

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Diplomová práce

Technologické platformy pro Internet věcí

Darek Vodrážka

© 2017 ČZU v Praze

Souhrn:

Tato diplomová práce pojednává o bezdrátových komunikačních technologiích, které využívá Internet věcí. Jsou analyzovány mobilní sítě LTE-M a NB-IoT a dále bezdrátové sítě LAN. Především se však zabývá problematikou Low-Power Wide-Area Network technologií a představuje hlavní zástupce LPWAN sítí IQRF, Sigfox a LoRaWAN, u kterých byly prozkoumány jejich vlastnosti, topologie a některé významné techniky. Dále rozebírá základní aspekty šíření radiových vln, parametry a vlivy na ně působící, bezlicenční frekvenční pásma, bezpečnost při používání IoT, možné oblasti využití a aplikace technologií Internetu věcí. V poslední řadě se v práci ověřuje dostupnost služeb Sigfox a LoRaWAN pomocí měření a analyzování signálů a je zhodnocena využitelnost testovaných komunikačních systémů pro odečty dat z elektroměrů, plynoměrů a vodoměrů v panelovém domě v Praze.

Klíčová slova:

Internet věcí, senzor, bezdrátový přenos dat, Sigfox, LoRa, IoT

Cíl a metodika:

Cílem diplomové práce je prozkoumat a posoudit stav komunikačních technologií pro Internet věcí.

Dílní cíle práce jsou:

- analyzovat dostupné komunikační technologie, jako jsou technologie mobilních sítí, Sigfox nebo LoRa
- zhodnotit využitelnost těchto technologií pro různé typy aplikací
- posoudit přizpůsobitelnost na požadavky uživatele a náklady na instalaci a provoz
- ověřit a porovnat dostupnost signálu systémů Sigfox a LoRa
- formulovat obecné a specifické závěry

Metodika práce je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů, ale také na praktických zkušenostech.

V teoretické části bude nejprve definován pojem Internet věcí a přiblíženy základy šíření radiových vln, jejich rozdělení a bezlicenční pásma. Dále budou prozkoumány

bezdrátové komunikační technologie, které Internet věcí využívá. Mezi tyto technologie patří mobilní sítě, bezdrátové sítě LAN a sítě typu LPWAN. Práce se zaměřuje především na technologii LPWAN, která bude analyzována a budou představeny její nejrozšířenější specifikace. Představenými specifikacemi budou LPWAN technologie IQRF, Sigfox a LoRaWAN, které budou také porovnány. Nakonec práce zhodnotí aplikační možnosti Internetu věcí a bude se zabírat otázkou bezpečnosti a soukromí uživatelů.

V praktické části bude využito zkušebních modulů pro ověření a porovnání dostupnosti signálů systémů Sigfox a LoRa. Zároveň bude měřeno rušení a interference ve stejném kmitočtovém pásmu pomocí spektrálního analyzátoru. Výsledky budou analyzovány a statisticky zpracovány. Dále bude zhodnocena využitelnost testovaných komunikačních systémů pro odečty dat z elektroměrů, plynometrů a vodoměrů v panelovém domě v Praze. Na základě syntézy získaných poznatků budou vytvořeny závěry.

Teoretická část:

Teoretická část byla zaměřena na analýze jednotlivých komunikačních technologií, které využívá Internet věcí jako jsou mobilní sítě LTE-M a NB-IoT, bezdrátové sítě LAN a sítě typu Low-Power Wide-Area Network (LPWAN). Dále byly představeny tři specifikace technologie LPWAN, protože nejlépe vystihují požadavky senzorických IoT sítí. Mezi ty nejrozšířenější patří technologie LoRaWAN a Sigfox. Další popsanou technologií je technologie IQRF, vyvinutá v České republice. Tyto specifikace jsou analyzovány a porovnány. Všechny uvedené technologie fungují v bezlicenčním pásmu, avšak s rozdílnou architekturou a parametry. Která z technologií je nejlepší je složité posoudit. Pro každou aplikaci se některá bude hodit více a některá méně. Hlavním rozdílem mezi technologiemi je model instalace, buď si uživatel sestaví svojí vlastní senzorickou síť, nebo nechá komunikační provoz na operátorech.

Dále je v teoretické části posouzena přizpůsobitelnost na požadavky uživatele a náklady na instalaci a provoz. Jelikož jsou sítě teprve v testovacím provozu a technologie jsou nové, jeví se ceny zařízení jako poněkud vysoké a množství dostupných typů zařízení malé. Až se však spustí ostrý provoz sítí, nové společnosti velmi rychle vstoupí na trh s jejich řešeními a ceny se sníží.

V poslední části jsou zhodnoceny možné oblasti využití Internetu věcí. Internet věcí má uplatnění ve všech oblastech každodenního života od chytrých domácností a měst až po zdravotnictví a průmysl. Každá aplikace má své specifické požadavky a je nutné vybrat správnou komunikační technologii, aby byly tyto požadavky splněny. Nakonec je v teoretické části probrána bezpečnost a otázky soukromí, protože princip IoT vychází ze sběru velkého množství informací, které dávají komplexní přehled o uživatelích.

Praktická část:

Praktická část práce se zabývala ověřením a porovnáním dostupnosti signálu technologií Sigfox a LoRaWAN. Měření probíhalo v panelovém domě v Praze za pomoci zapůjčených sensorických modulů, aby mohla být zhodnocena využitelnost testovaných komunikačních systémů pro odečty dat z elektroměrů, plynoměrů a vodoměrů v domácnostech. Bylo vybráno 10 míst, kde se nacházejí odečítací moduly a z každého bylo posláno 20 zpráv z testovacích zařízení Sigfox a LoRaWAN. Výsledky měření byly pak analyzovány a statisticky zpracovány.

Pro tuto aplikaci odečítacích modulů na daném místě lze použít LPWAN technologii Internetu věcí. Specifikace Sigfox je v této situaci vhodnější, pokud je brána v potaz kvalita signálu. Dalšími parametry pro porovnání vhodnější technologie může být energetická spotřeba modulů, možná velikost zprávy nebo četnost vysílaných zpráv za den. Výsledky odpovídají teoretickým předpokladům, protože Sigfox má v rámci ČR již dnes v podstatě celoplošné pokrytí, LoRa bude mít celoplošnou síť dobudovanou v průběhu roku 2017.

Praktická část posloužit jako návod pro společnosti, které chtějí zjistit možnost aplikace Internetu věcí pomocí technologie Sigfox nebo LoRaWAN.

Závěr:

Popis průběhu měření a zpracování výsledků v praktické části mohou společnosti využít jako návod pro zjištění dostupnosti signálu LPWAN sítí Sigfox a LoRaWAN pro jejich implementaci konkrétní aplikace využívající Internet věcí v konkrétní lokalitě. Metodiku lze obecně shrnout do těchto bodů:

1. Rozhodnutí o vhodném způsobu přenosu dat
 - a. Velikost přenášených dat
 - b. Četnost přenášených dat
 - c. Potřeba zpětného směru
 - d. Lokální využití nebo globální využití
2. Ověření pokrytí daných lokalit signálem
 - a. Dotaz na provozovatele technologií
 - b. Ověření dostupnosti pomocí testovacích modulů způsobem popsaným v této práci
 - c. Porovnání a výběr vhodnějšího řešení
3. Porovnání nákladů na provoz dostupných technologií
 - a. Kalkulace pořizovacích nákladů
 - b. Kalkulace provozních nákladů
 - c. Technicko-ekonomické zhodnocení
4. Rozhodnutí o využití aplikačního SW
 - a. Využití existujících cloudových a serverových aplikací
 - b. Využití nabízeného SW třetích stran
 - c. Vývoj SW na míru s využitím API
5. Ověření aplikace v daných lokalitách
 - a. Pilotní testování
 - b. Odstraňování případných problémů – identifikace interferencí a rušení
 - c. Ladění aplikačního SW
 - d. Spuštění ostrého provozu

Vybraná aplikace modulů pro odečet spotřeby elektřiny či vody v panelovém domě je jedním z možných příkladů užití LPWAN sítí, ne však příkladem zcela typickým. Zaprvé již existují bezdrátové systémy pro dálkové odečty, a to hlavně v panelových domech. Za druhé pro takovouto koncentrovanou síť senzorických modulů by bylo vhodnější a výhodnější použít topologii, kde by senzory byly napojené na výchozí bránu, a ne rovnou na základnovou stanici. Tento model zapojení lze implementovat za pomoci technologie LoRaWAN a IQRF.

Použitá literatura:

1. **Asin, A. a Gascón, D. 2015.** Libelium. *50 Sensor Applications for Smarter World*. [Online] 2. května 2015. [Citace: 13. září 2016.]
http://www.libelium.com/top_50_iot_sensor_applications_ranking/download.
2. **Carroll, B. 2011.** *Bezdrátové sítě Cisco*. Brno : Computer Press, 2011.
ISBN: 978-80-251-2884-8.
3. **IQRF Alliance. 2015.** IQRF. *About IQRF*. [Online] 11. listopadu 2015.
[Citace: 25. září 2016.] <http://www.iqrf.org/iqrfabout>.
4. **LoRa Alliance. 2015.** LoRaWAN. *A technical overview of LoRa and LoRaWAN*. [Online] 9. listopadu 2015. [Citace: 28. září 2016.]
<https://www.lora-alliance.org/portals/0/documents/whitepapers/LoRaWAN101.pdf>.
5. **Pechač, P. 2007.** *Základy šíření vln pro plánování pozemních rádiových spojů*. Praha : BEN, 2007. ISBN 978-80-7300-223-7.
6. **Pohanka, P. 2015.** I2ot. *Internet věcí*. [Online] 29. června 2015. [Citace: 16. září 2016.] <http://i2ot.eu/internet-of-things/>.
7. **Sigfox. 2013.** Sigfox Whitepaper. *M2M and IoT redefined through cost effective and energy optimized connectivity*. [Online] 1. února 2013. [Citace: 26. září 2016.]
https://lafibre.info/images/3g/201302_sigfox_whitepaper.pdf.
8. **Sundmaeker, H. 2010.** *Vision and Challenges for Realising the Internet*. Lucemburk : Publications Office of the European Union, 2010. ISBN 978-92-79-15088-3.
9. **Xiong, X., a další. 2015.** IEEE Xplore. *Low power wide area machine-to-machine networks: key techniques and prototype*. [Online] 16. září 2015. [Citace: 20. září 2016.]
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7263374/>.