

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra informačních technologií**



**Bakalářská práce**

**Bezdrátové sítě pro internet věci**

**Pavel Dědek**

**© 2021 ČZU v Praze**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavel Dědek

Systémové inženýrství a informatika  
Informatika

Název práce

**Bezdrátové sítě pro internet věcí**

Název anglicky

**Wireless networks for Internet of Things**

---

### Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku bezdrátových sítí pro internet věcí. Hlavním cílem práce je analyzovat a zhodnotit dostupné technologie sítí pro internet věcí.

Dílní cíle práce jsou:

- charakterizovat bezdrátové sítě pro internet věcí,
- charakterizovat klíčové vlastnosti sítí pro internet věcí
- formulovat návrh využití sítí internetu věcí ve vybraných oblastech

### Metodika

Teoretická část bakalářské práce se bude zakládat na analýze a rešerši odborných zdrojů.

V praktické části práce budou na základě poznatků zjištěných v analytické části zhodnoceny klíčové parametry sítí internetu věcí a formulovány možnosti využití jednotlivých sítí pro vybrané oblasti. Na základě syntézy teoretických a praktických poznatků budou zpracovány závěry bakalářské práce.

## Doporučený rozsah práce

35 stran

## Klíčová slova

IoT, sítě, bezdrátové, internet věcí, protokoly, technologie, vývoj, výzkum

---

## Doporučené zdroje informací

ADRYAN, Boris, Dominik OBERMAIER a Paul FREMANTLE. The technical foundations of IoT. Norwood, MA: Artech House, 2017. Artech House mobile communications library. ISBN 9781630812515. METHLEY, Steve. Essentials of wireless mesh networking. New York: Cambridge University Press, 2009. ISBN 052187680x

GRIGOLEIT, U. – BRÁZDA, J. *Internet : kompletní průvodce*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-378-2.

HANES, David, Rob BARTON a Jerome HENRY. IoT fundamentals: networking technologies, protocols, and use cases for the Internet of things. Indianapolis, IN: Cisco press, 2017. ISBN 1-58714-456-5.

NAUMANN, F. *Dějiny informatiky : od abaku k internetu*. Praha: Academia, 2009. ISBN 978-80-200-1730-7.

SKLENÁK, V. *Data, informace, znalosti a Internet*. V Praze: C.H. Beck, 2001. ISBN 80-7179-409-0.

---

## Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. Michal Stočes, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 26. 2. 2021

**doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 3. 2021

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2021

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Bezdrátové sítě pro internet věci" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5.3.2021

---

## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Michalu Stočesovi, Ph.D. za vedení bakalářské práce, rodině a přátelům za podporu, velikou trpělivost a motivaci.

# Bezdrátové sítě pro internet věcí

## Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá tématem bezdrátových sítí pro internet věcí.

Cílem této bakalářské práce je analyzovat bezdrátové sítě a definovat klíčová kritéria, která jsou důležitá pro užití sítí v praxi. Tato bakalářská práce si také klade za cíl navrhnout využití daných bezdrátových sítí na základě jejich parametrů.

Práce je členěna na část teoretickou a praktickou.

Teoretická část se věnuje analýze a rešerši zdrojů. Také definuje základní pojmy a charakterizuje jednotlivé sítě jako je Sigfox, IQRF, LORA a ZigBee.

Praktická část definuje klíčové parametry jako je například dosah sítě nebo propustnost sítě a definuje možnosti využití například v zemědělství či chytrých městech.

V závěru se pokusíme o shrnutí celé bakalářské práce.

**Klíčová slova:** IoT, sítě, bezdrátové, internet věcí, protokoly, technologie, vývoj, IQRF, Sigfox, ZigBee, LORA

# Wireless networks for Internet of Things

## Abstract

The bachelor thesis deals with the topic of wireless networks for the Internet of Things.

The aim of this bachelor thesis is to analyze wireless networks and define key criteria that are important for the use of networks in practice. This bachelor thesis also aims to design the use of wireless networks based on their parameters.

The work is divided into theoretical and practical part.

The theoretical part deals with the analysis and search of resources. It also defines basic concepts and characterizes individual networks such as Sigfox, IQRF, LORA and ZigBee.

The practical part defines key parameters such as network reach or network throughput and defines the possibilities of use in agriculture or smart cities.

In the end we will try to summarize the whole bachelor thesis.

**Keywords:** IoT, networks, wireless, internet of things, protocols, technology, development, IQRF, Sigfox, ZigBee, LORA

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a metodika .....</b>	<b>11</b>
2.1	Cíl práce.....	11
2.2	Metodika .....	11
<b>3</b>	<b>Teoretická východiska .....</b>	<b>12</b>
3.1	Internet věcí .....	12
3.1.1	Vývoj .....	13
3.2	Sítě .....	14
3.2.1	IQRF .....	14
3.2.2	LORA.....	17
3.2.3	Sigfox.....	19
3.2.4	ZigBee.....	20
3.3	Oblasti využití.....	21
<b>4</b>	<b>Vlastní práce .....</b>	<b>24</b>
4.1	Charakteristika klíčových parametrů .....	24
4.1.1	Maximální přenosová rychlost.....	24
4.1.2	Dosah sítě.....	25
4.1.3	Pokrytí území ČR.....	25
4.1.4	Maximální velikost posílaných dat .....	25
4.1.5	Propustnost sítě .....	26
4.1.6	Počet připojených zařízení.....	26
4.2	Zhodnocení charakteristik bezdrátových sítí .....	26
4.2.1	Charakteristika a využití IQRF .....	26
4.2.2	Charakteristika a využití LORA .....	28
4.2.3	Charakteristika a využití Sigfox .....	30
4.2.4	Charakteristika a využití ZigBee .....	31
<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuse .....</b>	<b>33</b>
5.1	Možnosti využití IQRF .....	33
5.2	Možnosti využití LORA .....	33
5.3	Možnosti využití Sigfox.....	34
5.4	Možnosti využití ZigBee .....	34
5.5	Diskuze .....	36
<b>6</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Bibliografie.....</b>	<b>38</b>



## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Připojená zařízení na počet obyvatel .....	13
Obrázek 2 - Topologie sítí .....	14
Obrázek 3 - připojení IQRF modulu, k jakémukoliv zařízení .....	15
Obrázek 4 - IQRF ekosystém .....	15
Obrázek 5 - MESH topologie .....	17
Obrázek 6 - LoRa schéma .....	18
Obrázek 7 - LoRa modul .....	19
Obrázek 8 - Sigfox anténa .....	20
Obrázek 9 - oblasti zastoupení iot na trhu .....	22
Obrázek 10 - graf zastoupení.....	23
Obrázek 11 - IQRF topologie .....	27
Obrázek 12 - IQRF modul .....	28
Obrázek 13 - LoRa topologie .....	29
Obrázek 14 - Sigfox topologie .....	31
Obrázek 15 - ZigBee topologie .....	32

## Seznam Tabulek

Tabulka 1 - IQRF hodnoty .....	27
Tabulka 2 - LoRa hodnoty.....	29
Tabulka 3 - SigFox hodnoty .....	30
Tabulka 4 - ZigBee.....	32
Tabulka 5 – přehled dalšího využití .....	35

# 1 Úvod

Tempo dnešní doby je rychlé a hektické, proto se každý snaží všechny úkony vykonávat s co nejmenší vynaloženou námahou. Většinu těchto úkonů nám může značně zjednodušit internet věcí.

Ačkoli je internet věcí, neboli IoT (Internet of Things), široký pojem, pro naše potřeby si ho lze představit jako propojení všech kompatibilních zařízení do jedné sítě. V rámci této sítě je umožněna komunikace jak mezi zařízeními samotnými, tak i dále do internetu nebo na lokální server skrze spojovací uzly. Na internetu pak zpravidla putují do cloudu, který je přizpůsobený IoT. Dobrým příkladem může být cloud AWS (Amazon Web Services). Zde dochází k uchování získaných dat a jejich třídění v databázi. S takto zpracovanými daty lze dále pracovat. Vznikají pak tzv. big data, která jsou v dnešní době velmi ceněnou komoditou. Jsou využívána pro nejrůznější druhy analýz, průzkumů a dalších druhů zpracování. Při jejich správném využití se mohou stát opravdu hodnotným zdrojem informací.

V dnešní době jsou informace nedocenitelnou „komoditou“ a často se stávají hybatelem globální ekonomiky či politiky. Nejen z tohoto důvodu se stal internet věcí zájmovou oblastí nejednoho výzkumu a bádání.

Vývoj se uskutečňuje mílovými kroky každý den. Výrobci přicházejí s chytrými zařízeními, jejichž vývoj lze vzhledem k potřebám společnosti předpokládat (jako například stále chytřejší autonomní systémy), ale pak také přicházejí s takovým typem výrobků, které bychom ani nečekali například chytré hrnky na kávu.

Všechny tyto chytrá zařízení musí mezi sebou komunikovat, ideálně rychle a bezpečně. Proto je nutné se problematice sítí pro internet věcí nadále věnovat, bezdrátové sítě dále analyzovat a navrhovat postupy a technologie, které by mohly bezdrátové sítě pro internet věcí dále vylepšit.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku bezdrátových sítí pro internet věcí.

Hlavním cílem práce je analyzovat a zhodnotit dostupné technologie sítí pro internet věcí.

Dílčí cíle práce jsou:

- Charakterizovat bezdrátové sítě pro internet věcí.
- Charakterizovat klíčové vlastnosti sítí pro internet věcí.
- Formulovat návrh využití sítí internetu věcí ve vybraných oblastech.

### **2.2 Metodika**

Teoretická část bakalářské práce se bude zakládat na analýze a rešerši odborných zdrojů.

V praktické části práce budou na základě poznatků zjištěných v analytické části zhodnoceny klíčové parametry sítí internetu věcí a formulovány možnosti využití jednotlivých sítí pro vybrané oblasti.

Na základě syntézy teoretických a praktických poznatků budou zpracovány závěry bakalářské práce.

### 3 Teoretická východiska

V této kapitole budou uvedena základní teoretická východiska, ze kterých bude bakalářská práce vycházet, a na poznátcích z těchto zdrojů budou vystavěny teoretická východiska zabývající se internet věcí jako takovým a sítěmi pro něj vhodnými, jejich využitím a definicí.

#### 3.1 Internet věcí

Dnešní uspěchaný svět tíhne k zjednodušování všude, kde to to možné. Výjimku netvoří ani běžné denní úkoly, a tak vzniká potřeba jednotlivá zařízení usnadňující život propojovat. Právě toto propojení je hlavním cílem IoT. Jak sami autoři knihy *IoT Fundamentals Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for Internet of Things* uvádějí, je hlavní úlohou IoT „connect the unconnected“<sup>1</sup>, tedy spojit nespojené či propojit nepropojené.<sup>2</sup>

Cílem bezdrátových přenosů je možnost poskytnout dálkové přenosy informací například výměny dat mezi dvěma vzdálenými místy. Typicky se jedná o přenos informací mezi lidmi či mezi zařízeními, ale může se jednat také o výměnu informací mezi lidmi na jedné straně a zařízeními na straně druhé. Zpravidla bývá zprostředkovatelem této výměny konkrétní bezdrátová síť.

IoT označuje širokou škálu zařízení připojených k internetu, která jsou schopna komunikovat s jinými zařízeními a sítěmi. Mohou mít různorodé způsoby využití, ale nejčastěji se používají ke shromažďování informací a provádění konkrétních akcí. Zatímco mnoho z nich má schopnost zpracovávat data, některé jsou určeny pouze ke shromažďování a přenosu dat dále ke zpracování.<sup>3 4</sup>

---

<sup>1</sup> HANES, David, Rob BARTON a Jerome HENRY. *IoT fundamentals: networking technologies, protocols, and use cases for the Internet of things*. Indianapolis, IN: Cisco press, 2017. ISBN 1-58714-456-5

<sup>2</sup> Tamtéž

<sup>3</sup> GYARMATHY, Kaylie. *Comprehensive Guide to IoT Statistics You Need to Know in 2020*. Vxchnge [online]. March 26, 2020 [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <https://www.vxchnge.com/blog/iot-statistics>

<sup>4</sup> DAVIES, John a Carolina FORTUNA. *The Internet of Things: From Data to Insight*. John Wiley & Sons, 2020, 2020. ISBN 1119545269.

### 3.1.1 Vývoj

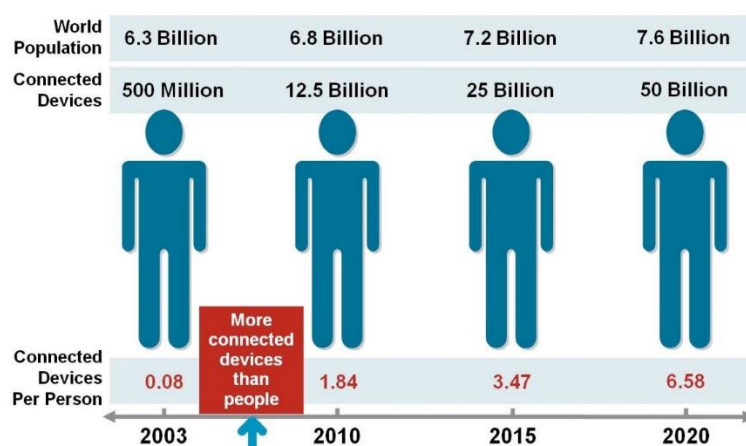
Internet jako takový, je definován jako globální informační systém, jehož struktura je propojena logicky do jednoho celku. Tento celek je pak strukturován za použití globálního adresního prostoru, který je založen na IP protokolu (Internet Protocol), jeho nástupcích či rozšířeních. Internet dále podporuje komunikaci prostřednictvím rodiny protokolů TCP (Transmission Control Protocol), jejich nástupců či rozšíření. Může dokonce podporovat komunikaci jiných typů protokolů, ale kompatibilních s protokolem IP.<sup>5</sup>

Vznik internetu věcí by se dal zařadit mezi roky 2008 a 2009, jelikož v tomto období přesáhl počet připojených zařízení počet obyvatel planety Země. S tímto milníkem jsme vstoupily do nové éry internetu, internetu věcí. Do této doby jsme měli propojené převážně jen počítačové stanice či servery. Ovšem s internetem věcí máme propojené i velmi jednoduchá zařízení jako jsou samostatné senzory (nody) nebo jejich seskupení (skupina nodů vystupující do sítě pod jedním koordinátorem).

Každý si dnes může sám doma vytvořit svoji vlastní síť, do které připojí různé moduly a zařízení. Chytré teploměry, světla, parkovací místa, a nebo dokonce chytré odpadkové koše, které nás začínají obklopotvat na každém kroku.

Dokonce i naše zdraví hlídá chytrá elektronika, která vás dokáže upozornit už i na přicházející infarkt nebo zavolat záchranku v případě pádu a následného bezvědomí.

Počet připojených zařízení se neustále zvyšuje, viz. Obrázek 1



Obrázek 1 - Připojená zařízení na počet obyvatel<sup>6</sup>

<sup>5</sup> SKLENÁK, V. *Data, informace, znalosti a Internet*. V Praze: C.H. Beck, 2001. ISBN 80-7179-409-0

<sup>6</sup> Cisco [online]. [cit. 2020-11-30]. Dostupné z:

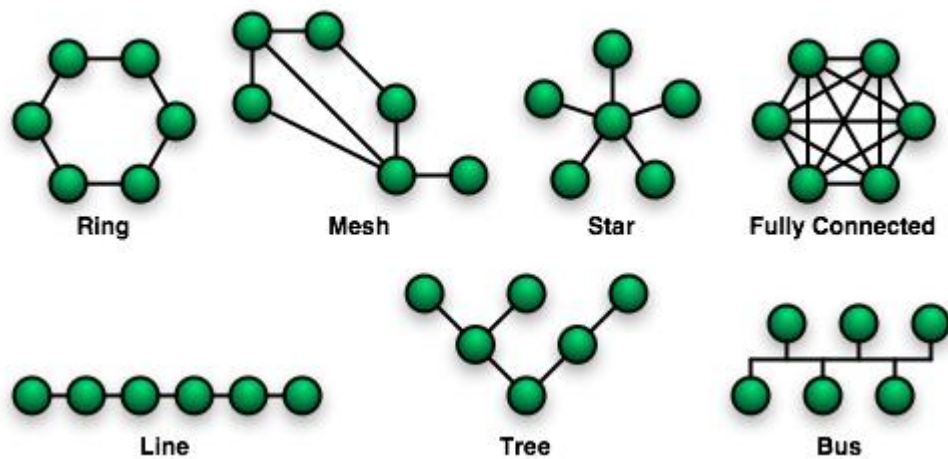
[https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)

## 3.2 Síť

Pro účely této bakalářské práce byly vybrány pro analýzu a návrh využití bezdrátové sítě IQRF, LORA, SigFox a ZigBee.

Bezdrátové sítě byly vybrány ty nejpoužívanější na základě praktických zkušeností autora z praxe a se kterými pracuje.

Sítě existuje velké množství, které lze dělit například dle základní topologie, viz. Obrázek 2 – Topologie sítí. Topologie ovlivňují možnosti využití a předurčují k jistým instalacím, vztaženým k možnostem dané topologie.



Obrázek 2 - Topologie sítí<sup>7</sup>

### 3.2.1 IQRF

IQRF je bezdrátová technologie MESH v rádiových pásmech sub-GHz ISM. Nevyžaduje žádnou infrastrukturu od externích poskytovatelů, žádnou licenci ani poplatky zprostředkovateli.

Funkce transceiverů je zcela obecná v závislosti na nahraném softwaru – buď síťový plug-in k okamžitému použití nebo uživatelská aplikace napsaná v jazyce C.

---

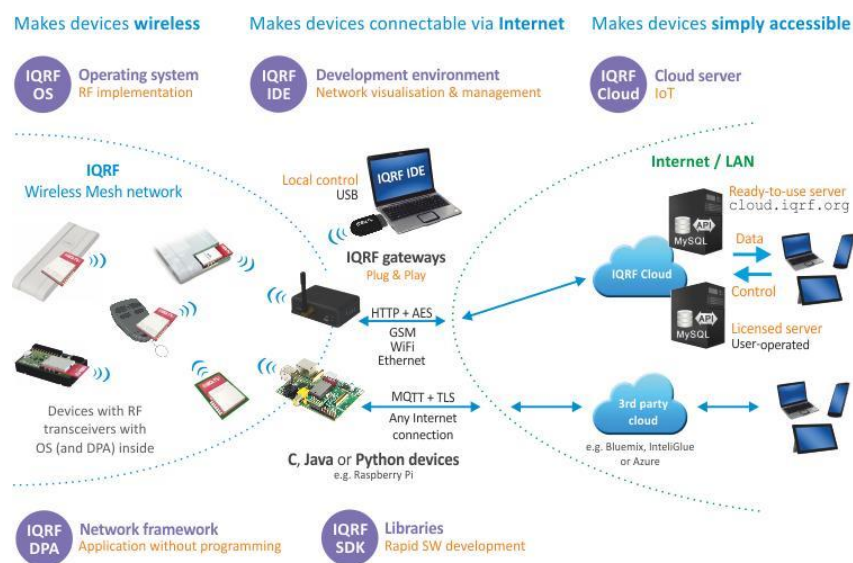
<sup>7</sup> Topologie bezdrátových sítí. In: Wikipedia [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NetworkTopologies.png?uselang=cs>

IQRF může učinit jakékoli zařízení bezdrátovým. Díky spolehlivé síti Mesh, obousměrnosti, bezpečnosti a True Low Power<sup>TM</sup> se IQRF nejlépe hodí pro řízení systémů, telemetrii a IoT. Vyniká v aplikacích osvětlení, zejména v pouličním osvětlení.

Díky nízké spotřebě dokáže fungovat roky.<sup>8</sup> Na Obrázku 3 je vyobrazen detail transceiveru.



Obrázek 3 - připojení IQRF modulu, k jakémukoliv zařízení<sup>9</sup>



Obrázek 4 - IQRF ekosystém<sup>10</sup>

<sup>8</sup> IQRF [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.iqrf.org/what-is-iqrf>

<sup>9</sup> IQRF modul [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.iqrf.org/static/media/any-device.9b50ed8e.jpg>

<sup>10</sup> IQRF ekosystém [online]. In: . [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.iot-portal.cz/wp-content/uploads/2017/09/iqrf-ecosystem.jpg>

Na Obrázku 4 je zobrazeno schéma ekosystému IQRF. Od jednotlivých zařízení s vysílačem signálu, transceiver, přes gateway, která je skrz komunikační protokoly propouští dále do internetu, na servery či do cloudu.

## **MESH**

Sítě topologie MESH jsou takové, které si musíme z větší části sestavit sami při instalaci.

Smíšená topologie poskytuje redundanci propojení, takže je možná komunikace i při výpadku některých linek nebo uzlů. Uzly, které jsou pro síť důležitější nebo u který se vyžaduje vyšší odolnost proti výpadku, se navrhují s větším počet připojení do sítě.

Smíšená topologie se často používá u sítí, které mají mít vyšší odolnost proti výpadkům, které se však skládají z tolika uzlů, že je nemožné realizovat propojení každý s každým. Příkladem sítí se smíšenou topologií je internet, telekomunikační sítě a elektrická přenosová soustava.

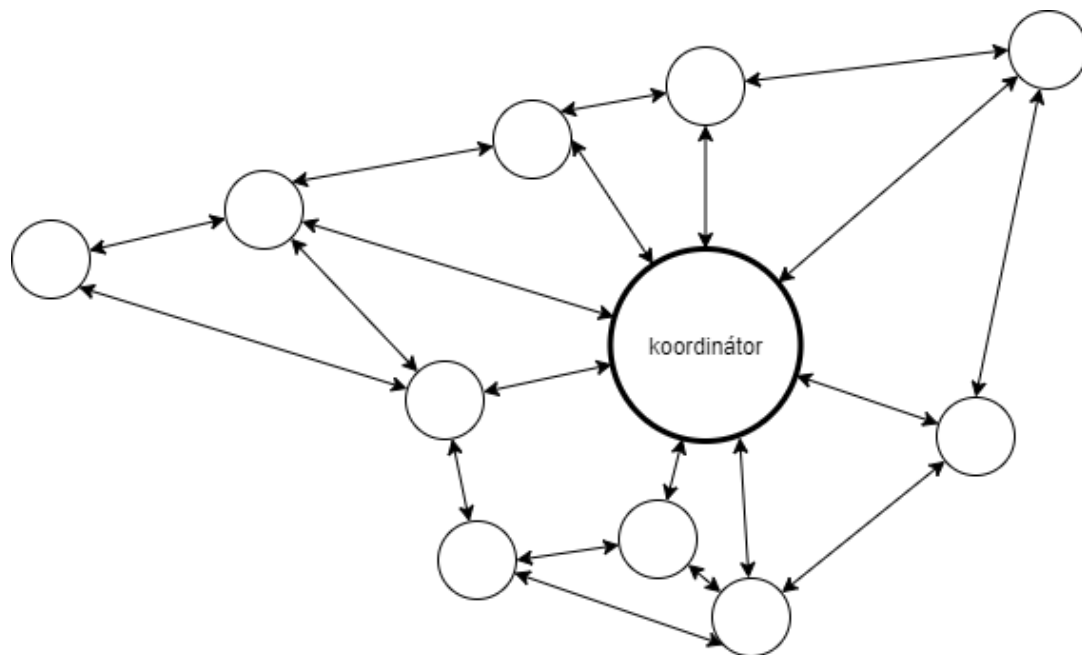
V počítačových sítích, ve kterých existuje více cest mezi uzly, musí být alespoň některé uzly schopné nejenom odesílat a přijímat vlastní data, ale i předávat dál data od jiných uzlů. V síti je nutné používat metody, které vybírají vhodnou cestu sítí (směrování), jsou schopny cestu měnit při výpadku některých spojů (dynamické směrování), brání vícenásobnému příjmu dat a zacyklení (IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol a 802.1aq Shortest Path Bridging).<sup>11,12</sup>

---

<sup>11</sup> IQRF [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.iqrf.org/what-is-iqrf>

<sup>12</sup> K. NAIMZADA, Ahmad K., Silvana STEFANI a Anna TORRIERO. Networks, Topology and Dynamics: Theory and Applications to Economics and Social Systems. 2008. ISBN 3540684077.





Obrázek 5 - MESH topologie<sup>13</sup>

Obrázek 5 představuje schéma topologie MESH, kde je vidět kordinátor a jednotlivé nody. Vyobrazeno je i schéma komunikace mezi jednotlivými prvky dané sítě, kde je vidět všestrannost.

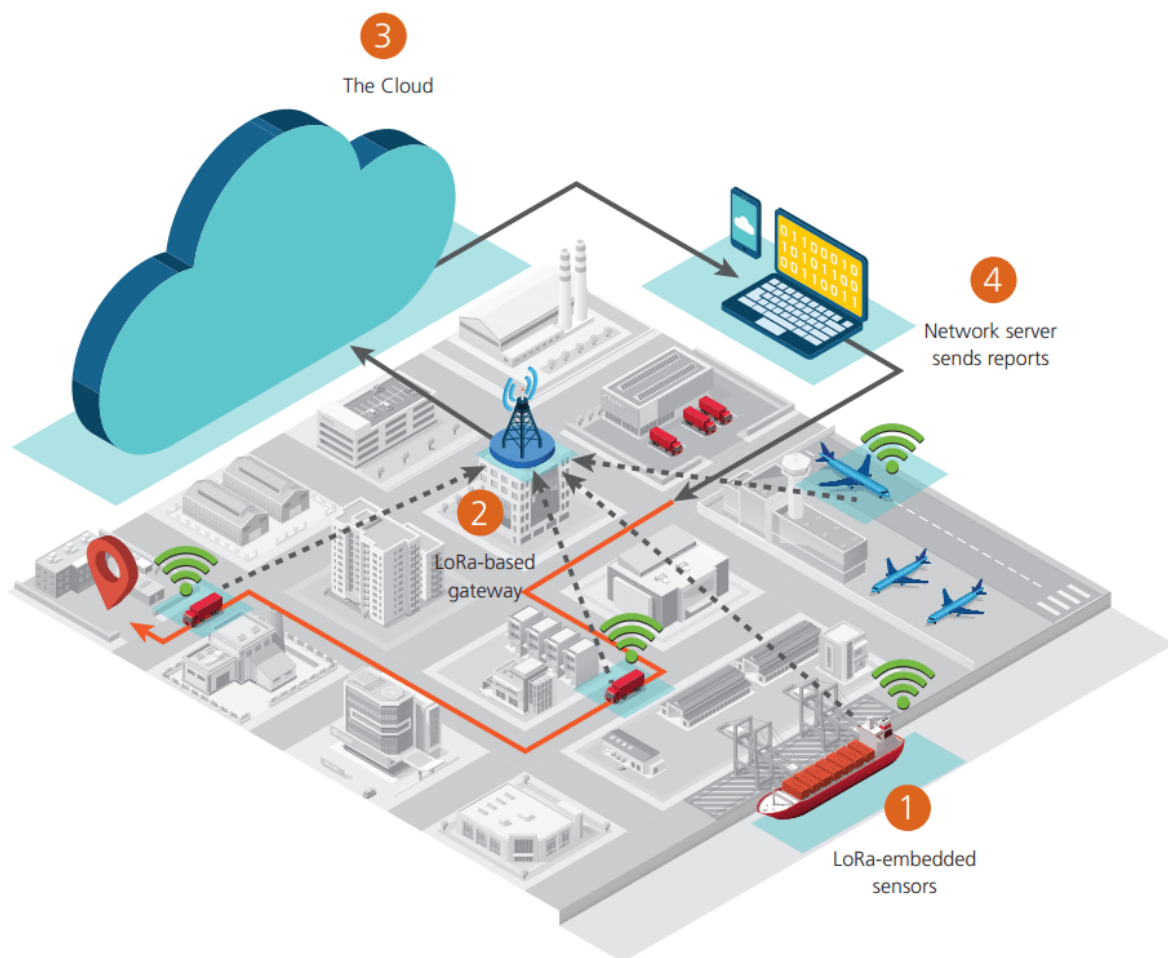
### 3.2.2 LORA

Specifikace LoRaWAN® je síťový protokol s nízkým výkonem, široká oblast (LPWA) navržená pro bezdrátové připojení baterií napájených „věcí“ k internetu v regionálních, národních nebo globálních sítích a zaměřuje se na klíčové požadavky internetu věcí (IoT), jako je dvousměrná komunikace, komplexní zabezpečení, mobilita a lokalizační služby.<sup>14 15</sup>

<sup>13</sup> MESH topologie, zdroj: autor

<sup>14</sup> Semtech [online]. [cit. 2020-09-10]. Dostupné z: <https://www.semtech.com/>

<sup>15</sup> LoRa Alliance [online]. [cit. 2020-08-14]. Dostupné z: <https://lora-alliance.org/about-lorawan>



Obrázek 6 - LoRa schéma <sup>16</sup>

Na obrázku je uveden příklad externího sensoru, který lze umístit do různorodých prostředí, díky napájení na baterii je mobilní a v důsledku minimální spotřeby může takto fungovat i několik let.

Komunikace LoRaWAN vám umožňuje vytvářet řešení IoT (Internet věcí) napříč mnoha disciplínami. Specifickou oblastí použití je precizní zemědělství, které vyžaduje tuto technologii hlavně kvůli tomu, že je možné s ním vytvářet zařízení pro snímání nízkého výkonu. V hustě osídlených oblastech však lze na některých komunikačních kanálech pozorovat nižší úspěšnost doručování zpráv. To může mít například dopad na projekty městského zemědělství. Po provedení experimentu a analyticko-statistického zpracování dat pomocí nástroje Geografického informačního systému (GIS) ArcGIS Insights se ukázalo, že úspěšnost doručování zpráv na základním kanálu LoRaWAN (868,3 MHz) je nižší než

<sup>16</sup> LoRA Scheme. In: Navixy [online]. [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: <https://talks.navixy.com/wp-content/uploads/2020/06/skrinshot-14-01-2020-1527391.png>

u ostatních. Proto je pro zajištění vyšší spolehlivosti a tím i úspory energie vhodné optimalizovat využití frekvenčních kanálů.<sup>17 18</sup>



Obrázek 7 - LoRa modul<sup>19</sup>

### 3.2.3 Sigfox

Sigfox je název francouzské firmy, která vytvořila stejnojmennou bezdrátovou technologii určenou ke spojení nízkopříkonových zařízení jako elektroměry, chytré hodinky, automatické pračky, senzor teploty apod., které mají být neustále zapnuté a přitom vysílají malé množství dat.

---

<sup>17</sup> NOVÁK, Vojtěch, Michal STOČES, Tereza ČÍŽKOVÁ, Jan JAROLÍMEK a Eva KÁNSKÁ. Experimental Evaluation of the Availability of LoRaWAN Frequency Channels in the Czech Republic. MDPI. 2021, 2021(-). ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s21030940

<sup>18</sup> LoRa Alliance [online]. [cit. 2020-08-14]. Dostupné z: <https://lora-alliance.org/about-lorawan>

<sup>19</sup> LoRa Applications [online]. In: . [cit. 2020-07-04]. Dostupné z: <https://talks.navixy.com/wp-content/uploads/2020/06/skrinshot-14-01-2020-1722161-1.png>

SigFox využívá technologii ultra nízkého pásma (UNB, Ultra-narrow Band). Je zaváděn v několika zemích světa (Francie – 1200 základen, Španělsko – 1300 základen, Nizozemí, Velká Británie, Česká republika, US – San Francisco) a předpokládá se expanze do dalších 50 zemí.

Jeho výhodou je husté pokrytí území a stabilita připojení.<sup>20 21</sup>



Obrázek 8 - Sigfox anténa<sup>22</sup>

### 3.2.4 ZigBee

ZigBee je bezdrátová komunikační technologie vystavěná na standardu IEEE 802.15.4. ZigBee je poměrně novým standardem platným od listopadu 2004.

Podobně jako Bluetooth je určena pro spojení nízkovýkonových zařízení v sítích PAN na malé vzdálenosti do 75 metrů. Díky použití multiskokového ad-hoc směrování umožňuje

---

<sup>20</sup> SigFox. Iot-portal.cz [online]. [cit. 2020-09-28]. Dostupné z: <https://www.iot-portal.cz/2016/02/26/sigfox/>

<sup>21</sup> SigFox. SigFox [online]. [cit. 2020-09-27]. Dostupné z: <https://sigfox.cz/>

<sup>22</sup> SigFox antena [online]. In: . [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/photos/produkty/f/1/1584.jpg?m=1502871489>

komunikaci i na větší vzdálenosti bez přímé radiové viditelnosti jednotlivých zařízení. Primární určení směřuje do aplikací v průmyslu a senzorových sítích.

Pracuje v bezlicenčních pásmech (generální povolení) přibližně 868 MHz, 902–928 MHz a 2,4 GHz. Přenosová rychlost činí 20, 40, 250 kbit/s.

V současné době se na vývoji a rozvoji tohoto standardu podílí více než šedesát firem a mezi nimi jsou i přední světové firmy z oboru automatizace (Honeywell, Motorola, Philips, Samsung, Omron, ABB, Siemens). ZigBee je navržen jako jednoduchá a flexibilní technologie pro tvorbu i rozsáhlejších bezdrátových sítí u nichž není požadován přenos velkého objemu dat. K jejím hlavním přednostem patří spolehlivost, jednoduchá a nenáročná implementace, velmi nízká spotřeba energie a v neposlední řadě též příznivá cena.<sup>23 24</sup>

### 3.3 Oblasti využití

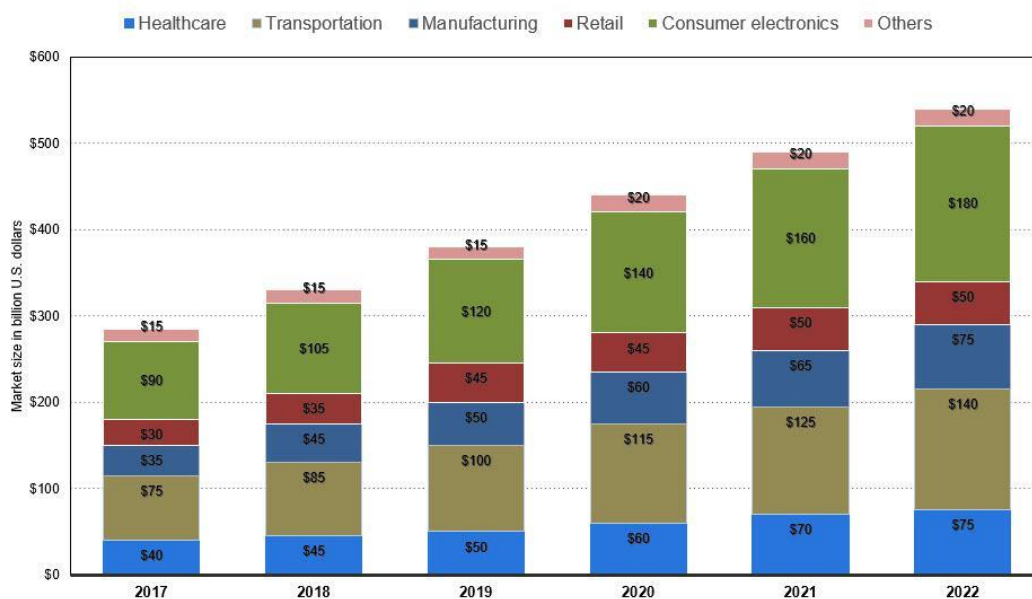
Oblasti využití internetu věcí jsou nepřehledné a nabízí mnoho možností, kde jej lze uplatnit. Dle grafu v Obrázku 8 z Forbesu lze vyčíst že nejvíce zastoupeným odvětvím na trhu internetu věcí je spotřební elektronika následovaná položkou ostatní, pod kterou lze zahrnout například čidla o měření teploty, pohybu a jiné. Na místě třetím je zdravotnictví.

---

<sup>23</sup> ZigBee. *Iot-portal.cz* [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.iot-portal.cz/2016/02/24/zigbee/>

<sup>24</sup> ZigBee Alliance [online]. [cit. 2020-07-04]. Dostupné z: <https://zigbeealliance.org/>

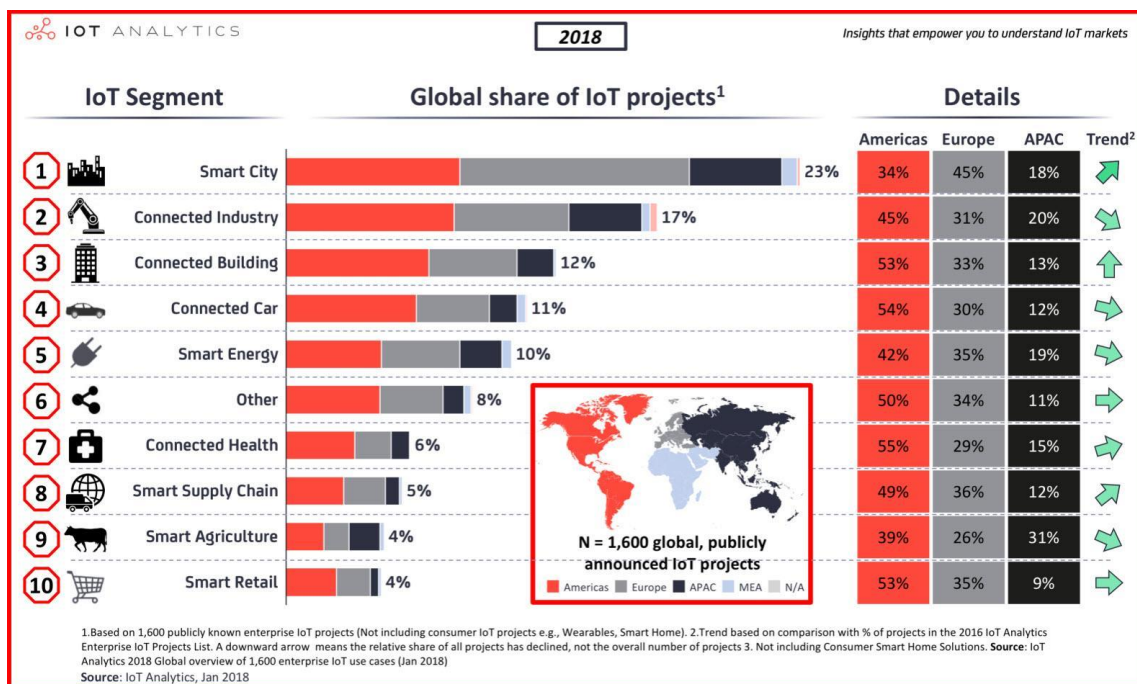
### Size of the Internet of Things (IoT) Market by Application in North America from 2017 to 2022 (in billions of U.S. dollars)



Obrázek 9 - oblasti zastoupení iot na trhu<sup>25</sup>

IoT nachází uplatnění v chytrých městech, chytrých budovách, ale hlavně všude tam, kde lze technologii nějakým způsobem využít, v dnešní době spousta společností sbírá data jen aby je měla, i když třeba nevědí, jak je využít.

<sup>25</sup> Oblasti zastoupení [online]. In: . [cit. 2020-10-3]. Dostupné z: <https://blogs-images.forbes.com/louiscolumbus/files/2018/06/Size-of-the-Internet-of-Things-IoT-Market-by-Application-in-North-America-from-2017-to-2022-in-billions-of-U.S.-dollars.jpg>



Obrázek 10 - graf zastoupení<sup>26</sup>

Data z *IoT Analytics* (Obrázek 10 – graf zastoupení) uvádí že nejzastoupenější oblastí uplatnění jsou chytrá města následována průmyslem a chytrými budovami. Internet věcí je velmi progresivní segment, který se vyvíjí každým dnem a množství vznikajících projektů v každém odvětví je enormní. Zároveň dochází k jistým rozdílům mezi kontinenty, které jsou způsobeny několika faktory, jako je složení obyvatelstva, ekonomická vyspělost a nebo například geopolitická situace.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Iot [online]. [cit. 2020-08-14]. Dostupné z:

<https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2018/06/06/10-charts-that-will-challenge-your-perspective-of-iots-growth/?sh=79c8a06e3ecc>

<sup>27</sup> Iot platform [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://iot-analytics.com/iot-platform-companies-landscape-2020/>

## 4 Vlastní práce

V textu vlastní práce bude čerpáno z poznatků zjištěných v teoretické části věnující se rešerši a analýze odborných zdrojů. Budou definovány klíčové parametry. Následně tyto konkrétní parametry budou dále analyzovány a slovně je zhodnoceny. Na základě klíčových parametrů navrhne využití sítí internetu věcí.

### 4.1 Charakteristika klíčových parametrů

V této části se budeme věnovat charakteristice jednotlivých důležitých parametrů bezdrátových sítí, které byly pro tuto bakalářskou práci vybrány. Jejich hodnocení vychází z analýzy dokumentace a dostupných odborných zdrojů. Celý postup byl průběžně konzultován s odborníky z praxe, kteří tyto jmenované sítě využívají.

#### 4.1.1 Maximální přenosová rychlost

Přenosová rychlost je základním parametrem každé sítě. Obdobně jako ostatní klíčové parametry předurčuje maximální přenosová rychlost síť k jistým účelům. V některých případech je však maximální přenosová rychlost irelevantní a pro výběr určitého typu sítě nedůležitá.

Samozřejmě, pokud potřebujeme přenášet velké množství dat co nejrychleji, vybereme síť s vysokou maximální přenosovou rychlostí. Takovou sítí je například LoRa.

Naopak pokud se jedná o dlouhodobý přenos malého objemu dat není maximální přenosová rychlost důležitým parametrem. Můžeme pak zvolit síť s nižší přenosovou rychlostí, ovšem může skrývat jiné benefity.

Každá síť má jinou maximální přenosovou rychlost. Tato rychlost se udává v bitech za sekundu bit/s nebo bajtech za sekundu Bit/s, kdy že  $1 \text{ Byte/s} = 8 \text{ bit/s}$ . Hodnoty maximální přenosové rychlosti se pohybují v rozmezí od setin bit/s po stovky až tisíce bit/s. Tyto hodnoty závisí především na použité technologii, kterou daná síť využívá.



#### 4.1.2 Dosah sítě

Dosah sítě nám vyjadřuje, jak daleko od sebe mohou být jednotlivé členy konkrétní sítě, aniž by mezi sebou neztratily spojení. Příkladem členů sítě může být vysílač a přijímač. Konkrétně se může jednat o SigFox síť, kde nám pokrytí sítě zajišťují poskytovatelé této konkrétní sítě. Druhým typem situace je například síť IQRF, kde mezi sebou komunikují napřímo mezi sebou jednotliví členové zapojení do sítě bez nutnosti, aby každý jednotlivý člen byl přímo spojen s hlavním vysílačem signálu, jedná se o MESH síť.

Vliv na dosah sítě má přírodní prostředí i kulturní krajina kolem nás. Městská zástavba, stromy, elektrické vedení, ale i mnoho dalších objektů může výrazně promluvit do výsledné maximální vzdálenosti, jaké je signál dané sítě schopný dosáhnout.

#### 4.1.3 Pokrytí území ČR

Sítě topologie Narrow Band, tedy SigFox a LoRA, přijímají a odesílají data skrz vysílače, které musí pokrýt určitou oblast (v našem případě Českou republiku) ve které se nachází zařízení do této sítě zapojené. Jednotliví poskytovatelé se liší kvalitou pokrytí, která úzce souvisí se silou a stabilitou signálu na našem území.

Cílem je mít co nejlepší pokrytí oblasti ve které se budou vyskytovat připojená zařízení.

Slabou stránkou pokrytí mohou být krajinné útvary jako je údolí u vodních ploch, pohraniční či horské oblasti. Problémem může být i hustá městská zástavba, kde není přítomno dostatečně husté pokrytí signálem.

#### 4.1.4 Maximální velikost posílaných dat

Velikost posílaných dat je další klíčový parametr pro výběr vyhovující sítě internetu věcí. Některé sítě jsou specifické tím, že dokáží posílat jen velmi malá data na jeden cyklus, to znamená že dokud se neposbírají data od všech členů sítě trvá jeden cyklus. Objem dat se v takovém případě pohybuje v řádu Bitů. Sítě s takovými parametry jsou velmi limitované a omezené a tím pádem předurčené jen k specifickému využití. Příkladem takové sítě je IQRF. V případě, že nám stačí jednoduchá diagnostika dvou stavů, tedy například vypnuto/zapnuto, jedná se o velmi malá data. Pokud ovšem potřebujeme sběr komplikovanějších informací, velikost dat roste.

#### **4.1.5 Propustnost sítě**

Některé sítě, jako je síť SigFox, mají omezen počet zpráv poslaných za den. Dají se rozlišovat dvěma způsoby dle směru posílané zprávy. Rozlišujeme směr do koncového zařízení a z koncového zařízení.

Omezením počtu poslaných zpráv se zamezuje zahlcení sítě a předchází problémům s počtem zařízení do nich připojených. Síť SigFox umožňuje přijmout na 144 zpráv o velikosti 12 Bytů za den a odeslat 4 zprávy po 8 Bytech denně. Naopak ZigBee, LoRA nebo IQRF žádné takové omezení nemají, proto mají širší spektrum použití.

#### **4.1.6 Počet připojených zařízení**

V MESH sítích je jeden člen koordinátor, který řídí, a zbytek nody, které jsou ovládány jedním tímto koordinátorem a podléhají mu. Toto kritérium ukazuje, kolik nodů lze připojit na jeden takový koordinátor. Zástupcem MESH sítí je síť IQRF kde jeden koordinátor může ovládat až 239 nodů.

V jiných typech sítí závisí na použité technologii, kolik zařízení lze připojit na daný vysílač.

### **4.2 Zhodnocení charakteristik bezdrátových sítí**

Jednotlivé sítě budou zhodnoceny dle kritérií a následně bude navržena oblast jejich využití v praxi. Na jednotlivé sítě budou aplikována kritéria a hodnoty daných kritérií u jednotlivých sítí budou reflektovat jejich reálné možnosti.

#### **4.2.1 Charakteristika a využití IQRF**

Maximální přenosová rychlost se pohybuje okolo 20 kb/s.

Dosah sítě IQRF se pohybuje v desítkách metrů, pokud je uvnitř budov a ve stovkách metrů, pokud se nachází ve volném prostoru. Dále záleží na počtu zapojených zařízení, které se v síti nachází. Čím více jich je, tím více robustní se síť stává a může pokrývat větší plochu.

Pokrytí území se neřeší, jelikož IQRF nevyužívá poskytovatelů signálu, nýbrž si vytváří svoji vlastní lokální síť, která pokrývá danou oblast.

Komunikace této sítě je paketově založená a velikost posílaných zpráv může být až 64B na jeden paket.

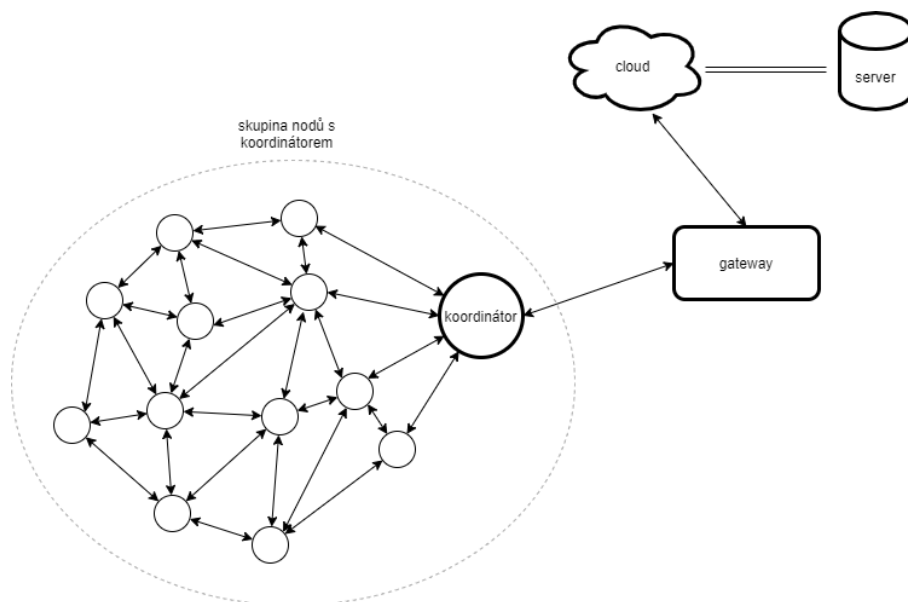
IQRF síť není limitována žádným počtem poslaných ani přijatých zpráv. Vždy se jen musí dokončit cyklus poslání nebo přijmutí zprávy, dobu tohoto úkonu ovlivňuje počet zařízení v síti.

Jelikož se jedná o MESH síť, je kdy jeden koordinátor je schopen připojit na sebe dalších 239 nodů. V případě že se z dalšího nodu udělá koordinátor tak se síť může rozrůst o dalších dvě stě třicet devět nodů.

Tabulka 1 - IQRF hodnoty<sup>28</sup>

Maximální přenosová rychlost	Max 20 kb/s
Dosah sítě	10 m – 100 m
Maximální velikost posílaných dat	64B na paket
Propustnost sítě	Bez omezení
Počet připojených zařízení	239 nodů na koordinátor

V Tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty parametrů odpovídající technologii IQRF. Obrázek 10 nám představuje schéma technologie IQRF. Zobrazuje skupinu nodů ovládanou koordinátorem, který komunikuje s bránou, gateway, která dále komunikuje do internetu a posílá data na server či cloud.



Obrázek 11 - IQRF topologie<sup>29</sup>

<sup>28</sup> IQRF hodnoty, autor

<sup>29</sup> IQRF topologie, autor

Obrázek 11 nám zobrazuje samostatný IQRF modul, který lze implementovat do jednotlivých zařízení a vytvořit z něho nod zapojený do ekosystému IQRF.



Obrázek 12 - IQRF modul<sup>30</sup>

#### 4.2.2 Charakteristika a využití LORA

Maximální přenosová rychlost se pohybuje mezi 250 b/s až 50 kb/s.

Síť LoRa je dostupná všude tam, kde se nachází signál z vysílače, který ve volném terénu může dosahovat vzdálenosti až 40 km. Pokud se budeme nacházet v příměstské zástavbě, tak potom lze očekávat, že dosah signálu bude dosahovat do 15 km. V případě městského prostředí se signál může šířit na vzdálenost 2 až 5 km.

Jelikož vlastní vysílač signálu sítě LoRa lze instalovat kdekoli, můžeme tedy pokrýt libovolnou oblast kam nainstalujeme daný vysílač. V České republice existuje i LoRa síť provozována Českými radiokomunikacemi, do které se lze připojit.

Maximální velikost posílaných dat v jedné zprávě poslané skrze LoRa síť je 256 bytů.

Propustnost sítě LoRa není nijak limitována, není zde žádné omezení posílaných ani přijatých zpráv.

Počet připojených zařízení není omezen kapacitou topologie, z tohoto důvodu nemá omezen počet připojených nodů.

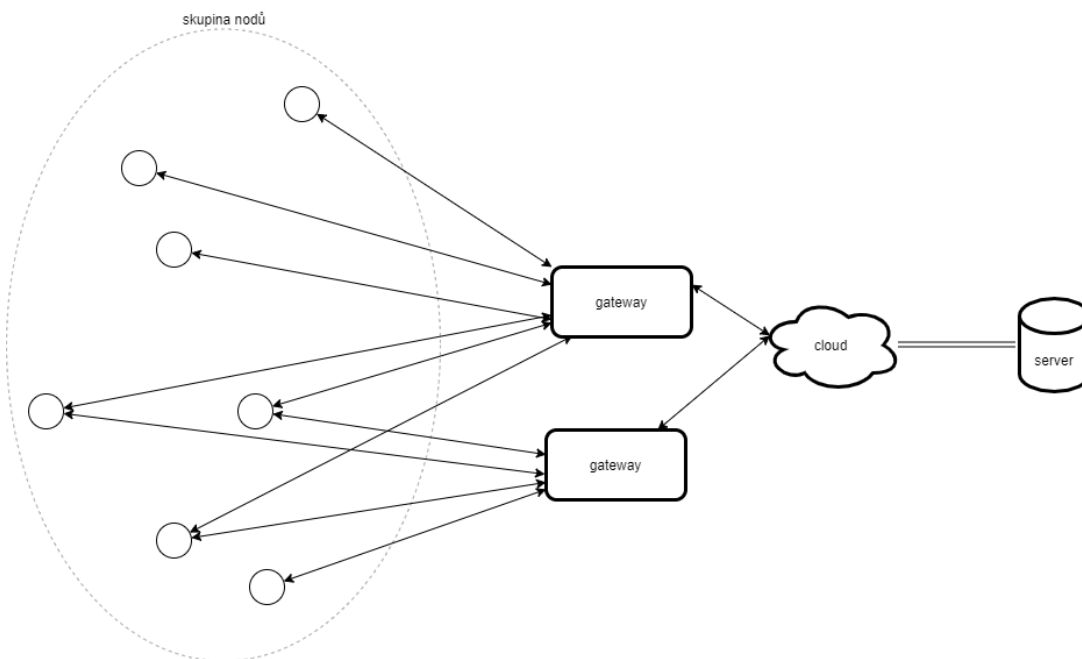
---

<sup>30</sup> *Iqrf modul* [online]. In: . [cit. 2020-09-14]. Dostupné z: <https://www.wobchod.cz/foto/det/tr-72da.png>

Tabulka 2 - LoRa hodnoty<sup>31</sup>

Maximální přenosová rychlost	Max 50 kb/s
Dosah sítě	Až 40 km
Pokrytí území ČR	99 % ČR
Maximální velikost posílaných dat	256 bytů
Propustnost sítě	Bez omezení
Počet připojených zařízení	Bez omezení

V Tabulce 2 vidíme souhrn aplikovaných kritérií s jejich hodnotami u této technologie. Na Obrázku 12 vidíme schéma LoRA sítě, se skupinou nodů, které se připojují na gatewaye, skrz které komunikují dále do internetu.



Obrázek 13 - LoRa topologie<sup>32</sup>

<sup>31</sup> LoRa hodnoty, autor

<sup>32</sup> LoRa topologie, autor

### 4.2.3 Charakteristika a využití Sigfox

Maximální přenosová rychlost je do 100 bitů/s.

Síť poskytují oficiální partneři Sigfoxu na celém světě a pokrývají jí i území české republiky.

V české republice poskytuje připojení k síti Sigfox společnost SimpleCell Networks a.s. a pokrývá území z 94 %, horší dostupnost signálu je uvnitř husté zástavby, v hlubokých údolích a na velkých vodních plochách.

Velikost poslané zprávy se pohybuje od nuly do dvanácti Bytů.

Sigfox síť je omezena 144 zprávami za den a zpětný kanál disponuje 4 zprávami o velikosti 8 Bytů za den.

Počet připojených zařízení není omezen, zahlcení sítě, potažmo konkrétního vysílače řeší omezení počtu poslaných zpráv.

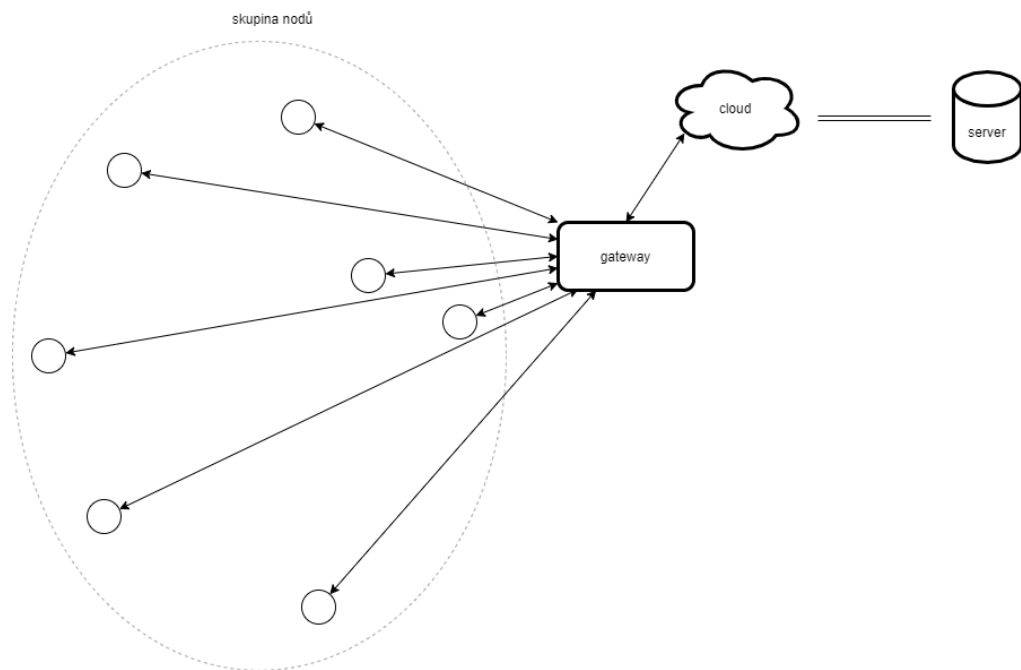
Tabulka 3 - SigFox hodnoty<sup>33</sup>

Maximální přenosová rychlost	Max 100 b/s
Dosah sítě	10 m – 100 m
Pokrytí území ČR	94 % ČR
Maximální velikost posílaných dat	12 B
Propustnost sítě	144 zpráv za den / 4 zpětné zprávy za den
Počet připojených zařízení	Bez omezení

Tabulka 4 uvádí souhrn aplikovaných kritérií na technologii Sigfox. Následně na Obrázku 13 je zobrazeno schéma bezdrátové sítě Sigfox, kde jsou zobrazeny jednotlivé nody (skupina nodů), které se připojují na vysílací zařízení, gateway, která je propojuje s cloudem na internetu.

---

<sup>33</sup> Sigfox hodnoty, autor



Obrázek 14 - Sigfox topologie <sup>34</sup>

#### 4.2.4 Charakteristika a využití ZigBee

Maximální přenosová rychlost je až 250 kbit/s.

Dosah sítě je do 75 metrů od vysílače.

Česká republika není pokryta ZigBee signálem, každý, kdo chce připojit zařízení musí nejprve vytvořit svoji vlastní lokální ZigBee síť, kterou pak lze připojit do internetu.

ZigBee zprávy jsou velké až do 128 bytů.

Síť nemá omezení propustnosti, vzhledem k odeslání či přijetí zpráv, jisté omezení bude vycházet z kapacity jednotlivých zařízení, tak jako u každé technologie.

ZigBee síť je schopna vytvořit více druhů topologie, včetně MESH sítě, která je adaptivní a lze s ní vytvořit téměř jakékoliv uspořádání a připojit desítky tisíc zařízení.

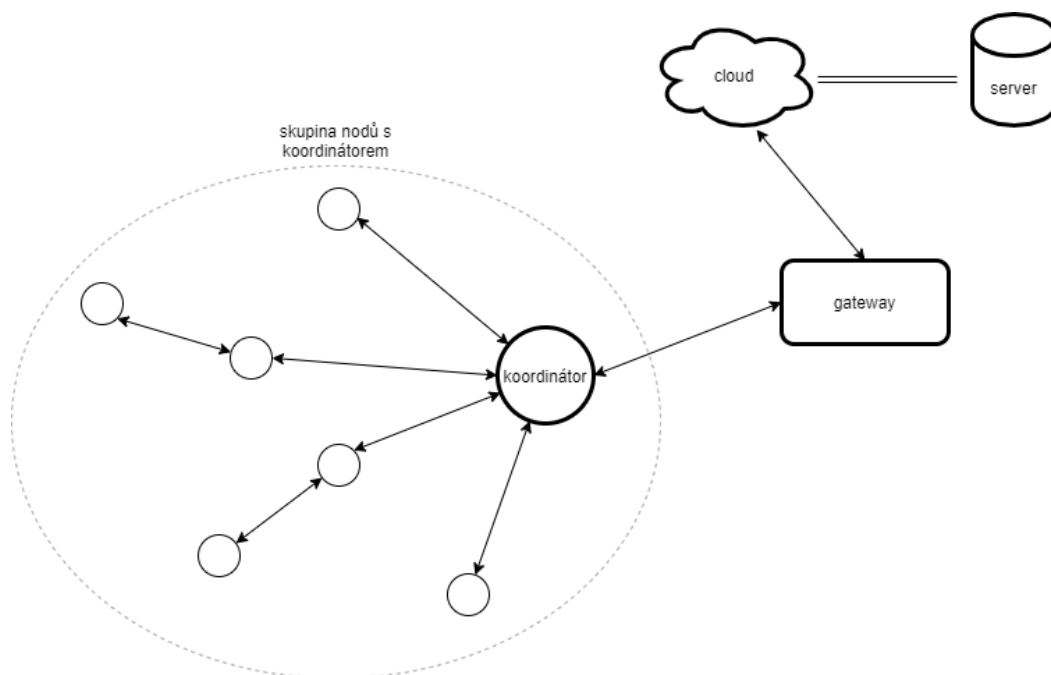
---

<sup>34</sup> Sigfox topologie, zdroj: autor

Tabulka 4 - ZigBee<sup>35</sup>

Maximální přenosová rychlost	Max 250 kb/s
Dosah sítě	75 m
Maximální velikost posílaných dat	128 bytů
Propustnost sítě	Bez omezení
Počet připojených zařízení	Bez omezení

Tabulka 4 zobrazuje hodnoty parametrů technologie ZigBee, které shrnuje. Obrázek 15 představuje schéma zapojení technologie ZigBee. Supinu nodů ovládaných koordinátorem připojeným na gateway a následně do internetu, kde se napojuje na cloudové řešení či server.



Obrázek 15 - ZigBee topologie<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Tabulka 4 – ZigBee, zdroj: autor

<sup>36</sup> ZigBee topologie, zdroj: autor



## 5 Výsledky a diskuse

V předchozích kapitolách bylo charakterizováno, jaké jsou jednotlivé bezdrátové sítě pro internet věcí a jejich používané technologie.

Následně bylo navrženo navrhlí využití jednotlivých sítí na základě parametrů vyzdvihujících jejich klady, které je předurčují k využití v daných oblastech. Pro každou síť jsme navrhli vhodné využití odpovídající úrovni klíčových parametrů. Každá síť nabízí více než jednu možnost využití. Nejčastějšími odvětvími, kde se sítě internetu věcí uplatňují je například zdravotnictví či osobní elektronika. Tato bakalářská práce však pokusila nabídnout možnosti využití, které by posloužily nejen k zjednodušení života, ale i kvality života.

### 5.1 Možnosti využití IQRF

Na základě parametrů této sítě bylo navrženo využití sítě pro oblast průmyslu. Touto technologií lze spolehlivě pokrývat velké prostory, ve kterých ji lze využít například k ovládání LED světel ve výrobní hale. Toto využití je vhodné, protože přednostmi IQRF sítě je MESH topologie, která nám zajistí pokrytí celé haly a nemělo by docházet k rušení sítě. Dále pak není nijak limitována počtem zpráv, které lze skrze ni odeslat či přijmout.

Výrobní hala je osvětlena technologií LED světel. Kde ke každému jednotlivému světlu je připojen sensor a ovládání pomocí technologie IQRF.

Tímto způsobem lze sbírat data o spotřebě jednotlivých světel, rozsvěcet pouze jednotlivé sektory v hale nebo diagnostikovat poruchu světla a to vše bez nutnosti fyzické přítomnosti v dané hale. Díky tomu své topologii síť bezpečně pokryje celý prostor a nemusíme mít strach z rušení. Nebo v případě výpadku jednoho světla ze sítě, se ostatní propojí i bez něho.

### 5.2 Možnosti využití LORA

S ohledem na parametry dané sítě, je navrženo využití v oblasti chytrých měst. S více vysílači lze pokrýt signálem celé město, neomezený počet zpráv nám dává prostor v ovládání a diagnostice. Přenosová rychlost je vzhledem k velikosti zpráv dostačující.

Sensory vybavené technologií LoRa jsou osazeny do prostředků městské hromadné dopravy, odpadkových košů, parkovacích míst a podobných instalací, které poslouží k optimalizaci fungování města.

### **5.3 Možnosti využití Sigfox**

Síť Sigfox je vhodná pro dlouhodobé sledování hodnot, u kterých není nezbytně nutné jejich měření ve velmi krátkých časových intervalech, ale naopak nám postačí například patnáctiminutový interval nebo vyšší. Jako takové se jeví sledování teploty a vlhkosti půdy na poli v zemědělském odvětví. Jelikož zde nedochází k výrazným skokovým změnám, postačí nám, když se data změří jednou za čtvrt hodiny a následně odešlou a tímto způsobem budeme data sbírat dlouhodobě. Čidlo opatřené SigFox modulem a baterii umístěné na poli zde vydrží několik měsíců.

Oproti tomu, pokud bychom chtěli takto měřit například teplotu v místnostech v kratších časových intervalech, překročili bychom povolených 140 zpráv za den.

Tato technologie se hodí spíše pro stacionární řešení, jelikož při instalaci na pohybující se objekty dochází k jistým problémům s přenosem dat.

### **5.4 Možnosti využití ZigBee**

Návrh využití sítě ZigBee je implementace do chytré domácnosti, kde využijeme veškeré výhody této sítě. Bude použita v chytrých termostatických hlavicích, teploměr ukazující vždy aktuální teplotu a vlhkost. Komunikace bude probíhat skrze implementovaný ZigBee modul a centrální jednotku. Lze tedy ovládat vytápění domácnosti a optimalizovat klima na základě dat z teploměru a vlhkoměru.

Do tohoto ekosystému lze zapojit i chytré osvětlení, nastavit si na něm lze časování, či reakce na podněty spojených s asistenty jako je Google Assistant nebo Amazon Alexa.

Tabulka 5 – přehled dalšího využití<sup>37</sup>

Technologie:	Navržená oblast využití
<b>IQRF</b>	Průmyslové oblasti – výrobní haly, depa Chytré budovy – topení, osvětlení Průmysl 4.0 – chytrá čidla (hlásiče požáru, CO2, teplota, vlhkost)
<b>LORA</b>	Chytrá města – chytré městské vybavení (koše, parkovací místa, osvětlení, veřejná WC, veřejné hromadné akce, MHD) Průmysl – monitoring, znečištění Logistika – transport,
<b>Sigfox</b>	Zemědělství – teploměry, vlhkoměry, zeměřesení Energetika – záznamová činnost, sběr dat, ropovody, rozvodné sítě Chytré obchody
<b>ZigBee</b>	Chytré domácnosti – světla, termostaty, zabezpečovací systémy, chytré vytápění, odběr plynu/vody Zdravotnictví – monitoring pacientů a jejich životních funkcí Nositelná elektronika

V tabulce 5 jsou souhrnně uvedeny oblasti možného využití bezdrátových sítí pro internet věcí. Navržené oblasti jsou navržené jako vhodné na využití daných technologií.

<sup>37</sup> Tabulka 5 přehled využití, autor

## 5.5 Diskuze

Svět internetu jako takového, nejen internetu věcí se vyvíjí velmi rychle a progresivně. Stojí za zamyšlení, kam se bude ubírat v budoucnu dále. Dle autorova názoru, se bude vyskytovat stále více různorodých zařízení, které se budou připojovat do ekosystému IoT. Data budou sbírat lednice, květináče i dokonce naše oblečení. Určitě bude zajímavé sledovat, jak s nasbíranými daty bude naloženo a k čemu poslouží, zda dokáže zlepšit lidský komfort ba dokonce zdraví a nebo poslouží k jakémusi dohledu nad populací například bezpečnostními složkami. Toto téma by však vyžadovalo hlubší zkoumání, které není tématem této bakalářské práce.

Do oblastí IoT se propracovávají veskrze nové společnosti, které vidí velký v tomto odvětví velký potenciál, ukázkovým příkladem může být řetězec obchodů LIDL, který přišel s vlastními LED žárovkami pro chytrou domácnost, senzory pohybu a dalším. Vyvinul si svoji aplikaci pro chytré telefony a zařízení propojil skrze síť ZigBee.

Budoucnost těchto sítí je ve správném pochopení jejich fungování a jejich uplatnění v případech, ve kterých využívají svůj potenciál. Jako špatný případ se ukazuje implementace Sigfox sítě na pohybující se předmět. Případy z praxe, kdy je zařízení se Sigfox modulem přiděleno k automobilu a má sloužit mimo jiné k jeho lokalizaci se ukazuje jako nespolehlivá. Tato varianta řešení není ideální, jelikož síť Sigfox funguje na principu NarrowBand, fungující na velmi krátkých a přesných vlnových impulzech, tak při pohybu vozidla dochází k nepřesnostem, a tedy k nezachycení signálu, což vede k nemožnosti lokalizace vozidla.

Bakalářská práce není primárně zaměřena na podobou dat, která se posílají mezi zařízeními, ani jejich bezpečnostní, či stylem šifrování, pouze tyto vlastnosti jsou brány na vědomí a jejich charakteristika by mohla být námětem dalšího zpracování. Velikost posílaných dat souvisí legislativou a zabezpečením jednotlivých sítí, jelikož krom samostatných dat, která jsou posílány i šifrovací klíče a jiné prvky zabezpečení které zabírají část vysílacího pásma vyhrazeného pro danou technologii. Toto by vyžadovalo hlubší bádání.

Za zamyšlení určitě také stojí strojové učení, které stále více promlouvá také do internetu věcí, moderní čipy, které jsou již naučeny zvládat základní úkony se dostávají čím dál více do popředí, což nastoluje nový trend. A tím je způsob jejich využití, koncová zařízení už neslouží jen k prostému sběru dat a jejich odeslání, ale zvládají rovnou výpočty, rozhodující algoritmy a podobně. Chytrá zařízení se tedy stávají progresivnější a automatizované.

## 6 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo prozkoumat a zhodnotit bezdrátové sítě pro internet věcí. Práce se soustředí na sítě používané v praxi a sítěmi se kterými autor zkušenost.

Teoretická část je zaměřena na analýzu a rešerši internetu věcí. Pozornost byla věnována základním pojmům souvisejícím s internetem věcí a jeho vývojem. Dále pak se zaměřuje na jednotlivé sítě. K dalším analýzám byly vybrány následující nízkoenergetické sítě IQRF, LORA, SigFox, ZigBee a jejich definici. Závěr teoretické části se zabírá nejčastějšími oblastmi využití sítí pro internet věcí, jako jsou chytrá města, zemědělství nebo domácnosti.

V praktické části se práce zaměřila na vytyčení klíčových parametrů a jejich specifikaci. Blíže byly prozkoumány parametry maximální přenosové rychlosti, dosahu sítě, pokrytí území, maximální velikost posílaných dat, propustnost sítě a počet připojených zařízení. Jednotlivé sítě byly analyzovány dle klíčových parametrů a bylo navrženo použití konkrétních sítí na základě parametrů, které je předurčují k využití v daných oblastech.

Závěrem této bakalářské práce zaměřené na bezdrátové sítě internetu věcí je, že každá síť má svá specifika a úskalí, která ji definují. Neexistuje žádná univerzální síť, která by byla použitelná na všechny možné případy, se kterými se můžeme v praxi setkat. Pokud vezmeme v potaz klíčová kritéria, dostupné sítě jsou schopny plnit jednotlivé požadavky. Klíčové je zvolit správnou síť. Na základě syntézy teoretické a praktické části bylo navrženo využití sítě IQRF v oblastech průmyslových hal a podobných lokací pro ovládaní například osvětlení. Síť LORA byla určena jako nejvhodnější pro využití v segmentu chytrých měst, ke sběru informací například o parkování či o obsazenosti košů. Sigfox se vyjevil jako nejvhodnější pro zemědělský průmysl, kde za pomoci této technologie mohou být sbíraná data a kvalita půdy, jako je teplota, vlhkost nebo vodivost. ZigBee síť byla navržena pro chytré domácnosti, kde může obsluhovat od světel po termostaty.

## 7 Bibliografie

- ADRYAN, Boris, Dominik OBERMAIER a Paul FREMANTLE. *The technical foundations of IoT*. Norwood, MA: Artech House, 2017. Artech House mobile communications library. ISBN 9781630812515
- BRÁZDA, J. – GRIGOLEIT, U. *Internet: kompletní průvodce*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-378-2.
- DAVIES, John a Carolina FORTUNA. *The Internet of Things: From Data to Insight*. John Wiley & Sons, 2020, 2020. ISBN 1119545269.
- GYARMATHY, Kaylie. *Comprehensive Guide to IoT Statistics You Need to Know in 2020*. Vxchnge [online]. March 26, 2020 [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <https://www.vxchnge.com/blog/iot-statistics>
- SKLENÁK, V. *Data, informace, znalosti a Internet*. V Praze: C.H. Beck, 2001. ISBN 80-7179-409-0
- GYARMATHY, Kaylie. *Comprehensive Guide to IoT Statistics You Need to Know in 2020*. Vxchnge [online]. March 26, 2020 [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <https://www.vxchnge.com/blog/iot-statistics>
- IQRF [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.iqrf.org/what-is-iqrf>
- K. NAIMZADA, Ahmad K., Silvana STEFANI a Anna TORRIERO. *Networks, Topology and Dynamics: Theory and Applications to Economics and Social Systems*. 2008. ISBN 3540684077.
- DAVIES, John a Carolina FORTUNA. *The Internet of Things: From Data to Insight*. John Wiley & Sons, 2020, 2020. ISBN 1119545269.
- Iot platform [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://iot-analytics.com/iot-platform-companies-landscape-2020/>
- NAUMANN, F. *Dějiny informatiky: od abaku k internetu*. Praha: Academia, 2009. ISBN 978-80-200-1730-7.
- NOVÁK, Vojtěch, Michal STOČES, Tereza ČÍŽKOVÁ, Jan JAROLÍMEK a Eva KÁNSKÁ. *Experimental Evaluation of the Availability of LoRaWAN Frequency Channels in the Czech Republic*. MDPI. 2021, 2021(-). ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s21030940
- METHLEY, Steve. *Essentials of wireless mesh networking*. New York: Cambridge University Press, 2009. ISBN052187680x

HANES, David, Rob BARTON a Jerome HENRY. *IoT fundamentals: networking technologies, protocols, and use cases for the Internet of things*. Indianapolis, IN: Cisco press, 2017. ISBN 1-58714-456-5.

LoRa Alliance [online]. [cit. 2020-08-14]. Dostupné z: <https://loro-alliance.org/about-lorawan>

Semtech [online]. [cit. 2020-09-10]. Dostupné z: <https://www.semtech.com/>

SigFox. Iot-portal.cz [online]. [cit. 2020-09-28]. Dostupné z: <https://www.iot-portal.cz/2016/02/26/sigfox/>

SigFox. SigFox [online]. [cit. 2020-09-27]. Dostupné z: <https://sigfox.cz/>

ZigBee. Iot-portal.cz [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.iot-portal.cz/2016/02/24/zigbee/>

ZigBee Alliance [online]. [cit. 2020-07-04]. Dostupné z: <https://zigbeealliance.org/>