

# ЛЕКЦІЯ № 1

з навчальної дисципліни

## «Архітектура і технології IoT»

**Тема лекції:** Загальні принцип побудови та архітектура IoT

### 1. Загальні принцип побудови IoT

Ідея Інтернету речей сама по собі дуже проста. Уявімо, що всі навколишні предмети та пристрої (домашні прилади та начиння, одяг, продукти, автомобілі, промислове обладнання та ін.) забезпечені мініатюрними ідентифікаційними та сенсорними (чутливими) пристроями. Тоді за наявності необхідних каналів зв'язку з ними можна не тільки відстежувати ці об'єкти та їх параметри у просторі та часі, але й керувати ними. Концепція *IoT (Internet of Things)* та термін для неї вперше сформульовані засновником дослідницької групи Auto-ID при Массачусетському технологічному інституті *Кевіном Ештоном* у 1999 році на презентації для керівництва компанії Procter & Gamble. У презентації розповідалося про те, як всеосяжне використання радіочастотних міток RFID зможе змінити систему управління логістичними ланцюгами в компанії.

Офіційне визначення Інтернету речей наведено в Рекомендації сектора стандартизації телекомунікацій Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ-Т) Y.2060, згідно з яким *IoT – глобальна інфраструктура інформаційного суспільства, що забезпечує передові послуги за рахунок організації зв'язку між речами (фізичними або віртуальними) на основі існуючих та розвитку сумісних інформаційних та комунікаційних технологій*. Під «речами» (things) тут розуміється фізичний об'єкт (фізична річ) або об'єкт віртуального (інформаційного) світу (віртуальна річ, наприклад, мультимедійний контент або прикладна програма), які можуть бути ідентифіковані та об'єднані через комунікаційні мережі. Вважається, що *першу* у світі інтернет-річ створив один із батьків протоколу TCP/IP *Джон Ромкі* у 1990 році, коли він підключив до мережі свій тостер. Але тільки в 21 столітті у зв'язку з бурхливим розвитком інфокомунікаційних технологій сформувалася концепція IoT і набула свого практичного втілення.

Окрім поняття «річ», МСЕ-Т також використовує поняття «пристрій» (device), під яким розуміється частина обладнання з обов'язковими можливостями з комунікації та необов'язковими можливостями із сенсорингу/зондування, приведення в дію речі, збору, обробки та зберігання даних. При цьому провідну роль відіграють саме пристрої, які можуть збирати різну інформацію та поширювати її по комунікаційних мережах різними способами: через шлюзи та через мережу; без шлюзів, але через мережу; безпосередньо між собою. Рекомендація Y.2060 визначає різне поєднання перерахованих способів з'єднань. Це вказує на те, що МСЕ-Т передбачає використання для IoT безлічі мережевих технологій – глобальних мереж, локальних мереж, бездротових само організованих (ad-hoc) та пористих (mesh) мереж. Зазначені мережі зв'язку переносять дані, зібрані пристроями, до відповідних програм, а також передають команди від програмних додатків до пристроїв (рис.1).

У найзагальнішому вигляді з інфокомунікаційної точки зору Інтернет речей можна записати у вигляді наступної символічної формули:

IoT = Сенсори (датчики) + Дані + Мережі + Послуги.

У загальному випадку під Інтернетом речей розуміється сукупність різноманітних приладів, датчиків, пристроїв, об'єднаних у мережу за допомогою будь-яких доступних каналів зв'язку, що використовують різні протоколи взаємодії між собою та єдиний протокол доступу до глобальної мережі.

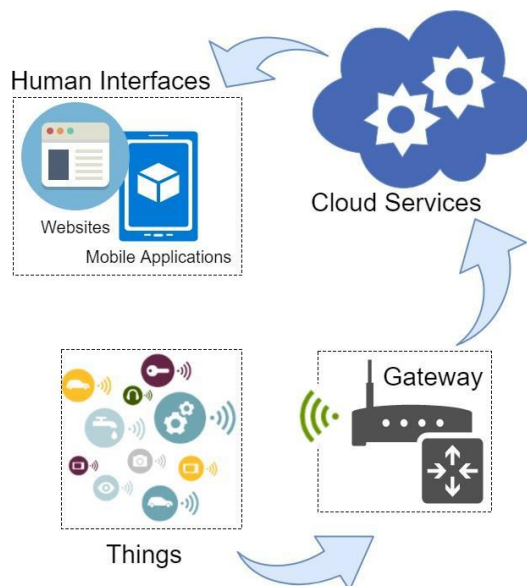


Рис. 1 – Чотири основні компоненти IoT

У ролі глобальної мережі для Інтернет-речей зараз використовується мережа Інтернет. Спільним протоколом є IP. Простіше кажучи, Інтернет речей – це глобальна мережа комп'ютерів, датчиків (сенсорів) та виконавчих пристроїв (актуаторів), що зв'язуються між собою з використанням протоколу IP (Internet Protocol). На основі Інтернету речей можуть бути реалізовані всілякі «розумні» (smart) додатки у різних сферах діяльності та життя людини (рис. 2).

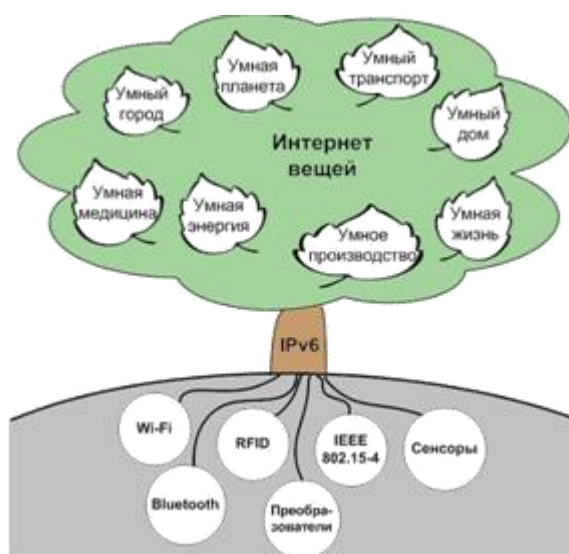


Рис. 2 – Розумні додатки на основі Інтернету речей

«Розумна планета» – людина зможе буквально «тримати руку на пульсі» планети: своєчасно реагувати на упущення у плануванні господарств,

забруднення та інші екологічні проблеми, а отже, ефективно розпоряджатися невідновлюваними ресурсами.

«Розумне місто» – міська інфраструктура та супутні муніципальні послуги, такі як освіта, охорона здоров'я, громадська безпека, ЖКГ, стануть більш пов'язаними та ефективними.

«Розумний будинок» – система розпізнаватиме конкретні ситуації, що відбуваються в будинку, та реагуватиме на них відповідним чином, що забезпечить мешканцям безпеку, комфорт та ресурсозбереження.

«Розумний транспорт» – переміщення пасажирів з однієї точки простору в іншу стане зручнішим, швидшим і безпечнішим.

«Розумна енергетика» – буде забезпечена надійна та якісна передача електричної енергії від джерела до приймача у потрібний час та у необхідній кількості.

«Розумна медицина» – лікарі та пацієнти зможуть отримати віддалений доступ до дорогого медичного обладнання або до електронної історії хвороби у будь-якому місці, буде реалізована система віддаленого моніторингу здоров'я, автоматизована видача лікарських засобів хворим та багато іншого.

Очевидно, що із впровадженням Інтернету речей все наше повсякденне життя кардинально зміниться. Відійдуть у минуле пошуки потрібних речей, дефіцити товарів або їх надвиробництво, крадіжки автомобілів та мобільних телефонів, оскільки буде точно відомо, що, в якому місці та в якій кількості знаходиться, виробляється та споживається. Якщо всі об'єкти (речі) будуть забезпечені мініатюрними радіо мітками, їх можна буде дистанційно ідентифікувати, а за наявності певного «інтелекту» – і керувати ними.

Слід зазначити, що Інтернет речей не виключає участь людини. IoT не повністю автоматизує речі, оскільки він орієнтований на людину і надає можливість доступу до речей. Але багато речей зможуть поводитися інакше, ніж ми уявляємо собі сьогодні. У IoT кожна річ має свій унікальний ідентифікатор, який спільно утворює континуум речей, здатних взаємодіяти один з одним, створюючи тимчасові або постійні мережі. Так речі можуть брати участь у процесі їх переміщення, ділячись відомостями про поточну геопозицію, що дозволяє повністю автоматизувати процес логістики, а маючи вбудований інтелект, речі можуть змінювати свої властивості та адаптуватися до навколишнього середовища, у тому числі, для зменшення енергоспоживання.

З розвитком Інтернету речей все більше предметів підключатимуться до глобальної мережі, тим самим створюючи нові можливості у сфері безпеки, аналітики та управління, відкриваючи все нові та ширші перспективи та сприяючи підвищенню якості життя населення. Передбачається, що в майбутньому «речі» стануть активними учасниками бізнесу, інформаційних та соціальних процесів, де вони зможуть взаємодіяти та спілкуватися між собою, обмінюючись інформацією про навколишнє середовище, реагуючи та впливаючи на процеси, що відбуваються у навколишньому світі, без втручання людини.

*Інтернет речей ґрунтується на трьох базових засадах. По-перше, розповсюджену комунікаційну інфраструктуру, по-друге, глобальну ідентифікацію кожного об'єкта і, по-третє, можливість кожного об'єкта*

надсилати та отримувати дані за допомогою персональної мережі або мережі Інтернет, до якої він підключений.

Найважливішими відмінностями Інтернету речей від існуючого інтернету людей є:

фокусування на речах, а не на людині;

значно більше підключених об'єктів;

значно менші розміри об'єктів і низькі швидкості передачі;

фокусування на зчитуванні інформації, а не на комунікаціях;

необхідність створення нової інфраструктури та альтернативних стандартів.

У зв'язку з бурхливим розвитком мереж із пакетною комутацією і насамперед Інтернету на початку 2000-х років світове телекомунікаційне співтовариство спочатку виробило, а потім і розпочало реалізацію нової парадигми розвитку комунікацій – мереж наступного покоління NGN (Next Generation Networks). Технології NGN вже пройшли еволюційний шлях розвитку від гнучких комутаторів (Softswitch) до підсистем мультимедійного зв'язку IMS (IP Multimedia Subsystem) та бездротових мереж довготривалої еволюції LTE (Long Term Evolution). При цьому завжди передбачалося, що основними користувачами мереж NGN будуть люди і, отже, максимальна кількість абонентів у таких мереж завжди буде обмежена чисельністю населення планети Земля.

Проте останнім часом значного розвитку набули методи радіочастотної ідентифікації RFID (Radio Frequency IDentification), бездротові сенсорні мережі WSN (Wireless Sensor Network), комунікації малого радіусу дії NFC (Near Field Communication) та між машинні комунікації M2M (Machine-to-Machine), інтегруючись з Інтернет, дозволяють забезпечити простий зв'язок різних технічних пристроїв («речей»), число яких може бути величезним. За прогнозами компанії Cisco, ми неминуче перейдемо до «Всеохоплюючого Інтернету» (Internet of Everything, IoE), де всілякі неживі предмети почнуть враховувати контекст і користуватися ширшими обчислювальними ресурсами та сенсорними можливостями. Cisco визначає IoE як поєднання людей, процесів, даних, речей, що підвищує цінність мережевих з'єднань до небувалого рівня (рис. 3).

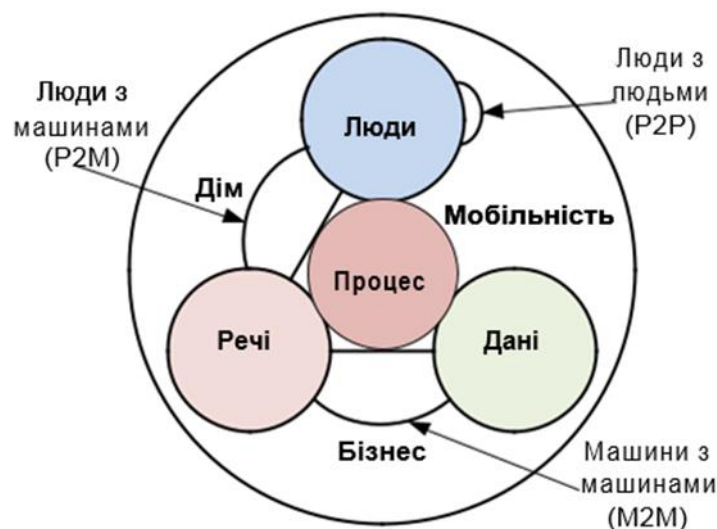


Рис. 3 - Всеохоплюючий Інтернет

ІоЕ перетворює інформацію на конкретні дії, що створюють нові можливості, які розширюють досвід користувача та формують сприятливі умови для розвитку країн, компаній та користувачів.

Слід зазначити, що *речі та пов'язані з ними пристрої можуть мати повноцінні керуючі процесори* для обробки даних у вигляді «системи-на-кристалі», у тому числі з власною операційною системою, блоком сенсорингу/зондування навколишнього середовища та блоком комунікації.

Слід розрізняти поняття «Інтернет речей» та «інтернет-річ». Під «інтернет-річчю» розуміється будь-який пристрій, який:

має доступ до мережі Інтернет з метою передачі або запиту будь-яких даних;  
має конкретну адресу в глобальній мережі або ідентифікатор, за яким можна здійснити зворотний зв'язок з річчю;

має інтерфейс взаємодії з користувачем.

Відмітимо основні **проблеми впровадження ІоТ:**

1. Відсутність єдиних стандартів для інтернету речей, що ускладнює можливість інтеграції запропонованих на ринку рішень та багато в чому стримує появу нових.

2. Інтернет-речі мають єдиний протокол взаємодії, за яким будь-який вузол мережі рівноправний у наданні своїх сервісів. На шляху переходу до здійснення ідеї Інтернету речей стояла проблема, пов'язана з протоколом IPv4, ресурс вільних мережевих адрес якого вже практично вичерпав себе. Однак підготовка до впровадження версії протоколу IPv6 дозволяє вирішити цю проблему і наближає ідею Інтернету речей до реальності. Складнощі переходу від IPv4 до нової версії мережного протоколу IPv6 пов'язані з потребою великих фінансових витрат з боку телекомунікаційних операторів та провайдерів послуг на модернізацію свого мережного обладнання.

3. Проблема захисту даних у глобальних мережах та доступу до інформації, яка збирається «розумними речами» (відстеження місцезнаходження людей та їх власності).

4. Автономність всіх «розумними речами», тобто. датчики повинні навчитися отримувати енергію із навколишнього середовища, а не працювати від батарейок, як це відбувається зараз.

5. Необхідність зміни загальноприйнятих та перевірених бізнес-процесів та стратегій, що може призвести до значних фінансових витрат та ризиків.

Кожен вузол мережі інтернет-речей надає свій сервіс, надаючи якусь послугу постачання даних. У той же час, вузол такої мережі може приймати команди від будь-якого іншого вузла. Це означає, що всі інтернет-речі можуть взаємодіяти один з одним та вирішувати спільні обчислювальні завдання. Інтернет-речі можуть утворювати локальні мережі, об'єднані якоюсь однією зоною обслуговування або функцією.

У рекомендаціях МСЕ-Т Y.2060 наведено еталонну модель ІоТ, яка дуже схожа на модель NGN, і включає чотири базові горизонтальні рівні (рис. 4):

рівень додатків ІоТ;

рівень підтримки додатків та послуг;

мережевий рівень;

рівень пристроїв.

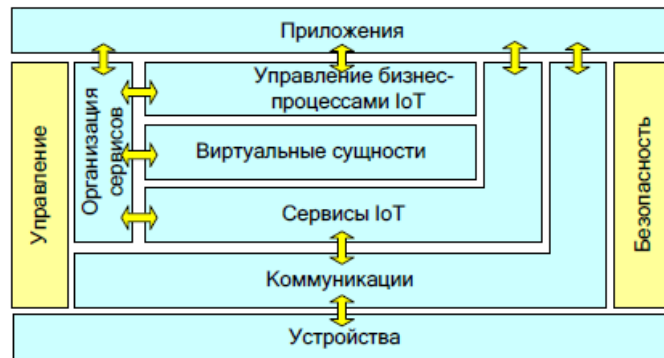


Рис. 4 – Еталонна модель IoT

Рівень додатків IoT у рекомендаціях детально не розглядається. Рівень підтримки послуг включає спільні можливості для різних об'єктів IoT з обробки та зберігання даних, а також можливості, необхідні для деяких програм IoT або груп таких програм. Мережевий рівень включає функції управління ресурсами мережі, доступу до мережі (авторизації, аутентифікації) та транспортні можливості, які полягають у забезпечення мережею передачі інформації додатків та послуг IoT. Нарешті, рівень пристроїв включає можливості пристрою та можливості шлюзу. Можливості пристрою передбачають прямий обмін із мережею зв'язку, обмін через шлюз, обмін через бездротову мережу, а також тимчасове зупинення та відновлення роботи пристрою для енергозбереження. Можливості шлюзу передбачають підтримку багатьох інтерфейсів для пристроїв (ZigBee, Bluetooth, WiFi та ін.) та для мереж доступу (2G/3G, LTE та ін.). Іншою можливістю шлюзу є підтримка конверсії протоколів, у разі, якщо протоколи інтерфейсів пристроїв і мереж відрізняються один від одного.

Існує також два вертикальні рівні – рівень управління та рівень безпеки, що охоплюють всі чотири горизонтальні рівні і забезпечують усунення наслідків відмов, зміну конфігурації, безпеку та дані для системи обліку наданих послуг та виставлення рахунків за них (білінгу). Основними об'єктами вертикального рівня управління є пристрої, локальні мережі та їх топологія, трафік та навантаження на мережу. Вертикальний рівень безпеки забезпечує авторизацію та аутентифікацію для кожного горизонтального рівня. Крім того, для рівня підтримки додатків та послуг розглядаються функції антивірусного захисту, тести цілісності даних, для мережного рівня – можливості захисту інформації протоколів сигналізації, а на рівні пристроїв – контроль доступу та конфіденційність даних.

Модель передачі даних в IoT відрізняється від існуючої моделі передачі даних через Інтернет (рис. 5). У моделі архітектури IoT фігурують два важливі поняття. Мережа з обмеженнями характеризується відносно низькими швидкостями передачі менше 1 Мбіт (наприклад, стандарт IEEE 802.15.4) і досить високими затримками. Мережа без обмежень характеризується високими швидкостями передачі (десятки Мбіт/с і більше) і схожа на існуючу мережу Інтернет.



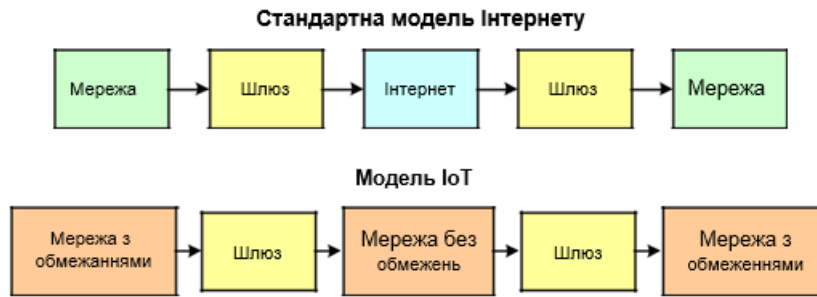


Рис. 5 – Порівняння моделей передачі даних в Інтернеті та IoT

## 2. Архітектура IoT

Інтернет речей концептуально належить до мереж наступного покоління, тому його архітектура багато в чому схожа на відому чотиришарову архітектуру NGN. IoT складається з набору різних інфокомунікаційних технологій, що забезпечують функціонування Інтернету речей, та його архітектура показує, як ці технології пов'язані одна з одною. Архітектура IoT включає чотири функціональні рівні (рис. 6).

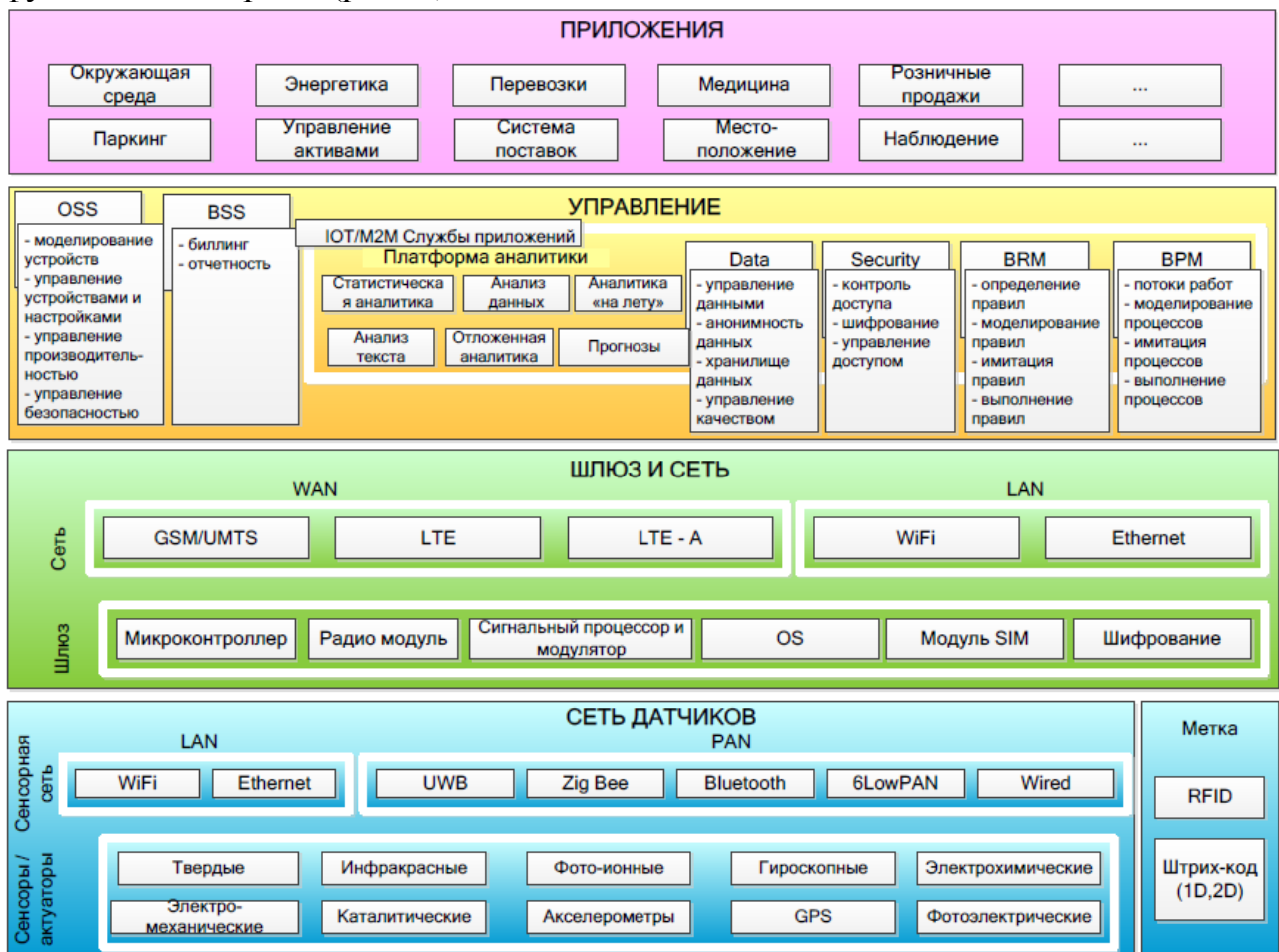


Рис. 6 – Архітектура IoT

*Рівень сенсорів та сенсорних мереж.* Найнижчий рівень архітектури IoT складається з «розумних» (smart) об'єктів, інтегрованих з сенсорами (датчиками). Сенсори реалізують поєднання фізичного та віртуального (цифрового) світів, забезпечуючи збирання та обробку інформації в реальному масштабі часу. Мініатюризація, що призвела до скорочення фізичних розмірів апаратних

сенсорів, дозволила інтегрувати їх безпосередньо в об'єкти фізичного світу. Існують різні типи сенсорів, наприклад, сенсори навколишнього середовища, сенсори для тіла, сенсори для побутової техніки, сенсори для транспортних засобів і т.і. Сенсори можуть мати невелику пам'ять, даючи можливість записувати деяку кількість результатів вимірювань. Сенсор може вимірювати фізичні параметри контрольованого об'єкта/явища та перетворювати їх на сигнал, який може бути прийнятий відповідним пристроєм. Більшість сенсорів вимагає з'єднання із шлюзом, який може бути реалізований з використанням локальної обчислювальної мережі LAN (Local Area Network), таких як Ethernet та Wi-Fi або персональної мережі PAN (Personal Area Network), таких як ZigBee, Bluetooth та ультра широкопasmового UWB, (Ultra-Wide Band) бездротового зв'язку на малих відстанях. Для сенсорів, які не потребують підключення до шлюзу, зв'язок із серверами/додатками може надаватися за допомогою глобальних бездротових мереж WAN, таких як GSM, GPRS та LTE. Сенсори, що характеризуються низьким енергоспоживанням та низькою швидкістю передачі даних, утворюють широко відомі бездротові сенсорні мережі WSN (Wireless Sensor Network). WSN набирають все більшої популярності, оскільки вони можуть містити набагато більше сенсорів з підтримкою роботи від батареї і охоплюють великі площі.

*Рівень шлюзів та мереж.* Великий обсяг даних, створюваних на першому рівні IoT численними мініатюрними сенсорами, вимагає надійної та високопродуктивного транспортного середовища у вигляді провідної або бездротової мережної інфраструктури. Існуючі мережі зв'язку, що використовують різні протоколи, можуть бути використані для підтримки між машинних комунікацій M2M та їх додатків. Цей рівень складається з мережевої інфраструктури, що створюється шляхом інтеграції мереж різних технологій та протоколів доступу у єдину мережеву платформу в інтересах реалізації широкого спектру послуг та додатків в IoT. Ці мережі повинні забезпечувати необхідні значення якості передачі інформації - затримку, пропускну спроможність та безпеку.

*Сервісний рівень* містить набір інформаційних послуг, покликаних автоматизувати технологічні та бізнес операції в IoT, а саме: підтримка операційної та бізнес діяльності (OSS/BSS, Operation Support System/Business Support System), різна аналітична обробка інформації (статистичний, інтелектуальний аналіз даних та текстів, прогностична аналітика та ін.), зберігання даних, забезпечення інформаційної безпеки, управління бізнес-правилами (BRM, Business Rule Management), управління бізнес-процесами (BPM, Business Process Management) та ін.

*Рівень додатків.* На четвертому рівні архітектури IoT існують різні типи додатків для відповідних промислових секторів та сфер діяльності (енергетика, транспорт, торгівля, медицина, освіта та ін.).

Складовою частиною Інтернету речей є WEB of Things (WoT), який забезпечує взаємодію різних інтелектуальних об'єктів («речей») з використанням стандартів та механізмів Інтернету, таких як уніфікований ідентифікатор ресурсу URI (Uniform Resource Identifier), протокол передачі гіпертексту HTTP (HyperText Transfer Protocol), стиль побудови архітектури розподіленого додатку REST (Representational State Transfer) та ін. Фактично WoT передбачає



реалізацію концепції IoT на прикладному рівні з використанням існуючих архітектурних рішень, орієнтованих на розробку web-додатків. Іншими словами, дані з розумних речей або управління ними мають бути доступним через WWW-сторінки.

Надзвичайно плідним може стати використання в IoT принципів і методів *когнітивності* (лат. *cognitio*, «пізнання, вивчення, усвідомлення») шляхом створення когнітивного Інтернету речей CIoT (Cognitive Internet of Things). При цьому об'єкт IoT має можливість самостійно визначати свій поточний стан і динамічно змінювати експлуатаційні параметри та режими роботи на користь оптимізації пропускної спроможності мережі або інших показників.

Передбачається, що на практиці когнітивні інтернет-речі зможуть:

використовувати технології отримання знань про своє географічне середовище та місцезнаходження, наприклад, за допомогою стандартних технологій позиціонування GPS/ГЛОНАСС;

встановлювати самостійно або використовувати готові правила взаємодії між інтернет-речами;

динамічно та автономно коригувати свої робочі параметри відповідно до отриманих знань для досягнення заздалегідь визначених цілей, зокрема вибрати найбільш підходящу технологію передачі радіосигналу;

навчатися на основі досягнутих результатів з використанням кращих практик та найефективніших політик для досягнення цілей створення IoT.

### **3. Технологія взаємодії з інтернет-речами**

Використовують три способи взаємодії з інтернет-речами: прямий доступ, доступ через шлюз та доступ через сервер.

У разі *прямого доступу* інтернет-речі повинні мати власну IP-адресу або ім'я, за яким до них можна звернутися з будь-якої клієнтської програми і вони повинні виконувати функції веб-сервера. Інтерфейс з такими речами зазвичай виконаний у вигляді web-ресурсу з графічним інтерфейсом для керування за допомогою веб-браузера.

Якщо інтернет-речі не мають вбудованої підтримки протоколів IP та HTTP, а підтримують інші протоколи, наприклад, Bluetooth або ZigBee, то для взаємодії з ними можна використовувати спеціальний інтернет-шлюз, який перетворює зовнішні запити у формат запиту до специфічного API (англ. Application Programming Interface - інтерфейс прикладного програмування — це набір чітко визначених методів для взаємодії різних баз даних, апаратного забезпечення, програмних бібліотек і т.п.) пристрою, підключеного до цього шлюзу. Більшість стандартів бездротових сенсорних мереж не підтримують протокол IP, використовуючи власні протоколи взаємодії. Тому основна перевага використання інтернет-шлюзу в тому, що він може підтримувати кілька типів пристроїв, які використовують власні протоколи для зв'язку.

Третя форма взаємодії пристроїв в IoT через сервер передбачає наявність посередника між інтернет-речами та користувачем і може бути реалізована за допомогою посередницької платформи даних. Цей підхід передбачає наявність централізованого сервера або групи серверів, в основні функції яких входить:

прийом повідомлень від інтернет-речей та передача їх користувачам;

зберігання прийнятої інформації та її обробка;  
забезпечення інтерфейсу користувача з можливістю двостороннього обміну між користувачем та інтернет-рiччю.

Основною метою використання посередницьких платформ даних є спрощення пошуку, контролю, візуалізації та обміну даними з різними інтернет-рiччями. В основі цього підходу лежить централізоване сховище даних. Кожен пристрій, який має доступ до мережі Інтернет (прямий або через інтернет-шлюз), повинен бути зареєстрований у системі, перш ніж він зможе розпочати передачу даних. При цьому суттєво знижуються вимоги до продуктивності пристроїв, тому що від них не вимагається виконання функцій веб-сервера. Набір інструментів, що надаються платформами, значно спрощує розробку нових додатків для взаємодії та управління об'єктами WoT. Такий спосіб доступу є найбільш раціональним і часто використовується, оскільки дозволяє перенести навантаження обробки запитів користувачів з інтернет-речей на централізований сервер, тим самим розвантажуючи слабкий радіоканал зв'язку інтернет-речей, переносячи навантаження на канали зв'язку між сервером та користувачами.

Метод централізованого сервера також надає надійні засоби зберігання та обробки інформації, дозволяє інтернет-речам взаємодіяти один з одним та користуватися *хмарними обчисленнями*. Цей підхід може використовувати також метод шлюзу для з'єднання бездротових локальних мереж з сервером.

Шлюзи є засобом для об'єднання локальних мереж інтернет-речей з глобальною мережею та зв'язком з сервером управління або кінцевим користувачем. Оскільки локальні мережі інтернет-речей є в основному бездротовими сенсорними мережами, то шлюзи, що використовуються в інтернеті-речей, аналогічні використуванню у територіально-розподілених сенсорних мережах.

*Існує кілька способів організації шлюзів.* Перший спосіб полягає у використанні комп'ютерів, які мають точку доступу до глобальної мережі Інтернет, і кожна з мереж, що об'єднуються, підключена до такого комп'ютера. Основними недоліками такого підходу є вартість та громіздкість. Сенсорні мережі складаються з мініатюрних датчиків і повинні працювати автономно, проте територіально-розподілена сенсорна мережа при такому підході втрачає властивість автономності, оскільки вона залежить від наявності електрики і точки доступу в Інтернет на комп'ютері.

Другий спосіб полягає у використанні пристрою-шлюзу, що дозволяє з'єднати сенсорну мережу з найближчою провідною мережею, що має вихід в Інтернет. Такою провідною мережею, як правило, є мережа Ethernet. Пристрій має приймач, сумісний з сенсорною мережею, що об'єднується, порт для підключення до мережі Ethernet і мікроконтролер, що виконує функції перетворення пакетів однієї мережі в формат іншої. Такий спосіб відрізняється меншою вартістю, ніж перший і розмір такого пристрою невеликий, але він потребує відносно високого енергоспоживання через те, що стандартні провідні мережі не розраховані на низький рівень сигналу та споживання енергії. Також такий пристрій не може гарантувати наявність точки доступу в найближчій дротовій мережі.

Третій спосіб полягає у використанні пристрою-шлюзу, який є повністю автономним і сам надає точку доступу до мережі Інтернет. Це можливо, якщо

використовується бездротова технологія передачі даних. Пристрій складається з одного приймо - передавача, сумісного з сенсорною мережею і другого, що сумісний з тією чи іншою глобальною бездротовою мережею. Такими мережами можуть бути GSM або Wi-Fi. Існують також шлюзи, які надають доступ сенсорним мережам до найближчих мереж WiMAX для пошуку точки доступу до мережі Інтернет.

Таким чином, якщо необхідно організувати повністю автономну територіально-розподілену сенсорну мережу, слід використовувати третій спосіб. Якщо ж сенсорна мережа використовується як частина будь-якої великої провідної мережі, то немає потреби в її повній автономності і можливе використання перших двох способів.