

# IOT

# Лекція №1

Лекцію проводить:  
доц. Лимаренко Вячеслав Володимирович

**К.Т. 066-0708586**

## Інтернет речей IoT (Internet of Things)

Термін «Інтернет речей» (Internet of Things, IoT) був запропонований у 1999 році Кевіном Ештоном, одним із трьох засновників Центру автоматичної ідентифікації Массачусетського університету (Auto-ID Center).

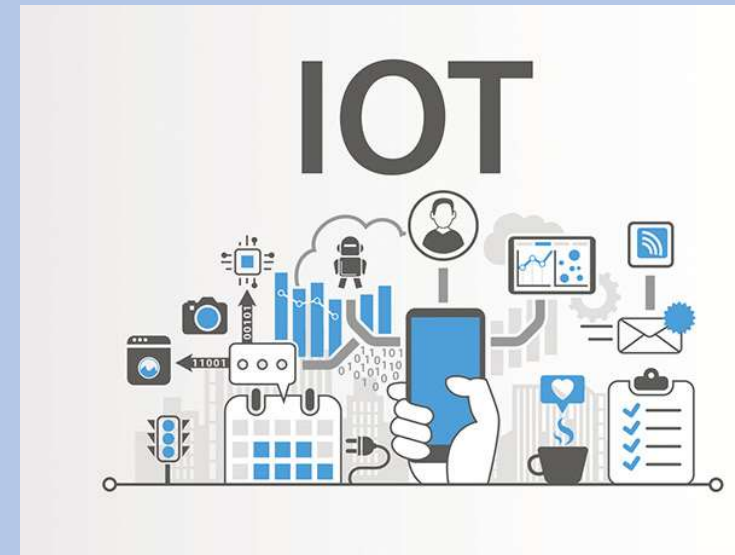
Gartner: **Інтернет речей** – це мережа фізичних об'єктів, які мають вбудовані технології, що дозволяють здійснювати взаємодію із зовнішнім середовищем, передавати відомості про свій стан і приймати дані ззовні».

McKinsey: **Інтернет речей** – це датчики та приводи, вбудовані у фізичні пристрої та підключені до інтернету через дротові або бездротові мережі.

Складовою частиною Інтернету речей є Індустріальний (або Промисловий) Інтернет речей (Industrial Internet of Things, IIoT).

## Інтернет речей. Коротка історія появи

- ❑ У 1926 році Нікола Тесла в інтерв'ю для журналу «Collier's» сказав, що в майбутньому радіо буде перетворено на «великий мозок», всі речі стануть частиною єдиного цілого, а інструменти, завдяки яким це стане можливим, легко поміщатимуться в кишені.
- ❑ Першим успішним практичним втіленням ідеї можна вважати вендингову машину з продажу напоїв у Корнеллському університеті (США), яку в 1982 підключили до інтернету для передачі даних про температуру напоїв.
- ❑ У 1990 випускник МІТ, один із батьків протоколу TCP/IP, Джон Ромкі створив першу у світі інтернет-річ – підключений до мережі тостер і зміг віддалено включити та вимкнути його.
- ❑ Батьком терміна «Інтернет речей» називають американця Кевіна Ештона. У 1999 році він, на той момент, співробітник компанії Procter & Gamble, запропонував використовувати радіочастотну ідентифікацію (RFID), щоб комп'ютери могли керувати окремими пристроями-речами



## Інтернет речей вигадали маркетинологи!

- ❑ Жодної революції не сталося, тільки еволюція
- ❑ «Речі» давно спілкувалися один з одним (наприклад ПЛК на лінії протяжки дроту або комутатори в мережі)
- ❑ Системи управління та моніторингу існують десятки років, до «хмар» їх також відправили маркетинологи
- ❑ Стільникові та супутникові модеми вигадали не вчора
- ❑ По суті IoT – це лише загальна назва для об'єднання різних ринків, причому і в B2B і в B2C
- ❑ Еволюція термінів: Intelligent Device Management => M2M => IoT

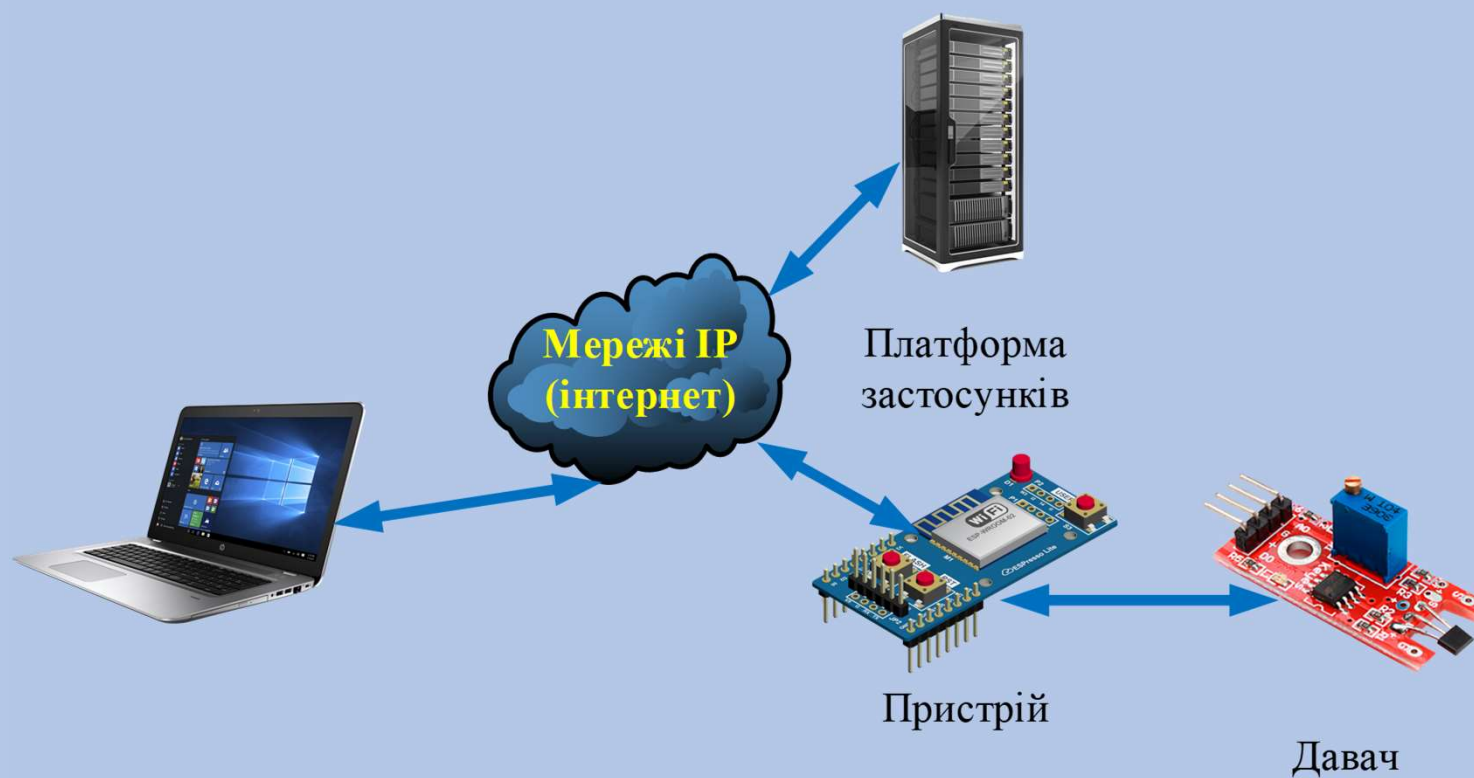
## Влаштування Інтернету речей

Сучасний Інтернет складається з тисяч корпоративних, наукових, урядових та домашніх комп'ютерних мереж. Об'єднання мереж різної архітектури та топології здійснюється за допомогою протоколу IP. Кожному учаснику Мережі (або групі учасників) присвоюється IP-адреса, постійна або тимчасова (динамічна).

Аналогічно Інтернет речей сьогодні складається з безлічі слабо пов'язаних між собою мереж, кожна з яких вирішує свої завдання. Наприклад, в офісній будівлі може бути розгорнуто одразу кілька мереж: для керування кондиціонерами, системою опалення, освітленням, безпекою тощо. Ці мережі можуть працювати за різними стандартами, і об'єднання їх в одну мережу є нетривіальним завданням. Крім того, існуюча (четверта) версія протоколу IP (IPv4) дозволяє використовувати лише 4,22 мільярда адрес, через що виникла проблема їх вичерпання. І хоча не кожному пристрою, що підключений до Мережі, необхідна унікальна IP-адреса (але все одно потрібен унікальний ідентифікатор), у зв'язку з бурхливим зростанням Інтернету речей проблема нестачі адрес може стати обмежуючим фактором. Кардинально вирішити її допомагає шоста версія протоколу, IPv6, яка забезпечує можливість використання кожним мешканцем Землі понад 300 млн. IP-адрес.

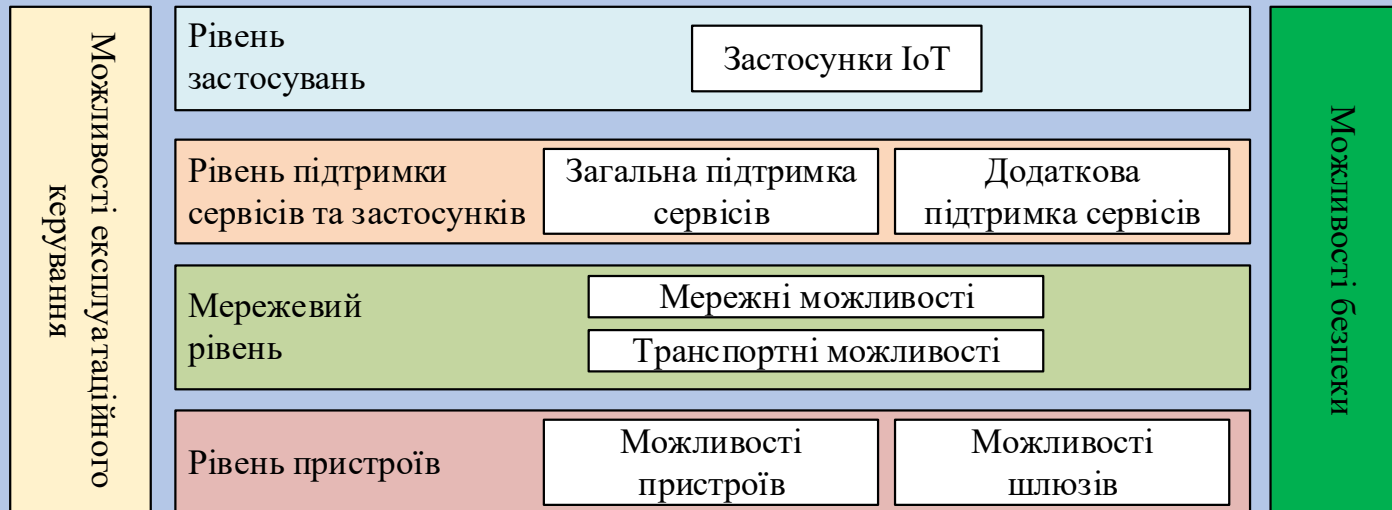
У 2020 року у світі було біля 50 млрд. об'єднаних у мережу речей, а можливості адресації протоколу IPv6 дозволять практично без обмежень ідентифікувати у Мережі будь-яку річ.

# Концепція IoT



**IoT = Сенсори (давачі) + Дані + Мережі + Програми**

## Еталона модель IoT згідно МСЕ-Т Y.2060



У рекомендаціях Y.2060 Міжнародного союзу електрозв'язку, що отримали назву Overview of the Internet of Things, **інтернет речей** постає як «глобальна інфраструктура, що надає складні послуги завдяки поєднанню фізичних та віртуальних речей на основі існуючих та функціонально сумісних інформаційно-комунікаційних технологій».

**Пристроєм** у контексті IoT називається елемент обладнання, який має обов'язкові можливості зв'язку і може проводити вимірювання, спрацьовувати за певних умов, вводити, зберігати та обробляти дані.

Розробками архітектури IoT також займається Всесвітній форум IoT (IoT World Forum, IWF).



## Список рабочих группы IETF, пов'язаних з IoT, та того, чим вони займаються

- ❑ DICE – DTLS In Constrained Environments – профіль TLS/DTLS, придатний для пристроїв з обмеженими ресурсами;
- ❑ ACE – Authentication and Authorization for Constrained Environments – (RFC 7744) механізми автентифікації для доступу до ресурсів в обмежених середовищах;
- ❑ COSE – CBOR Object Signing and Encryption – спрощені аналоги CBOR для методів підписання та шифрування;
- ❑ 6TiSCH – IPv6 Over the TSCH Mode of IEEE 802.15.4e – реалізація IPv6 для Time-Slotted Channel Hopping;
- ❑ LWIG – Lightweight Implementation Guidance (RFC 7228) – загальна термінологія для мереж з обмеженими вузлами (CoAP та IKEv2);
- ❑ ICNRG – Information-Centric Networking – застосування технологій для сценаріїв IoT;
- ❑ CFRG – Crypto Forum – фундаментальні методи шифрування, придатні для IoT.



## Технології Інтернету речей

В основі IoT лежать такі технології:

- **Засоби ідентифікації.** Кожен об'єкт фізичного світу, що бере участь в Інтернеті речей, навіть не підключений до Мережі, все одно повинен мати унікальний ідентифікатор. Для автоматичної ідентифікації предметів можуть використовуватися різні вже існуючі системи: радіочастотна, при використанні якої до кожного об'єкта прикріплюється радіочастотна мітка, оптична (штрих-коди, Data Matrix, QR-коди), інфрачервоні мітки і т.д, але на забезпечення унікальності ідентифікаторів різних типів доведеться провести роботу з їхньої стандартизації;
- **Засоби виміру.** Завдання засобів виміру – забезпечити перетворення інформації про довкілля на дані, придатні для передачі їх засобам обробки. Це можуть бути як окремі датчики температури, освітленості тощо, так і складні вимірювальні комплекси. Для досягнення автономності засобів вимірювання бажано забезпечити електроживлення датчиків за рахунок засобів альтернативної енергетики (сонячні батареї тощо), щоб не витрачати час та засоби на заряджання акумуляторів або заміну батарей;

## Технології Інтернету речей

- **Засоби передачі даних.** Для передачі може бути використана будь-яка з існуючих технологій. У разі застосування бездротових мереж особливу увагу приділяють підвищенню надійності передачі даних. При використанні провідних мереж активно використовують технологію передачі даних по лініях електропередачі, оскільки багато «речей» (такі як торгові автомати, банкомати тощо) підключені до електромереж;
- **Засоби обробки даних.** Більше 30 мільярдів пристроїв, які були підключені 2020 року до Інтернету, згенерували біля 44 мільярдів терабайтів даних. Це приблизно в сім разів перевищує кількість оцифрованої інформації у всьому світі за станом на 2010 р. Тому в компанії Microsoft вважають, що головна частина Інтернету речей - це не датчики та засоби передачі даних, а хмарні системи, що забезпечують високу пропускну здатність і здатні швидко реагувати на певні ситуації (наприклад, вміти за показаннями датчиків з'ясовувати, що в будинку вже п'ять хвилин нікого немає, а входні двері залишилися відчиненими). Допоможуть впоратися з величезними потоками інформації також туманні обчислення, які не конкуруватимуть із хмарними, а ефективно їх доповнюватимуть;
- **Виконавчі пристрої.** Це пристрої, здатні перетворювати цифрові електричні сигнали, які надходять від інформаційних мереж, на дії. Наприклад, щоб через смартфон можна було включити систему опалення в будинку, вона повинна мати відповідний пристрій. Виконавчі пристрої часто конструктивно поєднуються з датчиками.

## Стандарти застосування Інтернету речей

- Google обіцяє розробити голосовий інтерфейс, завдяки якому домашнє начиння (наприклад, холодильник) навчиться розуміти природне мовлення людини;
- Intel аносувала платформу Intel IoT Platform, призначену, як впливає із назви, для Інтернету речей;
- Apple пропонує платформу HomeKit, що призначена для керування домашньою електронікою (побутовою технікою, освітленням, сигналізацією, дверима гаража);
- Microsoft адаптує хмарні сервіси Azure для Інтернету речей;

Два загальнодоступних високотехнологічних концерни з найбільшого розряду - AllSeen Alliance і Alljoyn від Qualcomm - об'єднали зусилля з Open Interconnect Consortium (OIC) у рамках нової організації Open Connectivity Foundation (OCF).

Із завданням сумісності на корпоративному рівні має впоратися стандарт OneM2M, який впливає вже з 230 компаній, у тому числі таких відомих, як Amazon, Cisco, Huawei, Intel, NEC, Qualcomm, Samsung та багато інших.

## Драйвери та бар'єри впровадження Інтернету речей

### ДРАЙВЕРИ

- ☐ Стрімкий розвиток інфо-комунікаційних технологій
- ☐ Мода на смартфони, планшети та інші мобільні пристрої
- ☐ Логістика та управління поставками
- ☐ Підвищення безпеки та зручності автотранспорту
- ☐ Необхідність збереження навколишнього середовища та зниження енерговитрат
- ☐ Розвиток сфери контролю за контрафактною продукцією та захисту від крадіжок
- ☐ Підтримка держав та дії інноваторів

### БАР'ЄРИ

- ☐ Необхідність прийняття спільних стандартів
- ☐ Повільний перехід до протоколу IPv6
- ☐ Ризик закритості приватних мереж
- ☐ Несумісність низки компонентів
- ☐ Проблема захисту персональних даних та безпеки
- ☐ Порівняно висока вартість впровадження

## Комунікації із пристроями

Використовуються будь-які протоколи світу IT (SNMP, Telnet, WMI...), автоматизації (Modbus, BACnet, OPC...), Інтернету речей (MQTT, XMPP, AMQP...), і навіть універсальні (HTTP/REST, SOAP, FTP...)

Базових операцій мало: читання та запис налаштувань, виконання операцій, отримання подій (включаючи сповіщення про зміну значень)



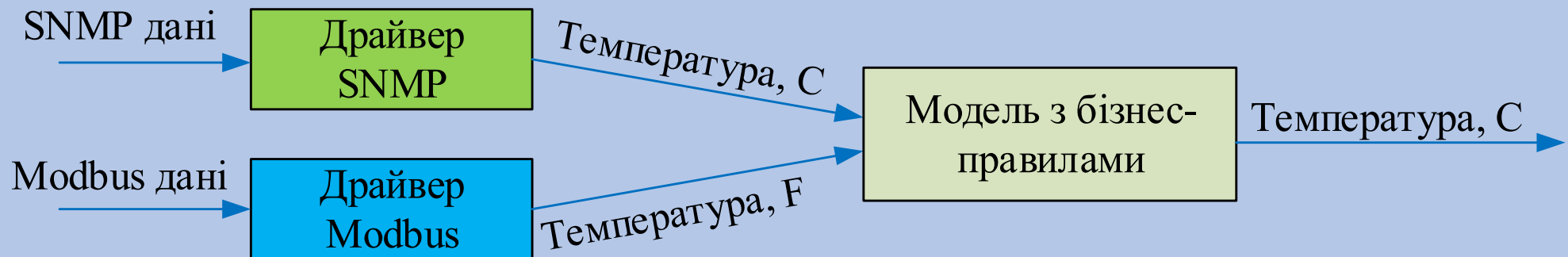
A word cloud containing various protocols and standards, including: FTP, GPS/GLONASS, NetFlow, ICMP, SOAP, SMB/CIFS, Syslog, IMAP, CAP, DNS, CORBA, DLMS/COSEM, HTTPS, SNMP, OPC UA, Telnet, OPC, AggreGate, HTTP, SMPP, DNP3, EVA-DTS, SIP, CWMP, LDAP, Radius, POP3, SQL, IPMI, SMTP, DHCP, KNX, ODBC, WMI, NMEA0183, JMS, BACnet, LON/LonTalk, Modbus, SSH, JMX, and Omron FINS.

## Нормалізація даних

Нормалізація – це конвертація до єдиного стандартного виду.

Здійснюється зазвичай у два етапи:

- Абстракція від протоколу (конвертація в універсальні типи даних)
- Абстракція від типу/виробника/версії пристрою (застосування моделей пристроїв)



## Зберігання даних

Що зберігаємо:

- конфігурацію сервера та серверних інструментів
- знімки останньої конфігурації пристроїв (на випадок недоступності)
- історію змін налаштувань (як пристроїв, так і серверних інструментів)
- історію подій (аналогічно)



RDBMS



RRD (Статистика)

Де зберігаємо:

- Реляційні БД (повільно та неефективно)
- NoSQL БД (оптимально)
- Спеціалізовані БД (наприклад, RRD для агрегації часових рядів – є свої плюси та мінуси)



NoSQL (Big Data)

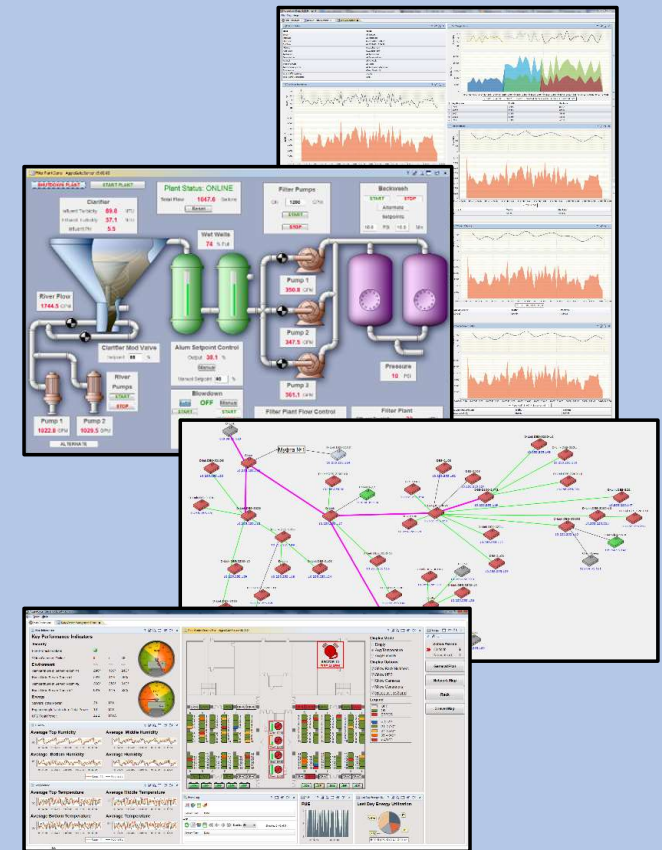


## Обробка даних

- Повністю автономна
- Відкладене групове конфігурування та виконання операцій
- Оповіщення операторів про важливі події та стан (пошта, смс)
- Динамічні моделі із власним життєвим циклом
- Машинно-читана база знань для прийняття рішень
- Безліч інструментів (пошук причин, планувальник, доменно-специфічні мови — приклади: мови AggreGate і MEK/IEC)

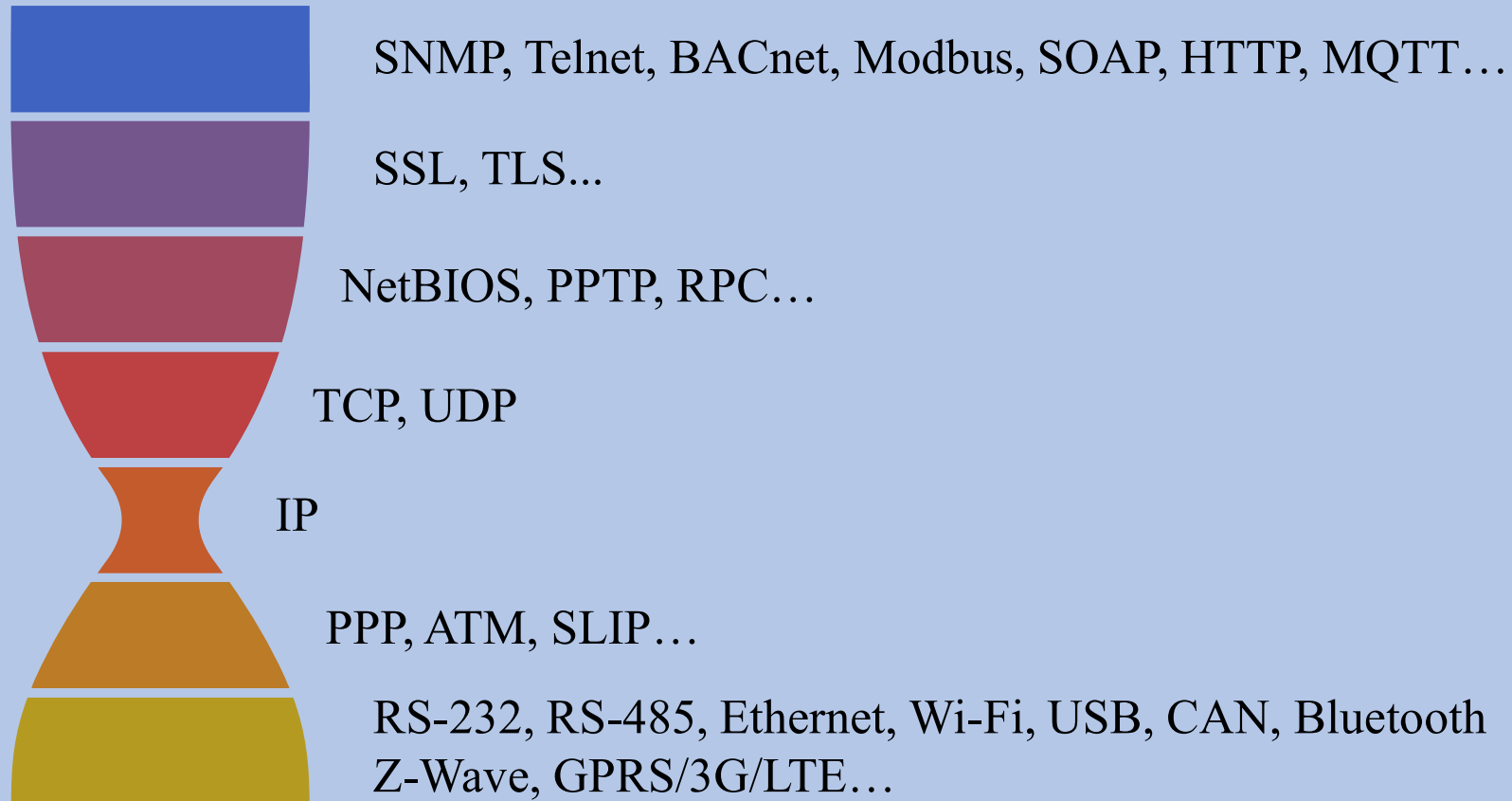
# Візуалізація даних

- Операторський інтерфейс першої та другої лінії будується з нуля для кожної IoT програми
- В основі інтерфейсу – набір дашбордів з навігацією та drill-down
- На дашбордах – таблиці, форми, карти, плани територій, графіки, шкали, та багато інших компонентів
- Все налаштовується буквально «до пікселя»
- Динаміка за рахунок прив'язки компонентів UI до властивостей та подій серверної моделі даних



# Структура мережі пристроїв

## Мережева модель OSI



## Види бездротових мереж

- Cellular Wireless Wide Area Networks (WWAN):  
GSM, 3G, LTE...
- Low Power Wide Area Networks (LPWAN)  
NB-IoT, LoRaWAN, SIGFOX, ...
- Wireless Neighborhood Area Networks (WNAN)  
WiFi, Wireless M-Bus, ...
- Wireless Home Area Networks (WHAN)  
ZigBee, Z-Wave, EnOcean, ...
- Wireless Personal Area Network (WPAN)
  - Bluetooth, ANT+, MiWi, ...
- Proximity  
NFC, ...



## Протоколи інтернет-речей

- у межах концепції Інтернету речей існують такі ділянки: сенсорний вузол – сенсорний вузол (найпоширеніший протокол DDS), сенсорний вузол – сервер (CoAP, MQTT, XMPP, STOMP), сервер – сервер (AMQP). Існує безліч протоколів передачі даних, тут наведені найпопулярніші.
- DDS (Data Distribution Service) – реалізує шаблон публікації-підписки для надсилання та прийому даних, подій та команд серед кінцевих вузлів. Вузли-видавці створюють інформацію, «topic» (теми, розділи: температура, місцезнаходження, тиск) та публікують шаблони. Вузол, який зацікавився в цих розділах, DDS прозоро доставляє створені шаблони. Як транспорт – UDP. Також DDS дозволяє керувати параметрами QoS (якість обслуговування).
- CoAP (Constrained Application Protocol) – з точки зору користувача схожий на протокол HTTP, але має малий розмір заголовків, що підходить для мереж з обмеженими можливостями. Використовує архітектуру клієнт-сервер та підходить для передачі інформації про стан вузла на сервер (повідомлення GET, PUT, HEAD, POST, DELETE, CONNECT). Як транспорт – UDP.
- XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol) – давно використовується в Інтернеті для передачі повідомлень у режимі реального часу, завдяки формату XML підходить для використання в мережах IoT. Працює поверх архітектур видавець-передплатник та клієнт-сервер. Також використовується для адресації пристроїв у невеликих мережах (адресація типу «name@domain.com»).
- MQTT (Message Queue Telemetry Transport) – здійснює збір даних від безлічі вузлів та передачу на сервер. Ґрунтується на моделі видавець-передплатник з використанням проміжного сервера – брокера (пріоритезація повідомлень, формування черг та ін.). Як транспорт – TCP. На основі MQTT було сформовано спеціалізований протокол MQTT-SN для сенсорних мереж.

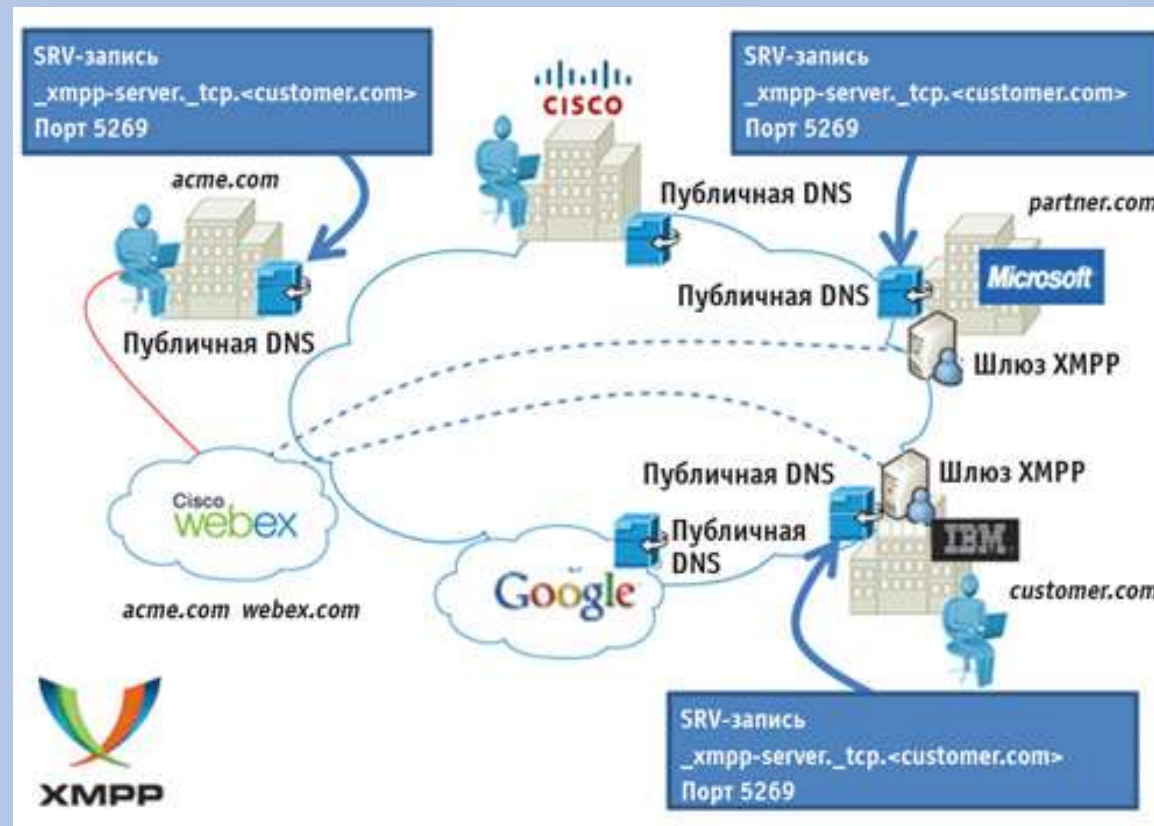
# Протокол MQTT (Message Queue Telemetry Transport)

❑ обслуговує збір даних із пристроїв



# Протокол XMPP

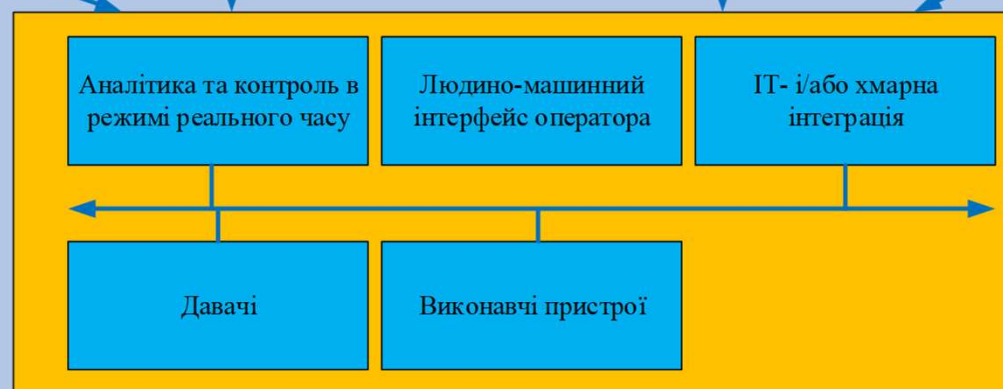
□ спочатку називався Jabber. Він був розроблений для системи миттєвого обміну повідомленнями для зв'язку між людьми за допомогою текстових повідомлень





# Протокол DDS (Data Distribution Service)

❑ сервіс розподілу даних, обслуговує пристрої, які безпосередньо використовують дані з датчиків



# Протокол DDS (Data Distribution Service)

Пристрої вимагають дані інакше, ніж IT-інфраструктура. По-перше, пристрої працюють швидко. Масштаб реального часу часто вимірюється в мікросекундах. Пристроєм потрібно здійснювати зв'язок з іншими пристроями, використовуючи складні шляхи, тому прості та надійні двоточкові TCP-потоки даних обмежують можливості такої передачі. Натомість DDS забезпечує деталізований контроль якості сервісу (QoS), багатоадресну передачу, надійність і всеосяжну надмірність. Крім того, сильною стороною DDS є розгалуження даних. Протокол DDS забезпечує потужні способи фільтрації та відбору даних за адресами призначення, причому кількість синхронних одержувачів даних може обчислюватися тисячами.

Для використання даних від пристроїв зіркоподібна мережа не годиться. Натомість DDS реалізує прямий шинний зв'язок між пристроями на базі реляційної моделі даних.

Подібно до того, як база даних керує доступом до збережених даних, шина даних керує доступом до даних та оновленням одночасно багатьма користувачами. Це саме те, що потрібно високопродуктивним пристроям, щоб вони працювали разом як єдина система.

Високопродуктивні системи вбудованих пристроїв використовують протокол DDS. Це єдина технологія, яка забезпечує гнучкість, надійність та швидкість, необхідні для побудови складних програм реального часу. Ці програми включають військові системи, вітроелектростанції, інтегровані системи лікарень, системи діагностичної візуалізації, системи супроводу ресурсів та автомобільні системи випробувань та забезпечення безпеки. Протокол DDS з високою швидкістю з'єднує пристрої всередині розподіленої системи.

Лекцію закінчено  
Дякую за увагу

