

Rádiová komunikace v internetu věcí pro průmyslovou automatizaci

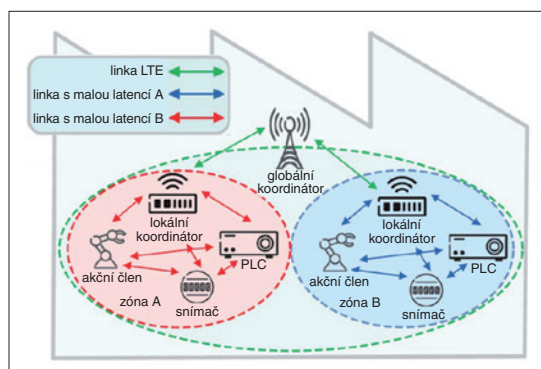
Článek přináší základní informace o využití IoT v průmyslové automatizaci. Přitom se soustřeďuje především na otázky použití rádiových (bezdrátových) spojů v tomto odvětví, které jsou zde pro svoji flexibilitu a další přednosti často nenahraditelné.

V současné době se ve veřejné pozemní mobilní komunikaci uplatňují rádiové sítě pro pozemní mobilní komunikaci starší druhé generace 2G (GSM), kulminující třetí generace 3G (UMTS/HSPA) a prudce se rozvíjející generace čtvrté 4G (LTE/LTE-A). Tyto sítě byly původně určeny pro hovorovou komunikaci, která vystačí s malou rychlostí přenosu. K ní se postupně přidávaly datové přenosy, přenosy videa a multimédií – což jsou výrazné širokopásmové služby vyžadující velkou přenosovou rychlost. Od generace 4G se však začínají rychle uplatňovat také nové aplikace, které jsou základem internetu věcí IoT (*Internet of Things*), umožňujícího automatickou komunikaci věcí. Přitom pod pojmem „věc“ se v IoT rozumí objekt fyzikálního světa – *physical things*, nebo informačního světa – *virtual things*.

Základním technickým prostředkem IoT je komunikace strojového typu MTC (*Machine-type Communications*), označovaná také jako komunikace mezi stroji M2M (*Machine-to-Machine*). Ta probíhá zcela automaticky, bez přímé spoluúčasti člověka, obvykle mezi terminálem MTC a serverem nebo přímo mezi terminály MTC. Potřebnou konektivitu (propojení) mezi těmito subjekty zajišťuje přidružená telekomunikační infrastruktura, v těsném spojení s konvenčním internetem. Ta může využívat fixní metalické nebo optické spoje, jako je tomu u systémů Profibus, Profinet, Sercos, HART a dalších. Ve většině aplikací IoT jsou ale vhodnější, nebo dokonce nutné spoje rádiové. Ty mají výhody v mobilním připojení uživatelů systému,

jejich budování je mnohem rychlejší, nenarušují vnější ráz daného prostředí a investiční i provozní náklady jsou podstatně nižší.

Internet věcí se již prosazuje v několika základních oblastech. K nim patří chytré domy, města a energetické systémy, inteligentní dopravní sítě včetně různých dopravních prostředků, ale také např. chytrá nositelná elektronika. Jednou z nejvýznamnějších oblastí uplatnění IoT je průmyslová automatizace. Tato oblast se zaměřuje především



Obr. 1. Komunikační architektura pro bezdrátovou průmyslovou automatizaci (podle německého projektu KoI)

na chytré výrobní linky a celé podniky, kde se využitím IoT podporuje automatizace výroby, zdokonaluje se bezpečnost výrobního procesu, monitorování a management spotřeby energie, kontrola skladových zásob apod.

Tento článek uvádí základní informace právě o využití IoT v průmyslové automatizaci [2]. Přitom se soustřeďuje především na otázky použití rádiových (bezdrátových) spojů v tomto odvětví, které jsou zde pro svoji flexibilitu a další již zmíněné přednosti často nenahraditelné.

Rádiové prostředky pro internet věcí

K rádiovému spojení typu MTC ve sféře průmyslové automatizace úzce související s IoT se mohou používat speciální jed nouúčelové rádiové systémy označované jako dedikované nebo proprietární a určené právě jen k zamýšlenému použití v IoT. Tyto systémy často pracují v bezlicenčních frekvenčních pásmech, určených národními regulačními orgány (v ČR Českým telekomunikačním úřadem). Do uvedené kategorie náležejí např. systémy LoRaWAN a SIGFOX, které se v současnosti již intenzivně budují také v České republice. K dalším proprietárním komunikačním systémům patří Z-Wave, 6LoWPAN, Thread, Neul a mnoho dalších.

V komunikaci MTC se však mohou úspěšně uplatnit také veřejné rádiové sítě, ať již lokálního typu (WiFi, Bluetooth, ZigBee apod.), nebo metropolitní sítě s větším dosahem (WiMAX), popř. celoplošné buňkové sítě všech generací, tedy sít GSM/2G, UMTS-HSPA/3G a zejména síť LTE/4G. Uvedené sítě jsou díky dlouhodobému vývoji velmi propracované. Využívají většinou nezarušená licencovaná pásma, takže mohou poskytovat kvalitní obousměrné (duplexní) spojení, ať již ve vnitřním, nebo venkovním prostředí, a to v lokálním, regionálním a v současné době již i globálním měřítku. Veřejné sítě však nebyly primárně určeny pro komunikaci MTC, a proto jejich úspěšné použití zde vyžaduje určité úpravy jejich komunikačních protokolů a často jsou nezbytné i hardwarové zásahy. Proto je vstup dosud používaných veřejných mobilních sítí do světa IoT poněkud opožděn, avšak tento stav se velmi rychle mění, takže ještě do roku 2020 ovládnou veřejné mobilní sítě podstatnou část aplikací internetu věcí.

Konsorcium mobilních sítí příštích generací NGMN (*Next Generation Mobile Net-*

Tab. 1. Přehled hlavních rádiových standardů uplatňujících se v systémech průmyslové automatizace

	IEEE 802.11n (WLAN)	IEEE 802.11ac; (WLAN)	IEEE 802.1.1; (WPAN)	Bluetooth 4.2 (WPAN)	IEEE 802.15.4 (WPAN)	LTE Rel.12 3GPP 4G celul.
Průmyslový standard	IWLAN		Bluetooth 1.2WISA	Bluetooth	ZigBee, HART, ISA 100.11a	
Max. dosah	200 m	200 m	100 m	100 m	10 m	100 km
Multiplex	TDM	TDM/SDM	TDM	TDM	TDM	TDM/FDM/SDM
Počet antén	4	8	1	1	1	8
Frekvenční pásmo	2,4/5 GHz	5 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	780/868/915/950/2 450 MHz	400 MHz až 5 GHz
Šířka pásmo	20 až 40 MHz	20 až 160 MHz	1 MHz	1 MHz	0,2 až 5 MHz	1,4 až 100 MHz
Maximální bit. rychlost	600 Mb/s	6,93 Gb/s	1 Mb/s	24 Mb/s	1 Mb/s	4 Gb/s (downlink), 1,5 Gb/s (uplink)

work) a Partnerský projekt pro třetí generaci 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) rozlišují dvě třídy systémů pro strojovou komunikaci MTC:

- systémy pro masivní aplikace M-MTC (*Massive MTC*), které obsahují velký počet levných koncových zařízení, jako jsou snímače a akční členy, různé měřiče apod., s přísnými požadavky na pokrytí a energetickou účinnost,
- systémy pro kritické aplikace C-MTC (*Critical MTC*), u nichž je vyžadována velká provozní spolehlivost a malá latence přenosu, což jsou vlastnosti potřebné v automatizovaných výrobních procesech, inteligentních transportních systémech, chytrých energetických sítích apod.

Systémy C-MTC tedy garantují spolehlivé doručení určitého sdělení s danou chybovostí v rámci přípustného zpoždění.

Bezdrátová komunikační architektura pro průmyslovou automatizaci podle projektu Kol

Využitím IoT v průmyslové automatizaci se ve světě zabývá v současnosti několik velkých projektů. Jedním z nejvýznamnějších je výzkumný projekt KoI (*Koordinierte Industriekommunikation*) německého Federálního ministerstva vzdělání a výzkumu BMBF (www.koi-projekt.de), podporovaný sedmi partnery z průmyslové i akademické sféry (Ericsson, Fraunhofer Heinrich Hertz Institute, RWTH Aachen University, University of Paderborn, WiseSense GmbH a WeissRobotics). Tento projekt je zaměřen hlavně na otázky využití bezdrátové komunikace v průmyslovém prostředí. Komunikační architektura pro bezdrátovou průmyslovou automatizaci je znázorněna na obr. 1. Její dvojřadová koncepce umožňuje realizovat logickou separaci aplikačně kritických funkcí od generických. V praxi však mohou být obě skupiny funkcí integrovány do jedné entity.

V horní funkční řadě působí globální rádiový koordinátor, jenž realizuje autentizaci a řízení přístupu do systému, koordinaci

rádiových zdrojů a management interferencí mezi různými komunikačními buňkami (generické funkce). Obsluhuje velké lokality (podniky, tovární haly apod.) a zpracovává funkce v rámci dlouhých časů.

V dolní funkční řadě se nacházejí aktivní prvky celého systému, jimiž jsou zejména snímače a akční členy. Snímače jsou technická zařízení detekující určitou analogovou fyzikální nebo technickou veličinu a převádějící ji na elektrický signál. Je-li tento signál analogový, je vhodné ho digitalizovat pomocí analogově-digitálního převodníku ADC a poté případně dálkově přenášet a dále zpracovat v akčních členech nebo ve složitějších měřicích a řídicích systémech. Akční člen je v podstatě opakem snímače: převádí elektrický signál na fyzikální nebo technickou veličinu. Další entitou v dolní funkční řadě je programovatelný logický automat PLC. V současné době to může být i průmyslový počítač, který je adaptován pro řízení výrobních procesů. PLC řídí montážní linky, robotická zařízení, kontrolní uzly apod., od nichž se žádá velká spolehlivost řízení, snadné programování a jednoduchá diagnostika poruch. Lokální rádiový koordinátor působí na malých lokalitách (malé dílny, výrobní linky apod.), ve výrazně granulárním časovém měřítku. Musí proto zajišťovat přenos informací s malou latencí a velkou spolehlivostí, tedy aplikačně kritické funkce.

Lokální koordinátory mohou pracovat ve dvou módech. Prvním z nich je centralizovaný mód, v němž jsou uživatelská data a řídicí informace přenášeny společně (ve spojené uživatelské a řídicí rovině) prostřednictvím lokálního koordinátoru. Druhý, asistovaný mód D2D (*Device to Device*) umožňuje přímý přenos uživatelských dat mezi snímači a akčními členy, kdežto řídicí informace se přenášejí odděleně (tedy uživatelská a řídicí rovina jsou odděleny). Pro kritické výrobní aplikace je obvykle vhodnější asistovaný mód D2D, který má díky malé vzdálenosti mezi terminály – a tím i redukovanému počtu komunikačních skoků – menší latenci přenosu.

Hlavní radiokomunikační systémy vhodné pro průmysl

Ve schématu na obr. 1 lze k propojení globálního rádiového koordinátoru s lokálními koordinátory využít buňkový veřejný systém 4G pro mobilní komunikaci LTE, resp. jeho nové varianty LTE-A a LTE-A Pro. Kratší rádiové linky uvnitř zón příslušejících lokálním koordinátorům mohou zajistit buď rádiové lokální sítě WLAN (WiFi, ZigBee apod.), nebo vhodné proprietární rádiové sítě. Přehled vhodných variant a jejich hlavních parametrů je uveden v tab. 1.

Veřejné mobilní sítě však ve své původní podobě nezajišťují mimořádnou spolehlivost a minimální latenci přenosu. Zvýšení spolehlivosti lze ale dosáhnout zdokonaleným ochranným kódováním, použitím technik s prostorovou diverzitou, opakováním přenosu HARQ (*Hybrid Automatic Repeat Request*) apod. Malou latenci přenosu podporují úpravy komunikačních protokolů, zkracování zpoždění zpracování komunikace v obvodech pro kanálové kódování apod. Významný pokrok v této sféře nastane s nástupem mobilních systémů páté generace (5G) okolo roku 2020, u nichž se již od počátku jejich vývoje počítá s kooperací se systémy IoT. Více se zájemci dozvědí na semináři Internet věcí, který pořádá UNIT s. r. o. (<http://iot.unit.cz>) – viz inzerát na této straně.

Literatura:

- [1] *Research project Koordinierte Industriekommunikation (KoI) supported by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) of Germany.:* Duration: 01/2015–06/2017 [online]. 2015 [cit. 2017-01-19]. Dostupné z: www.koi-projekt.de
- [2] HOLFELD, Bernd et al. Wireless Communication for Factory Automation: an opportunity for LTE and 5G systems. *IEEE Communications Magazine*. 2016, 54(6), 36–43. DOI: 10.1109/MCOM.2016.7497764. ISSN 0163-6804. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7497764/>

doc. Ing. Václav Žalud, CSc.,
katedra radioelektroniky
FEL ČVUT v Praze

seminář IoT

Internet věcí
Internet of Things

21. - 22. 2. | PRAHA
Hotel Floret

unit

iot.unit.cz

Identifikace

Snímání

Komunikace

Výpočty

Služby

Sémantika

Internet věcí IoT: legislativa, technologie, aplikace

Seminář agentury UNIT s.r.o. ve dnech 21. – 22. února r. 2017 v hotelu Floret v Praze

Connected Health
Connected Car
Smart Energy
Wearables
Industry 4.0
Smart Metering
Smart City
Education Support
Environmental Monitoring
Transport Management
Agriculture
Public/Personal Safety
Smart Home

Seminář poskytuje posluchačům všeobecný přehled o Internetu věcí a podává jim i důkladné poznatky z oblasti pokročilých technologií IoT, které jim usnadní použití komerčních zařízení i vývoj jejich vlastních aplikací. Budou zde zmíněny také hlavní legislativní otázky a uvedeny současné typické oblasti využití IoT. Odborná úroveň semináře je zaručena vyrovnaným výběrem přednášejících ze sféry výrobní, provozní, akademické i legislativní.