

# Ipari IoT szolgáltatások és nyílt forráskódú rendszerek áttekintése

## Overview of Industrial IoT services and open source systems

FERENCZ Katalin, PhD hallgató<sup>1</sup>,  
dr. DOMOKOS József, egyetemi docens<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Óbudai Egyetem, Alkalmazott Informatika és Alkalmazott Matematika Doktori Iskola,  
1034 Budapest, Bécsi út 96/b, tel. +36-1-6665544, ferenczkatalin@yahoo.com

<sup>2</sup>Sapientia EMTE Marosvásárhelyi Kar, Villamosmérnöki tanszék, Koronka, 1/C szám,  
tel. +4 0265 206 210, fax +4 0265 206 211, domi@ms.sapientia.ro

### Abstract

*Today's Internet of Things (IoT) world is evolving very rapidly and as a result, its integration is gaining ground in more and more areas. Several multinational companies have developed IoT platforms and made their services available on the World Wide Web. In this article, we would like to present an overview of the existing IoT services, the general architecture of an IIoT system and also the possibility to implement opensource component based IIoT systems.*

### Kivonat

*Napjaink Internet of Things (IoT) világa nagyon gyorsan fejlődik és ennek köszönhetően egyre több területen nyer teret az integrálása. Több multinacionális cég készített IoT platformot és szolgáltatásait elérhetővé tette a világhálón. Ebben a cikkben egy áttekintést szeretnénk bemutatni egy általános IIoT rendszer architektúrájának a különféle díjköteles és nyílt forráskódú szolgáltatások használatával készített megvalósításairól, lehetőségeiről.*

**Kulcsszavak:** IIoT, AWS IoT, Azure IoT, GCP IoT, IoT-Hub, IoT data storage

### 1. Bevezetés

Az utóbbi években az ipar területén központi témává vált az ipar digitális fejlettségének az állapota és a negyedik ipari forradalom hatása a valós gyártási folyamatokban. De ez mit jelent valójában az iparra, a gyárokra nézve? Egyszerűen úgy fogalmazhatjuk meg, hogy az ipar „megokosodásának” vagyis az intelligens ipar kialakulásának lehetünk tanúi.

A negyedik ipari forradalom kezdetével az ipar számára nagyon fontos lett, hogy sikeresen felvegye a versenyt a technológia gyors ütemű fejlődésével azáltal, hogy adaptálja az autonóm, önszerveződő erőforrások, a kiber-fizikai gyártórendszerek és a valós idejű kommunikációt. Ennek megvalósításához szükségessé vált bevezetni az ipari IoT (Industrial Internet of Things - IIoT) eszközöket, a mesterséges intelligencia (Artificial Intelligence - AI) alapú szoftvereket, a felhő (Cloud) alapú rendszereket (pl. adatbázisok), a nagy mennyiségű adatok (Big Data) elemzését, valamint a kiberbiztonság és automatizálás használatát. A negyedik ipari forradalom kezdetével az ipar nagymértékű átalakuláson megy keresztül. Az általunk eddig ismert ipar legfőbb jellemzője a merev normák és szabályrendszerek használata volt, melyek magas fokú biztonságot nyújtottak a vállalatok számára. Az új ipari forradalom ezeket a merev normákat próbálja átalakítani, a meglévő gyártási módszereket reformálni, ezáltal új lehetőségeket biztosítva az intelligens eszközök és innovatív megoldások integrálására. A negyedik ipari forradalom alapvető elemét az információs technológia, az adatok és az automatizálás összefonódása képezi, vagyis a digitalizáció.

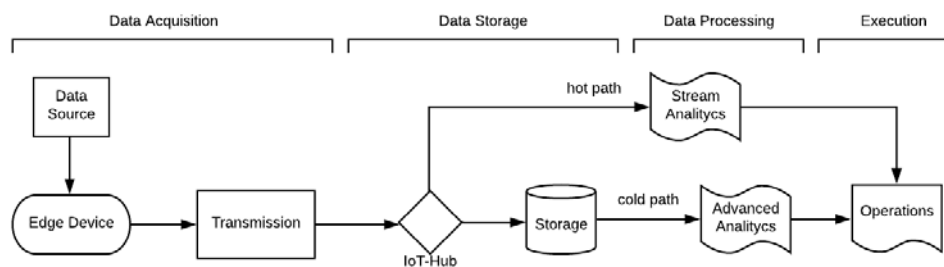
A digitalizált ipart, melyet nevezhetünk okos gyárnak (smart factory) is, az jellemzi, hogy intelligens eszközöket használ a gyártás, raktározás, szállítás folyamataiban, mely által nagy mennyiségű

adatot képes rövid idő alatt gyűjteni, tárolni és feldolgozni. Hangsúlyt kell fektetni arra, hogy a tömérdek mennyiségű adat tárolásának abban az esetben van értéke, ha hasznosítva is lesznek, ha ezek az adatok feldolgozásra, elemzésre is kerülnek, mely a gépi tanulás és mesterséges intelligencia által valósulhatnak meg. Az elemzett adatokat felhasználva felhasználó felületeket (dashboard), irányítópultokat vagyunk képesek készíteni, ahol folyamatosan meg tudjuk jeleníteni és monitorizálni, akár valós időben a gyárban történő összes folyamatot. Mindezek hatással vannak a helyes döntéshozatalra, a gyártási folyamatok optimalizálására, növelni lehet a gépek kihasználtságát, vagy akár előre is jelezhetjük az alkatrészek élettartamát, mely a prediktív karbantartást eredményezi.

Az IIoT által a mai okos gyárak fontos tulajdonsága, hogy a berendezések folyamatosan adatokat küldenek az adatbázisok irányába, kommunikálnak a vezérlőkkel, különféle szoftverekkel és adatelemzést végző alkalmazásokkal. Ez által az IIoT-kompatibilis eszközök szerves részévé válnak az intelligens folyamatoknak. Különféle IoT-Hub-ok használata által már bármilyen típusú eszköz adatot képes továbbítani a felhőbe, adatbázisba vagy bármilyen más, felhasználás céljából csatlakoztatott egységbe. A lokálisan begyűjtött adatokat privát vagy publikus felhő rendszerek által tudjuk tárolni, kezelni, feldolgozni a leggyorsabb és költséghatékonyabb formában. A piacon nagyon sok szolgáltató létezik, akik ezeket a szolgáltatásokat képesek díj ellenében biztosítani, mint például Amazon, Microsoft, Google stb., vagy lehetőség van a gyártó működtető vállalat által kiépített és üzemeltetett saját rendszert használni. Ezek architektúrája általában nagyon hasonló, ellenben különféle technológiák alkalmazása által kerülhet megvalósításra.

A továbbiakban be szeretnénk mutatni egy általános architektúrát, mely a begyűjtött adatot kíséri végig a tárolás, feldolgozás, elemzés és megjelenítés szakaszain 4 különböző technológiai megvalósítás által. A piacon lévő három legismertebb és leghasználtabb szolgáltatást fogjuk bemutatni (Amazon Web Services, Microsoft Azure és Google Cloud Platform) valamint egy általunk készített saját, nyílt forráskódú rendszert, mely ugyancsak az általános architektúrának megfelelő rendszert eredményez. Egy átfogó képet szeretnénk adni arról, hogy az ipar számára az IIoT eszközök felhasználása milyen formában válik megvalósíthatóvá és hasznosíthatóvá, valamint ez által, hogy lesz kulcsfontosságú szereplője az Ipar 4.0-nak.

## 2. Általános architektúra



1. ábra . Végpontok közötti adatfolyam az IIoT-n

Az általunk vizsgált iparban beüzemelt IoT rendszerek általánosan a következő architektúrával (1. ábra) írhatóak le és négy fontosabb részt tartalmaznak: adat begyűjtés, adat tárolás, adatfeldolgozás és végrehajtás. Az adatok begyűjtése különféle szenzorok által mért környezeti adatokból tevődik össze, vagy más ipari gépek által szolgáltatott adatok felhasználásából, mint például DCS, PLC, SCADA stb. A begyűjtött adatok különféle hálózati protokollok használata által kerül továbbításra az eszköztől egy magasabb rendű egység felé, például FieldBus, ControlBus, OPC, Message Queue Telemetry Transport (MQTT), Advanced MQTT (AMQTT), HTTP, HTTPS, Constrained Application Protocol (CoAP). A hálózati protokollok által az adatok továbbításra kerülnek egy IoT-Hub felé, mely egy átjáróként működik az eszköz és a felhő között.

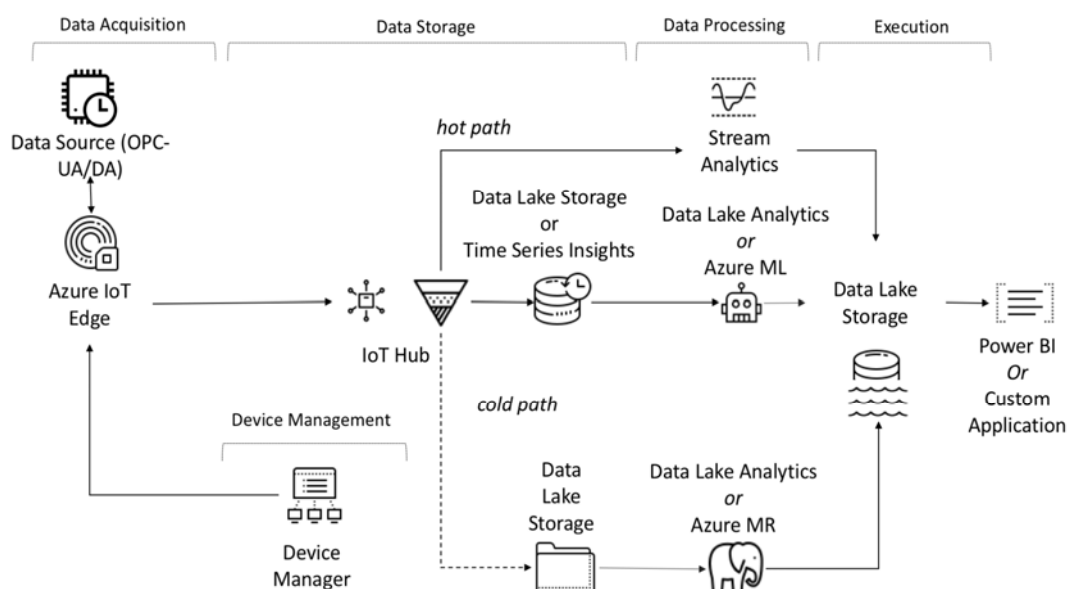
A rendszer funkcionalitásától függően az IoT-Hub több irányba is tudja továbbítani az adatokat. Ezen a ponton történik az adatok adatbázisba való irányítása, mely által a későbbiekben lehetőség nyílik

fejlett elemzés (Advanced Analytics) végzésére egy adott mesterséges intelligencia alapú alkalmazás által. Ezt nevezik az adatfeldolgozás *hideg útvonalának* (*cold path*). Az IoT-Hub lehetőséget biztosít gyors, azonnali feldolgozásra is, melyet adatfolyam elemzésnek (Stream Analytics) neveznek. Ez az elemzés *forró útvonalának* (*hot path*) felel meg és szükség esetén valós idejű eredményeket tud szolgáltatni. Az elemzések eredményeként megjelenő számított adatok (calculated data) alapján lehetőség van az adatok hasznosítására, például riasztások készítése, anomáliák észlelése, jelentések készítése, vizualizálásra stb. Tehát hasznos információt generál a felhasználó számára az eszközök által begyűjtött és továbbított adatokból.

A következőkben a fent leírt architektúrát fogjuk megvizsgálni Microsoft Azure, Amazon Web Services és Google Cloud Platform esetében, valamint egy általunk fejlesztett, nyílt forráskódú technológiákat használó rendszer esetében. Mindegyik esetben ugyanaz az architektúra kerül feldolgozásra, de az adott szolgáltató által nyújtotta technológiai megfelelők segítségével.

## 2.1. Microsoft Azure

Az alábbi ábrán (2. ábrán) látható, hogy a Microsoft Azure szolgáltató milyen technológiai komponenseket szolgáltat egy IIoT rendszer elkészítéséhez és üzembe helyezéséhez.

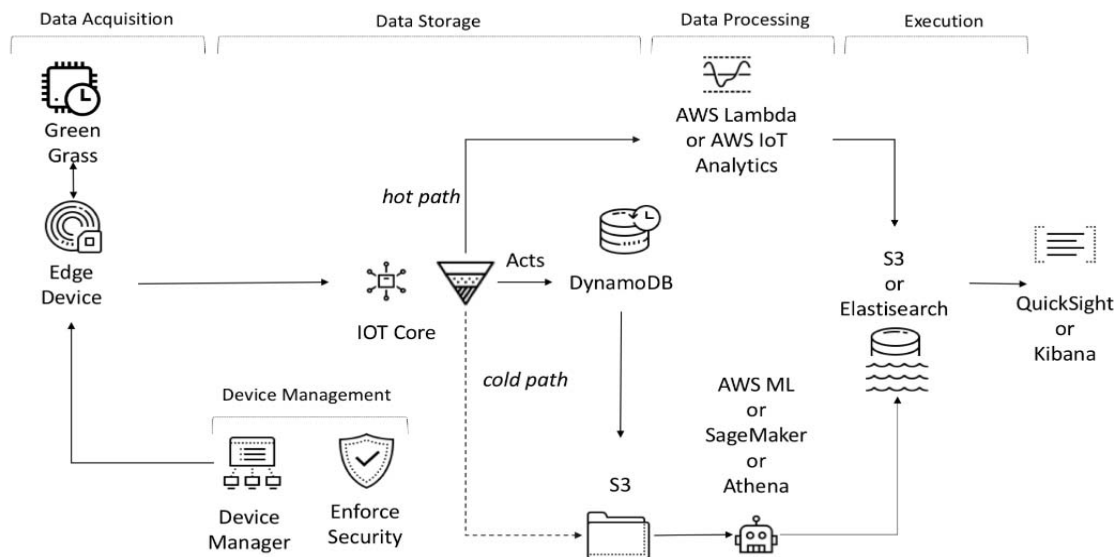


2. ábra . Azure IIoT architektúra [1]

Az adatok a szenzoroktól és más ipari eszközöktől az Azure IoT Edge-en keresztül kerülnek begyűjtésre, mint például MQTT, AMQP, http, OPC UA stb. protokollok által, mely továbbítja az Azure IoT Hub-nak. Az IoT-Hub egy köztes réteg, mely az eszközök regisztrációjára és kezelésére szolgál. Innen az adatok feldolgozásra kerülnek a Stream Analytics által, mely az elemzés forró útvonalát képezni. Az Azure Stream Analytics egy valós idejű elemző és komplex eseményeket feldolgozó motor, amelyet nagy mennyiségű gyors adatfolyam egyszerre több forrásból történő elemzésére és feldolgozására terveztek. Az elemzés eredményét a Data Lake Storage-ba tárolja. Ezen adatok tárolását kétféle adatbázisban van lehetőség eltárolni, az egyik a Time Series Insight és a másik az Azure Data Lake Storage. A Time Series Insight nagy méretű idősor-adatok tárolására, vizualizálására és lekérdezések végrehajtására alkalmas. Az Azure Data Lake Storage egy nagymértékben skálázható adattár, mely által adatokat tárolhat későbbi elemzés és megjelenítés céljából. Az eltárolt adatok a Data Lake Analytics vagy az Azure ML (Machine Learning) által kerül cold path elemzésre. A Data Lake Analytics egy big data szolgáltatás hatalmas mennyiségű adat feldolgozására. Az ML Analytics egy olyan környezet, amelyben fejlett gépi tanuláson alapuló elemzéseket vezethetünk el a prediktív modellezéshez. Végül az adatok megjelenítésére Power BI-t vagy más saját alkalmazást lehet használni. A Power BI egy olyan üzleti elemzésekre alkalmas szolgáltatás, amely betekintést nyújt és követi a valós adatok megtekintését.

## 2.2. Amazon Web Service (AWS)

Az Amazon által nyújtotta szolgáltatások használatával a begyűjtött adatok a Greengrass által kerülnek az IoT-Hub-nak megfelelő egységhez. A GreenGrass egy olyan szoftver, amely kiterjeszti a felhő képességeit a helyi eszközre és lehetővé teszi az eszköz számára, hogy az adatokat az információforráshoz közelebb gyűjtsék és elemezzék.

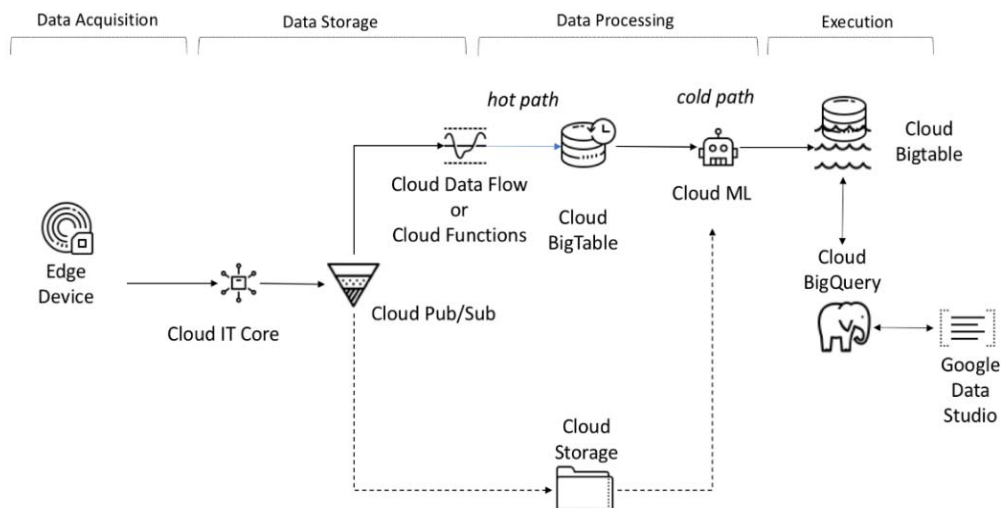


3. ábra .AWS IIoT architektúra[1]

Az AWS IoT Core felel meg az IoT-Hub-nak, melyhez az eszközök elküldik a gyűjtött adatokat különféle protokollokat használva, például MQTT. Az adatok tárolására itt is több lehetőség van, attól függően, hogy milyen típusú adatokat szeretnénk tárolni, idősorok tárolására a DynamoDB vagy objektumadatok tárolása esetében az S3 adatbázis használható. Az adatok gyors feldolgozása érdekében használhatunk AWS Lambda serverless platformot vagy az AWS IoT Analytics-et. Fejlettebb elemzés érdekében az AWS több lehetőséget is biztosít a felhasználó számára: AWS ML, SageMaker, Athena. A gyors és fejlett elemzések eredményei vagy S3 vagy Elasticsearch típusú adatbázisokba kerülnek tárolásra, vagy direktbe is kapcsolódhatnak a QuickSight vagy Kibana szolgáltatásokhoz, melyek a gyors megjelenítésért felelősek.

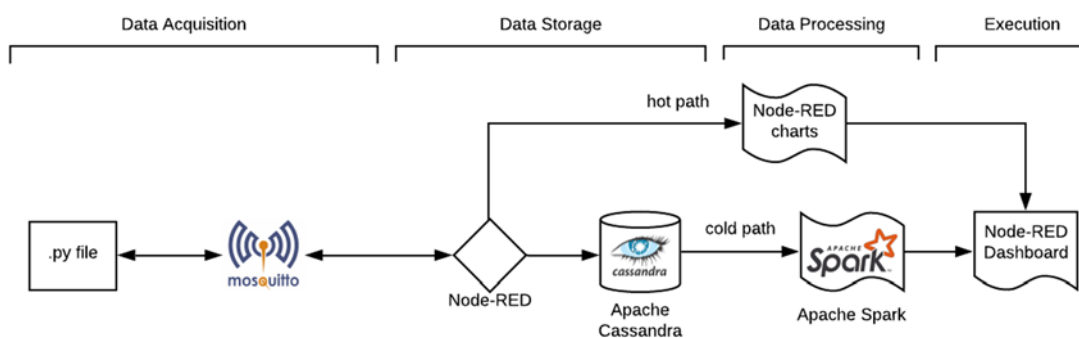
## 2.3. Google Cloud Platform

A Google Cloud Platform által nyújtott szolgáltatások a következő ábrán (4. ábra) látható architektúrát engedik meg kivitelezni. A Google IoT Core az MQTT és a HTTPS protokollokat támogatja, így az adatokat csak ezeken a protokollokon keresztül lehet bevinni. A Google IoT Core felel meg az IoT-Hub-nak, mely egy központi hub-ként működik a távoli eszközök csatlakoztatásához és az adatátvitelhez a Google Pub/Sub szolgáltatást használja. Az adatok gyors feldolgozásához, a Stream Analytics elkészítése céljából a Cloud Data Flow vagy a Cloud Functions szolgáltatás használható. Az idősor vagy esemény típusú adatok tárolására Cloud Bigtable használható és az objektum típusú adatok tárolására a Cloud Storage. Az adatok kötegelt (batch) elemzésére a Cloud BigQuery és a Cloud ML szolgáltatások használhatóak. Az adatok vizualizálásáért a Google Data Studio felelős.



4. ábra .GCP IIoT architektúra[1]

## 2.4. Nyílt forráskódú megvalósítások



5. ábra . Saját fejlesztésű IIoT rendszer architektúrája

A következőkben vizsgáljuk meg az általunk készített nyílt forráskódú egységeket használó IIoT rendszert, mely a fentiekben bemutatott rendszerekhez hasonló funkcionálisitást valósít meg. Az 5. ábrán látható, hogy az szenzor adatokat egy Python állomány szolgáltatja, vagyis generálja, melyet helyettesíthetünk bármilyen érzékelőkkel. A generált szenzor adatok (relatív páratartalom, környezeti nyomás és hőmérséklet, nyomás, valamint elektromos energia) egy meglévő adatkészlet elemzése alapján generáljuk, melyet a *Rapid Prototyping of IoT Applications for the Industry* című cikkünk részletesen bemutat. [2] Az adatátvitelt a MQTT protokoll Mosquitto nevű nyílt forráskódú implementálása által valósítottuk meg, mely a Node-RED keretrendszernek továbbítja az adatokat. Az általunk használt Mosquitto megvalósítás csak egy, a sok MQTT protokoll megvalósítás közül, igény szerint több lehetőség és megvalósítás közül választhatunk.[3] A Node-RED egy nyílt forráskódú IoT edge-ként viselkedik, mely sokrétű funkcionálisitásai által több szerepet is be tud tölteni. A Node-RED-hez beérkező adatokat különféle beépíthető node-diagramok (chart) segítségével azonnal elemezhetjük és megjeleníthetjük a Dashboard (Felhasználó felület) modul segítségével. Az adatok a NoSQL típusú Apache Cassandra nyílt forráskódú adatbázis rendszerben kiépített klaszterbe kerülnek tárolásra. Az Apache Cassandra adatbázison kívül választhatjuk akár MongoDB-t, Hbase-t, Redis-t, Couchbase-t vagy más, a célnak megfelelőnek ítélt adatbázis rendszert. [4] Az adatfeldolgozás a szintén nyílt forráskódú Apache Spark elemzésre is fejlesztett framework valósít meg, mely Spark machine learning (ML) könyvtárat használ. [5][6][7] A megvalósított rendszer részletes ismertetését előzőleg publikált cikkeinkből megismerhetik. [2][8][9]

### 3. Következtetések

A bemutatott IIoT rendszerek különféle megoldásai alapján látható, hogy ugyanazt a rendszert különféle szolgáltatók (Azure, AWS, GCP) által kidolgozott felhő alapú komponensek használatával változó nagyságrendű díjszabás ellenébe lehetőségünk van „könnyedén” megvalósítani. Ezen megvalósítások elkészítése az adott területen igényel megfelelő szakmai (ipari) és technikai tudást. A saját megvalósításként készített rendszer ellenben nyílt forráskódú, ingyenes szolgáltatásokat használ, viszont ugyanazt a rendszert valósítja meg, mint az előző három. Ebben az esetben is szükség van a megfelelő ismeretekre, de ezek esetében nem annyira egyértelmű egyik-másik szolgáltatás használata és illeszthetősége az adott esetben, mivel nem ugyanazon szolgáltató termékei, mint ahogyan a Microsoft, Amazon és Google esetében, a felhasznált szolgáltatások az általuk forgalmazott termékcsaládba tartoznak. A multinacionális cégek termékeit használva minden adat és elemzési logika a felhőben végződik, a szolgáltató szerverein, míg a saját rendszer kialakításához szükség van a saját hardver infrastruktúra kialakításához és adminisztrálásához. Valamint a saját adatelemző részben akár új algoritmusok fejleszthetők és tesztelhetők. Ehhez számottevő emberi erőforrásra is szükség van.

A fenti megvalósítások alapján értékelhetjük úgy a mai technológia fejlettségét és integrálhatóságát, hogy megfelelően alkalmaz az ipari területen történő felhasználásra, az IIoT használatára. De ezen szolgáltatások, legyen akár díjköteles vagy nyílt forráskódú, nem szükséges korlátozódni csak egy használatára, hanem ezek közös integrációja és használata is kivitelezhető, sok esetben javasolt is ezek kombinált használata, attól függően, hogy milyen feladat elvégzésére szeretnénk használni.

### Köszönetnyilvánítás

A jelen munkát Magyarország Collegium Talentum 2020 programja támogatta.

### Hivatkozások

- [1] Giacomo Veneri and Antonio Capasso, *Hands-On Industrial Internet of Things: Create a Powerful Industrial IoT Infrastructure Using Industry 4.0*, Packt, UK, 2018
- [2] Katalin FERENCZ, József DOMOKOS, *Rapid Prototyping of IoT Applications for the Industry*, IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics AQTR 2020, 2020. május 21-23. Kolozsvár, Románia
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_MQTT\\_implementations](https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_MQTT_implementations)
- [4] Amghar, Souad, Safae Cherdal, and Salma Mouline. "Which NoSQL database for IoT applications?." *2018 International Conference on Selected Topics in Mobile and Wireless Networking (MoWNeT)*. IEEE, 2018.
- [5] Díaz, Manuel, Cristian Martín, and Bartolomé Rubio. "State-of-the-art, challenges, and open issues in the integration of Internet of things and cloud computing." *Journal of Network and Computer applications* 67 (2016): 99-117.
- [6] Ed-daoudy, Abderrahmane, and Khalil Maalmi. "A new Internet of Things architecture for real-time prediction of various diseases using machine learning on big data environment." *Journal of Big Data* 6.1 (2019): 104.
- [7] Pääkkönen, Pekka. "Feasibility analysis of AsterixDB and Spark streaming with Cassandra for stream-based processing." *Journal of Big Data* 3.1 (2016): 6.
- [8] Katalin Ferencz, and József Domokos. "IoT Sensor Data Acquisition and Storage System Using Raspberry Pi and Apache Cassandra." *2018 International IEEE Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE)*. IEEE, 2018.
- [9] Katalin FERENCZ, József DOMOKOS, *Using Node-RED platform in an industrial environment*, XXXV. Jubileumi Kandó Konferencia, JKK 2019, pp. 52-63, 2019. november 14-15., 2019, Budapest, Magyarország