-cities>.
- [3] М2М, «Межмашинное взаимодействие,» 20 10 2018. [В Интернете]. Available: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B6%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%B7%D0%B0%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B5.
- [4] M. Rouse, «WAN (Wide Area Network),» 08 2019. [В Интернете]. Available: <https://searchnetworking.techtarget.com/definition/WAN-wide-area-network>.
- [5] Y. Daradkeh, D. Namiot и M. Sneps-Sneppe, «M2M Standards: Possible Extensions for Open API from ETSI,» *European Journal of Scientific Research*, pp. 628-637, 2012.
- [6] G. López, P. Moura, J. I. Moreno и J. M. Camacho, «Multi-Faceted Assessment of a Wireless Communications Infrastructure for the Green Neighborhoods of the Smart Grid,» *Energies*, pp. 3453-3483, 2014.
- [7] B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus и Ž. Vojojić, *Internet inteligentnih uređaja*, Beograd: FON, 2017.
- [8] Т. А. Москаленко, Р. В. Киричек и А. Е. Кучерявый, «ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ,» *ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ*, т. 5, № 2, pp. 1-12, 2017.
- [9] T. Crosby, «How Machine-to-Machine Communication Works,» 24 04 2008. [В Интернете]. Available: <https://computer.howstuffworks.com/m2m-communication3.htm>.
- [10] T. Crosby, «\$1 million grant fuels wireless sensor research,» 13 11 2007. [В Интернете]. Available: <https://news.siu.edu/2007/11/111307tjc7115.php>.
- [11] Z. Čekerevac, S. Matic, D. Djuric and D. Čelebić, "ITGfdc-1 Fuel Dispenser Control System as the Technical Solution for Preventing of Non Authorized Fuel Tanking," in *Proc. 11th International Scientific Conference devoted to Crises Situations Solution in Specific Environment*, Žilina, 2006.
- [12] Z. Čekerevac, S. Matić, D. Djurić, D. Čelebić and Z. Dvorak, "SDD ITG 'smart shelf' RFID rešenje za inventarisanje robe na udaljenim policama [Eng. SDD ITG smart shelf RFID solution for the stocktaking of goods on remote shelves]," *IMK-14 - Istraživanje i razvoj*, pp. 47-52, 2010.

Заметка

Настоящая статья основана на части неопубликованной ранее монографии «Умные города», одним из соавторов которой является Зоран Чекеревац, и которая находится в стадии подготовки к печати в РГГУ Филиал в г. Домодедово

M2M TECHNOLOGIES - BASIC TOOLS FOR THE FUTURE MANAGEMENT OF SMART CITIES AND TRANSPORTATION

Zoran Ćekerevac*, Lyudmila Prigoda, Milanka Bogovac***

**Faculty of Business and Law of the “Union – Nikola Tesla“ University
Knez Mihailova 33, 11000 Belgrade
SERBIA*

*** Maikop State Technological University
Ulitsa Pervomayskaya, 191, 385000 Maykop, Adygea Republic
RUSSIA*

Keywords: *smart cities, internet of things, IoT, M2M, management, transport*

Abstract: *Modern trends in population migration to large cities are influencing noticeable changes in the organization of life and work in cities. New needs require both new technologies and new ways of managing. This article discusses the possibilities of using machine-to-machine and IoT technologies for these purposes. Machine-to-machine communications are analyzed from the point of view of their connection, communication, infrastructure of the M2M system, standardization, and protocols, as well as the application of these technologies in transport and in “smart cities”. Particular attention is paid to access networks, capillary and WAN networks. Also shown are some of the most important M2M protocols and protocols used today for general Internet needs such as FTP, HTTP, SMTP, DHCP, SSH such as Asterisk, BACnet, CoAP, DNP3, OLE for Process Control, Radius, etc. The document also presents some practical examples of the application of M2M technology in energy, traffic management and inventory. It is noted that the further development of these technologies depends only on human imagination, and that the main problem can only be the current possibilities of the achieved level of technological development.*