

A DOLGOK INTERNETE ÉS A KARBANTARTÁS KÖZTI KAPCSOLAT NAPJAINKBAN

INTERCONNECTIONS BETWEEN INTERNET OF THINGS AND MAINTENANCE IN OUR DAYS

Juhász László ^{1*}, Pokorádi László ²

¹ Biztonságtudományi Doktori Iskola, Óbudai Egyetem, Magyarország
² Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet, Óbudai Egyetem, Magyarország

Kulcsszavak:

Ipar 4.0
Dolgok Internete
Karbantartás

Keywords:

Industry 4.0
Internet of Things
Maintenance

Cikk történet:

Beérkezett: 2017. december 7.
Átdolgozva 2017. december 16.
Elfogadva 2017. december 19.

Összefoglalás

Szakértők egybehangzó véleménye szerint napjaink és a közeljövő ipari innovációjának meghatározó trendje a negyedik ipari forradalom, vagyis az Ipar 4.0. Az Ipar 4.0 egyik legfontosabb szegmense az ipari dolgok internete, ami a termelő berendezések és folyamatok felügyeletének, szabályozásának valamint menedzsmentjének új korszakát jelenti. A technológiától a szakértők a gyártási termelékenység és a működési hatékonyság jelentős emelkedését várják. Jelen tanulmányban bemutatjuk, hogy a szakirodalomban a dolgok internetének milyen ipari kapcsolódásai vannak, valamint kitérünk a manapság az iparban alkalmazott korszerű üzemeltetési módszerekre. Ezt követően arra keresünk választ, hogy az ipari dolgok internetének eszközeivel hogyan lehet a karbantartási folyamatokat támogatni. A tanulmány végén pedig meghatározzuk a témában a jövőbeli saját kutatási feladatainkhoz tartozó célokat és feladatokat.

Abstract

According to experts' opinions, a decisive trend for industrial innovation in our days and in the near future is the Fourth Industrial Revolution that is Industry 4.0. The Internet of Things (IoT) is one of the most important segments of Industry 4.0 that means a new era for the supervision, regulation and management of production equipment and processes. In this paper, we present the industrial connections of the IoT in the literature, as well as the modern maintenance methods used in industry today. We are looking for ways to maintenance processes through the tools of the Internet of industrial things. At the end of the study, we will define the goals and tasks for our future research tasks on this subject.

1. Bevezetés

A korábbi ipari forradalmak mind valamilyen technológiai fejlesztéssel kezdődtek. Az első ipari forradalmat a 18. század végén létrejövő iparosodás jelentette, amit a gőz- és a vízenergia által támogatott különböző mechanikus gyártóberendezések (például: szövőgépek) feltalálása

* Kapcsolattartó Juhász László
E-mail cím: j.laszlo92@gmail.com

segített [29]. A második ipari forradalomhoz a XX. század elején létrejövő tömeggyártás elterjedését lehet kötni, amit az ipari felhasználású elektromosság alkalmazása tett lehetővé. [11] A harmadik ipari forradalmat az 1970-es években az elektronikus vezérlők elterjedése váltotta ki, ami áttörést jelentett az automatizált gyártásban. [25] Szakértők véleménye szerint a negyedik ipari forradalom éppen napjainkban megy végbe, melyet a nagy mértékű digitalizációhoz, valamint a gyártás intenzív informatikai támogatásához kötnek. Ennek a negyedik ipari forradalomnak az egyik alappillére a Dolgok Internete (angolul: Internet of Things – IoT).

A Dolgok Internete vagy az okos („smart”) jelzővel ellátott eszközök az egymással összekötötésben lévő készülékek hálózatát jelenti, melyben az egyes tagok egyénileg címezhetők, valamint az egymás közötti kommunikáció valós időben és szabványos internetprotokollokon (angolul Internet Protocol - IP) keresztül történik [8]. A Dolgok Internete gyakorlatban való megvalósításakor egy rendszerben rádiófrekvenciás egyedi azonosítók (angolul Radio Frequency IDentification - RFID), szenzorok, végrehajtók, mérőberendezések, valamint a biometria segítségével a fizikai világból adatokat gyűjtünk, monitorozunk, ezeket az adatokat valamilyen módon feldolgozzuk, majd ezekre a bemenő adatokra létrehozunk egy kimenő adatot, irányítva így a berendezéseket. [13] Minden ilyen szenzort valamilyen „dologhoz (thing)” rendelnek, melyek hálózaton keresztül kapcsolódnak egymáshoz. Ez a kapcsolat lehet vezetékes vagy az utóbbi időben egyre inkább elterjedő módon vezeték nélküli, nyílt hálózaton (internet) vagy csak egy szervezetben belüli hálózaton (intranet) keresztül.

A műszaki gyakorlat egyik legfőbb területe a különböző technikai eszközök, rendszerek és létesítmények üzemeltetése, karbantartása. Az üzemeltetés tágabb értelemben a technikai eszközök használatának, különböző szintű kiszolgálásának és javításának teljes folyamata, melynek célja a technikai eszköz műszaki állapotának és a működés biztonságának fenntartása, valamint az üzemeltetés tárgyának rendeltetésszerű felhasználásának biztosítása [18].

Meg kell jegyeznünk, hogy egyes szakirodalmak szerint, szűkebb értelemben az üzemeltetés csak a technikai eszköz rendeltetésének megfelelő alkalmazása, használata [17]. Az üzemeltetés során az üzemeltetők a technikai eszközt egészében vagy részlegesen működtetik, üzemeltetik. Az üzembentartás az üzemeltetett (használt, alkalmazott) technikai eszközök üzemképes állapotban tartására és adott feladat végrehajtására való alkalmazhatóságának növelésére irányuló tevékenységek összessége. Magában foglalja a technikai kiszolgálásokat és a különleges felkészítési feladatokat. Az üzembentartás egyrészt biztosítja az üzemeltetés hatására fokozatosan csökkenő üzembiztonság időszakonkénti növelését, lassítva ezzel a technikai eszközök elhasználódásának folyamatát, másrészt fokozza az eszközök alkalmasságát különleges körülmények közötti üzemelésre, illetve sajátos feladatok végrehajtására.

Tanulmányunk célja a szakirodalmak alapján azt bemutatni, hogy a Dolgok Internetének milyen kapcsolódásai vannak napjaink ipari termelésével, valamint az iparban alkalmazott korszerű üzemeltetési módszereivel.

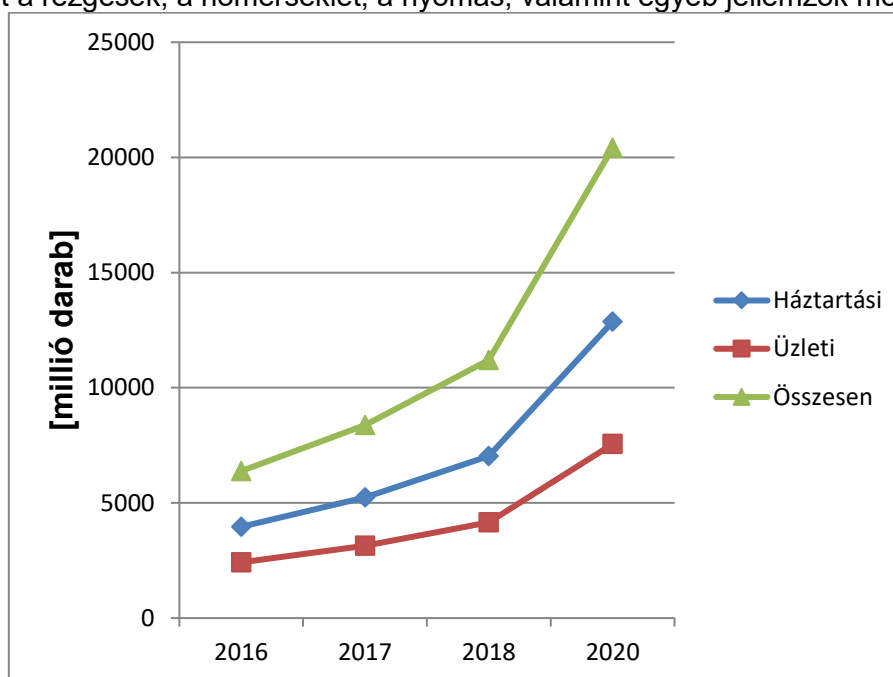
A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezet a Dolgok Internetének ipari vonatkozásait mutatja be, röviden. A 3. fejezetben az üzemeltetés, karbantartás rövid fejlődéstörténete olvasható. A 4. fejezet szakirodalmi példákon keresztül szemlélteti, hogy a Dolgok Internete milyen módon támogathatja a korszerű ipari karbantartási rendszereket. Végezetül, az 5. fejezetben a Szerzők összegzik munkájukat és megfogalmazzák a tervezett tudományos kutatásukat.

2. A Dolgok Internetének ipari vonatkozása

A Dolgok Internete technológia töretlenül fejlődik, folyamatosan új okos eszközök jelennek meg a piacon. A Gartner [24] kutatási szakportál arról ír, hogy 2017 végére 8,4 milliárd okos eszköz kerül forgalomba, a 2020-as évre pedig már 20 milliárd ilyen készüléket jósol. Ezek nagy része otthoni felhasználású berendezés, viszont az üzleti és ipari célú eszközök részaránya folyamatosan növekedni fog (1. ábra) az előrejelzések szerint.

Az Ipari Dolgok Internetének (Industrial Internet of Things – IIoT) a koncepciója az általánosan használt dolgok internetén alapszik. A többi ágazathoz hasonlóan a különböző mérhető fizikai mennyiségek folyamatos, pontos és valós idejű monitorozásán és az ezekre adott válaszon alapul [2] Az általunk megfigyelt dolgok azonban a gyártáshoz használt folyamatparaméterek valamint maguk a gyártóeszközök. Apró szenzorok segítségével

folyamatosan figyelemmel lehet kísérni az ipari berendezések pillanatnyi műszaki állapotát, és így hatékonyságát a rezgések, a hőmérséklet, a nyomás, valamint egyéb jellemzők mérésével.



1. ábra. A használatban lévő Dolgok Interneté eszközök felhasználási formájuk szerint [24]

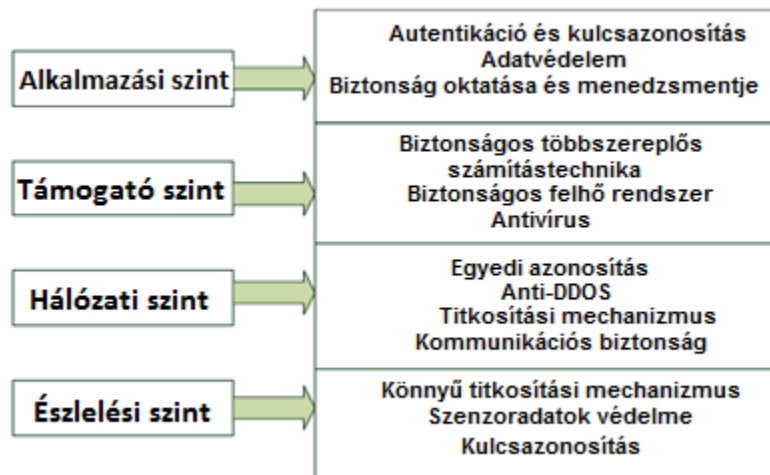
Több kutató intézet is különböző fejlesztéseket végez a Dolgok Internetének ipari vonatkozásával kapcsolatban, ilyen szervezet például az IERC (European Research Cluster on the Internet of Things) [30], az Industrial Internet Consortium [31], vagy az Európai Bizottság által létrehozott AIOTI (Alliance for Internet of Things Innovation) [28].

Az Ipari Dolgok Internetéhez kapcsolódóan sokszor gép-gép kommunikációról (machine-to-machine communication) [19] beszélhetünk, melynek keretében a rendszerben lévő eszközök emberi beavatkozás nélkül egymással kommunikálnak, és bizonyos döntéseket emberi beavatkozás nélkül hoznak meg.

A Dolgok Internetének ipari alkalmazásakor rendkívül nagymértékű az információáramlás, a szereplők az éppen aktuális folyamatokról gyors és pontos képet kapnak, így az ipari folyamat magasabb szinten képes működni [4]. A Dolgok Internetének eszközeivel egy gyártó vállalatnál fokozni lehet az általános automatizáltságot, amivel magasabb termelékenységet lehet elérni [6]. Ezen kívül az okos eszközök használatával az ellátási lánc nyomon követése [26] és a minőségellenőrzés [3] is hatékonyabban tud működni.

A Dolgok Interneté ipari vonatkozásának meg kell felelnie az iparra vonatkozó speciális elvárásoknak. Több tanulmány (például: [6] [9]) is megfogalmazta a Dolgok Internetének kihívásait az iparral kapcsolatban. A Dolgok Internetét tartalmazó rendszernek az iparra jellemzően sokszor szélsőséges körülmények között, például magas páratartalom, rezgések, vagy por [32] mellett is megfelelően kell működni. Kihívást jelent az Ipari Dolgok Internetének, hogy a szenzorok elhelyezkedésének a gyártási környezetet kell követnie. Ezen kívül a gyártó vállalat berendezéseinek elrendezése akár folyamatosan is változhat, a kiépített okos rendszernek képesnek kell lennie ezeket a változásokat lekövetnie. Átrendezés mellett nagyobb szintű bővülésre is meg kell felelnie a rendszernek, a Dolgok Interneté rendszernek teljesítménycsökkenés (energia-, memória-, illetve feldolgozó kapacitás) nélkül képesnek kell lennie akár nagyobb mértékű szenzorbővülésére is.

A Dolgok Interneté rendszerek további kihívása a megfelelő rendszerbiztonság. O'Neil [15] arra hívja fel a figyelmet, hogy a megfelelő védelemről a Dolgok Interneté architektúrájának az összes szintjén külön-külön is gondoskodni kell. Sou és társai [22] kidolgozták az egyes szinteken lévő biztonsági megoldásokat (2. ábra). Stergiou és társai [20] egy részletesen kidolgozott koncepciót mutattak be a Dolgok Internetének ipari környezetben való biztonságos megvalósítására.



2. ábra. Az Ipari Dolgok Internetének biztonsági architektúrája [22]

3. Az üzemeltetés és a karbantartás fejlődése napjainkig

A tágabb értelemben vett üzemeltetés célja a technikai eszköz műszaki állapotának és a működés biztonságának fenntartása, valamint az üzemeltetés tárgyának rendeltetésszerű felhasználásának biztosítása. A technikai eszközök üzemeltetése üzemeltetési rendszerben történik, ami

- a technikai eszköz vagy eszközök;
- azok kiszolgálását, ellenőrzését, karbantartását, javítását szolgáló berendezések;
- az üzemeltetést végző (műszaki) állomány;
- a kezelőszemélyzet;
- az üzemeltetést irányító szervezet

kölcsönös együttműködésében valósul meg [18].

Most nézzük meg röviden, hogy hogyan alakult ki napjaink üzemeltetési rendszere.

Az üzemeltetés, karbantartás eddigi fejlődése három generáción keresztül követhető nyomon [16].

Az első generáció időben még az ipar nem volt nagymértékben gépesített, így az állásidők nem okoztak nagy gondot. Ez azt jelentette, hogy az eszközök meghibásodásainak megelőzése nem rendelkezett prioritással a legtöbb műszaki vezető gondolkodásában, szemléletében. Ezzel egy időben a legtöbb technikai eszköz – mai szemmel – viszonylag egyszerű és túlméretezett volt. Ezzel tették azokat megbízhatóvá és könnyen javíthatóvá. Végül is nem volt szükség módszeres karbantartásra, elegendőnek bizonyultak a tisztítási, javítási és – mechanikus alkatrészek esetén – a kenési munkák. A karbantartási szakismeret szükségessége is alacsonyabb volt a ma megköveteltől.

Később a gondolkodás drámaian megváltozott. Megnövekedett a technikai eszközökkel szemben támasztott minőségi követelmény, mert megnövekedett a termelés gépesítésének mértéke. A múlt század ötvenes éveiben alkalmazott gépek, technikai eszközök számszerűen megnövekedtek és egyre bonyolultabbá váltak, így az iparban egyre jobban kezdtek függeni tőlük. A függőség növekedésével az állásidő egyre élesebben a középpontba került. Ez ahhoz a gondolathoz segítette hozzá a karbantartó szakembereket, hogy a berendezések meghibásodását meg kell előzni, ami az úgynevezett Tervszerű Megelőző Karbantartáshoz (TMK) vezetett. A hatvanas években ez abból állt, hogy a berendezések döntő részét átvizsgálták, rögzített időközönként vagy teljesítményekként (például legyártott termék, működési idő, futott kilométer). Az üzemeltetés, karbantartás költsége élesen emelkedni kezdett a többi üzemeltetési költséghez képest, ami egy tervező és ellenőrző szervezetek, az üzemeltetési menedzsment kialakulásához, és növekedéséhez vezetett.

A 1970-es évek közepétől a változás folyamata az iparban – azon belül is főleg a repülőiparban – egyre nagyobb mértékben fokozódott. Ezeket a változásokat az új elvárások, új kutatások és új technológiák kategóriáiba lehet sorolni. Az állásidő mindig befolyásolja a termelési

kapacitást, növelve az üzemeltetési költségeket, esetleg megbolygatva a fogyasztói kiszolgálást. Ez a hatvanas-hetvenes évekre már nagy problémákat okozott a bányászatban, az iparban és a közlekedési szektorban. Az iparban a leállások hatásai kétségbeejtővé váltak a világszerte elterjedő pontos időtervű – Just In Time – anyagmozgatások miatt, ami csökkentette a munkadarabok tárolásának szükségességét. Ilyen rendszer esetén ugyanis egy elég kicsi meghibásodás is az egész gyáregység, illetve az adott gyáregységhez kapcsolódó – akár a kontinens, esetleg a Föld másik pontján lévő – más üzemek, gyáregységek leállítását is okozhatja. Napjainkban a gépesítés és az automatizálódás fejlődése azt jelenti, hogy a megbízhatóság és az alkalmazhatóság kulcsfontosságú kérdéssé vált az élet különféle területein, mint például egészségügyi, adattovábbítási, telekommunikációs és építőipari menedzsmentben. Az egyre növekvő automatizálás is azt eredményezte, hogy a meghibásodások hatása a minőségi előírások betartását is veszélyeztetheti. Az egyre több meghibásodás komoly biztonsági vagy környezeti következményeket okozott, ezért az ezzel kapcsolatos előírások megnövekedtek az utóbbi időben. Hasonló kérdést vetett fel a szociális és a környezeti biztonság összhangjának biztosítása is [17]. Ezek nagyságrenddel megnövelték a függőségünket a technikai berendezéseink és rendszereink integráltságától. Ez az, ami már túlmutat a költségeken és a szervezet fenntartásának egyszerű kérdésein is.

Ezzel egy időben, ahogy a technikától való függőségünk növekszik, a befektetés maximális megtérülésének biztosítása érdekében a lehető leghosszabb ideig fenn kell tartani a technikai eszközök üzemképességét, bár néha ez ellen dolgozik a technikai fejlődés következtében felgyorsuló erkölcsi elavulás.

Magának a karbantartásnak a költsége is egyre növekszik abszolút és a teljes gyártási költséghez viszonyított értékben is. Több vállalatnál a második, egyes esetekben pedig az első legnagyobb költségvetés az eszközpark karbantartása. Végül is az üzemeltetés, karbantartás lényegében a semmiből a költségtervezési prioritás csúcsára került.

4. A karbantartási módszerek támogatása a Dolgok Internetével

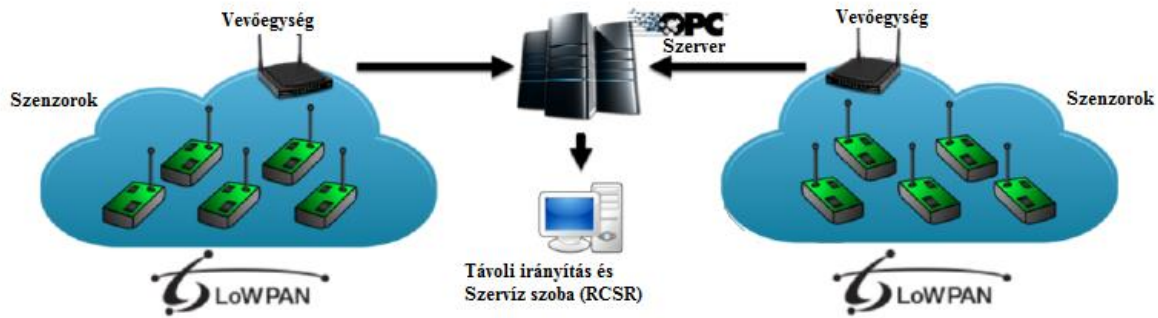
Az Ipari Dolgok Internetének egyik legfontosabb hasznosítási területe a karbantartási műveletek támogatása. A Dolgok Internetének eszközeivel folyamatosan lehet monitorozni a gyártáshoz használt berendezések pillanatnyi állapotát, elhasználódását. Ezen adatok alapján meg lehet szervezni az eszközök megelőző karbantartását. Az okos eszközökkel az emberi tényező negatív hatásai redukálhatók a folyamatban, így gyorsan lehet a kritikus események bekövetkezésére reagálni [7]. Ennek következtében egy vállalat karbantartási folyamata biztonságosabb, hatásosabb és költséghatékonyabb lesz ezekkel az eszközökkel.

A karbantartási műveletek támogatásához a gyártási szinten jelen lévő Dolgok Internetén kívül szükség van a rendszerben egy magasabb architektúrájú tagra is, ami a különböző szenzorok és aktuátorok összeköttetésért felelős, illetve a karbantartáshoz szükséges háttértudást biztosítja. Ez a tag egyre népszerűbb módon egy informatikai felhő rendszer lehet.

Amerikai Nemzeti Szabványügyi és Technológiai Intézet (angolul National Institute of Standards and Technology - NIST) szerint a felhőalapú rendszerek definíciója a következő [12]: „A felhőalapú számítástechnika egy olyan modell, amelynek segítségével bárhol és kényelmesen és igény szerint hozzáférhetünk a testreszabott informatikai erőforrások megosztott halmazához (például: hálózatokhoz, szerverekhez, tárhelyekhez, alkalmazásokhoz, szolgáltatásokhoz), miközben a rendelkezésre bocsátás minimális adminisztrációs tevékenységet és szolgáltatói beavatkozást igényel.” A szakirodalomban több példa is található arra, hogy a Dolgok Internetét hogyan lehet az informatikai felhőkkel összekapcsolni, milyen közös architektúrát lehet a közreműködésükkel felépíteni. [1, 5, 21, 27]

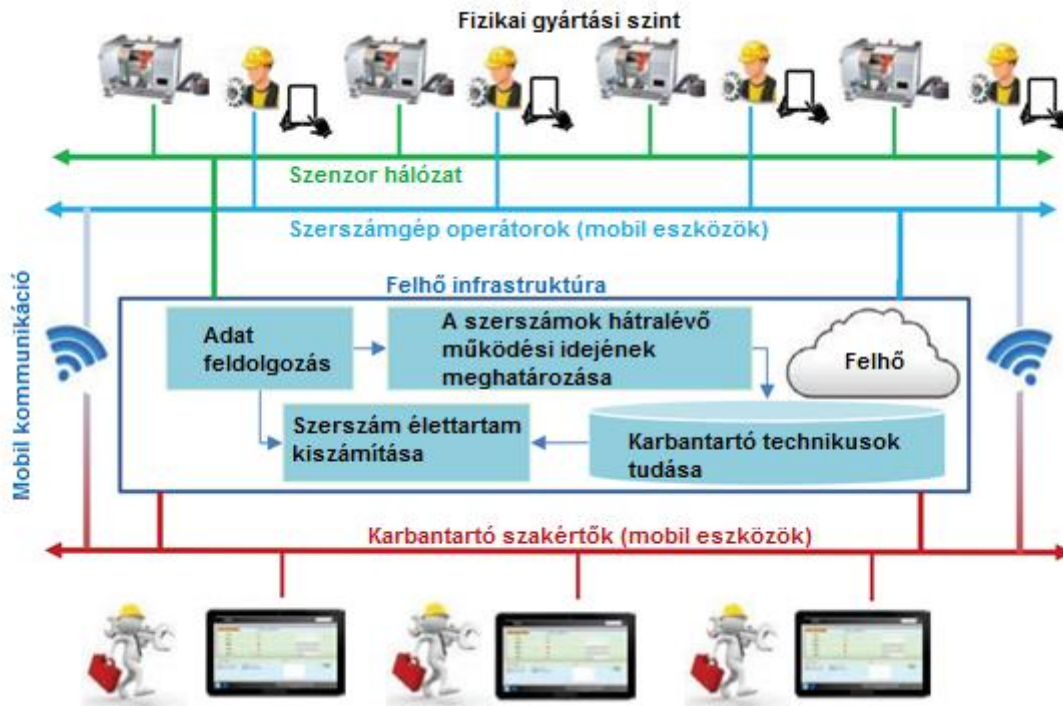
Az iparhoz, illetve a gyártáshoz tartozó felhőrendszer valamint az Ipari Dolgok Internetének összekapcsolását először Tao és társai [23] dolgozták ki. Tanulmányukban körüljárták a felhőalapú rendszerek és az Ipari Dolgok Internetének közös használatának feltételeit, alkalmazásuk előnyeit, valamint kihívásait.

Civerchia és társai [7] egy erőmű eszközeinek állapotát monitorozták annak rezgés- és a hőmérsékletadataival. Az adatok felhőhöz való eljuttatásához vezeték nélkül szenzorokat alkalmaztak, amik vevőegységeiken keresztül kapcsolódnak a szerverhez (3. ábra).



3. ábra Az Ipari Dolgok Internetének architektúrája [7]

Mourtzis és társai [14] kidolgoztak a megmunkáló szerszámok megelőző karbantartásának elvégzéséhez egy rendszert, ami az Ipari Dolgok Internetére és az informatikai felhőrendszerekre támaszkodik. A karbantartó rendszer kétfajta bemenő jelet használ fel: a Dolgok Internetének eszközeivel a gyártóberendezésekről származó jeleket, valamint a gépkezelő által megadott különböző paramétereket (például üzemmód megadása). A bemeneti adatok alapján a felhőalapú rendszer a forgácsoló szerszámokra vonatkozó Taylor egyenlet [10] és a meghibásodások között eltelt átlagos idő (angulul: Mean Time Between Failures – MTBF) szerint kiszámolja, hogy a szerszámnak várhatóan még mennyi műveleti ideje maradt a következő meghibásodásáig. A szerzők elkészítettek egy szoftvert, amiben a gépkezelők meg tudják adni a gyártáshoz használt különböző paramétereket, az adatokat pedig továbbítják a felhőrendszerhez, illetve ugyanezzel a szoftverrel tudják a szervizt végző személyek a karbantartásról szóló előrejelzéseket, figyelmeztetéseket figyelemmel kísérni.



4. ábra Az Ipari Dolgok Internetének a karbantartásra vonatkozó architektúrája [14]

A fentebb említett publikációk megemlítik a karbantartási rendszer biztonsági elvárásait, azonban hiányzik belőlük a kérdéskör részletes kidolgozása, elemzése. A Szerzők a korábban említett forrásokat kiindulási alapnak tekintik a saját jövőbeli kutatásaikhoz, melyben a gyakorlati karbantartó folyamatok kockázati problémáit kívánják elemezni. Ezen kívül a Szerzők további tudományos munkájuk során összevetik a rendelkezésre álló matematikai modellekre épülő kockázatbecslő eszközöket és kockázatkezelési módszereket a várható karbantartási kihívásokkal.

Az Ipar 4.0-val illetve az Ipari Dolgok Internetével megnyíló új lehetőségekkel új döntés-előkészítő módszereket és eljárásokat terveznek kidolgozni.

5. Összegzés

Napjainkban az ipari fejlesztések egyik meghatározó trendje az Ipar 4.0, melynek egyik fő szegmense a Dolgok Internete. A technológia által megvalósuló, úgynevezett okos, eszközök iránt a háztartási felhasználás mellett egyre nagyobb a kereslet az ipari szektorban is. Kedvező tulajdonságai miatt nagymértékben hozzá tudnak járulni egy termelő vállalat hatékonyságának növekedéséhez. A tanulmány áttekintette a Dolgok Internetének általános jellemzőit, alkalmazását. Ezt követően a Szerzők a technológia ipari vonatkozását jellemezték. Kitértek a Dolgok Internetének kedvező hatásaira egy ipari szereplő számára, majd bemutatták az ipar speciális elvárásait a technológia irányában. A tanulmány jellemezte az üzemeltetést, majd bemutatta, hogy az üzemeltetés és a karbantartás megítélése, az iparban elfoglalt szerepe hogyan változott az idők során napjainkig. A Szerzők szakirodalmi példákon keresztül bemutatták, hogy a Dolgok Internetének eszközeit hogyan lehet a korszerű karbantartási, üzemeltetési folyamatokba integrálni. Ennek keretében a tanulmány külön kitér az Ipari Dolgok Internetének az informatikai felhőrendszerek segítségével történő támogatására is.

A cikk – napjaink szakirodalmának feldolgozásával és elemzésével – a Szerzők jövőbeli kutatásaihoz nyújt szakirodalmi alapot. A jövőbeli kutatásaik egyik fő célja az Ipar 4.0 illetve az Ipari Dolgok Internetének műszaki biztonsági, megbízhatósági kérdéseinek vizsgálata, valamint a hozzákapcsolódó üzemeltetés-, karbantartás-elméleti, kockázati, megbízhatósági és műszaki biztonsági kérdések elemzése. További kutatási céljuk új, matematikai modellekre épülő kockázat-, és megbízhatóság-elemzési eljárások, módszerek kidolgozása a különböző technikai (gyártó és szolgáltató) rendszerek, eszközök karbantartási, üzemeltetési folyamatainak korszerűsítésére.

Irodalomjegyzék

- [1] M. AAZAM, I. KHAN, A. A. Alsaffar: Cloud of Things: Integrating Internet of Things and Cloud Computing and the Issues Involved, in Proceedings of 2014 11th International Bhurban Conference on Applied Sciences & Technology (IBCAST), 2014, DOI: 10.1109/IBCAST.2014.677817
- [2] BANAFI: 7 Trends of IoT in 2017, <https://www.bbvaopenmind.com/en/7-trends-of-iot-in-2017/> (utolsó letöltés: 2017.11.20.)
- [3] T. BANERJEE, A. SNETH: IoT Quality Control for Data and Application Needs, IEEE Intelligent Systems, Volume 32, Issue 2, 2017, DOI: 10.1109/MIS.2017.35
- [4] M. BATALLA, J. KRAWIEC: Conception of ID layer performance at the network level for Internet of Things, P. Pers Ubiquit Comput, 2014 18: 465. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0664-0>
- [5] BOTTA, W. de DONATO, V. PERSICO, A. PESCAPÉ: Integration of Cloud Computing and Internet of Things: a Survey, Journal of Future Generation Computer Systems, 2015, pp. 1-54
- [6] H. P. BREIVOLD, K. SANDSTRÖM: Internet of Things for Industrial Automation - Challenges and Technical Solutions, 2015 IEEE International Conference on Data Science and Data Intensive Systems, DOI: 10.1109/DSDIS.2015.11
- [7] F. CIVERCHIA, S. BOCCHINO, C. SALVADORI, E. ROSSI, L. MAGGIANI, M. PETRACCA: Industrial Internet of Things Monitoring Solution for Advanced Predictive Maintenance Applications, Journal of Industrial Information Integration Volume 7, 2017, pp. 4-12
- [8] D. GIUSTO, A. IERA, G. MORABITO, L. ATZORI (Eds.), The Internet of Things, Springer, 20th Tyrrhenian Workshop on Digital Communications, 2010. ISBN: 978-1-4419-1673-0.
- [9] V. C. GUNGOR: Industrial Wireless Sensor Networks: Challenges, Design Principles, and Technical Approaches, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Volume 56, No. 10, 2009
- [10] KODÁCSY J., PINTÉR J.: Forgácsolás és szerszámok, Széchenyi István Egyetem, 2011 http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_02-Forgacsolas_es_szerszamai_HU/34_a_forgcsol_szerszok_kopsa_s_tartama.html (utolsó letöltés: 2017.11.20.)
- [11] Y. LU: Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues, Journal of Industrial Information Integration, Volume 6, 2017, pp. 1-10
- [12] P. MELL, T. GRANCE: The NIST Definition of Cloud Computing <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf> (utoljára letöltve: 2017.11.20.)
- [13] M. MITAL, V. CHANG, P. CHOUDHARY, A. PAPA, A. K. PANI: Adoption of Internet of Things in India: A test of competing models using a structured equation modeling approach, Technological Forecasting and Social Change, 2017, DOI: 10.1016/j.techfore.2017.03.001
- [14] D. MOURTZIS, E. VLACHOU, N. MILAS, N. XANTHOPOULOS: A Cloud-based Approach for Maintenance of Machine Tools and Equipment Based on Shop-floor Monitoring, In Procedia CIRP, Volume 41, 2016, pp. 655-660

- [15] M. O'NEILL, Insecurity by Design: Today's IoT Device Security Problem. *Engineering*, 2(1), 2016, DOI:10.1016/J.ENG.2016.01.014
- [16] POKORÁDI, L.: *Karbantartás elmélet*, DE MFK, Debrecen, 2002., pp. 101.
- [17] POKORÁDI, L., *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen, 2008., pp. 242
- [18] ROHÁCS J., SIMON I., *Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
- [19] M. ROUSE: machine-to-machine (M2M) <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/machine-to-machine-M2M> (utolsó letöltés: 2017.11.20.)
- [20] C. STERGIOU, K.E. PSANNIS, B.-G. KIM, B. GUPTA: Secure integration of IoT and Cloud Computing, *Future Generation Computer Systems*, 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2016.11.031>
- [21] G. SUCIU, A. VULPE, S. HALUNGA, O. FRATU, Gy. TODORAN, V. SUCIU: Smart Cities Built on Resilient Cloud Computing and Secure Internet of Things, in *2013 19th International Conference on Control Systems and Computer Science*, Bucharest, 2013.
- [22] H. SUO, J. WAN, C. ZOU, J. LIU: Security in the Internet of Things: A Review, *2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering*, DOI: 10.1109/ICCSEE.2012.373
- [23] F. TAO, Y. CHENG, L. D. XU, L. ZHANG, B. H. LI: CCloudIoT-CMfg: Cloud Computing and Internet of Things-Based Cloud Manufacturing Service System, *IEEE Transactions on Industrial Informaticsc*, vol. 2, no. 10, 2014, pp. 1435-1442
- [24] R. VAN DER MEULEN: Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016, <http://www.gartner.com/newsroom/id/3598917> (utolsó letöltés: 2017.11.20.)
- [25] K. WITKOWSKI: Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management, *Procedia Engineering*, Volume 182, 2017, pp. 763-769
- [26] B. YAN, G. HUANG: Supply Chain Information Transmission based on RFID and Internet of Things, *2009 ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management*, DOI: 10.1109/CCCM.2009.5267755
- [27] J. ZHOU, T. LEPPANEN, E. HARJULA, M. YLIANTTILA, T. OJALA, C. YU, H. JIN, L. T. YANG: CloudThings: a Common Architecture for Integrating the Internet of Things with Cloud Computing, *IEEE 17th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, 2013, DOI: 10.1109/CSCWD.2013.6581037
- [28] Alliance for Internet of Things Innovation <https://aioti.eu/> (utolsó letöltés: 2017.11.20.)
- [29] European Commission: Factories of the Future PPP: towards competitive EU manufacturing http://ec.europa.eu/research/press/2013/pdf/ppp/fof_factsheet.pdf (utoljára letöltve: 2017.11.20.)
- [30] European Research Cluster on the Internet of Things <http://www.internet-of-things-research.eu/> (utolsó letöltés: 2017.11.20.)
- [31] Industrial Internet Consortium <http://www.iiconsortium.org/> (utolsó letöltés: 2017.11.20.)
- [32] U.S. Department of Energy: Industrial wireless technology for the 21st century, *Office of Energy and Renewable Energy Rep.*, 2002. https://www1.eere.energy.gov/manufacturing/industries_technologies/sensors_automation/pdfs/wireless_technology.pdf (utolsó letöltés: 2017.11.20.)