

IoT és Ipar 4.0 a gyakorlatban – Termelési folyamatok nyomon követése

FARKAS KÁROLY

NETvisor Zrt. / BME VIK Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
karoly.farkas@netvisor.hu

Kulcsszavak: Ipar 4.0, Tárgyak Internete (IoT), gyár, termelés, nyomonkövetés

A negyedik ipari forradalomként emlegetett digitalizációs eljárások egyre nagyobb tempóban terjednek a termelővállalatoknál. A digitalizáció például megkönnyítheti a vállalat számára a termelési folyamat monitorozását, nyomon követését. A cikkben bemutatjuk azt az általunk fejlesztett termelési folyamatot nyomon követő mintarendszert, amely a Göteborg's Food Budapest Zrt. csokoládégyár dunaharaszti termelőüzemében korábban alkalmazott hagyományos, mágnes tábla alapú manuális eljárás digitalizációját és továbbfejlesztését valósítja meg, szenzorok segítségével automatikusan gyűjtött adatok felhasználásával. A digitalizált rendszernek köszönhetően sikerült a termelési folyamat monitorozását nagymértékben automatizálni, a monitorozás részletességét megnövelni, valamint az új rendszernek köszönhetően az összegyűjtött adatok automatikusan eltárolásra kerülnek, így bármikor visszakereshetők és analizálhatók.

1. Bevezetés

Napjainkban a negyedik ipari forradalomnak nevezett folyamat szemléltetői vagy akár aktív résztvevői vagyunk, melynek során a fizikai gépek, tárgyak információs hálózatba kapcsolódva intelligens információs rendszert alkotnak. Az Ipar 4.0 egy olyan koncepció, amely ennek a forradalomnak a kihívásaira ad válaszokat, és amelynek elsődleges célkitűzése a fejlesztési és gyártási folyamatok rugalmasabbá, hatékonyabbá és ügyfélközpontúvá tétele. A digitalizáció segíthet ezen cél elérésében, a folyamatok kezelését, vezérlését és a hatékonyság növelését magas szinten integrált és automatizált rendszerekben keresztül biztosítva.

A digitalizáció például megkönnyítheti a vállalatok számára a termelési folyamatok monitorozását, nyomon követését. Ma még a termelővállalatok nagy részénél – jellemzően a kkv szektorban – a termelési folyamat nyomon követése hagyományos, elsősorban manuális módon, papír alapon történik, ha egyáltalán megvalósul. Ez azonban többnyire helyettesíthető olyan korszerű IoT (Tárgyak Internete) és Ipar 4.0 megoldásokat tartalmazó monitorozó rendszerrel, amely a termelő gépek aktuális státuszáról adatokat gyűjtve, azokat letárolva, feldolgozva képes a termelési folyamat aktuális állapotát meghatározni és akár megjeleníteni is. Egy ilyen rendszer a termelési folyamat nyomon követését nagymértékben automatizálja és így jelentősen megkönnyíti.

Ebben a cikkben egy olyan termelési folyamatot nyomon követő mintarendszert mutatunk be, amely a NETvisor Zrt. [1], a BME [2] és a CS-Process Mérnöki Kft. [3] együttműködésében, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal [4] által támogatott K+F projekt [5] keretében kifejlesztett új, termelővállalati környezetre szánt, menedzsel

IoT-keretrendszerre [6] épül, és a Göteborg's Food Budapest Zrt. [7] dunaharaszti termelőüzemében került bevezetésre. A mintarendszer a csokoládé előállításának termelési folyamatát nyomon követő, korábban használt manuális, mágnes tábla alapú eljárásnak a digitalizációját és továbbfejlesztését valósítja meg szenzorok segítségével automatikusan gyűjtött adatok felhasználásával.

A továbbiakban ismertetjük a csokoládégyárban korábban alkalmazott, a termelési folyamatot nyomon követő, hagyományos eljárást. Ezt követően bemutatjuk a kifejlesztett és bevezetett mintarendszert és annak működését. Végül egy rövid összeggzéssel zárjuk a témát.

2. Termelési folyamat nyomon követése hagyományos módon

A Göteborg's Food Budapest Zrt. csokoládégyár dunaharaszti termelőüzemében a termelési folyamat nyomon követése korábban az 1. ábrán látható, mágnes tábla alapú megoldás keretében, manuálisan történt.

1. ábra Termelési folyamat nyomon követése hagyományos módon, mágnes tábla alapú manuális eljárással



A táblán látható, papírlapokra nyomtatott négyzetháló egynapos (24 órás) időintervallumot reprezentál 15 perces bontásban. A négyzetháló minden egyes sora egy adott csokoládékészítő gép termelési folyamatának állapotait, illetve azok időbeli változását jeleníti meg az aktuális napon, színes korongok segítségével. A különböző színek különböző állapotokat jelölnek, összesen 6 féle állapotra bontva a termelő folyamatot. Amikor a termelő folyamat belép egy adott gépen az adott állapotba, akkor a gép operátora a táblán az állapotnak megfelelő színű korongot a belépés időpontjának megfelelő négyzetbe helyezi, amely egyúttal a termelési folyamat előző állapotának a lezárását is jelenti. A nap végén a műszakvezető lefényképezi a mágnes táblát, rögzítve ezáltal az adott napra vonatkozó adatokat, majd letisztítja azt, leszedve a korongokat a négyzethálóról, hogy másnap az üres táblán előlről lehessen kezdeni a folyamat nyomon követését.

Ez a hagyományos, termelési folyamatot nyomon követő megoldás azon túl, hogy folyamatos manuális beavatkozást igényel, számos hátránnyal jár. Egyrészt, ha az operátor elfelejti, vagy később helyezi el a táblán az adott korongot, akkor pontatlan információk jelennek meg a folyamatról. Másrészt, a tábla lefényképezésével megvalósított adatgyűjtés, illetve „adatmentés” használat erősen korlátozott, hiszen így az adatok visszakeresése vagy későbbi, egyéb célú felhasználása nagyon nehézkes és limitált, ha egyáltalán megvalósítható.

3. Digitalizált termelési folyamat nyomonkövetés

Az általunk implementált és bevezetett termelési folyamat nyomonkövető mintarendszer az előző szakaszban ismertetett manuális, mágnes tábla alapú hagyományos eljárásnak a digitalizációját és továbbfejlesztését valósítja meg szenzorok segítségével automatikusan gyűjtött adatok felhasználásával.

A mintarendszernek köszönhetően sikerült a termelési folyamat monitorozását nagymértékben automatizálni. (A manuális beavatkozás teljes mértékű kiiktatá-

sa további költséges infrastrukturális fejlesztéseket igényelt volna.) Másrészt a monitorozás granularitását is sikerült megnövelni, a korábbi 6 féle állapotot tovább finomítva összesen 13 állapotra, ezáltal a korábbi megoldáshoz képest jóval részletesebb információt lehet gyűjteni a termelési folyamatról. Továbbá az összegyűjtött adatokat a rendszer automatikusan eltárolja (a historikus adatok bármikor visszakereshetők, megjeleníthetők, vagy analizálhatók) és az állapotváltozásokat egy grafikus felületen vizualizálja. Ezen felül a grafikus felület egyszerű hibajelzésre is képes (jelzi, ha egy csokoládékészítő gép meghibásodik), ezáltal alapvető működtetés támogató funkciót is biztosít.

A megvalósított termelési folyamatot nyomon követő mintarendszer főbb elemei (2. ábra):

- lokális IoT-gateway (helyi kommunikációs átjáró);
- központi szerver;
- ipari PC-hez kötött érintőképernyős ipari kijelző.

Ezen elemek a csokoládégyárban kialakított lokális hálózaton kommunikálnak egymással vezetékes (Ethernet) kapcsolaton keresztül.

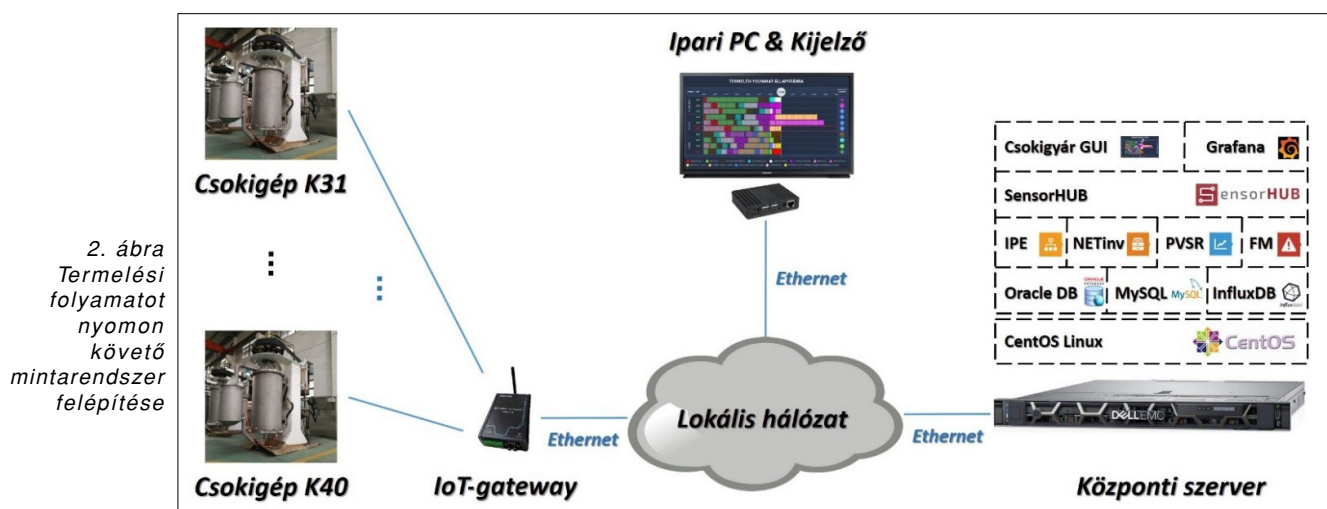
3.1. IoT gateway

A PLC (Programmable Logic Controller – programozható logikai kontrollor) alapú lokális IoT-gateway a hozzá behuzalozott csokoládékészítő gépektől gyűjti össze folyamatosan, valós időben a megfelelő működési és státusz információkat, többnyire a gépek megfelelő egységeiből, szenzoraiból kinyerve azokat. Az így összegyűjtött adatokat eljuttatja a központi szerverhez, ahol azok a megfelelő szoftverkomponensek segítségével le-tárolásra és feldolgozásra kerülnek.

A termelési folyamat automatikus állapotátmeneteit kiváltó eseményeket és azok származtatását az automatikusan gyűjtött adatokból az 1. táblázat (a következő oldalon) tartalmazza.

3.2. Központi szerver

A központi szerver egy Linux alapú kiszolgáló, amely futtatja többek között az általunk kifejlesztett, termelő-vállalati környezetre szánt, menedzselte IoT-keretrendszer [6] felügyeleti komponenseit (IPE [8], NETinv [9], PVSR



1. táblázat
Automatikus
állapotátmeneteket
kiváltó események
származtatása

Gépegység	Monitorozott alkotórész	Esemény
Koncs	Zsíradagoló szelep	A koncs zsíradagoló szelepe kinyílik
		A koncs zsíradagoló szelepe lezáródik
	Motor	A koncs elindul
		A koncs leáll
	Keverő lapátok	A koncs felfeszül
	Időzítő	A koncs időzítője bekapcsol
		A koncs időzítője kikapcsol
Malom	Motor	A malom elindul
		A malom leáll

[10], FM), az IoT-plattformot (SensorHUB [11]), a szakterület-specifikus alkalmazást (Csokigyár GUI – grafikus felhasználási felület), és egyéb kiegészítő komponenseket (Oracle DB [12], MySQL [13], InfluxDB [14], Grafana [15]).

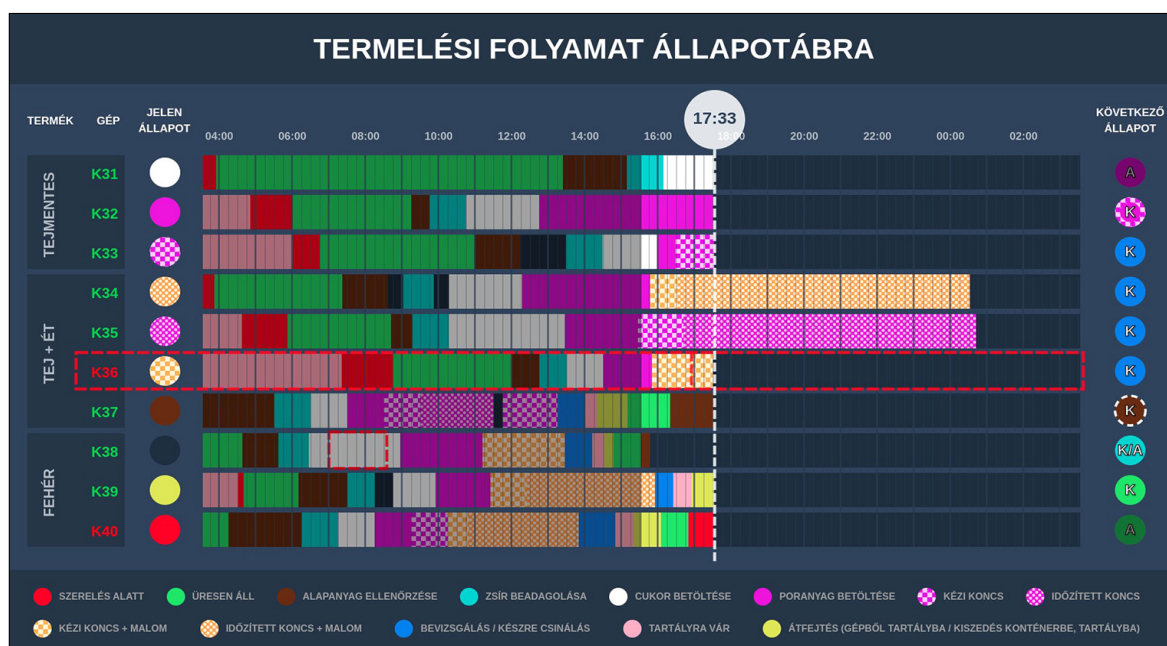
Az IoT-keretrendszerünk felügyeleti komponensei segítik a rendszerelemek felderítését (IPE), nyilvántartását (NETinv), működésük monitorozását (PVSR), valamint hiba esetén a hibalokalizációt (FM), míg az IoT platform (SensorHUB) az összegyűjtött adatok tisztítását, normalizálását, tárolását végzi, valamint egyszerűbb analitikai és vizualizációs funkciókat valósít meg.

A szakterület-specifikus alkalmazás (Csokigyár GUI) szolgál a termelési folyamat digitalizált nyomon követésére és az állapotinformációk megjelenítésére. Ez az alkalmazás egy szerver és egy kliens oldali komponensből áll. A kliens oldali felületet részletesen bemutatjuk a következő szakaszban. A kiegészítő komponensek (Oracle DB, MySQL, InfluxDB) az alkalmazási, illetve rendszeradatok különböző célú és formájú tárolására, valamint az eltárolt historikus adatok megjelenítésére és analizálására (Grafana) szolgálnak.

3.3. Ipari kijelző

Az ipari PC-hez kötött érintőképernyős ipari kijelző jeleníti meg a szakterület-specifikus alkalmazás (Csokigyár GUI) kliens oldali felületét (3. ábra), amely tulajdonképpen egy dinamikus weboldal. Ezen az oldalon látható egy 24 órás, csúszóablakos időtengelyen különböző színekkel és textúrákkal jelölve, hogy a csokoládékészítő gépek éppen a termelési folyamat mely állapotában vannak, illetve ezen a felületen keresztül történik azon információk manuális bevitelére a rendszerbe, amelyek automatikus detektálására és bevitelére nem volt mód.

Az időtengelyen negyedórás és órás beosztások láthatók. Az aktuális időpontot egy fix pozícióban elhelyezkedő függőleges fehér szaggatott vonal jelöli a tetején a pontos idő megjelenítésével egy buborékban. Az ezt megelőző 2 órás időintervallum ki van emelve, míg az azelőtti 8 órára vonatkozó historikus adatok el vannak halványítva. Az időtengely megjeleníti a jelen időpillanatot követő 10 órát is az aktuális időponttól jobbra. Ebben az intervallumban a jövőre vonatkozó esetleges állapotjelzések azt jelölik, hogy az adott állapothoz időzítő tar-



3. ábra
Termelési
folyamatot
nyomon
követő
alkalmazás
kliens oldali
felülete

tozik, és az várhatóan mikor fog lejárni a jövőben. Az időzítő alapértelmezett lejárati ideje (8 óra) a felületen manuálisan módosítható.

A *Jelen állapot* oszlopban alapvetően az aktuális állapot színekódja és textúrája jelenik meg egy korong formájában, míg a *Következő állapot* oszlopban az aktuális állapotot követő következő állapot színekódja és textúrája. Ez utóbbi oszlopban a korongokban megjelenő, fehér színű betűk jelentése:

- **K:** a folyamatnak a következő állapotba való továbblépése kézi beavatkozást igényel;
- **A:** a folyamatnak a következő állapotba való továbblépése automatikusan történik, kézi beavatkozást nem igényel;
- **K/A:** a folyamatnak a következő állapotba való továbblépése mind kézi beavatkozás által, mind automatikus módon történhet.

A felület érintőképernyős, adatbevitelre alkalmas, így a kézi beavatkozás implementálása a **K** vagy **K/A** feliratú korongokra való kattintás által történik. Az **A** feliratú korongok inaktívak, nem kattinthatók és ezt elhalványított megjelenítésük is tükrözi. Abban az esetben, ha a korong peremét szaggatott vonal veszi körül, akkor az nem a következő állapotot, hanem az aktuális állapot lezárását jelenti. Ilyenkor mindenképp kézi beavatkozással történik az állapot lezárása, tehát a szaggatott vonalú peremmel rendelkező korongokban mindig **K** betű szerepel.

Amikor bekövetkezik a következő állapotba lépéshez szükséges esemény – akár automatikusan, akár kézi beavatkozás által –, az időtengelyen a színezés átvált a következő állapot színére és textúrájára – ami onnantól az aktuális állapotot jelöli –, valamint a *Következő állapot* oszlopban a soron következő állapot színekódja és textúrája jelenik meg. Az adott eseményekre történő állapotátmeneteket az alkalmazás szerver oldali komponensek által implementált állapotgép vezérli.

A felület alkalmas egyszerű hibajelzésre is. Normál működés során a gépek neve zöld színnel kerül megjelenítésre. Meghibásodás esetén a gép neve piros színre vált, a géphez tartozó időtengely körül piros szaggatott vonal jelenik meg, valamint az időtengelyen a hiba be-

következésének a pillanatát egy piros, függőleges szaggatott vonal jelzi, ahogy ezt a 3. ábra K36-os gépének állapotábrája illusztrálja. A hiba elhárításáig az időtengelyen az aktuális állapot színe és textúrája kerül megjelenítésre, mintegy jelezve, hogy a termelési folyamat 'beragadt' az aktuális állapotba. A felületen a meghibásodás historikusan is feltüntetésre kerül. Ilyenkor a múltban az adott állapot meghibásodás kezdő- és végidőpont közötti szakasza piros szaggatott vonallal keretezve jelenik meg, ahogyan ez a K38-as gép állapotábrájának historikus részén látható. Továbbá amennyiben egy adott gép szerelés alatt áll, úgy a gép neve, valamint a hozzá tartozó időtengelyen az aktuális állapot is piros színűre vált, ahogyan ez az ábra K40-es gépének állapotábráján látható.

3.4. A telepített mintarendszer

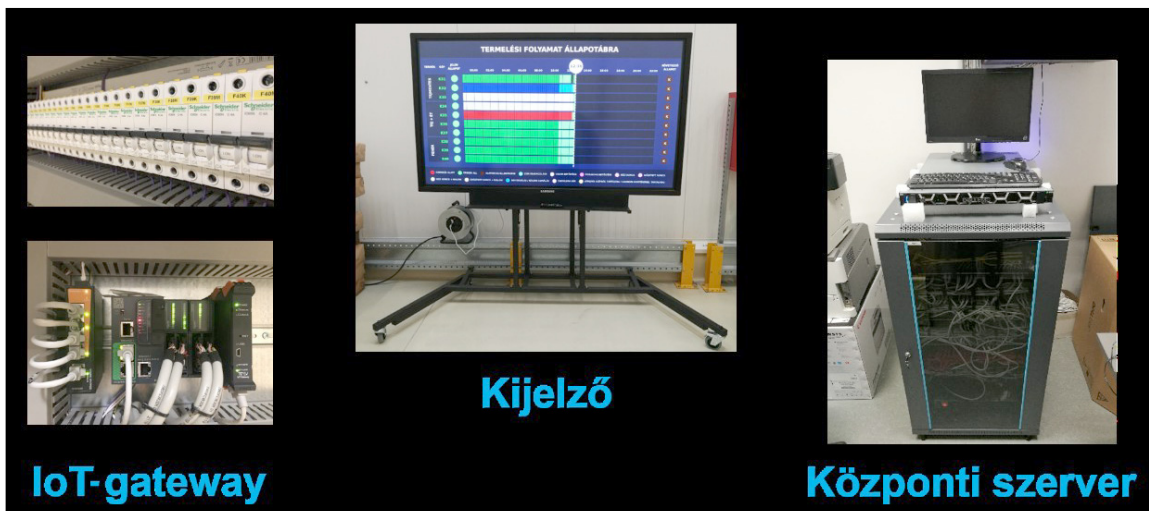
A mintarendszer elemei közül az IoT-gateway az üzemcsarnokban egy villamos elosztószekrényben, az ipari PC-hez kötött érintőképernyős ipari kijelző egy mobil állványon az üzemcsarnok előterében, míg a központi szerver a gyár szervertermében került elhelyezésre, ahogy ezt a 4. ábra szemlélteti. A rendszer normál működése aktív felügyeletet nem igényel, sőt az egyes komponensek úgy lettek beállítva, hogy egy esetleges áramkimaradást követően automatikusan visszaállnak az áramkimaradás előtti állapotukba.

4. Összefoglalás

A termelővállalatok fejlődésének, versenyképességük és hatékonyságuk növelésének elengedhetetlen feltétele a digitalizáció. Ez az Ipar 4.0 megközelítéssel összhangban elsősorban a vállalat üzleti, működési és termelési folyamatainak digitalizációját, illetve bizonyos mértékű automatizmusok bevezetését vetíti előre.

A cikkben bemutatásra került egy Ipar 4.0 szemlélet szerint fejlesztett mintarendszer, amely – a tárgyalt esetben – alkalmas egy csokoládé alapanyagokat előállító termelőüzem termelési folyamatának valós időben való monitorozására. A rendszer a csokoládékészítő gé-

4. ábra
A telepített
mintarendszer



pek aktuális állapotának szenzoradatait egy lokális IoT-gateway segítségével gyűjti össze és juttatja el a központi szerverhez, amelyen az ott futó szakterület-specifikus alkalmazás szolgál a termelési folyamat digitalizált nyomon követésére és az állapotinformációknak egy nagyméretű ipari kijelzőn történő megjelenítésére.

A korábbi termelési folyamatot monitorozó eljáráshoz képest a digitalizált nyomon követő rendszernek köszönhetően sikerült a termelési folyamat monitorozását nagymértékben automatizálni, illetve a monitorozás részletességét megnövelni. Továbbá az összegyűjtött adatok eltárolása ezúttal már automatikusan történik, így azok bármikor visszakereshetők és feldolgozhatók.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott termelési folyamatot nyomon követő rendszert a 2017-1.3.1-VKE-2017-00042 számú projekt keretében a NETvisor Zrt., a BME VIK Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszéke és a CS-Process Mérnöki Kft. által alkotott konzorcium dolgozta ki és valósította meg. A 2017-1.3.1-VKE-2017-00042 számú projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Versenyképességi és Kiválósági Együttműködések pályázati program finanszírozásában valósult meg.

A szerzőről



FARKAS KÁROLY 1998-ban szerzett műszaki informatikus mérnöki diplomát, majd 1999-ben bankinformatikus szakmérnöki diplomát a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán. Doktori tanulmányait a BME-n kezdte, majd a Zürichi Műszaki Egyetemen (ETH Zürich) folytatta, ahol 2007-ben megszerezte a PhD-fokozatot. 2007 és 2012 között a Nyugat-magyarországi Egyetem (Nyme) Informatikai és Gazdasági Intézetének, 2008-tól a BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások (korábban: Híradástechnika) Tanszékének docense, ahol 2017-ben habilitált. 2016 szeptemberétől a NETvisor Zrt. K+F igazgatója. A 2011/2012-es tanévet Svájcban, az Universitaet Zürich-en töltötte vendégprofesszorként. Oktatási és kutatási tevékenységét elsősorban a kommunikációs hálózatok területén végzi, különös tekintettel az autonóm, önszerveződő vezeték nélküli mobil hálózatok, beltéri helymeghatározás, közösségi érzékelés, valamint az IoT és Ipar 4.0 témakörökben. Több, mint 90 tudományos publikációval rendelkezik, a publikációira történő független hivatkozások száma 700 feletti. Rendszeresen részt vesz a nemzetközi tudományos életben, mint konferencia szervező vagy a szakmai bizottság tagja. Farkas Károlyt 2016-ban az MTA elismerő oklevélben részesítette a 2012–2015 időszakra elnyert és kiváló minősítéssel zárult Bolyai János Kutatási Ösztöndíj keretében végzett kiemelkedő kutatói munkájáért. Koordinátora a BME-n működő lokális Cisco Hálózati Akadémiának; alapítója és koordinátora a BME-HIT-en működő Cisco IPv6 Tréning Laboratóriumnak; valamint kezdeményezője és fő szervezője a felsőoktatásban tanuló hallgatók számára BME-Pannon NetSkills Challenge néven, évente meghirdetett, számítógép-hálózatos témájú országos tanulmányi versenynek. Farkas Károly a Cisco Hálózati Akadémia képezett CCNA R&S / CCNA Security / CCNA Cybersecurity Operations instruktora, illetve instruktortréner, valamint rendelkezik Cisco CCNA R&S / CCNA Security / CCNA CyberOps / CCNP R&S ipari vizsgákkal. 2017-ben Cisco Instructor Excellence Advanced Award díjban részesült a Cisco Hálózati Akadémia programjában végzett kiváló instruktori munka elismeréseként.

Hivatkozások

- [1] NETvisor Zrt., <http://www.netvisor.hu>.
- [2] BME VIK AUT Tanszék, <https://www.aut.bme.hu>.
- [3] CS-Process Mérnöki Kft., <http://cs-process.hu>.
- [4] NKFIH, <https://nkfi.gov.hu>.
- [5] VKE projekt, <https://www.netvisor.hu/2017-1-3-1-vke-palyazat-menedzselt-iot-keretrendszer-kialakitasa>.
- [6] Farkas K.: Ipar 4.0 megoldások – Gyári infrastruktúra felügyelete. In: Híradástechnika – HTE Infokom 2018 különszám, Vol. LXXIV (2019) pp.8–16.
- [7] Göteborg's Food Budapest Zrt., <http://www.goteborgsfood.hu>.
- [8] IP Explorer, <http://www.netvisor.hu/termekeink/ip-explorer-halozat-felderites>.
- [9] NETinv, <http://www.netvisor.hu/termekeink/netinv-muszaki-nyilvantartas>.
- [10] PerformanceVisor, <http://www.netvisor.hu/termekeink/pvsr-performancia-monitorozas>.
- [11] SensorHUB, <http://sensorhub.autsoft.hu/docs/index.html>.
- [12] Oracle DB, <https://www.oracle.com/index.html>.
- [13] MySQL, <https://www.mysql.com>.
- [14] InfluxDB, <https://www.influxdata.com>.
- [15] Grafana, <https://grafana.com>.