



Національний технічний університет України
«КПІ ім. І. Сікорського»

Факультет Інформатики та обчислювальної техніки

Технології Інтернет речей

Лекція 1

Складові майбутнього Інтернету

Жураковський Б.Ю. (2024)

Зміст

1. Інтернет речей
2. Інтернет людей
3. Інтернет контенту
4. Інтернет сервісу



Інтернет речей

- **Інтернет речей** — одна з найпопулярніших наукових ідей сучасної інформатики, яка зараз активно втілюється в життя.
- Він здатний серйозно вплинути на розвиток сучасного суспільства, оскільки дасть змогу багатьом процесам відбуватися без участі людини.



Інтернет речей

- **Інтернет речей** (*Internet of Things*, скорочено IoT) – це глобальна мережа підключених до Інтернету речей – пристрій, оснащених сенсорами, датчиками, засобами передавання сигналів. Ці цифрові пристрії можуть сприймати датчиками різноманітні сигнали з навколошнього світу, вступати у взаємодію з іншими пристроями, обмінюватися даними з метою віддаленого моніторингу за станом об'єктів, аналізу зібраних даних і прийняття на їх основі рішень. Прикладом можуть бути гаражні двері, кавоварки, телевізори, мобільні телефони, відеокамери, датчики світла та температури тощо.



Інтернет речей



- Термін «інтернет речей», зобов'язаний своєю появою *Кевіну Ештону*, який в 1997 р, працюючи на компанію *Proctor and Gamble*, застосував технологію **радіочастотної ідентифікації (RFID)** для керування системою поставок. Завдяки цій роботі в 1999 році його запросили в Масачусетський технологічний інститут, де він з групою однодумців організував дослідний консорціум Auto-ID Center (більш детальну інформацію можна знайти на сайті www.smithsonianmag.com/innovation/kevin-ashton-describes-the-internet-of-things-180953749).



Інтернет речей

- Він висловив припущення, що згодом у кожної з речей реального фізичного світу в IoT буде цифровий двійник, її віртуальне представлення.
- Напрямок IoT став активно розвиватися, коли на початку 2000-х років кількість пристроїв, підключених до мережі Інтернет, перевищила кількість користувачів Інтернету. Тобто Інтернет речей перевищив Інтернет людей.
- За даними компанії *Ericsson* (Швеція), сьогодні у світі налічується понад 16 млрд підключених до Інтернету пристроїв. Уже в 2020 році їх кількість перевищила кількість мобільних телефонів у світі. До 2025 року це число досягне 34 млрд, 23 млрд з яких будуть пристроями світу IoT.



Інтернет речей



Робот-
гуманоїд



Факел на зимових Олімпійських іграх 2018 року, які відбулися у Кореї, несли понад вісімдесят роботів

Використання Інтернету речей

- Інтернет речей об'єднує реальні речі в віртуальні системи, здатні вирішувати абсолютно різні завдання. Ключова ідея — з'єднати між собою всі об'єкти, які можна з'єднати, підключити їх до мережі для збирання даних і прийняття рішень на їх основі. Наприклад, відкрити гаражні двері, включити кавоварку або кондиціонер, виключити світло тощо.
- У такому середовищі створюються якісно інші, ніж сьогодні, умови для бізнесу, для охорони здоров'я, для забезпечення екологічної безпеки, трансформуються особисті та соціальні аспекти життя.

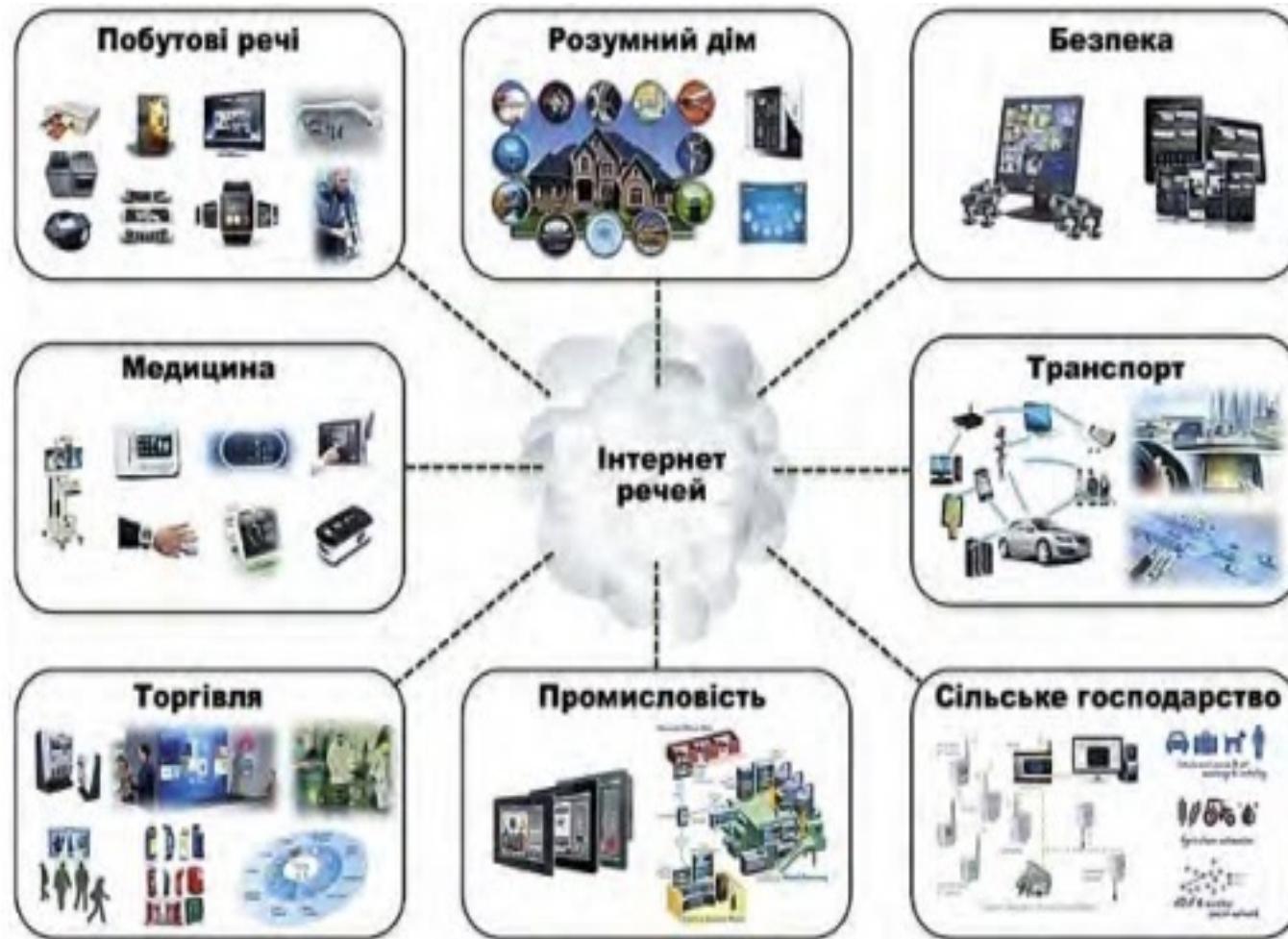


Використання Інтернету речей

- В Австралії вже зараз за допомогою переносних датчиків лікарі можуть віддалено відслідковувати стан здоров'я пацієнтів і реагувати на його зміни в режимі реального часу.
- А телефонна компанія *AT&T* в США розробила систему, покликану вирішити одну з найнебезпечніших проблем для літніх людей — несподівані падіння. Невеликий пристрій автоматично визначає різку зміну положення тіла власника і зв'язується з call-центром для надання негайної допомоги.



Використання Інтернету речей



Використання Інтернету речей

- У житті людей стане менше побутових проблем, а значить — більше часу можна буде приділяти сім'ї, творчості, хобі.
- Підключення пристройв до Інтернету також дадуть людям більше можливостей для раціонального управління ресурсами: витрачання газу, води, світла, видобуток газу, ядерної енергії тощо



Smartтехнологія

- **Smartтехнологія** — це процес взаємодії об'єктів з оточуючим середовищем, що наділяє цю систему здатністю адаптації до нових умов, саморозвитку та самонавчання, ефективного досягнення цілей.



Smartречі

- Популярними сьогодні стають так звані «розумні речі», або **Smartречі** (англ. *Smart* – *розумний, енергійний, кмітливий*).
- Наприклад, гаджети, які зручно носити з собою, мають невеликі розміри і незначну масу — «розумний» годинник, фітнес-трекери, смарт-окуляри, гнучкі екрани.



Smartречі

- Уже сьогодні «розумні будинки» дають змогу ефективно керувати всіма системами функціонування будівлі за допомогою дистанційних пультів і мобільних телефонів, оптимально витрачати тепло, воду, світло й економити на оплаті комунальних послуг тощо.
- Усе це створює у світі умови для нового явища — Інтернету майбутнього, що включає в себе,крім нинішнього *Інтернету людей (Internet of People, IoP)*, ще й *Інтернет речей (Internet of Things, IoT)*, *Інтернет медіаконтенту (Internet of Media, IoM)*, *Інтернет сервісів (Internet of Services, IoS)*



Використання «розумних» речей



Складові майбутнього Інтернету



- Безперечно, для активного використання цих ідей суспільству потрібний дуже швидкісний Інтернет, який може забезпечити впровадження мереж п'ятого покоління 5G. Це сприятиме зменшенню затримки під час передавання даних з датчиків, одночасній підтримці дуже великої кількості підключень, подовженню терміну придатності «розумних» пристроїв до 10 років, а також дасть підґрунтя для неймовірних швидкостей мобільної передачі даних.



Майбутній Інтернет

- У той самий час украй важливим у світі «розумних» пристроїв стає питання безпеки. Експерти запевняють, що до 80 % пристроїв будуть уразливі ззовні. Для пристроїв буде потрібна абсолютна надійність мережі, адже найменший збій може призвести до травм або загибелі людей.
- На основі розвитку **Smart-технологій** останнім часом стали виникати нові поняття: *Smart-міста, Smart-країни, Smart-освіта, Smart-економіка*, і це найближчим часом призведе до створення *Smart-суспільства*. В основі цього «розумного суспільства» лежить розвиток «суспільства знань», цифрових технологій, усього того, що приведе до цифрової ери розвитку нашої цивілізації.



Майбутній Інтернет

- Діяльність людини в такому суспільстві стає більш направленаю на використання знань та інновацій.
- Найефективнішою стає колективна робота, співпраця з іншими, використання так званого колективного інтелекту.
- Психологи вже давно помітили, що здатність групи знаходити рішення краща, ніж здатність кожного члена поодинці. У групі досвід її членів, їх рівень розуміння проблеми можуть бути досить різним, і це дасть змогу розглянути проблему з різних точок зору та прийняти найоптимальніше рішення.



Технології колективного інтелекту

- Уже сьогодні технології колективного інтелекту використовуються в корпоративному управлінні, у бізнес-плануванні, у сфері фінансів, політиці, соціології для генерації ідей, для прогнозування розвитку, визначення стратегій дій тощо.
- Результатом діяльності колективного інтелекту, наприклад, є *Вікіпедія*, статті для якої можуть підготувати будь-які користувачі. Широке розповсюдження сьогодні мають і віртуальні професійні спільноти, форуми тощо.



Технології колективного інтелекту

- Прикладом колективного інтелекту є також поведінка мурашника, рою бджіл. Наприклад, компанія *Estimize* для прогнозування прибутковості організацій збирає та обробляє думки 20 000 різномірних професійних аналітиків зі всього світу.
- Зрозуміло, що для автоматичної обробки такого великого обсягу даних використовують цифрові технології, мережеві сервіси Інтернету Веб 2.0, відповідні математичні методи обробки, інтелектуальні комп'ютерні системи (штучний інтелект).



Технології колективного інтелекту

- IoT з технологічної точки зору – це, по суті, мережа мереж, що складаються з унікально ідентифікованих об'єктів (по факту «речей»), які можуть взаємодіяти між собою через IP-підключення без втручання людини.
- Слід зазначити, що, вживаючи термін «IoT», ми говоримо про куди більш складне явище, ніж просто набір давачів. Практика збору і аналізу даних про об'єкт – чи то механізм, будівля або людина, – за допомогою давачів існує давно. Промисловий інтернет радикально відрізняється тим, що давачі об'єднуються в єдину мережу з аналітичними і/або керуючими системами. Таким чином, у об'єкта формується самостійна мережа. Усередині мережі йде обмін даними, на основі яких автоматично приймаються рішення і здійснюються дії з управління об'єктом. Так з'являються елементи штучного інтелекту і принципи саморегулювання.



Технології колективного інтелекту

- Нині IoT відноситься до мільярдів фізичних пристройів по всьому світу, які тепер підключені до Інтернету, аналізують і оброблюють величезну кількість даних.
- Передбачається, що в майбутньому Інтернет-речі стануть активними учасниками бізнесу, інформаційних і соціальних процесів, де зможуть взаємодіяти між собою, обмінюючись інформацією про навколишнє середовище, не потребуючи при цьому втручання людини.
- Завдяки процесорам і безпроводовим мережам в частину IoT можна перетворити все що завгодно – від пігулки до літака. Це додає рівень цифрового інтелекту пристроям, які в іншому випадку були б неактивними, дозволяючи їм спілкуватися без участі людини і поєднання цифрових і фізичних світів.



Ключові поняття ІoТ

- **«Інтернет речей»:** представляє мережу зв'язаних через інтернет об'єктів, здатних збирати дані і обмінюватися даними, які надходять із вбудованих сервісів.
- **«Пристрої ІoТ»:** входять до системи інтернету речей і представляють будь-які автономні пристрої, підключені до інтернету, якими можна керувати дистанційно.
- **«Екосистема ІoТ»:** включає всі компоненти, які дозволяють бізнесу, урядам і користувачам приєднувати свої пристрої ІoТ, включаючи пульти управління, панелі інструментів, мережі, шлюзи, аналітику, зберігання даних і безпеку.



Ключові поняття ІoТ

- **«Фізичний рівень»:** представляє апаратне забезпечення, яке використовується в ІoТ-пристроях, включаючи сенсори та мережеве обладнання. Відповідає за передачу даних, зібраних у фізичному шарі, до різних пристройів.
- **«Рівень додатки»:** включає протоколи та інтерфейси, які використовують пристрої для ідентифікації та зв'язку між собою.
- **«Пульти управління»:** дозволяють людям використовувати ІoТ-пристрої, з'єднуючись з ними і контролюючи їх за допомогою панелі інструментів – наприклад, за допомогою мобільних додатків. До пультів управління відносяться смартфони, планшети, ПК, розумні годинники, телевізори і нетрадиційні пульти.



Ключові поняття ІoТ

- **«Панелі інструментів»:** забезпечують відображення інформації про екосистему ІoТ для користувачів, дозволяючи їм керувати (як правило, дистанційно).
- **«Аналітичний фактор»:** представляє програмні системи, які аналізують дані, отримані від ІoТ-пристроїв. Аналітика використовується у великій кількості сценаріїв – наприклад, для прогнозування технічного обслуговування.



Деякі історичні факти, що сформували сучасне поняття ІoT

- Ще у 1926 *Нікола Тесла* в інтерв'ю журналу «*Collier's*» заявив, що одного разу в майбутньому радіо буде перетворено у певний «великий мозок», і, в результаті, всі речі стануть частиною єдиного цілого, а інструменти, завдяки яким це стане можливим, будуть легко поміщатися у кишенні.
- У 1990 році один із творців протоколу TCP/IP *Джон Ромки* підключив до мережі свій тостер, що, на думку багатьох експертів, ознаменувало початок епохи Інтернет-речей.
- Сам термін IoT був вперше запропонований і озвучений у 1999 році співзасновником дослідного центру Auto-ID в Масачусетському технологічному інституті *Кевіном Ештоном*. В цьому ж році був створений сам дослідний центр, який займався *радіочастотною ідентифікацією (RFID)* і сенсорними технологіями. Саме завдяки цим напрямкам концепція і отримала широке поширення.



Деякі історичні факти, що сформували сучасне поняття IoT

- У 2008-2009 роках кількість підключених до мережі предметів перевищило кількість підключених до мережі людей.
- Багато експертів відзначили справжній початок ери технології *IoT* у 2013 році, хоча її поява не викликала у громадськості особливого інтересу. Втім, це було пов'язано з тим, що спочатку *IoT* стартувала як технологія міжмашинної взаємодії без людської участі (*machine-to-machine, M2M*) для безпроводових систем моніторингу. І лише дещо згодом до неї почали підключати все, що так чи інакше пов'язане із вбудованими обчислювальними системами (наприклад, високопродуктивні мережі – *high-end networking*, обладнання для цифрових вивісок, робототехніку, дрони, автомобільні комп'ютери і переносні пристрої).



Глобальність IoT і прогноз у цифрах

- У 2024 році кількість "розумних" будинків у США становитиме 69,91 мільйона. У 2025 році вона збільшиться до 77,05 мільйона, а у 2026 році - до 84,92 мільйона. До 2027 року розумними пристроями користуватимуться 93,59 мільйона американських домогосподарств. — Oberlo
- За прогнозами, кількість пристріїв Інтернету речей (IoT) у світі майже подвоїться з 15,1 мільярда у 2020 році до понад 29 мільярдів у 2030 році. — [Statista](#)
- Технологія Інтернету речей (Internet of Things) посіла третє місце за кількістю впроваджених або запланованих до впровадження технологій у північноамериканських та європейських організаціях у 2023 році. Більше половини (57%) північноамериканських та європейських організацій наразі використовують IoT у своїй діяльності. — [Statista](#)



Глобальність IoT і прогноз у цифрах

- У 2021 році близько 41,9% американських домогосподарств мали пристрій розумного дому, і, за прогнозами, до 2025 року цей показник зросте до 48,4%.
- Згідно зі статистичними даними, серед найбільш популярних пристрій IoT, які використовують підприємства, – інтелектуальні електричні лічильники і комерційні камери відеоспостереження.
- Розмір світового промислового ринку Інтернету речей оцінювався в 320,9 млрд доларів США в 2022 році і, як очікується, досягне близько 1 562,35 млрд доларів США до 2032 року із зареєстрованим середньорічним темпом зростання (CAGR) в 17,2% протягом прогнозованого періоду з 2023 по 2032 рік. — [Precedence Research](#)



Глобальність ІoТ і прогноз у цифрах

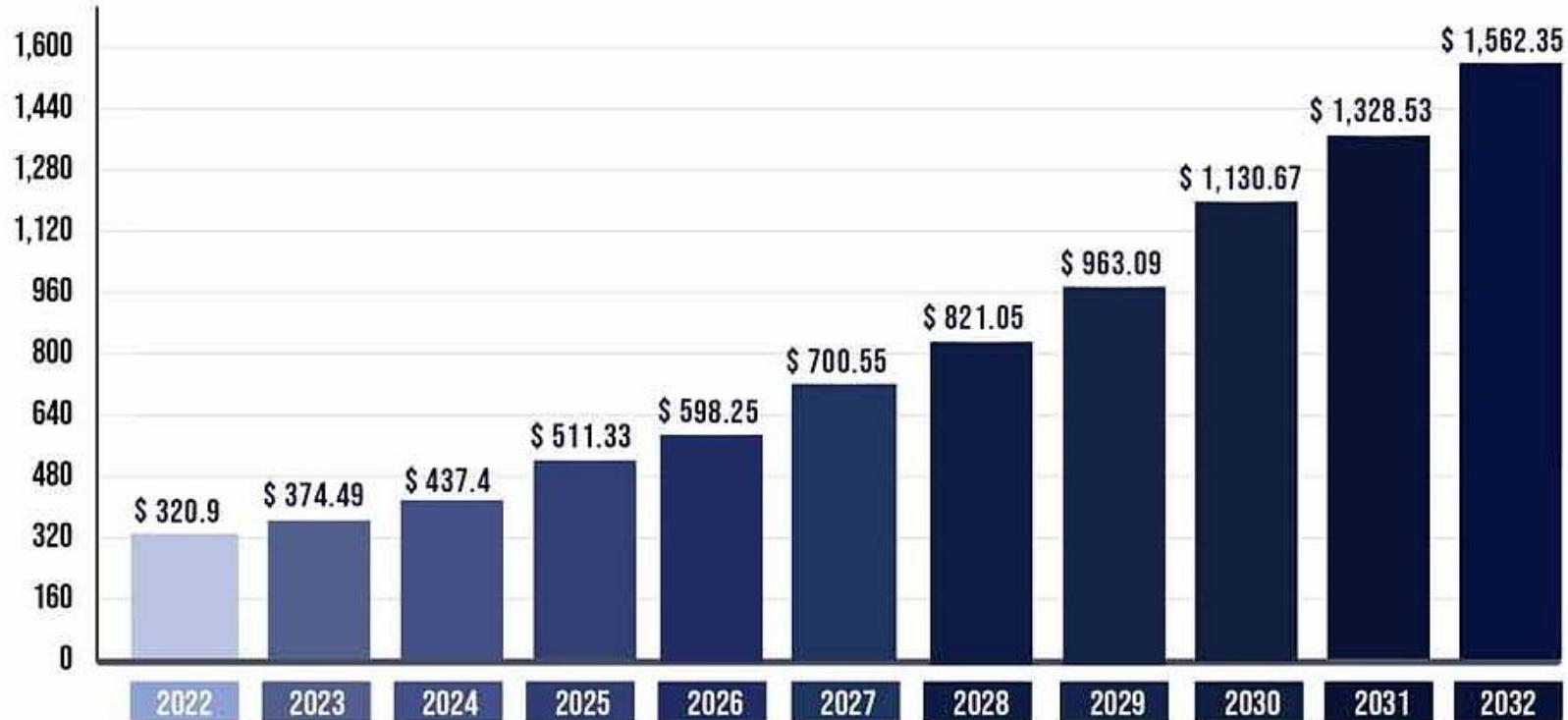
- Консультанти [IDC](#) зазначають, що апаратне забезпечення стало найбільшою технологічною категорією, стартуючи з 2018 року: основні витрати ідуть на модулі і давачі – більше 200 млрд.дол., з яких частина спрямована на інфраструктуру і безпеку. Послуги стають другою за величиною технологічною категорією, за якою крокують програмне забезпечення та можливості підключення.
- Станом на 2024 рік, США, Китай, Японія, Південна Корея та Німеччина будуть топ-5 країнами для ІoТ. Ці країни мають найбільшу кількість ІoТ-пристроїв, а також найбільші ІoТ-ринки. — [Bytebeam](#)
- Інтернет речей має потенціал генерувати від \$4 трлн до \$11 трлн економічної вартості до 2025 року. — [McKinsey](#)



Глобальність ІоТ і прогноз у цифрах

PRECEDENCE
RESEARCH

INDUSTRIAL IOT MARKET SIZE, 2022 TO 2032 (USD BILLION)



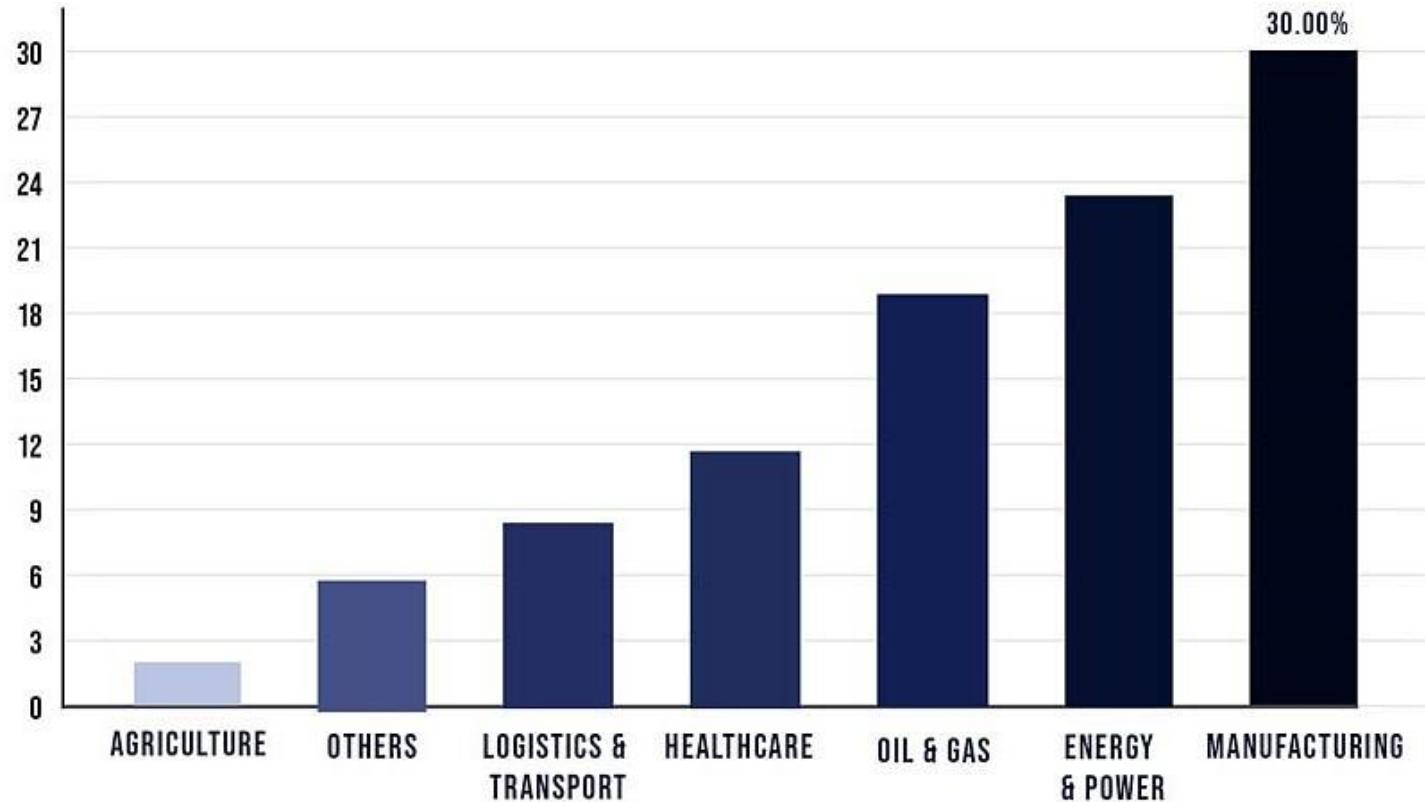
Глобальність IoT і прогноз у цифрах

- Безпека залишається одним з головних пріоритетів в IoT для тих, хто його розробляє або використовує. Це не дивно, адже у 2021 році на пристрой Інтернету речей було сконфігуровано 1,5 мільярда кібератак. — [Velvetech](#)
- За даними [IoT Analytics](#), економія витрат є основним джерелом доходу для більш ніж 50% бізнес-проектів, пов'язаних з Інтернетом речей. Лише 35% проектів Інтернету речей використовуються для збільшення доходів.
- 58% виробників стверджують, що Інтернет речей є стратегічною необхідністю для цифрової трансформації промислових операцій. — [IDC](#)



Глобальність ІоТ і прогноз у цифрах

INDUSTRIAL IOT MARKET SHARE, BY END-USE, 2022 (%)



Глобальність IoT і прогноз у цифрах

- Щохвилини в Інтернеті з'являється 7 620 нових пристройів Інтернету речей. Кожні 127 секунд з'являється новий пристрій. До 2025 року кількість підключених пристройів за хвилину досягне 152 000. — [McKinseyDigital](#)
- Нинішній світовий ринок Інтернету речей (IoT) становить \$662,21 млрд, і, за прогнозами, до 2030 року він зросте до \$3 352,97 млрд із середньорічним темпом приросту 26,1%. - [Demand Sage](#)
- Ринок сільськогосподарського Інтернету речей досяг \$5,18 млрд до кінця 2023 року. За прогнозами, у 2025 році він досягне \$6,98 млрд. — [Demand Sage](#)



Глобальність ІoТ і прогноз у цифрах

- Зростаючий попит на розумні пристрої в автомобілях збільшує розмір світового ринку автомобільного Інтернету речей. До кінця 2023 року дохід від ринку автомобільного Інтернету речей досяг \$397,2 млрд. До 2028 року, по оцінкам, досягне - \$882 млрд. — [Allied Market Research](#)
- У 2020 році витрати на ІoТ досягли \$749 млрд. За оцінками, у 2022 році глобальні витрати на ІoТ сягнули \$1 трлн. А в 2023 році витрати зросли до \$1,1 трлн, та будуть продовжувати збільшуватися з року в рік. — [FinleyUSA](#)



Глобальність ІоТ і прогноз у цифрах

- 79,4 зеттабайта (ZB) даних будуть генеруватися пристроями Інтернету речей у 2025 році. — [IDC](#)
- 58% виробників ІоТ підтверджують, що ІІоТ на виробництві важливий для успішної цифрової трансформації бізнесу. — [GE Digital](#)
- США лідирують у розгортанні повномасштабних операцій з Інтернетом речей: понад 44% компаній повністю використовують цю технологію. За ними йдуть Великобританія, де 41% компаній впроваджують цю технологію, і Німеччина, де 35% компаній використовують ІоТ.



Сфери застосування ІoT і його переваги для бізнесу

■ Застосування технологій IoT успішно проявили себе у наступних напрямках:

- Виробництво;
- Інфраструктура;
- Логістика;
- Транспорт;
- Військово-оборонний комплекс;
- Агро-сектор;
- Торгівля, включаючи роздрібні продажі;
- Банківська і страхова системи;
- Нафто-газова промисловість і видобуток корисних копалин;
- Напрямки *Smart Home* і *Smart City*;
- Виробництво і реалізація продуктів харчування;
- Сфера обслуговування;
- Медицина;
- IT-індустрія.



Сфери застосування ІoТ і його переваги для бізнесу

- **Переваги ІoТ для бізнесу залежать від конкретної реалізації та напрямків діяльності, але суть полягає в тому, що підприємства можуть отримувати доступ до більшої кількості даних про свої продукти, власні внутрішні системи і статус їхньої роботи. Конкретніше про переваги:**
 - Своєчасне отримання вичерпної інформації і можливість прогнозування подій.
 - Формування комплексного бачення виробничих циклів і можливість керувати ними на всіх рівнях і етапах.
 - Ефективність і точність структурування наявних даних.
 - Підвищення індексу конкурентної переваги на ринку за рахунок зниження витрат шляхом їх оптимізації.
 - Можливість віддаленого моніторингу географічно далеко розташованих об'єктів, що виключає масштабні збої і критичні поломки на виробництвах.



Сфери застосування ІoT і його переваги для бізнесу

- *Веб-розвідка та аналіз даних про клієнтів.* Численні приклади бізнесу показують, що цільова аудиторія продукту, що аналізується продавцями, часом не збігається з його реальним призначенням. Набагато більшої ефективності в цьому напрямку можна досягти, корегуючи особливості продукту, що випускається у напрямку реальної групи потенційних споживачів або клієнтів.
- *Власна безпека компанії*, яка забезпечується за допомогою віддаленого відеоспостереження за процесами, що відбуваються в офісах.
- *Автоматизація певних етапів замовлення послуги або продукту* – знижує число операцій введення даних вручну (ПІБ, платіжні реквізити клієнтів тощо) і допомагає забезпечувати завчасне планування і резервування товару на складі.



Сфери застосування ІoТ і його переваги для бізнесу

- Консалтингова компанія IDC виділяє три основні галузі, де відбулися найбільші фінансові вливання у технології IoT у 2023 році: виробничий комплекс (189 млрд.дол.), транспортний сектор (85 млрд. дол.) і сфера комунальних послуг (73 млрд. дол.):
- Передбачається, що виробники будуть в основному зосереджені на підвищенні ефективності своїх процесів і відстеженні активів.
- Дві третини витрат на IoT у транспортному секторі будуть спрямовані на моніторинг вантажоперевезень.
- Витрати IoT у галузі комунальних послуг будуть переважати в інтелектуальних мережах для планомірного і оптимального використання електрики, газу та води.



Сфери застосування ІoT і його переваги для бізнесу

- Деякі приклади переваг IoT для споживачів і вплив Інтернету речей на загальне сприйняття звичних процесів
- IoT обіцяє зробити наше навколошнє середовище – будинки, офіси і транспортні засоби – більш розумними і більш прогнозованими.
- Смарт-динаміки, такі як, наприклад, *Echo Amazon* і *Google Home*, полегшують відтворення музики, установку таймерів або отримання необхідної інформації.
- Системи домашньої безпеки спрощують контроль за тим, що відбувається всередині будинку і на прилеглій до нього території, дають можливість бачити відвідувачів і спілкуватися з ними.



Сфери застосування ІoT і його переваги для бізнесу

- Розумні термостати можуть допомогти нагріти будинок, перш ніж ми повернемося додому, а, наприклад, розумні ліхтарі можуть освітлювати простір у нашу відсутність, імітуючи перебування людей у будинку.
- Давачі спостереження за будинком можуть допомогти зрозуміти, наскільки гучно або брудно навколо.
- Автономні автомобілі і розумні міста можуть змінити принцип управління нашим особистим чи громадським простором.



Інтернет речей

- По мірі того, як кількість підключених пристрій продовжує зростати, наше середовище для життя і роботи стане наповнюватися розумними продуктами – за умови, що ми готові прийняти компроміси щодо безпеки та конфіденційності.
- Адже ризики існують завжди і всюди.
- Наявність величезної мережі, яка контролює весь навколошній світ, глобальна відкритість даних та інші особливості можуть носити не лише позитивний, а й негативний характер.
- Однак, технології продовжать активно розвиватися, поглинаючи всі сумніви щодо доцільності та безпеки їх застосування в цілому.



Література

1. Tripathy B. Internet of Things (IoT): TeChnologies, AppliCations, Challenges and Solutions (англ.) / B. Tripathy, J. Anuradha. – Florida: CRC Press, 2017. – 334 с.
2. The 2nd Annual Internet of Things 2010 (англ.)
[ЕлектроЕлектронний ресурс]. - Режим доступу:
https://eu-ems.Com/summary.asp?event_id=55&page_id=342
3. Интернет вещей в научных исследованиях // електрон. текст.
Дані URL:
<https://cyberleninka.ru/article/v/internet-veschey-v-nauchnyh-issledovaniyah> (дата звернення: 01.06.2019)
4. История появления технологии LoRa // електрон. текст. дані
URL: <https://nekta.tech/technology/>





Національний технічний університет України
«КПІ ім. Ігоря Сікорського»
Факультет Інформатики та обчислювальної техніки

Технології Інтернет речей



Лекція 2

Еталонна модель ІoT

Жураковський Б.Ю. (2024)

Зміст

1. Стандарти сумістності IoT
2. Інтернет речей в промисловості
3. Екосистема Інтернету речей
4. Архітектура Інтернету Речей
5. Еталонна модель IoT від МСЕ-Т
6. Еталонна модель від Всесвітнього форуму IoT
7. Модель *NIST Special Publication 800-183*
8. Модель *Industrial Internet of Things Reference Architecture*



Стандарти сумістності IoT

- Над вирішенням цих питань працює кілька організацій і стандартизаційних форумів, прагнучі розширити або адаптувати протоколи Інтернету для пристройів IoT. Основними організаціями є:
 - Міжнародний союз електрозв'язку (*International Telecommunication Union, ITU*): 193 країни і понад 700 членів по секторам і асоціаціям (науково-промислових підприємств, державних і приватних операторів зв'язку, радіомовних компаній, регіональних і міжнародних організацій).
 - Всесвітній форум IoT (IoT World Forum, IWF): IBM, Intel, Cisco, Samsung.
 - Національний інститут стандартів і технології Міністерства торгівлі США.
 - Консорціум індустріального Інтернету (Industrial Internet Consortium, IIC): SAP, IBM, Intel, Fujitsu, General Electric, Oracle.



Стандарти сумістності ІОТ

- Для створення єдиної структури і класифікації необхідних функцій за їх місцем в стеку протоколів ряд цих груп також займається питанням формальної архітектури для ІоТ.
- Як і багато інших досягнень, що стали можливими завдяки Інтернету, ІоТ буде якийсь час стихійно розвиватися і проходити через процеси природного відбору, поки поступово не виявили життєздатні технології та механізми протоколів.

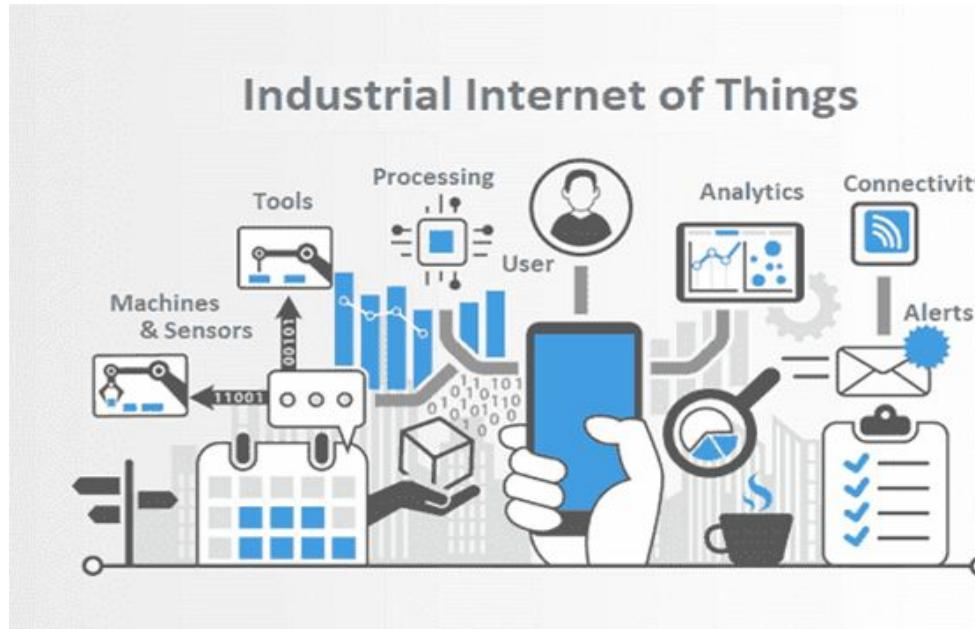


Стандарти сумістності IoT

- Але з урахуванням складності IoT має сенс створення архітектури, яка б специфікувала основні компоненти і їх взаємозв'язок.
- Архітектура IoT може надати такі переваги:
 - дати адміністраторам мережі або ІТ-менеджеру корисний контрольний список для оцінки функціональності і повноти пропозицій від різних постачальників;
 - служити орієнтиром для розробників в плані того, які функції потрібні в IoT і як вони взаємодіють;
 - служити основою для стандартизації, стимулюючи сумісність і скорочення витрат.



Інтернет речей в промисловості



- **Промисловий Інтернет речей (Industrial IoT, IIoT)** - це один з найбільш великих сегментів Інтернету речей з точки зору кількості підключених пристрій і ступеня корисності цих сервісів для виробництва і автоматизації підприємств.
- Цей сегмент традиційно служить операційно-технологічною базою. Сюди входять аппаратні і програмні засоби моніторингу фізичних пристрій.

Інтернет речей в промисловості

- Традиційні завдання інформаційних технологій вирішуються інакше, ніж операційно-технологічні завдання.
- **Операційні технології (ОТ)** зосереджені на оцінці продуктивності, часу безвідмовної роботи, зборі даних і відповідної реакції в режимі реального часу, а також безпеки систем.
- **Інформаційні технології** спрямовані на безпеку, групування, сервіси та надання даних.
- Оскільки Інтернет речей починає займати важливе місце в сфері виробництва і промисловості, світи IT і OT об'єднаються, особливо в області діагностичного обслуговування тисяч виробничих машин і верстатів, і зможуть забезпечувати безпрецедентним обсягом даних приватні та публічні хмарні інфраструктури.



Інтернет речей в промисловості

- До характеристик цього сегмента відноситься необхідність надавати операційно-технологічній системі готові рішення в режимі реального часу або майже в режимі реального часу. Це означає, що у всьому, що стосується виробничого цеху, головним параметром для Інтернету речей буде час відгуку. Крім того, важливу роль будуть грати тривалість простою і безпеку. Це має на увазі потребу в запасі потужності і, ймовірно, в наявності приватних хмарних мереж і сховищ даних.
- *Промисловий Інтернет речей* - це один з сегментів на цьому ринку що найбільш швидко розвивається. Важливою особливістю цього напрямку є те, що він спирається на старі технології, тобто на апаратні і програмні засоби, які не можна назвати актуальними. Часто 30-річні виробничі станки працюють на послідовних інтерфейсах RS485, а не на сучасній безпроводовій комірчастій архітектурі.



Інтернет речей в промисловості

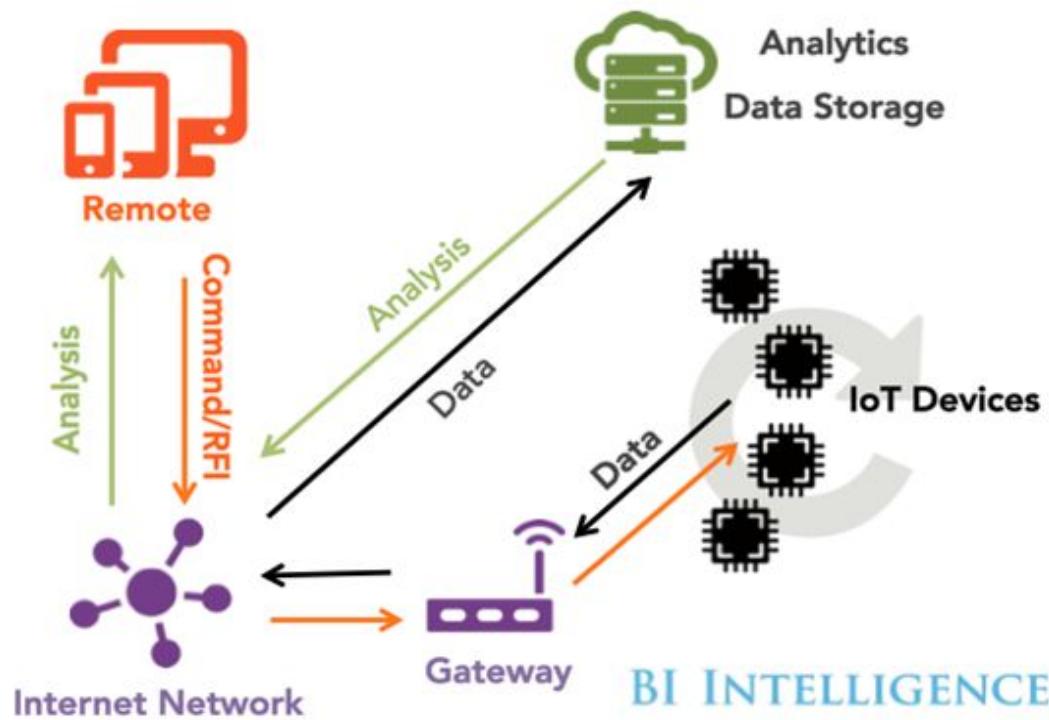
- Приклади застосування Промислового Інтернету Речей:
 - профілактичне обслуговування промислового обладнання;
 - зростання продуктивності завдяки попиту в реальному часі;
 - енергозбереження;
 - системи безпеки, такі як вимірювання температури, вимірювання тиску і контроль над витоком газу;
 - експертна система для виробничого цеху.



Екосистема Інтернету речей

До екосистеми Інтернету речей відносяться усі засоби, сервіси і технології, які використовуються в Інтернеті речей.

The Internet of Things Ecosystem



Екосистема Інтернету речей

- До них можна віднести:
- **sensors (розумні датчики/виконавчі механізми):** вбудовані системи, операційні системи реального часу, джерела безперебійного живлення, мікро-електромеханічні системи (МЕМС);
- **системи зв'язку з датчиками:** зона охоплення безпровідних персональних мереж становить від 0 см до 100 м. Для обміну даними між датчиками застосовуються низькошвидкісні малопотужні інформаційні канали, які часто побудовані не на протоколі IP;
- **локальні обчислювальні мережі (LAN):** зазвичай це системи обміну даними на основі протоколу IP, наприклад, 802.11 Wi-Fi-мережу для швидкого радіозв'язку, часто це пірингові або зіркоподібні мережі;



Екосистема Інтернету речей

- **агрегатори, маршрутизатори (routers), шлюзи (gateways), пограничні пристрої (Edge Device)** : постачальники вбудованих систем, самі бюджетні складові (процесори, динамічна оперативна пам'ять і система зберігання даних), виробники модулів, виробники пасивних компонентів, виробники стільникових і безпровідних радіосистем, постачальники міжплатформового програмного забезпечення, розробники інфраструктури туманних обчислень, інструментарій для граничної аналітики, безпеки граничних пристроїв, системи управління сертифікатами;
- **глобальна обчислювальна мережа**: оператори стільникового зв'язку, оператори супутникового зв'язку, оператори малопотужних глобальних мереж (Low-Power Wide-Area Network, LPWAN). Зазвичай застосовуються транспортні протоколи Інтернету для IoT і мережевих пристроїв (MQTT, CoAP і навіть HTTP);



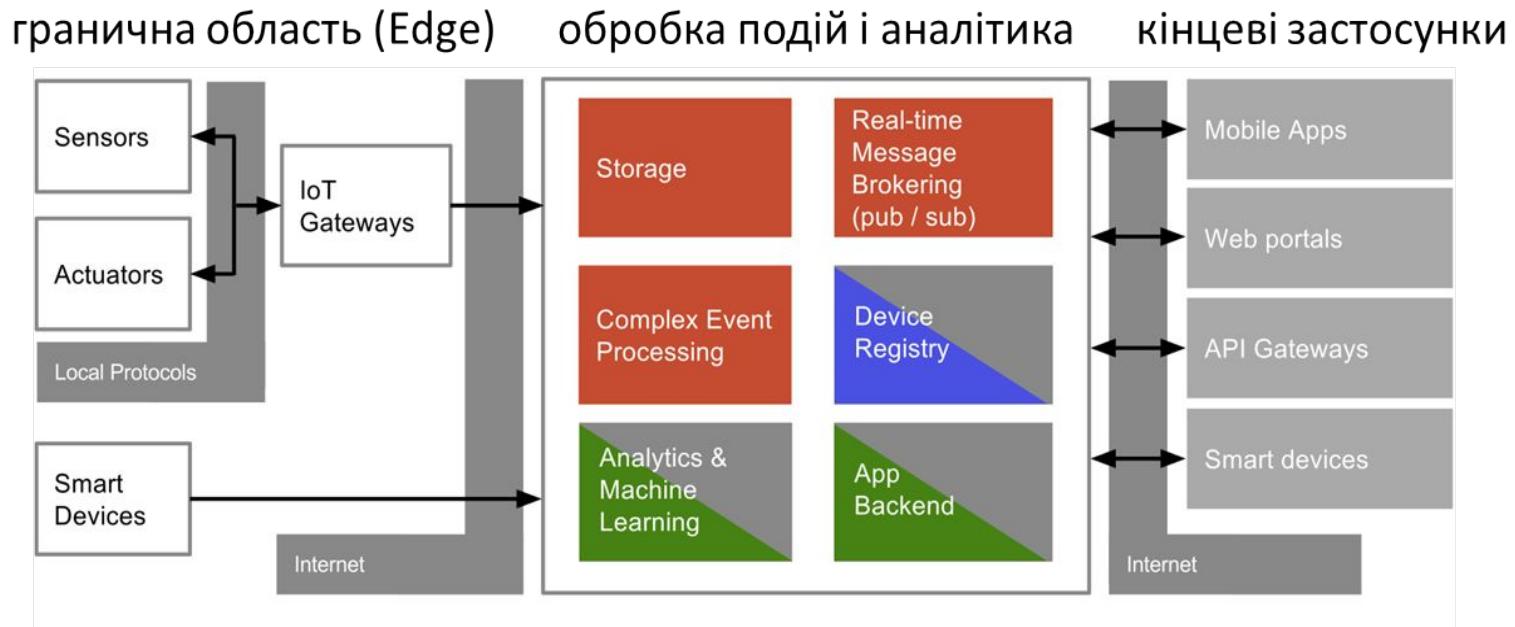
Екосистема Інтернету речей

- **хмара:** інфраструктура в якості постачальника послуг, платформа в якості постачальника послуг, розробники баз даних, постачальники послуг потокової і пакетної обробки даних, інструменти для аналізу даних, програмне забезпечення в якості постачальника послуг, постачальники озер даних, оператори програмно-визначених мереж / програмно-визначених периметрів, сервіси машинного навчання;
- **сервіси аналізу даних:** величезні масиви інформації передаються в хмару. Робота з великими обсягами даних і отримання з них користі - це завдання, що вимагає комплексної обробки подій, аналітики і прийомів машинного навчання;
- **безпека (security):** при зведенні всіх елементів архітектури воєдино постають питання кібербезпеки. Безпека стосується кожного компонента: від датчиків фізичних величин до ЦПУ і цифрового апаратного забезпечення, систем радіозв'язку і самих протоколів передачі даних. На кожному рівні необхідно забезпечити безпеку, достовірність і цілісність. У цьому ланцюзі не повинно бути слабких ланок, оскільки Інтернет речей стане головною мішенню для атак хакерів в світі.



Архітектура Інтернету Речей

- Архітектура Інтернету речей відрізняється в залежності від реалізації. Тим не менше вона дещо схожа на архітектуру класичних систем АСУТП. Один із прикладів архітектури:



Архітектура Інтернету Речей

- Взаємодія з «речами» відбувається через датчики (*sensors*) та виконавчі механізми (*Actuators*), аналогічно як це робиться в АСУТП для будь якого об'єкту керування.
- Ці датчики разом з усією інфраструктурою для інтеграції з рівнем обробки подій через мережу Internet формують так звану граничну область (**Edge**).
- Події (дані) що поступають з граничної області зберігаються і обробляються відповідно до задачі (рівень обробки подій і аналітики, **event processing, Platform**). На цьому рівні події(дані) зберігаються (*storage*), обробляються (*Event Processing*), перенаправляються потрібним додаткам (*Real-Time Message Brokering, Stream Processing*). Додатково на цьому рівні відбувається адміністрування та керування пристроями з граничної області (*Device Registry, Edge Device Management*).



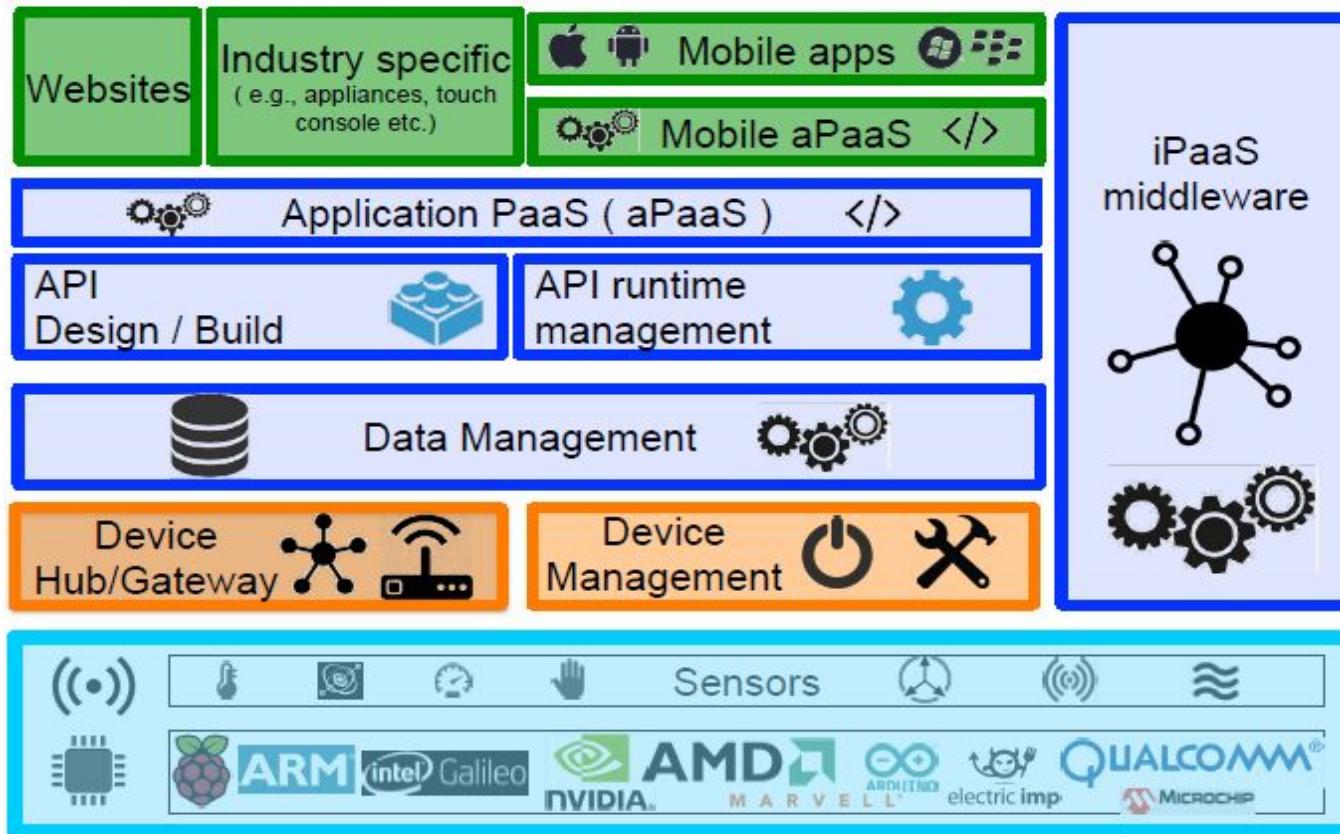
Архітектура Інтернету Речей

- Події (дані) обробляються з використанням аналітичних сервісів (*Analytics*) на основі них проводиться машинне навчання (*Machine Learning*), що дозволяє зробити певні висновки про об'єкт.
- Цей рівень як правило реалізований з використанням хмарних (*Cloud*) або туманних (*Fog*) обчислень. Якщо провести аналогію з АСУТП, то це рівень контролерів та SCADA (за виключенням функцій HMI).
- Отримання результатів, контроль, віддалене керування та адміністрування системи проводиться через кінцеві застосунки з використанням *Internet*.
- Цей рівень можна умовно порівняти з HMI (*Human Machine Interface*) в АСУТП.



Архітектура Інтернету Речей

Архітектура у вигляді сервісів

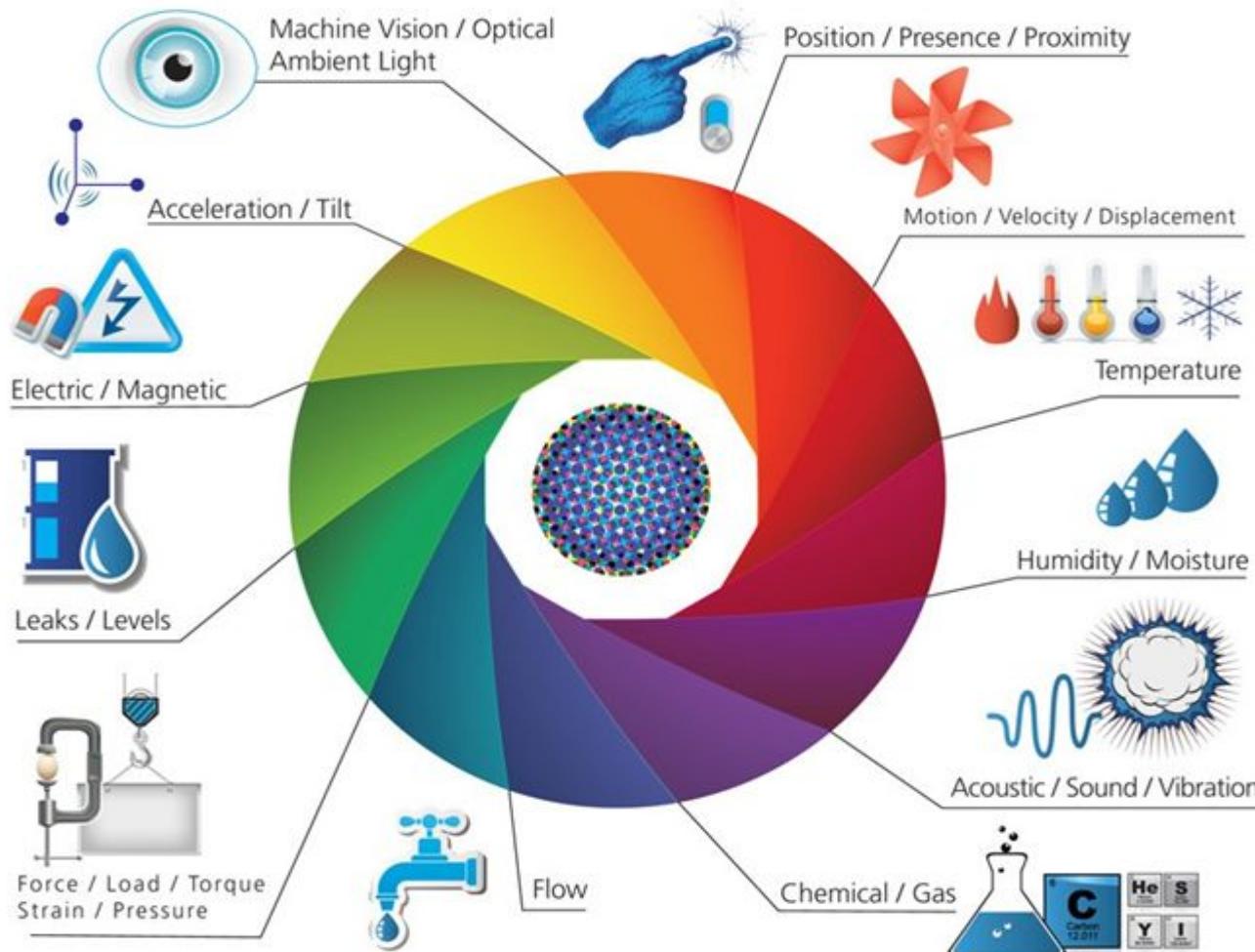


Архітектура Інтернету Речей

- **Датчики та живлення**
- Інтернет починається або закінчується однією подією: простий рух, зміна температури або, може бути, важіль замикає замок.
- На відміну від багатьох існуючих ІТ-пристроїв, Інтернет речей здебільшого пов'язаний з фізичною дією або подією. Він формує реакцію на якийсь фактор реального світу. Іноді при цьому один-єдиний датчик може генерувати величезний обсяг даних, наприклад, акустичний датчик для профілактичного огляду обладнання.
- В інших випадках всього одного біта даних достатньо, щоб передати життєво важливі відомості про стан здоров'я пацієнта. Якою б не була ситуація, системи датчиків еволюціонували і, відповідно до закону Мура, зменшилися до субнанометрових розмірів і стали істотно дешевше. Саме до цього апелюють ті, хто прогнозує, що до Інтернету речей будуть підключені мільярди пристроїв, і саме тому ці прогнози віправдаються.



Архітектура Інтернету Речей



Архітектура Інтернету Речей

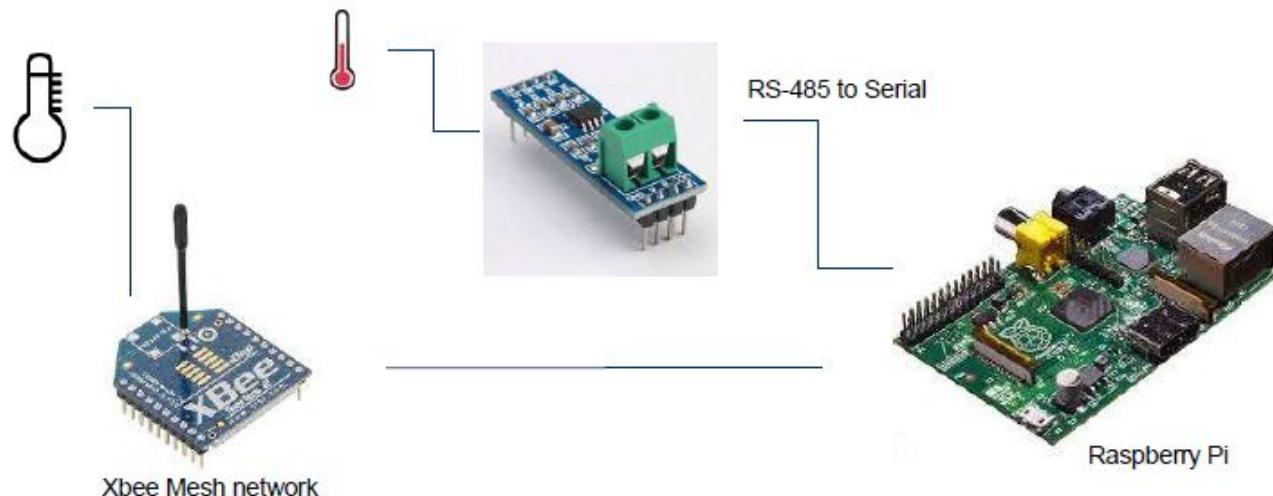
■ **Передача даних**

- Велика увага при розробці IoT приділяється встановленню з'єднання і роботі мереж.
- Інтернету речей не існувало б без надійних технологій передачі даних з найвіддаленіших і несприятливих областей в найбільші центри збору даних компаній Google, Amazon, Microsoft і IBM.
- Словосполучення «Інтернет речей» містить слово «Інтернет», тому необхідно вивчати питання, що стосуються мережних технологій, обміну даними та навіть теорії сигналів.
- Базова опора Інтернету речей - це не датчики і не програми, а можливість встановити з'єднання.



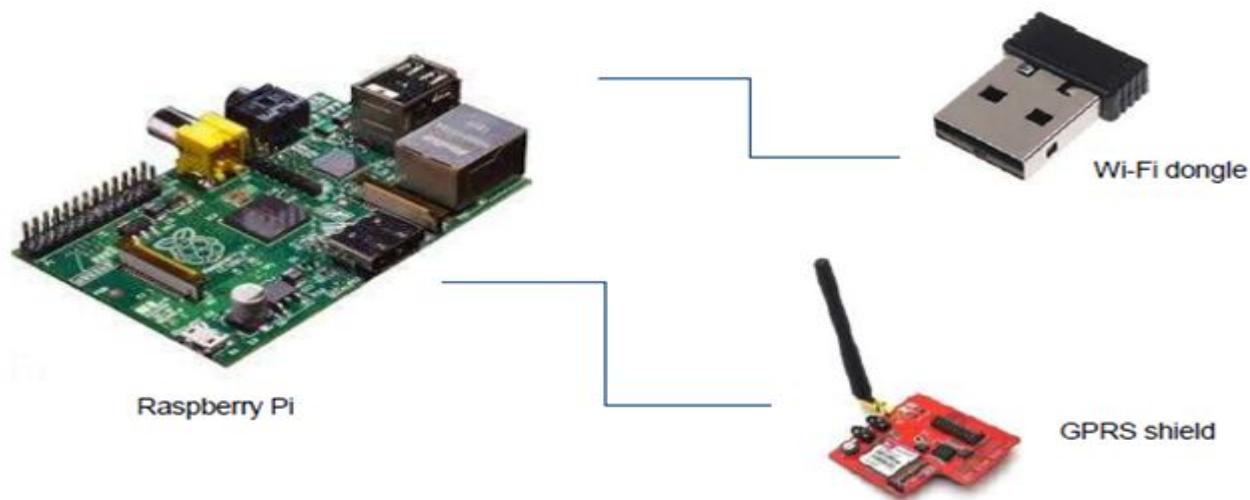
Архітектура Інтернету Речей

- Передача даних і встановлення мережевого з'єднання базуються на базі систем зв'язку близької дії - персональних мереж (PAN), зазвичай побудованих без дотримання правил IP-протоколу. Це може бути як проводові так і безпроводові мережі. До безпроводових IoT-мереж/протоколів як правило відносяться протоколи Bluetooth, mesh-мережі, Zigbee, Z-Wave. Для IIoT це також Wireless Hart та ISA100. Це яскравий приклад різноманіття безпроводових систем зв'язку IoT. Перелік проводових мереж ще більший, так як сюди входять усі можливі промислові мережі та протоколи.



Архітектура Інтернету Речей

- Крім PAN використовуються безпроводові локальні мережі та системи зв'язку на основі IP-протоколу, включаючи широкий діапазон Wi-Fi-мереж на основі стандартів IEEE 802.11, 6LoWPAN і технології Thread. Нерідко використовуються телекомунікації на основі стільникових стандартів (3G, 4G LTE) і нові стандарти, що забезпечують роботу Інтернету речей і міжмашинної взаємодії, такими як Cat-1 і Cat-NB, а також пропрієтарні протоколи LoRaWAN і Sigfox, що використовуються саме для IoT.



Архітектура Інтернету Речей

- На цьому рівні використовується ряд протоколів, необхідних для обміну даними між вузлами, маршрутизаторами і хмарними сервісами в межах IoT-системи.
- Інтернет речей відкрив дорогу новим IoT-протоколам, які виходять на один рівень з традиційними протоколами *HTTP* і *SNMP*, які застосовуються вже кілька десятків років.
- Для передачі IoT-даних потрібні ефективні, енергозберігаючі протоколи з малою затримкою, здатні легко і безпечно відправляти дані в хмару і з нього. Зокрема тут використовуються такі протоколи, як всюдисущий *MQTT*, *AMQP* і *CoAP*.



Архітектура Інтернету Речей

- **Маршрутизація**
- Для передачі даних від датчиків в Інтернет-простір необхідні дві технології: маршрутизатор-шлюз і опорні інтернет-протоколи, що забезпечують ефективність обміну даними.
- Маршрутизатор особливо важливий в таких аспектах, як безпека, управління і напрям даних.
- Границі маршрутизатори (*Edge routers*) керують і стежать за станом відповідних mesh-мереж, а також вирівнюють і підтримують якість даних.
- Також велике значення належить конфіденційності та безпеки даних. Маршрутизатор відіграє важливу роль в створенні віртуальних приватних мереж, віртуальних локальних мереж і програмно-визначених глобальних мереж. Вони в буквальному сенсі можуть містити тисячі вузлів, що обслуговуються єдиним границішим маршрутизатором, і в якійсь мірі маршрутизатор служить розширенням для хмари (*edge device*).



Архітектура Інтернету Речей

- **Туманні і граничні обчислення, аналітика і машинне навчання**
- На цьому етапі необхідно вирішити, що робити з потоком даних, що надходять в хмарний сервіс з граничного вузла (*Edge Device*).
- Щоб навчитися правильно оцінювати, як система буде розвиватися і рости, необхідно розібратися у всіх тонкощах і складнощах архітектури хмарних систем, який вплив на ІoT-систему робить запізнювання.
- Крім того, не все треба відправляти в хмару. Пересилання всіх IoT-даних обходить значно дорожче, ніж їх обробка на кордоні мережі (граничні обчислення, *Edge Computing*) або включення граничного маршрутизатора в зону, яку обслуговує хмарний сервіс (туманні обчислення, *Fog computing*).
- Туманні обчислення також стандартизуються, зокрема є стандарт туманних обчислень, наприклад архітектура *OpenFog*.



Еталонна модель IoT від МСЕ-Т

- Еталонна модель IoT від Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ-Т) описана в Рекомендації Y.2060 [4]. На відміну від більшості інших еталонних моделей і архітектурних моделей, описаних в літературі, модель МСЕ-Т деталізує фактичні фізичні компоненти екосистеми IoT. Це корисно, тому що це зосереджує увагу на елементах екосистеми IoT, які повинні бути з'єднані, інтегровані, керовані і надані додаткам. Детальна специфікація екосистеми описує вимоги до можливостей IoT.
- Один з важливих аспектів, який загострює модель, є той факт, що IoT на ділі не є мережею фізичних речей. Це скоріше мережа пристрій, які з'єднано фізичними речами, разом з прикладними платформами - такими як комп'ютери, планшети і смартфони, які взаємодіють з цими пристроями. Тому огляд моделі МСЕ-Т необхідно почати з визначення пристрій:



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

- **Мережа зв'язку (Communication Network)** - інфраструктурна мережа, що з'єднує пристрой та додатки, така як мережа на основі стека протоколів IP або Інтернет.
- **Річ (Thing)** - предмет фізичного світу (фізичні речі) або інформаційного світу (віртуальні речі), який може бути ідентифікований та інтегрований в мережі зв'язку.
- **Пристрій (Device)** - елемент обладнання, який володіє обов'язковими можливостями зв'язку та додатковими можливостями вимірювання, спрацьовування, а також введення, зберігання і обробки даних.
- **Пристрій переносу даних (Data-carrying Device)** - пристрій переносу даних підключається до фізичної речі і непрямим чином з'єднує цю фізичну річ з мережами зв'язку. Прикладами можуть служити активні мітки RFID.



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

- **Пристрій збору даних (Data-capturing Device)** - під пристроєм збору даних розуміється пристрій, що зчитує / записуючий пристрій, що має можливість взаємодії з фізичними речами. Взаємодія може здійснюватися непрямим чином за допомогою пристріїв перенесення даних або безпосередньо за допомогою носіїв даних, підключених до фізичних речей.
- **Носій даних (Data Carrier)** - безбатарейний об'єкт перенесення даних, підключений до фізичної речі і має можливість надавати інформацію придатному для цього пристрою збору даних. Ця категорія включає штрих-коди і QR-коди, наклеєні на фізичні речі.
- **Сенсорний пристрій (Sensing Device)** - пристрій, який може виявляти або вимірювати інформацію, що відноситься до навколошнього середовища, і перетворювати її в цифрові електричні сигнали.



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

- **Виконавчий пристрій (*Actuating Device*)** - пристрій, який може перетворювати цифрові електричні сигнали, що надходять від інформаційних мереж, в дії.
- **Пристрій загального призначення (*General Device*)** – пристрій загального призначення володіє вбудованими можливостями обробки і зв'язку і може обмінюватися даними з мережами зв'язку з використанням проводових або безпроводових технологій. Пристрої загального призначення включають обладнання та прилади, які стосуються різних галузей застосування IoT, наприклад, верстати, побутові електроприлади і смартфони.
- **Шлюз (*Gateway*)** - елемент IoT, що з'єднує пристрої з мережами зв'язку.
Він виконує необхідну трансляцію між протоколами, що використовуються в мережах зв'язку і в пристроях.



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

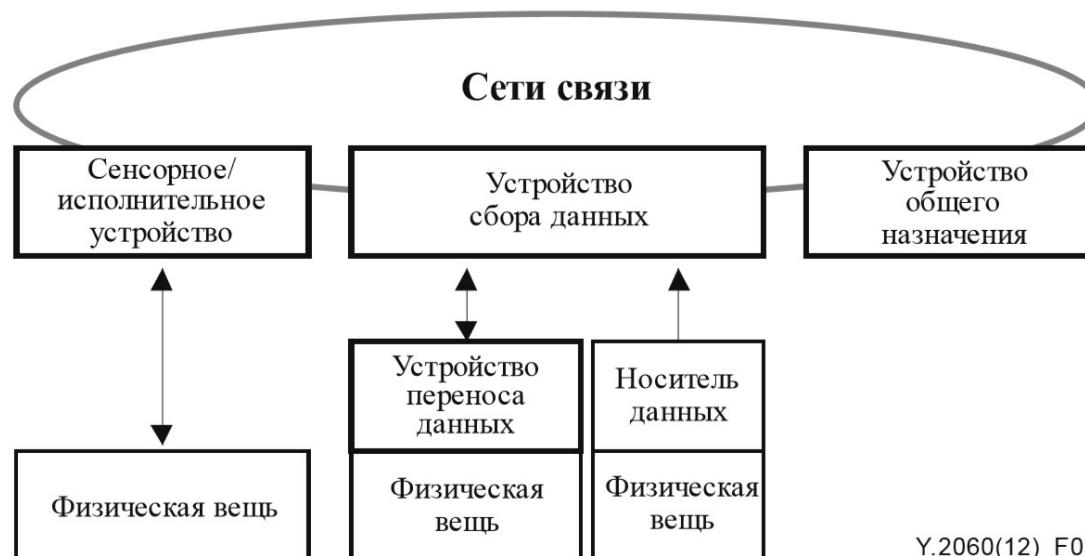
- Унікальним аспектом ІоТ, в порівнянні з іншими мережевими системами, очевидно є наявність безлічі фізичних речей і пристройів, відмінних від обчислювальних пристройів і пристройів обробки даних.
- На рис., адаптованому з Рекомендації Y.2060, зображені типи пристройів в моделі МСЕ-Т. Модель розглядає ІоТ як мережу пристройів, тісно пов'язаних з речами. Сенсорні і виконавчі пристрой взаємодіють з фізичними речами в навколошньому середовищі. Пристрой збору даних зчитують дані з фізичних речей або записують дані на фізичні речі шляхом взаємодії з пристроями перенесення даних або носіями даних, підключеними або пов'язаними з фізичним об'єктом тим чи іншим чином.



Еталонна модель ІoТ від МСЕ-Т

- Ця модель показує відмінність між пристроями перенесення даних і носіями даних. Пристрій переносу даних є пристроєм в сенсі Рекомендації Y.2060. Як мінімум, пристрій завжди має можливості зв'язку і може мати інші електронні можливості. Прикладом пристрою перенесення даних є RFID-мітка. У той же час носій даних - це елемент, приєднаний до фізичної речі з метою ідентифікації або інформування.

Типи пристріїв та їх взаємозв'язок із фізичними речами



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

- В рекомендації Y.2060 відзначається, що технології, які використовуються для взаємодії між пристроями збору даних і пристроями перенесення даних або носіями даних, включають радіочастотне, інфрачервоне, оптичне і гальванічне збудження. Приклади кожної з них:
 - *Радіочастотні*: радіочастотні ідентифікаційні (RFID) - бірки, або радіопозначки.
 - *Оптичні*: штрих-коди і QR-коди можуть служити прикладами ідентифікаційних носіїв даних, які зчитуються оптично.



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

□ *Інфрачервоні:* інфрачервоні мітки, що можна використовувати в Збройних Силах, лікарнях та інших середовищах, де потрібно відстежувати розташування і переміщення персоналу. Це можуть нашивки на військовій формі, що відбивають світло, і такі, що працюють від батарейок та випромінюють ідентифікуючу інформацію.

Останні можуть мати кнопку, при натисканні якої бейдж може використовуватись для проходу через автоматичні контрольні пункти, або ж бейджи, що автоматично повторюють сигнал для контролю за переміщеннями персоналу.

Пульти дистанційного керування, що використовуються в побуті або в інших середовищах для управління електронними пристроями, теж можна легко інтегрувати в ІоТ.

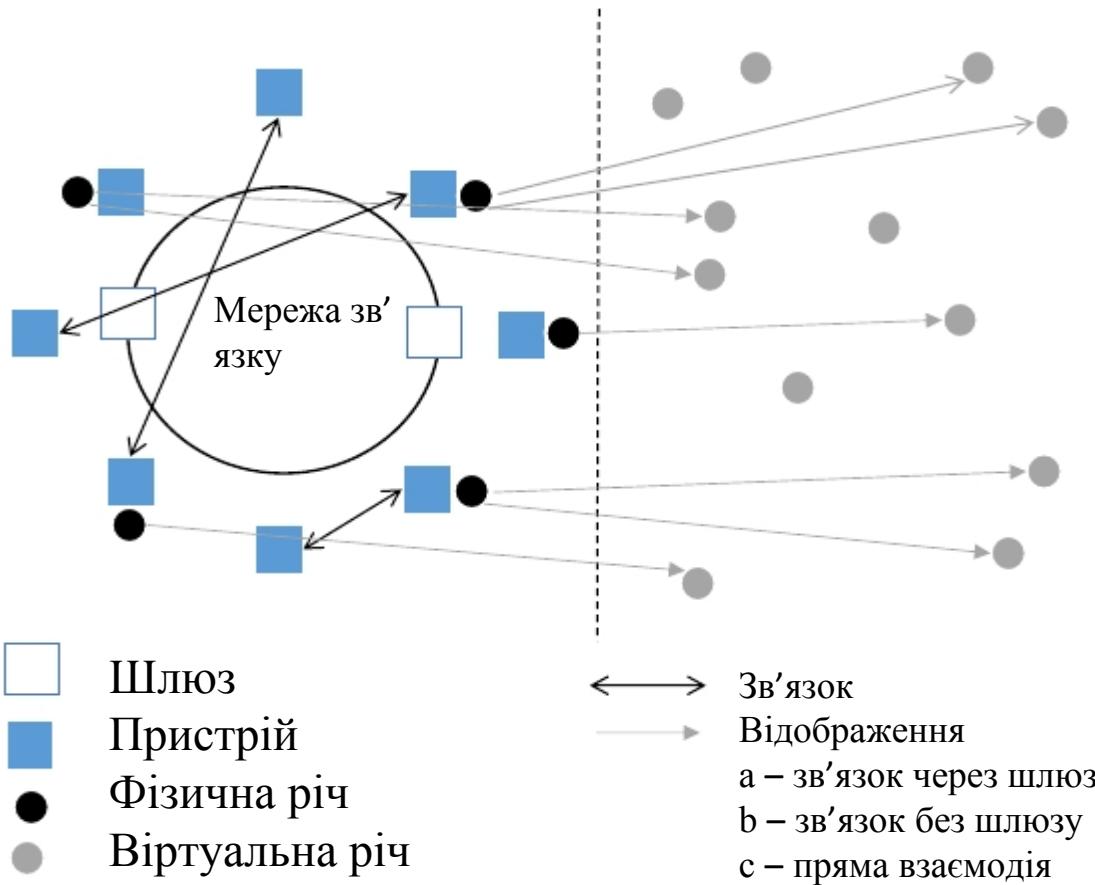


Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

- **Гальванічне збудження:** прикладом можуть служити медичні імпланти, які використовують електропровідні властивості людського тіла [7]. В ході комунікації між імплантом і поверхнею гальванічна пара передає сигнали з імпланта на електроди, виведені на шкіру. Ця схема використовує дуже мало енергії, що дозволяє знизити розмір і складність імплантованого пристрою.
- Останнім типом пристрій з рисунку є пристрой **загального призначення**.
- Вони володіють можливостями обробки даних і зв'язку, які можуть бути інтегровані в ІоТ. Хорошим прикладом є технологія «розумного будинку», яка може інтегрувати практично будь-який пристрій в будинку в мережу для централізованого або дистанційного керування.



Технічний огляд ІоТ (Рекомендація Y.2060)



- На рисунку наведено огляд елементів, задіяних в ІоТ. У лівій частині рисунку - різні способи зв'язку з фізичними пристроями. Передбачається, що одна або кілька мереж підтримують зв'язок між пристроями.

Технічний огляд ІoT (Рекомендація Y.2060)

- На цьому рисунку з'являється ще один пристрій, пов'язаний з IoT: **шлюз**. Як мінімум шлюз працює транслятором між протоколами. Шлюзи вирішують одну з головних проблем при проектуванні IoT, а саме проблему сумісності, як між різними пристроями, так і між пристроями та Інтернетом або корпоративною мережею.
- «Розумні» пристрої підтримують широкий спектр безпроводових та проводових технологій передачі даних і мережевих протоколів. Крім того, можливості обробки даних у таких пристройів, як правило, обмежені.
- Рекомендація Y.2067 [8] закріплює вимоги до шлюзів IoT, які зазвичай розпадаються на три категорії:
 - Шлюз підтримує різні технології доступу до пристройів, дозволяючи пристройів обмінюватися даними один з одним і з мережею Інтернет або корпоративною мережею, що містить додатки IoT. Такі схеми доступу можуть, наприклад, включати *ZigBee*, *Bluetooth* і *Wi-Fi*.



Технічний огляд ІoT (Рекомендація Y.2060)

- Шлюз підтримує необхідні мережеві технології як для локальних, так і для глобальних мереж. Ці технології можуть включати в себе *Ethernet* і *Wi-Fi* на території організації, а також стільниковий зв'язок, *Ethernet*, *DSL* і кабельний доступ до Інтернету і глобальним корпоративним мережам.
- Шлюз підтримує взаємодію з додатками, управління мережею і функції безпеки.



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

- *Дві перших вимоги* включають в себе трансляцію протоколів між різними мережевими технологіями і стеками протоколів.
- *Третя вимога* зазвичай називається функцією IoT-агента. По суті, IoT-агент надає функціональність високого рівня від імені IoT-пристроїв, таку як організація або резюмування даних з декількох пристроїв для передачі в IoT-додатки, забезпечення протоколів і функцій безпеки і взаємодія з системами управління мережею.
- Тут слід зазначити, що термін «мережа зв'язку» прямо не визначається в серії IoT-стандартів Y.206x. Мережа (або мережі) зв'язку підтримує зв'язок між пристроями і може безпосередньо підтримувати прикладні платформи. Вона може мати розміри невеликого IoT, такого як домашня мережа «розумних» пристроїв. У більш загальному сенсі мережу (або мережі) пристроїв з'єднується з корпоративними мережами або Інтернетом для зв'язку з системами додатків і серверами, на яких розташовані бази даних, пов'язані з IoT.



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

- Ліва частини рисунку ілюструє можливості зв'язку пристрій між собою.
1. **Перша можливість** - зв'язок між пристроями через шлюз. Наприклад, за допомогою шлюзу сенсорне або виконавчий пристрій з підтримкою *Bluetooth* може здійснювати зв'язок з пристроєм збору даних або пристроєм загального призначення, що використовують *Wi-Fi*.
 2. **Друга можливість** - зв'язок по мережі зв'язку без шлюзу. Наприклад, якщо всі пристрої в мережі «розумного будинку» підтримують *Bluetooth*, вони можуть управлятися з комп'ютера, планшета або смартфона з підтримкою *Bluetooth*.
 3. **Третя можливість** - прямий зв'язок пристрій між собою за окремою локальної мережі, в той час як зв'язок із зовнішньою мережею здійснюється через шлюз LAN.



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

- У правій частині рисунку підкреслюється, що кожна фізична річ в Інтернеті речей може бути представлена в інформаційному світі однією або декількома віртуальними речами, але при цьому віртуальна річ може існувати без відповідної фізичної речі.
- Фізичні речі зіставлені віртуальним речам, що зберігаються в БД і інших структурах даних.
- Додатки обробляють віртуальні речі і працюють з ними.



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т



Еталона модель ІоТ за рекомендацією Y.2060



Еталонна модель IoT від МСЕ-Т

- Еталонна модель IoT від МСЕ-Т складається з чотирьох рівнів плюс можливості управління і безпеки, що діють між рівнями. До сих пір ми говорили про рівень пристрою. У термінах функціональності зв'язку рівень пристрою включає в себе, грубо кажучи, фізичний і канальний рівні OSI.
- *Рівень мережі* виконує дві базові функції. Можливості мережі відносяться до взаємодії пристройів і шлюзів. Транспортні можливості відносяться до транспорту інформації служб і додатків IoT, а також інформацією управління і контролю IoT.
- Грубо кажучи, ці можливості відповідають мережевому і транспортному рівням OSI.



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

- *Рівень підтримки послуг і підтримки додатків* надає можливості, які використовуються додатками. Багато різноманітних додатків можуть використовувати загальні можливості підтримки. До прикладів належать спільне опрацювання даних і управління БД. Спеціалізовані можливості підтримки – це конкретні можливості, які призначені для задоволення потреб конкретної підмножини додатків ІоТ.
- *Рівень додатку* складається з усіх додатків, взаємодіючих з ІоТ-пристроїми.
- *Рівень можливостей управління* охоплює традиційні функції управління мережею, тобто управління несправностями, управління конфігурацією, управління обліком, управління показниками роботи і управління безпекою.



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-ТЙ

- В Рекомендації Y.2060 як приклади загальних можливостей управління перераховані:
 - **управління пристроями:** приклади включають виявлення пристроїв, автентифікацію, дистанційну активацію і дезактивацію пристроїв, конфігурацію, діагностику, оновлення прошивки і / або ПЗ, управління робочим статусом пристрою;
 - **управління топологією локальної мережі:** прикладом є управління конфігурацією мережі;
 - **управління трафіком і перевантаженнями:** наприклад, виявлення умов перевантаженості мережі і реалізація резервування ресурсів для термінових і / або життєво важливих потоків трафіку.



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

- Спеціалізовані можливості управління тісно пов'язані з вимогами додатків, наприклад, вимогами з контролю лінії передачі електроенергії в «розумній» електромережі.
- *Рівень можливостей забезпечення безпеки* включає загальні можливості забезпечення безпеки, які не залежать від додатків. В Рекомендації Y.2060 приклади загальних можливостей забезпечення безпеки включають:
 - *На рівні програми:* авторизацію, автентифікацію, захист конфіденційності і цілісності даних програми, захист недоторканності приватного життя, аудит безпеки і антивірусний захист;
 - *на рівні мережі:* авторизацію, автентифікацію, конфіденційність даних про використання та даних сигналізації, а також захист цілісності даних сигналізації;



Еталонна модель ІоТ від МСЕ-Т

- **на рівні пристрою:** автентифікацію, авторизацію, перевірку цілісності пристрою, управління доступом, захист конфіденційності і цілісності даних.
- Спеціалізовані можливості забезпечення безпеки тісно пов'язані з вимогами додатків, наприклад, вимогами безпеки мобільних платежів.



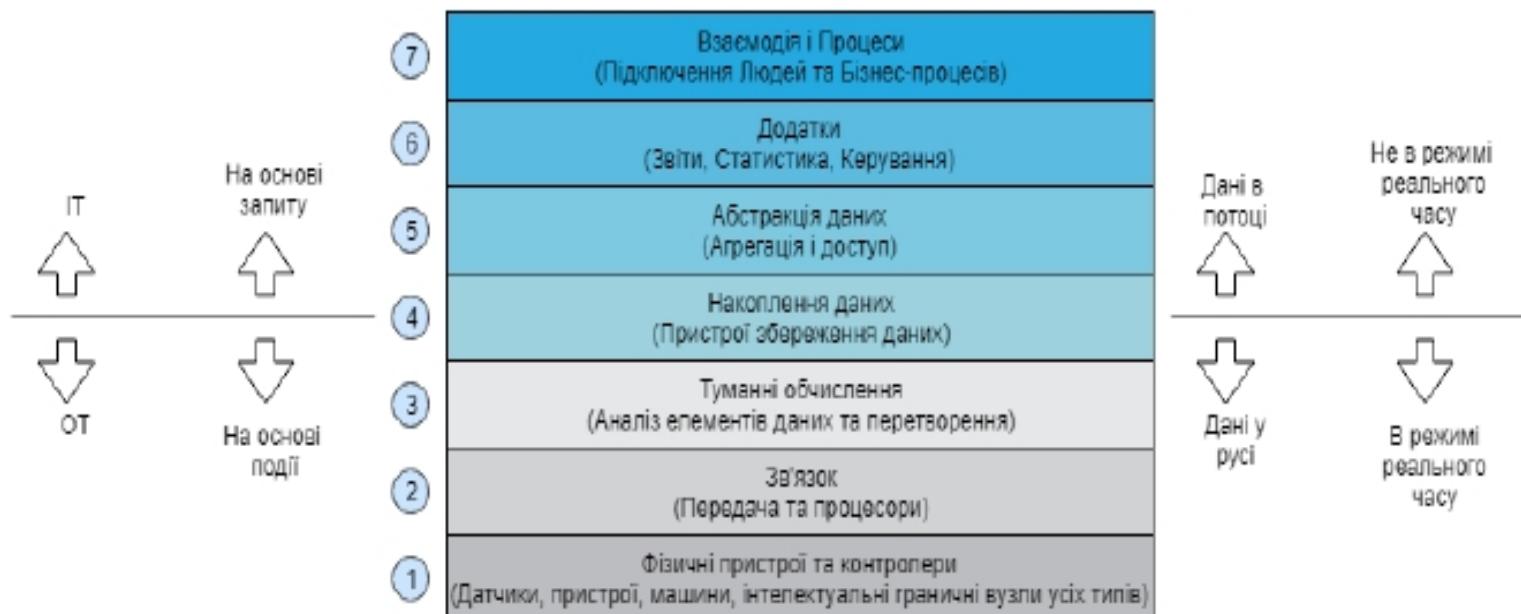
Еталонна модель від Всесвітнього форуму IoT

- **Всесвітній форум IoT (IoT World Forum, IWF)** - щорічна подія, що спонсорується галуззю та об'єднує представників бізнесу, державних структур та вузівської науки з метою просування IoT на ринок.
- Комітет з архітектури Всесвітнього форуму IoT, складений з лідерів індустрії, включаючи *IBM*, *Intel* та *Cisco*, в жовтні 2014 опублікував еталонну модель IoT. Ця модель є загальною структурою, покликаною допомогти галузі прискорити розгортання IoT.
- Модель призначена для того, щоб стимулювати співпрацю та сприяти створенню повторюваних моделей впровадження.



Еталонна модель від Всесвітнього форуму ІoT

- Ця еталонна модель є корисним доповненням до моделі MCE-T. Документи MCE-T роблять упор на рівнях пристрою та шлюзу, описуючи верхні рівні лише в загальних рисах. В Рекомендації Y.2060 увесь опис рівня додатку вмістився в одну фразу. Найбільше уваги рекомендації серії Y.206x приділяють визначеню концепції для підтримки розробки стандартів взаємодії з пристроями ІoT.
- IWF стурбований більш масштабним питанням розробки додатків, проміжного програмного забезпечення і функцій підтримки для корпоративного Інтернету речей. Запропонована семирівнева модель зображена на рисунку



Еталонна модель від Всесвітнього форуму ІoT

- Документальний опис моделі IWF, опублікований Cisco [9], вказує, що розроблена модель відрізняється наступними характеристиками:
 - **спрошує**: допомагає розбити складні системи на частини так, щоб кожна з цих частин стала більш зрозумілою;
 - **прояснює**: надає додаткові відомості для точної ідентифікації рівнів IoT і вироблення загальної термінології;
 - **ідентифікує**: ідентифікує аспекти, в яких ті чи інші типи обробки оптимізовані в різних частинах системи;
 - **стандартизує**: є першим кроком до того, щоб постачальники могли створювати продукти IoT, здатні взаємодіяти один з одним;
 - **організовує**: робить IoT реальним і доступним, а не просто абстрактною концепцією.



Еталонна модель від Всесвітнього форуму ІoT

Рівень 1 утворюють фізичні пристрої та контролери, які можуть керувати кількома пристроями.

Рівень 1 моделі IWF приблизно відповідає рівню пристрою в моделі МСЕ-Т . Як і в моделі МСЕ-Т, елементи на цьому рівні – не фізичні речі, як такі, а пристрої, які взаємодіють з фізичними речами, такі як сенсорні і виконавчі пристрої. Серед інших можливостей ці пристрої можуть вміти здійснювати аналого-цифрове і цифро-аналогове перетворення, генерацію даних, а також підтримувати дистанційний опитування і / або дистанційне керування.

Рівень 2 моделі IWF приблизно відповідає рівню мережі в моделі МСЕ-Т. Основна відмінність в тому, що модель IWF відносить шлюзи до рівня 2, в той час як в моделі МСЕ-Т вони відносяться до рівня 1. Оскільки шлюз є мережевим пристроєм і пристроєм зв'язку, віднесення його до рівня 2 має більше сенсу.



Еталонна модель від Всесвітнього форуму ІoT

- З логічної точки зору цей рівень реалізує зв'язок пристройів між собою і між пристроями і низькорівневою обробкою на *rівні 3*.
- З фізичної точки зору цей рівень складається з мережевих пристройів, таких як маршрутизатори, комутатори, шлюзи і брандмауери, що використовуються для створення локальних і глобальних мереж і підключення до Інтернету.
- Цей рівень дозволяє пристроям здійснювати зв'язок один з одним і за допомогою більш високих логічних рівнів обмінюватися даними з прикладними платформами, такими як комп'ютери, пристрой дистанційного управління і смартфони.



Еталонна модель від Всесвітнього форуму ІoT

- У багатьох впроваджуваних системах ІoT розподілена мережа датчиків може генерувати великі обсяги даних.
Наприклад, офшорні нафтові родовища і нафтопереробні заводи можуть генерувати до терабайта даних щодня. Літак може генерувати кілька терабайт даних на годину.
- Замість того, щоб зберігати всі ці дані постійно (або хоча б довгий час) в централізованому сховищі, доступному для додатків ІoT, часто більш доцільно виконувати якомога більшу частину обробки даних якомога ближче до датчиків. Тому завданням рівня периферійних обчислень (*edge computing level*) є перетворення мережевих потоків даних в інформацію, придатну для зберігання і більш високорівневої обробки. Елементи обробки на цьому рівні можуть мати справу з великими обсягами даних і виконувати операції перетворення даних, в результаті яких зберігати доводиться вже набагато менший обсяг.



Еталонна модель від Всесвітнього форуму ІoT

- Опублікований Cisco документ по моделі IWF [9] містить такі приклади операцій на рівні периферійних обчислень:
 - **аналіз**: аналіз даних по критеріях того, чи підлягають вони обробці на більш високому рівні;
 - **форматування**: переформатування даних для однакової високорівневої обробки;
 - **розархівування / декодування**: обробка криптографічних даних з додатковим контекстом (таким як походження);
 - **дистилляція / скорочення**: скорочення і / або резюмування даних для того, щоб мінімізувати обсяг даних, трафік в мережі і в високорівневих системах обробки;
 - **оцінка**: визначення того, чи становлять дані порогове значення або аварійний сигнал; цей процес повинен включати перенаправлення даних додатковим одержувачам.



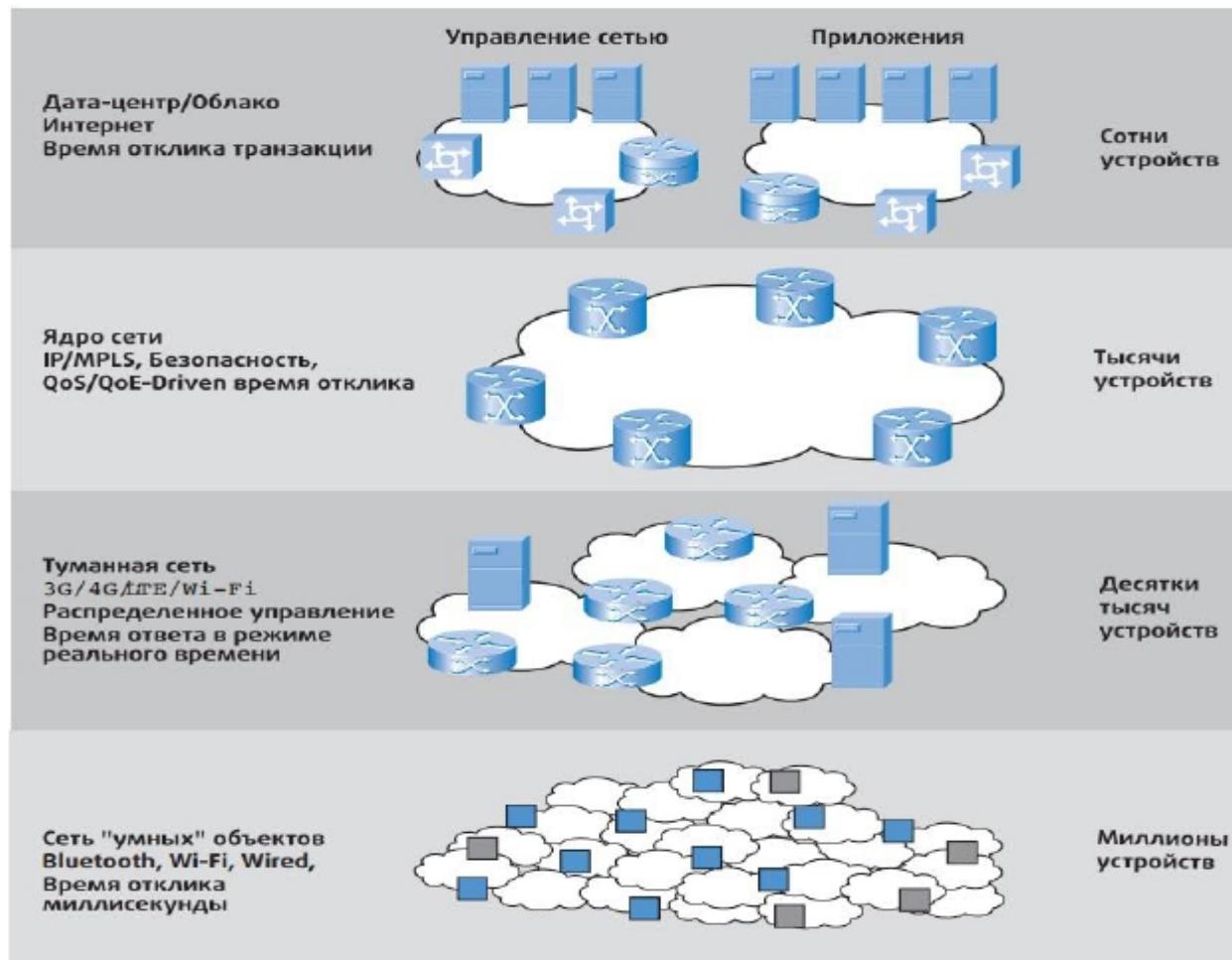
Еталонна модель від Всесвітнього форуму IoT

- Елементи обробки на цьому рівні відповідають пристроям загального призначення в моделі МСЕ-Т. Як правило, вони розгортаються фізично на краю мережі IoT, тобто поруч з сенсорами і іншими пристроями генерації даних.
- Обробка на рівні периферійних обчислень іноді називається **туманними обчисленнями (Fog Computing)**. Туманні обчислення і туманні служби, як очікується, стануть відмінною характеристикою IoT. Цей принцип проілюстрований на рис.
- Туманні обчислення представляють в сучасних мережевих технологіях тренд, протилежний хмарних обчислень. У хмарні обчислення великий обсяг централізованих ресурсів зберігання і обробки даних доступний розподіленим споживачам за допомогою хмарних мережевих структур для відносно невеликого числа користувачів.



Еталонна модель від Всесвітнього форуму IoT

■ Туманні обчислення



Еталонна модель від Всесвітнього форуму ІoТ

- В туманних обчисленнях велике число окремих інтелектуальних об'єктів здійснюють зв'язок з туманними мережевими структурами, які здійснюють обчислення і зберігають ресурси поруч з периферійними пристроями в ІoТ.
- Туманні обчислення вирішують проблеми, що виникли внаслідок діяльності тисяч або мільйонів «розумних» пристройів, включаючи проблеми безпеки, конфіденційності, обмежених можливостей мережі і затримки. Термін «туманні обчислення» обраний тому, що туман стелиться по землі, в той час як хмари знаходяться високо в небі.



Порівняння хмарних та туманних обчислень

	Хмара	Туман
Розташування ресурсів зберігання / обробки	Центр	Край
Затримка	Від низької до високої	Низька
Доступ	Фіксований або безпроводовий	Головним чином безпровідний
Підтримка мобільності	Не застосовується	Так
Контроль	Централізований / ієрархічний (повний контроль)	Розподілений / ієрархічний (частковий контроль)
Доступ до служб	Через ядро	На краю / з портативного пристрою (смартфон і т.д.)
Доступність	99,99%	Висока нестабільність / високий рівень резервування
Число користувачів / пристрій	Десятки і сотні мільйонів	Десятки мільярдів
Основний генератор контенту	Люди і пристрої	Пристрої / сенсори
Генерація контенту	У центральному розташуванні	Скрізь
Споживання контенту	На кінцевих пристроях	Скрізь
Віртуальна програмна інфраструктура	Центральні корпоративні сервери	Призначені для користувача пристрої



Еталонна модель від Всесвітнього форуму IoT

- На *рівні 4, рівні накопичення даних*, дані, що надійшли з різних пристройів, профільтровані і оброблені рівнем периферійних обчислень, поміщаються в сховище, де будуть доступні для більш високих рівнів. Цей рівень разюче відрізняється і від низькорівневих (туманних), і від високорівневих (хмарних) обчислень за особливостями конструкції, вимогам і методам обробки.
- Дані, що проходять крізь мережу, називаються «даними в русі». Швидкість і організація даних в русі визначається пристроями, що генерують дані. Генерація даних відбувається по подіям, або періодично, або по виникненні якої-небудь події в середовищі. Для збору даних та їх обробки необхідно реагувати на їх появу в реальному часі. Навпаки, багатьом додаткам не потрібно обробляти дані зі швидкістю мережової передачі. На практиці ні хмарна мережа, ні прикладні платформи не змогли б встигати за обсягами даних, що генеруються величезною кількістю IoT-пристроїв. Замість цього додатки мають справу з «даними в спокої», тобто даними в тому чи іншому легкодоступному сховищі. Додатки можуть звертатися до даних у міру необхідності або поза режимом реального часу. Таким чином, *високі рівні* функціонують *за принципом транзакцій*, в той час як три нижніх рівні *працюють по подіях*.



Еталонна модель від Всесвітнього форуму IoT

- Нижче перераховані названі в [10] операції, що виконуються на рівні накопичення даних:
 - перетворення «даних в русі» в «дані в спокої»;
 - перетворення формату з мережевих пакетів в реляційні таблиці БД;
 - перехід від обчислень щодо подій до обчислень за запитом;
 - значне зниження обсягу даних за рахунок фільтрації і вибіркового зберігання.
- Ще один погляд на рівень накопичення даних полягає в тому, що він являє собою кордон між *інформаційними технологіями (IT)*, під якими розуміється цілий спектр технологій обробки інформації, включаючи ПЗ, обладнання, технології зв'язку і супутні служби, і *операційними технологіями (Operational Technology, OT)*, що представляють собою обладнання і ПЗ, які виявляють або викликають зміни шляхом прямого моніторингу та / або контролю фізичних пристрій, процесів і подій на підприємстві.



Еталонна модель від Всесвітнього форуму IoT

- Рівень накопичення даних вбирає велику кількість даних і поміщає їх в сховище, практично не пристосовуючи до потреб конкретних програм або груп додатків. З рівня **периферійних обчислень** в сховище може надходити безліч різних видів даних в різних форматах і від різноманітних оброблювачів.
- **Rівень абстракції даних (Рівень 5)** може агрегувати і форматувати такі дані способами, які роблять доступ додатків більш керованим і ефективнішим. У числі пов'язаних завдань можуть бути наступні:
 - Комбінування даних з різних джерел, включаючи вивірку кількох форматів даних.
 - Виконання необхідних перетворень для забезпечення однакової семантики даних з різних джерел.
 - Приміщення відформатованих даних у відповідну базу даних, наприклад, великі обсяги повторюваних даних поміщаються в систему великих даних, таку як *Hadoop*. Дані подій направляються в реляційну СУБД, що відрізняється більш швидким часом реакції і адекватним інтерфейсом для таких типів даних.



Еталонна модель від Всесвітнього форуму IoT

- Оповіщення додатків більш високого рівня про те, що дані заповнені або досягнутий певний рівень даних.
- Консолідація даних в одному місці (за допомогою ETL (*extract, transform, load*), ELT (*extract, load, transform*) або реплікації даних) або надання доступу до декількох джерел даних шляхом віртуалізації даних.
- Захист даних шляхом відповідної автентифікації і авторизації.
- Нормалізація / денормалізація і індексація даних для швидкого доступу додатків.



Еталонна модель від Всесвітнього форуму IoT

- **Рівень додатку (рівень 6)** містить додатки будь-якого типу, що використовують дані IoT на вході або керуючі IoT-пристроїми. Як правило, додатки взаємодіють з рівнем 5 і з даними в спокої, тому їм не обов'язково функціонувати на швидкостях мережі.
- Слід передбачити спрощений режим роботи, який дозволить додаткам минути проміжні рівні і безпосередньо взаємодіяти з рівнем 3 або навіть рівнем 2. Модель IWF не визначає додатки по всій строгості, вважаючи цей аспект виходять за рамки дискусії про модель IWF.
- **Рівень взаємодії і процес (рівень 7)** з'явився в результаті визнання того, що IoT буде корисний лише тоді, коли з ним зможуть взаємодіяти люди. Цей рівень може включати кілька додатків і обмін даними і / або керуючої інформацією по Інтернету або корпоративної мережі.



Еталонна модель від Всесвітнього форуму IoT

- IWF вважає еталонну модель IoT прийнятої в галузі базовою структурою, спрямованої на стандартизацію концепцій і термінології, пов'язаних з IoT.
- Що ще більш важливо, модель IWF визначає необхідний функціонал і проблеми, які потрібно вирішити до того, як галузь зможе реалізувати цінність IoT.
- Ця модель корисна як для постачальників, що розробляють функціональні елементи всередині моделі, так і для замовників, допомагаючи їм виробити свої вимоги і оцінювати пропозиції постачальників.



Інші еталонні моделі

- Крім моделей МСЕ-Т і IWF можна виділити такі моделі як:
 - Модель *NIST Special Publication 800-183*
 - Модель *Industrial Internet of Things Reference Architecture*

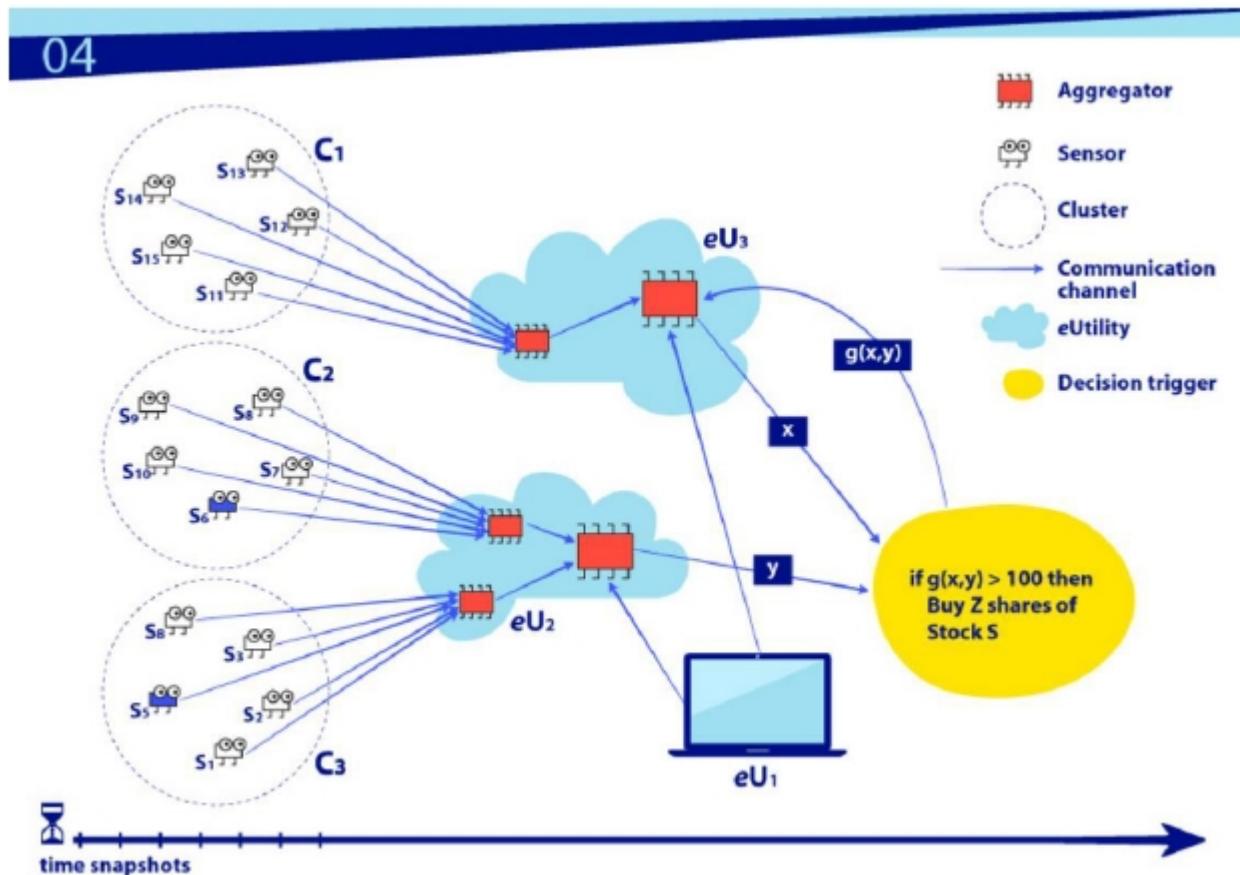


Модель NIST Special Publication 800-183

- Публікація «*Networks of «Things»* Національного інституту стандартів і технології Міністерства торгівлі США вийшла в розділі COMPUTER SECURITY в липні 2016 року. Основними пунктами публікації є:
 - Введено поняття «*Network of «Things»* » - вид розподілених систем.
 - IoT, мережі соц. медіа, мережі сенсорів, промисловий Інтернет розглядаються як види NoT.
 - «Речами» може бути програмне забезпечення, «залізо», їх комбінація і людина.
 - Виділено та описано характеристики п'яти ключових примітивів: сенсор, агрегатор (шлюз), канал зв'язку, зовнішня утиліта і тригер рішення.
 - У модель також внесені шість елементів: середа, витрати, місце розташування, власник (оператор), *Device_ID* (для будь-якого примітива), і момент часу (снепшот).



Архітектура моделі за публікацією NIST Special Publication 800-183



Модель NIST Special Publication 800-183

- Додаткові міркування:
 - Система може бути відкритою, закритою або мати проміжний стан.
 - Необхідність використання шаблонів проектування для побудови великих систем.
 - Рівень довіри до системи в деякий момент часу - функція від реалізації примітивів з урахуванням основних елементів.
 - Низька вірогідність виявлення помилок в системі під час тестування.
 - Облік механізмів і особливостей впливу на зовнішнє середовище.
- У публікації зачіпаються питання безпеки і надійності.
- Як можна побачити з рисунку для шлюзів (агрегаторів) тут виділяється більша роль аніж у архітектурах міжнародного ІоТ форуму та Міжнародного союзу електrozвязку. Агрегатор не просто виконує функцію «перепакування» з одного стеку протоколів у інший, а ще й агрегує, аналізує та зберігає дані.



Модель Industrial Internet of Things Reference Architecture

- Консорціум промислового інтернету об'єднує понад 100 компаній. У січні 2017 року побачила версія 1.8 документа *The Industrial Internet of Things. Volume G1: Reference Architecture*. Також були опубліковані INDUSTRIAL INTERNET SECURITY FRAMEWORK, і INDUSTRIAL INTERNET CONNECTIVITY FRAMEWORK. Серед авторів архітектури представники *SAP, IBM, Intel, Fujitsu, General Electric, Oracle*.
- В референсній архітектурі представлено три шаблони реалізації IIoT-системи
 - Трирівневий шаблон
 - *Рівень краю* збирає дані з кінцевих вузлів, використовуючи локальну мережу. Архітектурна характеристика цього рівня, включаючи широту розподілу, розташування, обсяг управління та характер локальних мереж, залежить від конкретних випадків використання.



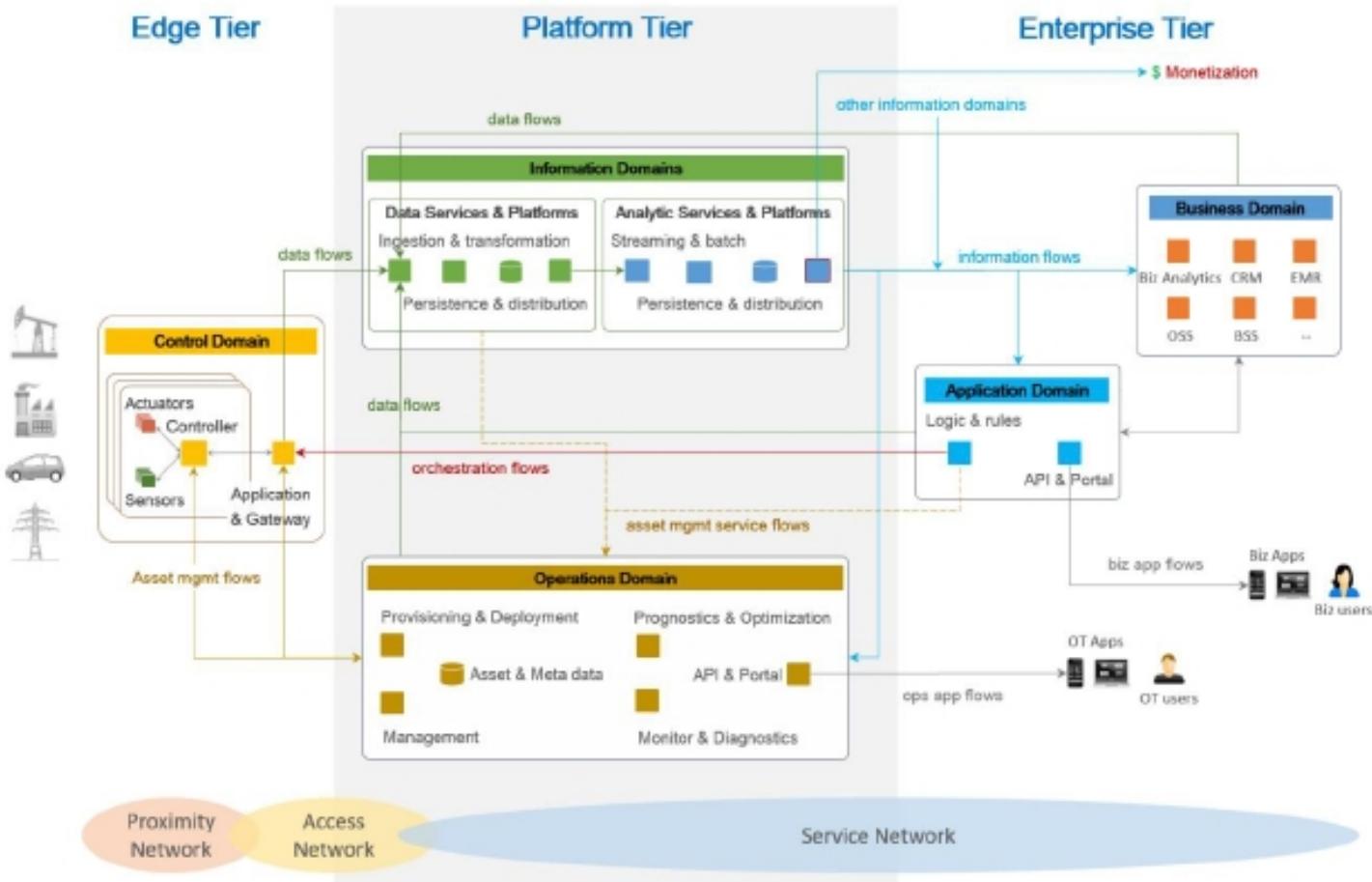
Модель Industrial Internet of Things Reference Architecture

- *Рівень платформи* отримує, обробляє та пересилає команди управління з рівня підприємства на рівень краю. Він об'єднує процеси та аналізує потоки даних з краю та інших рівнів. Він забезпечує функції керування пристроями та активністю. Він також пропонує спеціальні послуги, не пов'язані з доменом, такі як запити даних та аналітика.
- *Рівень підприємства* впроваджує доменні додатки, системи прийняття рішень та забезпечує інтерфейси для кінцевих користувачів, включаючи операторів. Рівень підприємства отримує потоки даних з краю та рівня платформи. Він також передає команди керування рівнями краю та рівнями платформи.



Модель Industrial Internet of Things Reference Architecture

■ Трирівневий шаблон

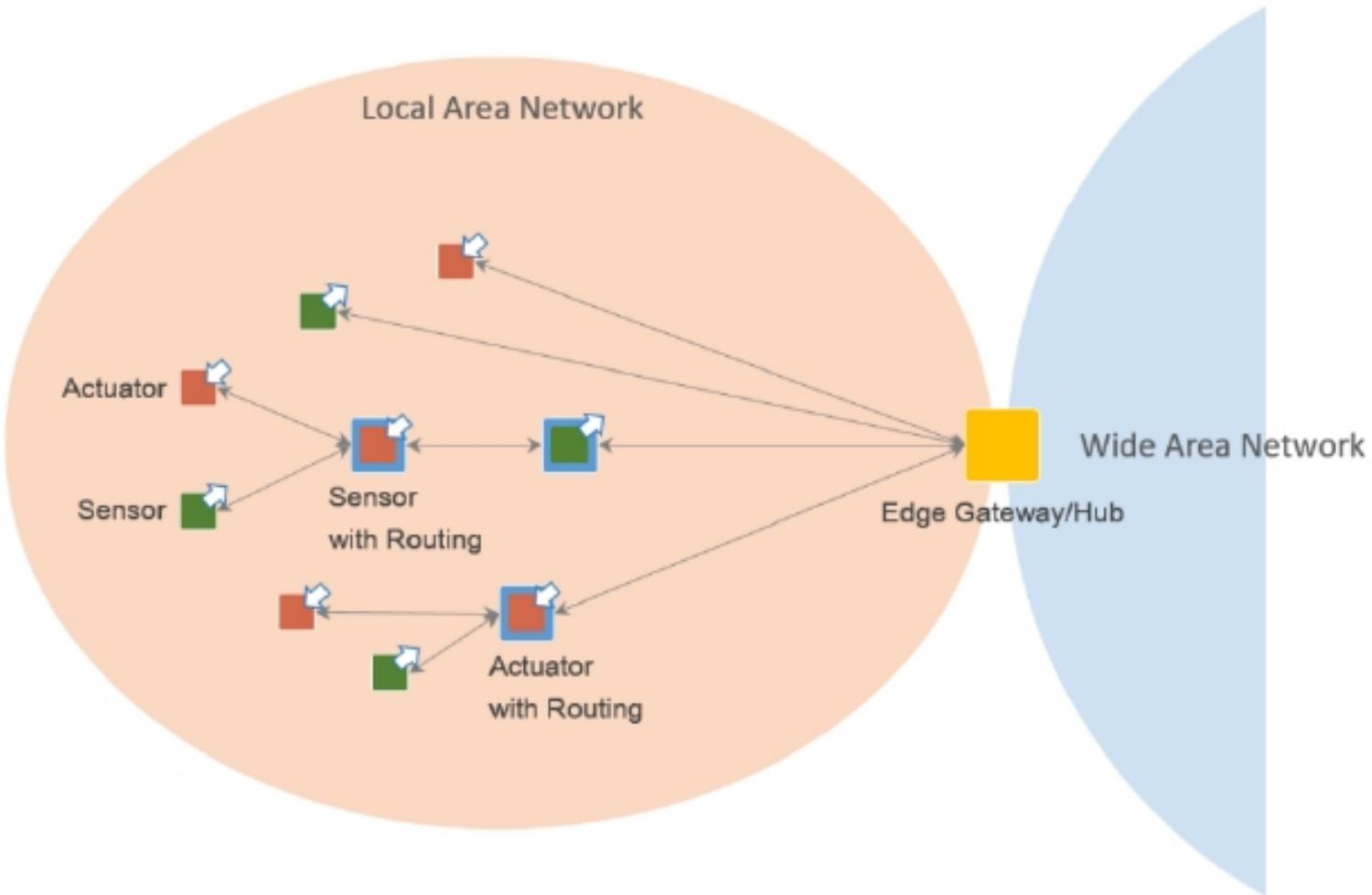


Модель Industrial Internet of Things Reference Architecture

- З'єднання та управління за допомогою шлюзів: шлюзовий зв'язок та схема архітектури керування складаються з локального рішення для підключення до краю системи IIoT з шлюзом, який переходить до широкосмугової мережі.
- Шлюз виступає як кінцева точка для широкосмугової мережі при ізоляції локальної мережі крайових вузлів.
- Ця схема архітектури дозволяє локалізувати операції та керування (край аналітики та обчислення). Його основна перевага полягає у зниженні складності систем IIoT, з тим щоб вони могли збільшуватись як у кількості керованих активів, так і в мережах. Однак він може не підходити для систем, де активи рухаються таким чином, що не дозволяє розташовувати стабільні кластери в межах локальної мережі.



З'єднання та управління за допомогою шлюзів



Модель Industrial Internet of Things Reference Architecture

- У топології *hub-and-spoke* граничний шлюз діє як концентратор для підключення кластера вузлів краю один до одного та до широкосмугової мережі. Він має прямий зв'язок з кожним об'єктом в кластері краю, що дозволяє приймати дані з кінцевих вузлів, а також керувати вузлами.
- У мережевій сітці (або однорангової) топології крайовий шлюз також виступає як концентратор для підключення кластера вузлів краю до широкосмугової мережі. Проте в цій топології деякі верхні вузли мають можливість маршрутизації.
- Як результат, шляхи маршрутизації від вузла краю до іншого та до шлюзу змінюються і можуть змінюватися динамічно. Ця топологія використовується для забезпечення широкого покриття для програм з низькою потужністю та низькою швидкістю передачі даних на пристроях з обмеженим ресурсом, які географічно розподілені.



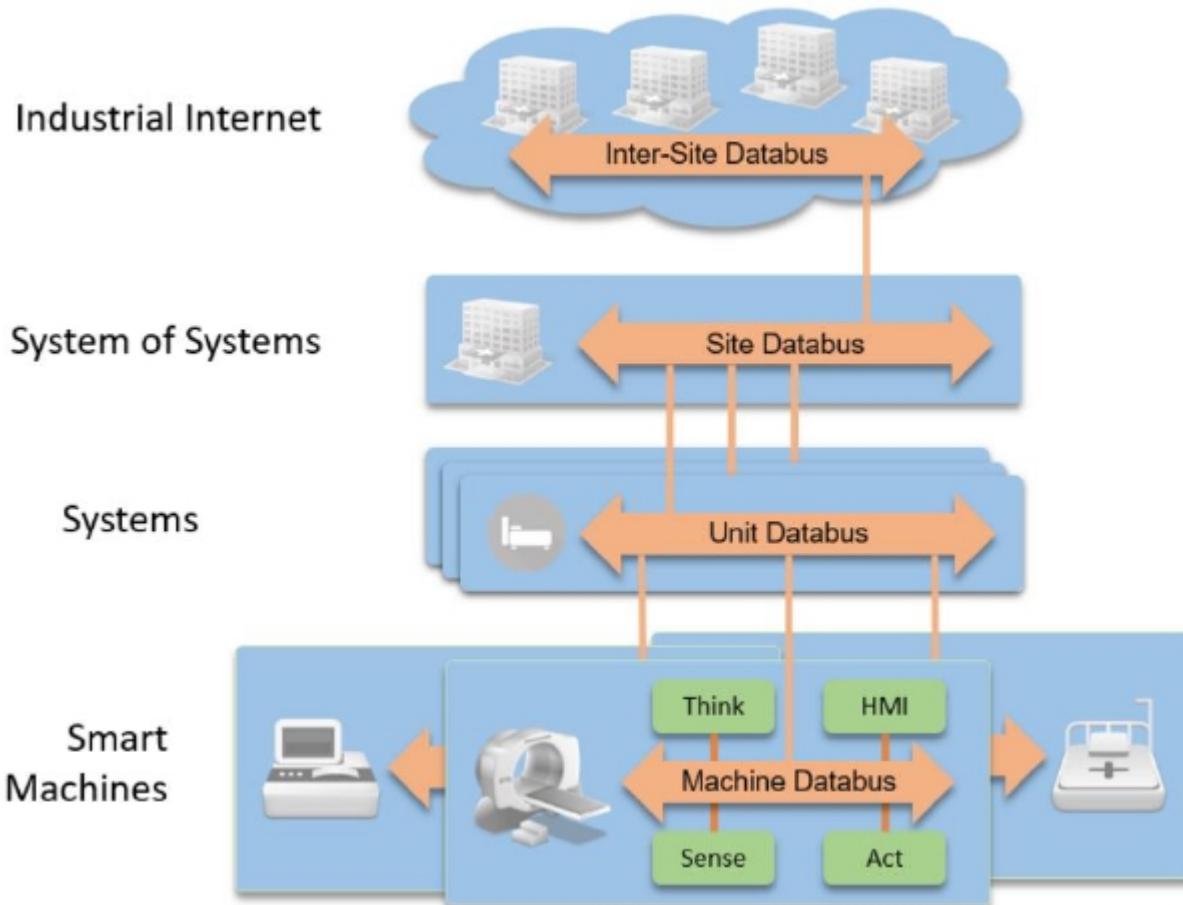
Модель Industrial Internet of Things Reference Architecture

- **Багатошарова шина даних:** багатошарова шина даних є загальною архітектурою в системах IIoT у кількох галузях промисловості (рис. Шаблон з використанням багатошарової шини даних).
- Ця архітектура забезпечує низьку латентність, захищену однорангову передачу даних через логічні шари системи. Це найбільш корисно для систем, які повинні управляти прямыми взаємодіями між додатками в областях, таких як контроль, локальний моніторинг та аналітика краю.
- В даній архітектурі шлюз являється осередком зв'язку між речами та зовнішнім світом, він виступає в якості маршрутизатора та не має функцій зберігання даних, агрегації та аналітики.



Модель Industrial Internet of Things Reference Architecture

- Шаблон з використанням багатошарової шини даних



Література

1. Tripathy B. Internet of Things (IoT): TeChnologies, AppliCations, Challenges and Solutions (англ.) / B. Tripathy, J. Anuradha. – Florida: CRC Press, 2017. – 334 с.
2. Sutaria, R., and Raghunath, G., "Making sense of interoperability: Protocols and Standardization initiatives in IoT," International Conference on Recent Trends in Communication and Computer Networks – ComNet 2013, 2013.
3. Lake, D., Rayes, A., and Morrow, M., "The Internet of Things," The Internet Protocol Journal, Volume 15, No. 3, September 2012.
4. ITU-T, "Overview of the Internet of Things," Recommendation Y.2060, June 2012.
5. Ferguson, J., and Redish, A., "Wireless Communication with Implanted Medical Devices Using the Conductive Properties of the Body," Expert Review of Medical Devices, Volume 6, No. 4, 2011, <http://www.expert-reviews.com>.
6. ITU-T, "Common Requirements and Capabilities of a Gateway for Internet of Things Applications," Recommendation Y.2067, June 2014.
7. Cisco Systems, "The Internet of Things Reference Model," White Paper, 2014.
<http://www.iotwf.com/>
8. Frahim, J., et al., "Securing the Internet of Things: A Proposed Framework," Cisco White Paper, March 2015.
9. Модель NIST Special Publication 800-183
<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-183.pdf>
10. Модель Industrial Internet of Things Reference Architecture
http://www.iiconsortium.org/IIC_PUB_G1_V1.80_2017-01-31.pdf





**Національний технічний університет України
«КПІ ім. І. Сікорського»**
Факультет Інформатики та обчислювальної техніки

Технології Інтернет речей



Лекція 3

ІоТ платформи

Жураковський Б.Ю. (2024)

Зміст

1. Платформа *Linux Foundation*.
2. Платформа *AggreGate*.
3. Платформа *Everyware Cloud*
4. Найпопулярніші платформи IoT у 2023 році



ІоТ платформа

- ІоТ-платформи об'єднують власне "речі" і "Інтернет".
- По суті - це ключовий інструмент розробки ІоТ-додатків і сервісів, що поєднує фізичні об'єкти і мережу.
- При цьому багато постачальників пропонують "ІоТ-платформи", які в корені відрізняються між собою.
- І в ряді випадків вони не є "платформами" в широкому сенсі слова, але абсолютно очевидно мають підстави себе такою вважати.
- Тобто, є "річ", є якийсь ресурс в Інтернеті, який приймає / передає дані від / до "речі" і щось робить (намагається робити) з цими даними.
- Отже, претендувати на звання платформи цілком може. Притому, що чіткого і конкретного визначення ІоТ-платформи просто не існує.



ІоТ платформа

- На думку авторів "*IoT Analytics*", повноцінною ІоТ-платформою слід вважати таку платформу, яка дозволяє розробляти відповідні додатки / рішення (*IoT Application Enablement Platform*).
- А ось чотири типи платформ, які називають "ІоТ-платформами", проте вони не цілком підходять під класифікацію *IoT Analytics*:
 - ***Connectivity / M2M platforms***. Платформи в своїй роботі фокусуються на зв'язку розумних об'єктів через телекомунікаційні мережі, але рідко на обробці сигналів від датчиків (приклад такої платформи: *Sierra Wireless* з продуктом *AirVantage*).



ІоТ платформа

- *IaaS backends.* Інфраструктура-як-сервіс-сервери, що надають хостінг-простір і обчислювальні потужності для додатків і сервісів, раніше оптимізували для десктопів і мобільних додатків, але зараз в фокус потрапив і ІоТ (приклад - *IBM Bluemix*, але не *IBM IoT Foundation*).
- *Hardware-specific software platforms.* Деякі компанії, що продають розумні гаджети, створюють власний програмний бекенд і міркують про нього, як про ІоТ-платформи. Але, так як ця платформа носить закритий для всіх інших характер, правомірність такого найменування сумнівна (наприклад - Google Nest).
- *Consumer / Enterprise software extensions.* Існуючі пакети корпоративного програмного забезпечення і операційні системи типу *MS Windows 10* стають все більш відкритими для інтеграції ІоТ- пристройів. В даний час ця область ще недостатньо розвинена, щоб називатися ІоТ-платформою, але майбутнє у неї дуже перспективне.



ІоТ платформа

- IoT Analytics виділили вісім компонентів повноцінної ІоТ-платформи:
 - **Зв'язок і нормалізація (Connectivity & normalization):** зведення різних протоколів і форматів даних в один "програмний" інтерфейс, гарантуючи точну передачу даних і взаємодію з усіма пристроями.
 - **Управління пристроями (Device management):** забезпечення належного функціонування підключених "Інтернет-речей", їх конфігурацію, безперебійну роботу, встановлення патчів і оновлень. Причому, не тільки ПЗ власне "речей", але і додатків, що працюють на пристрої або прикордонних шлюзах.
 - **База даних (Database):** сховище даних від "речей", що масштабується. Вимоги до цих даних, спроба навести порядок в обробці і перенесення даних з, наприклад, різних "платформ" або зовсім до інформаційних систем "третіх осіб".



ІоТ платформа

- *Обробка та управління діями (Processing & action management)*: дані, отримані від "речей" в кінцевому підсумку впливають на події в реальності. Отже "платформа" повинна вміти будувати процеси, "тригери подій" та інші "розумні дії" на основі конкретних даних датчиків.
- *Аналітика (Analytics)*: дані від "речей" є цінними самі по собі. Тому існування комплексу засобів їх аналізу є обов'язковою вимогою до "платформи". Якщо сюди включити ще й кошти кластеризації даних і глибокого машинного навчання аж до прогнозуючої аналітики, то цінність "платформи" очевидно зростає.



ІоТ платформа

- **Візуалізація (Visualization):** всю перераховану вище аналітику було б непогано показати таким чином, щоб людям було зрозуміло, приємно і красиво. Будувати графіки, моделі, просто візуалізувати те, що відбувається з "речами", а також зручний інтерфейс.
- **Додаткові інструменти (Additional tools):** набір інструментів, який дозволяє розробникам ІоТ створювати прототипи, тестувати і пробувати різні системи. Бажано, щоб не дуже заглиблюватися в код і програмування.
- **Зовнішні інтерфейси (External interfaces):** інтеграція за допомогою платформи - одна з головних можливостей. Світ інтернет-розробки сьогодні не терпить замкнутих рішень. Завжди може знадобитися передача і обмін зі сторонніми системами. Тому справжня ІоТ- платформа повинна мати інтерфейси прикладного програмування (API), комплекти розробки програмного забезпечення (SDK) і шлюзи.



Платформа Linux Foundation

- Організація *Linux Foundation* представила новий спільний проект *EdgeX Foundry*, націлений на розвиток відкритої платформи для спрощення створення рішень на базі ІoT-пристроїв.
- Метою *EdgeX Foundry* є надання універсальної модульної платформи для забезпечення взаємодії між IoT-пристроями, додатками і сервісами, а також створення екосистеми з компаній-виробників, що випускають сумісні і взаємозамінні компоненти для Інтернету речей.
- Платформа не прив'язана до обладнання конкретних постачальників і операційним системам, і розвивається незалежною робочою групою, під егідою *Linux Foundation* [7].



Платформа Linux Foundation

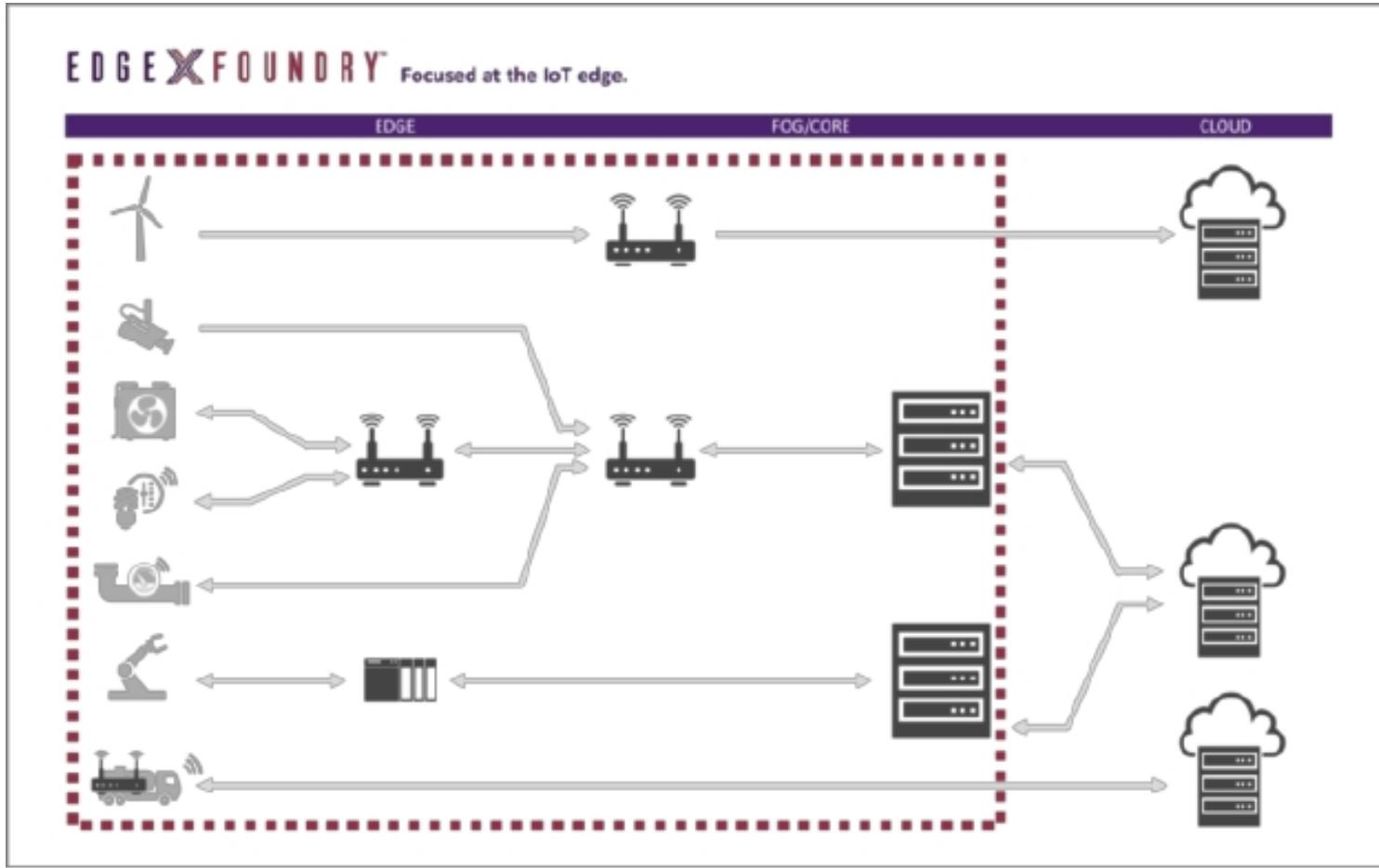
Платформа дозволяє створювати шлюзи, які б поєднували наявні IoT- пристрої і збирають дані від різних датчиків.

Крім організації взаємодії з пристроями, в цій платформі шлюз виконує завдання по первинній обробці, агрегування та аналізу інформації, виступаючи проміжною ланкою між мережею з IoT-пристроїв і локальних керуючим центром або хмарної інфраструктурою управління. На шлюзах також можуть виконуватися обробники, оформлені у вигляді мікросервисів.

Взаємодія з IoT пристроями може бути організовано через проводову або безпроводову мережу з використанням TCP / IP-мереж і специфічних (не-IP) протоколів.



Структура платформи Linux Foundation



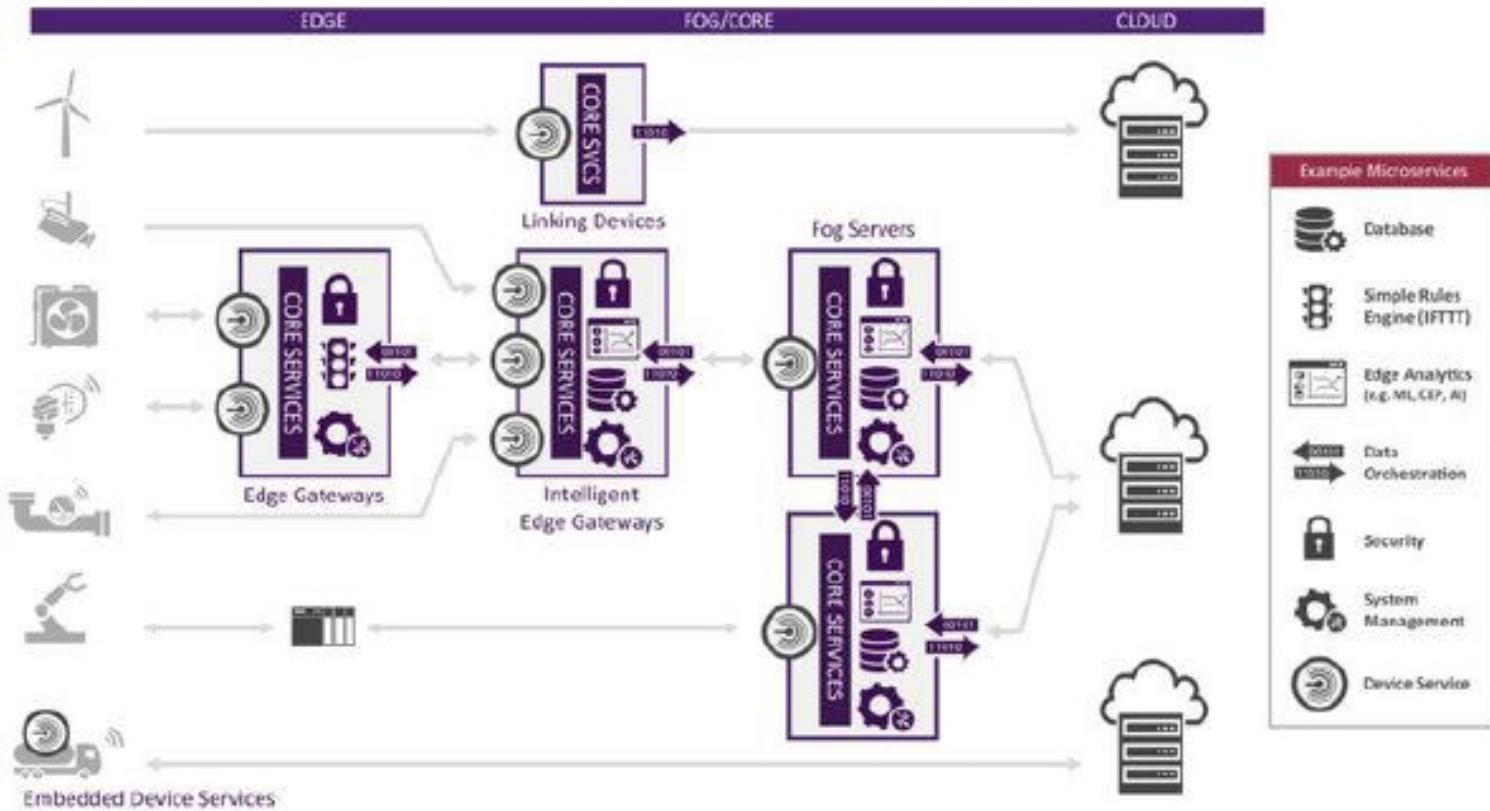
Структура платформи Linux Foundation

- Шлюзи різного призначення можуть об'єднуватися в ланцюжки, наприклад, шлюз першої ланки може вирішувати завдання з управління пристроями (*system management*) і забезпечення безпеки, а шлюз другої ланки (*fog-сервер*) зберігати дані, що надходять, виконувати аналітику і надавати сервіси.
- Система модульна, тому поділ функціональності на окремі вузли виконується в залежності від навантаження, в простих випадках достатньо одного шлюзу, а для великих IoT- мереж може бути розгорнутий цілий кластер.



Ланцюжки із шлюзів з різною функціональністю

EDGE X FOUNDRY™ Enabling tiered IoT deployments with many types of edge devices.



Структура платформи Linux Foundation

- В якості основи *EdgeX* виступає IoT-стек *Fuse*, який застосовується в шлюзах для IoT-пристроїв *Dell Edge Gateway*. Компанія *Dell* відкрила всі пов'язані з *Fuse* напрацювання під ліцензією *Apache 2.0* і передала права на проект під піклування *Linux Foundation*.
- Консортіум *Linaro* увійшов в число учасників проекту і вважає, що *EdgeX* доповнює ініціативу *LITE (Linaro IoT and Embedded)*, зосереджену на низькорівневих компонентах для IoT-пристроїв. Згадується також робота по інтеграції *EdgeX* з ОС реального часу *Zephyr*, що розвивається *Linux Foundation* для Інтернету речей.



Структура платформи Linux Foundation

- Проект *EdgeX* налічує понад 125 тисяч рядків коду і включає в себе добірку готових мікросервісів для аналізу даних, забезпечення безпеки, управління і вирішення різних завдань.
- Платформа може бути встановлена на будь-яке обладнання, включаючи сервери на базі CPU x86 і ARM, що працюють під управлінням *Linux*, *Windows* або *MacOS*. Для розробки мікросервісів можуть використовуватися мови *Java*, *Javascript*, *Python*, *Go* і *C / C ++*. Для розробки драйверів для IoT-пристроїв і датчиків пропонується SDK.
- Отже *EdgeX* не притримується рекомендацій, що зазначені в моделях Всесвітнього форуму IoT та моделі від MCE-T. Ця платформа сильно розширює можливості шлюзу додаючи до можливості «перепакування» даних ще й функції туманних обчислень, таких як: первинної обробки даних та прийняття рішень в режимі реального часу (а не в часі транзакції при використанні хмарних сховищ), збереження, захист та аналіз даних.



Структура платформи Linux Foundation

- Платформа має доволі широке поле застосування: безпека та спостереження, енерговиробництво, промисловість, розумний будинок, логістика.
- Для роботи с цією платформою найкраще підходять шлюзи від фірми *Dell*, адже вони використовують той самий стек *Fuse*.



Платформа AggreGate

- **AggreGate** - це інтеграційна платформа для Інтернету речей, що пропонує швидке рішення п'яти головних завдань будь-якої IoT програми: отримання, зберігання, обробка, візуалізація даних та інтеграція з додатками рівня підприємства. На відміну від інших рішень, що надають базову інфраструктуру і комплекти розробника ПЗ для розробки вертикальних додатків, *AggreGate* пропонує не тільки інструменти візуальної розробки для побудови інтерфейсів кінцевих користувачів, а й ланцюжок обробки даних на сервері.
- Незалежна від постачальника M2M платформа включає сотні драйверів пристроїв, що роблять можливим підключення будь-якого промислового або призначеного для користувача IoT пристрою. Крім застосування нормалізації даних на базі драйверів, *AggreGate* уможливлює отримання даних через зовнішні або вбудовані Агенти, конвертери протоколів пристроїв, що забезпечують буферизацію даних і підключення до серверів, оптимізовані для ненадійних стільникових і супутниковых каналів з низькою пропускною здатністю.



Платформа AggreGate

- *AggreGate* підлаштовує існуючі технології М2М, віддаленого моніторингу та обслуговування під новий світ IoT, що ґрунтуються на відкритих стандартах, впровадженні хмарних додатків, засобах зберігання і обробки великих даних, багатому інтерфейсі користувача в браузері на базі HTML5 і інші тенденції. Це економить роки розробки і мільйонні інвестиції в розробку масштабованих і надійних рішень для Інтернету речей, інтегрованих в підприємство.
- У той час як більшість вендорів IoT платформ пропонують інфраструктуру нижнього рівня для збору і зберігання даних, а також пропонують кінцевому користувачеві API і SDK для розробки додатків, IoT платформа *AggreGate* пропонує комплексне візуальне конфігурування, яке включає налаштування ланцюжків обробки даних, правил прийняття рішень, географічних карт, інструментальних панелей продуктивності, форм введення даних і навіть динамічних компонентів інтерфейсу без необхідності написання програмного коду.



Платформа AggreGate

- Платформа *AggreGate* скорочує капітальні витрати і термін впровадження для виробників обладнання та системних інтеграторів, що створюють нові рішення для Інтернету речей. Вона являє собою міцну основу для підключення IoT пристроїв до додатків управління і веб-інтерфейсів кінцевого користувача.
- Платформа гарантує високий показник повернення інвестицій для будь-яких IoT проектів, оскільки скорочує час простою системи і експлуатаційні витрати, підвищуючи ефективність і загальну задоволеність клієнтів.



Платформа AggreGate

- Основними перевагами AggreGate є:
 - **Широкі можливості підключення IoT пристройв:** AggreGate підтримує великий набір комунікаційних протоколів, включаючи M2M / IoT, IT та протоколи автоматизації, а також такі загальні протоколи, як SQL і SOAP. Якщо операції запису і контролю підтримуються протоколом, AggreGate може їх використовувати.
 - **Адаптована для M2M комунікацій:** Агенти встановлюють вихідні повідомлення з самим сервером. Це є ідеальним рішенням для стільникових і супутниковых мереж, що не присвоюють білі статичні IP-адреси. Та ж технологія вирішує будь-які проблеми з брандмауерами і перетворенням мережевих адрес типових промислових мереж.
 - **Єдина модель даних:** Єдина модель даних AggreGate надає загальний гнучкий підхід до конфігурації, контролю і моніторингу будь-яких пристройв, джерел даних і системних об'єктів, незалежно від вендора, моделі, типу і цілі



Платформа AggreGate

- **Модульна, масштабована і надійна IoT архітектура:** Модульна архітектура хмарної IoT платформи AggreGate гарантує, що нові модулі зберігання, обробки і візуалізації даних можуть встановлюватися в ядро сервера як плагіни. Наприклад, додавання можливостей відстеження транспорту в існуючу М2М систему є справою звичайного встановлення пакета розширення.
- **Пакетна відкладена конфігурація пристрій:** Не потрібно чекати, поки всі вони одночасно перейдуть у режим онлайн, достатньо внести зміни в конфігурацію і вони вступлять в силу в якомога більш стислі терміни.
- **Централізоване управління вбудованим ПЗ:** Централізоване оновлення вбудованого ПЗ та конфігурації вкрай важливо для будь-якої програми Інтернету речей. Ці оновлення можуть доставлятися пристроям користувача через центральний сервер за допомогою стандартних і приватних комунікаційних протоколів. Планування розподілу на нічні години не порушує роботу сервісів.



Платформа AggreGate

- **Дизайнер планів віддалених об'єктів:** Платформа для М2М додатків має вбудований візуальний редактор інтерфейсів. Це засіб побудови форм, графіків, звітів, таблиць, інтерфейсів і карт за допомогою миші. Не потрібно ніякого програмування навіть при побудові компонентів інтерфейсу з даними серверів / пристройів.
- **Динамічні карти:** Відображають пристрої, групи, маршрути, геозони, з'єднання та інші об'єкти на географічних картах, що використовують будь-який ресурс, наприклад *Google Maps*, *Bing Maps*, *Open Street Map* та інші. Є можливість додавання до карт шарів, елементів управління і вибору та візуально будується будь-який операторський інтерфейс.
- **Зведені інструментальні панелі станів:** Візуалізують групи пристройів і КПЕ (ключові показники ефективності) в масштабі системи на інструментальних панелях операторів верхнього рівня, що мають багаторівневу деталізовану навігацію по індивідуальних пристроях і сервісах. Звіти користувача запускаються за кілька кліків.



Платформа AggreGate

- **Безпечні зв'язки між пристроями:** Всі зв'язки між серверами і агентами можуть встановлюватися через безпечні SSL з'єднання і стискатися, щоб відповідати GPRS / 3G / LTE і супутниковим каналам. Агенти досить розумні, щоб при необхідності відправляти тільки важливі події замість необроблених значень метрик.
- **Зберігання великих даних в хмарі:** Незважаючи на те, що всі реляційні бази даних корпоративного рівня підтримуються як системи зберігання даних пристріїв, потоки подій зі світу Інтернету речей можуть направлятися в хмару великих даних. Інтегроване сховище типу NoSQL може працювати як всередині сервера, так і в якості окремого кластера зберігання, що складається з декількох вузлів.
- **Тривоги і обробка подій:** Гнучкі можливості керування пристроями, що включають фільтрацію, агрегування, маскування, кореляцію, підтвердження подій і аналіз першопричин. Настроюються тривоги, що підтримують різні типи тригерів, повідомлень (звукові, спливаючі повідомлення, e-mail, SMS і т.д.), ескалацію і коригувальні дії.



Платформа AggreGate

- **Графіки і тренди:** Підтримка графіків надає величезний список типів графіків, включаючи динамічно оновлювані. Тисячі властивостей графіків, що налаштовуються. Підтримка ліній трендів, що автоматично розраховуються.
- **Докладні звіти:** Інструмент створення звітів з розширеними можливостями, автоматичне створення звітів на базі будь-яких даних. Вбудований редактор звітів, роздруківка та експорт звітів в різні формати.
- **Безкоштовний комплект розробника ПЗ:** можна використовувати API з відкритим вихідним кодом для Java, .NET, C / ++ і мобільних пристройів з метою розширення можливостей рішення для Інтернету речей та інтегрувати IoT сервіси в будь-які інші корпоративні системи.



Платформа AggreGate

- **Гнучка модель безпеки:** З самого початку *AggreGate* розроблявся із застосуванням багатоклієнтського, розрахованого на багато користувачів підходу. Тонко налаштовуються права доступу і рольовий контроль доступу нерозривно вбудовані в усі аспекти системи.
- **Відмовостійка кластеризація:** Всі головні технології IoT покладаються на сервіси високої доступності, що забезпечуються багатовузловим ВІДМОВОСТІЙКИМ кластером. Два рівня кластерів гарантують захист сервера *AggreGate* і лежить в основі бази даних. Власна технологія кластеризації не залежить від стороннього ПЗ або підтримки кластеризації операційною системою.
- **Розподілена архітектура:** На відміну від багатьох M2M платформ, *AggreGate* масштабується до тисяч мікросерверів, що працюють на одноплатних комп'ютерах *Linux* на базі ARM, а також до мільйонів пристроїв в хмарі пристройів. Унікальна багаторівнева розподілена архітектура дозволяє встановити дійсно пірингові відносини між усіма вбудованими та звичайними серверами. Це гарантує необмежену масштабованість за допомогою балансування функціоналу системи між багатьма серверами, розділеними на кілька рівнів.

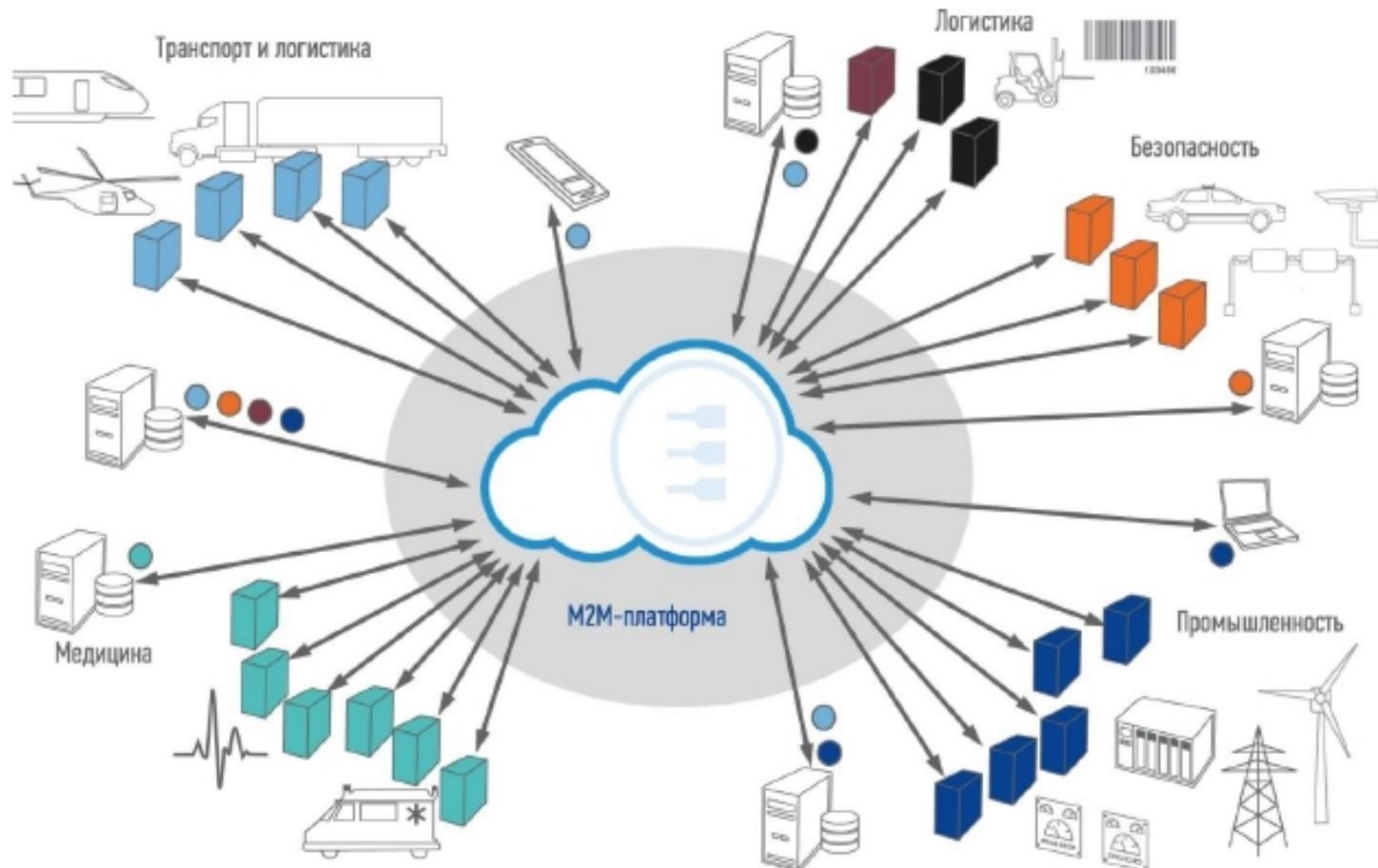


Платформа Everyware Cloud

- **Everyware Cloud (EC) від Eurotech** є M2M / IoT-платформою, яка спрощує управління пристроями і збором даних шляхом підключення розподілених пристроїв через безпечно і надійні хмарні сервіси. Після того як пристрої будуть розгорнуті, *Everyware Cloud* дозволяє користувачам підключати пристрої, конфігурувати і управляти ними протягом всього життєвого циклу проекту.
- Платформа *Everyware Cloud* може розгорнатися як у публічній хмарі, так і в приватній. Для організації приватної хмари Eurotech пропонує спеціалізований *Everyware Server* - інтеграційну платформу M2M, розроблену для забезпечення додаткового рівня безпеки та конфіденційності за допомогою громадських хмарних технологій або без них, що охоплює всі можливості технології *Everyware Cloud*, виконану у вигляді надійного апаратного пристрою для забезпечення зручного і повного контролю в центрі обробки даних.



Хмарна платформа Everyware Cloud

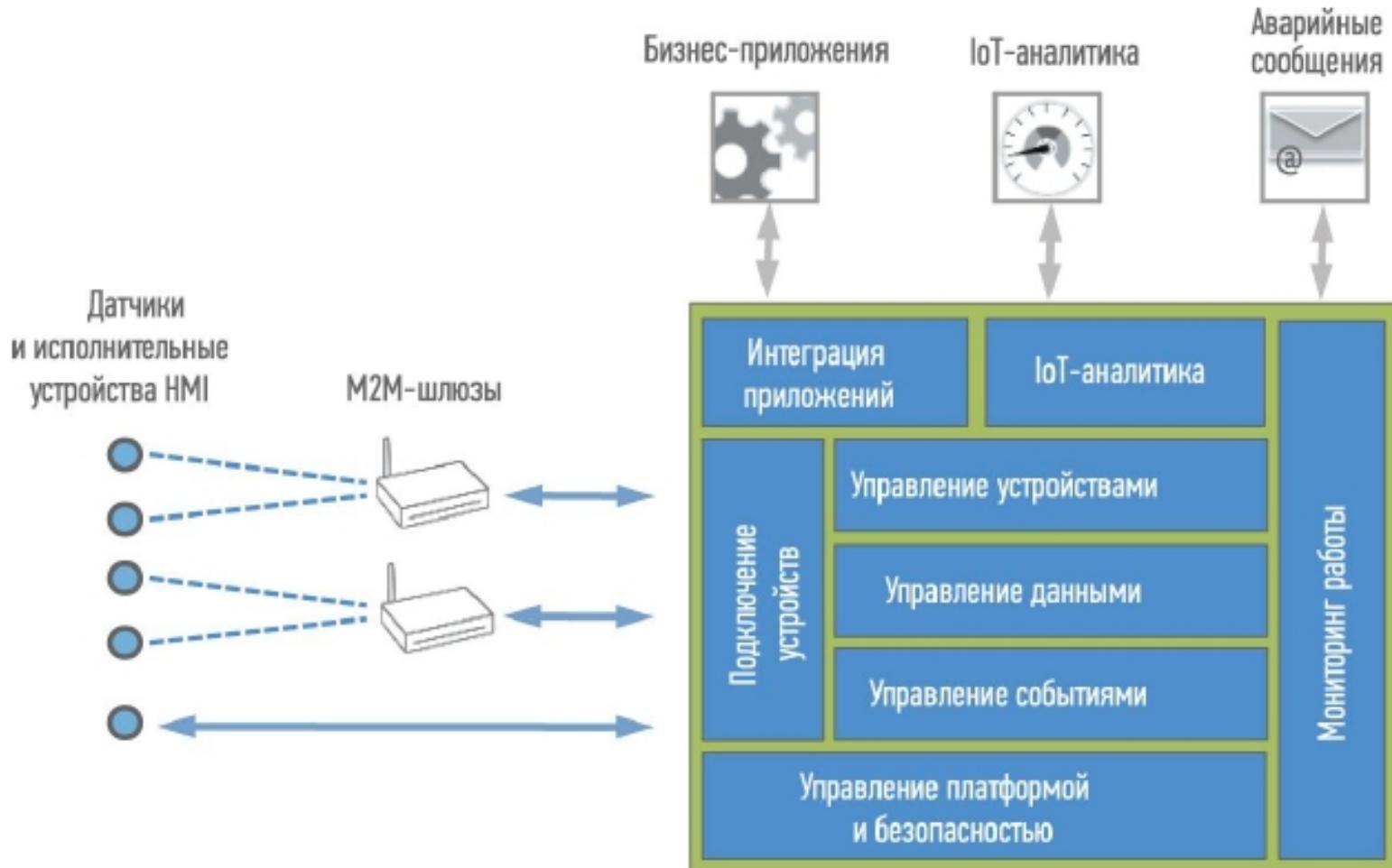


Платформа Everyware Cloud

- *Everyware Server* полегшує управління пристроями і даними при підключені розподілених пристроїв до бізнес-додатків підприємства, з використанням безпечних і надійних протоколів зв'язку та обміну даними.
- *Everyware Cloud* представляє собою програмну платформу, яка швидко з'єднує пристрой для створення і підтримки закінченого M2M-додатку. Вона забезпечує легкий шлях для підключення пристроїв до IT-систем і / або додатків.



Структура Everyware Cloud



Платформа Everyware Cloud

- *Eurotech Everyware Device Cloud (EDC)* - повністю закінчене рішення, яке містить спеціалізовані апаратні засоби, підключення і управління пристроями за допомогою *Eurotech Software Framework* і хмарні сервіси *Everyware Device Cloud Client* і *M2M* для обміну даними між польовими пристроями та бізнес-додатками підприємства.
- IoT-платформа компанії Eurotech дає можливість спростити реалізацію складних проектів, дозволяючи отримати готове рішення швидше, ніж будь-коли раніше. Повна пропозиція включає:
 - вбудовані комп'ютери і процесорні плати *Eurotech*, виконані на базі продуктивних процесорних платформ з низьким енергоспоживанням;
 - операційну систему *Linux* (*Wind River*, *Yocto*, *Red Hat*) з повним набором інструментів для розробки і підтримки продуктів;



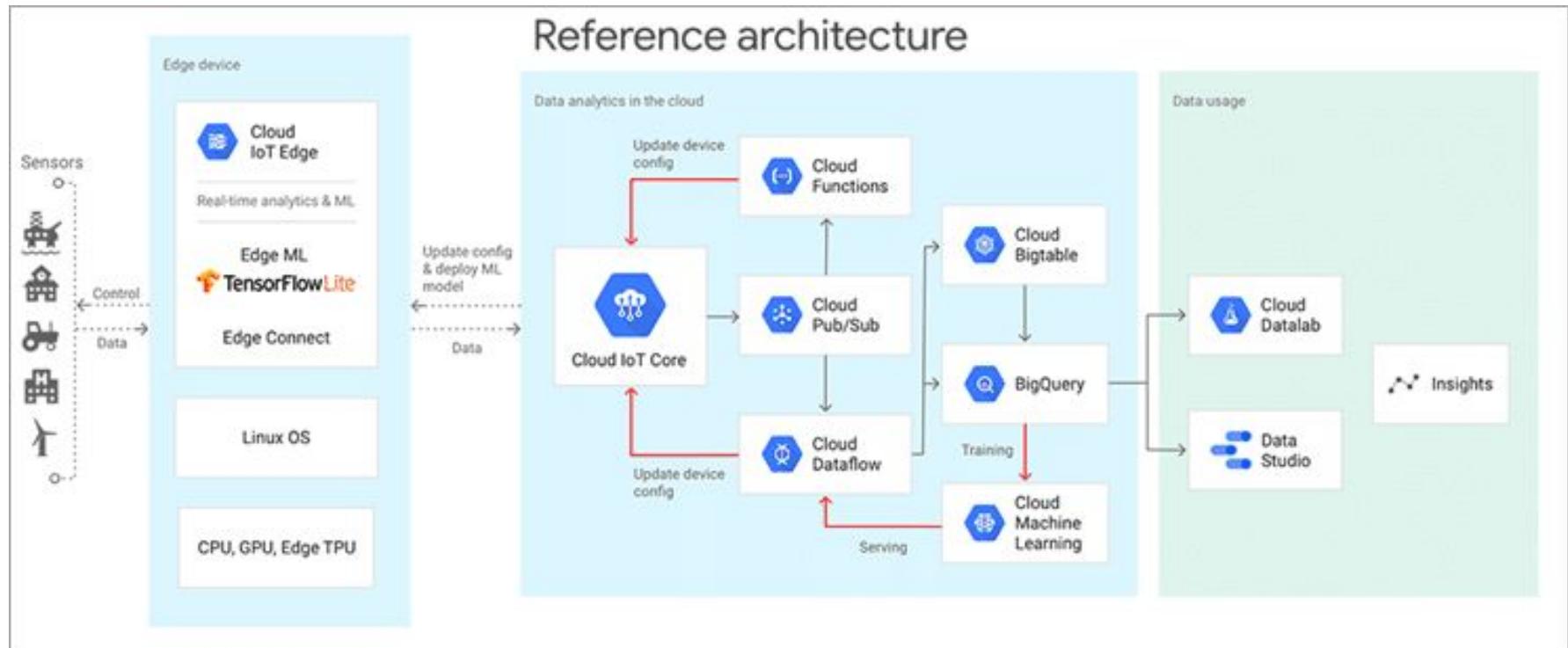
Платформа Everyware Cloud

- програмний пакет *Everyware Software Framework (ESF)*, щоб спростити розробку додатків і підключення до мережі;
- хмарний клієнт *Everyware Device Cloud* для впровадження ефективних, надійних і захищених протоколів, що забезпечують дієвий зв'язок навіть в складних умовах;
- хмарний сервіс *Everyware Cloud* для миттєвого доступу до даних і управління пристроями через хмарні платформи.



Найпопулярніші платформи ІoT у 2023 році

1. Google Cloud Platform

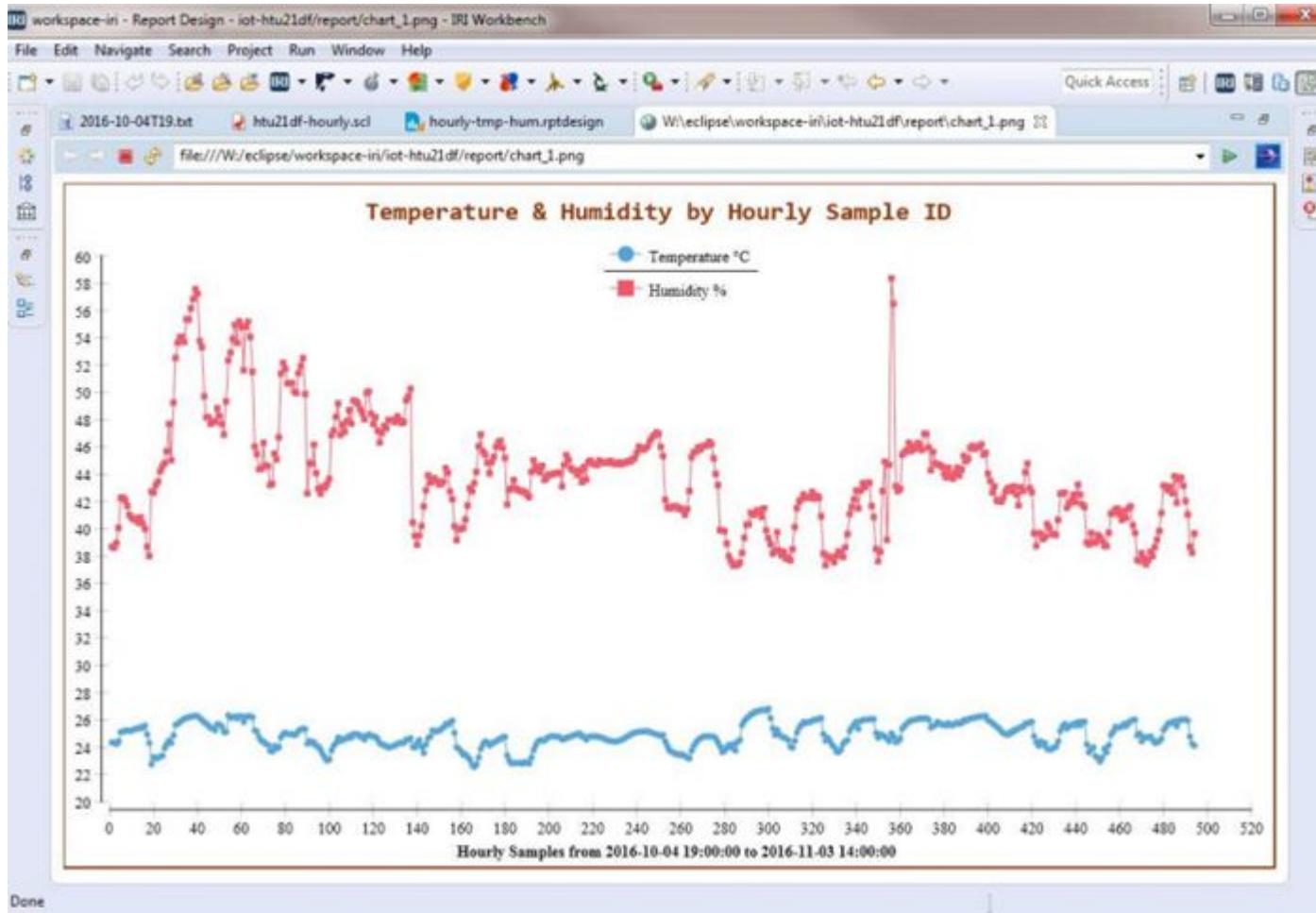


Google Cloud Platform

- *Google Cloud* забезпечує багатошарову безпечну інфраструктуру. Це допомагає підвищити операційну ефективність. Він забезпечує прогнозне обслуговування обладнання, рішення для розумних міст та будівель та відстеження активів у реальному часі.
- **Особливості:**
 - Можливості машинного навчання для будь-яких потреб ІoT.
 - Статистика бізнесу в реальному часі для глобально розподілених пристройів.
 - Можливості ШІ.
 - Забезпечує підтримку широкого спектру вбудованих операційних систем.
 - Інтелектуальне розташування.
- Працює з усіма операційними системами. Загалом забезпечує хороші функції та функціональні можливості та простоту використання.



IRI Voracity



IRI Voracity

- Це швидка, доступна платформа для виявлення, інтеграції, міграції, управління та аналітики, яка може трансформувати, повідомляти та анонімізувати потокове передавання даних пристрою через *Kafka* або *MQTT*. Наприклад, у величезних файлах журналів або таблицях баз даних.
- *Voracity* має невеликий модуль обробки даних для швидкого агрегування на краю, а також повнотекстовий *IDE Eclipse* для керування метаданими, графічної інтеграції даних та аналітики.
- Дуже універсальний, високошвидкісний механізм обробки даних та платформа для інтеграції, управління та аналізу даних IoT, на краю або в концентраторі.



IRI Voracity

■ Особливості:

- Підключається до датчика, журналу та багатьох інших джерел даних та інтегрує їх.
- Зведена фільтрація, трансформація, очищення, маскування та звітування даних (те саме введення / виведення).
- Працює на широкому діапазоні платформ Linux, Unix та Windows, від *Raspberry Pi* до мейнфрейма z / Linux.
- Мігрує, тиражує, підмножини та використовує дані Інтернету речей для архівування, озер даних, аналітики та ігорвих книг (_Наприклад, *Splunk Phantom*).
- Спеціальний вузол для переміщення даних для агрегування та анонімізації даних IoT та подачі вузлів видобутку та машинного навчання IOT.
- Параметри додатків, додатків та *Universal Forwarder* для швидкої підготовки та прямого індексування Splunk для хмарної аналітики та дії на дані IoT.



Particle



- *Particle* надає IoT-рішення для обладнання, підключення, хмари пристроїв та додатків.
- Для підключення вона пропонує три технології, тобто стільниковий зв'язок, Wi-Fi та Mesh.
- Як програмне забезпечення IoT, вона надає ОС пристроїв, хмару пристроїв, механізм правил IoT та інструменти для розробників.



Particle

■ Особливості:

- забезпечує надійну інфраструктуру.
 - Цією платформою може користуватися кожен. Не потрібно експертизи.
 - забезпечує хмару, захищену брандмауером.
 - може працювати з даними, навіть якщо це в *Microsoft Azure, Google Cloud* тощо.
 - Дані можна інтегрувати з чим завгодно за допомогою *REST API*.
 - пропонує комплексне рішення для апаратного забезпечення, програмного забезпечення та підключення. Не потрібно буде витрачати час на інтеграцію.
- ## ■ Висновок:
- Це зручно та легко навчатися.



Хмара IoT Salesforce

Connect any device, product, or thing to the Customer Success Platform.

Ingesting and processing all those billions of IoT events in real time requires Salesforce IoT, the world's most scalable event processing engine. It makes all your device operations, sensor triggers, human interactions, and a lot more, available throughout Salesforce where you can put it to good use.



- Хмара *Salesforce IoT* допоможе перетворити всі дані, які генеруються клієнтами, партнерами, пристроями та датчиками, у відповідні дії.
- Має роз'єми-партнери, такі як *AWS*, *Cisco Systems* тощо.



Хмара IoT Salesforce

■ Особливості:

- дозволяє перевіряти бізнес-ідеї без програмування.
- Надасть реальні дані про використання та продуктивність продукту.
- може працювати з даними з будь-якого пристрою.
- є можливість створювати профілі пристрій для контекстних даних клієнта в CRM та для потокової передачі даних із підключених пристрій.
- Використовуючи *RESTful API*, можна імпортувати дані з будь-якого джерела.
- Перегляд трафіку в режимі реального часу.



ThingWorx

Build better and deploy faster with ThingWorx Foundation

Create robust industrial IoT solutions—faster and more easily than ever before. Harness deep functional capabilities and our robust IIoT partner ecosystem, to develop feature-rich IoT applications that maximize your return on investment.



- Забезпечує гнучкість доступу до даних та IoT з локального, поза приміщеннями та з гібридного середовища.
- Використання *ThingWorx* забезпечить збільшення часу безвідмовної роботи, зниження витрат, видимість і контроль на основі ролей та покращення відповідності.



ThingWorx

- **Особливості:**
 - Легкість підключення пристройв.
 - Легкість аналізу даних.
 - Легкість створення та розгортання рішень.
 - Промислові дані Інтернету речей та додатків доступні з локальних веб-серверів, хмарних додатків та у вигляді гібридних середовищ.
- **Висновок:** Це хороше рішення для промислового IoT. За допомогою *ThingWorx* можна швидко створити промисловий додаток IoT. Не потрібно писати занадто багато рядків коду.

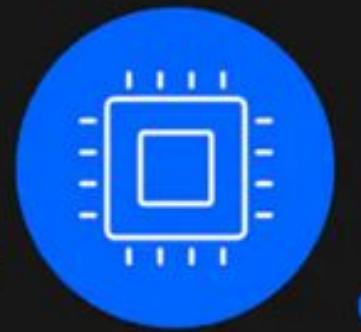


IBM Watson IoT

Internet of things > Solutions >

IoT platform

Take advantage of secure, globally distributed data and analytics to completely manage your IoT landscape



- Ця платформа допоможе збирати та досліджувати дані для пристрійв, машин, обладнання та з'ясувати розуміння для прийняття кращих рішень.
- Ця платформа дозволить оптимізувати операції та ресурси. Надаючи правильну ділову статистику та засоби двостороннього спілкування, це значною мірою допоможе збільшити дохід.



IBM Watson IoT

- **Особливості:**
 - ШІ та аналітика.
 - Експертиза доменів.
 - Забезпечує гнучкі рішення.
 - Забезпечує безпеку.
 - Захоплює дані в режимі реального часу.
 - Надає послугу аналітики як доповнення.
- **Висновок:** Платформа забезпечує хороші можливості та функціональні можливості за доступною ціною.



Ядро Amazon AWS IoT

Get Started with AWS



Sign up for an AWS account

Instantly get access to the AWS Free Tier.



Learn with 10-minute Tutorials

Explore and learn with simple tutorials.



Start building with AWS

Begin building with step-by-step guides to help you launch your AWS project.

- AWS IoT Core допоможе підключити пристрій до хмари.
- Це керований хмарний сервіс. AWS IoT Core дозволить пристроям підключатися до хмари та взаємодіяти з іншими пристроями та хмарними програмами.
- Він забезпечує підтримку HTTP, полегшений протокол зв'язку та MQTT.

Ядро Amazon AWS IoT

■ Особливості:

- Він може обробляти величезну кількість повідомень.
 - Це надійна та безпечна платформа для маршрутизації повідомень до кінцевих точок AWS та інших пристрійв.
 - Програми відстежуватимуть та зв'язуватимуться, навіть якщо вони не з'єднані.
 - Можна користуватися іншими службами AWS, такими як *AWS Lambda, Amazon Kinesis, Amazon QuickSight* тощо.
 - Це забезпечує безпечний доступ до пристрійв.
- **Висновок.** AWS IoT забезпечує хороші можливості інтеграції з іншими службами. Платформа дорога в порівнянні з іншими.



Microsoft Azure IoT Suite

Azure IoT

The Internet of Things (IoT) for every business



- Це рішення IoT розроблено для різних галузевих потреб.
- Його можна використовувати від виробництва до транспортування до роздрібної торгівлі.
- Воно пропонує рішення для віддаленого моніторингу, інтелектуального обслуговування, розумних просторів та підключених продуктів.



Microsoft Azure IoT Suite

■ Особливості:

- Воно надає відкриту платформу для створення надійної програми.
 - Його можуть використовувати як новачки, так і експерти.
 - Для початку є два рішення, як *SaaS IoT* та шаблони IoT з відкритим кодом.
- ## ■ Висновок:
- Платформа забезпечує велику кількість функцій та функціональних можливостей, і вона також легко масштабована.



Samsung Artik Cloud

The screenshot shows the Samsung ARTIK Cloud developers interface. The top navigation bar includes links for Documentations, Community, Device Types, Applications, and Usage & Billing. On the left, a sidebar menu lists Overview, nutri-sensor (selected), Set Up, Device Management (2305 devices selected), Properties, Tasks, Monetization, and Errors. The main content area displays a "Device Management" section for a "nutri-sensor". It features a search bar labeled "SEARCH FOR KNOWN DEVICES" and a table showing device details. The table has columns for DEVICE ID, SERIAL NUMBER, CREATED, and CONNECTION STATUS. One row is visible, showing DEVICE ID 7bb41b8a54114d3fa6010b63f4418e03, SERIAL NUMBER SN-87F456PAC, CREATED Today at 10:36 AM, and CONNECTION STATUS Active.

- Платформа *Artik IoT* - це рішення для обладнання, програмного забезпечення та хмарних служб. Існує величезний перелік продуктів, що працюють із хмарою Artik, наприклад *FitBit*, *Amazon Echo*, *Automatic* тощо. За допомогою хмарних роз'ємів наявна хмара може бути інтегрована із послугами *Artik Cloud*.



Samsung Artik Cloud

- **Особливості:**
 - може збирати будь-які типи даних, такі як дискретні, безперервні, в режимі реального часу та історичні.
 - забезпечує вбудований захист пристрій, програм та взаємодії користувачів.
 - пропонує вбудоване управління конфіденційністю.
 - можете стежити за підключенням пристрій у хмарі.
 - монетизує дані, які передаються пристроями IoT.
- **Висновок:** Це масштабована програма для діагностики пристрій. Можна використовувати для розумних міст, будинків та як промисловий IoT.



Oracle IoT

The screenshot shows the Oracle Cloud IoT platform. At the top, there's a navigation bar with the 'ORACLE Cloud' logo, 'Sign In', 'Contact', 'Chat', and links for 'Applications', 'Platform', and 'Infrastructure'. Below the header, a breadcrumb navigation shows 'Platform > Integration > Internet of Things'. The main title 'Internet of Things' is displayed next to a cloud icon. A horizontal menu bar below the title includes 'Overview' (which is underlined), 'Features', 'Pricing', and 'Learn More'. The main content area features a section titled 'IoTify Your Business Applications' with a subtext: 'Extend your supply chain, enterprise resource planning, and customer experience applications to the physical world, driving automation powered by intelligent predictive algorithms and digital twins.' To the right of this text is a photograph of a tablet displaying various data visualizations, including a pie chart and line graphs.

- За допомогою хмари Oracle IoT можна підключати свої пристрой до хмари, виконувати аналіз даних із цих пристрой у режимі реального часу та виконувати інтеграцію даних із корпоративними додатками або веб-службами. Підтримує інтеграцію з додатками Oracle та не-Oracle та пристроями IoT за допомогою REST API.



Oracle IoT

■ Особливості:

- Дозволить створити програму IoT та підключити пристрій до JavaScript, Android, iOS, Java та C POSIX.
 - Допоможе розширити ланцюжок постачання, ERP, HR та додатки для клієнтів.
 - Ефективність роботи та продуктивність праці працівників будуть покращені.
 - надає такі функції, як віртуалізація пристрою, високошвидкісний обмін повідомленнями та управління кінцевими точками для підключення.
 - Для аналізу даних надає такі функції, як обробка потоків та збагачення даних.
 - Використовуючи REST API, можна здійснити інтеграцію з додатками Oracle та не-Oracle та пристроями IoT.
- **Висновок:** Це хмарний сервіс і простий у використанні. Він надає можливість інтеграції з додатками Oracle та іншими.



Cisco IoT Cloud Connect



- Хмарне підключення Cisco IoT - це програмний пакет, що базується на хмарі. Це рішення IoT призначене для мобільних операторів. Це повністю оптимізує та використає мережу.
- Cisco пропонує IoT-рішення для роботи в мережі, безпеки та управління даними.



Cisco IoT Cloud Connect

- **Особливості:**
 - Детальна видимість у реальному часі.
 - надає оновлення для кожного рівня мережі.
- Що стосується безпеки IoT, забезпечує переваги захисту системи управління від людських помилок та атак, покращення видимості та контролю, захищаючи від шкідливого програмного забезпечення та вторгнення, а також централізоване управління безпекою.
- **Висновок:** Хмарне підключення Cisco IoT призначено для роботи в мережі, безпеки та управління даними та забезпечує оновлення на всіх рівнях мережі.



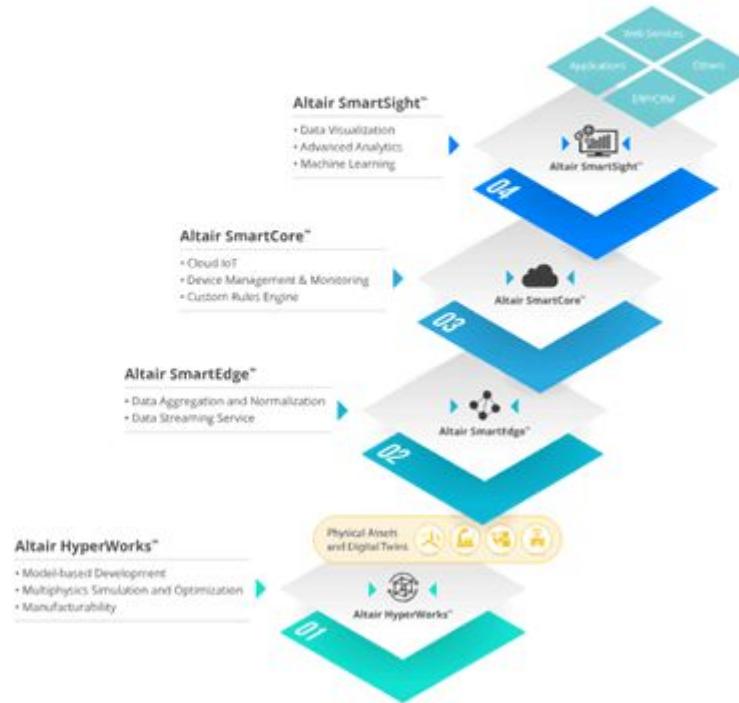
SmartWorks Altair

What is Altair SmartWorks?

Open Architecture

Altair SmartWorks was built for optimal flexibility, from its extensive compatibility with third party hardware, communication technologies, and applications to its innovative licensing and global partner ecosystem.

Altair SmartWorks is also integrated with Altair HyperWorks, a leading simulation platform, and Altair PBS Works' high-performance computing cloud technology, allowing its users to implement highly-scalable IoT projects and realize their digital twin strategy.



- Altair SmartWorks забезпечує наскрізну платформу ІoT, забезпечує платформу як послугу.



SmartWorks Altair

- Допоможе вам підключати пристрой, збирати дані, керувати пристроями та даними, а також створювати та запускати програму. Надає такі функції, як управління пристроями, правила, власні сигнали тривоги, тригери, експорт даних тощо.
- **Особливості:**
 - За допомогою *SmartWorks* можна підключатися до будь-яких пристройв, таких як датчики, шлюзи, машини тощо.
 - Використовуючи REST API, можна надсилати дані XML або JSON.
 - Має відкриту архітектуру.
- **Висновок:** Платформа проста у використанні та забезпечує хороші функції та функціональні можливості.



Висновки

Отже IoT платформи об'єднують речі та Інтернет. Основними вимогами до IoT платформи за IoT Analytics є:

- Зв'язок і нормалізація,
- Управління пристроями,
- База даних,
- Обробка та управління діями,
- Аналітика,
- Візуалізація,
- Додаткові інструменти,
- Зовнішні інтерфейси.

Було розглянуто ряд платформ, як відкриті, так і комерційні проекти. Роль шлюзів варіюється від звичайних маршрутизаторів для перепакування даних для роботи в мережі Інтернет до міні серверів, що знаходяться на межі між речами та Інтернетом і виконують функції агрегування та аналізу, реагують на певні події незалежно від хмари, тобто займаються туманними обчисленнями.

Серед платформ 2023 р. платформа ***Google Cloud***, ***Particle*** та хмара ***IoT Salesforce*** прості у використанні.

ThingWorx є хорошим промисловим рішенням IoT.

AWS IoT пропонує хороші варіанти інтеграції, але дорогоцінне рішення.



Література

1. Tripathy B. Internet of Things (IoT): TeChnologies, AppliCations, Challenges and Solutions (англ.) / B. Tripathy, J. Anuradha. – Florida: CRC Press, 2017. – 334 с.
2. Sutaria, R., and Raghunath, G., "Making sense of interoperability: Protocols and Standardization initiatives in IoT," International Conference on Recent Trends in Communication and Computer Networks – ComNet 2013, 2013.
3. Lake, D., Rayes, A., and Morrow, M., "The Internet of Things," The Internet Protocol Journal, Volume 15, No. 3, September 2012.
4. ITU-T, "Overview of the Internet of Things," Recommendation Y.2060, June 2012.
5. Ferguson, J., and Redish, A., "Wireless Communication with Implanted Medical Devices Using the Conductive Properties of the Body," Expert Review of Medical Devices, Volume 6, No. 4, 2011, <http://www.expert-reviews.com>.
6. ITU-T, "Common Requirements and Capabilities of a Gateway for Internet of Things Applications," Recommendation Y.2067, June 2014.
7. Linux Foundation розвиває EdgeX, нову платформу для Інтернету речей. (25 квітня 2017). Посилання <https://www.opennet.ru/opennews/art.shtml?num=46446>
8. Frahim, J., et al., "Securing the Internet of Things: A Proposed Framework," Cisco White Paper, March 2015.
9. Хмарні технології в автоматизації.: комплексний підхід від Eurotech. Олексій П'ятницьких. (2016, Жовтень). Control Engineering Росія. Перевірено 04.04.2018 за посиланням http://controleng.ru/wp-content/uploads/CE_IoT_Listalka.pdf





Національний технічний університет України
«КПІ ім. І. Сікорського»
Факультет Інформатики та обчислювальної техніки

Технології Інтернет речей



Лекція 4

Моделі ІoT шлюзів

Жураковський Б.Ю. (2024)

Зміст

1. Функції маршрутизатора
2. Функції управління кінцевими пристроями, мережею і додатками
3. Функції безпеки пристроїв, мережі і додатків
4. Шлюзи компанії *Eurotech*
5. Шлюзи компанії *Intel*
6. Шлюзи компанії *Huawei*
7. Шлюзи компанії *Cisco*
8. Шлюзи *Edge Gateway* компанії *Dell*
9. Шлюзи *Enterprise* компанії *Hewlett Packard*



Вступ

- Узагальнюючи аналіз еталонних моделей IoT можна виділити перелік наведених нижче функцій шлюзів і характеристик шлюзів. Сьогодні переважна більшість виробників, особливо у старших моделях своїх шлюзів, забезпечують можливості як первинної обробки даних, до якої зазвичай відносять обробку подій і прийняття рішень в режимі реального часу, нормалізацію і фільтрацію даних для подальшої передачі на хмарний сервер, так і повноцінну аналітику зі зберіганням і візуалізацією даних.
- Основними критеріями при виборі шлюзу для Інтернету речей можна назвати:
- **Підтримка переферійних/туманних обчислень.**
- В цьому випадку у якості критеріїв вибору слід звернути увагу на наступне:
 - Підтримка шлюзом надійної спеціалізованої ОС (наприклад, від *Wind River, Cisco, Microsoft*).



Вступ

- Наявність у фірми розробника шлюзу готових додатків для обробки даних, якість і можливості цих додатків, а також можливість підтримки їх даною моделлю шлюзу.
 - Наявність у фірми розробника платформ для розробки замовником власного додатку зі зручними інтерфейси прикладного програмування (API) та комплектами розробки ПЗ.
 - Можливості вибору ОС, мов та засобів програмування для реалізації власного додатка забезпечують адаптацію до потреб проекту.
- **Підтримуванні технології обміну даними**
 - Підтримка необхідних технологій доступу до пристройів для обміну даними між ними та з корпоративними або хмарними додатками IoT. Тут відображуються можливості збору даних з різних джерел, їх інтеграції, уніфікації представлення протоколів і форматів даних.



Вступ

- В даному пункті слід звернути увагу на наступне:
- Максимальна кількість пристройів, з якими може взаємодіяти шлюз:
- Перелік інтерфейсів з пристроями, в який можуть входити як сучасні протоколи проводових і безпроводових мереж (*Ethernet, Wi-Fi, Zigbee, 6LoWPAN, Bluetooth Low Energy* та ін.), так і успадковані протоколи (*BACNet, Modbus i CANbus* та ін.).
- Перелік інтерфейсів з зовнішнім сервером додатків, в який можуть входити протоколи проводових і безпроводових мереж: *Ethernet, Wi-Fi*, протоколи стільникового зв'язку та ін.
- Підтримка *GPS* разом із стільниковим зв'язком забезпечить ефективну роботи з мобільними об'єктами з географічною прив'язкою, наприклад, транспортом.
- Наявність хорошого інтерфейсного профілю, заснованого на реалізації універсального самоналаштування (*UPnP, Universal Plug and Play*), що визначає протокол для взаємодії з різними пристроями.



Функції маршрутизатора

- Оскільки шлюз є вузлом стандартної *IP* мережі при взаємодії з сервером, то він зобов'язаний підтримувати мінімальні **функції маршрутизатора**.
- У той же час ряд виробників (наприклад, *Cisco*, *Intel*, *Huawei*), позиціонують ряд моделей своїх шлюзів як повноцінні багатопортові маршрутизатори.
- В цьому випадку можна виділити наступні можливості:
 - Підтримка маршрутизації між декількома проводовими чи *Wi-Fi* локальними *IoT* мережами.
 - Підтримка поширених функцій *IP* маршрутизаторів – протоколів маршрутизації, *DHCP*, таблиць доступу, міжмережевих екранів і т.д.



Функції управління кінцевими пристроями мережею і додатками

- **Управління пристроями** включає можливості їх виявлення і автентифікації, конфігурацію, діагностику, оновлення прошивки і/або ПЗ, управління робочим статусом пристрою.
- **Управління мережею** включає можливості управління її моніторингом і конфігурацією, виявлення і керування перевантаженнями, керування трафіком, вимогами QoS.
- **Управління додатками** включає можливості керування їх встановленням і видаленням, виконанням оновлень, резервним копіюванням, відслідковуванням і усуненням несправностей.



Функції безпеки пристрій, мережі і додатків

- Наступні функції для IoT є життєво важливими:
 - Захист на рівні ПЗ включає авторизацію, автентифікацію, конфіденційність і цілісність даних програми, захист недоторканності приватного життя, аудит безпеки і антивірусний захист.
 - Захист на рівні мережі включає авторизацію, автентифікацію, конфіденційність даних, конфіденційність і цілісність даних сигналізації.
 - Захист на рівні пристрою включає автентифікацію, авторизацію, перевірку цілісності пристрою, управління доступом, захист конфіденційності і цілісності даних.



Інші характеристики

- Функції управління і безпеки всі крупні вендори забезпечують засобами власних платформ, власних ОС таких як *Wind River Linux*, *Windows 10 IoT*, *Cisco IOS*, додатковими апаратними засобами (*Dell*, *Cisco*), власними пакетами ПЗ, а також підтримкою стандартних рішень і сертифікованих рішень від сторонніх компаній.
- У рамках подібної функціональності шлюзи можуть відрізнятися такими технічними характеристиками, серед яких можна виділити наступні:
 - **Обчислювальна потужність**, об'єм пам'яті і її типи, що важно врахувати при плануванні реалізації на шлюзі додатків.
 - **Форм фактор** – компактність і форма конструктивного виконання, що важливо враховувати при плануванні місця розташування шлюзу.
 - **Умови експлуатації**. Одні пристрої придатні лише для роботи у звичайних приміщеннях, інші - розраховані на роботу в широкому діапазоні температур, в умовах підвищеної вологості, запиленості.



Інші характеристики

Ринок послуг та пристріїв ІoT зазвичай поділяють на два великі сегменти: *промисловий* і *споживчий* та сегменти, які відрізняються вимогами до ціни, надійності, безпеки, потужності, масштабованості. У цих рамках вендори можуть надавати як універсальні пристрії так і пристрії для конкретних вертикалей ринку в складі комплексних рішень.

Більшість виробників орієнтуються на промисловий ринок, хоча молодші моделі їх рішень, наприклад, *Intel* цілком підходять для простих економних рішень. А продукція таких компаній як *Google* чи *Samsung* в першу чергу орієнтована на споживчий ринок.

Визначивши основні параметри, котрі повинен задовольняти шлюз можна провести огляд пропозицій від лідерів ринку ІoT, а також від декількох компаній, що вийшли на ринок недавно.



Шлюзи компанії *Eurotech*

- Компанія *Eurotech* в першу чергу відома своєю хмарної IoT платформою *Everyware*, яка покликана спростити адміністрування пристрій і керування даними, забезпечуючи підключення розподілених пристрій через захищені хмарні сервіси.
- Використовуючи цю платформу, замовники можуть відслідковувати, конфігурувати свої пристрої і керувати ними протягом всього життєвого циклу.
- Практично всі шлюзи компанії *Eurotech* призначені для промислового застосування та експлуатації в жорстких умовах.
- Також компанія пропонує рішення, в тому числі шлюзи, для таких вертикалей ринку як транспорт і роздрібна торгівля.



Шлюзи компанії Eurotech

- Всі шлюзи мають досить великий набір інтерфейсів вводу/виводу і польових шин, а також необхідний набір проводових і безпроводових мережевих інтерфейсів для організації надійного зв'язку: *Fast* або *Gigabit Ethernet*, стільниковий зв'язок, *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *ZigBee*.
- Для підключення шлюзів до локальних хмарних сервісів можна використовувати *Ethernet* або *Wi-Fi*, а до віддалених - технології стільникових мереж. Завдяки підтримці стільникового зв'язку з *GPS* більшу частину шлюзів можна використовувати для геолокації об'єктів, що переміщаються.
- Широка лінійка шлюзів містить як компактні пристрої з низьким енергоспоживанням, так і високопродуктивні вбудовані ПК з широким функціональним набором.



Шлюзи компанії Eurotech

- Пристрої серій *ReliaGATE 10-20*, *ReliaGATE 10-11* і *ReliaGATE 10-05* можуть служити малопотужним шлюзом для легких промислових застосувань. Їх основні функції - агрегування даних, одержуваних з польових пристройів, перетворення повідомлень і протоколів, маршрутизація пакетів, організація двобічного зв'язку з хмарним сервером, де дані збираються, зберігаються і обробляються за допомогою бізнес-додатків.
- Шлюзи серій *ReliaGATE 20-25*, *ReliaGATE 20-26*, *DynaGATE 15-10* пропонують додаткові можливості по обробці і зберіганню даних для надання послуг в автономному режимі, а при підключені до хмарних додатків забезпечують контроль і управління в реальному часі. Вони часто застосовуються для виконання аналітичних функцій або завдань попередньої обробки, зокрема для передачі даних, що відповідають заданим параметрам.



Шлюзи компанії Eurotech

- Практично всі шлюзи, крім *ReliaGATE 20-26*, який використовує *Red Hat Linux*, поставляються з попередньо встановленою операційною системою *Yocto Linux*.
- Велика частина шлюзів забезпечується програмним забезпеченням *Everyware Software Framework (ESF)* на базі *Eclipse Kura i Java/OSGi*. Крім того, в якості шлюзів можуть виступати і процесорні плати в різних форм-факторах, на які також встановлюється спеціалізоване програмне рішення.
- *ESF* - це промислова версія *Eclipse Kura* (версія з відкритим вихідним кодом) з додатковими можливостями з безпеки, діагностики, конфігурації і віддаленого доступу, повністю інтегрована в платформу *Everyware Cloud*.
- *ESF/Kura* дозволяє розробникам зосередити свою увагу на аналітиці та специфіці додатків і полегшити контроль і управління роботою шлюзу (zmінювати параметри в реальному часі, оновлювати ПЗ, робити моніторинг пристрою, діагностику, забезпечувати безпеку і т. д.).



Шлюзи компанії Intel

- Шлюзи *Intel* для IoT дуже різноманітні і здатні задовольнити розробників проектів будь-якої складності. Їх оснащують процесорами *Quark*, *Atom*, *Core*, *Xeon*.
- Шлюзи на базі *Intel Quark*, засновані на платі *Intel Galileo*, є гнучким, малопотужним і недорогим рішенням для організації нескладних обчислень і інтеграції пристрій IoT.
- Процесори *Intel Atom* і *Intel Core* останніх поколінь забезпечують більш високу продуктивність, хорошу графіку і багату інтеграцію введення-виведення.
- Сімейство *Intel Xeon* допомагає створювати шлюзи для інфраструктури з обчисленнями в пам'яті, аналізу в режимі реального часу, підвищеною оперативністю і безпекою. Шлюзи оснащують сховищами даних і оперативною пам'яттю, які відповідають вимогам процесора і призначень пристрій.



Шлюзи компанії Intel

- Шлюзи технології *Intel IoT Gateway* випускаються більш ніж десятком фірм.
- Вони забезпечуються засобами для створення власних додатків первинної обробки даних, збору даних з безлічі пристрій, функціями перетворення протоколів і керування різними пристроями. Шлюзи *Intel* для IoT можуть підтримувати різні операційні системи, включаючи *Windows 10 IoT* і кілька мов програмування.
- Більшість моделей поставляється з встановленою ОС *Wind River Linux*, в якій передбачений захист пристрій від внутрішнього або зовнішнього несанкціонованого доступу. При цьому, в області захисту даних, тут є шифрування і bezpechnyj обмін інформацією з зовнішніми системами.
- У *Wind River Linux* в систему вбудовано керуюче ПЗ, яке дозволяє управляти не тільки локальними, але і віддаленими пристроями. Контролювати їх можна або вручну, або в автоматичному режимі, ґрунтуючись на критеріях, заданих адміністраторами і програмістами. Крім того, підтримка платформ *Wind River Helix Device Cloud* і *Wind River Helix App Cloud*, дають великі можливості по управлінню пристроями, додатками і хмарними сервісами.



Шлюзи компанії Intel

- Шлюзи *Intel* володіють великими мережевими можливостями. Вони можуть підключатися відразу до двох локальних проводових мереж, одночасно працювати в декількох *Wi-Fi*-мережах, і, не перериваючи зв'язок, взаємодіяти зі спеціалізованими пристроями, використовуючи інші типи мереж.
- Різноманітність підтримуваних мережевих інтерфейсів дозволяє рішенням для *IoT* створювати мережі на базі технологій *Bluetooth*, *ZigBee*, *6LoWPAN* і ін., підключатися до хмарних сервісів, організовувати різні схеми управління.
- У список підтримуваних мережевих інтерфейсів входять і мобільні мережі: *GPRS*, *2G*, *3G*, *LTE*.



Шлюзи компанії Huawei

- У компанії *Huawei* є цілий спектр продуктів, який формує середовище передачі, зберігання і обробки даних IoT за допомогою різних аналітичних систем.
- Складовими платформи для зберігання і обробки великих даних є *Huawei FusionStorage* і *FusionInsight*.
- Шлюзи серії *AR* від *Huawei* працюють як високопродуктивні маршрутизатори IoT, і особливо підходять для відеоспостереження, виробництва, транспортування, електропостачання та інших зовнішніх операцій.
- Лінійка дуже різноманітна і може задовольнити будь-які потреби як у плані обчислювальної здатності, так і у вимогах до різноманітних інтерфейсів підключення.
- Легкість зв'язку із речами та шлюзами забезпечується платформою *IoT Connection Management Platform*.



Шлюзи компанії Huawei

- У лінійки в наявності є безліч типів інтерфейсів, які підходять до різноманітних терміналів. Шлюзи підтримують різні протоколи безпроводового зв'язку: *Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth* та *RF*. Також наявна підтримка стільникового зв'язку у мережах *GSM, 3G* та *4G/LTE*, що разом із підтримкою *GPS* робить шлюз працездатним при перегонах транспорту. Маршрутизація трафіку може бути гнучко налаштована політикою маршрутизацій, статичними маршрутами та підтримкою динамічних протоколів *RIP, OSPF, IS-IS, BGP*. Підтримується перетворення різних галузевих протоколів та побудова єдиної мережової платформи.
- Більша частина шлюзів лінійки зроблена відповідно до вимог промисловості, тому витримує роботу у екстремальних умовах, таких яких велика кількість пилу в повітрі, вологість і т.д. Відтак шлюзи можуть працювати при температурах від -40 °C до +70 °C при відносній вологості від 5 до 95 %. При чому певним пристроям, наприклад *AR550E*, навіть не потрібен вбудований вентилятор для охолодження.



Шлюзи компанії Huawei

- Шлюзи виконані відповідно до вимог стандарту IEEE 1613 і нормальню функціонують навіть в умовах великих електромагнітних перешкод. Відповідність до стандартів віброзахисту надає право шлюзам компанії *Huawei* повноцінно працювати у сфері транспортування товарів.
- У лінійці використанні високопродуктивні *ARM* процесори, що доповнюються великими об'ємами постійної пам'яті, в якості операційної системи використовується *Wind River LINUX*.
- Підтримка віртуалізації і можливість гнучкої масштабованої інтеграції додатків прискорюють розгортання послуг. Платформа надає управління повним життєвим циклом *IKT*-ресурсів: розгортання, моніторинг і видалення додатків через *Agile Controller*.



Шлюзи компанії Huawei

- Платформа від *Huawei* надає зручне та об'єднане управління терміналами, шлюзами, програмами та даними. Запуск розгортання можна запустити всього лише відсканувавши серійний номер пристрою (*ESN*). Це дозволяє дуже швидко вводити пристрой у експлуатацію.
- Завдяки уніфікованій системі керування мережею (*NMS*), пристрой можна об'єднувати в певні групи та масово ними керувати. Є можливість встановлення ПЗ із *USB*-накопичувача та майже моментальний початок користування завдяки функції «*plug-and-play*».
- Для керування через *Ethernet* та розширених операцій *Smart Grid*, найкраще підходять *AR2500 Agile Gateways*, тоді як *AR502 Gateways* ідеально підходять для роботи в умовах екстремальних температур, високої вологості та електромагнітних перешкод.



Шлюзи компанії Huawei

- Для мережової інтеграції та обміну через віртуалізацію корисні шлюзи *AR3600* (з дизайном x86).
- Модель *AR510* є потужним шлюзом для мультимедійних і відеосервісів у різних приміщеннях та на відкритому повітрі (включаючи "зв'язані автомобілі").
- Безпека підтримується міжмережевим екраном із поділом на зони та відстеженням стану, автентифікацією на основі 802.1X та автентифікацією по MAC-адресі та веб-автентифікація. Наявний захист ARP і захист від атак *ICMP*.
- Додаткова безпека досягається завдяки відстеженню пакетів *DHCP* і відстеженню пакетів *DHCPv6 CPCAR*, чорному списку і відстеженню джерела атаки *PKI* і *KPM*.



Шлюзи компанії Cisco

- Стратегія *Cisco* в області IoT будується на шести стовпах технологій: рішення з передачі даних в IoT-мережі, прикладне середовище *IOx* і *fog*-додатки, а також *IT*-безпека, аналітика даних, засоби автоматизації та підтримка додатків.
- Саме *Cisco* ввів поняття туманних обчислень та Інтернету всього (*IoE*, *Internet of Everything*).
- Зокрема, компанія пропонує шлюзи, комутатори промислового класу і вбудовуються маршрутизатори для IoT з підтримкою платформи туманних обчислень *IOx*.
- *IOx* - це середовище для додатків, яке допомагає мережевим пристроям, які її підтримують, контролювати і управляти пристроями IoT, утворювати нові в різних галузях промисловості.



Шлюзи компанії Cisco

- Ця середовище поєднує в собі найпопулярнішу відкриту ОС *Linux*, мережеву ОС *Cisco IOS* та потужні сервіси для швидкої та надійної інтеграції із сенсорами *IoT*, що дозволяє клієнтам створювати і запускати програми безпосередньо на промислових мережевих пристроях *Cisco*.
- Компанія *Cisco* створює та підтримує відкрите середовище для заохочення розробників переносити існуючі програми та с
- Компанія *Cisco* створює шлюзи для різноманітних вертикалей ринку: промисловість, енергозабезпечення, транспорт та логістика, розумні міста, навчання, охорона здоров'я та ін.
- Також існує лінійка безпровідних шлюзів для мереж пристройів *LoRaWAN*, що складається зі шлюзів *IXM-LPWA-800-16-K9* (підтримує частоти 863–870 МГц) та *IXM-LPWA-900-16-K9* (підтримує частоти 902–928 МГц). Цей тип зв'язку забезпечує M2M взаємодію на відстанях до 15 км при мінімальному енергоспоживанні, що забезпечує декілька років автономної роботи на одному акумуляторі АА.



Шлюзи компанії Cisco

- Вони підтримують до 16 каналів LoRa та захищені по стандарту *IP67*. Ці шлюзи вкрай зручні при використанні на рухомих об'єктах в автономному режимі роботи, а за рахунок волого- та пилозахищеності не потребують додаткових захисних коробів.
- Широкий вибір маршрутизаторів у промисловому виконанні забезпечує функціональні можливості корпоративного класу, включаючи високоякісну передачу даних, можливості голосового та відео зв'язку зі стаціонарними і мобільними вузлами мережі через проводові та безпроводові канали зв'язку.



Шлюзи компанії Cisco

- Маршрутизатори *Cisco* надають доступну функціональність, що необхідна при створенні корпоративних рішень:
 - динамічний багатоточковий *VPN* (*DMVPN*);
 - аналіз якості обслуговування (*QoS*) для стільникового зв'язку;
 - мульти-віртуальна переадресація маршрутів (*VRF*) для стільникового зв'язку;
- *Cisco IOx* для маршрутизаторів 809 і 829, що забезпечує виконання граничних додатків в мережах *IoT*. Основною лінійкою *IoT* шлюзів від *Cisco* є *Cisco 800*, які позиціонуються як маршрутизатори промислової інтегральної мережі. На шлюзах *Cisco* встановлена операційна система *Cisco IOS*, що забезпечує просте управління, дає змогу створювати еластичні комунікації та підтримувати високий рівень безпеки.



Шлюзи компанії Cisco

- Всі маршрутизатори **серії 800** мають інтегроване *4G/LTE* бездротове з'єднання *WAN* та підтримують більш старі версії стільникового зв'язку. Дві зовнішні антени забезпечать максимально якісний зв'язок, а дві різні, одночасно активні, *SIM* карти допоможуть підтримувати зв'язок різних операторів в залежності від якості сигналу.
- Маршрутизатор **829** також забезпечує високоякісні з'єднання безпроводової локальної мережі *Wi-Fi*, підтримуючи 2.4ГГц та 5ГГц діапазони. Також у наявності вбудований 2x2 *MIMO*, що забезпечує швидкість з'єднання до 300 Мб/сек. Доступні й стандартні *Ethernet* порти, що підтримують також і *PoE/PoE+* з передачею потужності до 30 Вт.
- Для забезпечення роботи в умовах виробництва шлюзи підтримують розширений діапазон температур від -40° С до +60 ° С. Для безперешкодної інтеграції із системами SCADA підтримуються протоколи DNP3, DNP3 IP та IEC від T101 до T104. Багатогалузева сертифікація шлюзів Cisco надає їм перевагу у корпоративних рішеннях, де велика увага приділяється надійності постачальника.



Шлюзи компанії NEXCOM

- Серія *NEXCOM CPS* складається зі шлюзів IoT, готових до застосування, які легко встановлювати та налаштовувати. Заздалегідь встановлена за допомогою *NEXCOM Industrial IoT Studio* допоможе полегшити розробку додаткового ПЗ. У лінійки наявна широка підтримка різноманітних операційних систем. Відтак на шлюзи можуть бути встановленні *Windows 10 IoT*, *Ubuntu 14.04*, *FreeRTOS* та інші *Linux* системи.
- Встановлені процесори *Intel Atom* надають достатню потужність для обробки даних на краю при цьому мають гарну енергоефективність.
- Для більш потужних обчислень можна обрати моделі із використанням повноцінних та більш енергоємних процесорів *Intel Celeron*. Вид жорсткого диску та його об'єм варіюється від 16 ГБ e-MMC до 128 ГБ SSD із підтримкою порту розширення SD карткою.



Шлюзи компанії NEXCOM

- Серія CPS може витягувати та аналізувати дані *PROFIBUS*, *PROFINET* та *Ethernet*, надсилати попереджуvalльні повідомлення, зберігати дані в локальні та віддалені бази даних та виконувати інші функції обробки даних після декількох кліків мишею.
- Серія CPS також підтримує API хмарних інтерфейсів для підключення до хмарних серверів через безпроводові 3G/Wi-Fi (додатковий модуль) та/або проводові локальні мережі. За допомогою серії CPS виробники можуть визначати потоки даних, завантажувати дані з кінцевих пристройів у платформи хмарної служби, включаючи *Microsoft Azure* та *IBM Bluemix*.
- Завдяки надійному дизайну, серія CPS може бути встановлена поряд з PLC, датчиками та пристроями вводу-виводу в жорстких середовищах. На зосередженість у сфері промисловості та транспорту вказує захист від вібрацій та ударів, а також можливість роботи в температурному діапазоні від -20°C до +65°C при високій вологості.



Шлюзи Edge Gateway компанії Dell

- Компанія *Dell* просуває свої шлюзи серії *Edge Gateway* як економічне за витратами рішення підвищеної надійності, призначене для агрегації, передачі даних і організації їх аналізу безпосередньо на периметрі мережі.
- Компанія пропонує два модельних ряди - *Edge Gateway серія 5000* і *Edge Gateway серії 3000*.
- Шлюзи *серії 5000* передбачають модульне розширення, орієнтовані на стаціонарні системи, великі сенсорні мережі і більш серйозну аналітику в прикордонних сегментах *IoT* мережі.
- *Серія 3000* ідеально підходить як для фіксованих, так і мобільних варіантів використання, які потребують менших сенсорних мереж, менше місця, а також більш просту аналітику.



Шлюзи Edge Gateway компанії Dell

- Шлюзи промислового класу *Edge Gateway* серії 5000 мають двоядерний процесор *Intel Atom E3800*, оперативну пам'ять ємністю від 2 Гбайт до 8 Гбайт, твердотільні накопичувачі ємністю 32 або 64 Гб і можуть працювати під управлінням різних ОС на вибір замовника *Ubuntu Snappy*, *Wind River Linux* або *Windows 10 IoT Enterprise*.
- Віддалене управління може здійснюватися для платформи *WindRiver* за допомогою *Helix Device Cloud* або *Windows IoT Industry*, а для *Snappy Ubuntu* - *Dell Cloud Client Manager (CCM)* або *Dell Client Command Suite*. Шлюзи серії 5000 є ідеальною платформою для засобів інтеграції внутрішніх даних і аналітики від компанії *Dell*, також вони сумісні зі сторонніми рішеннями, в тому числі від сертифікованих незалежних постачальників ПЗ з числа партнерів компанії *Dell*.
- Захист мережевої периферії і датчиків забезпечується завдяки вбудованим засобам IT-безпеки *Dell*.



Шлюзи Edge Gateway компанії Dell

- Шлюзи виконані в промисловому формфакторі, відрізняється надійністю і тривалим терміном служби. Вони також придатні для експлуатації в умовах підвищеної вологості, запиленості та здатні працювати в широкому діапазоні температур. Модель *Dell Edge Gateway 5100* можна експлуатувати при температурах від -30 ° С до + 70 ° С.
- Універсальна підсистема вводу-виводу, яку легко розширити, дозволяє підключати, об'єднувати, передавати і відслідковувати дані з використанням практично будь-яких датчиків і мережевих протоколів від успадкованих протоколів (*BACNet, Modbus i CANbus*) до сучасних мереж (*Zigbee, 6LoWPAN i Z-Wave*).
- Мережеві можливості шлюзів підтримуються двома портами *Gigabit Ethernet* і модулями *802.11n Wi-Fi, Bluetooth Low Energy*, модулем зв'язку *3G* або *LTE*.



Шлюзи Edge Gateway компанії Dell

- Серія 3000 включає три моделі, які призначені для використання в якості вбудованих рішень в сфері промислової автоматизації, енергетики, транспорту і в системах цифрових табло. Вони дозволяють безпечно передавати важливі дані про функціонування фізичного обладнання на периферії мережі в реальному часі.
- Пристрої також розраховані на роботу в широкому діапазоні, стійкі до сильних ударів і вібрації. Всі три моделі включають в себе: процесор *Intel Atom*, оперативна пам'ять ємністю 2 Гбайт і сховище eMMC на 8 Гбайт (32 Гбайт в конфігурації з WWAN).
- Вони оснащені інтерфейсами *Fast Ethernet* з функцією живлення PoE, портами USB 2.0. і 3.0, підтримкою стандартів підключення *Wi-Fi*, *Bluetooth LE*, стільникового зв'язку. Всі моделі мають вбудований модуль *GPS*, акселерометр і датчики атмосферного тиску для забезпечення ефективної мобільної роботи і управління ресурсами з географічною прив'язкою. У всіх моделях використовуються апаратні засоби захисту для забезпечення безпеки і конфіденційності даних.



Шлюзи Edge Gateway компанії Dell

- Опціональне ПЗ *Dell Edge Device Manager (EDM)* допомагає з легкістю управляти віддаленими пристроями і гарантувати безпеку кожного з них.
- Крім того, кожна модель шлюзів лінійки орієнтована на певну область застосування за рахунок додаткових можливостей.
- *Модель 3001* орієнтована на застосування в сучасних виробничих середовищах, транспортних системах і периферійних мережах. Багатофункціональний порт *GPIO* (8-канальний) і програмовані послідовні порти (2 x RS-232, RS-422 або RS-485) дозволяють працювати з успадкованими системами, а також розширяють можливості підключення. Є можливість вибору ОС - *Ubuntu Core 16.0 i Microsoft Windows 10 IoT*.
- *Модель 3002* орієнтована на застосування на транспорті і в логістиці.



Шлюзи Edge Gateway компанії Dell

- Стійкість до перебоїв живлення, підтримка інтерфейсу *CANbus*, наявність вбудованих адаптерів *ZigBee* дозволяє організувати стабільний зв'язок з самими різними системами і датчиками на різних видах транспорту.
- *Модель 3003* розроблена для установки в цифрових табло і терміналах роздрібної торгівлі. Вона має вихід *DisplayPort 1.1* для відеодисплеїв (2560 x 1600) і роз'єм лінійного входу/виходу 3,5 мм для високоякісної потокової передачі аудіо.
- Всі моделі обслуговуються службою підтримки *Dell*. Наприклад, пакет послуг *Dell ProSupport* передбачає автоматизоване визначення проблем, цілодобовий доступ до інженерів служби підтримки і швидкої заміни компонентів для мінімізації простоїв; послуги розгортання *Dell Deployment*; програма *Dell IoT Solutions Partner Program* для управління рішеннями *IoT*; *Dell Financial Services* для оцінки вартості проекту (фінансових можливостей).



Шлюзи Enterprise компанії Hewlett Packard

- В області IoT компанія HP активно просуває рішення, що дозволяють перенести обробку даних з хмарних центрів обробки даних на периферію мережі (на кордон між OT і IT). Спеціалізовані IoT системи представлені в лінійці HPE Edgeline.
- Лінійка HPE Edgeline Intelligent Gateway призначена для збору, передачі даних і обробки подій, а лінійка HPE Edgeline Converged IoT System - для рівня первинного аналізу даних і потокової аналітики.
- Шлюзи HPE Edgeline Intelligent Gateway є компактною і надійною апаратно- програмною платформою, що дозволяє об'єднати дані з вбудованих контролерів і цифрових датчиків і виконати обчислювальні функції початкового (GL10) і середнього (GL20) рівня для сучасних рішень IoT. Шлюзи призначені для роботи в промислових середовищах, наприклад на заводах, в розумних містах, на нафтових або газових об'єктах. Замовники можуть аналізувати потоки даних в реальному часі і приймати продумані рішення на основі достовірної інформації. Шлюзи відрізняються підвищеною міцністю і можливістю роботи в діапазоні температур від -20 ° С до + 60 ° С.



Шлюзи Enterprise компанії Hewlett Packard

- Конфігурація *HPE GL10 IoT* включає процесор *Intel Atom*, 4 Гбайт ОЗУ, твердотільний накопичувач 32 Гбайт, а *HPE GL20 IoT* - процесор *Intel i5*, 8 Гбайт ОЗУ, твердотільний накопичувач 64 Гбайт. Операційні системи – *Microsoft Windows IoT Core*, *Microsoft Windows Server*, *Canonical Ubuntu Snappy Core*, *CentOS*.
- Обидва шлюзи мають широкий набір модулів вводу-виводу, в тому числі чотири порти живлення по мережі *Ethernet (PoE)* і модуль ЦАП/АЦП. Кілька слотів для плат *mini-PCIe* дозволяють користувачам самостійно підключати різні пристрої і забезпечують можливість розширення ресурсів відповідно до майбутніх потреб.
- Шлюзи *GL10/GL20* мають можливість комунікацій по *Wi-Fi*, через мобільні стільникові мережі, мають по 2 порти *Gigabit Ethernet*.



Шлюзи Enterprise компанії Hewlett Packard

- Пристрої *HPE Edgeline Converged IoT System* представляються компанією *HPE* як перші в галузі конвергентні системи для промислового Інтернету речей.
- Системи *Edgeline EL1000 i EL4000* можна представити як шлюзи 2-го рівня, які об'єднують дані з *HPE Edgeline Intelligent Gateway*.
- Системи *HPE Edgeline* оптимізовані для високопродуктивного аналізу, інтерпретації, візуалізації даних і надання інформації в режимі реального часу на периферійних ділянках мережі. Вони об'єднують обчислювальні ресурси, сховища, засоби захоплення і контролю даних, операційне середовище рівня підприємства і надають розробникам платформу для доступу до структурованої і неструктуреної інформації, а також забезпечують автоматизацію роботи з цими даними.



Шлюзи Enterprise компанії Hewlett Packard

- Іншою важливою особливістю *HPE Edgeline* є унікальна інтеграція збору точних даних з вимірювальних систем і їх управління, заснована на базі відкритих PXI стандартів. Коли вони доповнюються автоматичним машинним навчанням, це відкриває нові можливості в моніторингу і управлінні, прогностичній аналітиці для виявлення можливих поломок, а також доповнену реальність для мінімального ручного обслуговування. *HPE Edgeline* приносить всі можливості управління віддаленими системами, які надає *Integrated Lights Out (iLO)*.
- *HPE Edgeline* повністю сумісні з такими популярними IoT системами безпеки як *Aruba ClearPass* для автоматизації автентифікації, запобігання загрозам злому і функцій відновлення систем в умовах підвищеного ризику поза ЦОДами. *Aruba Virtual Intranet Access (VIA)* дозволяє організувати безшовні *Virtual Private Network (VPN)* тунелі для безпечних з'єднань між вузлами на кордоні IT-мереж і корпоративною мережею.



Шлюзи Enterprise компанії Hewlett Packard

- Ці компактні системи працюють в розширеному діапазоні робочих температур від 0 ° С до + 55 ° С і здатні справлятися з підвищеним ударним та вібраційним навантаженням.
- Важливою особливістю *HPE Edgeline* є гарні обчислювальні можливості. У *EL1000* можна встановити один обчислювальний модуль (до 16 ядер *Xeon D* або *Xeon E3*) з двома відсіками для дисків *SATA SFF*, двома портами *Gigabit Ethernet* або *10 Gigabit Ethernet*. Широкі можливості підключення периферійних пристрій забезпечуються за допомогою двох слотів *PCIe* або *PXI/PXIe* разом з безпровідовими модулями *Wi-Fi* або *3G*.



Шлюзи Enterprise компанії Hewlett Packard

- У *EL4000* можна розмістити 4 обчислювальних модуля, кожен з яких може отримати свій модуль розширення PCIe або PXIe і два 10G Ethernet порти для прямого підключення до мережі.
- Модель *Edgeline 4000* також надає можливість організувати відмовостійку розподілену систему зберігання даних, а також працювати з аналітичною платформою на базі SQL *HPE Vertica* для отримання, обробки і завантаження готових даних від мільйонів «розумних лічильників» в секунду, з затримками в наносекунди.



Висновки

- Були виділенні основні критерії, що необхідно розглядати при виборі IoT шлюзів.
- Основники характеристиками, на які необхідно спиратись є:
 - Підтримка перефирійних/туманних обчислень;
 - Підтримуванні технології обміну даними;
 - Функції маршрутизатора;
 - Функції управління кінцевими пристроями мережею і додатками;
 - Функції безпеки пристройів, мережі і додатків.
- Якщо декілька шлюзів задовольняють умовам описаним вище, то необхідно дивитись на такі характеристики, як:
 - обчислювальна потужність,
 - форм-фактор,
 - умови, в яких шлюз можна використовувати.



Висновки

- Як можна побачити, лідери ринку *IoT Intel, Hewlett Packard, Cisco, Dell Technologies*, а також компанії, які на цьому ринку недавно *Huawei, NEXCOM, Monnit, Davra Networks* та ін., підтримують весь спектр перерахованих функцій. Всі з розглянутих виробників пропонують як універсальні шлюзи для використання у різних галузях промисловості, так і рішення для окремих вертикалей ринку.
- Лінійки шлюзів, що пропонуються, включають як малопотужні енергоефективні моделі для легких економних проектів, наприклад, *NEXCOM*, молодші моделі *Dell* та *Intel*, так і промислові моделі, спрямовані на аналітику та зберігання великих об'ємів даних, самим яскравим представником яких є конвергентні системи *Hewlett Packard*.



Висновки

- Серйозні постачальники наділяють свої шлюзи ПЗ для інтеграції у власні (*Eurotech, Davra Networks*) або сторонні хмарні платформи, наділяють шлюзи власними платформами і ПЗ для захисту та управління пристроями і мережею (*Hewlett Packard, Cisco, Dell, Huawei*) або підтримують рішення від сторонніх компаній.
- Деякі виробники (*Hewlett Packard, Cisco, Huawei*) пропонують власні рішення для аналітики, обробки, зберігання і візуалізації великих обсягів даних, інші – забезпечують програмно-апаратні платформи для сторонніх рішень, що вже зарекомендували себе на ринку *IoT*.
- На ринку *IoT* присутня велика кількість менш відомих виробників і щороку з'являються нові. Тому, гадаємо, що запропоновані критерії класифікації і порівняння допоможуть вибрати шлюзи необхідної функціональності і технічних характеристик за пропозиціями різних постачальників.



Література

1. Хмарні технології в автоматизації.: комплексний підхід від Eurotech. Олексій П'ятницьких. (2016, Жовтень). Control Engineering Росія.
http://controleng.ru/wp-content/uploads/CE_IoT_Listalka.pdf
2. Технологія Intel IoT Gateways. (2018). Офіційний сайт компанії Intel.
<https://software.intel.com/ru-ru/iot/hardware/gateways>
3. Huawei AR Series Agile Gateways Brochures. (2017). Офіційний сайт компанії Huawei.
http://www.huawei.com/minisite/iot/img/hw_ar_series_agile_gateways_brochure/en.pdf
4. Cisco IoT Networking. (2017). Офіційний сайт компанії Cisco.
<https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/se/internet-of-things/brochure-c02-734481.pdf>
5. IoT Gateway. (2018). Офіційний сайт компанії NEXCOM.
<http://www.nexcom.com/Products/industrial-computing-solutions/iot-solutions/iot-gateway>
6. Dell змінює економіку Інтернету речей з новими компактними шлюзами Edge Gateway. (1 березня 2017). Офіційний сайт компанії Dell.
www.dell.com/learn/ua/ru/uacorp1/press-releases/dell-changing-economy-of-iot-with-new-compact-gateways-edge-gateway
7. Короткий огляд апаратних платформ, типових архітектурних рішень і послуг для корпоративних інформаційних систем. (2018, весна). Офіційний сайт компанії Hewlett Packard.
<https://h20195.www2.hpe.com/v2/GetPDF.aspx/c04771945.pdf>





Національний технічний університет України
«КПІ ім. І. Сікорського»
Факультет Інформатики та обчислювальної техніки

Технології Інтернет речей



Лекція 5

Сенсорно-комп'ютерні системи

Жураковський Б.Ю. (2024)

Зміст

1. Поняття "сенсор" та "інтелектуальний сенсор"
2. Функціональні схеми простих (пасивних і активних) та інтелектуальних сенсорів.
3. Сенсорно-комп'ютерні системи
4. Класифікація сенсорів по фізичній природі первинних інформаційних сигналів



Поняття “сенсор”

- ❑ Поняття "сенсор" трактується по різному. У одних - це "чутливий прилад", майстерно створений людиною "пильний сторож", у інших - "аналізатор", що розпізнає, дізнається про потрібний об'єкт ("аналіт"), у третіх - "датчик" якоїсь фізичної величини (температури, тиску, кута повороту), у четвертих - орган чуття тварини або рослини і так далі.
- ❑ **Сенсори** - це "пристрої, які доповнюють або замінюють органи чуття". Дійсно, усі сенсори щось "відчувають" (наприклад, зміна температури, наявність магнітного поля, зміна кислотності розчину і тому подібне); за чимось "пильно спостерігають"; щось "розпізнають" (напр., відхилення від вертикалі, поява в повітрі надлишку вуглекислого газу, наявність у воді збудника холери ...); "вимірюють" яку-небудь фізичну величину (напр., освітленість, прискорення, тиск ...).
- ❑ Усі вони, дійсно, замінюють або доповнюють органи чуття.



Поняття "сенсор"

- У понятті "**датчик**" акцент робиться на інші важливі здатності сенсора - на тому, що він видає в зовнішній світ сигнали про те, що він "відчуває", "розвізнає", "вимірює". Щоб точніше визначити поняття "сенсор", потрібно відволіктися від деталей, від того, що саме "відчуває", "розвізнає", "вимірює" сенсор, з якою конкретною метою і як саме він це "робить", яким конкретно образом видає він сигнали в зовнішній світ.
- Головне, загальне, що тоді залишається, - це те, що:
 - 1. у сенсора є "об'єкт спостереження";
 - 2. взаємодіючи з об'єктом спостереження, під його впливом сенсор міняє свій стан ("відчуває", "розвізнає", "вимірює") і
 - 3. якимсь чином видає сигнали про це ("сигналізує") "користувачеві".



Поняття “сенсор”

- Об'єктом спостереження є той матеріальний об'єкт, процес, те середовище, з якими взаємодіє сенсор, інформацію про яких він "приставлений" збирати. Об'єктом спостереження може бути, зокрема, і усе середовище, що оточує сенсор.
- Для *рівня (ватерпаса)*, наприклад, об'єктом спостереження є плоска поверхня, на якій він встановлений; для *радіоприймача* об'єктом спостереження є те, що оточує його антенну електромагнітне поле; *для медичного градусника* - тіло, що знаходитьться в тепловому контакті з його кінцем, в якому знаходитьсья крапля ртути.
- "Користувачем", одержуючим, розуміючим і використовуючим сигнали від сенсора може бути людина, інша жива істота, автоматична система управління, регулювання або реєстрації, для яких сигнали від сенсора є "інформацією" про об'єкт спостереження. Таким чином, відволікаючись від частковостей, приходимо до наступного визначення поняття "сенсор".



Поняття “сенсор”

- **Сенсор** - це пристрій (прилад, орган, вузол), що перетворює фізичну (фізико-хімічне) зміну в об'єкті спостереження, його фізична дія в інформаційний сигнал для користувача .
- Сенсор - ця сполучна ланка між реальним "фізичним" світом і світом інформаційних моделей, між матерією і інформацією.
- Сенсори поставляють "користувачеві" найважливішу об'єктивну початкову інформацію, на основі якої тільки і можна передбачати події, розумно поводитися у світі, судити про те, наскільки створені і вживані користувачем інформаційні моделі адекватні реальним процесам і об'єктам, з якими він має справу.



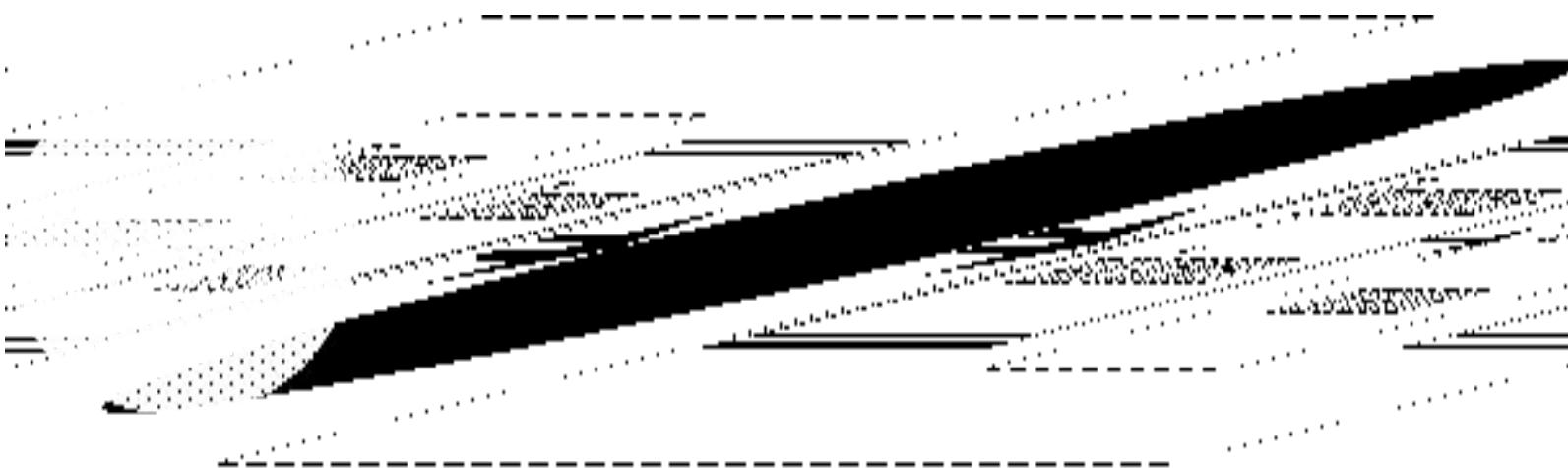
Прості сенсори

- Ще відносно нещодавно люди використали в основному прості сенсори, що дають тільки "сиру", первинну, необроблену інформацію про об'єкти і процеси, за якими ведеться спостереження.
- Розшифровку, обробку цієї інформації, зіставлення її з іншими даними виконували самі люди, вони ж оцінювали її значущість і міру важливості.
- Одними з перших простих сенсорів, напевно, були **схили** - для виявлення відхилень від вертикалі; **рівні** - сенсори малих відхилень від горизонтального положення плоскої поверхні; **флюгери**, відстежуючі і показуючі напрям вітру; **поплавці** у вудках - для лову риби; **компаси** - для точнішого орієнтування на місцевості і т. д.



Прості сенсори

- **Функціональна схема простого сенсора.**
- Головними його складовими частинами є чутливий елемент і сигналізатор. Реагуючи на ту або іншу дію з боку об'єкту спостереження, чутливий елемент міняє свій стан, а сигналізатор видає про це якийсь зрозумілий користувачеві сигнал. Цей сигнал і є носієм інформації про об'єкт спостереження.



Прості сенсори

- Якщо зміни в стані чутливого елементу дуже незначні і вихідні сигнали виходять дуже слабкими або "зашумлені" якимись сторонніми впливами, то в сенсорі використовують також вузли посилення і/або селектори корисних сигналів. Проте вони не є обов'язковою складовою частиною сенсора і тому зображені штриховою лінією.
- **Розглянемо декілька прикладів.** У простому сенсорі магнітного поля - *в компасі* - чутливим елементом є намагнічена тонка стрілка (смужка із заліза або з іншого феромагнетика або з їх сплаву), встановлена і урівноважена на вертикальній осі, навколо якої вона може вільно обертатися. Магніт завжди прагне обернутися своїм північним полюсом у напрямі магнітних силових ліній. Роль сигналізатора спільно виконують тут вістря стрілки ішкала з кутовими діленнями, що полегшує відлік кута між напрямом магнітної стрілки і заданим напрямом (напр., напрямом руху).



Прості сенсори

- Якщо магнітна стрілка досить довга, то в посиленні сигналів немає необхідності. А ось механічні вібрації, особливо під час руху, викликають значні коливання, "рискання" стрілки, що утрудняє відлік напряму.
- Для того, щоб зменшити "рискання", внутрішню порожнину компаса заповнюють рідину з оптимально підібраною в'язкістю, яка, з одного боку, ефективно гасить швидкі хаотичні рискання стрілки, а з іншою, - не викликає значного запізнювання повороту стрілки при зміні напряму руху. Ця рідина і виконує в компасі роль селектора корисних сигналів або частотного фільтру, що "відрізує" коливання з частотами вище приблизно 1 Гц.



Прості сенсори

- У звичних медичних *ртутних термометрах* - сенсорах температури тіла - роль чутливого елементу грає невелика крапля ртути, залита всередину скляної колби. Будучи приведена в тепловий контакт з нашим тілом, вона нагрівається до його температури. Чим вище температура тіла, тим більше теплове розширення ртути. Роль підсилювача сигналу грає приєднаний до колби скляний капіляр, в якому невеликі зміни об'єму краплі ртути трансформуються в помітне подовження ртутного стовпчика. Останній разом з приставленою до капіляра температурною шкалою і виконують роль сигналізатора.
- У *простому електрокардіографі* - сенсорі змін електричних потенціалів в різних точках на поверхні грудної клітки - чутливими елементами є електроди з присосками, змочені електролітом для забезпечення електричного контакту з тілом. Оскільки первинні сигнали від них - невеликі електричні потенціали - дуже слабкі, то обов'язково використовують електронні підсилювачі. Як правило, щоб заглушити електромагнітні завади, застосовують також електричний фільтр частот вище приблизно 10 Гц. Роль сигналізатора виконує те або інший пристрій для візуалізації електрокардіограми.



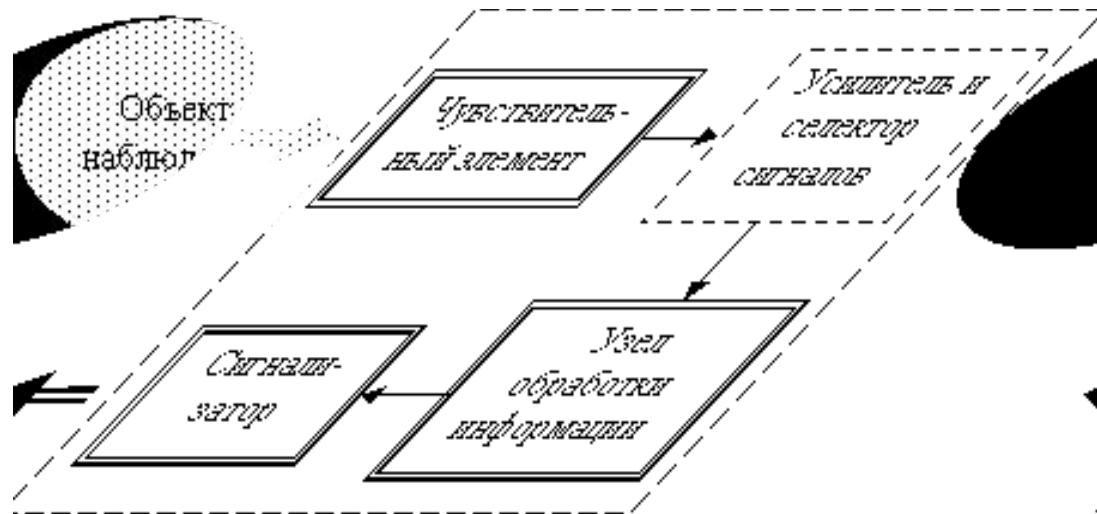
Прості сенсори

- Сенсор без *чутливого елементу* не може працювати.
- Якщо зняти, наприклад, магнітну стрілку з осі компаса, а усе інше залишити, тоді, такий "компас" вже перестане бути сензором магнітного поля Землі.
- Сам *чутливий елемент* без *сигналізатора* не може бути сензором. Якщо, наприклад, магнітну стрілку компаса покласти на зошит або книгу. Магнітна стрілка продовжує "відчувати" магнітне поле Землі. Але із-за значних сил тертя вона вже не може обернутися своїм вістрям у напрямі силових ліній магнітного поля. Якщо відсутній *сигналізатор*, то прилад теж перестає бути сензором.



Структура простого сенсора з обробкою інформації

- Тому тільки разом, тільки в сукупності і у взаємодії чутливий елемент і сигналізатор можуть служити сенсором. Вони є обов'язковими, невід'ємними функціональними вузлами сенсора. З розвитком техніки і зростанням вимог з боку прикладних областей (промисловості, наукових досліджень, медицини, технології) в сенсорах також почали виконувати спочатку просту, а з часом все більш складну обробку інформації. Функціональна схема такого сенсора приведена нижче



Сенсор з обробкою інформації

- Коли фахівцям з фізіології рослин стало необхідно визначати загальну кількість світла, що отримується рослинами за світловий день, був створений відповідний сенсор, в якому чутливим елементом є фотоприймач.
- Під впливом зовнішнього освітлення він генерує фотострум, пропорційний світловому потоку, що падає.
- Фотострум після посилення поступає в конденсатор, який і грає роль вузла обробки інформації, в даному випадку - роль інтегратора. Накопичений в ньому за світловий день електричний заряд якраз і пропорційний кількості світла, отриманій рослинами ("світлосумі").



Сенсор з обробкою інформації

- У *психрометрі* - сенсорі температури і відносної вологості повітря - роль вузла простої обробки інформації грає вбудована в нього *психрометрична* таблиця. У ній користувач, визначивши свідчення "сухого" і "вологого" термометрів, може знайти відповідне значення відносної вологості.
- У деяких психрометрах є також таблиця залежності тиску або щільності насиченої водяної пари від температури. Тоді користувач дістає можливість, визначити не лише відносну, але і абсолютну вологість повітря.
- На прикладі психрометра ми бачимо, що у сенсора можуть бути декілька чутливих елементів. В даному випадку в наявності 3 чутливі елементи: 2 колби з ртуттю, спиртом або іншою рідиною, що збільшує свій об'єм з підвищеннем температури, і волога тканина, якою обмотана колба "вологого" термометра. Вона якраз і є чутливим елементом, що "відчуває" зміни вологості повітря.



Сенсор з обробкою інформації

- У древньому пісочному годиннику - сенсорі часу - ніякої обробки інформації не було. А ось в механічному годиннику з'явилися зубчасті передачі, які і є в цьому сенсорі часу вузлом обробки інформації. Вони перераховують періоди коливань маятника в задані інтервали часу - хвилини і годинник.
- На прикладі стрілочного механічного годинника можна побачити, що сенсор може мати і декілька сигналізаторів. В даному випадку є 2 обов'язкові сигналізатори - хвилинна і годинна стрілки з циферблатором, і може бути навіть 3-ю - секундна стрілка.

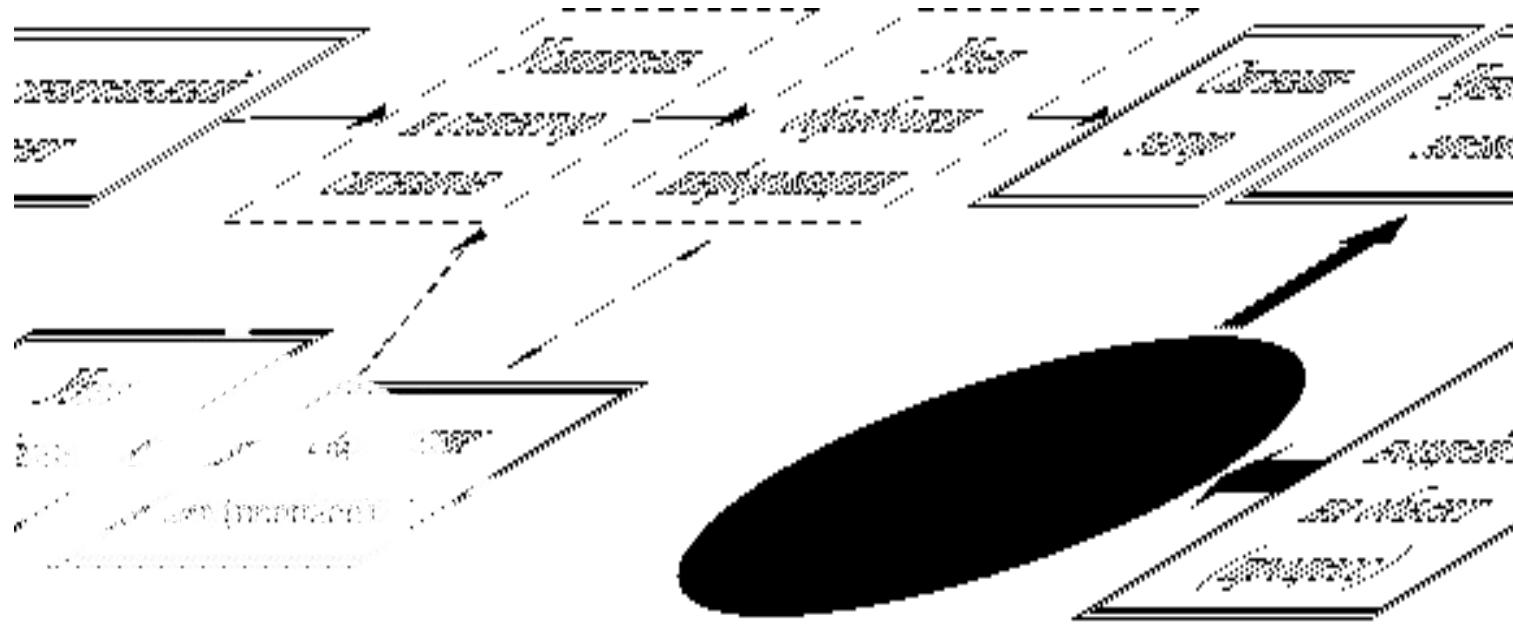


Активні та пасивні сенсори

- ❑ Досі розглядалися приклади простих сенсорів, які тільки реагують на вплив з боку об'єкту спостереження.
- ❑ Такі сенсори називають "**пасивними**".
- ❑ На відміну від них "**активні**" сенсори самі якимсь спеціальним чином впливають на об'єкт спостереження (предмет або процес) і сприймають викликані цим зміни.
- ❑ Одним з прикладів може бути **тонометр** - сенсор артеріального тиску крові. Вузлом дії на об'єкт є в нім манжета, яка накладається на плече або на передпліччі пацієнта і створює усебічний тиск на біотканину і кровоносні судини.
- ❑ Задатчиком дії є надувна гумова "груша" або мініатюрний компресор. Чутливим елементом і одночасно підсилювачем сигналів служить стетоскоп, який приставляють до артерії, розташованої по напряму потоку крові за манжетою.



Функціональна схема активних сенсорів



- Коли манжета здута, кров вільно циркулює по артеріях, і в стетоскопі можна почути глухі удари пульсу. Якщо ж закачати в манжету повітря так, щоб тиск став вищий за систолічний, то артерії перекриваються в результаті зовнішнього тиску на них, і пульсація крові за манжетою припиняється.

Активні та пасивні сенсори

- ❑ Поступово підбурюючи повітря і зменшуючи тим самим зовнішній тиск на артерії, лікар повинен уловити той момент, коли пульсація крові поновлюється. У цей момент тиск повітря в манжеті і її тиск ззовні на артерії приблизно дорівнюють систолічному артеріальному тиску крові усередині артерій.
- ❑ При подальшому зниженні тиску в манжеті пульсові хвилі спочатку посилюються, а потім починають слабшати.
- ❑ Коли тиск в манжеті порівнюється з артеріальним тиском діастоли і опускається нижче, то пульсові удари значно ослабляються.
- ❑ Сигналізатором в цьому сенсорі є сполучений з манжетою манометр, на якому лікар прочитує значення систолічного (у момент відновлення пульсацій крові) і діастоли тиску (у момент значного послаблення пульсацій).
- ❑ Вузла обробки інформації в простих тонометрах немає. Цю обробку виконує людина - лікар.



Активні та пасивні сенсори

- У тонометрі одночасно є присутніми і використовуються 2 чутливі елементи - мембрана, що приставляється до артерії, стетоскопа и манометр, що реагує на зміни тиску в манжеті. Одночасно використовуються і 2 сигналізатори - слухові виходи стетоскопа, які лікар вставляє у вуха, щоб прослуховувати биття пульсу, і стрільця манометра з відповідною шкалою.
- Інший приклад "активного" сенсора наведено з області фізіології рослин. Там свого часу з'явилася необхідність визначати об'ємний потік рідини крізь стебло або по гілках рослини і зміни цього потоку з часом. Вирішено це завдання була так. На стебло (гілку) в одному з місць встановлюють тонкий нагрівач, наприклад, вольфрамовий дріт, крізь який пропускається електричний струм. Нагріваючи гілку в місці свого розташування, нагрівач разом з нею нагріває і рідину, поточну по гілці, до фізіологічно допустимої температури, наприклад, до 39-40 С.



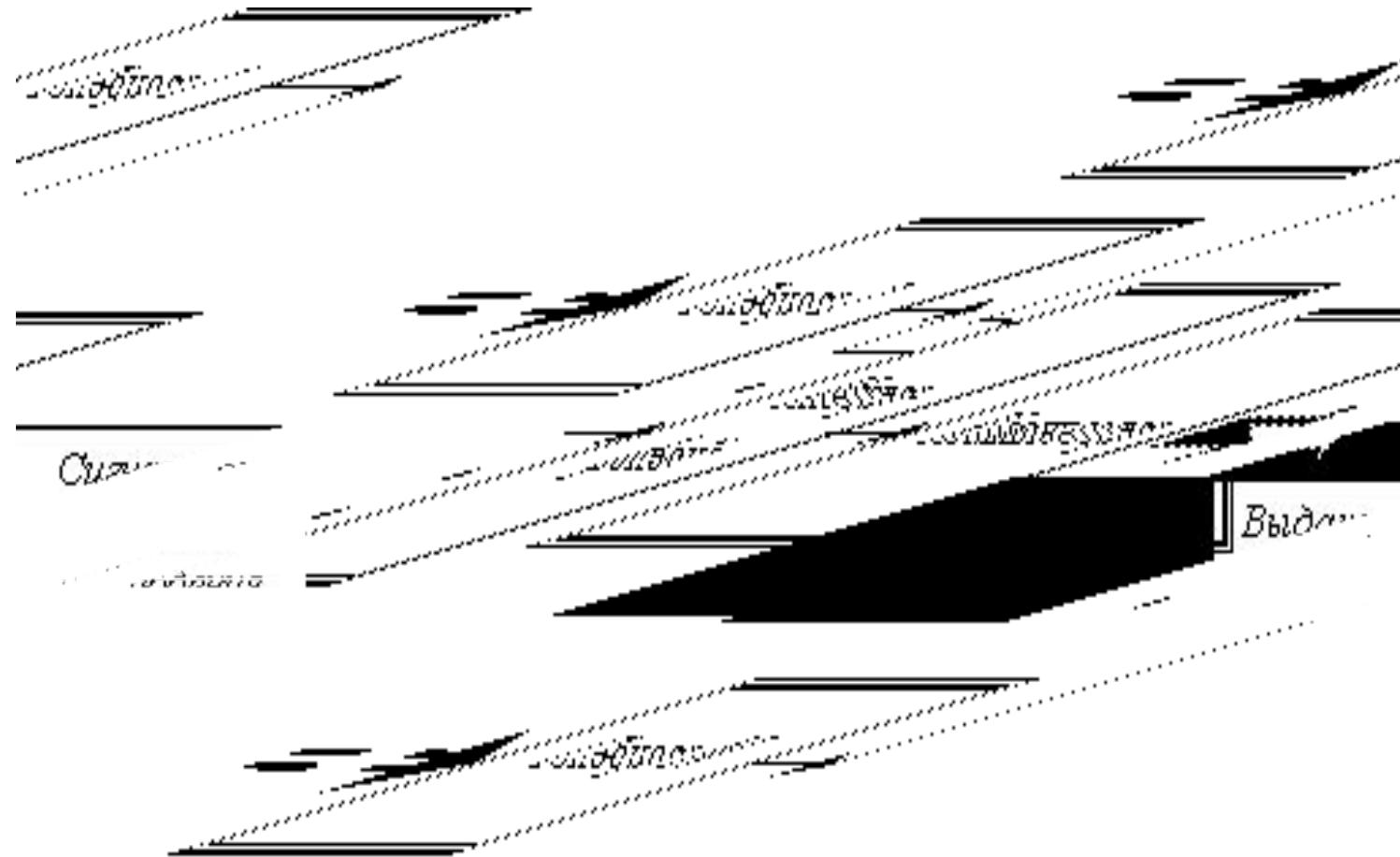
Активні та пасивні сенсори

- ❑ Нагрівач і є в даному випадку вузлом дії на об'єкт. Задатчиком дії служить регульоване джерело струму через нагрівач. Далі по ходу руху рідини уздовж стебла на відстані близько сантиметра встановлюють другий термочутливий елемент (термістор, термопару).
- ❑ Сигнал від нього посилюють, фільтрують по частоті і подають в електронний вузол обробки інформації. Там визначається різниця температур гілки в місцях нагрівання і контролю.
- ❑ Чим сильніше потік рідини, тим більше тепла переносить з собою рідина, і тим менше різниці температур.
- ❑ Таким чином, по зміні різниці температур визначають зміни об'ємного потоку рідини усередині стебла (гілки).



Сенсорно-комп'ютерні системи

Структура "пасивної" сенсорно-комп'ютерної системи



Сенсорно-комп'ютерні системи

- З появою в другій половині минулого століття електронних обчислювальних машин з'явилася і можливість виконувати досить складну обробку первинної інформації, що отримується від сенсора.
- У зв'язку з цим інженери і учені почали створювати "розумні" сенсорно-комп'ютерні системи.
- Сенсори тут грають роль зовнішніх "органів чуття" комп'ютера, поставляючи йому первинну інформацію.
- Складну її обробку, підготовку до видачі отриманих результатів в найбільш зручній для користувача формі, її документування, систематизацію, упаковку і тривале зберігання виконує комп'ютер.



Сенсорно-комп'ютерні системи

- Наприклад, сучасні комп'ютеризовані електрокардіографи і електроенцефалографи.
- У них від багатьох, встановлених в певних позиціях, електродів збираються, посилюються і обробляються слабкі змінні електричні сигнали, обумовлені роботою відповідно серця або головного мозку. А комп'ютер аналізує їх і видає в найбільш зручній формі лікарям.
- У комп'ютерних електрокардіографах, наприклад, не лише обчислюються інтервали часу між "зубцями" кардіограми, що відповідають скороченнюм м'язів серця, і діапазон їх варіування, середня частота пульсу і інші кількісні показники.
- Шляхом зіставлення електрокардіограм, отриманих від різних точок грудної клітки, встановлюється орієнтація електричної осі серця, фіксуються екстрасистоли і інші порушення координації скорочень різних м'язів серця.



Сенсорно-комп'ютерні системи

- У комп'ютеризованій системі магнітокардіографії чутливими елементами є певним чином розташовані в просторі надпровідні квантові інтерферометри, які здатні з високою частотою і точністю сприймати мінімальні зміни магнітного потоку, пов'язані з роботою серця.
- Окрім квантових інтерферометрів, використовують також до десятка чутливих електродів, які дозволяють паралельно знімати також електрокардіограму.
- Інтерфейс складається з електронних схем посилення і попередньої аналогової обробки сигналів і з аналого-цифрових перетворювачів.
- З виходу останніх інформація поступає в комп'ютер, який обробляє отримані дані відповідно до досить складних алгоритмів, видає результати аналізу на екран монітора у вигляді зрозумілих лікареві умовних зображень, цифрових і текстових даних і пропонує деякі діагностичні висновки.



Сенсорно-комп'ютерні системи

- ❑ Ще одним прикладом є пасивні комп'ютерні системи охорони і відеоспостереження.
- ❑ Чутливими елементами в них служать відеокамери і датчики наближення, присутності, зміни обстановки.
- ❑ Сигнали від датчиків і отримані зображення передаються в комп'ютер, де вони маркіруються вказівкою місця виявлення і поточного часу.
- ❑ Далі вони обробляються, зіставляються між собою і із стандартними сигналами, зафікованими в пам'яті. У разі виявлення тривожних змін комп'ютер фіксує їх у своїй довготривалій пам'яті і виробляє сигнали привертання уваги службовців, а на монітори виводиться поліекранна інформація.

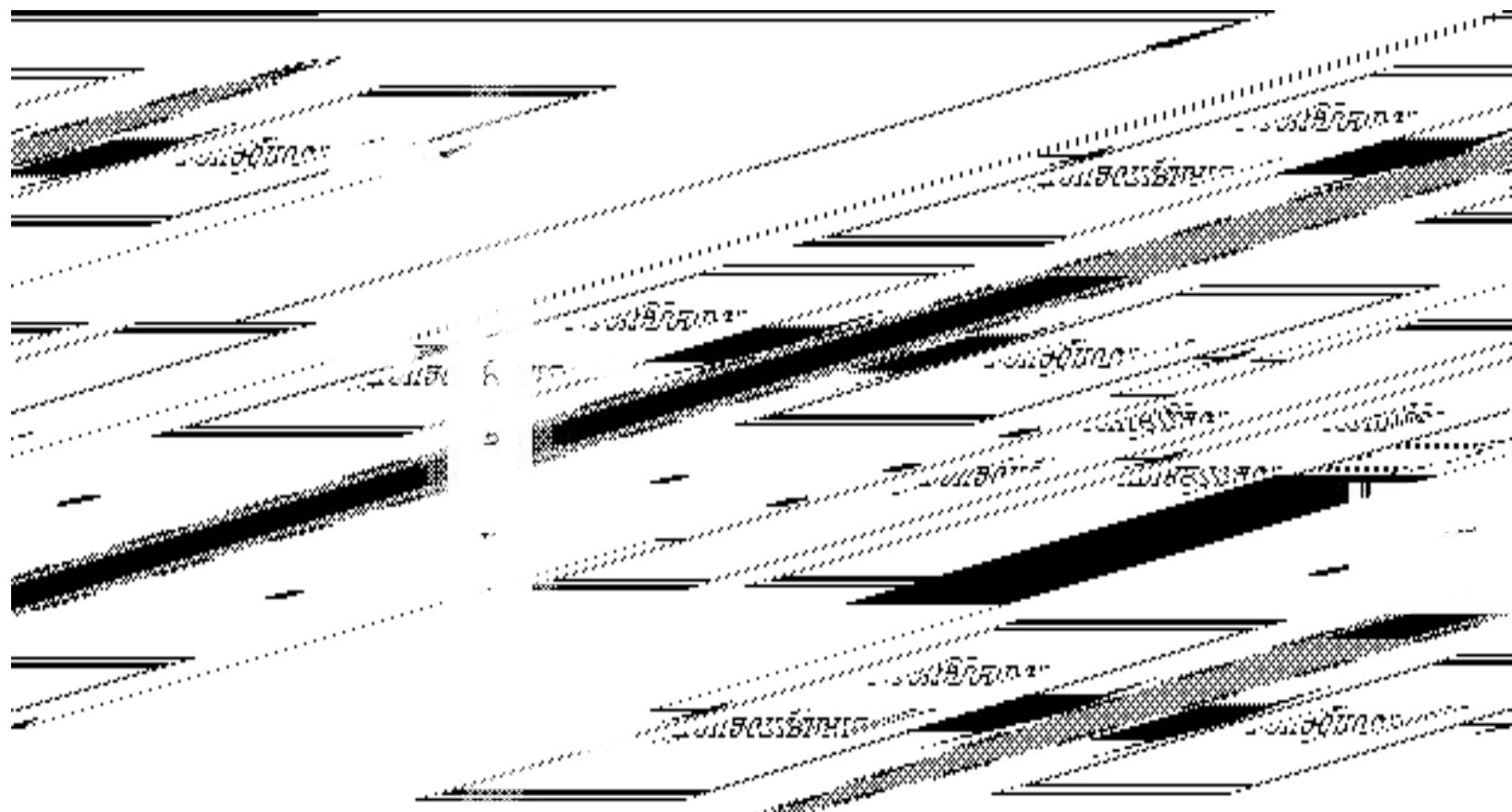


Структура "активних" сенсорно-комп'ютерних систем

- Тут до складу системи входять також засоби дії на досліджуваний об'єкт або процес. Цими засобами управляє комп'ютер, який може автоматично змінювати динаміку, інтенсивність і склад дій залежно від тих, що поступають від сенсорів даних.
- Одним з прикладів такої системи є *комп'ютерні томографи*.
- Об'єктом дослідження для них є головний мозок або інша частина людського тіла. Як вузли дії використовуються точкові джерела рентгенівського випромінювання, місце розташування яких можна міняти відносно досліджуваній частині тіла.
- В якості сенсорів використовують детектори рентгенівського випромінювання, розташовані в одній площині у різних напрямах і під різними кутами.



Структура "активних" сенсорно-комп'ютерних систем



Структура "активних" сенсорно-комп'ютерних систем

- У сучасних томографах, які стали могутнім засобом діагностики захворювань, застосовують вже сотні таких детекторів одночасно. Високопродуктивний комп'ютер на основі великого масиву даних, отриманих багатьма детекторами під різними кутами, виконує складні обчислення, визначаючи за цими даними розподіл щільності живих тканин у відповідному перерізі тіла. Отримані зображення і вичислені показники видаються лікарям.
- За допомогою комп'ютера лікар, який проводить дослідження, залежно від мети може змінювати режими роботи, переміщати вузли дії і масиви сенсорів відносно людського тіла, отримуючи зображення його внутрішньої структури також і в інших перерізах, і так далі.
- Таким чином ("переріз за перерізом") може бути отримана 3-мірна картина внутрішньої будови досліджуваного органу. Одним із засобів дії може бути також введення в організм людини контрастних речовин, що істотно підвищують контрастність зображень і дозволяють досліджувати також і динаміку фізіологічних процесів.



Структура "активних" сенсорно-комп'ютерних систем

- У магніторезонансній томографії засобами дії на досліджуваний орган людини є постійне однорідне магнітне поле, послідовності радіочастотних електромагнітних імпульсів і додаткові слабкі градієнтні магнітні поля. Магнітні моменти атомних ядер з некомпенсованим напівцілим спіном (${}^1H, {}^{13}C, {}^{13}Na, {}^{13}P, \dots$) орієнтуються уздовж постійного магнітного поля. А високочастотне електромагнітне поле збуджує їх прецесію навколо відповідного напряму. При виключенні електромагнітного поля прецесія ще деякий час триває. Збуджені ядра випромінюють при цьому електромагнітні сигнали характерної частоти.
- Це називають "спіновою луною". Сенсорами є чутливі радіоприймачі, налаштовані на частоту ядерного магнітного резонансу, а селекторами - синхронні детектори відповідних імпульсних послідовностей. Амплітуда прийнятих сигналів пропорційна концентрації відповідних ядер в живих тканинах тіла.



Структура "активних" сенсорно-комп'ютерних систем

- Управління випромінюванням електромагнітних імпульсів і накладенням слабкого градієнтного магнітного поля, а також математичну обробку сукупності отримуваних сигналів виконує комп'ютер. На відміну від рентгенівської комп'ютерної томографії магніторезонансне дослідження не супроводжується шкідливим опроміненням організму, яке у великих дозах може бути небезпечним.
- Застосування комп'ютерів надало користувачам не лише можливість отримувати значно збільшенні об'єми набагато краще обробленої і достовірнішої інформації про досліджувані об'єкти. Воно підняло сенсорику на принципово більш високий рівень - на рівень **діагностики**. Старогрецьке слово "*diagnostikos*" означає "здатний розпізнати".



Структура "активних" сенсорно-комп'ютерних систем

- За відсутності комп'ютера інтерпретацію отримуваних від сенсорів даних, виведення з них здатні були виконувати тільки фахівці.
- Фізики на основі отримуваних даних робили висновки про внутрішню структуру, функціонування, поточний стан і властивості досліджуваних фізичних об'єктів, інженери - про стан відповідних машин, технічних систем, про хід технологічних процесів.
- Лікарі визначали стан внутрішніх органів людини, причини, суть захворювань, оцінювали хід лікування. У сенсорно-комп'ютерних системах значну частину складної розумової роботи, накопичення баз даних, цінного досвіду, необхідних для високоякісної діагностики, вдалося вже перекласти на комп'ютер.



Інтелектуальні сенсори

- Зовсім нові можливості з'явилися в 80-х роках ХХ століття, коли почалося серійне виробництво мікропроцесорів і мікрокомп'ютерів, що уміщалися вже на одному кристалі кремнію ("чіпі"). Кожен з них - це маленький універсальний штучний електронний "мозок", який можна вбудувати в сенсор і виконувати в нім досить складну обробку первинної інформації. Тим самим склалися передумови для народження принципово нового класу сучасних "інтелектуальних" сенсорів.
- Такі сенсори, як правило, є "активними", тобто не просто пасивно сприймають вплив, властивості, характеристики об'єкту спостереження, але і самі спеціальним чином впливають на об'єкт, сприймаючи і аналізуючи викликані цим зміни.
- Для них не є проблемою врахувати нелінійність характеристик чутливих елементів, різні поправки і вплив сторонніх дій (напр., зміни температури). Якщо вимагається, вони самі автоматично можуть повторити виміри, усереднити результати, перерахувати в інші одиниці вимірювань і т. п.

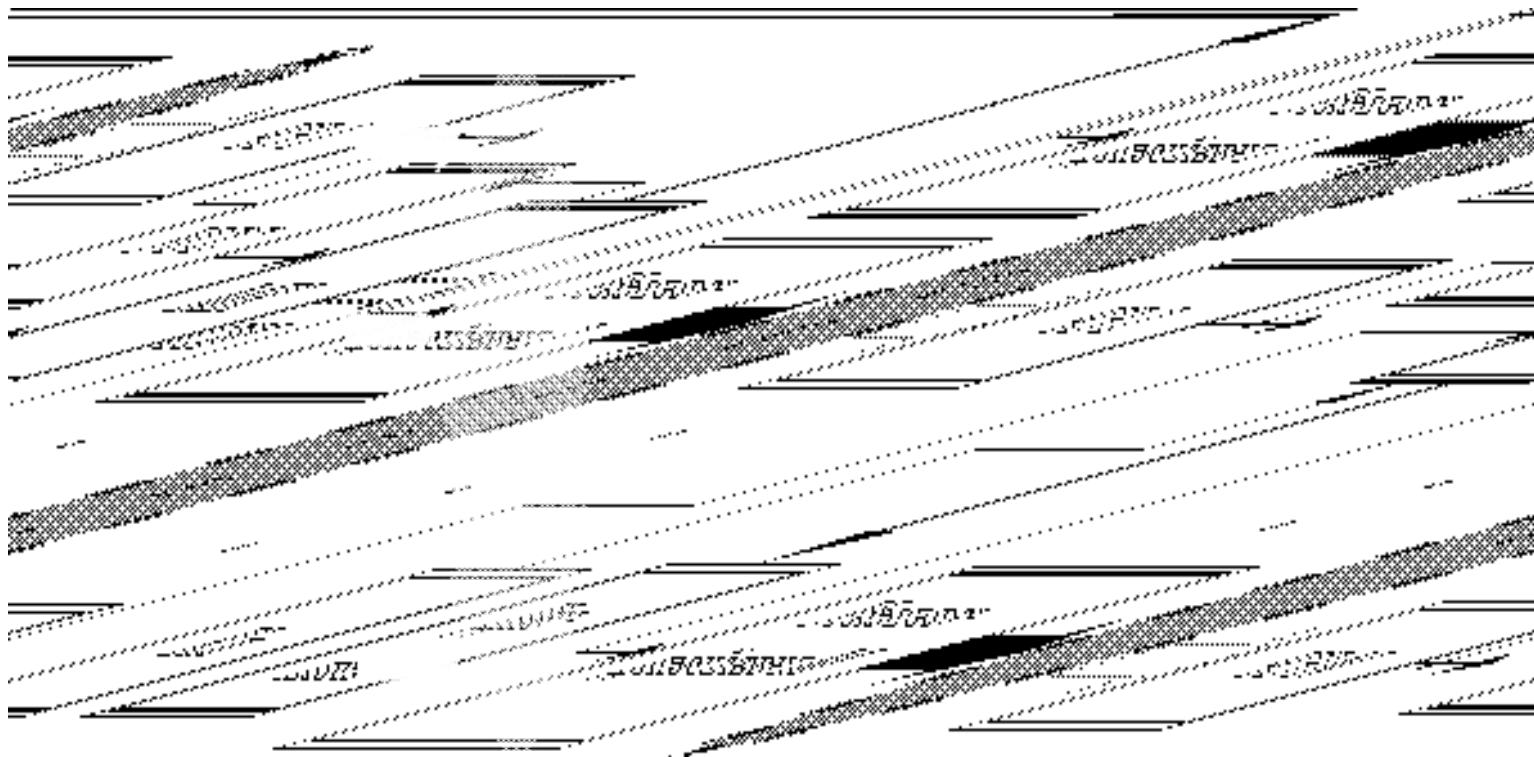


Функціональна схема "інтелектуального" сенсора

- Його "інтелект" зосереджений в мікрокомп'ютері (МК) (інші назви - мікропроцесор, мікроконтроллер, мікроконвертор).
- МК не лише обробляє інформацію, але і організовує усю роботу сенсора і його інформаційний зв'язок із зовнішнім світом - з користувачем, із зовнішнім комп'ютером, з каналом зв'язку або з комп'ютерною мережею.
- Мікрокомп'ютер за наявності відповідних закладених в його пам'ять мікропрограм може виконувати також самоконтроль, контроль усіх вузлів сенсора і видавати користувачеві попередження і діагностичні повідомлення. Користувач має можливість впливати на роботу сенсора через клавіатуру (Кл), зокрема, вибирати і змінювати режими роботи, задавати або змінювати якісь уставки і параметри і т. д.



Функціональна схема "інтелектуального" сенсора



- ЧЕ - чутливі елементи; УСС - підсилювачі-селектори сигналів; МК - мікрокомп'ютер; Кл - клавіатура

Інтелектуальні сенсори

- Отримавши команду про початок роботи, мікрокомп'ютер в передбаченому програмою порядку включає вузли дії на об'єкт спостереження і починає відстежувати сигнали, що поступають від чутливих елементів (ЧЕ). Слабкі або "зашумлені" сигнали заздалегідь посилюються і виділяються в підсилювачі-селекторі сигналів (УСС). Сигнали, що не вимагають посилення або селекції, можуть поступати безпосередньо в мікрокомп'ютер. Відстежуючи дані від чутливих елементів, мікрокомп'ютер може автоматично змінювати інтенсивність або характер дії на об'єкт спостереження, величину посилення або характер селекції сигналів у вузлі УСС.
- Відповідно до заданої мікропрограми мікрокомп'ютер обробляє сукупність сигналів, що поступають від чутливих елементів, а отримані результати перекодує в найбільш зручну для користувача форму і виводить на дисплей. Отримані результати можуть бути також помічені, розсортовані, "упаковані", занесені в довготривалу пам'ять мікрокомп'ютера і зберігатися в ній, а коли знадобиться, то через стандартний інтерфейс (СІ) передані в зовнішній комп'ютер або в комп'ютерну мережу. Завдяки цьому нові "інтелектуальні" сенсори органічно вписуються в новітні високопродуктивні технології промислового і сільськогосподарського виробництва, медичної практики, наукових досліджень.



Інтелектуальні сенсори

- У деяких інтелектуальних сенсорах клавіатуру і дисплей об'єднують у вигляді сенсорного екрану.
- Наявність вбудованого мікрокомп'ютера надає "інтелектуальним" сенсорам небачену раніше гнучкість, можливість автоматичної адаптації до умов роботи, що змінюються. Ставає можливою багатофункціональність, коли, міняючи яку-небудь насадку і переходячи в інший режим роботи, сенсор порівняно легко може виконувати зовсім іншу функцію. Наприклад, багато мобільних телефонів можуть служити і в якості записника, кишеневого комп'ютера, цифрового фотоапарата.
- Інтелектуальний сенсор може бути здатний не лише збирати, обробляти і поставляти ті або інші дані про контролюваний об'єкт, але і інтерпретувати їх, допомагаючи користувачеві в діагностиці і ухваленні рішення.



Інтелектуальні сенсори

- Можна сміливо стверджувати, що без інтелектуальних сенсорів не може функціонувати і справжній штучний інтелект. Адже глибока попередня обробка первинних даних вже в сенсорах - це передумова створення інформаційних моделей усе більш високого рівня.
- Підводячи підсумок, поняття "Інтелектуальний сенсор" можна визначити таким чином.
- **Інтелектуальний сенсор** - це сенсор, що має у своєму складі мікрокомп'ютер і завдяки цьому здатний виконувати досить складну обробку первинної інформації; враховувати все нелінійності і необхідні поправки; видавати дані в найбільш зручній для користувача формі; активно впливати на об'єкт спостереження, сприймаючи і аналізуючи викликані цим зміни; робити самоконтроль і самодіагностику; накопичувати і систематизувати дані; підтримувати інформаційний зв'язок із зовнішнім світом; змінювати режими своєї роботи, адаптуючись до умов, що змінюються; переходити до виконання інших функцій і т. д.



Класифікація інтелектуальних сенсорів

- Інтелектуальні сенсори можна класифікувати, як і прості сенсори, *за призначенням, по класу точності або по швидкодії, по габаритах і масі, по діапазону допустимих умов застосування, по принципах їх дії* і так далі
- За *призначенням*, наприклад, сенсори часто класифікують на призначені для застосування:
 - в тих або інших галузях промисловості (у автомобілебудуванні, авіакосмічній, кораблебудівній, харчовій промисловості ...);
 - в сільському господарстві (у тваринництві, рослинництві, при розведенні і лові риби);
 - в різних видах техніки, медичних приладах, в наукових дослідженнях, в екології;
 - в обслуговуванні населення;
 - в спорті, у військовій справі;
 - для контролю за якістю продуктів, води;
 - для техніки безпеки і охорони об'єктів і т. д.



Класифікація інтелектуальних сенсорів

- Сенсори, що використовуються як вимірювальні прилади, класифікують за призначенням залежно від того, які фізичні величини вони вимірюють. Їх прийнято називати " датчиками " (в'язкості, тиску, магнітного поля, потоку, сили, швидкості, температури, кута повороту, електричних величин і тому подібне).
- **По точності** сенсори класифікують на стандартні класи точність, прийнята в техніці вимірювань. Іноді їх розділяють тільки якісно: на високоточні, середній точності і грубі, такі, що зазвичай називаються "індикаторами".
- **По габаритах і масі** розрізняють великі стаціонарні сенсори (наприклад, радіотелескопи), переносні сенсори, портативні ("кишенськові") сенсори і мікросенсори.
- **По діапазону допустимих умов застосування** розрізняють сенсори, придатні для використання,
 - тільки в лабораторних умовах,
 - в польових умовах або
 - в особливих умовах (при дуже низьких або при дуже високих температурах, в морських умовах або під водою, в умовах підвищеної радіації, у вакуумі) і т. д.



Класифікація інтелектуальних сенсорів

- Набагато складніше йде справа при спробах класифікації сенсорів за принципом дії. Адже сенсори можуть складатися з багатьох вузлів, кожен з яких може діяти по своїх принципах.
- Вибираючи принцип класифікації сенсорів враховується те, що будь-який сенсор, і особливо інтелектуальний сенсор, - це, в першу чергу, інформаційний прилад, який спостерігає з деякого боку навколишній світ і добуває з нього корисну інформацію, необхідну для успішної діяльності всякої саморегулююмої життєздатної системи.
- Інформаційна сторона сенсорів не менш важлива і потрібна, як і їх фізична, фізико-хімічна або біохімічна сторона. А за великим рахунком, вона навіть є головною, визначальною. Бо сенсори, власне кажучи, і існують для того, щоб добувати корисну інформацію.
- Тому існує доцільність класифікації сенсорів саме за інформаційно-фізичною ознакою, зокрема, по фізичній природі первинних інформаційних сигналів, що виникають в них. Такий принцип класифікації доки є незвичним. Проте він є природним і зрозумілим, якщо розглядати сенсори як інформаційні прилади.



Класифікація сенсорів по фізичній природі первинних інформаційних сигналів



Класифікація сенсорів по фізичній природі первинних інформаційних сигналів

- До класу " комбінованих " відносяться сенсори, в яких формуються і використовуються одночасно декілька різних первинних інформаційних сигналів, що мають різну фізичну природу.
- Наприклад, в тонометрі первинні інформаційні сигнали, що поступають через стетоскоп у вуха лікаря, є акустичними. Але паралельно лікар дивиться на манометр і прочитує з нього величину тиску. Цей сигнал має вигляд механічного переміщення стрілки, тобто по фізичній природі є механічним.
- Інший приклад - магнітокардіографи. У них первинними інформаційними сигналами є обумовлені роботою серця невеликі зміни магнітних потоків, що сприймаються надпровідними інтерферометрами, а також синхронні зміни електричних потенціалів на поверхні тіла.



Класифікація сенсорів по фізичній природі первинних інформаційних сигналів

- Чутливим елементом *рівня (ватерпаса)* - сенсора малих відхилень від горизонтального положення плоскої поверхні - являється бульбашка повітря, плаваюча під прозорим віконцем на поверхні води. Під дією виштовхуючої сили (сили Архімеда) бульбашка завжди займає саме верхнє положення. І тому, якщо поверхня, на якій встановлений рівень, нахиляється по відношенню до горизонтальної площини, то бульбашка повітря переміщується. Сигналізатором є нанесена на віконце рівня шкала кутових нахилів, а первинним інформаційним сигналом - переміщення бульбашки повітря відносно шкали. Тому і цей сенсор ми відносимо до класу механічних.
- *Простий компас* - сенсор для точного орієнтування на місцевості - зазвичай відносять до класу "магнітних" з тієї причини, що він реагує на магнітне поле Землі, і його стрілка встановлюється уздовж силових ліній цього поля. Проте первинним інформаційним сигналом в нім є поворот магнітної стрілки, тобто механічне кутове переміщення. Тому по нашій класифікації компас відноситься теж до класу механічних сенсорів.



Класифікація сенсорів по фізичній природі первинних інформаційних сигналів

- До класу механічних слід віднести і *медичні ртутні термометри* - сенсори температури тіла. Адже первинним інформаційним сигналом в них є подовження ртутного стовпчика, тобто *механічне переміщення*.
- *Електрокардіографи*, безумовно, відносяться до класу електричних сенсорів, оскільки первинними інформаційними сигналами в них є зміни електричних потенціалів в різних точках на поверхні грудної клітки.
- При подальшій візуалізації електрокардіограми за допомогою самописця або на екрані електронно-променевої трубки сигнали ці перетворюються на механічні відхилення пера самописця або електронного променя. Лікар же сприймає їх очима у вигляді оптичних сигналів. Тобто фізична природа сигналів потім може змінюватися. Але для класифікації важлива фізична природа саме первинних інформаційних сигналів.



Класифікація сенсорів по фізичній природі первинних інформаційних сигналів

- У **тонометрах** - сенсорах для визначення артеріального тиску крові - первинним інформаційним сигналом є **акустичні коливання**, викликані пульсаціями тиску артеріальної крові. Тому тонометри можна віднести до класу **акустичних сенсорів**.
- Проте, якщо враховувати те, що рівноправним первинним інформаційним сигналом є в них ще і механічне переміщення стрілки манометра, то тонометри слід віднести до класу комбінованих сенсорів - **акустомеханічних**.
- **Магніторезонансний томограф.**
- Первинними інформаційними сигналами є в нім електромагнітні сигнали характерних частот, викликані "спіновою луною", - що триває ще деякий час прецесією спінів ядер після виключення збудливого електромагнітного поля. Тому магніторезонансний томограф в нашій класифікації відноситься до **електромагнітних сенсорів**.



Основні види датчиків

- Використовувані датчики дуже різноманітні і можуть бути класифіковані за різними ознаками:
- - Залежно від виду вхідної (вимірюваною) величини розрізняють: датчики механічних переміщень (лінійних і кутових), пневматичні, електричні, витратоміри, датчики швидкості, прискорення, зусилля, температури, тиски та ін.
- Нині існує приблизно наступний розподіл долі вимірювань різних фізичних величин в промисловості: температура - 50%, витрата (масовий і об'ємний) - 15%, тиск - 10%, рівень - 5%, кількість (маса, об'єм) - 5%, час - 4%, електричний і магнітний величина - менше 4%.
- *По виду вихідної величини*, в яку перетвориться вхідна величина, розрізняють неелектричні і електричні: датчики постійного струму (ЕДС або напруга), датчики амплітуди змінного струму (ЕДС або напруга), датчики частоти змінного струму (ЕДС або напруга), датчики опору (активного, індуктивного або ємнісного) та ін.



Основні види датчиків

- Більшість датчиків є електричними. Це обумовлено наступними достоїнствами електричних вимірювань:
 - - електричні величини зручно передавати на відстань, причому передача здійснюється з високою швидкістю;
 - - електричні величини універсальні в тому сенсі, що будь-які інші величини можуть бути перетворені в електричні і навпаки;
 - - вони точно перетворяться в цифровий код і дозволяють досягти високої точності, чутливості і швидкодії засобів вимірювань.
 - - *За принципом дії датчики* можна розділити на два класи: генераторні і параметричні (датчики-модулятори). Генераторні датчики здійснюють безпосереднє перетворення вхідної величини в електричний сигнал. Параметричні датчики вхідну величину перетворяють в зміну якого-небудь електричного параметра (R , L або C) датчика.
 - - *За принципом дії датчики* також можна розділити на омічні, реостатні, фотоелектричні (оптико-електронні), індуктивні, ємнісні і д.р.



Основні види датчиків

- Розрізняють три класи датчиків :
 - аналогові датчики, тобто датчики, що виробляють аналоговий сигнал, пропорційно зміні вхідної величини;
 - цифрові датчики, що генерують послідовність імпульсів або двійкове слово;
 - бінарні (двійкові) датчики, які виробляють сигнал тільки двох рівнів : "включено/вимкнено" (інакше кажучи, 0 або 1); отримали широке поширення завдяки своїй простоті.
- Вимоги, що пред'являються до датчиків :
 - однозначна залежність вихідної величини від вхідної;
 - стабільність характеристик в часі;
 - висока чутливість;
 - малі розміри і маса;
 - відсутність зворотної дії на контролюваний процес і на контролюваний параметр;
 - робота за різних умов експлуатації;
 - різні варіанти монтажу.



Основні види датчиків

- **Параметричні датчики (датчики-модулятори)** вхідну величину X перетворять в зміну якого-небудь електричного параметра (R , L або C) датчика. Передати на відстань зміну перерахованих параметрів датчика без сигналу (напруги або струму), що несе енергію, неможливо. Виявити зміну відповідного параметра датчика тільки і можна по реакції датчика на струм або напругу, оскільки перераховані параметри і характеризують цю реакцію. Тому параметричні датчики вимагають застосування спеціальних вимірювальних ланцюгів з живленням постійним або змінним струмом.
- **Омічні (резистивні) датчики** - принцип дії ґрунтуються на зміні їх активного опору при зміні довжини l , площині перерізу S або питомого опору r : $R = \rho l / S$. Крім того, використовується залежність величини активного опору від контактного тиску і освітлення фотоелементів. Відповідно до цього омічні датчики ділять на: контактні, потенціометри (реостатні), тензорезисторні, терморезисторні, фоторезистори.



Основні види датчиків

- Подібно до того, як база даних управляє доступом до збережених даних, шина даних управляє доступом до даних та оновленнями одночасно багатьох користувачів. Це саме те, що потрібно високопродуктивним пристроям, щоб вони працювали разом, як єдина система.
- *Контактні датчики* - це простий вид датчиків резисторів, які перетворяють переміщення первинного елементу в стрибкоподібну зміну опору електричного ланцюга. За допомогою контактних датчиків вимірюють і контролюють зусилля, переміщення, температуру, розміри об'єктів, контролюють їх форму і т. д. До контактних датчиків відносяться путні і кінцеві вимикачі, контактні термометри і так звані електродні датчики, використовувані в основному для виміру граничних рівнів електропровідних рідин.
- *Недолік контактних датчиків* - складність здійснення безперервного контролю і обмежений термін служби контактної системи. Але завдяки граничній простоті цих датчиків їх широко застосовують в системах автоматики.



Основні види датчиків

- *Реостатні датчики* є резистором з активним опором, що змінюється. Вхідною величиною датчика є переміщення контакту, а вихідний - зміна його опору. Рухливий контакт механічно пов'язаний з об'єктом, переміщення (кутове або лінійне) якого необхідно перетворити.
- Датчики потенціометрів, що конструктивно є змінними резисторами, виконують з різних матеріалів - обмотувального дроту, металевих плівок, напівпровідників і т. д.
- *Тензорезистори (датчики тензометрувань)* служать для вимірювання механічної напруги, невеликих деформацій, вібрації. Дія тензорезисторів ґрунтуються на тензоекфекті, що полягає в зміні активного опору провідників і напівпровідників матеріалів під впливом додаваних до них зусиль.



Основні види датчиків

- *Індуктивні датчики* служать для безконтактного отримання інформації про переміщення робочих органів машин, механізмів, роботів і тому подібне і перетворення цієї інформації в електричний сигнал. Принцип дії індуктивного датчика базується на зміні індуктивності обмотки на магнітопроводі залежно від положення окремих елементів магнітопроводу (якоря, сердечника та ін.).
- *Переваги індуктивних датчиків* :
 - - немає механічного зносу, відсутні відмови, пов'язані із станом контактів;
 - - відсутній брязкіт контактів і неправдиві спрацьовування;
 - - висока частота перемикань до 3000 Hz;
 - - стійкий до механічних дій;
- *Основні недоліки* - порівняно мала чутливість, залежність індуктивного опору від частоти живлячої напруги, значна зворотна дія датчика на вимірювану величину (за рахунок притягнення якоря до сердечника).



Основні види датчиків

- **Ємнісні датчики** - принцип дії базується на залежності електричної місткості конденсатора від розмірів, взаємного розташування його обкладань і від діелектричної проникності середовища між ними.
- **Переваги ємнісних датчиків** - простота, висока чутливість і мала інерційність. **Недоліки** - вплив зовнішніх електрических полів, відносна складність вимірювальних пристроїв. Ємнісні датчики застосовують для виміру кутових переміщень, дуже малих лінійних переміщень, вібрацій, швидкості руху і т. д., а також для відтворення заданих функцій (гармонійних, пилкоподібних, прямоугутних і т. п.).
- **Генераторні датчики** здійснюють безпосереднє перетворення вхідної величини X в електричний сигнал. Такі датчики перетворять енергію джерела вхідної (вимірюваною) величини відразу в електричний сигнал, тобто вони є як би генераторами електроенергії (звідки і назва таких датчиків - вони генерують електричний сигнал).



Основні види датчиків

- **Температурні датчики.**
- Якщо розглядати датчики температури для промислового застосування, то можна виділити їх основні класи: *кремнієві датчики температури, біметалічні датчики, рідинні і газові термометри, термоіндикатори, термістори, термопари, термоперетворювачі опору, інфрачервоні датчики.*
- **Кремнієві датчики температури** використовують залежність опору напівпровідникового кремнію від температури. Діапазон вимірюваних температур - 50.+150 °С. Застосовуються в основному для виміру температури усередині електронних пристрій.
- Біметалічний датчик зроблений з двох різnorідних металевих пластинів, скріплених між собою. Різні метали мають різний температурний коефіцієнт розширення. Якщо сполучені в пластину метали нагрівати або охолодити, то вона зігнеться, при цьому замкне (розімкне) електричні контакти або переведе стрілку індикатора. Діапазон роботи біметалічних датчиків - 40.+550 °С.



Основні види датчиків

- Використовуються для виміру поверхні твердих тіл і температури рідин. Основні сфери застосування - автомобільна промисловість, системи опалювання і нагріву води.
- *Термоіндикатори* - це особливі речовини, що змінюють свій колір під впливом температури. Зміна кольору може бути обертоною і безповоротною. Робляться у вигляді плівок.
Термоперетворювачі опору - принцип дії термоперетворювачів опору (терморезисторів) ґрунтуються на зміні електричного опору провідників і напівпровідників залежно від температури.
- *Інфрачервоні датчики (пірометри)* - використовують енергію випромінювання нагрітих тіл, що дозволяє вимірювати температуру поверхні на відстані. Пірометри діляться на радіаційні, яскравісні і колірні.



Основні види датчиків

- **Кварцеві термоперетворювачі.** Для виміру температур від - 80 до +250 градусів часто використовуються так звані кварцеві термоперетворювачі, що використовують залежність власної частоти кварцевого елементу від температури. Робота цих датчиків базується на тому, що залежність частоти перетворювача від температури і лінійність функції перетворення змінюються залежно від орієнтації зрізу відносно осей кристала кварцу. Ці датчики широко використовуються в цифрових термометрах.
- **П'єзоелектричні датчики.** Дія п'єзоелектричних датчиків базується на використанні п'єзоелектричного ефекту (п'єзоефекту), що полягає в тому, що при стискуванні або розтягуванні деяких кристалів на їх гранях з'являється електричний заряд, величина якого пропорційна діючій силі. П'єзоефект обернений, тобто прикладена електрична напруга викликає деформацію п'єзоелектричного зразка - стискування або розтягування його відповідно до знаку прикладеної напруги. Це явище, що називається зворотним п'єзоефектом, використовується для збудження і прийому акустичних коливань звукової і ультразвукової частоти. Використовуються для виміру сил, тиску, вібрації і т. д.



Основні види датчиків

- **Оптичні (фотоелектричні) датчики.** Розрізняють аналогові і дискретні оптичні датчики. У аналогових датчиків вихідний сигнал змінюється пропорційно зовнішній освітленості. Основна сфера застосування - автоматизовані системи управління освітленням. Датчики дискретного типу змінюють вихідний стан на протилежне досягши заданого значення освітленості. Фотоелектричні датчики можуть бути застосовані практично в усіх галузях промисловості. Датчики дискретної дії використовуються як своєрідні безконтактні вимикачі для підрахунку, виявлення, позиціонування і інших завдань на будь-якій технологічній лінії.
- **Оптичний безконтактний датчик,** реєструє зміну світлового потоку в контролюваній області, пов'язану зі зміною положення в просторі будь-яких частин механізмів і машин, відсутності або присутності об'єктів, що рухаються. Завдяки великим відстаням спрацьовування оптичні безконтактні датчики знайшли широке застосування в промисловості і не лише.



Основні види датчиків

- По своєму призначенню фотодатчики діляться на дві основні групи: *датчики загального застосування* і *спеціальні датчики*.
- До *спеціальних*, відносяться типи датчиків, призначенні для вирішення вузького круга завдань. Приміром, виявлення кольорової мітки на об'єкті, виявлення контрастної межі, наявність етикетки на прозорій упаковці і т. д.
- Завдання датчика виявити об'єкт на відстані. Ця відстань варіюється в межах 0,3мм-50м, залежно від вибраного типу датчика і методу виявлення.



Висновки

Сенсор - цей пристрій (прилад, орган, вузол), що перетворює фізичну (фізико-хімічне) зміну в об'єкті спостереження, його дія на чутливий елемент в інформаційний сигнал для користувача. Сенсор - ця сполучна ланка між реальним "фізичним" світом і світом інформаційних моделей, між матерією і інформацією.

Інтелектуальний сенсор - це сенсор, що має у своєму складі мікрокомп'ютер і завдяки цьому здатний виконувати досить складну обробку первинної інформації; враховувати усі необхідні поправки і нелінійності; видавать дані в найбільш зручній для користувача формі; активно впливати на об'єкт спостереження, сприймаючи і аналізуючи викликані цим зміни; робити самоконтроль і самодіагностику; накопичувати і систематизувати дані; підтримувати інформаційний зв'язок із зовнішнім світом; змінювати режими своєї роботи, адаптуючись до умов, що змінюються; легко переходити до виконання інших функцій і т. д.



Література

1. Tripathy B. Internet of Things (IoT): TeChnologies, AppliCations, Challenges and Solutions (англ.) / B. Tripathy, J. Anuradha. – Florida: CRC Press, 2017. – 334 с.
2. Sutaria, R., and Raghunath, G., "Making sense of interoperability: Protocols and Standardization initiatives in IoT," International Conference on Recent Trends in Communication and Computer Networks – ComNet 2013, 2013.
3. Lake, D., Rayes, A., and Morrow, M., "The Internet of Things," The Internet Protocol Journal, Volume 15, No. 3, September 2012.
4. ITU-T, "Overview of the Internet of Things," Recommendation Y.2060, June 2012.
5. Ferguson, J., and Redish, A., "Wireless Communication with Implanted Medical Devices Using the Conductive Properties of the Body," Expert Review of Medical Devices, Volume 6, No. 4, 2011, <http://www.expert-reviews.com>.
6. ITU-T, "Common Requirements and Capabilities of a Gateway for Internet of Things Applications," Recommendation Y.2067, June 2014.
7. Linux Foundation розвиває EdgeX, нову платформу для Інтернету речей. (25 квітня 2017). Посилання <https://www.opennet.ru/opennews/art.shtml?num=46446>
4. Frahim, J., et al., "Securing the Internet of Things: A Proposed Framework," Cisco White Paper, March 2015.
5. Хмарні технології в автоматизації.: комплексний підхід від Eurotech. Олексій П'ятницьких. (2016, Жовтень). Control Engineering Росія. Перевірено 04.04.2018 за посиланням http://controleng.ru/wp-content/uploads/CE_IoT_Listalka.pdf





Національний технічний університет України
«КПІ ім. І. Сікорського»
Факультет Інформатики та обчислювальної техніки

Технології Інтернет речей



Лекція 6

Індустрія 4.0. Smart Manufacturing. Smart Factory

Жураковський Б.Ю. (2024)

Зміст

1. Індустрія 4.0
2. Промисловий Інтернет Речей
3. Machine Learning - Машинне навчання
4. Smart Factory - розумне виробництво



Промислові революції

- **Перша промислова революція** була обумовлена появою парових машин. Вона обплутала світ інфраструктурою залізниць.



Промислові революції

- **Друга промислова революція** була пов'язана з появою конвеєра та електрики. Вона створила мережу шосе та кабелів у всьому світі.
- **Третя промислова революція** – середина 20-го століття, поява комп'ютерних технологій, цифрова революція, автоматизація виробництва. Ця революція в більшій мірі була пов'язана з інформатизацією і створенням інтернету.
- **Четверта промислова революція** – впровадження кіберфізичних систем і персоналізованого виробництва. Вона поєднує засоби виробництва і власне продукцію. Якщо зараз усі процеси виробництва контролює людина через комп'ютер, то у четвертій промислові революції продукт, який виробляється, сам може взаємодіяти з верстатом, з конвеєром, з споживачем, а сам споживач може на це впливати.



Індустрія 4.0

- **Індустрія 4.0 (Industry 4.0)** - провідний тренд «Четвертої промислової революції», яка відбувається на наших очах.
- Зараз ми живемо в епоху завершення третьої, цифрової революції, що почалася в другій половині минулого століття. Її характерні риси - розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, автоматизація та роботизація виробничих процесів.
- Характерні риси Індустрії 4.0 - це повністю автоматизовані виробництва, на яких керівництво всіма процесами здійснюється в режимі реального часу і з урахуванням мінливих зовнішніх умов. Кіберфізичні системи створюють віртуальні копії об'єктів фізичного світу, контролюють фізичні процеси і приймають децентралізовані рішення. Вони здатні об'єднуватися в одну мережу, взаємодіяти в режимі реального часу, самоналагоджуватися і самонавчатися. Важливу роль відіграють інтернет-технології, що забезпечують комунікації між персоналом та машинами. Підприємства виробляють продукцію відповідно до вимог індивідуального замовника, оптимізуючи собівартість виробництва.



Індустрія 4.0

- Розвиток інтернету, інфокомуникаційних технологій (ІКТ), стійких каналів зв'язку, хмарних технологій і цифрових платформ забезпечили появу відкритих інформаційних систем і глобальних промислових мереж, що виходять за межі окремого підприємства і взаємодіючих між собою. Такі системи і мережі надають перетворює вплив на всі сектори сучасної економіки та бізнесу за межами самого сектора ІКТ, і переводять промислову автоматизацію на нову четверту сходинку індустріалізації.
- Компоненти «*Industry 4.0*»:
 - елементи *Інтернету речей*;
 - штучний інтелект, машинне навчання і робототехніка;
 - хмарні обчислення;
 - *Big Data*;
 - аддитивне виробництво;
 - кібербезпека;
 - інтеграційна система;
 - моделювання;
 - віртуальна та доповнена реальність.



Індустрія 4.0

- В основі Industry 4.0 лежать *smart manufacture*. На таких підприємствах можна реалізувати виробничі процеси будь-якої складності, при цьому звівши до мінімуму ризик збоїв і забезпечивши ефективне створення «розумних» продуктів. Однією з важливих складових подібних виробництв є безпроводові мережі, які охоплюють всі процеси, машини, ресурси і співробітників, а також дозволяють налагодити обмін даними між компаніями.
- В рамках нового виробництва «розумні» продукти можна точно ідентифікувати, дізнатися їх поточний стан, які виробничі процеси вони вже пройшли, а які тільки чекають – у всіх подrobiцах.
- Залежно від отриманої інформації *smart manufacture* вибудовують маршрут прямування продукту і роботу устаткування. Такий підхід дозволяє забезпечити мобільність і поліпшити логістику.



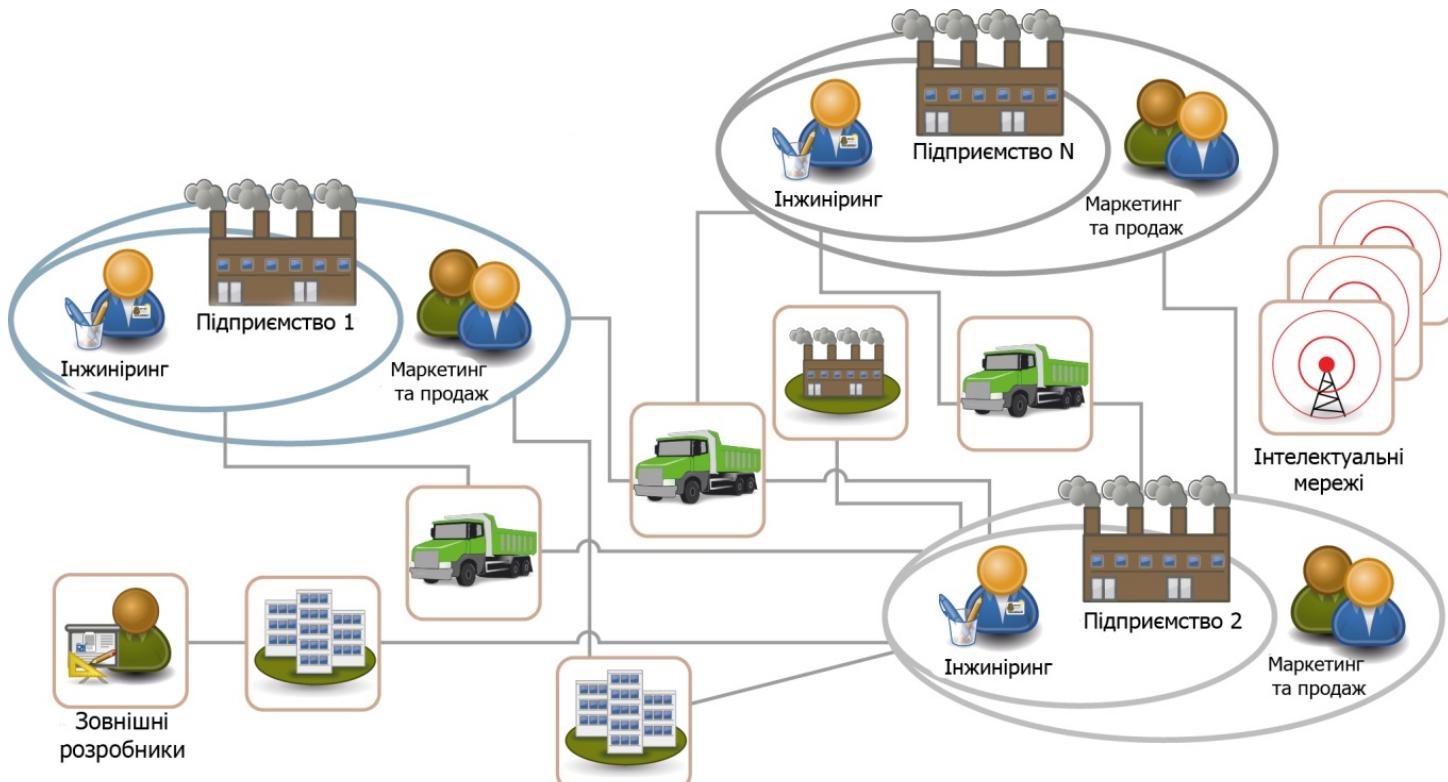
Індустрія 4.0

- Завдяки глобальним мережам «розумні» продукти можна буде відстежувати в протягом усього циклу виробництва в режимі реального часу. У деяких випадках вони навіть зможуть практично автономно контролювати процес свого виробництва, забезпечуючи оптимізацію даних етапів з точки зору логістики, обслуговування та інтеграції з іншими процесами підприємства.
- Також в подальшому в будь-який момент можна буде інтегрувати в «розумну» продукцію деякі сервісні функції та задати специфічні параметри конструкції, формування замовлення, планування виробництва, експлуатації та утилізації, що особливо важливо при випуску невеликих партій товару.
- «Розумні» підприємства будуть здатні враховувати індивідуальні вимоги замовників, в будь-яку хвилину змінюючи режим роботи виробництва і швидко реагуючи на збої в роботі постачальників. Повна прозорість виробничих процесів дозволяє приймати оптимальні рішення і створювати нові бізнес-моделі.



Індустрія 4.0

- Також для впровадження «Industry 4.0» необхідно розвивати мережеву інфраструктуру, збільшувати пропускну здатність для ресурсоємних додатків і підвищувати якість обслуговування мережі, особливо в тих випадках, коли час виконання завдання критично важливо. Можливий варіант побудови глобальних мереж на «розумному» підприємстві із зазначенням зв'язків між інтелектуальними об'єктами і службами:



Індустрія 4.0

CPS – це рішення типу «хмара в коробці», призначене для підтримки процесів підприємства і об'єднують їх мереж. За допомогою додатків, наданих цією платформою, можна буде забезпечити надійний зв'язок між співробітниками, об'єктами і системами. Такі додатки передбачають:

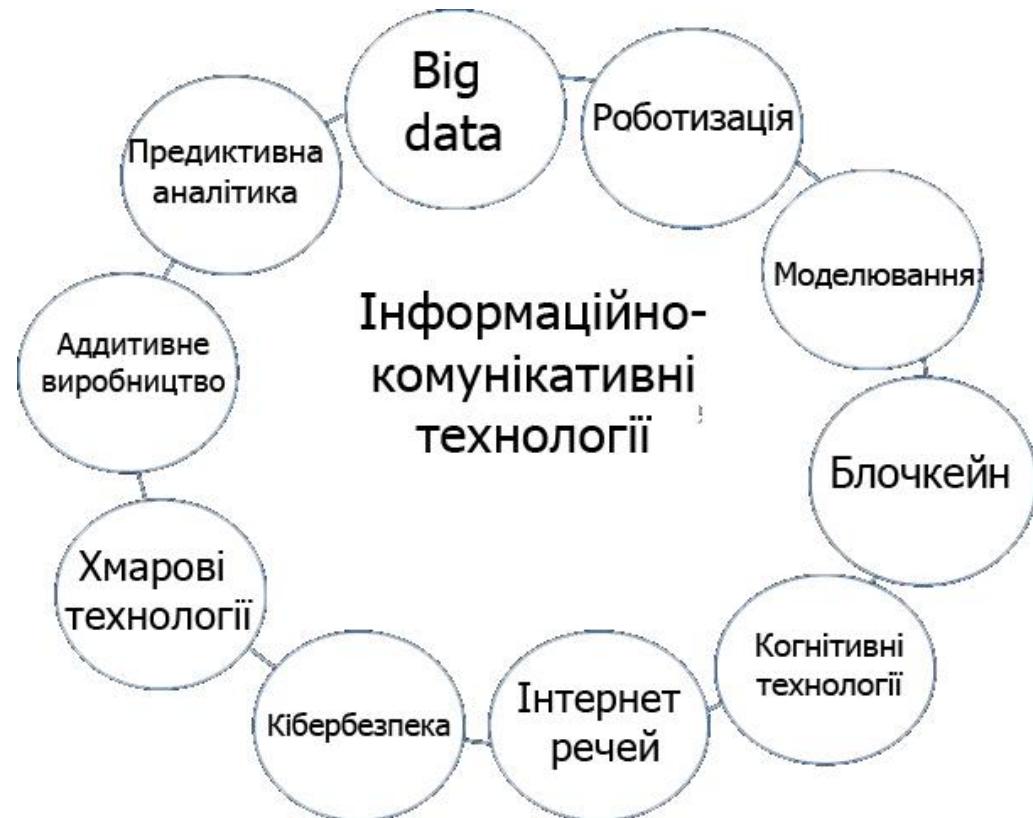
- гнучкість, продуктивність і простоту використання розроблених сервісів;
- легке розгортання моделі бізнес-процесів безпосередньо з App Store;
- комплексне, bezpeчne i надійне резервне копіювання всіх бізнес-процесів;
- безпеку i надійність всього виробничого процесу – від датчиків до призначених для користувача мереж;
- підтримку мобільних платформ і пристройів;
- підтримку спільного виробництва, процесів обслуговування, аналізу i прогнозування в мережах.



Індустрія 4.0

- При розробці сервісів і додатків на CPS-платформах необхідно враховувати вимоги вертикальної і горизонтальної інтеграції.
- При цьому в рамках «Industry 4.0» поняття додатків має більш широкий зміст, ніж в разі веб-сервісів: створення загальних служб і додатків повинно бути частиною спільної роботи компаній.
- Умовний варіант побудови глобальних мереж на базі CPS-платформи із забезпеченням зв'язку між інтелектуальними об'єктами представлений на рис.:

Основні об'єкти Industry 4.0



Індустрія 4.0. Технології

- Експерти виділяють чотири базових технології, в результаті впровадження яких очікуються революційні зміни.
- *Інтернет речей (Internet of Things, IoT)*. У цій технології Інтернет використовується для обміну інформацією не тільки між людьми, але і між різними «речами», тобто машинами, пристроями, датчиками і т.д. З одного боку, речі, забезпечені датчиками, можуть, обмінюватися даними і обробляти їх без участі людини. З іншого боку, людина може активно брати участь в цьому процесі, наприклад, коли мова йде про «розумний будинок».
- Різновидом IoT є *промисловий (індустріальний) інтернет речей (Industrial Internet of Things, IIoT)*. Саме він відкриває пряму дорогу до створення повністю автоматизованих виробництв. Починається все з того, що ключові компоненти обладнання забезпечуються різними датчиками, виконавчими механізмами і контролерами; зібрані дані обробляються і надсилаються до відповідних служб підприємства, що дозволяє персоналу оперативно приймати обґрунтовані і виважені рішення. Але завдання-максимум полягає в досягненні такого рівня автоматизації підприємства, при якому на всіх ділянках, де це можливо, машини працюють без участі людей. Роль персоналу при цьому зводиться до контролю роботи машин і реагування лише на екстремальні ситуації.



Індустрія 4.0. Технології

- **Цифрові екосистеми.** Це системи, що складаються з різних фізичних об'єктів, програмних систем і керуючих контролерів, що дозволяють уявити таке утворення як єдине ціле. Фізичні та обчислювальні ресурси в такий екосистемі тісно пов'язані, моніторинг і управління фізичними процесами здійснюється з використанням технологій ІІоТ. Традиційні інженерні моделі гармонійно співіснують з комп'ютерними.
- **Аналітика великих даних (Data Driven Decision) або просто Великі дані (Big data).** Величезні обсяги інформації, що накопичуються в результаті «оцифрування» фізичного світу, можуть бути ефективно оброблені тільки комп'ютерами (в майбутньому, можливо, квантовими), із застосуванням хмарних обчислень і технологій штучного інтелекту (*Artificial Intelligence*). В результаті людина, яка керує той чи інший процес, ситуацію, обстановку має отримувати оброблені дані, максимально зручні для сприйняття, аналізу і ухвалення рішення.



Індустрія 4.0. Технології

- *Складні інформаційні системи, відкриті для використання клієнтами і партнерами (цифрові платформи).* Це можуть бути цифрові платформи і системи для управління бізнес-процесами, для інтеграції інтернету речей в фізичні бізнес-процеси, для аналізу і прогнозування стану обладнання і т.д.
- Четверта промислова революція, крім перерахованих вище сфер прискореного розвитку, може також задіяти широке впровадження 3D-друку, друкованої електроніки, застосування розподілених реєстрів (тобто технології блокчайн, яка стала популярною після створення на її основі криптовалюти), використання віртуальної і доповненої реальності і навіть розробку автономних роботів, які будуть не компонентами автоматизованих ліній, як зараз, а цілком мобільними високоінтелектуальними пристроями, здатними працювати поруч з людьми.
- За прогнозами Всесвітнього Економічного Форуму, більшість технологій Четвертої революції стане повсякденністю вже в 2027 році. А це означає, що з'являться не тільки розумні будинки, а й розумні міста, безпілотні автомобілі на вулицях, штучний інтелект в офісах і суперкомп'ютери в кишенях.¹



Індустрія 4.0. Технології

- Вперше про програму «Індустрія 4.0» мова зайшла у 2011 році на промисловій виставці в Ганновері, де уряд Німеччини поставив задачу розширити застосування інформаційних технологій у виробництві. Над створенням програми модернізації промислових підприємств країни в цьому напрямку працювала високопрофесійна команда, до якої увійшли представники бізнесу і держави. *Мета програми - збереження і збільшення конкурентних переваг підприємств країни.*



Промисловий Інтернет Речей

- Ключовою технологією програми Індустрія 4 вважається Інтернет Речей.
- Складовою частиною Інтернету Речей і його головною на даному етапі розвитку технологій рушійною силою є *Промисловий (або Індустріальний) Інтернет Речей (Industrial Internet of Things, IIoT)*.
- **Промисловий Інтернет Речей** - це система об'єднаних комп'ютерних мереж і підключених до них промислових (виробничих) об'єктів з вбудованими датчиками і програмним забезпеченням для збору та обміну даними, з можливістю віддаленого контролю і управління в автоматизованому режимі, без участі людини.



Промисловий Інтернет Речей

- На першому етапі впровадження IIoT на промислове обладнання встановлюють датчики, виконавчі механізми, контролери та людино-машинні інтерфейси. В результаті стає можливим збір інформації, яка дозволяє керівництву отримувати об'єктивні і точні дані про стан виробництва.
- Оброблені дані надаються всім підрозділам підприємства. Це допомагає налагодити взаємодію між співробітниками різних підрозділів і приймати обґрунтовані рішення.
- Отримана інформація може бути використана для запобігання позаплановим простоям, поламкам устаткування, скороченню позапланового техобслуговування та збоям в управлінні ланцюжками поставок, тим самим дозволяючи підприємству функціонувати більш ефективно.



Промисловий Інтернет Речей

- При обробці величезного масиву неструктурованих даних, що надходять з датчиків, їх фільтрація і адекватна інтерпретація стає пріоритетним завданням. Тому особливого значення набуває представлення інформації в зрозумілому користувачеві вигляді. Для цього використовуються передові аналітичні платформи, призначені для збору, зберігання і аналізу даних про технологічні процеси і події, що відбуваються в реальному масштабі часу.¹
- Промисловий Інтернет Речей дозволяє створювати виробництва, які виявляються більш ощадливими, гнучкими і ефективними, ніж існуючі. Безпроводові пристрой з підтримкою протоколу IP, включаючи смартфони, планшети і датчики, вже активно використовуються на виробництві.
- Наявні проводові мережі датчиків в найближчі роки будуть розширені і доповнені безпроводовими мережами, завдяки чому на підприємствах суттєво розширяться зони застосування систем моніторингу та управління.
- Наступний етап оптимізації виробничих процесів буде характеризуватися все більш щільною конвергенцією кращих інформаційних і операційних технологій.



Принципи побудови Індустрії 4.0

- Було сформульовано кілька основних принципів побудови "Індустрії 4.0", дотримуючись яких компанії можуть впроваджувати сценарії четвертої промислової революції на своїх підприємствах.
- **Перший** — це сумісність, що означає здатність машин, пристроїв, сенсорів та людей взаємодіяти один з одним через інтернет речей (IoT).
- Це веде до наступного принципу — **прозорості, яка з'являється у результаті такої взаємодії**. У віртуальному світі створюється цифрова копія реальних об'єктів, систем, функцій, яка точно повторює все те, що відбувається з її фізичним клоном. Внаслідок цього накопичується максимально вичерпна інформація про всі процеси, які відбуваються з обладнанням, "розумними" продуктами, виробництвом у цілому і так далі. Для цього потрібно забезпечити можливість збору всіх цих даних із сенсорів та датчиків, а також з обліку контексту, у якому вони генеруються.



Принципи побудови Індустрії 4.0

- *Технічна підтримка – третій принцип "Індустрії 4.0".* Комп'ютерні системи допомагають людям приймати рішення завдяки збору, аналізу та візуалізації всієї інформації, про яку говорилося вище. Ця підтримка також може полягати у повному заміщенні людей машинами при виконанні небезпечних чи рутинних операцій.
- *Четвертий принцип – деталізація управлінських рішень, делегування деяких із них кіберфізичним системам.* Ідея полягає в тому, щоб автоматизація була настільки повною, наскільки це взагалі можливо: всюди, де машина може ефективно працювати без втручання людей, рано чи пізно повинно відбутися заміщення людини машиною. Співробітникам при цьому відводиться роль контролерів, які можуть приєднатися в екстремічних ситуаціях.



Принципи побудови Індустрії 4.0

- Внаслідок переходу промисловості на ці принципи відбуваються також зміни у бізнес-моделях. Так, замість того, аби сфокусуватись на заощадливому виробництві, компанії прагнуть запровадити випуск персоналізованої масової продукції за принципом *Agile* і переходят на випуск партій розміром в один-єдиний продукт. При цьому зберігається принцип економії: роботизоване виробництво більш енергоефективне, воно супроводжується меншою кількістю відходів та браку.



Унікальність як масовий продукт

- Трансформація виробничої галузі називається революцією саме тому, що зміни відбуваються не поверхневі, а радикальні: індустрія перебудовується згори донизу. Змінюються бізнес-моделі, народжуються нові компанії, а всесвітньовідомі бренди з довгою історією просто зникають, якщо не встигають вступити до лав цифрових революціонерів. Клієнти змінили свою поведінку, вони хочуть індивідуального підходу та унікальних товарів.
- Підприємствам, що звикли виробляти однакові речі, доводиться змінюватись. Впровадження принципів "Індустрії 4.0" дозволяє отримати низку переваг, що не були доступні в традиційних моделях минулого. Наприклад, тепер компанії можуть досягнути індивідуального підходу та персоналізувати замовлення згідно з особистим уподобанням клієнтів, що стрімко підвищує їхню лояльність. Старі заводи та фабрики перетворюються на "розумні" та починають випускати буквально унікальні продукти за індивідуальним замовленням. При цьому знижуються питомі витрати на виробництво одиниці продукції, компанії отримують можливість продукувати унікальний персоналізований продукт за ціною масового стандартизованого продукту.



Унікальність як масовий продукт

- За індивідуальним замовленням можуть вироблятись і двигуни, і сервери, і взагалі будь-що. На заводі *Fujitsu Siemens* у німецькому місті Аугсбург випускаються комп'ютерні системи та сервери буквально в одному екземплярі для конкретного замовника.
- Витрати на випуск продукції за індивідуальним замовленням на підприємстві з високим рівнем автоматизації невеликі: якщо раніше під кожну таку пару кросівок довелося б переналаштовувати обладнання вручну, то зараз комп'ютерна система за лічені секунди робить це самостійно. Роботизація заводів *Tesla*, що випускають електромобілі, дозволила компанії розгорнути виробництво не в Китаї, а в Каліфорнії. Це виявилося дешевше, ніж оплачувати працю китайських робітників і транспортування готових машин. Четверта промислова революція не тільки змінює бізнес окремих компаній — вона впливає на розстановку сил на глобальному рівні. Хто б міг подумати, що виробник автомобілів, якому немає й десяти років (*Tesla* заснована у 2008 році), зможе обігнати по капіталізації лідера другої промислової революції, яка відбулась у результаті винаходу конвеєра та переходу на масове виробництво, — *Ford Motors*.



Унікальність як масовий продукт

- Завдяки новим технологіям й інший відомий виробник — компанія *Adidas* — переносить своє виробництво назад до Німеччини. На новій фабриці всі операції будуть виконувати роботи. Це не тільки оптимізує виробництво, але й суттєво збільшить швидкість.



Роботизація заводів *Tesla*, що випускають електромобілі, дозволила компанії розгорнути виробництво не в Китаї, а в Каліфорнії

Приклади впровадження ІІоТ

- По мірі становлення цифрових екосистем виробничі підприємства з ізольованих систем, які самостійно виконують всі необхідні для виробництва продукції виробничі та бізнес-процеси, будуть перетворюватися у відкриті системи, що поєднують різних учасників ринку; управляти засобами виробництва в цих системах буде не персонал, а хмарні сервіси, кінцева мета всіх цих трансформацій - не випуск продукції, а надання послуг споживачеві.³
- Вважається, що ІІоТ-рішення дозволяють підвищити ефективність виробництва в кілька разів, а термін окупності таких проектів в більшості випадків не перевищує декількох місяців.
- Наприклад, обладнання заводу *Philips* з виробництва бритв (Голландія) працює в неосвітленому приміщенні, де встановлені 128 роботів. Весь персонал заводу складається з дев'яти працівників.⁴



Приклади впровадження ІІоТ

- Яскравим прикладом застосування Промислового Інтернету Речей є проект компанії *Harley Davidson*, яка виробляє знамениті мотоцикли. Основною проблемою, з якою зіткнулася компанія, була повільна реакція на запити споживачів в умовах зростаючої конкуренції і обмежена можливість кастомізації дилерами п'яти моделей, що випускаються. У період з 2009 по 2011 рік компанія провела масштабну реконструкцію своїх виробничих майданчиків. В результаті була створена єдиний складальний майданчик, що випускає мотоцикли всіх п'яти моделей з можливістю їх кастомізації, при цьому замовнику пропонується вибір з понад 1300 варіантів.
- В ході всього виробничого процесу використовуються датчики, керовані системою класу **MES**. Кожен верстат, кожна деталь має радіопозначку, яка однозначно ідентифікує виріб і його виробничий цикл. Дані від датчиків передаються в платформу обробки даних, що виконує роль інтеграційної шини для збору даних з датчиків і різних інформаційних систем, як внутрішніх виробничих і бізнес-систем компанії *Harley Davidson*, так і інформаційних систем контрагентів компанії.



Приклади впровадження ІІoТ

- В результаті *Harley Davidson* досягла вражаючих результатів:
 - виробничий цикл вдалося скоротити з 21 дня до 6 годин (кожні 89 секунд з конвеєра сходить мотоцикл, повністю налаштований під свого майбутнього власника);
 - реалізовано наскрізне управління виробом (мотоцикл) на всьому його життєвому циклі;
 - вартість акцій компанії виросла більш ніж в 7 разів: з рівня 10 доларів в 2009 році до 70 доларів в 2015 році.⁵



Тенденції та технології

- Крейг Резник (*Craig Resnick*), провідний аналітик відомої аналітичної компанії *ARC Advisory Group*, вважає, що в розвитку Промислового Інтернету Речей станом на початок 2017 року простежувалися шість основних тенденцій.⁸

1. *Головними складовими IIoT* стають передові аналітичні інструменти, штучний інтелект та машинне навчання. Багато підприємств давно використовують платформи бізнес-аналітики (BI) та інструменти інтелектуального виробництва (EMI). Тепер, завдяки IIoT, виробничники можуть використовувати передові аналітичні інструменти (*advanced analytics*), штучний інтелект і машинне навчання для оперативного управління на випередження і прийняття рішень на основі поглибленої аналітики. Завдяки цьому Промисловий Інтернет Речей стає стратегічним інструментом, спрямованим на поліпшення виробничих показників.



Тенденції та технології

2. Все більше інтелектуальних пристрій з'являється «на кордоні».

Переміщення коштів аналітики на «передній край» мережі і, таким чином, ближче до джерел даних, допоможе поліпшити якість виробництва і продукції. Завдяки появи недорогих датчиків і процесорів з'являється можливість збирати і обробляти все більше даних про виробництво «на фронтирі». Границі (туманні) обчислення з вбудованою аналітикою стають прийнятною альтернативою також у випадках, коли небезпечно запускати аналітику в хмарі або від хмарного рішення відмовилися з якихось інших причин.

3. Поява цифрових двійників

Завдяки впровадженню технологій ІІoT стає можливим створення цифрової копії фізичного об'єкта, яку іноді називають «цифровий двійник». Цю копію використовують для моделювання, тестування і оптимізації даного фізичного об'єкта у віртуальному середовищі перед тим, як застосовувати його в реальному середовищі.



Тенденції та технології

4. Аналогічно, дані, що надходять в реальному масштабі часу від інтегрованих в фізичні об'єкти датчиків або від інших джерел, можуть використовуватися для вирішення аналітичних задач, таких як моніторинг стану, діагностика відмови, відповідно до якої і складається аналітика. Отримане в результаті знання може підвищити цінність виробничих активів підприємства за рахунок:
 - підвищення ефективності їх використання;
 - скорочення часу простою;
 - попередження відмов;
 - забезпечення безперервних поліпшень продукції в процесі проектування і виробництва.
5. *IIoT допомагає розвивати технології дополненої і віртуальної реальності (AR / VR).*
 - Підготовка нового персоналу за допомогою симулаторів може стати ефективним способом навчання.



Тенденції та технології

- Застосовані в IIoT технології, такі як ігри, доповнена / віртуальна реальність і 3D-занурення з використанням переносних пристрійв, можуть з високим ступенем достовірності імітувати реальну обстановку на підприємстві, функції працівників, елементи управління і фізичні об'єкти.
6. **MQTT як основний протокол обміну повідомленнями в IIoT.**
- MQTT (Message Queue Telemetry Transport)* - це спрощений протокол обміну даними, що працює поверх TCP / IP. Він добре підходить для використання в контролерах і датчиках, де потрібно невеликий розмір коду і існують обмеження по пропускній здатності каналу. Така ситуація є типовою для IIoT, тому *MQTT* розглядається як основний протокол Промислового Інтернету Речей.
7. **Кібербезпека**



Machine Learning

- **Машинне навчання (MO, Machine Learning, ML)** - великий підрозділ штучного інтелекту, що вивчає методи побудови алгоритмів, здатних навчатися.¹
- Першу програму на основі алгоритмів, здатних самонавчатися, розробив Артур Самуель (*Arthur Samuel*) в 1952 році, призначена вона була для гри в шашки.
- А. Самуель дав і перше визначення терміну «*машинне навчання*»: це «*область досліджень розробки машин, які не є заздалегідь запрограмованими*».
- Більш точне визначення терміну «навчання» дав набагато пізніше *T. M. Mitchell*: кажуть, що комп'ютерна програма навчається на основі досвіду E по відношенню до деякого класу задач T і заходи якості P , якщо якість вирішення завдань з T , вимірюаний на основі P , поліпшується з набуттям досвіду E .³



Machine Learning

- Вже в 1957 році була запропонована перша модель нейронної мережі, що реалізує алгоритми машинного навчання, схожі на сучасні.
- В даний час ведеться розробка самих різних систем машинного навчання, призначених для використання в таких технологіях майбутнього, як Інтернет Речей, Промисловий Інтернет Речей, в концепції «розумний» місто, при створенні безпілотного транспорту і в багатьох інших.
- Про те, що на машинне навчання зараз покладають великі надії, свідчать такі факти.
 - В компанії *Google* вважають, що скоро її продукти «перестануть бути результатом традиційного програмування - в їх основу буде покладено машинне навчання»;
 - Компанії *Google*, *Facebook*, *Apple*, *Amazon*, *Microsoft* і китайська фірма *Baidu* вступили в боротьбу за талановитих фахівців у сфері штучного інтелекту;



Machine Learning

- Марк Цукерберг, генеральний директор Facebook, особисто - по телефону і по відеочату - бере участь в спробах його компанії переманити найкращих випускників;
- Відвідуваність на найважливіших академічних конференціях в цій сфері збільшилася майже в чотири рази;
- Такі нові продукти, як *Siri* від *Apple*, *M* від *Facebook*, *Echo* від *Amazon* були створені за допомогою машинного навчання.⁴



Методи машинного навчання

- У найзагальнішому випадку розрізняють два типу машинного навчання: **навчання по прецедентах**, або **індуктивне навчання**, і **дедуктивне навчання**.
- Оскільки останнє прийнято відносити до області експертних систем, то терміни «машинне навчання» і «навчання по прецедентах» можна вважати синонімами. Цей метод навчання зараз, як прийнято говорити, в тренді, а ось експертні системи переживають кризу. Бази знань, що лежать в їх основі, важко узгоджувати з реляційною моделлю даних, тому промислові СУБД неможливо ефективно використовувати для наповнення баз знань експертних систем.
- **Навчання по прецедентах**, в свою чергу, поділяють на три основних типи: **контрольоване навчання**, або **навчання з учителем** (*supervised learning*), **неконтрольоване навчання** (*unsupervised learning*), або **навчання без учителя**, і **навчання з підкріпленням** (*reinforcement learning*).⁵



Методи машинного навчання

- Крім названих, розробляються і інші методи навчання: *активне, багатозадачне, різноманітне, трансферне* і т.д. Особливо успішно розвивається в останні роки «глибоке навчання», при використанні якого можуть успішно поєднуватися алгоритми навчання з вчителем і без вчителя.

■ **Контрольоване навчання**

- Цей метод навчання застосовується у випадках, коли є великі обсяги даних, припустимо - тисячі фотографій домашніх тварин з маркерами (мітками, ярликами): це кішка, а це собака.
- Необхідно створити алгоритм, за допомогою якого машина могла б по фотографії, яку «не бачила» раніше, визначити, хто на ній зображений: кішка або собака.
- У ролі «вчителя» в даному випадку виступає людина, яка заздалегідь проставила маркери. Машина сама вибирає ознаки, за якими вона відрізняє кішок від собак. Тому в подальшому знайдений нею алгоритм може бути швидко переналаштований на рішення іншої задачі, наприклад, на розпізнавання курей і качок.



Методи машинного навчання

- Машина знову-таки сама виконає складну і копітку роботу по виділенню ознак, за якими буде розрізняти цих птахів. А нейромережа, яку навчили розпізнавати кішок, можна швидко навчити обробляти результати комп'ютерної томографії.
- **Неконтрольоване навчання**
- Хоча маркованих, розмічених даних накопичилося вже досить багато, даних без маркерів (міток) все ж набагато більше. Це зображення без підписів, аудіозапис без коментарів, тексти без анотацій.
- Завдання машини при неконтрольованому навченні - знайти зв'язку між окремими даними, виявити закономірності, підібрати шаблони, упорядкувати дані або описати їх структуру, виконати класифікацію даних.



Методи машинного навчання

- Неконтрольоване навчання використовується, наприклад, в рекомендаційних системах, коли в інтернет-магазині на основі аналізу попередніх покупок покупцеві пропонуються товари, які можуть зацікавити його з більшою ймовірністю, ніж інші.
- Або коли на після перегляду якогось відеокліпу на порталі *YouTube* відвідувачеві пропонують десятки посилань на ролики, чимось схожі на переглянутий.
- Або коли *Google* у відповідь на один і той же запит ранжує посилання в результатах пошуку для одного користувача інакше, ніж для іншого, оскільки враховує історію пошуків.



Методи машинного навчання

- **Навчання з підкріленням**
- Таке навчання є окремим випадком контролюваного навчання, але вчителем в даному випадку є «середовище». Машина (її в цій ситуації часто називають «агент») не має попередньої інформацією про середовище, але має можливість здійснювати в ній будь-які дії. Середовище реагує на ці дії і тим самим надає агенту дані, які дозволяють йому реагувати на них і вчитися. Фактично агент і середовище утворюють систему зі зворотним зв'язком.
- Навчання з підкріленням використовується для вирішення більш складних завдань, ніж навчання з учителем і без вчителя. Воно використовується, наприклад, в системах навігації для роботів, які навчаються уникати зіткнень з перешкодами шляхом набуття досвіду, отримуючи зворотний зв'язок при кожному зіткненні.
- Навчання з підкріленням використовується також в логістиці, при складанні графіків і плануванні завдань, при навчанні машини логічним іграм (покер, нарди, го і ін.).



Методи машинного навчання

- **Нейронні мережі і глибоке навчання**
- Для машинного навчання використовують різні технології та алгоритми. Зокрема, можуть застосовуватися дискримінантний аналіз, байєсовські класифікатори та багато інших математичних методів. Але в кінці ХХ століття все більше уваги почали приділяти *штучним нейронним мережам (ANN)*. Черговий вибух інтересу до них почався в 1986 році, після істотного розвитку т.зв. «Методу зворотного поширення помилки», який з успіхом застосували при навчанні нейронної мережі.
- ANN є системою з'єднаних і взаємодіючих між собою штучних нейронів, виконаних на основі порівняно простих процесорів. Кожен процесор ANN періодично отримує сигнали від одних процесорів (або від сенсорів, або від інших джерел сигналів) і періодично посилає сигнали іншим процесорам. Всі разом ці прості процесори, з'єднані в мережу, здатні вирішувати досить складні завдання.



Методи машинного навчання

- Найчастіше нейрони розташовуються в мережі за рівнями (їх ще називають шарами).
- Нейрони першого рівня - це, як правило, вхідні. Вони отримують дані ззовні (наприклад, від сенсорів системи розпізнавання осіб) і після їх обробки передають імпульси через синапси нейронів на наступному рівні.
- Нейрони на другому рівні (його називають прихованим, оскільки він безпосередньо не пов'язаний ні з входом, ні з виходом ANN) обробляють отримані імпульси і передають їх нейронам на вихідному рівні.
- Оскільки мова йде про імітацію нейронів, то кожен процесор вхідного рівня пов'язаний з декількома процесорами прихованого рівня, кожен з яких, в свою чергу, пов'язаний з декількома процесорами рівня вихідного. Така архітектура найпростішої ANN, яка здатна до навчання і може знаходити прості взаємозв'язку в даних.



Методи машинного навчання

- *Глибоке (глибинне)* навчання може бути застосоване лише по відношенню до більш складних ANN, що містить кілька прихованих рівнів. При цьому рівні нейронів можуть чергуватися з шарами, які виконують складні логічні перетворення.
- Кожен наступний рівень мережі шукає взаємозв'язки в попередньому. Така ANN здатна знаходити не тільки прості взаємозв'язки, а й взаємозв'язки між взаємозв'язками.
- Саме завдяки переходу на нейромережу з глибинним навчанням компанії Google вдалося різко підвищити якість роботи свого популярного продукту «Перекладач».
- Зокрема, якість перекладу між англійською та французькою мовами підвищився відразу на 7 балів, тобто більш ніж на 20%.
- Попередня система, яка виконувала фразовий статистичний машинний переклад, домоглася подібного поліпшення за весь час свого існування (з 2006 року).⁶



Методи машинного навчання

- **Машинне навчання для бізнесу**
- Ринок машинного навчання швидко зростає. З 2016 року його обсяг подолав позначку в \$1 млрд, а до 2025 року, судячи з прогнозів, він може збільшитися до \$39,98 млрд.⁷
- В кінці 2016 року *MIT Technology Review i Google Cloud* провели спільне дослідження на тему «Машинне навчання: новий спосіб отримати конкурентну перевагу».
- Було опитано 375 кваліфікованих респондентів з різних країн світу, які працюють в дрібних і великих компаніях з різних галузей (промисловість, послуги, фінанси).
- В результаті дослідження з'ясувалося, що 60% компаній вже використовують *машинне навчання (ML)*, а в третини з них ця технологія перейшла зі стадії інноваційної в стадію зрілості.
- Більш того, 26% компаній вже отримують за рахунок ML конкурентну перевагу. Чверть компаній інвестують в ML понад 15% від коштів, спрямованих на розвиток IT, і в значній мірі повертають зроблені інвестиції.⁸



Методи машинного навчання

- Машина навчання і, зокрема, нейронні мережі доцільно використовувати для вирішення бізнес-завдань у випадках, коли:
 - накопичено велику кількість різних даних, але програми для їх обробки і систематизації відсутні;
 - наявні дані спотворені, не повні або не систематизовані;
 - дані настільки різні, що важко виявити зв'язку і закономірності, що існують між ними.



Методи машинного навчання

- **Бізнес-завдання**, які можуть вирішуватися засобами машинного навчання і нейронних мереж:
 - **Прогнозування**: попиту, обсягу продажів, наповнення складу, завантаження устаткування і інших ресурсів, подальшого розвитку підприємства і т.п.
 - **Виявлення**: тенденцій, прихованіх взаємозв'язків, аномалій, повторюваних елементів і т.п.
 - **Розпізнавання**: фото-, відео-, аудіоконтенту, спроб шахрайства, брехні, внутрішніх загроз, зовнішніх атак на систему безпеки і т.п.
 - **Автоматизація**: роботи операторів в онлайн-чатах, телефонних операторів і т.п.
 - **Класифікація**: аналіз складу покупців, клієнтів, замовників і сегментація їх за різними параметрами.
 - **Кластеризація**: класифікація за параметрами, які з самого початку не були відомі.
 - **Розробка**: чат-ботів.⁹



Методи машинного навчання

- Серед компаній з українським корінням слід зазначити стартап *Neuromation*, який в лютому 2017 року під час ICO залучив \$71,6 млн. інвестицій.
- Платформа *Neuromation* дозволяє створювати штучне навчальне середовище для глибокого навчання нейронних мереж на великій кількості прикладів.
- Дані для навчання ANN генеруються з використанням обчислювальних потужностей блокчайн-спільноти. Настільки оригінальне рішення компанія прийняла тому, що раніше, в процесі роботи над системами з використанням комп'ютерного зору, зіткнулася з проблемою браку обчислювальних ресурсів.
- Оренда ресурсів у хмарних сервісів *Amazon* або *Google* для стартапу виявилася непідйомною. А через бум майнінгу було практично неможливо купити відеокарти.
- Так з'явилася ідея брати обчислювальні потужності в оренду у майнерів, яка в підсумку перетворилася на створення нейроплатформи.¹⁴



Smart Factory - розумне виробництво

- Поняття «розумна фабрика» (*Smart Factory*), «розумне виробництво» (*Smart Manufacturing*), «фабрика майбутнього» (*Factory of the Future*) з'явилися зовсім нещодавно і поки не мають строго визначених значень. Зараз вони використовуються як синоніми, хоча поняття «фабрика майбутнього» більш об'ємне і включає в себе не тільки «розумні виробництва», але також віртуальні та цифрові підприємства.
- Національний інститут стандартів і технологій США (NIST) визначає термін *Smart Manufacturing* так: це «*повністю інтегровані корпоративні виробничі системи, які здатні в реальному масштабі часу реагувати на мінливі умови виробництва, вимоги мереж поставок і задовольняти потреби клієнтів*».
- У цьому визначенні головне: «в реальному масштабі часу», тобто максимально оперативно, досягаються названі цілі за рахунок інтенсивного і всеосяжного використання інформаційних технологій і кіберфізичних систем на всіх етапах виробництва продукції та її поставки.



Smart Factory - розумне виробництво

- «*Розумне виробництво*», поряд з Промисловим Інтернетом Речей, лежить в основі *Індустрії 4.0* (*Industrie 4.0*). Таку назву отримала програма німецького уряду з розвитку високих технологій. Характерна риса Індустрії 4.0 - повністю автоматизовані виробництва, на яких керівництво всіма процесами здійснюється в реальному масштабі часу і з урахуванням мінливих зовнішніх умов.
- Оскільки поняття «розумне виробництво» досить розпливчасте (іноді під ним розуміють активну роботизацію, автоматизацію більшості виробничих і управлінських процесів і навіть просто інновації), а перехід до нього відбувається в кілька етапів, що займають не один рік, робляться спроби розділити це поняття на три.
- Так, Е. Філос, координатор ІКТ-проектів в сьомий рамковій програмі Європейського Союзу з науково-технічного співробітництва, розділяє *фабрики майбутнього* на три основних типи - *цифрові* (*Digital*), «*розумні*» (*Smart*) і *віртуальні* (*Virtual*).²



Цифрові, «розумні» та віртуальні фабрики

■ **Digital Factory**

- Основне завдання Цифровий Фабрики - розробка моделей, що випускаються з використанням засобів цифрового проектування і моделювання. Названі засоби починають використовувати ще на стадії досліджень і розробок, а закінчують створенням «цифрового макета» (*Digital Mock-Up, DMU*), «цифрового двійника» (*Digital Twin*), дослідницького зразка, випуском дрібної серії або окремих виробів, кастомізованих під вимоги замовника.
- Основні системи та технології:
 - Системи *CAD/CAM/CAE*, що об'єднуються терміном *САПР* (система автоматизованого проектування)
 - *PDM (Product Data Management)* - система управління даними про виріб
 - *PLM (Product Lifecycle Management)* - прикладне програмне забезпечення для управління життєвим циклом продукції
 - Верстати з ЧПУ
 - 3D-принтери і інші адитивні технології.



Smart Factory

- «*Розумні*» фабрики націлені на серійний випуск виробів, але при збереженні максимальної гнучкості виробництва. Забезпечується це завдяки високому рівню автоматизації і роботизації підприємства.
- Широко застосовуються автоматизовані системи управління технологічними та виробничими процесами.
- Технології Промислового Інтернету Речей (*IIoT*) забезпечують міжмашинну взаємодію обладнання. Виробничі активи підприємства, забезпеченого датчиками і засобами зв'язку, що працюють по протоколу IPv6, здатні випускати продукцію майже (або зовсім) без участі людини.
- Справитися з різко збільшеними потоками інформації, які надходять від датчиків і автоматизованих систем управління, дозволяють технології обробки великих даних (*Big Data*).



Smart Factory

- Основні системи та технології:
 - *ACУТП* - автоматизована система управління технологічними процесами
 - *APS (Advanced Planning and Scheduling)* - синхронне (вдосконалене) планування виробництва
 - *MES (Manufacturing Execution System)* - система управління виробничими процесами
 - *IIoT ((Industrial Internet of Things)* - промисловий (індустріальний) інтернет речей
 - *Big Data* - великі дані.



Virtual Factory

- **Віртуальна фабрика** - це мережа цифрових і «розумних» фабрик, в яку включені також постачальники матеріалів, компонентів і послуг. Для управління глобальними ланцюгами постачання й розподіленими виробничими активами на такий фабриці використовується ряд автоматизованих систем управління підприємством. При належному ступені інтеграції вони дозволяють розробляти і використовувати віртуальну модель всіх організаційних, технологічних, логістичних та інших процесів, що проходять не тільки на підприємстві, але на рівні розподілених виробничих активів і глобальних ланцюжків постачань, аж до післяпродажного обслуговування.
- Основні системи та технології:
 - *ERP (Enterprise Resource Planning)* - планування ресурсів підприємства
 - *CRM (Customer Relationship Management)* - система управління взаємовідносинами з клієнтами
 - *SCM (Supply Chain Management)* - управління ланцюжками постачання



Фінансові перспективи та етапи впровадження

- Потенціал зростання світового ринку «фабрик майбутнього» величезний. Обсяг ринку цифрових фабрик (PLM-системи, адитивні технології, апаратне і числове програмне забезпечення, верстати і т.д.) досягне, за різними оцінками, 260 млрд. доларів до 2020 року і 740 млрд. доларів до 2035 року. Обсяг ринку «розумних фабрик» - відповідно 490 млрд. доларів і 1,35 трлн. доларів. За віртуальним фабрикам експерти очікують зростання в 690 млрд. доларів до 2020 року і майже 1,5 трлн. доларів через 20 років.⁴
- Можливо, вже реалізуються проекти побудови нових підприємств, максимально наблизених до реалізації концепції *Smart Factory* і навіть *Virtual Factory*, проте переклад вже працюючих підприємств на нові принципи планування, виробництва, поставок і післяпродажного обслуговування продукції буде здійснюватися поступово і з максимальним використанням вже наявних виробничих активів. Послідовність переходу істотно залежить від специфіки роботи підприємства і доступності нових технологій



Фінансові перспективи та етапи впровадження

- У компанії IT-Enterprise виділяють наступні етапи, які потрібно пройти для того, щоб реалізувати концепцію *Smart Factory* і закласти основи для подальшого переходу до *Virtual Factory*.⁵
 - **Цифровізація виробництва.** Забезпечення персоналу мобільними платформами, установка на обладнання датчиків і промислових контролерів. Установка нового обладнання, яке спочатку вже оснащене цифровими інтерфейсами. Ідентифікація фізичних об'єктів підприємства.
 - **Забезпечення мережової взаємодії.** Завдання збору даних з датчиків в реальному масштабі часу можна вирішити за рахунок підключення всіх пристройів і датчиків до платформи IT-Enterprise.IIoT. Оперативний обмін інформацією між співробітниками забезпечує корпоративна соціальна мережа IT-Enterprise.Hubber.



Фінансові перспективи та етапи впровадження

- *Побудова цифрового двійника підприємства (digital twin).*
Рішення завдання візуалізації реального стану справ на підприємстві. Вироблення чітких правил, за якими можна виявити відхилення від норми, що відбулися при виконанні виробничих і бізнес-процесів. ERP-система IT-Enterprise дозволяє дуже детально і оперативно візуалізувати і відстежувати стан провадження у всьому холдингу, по підприємству, показники роботи підрозділів і конкретного обладнання.
- *Забезпечення за допомогою мобільних платформ синхронізації даних автоматизованої системи планування та даних, отриманих від обладнання, оперативне корегування планів.*
Забезпечення достовірності та корисності оперативної інформації.



Фінансові перспективи та етапи впровадження

- Перехід до завдань планування в реальному масштабі часу на основі достовірної інформації про хід виробничих процесів.
- Забезпечення автоматичної реакції системи управління на більшість виробничих ситуацій. Тобто це рішення, яке вироблено індивідуально для конкретного обладнання, яке індивідуально налаштовується і завдяки цьому система зможе запускати автоматичні реакції на виробничі події з виробництва.
- Компанія IT-Enterprise пропонує не тільки розвинену ERP-систему, але також й інші рішення, які дозволили б розпочати перехід до технологій *Virtual Factory*: CRM, SCM і ін.



Література

1. <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=117807>
 2. <http://ua.automation.com/content/promyshlennaja-avtomatizacija-i-internet-veshhej>
 3. [www.tadviser.ru/index.php/Статья:IIoT_-_Industrial_Internet_of_Things_\(Промышленный_интернет_вещей\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:IIoT_-_Industrial_Internet_of_Things_(Промышленный_интернет_вещей))
 4. <http://www.forbes.ru/tehnologii/337091-treker-dlya-stanka-kogda-v-rossiyu-pridet-promyshlennyi-internet-veshchey>
 5. www.accenture.com/t20160909T042713_w_usen_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_11/Accenture-Industrial-Internet-of-Things-Positioning-Paper-Report-2015.pdf
 6. http://www.cnews.ru/news/line/promyshlennyj_internet_veshchej_sposoben
 7. <https://blog.schneider-electric.com/machine-and-process-management/2017/02/23/six-iiot-technology-trends-watch-2017/>
 8. <http://ua.automation.com/content/6-shagov-k-informacionnoj-bezopasnosti-asu-tp>
 9. http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%9C%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%8F
 10. <http://people.eecs.berkeley.edu/~russell/temp/q-and-a.html>
 11. Mitchell, T. (1997). Machine Learning. McGraw Hill. p. 2. ISBN 978-0-07-042807-2 <https://vc.ru/21767-the-great-ai-awakening>
 2. <http://iitp.ru/upload/publications/6256/vyugin1.pdf>

Література

13. <https://vc.ru/21767-the-great-ai-awakening>
14. <https://rb.ru/story/machine-learning-in-business/>
15. https://s3.amazonaws.com/files.technologyreview.com/whitepapers/MITTR_GoogleforWork_Survey.pdf
16. <http://alhimiya.com/blog/neural-networks.html>
17. <https://rb.ru/news/ai-alibaba-best/>
18. <https://rb.ru/story/machine-learning-in-business/>
19. <https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2017/02/what-is-smart-manufacturing--the-smart-factory/9166>
20. https://books.google.com.ua/books?id=oeEVAwAAQBAJ&num=8&source=qbs_slider_cls_metadata9_mylibrary
21. <https://technet-nti.ru/article/fabriki-budushego>
22. http://www.ng.ru/science/2018-02-27/100_industry270218.html?id_user=Y
23. <https://www.youtube.com/watch?v=5EWh1icuS0M&feature=youtu.be>





Національний технічний університет України
«КПІ ім. І. Сікорського»
Факультет Інформатики та обчислювальної техніки

Технології Інтернет речей



Лекція 7

Технології Інтернет речей. Віртуальна та доповнена реальність.

Жураковський Б.Ю. (2024)

Зміст

1. Віртуальна реальність
2. Типи віртуальної реальності
3. Пристрої і компоненти VR
4. Пристрої управління
5. Віртуальна реальність у промисловості
6. Доповнена реальність
7. Пристрої, що реалізують AR



Віртуальна реальність

- **Віртуальна реальність** (*VR, virtual reality, VR, штучна реальність*) - створений технічними засобами світ, який передається людині через її відчуття: зір, слух, дотик і інші. Віртуальна реальність імітує як вплив, так і реакції на вплив. Для створення переконливого комплексу відчуттів реальності комп'ютерний синтез властивостей і реакцій віртуальної реальності проводиться у реальному часі.
- Не слід плутати віртуальну реальність із доповненою. Їх принципова відмінність у тому, що віртуальна конструює новий штучний світ, а доповнена реальність лише вносить окремі штучні елементи в сприйняття світу реального.



Віртуальна реальність

- Системами віртуальної реальності називаються пристрої, які більш повно, в порівнянні зі звичайними комп'ютерними системами, імітують взаємодію з віртуальним середовищем шляхом впливу на усі п'ять наявних у людини органи чуття.
- Таких систем у повному обсязі поки що не існує, але при створенні віртуальної реальності розробники намагаються домогтися, щоб вона була:
 - *правдоподібною* - підтримувала у користувача відчуття реальності того, що відбувається
 - *інтерактивною* - забезпечувала взаємодію із середовищем
 - *доступною для вивчення* - надавала можливість досліджувати великий, деталізований світ
 - *що створює ефект присутності* - залучала у процес як мозок, так і тіло користувача, впливаючи на максимально можливе число органів чуттів
- Очевидно, досягнення цих цілей можливо лише за використання високопродуктивного апаратно-програмного забезпечення.



Типи віртуальної реальності

- На даному етапі розвитку технологій VR серед них можна виділити наступні типи.
- **Технології VR з ефектом повного занурення**, що забезпечують правдоподібну симуляцію віртуального світу з високим ступенем деталізації. Для їх реалізації необхідний високопродуктивний комп'ютер, здатний розпізнавати дії користувача і реагувати на них в режимі реального часу, і спеціальне обладнання, що забезпечує ефект занурення.
- **Технології VR без занурення**. До них відносяться симуляції із зображенням, звуком і контролерами, що транслюються на екран, бажано широкоформатний. Такі системи зараховують до віртуальної реальності, оскільки за ступенем впливу на глядача вони набагато перевершують інші засоби мультимедіа, хоча і не реалізують повною мірою вимоги, що пред'являються до VR.



Типи віртуальної реальності

- **Технології VR зі спільною інфраструктурою.** До них можна віднести *Second Life* - тривимірний віртуальний світ з елементами соціальної мережі, який налічує понад мільйон активних користувачів, гру *Minecraft* і інші.
- Такі світи не забезпечують повного занурення (втім, у *Minecraft* вже існує версія для віртуальної реальності, що підтримує шоломи *Oculus Rift* і *Gear VR*). Але у віртуальних світах добре організована взаємодія з іншими користувачами, чого часто не вистачає у продуктів «справжньої» віртуальної реальності.
- Віртуальні світи використовуються не тільки в ігровій індустрії: завдяки таким платформ, як *3D Immersive Collaboration* можна організовувати робочі та навчальні 3D-простори - це називається «спільна робота з ефектом присутності».
- Забезпечення повного занурення і, одночасно, взаємодії користувачів в віртуальності є одним з важливих напрямків розвитку VR.



Типи віртуальної реальності

- **VR на базі інтернет-технологій.** До них відноситься перш за все мова *Virtual Reality Markup Language*, аналогічний *HTML*.
- Зараз ця технологія вважається застарілою, але, не виключено, в майбутньому віртуальна реальність буде створюватися в тому числі - з використанням інтернет-технологій.^{1,2}



Як працює технологія VR

- Найпоширенішим засобом занурення у віртуальну реальність є спеціальні шоломи/окуляри. На розташований перед очима користувача дисплей виводиться відео в форматі 3D. Прикріплені до корпусу гіроскоп і акселерометр відстежують повороти голови і передають дані в обчислювальну систему, яка змінює зображення на дисплеї в залежності від показань датчиків. У результаті користувач має можливість «озирнутися» всередині віртуальної реальності і відчути себе в ній, як у реальному світі.
- Для більш реалістичного занурення у світ віртуальної реальності крім датчиків, які відстежують положення голови, в пристроях VR можуть застосовуватися трекінгові системи, які відстежують руху зіниць очей і дозволяють визначити, куди людина дивиться в кожен момент часу, а також відстежують рухи тіла людини з метою повторення їх у віртуальному світі. Таке відстеження може здійснюватися за допомогою спеціальних датчиків або відеокамери.



Як працює технологія VR

- Для взаємодії з віртуальною реальністю традиційних 2D-контролерів (миша, джойстик і ін.) вже недостатньо, тому їх замінюють 3D-контролерами (маніпуляторами, що дозволяють працювати в тривимірному просторі).
- *Пристрої зі зворотним зв'язком* призначені для того, щоб користувач міг ще повніше відчути все те, що відбувається у віртуальному світі. В якості таких пристройів можуть використовуватися вібраючі джойстики, крісла, що обертаються і т.д.³



Пристрої і компоненти VR

Вважається, що 80% інформації людина отримує через зір. Тому розробники систем VR приділяють величезну увагу саме пристоям, що забезпечує формування зображень.

Як правило, їх доповнюють пристроями стереозображення, ведуться роботи по тактильним впливам і навіть імітації запахів.

Про вплив на смакові рецептори поки не повідомляється.



Пристрої і компоненти VR

- **Зображення**
- **Шолом віртуальної реальності**
- Сучасні шоломи віртуальної реальності (*HMD-display, head-mounted display, відеошлем*) містять один або кілька дисплеїв, на які виводяться зображення для лівого і правого ока, систему лінз для коригування геометрії зображення, а також систему трекінгу, що відстежує орієнтацію пристрою в просторі.
- За зовнішнім виглядом вони тепер схожі на окуляри, тому їх все частіше називають *VR headsets* (ВР-гарнітури) або просто окуляри віртуальної реальності.



Пристрої і компоненти VR

- Їх можна розділити на три групи:
- 1. *Окуляри, в яких обробку і виведення зображення забезпечує смартфон (Android, iPhone, Windows Phone)*. Сучасний смартфон - високопродуктивне пристрій, здатний самостійно обробляти тривимірні зображення. Дисплеї смартфонів мають досить високою роздільною здатністю. Практично кожен смартфон забезпечений датчиками, що дозволяють визначати положення пристрою в просторі.
- 2. *Окуляри, в яких обробку зображення забезпечує зовнішній пристрій (ПК, Xbox, PlayStation і т.п.)*. Зовнішній пристрій повинен бути високопродуктивним, а окуляри забезпечені датчиками положення.



Пристрої і компоненти VR

- 3. *Автономні окуляри віртуальної реальності* (*Lenovo Mirage Solo*, спільно з *Google*, *Oculus Quest* від *Facebook*, *Samsung Gear VR* і ін.)⁴
- Шоломи є основним компонентом VR з повним зануренням, оскільки не тільки забезпечують об'ємне зображення і стереозвук, але ще і частково ізолюють користувача від навколишньої реальності.



Пристрої і компоненти VR

- **MotionParallax3D-дисплей**
- Такі дисплеї задіюють властивий людині механізм сприйняття обсягу - *паралакс (motion parallax)*. Для цього в кожен момент часу для глядача, виходячи з його положення щодо екрану, генерується відповідна проекція тривимірного об'єкту. Переміщаючись навколо сцени, користувач може оглянути її з усіх боків, при цьому всі об'єкти сцени будуть переміщатися одна відносно іншої.
- Явище параллакса багаторазово підсилює сприйняття обсягу. На відміну від 3D-кінематографа і 3D-TV, які використовують лише бінокулярний зір, технологія MotionParallax3D дозволяє користувачеві розглянути 3D-сцену з усіх боків, як якщо б все її об'єкти були реальні. Зсув глядача щодо екрану, що порушує ефект обсягу в 3D-кіно, в системі MotionParallax3D ефект тільки підсилює.



Пристрої і компоненти VR

- Система, що використовує механізм паралакса, повинна вловлювати найдрібніші рухи голови користувача і відстежувати їх з високою швидкістю і точністю, щоб мозок не фіксував спотворення геометрії об'єктів, викликані запізненням зміни ізображення.⁵ Затримка повинна складати не більше 20 мс, для інтерактивних ігор - не більше 11 мс.⁶
- Ці пристрої забезпечують, як правило, неповне занурення, оскільки відтворюються на дисплеях і не ізолюють користувача від навколишнього середовища.
- Виняток - кімнати віртуальної реальності (*CAVE, cave automatic virtual environment*). У таких кімнатах на кожну стіну проєктується стереоскопічне зображення, розраховане для конкретної точки, в якій і знаходиться користувач.



Пристрої і компоненти VR

- У підсумку таке зображення оточує людину з усіх боків, занурює його в себе. Деякі експерти вважають,⁷ що VR-кімнати набагато краще VR-шоломів: забезпечують більш високу роздільну здатність, немає необхідності надягати на голову громіздкий пристрій, в якому деяких навіть заколисує, і самоідентифікація відбувається простіше завдяки тому, що користувач має можливість постійно бачити себе.
- **Звук**
- Багатоканальна акустична система дозволяє виробляти локалізацію джерела звуку, завдяки чому користувач може орієнтуватися в віртуальному світі за допомогою слуху.



Тактильні та інші відчуття

- **Рукавички віртуальної реальності (інформаційні рукавички, datagloves)**
- Такі рукавички мають датчики, що дозволяють відслідковувати рух зап'ясть і пальців рук.
- Технічно це може бути реалізовано різними методами: з використанням оптоволоконних кабелів, тензометричних або п'єзоелектричних датчиків, а також електромеханічних пристройів (таких як потенціометри).⁸
- Наприклад, вчені з компаній *EPFL i ETH Zurich* розробили ультралегкі рукавички (вагою менше 8 грамів на кожен палець і товщиною всього лише 2 мм). Вони забезпечують «надзвичайно реалістичний тактильний зворотний зв'язок і можуть бути запитані від акумуляторів, завдяки чому забезпечується безпредecedентна свобода руху».⁹



Тактильні та інші відчуття

- **Костюм віртуальної реальності**
- Цей костюм повинен відслідковувати зміну положення всього тіла користувача і передавати тактильні, температурні і вібраційні відчуття, а в комбінації з шоломом - зорові і слухові.¹⁰



Запахи і смакові відчуття

- Роботи з синтезу запахів ведуться вже не один рік,¹¹ але до широкого використання отриманих результатів ще далеко. Про які-небудь значущі досягнення в області передачі смакових відчуттів говорити поки не доводиться.



Пристрої управління

- Для взаємодії з віртуальним середовищем використовуються спеціальні джойстики (геймпади, wands), що містять вбудовані датчики положення і руху, а також кнопки і колеса прокрутки, як у миші. Зараз такі джойстики все частіше роблять беспровідними.²
- У якості пристроїв управління можуть також використовуватися згадані вище інформаційні рукавички і костюми віртуальної реальності.



Проблеми уніфікації

- Як це зазвичай буває при впровадженні нових технологій, кожен з великих постачальників, який вийшов на багатограничний ринок, прагне просувати саме свою продукцію, поширювати свої технічні рішення. Відповідно, провідні компанії, випустивши VR-гарнітури, розробляють або замовляють контент саме для них.
- Рушійною силою ринку VR на даний момент є віртуальні ігри, в першу чергу, в розрахунку на геймерів, і були випущені гарнітури *Oculus Rift*, *Samsung Gear VR*, *HTC Vive*, *PlayStation VR* і др.¹²



Проблеми уніфікації

- Ігри та інший контент, розроблені для однієї гарнітури, що не відтворюються на інший. Ігромани чекають не дочекаються, коли буде налагоджено *портирування* ігор між гарнітурами різних розробників.
- Промисловці, рекламисти та представники багатьох інших галузей швидше впроваджували б VR, знаючи, що дороге устаткування не доведеться змінювати через те, що нове, вкрай привабливе ПЗ було розроблено для інших окулярів-рукавичок-костюмів віртуальної реальності.



Проблеми уніфікації

- Постачальники VR прекрасно розуміють, що добре налагоджена співпраця між ними здатна вивести віртуальну реальність на якісно новий рівень. Тому ще в грудні 2016 року було створена *Глобальна асоціація віртуальної реальності (GVRA)* - некомерційна організація виробників шоломів віртуальної реальності (VR), покликана об'єднати зусилля компаній у розвитку цього напрямку. В її створенні взяли участь компанії *Acer Starbreeze, Google, HTC VIVE, Oculus, Samsung i Sony Interactive Entertainment*.
- Згідно з даними сайту GVRA,¹³ головне завдання асоціації - сприяти глобальному зростанню і розвитку індустрії VR. Планується створення робочих груп для проведення досліджень і вироблення рекомендацій, що стосуються найбільш важливих для галузі тем. У кінцевому підсумку, ці групи будуть розробляти кращі практики і відкрито ділитися ними.



Проблеми уніфікації

- Однак станом на жовтень 2018 тобто через майже два роки після створення *GVRA*, єдиним матеріалом, що ще на сайті асоціації, став звіт «Дослідження віртуальної реальності і її потенціал для Європи», що охоплює період з 2016 по 2017.¹⁴ Мабуть, досягнення глобальних домовленостей між великими компаніями - завдання не менш складна, ніж розробка власне технологій VR.
- Втім, зусилля по уніфікації обладнання тривають. Так, 17-го липня 2017 компанії *NVIDIA*, *Oculus*, *Valve*, *AMD* і *Microsoft* представили специфікацію *VirtualLink*™ - відкритий галузевий стандарт, який дозволить гарнітурам VR наступного покоління підключатися до ПК і інших пристройів з використанням лише одного високошвидкісного USB-кабелю Type-C (замість декількох шнурів і роз'ємів, що застосовуються в даний час).



Проблеми уніфікації

- Відзначається, що *VirtualLink* спеціально створений для VR. Він забезпечує оптимальну латентність і смугу пропускання, дозволяючи виробникам шоломів і ПК створювати віртуальну реальність нового поколення.¹⁵
- Звичайно ж, завдання уніфікації той чи інший спосіб все одно будуть вирішені, як це вже відбувалося з іншими технологіями, головне - щоб це відбулося в найближчі роки.



Віртуальна реальність у промисловості

- Приклади різноманітного застосування технологій VR в промисловості наведені в статті «Віртуальна реальність (VR): кращі практики».
- **Фінансові перспективи**
- Ставлення до віртуальної реальності в інвесторів неоднозначне. З одного боку, VR-шолом можна купити в будь-якому магазині електроніки. Тільки компанія *Sony* з кінця 2016 продала більше 1,5 млн. гарнітур *PlayStation VR* для своєї консолі. Тисячі компаній створюють відповідний контент. Однак з висновком технології VR на комерційний ринок розробники першої хвилі, мабуть, поквапилися.



Віртуальна реальність у промисловості

- У результаті користувачі не лише не отримали обіцяного ефекту повного занурення, але й, зіткнувшись з недосконалістю технології, розчарувалися.
- Масове поширення VR/AR стримують, по-перше, низька якість VR-контенту, по-друге, розрізnenість платформ і відсутність єдиних стандартів при його створенні, по-третє, відсутність чіткої системи дистрибуції, єдиного майданчика, де були б зібрані відповідні продукти.



Віртуальна реальність у промисловості

- Відповідно поводиться і ринок. У першому кварталі 2021 р. світові поставки гарнітур віртуальної реальності виросли на 16% в річному порівнянні, повідомляють експерти з *Canalys*. Але в другій календарної чверті цього року, за оцінками IDC, постачання скоротилися на 33,7%. Втім, аналітики впевнені, що ситуація, що склалася має тимчасовий характер. Поява нових продуктів, перш за все *Oculus Go* і *HTC Vive Pro*, а також нових брендів, повинні повернути ринок у позитивне русло.¹⁷
- Аналітики компаній *Gartner* і *IDC* стверджують, що VR/AR набираються до стадії технологічної зрілості. Тобто дуже скоро віртуальна реальність стане частиною повсякденного життя. Технологічно все готово до її масового використання.¹¹



Доповнена реальність

- *Тім Кук*, генеральний директор компанії *Apple*, неодноразово заявляв, що ***Augmented Reality (AR)*** сьогодні є найбільш перспективною технологією. За його словами, доповнена реальність – настільки ж грандіозна ідея, як і створення смартфону.
- Визначення дополненої реальності з'явились відносно нещодавно, термінологія ще не закріпилась.



Доповнена реальність

- **Доповнена реальність (*augmented reality, AR*)** – результат введення у поле сприйняття будь-який сенсорних даних з метою доповнення даних про оточення і поліпшення сприйняття інформації.
- Термін «доповнена реальність», ймовірно, був запропонований дослідниками корпорації *Boeing* [Томом Коделом \(Tom Caudell\)](#) у 1990 році.
- Існує кілька інших визначень доповненої реальності. Зокрема, дослідник [Рональд Азума \(Ronald Azuma\)](#) у 1997 році визначив її як систему, яка:
 - 1) суміщує віртуальне і реальне;
 - 2) взаємодіє у реальному часі;
 - 3) працює з 3D.



Доповнена реальність

- У концепції *Пола Мілграма (Paul Milgram) і Фуміо Кіширо (Fumio Kishino)* доповнена реальність є частиною **змішаної реальності**, яку також називають **гібридною реальністю (hybrid reality)**.
- Ця концепція була запропонована ще у 1994 році. Але, починаючи з 2016 року, компанія *Microsoft* почала активно використовувати термін «змішана реальність» для просування на ринку свого продукту *HoloLens*.



Доповнена реальність

- І тепер деякі експерти (і постачальники обладнання) визначають терміни наступним чином:
- **Доповнена реальність (AR)** — проектування будь-якої цифрової інформації (зображення, відео, текст, графіка і т.д.) поверх екрану будь-яких пристрій. В результаті реальний світ доповнюється штучними елементами і новою інформацією. Може бути реалізована за допомогою додатків до звичайних смартфонів і планшетів, окулярів доповненої реальності, стаціонарних екранів, проекційних пристрій та інших технологій.
- **Змішана реальність (MR)** — проектування тривимірних віртуальних об'єктів чи голограм на фізичний простір. Дозволяє переміщуватись навколо віртуального об'єкту, оглядати його з усіх боків і, за потребою, всередині. Вимагає, як правило, спеціального обладнання (окулярів чи шоломів).¹



Доповнена реальність

- **Як працює технологія AR**
- Загальна схема створення доповненої реальності в усіх випадках така: камера пристрою AR знімає зображення реального об'єкта; програмне забезпечення (ПЗ) пристрою проводить ідентифікацію отриманого зображення візуальне доповнення, поєднує реальне зображення з його доповненням і виводить кінцеве зображення на пристрій візуалізації.
- Детальніше технологію створення доповненої реальності розглядаємо на прикладі використання її для діагностики промислового обладнання або управління ним.



Доповнена реальність

- Для роботи з AR на виробництві використовується смартфон, планшет або смарт-окуляри з відеокамерою і відповідним ПЗ. Якщо об'єктив відеокамери спрямований на об'єкт (одиницю обладнання), то можна створити цифрового двійника цього об'єкту, або по заздалегідь встановленому маркеру, або після аналізу форми об'єкта.
- Розпізнавши об'єкт, ПЗ підключається до тривимірного цифрового двійника об'єкта, який розміщений на сервері підприємства або в хмарі.
- Потім пристрій AR завантажує необхідну інформацію і накладає її на зображення об'єкта. У результаті співробітник підприємства бачить на екрані (або через окуляри) частково фізичну реальність, частково цифрову. При цьому оператор, керівник цієї одиниці обладнання, і технік-ремонтник, дивлячись на один об'єкт, будуть бачити різну доповнену реальність, відповідно до виконуваних функцій.



Доповнена реальність

- Ремонтник може бачити дані про напрацювання або, припустимо, робочу температуру того чи іншого вузла, який обслуговує. Оператору пристрій AR може допомагати управляти об'єктом – завдяки сенсорному екрану, голосом або жестами. При русі співробітника розмір і орієнтація дисплея AR автоматично коригуються, непотрібна інформація зникає, а нова з'являється.
- Тривимірна цифрова модель створюється або за допомогою САПР (зазвичай ще на етапі розробки об'єкта), або шляхом оцифрування даної одиниці обладнання. Цей цифровий двійник збирає інформацію про стан об'єкта, що отримується від нього самого, з інформаційних систем та із зовнішніх джерел. З його допомогою ПЗ доповненої реальності масштабує і точно розміщує на зображенні об'єкта або навколо нього актуальні дані.²



Приклад використання AR у рішенні SmartEAM компанії IT-Enterprise на підприємстві ІНТЕРПАЙП СТАЛЬ



Пристрої, що реалізують AR

- Пристрої, здатні створювати доповнену реальність, можна розділити на наступні групи.
- **Мобільні пристрої.** До них відносять планшети, смартфони, окуляри додаткової реальності, лінзи додаткової реальності.
На *планшети* і *смартфони* має бути встановлено спеціалізоване ПЗ.
- Наприклад, на смартфони і планшети можна встановити браузери додаткової реальності, такі як *Wikitude*, *Layar*, *Blippar*, або спеціальні пропозиції (зокрема, *City Lens* для *Windows Phone*).
- Ці браузери можуть показувати найближчі до місцерозташування користувача визначні місця, магазини, кав'яні, пункти прокату, пункти обслуговування і т.п., а також виконувати корисні функції.³



Пристрої, що реалізують AR

- *Окуляри доповненої реальності* – це окремий повноцінний пристрій, розроблений безпосередньо для роботи з AR. Вони, почали, вміють проектувати голограми та інформацію у реальний простір, але не прив'язуються до їх фізичних об'єктів. Фактично, це просто екран перед очима. Найбільш відомі окуляри *Google Glass* (у 2018 р. звичайним користувачам були доступні версії 2.0 та 3.0, компаніям – версія 2017-го року, *Google Glass Enterprise Edition*). З ними конкурують *Vuzix Blade*, *Epson Moverio*, *Sony SmartEyeglass*. У порівнянні з *Google Glass*, ці та інші окуляри доповненої реальності дешевше і більше доступні – звичайні користувачі можуть купити їх на офіційних сайтах.
- А окуляри *Microsoft HoloLens*, *Magic Leap One* и *Meta 2* – це вже окуляри змішаної реальності, тобто вони дозволяють працювати з віртуальними об'єктами, прив'язаними до реального світу.⁴



Пристрої, що реалізують AR

- *Лінзи для дополненої реальності* поки ще лишаються технологією майбутнього. Розробники прагнуть перетворити лінзи у прозорий екран, що містить систему управління, мініатюрну камеру, антenu, світлодіоди та інші оптоелектронні компоненти. Зокрема, компанія *Samsung* вже подала патент на «розумні» контактні лінзи, роботи у цьому напрямку веде і компанія *Google*. Але на ринок подібні пристрої вийдуть не раніше, ніж 5–10 років.⁵
- **Стаціонарні пристрої.** Це може бути телевізор, екран комп'ютера, ігровий комп'ютер типу *Kinect*. На екран телевізора виводиться вже доповнене зображення (особливо часто це буває під час трансляції футбольних і хокейних матчів), приклад для комп'ютера — карти *Google* в режимі «*Satellite*», коли на супутниковий знімок накладаються назви вулиць і визначні місця. Іноді використовуються широкоформатні екрани, а також проекційні системи, здатні накладати зображення не лише на екрани, але і на будь-які поверхні.



Пристрої, що реалізують AR

- **Спеціальні засоби.** До них відносять, наприклад, спеціалізовані шоломи військових пілотів. На скло шолома виводиться необхідна пілоту важлива інформація і він може сприймати її, не переводячи погляд на панель приладів, тим самим економлячи дорогоцінні секунди. Багато з подібних систем дозволяє здійснювати цілевказання шляхом повороту голови чи рухом очних яблук пілота.
- Шолом пілота-винищувача п'ятого покоління F-35 використовує вже настільки сучасні технології, що пілот може бачити навіть крізь непрозорий корпус літака. Це найдорожчий шлем у світі – його вартість перевищує 400 тис долларів. А британські інженери розробили для військових пілотів шлем з уже вбудованою системою нічного бачення.⁶



Пристрої, що реалізують AR

- На захисному склі «розумного шолома» мотоцикліста може бути відображена швидкість мотоцикла, маршрут, текстові повідомлення і багато іншого.
- Схожу технологію використовують і для відображення інформації на лобовому склі автомобіля.⁷



Доповнена реальність у промисловості

- Компанія *Boeing* протягом останніх 20 років шукала систему, здатну скоротити час на виробництво кабельних джгутів і усунення помилок при їх виготовленні.
- Бортові системи літаків містять багато компонентів, пов'язаних між собою дротами і кабелями. Їх загальна довжина у літаку *Боїнг-747*, наприклад, складає 250 кілометрів.⁸ Укладка і з'єднання дротів виробляється за спеціальним шаблоном, після чого скріплюється у джгути, а на кінці кабелів встановлюють роз'єми.
- Така робота займає багато часу і загрожує помилками. На початку 2014 р. компанія впровадила рішення з доповненої реальності на платформі окулярів *Google Glass*. За рахунок впровадження технології AR вдалося скоротити час виробництва на 25% і знизити кількість помилок на 50%.⁹



Доповнена реальність у промисловості

- Компанія *Lockheed Martin* використовує технології дополненої реальності у процесі збірки літака F-35. За основну платформу використовуються AR-окуляри *Epson Moverio BT-200*, обладнані датчиками руху і глибини. Коли технік монтує на шасі деталь гальма, в окулярах він бачить усі дані про те, де і в якому порядку варто проводити збірку і під'єднувати кабелі. За даними компанії *NGRAIN*, впровадивши цю систему, програмне забезпечення дозволяє інженерам працювати швидше на 30% і з точністю до 96%.¹⁰ (Компанія *Lockheed Martin* з успіхом використовує також і технологію VR).
- Концерн *Fiat Chrysler Automobiles (FCA)* застосував у своїй роботі проекційну AR-систему *OPS Solutions*. Тепер на кожному етапі процесу складання робочі отримують наочну інформацію про свій наступний крок.



Доповнена реальність у промисловості

- Машинобудівне підприємство *AGCO* (США) в 2015 р. обладнало ділянки великими дисплеями, на які виводився тривимірний склад виробів і повний комплект документації, необхідний для швидкого і якісного складання виробів (тракторів та іншої сільськогосподарської техніки). У 2017 року підприємство перейшло на використання окулярів *Google Glass*, завдяки чому контроль якості прискорився на 20%.
- Портативні віртуальні візуалізатори *PVAITV* і *MibiPV*, розроблені спеціально для інженерів та ІТ-фахівців, дозволяють сканувати обладнання і виявляти помилки/несправності, які необхідно усунути. Програма вказує, де знаходитьться пошкоджений роз'єм або від'єднаний шнур.¹¹



Доповнена реальність у промисловості

- Робочі *General Electric* при складанні вітряних турбін на заводі у Флориді зв'язуються з експертами через окуляри доповненої реальності, показують збиране обладнання в поле зору і отримують відповіді на питання від фахівців, конструювати турбіни, за допомогою тих же окулярів. Аналіз показує зростання продуктивності на 34% у порівнянні з використанням попередніх технологій складання обладнання.¹²
- Крім все більш активного застосування в промисловості доповнена реальність використовується у комп'ютерних іграх, маркетингу (зокрема, у вуличному маркетингу, коли великий екран з AR розташовується в людному місці), в моді, соціальних мережах, медицині та хірургії, туризмі, в пресі, музеїній справі - список прикладів застосування AR постійно поповнюється.



Фінансові перспективи (AR як J-технологія)

- За даними консалтингової фірми *Digi-Capital*, у 2017 році інвестори в США вклади в VR- і AR-стартапи понад \$3 млрд. У результаті ринок значно перевершив прогнози. Але, разом з тим, ринок VR/AR досить нестабільний і «розігривається» разовими великими угодами, а інвестують у нього, переважно, венчурні інвестори. При цьому значний обсяг коштів інвесторів припадає на частку стартапу *Magic Leap*.
- За кілька років проект суперсекретних окулярів доповненої реальності отримав понад \$2 млрд. Від компаній *Google*, *Alibaba*, *Qualcomm* і саудівських фондів. Засновник компанії *Роні Абовітц* після ряду досліджень дійшов висновку, що мозок використовує не всі дані, що надходять до нього через зорову систему. Тому для нової технології можна використовувати не все світлове поле, а лише обрані біти інформації, які будуть правильно інтерпретуватися зоровою корою. І тоді можна позбутися дисплеїв і покладатися безпосередньо на очі користувачів.



Фінансові перспективи (AR як І-технологія)

- Тому інвестори знали, у що вкладають гроші. Розробка тривала протягом 7 років, замовлення на перші зразки для розробників ціною 2295 дол. почали приймати в серпні 2018 р.¹⁴
- Щодо ринку в цілому, то він також поки нестабільний. Так, якщо в липні 2019 р аналітики компанії IDC вважали, що світовий обсяг продажів товарів і послуг, по'язаних з технологіями доповненої і віртуальної реальності (AR/VR), з 11,4 млрд долларів у 2017 році зросте майже до 215 млрд долларів у 2024 році і, в середньому, обсяг ринку буде щорічно зростати на 113,2%,¹⁵ то у 2020р. їх оцінки змінилися. За новими прогнозами, з 2019-го по 2024 роки світовий ринок технологій доповненої (AR) і віртуальної (VR) реальності буде зростати, в середньому, на 71,6% в рік. Разом - 106 млрд долларів у 2024 році, а не 215 млрд долларів у 2023 р.¹⁶



Фінансові перспективи (AR як J-технологія)

- Аналітики компанії *Digi-Capital* дають дещо інші оцінки: до 2024 року вартість ринку VR складе \$35 мільярдів, а AR - \$98 мільярдів. Однак *Джессі Шелл*, генеральний директор *Schell Games* і професор Університету Карнегі-Меллон, вважає, що це «вкрай невірний прогноз». Він вважає, що ринок буде розвиватися дуже повільно. А значить, стартапам варто врахувати, що суворі часи затягнуться на більш тривалий період, ніж планувалося. *Шелл* вважає, що до 2025 року частка прибутку AR складе 15% від доходу ринку VR, тобто приблизно \$ 1,1- \$ 3,3 млрд. Ринок доповненої реальності як і раніше буде невеликим, і його чекають труднощі. За словами Шелла, пройде ще багато років, перш ніж технології розвинуться настільки, щоб створити окуляри доповненої реальності, які не відрізнялися б від звичайних окулярів.¹⁷



Фінансові перспективи (AR як J-технологія)

- Однак *Tim Кук*, генеральний директор компанії *Apple*, неодноразово заявляв, що AR на даний момент є найбільш перспективною технологією. За його словами, доповнена реальність - настільки ж грандіозна ідея, як і створення смартфона. Періодично в мережі з'являються відомості про роботу Apple над окулярами доповненої реальності.¹⁸
- *Павло Біленко*, засновник інженерного центру ТЕКНЕР, вважає, що AR - одна з J-технологій з прискореної дифузії. Швидкість дифузії технологій - це час, за який технології починають активно використовуватися більшістю споживачів. За останні 110 років швидкість дифузії споживчих технологій стрімко зростала, і ця швидкість дифузії споживчих технологій стрімко росла, і зараз крива розвитку деяких з них за формую нагадує букву J, тобто технологія за лічені роки після народження стає ключовою конкурентною перевагою компанії.



Фінансові перспективи (AR як І-технологія)

- Ще один важливий факт, який свідчить про безумовну перспективність AR - створення в 2015 році альянсу *Augmented Reality for Enterprise Alliance (AREA)*.
- До цього альянсу входять такі великі компанії, як *Bosch* і *Boeing*.
- Мета альянсу - безкоштовний (для американського ринку) і відкритий обмін кращими практиками, отриманих уроків і технологічними ресурсами, які будуть допомагати підприємствам ефективно впроваджувати AR. 11 квітня 2017 року проголошено про розробку учасниками цього альянсу ключових галузевих керівних документів.
- Документи розроблялися за сприяння *UI Labs, Lockheed Martin, Caterpillar i Procter & Gamble*.



Література (віртуальна реальність)

- 1. <https://www.explainthatstuff.com/virtualreality.html>
 2. <https://tproger.ru/translations/vr-explained/>
 3. [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья: Виртуальная_реальность_\(VR,_Virtual_Reality\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья: Виртуальная_реальность_(VR,_Virtual_Reality))
 4. <http://googlecardboard.ru/v/kak-nazyvayutsya-vr-ochki/>
 5. <https://web.archive.org/web/20150217161553/http://nttl.ru/technology/>
 6. <https://funtecs.com/osnovy-virtualnoi-realnosti/>
 7. <https://rb.ru/opinion/vr-and-vr/>
 8. <http://vrvision.ru/polnyj-spisok-perchatok-virtualnoj-realnosti-2018/>
 9. <https://actu.epfl.ch/news/ultra-light-gloves-let-users-touch-virtual-objects/>
 10. <https://hightech.fm/2018/04/29/disney-3>
 11. <https://habr.com/company/mailru/blog/407721/>
 12. <http://digistream.ru/virtualnaya-realnost/ochki-virtualnoj-realnosti-dlya-smartfona-i-pk/>
 13. <https://www.gvra.com>
 14. <https://www.gvra.com/research/>
 15. <https://sites.google.com/view/virtuallink-consortium/home>
 16. <https://www.vestifinance.ru/articles/102736>
 17. https://ko.com.ua/na_mirovom_rynke_vr-garnitur_glubokij_proval_125961



Література (доповнена реальність)

- 1. <https://lenta.ru/articles/2017/07/07/ar/>
- 2. <https://hbr-russia.ru/innovatsii/tekhnologii/a24121>
- 3. <https://i-look.net/news/augmented-reality-browsers.html>
- 4. https://www.unipage.net/ru/p/google_glass_3
- 5.
<http://controlengrussia.com/innovatsii/dopolnennaya-real-nost/ar/>
- 6. <https://www.prosoft.ru/cms/f/466284.pdf>
- 7. <http://tofar.ru/kak-rabotaet-ar.php>
- 8. <http://krasvozduh.ru/zavod-boing/>
- 9.
https://gigazine.net/gsc_news/en/20160715-boeing-google-glass
- 10.
<https://www.popularmechanics.com/flight/a13967/lockheed-martin-augmented-reality-f-35/>
- 11.
<https://ar-conf.ru/ru/news/razvitie-dopolnennoy-realnosti-v-aviosmicheskoy-otrasli-34872>
- 12.
<http://www.forbes.ru/tehnologii/344377-zhizn-v-forme-j-riski-i-vozmozhnosti-uskoreneniya-difuzii-tehnologiy>



Київ

2014

Технології Інтернет речей

Тема 7: «Віртуальна та додаткова реальність»