

ТЕХНОЛОГИЯ INTERNET OF THINGS

*ДП «ЭС ЭНД ТИ УКРАИНА», г. Киев, Украина

Анотація. Технології Internet of Things – сукупність приладів та інструментарію, що забезпечують збір даних, їх передачу, обробку та наступний аналіз. Основні складові технології: сенсор із передавачем, базова станція, мережевий сервер і сервер додатків. Сенсор збирає інформацію із зовнішнього середовища та з визначеною періодичністю передає через радіомодуль дані на базову станцію. Відмінною рисою IoT-технології є використання безпроводних сенсорів разом з передавачами з дуже низьким енергоспоживанням, термін роботи яких вимірюється роками. Саме низьке енергоспоживання зробило можливим впровадження IoT-технології. При необхідності підключення великої кількості IoT-пристроїв і на великій території можна використати вже існуючі стільникові мережі або виконати це за допомогою Low Power Wide Area Network (LPWAN) – глобальної мережі малої потужності. Час автономної роботи LoRaWAN пристроїв може сягати декількох років, що робить їх ідеальними для використання у віддалених місцях або енергозалежних системах. Мережевий сервер агрегує сигнали від сенсорів, «витягує» корисні дані і передає їх на сервер додатків. Сервер додатків дозволяє інтерпретувати дані, отримані від датчиків, і надавати їх користувачеві. Саме сервер додатків є аналітичним центром, що інтерпретує дані для кінцевого користувача. На сьогоднішній день вже існують хмарні сервіси, які надають функції сервера додатків. За кордоном IoT-технології успішно використовують у промисловості, сільському господарстві, на транспорті, також відома велика кількість успішних муніципальних проєктів. Застосування IoT-технологій в Україні на сьогоднішній день не носить масового характеру, а одиничні проєкти не суттєво впливають на розповсюдження IoT-технологій у масштабах країни. Перспективи її подальшого розвитку на теперішній момент мають достатньо ситуативний характер.

Ключові слова: IoT-технології, сенсори, датчики, базові станції, сервери, хмарні сервіси, інфраструктура.

Аннотация. Технологии Internet of Things – совокупность устройств и инструментария, обеспечивающего сбор данных, их передачу, обработку и последующий анализ. Основные составляющие технологии: сенсор с передатчиком, базовая станция, сетевой сервер и сервер приложений. Сенсор собирает информацию из внешней среды и с определенной периодичностью передает через радиомодуль данные на базовую станцию. Отличительной чертой IoT-технологии является использование беспроводных сенсоров вместе с передатчиками, с очень низким энергопотреблением, срок работы которых измеряется годами. Именно низкое энергопотребление сделало возможным внедрение IoT-технологии. Если необходимо подключить большее количество IoT-устройств и на большей территории, можно использовать существующие сотовые сети или сделать это с помощью Low Power Wide Area Network (LPWAN) – глобальной сети малой мощности. Время автономной работы LoRaWAN устройств может достигать нескольких лет, что делает их идеальными для использования в удаленных местах или энергозависимых системах. Сетевой сервер агрегирует сигналы от сенсоров, «извлекает» полезные данные и передает их на сервер приложений. Сервер приложений позволяет интерпретировать данные, полученные от датчиков, и предоставлять их пользователю. Именно сервер приложений является аналитическим центром, интерпретирующим данные для конечного пользователя. На сегодняшний день уже существуют облачные сервисы, предоставляющие функции сервера приложений. За рубежом IoT-технологии успешно используют в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте, также известно большое количество успешных муниципальных проєктов. Применение IoT-технологий в Украине на сегодняшний день не носит массового характера, а единичные проєкты не оказывают существенного влияния на распространение IoT-технологий в масштабах страны. Перспективы ее дальнейшего развития в настоящий момент имеют достаточно ситуативный характер.

Ключевые слова: IoT-технологии, сенсоры, датчики, базовые станции, серверы, облачные сервисы, инфраструктура.

Abstract. *Internet of Things technology is a combination of devices and tools for data collection, transmitting, processing and further analysis. Main components of this technology are sensor with a transmitter, base station, network server and application server. The sensor collects data from the environment and periodically transmits it to the base station via radio module. A distinctive feature of IoT-technology is the usage of wireless sensors with transmitters which have extremely low levels of power consumption, and which operation terms can be measured over the years. It was the low power consumption that made the IoT-technology implementation possible. When there is a need to connect many IoT-devices which cover a large territory one can use existing cellular networks or Low Power Wide Area Network (LPWAN) – a global low power network. Devices of LoRaWAN standard, which is one of LPWAN protocols, can work autonomously up to several years. It makes them ideal for usage in remote places or energy-dependent systems. The network server aggregates sensor data then extracts useful data and transmits it to the application server. The application server is an analytical center interpreting sensor data and making it available for end users. There exist cloud services providing application server functions. IoT-technologies are successfully used abroad, especially in manufacturing, agriculture, transport, municipal development projects. IoT-technologies are not yet mainstream in Ukraine as occasional projects have no serious impact on spreading IoT-technologies on a national scale. At the moment prospects of their further development are rather situational.*

Keywords: *IoT-technologies, sensors, sensory device, base stations, servers, cloud services, infrastructure.*

1. Введение

В последние годы появилось новое и очень большое семейство устройств, подключенных к Интернет и объединенных в различные группы, получившее название Internet of Things (IoT) [1]. В основном, это бытовые или промышленные устройства, которые для управления или обмена информацией имеют возможность подключения к Интернет или к серверу управления и контроля через Интернет. Согласно прогнозам производителя сетевого оборудования – компании Cisco Systems, до 2030 года таких устройств будет подключено к сети более 500 миллиардов. Это примерно по 80 IoT-устройств на каждого жителя планеты. Каждое из них имеет сенсор для сбора и передачи данных при взаимодействии с внешней средой. С точки зрения завтрашнего дня современный город немыслим без различного рода датчиков, камер, сенсоров, которые собирают данные об уровне загрязнения воды, воздуха, количестве машин на дорогах, состоянии грунта, температуре внешней среды, влажности, давления, свободных местах на парковках, скоплениях людей и т.д. Вся эта совокупность устройств и инструментария, обеспечивающего сбор данных, их передачу, обработку и последующий анализ, и есть технология IoT [2].

Целью данной статьи является рассмотрение IoT-технологии в контексте перспектив ее развития в Украине.

2. Основные составляющие IoT-технологии

Архитектура IoT-сети достаточно проста и включает в себя четыре основных компонента (рис. 1):

- сенсор с передатчиком;
- базовую станцию (БС);
- сетевой сервер/систему управления;
- сервер приложений.

Сенсоры и передатчики. Сенсор собирает информацию из внешней среды и с определенной периодичностью передает через радиомодуль данные на БС. Радиомодули или, в зарубежной терминологии, транспонеры выполняют функцию приема сигнала от сенсора и передачи его дальше в сеть, а используемый метод передачи данных не имеет значения. Отличительной чертой IoT-технологии является использование беспроводных сенсоров вместе с передатчиками с очень низким энергопотреблением, срок работы которых изме-

ряется годами. Именно низкое энергопотребление сделало возможным внедрение IoT-технологии.



Рисунок 1 – Архитектура IoT-сети

В случаях, когда необходимо подключить большее количество IoT-устройств и на большей территории, можно использовать существующие сотовые сети или сделать это с помощью Low Power Wide Area Network (LPWAN) – глобальной сети малой мощности [3].

В 2015 году была создана некоммерческая организация LoRaAlliance для принятия и продвижения протокола LoRaWAN в качестве единого стандарта для глобальных сетей с низким энергопотреблением – LPWAN [4]. Время автономной работы LoRaWAN устройств может достигать нескольких лет, что делает их идеальными для использования в удаленных местах или энергонезависимых системах. Данная технология имеет следующие преимущества: низкую стоимость конечных устройств; длительное время автономной работы (до 10 лет); безопасность (двойное шифрование); нелицензируемые диапазоны частот; открытый стандарт; большую емкость сети.

Сетевая топология LoRaWAN представляет собой классическую звезду, в центре которой находится шлюз, работающий в режиме прозрачного моста, передающего сообщения между конечными устройствами и центральным сетевым сервером. Шлюзы подключаются через Internet Protocol (IP). Конечные устройства подключаются через радиоканал напрямую к шлюзу или к нескольким шлюзам. Соединение чаще всего одноадресное (unicast), но поддерживается режим многоадресной рассылки (multicast). В основе беспроводной передачи лежит линейная частотная модуляция, которая хорошо работает на маломощных устройствах и обладает большим радиусом действия. Скорость передачи в канале от 0,3 до 50 кбит/с. Используется технология адаптации канальной скорости от различных параметров, например, от расстояния до БС. Сетевой сервер LoRaWAN выполняет функции управления, в том числе параметрами радиоканала (скорость передачи, мощность и т.п.). Безопасность в сетях LoRaWAN обеспечивается достаточно надежно, для чего применяется шифрование на уровне приложения и на уровне сети, а все ключи используют алгоритм шифрования AES с размером блока 128 бит.

Радиомодули в стандарте LoRaWAN делятся на три основных класса в зависимости от мощности энергопотребления:

• Класс А – Устройство передает сообщение БС, после чего некоторое время «слушает» эфир на предмет сообщений от БС. Данные передаются несколько раз в сутки. Срок службы ~ 10 лет.

• Класс В – Устройство реализовано аналогично классу А, но дополнительно несколько раз в сутки «слушает» сообщения от БС. Срок службы ~ 3 – 5 лет.

• Класс С – Устройство постоянно «слушает» эфир, прерываясь только на передачу данных. Необходим источник постоянного электропитания.

LoRaWAN использует протокол доступа ALOHA с некоторыми модификациями, но по своей сути это метод случайного доступа, когда каждый клиент может начать передавать данные в любой момент, что в нагруженных сетях неизбежно будет приводить к наложению сигналов от клиентских станций, их потере и, как следствие, к ухудшению общей производительности соты в целом. Шлюзы LoRaWAN имеют радиус действия около 10 км и могут обслуживать тысячи конечных устройств, но с небольшими скоростями передачи данных и достаточно высокими вероятностями потери пакетов в случае большой плотности устройств. С помощью LoRaWAN в режиме on-line можно выполнять мониторинг удаленных промышленных объектов и управлять инфраструктурой в «умных городах».

LoRaWAN, хотя и наиболее распространенный, но не единственный метод передачи данных в IoT-сети. Кроме LoRaWAN, также разрабатываются стандарты 802.15.4 (на основе WiFi), Sigfox и другие. Все они выполняют одну задачу – передать минимум данных при минимальном энергопотреблении на максимальное расстояние. Также возможна передача данных с использованием 2G, 3G, LTE, WiFi и проводных технологий.

Что касается непосредственно сенсоров, то на сегодняшний день есть достаточно большое количество производителей, предлагающих широкий спектр сенсоров, которые могут измерять давление, температуру, напор, влажность, сыпучесть, ток, напряженность магнитного поля, движение, ускорение, вибрацию и т.д. Так, например, компания Livelium производит специализированные сенсоры для следующих измерений:

<u>Состояние среды</u>	<u>Сельское хозяйство</u>	<u>Вода</u>
<ul style="list-style-type: none">• Насыщенность газами: CO, CO₂, O₂, O₃, NO, NO₂, SO₂ и пр.• Температура• Влажность• Атмосферное давление• Яркость• Ультразвуковое излучение• Запыленность	<ul style="list-style-type: none">• Влажность почвы• Температура почвы• Влажность/Сыроость листвы• Солнечное и ультрафиолетовое излучение• Толщина стебля, диаметр и вес плодов• Анемометр• Флюгер• Количество осадков	<ul style="list-style-type: none">• pH• Окислительно-восстановительный потенциал• Насыщенность кислородом• Удельная проводимость• Температура• Мутность• Ионизация (NH₄⁺, Br⁻, Ca²⁺, Cl⁻, Cu²⁺, F⁻, I⁻, Li⁺, Mg²⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, ClO₄⁻, K⁺, Ag⁺, Na⁺)
<u>«Умный город»</u>	<u>Безопасность</u>	<u>Прочее</u>
<ul style="list-style-type: none">• Шумовое загрязнение• Запыленность• Насыщенность газами: CO, CO₂, O₂, O₃, NO, NO₂, SO₂ и пр.• Температура• Атмосферное давление• Парковочные датчики	<ul style="list-style-type: none">• Управление внешними устройствами постоянного тока• Движение/присутствие человека• Открытие дверей, окон• Наличие воды, затопление• Уровень жидкости• Поток жидкости	<ul style="list-style-type: none">• Радиационное излучение, трубка Гейгера• Гироскоп, акселерометр

Базовая станция. Выполняет задачу получения радиосигнала и передачу данных через сетевую инфраструктуру на сетевой сервер. Так как для IoT-технологий не имеет значения

способ транспортировки данных от датчика до сервера приложений, то к БС предъявляется только требование поддерживать тот же тип передачи данных, что и передатчик. БС отличаются друг от друга радиусом покрытия (от 10 до 15 км) и объемом информации, принимаемой от датчиков.

Сетевой сервер. Агрегирует сигналы от сенсоров, «извлекает» полезные данные и передает их на сервер приложений. Задача сетевого сервера – получить сигнал от БС станции, «извлечь» полезные данные и передать для дальнейшей обработки в специализированные системы, а также осуществлять мониторинг и управление устройствами IoT-сети.

Сервер приложений. Программно-аппаратный комплекс, позволяющий интерпретировать данные, полученные от датчиков, и предоставлять их пользователю в удобном для него виде.

Отличие сервера приложений от сетевого сервера в том, что сервер приложений ничего не знает о сенсорах, так как оперирует данными, полученными из сети, а сетевой сервер управляет устройствами и агрегирует сигналы от сети сенсоров в одной точке. Именно сервер приложений является аналитическим центром, интерпретирующим данные для конечного пользователя. А так как конечные пользователи могут получать интересующие их показатели от ПК, мобильных устройств или используя автоматизированные программные средства через API, то развертывание сервера приложений будет наиболее трудоемким процессом при внедрении IoT-сети. А основные трудозатраты будут связаны с разработкой ПО, API и логики работы сервера приложений.

На сегодняшний день уже существуют облачные сервисы, предоставляющие функции сервера приложений. Архитектура таких IoT-сетей достаточно проста: БС, получив сигнал от сенсора, сразу же передает его на сервер в облаке (рис. 2), где и происходят дальнейшая обработка и анализ данных, разграничение прав пользователей, предоставление данных в нужном формате.

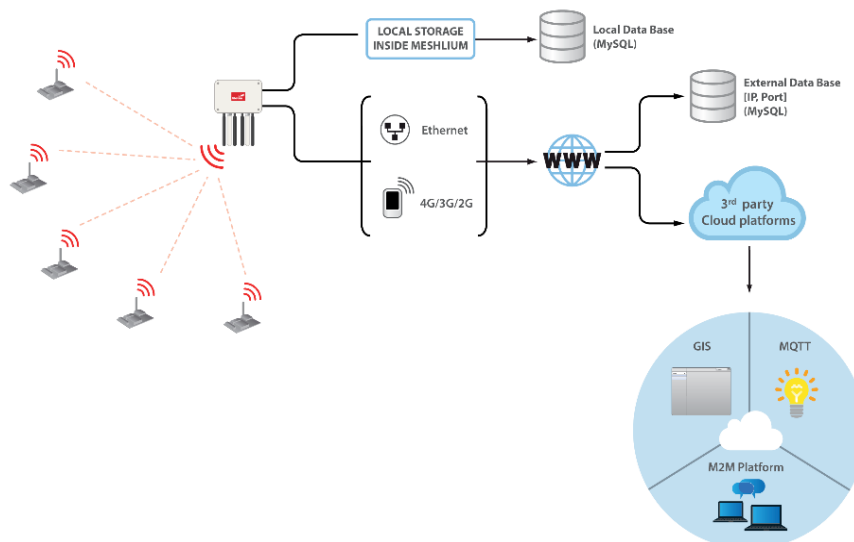


Рисунок 2 – Архитектура IoT-сети с подключением к облачному сервису

Облачные сервисы для IoT предоставляют уже более десяти компаний: Simfony, Amazon web services, Sofia, Cumulocity, sensorup, Smart Plants, solver и др. Так, например, компания Amazon предоставляет сервис Amazon Web Service (AWS) IoT, позволяющий подключать устройства сети к облачному сервису для дальнейшего анализа и обработки данных. А облачный сервис Cumulocity предоставляет функционал управления устройствами, SDK для разработки плагинов и приложений, обследование данных, безопасность, разграничение прав пользователей, интеграцию с программными продуктами третьих

компаний-производителей (SAP, Astea, Zapier), анализ данных, управление данными, аналитику и прогнозирование, настройку правил обработки данных и пр.

3. Примеры внедрения IoT-технологий

3.1. Сельское хозяйство

Компания Libelium реализовала проект на предприятии по выращиванию медицинской марихуаны в США. Как пишет Libelium в своем анонсе: «Проект был разработан в рамках реализации программы «Умное сельское хозяйство» на плантациях медицинской марихуаны для обеспечения максимального урожая, тем самым обеспечивая продукт наилучшего в отрасли качества».

Целью проекта была реализация беспроводной сети сенсоров для непрерывного мониторинга условий внешней среды в режиме реального времени с минимальным влиянием человеческого фактора для экономии времени и ресурсов. Система сенсоров постоянно отслеживала состояние среды (температура, качество воздуха и пр.), сельскохозяйственные показатели (почва, показатели роста культуры, солнечное излучение, характеристики листы), качество воды (кислотность, насыщенность кислородом, засоленность) и пр. Внедрение проекта привело к экономии ресурсов от 15% до 20% в течение следующих двух лет.

3.2. Транспорт

Аэропорты мирового масштаба превратились в целые города со своей собственной транспортной инфраструктурой, отелями, ресторанами, магазинами, местами отдыха, досуга и развлечений. Миллионы людей проводят в стенах этих городов многие часы до и после полета. Но что действительно делает пребывание в аэропорту комфортным, так это уменьшение времени ожидания, улучшение условий пребывания и усовершенствованные процессы работы терминалов. IoT-технология позволяет таким аэропортам, по принципу «Умных городов» или «умных домов», сделать пребывание в них более комфортным. При этом улучшения происходят по многим направлениям: это контроль качества условий отгрузки багажа, мониторинг парковочных мест и трафика, отслеживание пассажирских потоков и транспортировки багажа, контроль внешней среды и т.д.

Международный аэропорт Сантьяго (Чили) разработал и внедрил проект «Умный аэропорт». Руководитель проекта Alfonso Sardon утверждает: «Мы предоставили возможность управляющему персоналу получать действительно ценную информацию об инфраструктуре для гарантирования комфортных условий, тем самым увеличивая удовлетворенность пассажиров во время пребывания в аэропорту».

Кроме пассажиров, на территории аэропорта находится большое количество организаций-арендаторов. Так как сотрудничество между аэропортом и арендаторами на его территории базируется на принципах концессии, администрации аэропорта важно контролировать качество исполнения своих обязательств частными коммерческими организациями. И в этом случае IoT-технологии позволяют обеспечить надежный контроль выполнения концессионерами своих обязательств перед аэропортом с согласованным уровнем качества.

3.3. Муниципальные проекты

Многие города мира нуждаются, а иногда даже обязаны, контролировать качество воздуха в городе или определенных районах на соответствие экологическим стандартам. Устанавливаются квоты на загрязнение воздуха, уменьшаются выбросы вредных веществ в воздух,

отслеживаются показатели воздуха в соответствии с требованиями контролирующих организаций.

В Глазго (Великобритания) реализован проект «Sensing the City», задачей которого был мониторинг ключевых параметров воздуха в разных районах города в динамике. С этой целью была внедрена сеть передвижных беспроводных сенсорных станций, установленных на автомобили, для передвижения по городу. Это позволяет в реальном масштабе времени рисовать карту загрязненности воздуха, контролировать предприятия, которые выбрасывают вредные вещества в воздух, предпринимать действия по устранению источников загрязнения или их минимизации, прогнозировать перемещение загрязненных воздушных масс и пр.

4. Перспективы развития IoT-технологий в Украине

Для того чтобы оценить перспективы развития IoT-технологии в Украине, необходимо ответить на три вопроса: Кто? Каким образом? С какой целью?

В первую очередь эта технология может быть интересна для предприятий таких секторов реальной экономики, как промышленность и сельское хозяйство.

Как упоминалось выше, для внедрения IoT-технологии необходимо иметь специализированные датчики, ИТ-инфраструктуру, обеспечивающую передачу данных от датчиков до аналитического центра, и собственно сам сервер приложений, который и обеспечит аналитическую обработку данных. Так как уже существует большое количество компаний-производителей специализированных сенсоров для различного рода измерений, то приобрести необходимое для своих потребностей не составит большого труда. Как правило, эти же компании производят и серверы приложений.

Для организации «доставки» данных от датчиков до сервера приложений можно использовать инфраструктуру операторов связи, БС которых на сегодняшний день обеспечивает практически 100% GSM-покрытие территории страны. В этом случае операторы связи обеспечивают передачу данных от сенсоров до сервера приложений в штатном режиме, используя традиционные GSM-сети. Предприятие же покупает сенсоры, подключает их к IoT-сети и получает возможность передачи и получения данных, оплачивая оператору их трафик. Сервер приложений может также покупаться предприятием или предприятие подключается к облачным серверам. Возможен также вариант использования сервера приложений оператора, если таковой у него есть, либо облачного сервиса оператора.

Наиболее сложный вопрос – «зачем?». Для ответа на него необходимо экономическое обоснование проекта, так как весьма затруднительно оценить экономический эффект от замены существующих методов контроля на новые IoT-технологии. Маловероятно, что на предприятиях есть эксперты, которые смогут оценить экономические аспекты и результаты для аргументации целесообразности внедрения IoT-технологий, а тем более взять на себя ответственность за экономическую успешность проекта. Возможен вариант привлечения для этого независимых экспертов на платной основе, но при этом независимые эксперты не берут на себя ответственность за результаты внедрения.

Тем не менее операторы связи уже предоставляют некоторые услуги, относящиеся к функционалу IoT-технологий. Так, например, Киевстар предлагает:

- охрану и безопасность: получение данных от сигнализаций и устройств личной безопасности;
- автоматизированные системы учета и управления: сбор данных со счетчиков, управление удаленными объектами;
- автоматизированные точки продажи: контроль работы автоматов продажи кофе, чая, банкоматов и тому подобное.

Lifecell предоставляет услуги:

- мониторинг движущихся объектов;

- мобильная телеметрия (M2M);
- мобильный GPS.

Охранные компании осуществляют контроль безопасности помещений и мониторинг их противопожарного состояния, фактически используя элементы IoT-технологий.

Если говорить о перспективах использования IoT-технологий в Украине для решения экологических проблем, то, к сожалению, вероятность выделения на это средств государством крайне низка и практически такое же положение дел с перспективами использования IoT-технологий на муниципальном уровне.

5. Выводы

IoT – это не технология передачи данных через беспроводную сеть, это технология сбора данных из множества сенсоров, обработка, анализ и предоставление данных пользователю. Несмотря на то, что эта технология хорошо зарекомендовала себя в США и развитых европейских странах, в Украине механизмы экономической аргументации для ее широкого внедрения еще не отработаны, а объем выделяемых средств на мониторинг экологического состояния на государственном и на муниципальном уровне недостаточен.

Поэтому применение IoT-технологий в Украине на сегодняшний день не носит массового характера, а единичные проекты не оказывают существенного влияния на распространение IoT-технологий в масштабе страны. Перспективы ее дальнейшего развития в настоящий момент имеют достаточно ситуативный характер.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. What is the Internet of Things? WIRED explains. URL: <https://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot>.
2. Что такое IoT-технологии или «интернет вещей». URL: <https://telecomtimes.ru/2018/10/iot-что-такое/>.
3. LPWA network technologies and standards: LPWAN wireless IoT guide. URL: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/lpwan/>.
4. Лисецький Ю.М. Глобальная сеть малой мощности для интернета вещей. *Information Control Systems and Technologies: materials of the VII International scientific-practical conference* (Odessa, 17–18 September 2018). Odessa, 2018. P. 96–98.

Стаття надійшла до редакції 08.04.2019