



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

Vida Gergely Bernát

**ADATVEZÉRELT ESZKÖZ-
MENEDZSMENT AZ IPARI
DIGITALIZÁCIÓ
TÖBBSZEREPLŐS
FOLYAMATAIBAN**

KONZULENS

Dr. Varga Pál

Frankó Attila Ernő

BUDAPEST, 2019

Tartalomjegyzék

Kivonat.....	3
Abstract.....	5
1 Bevezetés	7
2 Az ipari szektor digitalizációja	8
2.1 A termék életciklusa	8
2.2 Gyártási folyamatok menedzselése.....	9
2.3 A vállalatok szerepe.....	11
3 A digitalizált ipar rendszerei	13
3.1 Horizontális integráció.....	13
3.1.1 Arrowhead keretrendszer.....	13
3.1.2 A Blockchain technológia.....	17
3.2 Vertikális integráció.....	19
3.2.1 Beltéri pozicionálás és a raktár üzemeltetés	20
3.2.2 Vállalatirányítási rendszerek.....	22
4 Integrált gyártási ökoszisztéma	25
5 Raktárüzemeltetési rendszer tesztelése.....	27
5.1 Raktár üzemeltetési kihívásai	27
5.2 Beltéri eszközkövetés pontossága.....	27
5.3 Az adatok feldolgozása	30
5.4 A mérések értékelése	32
6 Digitalizált ipar alkalmazott példája.....	34
6.1 Szolgáltatás felderítése.....	34
6.2 Szerződés és a szolgáltatás teljesítése.....	35
7 Összegzés.....	37
Irodalomjegyzék.....	38
Függelék.....	41
6.1. Szolgáltatás felderítése.....	41
6.2 Szerződés és szolgáltatás teljesítése	42

Kivonat

Mint az lassan köztudott, a globális tendenciákat elemző szakértők szerint a negyedik ipari forradalom korában élünk, ugyanis a gyártás digitalizációja a gőzhajtás, a villamosság vagy az automatizáció alkalmazásához mérhető fellendülést eredményez a gazdaságban. Végigtekintve a szerteágazó területeken, szembetűnő a hardveres és szoftveres újítások bősége az ipari szektor minden szegmensében (moduláris vállalatirányítási rendszerek, intelligens raktár üzemeltetési és szállítási rendszerek, szenzorhálózatok, teljes termékéletről követés), ami valóban elősegíti az alapvető változást, azonban még jelentős kihívások leküzdésére lesz szükség ahhoz, hogy általánosságban véve forradalmi megújulásról beszélhessünk. Az elkövetkező évtizedekben ugyanis nem lesz elegendő az új technológiák bevonása a gyártási folyamatokba, hanem lépéseket kell tenni a kiépített rendszerek közötti együttműködés kialakítására, a különböző funkciókat ellátó modulok hálózatba szervezésére.

Dolgozatomban az ipari szegmenst átfogó digitalizáció kereteit kívánom felvázolni, amely magában foglalja mind a vertikális, mind a horizontális integráció témakörét. A vertikális integráció alapja az, hogy a folyamatokat elemző és szabályzó vállalatirányítási rendszereknek együtt kell működni a döntésekhez adatokat szolgáltató, monitorozási feladatokat ellátó raktár-menedzselő kiberfizikai rendszerekkel. A horizontális integráció lényege pedig az, hogy az ipari szereplők partnereikkel globális, szolgáltatás orientált architektúrához csatlakoznak, amely megteremt mind a termékeikre és erőforrásaikra alapozott közös piacot, mind az áru- és információcsere biztonságos kereteit. Az integráció előzőekben vázolt megvalósulása utat nyit a folyamatok magasabb szintű szabályozására és a szegmentáltság okozta veszteségek leküzdésére (párhuzamosságok kiszűrése, kapacitások összevonása).

Dolgozatom második felében a koncepció gyakorlati megvalósításával foglalkozom, amely két fontos területre osztható. Egyrészt megtervezem és összeállítom egy intelligens raktár-üzemeltetési rendszer fő elemeit. A tervezést az ipari igények felmérésére alapozom, amelyeket egy esettanulmány formájában elemzek. A műszaki kivitelezés tekintetében mérésekkel vizsgálat alá vetem az UWB és RFID alapú raktár-menedzselés témakörét. A mérések fő célja a termékek helyét és mennyiségét rögzítő beltéri pozicionáló rendszer megbízhatóságát és pontosságát vizsgálja különböző

szenzoros támogatás mellett. A kivitelezés másik fontos pontja az üzleti partnerek közötti biztonságos és megbízható együttműködés kereteit megteremtő technológiák alkalmazása: dolgozatomban értékelem a blockchain alapú okos szerződések megvalósításának lehetőségét és a különböző szereplők Arrowhead keretrendszeren keresztül történő összekötésének lehetőségeit.

Abstract

It is a common knowledge, that we are living in the fourth Industrial revolution (Industry 4.0). This statement is based on the fact that the digitalisation of the factories is as revolutionary as the usage of steam, electricity or automatisisation in the former industrial eras. Considering the countless areas improved by new hardware and software based solutions, it is truly a fundamental change in all industrial segments (e. g. Enterprise Resource Planning, Warehouse Management Systems, Intelligent Transportation Systems, Sensor Networks, Product Lifecycle Management). Nevertheless, there are several additional challenges which should be faced: it is a necessary but not sufficient requirement to integrate the new technologies into the industrial environment. In the coming years it will not be sufficient enough to bring new technologies into the processes, but those heterogeneous systems need to cooperate, the various functional modules need to reach the services of each other through secure network channels.

The main purpose of my work is to provide a global synthesis of the industrial digitalisation. This phenomenon contains of two essential parts: the vertical and the horizontal integration. The purport of the vertical integration is the cooperation between the flow-controlling Enterprise Resource Planning Systems and the data providing cyber-physical systems. In addition, the horizontal integration is the other cardinal element, which implies the following: there should be a global, secure, service oriented digital platform which provides space for the exchange of goods, resources and data for the industrial partners. By these main directions of integration, we acquire stronger control of processes, which enables optimisation and elimination of the damage due to resource segmentation.

In the second half of my work I detail the realisation of the demonstrated concept. First of all, I determine the main elements of an intelligent warehouse management system. Afterwards, I summarize the main industrial requirements in a case study. Regarding measurements, I observe RFID- and UWB-based scenarios to provide examples of warehouse management systems. The aims of my measurements and analysis are to determine the reliability and accuracy of an indoor positioning system that provides data for asset positions and their movement within the factory or warehouse. The other important part of my work is to apply secure and flexible methods and tools for

cooperation in a multi-stakeholder environment. As part of this work, I describe information-exchange capabilities within the Arrowhead framework, enhanced with smart service contracts supported by blockchain technology.

1 Bevezetés

Napjainkban általános trend, hogy egyre szövevényesebb hálózatok húzódnak meg a legegyszerűbb szolgáltatások mögött is (például egy fejlett közösségi közlekedési vállalat utastájékoztatása mögött valós időben üzemelő járműkövető rendszer rejlik). Az ipari szektor sem kivétel ebben a tekintetben: üzleti partnerek széles körének együttműködése szükséges egy-egy termék előállításához. Ennek oka, hogy a technológiai fejlődés egyre komplexebb termékek előállítását teszi lehetővé, amely az előállítás folyamatát is bonyolulttá teszi. A legösszetettebb termékek (például okostelefon, autó) minden összetevője egyenként olyan speciális tudást igényel, amely a legtrikább esetben összpontosul egy kézben - ha mégis megvalósulna a szaktudás ekkora koncentrációja, az a vállalaton belül eredményez összetett hierarchiát. A különböző építőelemek tökéletesítésére szakosodott vállalatoknak, leányvállalatoknak alapvető érdeke az együttműködés, a közös platform azonban technikai, jogi, pénzügyi, bizalmi kérdések sorát veti fel. Dolgozatom célja, hogy választ keressen ezekre a problémákra, és megoldási javaslatot kínáljon a jelenlegi technológiák összekötésével.

A többszereplős gyártási folyamatok menedzselését sok szempontból elemezik a szakirodalomban. A bevezetőt követő fejezetben a digitalizált ipari folyamatokba beépítendő menedzsment eljárások különböző aspektusaira nyújtok kitekintést. A harmadik fejezetben összefoglalom a kutatásom tárgyát képező heterogén ellátási láncok kezelésére kidolgozott rendszerekről szerzett ismereteimet. A negyedik fejezetben bemutatom az általam összeállított többszereplős ipari folyamatokat összefogó rendszer átfogó koncepcióját. Az ötödik fejezetben kitérek a raktármenedzsment rendszerek területén végzett méréseimre, és javaslatot teszek az adatok feldolgozására. A hatodik fejezetben a korábban összeállított és vázolt, több rendszeren átívelő ipari digitalizációs koncepció keretében megvalósuló együttműködés példáját ismertetem. Végezetül az utolsó fejezetben összegzem az elvégzett munkát.

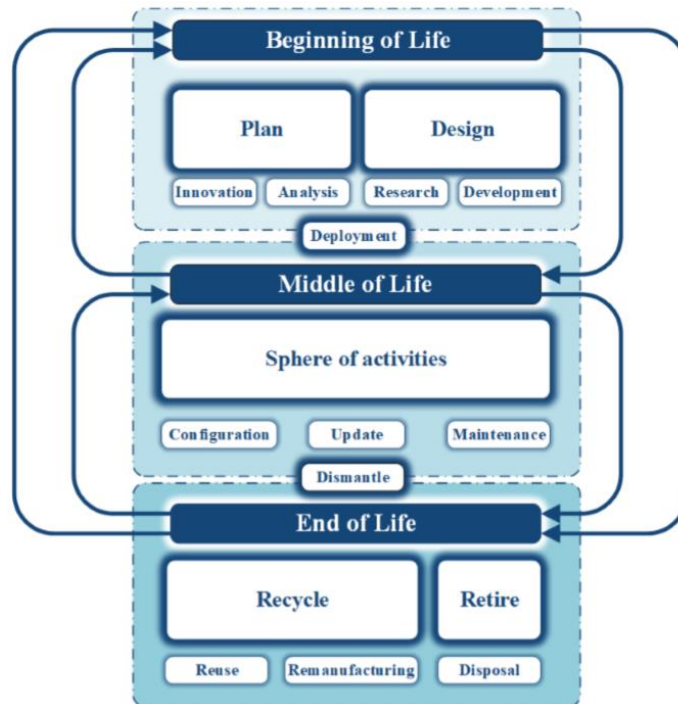
2 Az ipari szektor digitalizációja

Az ipar a közgazdaságtudomány által meghatározott négy szektor egyike, amely az alapanyagok feldolgozását, gyártási folyamatokat és végeredményképpen a termék elállítását végző vállalatokat foglalja magában [1]. A termék, a vállalatok és a gyártási folyamatok mind alapfogalmak, amelyek az ipar digitalizációjának fontos területeit határozzák meg. A következőkben ezeket a témaköröket járrom körül.

2.1 A termék életciklusa

A termék egy gyártási folyamat vagy folyamatok összességének eredménye, amely különböző összetevők feldolgozásával jön létre, és alapanyagul szolgálhat más gyártóegységek tevékenységéhez. A hatékony gyártás fokmérője az, hogy a létrehozott termék megfelel-e a rendeltetésének, vagy nem teljesíti a szabványos feltételeket. Nagyban növeli az esetleges hibák okainak felkutatásának hatékonyságát, ha a termék életciklusát végig követik, így ugyanis pontosan visszafejthető a rögzített adatokból, hogy a gyártás melyik szakaszában jött létre a probléma.

A termék életciklusának követése (Product Lifecycle Management, PLM, 1. ábra) három lényegi szakasz megkülönböztetésén alapul [2]. A kezdeti szakasz a forgalomba hozatalt készíti elő, amely két részre bomlik: a körülmények elemzésén alapuló tervezésen és a különböző gyártási stratégiák elemzését követő kivitelezésen. A létrejött termék életciklusának fő periódusa a hasznosításának, alkalmazásának az időszaka: ebben a részben az adott alkalmazási környezetben történő testreszabási, üzemeltetési, karbantartási feladatok monitorozása kap hangsúlyt. A termék használatának befejeződése a végső szakasz kezdete, ebben az esetben is két lehetőség merül fel. Ha a termék állapota megfelelő, felmerülhet későbbi ismételt beüzemelés, amelyhez szükséges lehet fejlesztése, átalakítása. Ha a termék nem kerül hasznosításra, életciklusa véget ér, ebben az esetben leszerelésének okait érdemes diagnosztizálni, ugyanis a szerzett információk alapul szolgálhatnak a későbbi verziók tervezéséhez, vagy az aktuálisan működtetettek karbantartásához. A termék életciklusának – melyet az 1. ábra szemléltet - követése lényeges pontja az ipar fejlesztésének, ugyanis általa pontos képet kapnak a piaci szereplők a működésük hatékonyságáról.



1. ábra: Egy termék életciklusának három fő szakasza [2]

2.2 Gyártási folyamatok menedzselése

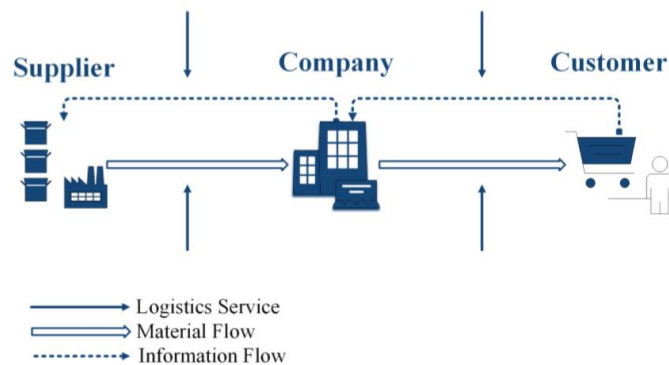
A gyártási folyamatok a termék előállításának lépéseit tartalmazzák. Ha egy folyamatot fekete dobozként modellezünk, bemenetén alapanyagok, kimenetén pedig a gyártási folyamat eredménye, a termék található. Minél összetettebb struktúrájú termék előállításáról van szó, annál bonyolultabb a gyártás folyamata is, annál több részfeladat elvégzésének összehangolásáról kell gondoskodni.

A gyártási folyamatok menedzselését segíti, ha az ütemezést nemcsak a gyári architektúra kialakításánál lefektetett protokollok, szabványok biztosítják, hanem lehetőség van a különböző fázisok valós idejű követésére. A végzett műveletek kritikus paramétereinek visszacsatolására, begyűjtésére nyújt lehetőséget az ipari Internet of Things architektúrák telepítése a gyári környezetbe. A kihelyezett szenzorok egyszerű, kis fogyasztású célhardverek, amelyek értékes megfigyeléseiket a közös hálózaton keresztül juttatják el az adat aggregációs központba, ahol megtörténik az adatok feldolgozása, elemzése. A szükséges információk visszacsatolása eredményeképpen megvalósulhat az optimális működéshez szükséges felügyelt vagy automatizált beavatkozás.

A gyártás valós idejű követése az összetett folyamatok irányításában fokozott jelentőséggel bír. Az egyes részfeladatok kimeneti termékeinek elkészülése ugyanis

előfeltétele lehet más előállítási fázisok elkezdésének, így szövevényes függési rendszert kialakítva. Mivel a különböző folyamatok más-más erőforrásigényűek (idő, alapanyagok), a teljes gyártásban szűk keresztmetszetek alakulnak ki. Mindezek mellett a gyártás nem feltétlen korlátozódik egy gyárra, egy gyártóra, esetenként ipari partnerek sora működik közre a termék előállításában. Az előzőekben vázolt problématerben nyer jelentőséget az ellátási láncok menedzselése (Supply Chain Management, SCM) [2].

Az ellátási láncok – melynek modelljét a 2. ábra szemlélteti – menedzselése az adott gyártási folyamatok, (de akár a termékek disztribúciójának és értékesítésének) összességét szabályozó ütemezési feladatok ellátását jelenti. Az SCM célja, hogy összehangolja a felmerülő igények és az igényelt termékek rendelkezésre állását, ami által a körülményekre érzékeny, ahhoz alkalmazkodó működést valósít meg. A felvázolt koncepció háromféle feladatkör betöltése által valósul meg: az ellátási láncokat kontrollálja, a ki- és bemeneteket kombinálja, a folyamatokat, partnereket együttműködésre bírja. Ennek a feladathármasnak a sikeres megvalósítása megnyitja az utat az erőforrások megosztása, a döntések összehangolása, a partnerek közötti bizalom kialakítása előtt, amely összességében a folyamatok integrált modellezését és a résztvevők információmegosztáson alapuló kooperációját eredményezi [3].



2. ábra: Ellátási lánc modellje [2]

Az ellátási láncok kezelése szerves része a negyedik ipari forradalom logisztikai direktíváinak: ezek előírják, hogy az ellátási láncok átláthatók legyenek, és általuk a megfelelő termékek az előírt helyen, időben és mennyiségben rendelkezésre álljanak, valamint ez költséghatékonyan valósuljon meg [4]. Az ellátási láncok menedzselésére nyújt megoldást a későbbiekben ismertetett Arrowhead keretrendszer.

2.3 A vállalatok szerepe

A vállalatok a termék előállítását, a gyártási folyamatokat menedzselő gazdasági szereplők. Az elmúlt fél évszázad eredménye, hogy a vállalatok működésük vezénylését vállalatirányítási rendszerekre (Enterprise Resource Planning System, ERP) bízzák, ugyanis ezen architektúrák, szoftverek segítségével koherens képet alkothatnak tevékenységük költséghatékonyságáról. Az ERP-k magukba foglalják a logisztika (beszerzés, szállítás), a pénzügyek (számlázás, tranzakciók), a gyártás (termelés, erőforrások) és a vállalat menedzselésének (vagyon, HR) területeit. A vállalatirányítási rendszer azonban piaci szereplőnként más és más, a rendelkezésre álló információk megmaradnak a vállalkozás keretein belül.

Heterogén ellátási láncok esetén, amikor az összeállítandó és leszállítandó végtermék elemeit különböző gyártók állítják össze, az alkotó elemek nyomon követése, cseréje komplex feladat. A jelenlegi gyakorlatban az ilyen többszereplős ökoszisztémák összeszerveződése időigényes folyamat, ami pénzügyi, bizalmi és jogi folyamatok lejátszását követeli meg. Az eszközök követése ugyanis egy résztvevő partner saját hálózatán belül megoldott lehet, ám a partnerek közötti információ átadás jogi, biztonsági és pénzügyi vonatkozása megnehezíti a folyamatot.

Mindez azt jelenti, hogy a jelenleg kialakított ellátási láncok ökoszisztémáiban a jelenlegi eszközökkel bilaterális szerződések és informatikai megoldások fejlesztésével lehet előre jutni. Az olyan végponttól végpontig történő termékkövetési feladatoknál, mint a digitális lábnyom vagy a digitális iker, ezek a folyamatok a jelenlegi eszközökkel nem belátható idő alatt tudnak végbe menni. Olyan megoldást kell keresni, amely biztosítja a szerződések betartását, visszakereshetőségét, integritását, biztonságát, és választ ad az egymás számára ismeretlen partnerek bizalmi kérdéseire. Egy ilyen lehetőség a blockchain technológia, amely a centralizált bankrendszer kiváltására bevezetett kriptovaluták alapjául szolgáló [5], elosztott erőforrásokon alapuló, peer-to-peer tranzakciós technológia. A blockchain által a vállalatok külső hitelesítés nélkül, biztonságos módon rendezhetik ügyleteiket – akár automatizált módon is, az okos szolgáltatási szerződések (Smart Service Contracts) használatával.

A vállalatok közötti együttműködést teszik lehetővé a globális keretrendszerek, amelyek szabványos interfészt biztosítanak a csatlakozó feleknek. A létrejövő egységes gazdasági tér lehetőséget teremt az együttműködésre, az erőforrások megosztására,

univerzális megoldások használatára. Ez az integrált szemlélet az optimalizáció, vagyis a költséghatékony működés új területét nyitja meg, amely a gyártás digitalizációjának fő célkitűzése. A digitalizált ipar ezenkívül sok más területen is fejlődést ígér: kisebb előállítási időigény, gyors információ visszacsatolás, a külső és belső eseményekhez való alkalmazkodó képesség, emelt minőség, információcsere, fokozott hibatűrés, rugalmasság és skálázhatóság szerepel jellemzők között [2].

3 A digitalizált ipar rendszerei

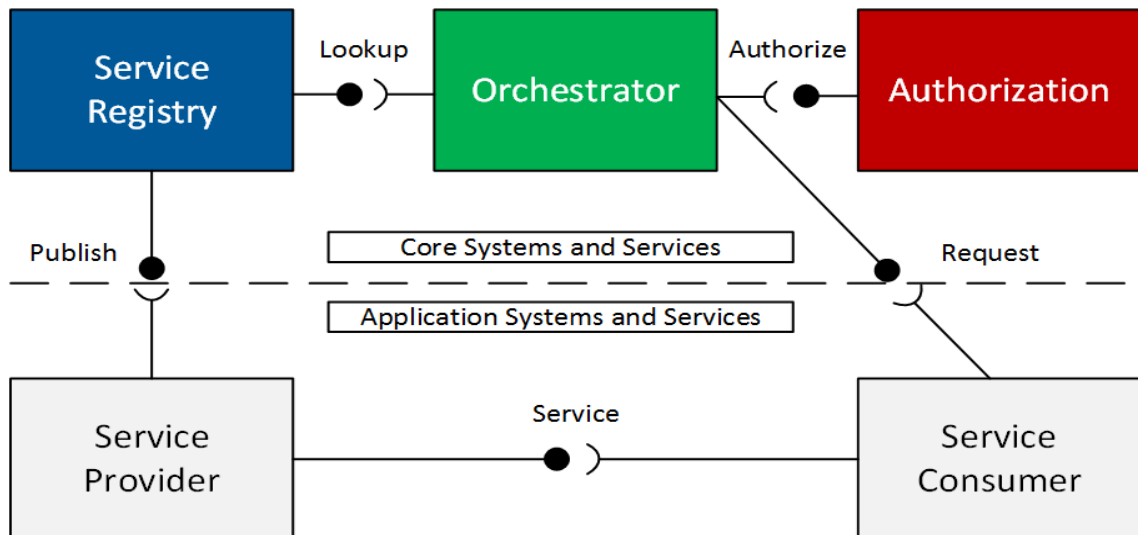
Az ipari digitalizáció az elmúlt évtizedek technikai újításaira épül: a számítógépek többirányú speciális használata és fejlesztése, például a kis fogyasztású, az adatok gyűjtésére, aggregálására szánt szenzorhálózati csomópontok vagy a nagy számítási kapacitású szerverparkok kialakítása utat nyitott a gyártási folyamatok problémáinak jobb megértése felé. A 3. fejezetben bemutatott rendszerek mindegyike alapoz ezekre a szofisztikált eszközökre, miközben kapcsolatot teremt az ipar különböző területei között. Az szerint, hogy a rendszerek egymásra épülő vagy egymás mellett működő alrendszereket kötnek össze, az alrendszerek vertikális vagy horizontális integrációját teremtik meg.

3.1 Horizontális integráció

A vertikális integráció az egymással egyenrangú partnerek együttműködésén alapul, a közös rendszer működését pedig a résztvevők egymásra utaltsága, egymásba vetett bizalma és megosztott erőforrásaik teszik lehetővé. A következőkben vázolt IoT keretrendszer és a blockchain technológiát alkalmazó elosztott tranzakciós rendszer az ipari együttműködést lehetővé tevő hálózatok példái.

3.1.1 Arrowhead keretrendszer

Az Arrowhead az Európai Unió támogatásával létrejött IoT keretrendszer, amely a System of Systems (SoS) koncepciót követi. Ez azt jelenti, hogy az önmagukban is működő, különböző rendszerek egy magasabb szintű architektúra alkotó elemeivé válnak, ezáltal komplexebb műveletekre képes, koherens rendszert alkotva. Az Arrowhead fő célja, hogy különböző rendszerek képességeit és igényeit rögzítse és összepárosítsa, azaz szolgáltatások kínálására és igénybevételére adjon lehetőséget (szolgáltatás orientált architektúra). A 3. ábra az Arrowhead építőköveit ábrázolja. A rendszer három fő alkotó eleme a Service Registry, az Orchestrator és az Authorization modul [6].



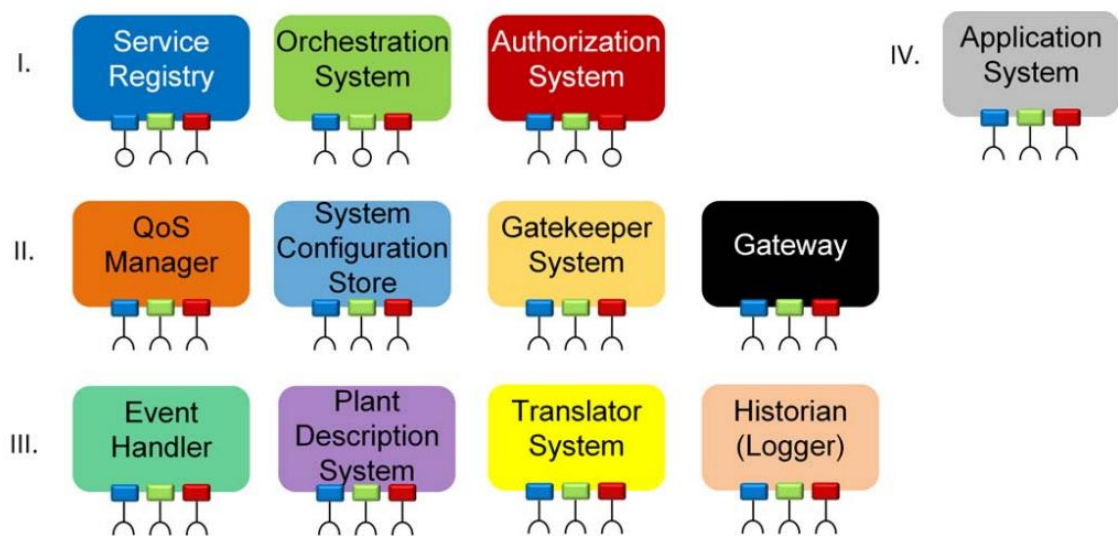
3. ábra: az Arrowhead Core System és a kliensrendszerek [7]

A Service Registry feladata a keretrendszerhez csatlakozó rendszerek és felajánlott szolgáltatások paramétereinek rögzítése. Ez a modul lehetőséget nyújt a szolgáltatás-nyújtó rendszereknek, hogy regisztrálják szolgáltatásaikat, ezáltal felderíthetővé és összekapcsolhatóvá téve őket. Az Orchestrator feladata az eltárolt szolgáltatások és a jelentkező igények összepárosítása: ez az alkotó elem felelős azért, hogy közvetlen kapcsolat felépüljön a kliensek között. A rendszeren belül az azonosítás, a hitelesítés az Authorization modul segítségével történik, amely emellett további biztonsági funkciókat is ellát. Ezen alapvető egységeken túl a rendszer sok további kiegészítő funkciót megvalósító egységgel is rendelkezik.

A 4. ábra rendszert alkotó modulok különböző csoportjait mutatja be:

- A QoS Manager feladata a különböző szolgáltatások biztosíthatóságának értékelése, a csatlakozó rendszerek igényeinek osztályozása a szükséges minőségi feltételek szerint, a valós idejű működés támogatása [8].
- A System Configuration Store a kliensrendszerek számára biztosít lehetőséget az eszközeik funkciófrissítéseinek kezeléséhez [9].
- A Gatekeeper és a Gateway rendszer a későbbiekben bemutatott lokális felhők közötti kapcsolatteremtésért felelősek [10].
- Az Event Handler feladata a valós idejű futás során adódó események, hibák kezelése a szükséges beavatkozások elindítása által [11].

- A Plant Description [12] System a rendszerek rendszerének topológiájáról és az elemek állapotáról tárol információt, segítve ezzel az átláthatóságot a felhasználók számára. Egy rendszernek többféle topológiája is lehetséges a különböző funkciók eltérő kommunikációs viszonyaiból, az alkotóelemek különböző állapotaiból adódóan.
- A Translator System a kommunikáló felek közötti inkompatibilitási problémák megoldásáért felelős [13].
- A Historian a rendszer működésének adatait tárolja és teszi lekérdezhetővé.



4. ábra: az Arrowhead keretrendszer alkotóelemei [10], I.) az alapegységek, II.-III.) kiegészítő funkciókat megvalósító modulok, IV.) alkalmazói kliensrendszerek

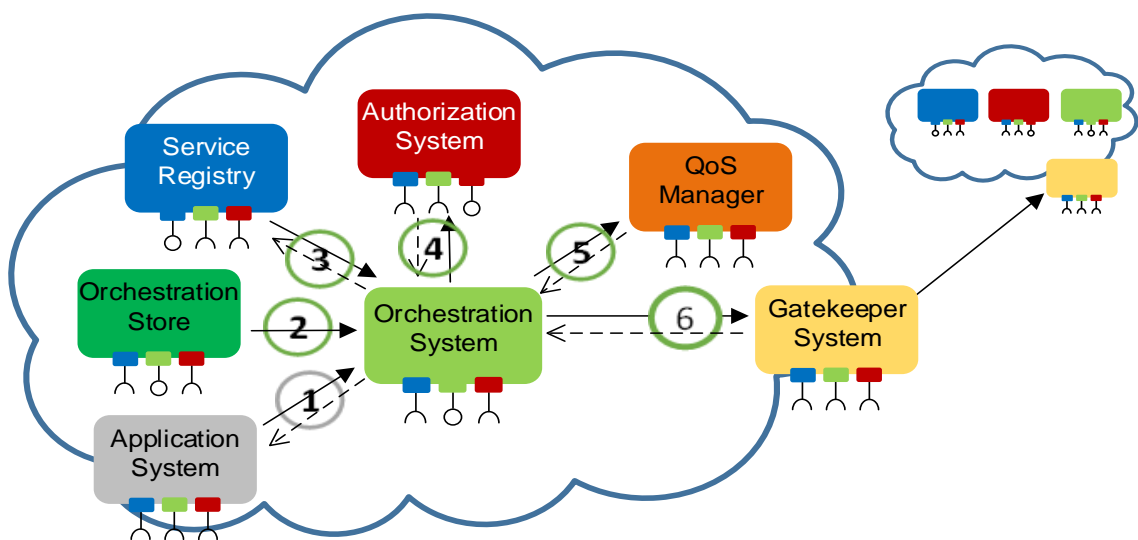
Az Arrowhead keretrendszer a felhasználókat egymással kompatibilis, de elkülönülő lokális felhőkbe szervezi. A kisebb részekre felosztott architektúra kialakítását a következő megfontolások támasztják alá (5. ábra):

- A rendszert a lokális felhőkre való felbontás modulárisrá teszi, amely megkönnyíti az üzemeltetést, támogatja a bővíthetőséget, korlátozza az esetlegesen fellépő anomáliák hatását.
- Jellemzően nem szükséges minden rendszer egymással való összekötése, a különböző funkciókat ellátó egységek külön felhőbe szerveződhetnek. Ez a megoldás segíti a felderítést, ugyanis a szolgáltatás igénylők hamarabb jutnak

számukra releváns információkat biztosító Orchestrator-hoz, ami által a felhők közötti kommunikációs terhelés is mérséklődik.

- Minden felhő külön erőforrásokkal rendelkezik, amely elosztja a globális rendszerben a lekérdezések terhelését, ezzel javítja a skálázhatóságot és a kiszolgálás minőségét.
- A lokális felhők jelenléte biztonsági szempontokat is szolgál, a felhasználók védett ökoszisztémát hozhatnak létre ennek keretein belül, és szabályozhatják a külső egységekkel való együttműködést, amely az adatbiztonság szempontjából jelentős.

A 5. ábra egy szolgáltatás igénylés folyamatát mutatja be. Ennek során az igénylő jelzi szándékát az Orchestrator felé, amely felelős a további folyamatokért. Az Orchestration Store segítségével értékeli az ütemezési feladatot, ellenőrzi a lokális felhőben rendelkezésre álló szolgáltatásokat a Service Registry-ben. Az előbbieken említettek mellett megvalósul a folyamat hitelesítése az Authorization System segítségével, illetve a minőségbiztosítás kiértékelése (QoS Manager). Ha a helyi felhőben nem áll rendelkezésre az igényelt szolgáltatás, a Gatekeeper System lép működésbe, amely a szomszédos felhőkben történő felderítés folyamatát indítja el a helyi Orchestrator közreműködésével. Ha rendelkezésre áll a megfelelő szolgáltatás és az igénylő rendelkezik a szükséges engedélyekkel, a Gateway modulokon át megvalósul az együttműködés [10].

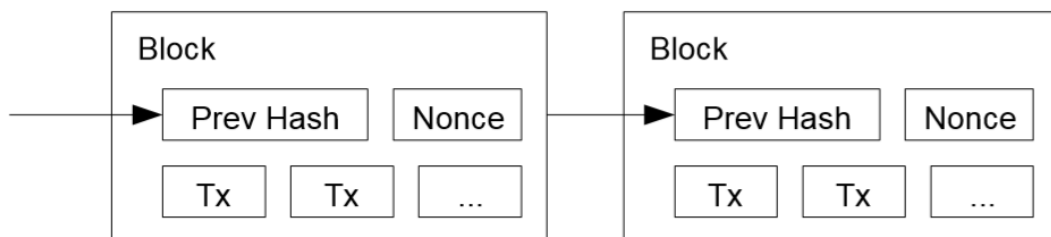


5. ábra: Szolgáltatásigénylés az Arrowhead keretrendszer egy lokális felhőjében [7]

3.1.2 A Blockchain technológia

A Blockchain-ről szóló első plubikció a Bitcoin nevű kriptovaluta működését mutatta be erre a technológiára [5], amely azért forradalmi újítás, mert utat nyit a centralizált bankrendszer kiváltása felé az elmúlt évtizedek számítástechnikai újításaira alapozva. Napjainkban a tranzakciók jelentős része egy megbízható harmadik fél közreműködésével valósul meg, aki azonosítja a résztvevőket és biztossá teszi számukra, hogy a fedezet rendelkezésre áll a befektető részéről és eljut a másik félhez. Az elektronikus fizetőeszközök világában azonban nincs szükség a külső monitorozásra. A partnerek azonosíthatják magukat digitális aláírással, a tranzakció megbízhatóságát pedig blokklánc alapú fizetőeszközzel biztosíthatják.

A blockchain technológia jelentősége, hogy kizárja a rosszindulatú felhasználók számára, hogy ugyanazon pénzügyi eszközeiket egyszerre több célra is elköltsék (double-spending kérdése), miközben nem szükséges harmadik, központi ellenőrző fél közreműködése. A blokklánc lényege, hogy elosztott adatbázist, elosztott főkönyvet hoz létre a pénzügyi műveletekről, speciális formában rögzítve azokat. A 6. ábra szemlélteti a lánc felépítését: a tranzakciók egy listája blokkba foglalódik, amelyből hash generálódik, és ez a hash bekerül a következő blokkba. Mivel minden blokk tartalmazza az előző blokk hash kódját, és a blokk tartalmáról minden esetben egyedi kód generálódik, a blokkok láncra védett a hamisítástól, hiszen bármely blokk tartalmának módosítása inkoherenssé teszi a blokkot követő tagok tartalmát, ebből következően a hamisítónak újra kell számolnia az összes hash kódot, amely egyrészt számításigényes folyamat, másrészt nem fogja ugyanazt a kimenetet eredményezni. Ráadásul a blokkok tartalmaznak egy „nonce” nevű tagot is, amely kiegészítve a blokk tartalmát szabványos formátumúra állítja a hash kódot, amely tovább nehezíti az előírásoknak megfelelő hash kódok hamisítását.



6. ábra: A blokklánc felépítése [5]

A blokkláncba ágyazott főkönyv tartalmaz minden könyveléshez szükséges információt, aminek rendelkezésre kell állni a rendszer működtetéséhez: a blokkláncba ágyazott tranzakciólista visszafejthetővé teszi a szereplők által végzett tranzakciókat, kiszámítható az aktuális egyenlegük is. Az architektúra elosztott adatbázisra épül, ahol a résztvevők peer-to-peer kapcsolatban végzik a tranzakciókat, miközben rendelkezésükre áll a blokklánc. Ha a rendszerben elegendő megbízható csomópont áll rendelkezésre hiteles információk birtokában (amelyről a csomópontok között konszenzus alakult ki), a tranzakciókat hamisító támadó hamar lelepleződik, hiszen az általa biztosított adatokat semelyik szomszédos csomópont sem igazolja vissza. A rendszerbe csatlakozóknak a hamisítás helyett sokkal inkább éri meg számítási kapacitásukat a könyveléshez szükséges műveletek szolgálatába állítani (nonce kalkulációja), ugyanis ez által díjazáshoz jutnak (erre a jelenségre szokás a bányászat kifejezést használni), miközben a rendszer megbízhatóságát is fokozzák.

Az elmúlt évtizedben több kriptovaluta is nemzetközi ismertségre tett szert (pl. Bitcoin, Ethereum), azonban megítélésük kétes, ugyanis a klasszikus fizetőeszközökkel szemben nem áll mögöttük egy adott ország gazdaságának teljesítménye fedezetként, nem szabályozza semmilyen nemzeti vagy nemzetközi jegybank, ennek megfelelően árfolyama nem mentes a nagymértékű kilengésektől. Azonban, szemben a befektetési célra sokkal megbízhatóbban alkalmazható devizákkal szemben jól alkalmazható átutalások támogatására, amikor az árfolyamingadozás pillanatnyi értékén az utalásban résztvevő felek köztes, konvertibilis eszközként alkalmazzák saját fizetőeszközeik között [14]. Az is előnyt jelent a kriptovalutáknak hagyományos fizetőeszközökkel szemben, hogy a digitális térben lehetővé válik algoritmusok integrálására, amelyek automatizáltan képesek reagálni a folyamatokra. Az elektronikus pénzrendszerbe beépített okos szerződések (Smart Contract) előnye az, hogy dinamikusan képesek a megbízójuk érdekeit érvényesíteni a piacon.

A Smart Contract (SC) [15] [16], egy digitalizált tranzakció protokoll amelybe egy szerződés feltételeit fogantató működés van implementálva. Az okos szerződést a tulajdonosa azért hozza létre, hogy a blokkláncba ágyazottan olyan beavatkozást nem igénylő kódot helyezzen el, amelyet a partnerek önállóan aktiválhatnak, ha számukra is kedvezőek a szerződésben foglalt feltételek. Az szerződés aktiválása úgy megy végbe, hogy a szerződő fél a SC egyedi címére ír, amely lekönyveli a folyamatot, felhasználva a

szerződő azonosítóját, és a szerződés feltételeiben rögzített más erőforrásokat. A SC működéséhez a következőkre van szükség:

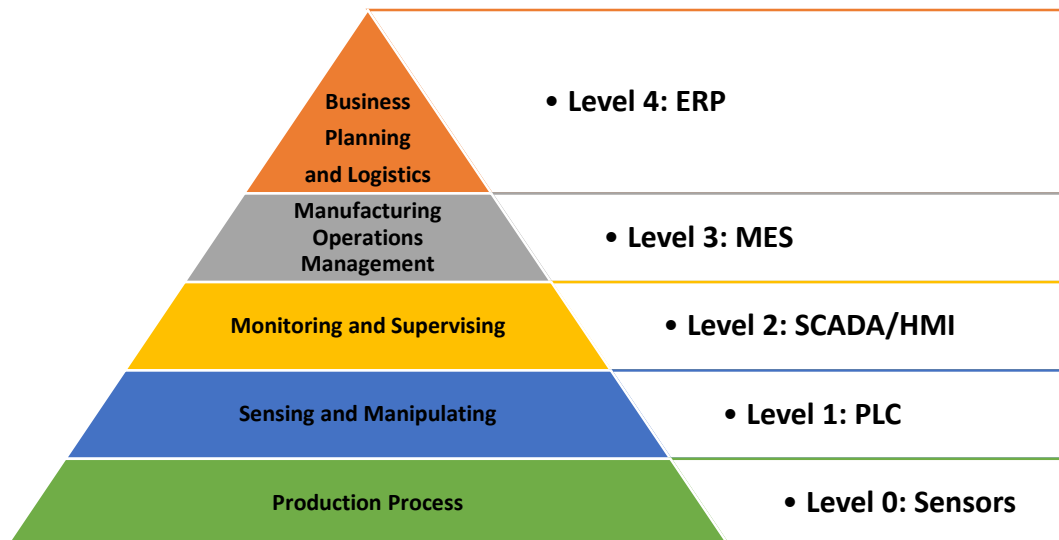
- ha egy blokkláncot támogató hálózaton SC-t valósítanak meg, szükség van a kód lefuttatására szánt számítási kapacitásra, amely a gyakorlatban a blokklánc csomópontjain virtuális gépek futtatását teszi szükségessé;
- a szerződés nyilvános kell, hogy legyen, hogy a partnerek megismerhessék a feltételeket;
- a szerződésnek determinisztikusnak kell lennie, azaz ugyanarra a bemenetre mindig az annak megfelelő működést és végeredményt kell megvalósítania.

3.2 Vertikális integráció

A vertikális integráció a horizontálissal szemben a különböző rendszerek alá-fölérendeltségét jelenti. Az 7. ábra a Nemzetközi Automatizálási Társaság ISA-95 szabványa szerint mutatja be, amely a gyári számítógépes rendszerek hierarchikus szerveződését. Ebben az elrendezésben a gyártási folyamathoz legközelebb elhelyezkedő szenzor szintre épül az elemi folyamatokat közvetlenül irányító (PLC) és azokat összehangoló (SCADA/HMI), az egész gyártást vezérlő (MES) és elemző, monitorozó (ERP) rendszerek szintjei.

A komplex, egymásra épülő architektúra teljes elemzése nem célja dolgozatomnak. A következő két alfejezetekben a teljességre való törekvés igénye nélkül a hierarchia legalsó és legfelső szintjébe tartozó rendszereket mutatok be, amelyek a gyártási folyamatokról gyűjtött információk különböző szintű reprezentációit állítják elő:

- a raktár üzemeltetési rendszer szenzoraival a fizikai valóságról gyűjt a logisztikai szervezés szempontjából releváns adatokat;
- a vállalatirányítási rendszer a gyűjtött adatok magasabb szintű értelmezésével biztosít koherens képet a készletek aktuális állapotáról.



7. ábra: ISA-95 nemzetközi szabvány a gyártósori vezérléstől a vállalatirányítási rendszerekig [17]

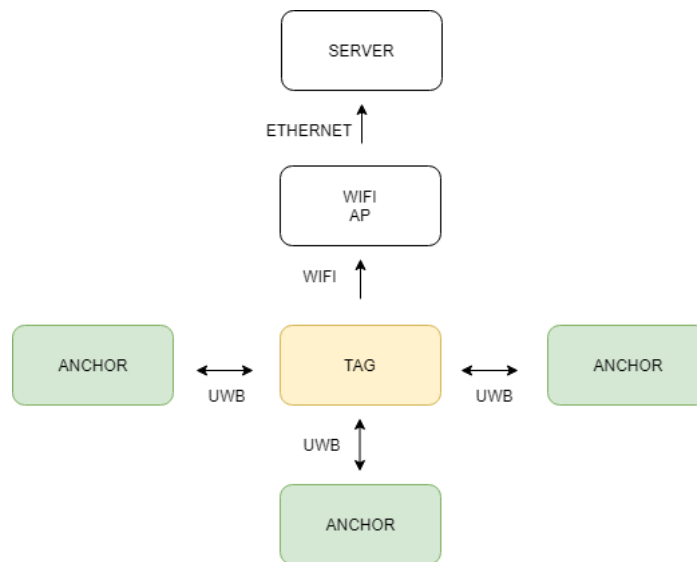
3.2.1 Beltéri pozicionálás és a raktár üzemeltetés

Az 7. ábra legalsó szintje az ipari folyamatok követésére alkalmas szenzorok, szenzorhálózatok széles körét foglalja magába, amelyek az adott gyártási technológia környezetéhez alkalmazkodnak. A termék előállítása mellett ugyanakkor lényeges feladat a felhasználható alapanyagok és az előállított termékek raktározásának témaköre is, amely logisztikai kihívásokat old meg. A raktárak szenzoros támogatása alapvető feltétele az ipari digitalizációnak, általa követhetővé válik a készletek mennyisége és elhelyezkedése. Ezt a feladatot látják el a beltéri pozicionáló rendszerek eszközazonosítási technológiával kiegészített változatai.

A beltéri pozicionálás célja, hogy a globális pozicionáló rendszerekhez hasonló (GPS) funkciót lásson el azokon a beltéri helyeken, ahol a GPS jelek nem érzékelhetőek megfelelő megbízhatósággal a beépített környezet árnyékolása miatt. A helyi kiépítettség miatt a beltéri pozicionáló rendszerek sokkal pontosabb lokalizációt tesznek lehetővé, mint a globális rendszerek. A beltéri pozicionálás a IoT, azaz a dolgok internetének egyik lényeges alkalmazása, amelyre nagyon sokféle szolgáltatás épül, éppen ebből az okból az elhelyezkedéshez használt technológiák is nagyon különbözők lehetnek attól függően, hogy milyen pontosság szükséges az előírt működéshez. A pozíció meghatározása történhet kamera rendszer segítségével vagy valamilyen rádiós eljárással (pl. RFID, UWB, WiFi, BLE).

Dolgozatomban – az eszközmenedzsment egyik fontos elemeként – egy ultra-wideband alapú pozicionáló rendszert vizsgáltam (lásd 8. ábra, ill. 5. fejezet), amely 3,1

– 10,6 GHz közötti vivőfrekvenciájú, 500 MHz sáv szélességű jelek kibocsátásán alapul. A nagy sáv szélességű, de éppen ebből adódóan kis időintervallumú impulzusok lehetővé teszik, hogy az eszközök közötti kommunikációból ki lehessen számolni köztük lévő távolságot (TDoA, Time Difference of Arrival). A helymeghatározás úgy valósul meg, hogy az UWB-képes adóvevővel ellátott eszközök két típusra oszlanak: a „tag” a bemérendő, mozgó objektumra szerelt egység, míg a környezetben elhelyezett, rögzített pozíciójú adóvevők az „anchorok”, azaz a viszonyítási pontok. Ha egy adott tag elegendő anchorral képes kommunikálni, az ismert koordinátákkal rendelkező viszonyítási pontok elhelyezkedéséből 30 cm-es pontossággal becslést lehet adni a követett eszköz követésére.



8. ábra: a vizsgált beltéri pozícionáló rendszer architektúrája - az adatokat a tag aggregálja és továbbítja az adatfeldolgozást végző szerver felé [18]

A beltéri pozícionálás számos területen hasznosítható a közszolgáltatások támogatásától az intelligens munkahelyen át az ipari alkalmazásokig bezárólag. Dolgozatomban az UWB alapú helymeghatározás az IIoT, azaz ipari IoT témakörébe tartozó okos raktár üzemeltetési rendszer részeként jelenik meg. Ezen a felhasználási területen a pozícionálást RFID alapú azonosítás is kiegészíti – az alkalmazási területen az árut rakodó targonca rendelkezik az UWB tag-vel, míg a követendő termékeken RFID matrica található. Az RFID (Radio Frequency Identification, [19]) egy ISM sávot használó rádiófrekvenciás kommunikációra alapozott azonosítási technológia, amelyben RFID tag-ek és olvasók működnek közre. Ha az olvasó egy tag által azonosítható objektum közelébe ér (ez a távolság a rendszer kiépítésétől függően 1-5 méteres sugarú

környezet), észleli a tag jelenlétét. Az észlelés aktív, azaz tápforrással ellátott tag esetén a tag által kibocsátott jelek vételét, míg passzív tag esetén az olvasó által kibocsátott jelek visszasugárzását jelenti. Az okos raktár üzemeltetési rendszerek esetében a passzív RFID tag-ek alkalmazása ajánlott a raktári tételek azonosítására, ugyanis ezek tápellátás kialakítását, üzemeltetését nem igénylik, így alkalmazásuk költséghatékony: a termékek tárolóin mindössze egy olcsó RFID matrica elhelyezése szükséges.

3.2.2 Vállalatirányítási rendszerek

A vállalatirányítási rendszer (Enterprise Resource Planning, ERP) lényege, hogy egy adott vállalat működéséhez tartozó összes információt aggregáltan tartalmazza, és a vállalat vezetőinek rálátást biztosít a globális folyamatokra, vagy az esetlegesen fellépő anomáliákra. Az ERP alatt klasszikus értelemben a vállalat erőforrásainak számontartásáért és kezelésért felelős szoftvert szokás érteni, de korunkra ez a fogalom kiterjesztődött a vállalat összes folyamatát irányító szoftveres eszközök, és a szoftverek támogatását végző hardverek összességére.

Az ERP azon az elképzelésen alapul, hogy a vállalati folyamatok irányítása és feladatok ellátása függetlenül a különböző vállalatok tevékenységeitől ugyanazokat a menedzsment eszközöket igényli (a különbség abban jelentkezhet, hogy a cég profiljától függően más-más funkciók lesznek a hangsúlyosak). Ebből adódóan a vállalatirányítási rendszerek moduláris felépítésűek, amely lehetővé teszi testreszabhatóságot, miközben megvalósítja a szabványosan előírt funkciókat. A rendelkezésre álló funkciók nagyon sok területet felölelnek, amelyet a 1. táblázat szemléltet. [20] [21] [22]

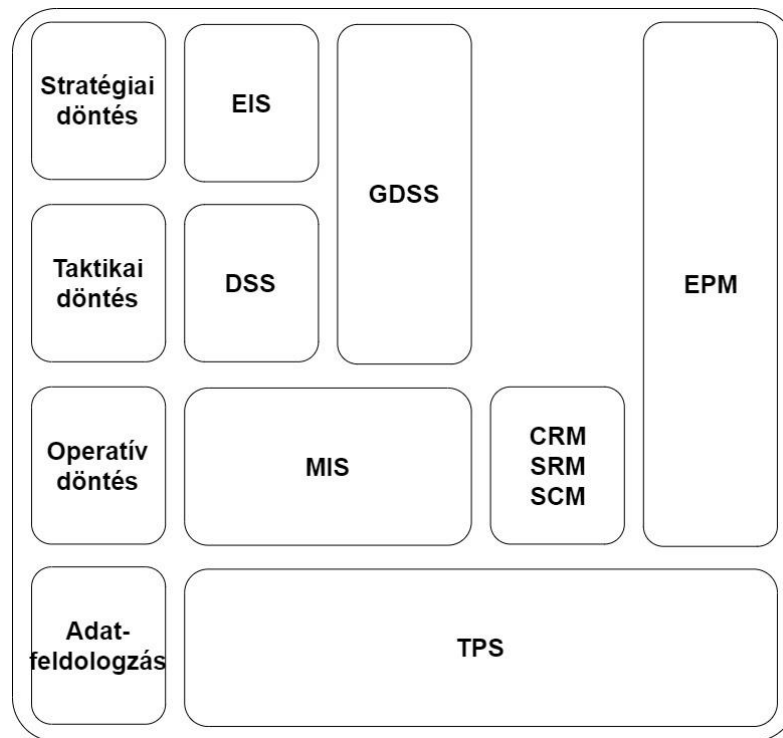
1. táblázat: ERP funkciói

Operatív folyamatok	Elektronikus üzletvitel	Vállalkozásirányítás
Beszerezés	Értékesítés	Projektmenedzsment
Készletgazdálkodás	Pénzügyi könyvelés	Kontrolling
Gyártás	Pénzügyi számvitel	Vezetői információ
Erőforrás tervezés	Vevőszolgálat	
Anyagszükséglet tervezés	Customer Relationship Management (CRM)	
Emberi erőforrások	Szerviz	

Az ERP rendszerek hierarchikus felépítését szemlélteti a 9. ábra. Az ISA-95 szabványból (7. ábra) ismert rétegmodell csúcán elhelyezkedő ERP az alsóbb szintek információt a következő fokozatokban kezeli: [21]

- Adatfeldolgozási szint: ide tartoznak a nyers adatokat feldolgozó tranzakció- és adatintenzív rendszerek (Transaction Processing Systems, TPS)
- Operatív döntési szint: az előre definiált jelentéseket generáló rendszerek a középvezetői szint döntéstámogatását végzik (Management Information Systems, MIS), illetve az ügyfél-kapcsolatot (Customer Relationship Management, CRM), az ellátási láncot (Supply Chain Management, SCM) és a szállítói kapcsolatokat kezelik (Supplier Relationship Management, SRM).
- Taktikai döntési szint: döntéstámogatás, döntés előkészítés a magasabb szinteknek részlegenként külön-külön (Decision Support Systems, DSS) és csoportosítva (Group Decision Support Systems, GDSS). Utóbbi csoportos döntéshozatalt is megvalósít.
- Stratégiai döntési szint: felsővezetői információrendszer (Executive Information Systems, EIS) a vezérigazgató, a vezérigazgatóhelyettes és a többi igazgató számára (informatikai, pénzügyi, marketing, műszaki igazgatók számára).

A felsoroltak mellett szinteken átívelően az ERP része a vállalat teljesítményét mérő és értékelő rendszer (Enterprise Performance Management, EPM), illetve a döntéstámogatást kiegészíthetik szakértő, modellező, tervező egységek is.



9. ábra: szervezeti tevékenységet támogató információs rendszerek [21]

Az SAP (Systems, Applications & Products in Data Processing) egy német multinacionális vállalat, amelynek fél évszázados tapasztalata van vállalatirányítási rendszerek fejlesztésében. Egyik legújabb termékük a SAP S/4HANA (High-Performance Analytic Appliance), amely egy IoT-kompatibilis, felhő alapú (SAP HANA Cloud Platform), nagy adatmennyiséget kezelő ERP [22] [23].

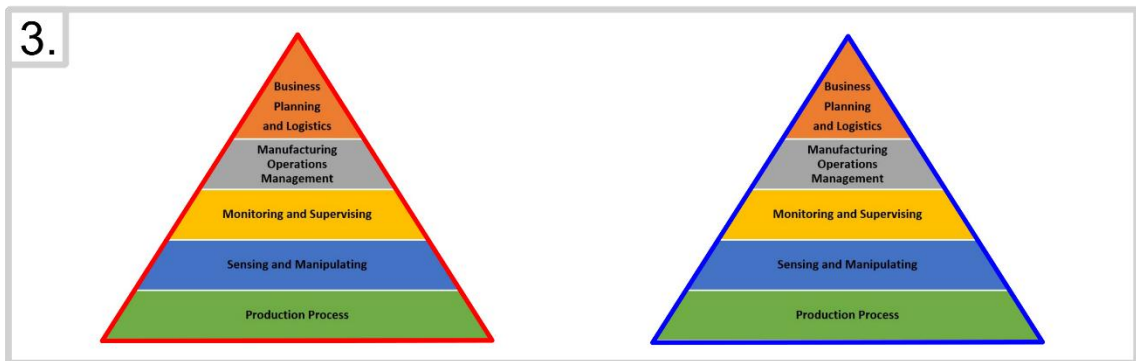
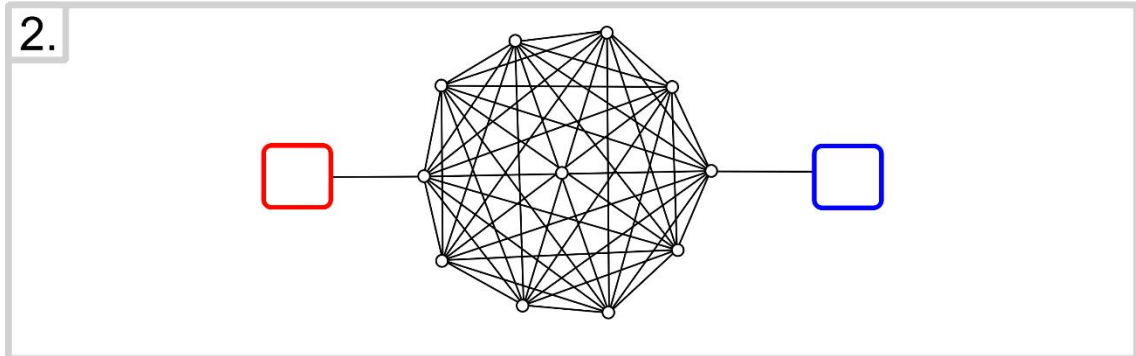
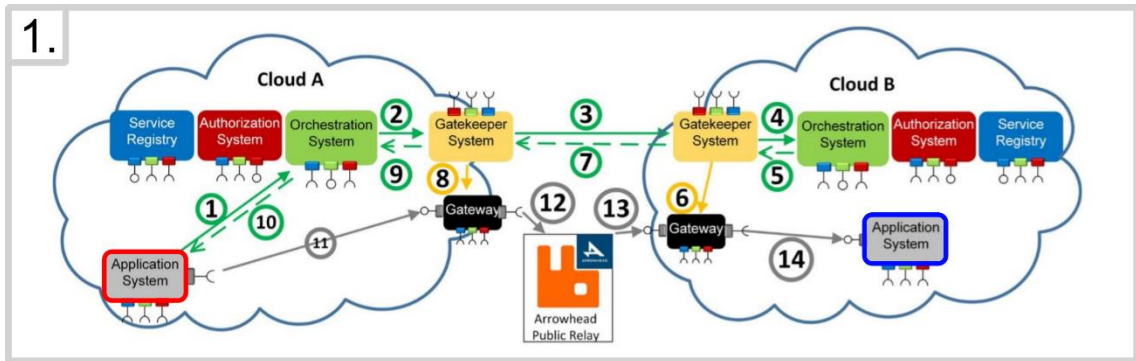
4 Integrált gyártási ökoszisztéma

A korábbiakban ismertetésre kerültek a gyártás digitalizációjának fő területei, a gyártás folyamatának kihívásai és a létrejött, dinamikusan fejlődő új rendszerek és technológiák széles köre. A 3. fejezetben vázolt horizontális és vertikális integráción keresztül bemutattam, hogy a különböző célú rendszerek és technológiák szinergiája hogyan hozhat létre az iparban új lehetőséget az optimalizációra. A következőkben ezeket a területeket összefogó globális koncepció részleteit ismertetem, amelyet a 10. ábra szemléltet.

A 10. ábra két partner különböző szintű reprezentációit és az együttműködés formáit mutatja be (a résztvevők száma természetesen tetszőlegesen bővíthető). Az általam meghatározott négy szint a következő:

1. fizikai valóság síkja,
2. az ipari információs rendszerek síkja,
3. a blockchain alapú hálózat síkja,
4. a szolgáltatás alapú architektúrában (azaz Arrowhead keretrendszerben) való együttműködés síkja.

A fizikai valóság síkja egy alapanyag, termék leszállításának, azaz a megrendelés teljesítésének tere, amely szervesen összetartozik az információs rendszerrel. A fizikai sík információit ugyanis utóbbi teszi a többi szint számára hasznosítható adattá, amelyek elengedhetetlenek az ellátási láncok menedzseléséhez vagy a termékéletrajzájának követéséhez. A blockchain technológiára építő hálózat a vállalatok között megvalósuló kooperáció jogi és pénzügyi viszonylatát teszi egyszerűvé. Ha egy vállalat valamilyen szolgáltatását elérhetővé szeretné tenni, definiálhat egy okos szerződést, amelyet a feltételeknek megfelelő bármely partner igénybe vehet és a blokkláncon keresztül ellentételezhet. Az Arrowhead keretrendszer síkján való együttműködés a szolgáltatások felderítését, a partnerek való kapcsolódást, illetve a termék életciklusát érintő információk átadását teszi lehetővé.



10. ábra: ipari digitalizáció koncepciója két partner együttműködésén keresztül (az ábrán kékkel és pirossal) 1. IoT keretrendszeren belüli együttműködés [10], 2. blockchain technológián alapuló hálózati összeköttetés, 3. a gyárak információs rendszerei [17], 4. a gyárak fizikai elhelyezkedése

5 Raktárüzemeltetési rendszer tesztelése

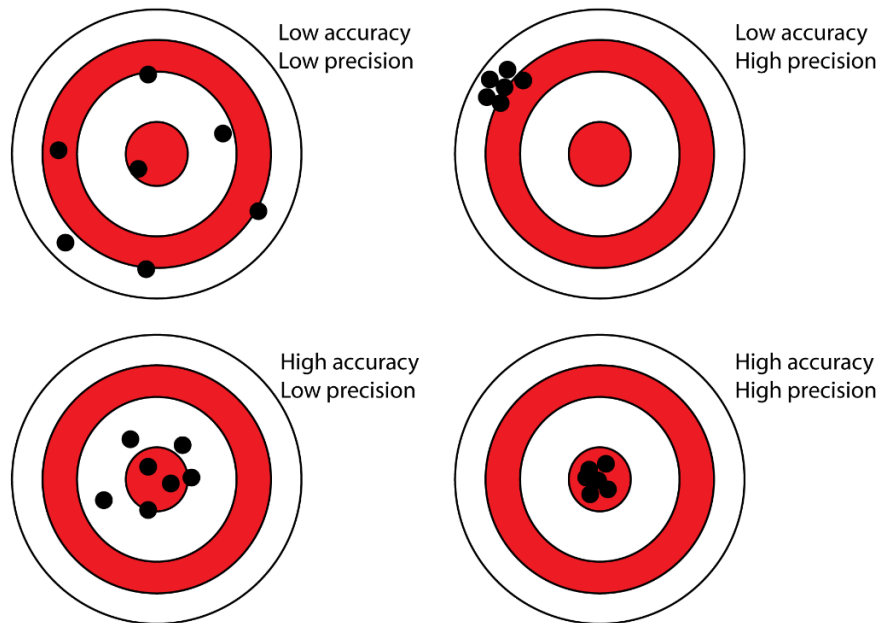
5.1 Raktár üzemeltetési kihívásai

A gyárak raktár üzemeltetési rendszereinek feladata, hogy rögzítsék az eltárolt termékek jellemzőit (pl. milyen termék, hol és milyen mennyiségben van eltárolva). A készletek elhelyezkedése különösen fontos logisztikai szempontból: ha egy adott termékre szükség van, vagy ha a raktár rendezésére kerül sor, jelentősen könnyíti a folyamatokat, ha csak célzottan fel kell keresni a korábban rögzített pozícióját a keresett készletnek. A pozicionálás kérdése azonban nem triviális kérdés: habár a raktárak egy részében állandó architektúra (polcrendszer, stb.) lehetővé teszi egy helyi viszonyokhoz illesztett pozicionáló rendszer kiépítését, más esetben a raktárak egyszerű, szabad tarterületek, amelyeket dinamikusan töltenek fel és ürítenek ki. Az ilyen rendszerekben kiemelkedő szerepe van a pozicionáló rendszerek fokozott pontosságának vagy precíziójának [24].

5.2 Beltéri eszközkövetés pontossága

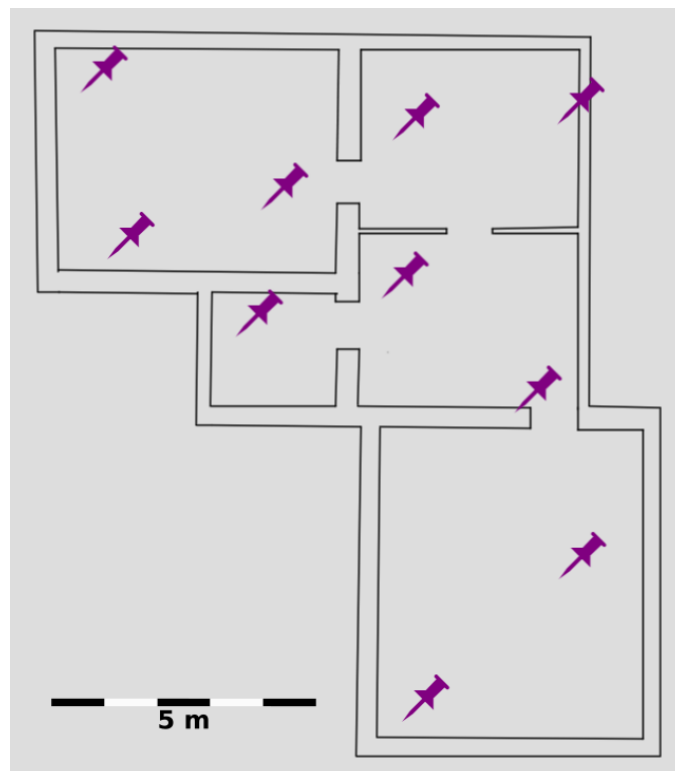
A beltéri pozicionáló rendszerek fontos jellemzője a pontosság és a precízió, amely fogalmak más-más szemszögből a szolgáltatott adatok megbízhatóságát értékelik. A 11. ábra jól szemlélteti, hogy a két tényező hogyan viszonyul egymáshoz:

- a pontosság azt hivatott jellemezni, hogy a rendszer által gyűjtött adatokból számolt pozíció mennyire közelíti meg a valós elhelyezkedést;
- a precízió azt mutatja meg, hogy a bemért minták egymáshoz hogyan viszonyulnak, azaz mennyire térnek el egymástól a különböző mérési eredmények.



11. ábra: a pontosság és a precízió viszonya [25]

Méréseim során a rendszer pontosságát és precízióját értékeltem, amely értékeket a hiba várható értékével és a minták szórásával jellemeztem. A mérések beltéri helyszínének alaprajzát a 12. ábra szemlélteti, amely egy öt helyiségből álló, körülbelül 80 m² alapterületű kisüzemi környezet volt. A mérésekhez összesen 10 darab anchort és 2 darab taget használtam (előbbieket az ábrán lila jelölővel láthatók).



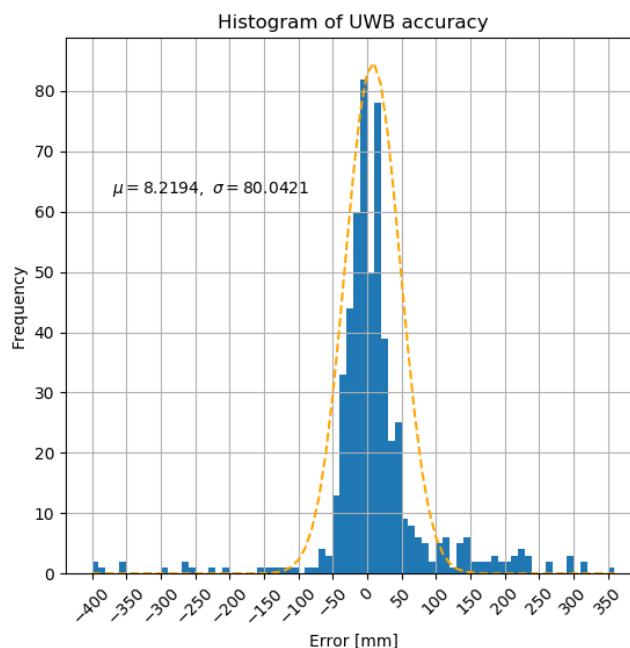
12. ábra: a mérés környezete, a lila jelölők a kihelyezett viszonyítási pontokat jelölik

A rendszer által szolgáltatott helyadatok alapjául UWB rádiókommunikáció alapú mérések szolgálnak, amelyek a viszonyítási pontok és a mozgó pont között mért távolságokat állapítják meg. A rendszer által gyűjtött távolság adatokat a központi szerver számolja át koordinátákká, amelyhez felhasználja a felhasználói felületen rögzített viszonyítási pontok állandó koordinátáit (a felület grafikus, az adatbevitel a jelölők alaprajzon való elhelyezését jelenti). Mivel a koordináták megállapítása a nyers UWB adatokon alapul, a meghatározott pozíció hordozza a mérés bizonytalanságából származó hibát.

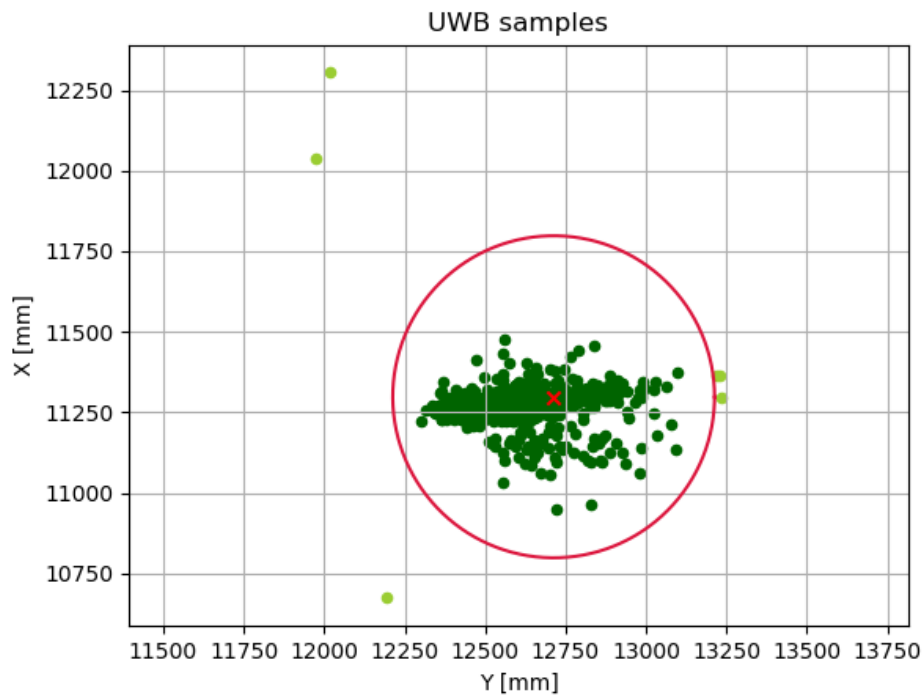
A 13. ábra az UWB alapú távolságmérés megbízhatóságát mutatja be saját mérés alapján. Az ábrán látható, hogy a felvett 566 minta valós távolságtól való eltéréseinek várható értéke 8,22 mm, míg szórása közelítőleg 80 mm. A technológia pontossága az adatok megoszlását ismertető táblázatot szemlélve szembetűnő (2. táblázat), de fontos megjegyezni, hogy a gyári környezetben zavaró hatások léphetnek fel, amely ronthatja a rendszer pontosságát.

2. táblázat: Adott hibát meg nem haladó UWB minták aránya

Maximális hiba (mm)	A minták aránya (%)
80	85,1
300	98,5



13. ábra: UWB távolságmérés mérések pontossága [18]



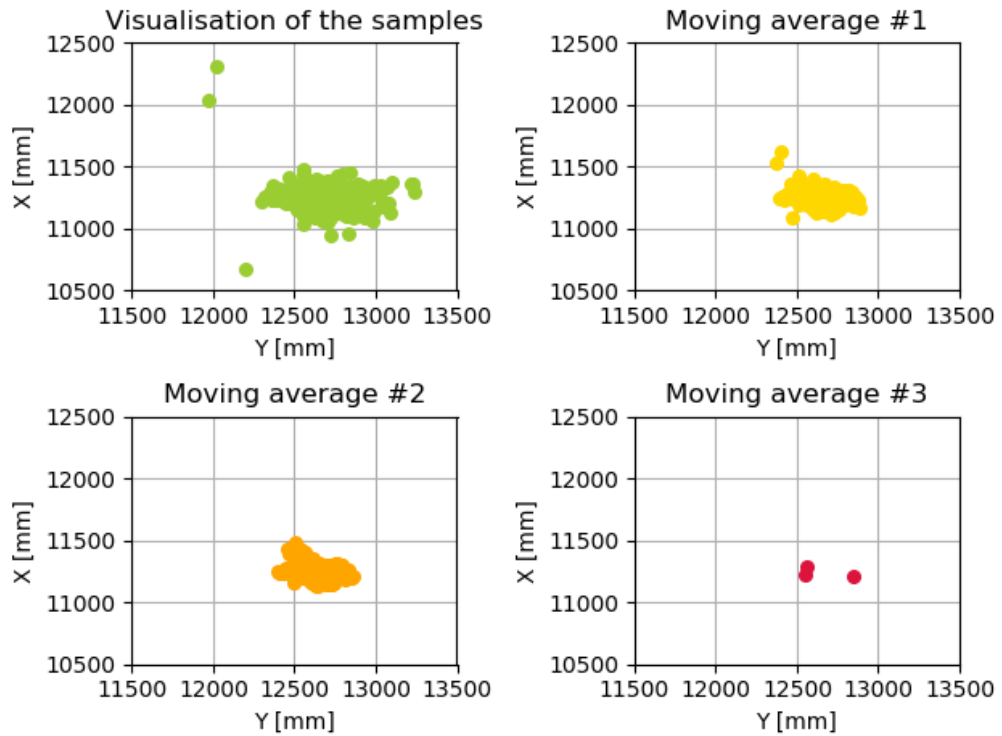
14. ábra: Nyugvó tag mintái a valós pozíció 0,5 méteres környezetében (sötétzöld) és azon túl (világoszöld)

A helymeghatározás precízióját egy helyben tartózkodó tag-ról gyűjtött helyadatok ábrázolásával jeleníti meg a 14. ábra. A meghatározott koordináták átlagosan 167,85 mm-es eltérést mutatnak a valós pozíciótól, a minták szórása 95,78 mm. Az ábrán látszik, hogy a minták jelentős része a piros körrel határolt 0,5 méteres környezetben belül marad, csak elenyésző mennyiséget tesznek ki a világoszölddel jelölt kiugró adatok.

5.3 Az adatok feldolgozása

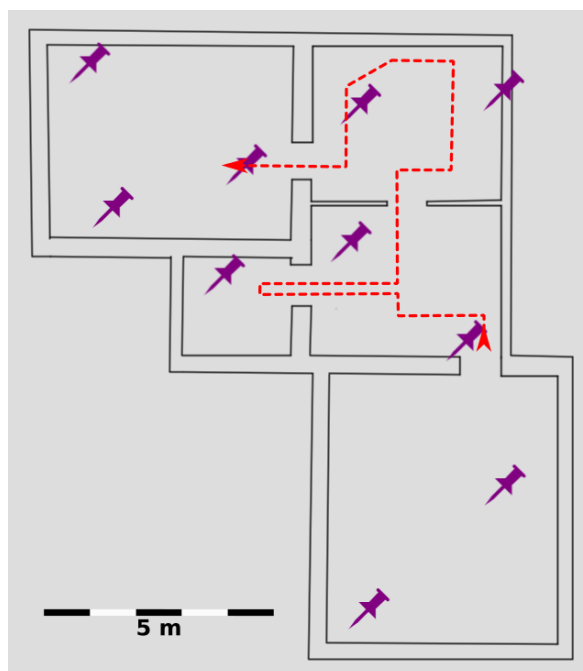
Az előzőekben ismertetett kisszámú, de kiugró adatok torzító hatása jól kompenzálható különböző átlagolási eljárásokkal. A következő ábrán (15. ábra) a 14. ábra alapjául szolgáló adatok további feldolgozással előállított reprezentációit szemléltetem, melyek háromféle, mozgóátlag alapú eljárással jöttek létre:

1. Az első eljárás a három legutóbbi mintát használja fel az aktuális minta átlaggal való kiegyensúlyozására.
2. A második eljárás az adott mintát a két-két szomszédos minta segítségével átlagolja.
3. A harmadik eljárás az elsőhöz hasonlít, de azokat a mintákat elveti, amelyek az előző átlagolt értéktől kevesebb, mint 30 cm-rel térnek csak el.



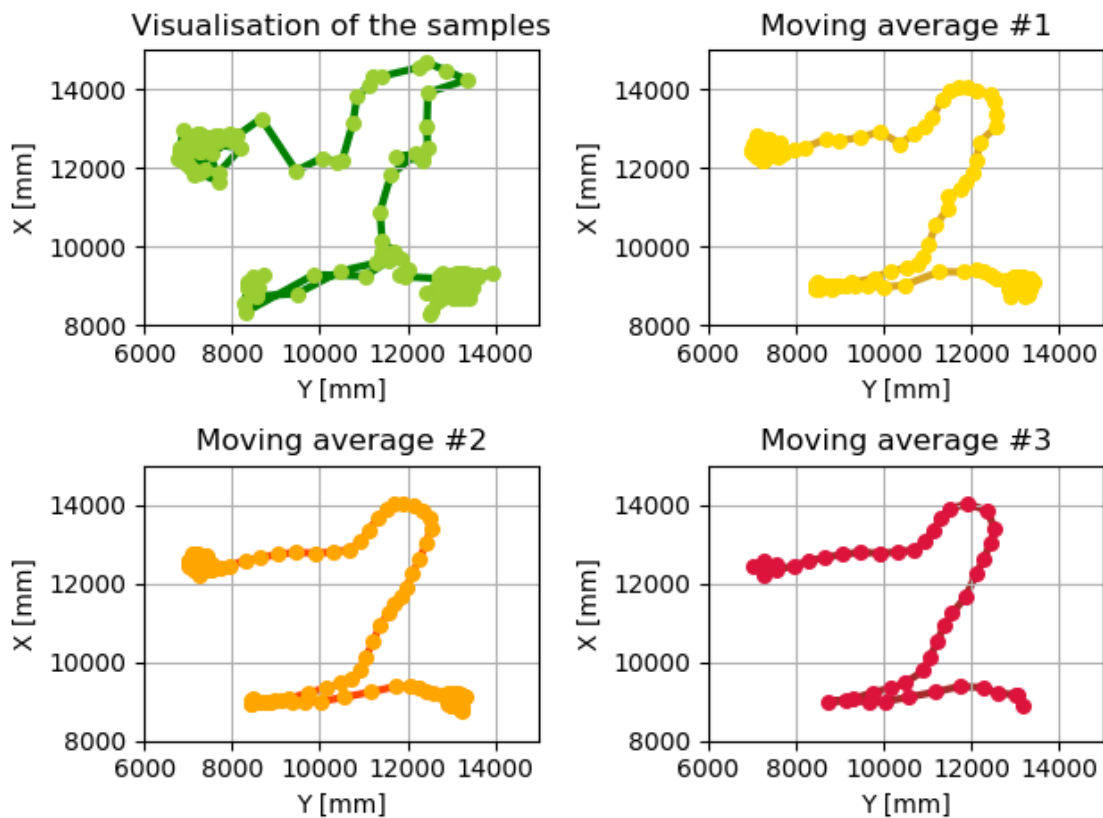
15. ábra: nyugvó pontról gyűjtött minták és az átlagolási eljárások eredménye (1, 2, 3)

A 15. ábra tanúsága szerint a precízió fokozható az ismertett feldolgozási módokkal. Felmerül a kérdés azonban, hogy milyen hatással vannak ezek az eljárások a mozgó tag szolgáltatata adatokra. A 16. ábra a méréshez kijelölt, tetszőleges útvonalat mutatja a mérés környezetében (piros, szaggatott vonal).



16. ábra: a mozgó pont valós útvonala

A bejárt útvonalról gyűjtött adatok láthatóak a 17. ábra bal felső negyedében. Jól látható, hogy a szűrés-mentes adatok lekövetik a kijelölt útvonal formáját, de néhány helyen jelentősen eltérnek attól. Az ábra három másik negyede – amely a korábban felvázolt átlagolási módszerekkel lett előállítva – jól mutatja, hogy az eljárások jelentősen korrigálták a kiugró adatok torzító hatását. A pozitív hatások ellenére azt is meg kell jegyezni, hogy az eredetileg helyesen megállapított pozíciók távolodtak az ideális értékektől, és az eredetileg kijelölt útvonal habár kevésbé tartalmaz éles irányváltásokat, a derékszögű fordulatok legömbölyödtek. Összességében kijelenthető azonban, hogy ez a veszteség a részletgazdagságban kevésbé rontja a rendszer megbízhatóságát, mint a véletlenszerűen jelentkező, kiugró hibák.



17. ábra: mozgó pontról gyűjtött eredeti minták, illetve az adatok reprezentációja különböző átlagolása után (1, 2, 3)

5.4 A mérések értékelése

A raktár üzemeltetési rendszerek szempontjából lényeges szempontok a beltéri helymeghatározó rendszerek pontossága és precíziója, ugyanis ezek a faktorok befolyásolják, hogy a rendszer mennyire nyújt megbízható adatokat. Ennek értékelése azért fontos, mert többféle probléma kiküszöbölése is szükséges a raktárrendszerekben:

- ha geofencing eljárással, azaz a térben virtuális korlátok kijelölésével határozza meg a rendszer egy adott tag helyét, nem mindegy, hogy a róla gyűjtött minták a valós helyzethez hűen a kiszabott korlátok között tudnak maradni, vagy folyamatos ki- és belépést okoznak a kijelölt zóna határán,
- ha koordináta alapú követés valósul meg, és a bevezetőben vázolt dinamikus feltöltődő raktári architektúra működik, korlátozó kiépített elemek hiányában nehezebb becslést adni a követett tétel helyzetére, nagyobb jelentősége van a mért adatoknak, hiszen csak azokra lehet támaszkodni.

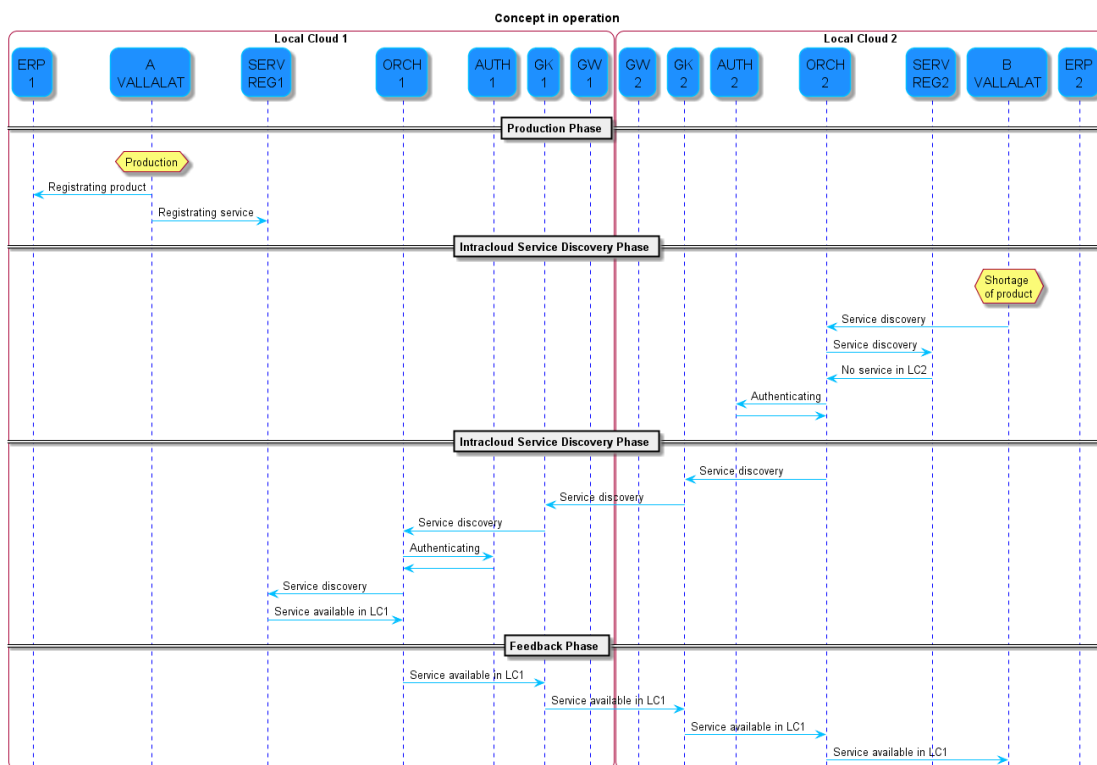
A mérések alapján kijelenthető, hogy a rendszer kihelyezése előtt érdemes értékelni, hogy milyen pontosság és precízió szükséges az adott alkalmazási területen. A rendszer megbízhatóságának fejlesztéséhez a következő javaslatok figyelembevétele ajánlott:

- A fő befolyásoló tényező a telepített pozícionálórendszer megbízhatósága, a gyűjtött minták pontosságát nagyban befolyásolja a használt technológia (WiFi, BLE, RFID, UWB [26]), és a lefedett terület alaprajzának, a fix pontok pozíciójának helyes felvétele. Pontosabb működés elérése érdekében a technológiák együttes alkalmazása is elképzelhető [18].
- Szenzoros támogatás: a rendszer kiegészíthető mozgásérzékelés támogató szenzorokkal (gyorsulás mérő, giroszkóp), amelyek adatai alapján a minták alapján megállapított mozgásállapot korrigálható (állás esetén például a minták esetleges kiugró hibái nem okoznak téves kilépést egy geofencing area-ban tartózkodó tag-nél) [24].
- A mozgásérzékelést segítheti az alkalmazási területből származó plusz információtartalom alapuló logika implementálása: ha egy targonca rakodik, és közben detektálja az RFID matricával ellátott készletek dobozait, a rendszer értesülhet arról, hogy a targonca rakodást végez, azaz nem halad távoli pontok között [24].
- A mérési adatokon érdemes feldolgozó, szűrő műveleteket végezni (átlagolási módszerek, Kalman-filter) [24]

6 Digitalizált ipar alkalmazott példája

Ebben a fejezetben a 3. és 4. fejezetben ismertetett ipari digitalizációs koncepció egy példáját járjuk körül: a szimulált scenárióban két partner vesz részt (A és B vállalat), ahol A vállalat a B potenciális beszállítója. A és B is az Arrowhead keretrendszer alkalmazói, csak más-más lokális felhőben helyezkednek el, illetve mindkét vállalat rendelkezik egy közös, blockchain alapú hálózathoz való hozzáféréssel, illetve a gyártásukat felügyelő ipari információs rendszerrel.

6.1 Szolgáltatás felderítése



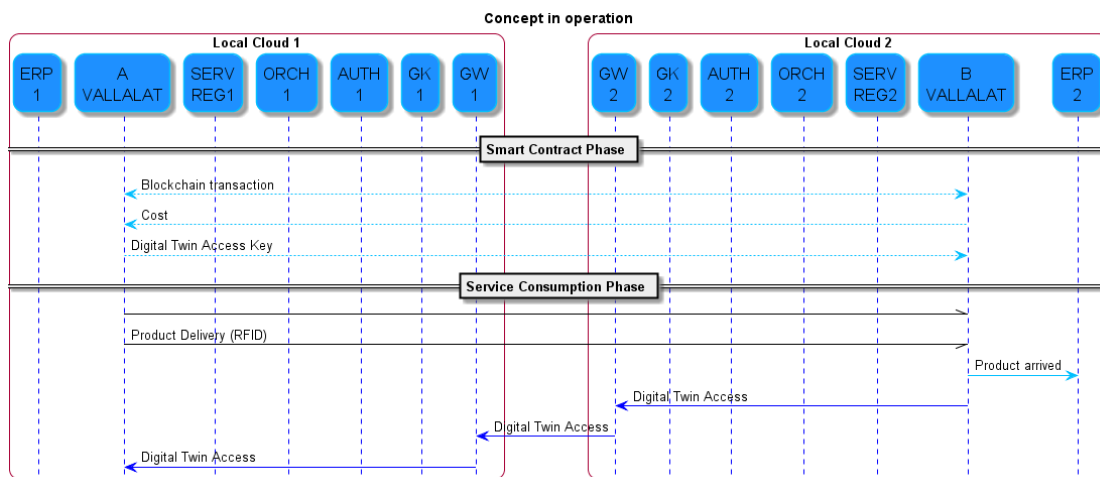
18. ábra: szolgáltatás felderítése (lásd: Függelék)

Az A vállalat a rendelkezésre álló alapanyagokból tevékenységének megfelelő terméket állít elő, amelyet egységes mennyiségben dobozol, és RFID matricával is ellát, amely azonosítja az adott termékek gyártásának paramétereit. Ezek az információk rögzítésre kerülnek az Arrowhead keretrendszeren keresztül, az adott termékhez tartozó digitális lábnyomban, amelyből a későbbiekben lekérdezhetők. A vállalat a rendelkezésre álló készleteket dokumentálja ipari információs rendszerén keresztül, és szolgáltatásként regisztrálja az Arrowhead keretrendszer Service Registry moduljában,

megjelölve, hogy a szolgáltatás igénybevétele a blockchain hálózaton keresztül elérhető, a megfelelő okos szerződés címén (18. ábra).

B vállalat tevékenységének megfelelően terméke előállításán dolgozik. A gyártás folyamata során az intelligens raktárüzemeltető rendszere értesíti a magasabb döntéstámogató rendszereket, hogy a gyártás egyik alapanyagából felhalmozott készlet előreláthatólag el fog fogyni a megnövekedett kereslet miatt. B vállalat az Arrowhead keretrendszeren keresztül felderítést végez a lokális felhőn belül, hogy ellenőrizze más, helyi raktárak készleteit. Mivel B nem talál a környezetében megfelelő szolgáltatást, a keretrendszer Orchestratora kiterjeszti a szolgáltatások felderítését azokra a lokális felhőkre, amelyekhez hozzáféréssel rendelkezik B: ezek között találja meg A felhőjét, és mivel rendelkezik a szükséges tanúsítvánnyal, a felhők Gatekeeper moduljainak támogatásával kapcsolatba lép A vállalattal, és megismeri az okos szerződés címét.

6.2 Szerződés és a szolgáltatás teljesítése



19. ábra: Szerződés és szolgáltatás teljesítése (lásd: Függelék)

A szerződés megkötése A és B között a blockchain hálózatban valósul meg. Az okos szerződés rögzíti, hogy A milyen költségen vállalja a B számára szükséges termék leszállítását. A rögzített egységárat kifizetve B megrendeli A-tól a terméket, míg az okos szerződésből megkapja azt a titkos kulcsot, amely segítségével hozzáférhet a leszállított termék gyártási paramétereire (19. ábra).

A raktármenedzsment rendszere értesítést kap a szerződés megkötéséről és a szükséges mennyiségű terméket egyedi RFID azonosítóikkal útra bocsátja B felé,

miközben rögzíti a magasabb szintű információs rendszerben a készlet csökkenését (ugyanide futott be korábban a folyamatot elindító tranzakció is).

A termék B-hez érkezve beolvasásra kerül a helyi raktárüzemeltetési rendszerben, az azonosító és az okos szerződés által az Arrowhead Gateway moduljai által biztosított kapcsolaton keresztül lehívásra kerül a leszállított termék digitális lábnyoma.

A fenti koncepció segítségével, tehát az A és B vállalat biztonságos, szabályozott módon tudja egymással megosztani az egyes termékekről elérhető információkat, vagyis azok digitális lábnyomait, melyeket a gyártási és a terméktámogatási folyamatok optimalizációjára használhatnak fel. A jogi, pénzügyi és adatvédelmi biztonságot a következők garantálják:

- az Arrowhead keretrendszer autorizációs és autentikációs rendszere ellenőrzi a lokális felhők közötti kommunikációt a Gatekeeper és a Gateway közvetítésével,
- a blockchain technológia korábban vázolt működése garantálja, hogy a szerződésben foglalt fedezet (szolgáltatás ára) rendelkezésre áll az igénylőnél, mivel az elosztott főkönyvből az egyenlegének alakulása visszakövethető,
- mivel a Smart Contract az igénylőnek áttekinthető, számára is biztosított, hogy pontosan a szándékának megfelelő tranzakció valósul meg,
- a szolgáltatást felkínáló fél számára biztosított, hogy gyártási adatai csak az adott termékről (RFID azonosítás) és az adott fogyasztónak válnak hozzáférhetővé (egyedi kulcs átadása az okos szerződés aktiválásakor).

7 Összegzés

Dolgozatomban az ipari digitalizáció témakörét jártam körül, értékelve a különböző szereplők együttműködésének feltételeit. A dolgozat első felében bemutattam az adatvezérelt eszköz-menedzsment koncepcióját a digitalizált ipari folyamatokban, vizsgálva a fejlesztés fő irányvonalait, majd felvázoltam a koncepció elméleti sarokpontjait és gyakorlati működését.

A koncepció részeként bemutattam:

- hogyan működhetnek együtt az egyes gyártók, integrátorok, szállítók eszközei egy kiterjedt szolgáltatás-alapú architektúrában (pl. Arrowhead keretrendszer);
- hogyan menedzseli egy vállalat a belső folyamatait, és hogyan integrálhatók a digitalizált ipara új szempontjai a vállalatirányítási rendszer (pl. SAP) architektúrájába a partnerek hasonló rendszereinek összekötésével;
- hogyan biztosíthatók, gyorsíthatók, pontosíthatók az ellátási lánc szereplői közötti elszámolási nehézségek (biztonság, visszakereshetőség, stb.) egy, a szereplők által közösen hozzáférhető és ellenőrizhető, elosztott főkönyv (ledger) segítségével, a blockchain technológia használatával;
- végezetül egy gyakorlati példával demonstrálom a koncepció működését.

Mérések segítségével igazoltam:

- hogyan menedzselhető az eszköz-követés egyik jellemző lépése, a tárolás és szállítás a beltéri meghatározási módszerekkel; ehhez mérési eredményeket is bemutattam;
- hogyan lehet a gyűjtött adatok további feldolgozásával a pozícióra megbízhatóbb becslést adni.

Irodalomjegyzék

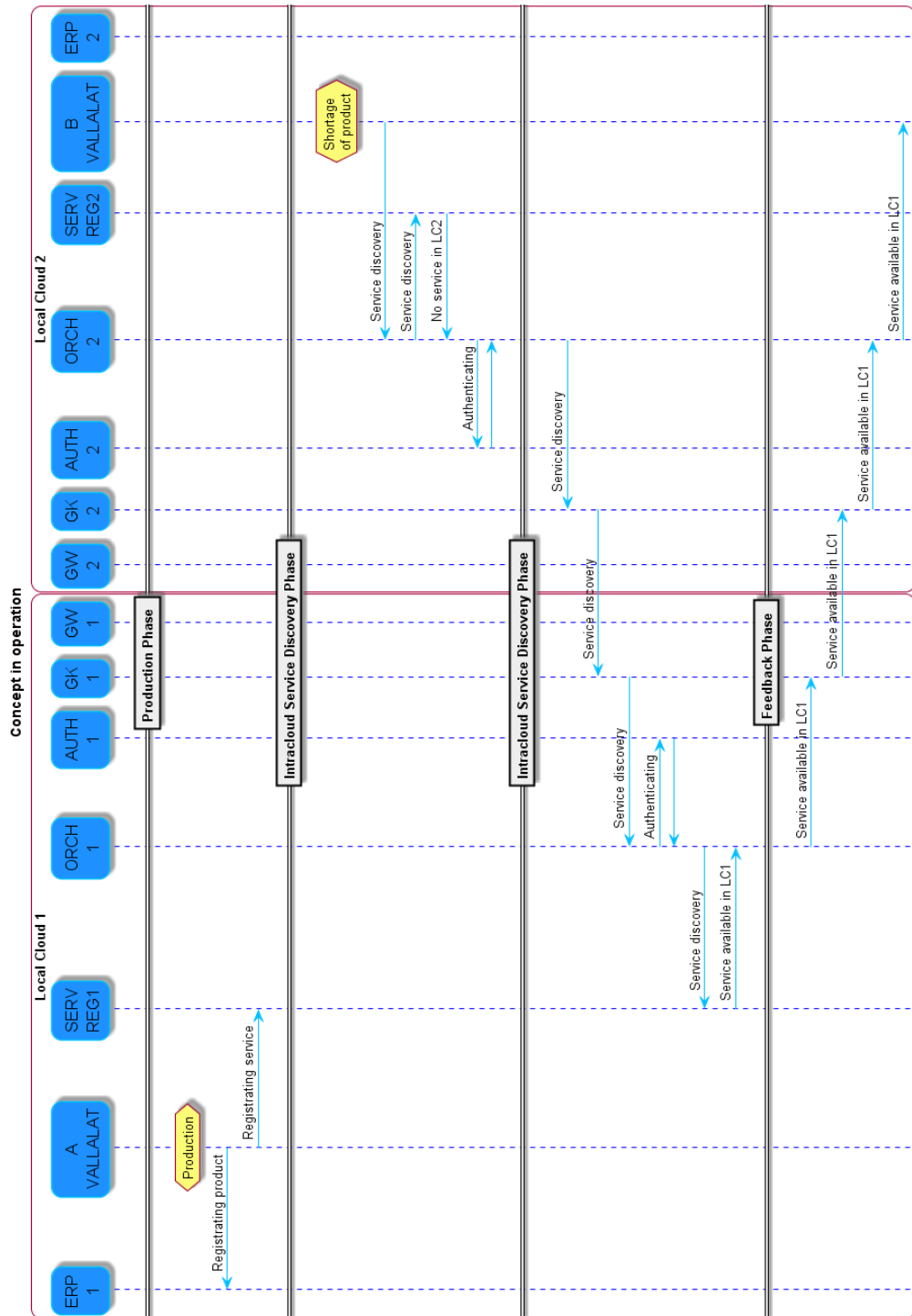
- [1] Z. Kenessey, „The Primary, Secondary, Tertiary and Quaternary Sectors of the Economy,” *The Review of Income and Wealth*, %1. kötet33., %1. szám4., pp. 359-385., 1987..
- [2] D. Kozma, P. Varga és G. Soós, „Supporting Digital Production, Product Lifecycle and Supply Chain Management in Industry 4.0 by the Arrowhead Framework – a Survey,” 2019..
- [3] C. Hegedűs, A. Frankó és P. Varga, „Asset and Production Tracking through Value Chains for Industry 4.0 using the Arrowhead Framework,” in *IEEE International Conference on Industrial Cyber Physical Systems (ICPS)*, 2019..
- [4] L. Barreto, A. Amarala és T. Pereira, „Industry 4.0 implications in logistics: an overview,” in *Manufacturing Engineering Society International Conference*, Vigo (Pontevedra), Spanyolország, 2017..
- [5] S. Nakamoto, „Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System,” Bitcoin, 2008.. [Online]. Available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 16. 10. 2019.].
- [6] P. Varga, F. Blomstedt, L. L. Ferreira, J. Eliasson, M. Johansson, J. Delsing és . I. MartAnez de Soria, „ Making system of systems interoperable - the core components of the arrowhead framework,” *Journal of Network and Computer Applications*, 2016..
- [7] C. Hegedűs, D. Kozma, G. Soós és P. Varga, „Enhancements of the arrowhead framework to refine inter-cloud service interactions,” in *IEEE, Conference: The 42nd Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, 2016.

- [8] L. L. Ferreira, M. Albano és J. Delsing, „QoS as a Service in the Local Cloud,” in *21th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, (ETFA), 2016..
- [9] O. Carlsson, P. P. Pereira, J. Eliasson és J. Delsing, in *21th IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, (EFTA), 2016..
- [10] C. Hegedús, P. Varga és A. Frankó, „Secure and Trusted Inter-Cloud Communications in the Arrowhead Framework,” IEEE, 2018.
- [11] M. Albano, L. L. Ferreira és J. Sousa, „Event handler system: Publish/subscribe communication for the arrowhead world,” in *12th IEEE World Conference on Factory Communication Systems*, (WFCS), 2016..
- [12] O. Carlsson, D. Vera, J. Delsing és B. Ahmad, „Plant descriptions for engineering tool interoperability,” in *14th International Conference on Industrial Informatics*, 2016..
- [13] H. Derhamy, P. Varga, J. Eliasson, J. Delsing és P. Punal, „Translation error handling for multi-protocol soa systems,” in *20th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, (EFTA), 2015..
- [14] S. Huh, S. Cho és S. Kim, „Managing IoT devices using blockchain platform,” in *19th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 2017..
- [15] K. Christidis és M. Devetsikiotis, „Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things,” *IEEE Access*, pp. 2296 - 2303., 3. június 2016..
- [16] S. J. Pee, E. S. Kang, J. G. Song és J. W. Jang, „Blockchain based smart energy trading platform using smart contract,” in *IEEE, International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIC)*, 2019..
- [17] International Society of Automation, „ISA-95 Standard,” [Online]. Available: <https://isa-95.com/>. [Hozzáférés dátuma: 27. október 2019.].

- [18] G. Vida, „Beltéri lokalizációs alkalmazások kommunikációs és adatfeldolgozási architektúrája,” in *Tudományos Diákköri Konferencia*, 2018..
- [19] K. Finkenzeller, „The RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication,” 4. november 2010.. [Online]. Available: <http://books.google.hu/>. [Hozzáférés dátuma: 26. 10. 2019.].
- [20] Acterra, „<https://www.acterra.hu/>,” 2019.
- [21] B. Molnár, „Vállalatirányítási rendszerek gazdaságinformatikai megközelítésben,” ELTE IK, Budapest, 2013.
- [22] SAP, „<https://www.sap.com/index.html>,” 2019..
- [23] S. Denecken, „blogs.sap.com,” SAP SE, 11. november 2015.. [Online]. Available: <https://blogs.sap.com/2015/11/11/sap-s4hana-frequently-asked-questions-part-8-1511-update/>. [Hozzáférés dátuma: 27. november 2019.].
- [24] A. Franko, G. Vida és P. Varga, „Reliable Identification Schemes for Asset and Production Tracking in Industry 4.0,” IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS 2020), 2020 - submitted.
- [25] „Precision Vs. Accuracy,” [Online]. Available: <https://www.google.com/>. [Hozzáférés dátuma: 24. 10. 2019.].
- [26] „White paper, Indoor Positioning and services,” infsoft GmbH, Germany, 2018.

Függelék

6.1. Szolgáltatás felderítése



6.2 Szerződés és szolgáltatás teljesítése

