Владимирський Олександр Альбертович,
доктор технічних наук, професор кафедри
економіко-математичних дисциплін та інформаційних технологій;
Єршова Ольга Леонідівна,
кандидат економічних наук,завідувач кафедри
Томашевська Тетяна Володимирівна,
кандидат технічних наук,доцент кафедри
економіко-математичних дисциплін та інформаційних технологій;
Національна академія статистики, обліку та аудиту

ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ЯК ОСНОВА СМАРТ ТЕХНОЛОГІЙ: СВІТОВІ ДОСЯГНЕННЯ ТА РЕАЛІЇ В УКРАЇНІ

Сфера IoT – один із головних світових трендів. Звичні кожному пристрої стають частиною Інтернет мережі і набувають здатність виконувати нові функції. Недарма цю галузь вважають рушієм 4-ї індустріальної революції, яка зараз триває у світі. Розглянемо основні поняття, світові досягнення (технічні, програмні, стандарти) та стан розвитку і застосування інтернету речей в Україні.

Дослідницька компанія Gartner визначає інтернет речей (IoT) як мережу фізичних об'єктів, що містять засоби для взаємодії із зовнішнім середовищем і між собою, а також для передавання відомостей про свій стан і прийому команд [1].

Менш абстрактне визначення пропонує McKinsey: IoT – це датчики і приводи, вбудовані у фізичні пристрої та підключення до інтернету через дротові або бездротові мережі [2].

Розвитком IoT займаються не тільки виробники пристроїв, але і спеціалізовані організації, серед яких Міжнародний союз електрозв'язку (ITU), Industrial Internet Consortium і IETF.

У рекомендаціях Y.2060 Міжнародного союзу електрозв'язку, які отримали назву Overview of the Internet of Things [3], інтернет речей постає як «глобальна інфраструктура, що надає складні послуги завдяки з'єднанню фізичних і віртуальних речей на основі існуючих і тих, які розвиваються функціонально сумісних інформаційно-комунікаційних технологій». Під річчю в цьому визначенні розуміється предмет фізичного або віртуального світу, який може бути ідентифікований та підключений до мереж зв'язку. Пристроєм в контексті IoT називається елемент обладнання, який володіє обов'язковими можливостями зв'язку і може проводити вимірювання, спрацьовувати при певних умовах, вводити, зберігати і обробляти дані.

Відповідно до рекомендацій Сектору стандартизації електрозв'язку Міжнародного союзу електрозв'язку (ITU-T), IoT є мережею пристроїв, тісно пов'язаних з речами. Сенсорні і виконавчі пристрої взаємодіють з фізичними речами в навколишньому середовищі. Пристрої збору даних зчитують інформацію з фізичних речей або записують її на фізичні речі, взаємодіючи з пристроями перенесення даних або носіями даних, підключеними або пов'язаними з фізичним об'єктом.

Іншими словами, IoT – це: Фізичні / Віртуальні об'єкти + контролери / сенсори / виконавчі механізми + інтернет

Таким чином, фізичний екземпляр елемента IoT є об'єктом, який:

• інтелектуальний: має мікроконтролер і софт для управління;

• може інформувати або діяти: містить датчик для вимірювання будь-яких фізичних параметрів або виконавчий механізм, роботою якого можна керувати;

• доступний по мережі.

Рекомендації Y.2060 також містять еталонну модель IoT, яка служить основою для стандартизації. Еталонна архітектура дає розробникам розуміння того, які функції потрібні в IoT і як вони взаємодіють [3].

Розробками архітектури IoT також займається Всесвітній форум IoT (IoT World Forum, IWF). Ця щорічна подія, в якому беруть участь представники бізнесу, держав і наукових кіл. Комітет з архітектури IWF в 2014 році опублікував свою версію еталонної моделі IoT. Вона добре доповнює варіант, запропонований ITU-T, оскільки IWF приділяє увагу не тільки рівнями пристроїв і шлюзу, але і верхніми рівнями, більш важливим для розробки додатків, проміжного софта і підтримки промислового інтернету речей.

Розглянемо ключові елементи IoT. По-перше, це протоколи. Стандартні для інтернету протоколи або виявляються надлишковими для IoT, або не забезпечують необхідних характеристик для випадків, коли потрібно малий час відгуку і висока надійність мережі. Крім того, процесори пристроїв IoT, як правило, мають невисоку продуктивність, щоб зберігати енергоспоживання на низькому рівні. Це вимагає розробки мережевих протоколів, спеціально пристосованих під використання в інтернеті речей. Цим займаються кілька робочих груп у складі IETF і W3C. Наприклад, адаптацією IPv6 для мереж вузлів з обмеженими ресурсами займається робоча група 6lo. Ця група успадкувала розробки групи 6LoWPAN, яка розробляла методи стиснення заголовків пакетів і оптимізації виявлення сусідів. Група 6lo орієнтована на більш широкий спектр протоколів: Bluetooth Low Energy, ITU-T G.9959, DECT Ultra Low Energy, а також протокол MS / TP для мереж RS-485.

Список інших робочих групи IETF, пов'язаних з IoT, і того, чим вони займаються, виглядає так:

• DICE – DTLS In Constrained Environments – профіль TLS / DTLS, придатний для пристроїв з обмеженими ресурсами;

• ACE – Authentication and Authorization for Constrained Environments – (RFC 7744) – механізми аутентифікації для доступу до ресурсів в обмежених середовищах;

• COSE – CBOR Object Signing and Encryption – спрощені аналоги CBOR для методів підписання та шифрування;

• 6TiSCH – IPv6 Over the TSCH Mode of IEEE 802.15.4e – Реалізація IPv6 для Time-Slotted Channel Hopping;

• LWIG – Lightweight Implementation Guidance (RFC 7228) – загальна термінологія для мереж з обмеженими вузлами (CoAP і IKEv2);

• ICNRG – Information-Centric Networking – застосовність технологій для сценаріїв IoT;

• CFRG – Crypto Forum -фундаментальні методи шифрування, придатні для IoT.

Не менш важлива для IoT технологія – це зв'язок п'ятого покоління. Реалізації багатьох сценаріїв використання IoT вимагає модернізації мереж передачі даних до рівня 5G. Мережі п'ятого покоління дозволяють знизити затримки і можуть адаптуватися під випадки застосування, які передбачають безліч підключень, допомагають зменшити енергоспоживання і отримати величезну швидкість мобільної передачі даних: понад 10 Гбіт / с. При цьому затримка сигналу в 5G знижується до 1 мс. Для порівняння в 4G затримка становить 10 мс, а в 3G - 100 мс.

Датчики знаходяться на нижньому рівні стека технологій, складових еталонну модель IoT. Вони забезпечують взаємодію фізичного та віртуального світу, збираючи аналогові дані і перетворюючи їх в цифрову форму. Щоб передати зібрану інформацію, датчики підключаються до мережі і взаємодіють з серверами і шлюзами, використовуючи протоколи Bluetooth, NFC, RF, Wi-Fi, LoRaWAN і NB-IoT.

Самі по собі датчики лише реєструють фізичну величину і перетворюють виміряне значення в цифровий формат для відправки на мікроконтролер, що становить «розумну» частину датчика.

Розвиток технологій дає змогу робити датчики дуже компактними. Наприклад, 14-розрядний датчик прискорення BHA250, що випускається Bosch Sensortec має розміри 2,2 × 2,1 × 0,95 мм, але при цьому містить 32-розрядний мікроконтролер.

Нарешті, найважливішу роль відіграють IoT-платформи. За даними звіту McKinsey близько 40% економічної цінності IoT пов'язано з сумісністю, тобто з тим, як пристрої можуть з'єднуватися один з одним [4]. Для розкриття всіх переваг інтернету речей потрібні не тільки швидкі канали зв'язку і економічні протоколи, а й стандартизація всіх рівнів функціонування IoT відповідно до еталонними моделями.

IoT-платформи частково знімають гостроту цієї проблеми, однак і серед них не спостерігається єдності. Станом на середину 2017 року агентство IoT Analytics нарахувало 450 компаній, що пропонують свої IoT-платформи [5]. Це число менше, ніж список вироблених в світі IoT-пристроїв, але більш ніж достатньо для того, щоб створити проблеми сумісності.

Коротко кажучи, IoT-платформи – це рішення, що забезпечують уніфіковані взаємодії між кінцевими пристроями IoT і сервісами, що обробляють дані. А пояснювати, чому вони важливі, почнемо здалеку.

Дослідження Cisco виявило, що 75% проєктів, пов'язаних з IoT, зазнають невдачі [6]. В опитуванні взяли участь понад 1800 керівників компаній та IT-лідерів, метою опитування було виявлення основних бар'єрів, що обмежують впровадження інтернету речей на підприємствах. Згідно з висновками дослідження, основними перешкодами для організацій, які бажають впровадити IoT, стають витрати і терміни реалізації проєктів. Ще одним стоп-фактором стала обмеженість експертних знань штатних співробітників.

Усунути ці проблеми дозволяє використання рішень, що забезпечують уніфіковані взаємодії між кінцевими пристроями IoT і сервісами, які обробляють дані, – тих самих IoT-платформ.

Пояснимо: якщо в компанії вже є парк обладнання, при впровадженні IoT потрібно підключити його до нової інфраструктури. При цьому певна частина «старих» пристроїв може цілком успішно виконувати свої виробничі функції, але не мати можливості підключення до інтернету. Заміна такого обладнання на IoT-сумісне спричинить великі витрати. Це збільшить термін окупності, оскільки доведеться списати цілком працездатні верстати і агрегати.

Але навіть якщо обладнання сумісне з IoT, залишається відкритим питання щодо того, які дані необхідно збирати і використовувати, як саме здійснювати поглиблений аналіз зібраної інформації і забезпечити оперативний зворотний зв'язок. IoT-платформи якраз і забезпечують «безшовну інтеграцію» апаратних засобів з використанням різних типів підключення, передачу даних на підключені пристрої або між ними.

IoT-платформи пропонують багато високотехнологічних та IT-компаній. Розробка компанії Toshiba для інтеграції IoT-пристроїв і сервісів отримала назву SPINEX. При розробці IoT-платформи SPINEX використовувався великий досвід Toshiba в енергетиці, виробництві напівпровідникових компонентів, а також в області інтернету речей, штучного інтелекту, розпізнавання голосу і відео.

SPINEX забезпечує єдиний простір для збору даних з підключеного обладнання, устаткування та продуктів, зберігання, візуалізацію та аналіз зібраних даних. Завдяки використанню відкритої архітектури SPINEX може взаємодіяти з різними хмарними провайдерами і пристроями. Платформа дає користувачам три ключові технології:

- периферійні обчислення: щоб звести до мінімуму затримки в роботі мережі і виконати складну обробку даних, SPINEX розділяє процес на дві частини: базові операції виконуються в режимі реального часу на граничних пристроях, а розширений аналіз виконують потужні сервера в хмарі інфраструктурі;
- цифрові двійники: SPINEX використовує штучний інтелект для побудови цифрових моделей реальних об'єктів, що дозволяє більш ефективно відслідковувати зміни обстановки і передавати пристроям необхідні команди;
- медіааналітіка: розроблена Toshiba технологія аналізу відеоданих використовується для високоточної ідентифікації голосу та зображень.

У 2016 році Toshiba запустила заснований на SPINEX хмарний сервіс IoT Standard Pack. Сервіс є уніфікованим рішенням для багатьох задач, пов'язаних з інтернетом речей. Він дає змогу швидко розгорнути мережу IoT на підприємстві за рахунок використання шаблонів для збору даних і швидкого підключення пристроїв до інфраструктури IoT з використанням технології plug-n-play.

У доповіді Fortune Business Insights вказується, що світовий ринок Інтернету речей, вартість якого в 2018 році оцінювалася в 190 млрд доларів,

досягне до 2026 року 1,11 трл доларів, продемонструвавши сукупний темп зростання 24,7% в рік [7].

Очікується, що найбільшим сегментом ринку буде банківський сектор і сектор фінансових послуг.

Аналітики Gartner повідомляють, що в 2019 році кількість пристроїв IoT досягло 14,2 млрд. Компанія також прогнозує, що до 2025 року кількість підключених пристроїв досягне рівня в 25 млрд [8].

IDC дають ще більш оптимістичний прогноз: до 2025 року до мережі інтернету речей буде щохвилини підключатися 152 200 пристроїв [9]. Помноживши 152 200 на 525 600 (кількість хвилин в році), отримаємо, що в 2025 році інтернет речей буде містити близько 80 млрд пристроїв.

За даними дослідження IoT – The Internet of Transformation 2018, опублікованого Juniper Research, ключовими ринками IoT залишаються Північна Америка, Західна Європа, Далекий Схід і Китай [10]. Саме ці регіони забезпечать більш 60% всіх доходів, пов'язаних з інтернетом речей.

IoT – один з найбільш стрімко зростаючих напрямів у технологіях, і дуже активними його амбассадорами в усьому світі є мобільні оператори. Це не дивно, адже вони знаходяться у постійному пошуку нових напрямків бізнесу, які не дозволять їм остаточно перетворитися на «трубу» і стати просто провайдерами мобільного інтернету.

Що вже запустили в Україні?

Vodafone запустив мережу IoT у пілотну експлуатацію восени 2019 року в Харкові, Одесі, Києві, Житомирі, Кропивницькому, Кривому Розі, Херсоні та Дніпрі. У комерційну по всій країні (тобто на тій території, де є 4G) – з 2020 року. Акційна річна вартість трафіку для комерційних клієнтів становить 20 гривень на рік для одного пристрою. Повна – 200 гривень.

Також у 2019 році Vodafone підключив Україну до своєї глобальної платформи для інтернету речей IoT Connectivity. З 20 лютого 2020 на Україні запрацювала послуга IoT Monitoring на базі платформи. Вона дозволяє клієнтам самостійно керувати SIM-картами для пристроїв інтернету речей самостійно через веб-інтерфейс. Контролювати використання трафіку, встановлювати ліміти, відключати, змінювати тарифи тощо. Тобто незалежно від того, де знаходиться пристрій з карткою, бізнес може керувати нею віддалено, перебуваючи в Україні.

Київстар оголосив про появу мережі інтернету речей у 2018 році, взимку 2019 перші бізнес-клієнти були підключені у Київській та Одеській областях. На даний момент до них додалися Харківська, Львівська та Дніпропетровська. NB-IoT працює на 28 фрагментах мережі в цих регіонах.

Оператор lifecell активно розвиває технологію LoRaWAN. Мережа була запущена влітку 2018 року. Партнером проєкту стала компанія IoT Ukraine, технологія доступна у 17 великих містах та обласних центрах країни.

Сфера інтересів операторів у проєктах інтернету речей – послуги ЖКГ, логістичні рішення, розумне місто, великі промислові рішення. За даними Vodafone, кількість підключених пристроїв у нашій країні прагне наздогнати інші країни Східної Європи.

Список використаних джерел

1. Gartner Glossary Information Technology Glossary Internet Of Things (iot). Retrieved from: https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/internet-of-things (дата звернення: 1.10.2020).
2. Internet of Things. We help clients unlock value by digitizing the physical world. Retrieved from: https://www.mckinsey.com/featured-insights/internet-of-things/how-we-help-clients (дата звернення: 1.10.2020).
3. Y.2060 : Overview of the Internet of things. Recommendation Y.4000/Y.2060 (06/12). Retrieved from: https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I (дата звернення: 1.10.2020).
4. Unlocking the potential of the Internet of Things. Retrieved from: https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world (дата звернення: 1.10.2020).
5. IOT-platforms-company-list-2017-update. Retrieved from: https://iot-analytics.com/iot-platforms-company-list-2017-update/ (дата звернення: 1.10.2020).
6. Cisco Survey Reveals Close to Three-Fourths of IoT Projects Are Failing. Retrieved from: https://newsroom.cisco.com/press-release-content?articleId=1847422 (дата звернення: 1.10.2020).
7. Internet of Things (IoT) Market Size. Retrieved from: https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/internet-of-things-iot-market-100307 (дата звернення: 1.10.2020).
8. Gartner Identifies Top 10 Strategic IoT Technologies and Trends. Retrieved from: https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-11-07-gartner-identifies-top-10-strategic-iot-technologies-and-trends (дата звернення: 1.10.2020).
9. Driving the Digital AgendaRequires Strategic Architecture. Retrieved from: https://idc-cema.com/dwn/SF_177701/driving_the_digital_agenda_requires_strategic_architecture_rosen_idc.pdf (дата звернення: 1.10.2020).
10. IoT – The Internet of Transformation 2020. Retrieved from: https://www.juniperresearch.com/document-library/white-papers/iot-the-internet-of-transformation-2020 (дата звернення: 1.10.2020).