

## **Trendy dátových a priemyselných sietí v podnikoch realizovaných v súlade so štandardom Industry 4.0**

### **Trends of data and industry networks in Industry 4.0 enterprises.**

*Karol Molnár, Peter Juhás, Merchant s.r.o., Šaľa*

**Abstract:** The development in area of communication in information technologies and process control is currently under accelerated pace. The trend is realization of large hybrid communication systems that are joining advantages and disadvantages of both of them. The article contains description of used communication protocols and possibilities of communication in environment of production network and equally in classic network environment. In next we describe possibilities of development from the current and from future perspective, together with implementation of new function possibilities in communication.

**Key words:** Industry 4.0, communication, safety, protocol

**Abstrakt:** Vývoj technológií v oblasti informačných technológií a riadenia prebieha v súčasnosti zrýchleným tempom. Trendom je vytváranie veľkých hybridných komunikačných systémov, ktoré spájajú výhody aj nevýhody oboch oblastí komunikačnej techniky. Obsahom tohto článku je popis používaných komunikačných protokolov a možností komunikácie v prostredí priemyselnej automatizácie a v prostredí klasických informačných sietí. Ďalej popisujeme možnosti vývoja zo súčasného pohľadu a následne z pohľadu perspektívy a vývoja jednotlivých komunikačných štandardov spolu s implementáciou nových funkcionalít.

**Kľúčové slová:** Industry 4.0, komunikácia, bezpečnosť, protokol

## **1. Úvod**

S rozšírením nových štandardov pri realizácii výrobných podnikov sa kladú zvýšené nároky na priemyselnú komunikáciu. Komunikácia prebieha v rôznych úrovniach výrobného

procesu. Nejde pritom len o priemyselnú komunikáciu priamo súvisiacu s riadením procesov. Moderné podniky, v ktorých sa predpokladá realizácia výroby v súlade so štandardmi Industry 4.0 sú reprezentované chytrými továrňami (Smart Factory -SF) prepojenými do globálnej produkčnej siete. Predpokladá sa tak vznik rozľahlých výrobných sietí (Cyber Physical systems – CPS) (21), ktoré presahujú rozmery kontinentu a je zrejmé, že komunikácia a prenos údajov je v tomto prípade základným stavebným kameňom. Potom na najvyššej úrovni, v prostredí CPS, ide o komunikáciu medzi jednotlivými oddeleniami výroby, na nižšej úrovni ide o komunikáciu medzi výrobkom a strojom, strojom a človekom. Komunikačné cesty pritom predstavujú najzraniteľnejšie miesta najmä pri využívaní bezdrôtových technológií pri komunikácii veľkého množstva zariadení (Internet of Things - IoT) a ich pripojení do internetu.

## **2. Súčasný stav**

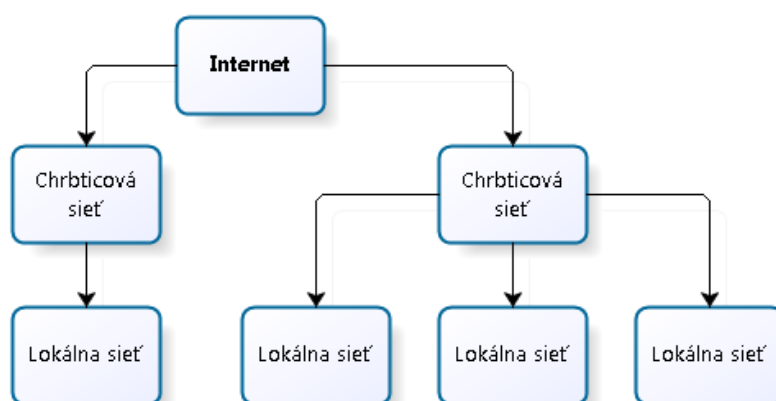
Všeobecná predstava o funkcii podnikov pracujúcich v súlade so štandardmi Industry 4.0 zodpovedá vytvorenie univerzálnej výroby, kde nezáleží na druhu produkovaného výrobku. V praxi však nie je možné reálne dosiahnuť takýto stav. Dôvodom je nízka možnosť automatizácie všetkých procesov a veľké rozdiely v používaných vstupných materiáloch a výstupných prvkov. Vďaka globalizácii v celosvetovom meradle však môžeme realizovať industriálne klustre tvorené podnikmi s podobným typom výroby a následne ich spájať do vyšších virtuálnych výrobných celkov, do výrobných sietí (Production network). Podobne uvažujú vo svojej práci autori Veza, I. a kol. (5) a definujú pojem Virtual Enterprise (VE). Vo svojej práci popisujú možnosť realizácie výroby prostredníctvom vytvorenia konglomerácie z celých podnikov rôznych typov (podniky dodávateľské, montážne, odbytové), ktoré sú spojené do produkčnej siete a každých z nich plní svoju úlohu v procese výroby. Podrobný prehľad závislostí v procese vytvárania virtuálnych výrobných sietí v rámci výroby a IoT (30), komunikácie medzi nimi a možností ktoré ponúkajú takéto technológie popisuje vo svojej práci Chaari R. a kol. (22). Špeciálne sa v práci zameriava na možnosť prepojenia robotiky, senzorových sietí a automatizačných sietí a ich integráciu do kloudových sietí s využitím takých progresívnych a náročných technológií ako je spracovanie Big Data a virtualizácia procesov. Podobne sa problematikou zaoberajú autori Babiceanu R. a Seker R. (34), pričom rozoberajú špeciálne oblasť komunikácie v prostredí internetu v rámci IoT,

senzorových sietí a SF spojených do produkčných celkov, a to najmä z pohľadu bezpečnosti voči útokom na všetky uvedené súčasti komunikačnej siete.

Z množstva dostupnej literatúry, ktorá sa či už okrajovo alebo podrobne venuje tejto problematike môžeme povedať, že pre vznik SF realizovaných v súlade so štandardom Industry 4.0 a ich integráciu do prostredia a väčších výrobných celkov je základným predpokladom bezpečná, spoľahlivá komunikačná sieť s dostatočnou priepustnosťou.

### 3. Trendy vo vývoji technológií prenosových sietí v prostredí Smart Factory

Predpokladaný smer vývoja je ovplyvnený členením oblasti komunikácie na dve základné vetvy. Prvou vetvou sú dátové siete, všeobecne nazývané ako počítačové a predstavujú komunikačné kanály využívané pre prepojenie počítačov a iných zariadení v prostredí internetu.



**Obrázok 1:** Štruktúra štandardnej informatickej siete

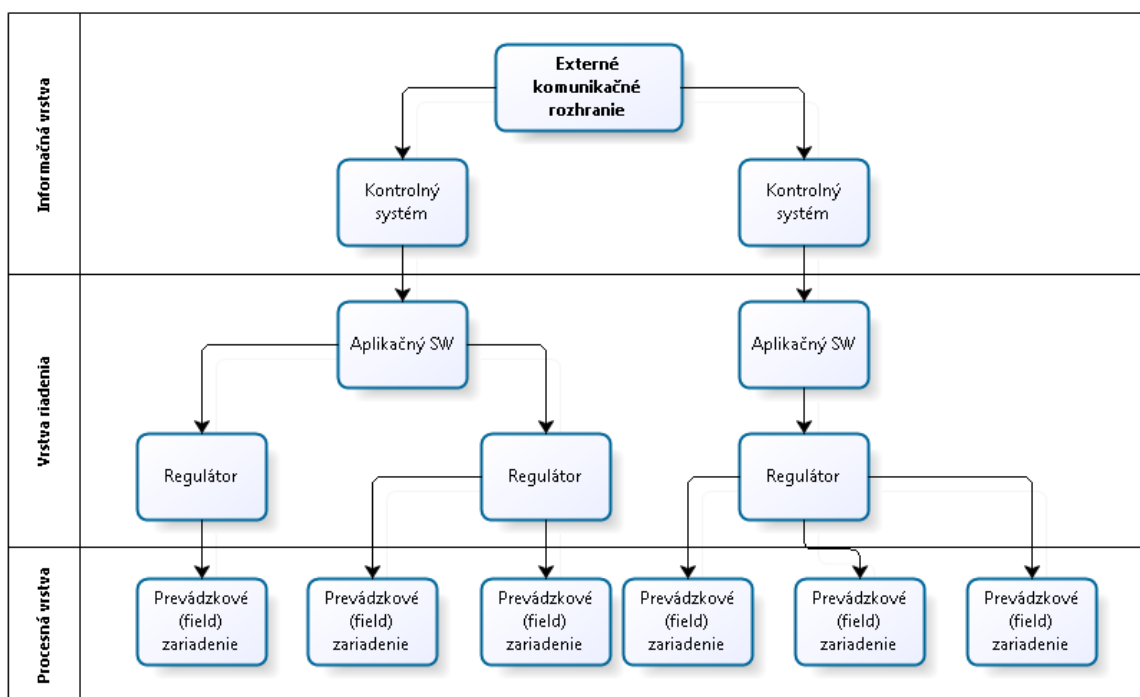
Zdroj: vlastné spracovanie

Aplikácia nových prenosových technológií dátových sietí v praxi je na vyššej úrovni v oblasti bežných, informatických sietí. To je samozrejme logické, pretože v oblasti priemyselných sietí nie je taký priestor na implementáciu nových teoretických poznatkov. Aj tak je však možné povedať, že prenikanie trendov dátových sietí do automatizačných bude mať za následok kompatibilitu všetkým typov sietí. Oblasť lepšej implementácie nových technológií informatických sietí v praxi, prípadne posun oproti súčasnému stavu sa dajú zhrnúť do nasledovných bodov:

- v praxi: aplikácia protokolu IPv6 do všetkých systémov
- nové spôsoby modulácie a ich kombinácia, resp. polarizácia (TDM, QPSK, DWDM, Spread Spectrum)
- virtualizácia sietí a systémov (SDN)
- dôsledné aplikovanie prevenčných a kontrolných systémov v praxi (NIDS,IPS,firewall)

Druhou vetvou sú priemyselné siete. Základným prvkom, na ktorom stojí infraštruktúra podnikov v štandarde Industry 4.0 je komunikácia medzi všetkými zariadeniami. Tieto zariadenia sú však väčšinou oddelené od verejných sietí a používajú sa v nich iné, často proprietárne protokoly.

Hlavný rozdiel medzi týmito druhmi sietí je v spôsobe prístupu k deterministickému časovaniu komunikácie. Na rozdiel od často používaných a overených protokolov v automatizačných sieťach sa klasický ethernet nepovažuje za dostatočne deterministický v prípade priameho riadenia procesov. Zmenu predstavuje masívne nasadzovanie prepínaného ethernetu, kde je možné predikovať prenos a stavy pri komunikácii (23).



**Obrázok 2: Štruktúra štandardnej automatizačnej siete**

Zdroj: vlastné spracovanie

Aj keď vzniklo v poslednom období viacero protokolov vhodných na využitie v riadení procesov a bežiacich v prostredí štandardnej ethernet siete, napríklad POWERLINK (24) alebo EtherCAT (25) a stále viac sa do popredia dostávajú aj protokoly vychádzajúce z osvedčeného prístupu k prenosu v automatizačných sieťach protokolom - ProfiNET (26), prípadne mnohé iné (tab 1.), stále neexistuje štandardizovaná a všeobecne bez výhrad v automatizácii prijímaná sieťová infraštruktúra.

*Tabuľka 1: Štandardizované protokoly používané pri riadení*

Názov protokolu	Štandard IEC/PAS
EPA	62409 Ed. 1.0
Ethercat	62407-2005
Powerlink EPL	62408-2005
Profinet IO	62411-2005
Ethernet/IP	62413-2005
MODBUS – RTPS wire protocol	62030-2004
P-NET on IP specification	62412-2005
VNET/ip	62405-2005
SERCOS III	62410-2005

Tcnet (Time-critical control network)	62406-2005
RAPIEnet	62573-2008

Zdroj: Worldwide standards index. [online] Available at: <http://www.worldstdindex.com/>

Je ale jasné, že systémy smerujú k užšej spolupráci, a to v dôsledku znamená vyššiu komunikáciu a otvorenosť. Dá sa predpokladať, že štandardom sa stane protokol TCP/IP v o verzii IPv6 (31) najmä vďaka svojej stabilite a robustnosti, pričom poskytuje široké spektrum služieb na kontrolu a riadenie komunikácie v sieti. Pozitívne vlastnosti protokolu TCP/IP (27) využiteľné v riadení môžeme zhrnúť do nasledovných bodov:

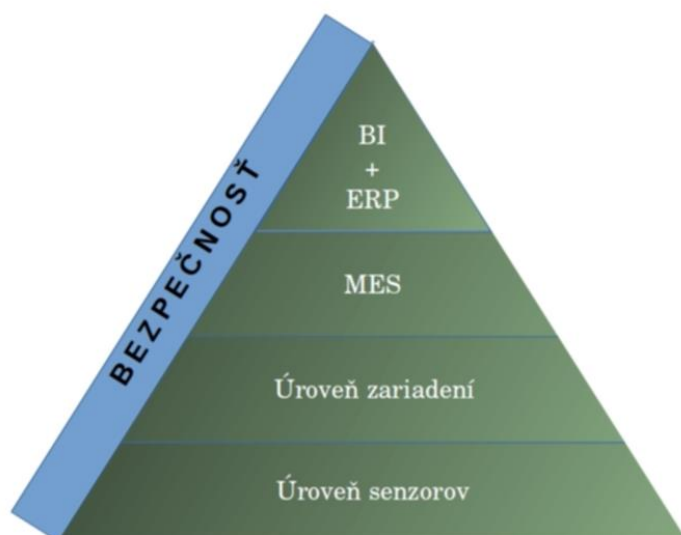
- nezávislosť možnosti prenosu dát od prenosového média
  - IP protokol môže využívať každú sieť druhej úrovne RMOSI, nezávisle na fyzikálnom spôsobe prenosu informácie (drôtové siete, optické, bezdrôtové, laserová komunikácia)
- možnosť prepojenia veľkého množstva zariadení v jednej sieti
  - IPv6 ponúka možnosť priameho adresovania a smerovania paketov v rozľahlých komunikačných sieťach
- možnosť spájania množstva druhov koncových zariadení
  - IP adresa je nezávislá na druhu zariadenia
- zaručenie spoľahlivosti komunikácie
  - súčasťou rodiny protokolov TCP/IP je množstvo interných nástrojov na správu prenosov v komunikačnej sieti
- možnosť priameho pripojenia do internetu
- bezpečnosť dátových prenosov
  - súčasťou verzie IPv6 (na rozdiel od IPv4) je mechanizmus šifrovania prenášaných údajov implementovaný priamo v protokole

Priemyselné siete sú stále predovšetkým o stabilite a kvalite prenosu a zároveň tu panuje veľká zotrvačnosť implementovaných štandardov. Aj tak však v súvislosti so zavádzaním nových výrobných štandardov a procesov dochádza k urýchleniu vývoja prenosových techník

a čoraz viac technológií z oblasti informatických sietí a klasickej dátovej komunikácie preniká do tohto segmentu a v poslednej dobe je badateľný vývoj a aplikácia nových trendov v priemyselných sieťach.

Najmarkantnejším rysom, ktorý je zjavný v tomto sektore je zvyšovanie kompatibility. Komunikácia v modernej automatizácii je založená na protokole ethernet IP (implementácia protokolov TCP/IP). S tým súvisí využívanie rovnakých aktívnych a pasívnych sieťových prvkov (kabeláž, smerovače, prepínače) ako v dátových sieťach. Trendom je, aby jedna sieť v podniku spĺňala tri funkcie : riadenie procesov a zariadení, konfigurácia systémov a zdieľanie dát.

Ďalším významným prvkom , ktorý nachádza uplatnenie v priemyselných sieťach (tu sa asi najviac prejavuje postupné prenikanie trendov z oblasti klasickej výpočtovej techniky) je implementácia bezdrôtových štandardov pri riadení (v rámci štandardov Wi-Fi) a spolu s tým zavádzanie „smart“ technológií do priemyselných sietí. Ide o technológie ako virtualizácia sietí a systémov (cloud computing), mobilita staníc a zavádzanie štandardizovaných (v rámci klasických počítačových sietí) bezpečnostných prvkov ako detekčné a prevenčné systémy, firewally. Implementácia uvedených technológií sa deje ako dôsledok zlepšovania komunikácie firemných subsystémov (administratívne, databázové a výrobné systémy). Následkom je prenikanie nežiadúcich prvkov z lokálnych sietí a internetu (vírusy, malware, útoky DOS, DDOS) do riadiacich sietí, čo má zasa za následok potrebu riešenia bezpečnosti automatizačných sietí. Pri časovo kritických procesoch je bezpečnosť samozrejme prvoradá a výpadky komunikácie v týchto procesoch sú často fatálne.



**Obrázok 3: Bezpečnosť a jej postavenie v riadení**

Zdroj: Halenar, I., Juhasova, B., Juhas, M., „Proposal of communication standardization of industrial networks in Industry 4.0. In INES 2016

Špeciálnou kapitolou v priemyselných sieťach je vznik WSN - Wireless sensor networks. Predstavujú nový trend v projektovaní priemyselných systémov, v súčasnosti asi hlavne zameraných na zber dát z určenej oblasti. Predpokladom pre realizáciu takéhoto typu siete je potrebné spojenie vyššie uvedených faktorov komunikácie: dostatočná prenosová kapacita, dostatočný výpočtový výkon jednotlivých uzlov, bezpečnosť. Pri realizácii WSN vzhľadom na potrebu komunikácie v reálnom čase vystupujú špecifické problémy s opravou chýb v takýchto sieťach (13,14,17), optimalizáciou štruktúry a komunikácie, resp. riadením tokov dát (15,16,18,20) a optimalizáciou energetickej spotreby takýchto sietí (19).

Všeobecne vývoj v automatizačných sieťach smeruje k realizácii heterogénnych distribuovaných automatizačných systémov (DCS – Distributed Control Systems), ktoré môžu byť virtualizované (prípadne virtualizovateľné) a skladajú sa z množstva inteligentných prvkov (senzorov), ktoré vzájomne komunikujú prostredníctvom štandardizovaných komunikačných protokolov – všetko na báze ethernet IP. Je zrejmé, že väčšina senzorov a komponentov siete bude komunikovať bezdrôtovo. (1).

Postup zavádzania do praxe je pomalý vzhľadom na nutnosť dodržania bezpečnosti (dátovej aj fyzickej) a správnej implementácie časovo-závislej komunikácie v riadení. O problémoch s riadením DCS v reálnom čase v spojitosti s komunikačnými sieťami pojednávajú články (10, 11,12).



Všeobecne najnovšie trendy v oblasti automatizačných sietí môžeme zhrnúť do nasledovných bodov:

- zvyšovanie kompatibility (implementácia IP – industrial ethernet, ethernetIP, Powerlink, EtherCAT)
- implementácia technológií infromatických dátových sietí (NIDS, firewall)
- virtualizácia procesov a systémov
- postupná zmena komunikačného média (bezdrôtový prenos, optika) a decentralizácia systémov (WSN, DCS)

#### **4. Evolučné trendy v komunikácii v prostredí CPS**

Budúcnosť v komunikácii zjavne predpokladá nové modely vzťahov medzi výrobným procesom, riadením a komunikáciou s externým svetom. Črtajú sa rôzne nové smery a technológie, nad ktorými je nutné uvažovať v horizonte nasledujúcich investícií pri realizácii výrobných a obchodných sietí. Určite umožnia pri integrácii do celého komunikačného systému pružnejšiu reakciu na maloobchod v spojení s marketingom (32).

Na základe (32) môžeme špecifikovať štyri oblasti spoločenského života, ktoré spolu s komunikačnými možnosťami majú vysoký vplyv a dosah na priemyselnú sféru a realizáciu moderných podnikov.

##### **4.1. Mobilita**

Väčšina spotrebiteľov a výrobcov pokladá za dôležité výhody, ktoré poskytuje mobilita zariadení a mobilné výpočtové prostriedky vo všetkých odvetviach. Súčasťou bežného života sú chytré telefóny, tablety, prenosné počítače, ktoré v spojení s mobilne zameranými operačnými systémami poskytujú služby ako telematika a geofencing (29). Tieto nové technológie transformujú skúsenosti používateľov a spolu s chytrými výrobkami (smart products) majú významný vplyv na produkciu a slúžia ako spätná väzba medzi riadením v procese výroby a konečným produktom.

#### **4.2. Cloud Computing**

Poskytuje výpočtovú kapacitu sprostredkovanú pomocou komunikačných sietí, komunikačných štandardov a protokolov. Delia sa zvyčajne na súkromné (private cloud) a verejné (public cloud). Predovšetkým súkromné sú určené pre obchodné alebo priemyselné konzorciá, ponúkajú vysoký stupeň kolaborácie na zložitých projektoch a sú pravdepodobne základným predpokladom vzniku CPS v nadnárodnom rozsahu, kde umožňujú spájanie rôznych dodávateľov a výrobných prostredí. Aj tu je však prvoradá bezpečnosť a ochrana komunikačných tokov.

#### **4.3. Sociálne médiá a spolupráca**

Aj keď by bolo možné sa domnievať, že tento druh médií ( Facebook, Twitter, Jammer, ..) nemá vplyv na riadenie a výrobu, situácia v súčasnom svete nás často presvedča o opaku. Spojenie množstva zákazníkov do celkov už dnes často dokáže výrazne ovplyvniť aj skryté vnútorné procesy vo výrobnej sfére. Môžeme predpokladať, že spolu so zvyšovaním kompatibility medzi komunikačnými sieťami bude do budúcnosti výrazne narastať vplyv sociálnych sietí na infraštruktúru podnikov a výrobné procesy.

#### **4.4. Big Data/Analytika**

Spolu s otváraním komunikačných kanálov medzi firemnými procesmi a okolitým svetom, zavádzaním služieb telematiky a geofencingu majú objekty na najvyššej vrstve automatizačnej pyramídy (obr. 3) k dispozícii množstvo informácií. Tieto je potrebné správne triediť a spracovať, následne implementovať do procesu riadenia modifikáciou firemných procesov. Pri predpokladanom množstve údajov je nevyhnutné využívať moderné technológie spracovania dát ako napríklad data mining (33) a vypracovať firemné postupy na spracovanie korelácií v reálnom čase, dokonca je možné týmto spôsobom vytvoriť predikatívne analytické nástroje.

### **5. Záver**

V článku sme popísali aktuálny stav komunikačných sietí z pohľadu automatizácie a z pohľadu klasických infromatických sietí, ako aj nami predpokladané trendy a smery, ktorými sa bude daná oblasť posúvať. Je jasné, že momentálne sú tieto dva druhy komunikačných

štruktúr rozdielne vo viacerých smeroch a práve tak je jasné, že budúcnosť patrí ich spájaniu a kompatibilitate. Pritom je reálne možné predpokladať začlenenie verejných sociálnych médií do komunikačných štruktúr výrobných podnikov.

Spojením vzniknú úplne nové komunikačné možnosti a ich prípadné uplatnenie v riadení podnikových procesov vo všetkých úrovniach ponúka úplne nové možnosti existencie výrobných podnikov a úrovni riadenia. Je potrebné prihliadať aj na bezpečnosť a to zvlášť pri časovo kritických systémoch, otvorených smerom do všeobecnej komunikačnej siete – internetu.

*Tento článok vznikol vďaka podpore MŠVVaŠ SR riešenia projektu „Projekt priemyselného výskumu technológie autonómneho výrobného cyklu v súlade s konceptom Industry 4.0“ 2015 -10869/33303:2-15F0.*

## **6. Zoznam bibliografických odkazov**

- (1) Cecílio, J., Furtado, P.: Wireless Sensors. In: Industrial Time-Critical Environments, Springer 2013
- (2) McGrath, D., Johnston, S., Wilcox, G., Didier, P.: Fiber Optic Infrastructure Application Guide , online [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td003\\_-en-e.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/enet-td003_-en-e.pdf)
- (3) [http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Campus/HA\\_campus\\_DG/hacampusdg.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Campus/HA_campus_DG/hacampusdg.html)
- (4) Eckert, M., Knoll, T.M.: QoE Management Framework for Internet Services in SDN Enabled Mobile Networks. In: 19th EUNICE/IFIP WG 6.6 International Workshop Chemnitz, Germany, August 2013 Proceedings , ISBN 978-3-642-40551-8
- (5) Nadeau, T., Gray, K.: SDN: Software Defined Networks. O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472, r. 2013, ISBN 978-1-449-34230-2
- (6) O. M. E. Committee: Software-defined networking: The new norm for networks. Open Networking Foundation (2012). Online: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/white-papers/wp-sdn-newnorm.pdf>

- (7) Gomathi,N., Seethalakshmi, P. ,Govardhan, A.: An Adaptive Cross Layer Design to Enhance Throughput for Multimedia Streaming over Mobile Adhoc Networks . In: International Conferences NeCoM, WeST, WiMoN 2011, Chennai, India, July 15-17, 2011, ISBN 978-3-642-22542-0
- (8) Fortuna, C., Mohorcic, M.: Trends in the development of communication networks: Cognitive networks . Computer Networks 53 (2009) p. 1354–1376 , Elsevier
- (9) Kerner, S.M.: "OpenFlow Protocol 1.3.0 Approved," Enterprise Networking Planet, May 17, 2012. Online: <http://www.enterprisenetworkingplanet.com/nethub/openflow-protocol-1.3.0-approved.html>
- (10) Gonzalez, F.: Real-Time Simulation and Control of Large Scale Distributed Discrete Event Systems. In: Conference on Systems Engineering Research (CSER'13), Atlanta, GA, March 19-22, 2013., p. 177 – 186, ISSN 1877-0509
- (11) Jan H. van Schuppen a kol.: Control of Distributed Systems: Tutorial and Overview. In: European Journal of Control,Volume 17, 2011, p. 579–602, ISSN 0947-3580
- (12) Patton, J., Kambhampati, C.,Casavola, A., Zhang, P.,Ding, S.,Sauter, S.:A Generic Strategy for Fault-Tolerance in Control Systems Distributed Over a Network. In: European Journal of Control Volume 13, Issues 2–3, 2007, Pages 280–296. ISSN 0947-3580
- (13) Jhumka A.,Bradbury, M.,Saginbekov, S.: Efficient fault-tolerant collision-free data aggregation scheduling for wireless sensor networks. In: Journal of Parallel and Distributed Computing, Volume 74, January 2014, p. 1789-1801. ISSN: 0743-7315
- (14) Zeng, V. a kol.: Delay monitoring for wireless sensor networks: An architecture using air sniffers. In: Ad Hoc Networks, Volume 11, Issue 8, October 2013.ISSN 1570-8705
- (15) Kacimia, R.,Dhaoub, R., Beylotb, A.: Load balancing techniques for lifetime maximizing in wireless sensor networks. In: , Volume 11, Issue 8, November 2013, p. 2172–2186. ISSN 1570-8705

- (16) Aktaş, F., Çeken, C., Erkanc, K.: WNCsbed: A Wireless Sensor and Actuator Networks Based Testbed for Networked Control Systems. In: Computer Standards & Interfaces, October 2013. ISSN 0920-5489
- (17) Quevedo, D., Johansson, K., Ahlén, A., Jurado, I.: Adaptive controller placement for wireless sensor–actuator networks with erasure channels. In: Automatica, Volume 49, Issue 11, November 2013, p. 3458–3466. ISSN: 0005-1098
- (18) Lia, Y., Parker, L.: Nearest neighbor imputation using spatial–temporal correlations in wireless sensor networks. In: Automatica, Volume 15, Issue 11, January 2014, p. 64–79. ISSN: 0005-1098
- (19) Kuila, P., Gupta, K.S., Jana, P.: A novel evolutionary approach for load balanced clustering problem for wireless sensor networks. In: Swarm and Evolutionary Computation, Volume 12, October 2013, p.s 48–56. ISSN 2210-6502
- (20) Deshpande, A., Sarma, S., Youcef-Toumi, K., Mekid, S.: Optimal coverage of an infrastructure network using sensors with distance-decaying sensing quality. In: Automatica, Volume 49, Issue 11, November 2013, p. 3351–3358. ISSN 0005-1098
- (21) Jay Lee, Hung-An Kao, Shanhu Yang: „Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment“ in Product Services Systems and Value Creation. Proceedings of the 6th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems, pp. 3-8, 2014
- (22) Chaâri, R., Ellouze, F., Koubâa, A., Qureshi, B., Pereira, N., Youssef, H., Tovar, E., „Cyber-physical systems clouds: A survey“ in Computer Networks Volume 108, The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, pp. 260–278, 2016.
- (23) Joonkyo Kim, Bum Yong Lee, and Jaehyun Park Preemptive Switched Ethernet for Real-time Process Control System 11th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN) 2013, ISBN: 978-1-4799-0752-6
- (24) Ethernet POWERLINK Standardization Group, Ethernet POWERLINK communication profile specification V. 2.0, <http://www.ethernet-powerlink.org> 2003.
- (25) EtherCAT Technology Group, EtherCAT: Ethernet for control automation technology, <http://www.ethercat.org> 2003.

- (26) D. Caro : „Industrial data communications protocols and application layers“ in Industrial Wireless Sensor Networks Monitoring, Control and Automation A volume in Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials 2016, Pages 3–23
- (27) Jingcheng Gao, Yang Xiao, Jing Liu, Wei Liang, C.L. Philip Chen, „A survey of communication/networking in Smart Grids“ in Future Generation Computer Systems vol., 28, pp. 391–404, ISSN: 0167-739X, 2012
- (28) Worldwide standards index. [online] Available at: <http://www.worldstdindex.com/>
- (29) Brousell, L. „5 Things You Need to Know About Geofencing“ in CIO magazine [online]. Available at: <http://www.cio.com/article/2383123/mobile/5-things-you-need-to-know-about-geofencing.html>
- (30) Yongrui Qin, Quan Z. Sheng, Nickolas J.G. Falkner, Schahram Dustdar, Hua Wang, Athanasios V. Vasilakos, „When things matter: A survey on data-centric internet of things“ in Journal of Network and Computer Applications vol. 64, pp. 137–153, ISSN: 1084-8045, 2016
- (31) Halenar, I., Juhasova, B., Juhas, M., „Proposal of communication standardization of industrial networks in Industry 4.0. In INES 2016 20th Jubilee IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems. Hungary. June 30 - July 2, 2016.
- (32) Hems, D., „The microsoft retail fuels marketing reference architecture“. [online]. Available at: <http://enterprise.blob.core.windows.net/wordpress/The-Microsoft-Retail-Fuels-and-Marketing-Reference-Architecture-PC48739.pdf>
- (33) Trnka, A., „ Big data analysis,, in European Journal of Science and Theology. - ISSN 1841-0464, Vol. 10, suppl. 1, pp. 143-148, 2014.
- (34) Babiceanu, R.F, Seker, R., „ Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook. In Computers in Industry volume 81, pp. 128–137, 2016.

## **7. Adresa autorov:**

Karol Molnár, Ing.  
Merchant, s. r.o.  
Štúrova 844/21  
927 01 Šaľa  
karol.molnar@merchant.sk

Peter Juhás, Ing.  
Merchant, s. r.o.  
Štúrova 844/21  
927 01 Šaľa  
peter.juhas@merchant.sk