



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

IoT zařízení v Průmyslu 4.0

IoT Devices in Industry 4.0

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michael Fara

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Daniel Zuth, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automatizace a informatiky
Student: **Michael Fara**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Daniel Zuth, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

IoT zařízení v Průmyslu 4.0

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce má rešeršní charakter a bude se zabývat nejnovějšími trendy v oblasti IoT v návaznosti na průmysl 4.0 a další nekomerční využití. Dále student navrhne možné směry využití této technologie v průmyslu a v oblasti domácí automatizace.

Cíle bakalářské práce:

Objasnit terminologii v oblasti IoT.
Objasnit úlohu IoT v průmyslu 4.0.
Shrnout současné standardy v IoT.
Porovnat současné řešení IoT.
Navrhnout možné využití v průmyslu.
Navrhnout možné využití v domácí automatizaci.

Seznam doporučené literatury:

NOVÁK, Petr. Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 8073001411.

Internet of Things - MATLAB & Simulink. MathWorks - MATLAB and Simulink Conferences [online]. Copyright © 1994 [cit. 12.04.2017]. Dostupné z: <https://ch.mathworks.com/solutions/internet-of-things.html>.

IQRF - Technology for wireless. IQRF - Technology for wireless [online]. Copyright © MICRORISC s.r.o. [cit. 04.11.2016]. Dostupné z: <http://www.iqrf.org/>.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na téma internet věcí a jeho využití v průmyslu 4.0 a jiných oblastech. První část práce je zaměřena na historii internetu věcí, druhy přenosu dat, zabezpečení a bezpečnost používaných technologií a využívané protokoly. V druhé části je popsáno využití a návrh dalšího možného využití internetu věcí v průmyslu 4.0 a dalších oblastech. V závěru práce jsou porovnána současná řešení využívaná v oblasti internetu věcí.

ABSTRACT

This Bachelor thesis is focused on the theme of items utilizing the internet of things and its use in the Industry 4.0 and other areas. The first part focuses on the history of internet of things, the types of data transmission, security and said used technologies and the protocols used. The second part describes the use and design regarding further possible use of items utilizing the internet in the Industry 4.0 and other areas. The final part of the thesis compares current solutions used in the field of internet of things.

KLÍČOVÁ SLOVA

Internet věcí, bezdrátový přenos dat, bezpečnost bezdrátových technologií, průmysl 4.0

KEYWORDS

Internet of Things, Wireless Communication, Wireless Security, Industry 4.0

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FARA, M. *IoT zařízení v Průmyslu 4.0*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. XY s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Daniel Zuth, Ph.D..

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Danielu Zuthovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a profesionální přístup. Dále bych rád poděkoval panu docentovi Pavlovi Šteffanovi za užitečné rady a ochotu. V poslední řadě bych rád poděkoval rodině a přítelkyni za podporu během celého studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Daniela Zutha, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu literatury.

V Brně dne 15. 5. 2017

.....
Michael Fara

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	INTERNET VĚCÍ	17
2.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE	17
2.2	HISTORIE A VZNIK IoT	18
2.3	DRUHY PŘENOSU DAT SOUČASNÉHO IoT	19
2.4	POUŽÍVANÉ PROTOKOLY IoT	24
2.5	ZABEZPEČENÍ A BEZPEČNOST BEZDRÁTOVÝCH SÍTÍ	25
2.6	SENZORY UŽÍVANÉ V IoT	27
3	VYUŽITÍ INTERNETU VĚCÍ V PRŮMYSLU 4.0	29
3.1	IoT v PRŮMYSLU 4.0	29
3.1.1	Průmysl 4.0	29
3.1.2	Energy Harvesting	31
3.1.3	Cloud Computing.....	31
3.1.4	Současné využití a standardy IoT v průmyslu 4.0.....	32
3.1.5	Návrh dalšího možného využití v průmyslu 4.0.....	35
3.2	DALŠÍ OBLASTI VYUŽITÍ IoT	36
3.2.1	Oblasti využití IoT	36
3.2.2	Návrh dalšího využití IoT v domácí automatizaci.....	39
3.3	POROVNÁNÍ SOUČASNÉHO ŘEŠENÍ IoT	40
3.4	VÝROBCI A VÝZKUM.....	40
4	ZÁVĚR	43
5	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
6	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	49

1 ÚVOD

V dnešním světě je internet nezbytnou součástí mnoha lidí. Slouží jako zdroj informací a prostředek pro prodej a nákup zboží a služeb. Dále jsou na něm nabízeny pracovní příležitosti, slouží ke komunikaci osob po celém světě a stále má potenciál stát se mocnějším a důležitějším. Dříve byl internet chápán jako médium, ke kterému má přístup pouze uživatel, který vlastní počítač. S příchodem chytrých telefonů se pohled na internet v očích běžných uživatelů změnil. Vlastník chytrého telefonu mohl využívat internet v plné míře a nepotřeboval k tomu počítač, což mělo za následek využívání internetu mimo domov (například při cestách, na dovolené a v práci) a lidé na něm tedy začali být více závislí. Pořád šlo ale o komunikaci mezi určitým zařízením a člověkem.

V posledních letech se stalo trendem dávat internet do zařízení, které tak byly schopny navázat komunikaci, ke které nebyl potřeba lidský faktor (komunikace typu Machine2Machine). Právě tato skutečnost dala základy vzniku internetu věcí (Internet of Things neboli IoT). Používání internetu věcí je v současnosti ve vyspělých zemích velice oblíbené a v nejbližších letech bude mít jeho využití vzestupnou tendenci. IoT má své podstatné využití zejména v domácí automatizaci, kde se s ním setká nejvíce lidí, ale je používán i v oblastech průmyslu, vzdělávání, zdravotnictví, zdravého životního stylu, sportu i zemědělství. Slouží především k usnadnění a uživatelskému zpříjemnění. V oblasti internetu věcí je kladen důraz na energetickou nenáročnost a šetrnost k lidskému zdraví a životnímu prostředí.

Kvůli jeho vzrůstající implementaci v průmyslu vznikla čtvrtá průmyslová revoluce (Průmysl 4.0), ve které je kladen důraz na vysoký stupeň digitalizace, automatizace a autonomní komunikace. Využití IoT v průmyslu 4.0 ve velké míře usnadní výrobu a chod podniků, nicméně může mít negativní vliv na zaměstnanost.

Na internet jsou mnohdy zasílána a ukládána důležitá data, která musí být chráněna. Z tohoto důvodu je často řešeným tématem i bezpečnost a zabezpečení služeb, které jsou uživateli prostřednictvím internetu poskytovány. U některých služeb (bankovníctví, zdravotní data, soukromé komunikace) je vyžadován vysoký stupeň zabezpečení a u jiných služeb (osvětlení budovy, termostat) je zabezpečení slabší nebo žádné.

V této práci jsou popsány technologie využívané v oblasti IoT a oblastí, ve kterých bývá internet věcí využíván.

2 INTERNET VĚCÍ

Účelem této kapitoly je informovat o základních informacích internetu věcí a jeho vývoji. Dále jsou v kapitole popsány současné trendy, technologie, protokoly přenosu dat, zabezpečení a problematika zabezpečení současného internetu věcí.

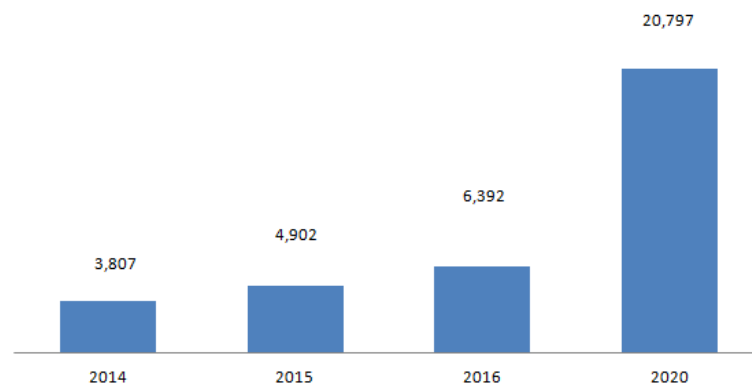
2.1 Základní informace

Internet věcí není pouze obyčejné propojení dvou strojů, ale mnohem „inteligentnější“ propojení různých produktů a zařízení. Existuje mnoho technických a provozních otázek internetu věcí a různých definic toho, co internet věcí je, ale zdá se, že panuje všeobecná shoda, že internet věcí umožňuje uživatelům, ve spolupráci navzájem propojených zařízení, sdílení informací hladkým a automatizovaným způsobem. V budoucnosti budou veškeré objekty a zařízení mezi sebou komunikovat prostřednictvím internetu věcí, což bude mít vliv na téměř každé průmyslové odvětví [13, 14].

Využití a rozvoj digitalizace mění způsob komunikace mezi lidmi a stroji. V současném světě jsou používány dvě základní rozhraní komunikace:

- Lidské rozhraní – tento typ komunikace probíhá za účasti člověka.
 - People2People (P2P) – je typ komunikace mezi dvěma nebo více lidmi. Typickým příkladem P2P komunikace jsou sociální sítě (Facebook, Twitter, Instagram) a virtuální komunity.
 - People2Machine (P2M) – typ komunikace probíhající mezi člověkem a strojem (TV, bankovní karty, auta, kamery, počítače).
- Strojové rozhraní – typ komunikace mezi stroji (bez lidského faktoru).
 - Machine2Machine (M2M) – vzájemná komunikace mezi stroji (senzory, GPS, průmyslové stroje, zařízení domácí automatizace).

U internetu věcí byl v posledních letech zaznamenán velký pokrok. Podle odhadů má v roce 2020, pomocí technologií internetu věcí, mezi sebou komunikovat přes dvacet miliard zařízení. S rostoucím počtem let se bude počet zařízení připojených do IoT zvětšovat.



Obr. 1 Počet zařízení (v mld.) připojených do IoT v příslušném roce. Převzato z [33].

2.2 Historie a vznik IoT

Vznik *Internetu věcí* je obecně výsledkem událostí, díky kterým došlo k vytvoření a rozvoji internetu a bezdrátové komunikace [11]:

- 1955 – Edward O. Thorp koncipoval první přenosný počítač, který měl být používán výhradně pro předvídání rulety. Jeho existence byla odhalena v roce 1966 v Las Vegas.
- 29. října 1969 – První odeslaná zpráva přes ARPANET¹.
- 1994 – Steve Mann vyvinul první bezdrátovou kameru.
- 1995 – Společnost Siemens založila specializované oddělení pro mobilní telefony, kde vyvinula a spustila datový modul GSM pro aplikace M2M², který umožnil zařízením komunikovat přes bezdrátové sítě.
- 1999 – Kevin Ashton poprvé použil termín internet věcí.
- 18. března 2002 – Chana Schoenbergerová a Bruce Ubpin publikují v časopise Forbes článek o internetu věcí.
- Zář 2004 – G. Lawton píše, že M2M technologii čeká veliký posun. „*Strojů, které jsou definovány jako věci s mechanickými, elektrickými nebo elektronickými vlastnostmi je mnohem více než lidí*“, prohlásil.
- 2010 – Čínský premiér Wen Jiabao označil „IoT“ jako klíčový průmysl pro Čínu.



Obr. 2 Počet vyhledávání termínu "IoT" přes vyhledávač Google od roku 2009. Převzato z [12].

¹ ARPANET je předchůdce internetu.

² M2M (Machine-to-Machine) umožňuje spolupráci mezi stroji bez zásahu člověka.

2.3 Druhy přenosu dat současného IoT

V oblasti internetu věcí existuje několik způsobů, kterými jsou data přenášena. Hlavními aspekty při výběru vhodné technologie přenosu dat jsou rychlost přenosu dat, dosah, energetické specifikace, bezpečnost a způsob zpracování dat.

Wi-Fi

Wireless Fidelity neboli Wi-Fi je způsob komunikace mezi bezdrátovými zařízeními. Zařízení Wi-Fi je certifikovaná verze variant bezdrátových standardů 802.11 vyvinutých organizací IEEE³. Tato technologie je označena několika standardy 802.11x (x nese označení jednotlivých verzí). Každý Wi-Fi standard je definován maximální přenosovou rychlostí a frekvencí, na které „pracuje“. Jejich přehled je zobrazen v tabulce 1.

Typ standardu	Rok vzniku	Maximální rychlost přenosu dat	Frekvence
802.11a	1999	54 Mb/s	5 GHz
802.11b	1999	11 Mb/s	2,4 GHz
802.11g	2003	54 Mb/s	2,4 GHz
802.11n	2009	65 – 600 Mb/s	2,4 nebo 5 GHz
802.11ac	2012	78 Mb/s – 3,2 Gb/s	5 GHz

Tab. 1 Přehled standardů Wi-Fi. Převzato z [2, 3].

Na rozdíl od řady jiných bezdrátových standardů běží 802.11 na „volné“ části rádiového spektra, což znamená, že (např. oproti mobilním telefonům) pro vysílání a komunikaci pomocí 802.11 (neboli Wi-Fi) není zapotřebí žádná licence. Standarty 802.11 jsou navrženy k používání volných spekter, která nevyžadují specifické licencování. V současné době standarty 802.11 využívají spektra 2,4 GHz a 5 GHz. Standard 802.11 je každodenně používán miliony lidmi po celém světě. Nejčastěji slouží k bezdrátovému připojení k internetu.

Technologie Wi-Fi zaručuje vzájemnou kompatibilitu zařízení 802.11, což znamená, že každé Wi-Fi zařízení dokáže „mluvit“ s každým jiným zařízením, které také nese logo Wi-Fi. Tuto skutečnost certifikuje organizace Wi-Fi Alliance⁴. [2, 3]

³ IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) je mezinárodní nezisková profesní organizace, usilující o vzestup technologie související s elektrotechnikou.

⁴ Wi-Fi Alliance je obchodní sdružení, které určuje, zda Wi-Fi technologie a certifikované Wi-Fi produkty odpovídají určité normě.



Obr. 3 Wi-Fi logo. Převezato z [6].

PoWi-Fi

Inženýři z univerzity ve Washingtonu v roce 2015 představili technologii, kterou pojmenovali The Power Over Wi-Fi (tzv. PoWi-Fi). Tato technologie umožňuje, pomocí Wi-Fi signálu, přenášet data i energii. Při zkoumání a vyvíjení technologie bylo zjištěno, že při přenosu energie nedochází ke snížení rychlosti přenosu sítě. Tým počítačových vědců oznámil, že Wi-Fi signály obsahují dostatečnou energii potřebnou ke splnění požadavků zařízení s nízkým výkonem, ale kvůli přerušovanému vysílání těchto signálů energie ze systému „utekla“. Problém s únikem energie byl vyřešen optimalizací směrovače. Ve vědeckých experimentech bylo dokázáno, že systém PoWi-Fi dokáže napájet fotoaparát s nízkým rozlišením nebo náramek, který umožňuje sledování lidských funkcí. [4]

Bluetooth

Bluetooth technologie je technologie definovaná standardem IEEE 802.15.1. Slouží k bezdrátové komunikaci několika zařízení na krátkou vzdálenost. Bluetooth zařízení „běží“ v pásmu ISM o frekvenci 2400 MHz, ačkoliv v některých státech je frekvence odlišná.



Obr. 4 Bluetooth logo. Převezato z [5].

Vývoj byl zahájen v roce 1998 firmami Ericsson, Nokia, Intel, IBM a později se přidaly i další. V průběhu uplynulých dvaceti let vývoje, bylo představeno hned několik Bluetooth typů:

- Bluetooth 1.0 a bluetooth 1.0b
Jednalo se o první bluetooth typ, který byl představen v roce 1999. Tento typ měl hodně nedostatků a chyb.
- Bluetooth 1.1
Tato verze byla představena v roce 2001. Jednalo se o plně funkční verzi, která byla o rok později přijata jako standard IEEE 802.15.

- **Bluetooth 1.2**
Verze z roku 2003, která byla oproti předchozí verzi 1.1 rychlejší v připojování a hledání ostatních zařízení. Dále byla schopna přeskokovat frekvence, což vedlo k její větší stabilitě.
- **Bluetooth 2.0**
Verze představena v roce 2004. Došlo zde k navýšení rychlosti přenosu.
- **Bluetooth 2.1 + EDR**
Tato verze byla představena v červenci 2007. Hlavním znakem této verze je jednoduché a bezpečné párování (SSP⁵). Dále obsahuje rozšířené informace EIR⁶.
- **Bluetooth 3.0 + HS**
Představen v roce 2009. Zvýšení přenosové rychlosti na 24 Mbit/s. Bluetooth slouží pouze ke komunikaci a samotná data jsou přenášena přes Wi-Fi.
- **Bluetooth 4.0**
Bluetooth 4.0 je verze bluetooth navržena speciálně pro IoT, představena v roce 2010. Jedná se o energicky úspornou verzi bluetooth. Kvůli energetické úspoře se BLE⁷ používá ke kontrole a monitorování, je tedy vhodná do bluetooth inteligentních senzorů. Naměřená data jsou pak posílána do druhého zařízení⁸ tzv. Bluetooth Smart Ready (smartphony, tablety atd.), které přijatá data zpracuje uživateli. [7]
- **Bluetooth 4.1**
Verze z roku 2013, v níž byla vylepšena a optimalizována spolupráce bluetooth a LTE⁹.
- **Bluetooth 4.2**
Specifikace bluetooth vydána v roce 2014. Tato verze je vybavena IPSP¹⁰ a má navýšenou přenosovou rychlost.

⁵ SSP (Secure Simple Pairing) zlepšuje spárování a zároveň zvyšuje bezpečnost.

⁶ EIR (Extended Inquiry Response) poskytuje více informací během vyhledávání a lépe tedy dokáže zařadit zařízení před vlastním připojením.

⁷ BLE (Bluetooth Low Energy) je energeticky nenáročná verze bluetooth.

⁸ Jedná se o zařízení kompatibilní s bluetooth verzí 4.0 a vyšší.

⁹ LTE (Long Term Evolution) je technologie určená pro vysokorychlostní internet v mobilních sítích.

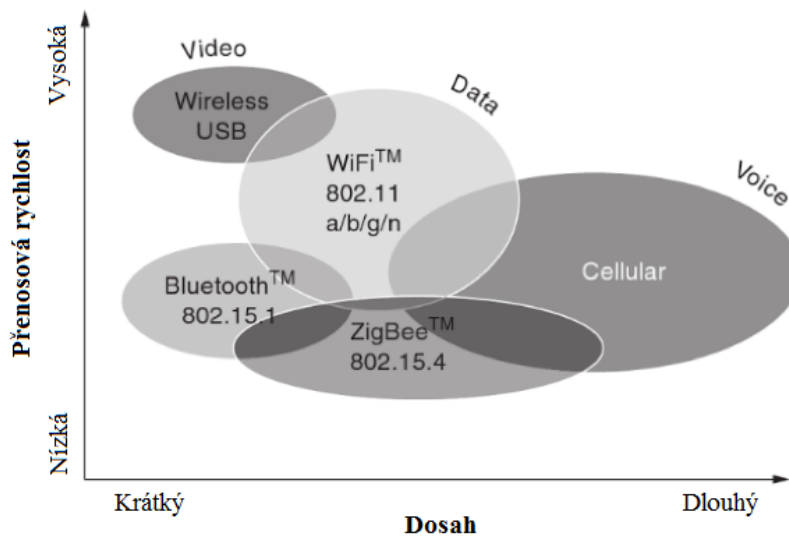
¹⁰ IPSP (Internet Protocol Support Profile) využívá pro přístup k internetu protokol IPv6/6LoWPAN.

Bluetooth verze	Maximální rychlost
Bluetooth 1.0 a 1.0b	768 Kbit/s
Bluetooth 1.1	768 Kbit/s
Bluetooth 1.2	1 Mbit/s
Bluetooth 2.0, Bluetooth 2.1 + EDR	3 Mbit/s
Bluetooth 3.0 + HS	24 Mbit/s
Bluetooth 4.0, 4.1, 4.2	24 Mbit/s

Tab. 2 Rychlosti jednotlivých bluetooth verzí.

ZigBee

ZigBee je rádiová technologie založena v roce 2004 a definována standardem IEEE 802.15.4. Hlavním charakterem této technologie je pomalá přenosová rychlost, energetická nenáročnost a příznivá cena. Hlavně kvůli těmto vlastnostem je technologie ZigBee hojně využívána v různých odvětvích, jako jsou například průmyslová automatizace, domácí automatizace, automatizace budov a zdravotnictví. Tato technologie, většinou s maximálním dosahem sto metrů, pracuje v pásmu o frekvenci 2,4 GHz, ale není to pravidlem, například v Číně „běží“ v 784 MHz pásmu. Technologie ZigBee je podporována třemi základními typy hardwarových zařízení (ZC, ZR, ZED)¹¹. [8, 9]



Obr. 5 Srovnání technologie ZigBee s ostatními technologiemi. Převzato z [8].

Z-Wave

V bezdrátové technologii Z-Wave je využíváno schopnosti technologie pracovat na méně užívaných frekvencích (většinou 868,42 MHz), což znamená plynulost a malou míru rušení signálu vlivem ostatních technologií. Vzájemně propojená zařízení tvoří privátní

¹¹ ZC (ZigBee Coordinator) tvoří kořen celé sítě, pomocí kterého můžeme propojit více zařízení. V celé síti se nachází pouze jednou.
ZR (ZigBee Router) slouží k preposílání dat.
ZED (ZigBee End Device) jsou koncová zařízení sítě.

síť topologie mesh¹². Cílovou skupinou technologie Z-Wave jsou nízkoenergetická zařízení, používána převážně v domácí automatizaci. V otevřeném prostoru má technologie Z-Wave dosah až sto metrů. [10]

EnOcean

EnOcean je nízkoenergetická technologie, která využívá přírodní zdroje, konkrétně energii generovanou okolním vzduchem. Komunikace zařízení využívajících EnOcean není tak spolehlivá, jako u ostatních technologií (jako například u ZigBee nebo Z-Wave). Finanční náročnost je srovnatelná s technologií ZigBee. Krátký dosah a slabé zabezpečení dělá technologii EnOcean zajímavou jen v oblastech použití, kde zabezpečení a rozsah nejsou nejdůležitějším kritériem. [10]

Li-Fi

Technologie Li-Fi je vysokorychlostní typ obousměrné bezdrátové komunikace, který byl představen v roce 2011 inženýrem Haraldem Haasem. Systém funguje na principu blikání LED žárovky o vysoké rychlosti (v rámci nanosekund), která není rozeznatelná lidským okem. Technologie Li-Fi využívá přenos jedniček a nul¹³. Jedna používaná LED žárovka, vybavena Li-Fi mikročipem, je schopna pracovat o rychlosti 3,5 Gb/s. Pokud by se povedlo zkombinovat tři základní LED barvy (červená, zelená a modrá), tak by rychlost přenosu dosáhla velikost 10 Gb/s.

Výhodou Li-Fi technologie je její bezpečnost. Jako zabezpečení může posloužit objekt, který přerušuje šíření světelného signálu. Li-Fi tedy převyšuje technologii Wi-Fi rychlostí a zabezpečením. Pokud ovšem pomíneme rozdíl momentálního využívání mezi Li-Fi a Wi-Fi technologiemi, tak technologie Li-Fi uživatele omezuje při práci ve venkovním nebo stinném prostředí. [18]



Obr. 6 Znak Li-Fi. Převzato z [19].

DECT ULE

Technologie DECT ULE¹⁴ vychází z technologie DECT¹⁵ a využívá rádiových frekvencí, podobně jako ZigBee nebo Z-Wave a je využívána ke komunikaci mezi členy bezdrátové sítě, převážně v domácí automatizaci. Dosah ULE technologie dosahuje velikost až 50 metrů v budovách a až 300 metrů na volném prostoru. Dále slouží k přenosu datové

¹² Topologie mesh pracuje na principu komunikace mezi-uzlů, což znamená, že data z uzlu A směřována do uzlu B jsou v případě špatného dosahu doručena za pomoci mezi-uzlu C, který je v dosahu uzlu A a B. Lze tedy říct, že s rostoucím počtem zařízení roste dosah sítě.

¹³ Jedničku vysílá, když je zapnutá a nulu, když je vypnutá.

¹⁴ ULE je zkratka pro Ultra Low Energy.

¹⁵ DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) je technologie používána převážně u bezdrátových pevných linek.

a hlasové komunikace, proto je tato technologie uplatňována v prostorách, kde je potřeba hlasové komunikace na vzdálenost několika metrů (nemocnice, menší průmyslové objekty). [10]

IQRF

Je energeticky nenáročná technologie, která je využívána v průmyslu a domácí automatizaci. K přenosu dat je u této technologie využíván protokol IQMESH Open Protocol. Komunikace využívá pásma o frekvencích 433 MHz, 868 MHz a 916 MHz. Technologie IQRF je při vytváření sítě schopna využít maximálně 240 hopů¹⁶. V interiéru je dosah mezi jednotlivými uzly udáván v jednotkách desítek metrů, venku je dosah až desetinásobně vyšší. [20]

2.4 Používané protokoly IoT

Protokol je typ standardu, který slouží ke spolupráci a komunikaci mezi dvěma zařízeními (koncovými body). Společným znakem protokolů určených pro internet věcí je malá energetická náročnost a malý objem přenášených dat. Protokoly IoT se zaměřují na přenos a zpracování aplikací. Nelze jasně říct, který protokol je nejlepší, protože každý je využíván k jiným účelům. Obecně uvažované protokoly, používané v oblasti IoT jsou následující: [17]

- Azure-IoT
- CoAP
- Continua – Home Health Devices
- DDS
- HTTP/REST
- MQTT a MQTT-SN/S
- SNMP
- Thread
- UPnP
- XMPP
- ZeroMQ

Microsoft Azure

Platforma Azure byla představena v roce 2010 a nesla název Windows Azure. Zpočátku nabízela pouze PaaS¹⁷ služby, ale v roce 2013 byla platforma přeměněna na typ IaaS¹⁸. V roce 2014 byla platforma přejmenována z Windows Azure na Microsoft Azure a dala tak jasně najevo, že je schopna komunikace i s jiným operačním systémem, než je Windows. Operační systém Linux v současnosti tvoří jednu čtvrtinu operačních systémů, na kterých platforma funguje. Poskytuje uživateli možnosti cloudového ukládání a tvorby webových aplikací. Platforma Azure je schopna komunikovat s mobilními zařízeními. Uživatel má tedy umožněn přístup ke svým datům i prostřednictvím svého mobilního zařízení. [22, 23]

¹⁶ Hop je označení pro spoj.

¹⁷ PaaS (*Platform as a Service*) poskytuje výpočetní a softwarovou infrastrukturu. Uživatel tedy nemusí řešit provoz platformy, řeší pouze instalaci, provoz a údržbu své aplikace [13].

¹⁸ IaaS (*Infrastructure as a Service*) poskytuje výpočetní infrastrukturu formou služby. Uživatel nemusí řešit údržbu a provoz hardwaru [13].

XMPP

XMPP¹⁹ je protokol založený na *instant messagingu*²⁰. Protokol funguje na principu struktury klient-server, což znamená, že uživatelé (klienti) spolu komunikují přes server. XMPP síť není centralizována, ale je distribuována na více serverů. Zaregistrovaní uživatelé se tedy pomocí svého identifikátoru (*Jabber ID*²¹) připojují pouze ke svému serveru, který ověří identitu uživatele, a v případě potřeby komunikace se uživatelský server připojí na vzdálený server, se kterým si následně vymění informace.

MQTT

MQTT²² je komunikační protokol, který byl představen v roce 1999 společností IBM. U protokolu MQTT jsou data přenášena pomocí TCP po vzoru publisher (vydavatel) a subscriber (odběratel). Zprávy jsou mezi uživateli přenášeny pomocí centrálního bodu (brokeru). Tento centrální bod (MQTT broker) má na starosti výměnu dat, které jsou zpracovány do tzv. témat (topiců).

MQTT-SN upravuje komunikaci tak, aby při ní bylo přenášeno co nejméně dat. Z hlediska datové optimalizace pracuje oproti klasickému MQTT na bázi autodiscovery²³. Dále používá místo názvů topiců čísla topiců. Tento typ protokolu je využíván například v aplikaci Facebook Messenger.

CoAP

CoAP²⁴ je protokol navržený pro M2M a je určený pro jednoduchá a energeticky nenáročná zařízení. Funguje na principu request/response (dotaz/odpověď). CoAP je navržen tak, aby byl lehce přeložitelný do HTML. Bezpečnost zaručuje protokol DTLS²⁵.

2.5 Zabezpečení a bezpečnost bezdrátových sítí

Pomocí bezdrátových technologií jsou často přenášena data, která si uživatelé moderních zařízení chtějí chránit a uchovat v soukromí. Bezdrátovou komunikací jsou přenášeny bankovní, zdravotní, osobní a další informace. Zabezpečení bezdrátové sítě (wireless security) není vždy dostatečné a zcela bezpečné.

Mezi nejčastěji používané typy zabezpečení Wi-Fi patří protokoly WEP²⁶ a WPA²⁷.

¹⁹ XMPP je zkratka pro Extensible Messaging and Presence Protocol.

²⁰ Instant messaging je internetová služba, která umožňuje uživatelům mezi sebou komunikovat pomocí tzv. rychlých zpráv.

²¹ Jabber ID (JID) je uživatelské jméno, pomocí kterého se uživatel přihlásí k Jabber serveru. Většinou mají tvar *user@domain/source*.

²² MQTT je zkratka pro MQ Telemetry Transport.

²³ Autodiscovery automaticky zjistí adresu brokeru, není tedy nutné definovat přesnou adresu brokeru.

²⁴ CoAP je zkratka pro Constrained Application Protocol.

²⁵ DTLS (Datagram Transport Layer Security) je typ bezpečnostního protokolu.

²⁶ WEP je zkratka pro Wired Equivalent Privacy.

²⁷ WPA je zkratka pro Wi-Fi Protected Access.

WEP

Protokol WEP zajišťuje šifrování dat v rámci 802.11 s pomocí symetrické šifry RC4²⁸. Pracuje se 40bitovými nebo 104bitovými klíči. Protokol WEP je historicky prvním bezpečnostním mechanismem pro bezdrátové sítě a protože byl od počátku poměrně populární, tak zůstává i nadále součástí mnoha implementací. Tento typ zabezpečení se považuje za relativně slabou úroveň ochrany, protože jeho šifrovací mechanismus lze úspěšně napadnout. Klíče WEP jsou odesílány v otevřené podobě a mohou být zachyceny. WEP klíče se dají měnit pouze ručně. Pokud tedy útočník získá ke klíči přístup, může jej využívat až do chvíle, než klíč někdo změní. Pokud je to tedy možné, doporučuje se změnit protokol WEP na protokol WPA. [15]

WPA a WPA2

Protokoly WPA a WPA2 jsou nejaktuálnější generací protokolů pro šifrování a autentizaci sítí 802.11x.

Protokol WPA využívá generování klíčů mechanismem TKIP²⁹. V rámci TKIP je generován nový klíč, pro každý přenášený paket. Naproti tomu, WEP používal stejný klíč pro všechny pakety. Při činnosti WPA mají oba koncové body spojení, předem sdílený klíč. To znamená, že tento klíč nelze odečíst z komunikace a typ dělá tento systém zabezpečení bezpečnějším. Standard WPA je řízen společností Wi-Fi Alliance.

WPA2 je úplnou implementací požadavků na bezpečnostní standard 802.11i, který byl schválen v roce 2004. Všechna zařízení splňující normu pro WPA2 jsou povinně označena obchodní známkou a logem Wi-Fi. Protokol WPA2 využívá protokol CCMP³⁰ a šifru AES³¹.

WPA ve skutečnosti obsahuje dvě úrovně zabezpečení:

- WPA Personal (WPA-PSK) – pro domácí a menší sítě. Využívá předem sdílený klíč. Je vhodný pro malé sítě zvané SOHO (Small Office Home Office)
- WPA Enterprise – pro podnikové nasazení.

Předem stanovené MAC adresy

Dalším druhem zabezpečení přenosu dat je zadání příslušné *MAC adresy*³², se kterou má vysílač spolupracovat. Uživatel tedy zadá přesnou MAC adresu zařízení, se kterým má být navázána komunikace. Jedná se o jedno z nejbezpečnějších typů zabezpečení, které je využíváno při ochraně důvěrných informací. Tento typ zabezpečení je velice těžko napadnutelný.

²⁸ RC4 je kryptografický algoritmus, který je používán pro zabezpečení bezdrátových sítí.

²⁹ TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) je bezpečnostní protokol, v rámci zabezpečení WPA, definovaný standardem IEEE 802.11i.

³⁰ CCMP (Counter Mode with Block Message Authentication Code Protocol) je šifrovací protokol pro bezdrátovou síť.

³¹ AES (Advanced Encryption Standard) je standardizovaný algoritmus používaný k šifrování dat.

³² MAC adresa je jednoznačný identifikátor síťového zařízení.

Bluetooth zabezpečení

Tato technologie je zabezpečena pomocí hesel či šifrování. Bluetooth má tři základní bezpečnostní kroky:

- Autentizace – ověření totožnosti spolupracujících zařízení.
- Důvěrnost – ochrana proti odposlouchávání.
- Autorizace – povolení přístupu k požadovaným službám.

Uživatel má tedy na výběr, který typ zabezpečení si vybere (zabezpečení vyžadující autentizaci a autorizaci, zabezpečení vyžadující pouze autentizaci nebo žádné zabezpečení – tedy službu dostupnou pro všechny).

Nebezpečí může být ukryto v bluejackingu. Bluejacking funguje na principu, kdy externí program přeposílá data z telefonu uživatele, aniž by o tom uživatel věděl. Příjímací zařízení není schopno identifikovat zdroj útoku. [21]

2.6 Senzory užívané v IoT

Všechna zařízení využívající „IoT“ jsou vybavena jedním nebo více senzory, které slouží k získávání a shromažďování dat z prostředí. Sensorová technologie je tedy jedním z nejdůležitějších aspektů celého internetu věcí. IoT senzory jsou většinou finančně nenáročné, nízkoenergetické součástky malé velikosti.

S rostoucí popularitou „smartphonů“ se mezi lidmi zvyšuje zájem o technologie internetu věcí. Smartphony a jiná chytrá zařízení jsou vybavena mnoha typy snímačů. Za nejběžnější senzory v „chytrých“ zařízeních jsou považovány tyto typy senzorů [16]:

- Akcelerometr – snímá pohyb a zrychlení zařízení. Nejčastěji jsou používány akcelerometry mechanické, kapacitní a piezoelektrické.
- Gyroskop – velice přesně detekuje orientaci zařízení. Orientace je měřena pomocí kapacitních změn.
- Fotoaparát a mikrofon – velmi výkonné senzory, protože zachycují vizuální a zvukové informace.
- Magnetometr – detekuje magnetické pole. Tento senzor je v zařízeních používán jako kompas. A dále v aplikacích, které jsou určeny k detekci přítomnosti kovů.
- GPS (Global Positioning System) – detekuje umístění zařízení, což je považováno za jednu z nejdůležitějších informací při používání internetu věcí. Poloha zařízení je stanovena využitím principu trilaterace³³.

³³ Trilaterace je geodetický pojem, při němž se ke stanovení přesné polohy použije vzdálenosti od tří nebo více satelitů. Díky těmto údajům jsou dále vypočítány přesné souřadnice.

- Světelný senzor – detekuje intenzitu okolního světla. Bývá používán například k nastavení jasu obrazovky nebo v dalších aplikacích, v nichž je využíváno informace o intenzitě okolního světla.
- Snímač blízkosti – je při něm využíváno infračervené (IR) LED světlo, které vysílá IR paprsky. Tyto paprsky se při kontaktu s objektem odrazí. Na základě časového rozdílu je stanovena vzdálenost mezi zařízením a měřeným objektem.
- Teploměr – detekuje okolní teplotu.
- Další typy senzorů – barometr, snímač vlhkosti, EEG³⁴ senzor, chemické senzory.

³⁴ EEG (Elektroencefalogram) je záznam změny elektrického potenciálu, způsobeného mozkovou aktivitou.

3 VYUŽITÍ INTERNETU VĚCÍ V PRŮMYSLU 4.0

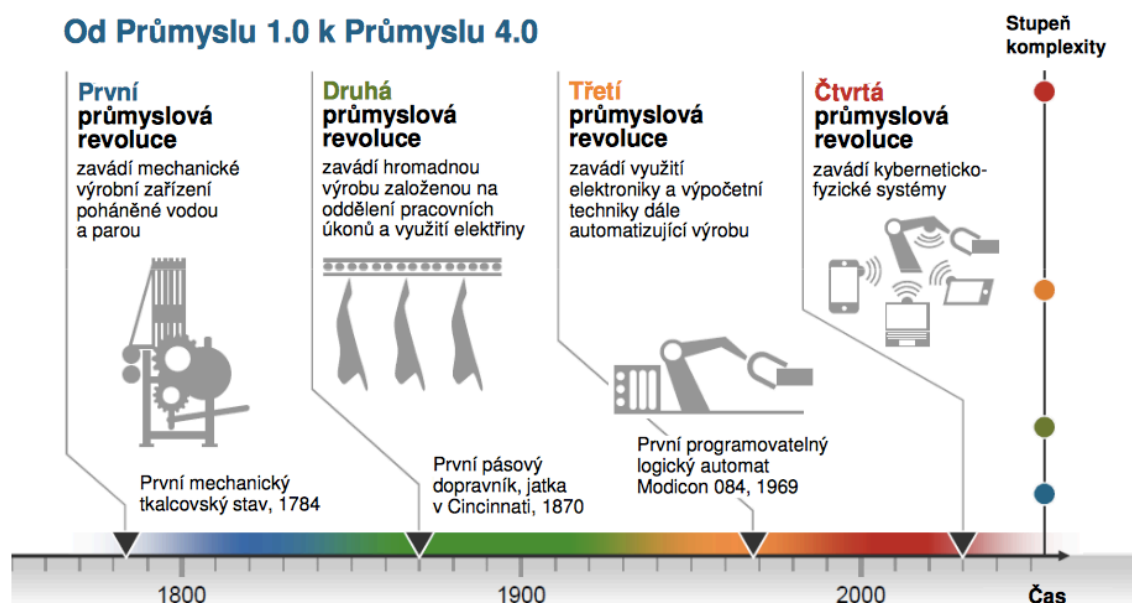
3.1 IoT v průmyslu 4.0

V důsledku automatizace a vzájemné komunikace mezi stroji a mezi strojem a člověkem nelze opomenout termín internet věcí. Většina výrobních strojů bude vybavena technologiemi, které uživatelé, pomocí čipů a bezdrátového přenosu dat, umožní získávat důležitá data. Tyto informace tak uživatelé poskytnou zpětnou vazbu, na základě které, může být celý proces výroby inovován a vylepšen.

3.1.1 Průmysl 4.0

Průmysl 4.0 (také *čtvrtá průmyslová revoluce*) je označení nového trendu digitalizace a automatizace výroby.

Již od začátku industrializace³⁵ jsme byli svědky několika technologických pokroků, které ovlivnily a v mnoha případech zcela změnily způsoby výroby. V průmyslové historii byly zaznamenány celkem čtyři průmyslové revoluce.



Obr. 7 Průmyslový vývoj. Převzato z [31].

³⁵ Industrializace je proces, během něhož došlo ke změně společnosti. Předprůmyslová společnost, která byla zaměřena především na zemědělství se mění na společnost průmyslovou.

První průmyslová revoluce, která začala v 18. století v Anglii, je považována za jeden z nejdůležitějších milníků historie lidstva. V té době se masivně začalo využívat nových energetických zdrojů, především páry a uhlí. Toto období bývá také často označováno za období industrializace. Mezi nejvýznamnější vynálezy této doby patří tkalcovský stav, horkovzdušný balon, parní lokomotiva a elektrický telegraf.

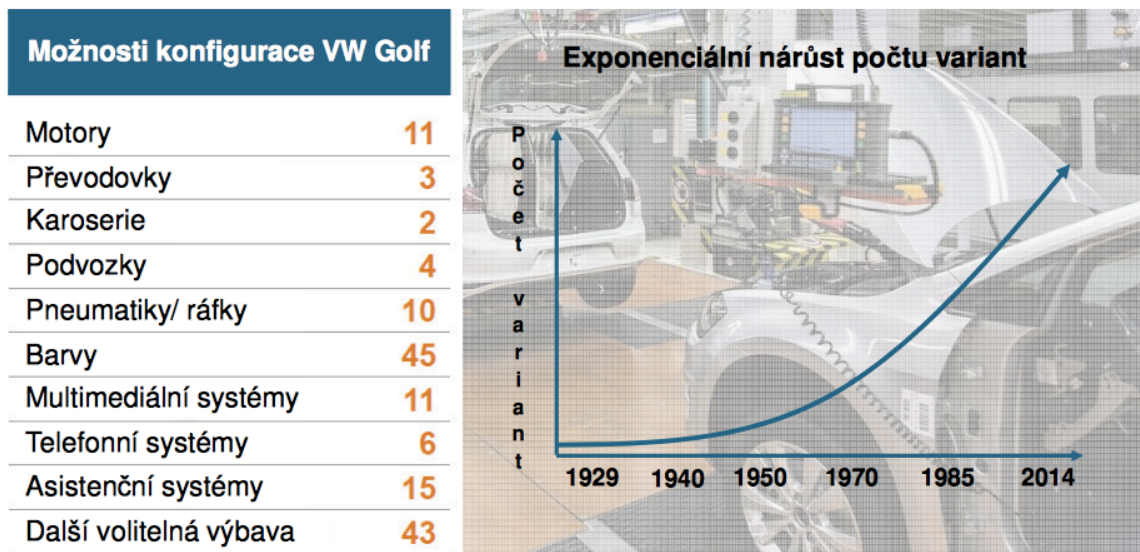
Druhá průmyslová revoluce byla zaznamenána na konci 19. století a počátku 20. století. Toto období je spojováno především s elektrifikací³⁶ a vznikem montážních linek, což mělo za následek vznik masové výroby (např. automobilů). Za základní stavební kameny druhé průmyslové revoluce jsou považovány vynálezy z roku 1879, kdy americký vědec Thomas Alva Edison vynalezl žárovku. A rok 1870, kdy společnost Cincinnati zavedla ve svém závodě první montážní linku.

Třetí průmyslová revoluce je spojována s automatizací, elektronikou a celkovým rozmachem informačních technologií. Začátek období třetí průmyslové revoluce je datován na závěr 20. století a počátek 21. století. Hlavní oblasti rozvoje jsou informatika, biotechnologie a nanotechnologie.

Termín čtvrtá průmyslová revoluce byl poprvé zmíněn v roce 2011 v Německu. Průmysl 4.0 popisuje současný trend a budoucí zaměření výroby a výzkumu ve vyspělých zemích. Hlavní myšlenkou je vývoj a inovace technologií, orientovaných na oblasti „inteligentních“ objektů. Vize budoucí výroby obsahuje efektivní výrobní systémy a charakterizuje scénáře, ve kterých produkty řídí svůj vlastní proces, bez podstatného zásahu člověka. Výroba by tedy měla být rychlejší, efektivnější a přesnější. Ruku v ruce s těmito vlastnostmi jde tedy i finanční stránka věci, která je v současném světě obchodu na prvním místě. Navýšení rychlosti výroby má za následek větší počet vyrobených dílů. Efektivnost a přesnost výroby úzce souvisí se spotřebovaným materiálem a počtem vyrobených „zmetků“³⁷. Podstatnou roli hraje i individualizace výrobků na žádost zákazníka, což znamená, že kupující mohou definovat podmínky obchodu. „Každý zákazník si může vybrat jakoukoliv barvu auta, jestliže to bude černá“, prohlásil v roce 1909 Henry Ford (zakladatel automobilky Ford). V dnešní době je situace zcela odlišná a zákazník má možnost si sestavit automobil podle vlastních požadavků.

³⁶ Elektrifikace je proces změny systému tak, aby ke své činnosti využíval elektrickou energii.

³⁷ Zmetek je označení pro vyrobený kus, který nesplňuje předem stanovené požadavky.



Obr. 8 Možnosti konfigurace Volkswagenu Golf. Převzato z [31].

Navýšení rychlosti je dalším podstatným aspektem výroby a má za následek větší počet vyrobených dílů. Stroje jsou navrženy a zkonstruovány tak, aby byly schopny pracovat i na místech a v prostředích, které mohou ohrozit lidské zdraví. Po sečtení všech těchto důležitých faktorů je tedy eliminace lidské činnosti, v některých krocích výroby, nevyhnutelná. [24, 25, 26, 27, 31, 32]

3.1.2 Energy Harvesting

V oblasti internetu věcí je kladený důraz na životnost a energetickou nenáročnost. S těmito nároky je spojena technologie energy harvesting, která je založena na principu generování elektrické energie z blízkého okolí napájeného zařízení. K získání dostatečné elektrické energie jsou používány technologické postupy, které umožňují přeměnit nepoužité typy energie (světlo, teplo, pohyb, zvuk, vibrace) na energii elektrickou. Důsledkem těchto technologií je eliminace baterií. Baterie obsahují chemikálie, které znečišťují prostředí. Energy harvesting technologie je tedy v mnoha případech ekologičtější. Vibrace, pohyb a zvuk jsou přeměňovány v elektrickou energii pomocí piezoelektrického³⁸ jevu. Teplo je přeměňováno na elektrickou energii pomocí termoelektrických³⁹ a pyroelektrických⁴⁰ jevů. [30]

3.1.3 Cloud Computing

Cloud computing je poskytování služeb prostřednictvím vzdálených serverů, což znamená, že uživatelé jsou k službám připojeni vzdáleně. Využívání cloudu je nezbytnou

³⁸ Piezoelektrický jev je schopnost generovat elektrické napětí při vzniku deformace.

³⁹ Termoelektrický jev je přímá přeměna rozdílu teplot na elektrické napětí.

⁴⁰ Pyroelektrický materiál vzniká stlačením krystalů některých látek, na jejichž povrchu tak vzniká elektrický náboj.

součástí společností, fungujících podle konceptu průmyslu 4.0. Největší výhody technologie cloud computing jsou následující:

- Náklady – cloud computing eliminuje náklady na nákup hardwaru a softwaru, který je nezbytný k vytvoření, provozu a správě vlastních datových serverů.
- Rychlost – služby cloud computingu jsou většinou poskytovány samoobslužně a na vyžádání, takže i objemná data má uživatel k dispozici během několika minut.
- Produktivita – cloud computing eliminuje nutnost správy hardwaru a softwaru, takže se společnost může soustředit na jiné cíle.
- Výkon – datová centra jsou pravidelně upgradována na nejnovější generaci rychlého a efektivního hardwaru, což má za následek lepší výkon.
- Spolehlivost – zálohování dat a kontinuita podnikových procesů je snadnější, protože data mohou být zrcadlena na více místech v rámci sítě poskytovatelů služeb.

V rámci technologie cloud computing bývá využíváno tří základních typů cloudu:

- Veřejný cloud – je provozován a vlastněn poskytovatelem cloudové služby, které jsou dodávány přes internet. To znamená, že poskytovatel vlastní veškerý hardware a software a uživatel má ke službám přístup pomocí webového prohlížeče. Příkladem veřejného cloudu je platforma Microsoft Azure.
- Privátní cloud – spravuje a používá jedna společnost. To znamená, že služby a infrastruktura jsou spravovány v privátní síti. Ve většině případech je privátní cloud fyzicky umístěn v datovém centru společnosti.
- Hybridní cloud – je kombinací veřejného a privátního cloudu. Možnost spolupráce veřejného a privátního cloudu dává uživateli větší flexibilitu při používání.

3.1.4 Současné využití a standardy IoT v průmyslu 4.0

V současnosti neexistuje žádný standard, který by určoval, jakým způsobem využívat internet věcí v průmyslu 4.0. Myšlenka celého konceptu vede k sestavení „inteligentních“ továren a jejich následného provozu. V průmyslu 4.0 je kladen stále větší důraz na implementaci nízkoenergetických zařízení, s čímž souvisí využívání technologie energy harvesting. Dále je také využíváno bezdrátových technologií, sloužících ke vzájemné komunikaci mezi zařízeními a získávání dat, která budou dále zpracována a následně využita podle požadavků uživatele. Na základě vzájemné bezdrátové komunikace strojů, a odesílání dat na stanovený server, je příslušným členům firmy umožněn přístup k těmto informacím v reálném čase. Uživatel tedy bude mít odkudkoliv přístup k aktuálním výrobním a exportním datům (jako jsou například: počet vyrobených a vyrábějících se kusů, čas výroby, detailní postupy, chyby při výrobě a počet kusů vydaných na export).

V továrnách je využíváno spojení digitálního návrhu výrobku s digitálním návrhem výrobního postupu, což vede ke vzniku kyberneticko-fyzických systémů (CPS). Tyto výrobní systémy jsou plně identické se svým digitálním modelem. CPS obsahuje veškeré informace o tvaru a rozměrech, softwarové verzi, mechanických vlastnostech, bezpečnosti, servisních zásazích a aktuálním stavu. Výrobní linka musí být automatizována a propojena s „inteligentními“ roboty, kteří se budou schopni

autonomně⁴¹ rozhodovat. Dále musí být továrna vybavena zařízeními, která budou schopna sebe-optimalizace a sebe-rekonfigurace v důsledku změny výrobního programu.

Ve společnostech, pracujících dle konceptu průmyslu 4.0, bude využíváno technologie cloud computing, díky které budou mít společnosti přístup k důležitým datům a správě v reálném čase.

Z důvodu využití nízkoenergetických zařízení a spolehlivosti je ke komunikaci typu M2M v průmyslu nejčastěji využívána technologie bluetooth 4.0.

Nejvýznamnější evropskou zemí, z hlediska průmyslu 4.0 je Německo, na jehož území se ve městě Amberg nachází inteligentní továrna společnosti Siemens. Továrna produkuje Siemens programovatelné logické automaty (PLC) Simatic, které jsou využívány pro automatizaci strojů a zařízení. Továrna produkuje každoročně dvanáct milionů produktů Simatic s dosaženou kvalitou výroby 99,99885 %. *"Neznám celosvětově žádnou srovnatelnou továrnu, která by se jen přiblížila k takto nízké četnosti chyb."*, vysvětluje Prof. Dr. Karl-Heinz Büttner, vedoucí závodu. 75 procent výroby je realizováno automaticky, nezávisle pomocí strojů a počítačů. V továrně je využita platforma „Digital Enterprise Platform“ od společnosti Siemens [35].



Obr. 9 Továrna Siemens v Ambergu. Převzato z [35].

KUKA je společnost, která v roce 2014 představila inteligentní továrnu, která pracuje na platformě Microsoft Azure. Momentálně má k dispozici 60000 zařízení a 259 robotů, které spolu navzájem komunikují. V továrně KUKA je pro přepravu materiálu ve výrobě používán autonomní robot KMR iiwa.

⁴¹ Autonomie je schopnost se samovolně a nezávisle rozhodovat.



Obr. 10 Robot KMR iiwa od spoločnosti KUKA. Převzato z [40].

Příkladem inteligentní továrny na území České Republiky je továrna Siemens v Mohelnici, při jejímž fungování je využíváno plně digitalizované výrobní dokumentace, animovaného 3D postupu montáže, manipulační techniky opatřené GPS moduly a inteligentního systému řízení budov. Pro mohelnický závod Siemens je velice klíčový náročný německý trh, na nějž je exportováno čtyřicet procent vyrobených elektromotorů. *„Digitalizace průmyslu – tedy softwarové propojení všech výrobních procesů od objednávky, přes návrh řešení, výrobu až po expedici hotového zboží – přináší vyšší efektivitu, produktivitu, a tím i nižší výrobní náklady.“*, uvedl ředitel divize Digital Factory a Process Industries and Drives Wolfgang Weessler. [34]

3.1.5 Návrh dalšího možného využití v průmyslu 4.0

Vzhledem k používání širokého sortimentu technologií, v oblasti průmyslu 4.0, je návrh dalšího možného využití IoT v inteligentních továrnách relativně náročný. Ve společnostech, které fungují podle konceptu průmyslu 4.0, se veškerá výroba soustředí převážně u země. Proto si myslím, že by bylo zajímavé využít i prostor nacházející se nad výrobními stroji. Jsem tedy přesvědčen, že by při přepravě z místa A do místa B bylo v mnoha případech lepší, nahradit leckdy přeplněnou pozemní infrastrukturu mechanismy, které umějí létat. Požadavek letecky přemísťovat předměty by byly schopny splnit autonomní drony⁴². Autonomní průmysloví droni by se dokázaly vyhnout překážkám a na základě jiných faktorů (okolní prostředí, překážky, výška stropů a jiných objektů) by si zvolily nejvýhodnější trasu. Na základě parametrů přemísťovaných objektů (velikost, váha, tvar) by byly následně voleny specifitější typy dronů. Veškeré úkony, které by dron provedl by byly v reálném čase pomocí zvolené bezdrátové technologie posílány na cloud.



Obr. 11 Přepravní dron Airborne A2. Převzato z [35].

⁴² Dron je slangové označení pro bezpilotní letadlo neboli letadlo bez posádky neboli UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Drony jsou rozdělovány do dvou základních skupin:

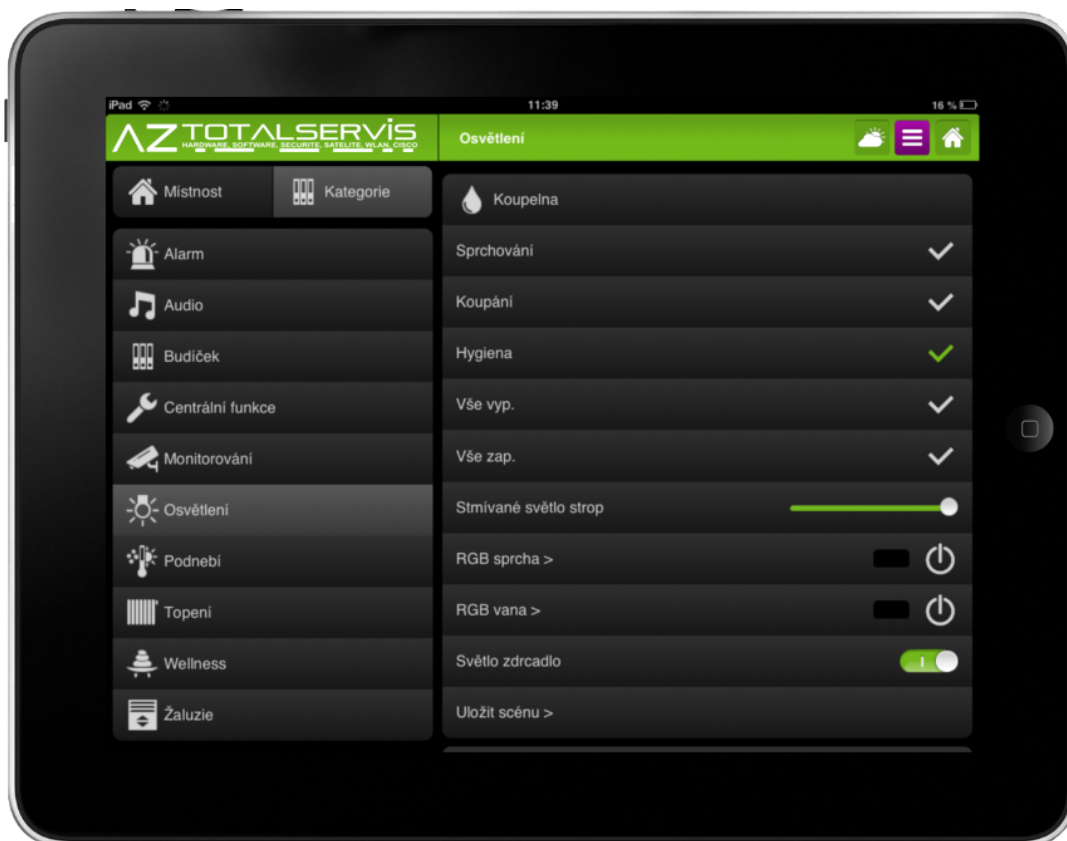
- Dálkově ovládané drony – častěji viditelné v běžném životě, které jsou pomocí dálkového ovládání řízeny člověkem.
- Autonomní drony – drony využívané především armádou. Fungují tak, že autonomně plní zadané úkoly, po splnění úkolu se sami vrací.

3.2 Další oblasti využití IoT

Internet věcí je v současnosti všude kolem nás, jeho využití tedy není směřováno pouze do průmyslu, ale i do odvětví, která jsou pevně spjata s každodenním životem obyčejných lidí. Internet věcí je využíván například v domácnostech, zdravotnictví, dopravě a sportu. Pro každá odvětví jsou používány jiné technologie a rozdílné úrovně zabezpečení.

3.2.1 Oblasti využití IoT

Dům nebo byt je místo, ve kterém lidé tráví podstatnou část svého dne. Domácí automatizace je současný trend využívaný v obývacích zařízeních, který je závislý na technologiích IoT. Podstatou domácí automatizace je bezdrátové ovládání spotřebičů a prvků v domě/bytě z jednoho zařízení. Komunikace mezi zařízeními je zprostředkována přes systém určený k domácí automatizaci. Pro tyto účely může sloužit systém, vyvinutý rakouskou firmou Loxone. Loxone umožňuje uživateli jednoduché ovládání prostřednictvím aplikace, kterou si může stáhnout do chytrého zařízení. Přes systém Loxone lze ovládat osvětlení, topení, žaluzie, zámky u dveří, boiler, meteostanice nebo zavlažovací systém.



Obr. 12 Uživatelské prostředí aplikace Loxone. Převzato z [36].

Další oblast využití IoT je oblast automobilového průmyslu. Při řízení automobilu jsou řidiči nuceni řešit různé situace, které mohou společně s řízením vozidla způsobit dopravní komplikace a ohrozit tak bezpečnost účastníků provozu. Někteří uživatelé naopak nechtějí stát v kolonách. Z těchto důvodů byly vyvinuty aplikace a služby, které mají za úkol ulehčit řidičům život. Jedna z těchto aplikací se nazývá Parker a je vyvinuta společností Streetline. Tato aplikace je určena pro chytré telefony a tablety. Ukazuje řidiči počet volných parkovacích míst v okolí.

Dalším typem aplikací jsou aplikace určeny k předávání informací o dopravní situaci na silnicích (kolony, nehody, policejní hlídky). Tyto informace jsou v současnosti nejčastěji předávány pomocí aplikace Waze. Nové vozy jsou vybaveny technologiemi, které na základě vzájemné komunikace hardwaru a softwaru dokáží řidiči pomoci s parkováním. Čidla umístěna na autě vyhodnotí vlastnosti okolí, na základě kterých, pak systém rozhodne, zdali je vůbec možné do oblasti zaparkovat. Pokud ano, tak systém vypočítá a zobrazí trajektorii automobilu potřebnou k zaparkování nebo vozidlo zaparkuje samo. Tyto technologie dávají solidní základ vzniku plně autonomních automobilů, které budou schopny přepravit osoby na zvolené místo, bez nutnosti zásahu člověka do řízení. Společnost Nissan se v současné době zajímá o vývoj autonomních automobilů a momentálně své autonomní vozidla zkouší v ulicích Londýna. *„Inovace a důmyslná řešení tvoří podstatu značky Nissan a jejích zaměstnanců. Tento test budoucí technologie autonomního řízení Nissan v náročných podmínkách londýnských ulic je důkazem našeho závazku přinést inteligentní mobilitu Nissan našim zákazníkům.“*, uvedl Takao Asami, vrchní viceprezident pro výzkum a pokročilá konstrukční řešení značky Nissan. Modely Qashqai a Leaf od značky Nissan budou vybaveny integrovanou technologií autonomního řízení ProPilot, která uživateli umožní autonomní jízdu v jednom pruhu na rychlostních komunikacích. Na rok 2018 je naplánováno představení technologie, která řidičům umožní autonomní řízení vozidla, se schopností využívat více pruhů na rychlostních komunikacích. V roce 2020 by pak měla být uvedena technologie poskytující autonomní řízení v ulicích města a na dopravních křižovatkách. [37]

Zdravotnictví je další odvětví, využívající IoT. Internet věcí umožňuje pacientům léčbu z pohodlí vlastního domova. V kombinaci bezdrátové technologie a nositelných čidel je umožněn přenos zdravotních dat pacienta k lékaři v reálném čase. Podrobné informace o léčivech a pacientech má lékař díky cloudové platformě neustále k dispozici. S využitím čidel mohou být dálkově nastavovány pozice lůžka nebo teplota v místnosti. Na trh je v současnosti dodáváno víc a víc zdravotnických aplikací, které pomáhají pacientům. Momentálně jsou vyvíjeny i technologie sloužící k monitorování životních funkcí pacienta. Jednou z takových technologií je WiFi Body Scale, vyvinuta společností Withings, která monitoruje a zaznamenává data, která jsou následně nahrávána na příslušný server. Naměřená data si může pacient díky aplikaci v telefonu prohlédnout nebo je odeslat svému lékaři. [1, 38]



Obr. 13 Wifi Body Scale od společnosti Withings. Převzato z [39].

Spánek má podstatný vliv na lidské funkce a zdraví. Technologie Zeo Personal Coach je čelenka, vybavená senzory, která snímá a bezdrátově zaznamenává kvalitu spánku po celou jeho dobu.

I společnost Ford vyvinula, ve spolupráci se společností Medtronic, zajímavou zdravotnickou pomůcku, která měří hladinu cukru v krvi a pomáhá diabetikům sledovat jejich stravu a léky. Systém je schopen poskytnout uživateli zvukové a varovné signály, pokud u pacienta dojde ke klesnutí hladiny cukru v krvi. [38]

Své využití má internet věcí i v oblastech sportu a zdravého životního stylu. Nejrozšířenějším zařízením v oblasti zdravého životního stylu jsou fitness hodinky. Tyto hodinky jsou schopny měřit srdeční tep, spálené kalorie, zdanou vzdálenost nebo kvalitu spánku. Další jejich výhodou je kompatibilita se smartphony, to umožňuje uživateli komunikovat, bez nutnosti vytahovat mobilní telefon.



Obr. 14 Fitness hodinky GoGen. Převzato z [27].

Technologie IoT jsou momentálně využívány i ve sportech, nově se používá i v nejrozšířenějším sportu na světě, tedy fotbale, kde technologie snímající brankovou čáru (Goal-line Technology) umožňuje rozhodčímu správně rozhodnout o tom, zdali míč překročil brankovou čáru nebo nikoliv.

3.2.2 Návrh dalšího využití IoT v domácí automatizaci

Vzhledem k současnému trendu zdravého životního stylu a konzumaci kvalitních potravin si myslím, že by v budoucnu mohla být využívána „chytrá lednice“. Lednice by byla schopna monitorovat veškeré potraviny, které v ní budou uloženy. Za pomoci snímačů a bezdrátových technologií by měla možnost rozhodovat o množství a kvalitě výrobků (například z údajů o datu spotřeby) a vyhodnocená data posílat na cloud, ke kterému by měl uživatel přístup, například skrze mobilní aplikaci. Program by pak byl schopen uživateli zobrazit nabídky potravinových řetězců a chybějící zboží by se souhlasem uživatele mohlo být objednáno. Na základě potravin, které budou v lednici umístěny, by aplikace byla schopna uživateli vygenerovat recepty.

Na podobném principu by mohly fungovat „chytré lékárničky“. Tyto lékárničky by rovněž měly schopnost snímat vypovídající data o kvalitě léčiv a zasílat je na cloud. Dále by byly schopny, na základě zdravotních příznaků, doporučovat typ léku a připomínat jeho dávkování prostřednictvím mobilní aplikace. V aplikaci by byly uloženy veškeré důležité zdravotní záznamy a telefonní čísla na odbornou lékařskou pomoc.

Další možné využití by mohla mít mobilní aplikace, která by sloužila především k zábavě a trávení volného času. Tato aplikace by na základě předem stanovených informací (zájmy, pocity, počet a věková skupina dalších osob, denní doba) byla schopna doporučit a následně spustit hudbu, film, video nebo videohru (například ve spolupráci s aplikacemi Netflix⁴³, Youtube nebo Spotify⁴⁴).

Veliký potenciál využití internetu věcí je i v zemědělství. Pro zemědělce by bylo užitečné, kdyby si svoji úrodu mohli dálkově hlídat a nemuseli ztrácet čas, mnohdy zbytečným, dojížděním k místu pěstování. Hodnoty suchosti půdy, teploty, tlaku i chemického složení by mohly být naměřeny pomocí senzorů. Na základě naměřených dat by se půda mohla dle potřeby sama zavlažit nebo chemicky ošetřit. Mohl by ovšem nastat problém při pokrytí sítě a připojení na velké vzdálenosti, který by se dal vyřešit pomocí speciálních tarifů, které poskytují mobilní operátoři. Pro podobné účely bývají využívány tarify, navržené speciálně pro internet věcí. Na území České Republiky se jedná například o tarify od telekomunikačních společností T-Mobile a Vodafone. Tyto tarify zatím nejsou čistě datové a uživatel tak platí i za možnost telefonování a posílání SMS zpráv. Využití internetu věcí by tedy mělo v zemědělství svůj význam, nicméně specifické technologie se stále teprve formují.

⁴³ Netflix je placený poskytovatel online filmů.

⁴⁴ Spotify je placený poskytovatel online hudby.

3.3 Porovnání současného řešení IoT

Při komunikaci mezi zařízeními jsou nejčastěji používány technologie bluetooth a Wi-Fi. V domácí automatizaci pak mimo bluetooth a Wi-Fi bývají využívány technologie ZigBee a Z-Wave. Wi-Fi bývá využívána převážně tam, kde hraje roli i síla zabezpečení. V porovnání se zdravotnictvím nebo vojenským průmyslem nejsou u domácí automatizace kladeny vysoké nároky na bezpečnost. Nicméně mnohdy jsou zařízení energeticky náročná, proto se v současnosti vyvíjejí a začínají používat energeticky nenáročné technologie, například Li-Fi.

Pomocí těchto technologií jsou data zasílána na cloud, který v současnosti neslouží pouze jako uložení, ale má zároveň i schopnost data zpracovávat a vyhodnocovat.

Ke zpracovaným datům má uživatel přístup nejčastěji pomocí příslušné aplikace, která je většinou kompatibilní s chytrými telefony nebo zařízeními s operačním systémem Windows, Android, iOS nebo Linux.

3.4 Výrobci a výzkum

Internet věcí zaznamenal v posledních letech veliký vzestup a jeho implementace do moderních technologií je považována za nezbytnou, nicméně v současné době neexistuje žádný celosvětově uznávaný obecný standard internetu věcí. Více vytvoření technologie, která bude standardizovaná, je pro vývojáře z finančního hlediska velice lákavá. Je ovšem zcela nemožné, aby byl na dnešním konkurenčním trhu schválen standard, vyvinutý pouze jednou společností, proto se výrobci začínají formovat do aliancí.

Jednou z takových aliancí je nezisková organizace Allseen Alliance, která byla založena v roce 2013. V současnosti má tato společnost více než 200 členů a jejich počet se stále zvyšuje.

Hlavními členy jsou firmy Arcelik a.s., Canon, Electrolux, Haier, LG, Microsoft, Cisco, Qualcomm a Sharp. Dalšími spolupracujícími členy jsou například firmy Lenovo, Vodafone a Panasonic. Projekt, který tato aliance vyvíjí, se jmenuje ALLJoyn. Tento projekt poskytuje univerzální software, který je schopen umožnit vzájemnou komunikaci zařízení, které nemusí běžet na stejném operačním systému nebo platformě.

Další organizace se jmenuje Industrial Internet Consortium (IIC), která vznikla v roce 2014. Hlavním cílem této aliance je, mimo vyvinutí celosvětového standardu, také tvorba a vývoj aplikací pro použití v průmyslu a vybudování nových bezpečnostních postupů. V současnosti má organizace více než 140 členů, mezi které patří společnosti Bosch, EMC, Intel, Huawei, IBM, SAP a Schneider Electric.

Další významnou organizací usilující o standard internetu věcí je Open Connectivity Foundation (OCF), která vznikla v roce 2016. Její předchůdkyní byla ovšem skupina Open Interconnect Consortium, která vznikla v roce 2014, ale později byla přejmenována právě na Industrial Internet Consortium. V současnosti má OCF přes 200

členů a na jejím fungování se podílí především společností Intel, Samsung, Cisco, LG, Canon, Haier, Electrolux a Microsoft.

Organizace Wireless IoT Forum (WIoTF) vznikla v roce 2015 s cílem, podporovat rozmístění internetu věcí po celém světě, a zároveň usiluje o rozšíření širokopásmových bezdrátových technologií. Zakládajícími členy WIoTF jsou společnosti Accenture, Arkessa, BT, Cisco, Telensa a WSN.

Další organizace se jmenuje HyperCat Consortium a je to aliance složená z více než padesáti společností, které mají sídlo ve Velké Británii, včetně společností IBM, ARM a BT. Vláda Spojeného království v roce 2014 investovala do tohoto konsorcia 1,6 milionu liber. Tento projekt má také podporu v mnoha vysokoškolských institucích, které jsou zároveň i členy.

Vývoj a výzkum oblastí internetu věcí je celosvětový, nicméně největší koncentrace výzkumných center se soustřeďuje především v severní Americe (Georgia Tech, Univerzita Oregon, Univerzita Wisconsin, Carleton) a Evropě (Univerzita Zurich, Frankfurtská univerzita aplikovaných věd, Univerzita Southampton). V Asii má výzkum na starosti především Čína (Institut mikrosystémové a informační technologie v Šanghaji). V Austrálii pak Univerzita v Melbourne. S rostoucím zájmem o bezdrátové technologie se dá předpokládat, že počet výzkumných center v budoucnosti poroste. [28]

4 ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo informovat o pojmu IoT a objasnit terminologii příslušnou tomuto tématu. V práci je stručně popsána historie IoT, bezdrátové technologie přenosu dat, používané protokoly, zabezpečení jednotlivých technologií a druhy využívaných senzorů.

V druhé části práce byly popsány technologie energy harvesting a cloud computing, které s internetem věcí úzce souvisí. Dále byl vysvětlen koncept čtvrté průmyslové revoluce (Průmysl 4.0) a jeho závislost na technologiích internetu věcí. Rozebrány byly i další oblasti, ve kterých je využíván IoT (například domácí automatizace, zdravotnictví a sport). Protože má internet věcí velikou perspektivu do budoucna, tak se na trhu začínají formovat skupiny výrobců, za účelem dosažení standardu internetu věcí. Uznání jednotného standardu by pro jeho vývojáře mělo za následek velké finanční zisky.

Dalším cílem práce bylo navrhnout a popsat další možné využití v oblasti průmyslu 4.0 a domácí automatizace. Díky své konstrukci a schopnosti létat, byly pro použití v oblasti průmyslu 4.0 navrženy drony, určené k přenášení věcí v továrnách. V oblastech domácí automatizace byly návrhy směřovány převážně do oblastí zdraví a zdravého životního stylu.

Dá se předpokládat, že úspěch na poli IoT zaznamenají především energeticky a finančně nenáročné technologie, nicméně konkrétní technologie je obtížné stanovit.

Využívání internetu věcí může člověku v mnoha ohledech usnadnit práci, nicméně otázky ohledně zvýšení bezpečnosti a zabezpečení jsou v mnoha případech argumentem, proč se mít s využíváním bezdrátových technologií na pozoru.

Je vhodné zdůraznit, že internet věcí se stále formuje, ale už teď je jasné, že jeho komerční i osobní využití v nejbližších letech poroste.

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TAO LIU a DONGXIN LU. The application and development of IOT. In: Information Technology in Medicine and Education (ITME), 2012 International Symposium on [online]. IEEE, 1208, 2, s. 991-994 [cit. 2017-04-20]. DOI: 10.1109/ITiME.2012.6291468. ISBN 978-1-4673-2109-9.
- [2] HORSKÝ, Radek. Bezdrátové sítě Wi-Fi v rekordním čase. Praha: Grada, 2006. ISBN 9788024717906.
- [3] KRUEGLE, Herman. CCTV surveillance analog and digital video practices and technology. 2nd ed. Burlington, MA: Elsevier Butterworth Heinemann, 2007. ISBN 9780080468181.K
- [4] Powering the Next Billion Devices with Wi-Fi. Ecn, Nov 19, 2015 ProQuest Central; ProQuest Technology Collection. ISSN 15233081. Dostupné z: http://search.proquest.com.ezproxy.lib.vutbr.cz/docview/1756025691?rfr_id=info%3Axri%2Fsid%3Aprimo
- [5] Bluetooth. Bluetooth [online]. Bluetooth SIG, ©2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.bluetooth.com>
- [6] Wi-Fi Alliance . Wi-Fi Alliance [online]. Wi-Fi Alliance, ©2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.wi-fi.org>
- [7] GILCHRIST, Alasdair. Industry 4.0: the industrial internet of things. New York: Apress, 2016, 250 stran: ilustrace. ISBN 978-1-4842-2046-7.
- [8] GISLASON, Drew. Zigbee wireless networking. Burlington, Mass: Newnes/Elsevier, 2008. ISBN 9780080558622.
- [9] Zigbee alliance. zigbee alliance [online]. Copyright © 2017 zigbee alliance [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://www.zigbee.org>
- [10] PAETZ, Christian. Z-Wave Basics [online]. 1. 2015 [cit. 2017-04-18]. ISBN 9781783017317. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=WkyJCQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=z-wave&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwiWyDcrzrTAhUMaFAKHRsDBq8Q6AEIJDAA#v=onepage&q&f=false>
- [11] PRESS, Gil. A Very Short History Of The Internet Of Things. In: Forbes [online]. 2014 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2014/06/18/a-very-short-history-of-the-internet-of-things/#5cd3c21610de>
- [12] Internet of Things (IoT) History. In: Postscapes [online]. 2016 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.postscapes.com/internet-of-things-history/>
- [13] BURIAN, Pavel. Internet inteligentních aktivit. Praha: Grada, 2014. Průvodce (Grada). ISBN 978-80-247-5137-5.
- [14] VEBER, Jaromír. Management inovací [online]. 1. Management Press, Albatros Media, 2017 [cit. 2017-04-06]. ISBN 9788072614240. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=vt7qCwAAQBAJ&pg=PA271&dq=internet+věc%C3%AD&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwivp_jxzvTAAhUmIsAKHXQyB1sQ6AEIKDAB#v=onepage&q=internet%20věc%C3%AD&f=false
- [15] SOSINSKY, Barrie. Mistrovství – počítačové sítě [online]. Computer Press, Albatros Media, 2016 [cit. 2017-04-16]. ISBN 9788025139165. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=qwbqCwAAQBAJ&pg=PA386&dq=wep+zabezpečen>

- %C3%AD&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwj4hvHz17vTAhWRF8AKHYG7CW0Q6AEIjAA#v=onepage&q=wep%20zabezpečen%C3%AD&f=false
- [16] SETHI, Pallavi a Smruti R. SARANGI. Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. Journal of Electrical and Computer Engineering[online]. Hindawi Publishing Corporation, 2017, 2017 [cit. 2017-04-02]. DOI: 10.1155/2017/9324035. ISSN 2090-0147.
- [17] Internet of Things Requirements and Protocols | IEEE Standards University. IEEE Standards University | Innovation · Compatibility · Success [online]. Copyright © Copyright 2017 IEEE [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <https://www.standardsuniversity.org/e-magazine/march-2016/internet-of-things-requirements-and-protocols/>
- [18] FRISHBERG, Manny. Li-Fi Lighting the Way. Research Technology Management [online]. Arlington: Taylor, 2015, 58(1), 7-8 [cit. 2017-05-08]. ISSN 08956308. Dostupné z: http://search.proquest.com.ezproxy.lib.vutbr.cz/docview/1658215386?rfr_id=info%3Axi%2Fsid%3Aprimo
- [19] Li-Fi Data by Light. Home | Building Services Engineering Consultants | Novo [online] [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://novo.eu.com/lifi-light-fidelity/>
- [20] HAJOVSKY, Radovan a Martin PIES. Use of IQRF Technology for Large Monitoring Systems. IFAC PapersOnLine [online]. Elsevier, 2015, 48(4), 486-491 [cit. 2017-05-08]. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.07.082. ISSN 2405-8963. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S2405896315008575>
- [21] KRÁL, Mojmír. Bezpečný internet: chraňte sebe i svůj počítač. Praha: Grada Publishing, 2015. Průvodce (Grada). ISBN 978-80-247-5453-6.
- [22] COPELAND, Marshall. Microsoft Azure: planning, deploying, and managing your data center in the cloud. Berkeley, CA: Apress, 2015. Expert's voice in Microsoft Azure. ISBN 9781484210444.
- [23] PRESTON, Stuart. Using chef with Microsoft Azure. 1. London, UK: Apress, 2016. ISBN 9781484214770.
- [24] Co se skrývá pod výrazy Industry 4.0 / Průmysl 4.0 ? | Automatizace.HW.cz. Automatizace.HW.cz | Elektronika v automatizaci [online]. Copyright © 1997 [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/mimochodem/co-je-se-skryva-pod-vyrazy-industry-40-prumysl-40.html>
- [25] Od 1. průmyslové revoluce ke 4. | Technický týdeník. TT | Technický týdeník [online]. Copyright © Business Media CZ, Nádražní 32, 150 00 Praha [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html
- [26] BASL, Josef a Roman BLAŽÍČEK. Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-4307-3.
- [27] Fitness náramek GoGEN SB102G zelený. In: GoGEN [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <https://www.gogen.cz/fitness-naramek-gogen-sb102g-zeleny/z426266/>
- [28] LIMA, JOAO. Top 5 IoT groups fighting for standards & regulation. In: Computer Business Review [online]. 2016 [cit. 2017-05-2]. Dostupné z: <http://www.cbronline.com/news/internet-of-things/top-5-iot-groups-fighting-for-standards-regulation-4619493/>
- [29] AllSeen Alliance. AllSeen Alliance [online]. Copyright © 2017 AllSeen Alliance, Inc. All Rights Reserved. [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <https://allseenalliance.org>

- [30] Energy harvesting. Institute of Physics - For physics • For physicists • For all : Institute of Physics [online]. Copyright © Institute of Physics 2012 [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://www.iop.org/resources/energy/>
- [31] DVOŘÁK, Leoš. Průmysl 4.0: Budoucnost průmyslové výroby [online]. Siemens, 2016, , 3-30 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.czechinvest.org/data/files/2-dvorak-prumysl-4-0-budoucnost-prumyslove-vyroby-5819.pdf>
- [32] ROBLEK, Vasja, Maja MEŠKO a Alojz KRAPEŽ. A Complex View of Industry 4.0. SAGE Open [online]. SAGE Publications, 1606, 6(2) [cit. 2017-05-14]. DOI: 10.1177/2158244016653987. ISSN 2158-2440. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2158244016653987>
- [33] Gartner Symposium: internet věcí roste - Transformation. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2016 EMC Corporation. All rights reserved. [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://emeablog.emc.com/cz/gartner-symposium-internet-veci-roste/>
- [34] Příklad inteligentní továrny najdete v Mohelnici. In: Továrna, vše o průmyslu na jednom místě [online]. Trade Media International, 2016 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.itovarna.cz/news/priklad-inteligentni-tovarny-najdete-v-mohelnici/>
- [35] LELEK, Milan. Digitální továrna Siemens Amberg. In: MES Centrum, o.s. [online]. 2015 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/168-digitalni-tovarna-siemens-amberg>
- [35] A2 DELIVERY. In: Airborne drones [online]. Shopify, 2017 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.airboredrones.co/products/a2-x8-delivery-drone>
- [36] CENTRÁLNÍ FUNKCE | Inteligentní dům. Inteligentní dům | Chytré domy Loxone [online]. Copyright © 2011 [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://www.inteligentni-dum.eu/centralni-funkce>
- [37] Nissan testuje autonomní vozy na evropských silnicích. In: Hybrid.cz [online]. Chamanne, 2017 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/nissan-testuje-autonomni-vozy-na-evropskych-silnicich>
- [38] Wireless Health Care - IEEE Spectrum. IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News [online]. Copyright © Copyright 2017 IEEE Spectrum [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://spectrum.ieee.org/biomedical/devices/wireless-health-care>
- [39] Body | Wi-Fi Connected Scale | Withings. [online]. Copyright © 2009 [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <https://www.withings.com/eu/en/products/body>
- [40] Mobile platform / omnidirectional - KMR iiwa - KUKA Roboter GmbH. DirectIndustry - The online Industrial Exhibition: sensor - automation - motor - pump - handling - packaging ... [online]. Copyright © 2017 [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/kuka-roboter-gmbh/product-17587-1714901.html>

6 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1 Počet zařízení připojených do IoT, v mld. Převzato z [33].	17
Obr. 2 Počet vyhledávání termínu "IoT" přes vyhledávač Google od roku 2009. Převzato z [12].	18
Obr. 3 Wi-Fi logo. Převzato z [6].	20
Obr. 4 Bluetooth logo. Převzato z [5].	20
Obr. 5 Srovnání technologie ZigBee s ostatními technologiemi. Převzato z [8].	22
Obr. 6 Znak Li-Fi. Převzato z [19].	23
Obr. 7 Průmyslový vývoj. Převzato z [31].	29
Obr. 8 Možnosti konfigurace Volkswagenu Golf. Převzato z [31].	31
Obr. 9 Továrna Siemens v Ambergu. Převzato z [35].	33
Obr. 10 Robot KMR iiwa od společnosti KUKA. Převzato z [40].	34
Obr. 11 Přepavní dron Airborne A2. Převzato z [35].	35
Obr. 12 Uživatelské prostředí aplikace Loxone. Převzato z [36].	36
Obr. 13 Wifi Body Scale od společnosti Withings. Převzato z [39].	38
Obr. 14 Fitness hodinky GoGen. Převzato z [27].	38
Tab. 1 Přehled standardů Wi-Fi [2, 3]	19
Tab. 2 Rychlosti jednotlivých bluetooth verzí.	22

