

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра Телекомунікацій**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Сергій КРАВЧУК

« ____ » _____ 2021 р.

**Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра**

Спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Аналіз технічних рішень для побудови мережі IoT на підприємстві»

Виконав: студент _____ 4 _____ курсу, групи _____ ТЗ-72 _____
(шифр групи)

_____ Нікішин Василь Юрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ Ст. викладач Шевченко І.І. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____ доцент каф. ТК, к.т.н., с.н.с. Міночкін Д.А. _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____ д.т.н., с.н.с., професор каф. ІТМ Скулиш М.А. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра Телекомунікацій

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій КРАВЧУК

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу студенту
Нікішину Василю Юрійовичу

1. Тема роботи : Аналіз технічних рішень для побудови мережі IoT на підприємстві

керівник роботи _____ Ст. викладач Шевченко Ігор Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 14 квітня 2021 р. № 1007-с

2. Термін подання студентом роботи 7 Червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи :

1. Аналіз Індустріальних IoT мереж

2. Побудова та архітектура IIoT

4. Зміст роботи:

1. Актуальність індустріальних IoT мереж в Industrie 4.0

2. Методи побудови та архітектура IIoT

3. Приклади IIoT на підприємствах

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо)

1. Тема та предмет дослідження, мета роботи
2. Актуальність індустриальних IoT мереж в Industrie 4.0
3. Основні дослідницькі ініціативи
4. Архітектура IoT
5. Приклади використання IoT на підприємствах
6. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доцент каф. ТК, к.т.н., с.н.с. Міночкін Д.А.	07.01.2021	04.02.2021
2	доцент каф. ТК, к.т.н., с.н.с. Міночкін Д.А.	06.02.2021	15.03.2021

7. Дата видачі завдання 5 жовтня 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Опрацювання отриманого завдання	06.10.20 – 02.11.20	
2.	Пошук джерел для вибраної теми	10.11.20 – 20.01.21	
3.	Огляд архітектури IoT мережі	21.01.21 – 20.02.21	
4.	Написання наукової статті (ПТ-2021)	24.02.21 – 14.03.21	
5.	Огляд та аналіз методів побудови та архітектури IoT	16.03.21 – 03.04.21	
6.	Пошук та опис прикладів використання IoT на підприємствах	05.04.21 – 07.05.21	
7.	Оформлення дипломної роботи	10.05.21 – 07.06.21	

Студент

Нікішин Василь

Керівник

Шевченко Ігор

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 55 сторінки та використано 8 рисунків. Було використано 14 джерел інформації.

Мета роботи полягає у проведенні аналізу технічних рішень для побудови мережі IoT на підприємстві. Розуміння основних принципів побудови та можливостей застосування.

З розвитком нових наукових технологій в світі збільшується потреба в автоматизації виробництва та виробничих процесів. Це все призводить до того що людство стоїть на порозі нової промислової революції під назвою «Індустрія 4.0.». Прогнозується що вплив Індустріального IoT становитиме 46% на світову економіку, тоді як в енергетичному секторі прогнозується вплив 100% на виробництво енергії та на 44% на споживання енергії у всьому світі. Це робить Індустріальний IoT необхідним на підприємствах для економії ресурсів та зменшення собівартості. Для успішної та ефективної реалізації IoT, необхідно збільшення різновиду технологій та архітектурних концепцій.

Ключові слова: Індустріальний IoT, «Індустрія 4.0.», архітектура IoT, Індустріальний Інтернет.

ABSTRACT

The work contains 55 pages and used 8 illustrations, 14 sources of information were used.

The purpose is to analyze the technical solutions for building an IoT network at the enterprise. Understanding the basic principles of construction and application possibilities.

With the development of new scientific technologies in the world the need for automation of production and production processes increases. All this leads to the fact that humanity is on the threshold of a new industrial revolution called "Industry 4.0.". The impact of the Industrial IoT is projected to be 46% on the world economy, while in the energy sector it is projected to have a 100% impact on energy production and 44% on energy consumption worldwide. This makes Industrial IoT necessary for enterprises to save resources and reduce costs. For successful and effective implementation of IIoT, it is necessary to increase the variety of technologies and architectural concepts.

Key words: Industrial IoT, «Industry 4.0.», IIoT architecture, Industrial Internet.

Зміст

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
Вступ.....	9
1. Актуальність індустріальних IoT мереж в Industrie 4.0	10
1.1 історія появи IIoT	16
1.2 Потенціали та виклики IIoT	20
Висновок до розділу 1	26
2. Методи побудови та архітектура IIoT.....	27
2.1. основні дослідницькі ініціативи.....	27
2.2. Архітектура IIoT.....	28
2.3. Основні технології	40
Висновок до розділу 2	41
3. Приклади IIoT на підприємствах.....	42
3.1. Застосування.....	42
3.2. Приклади компаній які використовують IIoT.....	43
3.2.1. MAN	43
3.2.2. Caterpillar (CAT).....	44
3.2.3. John Deere	45
3.2.4. Harley Davidson	45
3.3. Компанії які надають послуги в IIoT	46
3.3.1. FANUC	46
3.3.2. Siemens	48
3.3.3. GE (General Electric)	49
3.4. Приклади використання промислового IoT в Україні	50

	7
3.4.1. ДТЕК	50
3.4.2. РГК Метрологічний центр	52
Висновок до розділу 3	52
Загальні висновки.....	53
Список використаних джерел.....	54

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

IIoT	Industrial Internet of Things
ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunication
MCE	Міжнародний союз електрозв'язку
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
HMI	Human machine interface
CAN	Controller Area Network
PnP	Plug and Play
IIC	Industrial Internet Consortium
PDM	Product data management
MES	Manufacturing execution system
ERP	Enterprise Resource Planning
PLC	programmable logic controller
CPS	Cost-per-Sale
CMS	Cyber Manufacturing Systems
ICS	International Commission on Stratigraphy
RFID	Radio Frequency IDentification
AI	Artificial intelligence
SCM	Supply Chain Management
CoAP	Constrained Application Protocol
M2M	Machine-to-Machine
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
MQTT	Message Queue Telemetry Transport
AMQP	Advanced Message Queuing Protocol
PLM	Product Lifecycle Management

Вступ

В час новітніх технологій дуже мало речей створених до цього людиною залишаються незмінними. З'являється велика потреба в передовій та точній техніці. Щоб задовільнити даний попит підприємствам потрібно збільшувати об'єми виробництва при цьому не збільшуючи витрати на продукцію. Це можливо зробити за умови побудови та використання Індустріальної IoT мережі. При використанні даної мережі скорочується час який витрачається людиною на збір інформації для прийняття рішень, а також за допомогою даної мережі можна автоматизувати певні процеси які відбуваються між комп'ютерними системами. До того ж, е дає змогу оптимізувати та модернізувати виробництво та зменшити витрати на виробництво та собівартість продукції. Їх використання на підприємствах дає змогу пришвидшити процеси збору, обміну та оцифрування даних що в свою чергу зменшує час прийняття рішень.

При побудові підприємств потрібно враховувати залежності різних процесів, переобладнання лінії виробництва та багато інших аспектів. Тому існує необхідність нарощування бази інформації в сфері Індустріального IoT, а саме розробка архітектури та концепції мережі, створення методологій та побудови платформ та сервісів для розвинення підприємств.

Публікації:

1. Нікішин В. Ю., Міночкін Д.А. Аналіз технічних рішень для побудови мережі IoT на підприємстві // XV Міжнародна Науково-технічна Конференція "Перспективи телекомунікацій 2021"

1. Актуальність індустриальних IoT мереж в Industrie 4.0

Industrie 4.0 - це стратегічна ініціатива в Німеччині, спрямована на впровадження технологій IoT у виробництво та виробничі сектори. Мета полягає в тому, щоб дати можливість Німеччині відігравати провідну роль у виробництві, забезпечуючи ефективне та дешеве виробництво завдяки гнучким робочим процесам. Засобом досягнення цієї мети є широке включення кіберфізичних систем у виробу та виробничі процеси, з метою вставки інтелекту в системи та процеси, забезпечення їх високого рівня зв'язку та спілкування та досягнення їх координації у більш складні, але гнучкі процеси, що призводять до отримання високоякісних, недорогих продуктів. Industrie 4.0 бере свою назву від ідентифікації нової, що розвивається галузі як четвертої революції промислового виробництва. Загальновизнано, що на сьогоднішній день промислове виробництво пережило три революції. Перша промислова революція, що відбулася у вісімнадцятому та дев'ятнадцятому столітті, - це та, коли у виробництво товарів та послуг були введені механізовані виробничі потужності, де необхідна енергія забезпечувалась водою та паром. Електрична енергія була введена під час другої революції, яка призвела до масового виробництва, оскільки електроенергія підвищила продуктивність. В епоху після Другої світової війни включення електроніки та програмного забезпечення, тобто промислових інформаційних технологій, до механічних та електричних компонентів призвело до третьої революції, яка дала можливість автоматизації на високих рівнях. В даний час багато зацікавлених сторін у галузі вважають, що ми знаходимось на порозі наступної, четвертої, промислової революції, завдяки широкому впровадженню та використанню кіберфізичних систем, що призводить не тільки до ще більш високих рівнів автоматизації, але забезпечує масове виробництво та виробництво товарів та послуг за замовленням завдяки гнучкості, яку пропонує легко програмоване, налаштоване та контрольоване виробництво [1].

Зусилля для Industrie 4.0 засновані на широкому розгортанні та використанні обчислювальних та комунікаційних ресурсів. Останні два десятиліття характеризуються значним прогресом у високопродуктивних процесорах із низьким енергоспоживанням, пам'яті та комунікаційних компонентах, які забезпечують ефективну обробку та мережеві роботи. Ці досягнення забезпечили значні можливості обробки великої кількості пристроїв, які розгортаються серед споживачів або на місцях. Розумні споживчі пристрої стали нормою. Смартфони надають сотні програм і надають послуги, починаючи від визначення маршрутів подорожей та транспортування, закінчуючи мобільним банківським обслуговуванням та моніторингом стану здоров'я. Розумні телевізори поєднують і надають різні види розваг та мережевих послуг, починаючи від індивідуального управління та управління телевізійними каналами, до ігор в Інтернеті та управління домашніми пристроями. Розумні побутові прилади відстежують параметри, починаючи від температури навколишнього середовища і закінчуючи споживанням води та енергії, що дозволяє громадянам ефективно керувати своїми будинками, що призводить до необхідної якості життя, знижуючи при цьому експлуатаційні витрати на різних фронтах [1].

Метою Industrie 4.0 є більш енергійне використання Інтернету речей, а також кіберфізичних систем. Ці системи, такі як датчики, мають явну можливість збору даних, і тому вони широко використовуються багатьма постачальниками та виробниками. Є багато вдосконалень, які можна побачити у великих даних, а Analytics також може бути дуже надійним і сильним. Це означає, що системи можуть ретельно шукати гігантські купи даних. Після процесу пошуку системи також можуть давати уявлення, і ці уявлення надзвичайно корисні для швидких та кращих дій чи заходів. У Industrie 4.0 комунікаційна інфраструктура - це сильна сторона, яка допомагає забезпечити безпечне спілкування, яке використовується у великих галузях промисловості. У Industrie 4.0 є багато розумних фабрик. Такі фабрики отримують доступ до інформації та використовують

комунікаційні технології для ланцюга поставок, а також виробничої лінії. За допомогою цього розумні фабрики отримують кращу автоматизацію, а також оцифровку. Кожна промислова революція має певні закономірності. Непарні революції - це результат таких нових технологій, які виявляються руйнівними, таких як парові машини або комп'ютери. З іншого боку, Industries 2.0 ледве зайнявся новими інноваційними технологіями, а більше зміцненню альянсу та взаємодії між інноваційними технологіями. Індустрія 4.0 також тут для кращої оптимізації, а не для винаходу нових технологій [2].

Ключовою технологією програми Industrie 4.0 вважається Інтернет речей. Інтернет речей вже вніс революцію в розуміння людиною широкого спектру людської діяльності. Очікується що ця тенденція буде підсилюватися через те що очікуваний потенційний економічний вплив IoT буде знаходитися в районі між 900 млрд. доларів США та 2,3 трлн. Доларів США на рік до 2025 року. IoT додатки поширюються в різних секторах включаючи виробництво, сільське господарство, захист та безпеку, розумні міста, розумну енергетику, розумні будівлі та розумне середовище. Усі ці області застосування можна об'єднати за однією і тією ж базовою моделлю: велика кількість інтелектуальних пристроїв, з'єднаних між собою за допомогою дротових або бездротових носіїв, взаємодіючих та взаємно координаційних для досягнення мети.

Індустріальний Інтернет речей є частиною загальної еволюції IoT. Однак він стикається з унікальними проблемами та відрізняє його від інших систем та послуг IoT через необхідність інтеграції програмованих логічних контролерів (PLC) та системи наглядового контролю та збору даних (SCADA). PLC та SCADA разом з відповідними промисловими мережами, які їх взаємо пов'язують, становлять інфраструктуру операційних технологій (OT), яка традиційно розвивалася незалежно від типової IT-технології, оскільки вона відповідає потребам системи на місцях - промислова підлога, об'єкти виробництва енергії, розподіл енергії мереж тощо - із суворими вимогами, такими як безперервна робота, безпека, функціонування в режимі

реального часу тощо. Можливості, запропоновані новою технологією ІоТ створюють проблеми для інтеграції цих систем ОТ із традиційними підприємствами ІТ-системи на багатьох рівнях - від управління підприємством до кібербезпеки. Для наприклад, системи планування ресурсів підприємства (ERP) потрібно розширити до включення в виробничі операції, якими в даний час керує виробництво системи виконання (MES), які зросли самостійно і представляють значну кількість проблеми інтеграбельності їх інтеграції. Очевидно, інтегрована система, яка керує повною ієрархією підприємства або заводу - від бізнес-процесів до датчиків, забезпечує значну гнучкість та представляє нові можливості для підприємств. Промислові технології не є частиною лише виробництва або фабрик. Зрілість технології та її кіберфізичних можливостей управління поширила її використання зовні традиційних заводських середовищ, і зараз вони складають значну частину критичної інфраструктури на багатьох фронтах. Виробництво та розподіл інфраструктури включає системи ОТ, які є необхідною інфраструктурою при побудовані сучасної розумної мережі. Насправді енергетичний сектор є пріоритетом революції ІоТ не лише тому, що зростає потреба споживачів в енергії, особливо у світлі приросту населення, але й тому, що це енергетичний менеджмент вирішальний фактор у промисловому секторі та бажане невисоке виробництво товарів та послуг. На додаток до енергетичного сектора, промислові системи широко поширені в багатьох інших секторах критичної інфраструктури, таких як управління водними ресурсами та транспорт. Проблеми сумісності, пов'язані зі зближенням ІТ та ОТ, є лише частиною проблем, що виникають у ІоТ. Потрібно розробити відповідні архітектури відкриті для побудови та управління ефективними системами ІоТ, технологій проектування та управління кібер-фізичними системами, датчиками та мережами слід розробити відкрито, і, що важливо, захист та безпека повинні вирішуватися в єдиному порядку в контексті ІоТ. Захист та безпека є серйозними проблемами, оскільки традиційно захист був проблемою в ІТ-секторі, тоді як безпека була головним занепокоєнням у

секторі ОТ. Об'єднання двох призвело до усвідомлення того, що безпека не може бути досягнута без захисту, в той же час, захист потребує включити технології, що поєднують надійність та відповідають суворим вимогам для реального часу та низької потужності у багатьох доменах додатків. Хоча охорона питання промислових систем управління привернули увагу в останнє десятиліття і стандарти розвивалися набагато швидше, ніж у минулому, наприклад, ISO / IEC 27000 та сімейства стандартів ISA / IEC 62443, там все ще залишаються значними проблемами на технологічному, архітектурному та управлінському фронтах отримання рішення для уніфікованого IIoT [1].

Промисловий Інтернет речей (IIoT) виникла як загальна концепція застосування Інтернету речей до промислового сектору. Фактично, це узагальнення Industrie 4.0, яке, схоже, більше зосереджується на ефективності промислових процесів.

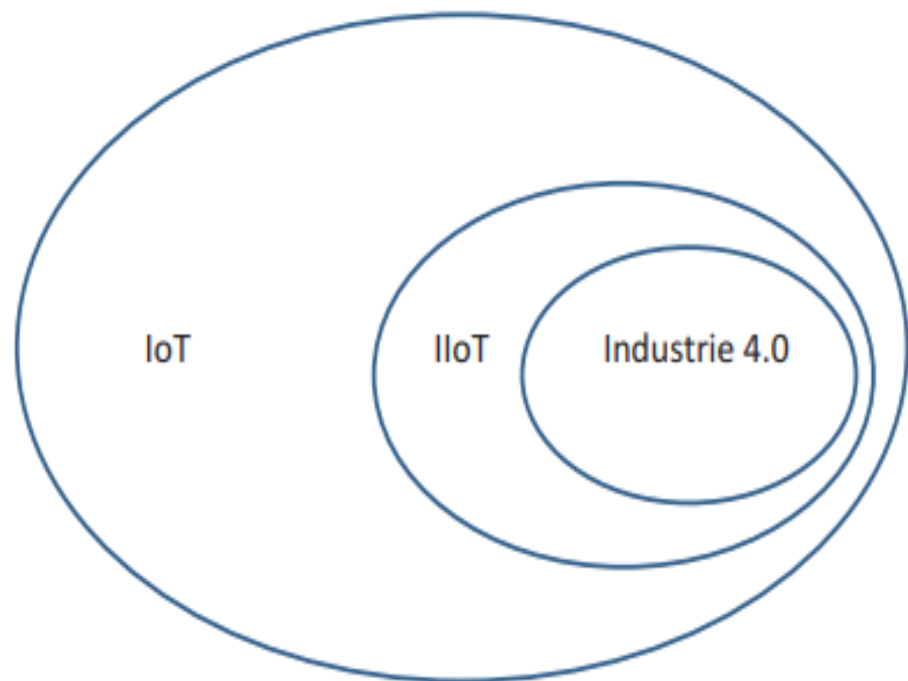


Рис. 1.1 Зв'язок IoT, IIoT та Industrie 4.0

Бачення IIoT включає всі аспекти промислових операцій, зосереджуючи увагу не тільки на ефективності процесів, але також на

управлінні активами, обслуговуванні тощо. Враховуючи, що ПоТ є ефективним IoT у промисловому секторі та що концепції Industrie 4.0 фактично є підмножиною ПоТ, як показано на рис. 1.1, потрібно виявити різницю між IoT та ПоТ. Незважаючи на те, що основні концепції однакові, тобто взаємопов'язані інтелектуальні пристрої, що дозволяють дистанційне зондування, збір, обробку даних, моніторинг та управління, параметри, що визначають підмножину IoT та ПоТ, є суворими вимогами до безперервної роботи та безпеки, а також операційні технології, що використовуються у промисловому секторі. Як приклад можна розглянути різницю між побутовою послугою, такою як програма контролю здоров'я на смарт-годиннику, та промисловою послугою, такою як моніторинг парового насоса. Незважаючи на те, що обидва додатки збирають дані в режимі реального часу, наприклад, кроки або температуру тіла у справі, що стосується охорони здоров'я, і тиск або об'єм пари в корпусі парового насоса, передають дані, визначають події та надають зворотний зв'язок або команди операторам / споживачам та підсистемам, очевидно, що безперервна робота та безпека пред'являють більш суворі вимоги до випадку парового насоса, коли потенційний ефект поломки значно катастрофічніший і може призвести до дорогого часу простою та навіть травм людей чи людських втрат. Ці характеристики промислового сектору - технологія та вимоги - ведуть до спеціалізованих, вимогливих рішень щодо технологій та послуг, що виправдовує спрямованість промислового сектору на спеціалізовану концепцію IoT. Це призвело до сильної зацікавленості промислового сектору у розробці спеціалізованих концепцій, від стратегії до застосування та технологій. Звичайні моделі розвитку бізнесу, які включають численні взаємозалежності між зацікавленими сторонами, від ланцюгів постачання до просування послуг, також призводять до гострої потреби в сумісних рішеннях на багатьох рівнях, від рівня пристроїв до послуг. Таким чином, існує потреба у скоординованій діяльності в процесі еволюції до ПоТ, до якої звертаються консорціуми, такі як Індустріальний Інтернет-консорціум, який

забезпечує значне керівництво у цій новій галузі. Компанія General Electric представила термін "Індустріальний Інтернет" в 2012 році як лідер "Індустріального Інтернету Речей", визначивши також технології міжмеханічного зв'язку, SCADA, HMI, аналіз промислових даних та кібербезпеку як основні складові Бачення ПоТ. Цікаво, що вони також розраховують вплив промислового Інтернету на 46% світової економіки, тоді як в енергетичному секторі вони розраховують вплив 100% на виробництво енергії та 44% на споживання енергії у всьому світі [1].

1.1 історія появи ПоТ

ПоТ виріс завдяки різноманітним технологіям та їх взаємозв'язкам. У процесі виробництва перші спроби створити мережу "речей" відносяться до 70-х років минулого століття і були узагальнені терміном "Комп'ютерно-інтегроване виробництво" (СІМ). Хоча ідеям СІМ зараз близько 40 років, більшість проблем все ще переважають сьогодні, наприклад інтеграція управлінських та інжинірингових процесів та реалізація життєздатної та високо автономної автоматизації. Однак у 1990-х роках - із підйомом ощадливого виробництва - надмірні ІТ-рішення все частіше розглядалися як неефективні, а багато проектів СІМ - як провал. В інтроспективі ранні розчарування можна прослідкувати з тієї причини, що технології та люди не були готові до успішної реалізації ідей, наприклад:

- Незріла ІТ та комунікаційна інфраструктура
- Відсутність обчислювальної потужності
- Брак ємності для зберігання даних
- Обмежене підключення та швидкість передачі даних
- Відсутність відкритості програмних засобів та форматів для обміну даними [10].

Більше того, рух СІМ досяг свого піку до великого прориву Інтернету між серединою 1990-х та першими роками нового тисячоліття. Зараз важко уявити світ без Інтернету. Однак у 1980-х роках було важко передати ідею повсюдного зв'язку. Ретроспективно було майже неможливо здійснити

широкий обмін інформацією в межах фабрики в той час, коли решта світу в основному не була цифрово пов'язана. У той час як CIM зосереджувався на рішеннях для магазину, управління даними про товари (PDM) було створено як новий підхід до проектування мереж в інженерних підрозділах, що з'єднують дані про товари та людей. На відміну від CIM, PDM був менш технологічним поштовхом, але походив від меж обробки великої кількості даних про продукт за допомогою простих файлових систем. Такі функції, як конфігурація продукції, потоки робіт, перегляди чи авторизація, зараз є необхідними для інженерних підрозділів великих підприємств і набувають все більшої важливості для середніх компаній. Завдяки Управлінню життєвим циклом продукту (PLM) мережева ідея продовжується, розглядаючи послідовне управління даними як ціль всього життєвого циклу. У цьому контексті PDM зазвичай розглядається як магістраль PLM, що забезпечує інтерфейси до різних додатків протягом життєвого циклу, таких як виробництво та обслуговування. Тому PDM та PLM також є необхідною умовою ІоТ: промислові «речі» вимагають даних про товари як основу для значущої комунікації, наприклад для порівняння даних вимірювань із початково визначеними вимогами, пов'язаними з виробом [10].

З точки зору фабричного планування та експлуатації, Digital Factory прагне інтегрувати дані, моделі, процеси та програмні засоби. Отже, Digital Factory - це комплексна модель реальної фабрики, яка може бути використана для зв'язку, моделювання та оптимізації протягом свого життєвого циклу. Програмні продукти в області Digital Factory, як правило, постачаються з різними функціями, що регулюють модулі, такими як моделювання потоку матеріалів, програмування роботів та віртуальний ввід. У контексті ІоТ Digital Factory можна розглядати як доповнення до PLM. Хоча PLM має на меті інтегрувати дані протягом життєвого циклу продукту, Digital Factory містить дані про виробничі ресурси та процеси. Для ІоТ необхідні обидва, високоточні моделі продукту та його виробництва, див. Рис. 1.2.

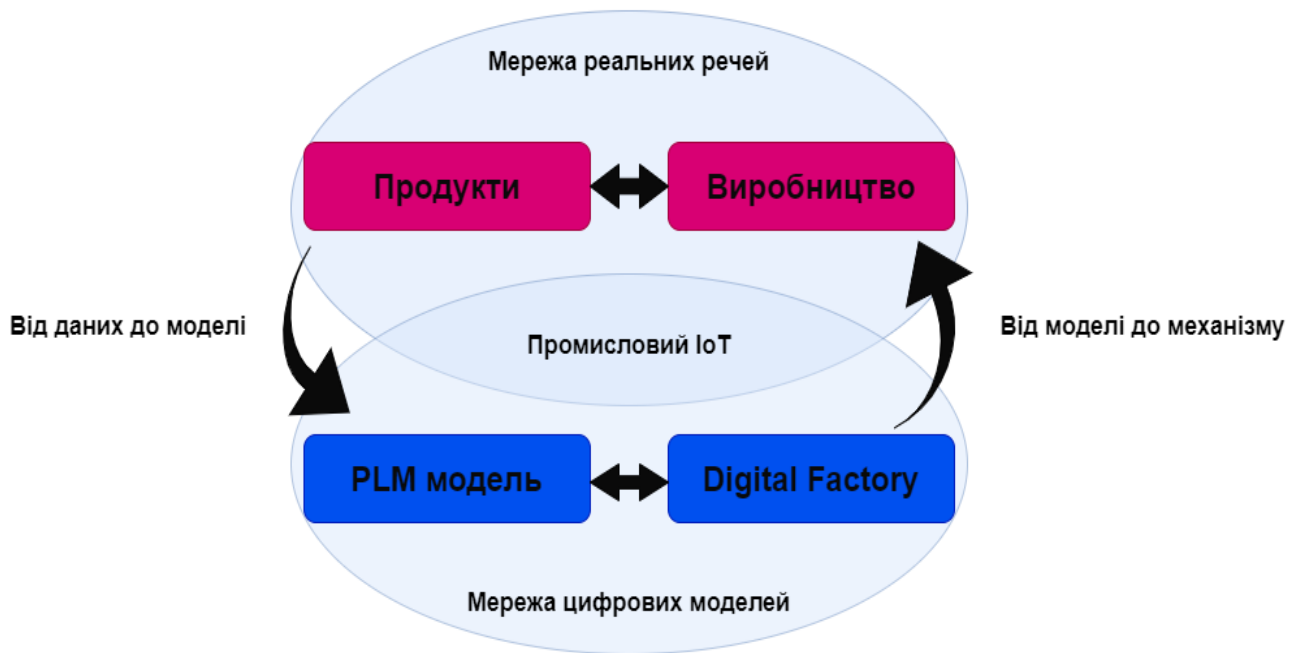


Рис. 1.2. ПоТ як мережа реальних речей та їх цифрові аналоги

Хоча PLM та Digital Factory сприяють створенню даних ПоТ, багато ідей щодо проектування обладнання для ПоТ можна простежити до ідеї мехатроніки та кіберфізичних систем (CPS). Мехатроніка зазвичай визначається як дисципліна, яка об'єднує механіку, електроніку та інформаційні технології. Як термін "мехатроніка" вказує за своїм першим складом, дисципліну можна розглядати як продовження механіки, і багато хто із зацікавлених сторін відстали в машинобудуванні. На відміну від цього, назва Кібер-фізичні системи була встановлена дослідниками з інформатики та програмного забезпечення. NASA визначає CPS як "новий клас фізичних систем, що демонструють складні моделі поведінки завдяки високопродуктивним вбудованим програмним компонентам" [10].

Подібне визначення використовується у проекті дорожньої карти CyPhERS: «CPS складається з обчислювальних, комунікаційних та контрольних компонентів, тісно поєднаних з фізичними процесами різної природи, наприклад, механічними, електричними та хімічними». Останнє визначення також може бути пов'язане з мехатронічними системами, і справді, терміни "мехатроніка" та CPS часто використовуються як взаємозамінні, особливо в сферах автоматизації та транспорту. Хоча

«мехатроніка» означає, що у фокусі є фізична система з оцінкою програмного забезпечення, CPS вказує, що найбільша частина доданої вартості заснована на програмному забезпеченні, і що ця частина програмного забезпечення є особливим викликом для програмної інженерії через просторово-часову взаємодію з фізичним середовищем. Крім того, CPS характеризується зв'язком між підсистемами, який не обов'язково є частиною мехатроніки. У цьому контексті CPS можна охарактеризувати як мережеву систему, і зазвичай підтекст мережі неявно включається в термін CPS, наприклад за такими визначеннями, як: CPS включає «вбудовані комп'ютери та мережі які спостерігають та контролюють фізичні процеси». Подальше розглядаючи ідею мережі, CPS можна вважати «з підтримкою IoT», де IoT означає, що підсистеми підключені до Інтернету і, отже, є частиною відкритої системи з великою кількістю вузлів. Через свої мережеві характеристики CPS потребують більшої теоретичної основи, ніж мехатронні системи. У той час як перші, як правило, можуть бути описані засобами теорії багато-фізичного моделювання та управління, теорія останньої включає, серед іншого, мехатроніку, мережеві технології, методи співпраці, кібербезпеку, аналітику даних, штучний інтелект та взаємодію людини і машини.

У контексті виробництва, Cyber Manufacturing Systems (CMS) та IIoT позначають відповідні промислові аналоги CPS та IoT. Таким чином, CMS або системи кібер-фізичного виробництва (CPPS) є вдосконаленими мехатронними виробничими системами, які отримують свій інтелект завдяки підключенню до IIoT. Тому CMS не можна розглядати без IIoT і навпаки. Як правило, коли згадується одне поняття, інше поняття неявно включається [10].

Загалом, CMS та IIoT не є окремими технологіями із закритою теоретичною структурою, а, скоріше, є міждисциплінарною сумішшю з областей виробництва, інформатики, мехатроніки, комунікаційних технологій та ергономіки, тобто зустрічається в усіх дисциплінах. Теорія

систем та кібернетика можуть розглядатися як найбільш загальний підхід до опису взаємодії між різними людьми та речами з метою розробки кібернетичних циклів зворотного зв'язку, які ведуть до само оптимізації та стійкої поведінки. Для розуміння, прогнозування та оптимізації поведінки системи загальним підходом є побудова моделей, які можуть імітувати динаміку системи. Крім того, системний дизайн включає творчі дії, які зазвичай можна вкласти в рамки теорії дизайну, наприклад дизайнерське мислення. Ці загальні теорії можна розглядати як "клей" для окремих доменів, що дозволяє використовувати синергію між ними [10].

1.2 Потенціали та виклики ІоТ

В даний час більшість досліджень сходяться на думці, що ІоТ та СМS, які просуваються в таких ініціативах, як Industry 4.0, матимуть великий економічний вплив. Наприклад, нещодавнє опитування консалтингової компанії PwC дійшло до висновку, що приріст глобальних витрат та ефективності в майбутньому за версією Industry 4.0 перевищить 400 млрд. Доларів щорічно. Країни з великим галузевим сектором, такі як Німеччина, де промисловість має 30% частку ВВП і заробляє 25% робочої сили, зазнає труднощів перед цифровізацією, оскільки успішне перетворення на ІоТ та СМS, ймовірно, визначатиме майбутній економічний успіх всієї економіки. Ця трансформація є надзвичайно важливою для цих галузей машинобудування та виробництва обладнання, що сприяють іншим галузям промисловості. Нещодавня стаття в Economist коротко поставила виклик запитанням “ Чи робить Німеччина цифрові технології?”, Пропонуючи Німеччині зняти резервування на платформах і обміні даними, а також змінити свою корпоративну культуру на прийняття ризиків та підхід до інженерного забезпечення до вищої зручності для користувачів. Перехід на Industry 4.0, звичайно, не є самоціллю, але він повинен призвести до більшої ефективності використання ресурсів, скорочення часу виходу на ринок, вищої вартості продуктів та нових послуг. Більш конкретно, програми та потенційні переваги включають:

- Інтелектуальна автоматизація, яка робить малі розміри партій до розміру партії можливою, оскільки зусилля з програмування та введення в експлуатацію стають незначними
- Виробництво з високою роздільною здатністю, що покращує передбачуваність та прозорість витрат
- Інтелектуальне планування виробництва, що покращує дотримання термінів поставки та зменшує витрати та час пропускну здатності
- Прогнозне технічне обслуговування та автоматичне виявлення несправностей, що призводить до більш високої ефективності надмірного обладнання та зменшення витрат на технічне обслуговування
- Інтелектуальне управління технологічними процесами, спрямоване на відсутність відходів, низькі витрати на інструменти, мінімальне споживання ресурсів та короткий час обробки та виробництва
- Реконфігурація, що дозволяє швидко масштабувати та керувати змінами
- Взаємодія людина-машина, що веде до вищої продуктивності праці та поліпшення ергономіки
- Відгуки від виробництва до машинобудування, які вдосконалюють виробничу систему наступного покоління
- Впровадження нових бізнес-моделей, які використовують безперебійний конвеєр від вимог замовника до доставки та обслуговування продуктів [10].

Хоча CPS та ІоТ, як правило, мають широку сферу застосування, як показано матрицею застосування в таких сферах, як охорона здоров'я, транспорт або енергетика, не підлягають безпосередній передачі. Конкретні пункти CMS та ІоТ включають:

- Інтеграція від заводів до машин та їх компонентів
- Інтеграція життєвого циклу продуктів та виробничих ресурсів
- Неоднорідна виробнича інфраструктура від різних постачальників
- Впровадження нових систем у системи існуючої техніки

- Просторово-часові взаємозв'язки між об'єктами в системі
- Широка область технологій виробництва
- Люди в різноманітних умовах експлуатації

Як правило, як CMS, так і IoT можна розглядати як складні системи систем. Отже, існує не лише одна технологічна основа для побудови таких систем, що призводить до першого виклику: технологічна основа та відповідні архітектури. Наступним головним викликом є стандартизація загальноновизнаної, розширюваної інфраструктури чи архітектурного зразка, що підтримує, з одного боку, різноманітні датчики, виконавчі механізми та інші апаратні та програмні системи, тоді як, з іншого боку, складність системи повинна залишатися керованою. Така мережева система містить у невеликому масштабі сенсорний пристрій, але також системи управління або планування, що забезпечують доступ до корпоративної інформації, наприклад, високо агреговані ключові показники ефективності, такі як загальна ефективність обладнання або основна маса інформації, як запас компонентів, деталей, та продуктів. Для управління різними системами та забезпечення способу задоволення інформаційних потреб дослідники, а також промисловці в минулому запровадили кілька псевдо стандартизованих моделей архітектурних систем. У галузі автоматизації, наприклад, добре відома піраміда автоматизації або більш досконала автоматизація - *diabolo* представляють такі архітектурні закономірності. Завдяки впровадженню автоматизованих систем управління вмістом та IoT ці добре структуровані та орієнтовані на завдання шаблони вирішуються. Як показано на рис. 1.3. класична піраміда автоматизації буде поступово замінена мережевими, децентралізованими організованими та (на половину автоматизованими) послугами. Згодом для цих мережевих структур, які спостерігають і контролюють фізичне виробництво та виробничі процеси, будуть потрібні нові методи моделювання та проектування [10].

Еволюціонуюча інфраструктура CMS та IoT породжує нові виклики щодо зв'язку, відповідно, обміну інформацією. Прозоре та адаптивне

спілкування необхідне, щоб гарантувати доставку інформації в режимі реального часу, надійність та інші аспекти якості обслуговування. Крім того, така децентралізована система потребує більш високого рівня автоматизації щодо самоуправління та обслуговування. Потрібно створити штучний інтелект та аналітику, щоб полегшити згадані можливості самоуправління та діагностики. Крім того, нові потенціали оптимізації можна розкрити, використовуючи величезні обсяги зібраних даних.

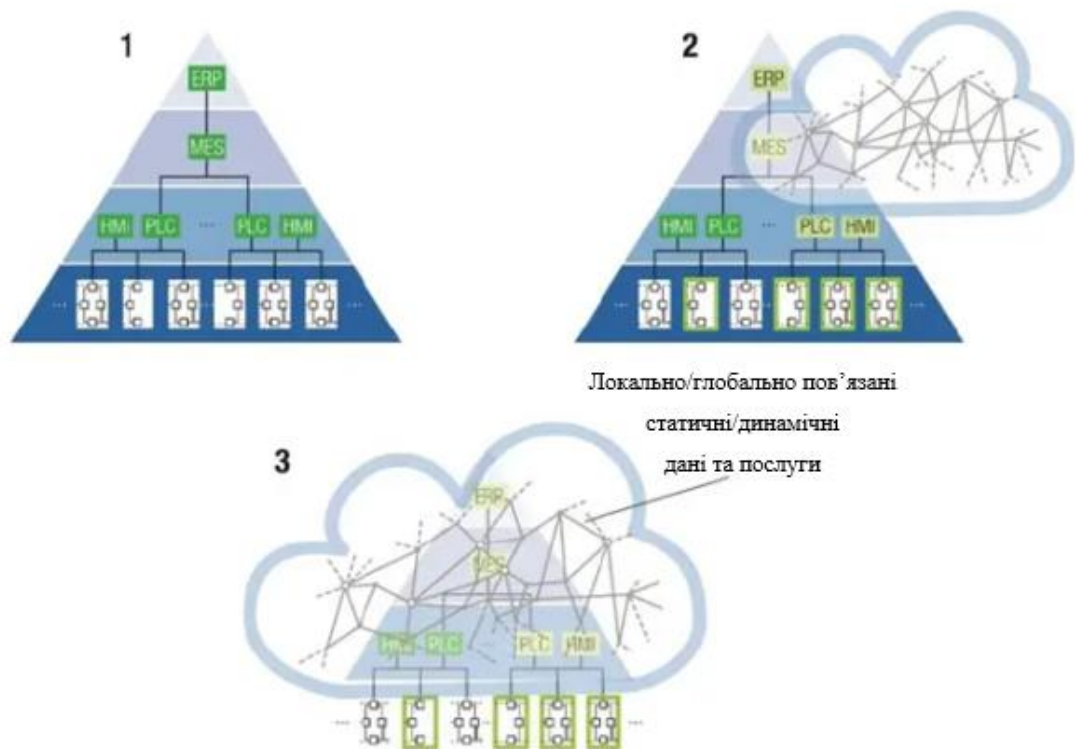


Рис. 1.3. Поступова заміна класичної піраміди автоматизації

Нарешті, інтерфейси людина-машина повинні бути адаптовані, що відображає зростаючу складність цих систем. Необхідно, щоб система забезпечувала своєчасне і правильне відображення необхідної інформації. В іншому випадку працівник не може обробити масу інформації, а рішення не можна приймати вчасно. Спосіб взаємодії людей із системою змінюється - від зосередженого на людині контролю до рівноцінного взаємодії, при якому когнітивні можливості людини стають центральними, що призводить принаймні до еволюції робочої сили [10].

Усі сфери застосування ІоТ потребуватимуть додаткового розгортання та впровадження компонентів, особливо кіберфізичних та ІС, зокрема, для надання передбачених послуг у досить великому масштабі, щоб значно покращити життя громадян. Революція ІоТ все ще на початку. У цьому процесі еволюції сектори, які в даний час залежать від технології ІС, будуть попередниками технології ІоТ і забезпечать лідерство у розвитку ІоТ. В даний час енергетичний сектор, особливо процеси виробництва, розподілу та споживання електроенергії, є найбільш зрілими, вони мають великі бази ІСУ на більшості етапів інфраструктури надання послуг. Незважаючи на зрілість, сектор представляє досить складні проблеми для наступних поколінь. Аналогічні проблеми існують і в інших областях застосування ІоТ а саме:

Стабільність та безперервна робота систем виробництва та розподілу електроенергії є критичною вимогою для розвитку сучасної економіки. Моніторинг стану системи електромереж є складним процесом, який здійснений завдяки вдосконаленим методам діагностики та ідентифікації несправностей. У цьому напрямку та враховуючи досягнення інтелектуальних мереж, потрібні більш досконалі методи виявлення несправностей та ізоляції в середовищах з розподіленими, взаємопов'язаними генераторами енергії [10].

Оптимізація енергії великих споживачів, таких як великі організації чи будівлі, такі як лікарні тощо, є значним викликом, з яким може вирішити ІоТ. Збір даних та підготовка до обробки мають вирішальне значення для впровадження інноваційного управління та контролю енергоспоживання. Насправді підготовка даних постає критичним, трудомістким процесом, особливо в неоднорідних середовищах, що вимагає прийняття нових та інноваційних методів очищення, обліку, групування та перетворення даних, завдяки чому дані одночасно подаються до обробки. Перспективним напрямком оптимізації енергоспоживання є виявлення закономірностей споживання на основі зібраних даних. Методи розпізнавання зразків тут відіграють важливу роль у двох напрямках, зокрема розпізнавання зразків,

заснованих на реальній поведінці споживача та розробці бажаних зразків, що призводять до зниження споживання.

Встановлення технологій IoT у великих масштабах, як у випадку з будівлями, енергетичними мережами та виробничими лініями, вимагає відповідних процесів, механізмів та інструментів. Інструменти для розгортання та конфігурації підсистем IoT, і особливо IIoT, становлять виклик через високу складність та неоднорідність використовуваних кіберфізичних систем. Проблема загострюється при розгляді обмежених ресурсів бездротових вбудованих систем, суворих вимог до ініціалізації захищених бездротових з'єднань та вимог до моніторингу параметрів, які використовуються для планування в бездротових мережах реального часу, таких як IEEE 802.15.4e, IETF 6TiSCH6top та ISA 100.11a. На відміну від дрібномасштабних розгортань, наприклад, у домашніх середовищах, процеси встановлення у великих масштабах схильні до помилок, незважаючи на їх формалізацію, і призводять до установок, що потребують значних витрат на переустановку або реконфігурацію при додаванні нових пристроїв або внесенні змін, наприклад, реконфігурація підлоги офісу. Характерним прикладом формалізованого, але схильного до помилок методу встановлення є послідовність встановлення «зовні», коли датчики, виконавчі механізми та контролери можуть бути встановлені техніками перед мережею, а IT-інфраструктура в будівлі встановлена. Очевидно, що необхідно розробити ефективні інструменти для управління ресурсами IIoT, такими як бездротові датчики та їх мережі [10].

Взагалі технології IoT легко застосовуються в промисловому та підприємницькому середовищі, тоді як додавання бездротових карток для ідентифікації продуктів та матеріалів дозволяє керувати їх повним життєвим циклом. Таким чином, існує потреба інтегрувати ці розумні та ідентифіковані об'єкти в інфраструктуру та процеси промислового підприємства. Беручи до уваги неоднорідність, яка характеризує середовище промислових підприємств та його багаторівневе управління, від систем ERP високого рівня

до систем управління виробництвом низького рівня, інтеграція цих пристроїв для досягнення сумісності є очевидною проблемою. Однак, коли проблема вирішена, отримана система забезпечує гнучкість промислових процесів та їх відображення та розподіл за “речами” ПоТ, збільшуючи автономію на підприємстві.

Висновок до розділу 1

Підсумовуючи розділ можна сказати що Індустріальний ІоТ був зароджений більше 40 років тому, але ідеї які були в той час запропоновані люди не могли втілити через нестачу технологій та скептичність людей до цих технологій. В даний час ця технологія все більше приймається за еталонний концепт побудови підприємства, щоб мати змогу швидко реагувати на зміни потреб на ринку. Але ця технологія потребує вирішення багатьох проблем які постають перед компанією під час побудови підприємства.

2. Методи побудови та архітектура ПоТ

2.1. основні дослідницькі ініціативи

Щоб використати очікуваний потенціал ПоТ та СМS, вирішуючи вищезазначені виклики, по всьому світу були розпочаті великі дослідницькі ініціативи. Найбільшу ініціативу в даній сфері проявляють такі країни :

- У Німеччині основні галузеві асоціації утворюють "Plattform Industrie 4.0", яка проводить дослідження, виступає за стандартизацію та координує передачу технологій та зв'язок між дослідженнями та промисловістю. Окрім того, теми CPPS та ПоТ є частиною великих дослідницьких та інноваційних проектів, таких як кластер Leading-Edge, який є OWL, або Кластер передового досвіду «Інтегративні технології виробництва для країн із високою зарплатою» в Ахенському університеті RWTH [10].

- Сполучені Штати дотримуються більш керованого даними підходу, головним чином якого очолюють „Індустріальний Інтернет-консорціум (ІС)” та „Національний інститут стандартів і технологій (NIST)”, регуляторне агентство, якому доручено координувати Національну мережу для Інновації у виробництві (NNMI).

- В Японії більшість досліджень проводиться у приватних компаніях, таких як Fanuc або Fujitsu, що фінансуються “Міністерством економіки, торгівлі та промисловості (METI)”.

- “Міністерство науки і технологій (MoST)” є координатором високотехнологічної стратегії Китаю. Проблеми, з якими зараз стикається Китай, відрізняються від раніше згаданих: В даний час Китай є країною з низькою зарплатою, але заробітна плата зростає. Забруднення навколишнього середовища стає дедалі більшою проблемою, але ще не повністю визнаною. Згодом до технологій підходять з високою швидкістю та з масовою доступністю капіталу [10].

- Дослідження в Південній Кореї в основному проводяться Міністерством торгівлі, промисловості та енергетики (MoTIE) та Міністерством науки, ІКТ та планування майбутнього (MSIP), а також одним з найбільших технічних університетів Кореї: Корейським інститутом промислових технологій (KITECH). Корея впроваджує інтелектуальні технології виробництва до впровадження з акцентом на безпеку та енергетичні обмеження, оскільки витрати на енергію ростуть.

- Міністерство економіки (MOEA) відповідає за координацію досліджень на Тайвані. «Швидкість виходу на ринок» та «Швидкість обсягу» - це дві основні проблеми країни. Тайванський Foxconn є світовим лідером у виробництві ІКТ та напівпровідників. Більше того, найбільший тайванський науково-дослідний інститут у цій галузі, Інститут досліджень промислових технологій (ITRI), має центр компетенції для промислових досліджень.

Таким чином, спосіб використання високотехнологічних досліджень у різних частинах світу відрізняється і визначається потребами окремої країни. Однак сфера із глобальним потенціалом Інтернету речей може досягти успіху лише тоді, коли обмін знаннями та створення глобальних стандартів стануть спільними цілями серед лідерів у політиці, дослідженнях та промисловості [10].

2.2. Архітектура ПоТ

Розробка та розгортання систем та служб ПоТ вимагає розробки архітектур, що забезпечують ефективні та дієві операції, а також сумісність з урахуванням передбачуваних наскрізних послуг та великої кількості зацікавлених сторін, що стосуються пристроїв, кіберфізичних систем, систем зв'язку, мереж, постачальників послуг та розробників бізнесу. Таким чином, значні зусилля витрачаються на розробку стандартів та еталонних архітектур, які будуть прийняті та засвоєні різними зацікавленими сторонами. Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ) вирішив цю проблему, опублікувавши в 2012 р. Рекомендацію ІТУ-Т Y.2060, яка запроваджує довідкову архітектуру для Інтернету речей загалом, включаючи явно

програми, що потрапляють у контекст ПоТ, такі як інтелектуальна мережа , інтелектуальні транспортні системи, електронна охорона здоров'я тощо. Індустріальний Інтернет-консорціум (ІІС) також працює над еталонною архітектурою для ПоТ і в даний час опублікував Версію 1.7 Довідкової архітектури Індустріального Інтернету. Ця архітектура є розробленою довідковою архітектурою, значно детальнішою, ніж та, що розроблена МСЕ, що стосується всіх важливих аспектів усіх категорій зацікавлених сторін. Беручи до уваги деталі обох еталонних моделей, можна розглядати модель ІІС як спеціалізовану еволюцію моделі МСЕ, розглядаючи більш докладно важливі питання ПоТ щодо більш загальної еталонної моделі МСЕ, яка містить вимоги до загальної ІоТ [1].

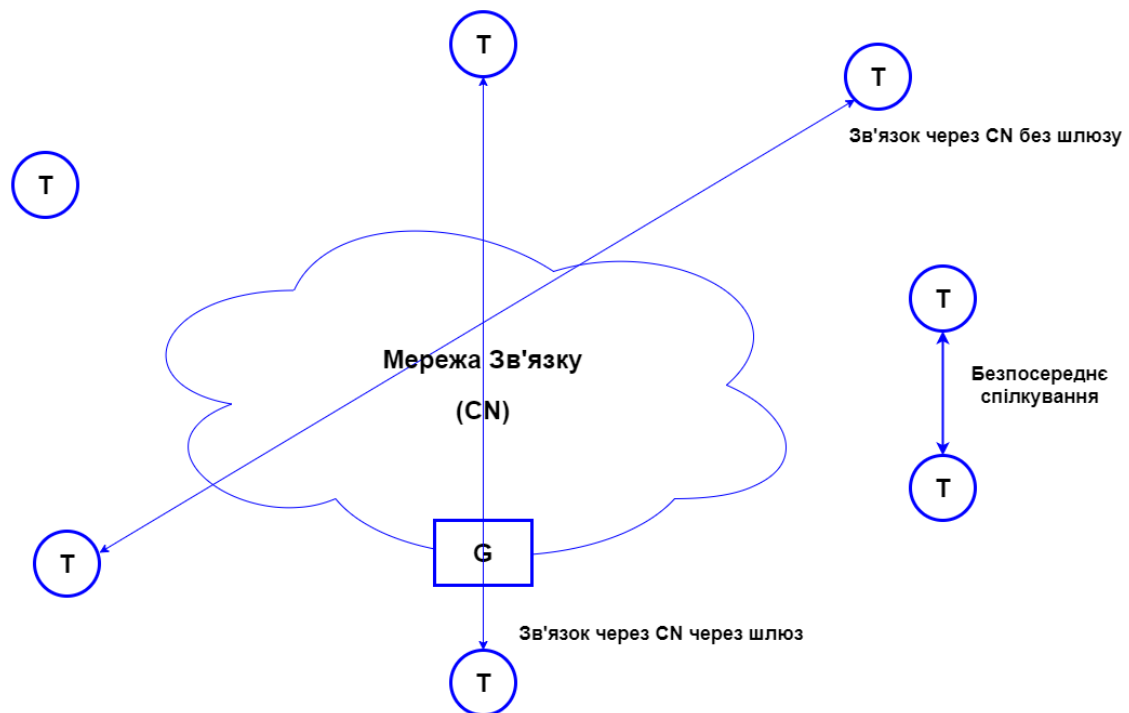


Рис. 2.1. Методи зв'язку для пристроїв ІоТ

Зусилля МСЕ розширили бачення комунікацій, включивши передачу "будь-чого" до понять зв'язку "будь-який час" і "будь-яке місце". Важливо те, що він включає всі очікувані програми, включаючи промислові, зокрема згадуючи інтелектуальні мережі та інтелектуальні транспортні системи. Як "речі" МСЕ розглядає фізичні та віртуальні об'єкти, які можна ідентифікувати та здатні підключаються до мереж зв'язку, в той час як вони

мають відповідну інформацію, яка є статичною або динамічною. Важливо, що оскільки комунікація є критичною частиною всієї концепції IoT, фізичні речі потрібно приєднувати до “пристроїв”, які підключені до мереж, щоб будь-яка аналогова інформація могла бути перетворена в цифрову та передана через мережі. Пристроями можуть бути просто передача даних, передача та зберігання даних, збір даних, взаємодія з фізичними об'єктами за допомогою зчитувача та запису, пристрої контролю та керування, або пристрої загального призначення із вбудованими ресурсами обробки та зв'язку, такі як машини, прилади та споживачі електронні вироби. Важливим питанням довідкової моделі MCE є модель зв'язку між пристроями. Як вказує рис. 2.1, модель розглядає три методи зв'язку, засновані на використанні шлюзів (G) та використанні мережі зв'язку (CN). Пристрої можуть спілкуватися без використання шлюзів, безпосередньо, через локальні мережі та / або через мережу зв'язку, або вони можуть спілкуватися через мережу зв'язку, що використовує шлюзи. Модель ITU враховує основні характеристики IoT, які визначені. Цими основними характеристиками є взаємозв'язок, масштаб, неоднорідність, послуги для речей та динамічний характер інформації про пристрій та зв'язок. Взаємозв'язок є важливою характеристикою, оскільки "все" може підключитися до глобальної мережі для будь-якої програми. Оскільки кількість підключених пристроїв різко зростає, масштабування стає важливим параметром, який потрібно вирішити на всіх рівнях IoT та IIoT; проблема масштабування стосується не тільки кінцевих точок зв'язку та кількості пристроїв, але і розміру вироблених та переданих даних, а також управління ними з точки зору зберігання та обробки. Динамічний характер пристроїв, які динамічно вмикаються та вимикаються або підключаються та відключаються від мереж, зроблять пейзаж більш складним та вимогливим. Відкритий характер (I) IoT та велика кількість зацікавлених сторін, на додаток до гнучких та довгих ланцюгів поставок у звичайному наданні послуг, призводить до необхідності розміщення різномірних "речей", пристроїв, платформ та послуг. Послуги

щодо речей також повинні розглядатися належним чином, не тільки через обмежені ресурси багатьох "речей", але й через вимоги ряду служб захисту та безпеки, включаючи захист конфіденційності та безпечне спрацьовування, що дозволяє уникнути проблем та аварій [1].

Фундаментальні характеристики (I) IoT призводять до вимог, яким повинна відповідати еталонна архітектура. Основні вимоги, згадані МСЕ, включають сумісність, підключення на основі ідентифікації, автономність у роботі мереж та служб, розміщення служб, що базуються на розташуванні, безпека та конфіденційність, а також можливості управління речами та послугами, включаючи PnP.

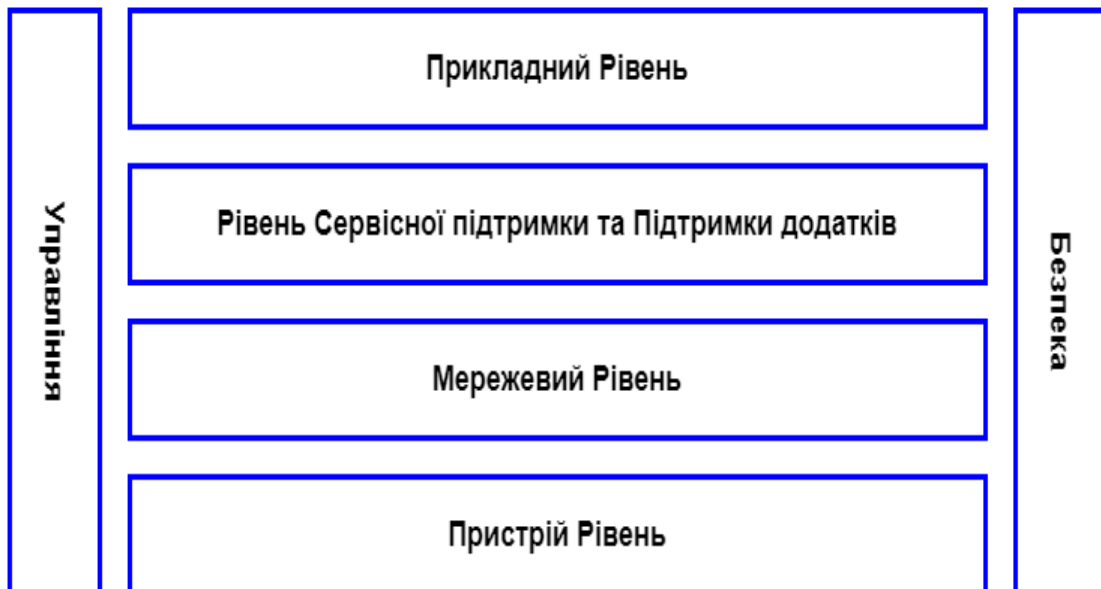


Рис. 2.2. Довідкова модель IoT від ITU

Рис. 2.2 зображує еталонну модель ITU IoT, яка була введена для задоволення вищезазначених вимог. Це типова багатошарова модель з чотирма ієрархічними рівнями, зокрема пристроєм, мережею, підтримкою додатків та послуг і, нарешті, прикладним рівнем, і двома вертикальними рівнями, які перетинають чотири ієрархічні рівні, визначаючи функції управління та безпеки для всіх ієрархічних рівнів [1].

Рівень пристроїв, найнижчий в ієрархії, включає в себе функціональність пристроїв та комунікаційних шлюзів. Враховуючи основний інтерес МСЕ у зв'язку, рівень описує функціональність, орієнтовану на зв'язок, для пристроїв: (а) пристрої, які безпосередньо передають та приймають інформацію через мережу зв'язку, тобто, не використовуючи жодного шлюзу, (b) пристрої, які здійснюють зв'язок інформацію (передачу та прийом) через шлюзи, (c) пристрої, що здійснюють прямий зв'язок без використання комунікаційної мережі, але здатні здійснювати зв'язок через локальні мережі або формувати спеціальні мережі, та (d) пристрої, здатні вибірково вмикати і вимкнути функціональність для економії робочої потужності. Що стосується шлюзів, рівень пристрою включає всі відповідні комунікаційні технології, дротові та бездротові, такі як шина CAN, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee тощо. Важливо, що рівень пристрою включає перетворення протоколів, оскільки пристрої можуть реалізовувати різні протоколи, і, отже, для взаємодії потрібне перетворення протоколів.

Мережевий рівень забезпечує інкапсуляцію даних пристрою та відповідного перетворення протоколів у протоколи мережевого рівня. Рівень включає функціональність мережевого та транспортного рівнів в еталонній моделі протоколу OSI. Для роботи в мережі вони включають функціонал управління мережевим підключенням, мобільністю, автентифікацією, авторизацією та обліком, тоді як для транспорту вони передбачають транспортний трафік користувача, а також передачу контрольної та управлінської інформації для служби (I) IoT та програм [1].

Рівень сервісної підтримки та підтримки додатків включає як загальну, так і обслуговування / спеціальну функціональність (можливості), що дозволяють (I) IoT додатки та послуги. Беручи до уваги розподілений характер (I) IoT служб і додатків, існує загальна функціональність, така як обробка та зберігання даних, а також спеціалізована функціональність для кожного додатка та послуги, оскільки нові послуги мають різні вимоги, наприклад, місця роботи інтелектуальної мережі інші вимоги до

конфіденційності, ніж інтелектуальна система управління дорожнім рухом транспортних послуг.

Нарешті, прикладний рівень, найвищий ієрархічний рівень, включає програми (I) IoT та послуги.

Вертикальний наскрізний рівень управління включає як загальну, так і специфічну для домену функціональність. Загальний стосується типового управління конфігурацією, топологією, ресурсами, продуктивністю, помилками, безпекою та управлінням обліковими записами. Спеціальна програма стосується функцій, які відповідають застосунку такі вимоги, як інтелектуальний моніторинг лічильників у розумних мережах.

Аналогічно рівню управління, вертикальний рівень перехресного різання включає як загальну, так і специфічну для домену функціональність. Загальна функціональність зазвичай відноситься до функцій, пов'язаних з авторизацією, автентифікацією, цілісністю та конфіденційністю на всіх рівнях, конфіденційністю на рівні програми, захищеною маршрутизацією на мережевому рівні, контролем доступу на всіх рівнях тощо. Функціонал, що стосується додатків, відноситься до відповідності вимогам, що стосуються додатків [1].

Документ довідкової моделі MCE також представляє набір бізнес-моделей IoT, враховуючи велику кількість зацікавлених сторін у цій галузі та їхні різні інтереси та цілі. Що важливо, ці бізнес-моделі розробляються на основі думки мережевих операторів. Бізнес-моделі базуються на п'яти основних ділових ролях, які можуть бути у зацікавлених сторін: (a) постачальник пристроїв, (b) постачальник мережі, (c) постачальник платформи, (d) постачальник додатків та (e) клієнт програми. Як вказують терміни, постачальники пристроїв є зацікавленими сторонами, які надають пристрої для (I) IoT, а постачальники мереж забезпечують мережеві системи, шлюзи та підключення для (I) IoT. Постачальники платформ забезпечують уніфіковану розподілену IT-платформу з чітко визначеними інтерфейсами, через які додаток може обслуговуватися наскрізь, тоді як постачальники

додатків надають послугу (I) IoT через платформу, мережі та пристрої, що надаються відповідними постачальниками послуг. Очевидно, що замовник додатка є користувачем програми (I) IoT або користувачем послуги.

На основі цих п'яти бізнес-ролей МСЕ визначає п'ять бізнес-моделей залежно від кількості операторів, які беруть участь у програмі, та їх конкретних ролей. На Рис. 2.3 показані ці п'ять моделей (Моделі 1–5), що представляють ділові ролі у вигляді складених ящиків - аналогічно моделі вертикального шару - і вказуючи операторів з різними шаблонами заповнення в полях; ящики (ролі) з однаковим шаблоном заповнення у стосі вказують на те, що одна і та ж організація є оператором цих полів. Наприклад, у Моделі 1 ця ж організація виконує ролі постачальника пристроїв, мережі, платформи та додатків, тоді як у Моделі 2 одна зацікавлена сторона виконує роль постачальника пристроїв, мережі та платформи, а інша - роль постачальника додатків [1].



Рис. 2.3. Бізнес-моделі IoT, визначені MCE

Промисловий Інтернет-консорціум (ПС) фокусується на подібних концепціях та розробляє еталонну архітектуру IoT, яка має кілька подібностей із підходом MCE та еталонною моделлю. Очевидно, що підхід ПС до розробки архітектури інтегровано враховує інтереси та проблеми всіх типів зацікавлених сторін, виходячи із випадків використання та зосереджуючись на повних бізнес-моделях та додатках на всіх рівнях, від пристроїв до служб IoT. ПС дотримується підходу, згідно з яким різні зацікавлені сторони, яким потрібно приймати різні рішення, мають архітектурні точки зору, що знаходяться на різних рівнях абстракції. Ці точки зору дозволяють зацікавленим сторонам зосередитись на параметрах, що цікавлять, та розробити відповідні архітектури, що досягають їх цілей та вирішують проблеми, які вони визначили. Для цього ПС визначив чотири різні точки зору: (a) бізнес, (b) використання, (c) функціональний та (d) впровадження.

Точка зору бізнесу стосується проблем зацікавлених сторін бізнесу, які визначають та обумовлюють системи та послуги IoT у своїх організаціях або для споживачів. Ці проблеми, такі як рентабельність інвестицій, витрати на технічне обслуговування тощо, вирішуються за допомогою моделі, яка дає змогу визначити бачення та цінності, які перекладаються на ключові цілі, а потім на високі специфікації бізнес-завдань, названих основними можливостями. До зацікавлених сторін належать розробники бізнесу, а також системні інженери та менеджери продуктів [1].

Точка зору використання описує, як використовується система, реалізуючи ключові цілі та можливості, визначені в точці зору бізнесу. Точка зору описується моделлю, яка ідентифікує систему та її діяльність, залучені сторони людей чи машин та їх ролі, і, нарешті, завдання, тобто дії, які виконуються сторонами з певною роллю. Оскільки завдання є діями в системі, вони точно вказуються та описуються для кожної ролі за допомогою так званих функціональних карт та карт реалізації, що визначають точні

функції та підсистеми реалізації, необхідні для повного виконання завдання. До зацікавлених сторін, залучених до точки зору використання, належать не тільки системні інженери та менеджери продуктів відповідних використовуваних продуктів, але й усі зацікавлені сторони, які беруть участь у специфікації системи та послуги ПоТ, включаючи кінцевих споживачів.

Функціональна точка зору представляє функціональну архітектуру системи ПоТ, описуючи її компоненти, залежності та координацію, відповідаючи вимогам і специфікаціям, розробленим з точки зору використання. Зацікавлені сторони, залучені до цієї точки зору, - це розробники систем та підсистем, розробники продуктів та менеджери, а також системні інтегратори.

Враховуючи увагу ІС на ПоТ та все більш широке впровадження промислових систем управління (ICS) в галузях промисловості кількох секторів, а також функціонування та управління критичною інфраструктурою, еталонна модель ІС фокусується на своїй функціональній архітектурі систем ПоТ на інтеграції ІС із класичними інформаційними технологіями (ІТ) в уніфікованій, ефективній моделі, яка відповідає вимогам усіх зацікавлених сторін - як зазначено у точках зору бізнесу та використання - та дозволяє приймати ефективні рішення. Включення ІСУ та ІТ в уніфіковану модель представляє кілька викликів. Промислові системи управління, системи операційних технологій (ОТ), були розроблені за іншим шляхом еволюції, ніж типові ІТ-системи, через їх цілі та вимоги, які зазвичай включають постійну роботу, безпеку та обмеження в режимі реального часу; Системи ОТ були в основному розроблені та належать інженерам з управління та експлуатації, вони використовують різні технології для обробки, зв'язку та інтерфейсів, оскільки вони взаємодіють безпосередньо з навколишнім середовищем за допомогою датчиків та виконавчих механізмів, і ними керують їх власники самостійно, оскільки вони, як правило, частина вимогливих систем та послуг з точки зору надійності, безперервної роботи, реального часу та безпеки. Як результат, їхні технології, практики та

стандарти еволюювали незалежно від ІТ-технологій. Однак збільшення можливостей, пропонувані вдосконаленими датчиками та виконавчими механізмами, процесорами та пам'яттю, дозволило ІСВ виконувати дуже складні операції, розроблені для складних ІТ-систем, такі як збір та аналіз великих обсягів даних, багатоваріантне моделювання та оптимізація тощо. Важливо, що в той же час збільшені можливості та зростаюча складність ІСВ призвели до того, що вони стали більш вразливими до збоїв та кібератак, що призвело до додаткових функціональних вимог до їхньої правильної та ефективної роботи [1].

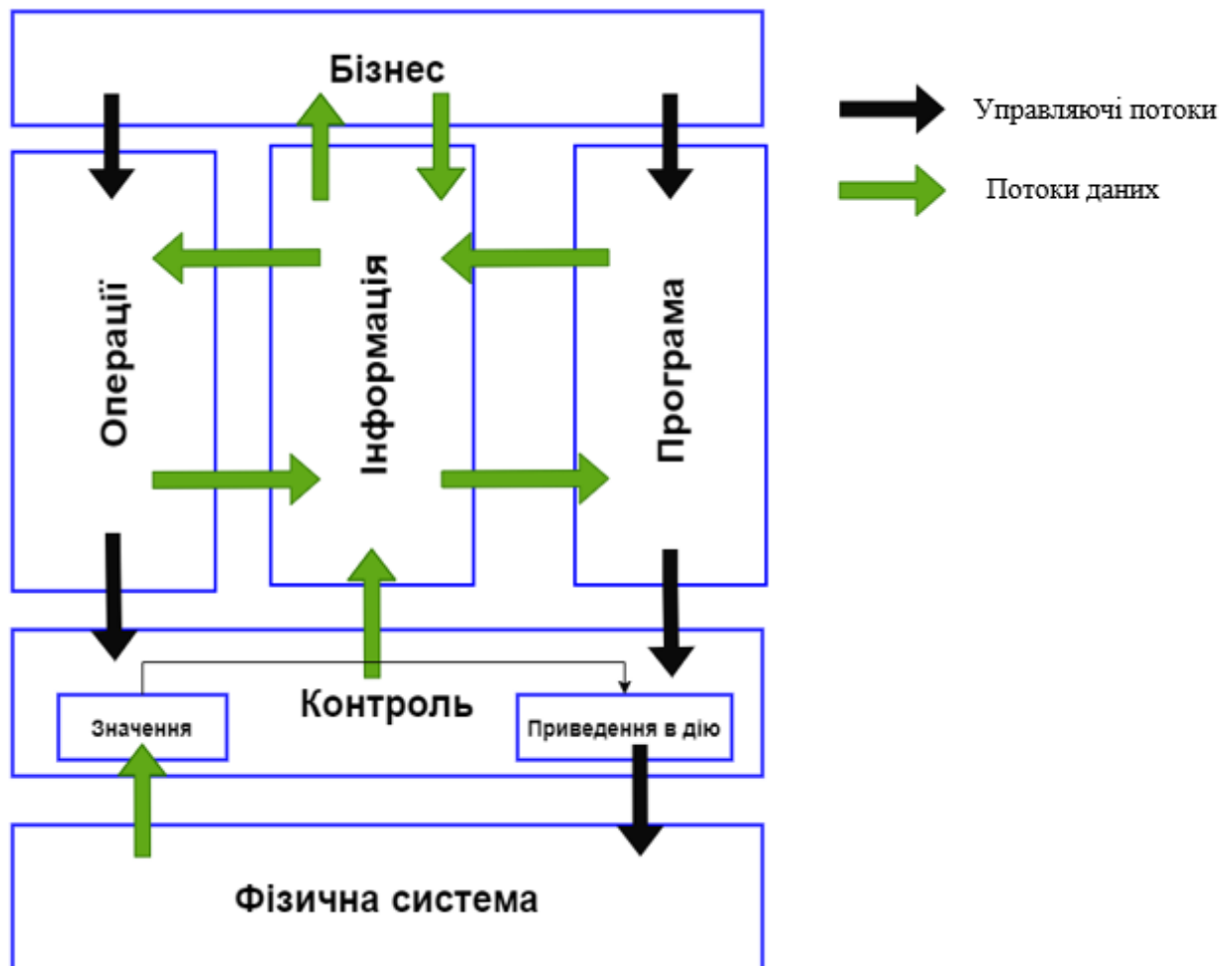


Рис. 2.4. Функціональні домени довідкової архітектури ІІІТ

Для вирішення питання інтеграції ІТ та ОТ в уніфікованій моделі підхід ІІІТ до еталонної архітектури розділяє системи ІІІТ на п'ять доменів, кожен з яких групує функціональність, необхідну для логічно виразної

роботи системи на високому рівні. Ці п'ять доменів - це (а) контроль, (б) операції, (в) інформація, (г) програма та (е) бізнес. Рис. 2.4, не ілюструє розкладання функціонального подання системи ІоТ на п'ять доменів, а показує потоки даних та управляючі потоки між доменами, як зазначено в ІС. Домен управління ефективно представляє контур управління, реалізований промисловими системами управління, тобто він містить датчики, логіку та спрацьовування, які складають установку, реалізовану однією або кількома промисловими системами управління. Домен операцій включає функції, необхідні для роботи промислових систем управління в області управління; операція включає моніторинг та управління системою, а також оптимізацію ефективної роботи систем, особливо враховуючи вимоги декількох областей додатків до постійної роботи, задоволення вимог у режимі реального часу та досягнення цілей малої потужності. Інформаційний домен відповідає за збір даних з усіх доменів та їх аналіз для прийняття рішень на високому рівні для системи, наприклад, координація та оптимізація наскрізної роботи декількох промислових систем управління в домені управління. Домен програми включає в себе функціональність, яка залежить від застосування та ефективно включає моделі та правила роботи відповідної програми; важливою частиною цього домену є набір АРІ та користувацькі інтерфейси, щоб інші програми або користувачі могли ефективно використовувати програму. Нарешті, домен бізнесу включає системи та функції, що дозволяють керувати та приймати рішення на бізнес-рівні, наприклад, із системами планування ресурсів підприємства (ERP), системами виконання виробництва (MES) тощо [1].

Важливо зазначити, що підхід ІС зосереджений навколо концепції контрольної установки, тобто він розглядає всі точки зору навколо циклу управління, який реалізує установку. Оскільки цикли управління можуть бути простими, з однією системою, або складними з декількома системами, як правило, організованими в ієрархію, функціональне розкладання домену ІС може застосовуватися на всіх рівнях ієрархії. Таким чином, декомпозиція

системи IoT у доменах не являє собою шаруватий підхід як підхід ITU, а скоріше логічну функціональну декомпозицію всередині шару або між шарами в ієрархії. Через це посилальна архітектура ІС ідентифікує “перехресні функції”, які є фактично ієрархічними (або багаторівневими) функціями ІТ-інфраструктури, необхідними для розробки повного додатка IoT. Ці функції включають підключення, розподілене управління даними, аналітику, інтелектуальне та еластичне управління та будь-яку іншу функцію програми, необхідну для конкретного домену програми або випадку використання. Наприклад, підключення має реалізовуватися в ієрархічному порядку, дотримуючись стандартів і практик, взаємо пов’язуючи компоненти в рамках промислової системи управління або декількох таких систем, де кожна система може розглядатися як сукупність функцій з усіх п’яти визначених доменів. Спостерігаючи згадані перехресні функції, можна усвідомити, що вони фактично становлять шарувату архітектуру, аналогічну тій, що виконується МСЕ. У цьому відношенні можна розглядати підхід ІС та підхід МСЕ як доповнюючий, при цьому еталонна архітектура ІС є узагальненням до МСЕ, оскільки вона включає перехресні функції, аналогічні рівням МСЕ, в той час як це дозволяє розробляти більш детальні функціональні можливості моделі на рівень, що стосуються повних циклів управління та забезпечують підтримку всіх типів зацікавлених сторін - від дизайнерів пристроїв до розробників бізнесу - для ефективного прийняття рішень.

Ця аналогія та взаємодоповнюваність стає більш очевидною з точки зору реалізації, яка розглядає деталі реалізації функціональної точки зору, розробленої для системи IoT. Точка зору реалізації включає всі необхідні технічні та технологічні деталі, необхідні для реалізації повної системи IoT та її застосування, включаючи функціональність системи, технологічні вимоги, комунікаційні та мережеві протоколи, всі типи інтерфейсів та відображення функціональних блоків які вказані у функціональній точці зору на типові архітектури реалізації, такі як трирівнева архітектура (де трьома

рівнями є кінцевий пристрій, платформа та підприємство) та багат шарова архітектура шини даних [1].

2.3. Основні технології

Основними технологіями, що забезпечують еволюцію IIoT, є датчики, кіберфізичні системи та пов'язані з ними комунікаційні та мережеві технології, що забезпечують їх зв'язок між ними або іншими системами, включаючи корпоративні мережі. Як базові технології ми визначаємо ті, які є загальними для всіх доменів програм та випадків використання.

Фундаментальною технологією для IIoT, і взагалі IoT, є технологія RFID (радіочастотна ідентифікація), яка дозволяє передавати ідентифікаційну інформацію мікročіпа до зчитувача через бездротові носії. Це одна з перших технологій, яка дозволила і підтримала концепцію IoT, оскільки технологія RFID дозволила здійснювати автоматичну ідентифікацію, моніторинг та виконання операцій, пов'язаних із оснащеними RFID мітками. З цієї причини технологія RFID широко поширилася з 1980-х років у сферах застосування для логістики та управління ланцюгами поставок. Бездротові сенсорні мережі (WSN) становлять ще одну фундаментальну технологію для IIoT, враховуючи їх широке зайняття в галузі промислової автоматизації та їх все ширше використання в критичних інфраструктурах. Рішення для ефективних мереж бездротової мережі повинні вирішувати велику кількість питань, починаючи від надійності зв'язку та вимог у режимі реального часу, закінчуючи низьким енергоспоживанням через розгортання великої кількості датчиків, що працюють від батареї, на місцях. Значний прогрес у цій галузі призвів до великої кількості потенційних рішень та стандартів для надійного та ефективного спілкування в різних середовищах, наприклад, WLAN, Zigbee, Bluetooth, 6LoWPAN тощо. Що важливо, вони призвели до розвитку інтелектуальних датчиків, навіть тих, що автономні і не потребують підзарядки. На додаток до протоколів зв'язку низького рівня, необхідних для підключення, додаткові протоколи вищого рівня необхідні для підтримки розподілених обчислювальних

операцій та додатків ПоТ. Такі протоколи включають виявлення послуг, наприклад, багатоадресний DNS (mDNS), а також протоколи додатків, які підходять для різних доменів додатків ПоТ, таких як Протокол обмежених додатків (CoAP), Транспорт телеметрії черги повідомлень (MQTT) і Розширений протокол черги повідомлень (AMQP) [10].

Висновок до розділу 2

Для того щоб розвивати даний напрямок люди розпочинають великі дослідницькі ініціативи. Найбільшу ініціативу проявляють Німеччина, США, Японія, Китай, Південна Корея та Тайвань. Основне завдання яким займаються дані дослідницькі групи це створення та проектування еталонних архітектур ПоТ, та розробку стандартів які будуть прийняті та засвоєні зацікавленими сторонами. Основними технологіями що допомагають еволюції ПоТ є датчики, кіберфізичні системи та комунікаційні та мережеві технології які забезпечують зв'язок між системами.

3. Приклади ПоТ на підприємствах

3.1. Застосування

Програми ПоТ охоплюють широкий діапазон доменів додатків ІоТ. Системи операційних технологій (ОТ) стали основною обчислювальною платформою для роботи та управління найбільш критичною інфраструктурою. Висока ємність PLC для обробки та зберігання даних, їх здатність керувати програмами в режимі реального часу з високою доступністю та їх легке управління за допомогою наявних систем SCADA зробили їх досить популярними як будівельні блоки великої інфраструктури поза виробничим майданчиком, для чого вони спочатку були введені. Сьогодні значна частина інфраструктури базується на промислових системах управління (ICS) і робить цю критичну інфраструктуру потенційним постачальником послуг ПоТ та користувачем технології ПоТ. Енергетичний сектор є, мабуть, найвимогливішим щодо використання ICS, оскільки виробництво та переробка енергії є частиною важкої промисловості країни, і, отже, включає великі платформи ICS. Крім того, ICS широко використовуються в мережах розподілу електроенергії, таких як електрична мережа. Беручи до уваги нові інтелектуальні мережі, які забезпечують споживачів пристроями моніторингу, тобто PLC-подібними системами, стає очевидним, що ICS - це основна обчислювальна інфраструктура в енергетичних системах, від виробництва до споживання.

Велика кількість розподільчих мереж дотримується цієї моделі роботи на базі ICS, включаючи мережі розподілу, управління водою та ділянки водообробки. Що важливо, нафтогазові розподільні мережі використовують цю технологію для управління трубопроводами та резервуарами, а також загальної роботи мережі. Транспорт також представляє значну область застосування, де ICS та інші кіберфізичні системи використовуються для управління дорожнім рухом, тобто експлуатації та управління світлофорами, для сплати мита тощо.

3.2. Приклади компаній які використовують ІоТ

Серед світових компаній є багато прикладів використання промислового ІоТ. Велике значення промисловий ІоТ має в компаніях які спеціалізовані на перевезеннях, видобуванні сировини та технічного сектора. Це такі компанії як MAN, Caterpillar(CAT), John Deere, Harley Davidson.

3.2.1. MAN

MAN – це німецький та машинобудівний концерн який заснований в 1897 році. На даний момент в концерні є спільні роботи з різними логістичними компаніями для покращення якості перевезення та автоматизування процесів. Одним із таких проектів в компанії являється “Hamburg TruckPilot”. В даному проекті який знаходиться на фінальній стадії використовуються 2 автоматизованих вантажних автомобіля компанії MAN.

«Автоматизований трафік між концентраторами, без водія від початку до кінця. Це може здатися далеким майбутнім, але це те, що MAN та Hamburg Hafen und Logistik AG спільно досліджують та випробовують в “Гамбург TruckPilot” протягом останніх трьох років”, пояснює Андреас Тостманн, генеральний директор MAN Truck & Bus SE. «Контейнерний термінал Altenwerder був місцем для тестування того, наскільки автономно керуючими вантажівками MAN можна інтегрувати в автоматизовану обробку контейнерів» Поступове розвантажування водія, який таким чином може знайти час для інших завдань або навіть взяти передбачені законом перерви для відпочинку, є лише однією з переваг, яку MAN та HHLA очікують отримати від “Гамбург TruckPilot”. Автоматизовані поїздки, крім того, підвищують безпеку дорожнього руху у приміщеннях компанії та загалом полегшують транспортний потік. Експедитори також можуть зареєструвати збільшення ефективності, оскільки автоматизоване водіння є передбачувальним і, отже, більш економічним. [3].

3.2.2. Caterpillar (CAT)

Caterpillar - це американська компанія яка виробляє промислову техніку та машини. Компанія встановила партнерство з Uptake , компанією, що займається промисловою аналітикою, щоб допомогти клієнтам Caterpillar краще зрозуміти стан свого обладнання та ефективніше контролювати та оптимізувати свій автопарк. Caterpillar зазначає, що споживачі зазвичай використовують її технологію для моніторингу парку та для відстеження паливної ефективності, але це партнерство має на меті підняти пропозицію "на новий рівень"[4].

Компанія почала оснащувати машини та обладнання, які вона виготовляє, датчиками та вбудованим підключенням більше десяти років тому. Усе, від навантажувачів компанії до важких виробничих машин та двигунів, тепер побудовано із вбудованими рішеннями для підключення та датчиками.

Загалом це по всьому світу 560 000 підключених автомобілів Caterpillar. Крім того, компанія створила набір програмних засобів та засобів аналітики, а також інтерфейси прикладного програмування, щоб допомогти їй та її клієнтам обробляти, аналізувати та зберігати ці дані. Хоча у компанії є внутрішня команда аналітиків, ця трансформація також призвела до створення мережі партнерів, яка надає клієнтам широкий вибір варіантів для цих цілей. Варто відзначити, що компанія має нове партнерство з Zuora, щоб запропонувати клієнтам хмарне програмне забезпечення для управління та аналізу передплати своїх послуг.

Це допомогло Caterpillar забезпечити своїх існуючих клієнтів програмним забезпеченням та послугами, які збільшують цінність її пропозицій за рахунок скорочення експлуатаційних витрат та підвищення продуктивності. Це програмне забезпечення та послуги виконують різноманітні завдання, включаючи інтелектуальне обслуговування та роблячи свої машини автономними [5].

3.2.3. John Deere

John Deere – це Американська компанія яка займається викотовленням тракторів та сільськогосподарського обладнання. Компанія включає датчики IoT, бездротовий зв'язок та інтелектуальні рішення для обробки ґрунтів. John Deere використовує інструменти IoT у процесі виробництва, поєднуючи технології. Компанія не утримується від тестування та розробки нових пристроїв. Ця компанія усвідомлює, що отримає величезні прибутки, інвестуючи в технології. Компанія має хмарне програмне забезпечення під назвою Operations Center. За допомогою цього програмного забезпечення вони можуть отримати інформацію про положення та діяльність тракторів. Вони можуть дізнатися про те, що вони роблять. За допомогою зібраних даних діяльність аналізується, а ефективність робіт максимізується. Розрахунок конкретних ставок. Наприклад, скільки насіння можна висадити на земельних ділянках. Цією інформацією можна також поділитися з клієнтами John Deere, щоб допомогти їм оцінити свою землю. В 2018 році Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів було представлено перший трактор який спілкується з автомобілями. Трактор надсилає попередження дорожнім транспортним засобам, використовуючи протокол зв'язку, стандартизований ETSI . Автомобілістів попереджають на відстані 1 кілометр, щоб уникнути зіткнень, які часто трапляються вдень та вночі. Демонстрація на виставці ETSI складалася з трактора John Deere та комунікаційної платформи з Сенсивова. Обидві компанії-партнери є членами ETSI. Виставка показує, як два автомобілі спілкуються за допомогою візуальних та звукових сигналів, щоб попередити про свою присутність завдяки стандарту, розробленому партнерським проектом ETSI one M2M [6].

3.2.4. Harley Davidson

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 був створений єдиний складальний майданчик, що випускає мотоцикли всіх п'яти моделей з можливістю їх кастомізації, при цьому замовнику пропонується вибір з понад 1300 варіантів [11].

В ході всього виробничого процесу використовуються датчики, керовані системою класу MES . Кожен верстат, кожна деталь має радіо позначку, 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 [11].

В результаті компанія Harley Davidson досягла досить вражаючих результатів:

- виробничий цикл вдалося скоротити з 21 дня до 6 годин (кожні 89 секунд з конвеєра сходять мотоцикл, повністю настроєний 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 [11].

3.3. Компанії які надають послуги в ІоТ

Також в світі існують компанії які надають сервісні рішення та відкриті платформи в рамках концепції промислового ІоТ. Одними з таких компаній є Siemens, FANUC та GE.

3.3.1. FANUC

FANUC це японська компанія яка являється одним з найбільших постачальників обладнання для промислової автоматизації у світі. Для відповіді на запити промислового ІоТ вони розробили систему FIELD

(Інтелектуальна система Edge Link & Drive FANUC). Це відкрита платформа, яка дозволяє виконувати різні промислові програми IoT на заводі, зосередившись на взаємозв'язку важких важких пристроїв, таких як верстати, роботи, PLC та датчики. Завдяки створенню інтерактивної мережі підключених машин та обладнання, система FIELD здатна використовувати величезні обсяги даних та пропонує рішення для їх швидшого та більш ефективного аналізу. Дана система дає змогу прогнозувати роботу на основі отриманих даних та розробляти розумні процеси. Відкрита платформа від компанії FANUC надає виробникам верстатів, виробникам роботів, виробникам датчиків та периферійних пристроїв свободу розробляти власні програми. Метою системи FIELD є підключення кожного пристрою на заводі, а також можливість гнучкого підключення до систем верхнього вузла, таких як ERP (планування ресурсів підприємства), SCM (управління ланцюгами поставок) та MES (системи виконання виробництва)[7].

FANUC вже реалізував деякі програми, такі як LINKi та ZDT, і розробив концепції машинного навчання, а також перевірки глибокого навчання. Рішення LINKi для ROBOMACHINES (ROBOSHOT-LINKi) у компанії називають системами моніторингу обробки. Вони можуть надавати уявлення про різні характеристики машини, історичні журнали інформації, рівні споживання енергії, історію змін тощо.

Користувачі ROBOSHOT-LINKi стають більш гнучкими, оскільки тепер вони можуть контролювати формування даних із планшетного ПК або навіть смартфона. Користувачі можуть використовувати віддалені дисплеї екранів RS або скористатися функцією пошти, яка дозволяє їм отримувати автоматичні сповіщення електронною поштою про зміни стану виробництва [7].

ZDT (нульовий час простою). На заводах, що працюють з високим рівнем потужності, несподівані простої є дорогими. Розроблений компаніями FANUC та Cisco™ програма ZDT пропонує можливість попереджувати виявлення та інформувати клієнтів про потенційні проблеми з обладнанням

до виникнення несподіваних простоїв. Він забезпечує вдосконалену аналітику та звітність, щоб допомогти оптимізувати використання обладнання в таких областях, як надсилання розумних повідомлень про технічне обслуговування, щоб продовжити термін служби обладнання та оптимізувати витрати на обслуговування. Загалом, ця пропозиція дозволяє користувачам покращити свої послуги технічної підтримки для підвищення продуктивності та загальної задоволеності споживачів [7].

3.3.2. Siemens

Siemens – це Німецька багатонаціональна конгломератна компанія яка хотіла побудувати повністю автоматизовану розумну фабрику з використанням інтернету. MindSphere® є провідним промисловим IoT як сервісне рішення. MindSphere - це хмарна операційна система, що дозволяє підключати будь-які фізичні пристрої до цифрового інформаційного простору. В її основі лежить відкритий підхід до створення нових додатків, алгоритмів і моделей на єдиній платформі, що дає можливість постійної концентрації досвіду і знань від фахівців з самих різних галузей промисловості. Використовуючи вдосконалену аналітику та AI, MindSphere передає рішення IoT від кінцевого пристрою до хмари даними з підключених продуктів, заводів та систем для оптимізації операцій, створення більш якісних продуктів та розгортання нових бізнес-моделей. Побудований на платформі додатків Mendix (незалежна дочірня компанія Siemens), MindSphere надає можливість клієнтам, партнерам та організації Siemens швидко створювати та інтегрувати персоналізовані програми IoT. Навколо платформи вже створена «цифрова екосистема» партнерів, розробників додатків, інтеграторів, консультантів і експертів з різних галузей. Основне завдання платформи MindSphere - забезпечити швидке і економічно ефективно підключення парку обладнання, збір і аналіз даних з метою отримання значущих для виробництва і бізнесу результатів.

3.3.3. GE (General Electric)

GE – це Американська корпорація яка виробляє різні види техніки для підприємств починаючи від локомотивів і закінчуючи двигунами для авіації. GE зіткнувся із ситуацією, подібною до Amazon. Amazon скористався досвідом роботи з масовими центрами обробки даних і створив платформу для розробки. Потім він почав пропонувати те, що він створив за допомогою веб-служб Amazon (AWS), дозволяючи іншим виграти.

Таким же чином GE взяла свій багатий досвід промислового Інтернету та розробки та створила Predix, створивши платформу, яка інтегрує та додатково захищає існуючі хмарні платформи, такі як Cloud Foundry, та включає можливості з відкритим кодом. Платформа була побудована для реальних випадків промислового використання. Оскільки промислове середовище включає багато типів обладнання, Predix був розроблений таким чином, щоб бути агностиком щодо виробника обладнання та взаємодіяти з обладнанням GE та обладнанням інших компаній.

Predix реалізує трирівневу архітектуру ІІС, а також дотримується того, що ІІС називає шаблоном архітектури від кінцевого пристрою до хмари рис. 3.1.. Платформа виходить за межі хмари до третього рівня програм, який ІІС називає корпоративним рівнем. Зверніть увагу, як платформа пов'язує розуми (людей, які використовують додатки) з промисловими машинами та їхніми даними.

Edge to Cloud Platform

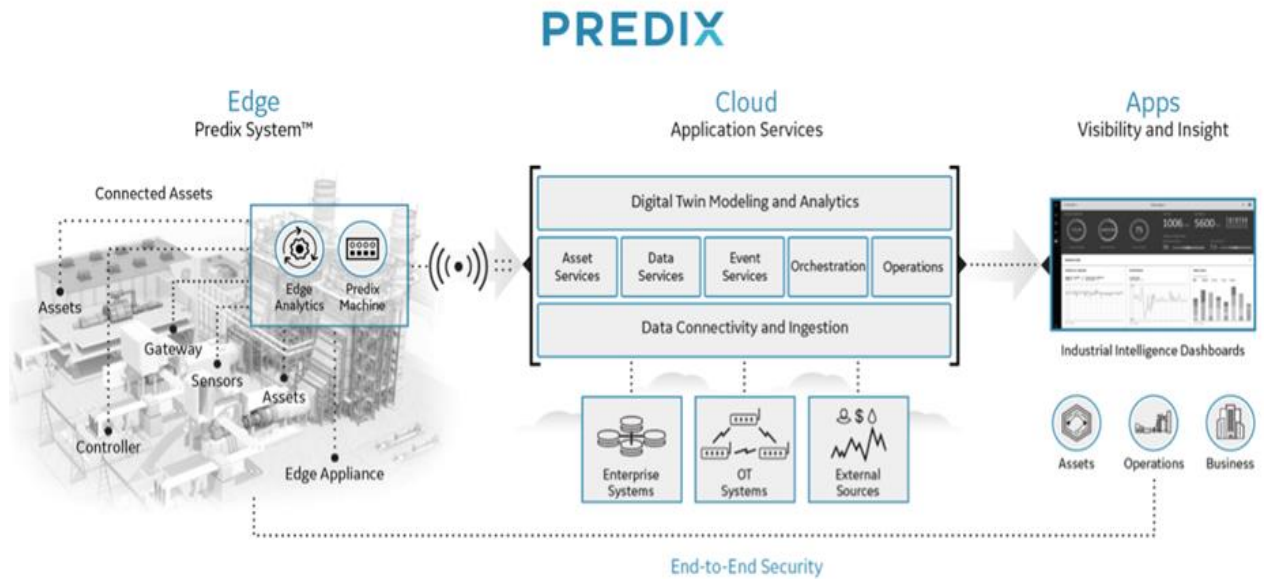


Рис. 3.1. Predix приклад архітектури від краю до хмари

Приклад використання платформи Predix – це підключення вітроелектростанцій компанії Exelon, які складаються з вітрогенераторів GE та інших видів. Дані вітряних турбін агрегуються через історичні дані та взаємодіють з крайовим шлюзом. Додаток передає дані в хмару; проводить його через моделі прогнозування, що використовують поточні дані вітроелектростанцій, історичні дані та дані про погоду; і відправляє результати на граничний шлюз, який пише їх історіку даних для формування прогнозів у реальному часі [12].

3.4. Приклади використання промислового ІоТ в Україні

В Україні промисловий інтернет речей використовується більше в енергетиці та для комунікацій в містах. Наприклад компанія ДТЕК та РГК Метрологічний центр.

3.4.1. ДТЕК

ДТЕК – це найбільша приватна енергетична компанія. В 2019 році компанія працюючи в рамках програми цифрової трансформації почала розробляти напрямом «Цифрова шахта». Під час виконання розробки на

пілотній шахті було розгорнуто внутрішню приватну мережу на базі Wi-Fi технології. Для забезпечення роботи Wi-Fi змонтували 130 км оптоволоконного та силового кабелів, а також 116 базових станцій зв'язку і 266 точок доступу Wi-Fi. Дана технологія дала змогу компанії підвищити безпеку персоналу яка працює на шахті, це було досягнуто за рахунок можливості миттєвої комунікації з персоналом на поверхні та між собою. Також завдяки даній технології компанія зв'язала між собою ряд систем, технологій і сервісів. Тепер в режимі реального часу можна отримувати дані з різних датчиків. Вони можуть фіксувати дані про вологість, концентрацію газу, стан електроживлення, температуру і рух породи, знаходження персоналу, наближення шахтаря до небезпечних об'єктів і інше. Все ця інформація в режимі реального часу передається на головний комп'ютер і, в разі необхідності, шахтарю в забої негайно приходить сигнал про можливу загрозу аварії [8].

Крім того, за допомогою спеціальних іскро- і вибухобезпечних смартфонів шахтарі можуть з-під землі зробити відео- або звичайний дзвінок, відправити на поверхню текстове повідомлення, а також оперативно обмінюватися інформацією з колегами на підземних ділянках. Це значно спрощує роботу, адже шахтарі можуть відправляти диспетчеру фотографії та відео, консультуватися наживо і отримувати дозволи на роботу. Також технологія дозволила впровадити в шахті ще один проект – це «Мобільні обходи». Принцип дії проекту полягає в тому, що працівник отримує завдання на електронний планшет. З ним він спускається в шахту, здійснює обхід, а всі дані перевірок по маршруту вносить в спеціальну програму на планшеті і в режимі реального часу передає в загальну систему. Завдяки використанню планшетів, підключених до підземного Wi-Fi, завдання можна оперативно коригувати або перенаправляти тому працівнику, який знаходиться ближче до потрібного об'єкту, а не за кілометри від нього [8].

3.4.2. РГК Метрологічний центр

Ще одним прикладом використання промислового IoT в Україні є РГК Метрологічний центр що розташований у Харкові. Даний центр єдиний у Східній Європі який працює як Smart Factory: новітнє автоматизоване обладнання від світових виробників яким оснащений центр дозволяє зробити повний технічний цикл перевірки лічильника в автоматизованому режимі. Потужностей підприємства дозволяють проводити сервісне обслуговування 200 тис. побутових лічильників газу в рік. Ключові процеси при перевірці лічильників контролюються дистанційно та не потребують втручання людей, що дозволило прискорити та оптимізувати процеси виключивши з них помилки які можуть бути пов'язані з людським фактором. Інноваційні технології центру дозволили скоротити час перевірки лічильників: протягом 3 хвилин за допомогою обладнання перевіряють 60 лічильників, в той час щоб перевірити таку ж партію раніше потрібно було 2,5 години. Також центр забезпечує обслуговування більше ніж 2 тис. електронних засобів вимірювання газу і більше ніж 2 тис. промислових лічильників, зокрема ті що розташовані на магістральних мережах та газовидобувних підприємствах компанії [9].

Висновок до розділу 3

Багато компаній модернізують підприємства використовуючи індустріальні IoT мережі. Деякі компанії за допомогою використання IoT змогли не тільки уникнути банкрутства, а і збільшити в декілька раз об'єм продажів та покращити своє становище на біржі цінних паперів. В Україні дана технологія тільки починає набувати попиту між компаніями. В даний момент здебільшого IoT в Україні використовують в енергетиці та для комунікацій

в

містах.

Загальні висновки

Індустріальний IoT являється частиною загальної еволюції IoT. Багато країн світу розвивають цей напрямок щоб надати можливість підприємствам розташованим в країні конкурувати з іншими підприємствами на світовому ринку. Для того щоб підвищити відсоток використання IIoT розробляються стандарти та еталонні архітектури. Більшість різних компаній які використовують або планують використовувати IIoT можна об'єднати однією і тією ж базовою моделлю: велика кількість інтелектуальних пристроїв, з'єднаних між собою за допомогою дротових або бездротових носіїв, взаємодіючих та взаємно координаційних для досягнення мети.

Для використання IIoT на підприємстві потрібно буде вирішити ряд проблем які постають при модернізації. Проте чим більше компаній використовуватиме Індустріальний IoT тим простіше буде вирішувати дані проблеми. IIoT мережі потрібні людині для того щоб спрощувати роботу виконувану людиною на підприємстві. При використанні даної мережі скорочується час який витрачається людиною на збір інформації для прийняття рішень, а також за допомогою даної мережі можна автоматизувати певні процеси які відбуваються між комп'ютерними. Технологія допомагатиме компаніям зменшувати собівартість продукції та заздалегідь попереджати про можливі несправності на підприємстві.

Список використаних джерел

1. Serpanos, D., & Wolf, M. (2018b). Internet-of-Things (IoT) Systems: Architectures, Algorithms, Methodologies. In Industrial Internet of Things (1st ed. 2018 ed., pp. 37–52). Springer.
2. IntroBooks Team, (2019). Industry 4.0. Independently published.
3. Löw, S. (2021, April 20). The port is in sight: two autonomous trucks on the home straight. MAN.
<https://www.mantruckandbus.com/en/innovation/driverless-in-the-port-two-autonomous-trucks-on-the-home-straight.html>
4. Roberts, F. (2016, October 31). 9 examples of manufacturers making IIoT work for them. Internet of Business. <https://internetofbusiness.com/9-examples-manufacturers-iiot/>
5. Caterpillar is embracing the IoT to improve productivity. (2017, November 2). Business Insider. <https://www.businessinsider.com/caterpillar-is-embracing-the-iiot-to-improve-productivity-2017-11?international=true&r=US&IR=T>
6. D’Mello, A. (2018, October 24). ETSI claims a world first with a tractor that communicates with cars. IoT Now News - How to Run an IIoT Enabled Business. <https://www.iiot-now.com/2018/10/24/89746-etsi-sets-worldwide-first-tractor-communicates-cars/>
7. The concept of Industrial IIoT and AI by FANUC - Fanuc. (n.d.). FANUC. <https://www.fanuc.eu/de/en/who-we-are/news/event-emo-2017/general-concept-of-iiot-and-ai-for-fanuc>
8. Навіщо в шахті Wi-Fi або як промисловий Інтернет-магазин вперше в Україні «спущений» під землю. (2020, 20 жовтня). ДТЕК. <https://dtek.com/media-center/news/zachem-v-shakhte-wi-fi-ili-kak-promyshlennyu-internet-veschey-vpervye-v-ukraine-spustilsya-pod-zemlyu/>

9. Chaikovska, K. (2020, July 6). В Україні побудували перший повністю автоматизований РГК Метрологічний центр. European Business Association. <https://eba.com.ua/v-ukrayini-pobuduvaly-pershyj-povnistyuu-avtomatyzovanyj-rgk-metrologichnyj-tsentr/>
10. Jeschke, S., Brecher, C., Song, H., & Rawat, D. B. (2016). Industrial Internet of Things: Cybermanufacturing Systems (Springer Series in Wireless Technology). In Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems. (1st ed. 2017 ed., pp. 3–19). Springer.
11. Промисловий інтернет-речей (Industrial Internet of Things, IIoT) . (nd). ІТ-Підприємство. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/promyshlennyj-internet-veschej>
12. Ryane B. (2018). Industrial Internet of Things For Developers. John Wiley & Sons, Inc, pp. 1-40.
13. ТОВ “АРАМИС.” (2018, 13 вересня). Загальна автоматизація українських підприємств - через назустріч індустрії 4.0. ТОВ “АРАМИС” - технологічне обладнання для обробки матеріалів. <https://aramis.com.ua/vseobshhaya-avtomatizatsiya-ukrainskih-predpriyatiy-shag-navstrechu-industrii-4-0/>
14. Глущенко, Н. (2020b, February 20). Як працює інтернет-ресурс в Україні: технології та проекти операторів . gagadget.com. <https://gagadget.com/iot/60667-kak-rabotaet-internet-veschej-v-ukraine-tehnologii-i-proektyi-operatorov-/>