

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



**Analýza technologií využívaných v tzv. IoT z pohledu  
datové propustnosti a finanční náročnosti**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Votruba, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Jaromír Cejpek

© 2020 ČZU v Praze

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jaromír Cejpek

Zemědělské inženýrství

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

**Analýza technologií využívaných v tzv. IoT z pohledu datové propustnosti a finanční náročnosti**

Název anglicky

**Analysis of technologies used in IoT from the point of view of data throughput and financial demands**

---

### Cíle práce

Cílem práce je posouzení nových technologií, které lze s úspěchem realizovat při komunikaci zařízení tzv. internetu věcí. Důležité bude se zaměřit nejenom na technickou, ale především na aplikační a finanční stránku případného nasazení. V závěru práce vyjádřit vlastní názor o jednotlivých technologiích z pohledu budoucího použití a předpokládaného vývoje.

### Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Výběr technologií a jejich technické specifikace
5. Analýza aplikačních možností jednotlivých technologií
6. Odhad finanční náročnosti jednotlivých technologií
7. Předpoklad budoucího vývoje v oblasti
8. Závěr a doporučení

## Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

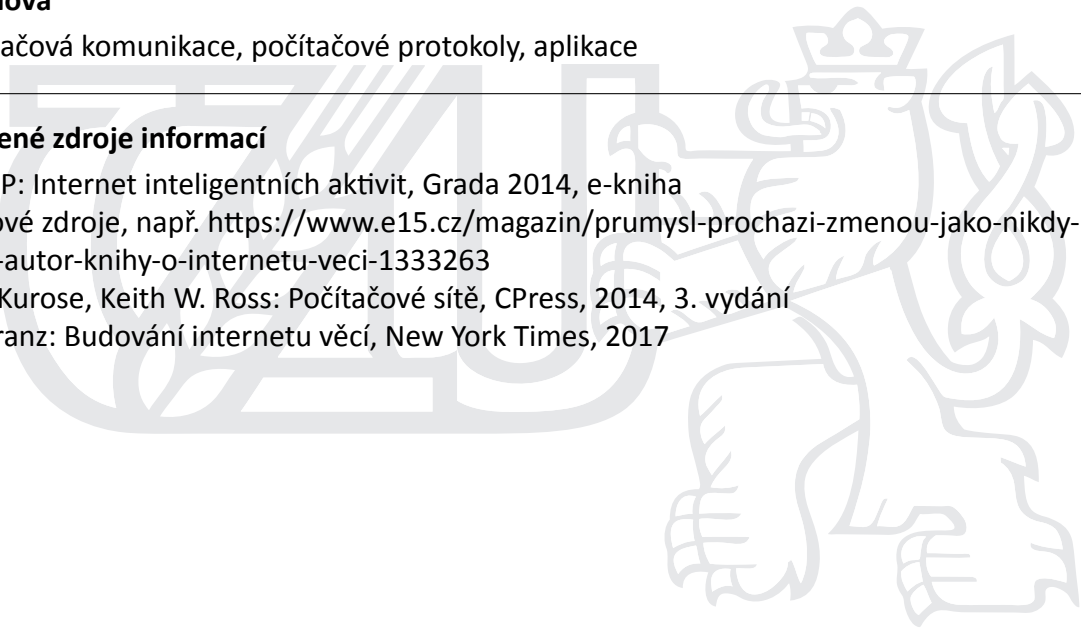
## Klíčová slova

IoT, počítačová komunikace, počítačové protokoly, aplikace

---

## Doporučené zdroje informací

BURIAN, P: Internet inteligentních aktivit, Grada 2014, e-kniha  
Internetové zdroje, např. <https://www.e15.cz/magazin/prumysl-prochazi-zmenou-jako-nikdy-predtim-rika-autor-knihy-o-internetu-veci-1333263>  
James F. Kurose, Keith W. Ross: Počítačové sítě, CPress, 2014, 3. vydání  
Maciej Kranz: Budování internetu věcí, New York Times, 2017



---

## Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

## Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Votruba, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2019

**doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2020

## Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Analýza technologií využívaných v tzv. IoT z pohledu datové propustnosti a finanční náročnosti“ vypracoval samostatně a použil jen prameny, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne: .....

.....

Jaromír Cejpek

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Zdeňku Votrubovi, Ph.D. za odborné vedení, za ochotu a podnětné připomínky při psaní této práce.

## Abstrakt

Tématem bakalářské práce je analýza technologií využívaných v Internetu věcí z pohledu finanční náročnosti, datové propustnosti a možnostmi použití v současnosti s odhadem budoucího vývoje. Tato práce se věnuje teorii Internetu věcí, procesům zpracování dat, a zabývá se také pravidly komunikace na sítích. Obsahuje popis konkrétních technologií a zařízení pro IoT. Následně se práce zabývá možnostmi využití, budoucím vývojem a cenami zařízení a služeb. V závěru jsou zhodnoceny výsledky mého zkoumání a doporučení nejvhodnějších řešení.

## Klíčová slova

IoT, počítačová komunikace, počítačové protokoly, aplikace

# **Analysis of technologies used in IoT from the point of view of data throughput and financial demands**

## Summary

The topic of this dissertation is an analysis of technologies used in the Internet of Things from the perspective of financial demands, data permeability and the possibilities of the use today as well as the potential of future development. This work introduces subjects related to the area of Internet of Things, such as rules of network communication, technologies and devices for IoT. Subsequently, the thesis explores specific possibilities of use, future development and prices of equipment and services. In conclusion, I have evaluated the results of my research and recommended the most suitable solution.

## Keywords

IoT, computer communication, computer protocols, applications

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>VÝBĚR TECHNOLOGIÍ A JEJICH TECHNICKÉ SPECIFIKACE</b> .....	<b>3</b>
4.1	ZPRACOVÁNÍ DAT Z IOT .....	3
4.1.1	<i>Big Data</i> .....	3
4.1.2	<i>Cloud</i> .....	4
4.1.3	<i>Edge computing</i> .....	5
4.2	SÍŤOVÉ SPOJENÍ .....	5
4.2.1	<i>Internet a princip jeho fungování</i> .....	6
4.2.2	<i>Adresování</i> .....	7
4.2.3	<i>Bezdrátové připojení</i> .....	8
4.3	TECHNOLOGIE .....	9
4.3.1	<i>Komunikační standardy</i> .....	9
4.3.1.1	HTTP .....	9
4.3.1.2	CoAP .....	9
4.3.1.3	MQTT .....	9
4.3.2	<i>Protokoly a technologie</i> .....	10
4.3.2.1	NarrowBand IoT .....	10
4.3.2.2	Sigfox .....	11
4.3.2.3	LoRa a LoRaWan .....	12
4.3.2.4	Wi-Fi Halow .....	13
4.3.2.5	IQRF .....	13
4.3.2.6	Z-Wave .....	14
4.3.2.7	ZigBee .....	15
4.3.2.8	Bluetooth Smart .....	16
4.4	HARDWARE PRO IOT .....	17
4.4.1	<i>Programovatelné stavebnice</i> .....	17
4.4.1.1	Raspberry Pi .....	18
4.4.1.2	Arduino .....	18
4.4.2	<i>Vstupní periferie</i> .....	18
4.4.3	<i>Hotová zařízení</i> .....	18
<b>5</b>	<b>ANALÝZA APLIKAČNÍCH MOŽNOSTÍ JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ</b> .....	<b>19</b>

5.1	IoT VE MĚSTECH .....	19
5.1.1	<i>Chytrá domácnost</i> .....	19
5.1.2	<i>Chytrá Budova</i> .....	19
5.1.3	<i>Chytré rozvodové sítě</i> .....	20
5.1.4	<i>Chytrý svoz odpadu</i> .....	20
5.1.5	<i>Parkování</i> .....	20
5.2	IoT V PRŮMYSL.....	21
5.3	IoT V ZEMĚDĚLSTVÍ .....	21
5.4	ZDRAVOTNICTVÍ .....	22
<b>6</b>	<b>ODHAD FINANČNÍ NÁROČNOSTI.....</b>	<b>23</b>
6.1	CENY ZAŘÍZENÍ .....	23
6.2	PROGRAMOVATELNÉ STAVEBNICE .....	23
6.2.1	<i>Raspberry Pi</i> .....	23
6.2.2	<i>Arduino</i> .....	24
6.2.3	<i>M5STACK</i> .....	26
6.2.4	<i>WEMOS</i> .....	27
6.2.5	<i>Siemens</i> .....	27
6.3	VSTUPNÍ PERIFERIE .....	28
6.3.1	<i>Balíčky k programovatelným stavebnicím</i> .....	28
6.4	HOTOVÁ ZAŘÍZENÍ .....	29
6.5	CLOUD SLUŽBY PRO IoT .....	29
6.6	TECHNOLOGIE.....	30
6.6.1	<i>IQRF</i> .....	30
6.6.2	<i>NarrowBand</i> .....	30
6.6.3	<i>Sigfox</i> .....	30
6.6.4	<i>LoRAWAN</i> .....	30
<b>7</b>	<b>PŘEDPOKLAD BUDOUCÍHO VÝVOJE V OBLASTI .....</b>	<b>31</b>
7.1	CHYTRÁ MĚSTA .....	31
7.2	INDRUSTRIAL IoT (PRŮMYSL 4.0) .....	31
7.3	CHYTRÉ ZEMĚDĚLSTVÍ.....	32
7.4	TELEKOMUNIKAČNÍ STANDARD 5G.....	32
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR A DOPORUČENÍ .....</b>	<b>33</b>
<b>9</b>	<b>CITOVANÁ LITERATURA.....</b>	<b>35</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>40</b>



<b>11</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>40</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>41</b>
	<b>PŘÍLOHA I – SOUHRN CEN PROGRAMOVATELNÝCH STAVEBNIC.....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

Práce se zabývá technologiemi Internetu věcí. O Internetu věcí se v dnešní době poměrně často mluví, především ve spojení s automatizací a průmyslem 4.0. Jedná se o termín označující sdílení informací mezi stroji. První zařízení považované za IoT byl toustovač ovladatelný přes internet vytvořen Johnem Romkeyem v 1990. O devět let později, v roce 1999, Kevin Ashton poprvé použil výraz Internet věcí. Mezi lety 2006 a 2008 byl Internet věcí uznán Evropskou unií a konala se první evropská konference IoT. K internetu bylo připojeno víc „věcí“ než lidí už v roce 2009. Od té doby bylo vyvinuto spoustu technologií a zařízení, které rozšířily možnosti použitelnosti IoT.

Internet věcí se dnes již běžně používá v praxi a v budoucnu jej čeká masivní rozšíření. Lze jej nasadit a využívat všude tam, kde nám sbírání informací pomůže s optimalizací procesu nebo s jeho automatizací. Pro sběr těchto informací jsou zařízení se senzory nebo jinými vstupními periferiemi. Těchto zařízení může být velké množství. Jedná se o malé krabičky napájené akumulátorem, nebo o součásti velkých strojů. Následně se informace posílají přes komunikační síť, například pomocí technologií LoRa, Sigfox, NB – IoT, IQRF atd., do Cloudu. Tyto technologie se mohou lišit pokrytím, rychlostí přenosu či spotřebou energie při vysílání. V Cloudu jsou informace analyzovány a ukládány do databáze nebo jsou na základě vyhodnocení těchto dat posílány instrukce dalšímu zařízení. Další možností je Edge computing, ten řeší zpracování informací blíže k zařízení a není tedy potřeba je na Cloud posílat. Díky uvedeným postupům mohou zařízení mezi sebou snadno komunikovat.

Internet věcí přinese plné využití internetu a také nové pracovní příležitosti pro odborníky na tuto technologii. Pro uživatele bude znamenat usnadnění běžných činností od hledání parkovacího místa, manuálního ovládání topení a oken, po hlídání jeho zdravotního stavu. V zemědělství přinese větší úrodu a lepší využití materiálů, pomůže například výrazně snížit spotřebu vody. V průmyslu sníží zmetkovost, zrychlí procesy výroby, umožní hlídání výrobku po celou dobu jeho životnosti a tím může odstranit jeho případné nedostatky. Internet věcí nabízí spoustu přínosů pro veřejný i soukromý sektor, proto je užitečné se jím více zabývat.

Práce se zabývá technologiemi Internetu věcí a dalšími procesy, které s ním souvisí. Lze v ní nalézt inspiraci pro použití a další vývoj. Věnuje se také finanční náročnosti a parametrům jednotlivých prostředků. [1]

## 2 Cíl práce

Cílem práce je posouzení nových technologií, které lze s úspěchem realizovat při komunikaci zařízení tzv. Internetu věcí. Důležité bude se zaměřit nejenom na technickou, ale především na aplikační a finanční stránku případného nasazení. V závěru práce bude vyjádřen vlastní názor o jednotlivých technologiích z pohledu budoucího použití a předpokládaného vývoje.

## 3 Metodika práce

Na základě literární rešerše, především ze zahraničních zdrojů, byl zvolen postup zpracování práce. Nejdříve byla provedena analýza principů a fyzikálních aspektů fungování služby IoT a to včetně aplikačních vrstev. Následně byly posouzeny energetické nároky, rychlosti přenosů, velikosti přenášených informací a pokrytí signálem jednotlivých variant a technologií IoT, aby bylo možné přistoupit k návrhu vhodných technologií pro konkrétní aplikace. Poté byly analyzovány možnosti současného využití Internetu věcí a popsány realizované projekty z různých odvětví. Dále byla provedena finanční analýza technologií, Cloudových služeb a jednotlivých zařízení pro Internet věcí. Následně byly prozkoumány možnosti budoucího vývoje IoT. Na závěr byly shrnuty poznatky z jednotlivých kapitol a byly doporučeny nejvhodnější řešení.

## 4 Výběr technologií a jejich technické specifikace

### 4.1 Zpracování dat z IoT

Internet věcí (Internet of Things; IoT) je český název pro komunikaci zařízení mezi sebou bez nutnosti zásahu člověka po internetové síti. Tato technologie slibuje snadné automatizované sdílení informací od jednotlivých zařízení po celém světě a rozšíření možností internetových aplikací.

IoT přináší velké množství informací, které jsou důležité pro optimalizaci chodů různých odvětví. Pomáhají například při zvýšení produkce v průmyslu, zajištění lepší dopravní infrastruktury, ovládání chytrých budov a v budoucnu snad také usnadní monitorování zdravotního stavu.

S Internetem věcí jsou spojeny i další služby. Těmi nejzásadnějšími jsou technologie Cloud a nástroje spojené s Big Data. V případě Cloudu se jedná o technologie umožňující sdílení hardwaru po síti mezi uživatelem a výpočetním centrem. Cloud umožňuje ukládání dat, a při využití nástrojů pro Big Data, také jejich analýzu. Big Data je označení pro velké nestrukturované shluky dat. Jedná se především o řešení pro ukládání a analýzu dat. Dalším procesem, který souvisí s Internetem věcí, je Edge computing, který se zabývá zpracováním dat blíže k zařízení.

Je potřeba řešit i problémy, které tato technologie přináší. Tyto problémy jsou způsobeny zvyšujícím se počtem zařízení, a tedy i množstvím dat ke zpracování. Vzniká tak zátěž energetická a zvyšují se požadavky na výpočetní techniku i na zkvalitnění bezdrátových připojení a jejich rozšíření. [2]

#### 4.1.1 Big Data

„Pojem Big Data je používán pro velké sady dat, zejména takové, které nemají dostatečnou strukturu, aby je bylo možné uložit v tradičním datovém skladu, databázi.“ [2]

Tyto data jsou vytvářena automaticky prostřednictvím různých zařízení, např. z průmyslu, nebo zemědělství, ale také z informací z webového prostředí, například ze sociálních sítí, nebo z robotů, procházejících webové prostředí. Musíme tedy řešit nejen problém se zpracováním, ale i s uložením takových dat. Zvyšuje se množství dat z jednotlivých provozů i rychlost, s jakou data získáváme a také množství typů těchto dat (např. textové soubory,

obrázky, data o poloze zařízení, data ze senzorů). Taková data nejde zaznamenávat do klasických SQL databází.

Z tohoto důvodu byly vyvinuty NoSQL technologie, které si umí s Big Daty poradit. Mezi takové patří Hadoop, CouchDB a MongoDB. Hadoop je open source a používá se pro zpracování, ukládání a analýzu dat. Zvládá petabyty a exybyty nestrukturalizovaných dat distribuovaných přes více uzlů současně. Mezi nevýhody Hadoopu patří to, že technologie má složité zavedení do praxe, například pro ovládání ve firmách je vyžadována zvýšená odbornost zaměstnanců a není zde nabízena možnost podpory. Pro snadnější užívání vzniklo spousta společností, které vytváří řešení Hadoop na míru, tedy s méně náročným zavedením a provozem této technologie. [3]

#### 4.1.2 Cloud

Cloud computing v budoucnosti najde velké využití na internetu. Nejvíce ho využije právě IoT. Tento model je založen na sdílení a počítání dat, ať už jsou zařízení jakkoliv vzdálená. Propojení je realizováno pomocí internetového připojení. Pro IoT mohou systémy Cloud computingu zpracovávat data a tyto data následně uchovávat. Další výhodou je možnost flexibility parametrů v čase, díky čemuž řeší problém s dynamicky se měnícím množstvím přijatých dat ze zařízení. V systému najdeme i nástroje, které mohou přijatá data analyzovat. Kromě zpracovávání IoT je Cloud využíván pro poskytování služeb na vyžádání uživatele prostřednictvím sítě. Některé služby lze pořídit v omezené míře bezplatně, nicméně jejich rozšíření bývá zpoplatněno. Ostatní služby lze pořídit na bázi měsíčních splátek nebo jsou náklady ovlivněny množstvím využitého času. [2]

##### *Služby:*

Cloud computing je technologie, při které uživatel prostřednictvím sítě využívá služby vzdáleného počítače pro svou vlastní potřebu. A to vše bez rozsáhlých znalostí o sítích. Služby lze rozdělit na tři typy. Prvním z nich je Software jako služba (SaaS). V tomto případě uživatel využívá pouze jednotlivé aplikace, například bezplatně distribuované draw.io pro tvorbu UML diagramů nebo Google Docs, což je bezplatná alternativa pro Microsoft Word. Uživatel tuto aplikaci bezstarostně využívá bez jakéhokoliv zásahu do platformy nebo počítače, na kterém software běží. Dalším typem je využití Platformy jako služby (PaaS). Oproti SaaS má uživatel výpočetní výkon a software (Solution stack), většinou operační systém, který je potřebný k provozu aplikací, popřípadě používá jiný

solution stack (např. webový nebo databázový server). Uživatel si musí sám nainstalovat a provozovat software, zatímco provoz platformy zajišťuje provozovatel. Příkladem služby PaaS s bezplatnou možností používání je platforma Heroku, která se zabývá právě webovými servery. Posledním typem je „Infrastruktura jako služba“ (IaaS), kdy se uživatel nemusí zabývat správou hardwaru. Jedná se o virtuální stroje s úložným prostorem a síťovým připojením. Na webu jsou nabídky různých parametrů výpočetní techniky, od velmi výkonově slabých za malé měsíční poplatky, až po velmi výkonné za vysoké finanční sumy. Uživatel si může vybrat přesně ty parametry, které se mu nejvíce hodí. [2]

#### 4.1.3 Edge computing

I přesto, jak moc jsou informační technologie pokročilé a jak si umíme poradit i s velkými objemy dat, stále zde mohou nastávat různé problémy s dimenzí sítě nebo s výpočetním výkonem. Muže se stát, že některé informace ze senzorů IoT mohou být vyhodnoceny jako irelevantní. Takové zprávy by mohly být profiltrované už dříve, než se dostanou do Cloudu, uvolnil by se tak prostor v síti i výpočetní výkon na Cloudu. Těmto řešením se říká Edge computing a řeší výpočty přímo na senzoru nebo v jeho blízkosti. Zabývá se problémy v reálném čase, například pokud je vytápění místnosti ovládáno přímo jeho teplotou. Umožňuje takto zpracovaná data rozdělit na skupinu, kterou je vhodné uložit na Cloud a na skupinu (např. s citlivými daty), kterou je vhodnější uložit na místním uložišti kvůli bezpečnosti. V neposlední řadě nám umožňuje prodloužení vysílacího času, protože některé IoT technologie mají omezené dovolené množství přenesených dat. Bohužel je zde problém s rozšířenými možnostmi výpočtů. U výpočtů na senzorech dochází k větší spotřebě energie, k datům není tak flexibilní přístup a je zde obava z poskytovatelů, kteří by mohli vytvářet nekompatibilní senzory s Cloud službami, tedy funkční pouze se svými softwary nebo systémy. [3]

#### 4.2 Síťové spojení

Aby bylo možné data přenášet od zařízení ke zpracování, musí mít nějakou strukturu. Tato struktura zajišťuje kompatibilitu různých zařízení a softwarů, a tak poskytuje jistou záruku přenesení balíčku s informací. Tuto záruku přenesení snižuje například velikost zpráv nebo rychlost přenášení. Dalším omezením pro přenášení dat jsou právní podmínky, které stanovuje Český telekomunikační úřad. Jedná se o omezení radiokomunikačních kmitočtů a výkonu vysílacích zařízení.

#### 4.2.1 Internet a princip jeho fungování

Internet je síť, která propojuje obrovské množství počítačových zařízení. Z dřívějšího použití pro PC a různé servery se dnes koncové systémy rozšířily o řadu nejrůznějších zařízení. Jedná se například o smartphony, senzory, tablety a další. Zařízení jsou připojena pomocí různých komunikačních linek, od měděných drátů a koaxiálních kabelů, přes optické kabely, až po přenos pomocí rádiových vln. Kromě komunikačních linek jsou na síti přepínače paketů, které přijatá data z linky odešlou po jiné lince dál. Mezi nejčastější přepínače patří směrovače, ty většina lidí zná pod názvem router, a přepínače spojové vrstvy tzv. switche.

Abychom mohli data, například obrázek nebo dokument, odeslat po internetové síti, musíme jej rozkrájet na menší části. Těmto kouskům dat se říká paket. Na pakety jsou přilepeny ještě další informace, například adresa, a následně jsou vypuštěny na internetovou síť, kde cestují ke koncovému zařízení. Koncový systém je označen jak pro uživatele, tak i pro servery. Servery jsou převážně provozovány v datových centrech a uživateli odesílají výsledky vyhledávání, emaily aj. Abychom se dostali k částem, které se musí přidávat k paketu, aby byl správně směrován od odeslaní, až k cíli své cesty, budou nejprve objasněny základní protokoly a jejich vrstvy. [4] „Veškerá činnost na Internetu, které se účastní dva nebo více komunikujících vzdálených subjektů, se řídí protokolem.“ [4] Síťové protokoly slouží ke komunikaci mezi jednotlivými zařízeními. Nejprve se koncového zařízení „zeptá“, zda může vysílat a vyčká na odpověď. Pokud nepřijde odpověď v nějakém časovém intervalu, operace se opakuje. Pokud dostane odpověď „můžeš“, začne vysílat. Vyšle například název webové stránky, na kterou se chce podívat. A z druhé strany mu je zaslán soubor, který se zobrazí jako webová stránka ve webovém prohlížeči. Další protokoly nalezneme například v routerech, kde určují cestu, kterou se paket vydá, aby úspěšně dorazil k cíli.

Abychom zabránili nekompatibilitě a bylo možné mezi jednotlivými zařízeními posílat různorodá data po různých spojeních, byla vytvořena vrstvená architektura. Můžeme měnit služby na jednotlivých vrstvách pod podmínkou, že jsou poskytována stejná data vrstvě nad ní, a zároveň používá stejné služby jako vrstva pod ní. Proto návrháři určili pořadí vrstev a jednotlivým vrstvám přidělili protokoly. Toto pořadí se nazývá model. V internetové síti se používá pětivrstvá sada internetových protokolů definovaná ze sedmivrstvého referenčního modelu ISO OSI. Jedná se tedy o tyto vrstvy: Aplikační, Transportní, Síťová, Linková, Fyzická. Aplikační vrstva je na okraji tohoto modelu a slouží pro komunikaci mezi

aplikacemi na koncových zařízeních. K této komunikaci slouží její protokoly, kterých je spousta. Například HTTP pro přenos webových dokumentů, SMTP pro email, popřípadě DNS pro překlad uživatelské adresy webu. Například seznam.cz se přeloží na přijatelnější formát pro koncové systémy. Transportní vrstva poskytuje transport paketu po Internetu mezi koncovými body aplikací. Obsahuje dva transportní protokoly, a to TCP a UDP. TCP funguje tak, že nejprve vyšle pakety, které zjistí cestu a následně po této cestě posílá pakety se samotnými daty. Pokud nějaký paket nedorazí, pošle se znovu, popřípadě se najde nová cesta, pokud původní už nefunguje. Je zaručeno doručení všech paketů. Protokol TCP má další výhody, a to segmentaci dlouhých zpráv nebo optimalizaci přenosové rychlosti kvůli zahlcení. Protokol UDP je naopak nespolehlivý a každý paket si hledá svou cestu, proto se může někde ztratit, nebo přijít později než pakety za ním. Využití má například tam, kde potřebujeme data co nejrychleji a obejdeme se bez pár paketů. Příkladem jsou streamovaná videa. Síťová vrstva využívá protokol IP, který definuje, jakým způsobem se s paketem bude pracovat. Síťová vrstva využívá ještě směrovací protokol pro určování cesty. Linková vrstva směřuje paket s adresou, kterou dostala od síťové vrstvy, pomocí směrovačů do cílového zařízení. Jedná se o komunikaci mezi jednotlivými uzly sítě. Může se stát například to, že bude paket zpracován protokolem Ethernet pro přenos po kroucené dvojlince a na dalším uzlu bude zpracován protokolem WiFi, PPP (Point-to-point), nebo jiným. Poslední vrstvou je Fyzická vrstva, její účel je přenášet jednotlivé bity mezi uzly. Fyzická vrstva má několik protokolů, určují se podle přenosového média. Pro kroucenou dvojlinku bude jiný protokol než pro koaxiální kabel. Tento balíček je v jednotlivých bodech cesty rozbalován do různých vrstev a následně přebalen a vyslán dál. Konkrétně router pracuje až na vrstvě síťové, switch pracuje nejvýše na linkové vrstvě. Díky těmto principům funguje internet tak, jak ho známe. [4]

#### 4.2.2 Adresování

Adresování nalezneme v síťové vrstvě. Jedná se o přidělení adresy koncového zařízení ekvivalentní k adrese na dopise posílaného poštovními službami. V adresování se využívá protokol IP ve verzích IPv4 a IPv6, tyto verze jsou v paketu síťové vrstvy zapsány ve 4 bitech a podle nich se paket interpretuje při následném zpracování.

V síti by každé zařízení mělo mít svou adresu, v realu je to ale jinak. Z důvodu omezeného počtu adres IPv4 vznikly různé techniky, jak rozšířit možný počet připojených zařízení.



Například se jedná o techniku, kdy více zařízení má jednu veřejnou adresu. Přesto z obav, že adresy dojdou, začal začátkem 90. let vznikat protokol IPv6. Obavy se vyplnily až v roce 2011 díky technikám, které zvýšily počet připojených zařízení při stejném počtu IPv4 adres. Přesto je IPv6 málo rozšířené a zřejmě tento pomalý nástup nezavinil pouze jeden faktor. Jedním z důvodů mohou být vysoké náklady na výstavbu sítě s IPv6. Přesto pouze 13 z 20 nejbohatších poskytovatelů světa má třetinu uživatelů připojených na IPv6 a 75 % uživatelů IPv6 je od poskytovatelů mimo nejbohatších 20. Dalším faktorem by mohl být pomalý růst firem, které poskytují připojení. Ale ani většina rostoucích firem nenasazuje IPv6. Poslední příčinou může být dostačující počet IPv4 adres. Díky veřejným adresám jsou poskytovatelé dokonce schopni připojit i 841 zákazníků na jednu IPv4 adresu. Přesto některé společnosti s dostatkem adres rozšiřují své připojení s IPv6, a naopak i společnosti s velkým nedostatkem adres zůstávají u IPv4. Důvod nižšího zavádění tedy není zcela jasný, přesto že IPv6 přináší mnoho výhod.

Při vytváření IPv6 využili vývojáři poznatků z fungování IPv4, a to přináší i další výhody k většímu množství adres. Velkou výhodou je lepší zabezpečení, protože by určitě nebylo příjemné, kdyby se nějaký hacker naboural do „chytrého města“. IPv6 využívá šifrování end-to-end, které zabraňuje odposlechu mezi odesílatelem zprávy a příjemcem. Navíc umožňuje lepší ověření, že zařízení je opravdu to, které tvrdí, že je. Mezi další výhody patří vyšší rychlost, efektivnější směrování atd. [4] [5] [6]

#### 4.2.3 Bezdrátové připojení

V České republice rozhoduje o radiokomunikacích Český telekomunikační úřad. Ten určuje pravidla pro zprostředkovatele, aby například nedocházelo k rušení mezi zařízeními. To přináší omezení využití rádiových kmitočtů a omezení výkonu zařízení. O oprávnění k zařízení krátkého dosahu lze nalézt informace ve všeobecném oprávnění č. VO-R/10/1.2019-1, kde lze dohledat, zda konkrétní kmitočet je povolen, či ne (Například kmitočet 49 MHz není povolen kvůli možnému rušení rozhlasových služeb). Kmitočet 230 MHz až 400 MHz je vyhrazen pro obranu státu. Proto je důležité se při používání zařízení informovat o možnostech použití tohoto zařízení v České republice. U zařízení v pásmu 2,4 GHz a 5 GHz je omezen výkon zařízení. [7]

### 4.3 Technologie

Pro IoT vznikla řada možností, přes které lze data posílat. Jedná se o technologie IQRF, LoRa,, LoRaWAN, Sigfox, Z-wave, NarrowBand IoT, WiFi HaLow, Bluetooth smart a ZigBee. Pro přenos dat jsou využívány různé komunikační standardy pro IoT

Vzhledem k tomu, že jsou stále ve vývoji a testovány, je možné, že některé zde zmíněné technologie přestanou být využívány a objeví se nové.

#### 4.3.1 Komunikační standardy

Komunikačních standardů je dnes celá řada. Liší se v zabezpečení přenosů, způsobu komunikace a ve velikosti a počtu přenesených dat. V IoT jsou nejznámější z nich HTTP (Hypertext Transfer Protocol), CoAP (Constrained Application Protocol) a MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). [8]

##### 4.3.1.1 HTTP

Protokol http slouží k přenosu hypertextových dokumentů. Je efektivní a umožňuje souběžnou výměnu dat. Pro společnou komunikaci mezi dvěma zařízeními potřebuje serverovou aplikaci, nicméně se nesnadně zavádí. Proto vznikla architektura CoAP. [4] [8]

##### 4.3.1.2 CoAP

Vznikl za cílem zefektivnit protokol http pro použití v automatizaci budov a strojů a zároveň s využitím menší spotřeby energie. Nejedná se o pouhou komprimaci dat z http, ale optimalizuje a přeměňuje rozhraní http na použitelnější protokol. Umožňuje funkci M2M (machine to machine), vícesměrové vysílání a asynchronní posílání dat. Používá protokol UDP místo TCP, ale zprávy se označují. Označením předáme informaci o tom, jestli potvrzovat nebo nepotvrzovat příjem zprávy po doručení. [8]

##### 4.3.1.3 MQTT

Technologie MQTT (MQ Telemetry Transport) byla vytvořena doktorem Andy Stanford-Clarkem z IBM a Arlen Nipper z Arcom (nyní Eurotech) v roce 1999. V roce 2013 proběhla standardizace OASIS (The Organization for the Advancement of Structured Information Standards).

Tento protokol se lehce zavádí a slouží ke komunikaci mezi koncovými zařízeními přes brokera, což je řídicí prvek uprostřed architektury. MQTT používá protokol TCP

s návrhovým vzorem publisher – subscriber. Broker se stará o ukládání a výměnu zpráv. Ty se řadí do témat, která zařízení posílá. Následně jsou data z brokeru zasílány dalším zařízením. Ty jsou přihlášeny k odběru jednoho nebo více témat. Možná je i situace, kdy zařízení v některých tématech publikuje a v jiných tématech data odebírá. Ohledně potvrzování používá MQTT tři úrovně. V úrovni 0 se zpráva nepotvrzuje brokerem a následně ani odběratelem. V úrovni 1 se zpráva potvrzuje. Broker po odeslání odběrateli čeká na odpověď. Poté, co ji přijme, smaže zprávu a pošle potvrzení zařízení, které zprávu publikovalo. V úrovni 2 je vše stejné, jak v úrovni 1, pouze s výjimkou, že na smazání zprávy čeká broker na odpověď od publikujícího zařízení a po mazání znovu pošle potvrzení publikujícímu zařízení. [8] [9] [10]

#### 4.3.2 Protokoly a technologie

##### 4.3.2.1 *NarrowBand IoT*

###### *Historie:*

NB-IoT se stal standardem 3GPP (dohoda o spolupráci telekomunikací s cílem vyvinout 3G síť) ve verzi 13 v roce 2016. Označuje se také jako LTE Cat-NB. [11]

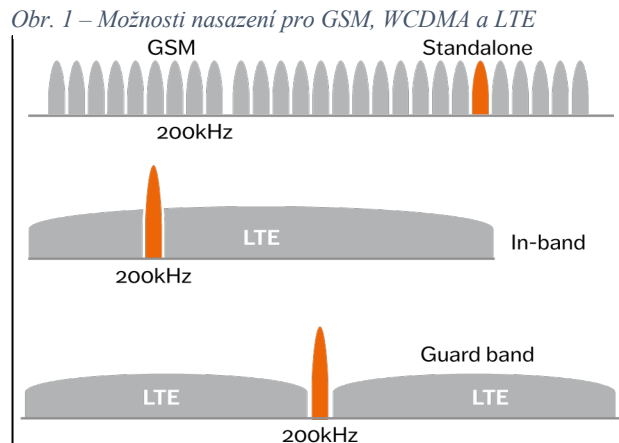
###### *Zaměření technologie:*

Technologie má dobrý signál uvnitř budov, a proto velkou propustnost signálu. Umí komunikovat oboustranně, má levná koncová zařízení s nízkou spotřebou energie. Velká výhoda technologie je ta, že umí pracovat v pásmech GSM a LTE. To vede nejen ke 100 % pokrytí venkovním signálem bez velkých investic, ale hlavně umožňuje tyto pásma, která stála nemalé investice, využít v době, kdy přijde pátá generace bezdrátových systémů a zůstaly by tak nevyužity. [12] [13] [14]

„K dosažení co nejlepšího využití spektra byl NB-IoT navržen s řadou možností nasazení pro GSM, WCDMA nebo LTE:

- standalone – výměna GSM nosiče s NB-IoT nosičem (využití hlavně v oblastech se souběžným pokrytím GSM a WCDMA/LTE)
- in-band – skrze flexibilní využití části LTE nosiče

- guard-band (ochranné pásmo) – at' už v síti WCDMA nebo LTE“ [12]



*Parametry:*

NB-IoT dosahuje ve verzi dva, tedy LTE Cat NB2, rychlosti pro odesílání zpráv z koncového zařízení  $140 \text{ kb. s}^{-1}$  a stahování  $125 \text{ kb. s}^{-1}$ . Velikost přenášeného bloku je až 2,5 kb. Používá licencované pásmo v rozmezí 7 MHz až 900 MHz. Šířka pásma je 200 KHz. [12] [14] [15]

#### 4.3.2.2 Sigfox

*Historie:*

Jedná se o technologii francouzské společnosti, kterou založili v roce 2010 Le Noan a Christophe Fourtet s vizí vytvořit síť pro IoT. Nyní je Sigfox v 70 zemích. [16] [17]

*Zaměření technologie:*

Technologie umožňuje obousměrnou komunikaci na velkou vzdálenost. Bohužel je zde omezený vysílací čas za den. Společnost Sixfox má snahu rozšířit svou síť s pomocí tradičních mobilních operátorů. Technologie má integrovaný Cloudový systém, který je dostatečně bezpečný. Koncová zařízení posílají zprávy na tento Cloud, kde jsou uloženy a mohou být přeposlány uživateli nebo si je uživatel z Cloudu vyzvedává. Při posílání zpráv ke koncovému zařízení uživatel nahrává zprávu na Cloud a ten ji odešle. Každé zařízení má své identifikační číslo. Zprávy jsou zašifrované hashem a je k nim přidán veřejný klíč. Proti rušení se technologie brání tím, že odesílá zprávy do tří různých frekvencí. Uživatel může pomocí rozhraní pro zprávu nastavovat zakoupené tarify, vidí log s vysíláním a také kdy bylo zařízení naposled aktivní. Lze spravovat i všechny zařízení naráz. Výhodou technologie je jednoduché zavádění pro nové uživatele.

#### *Parametr:*

Sigfox vysílá krátké pulzy dat s velikostí do 96 bitů rychlostí 100 b. s<sup>-1</sup>, s maximálním vysílacím výkonem 25 mW a modulací 200 kHz. Zařízení může vysílat 144 zpráv za den. Zpětný kanál může do zařízení poslat maximálně 4 zprávy po 64 bitech denně. BTS, tedy základnová převodní stanice, je schopna maximálně 9 000 000 zpráv za den. Technologie využívá bezlicenční pásma frekvence 868 MHz. Zpráva zabírá šířku pásma 100 Hz. Dosah signálu je v terénu až 50 km, ve městě zhruba 3 km. Spotřeba je mezi 5 mA až 45 mA. Baterie má životnost 5–15 let. [8] [17] [18]

#### *4.3.2.3 LoRa a LoRaWan*

##### *Historie:*

V roce 2008 francouzská společnost Cycleo SAS vydala první patent LoRa. V roce 2012 společnost zakoupila firma Semtech, která se zabývá výrobou signálových polovodičů. Druhý patent byl vydán společností Semtech v roce 2013 s názvem „Low power Long rangetransmitter“. V roce 2015 byla vytvořena LoRa Alliance s třemi spolupracujícími společnostmi a to Actility, Semtech a IBM Research. V roce 2018 se k alianci připojil Google jako sponzor. [19]

##### *Zaměření technologie:*

Technologie LoRa (Long Range) umožňuje obousměrnou komunikaci na velkou vzdálenost. LoRa používá modulaci Chirp Spread Spectrum, která je variantou modulace Spread Spectrum Modulation. Tato modulace umožňuje lineárně měnit frekvenci od spodní k horní hranici pásma a obráceně. Přerušováním signálu je pak modulována přenášená zpráva. Technologie se skládá z LoRa modulace a LoRaWAN protokolu, který specifikuje LoRa Alliance. Při použití protokolu LoRaWan je každé zařízení certifikované, má svůj jedinečný identifikátor a dva nezávislé klíče pro kódování zpráv a zaručuje tedy bezpečnou komunikaci. Síťový klíč (NwkSkey) slouží k eliminaci připojení od falešných zařízení. Aplikační klíč (AppSkey) šifruje odesílané informace, které obsahují sekvenční číslo, provozní informace, popřípadě příkazy pro přenastavení zařízení. LoRaWan se snaží maximalizovat životnost baterií, optimalizovat množství a rychlost přenášených dat. Proto rozděluje zařízení do tříd. V třídě A jsou zařízení, které komunikují obousměrně. V třídě B je v zařízení nastaven pravidelný čas, kdy zařízení přijímá zprávy. Aby byl čas v zařízení a v přijímacím modulu stejný, je každých 128 sekund vysílán synchronizační impuls.

#### *Parametry:*

Velikost zprávy je 256 bytů s rychlostí mezi 250 b. s<sup>-1</sup> a 50 kb. s<sup>-1</sup>. Není omezen počet zpráv za den. Používá frekvenční pásmo 868 MHz, kde využívá osm kanálů pro odesílání zpráv od koncového zařízení a jeden kanál pro posílání zpráv ze sítě k zařízení. Přenosové pásmo od zařízení je o šířce mezi 125kHz až 250 kHz, k zařízení je přenosové pásmo jen 125 kHz. Dosah je ve volném prostoru až 40 km a ve městě je dosah 2 až 5 km. Výdrž baterií je 5 až 15 let podle četnosti zpráv. [8] [20] [21]

#### *4.3.2.4 Wi-Fi HaLow*

##### *Historie:*

Technologie Wi-Fi HaLow byla rozšířením standardu IEEE 802.11 a její odborné jméno je IEEE 802.11ah. Oficiální představení bylo v roce 2016.

##### *Zaměření technologie:*

Oproti obvyklým standardům Wi-Fi se technologie Wi-Fi HaLow nezaměřuje na přenesení vysokého počtu objemných dat v krátkém čase, ale na propojení mnoha zařízení na velkou vzdálenost s malou spotřebou energie. Pro standard Wi-Fi se jedná spíše o rozšíření služeb. Jedná se o silnou konkurenci pro technologii Bluetooth, protože má spoustu identických vlastností a výhodu v dosahu signálu.

##### *Parametry:*

Propustnost Wi-Fi HaLow by se měla pohybovat mezi 100 kb. s<sup>-1</sup> a 40 Mb. s<sup>-1</sup>. Na jednom kanále je však rychlost do 150 kb. s<sup>-1</sup>. Dosah ve volném prostoru může dosahovat až do vzdálenosti 1 km. Využívá nelicencované pásmo v oblasti 863 MHz až 868 MHz a šířky pásma 4 MHz, 8 MHz a 16 MHz. Velikost paketu může být různá a je možné zvolit velikosti 16 b, 64 b, 256 b, 1024 b. Bohužel se v závislosti na velikosti paketu a rychlosti spojení mění i úspěšnost přenosu. [22] [23] [24]

#### *4.3.2.5 IQRF*

##### *Historie:*

Technologie IQRF byla vyvinuta českou firmou MICRORISC s.r.o., která vznikla už v roce 1991. Firma se zaměřuje na výzkum, vývoj a dodávky technologií i komponentů výrobcům elektroniky. Řadí se počtem českých, evropských a US patentů k nejúspěšnějším v oboru.

V roce 2004 byl představen první bezdrátový transceiver modul IQRF na konferenci ve Španělsku. V roce 2010 získala komunikační platforma IQRF na mezinárodní výstavě Amper 2010 v Praze ocenění Zlatý Amper za nejprínosnější exponát veletrhu. V roce 2013 spustila firma mezinárodní projekt IQRF Alliance. Jde o sdružení vývojářů, výrobců, systémových integrátorů, univerzit, vývojových center a business profesionálů využívající bezdrátovou technologii IQRF. V roce 2015 zahájili program IQRF Smart School na podporu výuky, vzdělání a praktického uplatnění studentů. Současně vyhlásili mezinárodní soutěž o nejlepší bezdrátovou aplikaci IQRF Wireless Challenge II. V roce 2017 byla vytvořena odštěpná firma IQRF Tech s.r.o. [25]

#### *Zaměření technologie:*

Technologie IQRF má nízkou přenosovou rychlost a přenáší malý objem dat. Dosah komunikace je v řádu desítek a stovek metrů, ve zvláštních případech se může dosah blížit i několika kilometrům. Podporuje komunikaci topologie Mesh a Peer to peer.

Použití technologie je především v sítích IoT, zejména pro telemetrii, průmyslové řízení a automatizaci budov a měst. Technologii IQRF je možné použít s libovolným elektrickým zařízením, které umožňuje bezdrátový přenos. Pořízení technologie je bez dalších licenčních poplatků. Dodává se v kompletním balíčku se softwarem, hardwarem a podporou. [8] [26] [27]

#### *Parametry:*

Jeden paket může být velký až 64 bitů a rychlost přenosu je  $20 \text{ kb}\cdot\text{s}^{-1}$ . V topologii Mesh je latence, tedy doba mezi akcí a reakcí, i několik sekund. Výhodou je velmi malá energická spotřeba do  $15\mu\text{A}$ . Vysílá v bezlicenčním pásmu 868 MHz, popřípadě 433 MHz.

V topologii sítě je hlavní transceiver, nazývá se koordinátor, a ten komunikuje s dalšími transceivery v síti, nazývané jako node. Nodů můžeme použít 239 kusů při použití protokolu DPA, který je výhodný pro provozovatele, zejména kvůli zprávě, vyhodnocování chyb a menšímu počtu nodů bez konektivity při poruše. Ve větších sítích se volí radši větší počet menších sítí než složitější protokol. [26] [27]

#### *4.3.2.6 Z-Wave*

##### *Historie:*

Protokol Z-Wave byl vyvinut už v roce 1999 dánskou společností Zensys. Jde o technologii pro automatizaci domácností, přesněji pro rádiovou komunikaci automatizačních systémů.

V roce 2018 patří Z-Wave společnosti Silicon Labs, která se zabývá polovodiči, IoT a automatizací. [28]

#### *Zaměření technologie:*

Zaměření technologie je především automatizace domácností od ovládání garážových vrat, oken a stínění až po ovládání bazénové techniky, či domácího kina. Technologie má malý dosah signálu, řádově v desítkách metrů. Je spolehlivá a bezpečná. Má jednoduchou instalaci, která je ovladatelná lokálně nebo přes internetovou síť. Má nízkou elektrickou spotřebu, rozsáhlou nabídku zařízení a malé pořizovací náklady. Základem je pouze řídicí jednotka, ke které si uživatel koupí zařízení, či čidla dle jeho potřeb. Pro identifikovatelnost zařízení dostanou zařízení od řídicí jednotky domácí identifikační číslo Home ID. Výhodou je i možnost jednoduchého rozšíření.

#### *Parametry:*

Z-Wave posílá zprávy o maximální velikosti 64 bitů rychlostí až  $100 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$ , standardně však pouze  $9,6 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$ . Využívá bezlicenční pásmo 868 MHz. Dosah je 100 m na volném prostranství, uvnitř budovy 50 m. Nepodléhá standardu IEEE 802. [29] [30] [31] [32]

#### *4.3.2.7 ZigBee*

##### *Historie:*

Technologie ZigBee byla vyvinuta už v roce 1998, ale byla přijata až koncem roku 2004. V roce 2002 byla vytvořena Aliance ZigBee, která spolupracuje na vytváření otevřených standardů pro produkty [33] [34]

##### *Zaměření technologie:*

ZigBee je normalizován skupinou IEEE, přesněji standardem IEEE 802.15.4 a v současné době na jeho vývoji pracuje 60 firem. Jedná se o spolehlivou komunikační technologii na krátkou vzdálenost, s malou spotřebou energie a možností rozsáhlých sítí, po kterých se posílají data malého objemu. Zařízení různých značek spolu mohou komunikovat, to vede k tomu, že je velký výběr zařízení za nízké ceny. Instalace je snadná. ZigBee lze ovládat lokálně i přes internetovou síť. Je potřeba pouze řídicí jednotka a potřebná čidla, které lze pořídit i později a snadno připojit k již existujícímu řešení. Technologie umožňuje dvě verze uzlu, podřízené zařízení a plně funkční zařízení. Plně funkční zařízení lze používat stejně jako hlavní zařízení, a tedy ovládat podřízená zařízení. Navíc mohou pracovat v síti Mesh a v ní může plně funkční zařízení směřovat pakety. ZigBee umí pracovat ve třech režimech,



kterými jsou periodicky se opakující činnosti, nepravidelné přenosy a opakující se přenosy s latencí. Tuto technologii lze využít především v oblasti automatizace budov, automatizace průmyslu a ve zdravotnictví.

#### *Parametry:*

Jeho rychlost je závislá na vysílací frekvenci. Je tedy možné vysílat rychlostí 20, 40, 100, a 250 kb. s<sup>-1</sup>. Velikost zprávy je 82 bytů. ZigBee pracuje v bezlicenčním pásmu 868 MHz a 2,4 GHz. Signál dosahuje vzdálenosti 75 m. [4] [35] [36] [37]

#### *4.3.2.8 Bluetooth Smart*

##### *Historie:*

Bluetooth Smart byl uveden firmou Nokia v roce 2006 pod názvem Wibree. V roce 2010 byl sloučen s hlavním standardem Bluetooth ve verzi 4.0. Dnes je tedy spravován společností Bluetooth Special Interest Group a kromě názvu Bluetooth Smart může být označován jménem Bluetooth Low Energy (BLE) Společnost Nordic Semiconductor integrovala technologie, které ještě snížily spotřebu energie. [8] [38]

##### *Zaměření technologie:*

Bluetooth Smart je s dalšími dvěma režimy součástí 4.0. BLE je oproti zbylým dvou režimům výrazně energeticky úspornější, naopak je horší ve stabilitě dosahu a přenáší výrazně menší data. BLE běží ve dvou režimech. V centrálním režimu se přijímají informace a zpracovávají se. To vede k vyšší spotřebě energie. V periferním režimu jsou pouze vysílány zprávy do okolí. BLE využívá ještě různé profily pro komunikaci (např. profily pro zdravotnictví, sport a fitness, internetovou konektivitu, senzory, human interface devices, notifikace, čas, snímání blízkosti a stav baterie).

##### *Parametry:*

Velikost zprávy, kterou můžeme přes BLE poslat, je 257 bitů a přenosová rychlost je kolem 2.6 kb. s<sup>-1</sup>. BLE pracuje v pásmu 2.4 GHz. Oproti klasickému Bluetooth s rozdělením pásma do 79 kanálů po 1 MHz je u BLE pásmo rozděleno na 40 kanálů s šířkou 2 MHz. Kanály se ještě dělí na prvních 37, které jsou určeny pro komunikaci mezi zařízeními a 3 kanály, které jsou určeny pro technické zprávy. Dosah je 10 m. [38] [8] [32] [39]

Tab. 1 – Souhrn parametrů

Název technologie	Pokrytí	Velikost zprávy	Rychlost přenosu	Výdrž baterie
<b>NB-IoT</b>	–	250 b	140 kb. s <sup>-1</sup>	–
<b>Sigfox</b>	50 km (v zástavě 3 km)	96 b (max. 144 za den)	100 b. s <sup>-1</sup>	5 – 45 mA, 5 – 15 let
<b>LoRa</b>	40 km	256 b	250 b. s <sup>-1</sup> až 50 kb. s <sup>-1</sup>	5 – 15 let
<b>Wifi HaLow</b>	1 km	16 b, 64 b, 256 b, 1024 b	50 kb. s <sup>-1</sup>	–
<b>IQRF</b>	500 m	64 b	20 kb. s <sup>-1</sup>	15 uA
<b>Z wave</b>	100 m (50 m v budově)	64 b	9,6 kb. s <sup>-1</sup> (max. 100 kb. s <sup>-1</sup> )	–
<b>Zigbee</b>	75 m	82 b	20 kb. s <sup>-1</sup> až 200 kb. s <sup>-1</sup>	–
<b>BLE</b>	10 m	257 b	2,6 kb. s <sup>-1</sup>	–

#### 4.4 Hardware pro IoT

Hardware pro IoT lze vytvořit za pomoci vlastních obvodů, programovatelných stavebnic, hotových zařízení nebo si lze zaplatit instalaci celého řešení na míru.

##### 4.4.1 Programovatelné stavebnice

Základním kamenem programovatelných stavebnic je procesorová deska. Existuje jich na trhu celá řada. Mezi nejznámější patří Raspberry Pi nebo Arduino. Na procesorové desce pak najdeme GPIO piny, na nichž se nastavuje logická 0 nebo 1. Používají se například pro připojení rozšiřovacích desek, senzorů, tlačítek nebo LED diod. Dále jsou procesorové desky vybaveny sběrnici a analogovými obvody, které převedou různé vstupní hodnoty napětí

přicházejících ze senzoru na digitální sběrnici. Dále je zde ještě UART (Univerzální asynchronní přijímač a vysílač), SPI (Serial Peripheral Interface), I2C (Inter-Integrated Circuit). Kromě Arduino a Raspberry Pi jsou na trhu i jiné produkty, například M5StickC, Siemens, Wemos atd. [8] [40]

#### 4.4.1.1 *Raspberry Pi*

Jedná se o počítače velikosti platební karty. Byly vyvinuty pro výuku programování a základních principů informatiky. Jedná se o základní desku s integrovaným procesorem, pamětí RAM a konektory USB, HDMI nebo LAN. Nejčastěji se pro ukládání dat používá paměťová karta. [40]

#### 4.4.1.2 *Arduino*

Jedná se o návrhářskou desku s mikroprocesorem ATmega, vytvořenou v Itálii. To znamená, že na něm není možné spouštět operační systém. Je možné, že v budoucnu bude vyvinuta verze, kde operační systém bude moct fungovat. Bohužel se stále nebude jednat o plnohodnotný počítač, jako je to u Raspberry Pi. Za vznikem tohoto hardwaru byla snaha dát možnost studentům vytvářet různé elektronické zařízení za poměrně nízkou cenu. Na internetu lze nalézt i spoustu levnějších klonů. Arduino to dovoluje, protože technologie je Open-Source, přesto je možné, že na neoriginální verze nebudou pasovat všechny doplňky. Základní desky Arduina lze rozšířit o tzv. shieldy, a tak rozšířit vlastnosti desky. Nyní si lze na oficiálním e-shopu Arduina vybrat moduly a desky z 30 různých druhů. [41] [42]

#### 4.4.2 *Vstupní periferie*

Vstupních periférií je opravdu velké množství. Nejčastěji se jedná o různé senzory nebo měřiče (např. senzory teploty, vlhkosti, tlaku, plynu, kvality ovzduší, kamery a optické senzory, PH senzory, zvukové senzory, váhové senzory, měřiče vzdálenosti, indukční čidla, gyroskopy a akcelerometry, senzory pro detekci pohybu, požární senzory atd.). Na trhu existují sady senzorů a měřidel. Vstupní periferie lze připojit k procesorovým deskám nebo k různým obvodům.

#### 4.4.3 *Hotová zařízení*

Hotových zařízení lze koupit celá řada (např. žárovky, termostaty, kamery, teploměry, nebo detektory ovzduší). Tyto zařízení lze ovládat chytrým zařízením nebo je lze připojit na hlasového asistenta.

## 5 Analýza aplikačních možností jednotlivých technologií

### 5.1 IoT ve městech

#### 5.1.1 Chytrá domácnost

O chytrých domech se mluví už od druhé poloviny 20. století. Jde o koncept, kdy pomocí automatizace řízení ovládáme různé části domu na základě predikování potřeb a komfortu obyvatel. Koncept toho, co si lidé pod chytrým domem představují, se měnil v závislosti na vývoji a užívání nových technologií. Dnes se ke klasickému konceptu chytrého domu, který obsahuje komunikační systémy, zabezpečovací systémy, systémy pro zábavu, či komfort, připojilo i monitorování zdravotního stavu obyvatel. Prvky v chytré domácnosti jsou propojeny elektroinstalací nebo radiokomunikací a lze je ovládat lokálně přes internet (např. z mobilu nebo jsou ovládány autonomně). Mezi lokální ovládání lze zařadit ovládání hlasem, zabudovanými klávesnicemi, ovladači nebo počítačovými zařízeními v lokální síti. Autonomní systém ovládá zařízení na základě informací o různých veličinách jako například čas, teplota, úroveň osvětlení a dalších. Algoritmus sám spustí nějaký proces, například rozsvítí světlo, když je zaznamenán pohyb. Díky této automatizaci je možné připravit ideální podmínky, třeba pro spánek. Můžeme také docílit úspor energie díky eliminaci zbytečného provozu zařízení, jako například efektivní větrání a topení podle vlhkosti, teploty a obsahu CO<sub>2</sub> ve vzduchu nebo eliminace zbytečného svícení v prostorách, kde neprobíhá žádný provoz. [8] [13]

#### 5.1.2 Chytrá Budova

Kromě rodinných domů nebo jiných bytových prostorů lze technologie využít i ve velkých budovách, kde se možnosti využití IoT rozšiřují. Už dnes se využívají kamerové systémy, které umí rozpoznávat objekty. Na základě toho můžeme optimalizovat prostory, aby se zde lidé nebo různé dopravní prostředky pohybovali, co možná nejvíce plynule. Dokonce podle výšky osob systém pozná konkrétní osoby. Popřípadě lze označit prostor, který nechceme narušit. Výhodou je možnost označení prostoru fyzickými předměty a následně tyto body zaaretovat v aplikaci. V chytrých budovách lze přesně sledovat pohyb uživatelů a pomocí jejich mobilního telefonu jsou schopni zjistit svou polohu, popřípadě je lze navést do jejich cíle (např. za konkrétními lidmi, do určité kanceláře, obchodu, na parkoviště nebo záchod). Dále lze vytvářet analýzy obsazenosti prostorů, rezervovat neobsazené zasedací místnosti

nebo parkovací místa a upozorňovat pracovníky na nebezpečí nebo mimořádné události. [13]  
[43]

#### 5.1.3 Chytré rozvodové sítě

Vzhledem k velkému využívání energií dnešní společností je nutné co nejlépe optimalizovat inženýrské sítě. Základem k optimalizacím a rozšíření infrastruktury jsou data. Díky dnešním IoT zařízením můžou být dálkově odečítány hodnoty z vodoměrů, plynoměrů, elektroměrů a jiných senzorů. Lze i dálkově vypínat či zapínat účty spotřebitelů, zjišťovat nelegální odběry, zjišťovat poruchy v síti nebo zásahy do měřících zařízení. Pro spotřebitele je výhodou také možnost sledování aktuální spotřeby. [13]

#### 5.1.4 Chytrý svoz odpadu

IoT technologie umožňují získávat informace o zaplněnosti kontejnerů. To opět vede k optimalizaci svozových služeb. Popelářským autům lze generovat trasu, na které je nutný vývoz kontejnerů, a naopak je nevede k těm, které jsou poloprázdné. Popřípadě lze na základě informací rozšířit nebo zvětšit nádoby na odpad. Výhodu naleznou i běžní občané, kteří pomocí aplikace zjistí, který kontejner není zcela naplněný, aby odpady neodkládaly vedle odpadových nádob. [13]

#### 5.1.5 Parkování

Ve městech je stále větší množství aut a s tím je spojena i potřeba někde zaparkovat. Statistiky udávají, že 40 % řidičů v centrech měst hledají místo na zaparkování. Chytrá města pomocí IoT sníží nejen zatížení komunikací, ale také emise a hluk. Dnes již existuje technologie, která monitoruje stav parkovacích míst a informuje tak řidiče skrze chytré mobilní telefony. Tento projekt funguje již v Berlíně. Není to však první použití technologie pro monitorování parkovacích míst. V londýnském Westminsteru jsou čidla nainstalovaná přímo do vozovky a poznají tak, jestli se nad nimi nachází objekt. To se však ukázalo jako nešťastné řešení kvůli snadnému poškození čidla nečistotami. Problém nastává také v případě, pokud na čidlo napadlo nadměrné množství sněhu a další nevýhodou je, že tato metoda nepodává informace o rozměrech aut. Následovaly tak detektory stále instalované do vozovky, které zaznamenávaly objekt pomocí infračerveného záření a v případě zakrytí nečistotami či sněhem, je detekce zajištěna elektromagnetickou indukcí. Momentálně je však nejvhodnější volbou využití radarových senzorů rozmístěných po ulicích. Radarové senzory

řeší anonymitu občanů kvůli nízkému rozlišení, nemá problém s mlhou, deštěm, zimním počasím nebo nepříznivými světelnými podmínkami. Navíc je tato detekce úspornější než senzory pod povrchem. Radarové senzory nemusí mít přímou viditelnost a lze je uschovat do plastového obalu. Navíc tento systém spolupracuje s navigací. Při obsazení místa navigace přepočítá trasu a naviguje na jiné parkovací místo. Pokud není ani jedno volné místo v okruhu, kam má řidič plánováno dojet, navigace ho navede na nejbližší a nejvhodnější volné místo spolu s informacemi o spojích městské hromadné dopravy. Rozsah vysílače je 30 m x 9 m. To odpovídá přibližně pěti až sedmi autům zaparkovaných podélně. Systém by v budoucnu pomocí umělé inteligence mohl vyhodnocovat, v jakém časovém období a v jakém místě jsou parkovací místa využívány nejvíce a na základě toho by mohlo město stanovovat různé ceny podle času a oblastí, nebo rozšiřovat parkovací místa. [44]

## 5.2 IoT v průmyslu

IoT v průmyslu je zdrojem velkého množství cenných informací za minimální náklady. Lze tak vytvářet podrobné informace o všech krocích v procesu výroby k jednotlivým výrobkům. Velkou výhodou je efektivní eliminace zmetků. Například lze měřit rozměry pomocí laserů. To eliminuje nejen nutnost výrobek měřit ručně, ale také nutnost zastavovat výrobu. Navíc se kontroluje každý výrobek, oproti běžné kontrole, kde je kontrolován náhodný kus po určitém intervalu. Kromě výrobků, může firma monitorovat stroje a na základě teplot, prostojů stroje, nárůstu spotřeby energie a dalších informací, předcházet poruchám nebo se na poruchy připravit koupí náhradních součástí a tím předejít velkým ztrátám ze zastavení provozu stroje. Navíc lze automatizovat starší stroje, popřípadě synchronizovat stroje od různých výrobců. IoT stanoví takt strojů, aby byl stejný a procesy na sebe navazovaly. Umožňuje i zastavení strojů, pokud dojde k poruše někde na lince. K tomuto zastavení by došlo z důvodu, že by polotovary na lince nemohly do dalšího porouchaného stroje nebo se do stroje polotovary nedostávaly z důvodu porouchaného stroje před ním. Firma může také monitorovat polohu jednotlivých výrobků nebo materiálu. [45]

## 5.3 IoT v zemědělství

V zemědělských podnicích jsou důležité tržby za produkty, které jsou prodány. Ceny produktů musí být optimální, aby si je zákazníci koupili, proto je nutné snížit náklady a zvýšit kvalitu a kvantitu zboží pro dosažení udržitelnosti podniku. V zemědělství nám IoT

pomůže sledovat stav rostlinné i živočišné produkce. V rostlinné produkci lze použít například senzor, který zemědělci vzdáleně předá informaci o tom, jaká je teplota a vlhkost ovzduší, objem srážek a půdní vlhkost. Tyto informace se analyzují a zemědělec může provést opatření nebo se můžou opatření spouštět autonomně (např. spuštěním umělého zavlažování). Zemědělci kromě samotného pěstování řeší i problémy s uskladněním, kde vzniká prostor pro degradaci kvality. Sensory ve skladech zaznamenávají průběžné změny teplot a vlhkostí v různých úrovních uskladněných plodin. Další technologií, kterou zemědělci začínají využívat, jsou družicové snímky. Z nich lze vyčíst aktuální stav plodin, díky čemuž zjistí, kde a kdy je potřebné začít hnojit, ošetřovat, zasévat nové plodiny. Dále je možné ze snímků vyčíst obsah dusíku v půdě, začínající vysychání půdy či místa, kde je půda plodnější. V kombinaci s IoT je zemědělec schopen zefektivnit svou produkci, a tedy i tržby. [46]

#### 5.4 Zdravotnictví

Pro lidskou společnost je zdraví velmi důležité. IoT v tomto oboru přináší možnosti pro zkvalitnění péče o lidské životy. Dnes existuje už celá řada IoT řešení pro monitorování fyziologických funkcí, ze kterých lékař snadněji určí anamnézu. Bohužel ještě neexistuje standard pro tyto přístroje a to vede k nekompatibilitě mezi jednotlivými zařízeními. S jednotným standardem by algoritmy mohly vyhodnocovat stav pacienta a upozorňovat na jeho konkrétní zdravotní potíže. Přesto dnešní technologie mohou zachránit životy (např. vyhodnotit pád osoby a zaslat zprávu s polohou záchranné službě. Dále umíme monitorovat EKG, tělesnou teplotu, hladinu glukózy v krvi, krevní tlak a kvalitu spánku). Další technologie jsou ve vývoji, především ve Spojených státech amerických (např. chytré postele, které monitorují pohyby pacienta a pokud si chce pacient sednout, zvednout se nebo změnit polohu, postel mu napomůže). Ve zdravotnictví lze IoT využít i při skladování zásob, abychom měli přehled o množství produktů a jejich datech expirace. Další využití nalezneme ve zdravém životním stylu, kde zařízení měří denní aktivity. Systémy samy vyhodnotí, zda osoba stojí, sedí, sportuje nebo postává. Kromě výhod tyto technologie přináší i problémy, které se týkají zabezpečení citlivých dat pacientů. [8]

## 6 Odhad finanční náročnosti

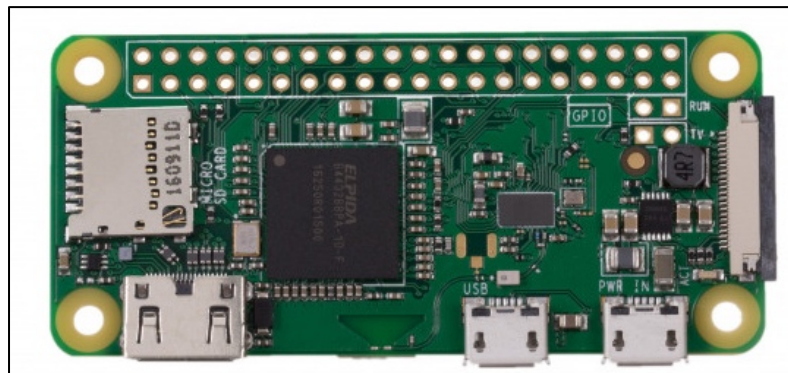
### 6.1 Ceny zařízení

Na internetu se prodávají různé kolekce senzorů a desek, které slouží k vlastnímu vytvoření zařízení pro IoT. Dalšími možnostmi je koupě již hotového zařízení pro následnou vlastní instalaci nebo je možné využít služeb různých firem, které jsou schopny dodat kompletní řešení. Poslední možnost je rozhodně nejvhodnější pro střední a velké projekty. Tato bakalářská práce je zaměřena spíše na první dvě možnosti, které jsou vhodné pro domácnosti nebo pro osoby, které si chtějí vyzkoušet možnosti, které IoT přináší.

### 6.2 Programovatelné stavebnice

#### 6.2.1 Raspberry Pi

Obr. 2 – Raspberry Pi Zero W



#### Raspberry Pi 2

Jedná se o druhý model Raspberry Pi s novou architekturou procesoru s taktom 900 MHz a čtyřmi jádry. Je osazen dvěma USB porty druhé generace a ethernetovým adaptérem.

Cena Raspberry Pi 2 Model B: **999, - Kč [40]**

#### Raspberry Pi 3 B+

Raspberry Pi 3 B+ je oproti Raspberry Pi 3 vybaven Wi-Fi modulem, rychlejší sběrnici pro síťovou komunikaci. Má rychlejší procesor a podporuje Power-over-Ethernet. Výkon je jen o 50 % větší než u Raspberry Pi 2 a navíc je zde poprvé použit 64 bitový procesor. Má integrované rozhraní Bluetooth a Wi-Fi. Kompatibilita s předchozími verzemi je částečná.

Cena Raspberry Pi 3 Model A+: **819, - Kč**



Cena Raspberry Pi 3 Model B: **1 059, - Kč**

Cena Raspberry Pi 3 Model B+: **1 149, - Kč [40]**

#### *Raspberry Pi 4*

Jedná se o nejvýkonnější model a první plnohodnotnou náhradu PC. Nalezneme na něm dva micro HDMI konektory a lze tento model koupit s 1 GB, 2 GB, nebo až 4 GB paměti RAM. Komplikací může být přehřívání procesoru, které lze vyřešit pasivním nebo aktivním chlazením. Při použití v IoT může nastat problém s vysokou spotřebou, a z toho důvodu bych tento model nedoporučoval. [47]

Cena Raspberry Pi 4 Model B – 1 GB RAM: **1 139, - Kč**

Cena Raspberry Pi 4 Model B – 2 GB RAM: **1 499, - Kč**

Cena Raspberry Pi 4 Model B – 4 GB RAM: **1 899, - Kč [40]**

#### *Raspberry Pi Zero*

Jedná se o nejmenší model s nejmenší spotřebou a také je to nejlevnější verze Raspberry Pi. Najdeme na ní dvě micro USB, Bluetooth, čtečku karet a ve verzi Zero W je navíc Wi-Fi. U verze Zero WH je k Wi-Fi navíc osazení GPIO nástavce. Jedná se tedy nejspíše o nejvhodnější model pro IoT.

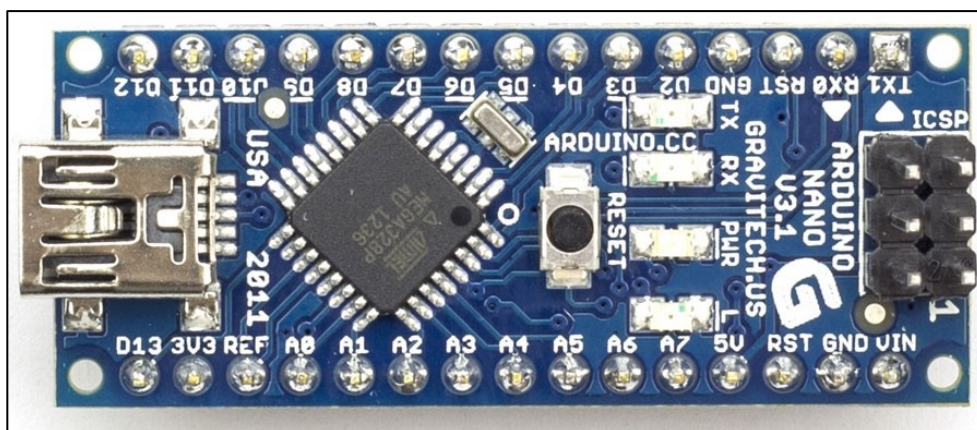
Cena Raspberry Pi Zero: **157, - Kč**

Cena Raspberry Pi Zero W: **313, - Kč**

Cena Raspberry Pi Zero WH: **437, - Kč [48]**

#### 6.2.2 Arduino

*Obr. 3 – Arduino Nano*



### *Arduino UNO Rev 3*

Jedná se o nejrozšířenější model, vhodný pro všechny, kteří chtějí s Arduinem začít. Deska obsahuje USB-B konektor pro připojení k počítači, 14 digitálních a 6 analogových výstupů a vstupů, resetovací tlačítko a konektor pro externí napájení.

Cena Arduino UNO Rev 3: **659, - Kč [40] [41]**

### *Arduino UNO WiFi Rev 2*

Oproti Arduino UNO Rev 3 běží na jiném mikrokontroléru a obsahuje inercionální měřicí jednotku IMU a vlastní kryptovací čip, který se stará o připojení k WiFi síti. Zabudovaná WiFi anténa zajišťuje dosah až do 400 m.

Cena Arduino UNO Rev 3: **1 299, - Kč [40]**

### *Arduino Nano*

Tento model je miniaturizovaná vývojová deska, funkčně shodná s verzí Arduino UNO. Piny jsou na spodní straně přizpůsobeny pro zasunutí do nepojivého kontaktního pole. Dále se na desce nalézá mini USB. Konektor sloužící pro napájení nahradila dvojice pinů a deska obsahuje také 14 digitálních a 8 analogových vstupů a výstupů.

Cena Arduino Nano: **659, - Kč [40]**

### *Arduino Micro*

Tento model je miniaturizovaná vývojová deska vhodná pro zasunutí do nepájivého pole. Obsahuje micro USB, 20 digitálních vstupů a výstupů z nichž 12 lze využít jako analogové.

Cena Arduino Micro: **569, - Kč [40]**

### *Arduino MEGA 2560 Rev 3*

Hlavním rozdílem Arduino MEGA 2560 je počet vstupů a výstupů, z toho digitálních je na desce 54 a 16 analogových. Dále se na desce nachází USB-B a konektor pro externí napájení.

Cena Arduino MEGA 2560 Rev 3: **1 049, - Kč [40]**

## Arduino Yún Rev 2

Na tomto modelu nalezneme výstup pro Ethernet, USB-A, USB-B micro, slot na SD kartu, WiFi komunikátor, GPIO, konektor pro externí napájení. Komunikačním protokolem je SigFox.

Cena Arduino Yún Rev 2: **1 599, - Kč [49]**

### 6.2.3 M5STACK

Jedná se o uživatelsky přívětivé zařízení s mikrokontrolérem v praktických plastových krabičkách. Pro rozšíření desky lze použít řadu modulů.

Obr. 4 – M5StickC ESP32-PICO



### M5StickC ESP32-PICO

Jedná se o miniaturní vývojovou desku, zmenšeninu M5StickC ESP32. Kromě konektivity pomocí Bluetooth a WiFi nabízí zabudovaný LiPo akumulátor 80 mAh, USB-C, konektor Grove, šestiosý akcelerometr a gyroskop, IR vysílač, mikrofon, dvě tlačítka, LCD displej, konektory pro rozšíření. Výhoda je i možnost koupě různých držáků.

Cena M5StickC ESP32-PICO: **769, - Kč [49]**

### M5StickC ESP32 Basic

Na rozdíl od M5StickC ESP32-PICO nemá M5StickC ESP32 Basic vestavěný gyroskop a akcelerometr. Jsou implementovány tři tlačítka. Je obsažen LiPo akumulátor 150 mAh

a navíc konektor na baterii a na první pohled je tato verze větší. Některé piny nejsou vyvedeny z krabičky.

Cena M5StickC ESP32 Basic: **1 150, - Kč [49]**

#### *M5StickC ESP32 GREY*

Tato verze má devítiosý akcelerometr a gyroskop, jinak je téměř totožná s verzí M5StickC ESP32 Basic.

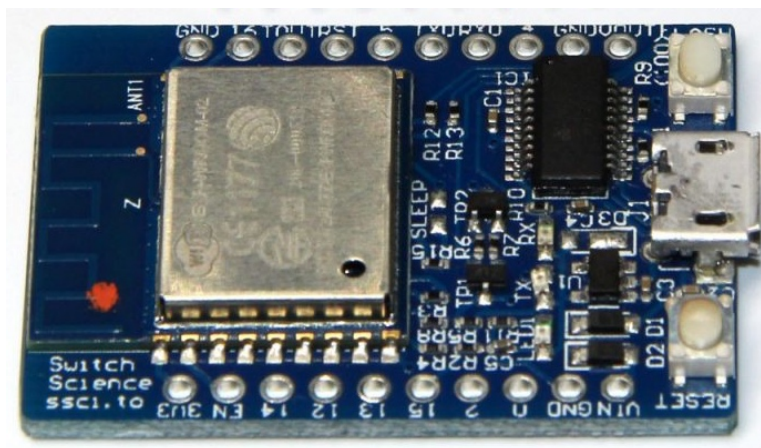
Cena M5StickC ESP32 GREY: **1 450, - Kč [49]**

#### 6.2.4 WEMOS

ESP-WROOM-02 Wemos D1 je vývojová deska pro IoT s WiFi komunikátorem. Umí pracovat v režimu s nízkou spotřebou.

Cena ESP-WROOM-02 Wemos D1: **446, - Kč [49]**

*Obr. 5 – ESP-WROOM-02 Wemos D1*



#### 6.2.5 Siemens

Společnost nabízí počítač pro industriální použití v IoT. Vhodný je tam, kde potřebuje operační systém a zároveň přístup do průmyslové datové sítě.

Cena Siemens IoT2040 Industrial Intelligent Gateway: **5 990, - Kč [49]**

*Přehledný souhrn cen v Tab. 3 v Příloze I.*

Obr. 6 – Siemens IoT2040



### 6.3 Vstupní periferie

Cena vstupních zařízení se pohybuje mezi **10, - Kč** až **2 790, - Kč**. U základních senzorů se cena pohybuje do **200, - Kč**, u dražších nad **1 000, - Kč**. Například na [arduino-shop.cz](http://arduino-shop.cz) se nachází pouze 7 ze 174 periferií s cenou nad **1 000, - Kč**. Možností je zakoupení celého balíčku senzorů. [49]

#### 6.3.1 Balíčky k programovatelným stavebnicím

##### *Speed Studio GrovePi+ Starter Kit for Raspberry Pi*

Tento balíček obsahuje základní snímače a senzory, modul GrovePi+, relé, tlačítka, LED diody, propojovací kabely, LCD displej. Kompatibilita je zaručena s Raspberry Pi 2 a Raspberry Pi 3. Podpora Linuxu a Win 10 IoT Core.

Cena Speed Studio GrovePi+ Starter Kit for Raspberry Pi: **2 699, - Kč** [40]

##### *Arduino Starter kit Senzory*

„Jedná se o soubor 37 senzorů, které jsou připraveny k připojení do mikrokontroléru, např Arduino nebo RaspberryPi.“ [49]

Cena Arduino Starter kit Senzory: **1 339, - Kč** [49]

## 6.4 Hotová zařízení

### *Termostaty*

Termostat je zařízení, které na základě teploty v prostoru reguluje vytápění pro udržení teploty v určité hranici. Pro tuto práci byla vybrána termostatická hlavice Fibaro Radiator Thermostat, kterou lze regulovat ručně nebo pomocí chytrého zařízení. Lze ji ovládat i automatizovaně pomocí systému chytrých prvků společnosti Fibaro. Hlavice sama disponuje teplotním čidlem a na jeho základě umí vyhodnocovat otevřené okno a následně uzavřít ventil. Můžeme jej přidat i do systému Z-Wave.

Cena FIBARO Radiator Thermostat, Z-Wave plus: **1 777, - Kč** [40]

### *Žárovky*

Tyto dva druhy vybraných žárovek společnosti Philips lze ovládat pomocí chytrých zařízení. Model Philips Hue White Ambiance umožňuje měnit intenzitu a tepelnou chromatičnost světla.

Cena Philips Hue White Ambiance 8.5W E27 set 2 ks: **1 199, - Kč**

Cena Philips Hue White Filament 7 W E27 G93: **799, - Kč** [40]

## 6.5 Cloud služby pro IoT

Většina poskytovatelů Cloudových služeb pro IoT nemá na svých webech ceníky nebo jsou pouze orientační. Konečné ceny jsou převážně na dotaz. Přesto se u zveřejněných ceníků pohybovaly ceny v podobných cenových hladinách. Ceníky nabízejí většinou tři cenové balíčky, popřípadě balíček zdarma na měsíc nebo jiné časové období nebo na omezené používání. První balíček byl pojmenován „starter“ nebo „developer“ a jeho cena se pohybovala mezi **600, - Kč** a **1000, - Kč**. Druhý balíček nazývaný „standard“ se pohyboval mezi **2 000, - Kč** a **5 000, - Kč**. Třetí balíček byl u každé společnosti hodně specifický. Někteří dodavatelé nabízejí sazbu podle využití jejich zdrojů. Například Microsoft na své službě Azure nabízí bezplatně své funkce na rok. [50]

## 6.6 Technologie

### 6.6.1 IQRF

Cena modulu TR-77DA: **600, - Kč**

Cena USB gateway GW-USB-06: **1 350, - Kč [51]**

### 6.6.2 NarrowBand

Ceny technologie NarrowBand jsou sděleny operátory až po společné komunikaci. T-mobile zveřejnil ceník pouze pro teploměry. Základní teploměr vnitřní stojí **109, - Kč/ měsíc**, teploměr i pro venkovní prostory nabízejí za **129, - Kč/ měsíc** a teploměr se sondou za **149, - Kč/ měsíčně**. [52]

Cena Dragino NB-IoT Shield-B8: **949, - Kč**

Cena Waveshare SIM7020E NB-IoT HAT pro RP: **549, - Kč [48]**

### 6.6.3 Sigfox

Tab. 2 - Ceník Sigfox

BASIC	PLUS	ULTRA
2 uplinky denně	70 uplinků denně	140 uplinků denně
1 downlink týdně	2 downlinky denně	4 downlinky denně
<b>140, - Kč / zařízení/ rok</b>	<b>215, - Kč / zařízení/ rok</b>	<b>247, - Kč / zařízení/ rok</b>

Cena LPWAN SigFox Node UART Modem + antény + programátoru: **533, - Kč**

Cena IOT LPWAN SigFox Node: **363, - Kč [54]**

### 6.6.4 LoRAWAN

Česká radiokomunikace nabízí několik balíčků. Pro jedno až pět zařízení nabízí testovací přístup zdarma. Pro ceny dalších balíčků je nutná individuální komunikace. Kontakt lze zanechat ve formuláři na webu CRA. [53]

Cena NiceRF LoRa1276 vysílač: **479, - Kč [54]**



## 7 Předpoklad budoucího vývoje v oblasti

### 7.1 Chytrá města

Současná města se potýkají s nejrůznějšími problémy a všechny se točí okolo toho, aby se v nich lidem dobře žilo. Chytré město není na první pohled tak odlišné od současnosti, ale věci, které známe z dnešních měst, jsou na základě informací lépe optimalizované. Optimalizace se týká lepší organizace, ekonomičtěji spravované urbanistické struktury, do kterých nám občas může vnést nové prvky. Koncept staví na technologiích a zařízeních, které jsou funkčně aplikovatelné již dnes. Především se jedná o analýzy a sběr dat, jak zařízením, tak samotnými obyvateli měst skrze jejich mobilní telefony. Analýzy těchto dat poslouží právě pro lepší organizaci městských oblastí.

Důležitým faktorem pro každé město je jeho rozvoj a konkurenceschopnost. Města by se měla zaměřit na přepracování nebo vypracování nových konceptů rozvoje se zapracovanými poznatky z konceptu chytrého města. Kromě zapracování nových znalostí je vhodné, aby v případě změn nebo neočekávaných vlivů, bylo možné koncept upravit. Potřeba je i v zapracování všech moderních inteligentních nástrojů pro řízení a rozvoj urbanistických částí. Například komplexní digitalizace s nadzemní i podzemní infrastrukturou s informacemi o každém objektu. Díky tomu bude možné aplikovat různé simulační modely. [55]

### 7.2 Industrial IoT (průmysl 4.0)

V průmyslu 4.0 se očekává propojení informací z výroby do jednotného ekosystému. Výrobu by mohly ovlivňovat různé faktory, například logistika, energetika, plány, objednávky. Naopak také může výroba ovlivňovat tyto faktory. Můžeme se dočkat toho, že samotný výrobek si bude o sobě nést informaci, jak a s jakými parametry bude dál zpracováván. Pokud patří do nějaké složitější součástky z více komponentů, bude mít tuto informaci a také informaci o tom, s jakými konkrétními komponenty bude složen. To, že má každý výrobek své konkrétní informace o sobě, umožňuje operovat stroje autonomně místo momentálního centralizovaného ovládání. To umožňuje optimalizovat a automatizovat nejen samotnou výrobu, ale také procesy s ní spojené (např. distribuční nebo logistické sítě). K tomu je důležité získat co nejvíce informací, aby bylo možné vybrat nejvhodnější modely systému a predikovat situace, které mohou nastat. Pokud budou výrobky monitorovány po



celou jejich životnosti, je možné predikovat poruchy a s předstihem je zakoupit či nechat opravit. Také by bylo možné upravit jejich vlastnosti, které by vedly k vylepšení produktu.

Důležitá bude taky interakce člověka. Je důležité, aby byla zaručena bezpečnost, ale také maximalizace efektivity výroby. Tato technologie minimalizuje nutnost provádět rutinních operací člověkem, na které jsou roboti výrazně lepší. Nicméně je zatím potřeba, aby člověk dohlížel na nastavení robotů a jejich výslednou práci. V průmyslu se budou více využívat chytré mobilní telefony, tablety a jiné nositelné ovládací prvky. Nejspíše se dočkáme i toho, že bude naprosto běžné propojení virtuální reality se skutečností. [56] [43]

### 7.3 Chytré zemědělství

V zemědělství se některé prvky zemědělství 4.0 zavádí již dnes. Do budoucna se ještě výrazně rozšíří. Momentální představa budoucnosti je o využití autonomních prostředků, sběru informací o ovlivňujících faktorech a automatizovaných procesech. S tím je spojena lepší predikce zemědělců, snížení plýtvání a zvýšení produkce.

Různé metody nám umožní sledovat stav pole, ať už obsah hnojiva, vlhkost, stav plodin, nebo výskyt škůdců. Autonomní stroje (např. drony, mohou lokálně zasáhnout, pokud se v místě vyskytne nějaká potíže) mohou aplikovat postřik, nebo zavlažit konkrétní oblast a tím ušetřit náklady za prostředky, které by se použily na části pole, kde nejsou potřeba. [57]

### 7.4 Telekomunikační standard 5G

Pátá generace bezdrátových systémů, oproti předchozím generacím, umožní větší množství připojených zařízení. Další výhodou budou obrovské přenosové rychlosti a odezva do 1 ms. Pro IoT přináší rozšíření možností díky nízké odezvě a velkému počtu zařízení v síti. Navíc slibuje prodloužení výdrže baterií v zařízeních o 10 let. [58]

## 8 Závěr a doporučení

Bakalářská práce se zabývá aktuální situací na trhu IoT, finanční náročností a propustností technologií. Věnuje se také možnostem využití a případnou budoucností v různých oborech. Práce poukazuje na nedostatky na trhu, které zpomalují rozšiřování Internetu věcí.

Z provedené analýzy vyplývá, že i přesto, jak dlouho se o IoT mluví a jsou k dispozici technologie vhodné k použití, na trhu je stále minimum přístrojů pro domácnost. Tedy těch přístrojů, které by byly uživatelsky přívětivé. Je ale třeba vzít v potaz, jak důležité je v dnešní době zajistit vysokou bezpečnost osobních informací a možná právě proto je nárůst hotových zařízení pozvolný.

Velkou nevýhodou je to, že poskytovatelé technologií nezveřejňují ceníky svých služeb. Může to působit dojmem, že IoT je ještě na začátku. Vzniká tak bariéra pro budoucí uživatele, kteří by o automatizaci svého života stáli, ale nemají představu o nákladech na zřízení. Provedeným zkoumáním bylo zjištěno, že nejlevnější možností pro IoT je Raspberry Pi Zero, nicméně na trhu se vyskytují také další levné verze programovatelných stavebnic typu Arduino, které již nemusí být tak kvalitní. Uživatelsky přívětivější jsou stavebnice M5STACK, ale zde je potřeba počítat s vyššími náklady na pořízení. Pro průmyslové použití je určitě zajímavá možnost od Siemens. Senzory a jiné měřiče lze většinou připojit na všechna tato zařízení. Pokud má uživatel zájem se bezplatně seznámit s IoT, je vhodné využít technologii LoRa, která tuto možnost umožňuje. Celkové náklady pro nového uživatele za využití jednoho zařízení na technologii LoRa s použitím Raspberry Pi Zero a senzoru za cenu 100,- Kč vychází na 736,- Kč. Pro srovnání při použití technologie Sigfox a stejných parametrech je cena zařízení první rok 760,- Kč a každý další rok je účtován poplatek ve výši 140,- Kč.

Bylo zjištěno, že mnoho technologií využívá protokol MQTT, který nebyl navržen přímo pro využití v IoT. Pravděpodobně se v budoucnu dočkáme optimálnějšího protokolu, který bude více vhodný pro toto využití. Navíc chybí IPv4, to neumožňuje zařízením být jednoznačnými, to ztěžuje komunikaci mezi autonomním systémem. IPv6 by řešila problém nejen s množstvím adres, ale i problémy se zabezpečením. Navíc by vylepšila rychlost, směrování i výdrž baterií. Bohužel nástup nové verze IP je také velmi mírný a zřejmě není žádný velký problém, který by se stal hnací silou přecházení na IPv6, kromě nasazení IoT zařízení.

U technologií vychází nejlépe NarrowBand IoT s rychlostí přenosu  $140 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$  a s velikostí zprávy 250 bytů. Sigfox má sice nejlepší pokrytí, ale v ostatních parametrech velice zaostává. Přesto je použitelný pro malé senzory, které sdělují jen stručné informace. NB – IoT, Sigfox, ale i LoRa lze využít na statické, ale také na pohybující se předměty z důvodu pokrytí celé České republiky. Co se týče technologií na krátkou vzdálenost, nejzajímavější technologií je IQRF a to především u zařízení, které posílají stručné zprávy nebo tam, kde je obtížný přístup, ale je zde nutnost využít zařízení IoT. U technologií WiFi Halow a Bluetooth Smart je výhodou, že jsou uživatelsky přívětivé a zpravidla je možné je zakomponovat do předchozích technologií. WiFi Halow je vhodná, jak pro přenos malých zpráv, tak i těch velkých. Přenos je rychlý a až na vzdálenost 1 km. Vzhledem k výhodám je možné, že nahradí Bluetooth. BLE najde využití nejen v IoT, ale také v neaktivním režimu u zařízení, kde je již v dnešní době Bluetooth běžnou součástí a vyčkává, zda ho jiné zařízení bude chtít použít. Technologie 5G je budoucností IoT kvůli svým parametrům, protože dosavadní sítě nejsou schopny zvládat provoz předpokládaného množství zařízení. Výhodou je odezva 1ms, která zajišťuje okamžitou reakci spolupracujících zařízení. Další výhodou je vysoká rychlost přenosu. Páté generace telekomunikačních sítí se snad brzy dočkáme a třeba nastartuje prudké zavádění IoT.

IoT má již dnes celou paletu možností, jak jej využít. Spousta z nich je pouze ve fázi pokusů a jsou prezentovány spíše jako zajímavost, než aby byly inspirací pro další rozšíření. Přesto jsou zejména v průmyslu či zemědělství hojně využívány již dnes a budují se napříč společnostmi. Nejspíše je to tlakem ze strany partnerů, kteří IoT technologie zavedli a chtějí kompatibilitu společných systémů. Dále vzniká tlak z důvodu snahy překonat konkurenci, a je to také dáno tím, že průmysl i zemědělství investují do zvýšení produktivity více než jiná odvětví. To bude vést nejspíše k tomu, že budou v budoucnu výrazně napřed.

Nejspíše bude zavádění IoT pomalé i v jiných oblastech (např. v českých městech a domácnostech, ale i ve zdravotnictví). Ve zdravotnictví by IoT přinesl řadu velkých změn, například snížení počtu praktických lékařů. Toto je však vzdálená budoucnost, kterou by mohlo IoT přinést. V domácnostech bude zavádění poměrně rychlejší, bohužel však není dostatečně velký tlak trhu na výrobce zařízení a poskytovatele, kteří by zajistili IPv6 kvůli jednoznačnosti a bezpečnosti. Doufejme, že v příštích letech s nástupem 5G sítí se situace zlepší a bude kladen větší důraz na využívání IoT zařízení, a tak IoT lidstvu pomůže řešit problémy jak lokální, tak i ty globální.

## 9 Citovaná literatura

1. Postscapes. [Online] 11. 12 2019. [Citace: 3. 30 2020.] <https://www.postscapes.com/iot-history/>.
2. BURIAN, Pavel. *Internet inteligentních aktiv*. Praha : Grada, 2014.
3. JOSHI, NAVEEN. Allerin. *Fog vs Edge vs Mist computing. Which one is the most suitable for your business?* [Online] 18. 7 2019 . <https://www.allerin.com/blog/fog-vs-edge-vs-mist-computing-which-one-is-the-most-suitable-for-your-business>.
4. KUROSE, James F. a Keith W. ROSS. *Počítačové sítě*. Brno : Computer P|ress, 2014. Sv. ISBN 978-80-251-3825-0.
5. Krčmář, Petr. ROOT.CZ. [Online] 6. 6 2018. [Citace: 29. 3 2020.] <https://www.root.cz/clanky/je-ipv6-jen-pro-bohate/>.
6. Ray, Brian. LINK LABS. [Online] 1. 7 2015. [Citace: 1. 30 2020.] <https://www.link-labs.com/blog/why-ipv6-is-important-for-internet-of-things>.
7. ČTU. *Český telekomunikační úřad*. [Online] 28. 3 2020. [Citace: 28. 3 2020.] <https://www.ctu.cz/vyuzivani-vymezenych-radiovyh-kmitoctu>.
8. doc. Ing. Petr ČERMAK, Ph.D. a Mgr. Tomáš KRAMNÝ. *Technologie IoT studijní opora pro kombinované studium*. Olomouc : Moravská vysoká škola Olomouc, o. p. s., 2018.
9. Redakce. IoT portál. *iot-portal.cz*. [Online] 5. 24 2016. [Citace: 22. 1 2020.] <https://www.iot-portal.cz/2016/05/24/mqtt/>.
10. ROOT.CZ. [Online] 25. 3 2019. [Citace: 24. 2 2020.] <https://www.root.cz/pr-clanky/spoluprace-firem-v-iot-nese-ovoce-chytra-reseni-se-dostavaji-i-do-bezneho-zivota/>.
11. FLYNN, Kevin. 3GPP . *3GPP*. [Online] 24. 2 2020. <https://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1733-iiot>.
12. Redakce. IoT Portál. [Online] 30. 4 2016. [Citace: 1. 28 2020.] <https://www.iot-portal.cz/2016/04/30/narrowband-iiot/>.

13. NB-IoT. *Vodafone*. [Online] [Citace: 24. 2 2020.] <https://www.vodafone.cz/firmy-a-korporace/internet-veci/nb-iot1/>.
14. i-scoop. [Online] 24. 2 2020. <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/lpwan/nb-iot-narrowband-iot/>.
15. u-blox. [Online] 24. 2 2020. <https://www.u-blox.com/en/technologies/narrowband-iot-nb-iot>.
16. sigfox. [Online] [Citace: 16. 2 2020.] <https://www.sigfox.com/en/sigfox-story>.
17. PECH, Jiří. eman. [Online] 9. 5 2019. [Citace: 2. 18 2020.] <https://www.eman.cz/blog/iot-technologie-sigfox-4-5/>.
18. Redakce. IoT portál. [Online] 26. 2 2016. [Citace: 24. 2 2020.] <https://www.iot-portal.cz/2016/02/26/sigfox/>.
19. Vishwas. devopedia. [Online] 15. 6 2018. [Citace: 18. 2 2020.] <https://devopedia.org/lora>.
20. PECH, Jiří. eman. [Online] 24. 2 2020. <https://www.eman.cz/blog/iot-technologie-lora-a-lorawan-3-5/>.
21. Redakce. IoT Portál. [Online] 29. 2 2016. [Citace: 2. 18 2020.] <https://www.iot-portal.cz/2016/02/29/lorawan/>.
22. PAVLIS, Jakub. NOTEBOOK.cz. [Online] 31. 8 2016. [Citace: 27. 2 2020.] <https://notebook.cz/clanky/technologie/2016/wi-fi-halow>.
23. DeLisle, Jean-Jacques. Microwaves&RF. [Online] 24. 4 2015. [Citace: 27. 2 2020.] <https://www.mwrf.com/technologies/active-components/article/21846205/whats-the-difference-between-ieee-80211af-and-80211ah>.
24. Le, Tian, a další. NCBI. [Online] 4. 7 2017. [Citace: 27. 2 2020.] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5539835/>.
25. microrisc.com. Microrisc. *microrisc.com*. [Online] 10. Listopad 2019. <https://microrisc.com/cs/about-us>.
26. Redakce. IoT-portál. *iot-portal.cz*. [Online] 27. Listopad 2017. <https://www.iot-portal.cz/2017/11/27/iqrf/>.

27. Spurná, Ivona. ROOT.CZ. *Bezdrátová inovace pro malá data jménem IQRF*. [Online] 11. 5 2016. [Citace: 21. 3 2020.] <https://www.root.cz/clanky/bezdratova-inovace-pro-mala-data-jmenem-iqrf/>.
28. ANDREA, Harris. Tech 21 century. [Online] 26. 2 2020. <https://www.tech21century.com/z-wave-vs-zigbee-compared/>.
29. Alza. [Online] [Citace: 26. 2 2020.] <https://www.alza.cz/slovník/z-wave-art17515.htm>.
30. Redakce. IoT portál. [Online] 26. 2 2016. [Citace: 26. 2 2020.] <https://www.iot-portal.cz/2016/02/26/z-wave/>.
31. zaměstnanec, Embedded. embedded. [Online] 26. 2 2020. <https://www.embedded.com/catching-the-z-wave/>.
32. THORNTON, Scott. Microcontroller tips. [Online] 26. 2 2020. <https://www.microcontrollertips.com/wireless-mcus-bluetooth-wi-fi-zigbee/>.
33. zigbee alliance. [Online] 26. 2 2020. <https://zigbeealliance.org/about/>.
34. BOWERS, Brad. Cisco. [Online] 26. 2 2020. <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=1823368>.
35. Alza. [Online] [Citace: 26. 2 2020.] <https://www.alza.cz/zigbee>.
36. Redakce. IoT Portál. [Online] 24. 2 2016. [Citace: 26. 2 2020.] <https://www.iot-portal.cz/2016/02/24/zigbee/>.
37. Jeon, HJ. SENA. [Online] 26. 2 2020. <https://support.senanetworks.com/hc/en-us/articles/227787487-What-is-the-ZigBee-protocol-packet-size->.
38. Redakce. IoT Portál. [Online] 26. 2 2016. [Citace: 26. 2 2020.] <https://www.iot-portal.cz/2016/02/26/bluetooth-smart/>.
39. Microchip developer help. [Online] [Citace: 22. 2 2020.] <https://microchipdeveloper.com/wireless:ble-link-layer-packet-types>.
40. Alza.cz. Alza. [Online] 3. 24 2020. [Citace: 3. 24 2020.] <https://www.alza.cz/programovatelne-stavebnice/18854857.htm>.

41. Arduino. [Online] 27. 3 2020. [Citace: 27. 3 2020.] <https://store.arduino.cc/arduino-genuino/boards-modules?dir=desc&order=bestselling>.
42. David Čapka, Adam Ježek. ITnetwork.cz. [Online] 13. 2 2016. [Citace: 27. 3 2020.] <https://www.itnetwork.cz/hardware-pc/arduino/arduino-seznameni>.
43. Rys, Martin, Schejbal, Jakub a Švihálek, Ondřej. PRŮMYSL 4.0 meetup! / ČVUT NTK. [Přednáška]. Praha, NTK - Národní technická knihovna : Meetupy, 10. 12 2019.
44. Redakce. IoT Portál. [Online] 8. 1 2017. [Citace: 1. 3 2020.] <https://www.iot-portal.cz/2017/01/08/chytra-mesta-parkovani-bez-stresu/>.
45. Lukáš, JELÍNEK. System On Line. [Online] 10 2017. [Citace: 29. 2 2020.] <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/internet-veci-v-prumyslu-a-logistice.htm>.
46. KOCERA, Ivo. Světchytře cz. [Online] 31. 7 2018. [Citace: 28. 2 2020.] <https://www.svetchytre.cz/a/Sjhe9/internet-veci-meni-ceske-zemedelstvi-pomahajicidla-i-chytre-aplikace>.
47. Čížek, Jakub. živě. [Online] 30. 6 2019. [Citace: 26. 3 2020.] <https://www.zive.cz/clanky/raspberry-pi-4-model-b-raketa-za-tisicikorunu-ktera-utahne-dva-monitory/sc-3-a-199148/default.aspx>.
48. RPishop.cz. [Online] 26. 3 2020. [Citace: 26. 3 2020.] <https://rpishop.cz/63-raspberry-pi-zero>.
49. Arduino-shop.cz. [Online] Eclipsera s.r.o., 27. 3 2020. [Citace: 27. 3 2020.] <https://arduino-shop.cz/176-vyvojove-platformy/>.
50. Microsoft Azure. [Online] 28. 3 2020. [Citace: 28. 3 2020.] <https://azure.microsoft.com/cs-cz/pricing/#product-pricing>.
51. iQRF E-shop. [Online] 27. 3 2020. [Citace: 27. 3 2020.] <https://eshop.iqrf.org/>.
52. t-mobile. [Online] 27. 3 2020. [Citace: 27. 3 2020.] <https://www.t-mobile.cz/podnikatele-firmy/iot>.
53. CRA. [Online] 27. 3 2020. [Citace: 27. 3 2020.] <https://www.cra.cz/sluzby-iot>.

54. Arduino-shop. [Online] 27. 3 2020. [Citace: 27. 3 2020.] <https://arduino-shop.cz/250-iot-bezdratove-periferie/>.
55. Miroslav Svítek, Michal Postránecký a kolektiv. *Města budoucnosti*. Praha : NADATUR, spol. s.r.o., 2018. ISBN 978-80-7270-058-5.
56. 31300, Odbor. Ministerstvo průmyslu a obchodu. [Online] 2. 9 2016. [Citace: 27. 3 2020.] <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>.
57. Procházka, Tomáš. eAgronom. [Online] 2. 8 2019. [Citace: 27. 3 2020.] <https://eagronom.com/cs/blog/zemedelstvi-4-0/>.
58. Sequeira, Neil. 5G Technology world. [Online] 11. 1 2019. [Citace: 30. 4 2020.] <https://www.5gtechnologyworld.com/what-5g-means-for-the-future-of-internet-of-things/>.
59. sigfox. [Online] 27. 3 2020. [Citace: 27. 3 2020.] <https://sigfox.cz/cs/o-nas/cenik-vop>.
60. MQTT.org. *mqtt.org*. [Online] 15. 11 2019. <http://mqtt.org/faq>.
61. alza. [Online] 26. 2 2020. <https://www.alza.cz/zigbee>.



## 10 Seznam obrázků

Obr. 1 – Možnosti nasazení pro GSM, WCDMA a LTE .....	11 [12]
Obr. 2 – Raspberry Pi Zero W.....	23 [48]
Obr. 3 – Arduino Nano.....	24 [49]
Obr. 4 – M5StickC ESP32-PICO .....	26 [49]
Obr. 5 – ESP–WROOM–02 Wemos D1 .....	27 [49]
Obr. 6 – Siemens IoT2040 .....	28 [49]

## 11 Seznam tabulek

Tab. 1 – Souhrn parametrů.....	17
Tab. 2 - Ceník Sigfox .....	30 [59]
Tab. 3 – Souhrn cen programovatelných stavebnic .....	I

## 12 Seznam zkratek

3GPP	– Partnerský projekt třetí generace ( <i>The 3rd Generation Partnership Project</i> )
5G	– Pátá generace bezdrátových systémů
BLE	– Bluetooth Smart, Bluetooth Low Energy
BTS	– základnová převodní stanice ( <i>Base Transceiver Station</i> )
CoAP	– Constrained Application Protocol
CRA	– České radiokomunikace
EKG	– Elektrokardiografie, jedná se o vyšetřovací metodu elektrické srdeční aktivity
GSM	– standard pro digitální mobilní sítě ( <i>Groupe Spécial Mobile</i> )
HTTP	– Hypertext Transfer Protocol
IaaS	– Infrastruktura jako služba ( <i>Infrastructure as a service</i> )
ID	– identifikace ve výpočetní technice
IoT	– Internet věcí ( <i>Internet of Things</i> )
LTE	– technologie určená pro vysokorychlostní Internet v mobilních sítích ( <i>Long Term Evolution</i> )
MQTT	– Message Queuing Telemetry Transport
NB – IoT	– NarrowBand IoT
OASIS	– Organizace pro rozvoj strukturovaných informačních standardů ( <i>The Organization for the Advancement of Structured Information Standards</i> )
PaaS	– Platforma jako služba ( <i>Platform as a service</i> )
SaaS	– Software jako služba ( <i>Software as a service</i> )
WCDMA	– technologie pro rádiovou část 3. generace mobilních telekomunikačních technologií ( <i>Wideband Code Division Multiple Access</i> )
M2M	– označení pro přímou komunikaci mezi zařízeními ( <i>Machine to machine</i> )

- UART – univerzální asynchronní přijímač a vysílač (*Universal asynchronous receiver-transmitter*)
- SPI – sériové periferní rozhraní sloužící k propojení mikroprocesoru a integrovaného obvodu (*Serial Peripheral Interface*)
- I2C – sběrnice která rozděluje připojená zařízení na řídicí a řízené (*Inter-Integrated Circuit*)

## Příloha I – Souhrn cen programovatelných stavebnic

Tab. 3 – Souhrn cen programovatelných stavebnic

<b>Název produktu:</b>	<b>Cena:</b>
<b>Cena Raspberry Pi Zero:</b>	157, - Kč
<b>Cena Raspberry Pi Zero W:</b>	313, - Kč
<b>Cena Raspberry Pi Zero WH:</b>	437, - Kč
<b>Cena ESP-WROOM-02 Wemos D1:</b>	446, - Kč
<b>Cena Arduino Micro:</b>	569, - Kč
<b>Cena Arduino Nano:</b>	659, - Kč
<b>Cena Arduino UNO Rev 3:</b>	659, - Kč
<b>Cena M5StickC ESP32-PICO:</b>	769, - Kč
<b>Cena Raspberry Pi 3 Model A+:</b>	819, - Kč
<b>Cena Raspberry Pi 2 Model B:</b>	999, - Kč
<b>Cena Arduino MEGA 2560 Rev 3:</b>	1 049, - Kč
<b>Cena Raspberry Pi 3 Model B:</b>	1 059, - Kč
<b>Cena Raspberry Pi 4 Model B – 1 GB RAM:</b>	1 139, - Kč
<b>Cena Raspberry Pi 3 Model B+:</b>	1 149, - Kč
<b>Cena M5StickC ESP32 Basic:</b>	1 150, - Kč
<b>Cena Arduino UNO Rev 3:</b>	1 299, - Kč
<b>Cena M5StickC ESP32 GREY:</b>	1 450, - Kč

<b>Cena Raspberry Pi 4 Model B – 2 GB RAM:</b>	<b>1 499, - Kč</b>
<b>Cena Arduino Yún Rev 2:</b>	<b>1 599, - Kč</b>
<b>Cena Raspberry Pi 4 Model B – 4 GB RAM:</b>	<b>1 899, - Kč</b>
<b>Cena Siemens IoT2040 Industrial Intelligent Gateway:</b>	<b>5 990, - Kč</b>