

UNICORN COLLEGE

Katedra informačních technologií



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**System monitorování parkovacích míst s pomocí IoT technologií
a platformy BigClown**

Autor: Pavel Majer

Vedoucí práce: Ing. Marek Beránek, Ph.D.

2018

Praha

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení:	Pavel Majer
Studijní program:	Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor:	Informační technologie
Název práce:	Systém monitorování parkovacích míst s pomocí IoT technologií a platformy BigClown

CÍL

Vysoká škola Unicorn College plánuje zavedení systému pro vzdálené sledování obsazenosti parkovacích míst s použitím technologií Internetu věcí (IoT).

Cílem této bakalářské práce je navrhnout řešení pro první etapu tohoto systému a podle návrhu vytvořit funkční prototyp řešení.

Práce se bude skládat z teoretické části, praktické části a z příloh. Teoretická část se bude zabývat analýzou a shrnutím současných trendů a standardů z rodiny Internetu věcí a jejich vzájemným propojením.

Dále se práce bude zabývat popisem stavebnicové platformy BigClown se Sigfox modulem, která bude použita při návrhu systému. Ostatní technologie budou vybrány na základě analýz a porovnání. Praktická část bude zaměřena na návrh a realizaci první etapy řešení. Budu se zde zabývat návrhem a výrobou funkčního prototypu IoT node (zařízení) a komunikačního rozhraní z parkoviště až do cloudové služby SigFox. V závěrečné části bude zhodnocena vhodnost řešení a možnosti dalšího vývoje.

Základem pro zpracování budou vědomosti získané z literatury, internetových zdrojů, školních materiálů a workshopů.

Toto téma jsem si vybral především proto, že spatřuji velký potenciál v nových technologiích a především v celém IoT segmentu.

Přínos práce k této problematice je v hledání řešení optimálního propojení jednotlivých částí a standardů do většího a funkčního celku a ukázka využití IoT technologií na praktickém příkladu. Tato práce by zároveň měla být použitelná jako návod pro podobné implementace.

OSNOVA

Úvod

Teoretická část

1. IoT historie a současné možnosti
2. Monitorování parkovacích míst
3. Open hardware
4. BigClown
5. Čidla (principy, výběr nejvhodnějšího)
6. Komunikační rozhraní

Praktická část

1. Sběr požadavků
2. Definice projektu
3. Návrh první etapy řešení
4. Návrh rozhraní
5. Detailní návrh komponent
6. Prototypy

Závěr

Přílohy

DOPORUČENÁ LITERATURA

- Domovská stránka projektu BigClown (<https://www.bigclown.com/>)
- SDK Projektu BigClown (<http://sdk.bigclown.com>)
- Domovská stránka projektu Sigfox (<https://www.sigfox.com/>)
- Domovská stránka IOT portal (<https://www.iot-portal.cz/>)
- An Introduction to the Internet of Things. (http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/introduction_to_IoT_november.pdf)
- Red Hat. What is open hardware. (<https://opensource.com/resources/what-open-hardware>)
- SPEL, a.s. Tinynode technologie a výrobky pro parkování. www.spel.cz (<https://spel.cz/page/smart-parking>)
- Mikrosenzory a mikroelektromechanické systémy. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. (http://www.umel.feec.vutbr.cz/absn/filesp/skripta_mikrosenzory_hubalek.pdf)

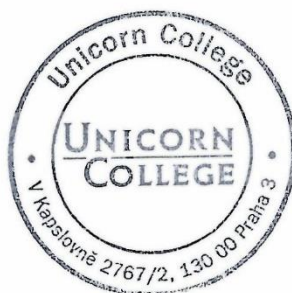
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Beránek, Ph.D.

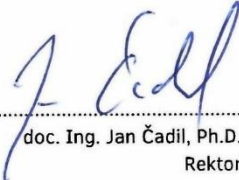
Adresa pracoviště: V Kapslovně 2767/2, 130 00 Praha 3

Datum zadání bakalářské práce: 27.04.2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 04.05.2018

V Praze dne 04.05.2018





doc. Ing. Jan Čadil, Ph.D.
Rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Systém monitorování parkovacích míst s pomocí IoT technologií a platformy BigClown“ vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím výhradně odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou v práci citovány a jsou také uvedeny v seznamu literatury a použitých zdrojů. Jako autor této bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s jejím vytvořením jsem neporušil autorská práva třetích osob a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb.

V Praze dne 25. 4. 2018

.....

Pavel Majer

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl velmi poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce, kterým je pan Ing. Marek Beránek, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc, za další cenné rady při zpracování této práce a za časté konzultace i mimo pracovní hodiny. Pavlovi Hübnerovi bych rád poděkoval za cenné rady v mém učícím procesu. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své manželce a dětem za podporu a motivaci ke studiu.



**System monitorování parkovacích míst s pomocí IoT
technologií a platformy BigClown**

**Parking monitoring system with IoT technologies
and BigClown platform**

**UNICORN
COLLEGE**

Abstrakt

Tato bakalářské práce se věnuje internetu věcí a jeho aplikaci v návrhu pro systém sledování parkovacích míst pro školu Unicorn College.

V práci je rozebrána problematika internetu věcí a vybrané současné způsoby řešení podobných zadání. Jsou zde také popsány komponenty a postupy, které mohou být pro podobné realizace použity a navzájem provázány.

Podstatnou část bakalářské práce tvoří samotný návrh systému s popisem jednotlivých modulů a úloh, které mají zadání řešit. Nedílnou součástí návrhu je také návrh přenosu informací a jejich zabezpečení. U návrhu tohoto typu systému je rovněž klíčové zohlednění nákladů na jeho pořízení a provoz, bezpečnost dat a energetickou úspornost.

K práci je přiložen funkční prototyp části řešení, který je založený na návrhu daného systému.

Klíčová slova: IoT, BigClown, SigFox, sledování parkovacích míst v garáži

Abstract in English

This bachelor's thesis deals with the Internet of Things (IoT) and its application in the design of a parking monitoring system for Unicorn College.

The thesis discusses pertinent issues related to IoT. A description of components and procedures is also included, along with various possibilities which can be used to solve similar challenges.

The essence of the bachelor thesis is the design of the system itself, with a description of the individual modules and their tasks. In addition, an integral part of the proposed solution is a blueprint for transferring information securely. The design also takes into consideration the cost of acquisition and operation, data security, and energy efficiency.

The work is accompanied by a functional prototype, forming a part of the solution. The prototype is based on the system designed in this thesis.

Keywords: IoT, BigClown, SigFox, garage parking tracking

Obsah

Úvod	12
1 Obecně o internetu věcí	13
1.1 Úvod a průmyslová revoluce	13
1.2 Historie IoT a současné možnosti	14
1.3 Očekávání od IoT	14
1.4 Smart produkty.....	15
1.5 Open-source hardware.....	16
1.6 Komponenty v IoT a toky dat.....	18
2 Sledování parkovacích míst	19
2.1 Úvod do tematiky parkovacích míst	19
2.2 Technologie pro sledování obsazenosti.....	19
2.2.1 DAQ uzly u parkovacích míst.....	20
2.2.1.1 Mikrokontroléry	20
2.2.1.2 Mikrokontrolér BigClown Core a Arduino MKR FOX 1200	22
2.2.1.3 Senzory	24
2.2.1.4 Senzory pro zjišťování obsazenosti parkovišť.....	24
2.2.1.5 Předvybrané typy senzorů	25
2.2.1.6 Senzory u vybraných komerčních řešení.....	26
2.2.1.7 Ultrazvukové senzory.....	28
2.2.2 Vybraná komunikační rozhraní a standardy	29
2.2.2.1 Přenos dat na kratší vzdálenosti.....	29
2.2.2.2 Přenos dat na delší vzdálenosti	30
2.2.2.3 SigFox	31
2.2.2.4 Omezení platformy SigFox	31
2.3 Shrnutí analýzy vybraných technologií pro sledování obsazenosti	31
3 Garážová stání Unicorn College – zadání praktické části	32
3.1 Současný stav.....	32
3.1.1 Shrnutí současného stavu	32
3.1.2 Popis stávajících relevantních procesů	33
3.1.3 Shrnutí problému	34
3.2 Definice projektu.....	34
3.2.1 Cíle projektu	34

3.2.2	Rozsah projektu	35
3.3	Přehled klíčových požadavků	36
4	Garážová stání UCL (etapa 1).....	37
4.1	Návrh první etapy systému GS2020	37
4.1.1	Vize (etapy 1, 2, 3)	37
4.1.2	Aktéři a případy užití	39
4.2	Návrh architektury řešení	41
4.2.1	Deployment model.....	41
4.3	Návrh rozhraní	42
4.3.1	Přehled rozhraní	42
4.3.2	Rozhraní DAQ uzel – agregátor	43
4.3.3	Rozhraní agregátor – SigFox.....	44
4.4	Detailní návrh komponent	46
4.4.1	Komponenta DAQ uzel.....	46
4.4.1.1	Firmware DAQ uzlu.....	46
4.4.1.2	Hardware DAQ uzlu.....	48
4.4.2	Komponenta agregátor.....	50
4.4.2.1	Firmware agregátoru	50
4.4.2.2	Hardware agregátoru	52
4.5	Prototypy	53
4.5.1	Prototyp DAQ uzlu	53
4.5.2	Instalace DAQ uzlu.....	53
4.5.3	Prototyp agregátoru	54
4.5.4	Instalace agregátoru	54
4.6	Možnosti rozšíření.....	55
	Závěr.....	56
	Conclusion	58
	Seznam použité literatury a ostatních zdrojů	60
	Seznam obrázků	65
	Seznam tabulek	66
	Seznam příloh	67
	Příloha A – Řešení omezení velikosti zpráv (12 Bajtů)	68
	Příloha B – Use-case specifikace	70

Tabulka 1 - Základní pojmy a zkratky

Zkratka / pojem	Popis
Aktuátor	Je zařízení, které na základě elektrického impulsu provádí fyzickou aktivitu (například motorek nebo světlo).
Assembler	Je nízkourovňový programovací jazyk umožňující psát programy ve strojovém kódu procesoru.
Arduino shield	Je zásuvný modul, který se připojuje ke stavebnici Arduino, může plnit roli síťové karty, rádia a podobně.
Bajt	Byte (angl.) je jednotka množství dat v informatice. Většinou označuje sadu osmi bitů (oktet) a může reprezentovat číslo 0 až 255, což je 256 hodnot (2^8).
Ban	Značí zablokování přístupu ke službě.
Byznys požadavky	Jsou základní požadavky stakeholderů na produkt, službu či systém. Jsou pak dále podrobněji rozpracovány na funkční, produktové nebo uživatelské požadavky. Tyto požadavky pak bývají realizovány nejčastěji formou projektů.
Breadboard / nepájivé pole	Je opakovaně použitelná pomůcka k navrhování prototypů elektrických obvodů bez nutnosti letování součástek.
Cloudové služby	Jsou služby využívající tzv. cloud computing. Nabízí uživateli využití HW a SW běžící na vzdálené síti a na počítačích provozovatele služby.
Cloud computing	Je poskytování služeb a programů servery dostupnými z internetu. Uživatelé k těmto službám mohou přistupovat vzdáleně, například s pomocí webového prohlížeče.
Cyklický buffer	Je úložiště hodnot o určité velikosti. Při naplnění úložiště na jeho kapacitu nově ukládaná hodnota nahrazuje nejstarší uloženou hodnotu.
DAQ uzel	Data acquisition node (angl.) je zařízení ze skupiny IoT, které má na starosti sběr dat.
Agregátor	Je prvek, který sbírá data z DAQ uzlů a provádí jejich agregaci.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute (angl.) je společnost pro vytváření standardů pro informační a telekomunikační technologie. <i>Více informací: http://www.etsi.org/about</i>
Git	Je kompletní systém pro správu revizí (např. verzí zdrojového kódu).
Github	Je webová služba podporující vývoj softwaru za pomoci systému Git.
Hackathon	Je soutěž, ve které většinou soutěží pracují ve skupinách na softwarových nebo hardwarových projektech. <i>Více informací: http://www.dictionary.com/browse/hackathon</i>
Heartbeat	Je opakující se signál, který generuje software nebo hardware, aby oznámil svůj stav nebo zajistil synchronizaci s ostatními částmi systému. <i>Více informací: https://en.wikipedia.org/wiki/Heartbeat_(computing)</i>
IDE	Integrated Development Environment (angl.) značí vývojové prostředí.
IoT	Internet of Things (angl.) značí internet věcí.
IoT Gateway	Je fyzické zařízení nebo program, který slouží jako spojovací bod mezi cloudem, senzory a inteligentními zařízeními. <i>Více informací: http://whatis.techtarget.com/definition/IoT-gateway</i>
IoT inkubátor, IoT lab	Jsou společnosti nebo sdružení pomáhající realizovat IoT řešení, podporující nové společnosti v oboru. Často poskytují finance, zázemí i jiné formy podpory. <i>Více informací: https://www.chip.cz/novinky/iot-lab-pro-zacinajici-firmy/</i>
IoT node	IoT uzel (angl.) je jedno IoT zařízení, které většinou zjišťuje údaje (DAQ) nebo provádí akce (aktuátor).
IPv6	Je protokol pro komunikaci v počítačových sítích. Oproti IPv4 přináší rozšíření adresovacího prostoru, a tedy možnost zapojení více zařízení do sítí.

Zkratka / pojem	Popis
Kryptočip	Je speciální čip, který pomáhá se zvýšením bezpečnosti zařízení.
Sítě LPWAN	Low power wide area network (angl.) je síť komunikující s velmi malou energetickou náročností. Je proto vhodné pro komunikaci IoT zařízení.
Mikrokontrolér / MCU	Je zpravidla jednočipový počítač. Základními rysy těchto počítačů je vysoká spolehlivost a kompaktnost. Používají se nejvíce pro jednoúčelové aplikace, jako je řízení, regulace a podobně.
Metadata	Jsou taková data, která poskytují informaci o jiných datech (například číselníky).
MIT	Je zkratka Massachusettského technologického institutu.
Open-source hardware	Jsou principy a designové specifikace fyzických objektů. Licence umožňuje komukoliv jejich studium, změny, výrobu a distribuci. <i>Více informací: https://opensource.com/resources/what-open-hardware</i>
PR článek	Je klasický nástroj marketingové komunikace.
Proprietární SW	Software s uzavřeným kódem (z anglického: closed source) je takový software, kde jeho autor upravuje licenci (typicky EULA) či jiným způsobem možnosti jeho používání.
Průmysl 4.0	Je označení pro současný trend digitalizace, s ní související automatizace výroby a změn na trhu práce, které s sebou přinese (1). Koncepte Industrie 4.0 vznikla již v roce 2011 jako „projekt pro budoucnost“ v rámci high-tech strategie SRN. Tato koncepte navazuje na výzkumnou platformu SmartFactory z roku 2005 (2).
Poolová parkovací místa	Je označení takových parkovacích míst, která nemají stálého vlastníka a jsou používána určitou skupinou lidí.
SDK	Je zkratka pro software development kit (angl.), což je soubor nástrojů a funkcí pro vývoj software.
Sítě PAN	Personal area network (angl.) je počítačová síť tvořená komunikujícími zařízeními jako mobilní telefon, tablet nebo chytré hodinky, které jsou v blízkosti jedné osoby. Dosah takové sítě je většinou jen několik metrů.
Sítě LAN	Local area network (angl.) je počítačová síť pokrývající malé geografické území (např. domácnosti, malé firmy).
Smart produkty	Je označení pro produkty, které mají navíc speciální funkcionalitu, která často spočívá v připojení k internetu a vzdálené správě různých zařízení.
Scheduler	Je IT termín značící službu pro plánování úloh.
UAF	Je zkratka pro Unicorn Application Framework.
UCL	Je zkratka pro vysokou školu Unicorn College.
Ultrazvuk	Je akustické vlnění s frekvencí ležící nad hranicí slyšitelnosti lidského ucha.
FURPS+	Je jedna z klasifikací požadavků na software, kde jednotlivá písmena znamenají typy požadavků. <i>Více informací o FURPS+:</i> https://businessanalysttraininghyderabad.wordpress.com/2014/08/05/what-is-furps/

Úvod

Internet věcí, průmysl 4.0, automatizace, smart produkty, vzdálená správa – to jsou termíny, které často rezonují v dnešní technické době a jsou často skloňovány na předních stránkách našich i světových médiích.

Tato témata shledávám zajímavá a velmi praktická. Zároveň v nich vidím obrovský potenciál pro budoucnost. Jsem vděčný škole Unicorn College za možnost se s touto problematikou lépe seznámit a také za příležitost věnovat těmto tématům svou bakalářskou práci.

Vysoká škola Unicorn College plánuje zavedení systému pro vzdálené sledování obsazenosti parkovacích míst s použitím technologií internetu věcí (IoT). Hlavním cílem bakalářské práce je navrhnout takovýto systém a vytvořit funkční prototyp části tohoto systému.

Vedlejším cílem práce je vyhledání a výběr technologií a jejich vzájemné propojení tak, aby byly pro danou realizaci vhodné. Tato práce by zároveň měla být použitelná i jako návod pro podobné implementace.

Cílem této práce je najít řešení splňující následující požadavky:

1. funkčnost (zjišťování obsazenosti, sestavení a zasílání zpráv do SigFox cloudu),
2. modularita (možnost nahrazovat celé části systému),
3. zabezpečení,
4. jednoduchost (i začátečník v oboru by měl být schopen na základě předkládané práce sestavit podobné zařízení).

Práce se skládá z teoretické části, praktické části a z příloh. Největší prostor je zde věnovaný první etapě projektu, kde je primárním cílem sběr dat na parkovišti, agregace dat a distribuce do cloudového úložiště.

V teoretické části nejdříve rámcově představuji Průmysl 4.0, historii IoT a očekávání od IoT, smart produkty, open-source hardware, vybraný koncept IoT řešení a jeho různé variace. Dále se v této části věnuji problematice sledování parkovacích míst, analýze technologií vhodných pro tvorbu systému a propojení jednotlivých komponent.

Praktická část shrnuje požadavky a návrh architektury systému pro sledování parkovacích míst v garážích Unicorn College. Je zde popsán současný stav, požadavky, uživatelské role. Následně je návrh systému rozdělen do tří etap (sledování v garážích, aplikační server a rezervace). Na toto zadání navazuje návrh řešení první etapy. Nejdříve je tato etapa zasazena do rámce celého projektu, následně jsou zde zachyceni aktéři a jejich případy užití, ze kterých následně vychází návrh architektury a návrh rozhraní komponentů první etapy. Vzhledem k rozsahu tato bakalářská práce neobsahuje všechny tři etapy řešení. Je ale napsána tak, aby bylo možné v práci navázat. V závěru praktické části je zhodnocena vhodnost návrhu a možnosti dalšího vývoje.

Aplikační kódy funkčního prototypu z první etapy projektu jsou uvedeny v příloze E (na příloženém CD). Samotný programový kód je komentován v anglickém jazyce. Z tohoto důvodu je tento jazyk použit také ve vývojových diagramech, které jsou součástí této práce.

Zamýšlený přínos práce k této problematice je v hledání a nalezení řešení optimálního propojení jednotlivých částí do většího a funkčního celku a ukázka využití IoT technologií na praktickém příkladu.

1 Obecně o internetu věcí

1.1 Úvod a průmyslová revoluce

Je obecně známo, že se lidé od pradávna snaží si za pomoci techniky zjednodušovat svoji práci a zkvalitňovat svůj život. Technologie se v čase mění, ale princip zůstává stále stejný.

Snahy o zjednodušení práce s pomocí automatických strojů nejsou novinkou posledních let. Spíše jde o postupný proces, jehož začátek lze datovat do roku 1785, kdy byl vynalezen automatický tkací stav. Následná industrializace ve spojení se zapojením parních strojů je často označována jako počátek první průmyslové revoluce.

Již v roce 1863 se pan Dr. Antonín Majer zabýval touto tematikou v knize s názvem *Řemeslník český* (3). Tento přední zakladatel technického učení v Českých zemích se v kapitole „Úpadek řemesel našich“ zamýšlel nad tehdejší výhodou fabrikantů nad řemeslníky a již tehdy radil řemeslníkům, aby se nebránili používání aktuálních technologií. Ve svém díle uvádí: „... a až budeme míti ku práci zdokonalených nástrojů a mašin, půjde to také s řemesly ku předu – jinak to nemůže jíti.“ (str. 13) a „... p. Mašina o všech těch věcech ničeho neví a vyvádí každou dobou nitky, jakých nikdy z ruky lidské nevyšlo. Proto jest důležité pro řemesla naše, zaváděti nástroje a mašiny, jakých si doba vymyslíla, jakých řemeslníku potřebí, ano jakých mu doba radí a káže.“ (str. 26).

Tato kniha je více než 150 let stará, zachytává období začátku průmyslové revoluce a její dopady v Českých zemích. Z celé knihy je patrné, že lidé tehdy mysleli velice podobně, jako myslí lidé dnes. Chtěli si automatizovat práci, ale měli zároveň obavy, že stroje nahradí jejich práci podobně jako v dnešní době (4). Právě na tuto otázku již tehdy autor nabízel následující odpovědi, které jsou dle mého názoru platné i nyní:

- „Ano, mašiny odňaly člověku práci – ale jakou? Práci nádenickou, řemeslo ostalo ...“ (str. 10),
- „... myšlenky nevyrve člověku žádná mašina, o práci ruční musí se ale až do své smrti báti, poněvadž mu jí také mašiny vyrvati mohou ...“ (str. 28),
- a „... to jen na nás závisí, jsme-li fabrikanty čili nic.“ (str. 7).

V současné době masového rozšíření internetu a automatizace stále probíhá průmyslová revoluce. Ta je mnohdy označována jako Průmysl 4.0 (1). O vývoji této průmyslové revoluce se můžeme dozvědět z různých veletrhů (5), z konferencí a z článků v odborných i veřejnoprávních médiích¹. V současné době se dá téměř s jistotou předpokládat, že velkou roli v této revoluci bude hrát právě koncept Internet of Things, známý pod zkratkou IoT (6), jehož praktické použití je předmětem této práce.

¹ Základní vize tzv. čtvrté průmyslové revoluce byla zachycena v dokumentu, který byl představen na veletrhu v Hannoveru v roce 2013. Německá vláda tehdy dotovala program částkou 50 milionů eur po dobu tří let. Podílely se na něm přední německé strojírenské a elektrotechnické podniky jako Siemens, Bosch či Volkswagen. Ty přitom měly a mají pobočky a obchodní partnery v České republice, a proto se jich tento projekt bezprostředně týká (7).

1.2 Historie IoT a současné možnosti

IoT je koncept představený v roce 1999 Kevinem Ashtonem v laboratořích MIT. Podle jeho vize by v budoucnu měla být všechna zařízení propojena, měla by obsahovat různé senzory, měla by sbírat různá data a komunikovat mezi sebou. Ve svém článku pro RFID Journal se zároveň zamýšlel nad stavem tehdejších technologií pro komunikaci či napájení, které ještě nebyly na dostatečné úrovni pro obsluhu miliard takových zařízení (6).

Od chvíle, kdy byl tento koncept představen, došlo k technologickému pokroku v mnoha průmyslových odvětvích. Tehdejší technologické problémy byly z velké části vyřešeny. Díky miniaturizaci zařízení, rozšíření internetu, adresaci IPv6, energeticky úsporným sítím a relativně nízkým cenám jednotlivých komponent začínají být prvky IoT dostupné i pro běžné spotřebitele. Možná právě díky tomu se v současné době IoT dostává do popředí zájmu nadnárodních korporací, ale i širší společnosti.

Nárůst oblíbenosti IoT lze vysledovat z mnoha probíhajících konferencí či hackathonů na toto téma, ale i z nárůstu počtu produktových nabídek velkých IT společností, jako jsou například Microsoft, Amazon, IBM, T-mobile, SigFox nebo i prodejců, jako je například Alza.

Největší technologické společnosti často vyjadřují podporu tomuto novému trendu (7). Mnohdy nejde pouze o PR články, ale i o investice do specializovaných IoT produktů, pořádání nákladných veletrhů, organizování IoT konferencí či zakládání IoT labů nebo IoT inkubátorů jako je například Prague IoT Centre (8). Dá se předpokládat, že kromě velkého očekávání od IoT si technologické firmy zároveň uvědomují nemalá rizika ignorování tohoto trendu (9). I toto může být také jeden z důvodů pro určitou otevřenost a začínající standardizaci technologií používaných pro IoT.

Jako další důležitý signál o vzestupu IoT a Průmyslu 4.0 se dá rovněž považovat vznik nových studijních oborů či kurzů na světových (10) i českých univerzitách, jako je např. magisterský program Inteligentní budovy na ČVUT.

1.3 Očekávání od IoT

Společnosti zabývající se průzkumy trhu předpovídají nárůst oblíbenosti těchto zařízení. Například společnost BI intelligence odhadovala v roce 2014, že se počet propojených zařízení s připojením na internet zvýší do roku 2020 na 34 miliard zařízení z tehdejších 10 miliard. Dále odhadovala, že z tohoto množství bude 24 miliard IoT zařízení a zbývajících 10 miliard budou tradiční zařízení, jako jsou například telefony, tablety a hodinky (11).

Zároveň bylo odhadováno, že investice do IoT v letech 2015-2020 vzrostou až k 6 miliardám dolarů². Podle BI budou tyto investice především z důvodu snižování operačních nákladů, zvyšování produktivity a expanze na nové trhy (12).

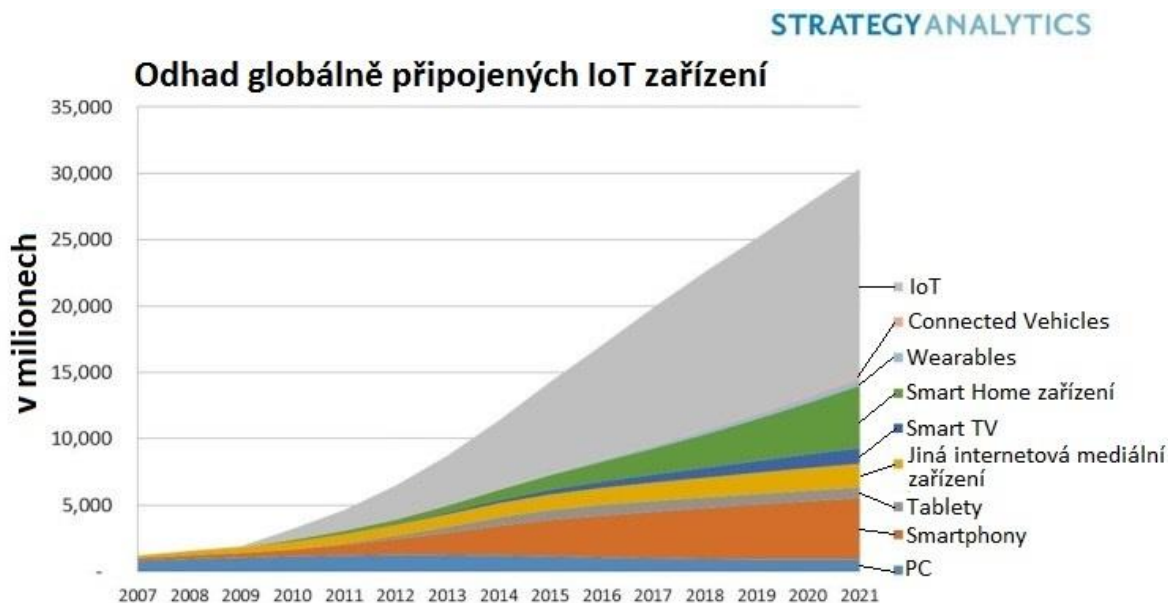
Také společnost Gartner, která je jednou z předních společností zabývajících se výzkumem, odhaduje podobný trend. Studie této společnosti uvádí, že do roku 2020 bude instalováno 26 miliard IoT zařízení a ty budou vytvářet zisk přesahující 300 miliard dolarů. Potenciál

² V odkázaném textu je použit termín „billion“ a v této práci je použit termín „miliarda“. Rozdíl je z důvodu různého pojmenování jednotek v anglickém a českém jazyce.

těchto zařízení vidí především v nízké ceně za přidání schopnosti připojení k internetu. Studie společnosti Gartner předpovídají, že do roku 2020 budou náklady na přidání konektivity tak nízké, že se funkcionality bude dodávat i do zařízení s cenou okolo jednoho dolaru (13).

Mezi aktuálnější analýzy lze řadit odhad od společnosti Strategy Analytics, která v říjnu roku 2017 odhadla, že je připojených zhruba 20 miliard IoT zařízení a že ke konci příští dekády jich bude připojeno až 50 miliard (14). Tento trend a představa o budoucím vývoji je znázorněna na následujícím grafu.

Obrázek 1 - Odhad globálně připojených IoT zařízení do r. 2021 (14)



Zdroje: Strategy Analytics research services, říjen 2017: IoT Strategies, Connected Home Devices, Tablet and Touchscreen Strategies, Wireless Smartphone Strategies, Wearable Device Ecosystem, Smart Home Strategies

Z velmi podobných prognóz renomovaných společností a z výše uvedeného grafu je patrné, že se odhady růstu z roku 2014 naplnily a že rostoucí trend a zájem o IoT bude pravděpodobně pokračovat i nadále.

1.4 Smart produkty

Také probíhající změny na trzích IT produktů indikují, že se určitá revoluce v tomto směru již odehrává. Na trhu lze pozorovat nárůst množství různých smart produktů. Ačkoliv se tato zařízení většinou nepřipojují k internetu přímo (nemají v sobě GSM modul ani nepoužívají speciální IoT síť) dá se přesto hovořit o velkém přiblížení k původní vizi o IoT a je možné je považovat za IoT zařízení. Tato řešení většinou měří určité hodnoty, agregují a vyhodnocují data, následně podle svého určení vykonávají určité aktivity. Zařízení většinou komunikují s okolím, případně umožňují na dálku tato zařízení ovládat.

Již i v běžných obchodech s elektronikou, jako je například Alza nebo Amazon, se rozšiřují nabídky komerčních zařízení s připojením na internet, se kterými lze vzdáleně monitorovat či ovládat domácnosti (smart home), auta (smart car), lidské zdraví (smart health) a podobně. Takováto zařízení často vypadají a chovají se jako běžná zařízení, ale většinou mají navíc

nějakou funkcionalitu, která využívá internet. Mezi zástupce takovýchto zařízení lze zařadit chytrý teploměr, který po změření teploty zaznamená a vyhodnocuje trendy a rizika a v případě hrozících komplikací doporučí návštěvu lékaře (15). Další zástupce ze skupiny smart health je chytrá osobní váha, která rozezná uživatele, zváží jej, změří obsah vody a tuku v jeho těle, změří srdeční tep, vyhodnocuje případné kardiovaskulární problémy podobně jako jiné osobní váhy. K tomu navíc ukáže předpověď počasí a všechny informace rovněž zobrazí na mobilním telefonu, zobrazí váhové trendy uživatele a pomůže zhodnotit splnění nastavených cílů. Ukázky vybraných smart zařízení jsou na následujícím obrázku.

Obrázek 2 - Ukázky Smart health a Smart home zařízení (16)



Takovéto funkcionality jsou stále častěji u výrobků vnímány jako konkurenční výhoda lákající stále více nových zákazníků. Existuje mnoho propojených smart produktů. Již samotný fakt že obchodníci začali dělit tato zařízení do skupin, svědčí o narůstající nabídce, ale i poptávce po podobných produktech v naší společnosti (9).

Ještě před několika málo lety bývala u podobných zařízení nevýhodou relativně vysoká pořizovací cena. Rovněž bývala problematická určitá uzavřenost a s tím spojená nemožnost rozšiřování jejich funkcionalit nebo vzájemné komunikace. V některých případech byla tato zařízení schopna spolu komunikovat, ale většinou pokud byla od stejného výrobce. V současné době je možné rovněž pozorovat pozitivní trend, kdy někteří výrobci opouští své uzavřené ekosystémy a začínají s procesem standardizace a propojování. Příkladem může být integrace Google home (17). Ta umožňuje uživatelům svým hlasem ovládat inteligentní osvětlení Philips Hue, rádio, některé systémy topení a další podobná zařízení (18). Pokud bychom zůstali u příkladu Philips Hue, tak tento systém může být rovněž ovládán s pomocí open-source hardware stavebnice BigClown. O konceptu open-source hardware a o stavebnici BigClown pojednávám v následujících kapitolách.

1.5 Open-source hardware

Vedle komerčních (a zatím také stále nákladnějších) řešení automatizace a vzdálené správy je možné využít vlastní řešení s pomocí mikrokontroléru (19), sady čidel a aktuátorů.

Takovéto řešení nabízí otevřenost, a především možnost nastavení vlastní logiky chování. Je více společností, které se zabývají touto tematikou, avšak pro mnoho uživatelů je stále synonymem pro mikrokontrolér stavebnice Arduino (20).

Stavebnice Arduino Uno byla poprvé uvedena na trh již v roce 2005. Byl to ve své době průkopnický produkt. Do tohoto roku bylo využití mikrokontrolérů v praxi doménou spíše užšího okruhu specialistů. K realizaci projektu bývalo nutné vlastnit programátor čipů, ovládat pájení spojů a umět programovat v assembleru. S příchodem stavebnice Arduino, nepájivých polí a nového vývojového prostředí navrženého pro tuto stavebnici se začaly postupně odbourávat bariéry v celém odvětví. Dá se předpokládat, že právě díky tomu uživatelská základna po celém světě roste. V současné době je společností Arduino odhadováno, že jsou do Arduino projektů zapojeny stovky tisíc uživatelů (21).

Je pravděpodobné, že právě díky rostoucímu zájmu o IoT a o stavebnice Arduino Uno se na trhu začaly objevovat podobné a mnohdy modernější a složitější zařízení. Některá jsou od společnosti Arduino (jako např. Arduino MKR FOX 1200, Arduino YUN) a jiná jsou od konkurenčních společností. Tato zařízení mají často lepší hardwarové parametry, mohou obsahovat speciální dodatečné čipy, jako např. pro šifrování komunikace. Rovněž mohou mít tato zařízení integrované čipy a antény pro lokální bezdrátový přenos nebo i napojení do nových sítí, které vznikají výhradně pro komunikaci IoT zařízení (např. SigFox, Lora). Komunikace s těmito sítěmi často mívají i nižší spotřebu energie a mohou proto být vhodnější pro implementaci IoT řešení s potřebou delšího (např. pětiletého až desetiletého) provozu na baterie. Za předního zástupce výrobců těchto modernějších zařízení se dá považovat i česká společnost Hardwario, která vyrábí mikrokontroléry BigClown. Vybraní zástupci open-source hardware stavebnic Arduino a BigClown jsou vyobrazeni na obrázku.

Obrázek 3 - Zástupci open-source hardware stavebnic (22, 23, 24)



Za klíčovou skutečnost pro růst oblíbenosti těchto zařízení lze považovat i to, že existují relativně početné komunity nadšených uživatelů open-source hardware platform, což vede k postupnému odbourávání dříve zmiňovaných bariér. Členové těchto skupin si navzájem pomáhají a přes internet zpřístupňují svá řešení a tím tak přispívají k rozšiřování těchto technologií mezi širší veřejnost. Dá se očekávat, že téměř každý, kdo se touto problematikou hodlá zabývat a umí vyhledávat mezi návody a komunitami, nakonec zvládne téměř jakoukoliv implementaci. Možností, jak začít, je mnoho od ovládání světla, automatického zalévání skleníků, přes sestavování robotických autonomních autíček vyhýbajících se

překážkám, až po systém, který dokáže na dálku sledovat obsazenost parkovacích míst, což je tématem této práce.

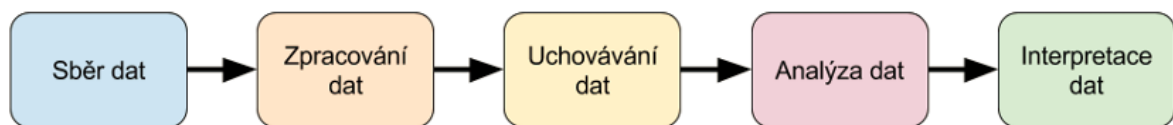
1.6 Komponenty v IoT a toky dat

V původní myšlence o IoT byla představena zařízení, která zjišťují údaje, vykonávají určitou logiku. Velký důraz byl kladen na vzájemnou komunikaci a přímé propojení do sítě.

Dá se předpokládat, že aby mohl celý internet věcí správně fungovat, nestačí pouze sbírat data a vydávat příkazy aktuátorům. Většinou je totiž potřeba data analyzovat, interpretovat a na základě jejich analýzy provádět správnou činnost.

Existuje více variant toků dat v různých IoT řešeních. Na následujícím diagramu č. 4 je zachycena jedna varianta, kterou lze považovat za typickou pro úlohy spojené se sběrem dat.

Obrázek 4 - Typický tok dat v internetu věcí (25)

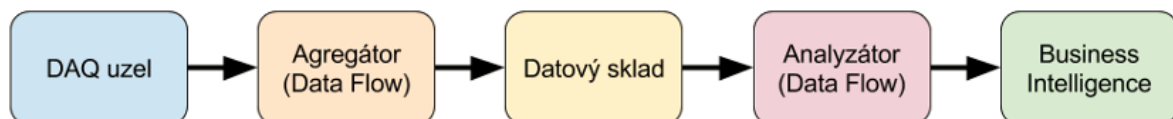


Jak je vidět na diagramu výše, vše začíná sběrem dat. Tato jsou následně zpracována často ještě před uložením. Ne vždy je žádoucí ukládat všechna surová nasbíraná data (např. 60*24 údajů o teplotě za den). Často stačí ukládat data již nějakým způsobem zpracovaná (ve zmíněném případě by to mohla být např. průměrná teplota pro každou hodinu, tedy pouze 24 údajů za den). Uložená data se následně mohou analyzovat a pak je z nich možné vyvodit nějaké závěry (například, že nejvyšší byla teplota v červenci, nejnižší v lednu).

Prosté závěry často nemají velký přínos bez vhodné interpretace. Pokud bychom pokračovali v tomto příkladu, tak pro uživatele nemusí být až tolik zajímavé, kdy byla nejvyšší teplota, ale jestli naměřená teplota nějak souvisí s činností topení a zda bych nemohl činnosti topení nějak optimalizovat a ušetřit tím peníze.

Každou z výše uvedených aktivit má pak na starosti určitá komponenta, jak je vyobrazeno na následujícím obrázku č. 5.

Obrázek 5 - Komponenty v rámci toku dat v IoT (25)



DAQ uzel je zodpovědný za sběr dat. Je to také jediná komponenta, která se fyzicky nemůže nalézat v cloudu, protože musí být na místě, kde chceme měřit data.

Agregátor je zodpovědný za agregaci dat. Někdy je umístěn v cloudu a někdy v blízkosti DAQ uzlů, kde agreguje nasbírané údaje a posílá tak dál menší objemy dat. Agregátor umístěný poblíž DAQ uzlů rovněž může poskytovat výhodu ve sběru dat z více DAQ uzlů.

Datový sklad je zodpovědný za perzistenci dat. S daty následně pracuje Analyzátor a Business Intelligence, kteří jsou zodpovědní za analýzu a interpretaci dat (25).

2 Sledování parkovacích míst

Téma IoT je relativně široké a lze na něj nahlížet z mnoha různých úhlů. Pro účely této práce v následujících podkapitolách pojednávám o problematice sledování parkovacích míst. Nejvíce se soustředím na vybrané prvky, které by bylo možné použít pro implementaci DAQ uzlů, agregátorů a pro jejich komunikaci.

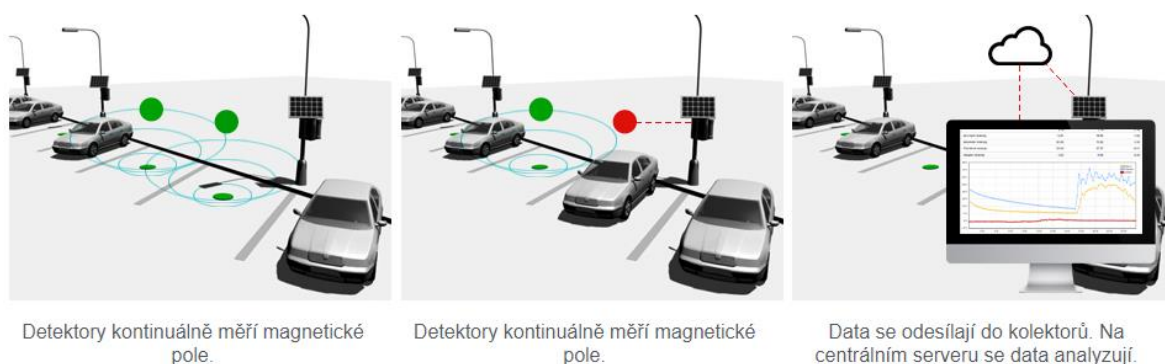
2.1 Úvod do tematiky parkovacích míst

S nárůstem množství aut si získává téma sledování parkovacích míst na popularitě. Je často klíčovou komponentou v plánech na výstavbu chytrých měst budoucnosti.

Je více technických způsobů, jak zjišťovat obsazenost parkovacích míst. Existují určité principy, které lze považovat za společné u většiny řešení. Jsou využívány DAQ uzly, které jsou umístěné u každého parkovacího místa. DAQ uzel typicky obsahuje mikrokontrolér, senzor a komunikační rozhraní. Získaná data jsou posílána z DAQ uzlu do cílového místa buď přímo, nebo jsou po cestě agregována a posílána s pomocí gateway zařízení. Získaná data se pak na cílovém místě typicky ukládají, vyhodnocují, zobrazují a případně se ještě dále zpracovávají.

Jedním z příkladů venkovního zjišťování obsazenosti je systém od české společnosti Citiq. Ten je založený na technologiích z rodiny IoT. Systém se skládá z modulů umístěných na zemi pod parkovacími místy. Tyto prvky kontinuálně zjišťují obsazenost místa pomocí měření magnetického pole. Získaná data pak pomocí sítě SigFox posílají na centrální server k dalšímu vyhodnocení. Takto lze sledovat obsazenost parkovacích míst, lze odhalit neoprávněné parkování, ale i plynulost dopravy (26). Princip řešení je znázorněn na následující obrázku, kde je detekován příjezd automobilu.

Obrázek 6 - Chytré detektory Citiq (26)



S podobnými systémy se lze rovněž setkat v moderních nákupních domech. Zde ale bývá technologické řešení technicky rozdílné. Prvky bývají umístěné na stropě a bývají připojené kabelem a napájené ze sítě.

2.2 Technologie pro sledování obsazenosti

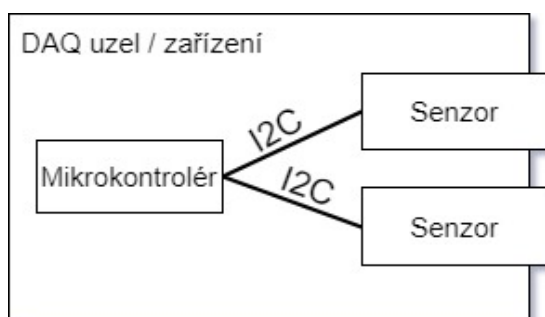
Jak bylo zmíněno dříve, sledování obsazenosti v současných komerčních řešeních bývá technicky rozdílné. Jsou zde ale určité principy, které se zdají být vždy stejné. Každé parkovací místo má svůj snímač obsazenosti (DAQ uzel), snímače posílají údaje do agregáčnického prvku a do cílového systému. Data jsou dále v cíli ukládána, analyzována

a interpretována tak, aby přinesla užitek. V následujících podkapitolách je blíže popsána problematika DAQ uzlů, senzorů, agregátorů a komunikačních rozhraní.

2.2.1 DAQ uzly u parkovacích míst

DAQ uzel je komponenta zodpovědná za sběr dat (data acquisition node). V tomto případě se jedná o komponenty zodpovědné za snímání stavu parkovacích míst. Obvykle se skládají z mikrokontroléru a připojených senzorů. Tyto komponenty spolu mohou komunikovat pomocí sběrnice I2C, což je technologický standard. Abstraktní příklad DAQ uzlu je znázorněn na následujícím diagramu.

Obrázek 7 - DAQ uzel (vlastní zpracování)



Další podkapitoly pojednávají o mikrokontrolérech a senzorech, ze kterých lze vytvořit DAQ uzel vhodný pro monitorování parkovacích míst.

2.2.1.1 Mikrokontroléry

Mikrokontrolér (MCU) bývá klíčová komponenta u podobných řešení, jako je sledování obsazenosti parkovacích míst. Mikrokontrolér může pomocí čidel získávat potřebné údaje, získaná data zpracovávat, komunikovat s dalšími prvky a případně může i ovládat připojená zařízení (aktuátory). Většinou jde o jednočipový počítač určený pro jednoúčelové aplikace, jako jsou regulace, řízení nebo sběr dat.

Jak bylo dříve zmíněno, existují open-source hardware stavebnice. Tyto stavebnice mohou zastávat roli mikrokontroléru a umožňují relativně snadné programování logiky jeho chování. Jeden z nejpoužívanějších zástupců je stavebnice Arduino Uno nebo její klony. Tato zařízení jsou relativně levná, mají poměrně velkou uživatelskou základnu a rozsáhlou internetovou znalostní bázi. Vedle nich vznikají nová zařízení nabízející řešení určitých současných nedostatků stavebnice Arduino Uno. Mezi hlavní nedostatky této stavebnice lze zařadit např. malou rychlost, malou velikost paměti, nízké zabezpečení, vyšší spotřebu energie a malý rozsah provozních teplot.

Existuje velké množství různých mikrokontrolérů s různými vlastnostmi. Dokonce i společnost Arduino nabízí desítky variant svých zařízení. Pro následující srovnání jsem vybral tři referenční stavebnice:

- Arduino Uno – základní model, často používaný pro seznámení s technologií,
- Arduino MKR FOX 1200 – pokročilejší model určený především pro IoT projekty,
- BigClown – pokročilejší model použitelný také pro IoT projekty. Je specializovaný na nízkou spotřebu a vysokou bezpečnost.

V následující srovnávací tabulce č. 2 jsou uvedeny vybrané parametry a vlastnosti z dříve uvedených stavebnic. Zjištěné nejlepší vlastnosti mezi porovnávanými jsou zvýrazněny.

Tabulka 2 - Porovnání Arduino Uno, Arduino MKR FOX 1200 a BigClown

Vlastnost	Arduino Uno (22)	Arduino MKR FOX 1200 (23)	BigClown (24)
Architektura / taktovací kmitočet / paměť	ATmega328P / 16 MHz / 32 kB	SAMD21 Cortex-M0+ 32bit low power ARM MCU / 48 MHz / 256 kB	ARM Cortex M0+ 32-bit MCU ultra-low-power STM32L083CZ (ST) / 32 MHz / 192 kB + 20 kB
Uvedení do prodeje	2005	2017	2016
K dispozici v ČR v prvním čtvrtletí 2018	Ano	Ne ³	Ano
Napájecí napětí	5 V (na vstupu 6-20 V)	3,3 V	3,3V (na vstupu 2,0V-3,6V)
Vybrané dodatečné vestavěné moduly	Žádné	+modul SigFox	+Rádío modul (868/915 MHz) založený na SPIRIT1 (ST) +Bezpečnostní čip ATSHA204A +Digitální teploměr MP112 +Třísosý akcelerometr LIS2DH12
Spojení s internetem	Není v základu, je možné s přidáním Arduino shieldu.	vestavěný modul SigFox s předplatným na 2 roky	Není v základu, je možné např. připojit modul SigFox s předplatným na 3 roky
Rozměry	68,6 x 53,4 mm	67,64 x 25 mm	33 x 55 mm
Udávaná spotřeba	Nebylo nalezeno na stránkách výrobce	<20 mA (miliampér)	<5 μA (mikroampér) v deep sleep módu
Rozsah provozních teplot	Nebylo nalezeno na stránkách výrobce	Není uvedeno v produktovém listu	-20 do 70 °C (zaručeno výrobcem)
Záruka	2 roky	2 roky	10 let
Bezpečnost	Arduino v základu nenabízí zabezpečenou komunikaci	Arduino v základu nenabízí zabezpečenou komunikaci	Obsahuje kryptočip, možnost párování zařízení a zabezpečenou komunikaci
Znalostní báze	Základní sada projektů je dodaná v IDE prostředí	Se zařízením je dodávána vzorová implementace	Základní projekty jsou publikované a udržované pomocí veřejných Git repositářů.
Vývojové prostředí / programovací jazyk	Arduino IDE / speciální jazyk Wiring-processing	Arduino IDE / speciální jazyk Wiring-processing	Libovolné vývojové prostředí jazyka C. BigClown poskytuje sadu pro sestavení firmware a jeho uložení na zařízení / jazyk C
Předplatné SigFox v ceně	Není	2 roky	3 roky
Základní cena	659 Kč ⁴	1080 Kč ⁵	2228 Kč ⁶

³ Tento modul zatím není v prvním čtvrtletí 2018 oficiálně v prodeji v ČR. Není v nabídce obchodu arduino-shop.cz a nelze vyhledat ani s pomocí českých internetových vyhledávačů www.zbozi.cz a www.heureka.cz.

⁴ Aktuální cena je převzata z internetového obchodu Alza. Cena neobsahuje SigFox modul a předplatné, protože tento modul není samostatně společností Arduino nabízen. Společnost Arduino vydala pro účely IoT speciální edici zařízení.

⁵ Tento výrobek se zatím neprodává v ČR. Cena 35 euro je proto převzata z internetového obchodu Arduino.cc a je přepočtena kurzem 25,5 Kč/EUR. K základní ceně je rovněž připočteno DPH 21 %. Cena neobsahuje poštovné, protože se mi tuto informaci nepodařilo získat z oficiálního webového obchodu společnosti Arduino (<https://store.arduino.cc/>).

⁶ Aktuální cena je převzata z internetového obchodu BigClown. Cena se skládá ze dvou částí, a to z ceny modulu SigFox s tříletým předplatným služby za 1794 Kč a z ceny MCU BigClown Core NR za 494 Kč. Pro porovnání byla zvolena BigClown Core NR, která je bez vestavěného rádia, podobně jako je u ostatních dvou porovnávaných zařízení. Poštovné je u elektronického obchodu společnosti Hardwario po celé Evropě zdarma.

Mikrokontrolér Arduino Uno je dle mého názoru výborný produkt. Je použitelný pro mnoho tzv. hoby projektů a má potenciál přilákat do oboru mnoho lidí. Z předchozí tabulky č. 2 je patrné, že stavebnice Arduino Uno není příliš vhodná pro řešení IoT projektů. Lze to usuzovat i ze skutečnosti, že společnost Arduino vydala speciální edici mikrokontrolérů pro účely IoT. Proto se v následující kapitole zabývám pouze mikrokontroléry Arduino MKR FOX 1200 a BigClown Core. Tato zařízení by měla být vhodná pro IoT projekty a na první pohled se mohou jevit jako srovnatelná.

2.2.1.2 Mikrokontrolér BigClown Core a Arduino MKR FOX 1200

BigClown je stavebnice od české společnosti Hardwarío. Portfolio produktů této společnosti se postupem času rozšiřuje. V době psaní této práce jsou v prodeji tři základní varianty hlavního modulu: BC Core module, BC Core-NR a BC Cloony. V následující tabulce č. 3 shrnuji zjištěné základní rozdíly mezi těmito mikrokontroléry.

Tabulka 3 - Základní rozdíly mezi MCU BigClown

Vlastnost	BigClown Core	BigClown Core – NR	BigClown Cloony
Sub-GHz rádio	Ano	Ne	Ano
Rozměry	33 x 55 mm	33 x 55 mm	23 x 23 mm
3D akcelerometr	Ano	Ano	Ne ⁷
USB rozhraní	Ano	Ano	Ne
Tlačítko reset a boot	Ano	Ano	Ne
Způsob připojení dalších součástek	Bez nutnosti letování	Bez nutnosti letování	S nutností letování
Cena	754 Kč	494 Kč	494 Kč

Z tabulky č. 3 je patrné, že pro různé implementace budou vhodnější různé moduly. Pro prototypování bude vhodnější používat BigClown Core modul. Pro projekty, kde se neplánuje použití rádia, bude vhodnější používat modul BigClown Core – NR. Pro tvorbu finálních produktů může být výhodnější použití modulu Cloony. U posledně jmenovaného produktu se už nejedná o stavebnici a přídatné moduly je k němu potřeba přiletovat. Tato varianta je o mnoho menší a levnější než BigClown Core modul.

Jak bylo zmíněno dříve, i Arduino vyvíjí více variant mikrokontrolérů, které mohou být vhodnější pro specifické implementace. Pro IoT projekty Arduino společnost vyvinula v roce 2017 speciální edici mikrokontrolérů, která by měla být vhodná pro tvorbu IoT projektů. Z této skupiny jsem v předchozí kapitole vybral jednoho zástupce (MKR FOX 1200) pro rámcové porovnání s platformou BigClown.

V následující tabulce č. 4 shrnuji to, co považuji za silné stránky těchto vybraných dvou zástupců. V tabulce jsou tučně vyznačeny takové vlastnosti, které pokládám za výjimečné u stavebnice BigClown Core.

⁷ Pokud projekt s BC Cloony vyžaduje funkcionalitu 3D akcelerometru, pak lze k zařízení dodat např. modul LIS2DH12 (60). Ten je použit ve stavebnici BC Core a SW integrace by měla být relativně snadná.

Tabulka 4 - Silné stránky stavebnice BigClown Core a Arduino MKR FOX 1200

Vlastnost	ARDUINO MKR FOX 1200	BigClown Core
Desetiletá záruka	Ne	Ano
Vestavěné rádio, digitální teploměr, akcelerometr	Ne	Ano
Vestavěná podpora pro šifrovanou komunikaci	Ne	Ano
Garantovaná funkčnost při teplotách od -20 do 70 °C	Ne	Ano
Úspornost (< 5 mikroampér)	Ne	Ano
Úsporný standard pro vývoj firmware založený na tzv. eventech.	Ne	Ano
Český výrobek	Ne	Ano
Prodej v ČR (v prvním čtvrtletí 2018)	Ne	Ano
Silný vývojový tým a kvalitní podpora s online chatem	Ano	Ano
Podpora SigFox sítě	Ano	Ano
Podpora velkého množství zásuvných modulů	Ano	Ano
Podpora open-source sdílení projektů pomocí Gitu.	Ano	Ano

Z výše uvedené tabulky je patrné, že mikrokontrolér BigClown má mnoho dodatečných vlastností, které z něj mohou činit mnohem lepší zařízení pro IoT projekty než Arduino MKR FOX 1200.

Mezi slabé stránky zařízení BigClown v porovnání s Arduino MKR FOX 1200 by bylo možné řadit jeho vyšší pořizovací cenu. Rozdíl v ceně je dle mého názoru vysvětlitelný lepšími vlastnostmi a celkovou vyšší kvalitou výrobku. O vyšší kvalitě svědčí to, že výrobce poskytuje na zařízení desetiletou záruku. O vyšší kvalitě může rovněž svědčit použití kvalitnějších komponentů, které dokáží fungovat při vyšším rozsahu provozních teplot. Se zařízením je svázáno delší předplatné pro síť SigFox a množství funkcionalit navíc, jak je vidět v předchozí tabulce č. 4.

Stavebnice BigClown je od svého základu orientovaná na velmi nízkou spotřebu a vysokou úroveň zabezpečení. U stavebnice Arduino MKR FOX 1200 předpokládám, že je spíše určena pro seznámení s technologií, a proto je orientovaná spíše na nižší pořizovací cenu. Proto je dle mého názoru stavebnice Arduino MKR FOX 1200 vhodnější spíše pro tzv. hobby projekty a stavebnice BigClown je vhodnější pro IoT projekty s důrazem na delší trvanlivost a nižší spotřebu energie.

Platforma BigClown byla vybrána již při zadání této práce. Podle provedených analýz a porovnání s konkurenčním výrobkem od společnosti Arduino jsem došel k závěru, že byla tato platforma vybrána správně.

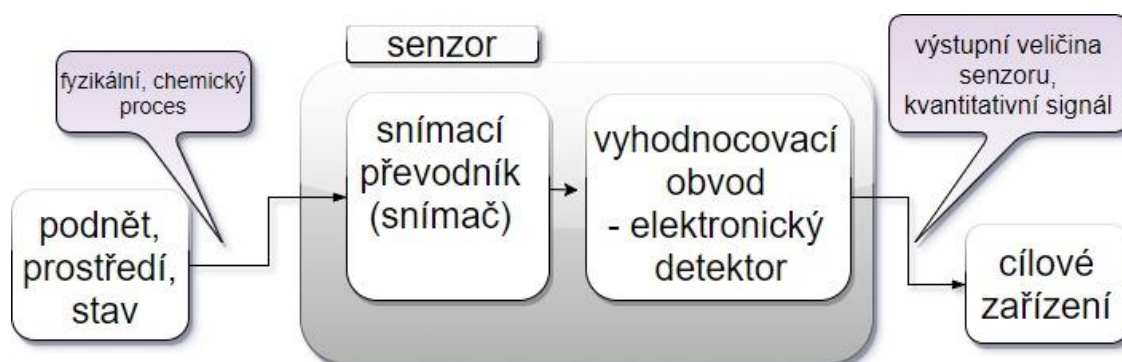
Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, mikrokontrolér může mít v roli DAQ uzlu za úkol i ovládání čidla pro zjišťování stavu parkovacího místa. K tomuto účelu musí mít připojený vhodný senzor. Další kapitoly pojednávají právě o senzorech a o jejich výběru.

2.2.1.3 Senzory

Za senzor lze považovat takové zařízení, které snímá určitou fyzikální, chemickou nebo biologickou veličinu a podle určitého definovaného principu ji transformuje fyzikálním převodem na elektrický výstupní signál.

Stav sledované veličiny snímá citlivá část senzoru označovaná jako snímač či převodník⁸, jehož vstupem je změna měřené fyzikální veličiny, kterou dále převádí a zpracovává vyhodnocovací obvod senzoru. Výstupní informace z vyhodnocovacího obvodu senzoru je kvantitativní (obvykle elektrický) signál. Ten je vytvořen vyhodnocovacím obvodem a lze ho dále zpracovat dalšími obvody (např. mikrokontrolérem Arduino, BigClown a podobně). Schematické znázornění principu běžného senzoru (použitelného mikrokontroléry) je zobrazeno na obrázku číslo 8.

Obrázek 8 - Schematické znázornění běžného senzoru (27), (vlastní zpracování)



Existuje více skupin senzorů pro měření různých veličin, jako je například kvalita ovzduší, světlo, tlak, teplota nebo i vzdálenost od překážky. Tato tematika je detailně popsána ve skriptech s názvem *Mikrosenzory a mikroelektromechanické systémy* (27).

2.2.1.4 Senzory pro zjišťování obsazenosti parkovišť

Existuje více různých technologií senzorů, které je možno zapojit do mikrokontroléru. Správný výběr technologie a samotného čidla je extrémně důležitá složka pro téměř jakoukoliv implementaci. Je zřejmé, že nevhodně zvolená čidla mohou zapříčinit nefunkčnost celého systému.

Senzory je možné zkoumat z několika různých úhlů. Mezi nejdůležitějšími lze považovat:

- **technologie senzoru** – bývá více možností, přičemž každá mívá různé přednosti a nedostatky,
- **kompatibilita s MCU a podporované napájení** – často 3,3 V nebo 5 V,
- **podpora výrobce MCU** – podpora v SDK, ukázkové příklady,
- **podpora komunity** – množství dostupných projektů, kde je senzor použit,
- **provozní vlastnosti** – rozsah teplot, práce ve vlhku, mechanická odolnost a podobně,
- **cena senzoru** – ceny se mohou lišit i řádově.

⁸ Převodník je v angličtině označován jako sensing element nebo transducer.

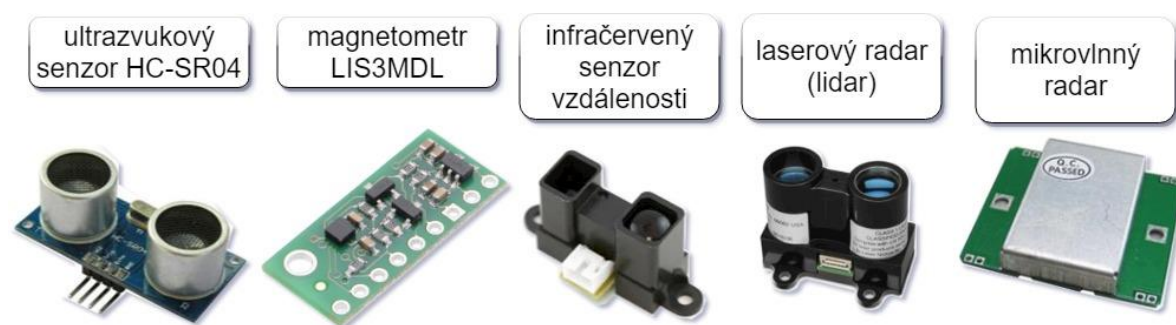
V následujících podkapitolách pojednávám o předvybraných zástupcích různých technologií senzorů. Zabývám se především těmi, které by mohly být použity pro splnění zadání této práce. Rovněž se zabývám čidly použitými u vybraných komerčních řešení pro zjišťování obsazenosti.

2.2.1.5 Předvybrané typy senzorů

Pro měření a zjišťování obsazenosti parkovacích míst je možno použít různé technologie senzorů jako například ultrazvukovou, laserovou, infračervenou, mikrovlnnou nebo i technologii založenou na měření změny magnetického pole.

Pro každou ze zmíněných technologií existuje mnoho typů senzorů. Na obrázku č. 9 níže je znázorněn jeden zástupce z předvybraných skupin těchto senzorů (28).

Obrázek 9 - Vybraní zástupci senzorů různých technologií (vlastní zpracování) (28, 29)



Každý senzor má určité fyzikální vlastnosti a omezení. Je důležité tato omezení znát a brát na ně ohled při výběru vhodného kandidáta pro danou implementaci.

Při výběru čidla je potřeba zároveň znát i omezení jednotlivých technologií. Velké rozdíly lze pozorovat v dosahu, přesnosti, ale i ceně. Pokud například budeme chtít změřit vzdálenost vodní hladiny, pak nemá smysl vybírat mezi čidly, jejichž signál se od vodní hladiny neodráží a podobně.

V následující tabulce č. 5 je znázorněno porovnání určitých vybraných parametrů jednotlivých zástupců. Z této tabulky je zřejmé, že by pro snímání obsazenosti parkovacích míst mohla být použitelná jakákoliv z těchto vybraných technologií. Čidla mají dostatečný dosah a jsou kompatibilní s mikrokontroléry díky sběrnici I2C.

Jsou zde ale také zřetelné rozdíly, které znevýhodňují určité druhy senzorů oproti jiným při použití zjišťování obsazenosti parkovacích míst. Například infračervený senzor a laserový senzor snímají relativně malou plochu. Při jejich použití pro zjišťování obsazenosti by mohlo docházet k chybám v měření. Například zaparkovaný motocykl by nemusel být takovými senzory zachycen. Mikrovlnný radar má úhel snímání pro tyto účely použitelný, ale jeho cena je padesátkrát vyšší než u ultrazvukového čidla. Také spotřeba energie u zmíněných (znevýhodněných) čidel je zhruba desetkrát vyšší. Proto už nebudu v rámci této práce dále zkoumat infračervená, laserová ani mikrovlnná čidla.

Tabulka 5 - Parametry vybraných senzorů (28)

	Ultrazvukový snímač HC-SR04P (30)	Magnetometr LIS3MDL 3-Axis Carrier (29)	Infračervený senzor vzdálenosti Sharp GP2Y0A02YK0F (31)	LIDAR Laser Sensor Obstacle detection Diffuse Reflectance Detector (32)	Mikrovlnný radar FMCW (33) CFK024-5A 24GHZ (34)
Dosah	2 cm až 400 cm	Není uvedeno (měří magnetické pole)	20 cm až 150 cm	0,3 cm až 12 m	Není uvedeno ⁹
oblast snímání	15 stupňů	Citlivost nastavitelná v rozmezí ±4 až ±16 gauss	Není udávána. Bodové snímání (malá plocha)	2,3 stupně	80 stupňů, 32 stupňů
Spotřeba	3 mA při 5 V (35)	3 mA	33 mA	20 až 26 mA	32 mA
Napětí	3 V až 5 V	2,5 až 5,5 V	4,5 až 5,5 V	4,5 až 6 V	5 V
Operační teploty	-20 až 80 °C	-20 až 85 °C	-10 až 60 °C	-20 až 60 °C	Není uvedeno
Pořizovací cena ¹⁰	18 Kč	75-110 Kč	110 Kč	790 Kč	890 Kč ¹¹
sběrnice I2C	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano

Jako nevýhodnější volbu lze považovat ultrazvukový snímač a magnetometrický snímač především díky jejich nižší ceně a větší snímané ploše. Právě tyto dvě technologie jsou použity u vybraných komerčních projektů, které jsou popsány v následující kapitole.

2.2.1.6 Senzory u vybraných komerčních řešení

Mezi nejběžněji používané technologické přístupy ke zjišťování obsazenosti parkovacích míst lze zařadit především následující dvě skupiny:

- Zjišťování pomocí změny magnetického pole (36) – zařízení bývají většinou připevněna k zemi. Mohou mít např. tvar zpomalovacích polštářů nebo i dlažební kostky ¹². Tyto jednotky měří změny magnetického pole a z těchto změn jsou schopny určit, zda je v místě přítomno motorové vozidlo.
- Zjišťování pomocí měření vzdálenosti – zařízení jsou většinou připevněna ke stropu a měří vzdálenost k nejbližšímu předmětu. Pokud motorové vozidlo není přítomno, čidlo zjistí vzdálenost podlaze parkoviště. V opačném případě čidlo získá vzdálenost k vrchní (nebo přední) části motorového vozidla. Z těchto údajů lze pak jednoznačně určit, zda je místo obsazeno.

⁹ Dosah není uveden v produktovém listu. Je zde ale zmíněna vhodnost pro inteligentní pouliční osvětlení, a proto předpokládám, že by mělo být možné čidlo použít i pro sledování obsazenosti parkovacích míst.

¹⁰ Ceny jsou použité z internetového obchodu Aliexpress a jsou přepočteny kurzem 21,7 Kč/USD.

¹¹ Tento výrobek je nejlevnější varianta v obchodu Aliexpress. Existují varianty s cenou 13 000 Kč a více.

¹² Tuto technologii využívá například řešení od firmy Citiq.

Obrázek 10 - Měření pomocí magnetického pole (36) a detekce překážek (37)



Princip těchto přístupů je znázorněn na obrázku č. 10 výše. Na obrázku vpravo je vyobrazeno měření pomocí detekce překážek, kde je čidlo většinou umístěno u stropu a snímá vzdálenost například ultrazvukovým senzorem. Na obrázku vlevo jde o venkovní instalaci, kde jsou parkovací místa vybavena snímačem připevněným k zemi. U venkovní instalace od společnosti Citiq se používá technologie měření magnetického pole.

Logickou úvahou, ale i z existujících implementací lze usuzovat, že systémy založené na měření změn magnetického pole jsou vhodnější spíše pro venkovní instalace, kde není možné se spolehnout na ultrazvukové senzory pro měření vzdálenosti. Rovněž lze usuzovat, že technologie měření vzdálenosti od stropu k podlaze jsou vhodnější spíše pro uzavřené prostory, jako jsou například obchodní domy nebo garáže. V následující tabulce č. 6 shrnuji zjištěné poznatky o ultrazvukové a magnetické technologii.

Tabulka 6 - Shrnutí srovnání ultrazvukové a magnetické technologie

Kritérium	Ultrazvuková technologie	Magnetická technologie
Obvyklá instalace	Zed', strop	V zemi, na zemi
Vodotěsnost	Ano (Pro voděodolné instalace by bylo potřeba využít speciální čidla, která jsou podobná parkovacím čidlům u aut)	Ano (Možnost instalovat do uzavřeného a vodotěsného obalu)
Nepřesnosti v měření	Občasné nepřesnosti v měření. Povětrnostní podmínky mohou radikálně snížit přesnost měření.	Relativně přesné. Dokáže správně měřit i za sněhu.
Zabudovaný ovladač v SDK/knihovnách	Ano	Většinou ne (je možné doprogramovat ovladač případně vyhledat na internetu)

Pokud jsou parkovací místa v garážích, není potřeba zohledňovat vodotěsnost či nutnost zabudovávat čidla do země. Rovněž se dá předpokládat, že se v garážích neobjeví taková sněhová vrstva, která by způsobovala nepřesnosti v měření. Mělo by být možné se v garážích proto spolehnout na ultrazvuková čidla měřící vzdálenost od zdi nebo od stropu. Při zaparkování vozidla se tato vzdálenost změní a takto lze v připojeném mikrokontroléru indikovat obsazenost parkovacího místa.

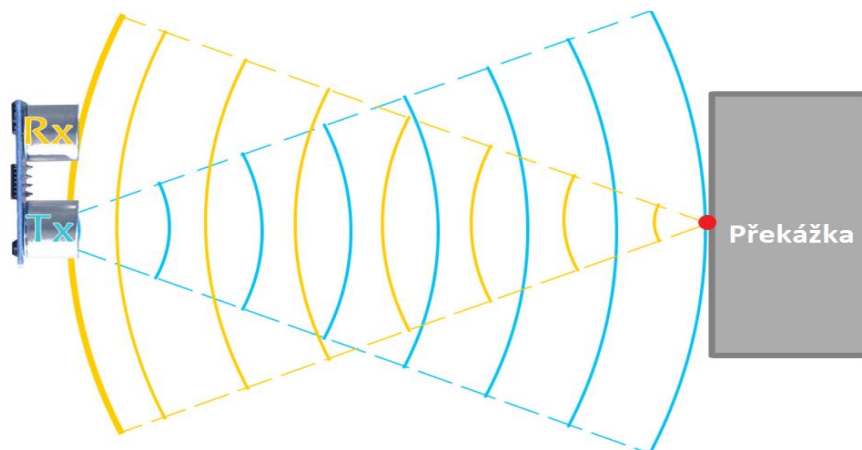
Pro sledování obsazenosti parkovacích míst v garážích shledávám ultrazvukovou technologii jako optimální. Proto se touto technologií zabývám detailněji v další kapitole.

2.2.1.7 Ultrazvukové senzory

Ultrazvukové senzory mají velkou výhodu v rozsahu měřené plochy, v nízké spotřebě a ve své nízké ceně. Nejzákladnější modely lze pořídit v ceně okolo 20 Kč.

Tyto senzory měří vzdálenost na základě počítání rozdílu času mezi odesláním ultrazvukového signálu a návratem jeho odrazu, jak je znázorněno na obrázku č. 11 níže.

Obrázek 11 - Způsob fungování HC-SR004 (vlastní zpracování), (38)



Rychlost zvuku je známá veličina, a proto z tohoto údaje je možné vypočítat vzdálenost k překážce. Vzdálenost lze spočítat přesněji, známe-li například teplotu vzduchu (39). Pokud je pro projekt nutné provádět přesnější měření, lze využít čidla se zabudovanou kompenzací nepřesností. Ta vrací přesnější výsledky. Případně lze připojit digitální teploměr k mikrokontroléru a zohlednit teplotu vzduchu při výpočtu vzdálenosti. Při zjišťování obsazenosti parkovacích míst je požadovaná přesnost měření v řádu decimetrů, a proto není nutné přihlížet k závislosti rychlosti zvuku (a tedy i přesnosti měření) na teplotě.

Na trhu existují různé varianty ultrazvukových senzorů. I u nich lze pozorovat rozdílné vlastnosti a různou stabilitu v kvalitě měření. Následující tabulka č. 7 popisuje bližší detaily k vybraným modelům.

Tabulka 7 - Vybrané modely ultrazvukových senzorů

Model	Přesnost	Dosah	Napětí	Cena ¹³	Dodatečné informace
HC-SR04	3 mm	4 m	5 V	17 Kč	Základní model, cena od 0,8 USD.
HC-SR04P	3 mm	4 m	3,3 – 5 V	18 Kč	Cena od 0,85 USD.
HY-SRF05	2 mm	4 m	5 V	22 Kč	Cena od 0,99 USD.
US-015	1 mm	4 m	5 V	20 Kč	V testech bývá označován za nejspolehlivějšího zástupce (40). Cena od 0,9 USD.
US-100	3 mm	4,5 m	2,4 - 5,5 V	55 Kč	Vestavěná kompenzace chyb měření, které jsou způsobené změnou teploty. Cena od 2,5 USD.

Z tabulky č. 7 je zřejmé, že existuje více modelů a že se tyto modely od sebe liší v dosahu, kompenzaci nepřesností, ceně nebo i v podporovaném napájecím napětí. Nejběžnější

¹³ Ceny jsou použité z internetového obchodu Aliexpress a jsou přepočteny kurzem 21,7 Kč/USD

mikrokontroléry a čidla operují s 3,3 a 5 volty. Pro vhodný výběr čidla je potřeba vždy zvolit takovou variantu, která odpovídá napájecímu napětí mikrokontroléru.

Ultrazvuková čidla mají dle mého názoru výborné předpoklady pro to, aby byla použita pro implementaci monitorovacího systému v garážích. Jsou relativně levná, existují speciální knihovny pro mikrokontroléry, které řeší i přepočítávání délky odezvy signálu na vzdálenost. Vývoj kódu pro obsluhování takovýchto čidel je pak o mnoho jednodušší.

2.2.2 Vybraná komunikační rozhraní a standardy

Dá se předpokládat, že přenos informací mezi DAQ uzly, agregátory a cílovými aplikacemi je jedna ze základních problematik téměř každého IoT návrhu. Existuje více variant, jak přenášet informace. Mezi základní kategorie lze řadit:

- přenos dat po kabelech (je často k vidění v nákupních centrech),
- bezdrátový přenos dat (jako je např. u řešení od společnosti Citiq).

Bezdrátových způsobů přenosu je rovněž více. Některé technologie jsou vhodnější pro přenos dat na kratší a jiné na delší vzdálenosti. Některé jsou například optimalizované na nízkou spotřebu, jiné jsou optimalizované na vysokou propustnost dat a podobně.

2.2.2.1 Přenos dat na kratší vzdálenosti

Pro přenos dat na kratší vzdálenosti (sítě typu PAN, LAN) bývá vhodné použít komunikační standardy jako Bluetooth, Wi-Fi, Zigbee a podobné. Existují moduly pro mikrokontroléry, které umožňují tyto standardy využívat. Samotné technologie mají své odlišnosti z pohledu dosahu, spotřeby energie a z toho vyplývá rozdílná vhodnost pro různé projekty. Pro realizace s provozem na baterie bude nízká spotřeba pravděpodobně zásadní otázka, zatímco pro realizace připojené do elektrické sítě tomu tak nemusí být.

V následující tabulce č. 8 jsou zachyceny základní informace o vybraných technologiích pro přenos dat na kratší vzdálenosti.

Tabulka 8 - Vybrané standardy pro přenos dat na kratší vzdálenosti

Technologie	Frekvence	Standard	Detaily
Bluetooth	2,4 GHz	IEEE 802.15.1	Je orientována na přenos většího množství dat na krátké vzdálenosti do cca 10 m. Je převážně využíván ve spotřební elektronice (telefony, hodinky, bezdrátové reproduktory a podobně). Od verze 4 dokáže přenést menší množství dat na delší vzdálenost (až 100 m) při nižší spotřebě energie. Od verze 4.2 se ve variantě BLE standard rozšiřuje o vlastnosti použitelné pro IoT řešení (41), (42).
Zigbee (43)	868 MHz	IEEE 802.15.4	Je orientována na nízkou spotřebu a nižší objemy dat na vzdálenosti až 75 m. Je vhodný pro využití i pro průmyslovou automatizaci, dálkové ovládání spotřebičů (např. topení, žaluzie, světla). Zigbee standard je využíván různými výrobci a pomáhá tak se zaváděním kompatibility mezi výrobky od různých výrobců.
Wi-Fi	5 GHz 2,4 GHz	IEEE 802.11	Je orientována na vyšší objemy dat na kratší i delší vzdálenost. Je to rozšířený standard komunikace patřící do sítí typu LAN s vysokou propustností (až 600Mbps) a dosahem až 100 m s běžnými anténami, případně desítky kilometrů se speciálními směrovými anténami.

Z tabulky č. 8 je mimo jiné zřejmé, že všechny tyto standardy využívají tzv. bezlicenční pásmo, které je určené pro provozování vysílacích rádiových zařízení krátkého dosahu (44).

Vedle těchto standardů rovněž existují i různá proprietární řešení, která je možno použít pro přenos informací na kratší vzdálenosti. Toto se týká i bezdrátových modulů u mikrokontrolérů, jako je např. přídatný rádiový modul pro Arduino nebo vestavěný rádiový modul u BigClown.

2.2.2.2 Přenos dat na delší vzdálenosti

Pro přenos dat na delší vzdálenosti je rovněž možné použít větší množství způsobů. Ještě před příchodem LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) sítí byla často používána řešení založená na technologii GSM. Přes GSM brány bylo možné ovládat domácí zabezpečovací stanice, získávat informace o vytápění a podobně. V poslední době vznikají nové sítě, které jsou primárně určeny pro provoz a datovou komunikaci ve světě IoT. Tyto sítě jsou optimalizované na nízkou spotřebu a relativně nízkou cenu předplatného služby.

V následující tabulce č. 9 jsou základní informace o vybraných technologiích pro přenos dat na delší vzdálenosti.

Tabulka 9 - Vybrané standardy pro přenos dat na delší vzdálenosti

Technologie	Frekvence	Standardy	Detaily
GSM	900 MHz, 1,8 GHz, 1,9 GHz, 2,1 GHz	GSM/GPRS/ EDGE/UMTS/ LTE a další.	Nejrozšířenější standard pro mobilní telefony na světě. Síť umožňuje přenos dat a umožňuje zapojení různých dalších zařízení (automobily, plynové kotle, zabezpečovací zařízení a podobně). Síť zaručuje relativně dobré pokrytí.
SigFox	868 MHz v Evropě	SigFox (LPWAN)	Síť určená primárně pro IoT. Díky nízké přenosové rychlosti a malému objemu odesílaných dat mohou mít baterie v zařízení výdrž až 15 let. Dosah signálu k základnové stanici je až 50 km. Síť využívá úzkého spektra a je vysoce odolná vůči rušení. Je vhodnější především pro jednosměrnou komunikaci (45), (46), (47).
LoRa	868 MHz v Evropě	LoRaWAN (LPWAN)	Je podobně jako síť SigFox orientovaná na nízkou spotřebu. Umožňuje odesílání větších datových paketů než SigFox a podporuje symetrickou komunikaci oběma směry. Využívá větší spektrum, a proto může být komunikace více zaručená než u konkurenčního SigFoxu (47).

Pro monitorování parkovacích míst v garážích by mohla být vhodná jakákoliv z výše zmíněných technologií. Použití technologie GSM není energeticky úsporné, proto není toto řešení vhodné pro projekty s bateriovým napájením. Pro výběr mezi sítí LoRa a SigFox je potřeba vzít v úvahu potřebu zpětného kanálu. Pro projekt, který vyžaduje zpětný kanál (pro zasílání příkazů do zařízení), by mohla být vhodnější technologie LoRa. Pro projekty, kde typicky není potřeba využití zpětného kanálu a ani přenosy většího množství dat, může být ideální spíše technologie SigFox.

Zjišťování obsazenosti parkovacích míst typicky nevyžaduje zpětnou komunikaci na jednotlivá parkovací místa, a proto se mi jeví využití sítě SigFox jako ideální varianta. Z tohoto důvodu v následující kapitole představuji blíže právě tuto technologii včetně jejích zjištěných omezení.

2.2.2.3 SigFox

SigFox je nadnárodní veřejná komunikační síť, která je v ČR budována firmou T-Mobile ve spolupráci se společností SimpleCell Networks. Tato síť funguje již ve 13 zemích světa.

Podle vyjádření společnosti SimpleCell mohou být do sítě zapojeny věci, zařízení nebo senzory nezávislé na elektřině a vydržit při provozu na baterie patnáct let provozu s vysokou spolehlivostí i bezpečností. Zároveň cena modemů i předplatného se pohybuje v řádech desítek korun a usnadňuje tak masové nasazení milionů zařízení.

Typickými oblastmi stovek aplikací sítě SigFox v Evropě jsou odečty vody, elektřiny, plynu, parkovací senzory, Industry 4.0, SmartCity, zabezpečovací zařízení, logistika, péče o seniory, měření srážek a průtoků na záplavových tocích a podobně (48).

2.2.2.4 Omezení platformy SigFox

Je obecně známo, že každá technologie má svá omezení. Tato omezení je vždy nutné zohlednit při návrhu a realizaci řešení. Pro rádiový provoz existují fyzikální, technologická i legislativní omezení, z nichž je pro aplikaci SigFox a tento projekt nejpodstatnější nařízení o vysílání v nelicencovaném pásmu 868 MHz.

Podle tohoto nařízení (resp. regulace ETSI) mohou zařízení v tomto pásmu vysílat 1 % času z každé hodiny. Pro tuto platformu bylo omezení implementováno následovně:

- velikost zprávy může být maximálně 12 Bajtů,
- může být odesláno 6 zpráv za hodinu (sleduje se denní limit 144 zpráv).

V případě opakovaného nedodržení těchto limitů hrozí následné zamítnutí poskytování služeb (tzv. ban) poskytovatelem služby. To by prakticky vedlo k vyřazení zařízení z provozu. Ve výjimečných případech je možné tento limit překročit, ale při běžném provozu je nutné toto omezení dodržovat ¹⁴.

2.3 Shrnutí analýzy vybraných technologií pro sledování obsazenosti

V předchozích podkapitolách jsem nastínil, že je mnoho různých zařízení a technologií, které lze použít pro tvorbu systému pro sledování obsazenosti parkovacích míst. Rovněž jsem představil zástupce komerčních řešení sledování obsazenosti parkovacích míst a hledal v jejich řešeních podobnosti.

Provedl jsem analýzu vybraných mikrokontrolérů, čidel a komunikačních standardů. Následně jsem došel k rozhodnutí, že pro praktickou část této práce bude optimální použít následující komponenty:

- mikrokontrolér BigClown Core,
- ultrazvukové čidlo HC-SR04P,
- LPWAN síť SigFox.

¹⁴ **Zjištěná informace k technickému řešení množstevního omezení zpráv:** Pro softwarové implementace omezení množství zpráv zástupci společnosti Simplecell (provozovatel sítě SigFox) doporučují, aby se neposílalo více než 6 zpráv za hodinu nebo aby se v kódu udržovalo počítadlo s maximálními 144 zprávami, které se každých 24 hodin bude resetovat. Odesílání zpráv nad povolený limit se sleduje na denní bázi a občasná porušení tohoto limitu není trestáno odmítnutím služby (tzv. ban).

3 Garážová stání Unicorn College – zadání praktické části

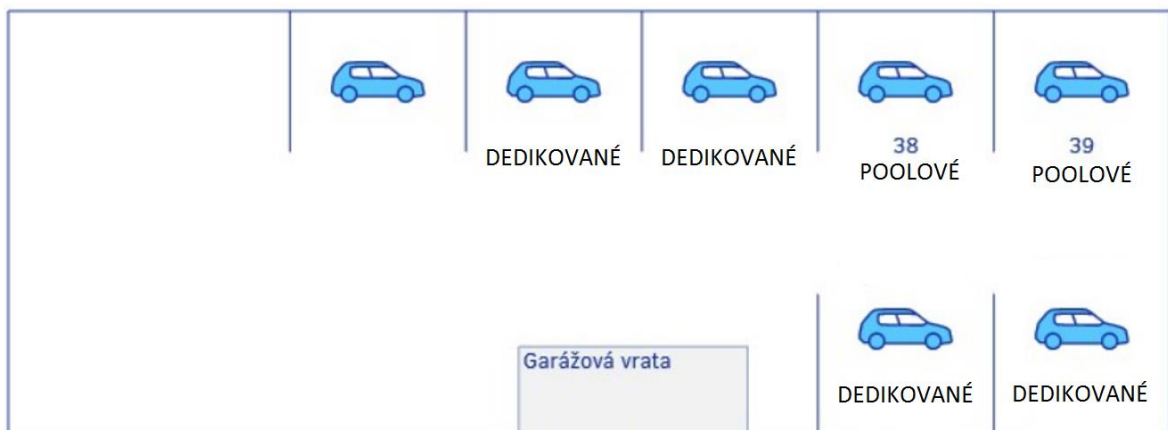
3.1 Současný stav

V následujících kapitolách zachycuji současný stav řešení a popisuji stávající procesy. Rovněž se zde zamyslím nad problémy současného stavu a nad tím, co by mohlo tyto problémy vyřešit.

3.1.1 Shrnutí současného stavu

Unicorn College má v pronájmu 6 parkovacích míst v garážích v ulici V Kapslovně. Není implementováno automatizované sledování obsazenosti parkovacích míst. Rezervace jsou zaznamenávány ručně do elektronického bloku na recepci. Diagram parkoviště je zachycen na následujícím obrázku č. 12.

Obrázek 12 - Evidence parkování v Unicorn College (49)



Jsou zde dva druhy parkovacích míst: dedikovaná místa a poolová (veřejná) místa. Poolová stání (č. 38 a č. 39) jsou sledována recepcí. Rezervace těchto míst jsou zaznamenávány do tabulky. Dedikovaná parkovací místa většinou nejsou uvolňována pro návštěvy, ale za určitých podmínek by mohla být. Na následujícím obrázku č. 13 je vyobrazen výřez z tabulky pro rezervace.

Obrázek 13 - Rezervační tabulka v evidenci parkování Unicorn College (systém UCL)

*rezervace *minulost *aktuálně

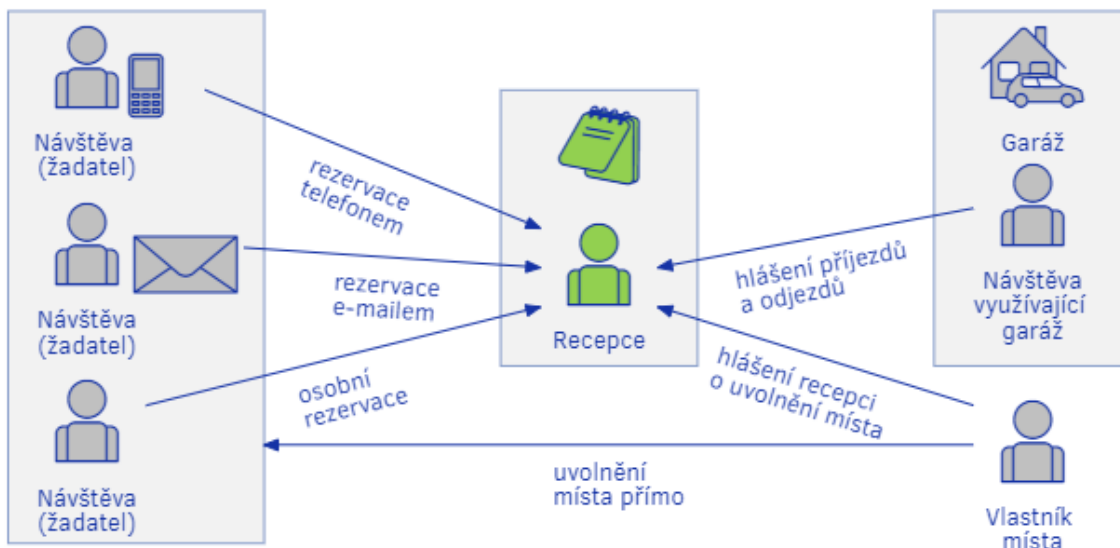
Místo č. 39			Místo č. 38		
Datum	Čas	Jméno	Datum	Čas	Jméno
Prosinec			Prosinec		

V rámci sblížení studentů s tematikou IoT byl vyhlášen tento projekt, jehož výsledky mohou pomoci škole s efektivnější organizací parkoviště a studentům pomohou se zapojením do řešení podobných IoT projektů.

3.1.2 Popis stávajících relevantních procesů

Na následujícím diagramu je shrnutý současný stav procesu zjišťování obsazenosti a rezervace parkovacích stání.

Obrázek 14 - Souhrnný přehled současných procesů (vlastní zpracování v uuBML)



Na obrázku č. 14 jsou zachyceny současné aktivity spojené se správou parkoviště. Rezervace, které se týkají poolových parkovacích míst, jsou zaznamenávány do elektronického bloku recepcí. Aktivity, které se týkají dedikovaných míst, bývají komunikovány přímo mezi návštěvou a vlastníkem parkovacího místa. Příjezd návštěvy na parkoviště je hlášen na recepci.

Byly identifikovány čtyři základní procesy spojené s rezervacemi parkovacích míst. Tyto procesy jsou popsány v následující tabulce č. 10.

Tabulka 10 - Popis stávajících procesů

ID procesu	Název	Poznámka
1	Rezervace volného parkovacího místa (a zjištění plánované obsazenosti)	Je možné osobně, telefonicky nebo mailem domluvit rezervaci parkovacího místa. Rezervace a jejich změny jsou domlouvány recepcí, kde jsou rezervace zaznamenávány do elektronického bloku.
2	Dočasné přenechání dedikovaného parkovacího místa	Je možné, že vlastník místa dočasně přenechá své parkovací místo k využívání někomu dalšímu. Tuto informaci může nahlásit recepci. Například když odjíždí na týden pryč.
3	Příjezd na / odjezd z rezervovaného místa	Příjezd a odjezd na parkovací místo je hlášen recepci. Recepce rovněž půjčuje návštěvě kartu na otevření brány.
4	Kontrola	Parkovací místa jsou náhodně kontrolována, zda nejsou obsazena někým neočekávaným, jestli fungují světla a podobně.

3.1.3 Shrnutí problému

V následující tabulce č. 11 je zachyceno shrnutí problému. Tabulka popisuje, jaké aktéry problém ovlivňuje, jaké má dopady a co by mohlo být jeho úspěšné řešení.

Tabulka 11 - Shrnutí problému

Problém	Problém spočívá především <ul style="list-style-type: none">• v neefektivitě systému správy a rezervací parkovacích stání,• ve zbytečné zatěžování recepce,• v nadbytečné komunikaci. Významně neefektivní je rovněž využívání dedikovaných míst, která by mohla dočasně sloužit návštěvám.
Dotčený subjekt	Recepce a návštěvy
Dopad	<ul style="list-style-type: none">• Přetěžování recepce,• neefektivní využívání garážových stání,• nepřesnosti, nedostatečná kontrola míst.
Řešení	<ul style="list-style-type: none">• Automatické zjišťování obsazenosti parkovacích míst s pomocí moderních IoT technologií,• zavedení rezervačního systému parkovacích míst, který by mohly využívat i návštěvy přímo.

3.2 Definice projektu

V této kapitole pojednávám o cílech a rozsahu projektu. Na konci této kapitoly zachycuji souhrn tří základních byznys požadavků na nový systém.

3.2.1 Cíle projektu

Bude existovat automatizované řešení pro správu garážových parkovacích stání. Řešení bude konfigurovatelné, rozšiřitelné a bude umožňovat zapojení do firemního informačního systému.

Z mobilního zařízení nebo i z počítače bude možné zobrazit obsazenost míst. Bude také možné provádět rezervace volných poolových parkovacích míst, která nejsou rezervovaná někým jiným. Dedikované parkovací místo bude možné rezervovat také, ale pouze pokud ho jeho vlastník dal k dispozici.

Oprávnění uživatelé systému budou mít možnost zjišťování stavů parkovacích míst, vytvářet a spravovat své rezervace. Rovněž budou mít možnost zkontaktování recepce, která bude schopna rezervaci zadat a měnit v zastoupení. Vlastníci budou mít možnost zjišťování stavů parkovacích míst a budou mít umožněno dočasně uvolňovat svá místa ostatním. Systém bude informovat účastníky o zapsaných a změněných rezervacích. Rezervace a obsazenost by měly být auditovány. Ze zjištěných údajů by mělo být možné následně vytvořit statistiku obsazenosti jednotlivých míst.

Systém umožní administrátorovi spravovat uživatele, parkovací místa, jejich typ a vlastníky. Systém bude rovněž sledovat svůj aktuální stav a zjišťovat problémy, o kterých bude notifikovat předem určené osoby. Správce systému bude mít přístup k nahlášeným chybám a k auditním logům. Řešení by mělo být navrženo s ohledem na celkové náklady a zabezpečení.

Doplňující technické informace k zadání:

1. Parkovací místa nejsou vlastněna školou Unicorn College. Předpokládá se, že si vlastník parkovacích míst nepřejde zásahy do elektroinstalací ani do podlah.
2. V garážích není Wi-Fi s připojením k internetu.
3. V garážích je více parkovacích míst. Pouze šest míst je pronajato UCL, z čehož dvě místa jsou určena pro návštěvy.
4. V garážích je automatické osvětlení.
5. Garáže nejsou vyhřívané. Na místě mohou nastat i teploty okolo -20 °C.
6. Není vyžadována voděodolnost dodávaných komponent.

3.2.2 Rozsah projektu

Projekt je z důvodu svého rozsahu rozdělen do tří návazných etap, přičemž pouze první etapa je předmětem této bakalářské práce.

Rozdělení projektu do tří etap:

- V první etapě bude navrhnout koncept řešení nového systému s názvem GS2020. Budou také navrženy a vytvořeny prototypy zařízení pro garáž. Ty budou zjišťovat obsazenost parkovacích míst motorovými vozidly. Systém bude následně odesílat informaci do SigFox cloudu, který bude pro uživatele služby přístupný v rámci předplatného.
- V druhé etapě bude vytvořen nový aplikační server GS2020 pro zobrazování stavů parkovacích míst. Bude zahrnovat tzv. backendovou část včetně uživatelského rozhraní aplikace.
- V třetí etapě bude systém rozšířen o funkčnosti rezervačního systému.

Změny v důsledku realizace projektu

- Po dodání všech etap projektu bude uveden do provozu nový systém sledování a rezervování parkovacích míst. Rezervace a uvolňování si budou návštěvy a vlastníci provádět v systému sami. Stále bude možné rezervace a uvolňování spravovat v zastoupení s pomocí recepce.
- Díky tomuto projektu recepci ubude práce. Rovněž bude možné efektivněji využívat více parkovacích míst a také okamžitě zjišťovat případné komplikace v garážích.

Výstupy z první etapy projektu jsou shrnuty v následující tabulce č. 12.

Tabulka 12 - Výstupy z první etapy projektu

Název	Popis
Konsolidované požadavky na systém	Dokument typu xls, ve kterém budou zachyceny funkční požadavky rozčleněné podle případů užití. K požadavkům budou přiřazeny priority. Dokument rovněž bude obsahovat nefunkční požadavky, které budou označeny jako NF. Požadavky budou zařazené do skupin dle metodiky FURPS+. <i>Dokument je v příloze D – přiložený na CD v elektronické podobě.</i>
Návrh konceptu řešení	Návrh konceptu řešení. <i>Návrh konceptu řešení je obsažen v kapitole 4 tohoto dokumentu.</i>
Detailní návrh DAQ uzlu a agregátoru	Návrh řešení bude mít tři hlavní části: <ul style="list-style-type: none"> • návrh prototypu DAQ uzlu a agregátoru – HW část, • návrh logiky chování DAQ uzlu a agregátoru – SW část, • návrh rozhraní a formátu zpráv. <i>Detailní návrh DAQ uzlu, agregátoru a rozhraní je obsažen v kapitole 4.4 tohoto dokumentu.</i>
Prototyp DAQ uzlu s firmware	Zařízení založené na stavebnici BigClown opatřené ultrazvukovým senzorem a senzorem na snímání světla. Na zařízení bude instalován firmware, který bude splňovat především funkční požadavky s nejvyšší prioritou – jako např. párování, komunikace s agregátorem, zjišťování množství světla, odesílání informací o obsazenosti a stavu baterií. <i>Zdrojové kódy jsou přiloženy na CD a schéma zapojení je znázorněno v kapitole 4.4.</i>
Prototyp agregátoru s firmware	Zařízení založené na stavebnici BigClown, opatřené SigFox modulem. Na zařízení bude instalován firmware, který bude zajišťovat funkcionality s nejvyšší prioritou jako např. párování, komunikace s DAQ uzly, agregace zpráv, odeslání SigFox zprávy. <i>Zdrojové kódy jsou přiloženy na CD a schéma zapojení je popsáno v kapitole 4.4.</i>

3.3 Přehled klíčových požadavků

Tento projekt by měl splňovat následující tři klíčové byznys požadavky, aby přinesl očekávanou přidanou hodnotu.

Tabulka 13 - Přehled klíčových byznys požadavků

Požadavek	Popis
BR1	Bude existovat automatický systém, který umožní uživatelům na dálku sledovat stav parkovacích míst.
BR2	Systém bude umožňovat lépe a efektivněji využívat stávající parkovací místa (uvolňování dedikovaných míst, správa rezervací).
BR3	Nový systém sníží současnou zátěž (spojenou s operativou okolo rezervací) na pracovníky recepcce.

Tyto byznys požadavky jsou podrobněji rozpracovány do podoby funkčních a nefunkčních požadavků. Požadavky jsou zachyceny v příloze D (na přiloženém CD), kde jsou kategorizovány, opatřeny prioritami a mapovány na případy užití.

Některé funkční a nefunkční požadavky nejsou přímo založené na byznys požadavcích. Vychází z mé úvahy o tom, jaké by měl mít takovýto systém vlastnosti, aby uživatelům přinášel užitek.

4 Garážová stání UCL (etapa 1)

4.1 Návrh první etapy systému GS2020

Z důvodu rozsahu byl projekt rozdělen do tří etap. V této kapitole se zabývám návrhem první etapy řešení nového systému. Detailně se zde zabývám DAQ uzly a agregátory. Tato práce je koncipovaná tak, aby bylo na ni možné dále navázat.

Vize projektu je společná pro všechny tři etapy. V následujících podkapitolách se zabývám pouze DAQ uzly, agregátory a jejich integrací.

4.1.1 Vize (etapy 1, 2, 3)

V této kapitole pojednávám o projektu a cílech projektu. Představuji celkový koncept a všechny komponenty návrhu řešení. Dále pak shrnuji zabezpečení systému, úspornost a očekávané přínosy řešení.

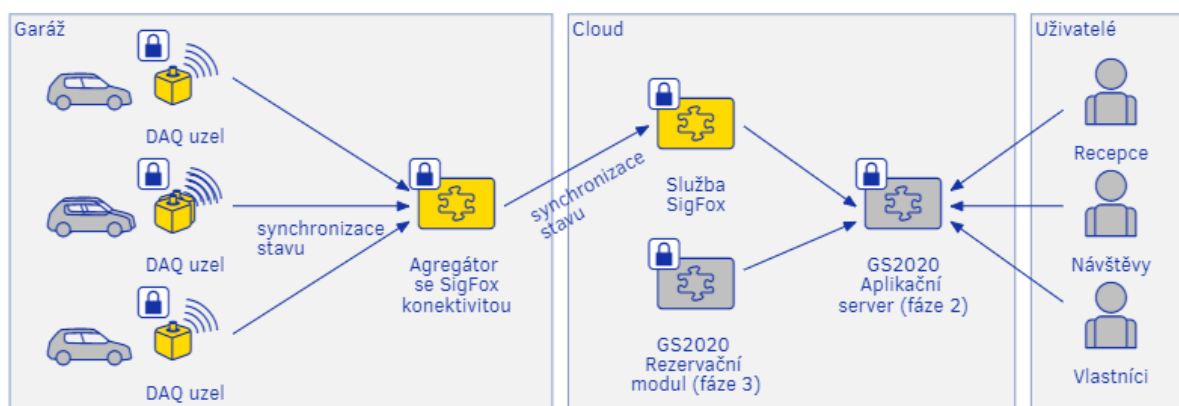
Popis projektu a cílů

Primárním cílem celého projektu je efektivnější využití současných parkovacích míst a snížení zátěže s operativou okolo rezervací. Nové SW řešení má být schopno vzdáleně zobrazit obsazení míst a umožnit rezervaci volných míst. Dedikovaná parkovací místa (patřící konkrétní osobě) by mělo být v systému možno dočasně rezervovat také, pokud je jejich vlastník dal dočasně k dispozici.

Základní koncept řešení systému GS2020

Systém GS2020 se bude skládat z několika komponent, které spolu budou komunikovat. Budou tak synchronizovat stav parkoviště mezi jednotlivými čidly (DAQ uzly), agregátorem a aplikačním serverem GS2020. K aplikačnímu serveru se budou mít možnost připojovat uživatelé za účelem zjišťování aktuálního stavu parkovacích míst. Budou mít rovněž možnost zadávat a měnit dočasné rezervace. Diagram navrhovaného konceptu řešení systému je vyobrazen na obrázku č. 15 níže.

Obrázek 15 - Návrh konceptu systému GS2020 (vlastní zpracování), (50)



Popis komponent z obrázku č. 15 je zachycen v následující tabulce č. 14.

Tabulka 14 - Popis komponent konceptu systému GS2020

Název	Popis
DAQ uzel GS2020	HW zařízení založené na platformě BigClown. Bude pomocí ultrazvukového čidla zjišťovat obsazenost a posílat údaje agregátoru. Zařízení bude umístěno u každého parkovacího místa. Pro první etapu projektu bude tedy potřeba šest kusů těchto zařízení. Tato zařízení budou synchronizovat svůj stav do agregátoru.
Agregátor GS2020	HW zařízení založené na platformě BigClown. Bude získávat údaje z DAQ uzlů, agregovat do jedné zprávy a posílat do SigFox cloudu. Pro první etapu projektu bude potřeba jedno toto zařízení. Data budou v síti SigFox chráněna pomocí VPN a SSL protokolů a pomocí speciálního počítačového programu.
SigFox služba (cloud)	Externí systém, který bude získávat data z agregátoru a bude informace přeposílat do aplikačního serveru GS2020. Pro první etapu projektu bude potřeba jeden SigFox modul s předplatným služby.
Aplikační server GS2020 (fáze 2)	Aplikační server GS2020, bude získávat zprávy ze SigFox cloudu. Ze zpráv bude zjišťovat obsazenost parkovacích míst a případné problémy systému. Informace bude zpracovávat, uchovávat a zobrazovat autorizovaným uživatelům.
Rezervační modul GS2020 (fáze 3)	Modul, který bude zodpovědný za správu rezervací parkovacích míst. Měl by být součástí Aplikačního serveru GS2020.

Shrnutí zabezpečení v systému GS2020:

1. Zařízení budou umístěna v garáži za garážovými vraty. Do garáže mají přístup pouze lidé s přístupovou kartou.
2. Informace v předávaných zprávách z DAQ uzlů bude kódována do jednoho Bajtu.
3. Zařízení budou opatřena gyroskopickým senzorem. V případě detekovaného pohybu čidla bude odeslána notifikace pro zjištění manipulace se zařízením.
4. Mezi zařízeními BigClown bude probíhat šifrovaná komunikace s pomocí hardwarového kryptočipu.
5. Síť SigFox bude zajišťovat ochranu dat pomocí autentizace zařízení (unikátní kryptografický token) a s pomocí sekvenčního počítačového programu u zpráv.
6. Zprávy mezi SigFox cloudem a aplikačním serverem GS2020 budou šifrovány pomocí vestavěné podpory SSL.
7. Přenos informací mezi klientskými zařízeními a aplikačním serverem GS2020 bude chráněn protokolem HTTPS.

Shrnutí úspornosti řešení GS2020:

1. Bude možné efektivněji pronajímat více parkovacích míst.
2. Předpokládá se snížení zátěže na recepci.
3. Pro současných šest parkovacích míst bude vyžadováno pouze jedno předplatné pro službu SigFox (v první verzi bude vestavěná podpora až pro 11 čidel).
4. U zařízení s provozem na baterie lze předpokládat relativně nízké instalační náklady v porovnání s instalací, která by vyžadovala změnu elektroinstalace.
5. Jednotlivé komponenty budou na sobě technologicky nezávislé. V budoucnu by mělo být technicky možné jednotlivé komponenty vyměnit za jiné.
6. Komponenty by měly být integrovatelné. Mělo být možné zapojit do systému venkovní čidla a zapojit komponenty ze systému UAF. Zde by mělo být možné využít funkcionality jako autorizace, rezervační modul (používaný pro rezervace místností) nebo i nový modul představený v rámci projektu „Smart parking“.

Shrnutí přínosů řešení GS2020:

1. Celkové řešení by mělo zmírnit nebo vyřešit problém v neefektivitě systému správy a rezervací parkovacích stání.
2. Návštěvy budou mít možnost vidět aktuální stav parkoviště a budou mít představu, jestli jet na místo vlastním motorovým vozidlem, nebo použít jiný způsob dopravy.
3. Návštěvy budou mít možnost provádět dočasné rezervace parkovacích míst bez komunikace s recepcí.
4. Recepce bude mít okamžitý přehled o tom, kolik je právě volných parkovacích míst a bude mít možnost spravovat rezervace v zastoupení.
5. Uživatelé s dedikovaným parkovacím místem budou mít možnost dočasně uvolnit svá místa ostatním.
6. Administrátor bude mít možnost vzdáleně sledovat technický stav zařízení včetně auditních a chybových logů. Bude mít možnost konfigurovat systém.

4.1.2 Aktéři a případy užití

V první etapě projektu budou vystupovat systémoví aktéři DAQ uzel a agregátor. Jejich popis a cíle jsou zachyceny v tabulce č. 15 níže. Rovněž je zde zachycen aplikační server GS2020, který není součástí první etapy projektu. Ten je zde popsán pouze pro zobrazení návazností mezi první a druhou etapou projektu.

Tabulka 15 - Přehled vybraných aktérů (pro první etapu)

Název	Popis	Cíle
DAQ uzel GS2020	Zařízení postavené na platformě BigClown. Má za úkol zjišťovat obsazenost parkovacích míst pomocí ultrazvukového senzoru. Rovněž má sledovat intenzitu osvětlení, podle které má řídit intenzitu snímání. Každou změnu stavu má posílat agregátoru (i zjištěné chyby nebo pokus o krádež).	<ol style="list-style-type: none">1. Zjistit u parkovacího místa, zda je obsazené motorovým vozidlem.2. Zjistit technické informace o samotném čidlu.3. Pravidelně synchronizovat stav s agregátorem – při každé změně nebo při heartbeat zprávě.
Agregátor GS2020	Zařízení postavené na platformě BigClown. Je zodpovědné za sběr informací ze spárovaných DAQ uzlů a za posílání do aplikačního serveru GS2020. Má analyzovat stavy a zjišťovat případné problémy.	<ol style="list-style-type: none">1. Zjistit stavy všech připojených DAQ uzlů. Přijímat zprávy z DAQ uzlů. Zjistit, které DAQ uzly nefungují nebo hlásí problém.2. Pravidelné sestavení zprávy a zaslání do aplikačního serveru GS2020.
Aplikační server GS2020	Aplikační server zodpovědný za sběr a analýzu dat z agregátorů. Má umožnit vzdálené sledování obsazenosti parkovacích míst a sledování technického stavu zařízení. Má umožnit vybraným uživatelům provádět a spravovat rezervace určitých míst.	<ol style="list-style-type: none">1. Přijímat zprávy z agregátorů.2. Přečíst informace ze zprávy a přiřadit ke správným metadatům.3. Detekovat problémy se zprávami, agregátory a čidly a notifikovat nastavené účastníky o detekovaných problémech.4. Zobrazování aktuálních stavů parkovacích míst a jejich rezervace.

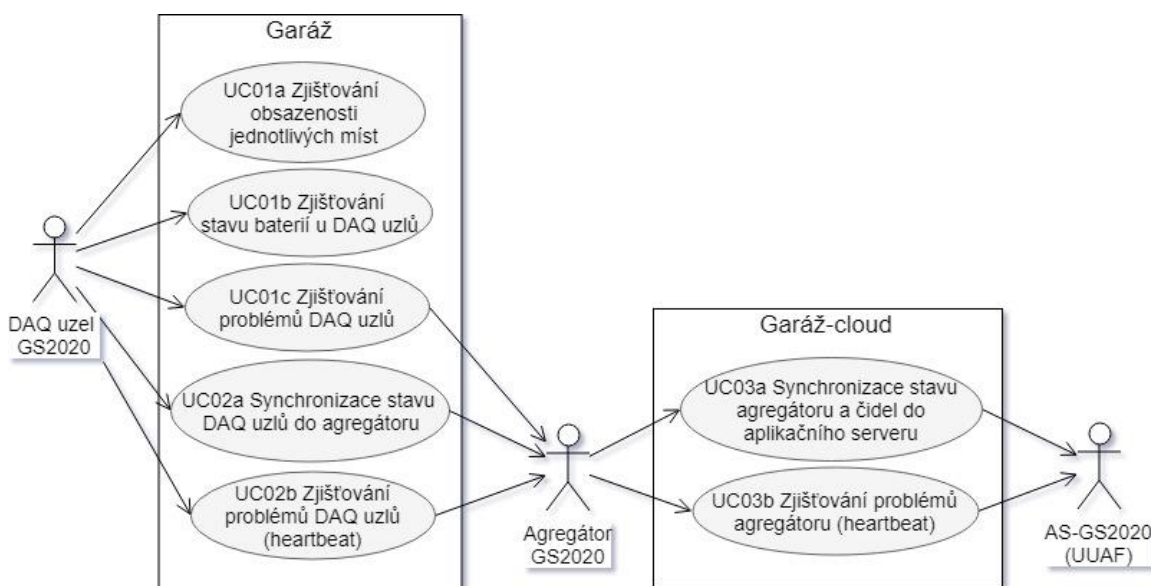
Případy užití definují kroky a interakce mezi rolemi a systémem. Následující vybrané případy užití v tabulce č. 16 se týkají aktérů z první etapy projektu a detailněji popisují požadované chování DAQ uzlů a agregátoru.

Tabulka 16 - Přehled vybraných use-case

Název	Popis
UC01a – Zjišťování obsazenosti u jednotlivých míst	Zařízení u jednotlivých parkovacích míst budou v pravidelných intervalech zjišťovat obsazenost pomocí měření vzdálenosti ultrazvukovým čidlem. Cílem je zjistit změnu stavu obsazenosti motorovým vozidlem a navázat na ni další kroky.
UC01b – Zjišťování stavu baterií u DAQ uzlů	Zařízení u jednotlivých parkovacích míst budou v pravidelných intervalech zjišťovat stav baterií a bude informaci předávat agregátoru.
UC01c – Zjišťování problémů DAQ uzlů u jednotlivých míst	Zařízení u jednotlivých parkovacích míst budou sledovat svůj technický stav. Cílem zjistit problém u DAQ uzlu a co nejdříve informovat odpovědnou osobu (s pomocí agregátoru, SigFox sítě a aplikačního serveru GS2020).
UC02a – Synchronizace stavu DAQ uzlů do agregátoru	Agregátor bude očekávat a zpracovávat zprávy od spárovaných DAQ uzlů. Získaná data z více DAQ uzlů bude agregovat. Bude detekovat změny a bude připravovat zprávy pro odeslání do aplikačního serveru GS2020. Cílem je zjistit změny obsazenosti parkovacích míst motorovými vozidly a informace předat do agregátoru.
UC02b – Zjišťování problémů DAQ uzlů (heartbeat)	Agregátor bude detekovat chyby na spárovaných DAQ uzlech. Chyba může přijít ve zprávě (např. nízký stav baterií). Za chybu se také považuje, že zpráva nedošla do jedné hodiny od poslední synchronizace. Nově zjištěné chyby se okamžitě budou přeposílat do aplikačního serveru GS2020 k dalšímu zpracování.
UC03a – Synchronizace stavu agregátoru a čidel do AS-GS2020	Aplikační server GS2020 bude očekávat a přijímat zprávy z agregátorů. Bude ze zpráv zjišťovat stavy jednotlivých míst a ukládat je pro vzdálené zobrazování stavů a další zpracování.
UC03b – Zjišťování problémů agregátoru (heartbeat)	Aplikační server GS2020 bude umět detekovat chyby na spárovaných agregátorech. Chyba může přijít ve zprávě (např. nízký stav baterií některého čidla). Za chybu se také považuje, že zpráva z některého čidla nedošla do 1 hodiny od poslední synchronizace. Pokud nedošla zpráva od agregátoru, mají být všechna jeho čidla označena jako chybná. Aktér bude schopen odeslat notifikace o vzniklých problémech.

Na následujícím obrázku č. 16 je s pomocí use-case diagramu zachycen vztah vybraných aktérů (z tabulky č. 15) a případů užití (z tabulky č. 16). Detaily jsou v příloze B. Další aktéři a jejich případy užití pro následující etapy projektu jsou v příloze C a D (na přiloženém CD).

Obrázek 16 - Případy užití: Garáž GS2020 (vlastní zpracování), (50)



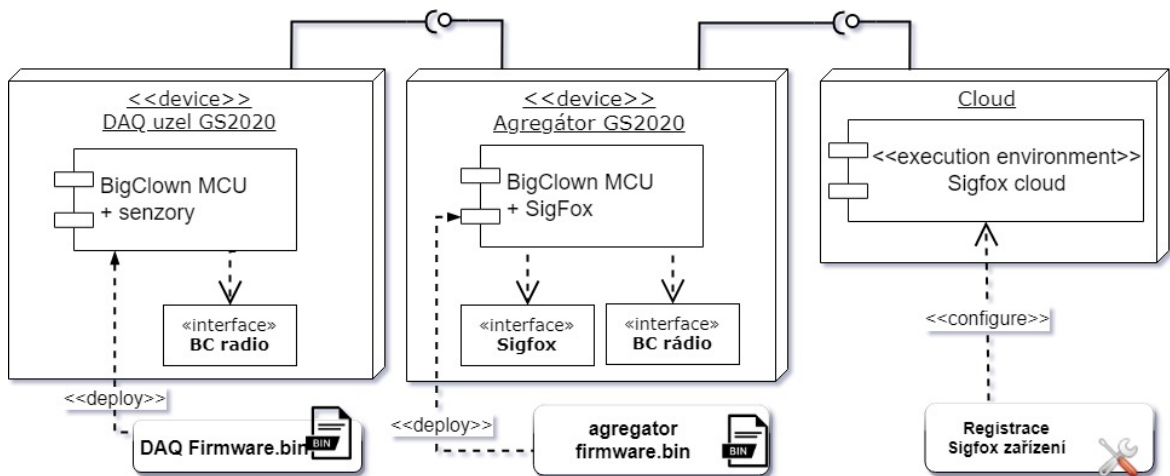
4.2 Návrh architektury řešení

V této kapitole je zachycen deployment model první etapy návrhu řešení. Dále je zde detailně rozpracován návrh DAQ uzlů, agregátoru a jejich rozhraní.

4.2.1 Deployment model

Řešení se bude fyzicky skládat z několika komponent, které spolu budou bezdrátově komunikovat. Na následujícím diagramu (obrázek č. 17) je znázorněn jeden DAQ uzel, jeden agregátor, SigFox cloud a jejich propojení. Uprostřed je agregátor, který poskytuje rozhraní pro DAQ uzel a sám používá rozhraní poskytované sítí SigFox. V tabulce č. 17 pod diagramem jsou popsány funkční bloky tohoto řešení.

Obrázek 17 - Deployment model pro první etapě (vlastní zpracování), (50)



Tabulka 17 - Popis funkčních bloků řešení

Jméno	Popis elementu
DAQ uzel GS2020	HW zařízení založené na platformě BigClown, které bude umístěné u každého parkovacího místa. V první etapě bude nasazeno 6 těchto zařízení. Budou vybaveny: <ol style="list-style-type: none"> 1. ultrazvukovým senzorem pro měření vzdálenosti, 2. senzorem pro měření intenzity světla, 3. bateriovým modulem se senzorem stavu baterií, 4. anténou a čipem pro bezdrátový přenos informací. Zařízení bude opatřeno firmwarem, který bude ovládat DAQ uzel a vykonávat určitou logiku podle nastavených pravidel. Detailní návrh této logiky je graficky zachycen v podkapitole 4.4.1 <i>Komponenta DAQ uzel</i> .
Rozhraní DAQ uzel – agregátor	Pro komunikaci mezi DAQ uzlem a agregátorem bude použit vestavěný čip a anténa pro rádiovou komunikaci. Synchronizace stavu bude probíhat pomocí zpráv v domluveném formátu. Detailní popis rozhraní je v kapitole 4.3 <i>Návrh rozhraní</i> .
Agregátor GS2020	HW zařízení založené na platformě BigClown které bude vybavené: <ol style="list-style-type: none"> 1. bateriovým modulem (nebo doplněné power-bankou), 2. anténou a čipem pro bezdrátový přenos informací, 3. modulem SigFox pro synchronizaci stavů do cloudu.
Rozhraní agregátor GS2020 – SigFox	Pro komunikaci mezi agregátorem a cloudem bude použit modul SigFox s předplacenou službou My SigFox Platinum. Modul bude zajišťovat rádiovou komunikaci a synchronizaci stavu do cloudu. Tu bude zajišťovat s pomocí zpráv v domluveném formátu. Detailní popis rozhraní je v kapitole 4.3 <i>Návrh rozhraní</i> .
SigFox cloud	Místo, ve kterém budou udržovat a dále zpracovávat přijaté zprávy ze SigFox modemu. Pomocí tzv. callback funkce se bude informace dále propagovat do dalších systémů.

4.3 Návrh rozhraní

V této kapitole se zabývám návrhem rozhraní mezi DAQ uzly, agregátorem a cloudem. V první podkapitole zachycuji na diagramu přehled řešení, jednotlivé komponenty a tok dat.

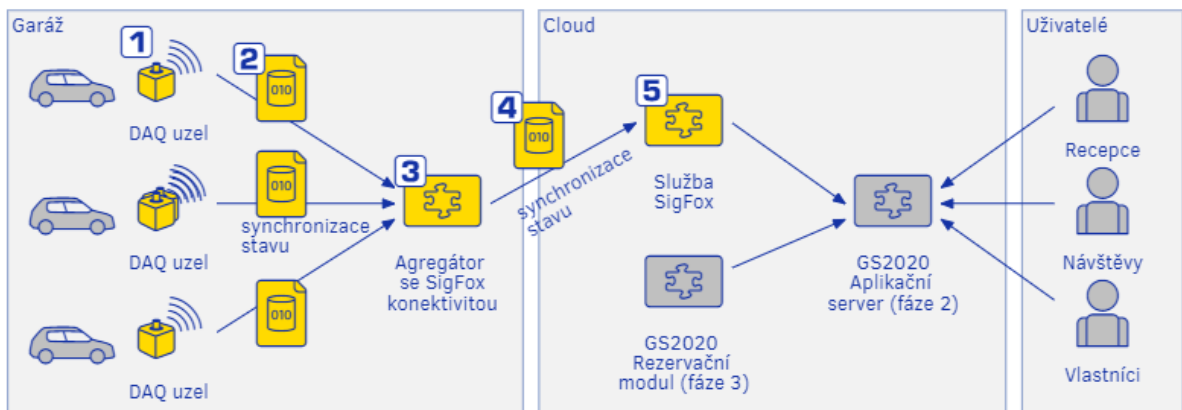
V následujících kapitolách detailně popisují rozhraní mezi DAQ uzly a agregátorem a mezi agregátorem a SigFox cloudem.

4.3.1 Přehled rozhraní

Stěžejní část celého řešení spočívá v přenosu informací z parkovacích míst až do uživatelských zařízení.

Na následujícím obrázku č. 18 je zachycen přenos informací z DAQ uzlů až do klientských zařízení. Žlutou barvou je zvýrazněná část systému spadající do první etapy projektu, kde jsou data přenášena z DAQ uzlů do cloudu. Šedé elementy (komponenty za službou SigFox) jsou v diagramu pro snazší zasazení řešené části do širšího kontextu.

Obrázek 18 - Přehled toku dat – první etapa (vlastní zpracování v uuBML)



Informace o obsazenosti parkovacích míst se bude zjišťovat šesti BC DAQ uzly (č. 1). Zde se bude obsazenost a technický stav uzlu kódovat do zprávy (č. 2) a posílat do agregátoru. Při synchronizaci bude využita vestavěná šifrovaná komunikace.

V agregátoru (č. 3) se budou přichodící data analyzovat a bude se vyhodnocovat nutnost zaslání synchronizační zprávy (č. 4) na vzdálené úložiště. Pro zaslání zpráv bude využita síť SigFox (č. 5), která chrání přenášené informace pomocí technologií VPN a SSL.

Zpráva zůstane uložena v cloudu u operátora. Druhá etapa projektu se bude zabývat přeposíláním této zprávy do aplikačního serveru GS2020 a následným dekódováním obsahu zprávy a zobrazováním stavů parkovacích míst uživatelům.

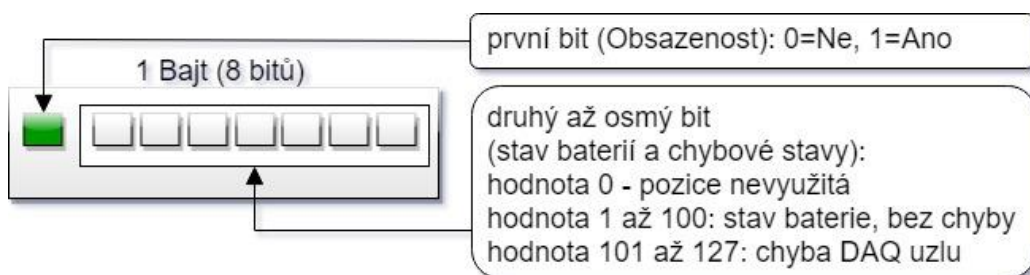
V následujících kapitolách jsou blíže popsány komponenty a rozhraní z první etapy projektu. Jsou zde také detailně popsány samotné zprávy i s příklady z různých situací.

4.3.2 Rozhraní DAQ uzel – agregátor

Mezi DAQ uzly a agregátory bude využívána jednosměrná komunikace. Ta bude zajišťovat synchronizaci stavu obsazenosti a stavu baterií do agregátoru. Komunikace bude probíhat při změnách stavu obsazení, při zjištění chyby nebo v případě heartbeat zpráv.

Z důvodu jednotnosti rozhraní a také úspory baterií se zasílaná informace z jednoho parkovacího místa bude binárně kódovat do jednoho Bajtu. Obsazenost bude uložena v prvním bitu a zbývajících 7 bitů (číslo 0 až 127) bude použito na synchronizaci stavu baterií a případných chyb. Rozložení synchronizačního Bajtu na dvě části je znázorněno na následujícím obrázku č. 19.

Obrázek 19 - Jeden Bajt pro synchronizaci DAQ-agregátor (vlastní zpracování)



Na obrázku výše je graficky znázorněna struktura synchronizační zprávy mezi DAQ uzlem a agregátorem. Pro synchronizaci stavu se bude vždy posílat jeden Bajt, ve kterém bude zakódováno více informací – obsazenost a technický stav DAQ uzlu.

V prvním bitu je uložen stav obsazenosti parkovacího místa a zbývajících sedm bitů bude využito pro synchronizaci stavu baterií a případných chyb DAQ uzlu. Hodnoty (reprezentující obsazenost parkovacího místa) jsou v tabulce č. 18.

Tabulka 18 - Obsazenost DAQ uzlu (první bit)

Hodnota	Binární hodnota	Popis
0	0	Volno
1	1	Obsazeno

Následující tabulka č. 19 popisuje základní technické stavy, které budou součástí synchronizačních zpráv mezi DAQ uzlem a agregátorem. Agregátor a aplikační server GS2020 z těchto zpráv následně budou mít možnost zjistit technický stav DAQ uzlu.

Tabulka 19 - Technické stavy DAQ uzlu (druhý až osmý bit)

Hodnota	Binární hodnota	Popis
1–100	000 0000–110 0100	Stav baterií v procentech a žádná detekovaná chyba.
101–121		Rezervované hodnoty pro další typy chyb.
122	111 1010	Pohyb čidla (možný pokus o krádež nebo manipulaci s čidlem).
123	111 1011	Kritický stav baterií.
124	111 1100	Selhalo měření obsazenosti.
125	111 1101	Selhalo měření stavu světla.
126	111 1110	Selhalo měření stavu baterií.
127	111 1111	Detekováno více chyb souběžně.

Způsob vkládání hodnot do zpráv

Pro uložení informace o obsazenosti a technickém stavu DAQ uzlu používám v kódu konstrukci zvanou bit shifting. V mé implementaci provádím kódování následovně:

```
buffer = (OBSAZENOST << 7) / (STAV);
```

Například obsazené místo se stoprocentním stavem baterie bude konvertováno takto:

```
buffer = (1 << 7) / (100);
```

Do proměnné buffer (typu unsigned int) se v uvedeném příkladu vloží binární hodnota 1110 0100 (příčemž první bit značí obsazenost a dalších 7 bitů značí číslo 100).

Podobným způsobem pak je pak na straně agregátoru zjišťováno z příchozí zprávy její význam:

```
OBSAZENOST = (buffer >> 7);
```

```
STAV = (buffer & 127);
```

Z obsahu zprávy do agregátoru bude možné určit, jestli došlo k chybě nebo změně stavu.

4.3.3 Rozhraní agregátor – SigFox

Agregátor bude v každé své zprávě posílat do cloudu stavy obsazenosti všech svých spárovaných míst, stavy baterií a případně i chybové stavy. Synchronizační proces bude v běžném režimu respektovat omezení na velikost a množství zasílaných zpráv.

Řešení limitu velikosti zpráv

Zprávy v síti SigFox jsou limitované svojí délkou. Velikost zprávy nesmí překročit limit 12 Bajtů. Každá zpráva se bude skládat z hlavičky a z těla zprávy. Hlavička bude uložena v prvním Bajtu zprávy a tělo bude uloženo ve zbývajících 11 Bajtech. Každý spárovaný DAQ uzel bude mít k dispozici jeden Bajt. Bude obsahovat agregovanou informaci, kterou agregátor získal při synchronizaci stavů s jednotlivými DAQ uzly. Toto rozložení zprávy určuje aktuální limit 11 DAQ uzlů pro jeden agregátor.

Řešení limitu množství zpráv

Síť SigFox umožňuje posílání maximálně 144 zpráv za den. Není možné zaručit, že se nestane více změn obsazenosti za den. Rozdělit den na 144 desetiminutových bloků není ideální kvůli vzniklému zpoždění mezi změnou a aktualizací. Proto bude zaveden šetřící algoritmus, který zaručí nepřekročení tohoto limitu a zároveň zaručí, že většina změn bude synchronizována hned a pouze v případě většího počtu změn bude zpoždění až 10 minut.

Šetřící algoritmus pro množství zpráv¹⁵

1. Při prvním spuštění bude odeslána synchronizační zpráva.
2. Bude se udržovat počítadlo nevyužitých denních zpráv (dále jen počítadlo).

¹⁵ Návrh tohoto šetřícího algoritmu byl ověřen u zástupců společnosti Simplecell. Není potřeba omezovat limit na 144 zpráv od půlnoci do půlnoci. Jejich hlavní požadavek je v celkovém nezneužívání služby. Bylo potvrzeno, že logika nulování počítadla každých 24 hodin je běžná praxe a neporušuje to pravidla používání služby SigFox. Rovněž bylo potvrzeno, že v mimořádných případech lze odeslat více než 144 zpráv za den. Nesmí se ale jednat o dlouhodobé chování a v průměru by se tento limit neměl překračovat.

3. Každých 10 minut bude počítadlo navýšeno o jedničku.
4. Každých 24 hodin se počítadlo vynuluje.
5. Pokud se stane změna v obsazenosti jednoho z přiřazených čidel
 - a. a v počítadle je hodnota větší než nula, odešle se synchronizační zpráva a počítadlo se poníží o jedna.
 - b. a v počítadle je hodnota nula, pak se odloží odeslání zprávy na další navýšení počítadla. Zpráva se v tomto případě odešle, pouze pokud byla zjištěna nová chyba.
6. Pokud se neodeslala zpráva o změně za poslední hodinu, odešle se synchronizační zpráva a počítadlo se poníží o jedničku.

Technologie pro vkládání hodnot do zprávy

Agregátor má vyhrazený první Bajt pro informaci o svém stavu. Ostatních jedenáct Bajtů je vyhrazených pro spárované DAQ uzly. V následující tabulce č. 20 jsou zachyceny stavy, které mohou u agregátoru nastat v první etapě projektu a budou uloženy v tomto Bajtu.

Tabulka 20 - Technické stavy agregátoru

Hodnota	Binární hodnota	Popis
0–100	000 0000–110 0100	Stav baterií u agregátoru v procentech a žádná detekovaná chyba
101–121		Rezervované hodnoty pro další typy chyb
122	111 1010	Pohyb čidla (možný pokus o krádež nebo manipulaci s čidlem)
123	111 1011	Kritický stav baterií agregátoru
127	111 1111	Detekováno více chyb souběžně

Příklady synchronizační zprávy z agregátoru do SigFox cloudu.

V následující tabulce č. 21 jsou ukázkové příklady synchronizačních zpráv z agregátoru do SigFox cloudu. Jsou zde zachyceny tři vybrané situace a vyobrazena synchronizační zpráva, která tyto informace synchronizuje do cloudu. Prvních osm sloupců obsahuje zprávu rozdělenou po Bajtech, v devátém sloupci je vysvětlení, co tyto příklady reprezentují.

Tabulka 21 - Příklady synchronizačních zpráv do cloudu (rozdělené po Bajtech)

B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8-B12	Popis a hodnota v atributu Data v synchronizační zprávě
100 (64)	100 (64)	100 (64)	100 (64)	100 (64)	100 (64)	100 (64)	0 (00)	Agregátor se stoprocentním stavem baterie, všechna místa volná a DAQ uzly se jsou neobsazené a také se stoprocentním stavem baterií. <i>Data: 646464646464640000000000</i>
30 (1E)	100 (64)	100 (64)	228 (E4)	228 (E4)	100 (64)	100 (64)	0 (00)	Agregátor s třicetiprocentním stavem baterie. Místa 4 (B5) a 5 (B6) jsou obsazena a jsou také se stoprocentním stavem baterií. <i>Data: 1E6464E4E464640000000000</i>
90 (5A)	90 (5A)	90 (5A)	218 (DA)	218 (DA)	90 (5A)	255 (FF)	0 (00)	Agregátor s devadesátiprocentním stavem baterie, všechna místa mají devadesátiprocentní stav baterií, přičemž místa 4 (B5) a 5 (B6) jsou obsazena. DAQ uzel č. 6 (B7) hlásí více chyb. <i>Data: 5a5a5adada5aff0000000000</i>

Hodnoty v tabulce č. 21 jsou převedeny do desítkové soustavy pro větší přehlednost. V závorce je uvedena hodnota v hexadecimální podobě, protože tak se data následně zasílají v SigFox zprávě. Bajt B1 se týká agregátoru a Bajty B2 až B7 se týkají parkovacích míst. Každá z hodnot ve sloupcích B2 až B7 reprezentuje jeden Bajt z poslední zaslané zprávy každého DAQ uzlu. Osmý až dvanáctý Bajt budou prozatím nevyužité, a proto budou obsahovat hodnotu nula.

4.4 Detailní návrh komponent

V této kapitole se zabývám komponentami DAQ uzlu a agregátor. Detailně popisují návrh logiky chování těchto komponent a rovněž pojednávám o způsobu zapojení a sestavení těchto zařízení.

4.4.1 Komponenta DAQ uzlu

DAQ uzlu se skládá z HW a SW části. SW část je firmware, který zařízení ovládá a provádí vlastní logiku. HW část se skládá z MCU BigClown, z připojených čidel a led diod. Detailní popis těchto částí je v následujících podkapitolách.

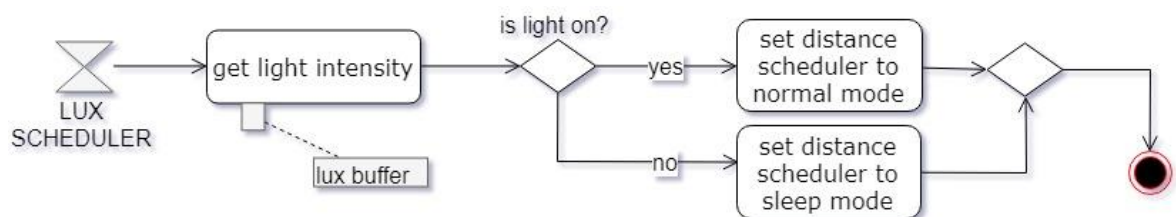
4.4.1.1 Firmware DAQ uzlu

Chování jednotlivých zařízení se řídí podle vnitřního programu každého zařízení. Tento program se v prostředí BigClown nazývá firmware. V následujících diagramech je graficky znázorněn návrh schématu chování DAQ uzlu. Ten je rozdělen do čtyř základních částí:

1. Uspávání – zajišťuje úsporu baterií a snímání obsazenosti v delších intervalech.
2. Měření – zajišťuje opakovaný sběr dat z ultrazvukového senzoru a ze senzoru baterií.
3. Kalibrace – po stisknutí tlačítka proběhne nastavení nového maxima.
4. Synchronizace – při změnách stavu, zjištěných chybách a při poslání tzv. heartbeat.

Na následujícím diagramu je znázorněna logika nastavování délky uspávání DAQ uzlů v závislosti na intenzitě světla.

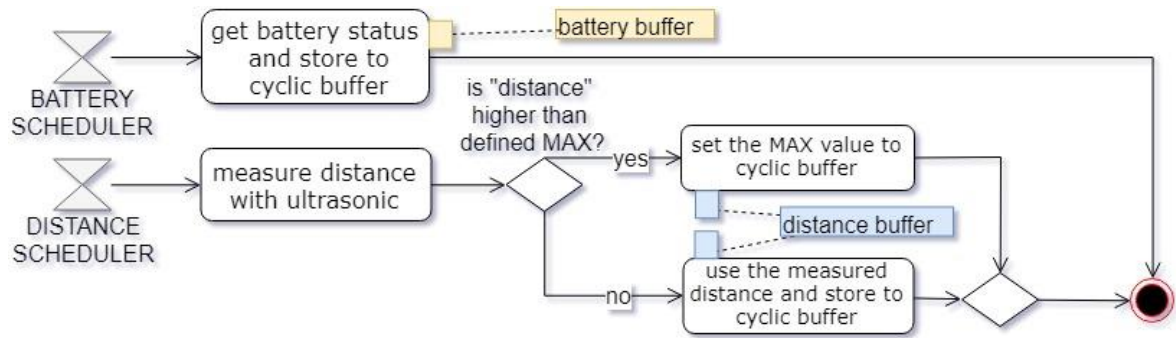
Obrázek 20 - DAQ uzlu: Uspávání (vlastní zpracování), (50)



V případě, že se v garážích svítí, dojde ke zkrácení prodlevy mezi zjišťováním obsazenosti. Při rozsvícených světelných v garáži je větší šance, že dojde ke změně stavu obsazenosti parkovacích míst. Při prodloužení intervalu bude za tmy docházet k úspoře baterií.

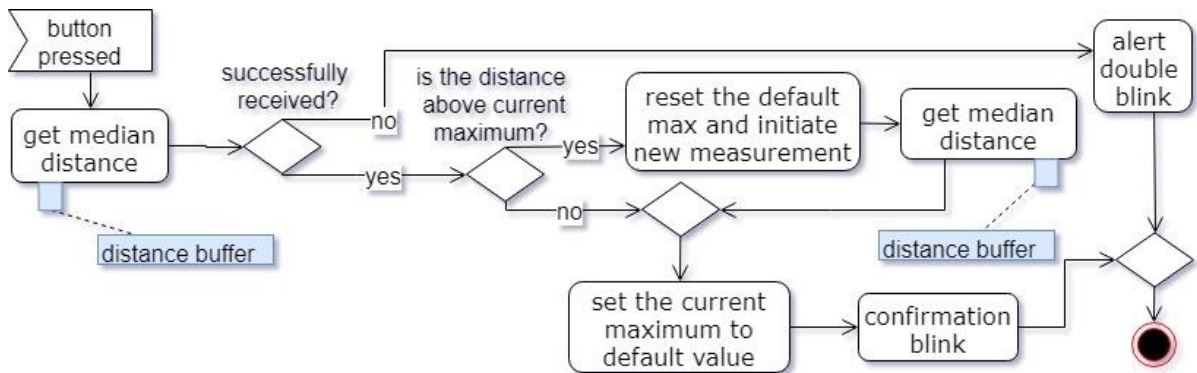
V následujícím diagramu (obrázek č. 21) je znázorněno použití cyklických bufferů. S jejich pomocí bude možné zvýšit přesnost měření ultrazvukových čidel. Hodnota se vždy změní vícekrát rychle za sebou. Medián těchto hodnot bude použit pro další zpracování.

Obrázek 21 - DAQ uzel: Měření baterií a vzdálenosti (vlastní zpracování), (50)



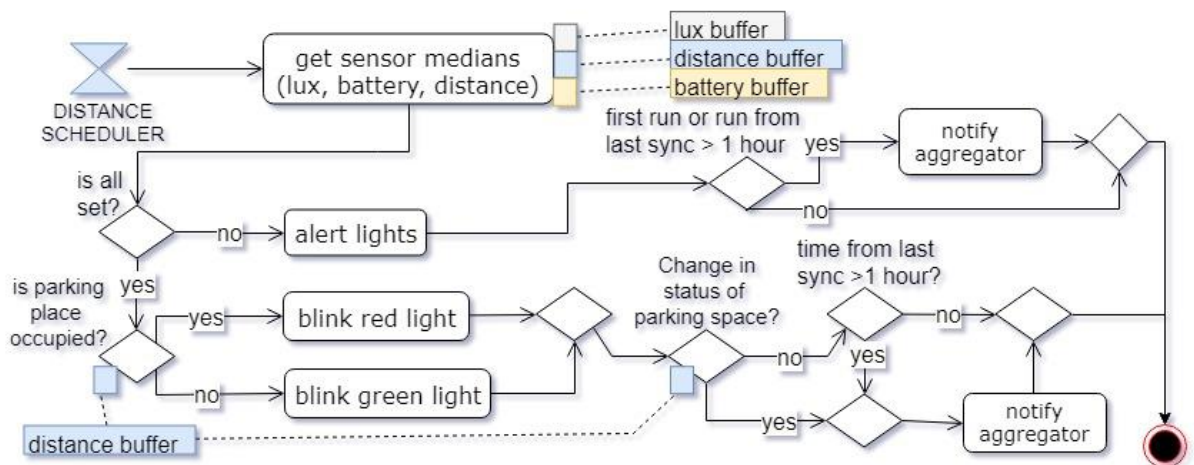
Na následujícím diagramu (obrázek č. 22) je znázorněn proces kalibrace DAQ uzlů. Každé zařízení bude umístěno ve specifických podmínkách a pomocí kalibrace bude možné zaručit správné zjišťování obsazenosti.

Obrázek 22 - DAQ uzel: Kalibrace (vlastní zpracování), (50)



V následujícím diagramu (obrázek č. 23) je znázorněna hlavní logika aplikace DAQ uzlu. Zde se v prvním kroku rozlišuje stav, jestli je vše nastaveno, poté se zjišťuje obsazenost místa a změna stavu. Při změně stavu místa nebo při dosažení časového limitu dojde k odeslání informace s aktuálními stavy do agregátoru.








Obrázek 23 - DAQ uzel: Synchronizace při změnách a heartbeat (vlastní zpracování), (50)



4.4.1.2 Hardware DAQ uzlu

DAQ uzel se skládá z několika komponent. Jejich seznam a popis je znázorněn v následující tabulce č. 22.

Tabulka 22 - Komponenty pro výrobu DAQ uzlu ¹⁶

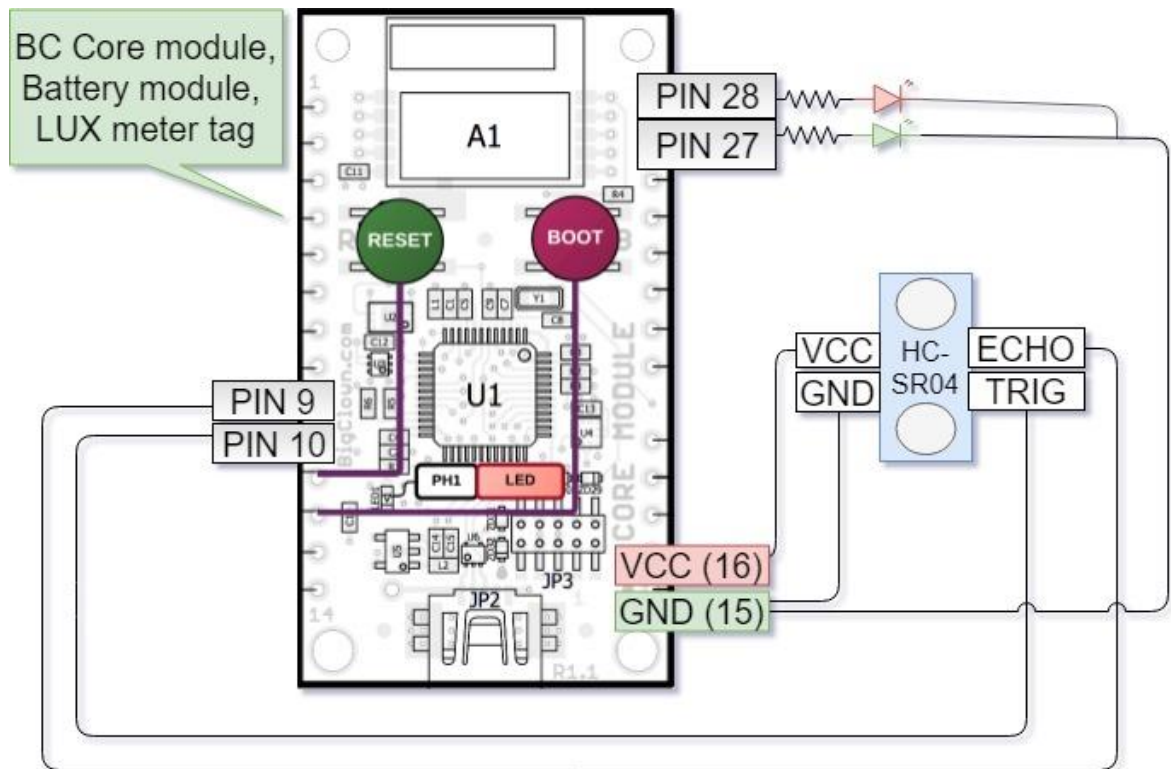
Součástka	Popis	Fotka
BigClown Core Module (51)	Mikrokontrolér pro zjišťování obsazenosti parkovacích míst. Ovládá čidla a zajišťuje komunikaci agregátorem. Pro účely prototypu je stavebnice dostačující. Pro komerční řešení by mělo být vhodnější použít zmenšenou variantu BigClown Cloony, která má rozměry 23 mm x 23 mm, je levnější a o mnoho menší. BigClown Cloony nemá stavebnicové piny a proto je třeba k němu přidávané senzory a další součástky přiletovat.	
HC-SR04P (30)	Ultrazvukový senzor pro zjišťování vzdálenosti.	
BC battery module (52)	Modul pro napájení, včetně čtyř kusů alkalických 1,5 V baterií typu AAA.	
BC LUX meter tag (53)	Modul pro zjištění intenzity světla.	
Červená a zelená LED dioda s napětím 1.5 V (54)	Pro účely vývoje a testování prototypu budou k zařízení připojeny LED diody pro zobrazování obsazenosti. Pro finální produkt budou z důvodu úspory energie LED diody použity pouze k hlášení chyb.	
2x rezistor 1k ohm (55)	Rezistor musí být připojen ke každé LED diodě. Diody by neměly být připojeny k mikrokontroléru přímo kvůli rozdílnému napětí. LED diody pracují při 1.5 V a rezistor ochrání mikrokontrolér před poškozením (56).	
Breadboard (57)	Modul pro zapojení LED diod a ultrazvukového senzoru u prototypu včetně kabelů bez nutnosti pájení spojů.	

¹⁶ Společnost BigClown nepřekládá jména komponent. Proto i v této práci používám původní anglické názvy.

Zapojení DAQ uzlu

Pro zapojení mikrokontroléru, bateriového modulu a LUX meter tagu je použita stavebnicové patice. LED diody, rezistory a ultrazvukový senzor jsou z pohledu stavebnice externí prvky. Jejich zapojení je znázorněno v následujícím diagramu. Zelená LED dioda bude připojena k pinu 27 a červená k pinu 28. Ultrazvukový senzor bude zapojen k pinu č. 9 a č. 10 pro komunikaci s mikrokontrolérem a k napájení.

Obrázek 24 - DAQ uzel: Schéma zapojení LED a HC-SR04P (vlastní zpracování), (49, 62)



Pouzdro DAQ uzlu

Pro komerční řešení by bylo vhodné zasadit řešení do vhodného pouzdra. První verze prototypu budou bez pouzdra. Pro další verze lze použít krabičky dodávané společností BigClown, které lze vytisknout na 3D tiskárně nebo zakoupit v obchodě. Případně lze nechat vyrobit na míru u společností, které se specializují na výrobu pouzder.

4.4.2 Komponenta agregátor

Agregátor se skládá z HW a SW části. Detailní popis těchto částí je v následujících dvou podkapitolách.

4.4.2.1 Firmware agregátoru

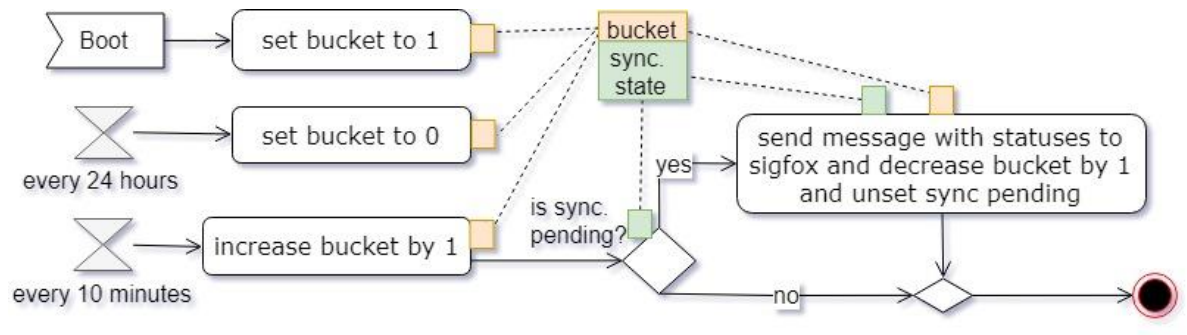
V této kapitole je znázorněn návrh schématu zjišťování údajů z DAQ uzlů agregátorem. Údaje budou zjišťovány v pravidelných intervalech. Schéma je rozděleno do čtyř základních částí:

1. práce s „bucketem“ – (šetřící mechanismus na optimalizaci SigFox zpráv),
2. příchozí zprávy z DAQ uzlů,
3. detekce chybějících heartbeat zpráv,
4. párování s DAQ uzly.

Práce s bucketem

V následujícím diagramu (obrázek č. 25) je znázorněn návrh logiky pro úsporu SigFox zpráv. Počet nevyužitých zpráv se bude uchovávat v úložišti, které dále nazývám bucket. Hodnota bucketu se každých 10 minut zvýší o jedničku a každých 24 hodin se nastaví na nulu. Pokud bude synchronizační zpráva čekat na odeslání kvůli chybějícímu bucketu a bucket se navýší, pak se má automaticky odeslat čekající zpráva.

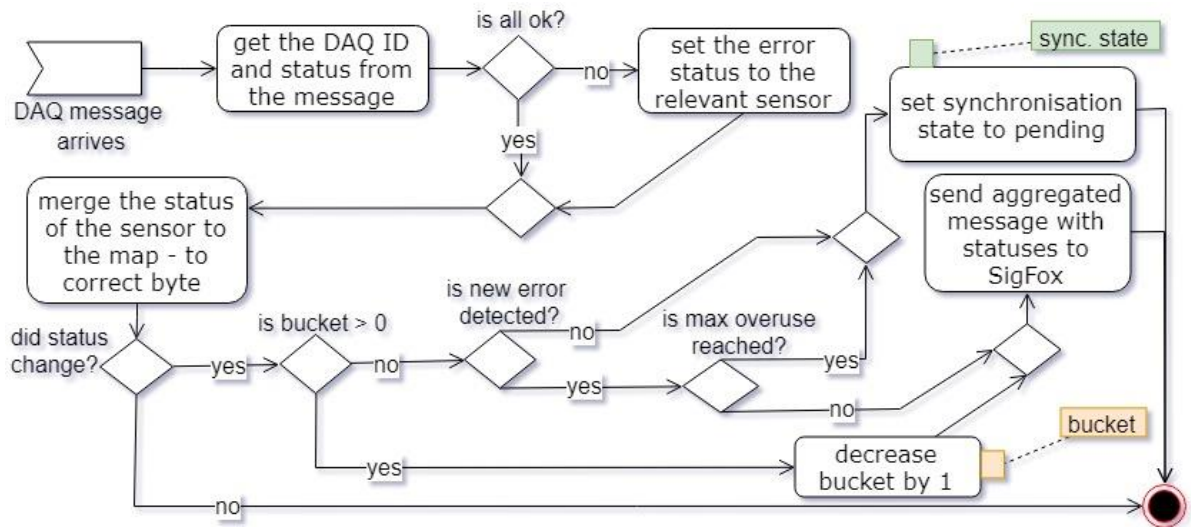
Obrázek 25 - Agregátor: Práce s bucketem (vlastní zpracování), (50)



Příchozí zpráva

V následujícím diagramu (obrázek č. 26) je znázorněna vykonávaná logika po příchodu zprávy z DAQ uzlů do agregátoru. Bude ověřeno, zda je zpráva v pořádku, pak bude vyhledáno správné místo v paměti pro uložení zjištěného stavu. Bude ověřeno, zda došlo ke změně a jestli je potřeba vytvořit synchronizační zprávu pro SigFox. Pokud jsou podmínky splněny, odesílá se synchronizační zpráva pomocí SigFox sítě. Pokud je vyčerpaný dosavadní bucket, pak se změna zařadí do fronty a čeká na příští navýšení bucketu. Chybové zprávy mají speciální logiku a mohou být poslány i v případě, kdy je vyčerpaný bucket. Je zde rovněž implementována ochrana proti vysokému přečerpání denního limitu (max overuse reached). V případě vysokého přečerpání denního limitu budou i mimořádné zprávy zařazeny do fronty a budou zpracovávány až při dalším navýšení bucketu. Ve výjimečných případech může tak dojít k několikaminutové prodlevě mezi zjištěním chyby a jejím zasláním. Nemělo by však dojít k vypovězení služby SigFox z důvodu nadměrného využívání sítě.

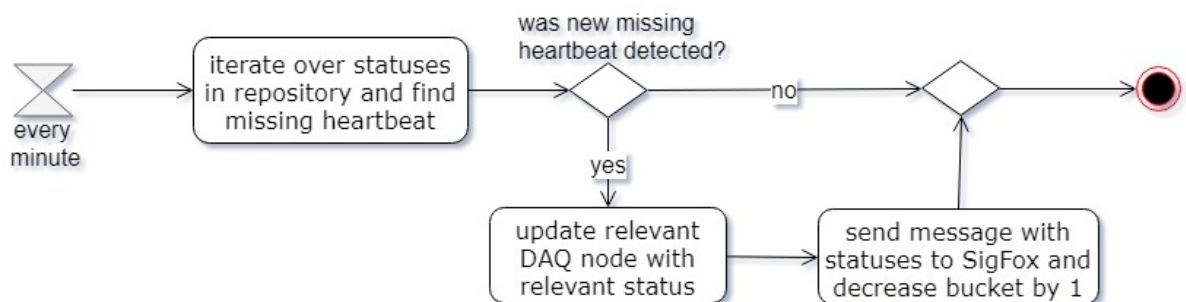
Obrázek 26 - Agregátor: Příchozí zprávy z DAQ uzlů (vlastní zpracování), (50)



Heartbeat zpráva

V následujícím diagramu (obrázek č. 27) je znázorněna logika pro zjišťování nefunkčních DAQ uzlů. Pokud nepřijde z některého DAQ uzlu heartbeat zpráva alespoň jedenkrát za hodinu, pak bude uzel označen za nefunkční. První zjištění způsobí odeslání mimořádné zprávy.

Obrázek 27 - Agregátor: Detekce chybějících heartbeat zpráv (vlastní zpracování), (50)



Alternativní řešení ke sledování chybějících heartbeat zpráv by mohla být registrace jednoho scheduleru pro každý DAQ uzel. Tento scheduler by měl na starost odeslání chybové zprávy. Při příchodu zprávy z tohoto čidla by se pokaždé nastavilo odložení tohoto scheduleru o jednu hodinu od času příchodu dané zprávy. Pokud by nepřišla zpráva z DAQ uzlu, scheduler by se spustil a odeslal notifikaci o nefunkčním DAQ uzlu do aplikačního serveru.




Párování

Způsob párování je kompletně převzat ze vzorových příkladů společnosti Hardwarío (58). Po delším stisknutí tlačítka „B“ je agregátor přepnut do párovacího módu. Pokud je v dosahu zařízení spuštěno nespárované zařízení automaticky probíhá jeho párování. Po spárování všech zařízení se znovu stiskne tlačítko „B“ na agregátoru a párovací mód je ukončen. Tuto logiku je možné měnit a upravovat, pro účely této práce bude použita v nezměněné podobě.

4.4.2.2 Hardware agregátoru

Agregátor se skládá z několika komponent. Jejich seznam je v následující tabulce č. 23 níže.

Tabulka 23 - Komponenty pro výrobu agregátoru

Součástka	Popis	Obrázek
BigClown Core Module (51)	Mikrokontrolér pro zjišťování obsazenosti spárovaných DAQ uzlů. Zjišťuje stavy a posílá změny pomocí SigFox sítě do cloudu. Pro účely prototypu je stavebnice dostačující. Pro komerční řešení by mělo být vhodnější použít zmenšenou variantu BigClown Cloony, která má rozměry 23 mm x 23 mm, je levnější a o mnoho menší. BigClown Cloony nemá stavebnicové piny a proto je třeba k němu přidávané senzory a další součástky přiletovat.	
SigFox module (59)	LPWAN modul pro odesílání zpráv z agregátoru do cloudu.	
BC battery module (52)	Modul pro napájení, včetně čtyř kusů alkalických 1,5 V baterií typu AAA.	

Zapojení

Pro zapojení mikrokontroléru, bateriového modulu a SigFox meter tagu je použita stavebnicové patice. Patice zajišťuje pomocí jednoho zaslepeného pinu, že lze komponenty zapojit pouze jedním a správným způsobem. Sestavený prototyp agregátoru je vyobrazen v kapitole 4.5 *Prototypy*. U agregátoru se nepoužijí žádné dodatečné prvky (jako např. čidla, LED diody, rezistory), a proto v této podkapitole není obsažen diagram schématu zapojení.

Pouzdro

Pro komerční řešení by bylo vhodné zasadit řešení do vhodného pouzdra. První verze prototypu bude bez pouzdra. Pro další verze lze použít krabičky dodávané společností BigClown, které lze vytisknout na 3D tiskárně nebo zakoupit v obchodě. Případně lze nechat vyrobit na míru u společností, které se specializují na výrobu pouzder.

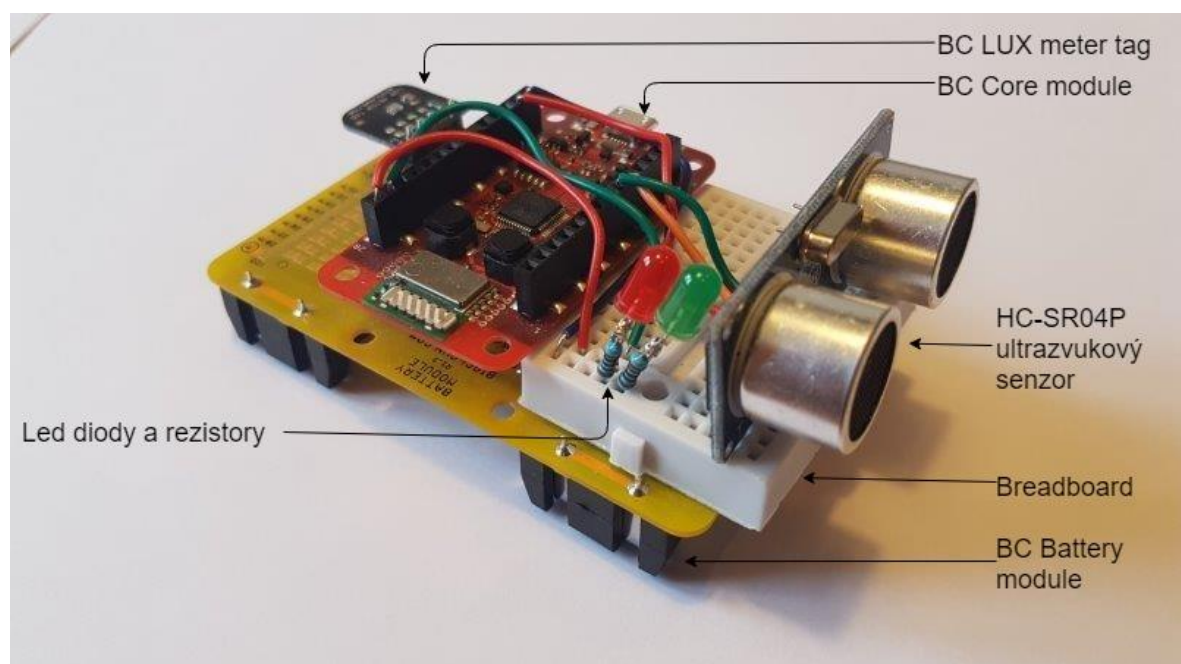
4.5 Prototypy

V této kapitole pojednávám o vyrobených prototypech DAQ uzlu a agregátoru. Pro výrobu firmware jsem použil části vzorových příkladů (58) a také uživatelskou dokumentaci od společnosti Hardwario (60). Kód zodpovědný za párování DAQ uzlů k agregátoru je převzatý v nezměněné podobě.

4.5.1 Prototyp DAQ uzlu

Sestavený prototyp DAQ uzlu s popsányi komponenty je znázorněn na následujícím obrázku. Pro správnou funkčnost byl do prototypu nahrán ovládací firmware, který ovládá jednotlivé komponenty a s jejich pomocí zjišťuje obsazenost a podle stanovených podmínek odesílá informace do agregátoru.

Obrázek 28 - DAQ uzel: Sestavený prototyp (vlastní zpracování)



4.5.2 Instalace DAQ uzlu

Pro správnou funkčnost DAQ uzlu je potřeba jej umístit ke sledovanému místu, vložit do něj baterie, spárovat s agregátorem a kalibrovat. Párování a kalibraci blíže popisují v následujících odstavcích.

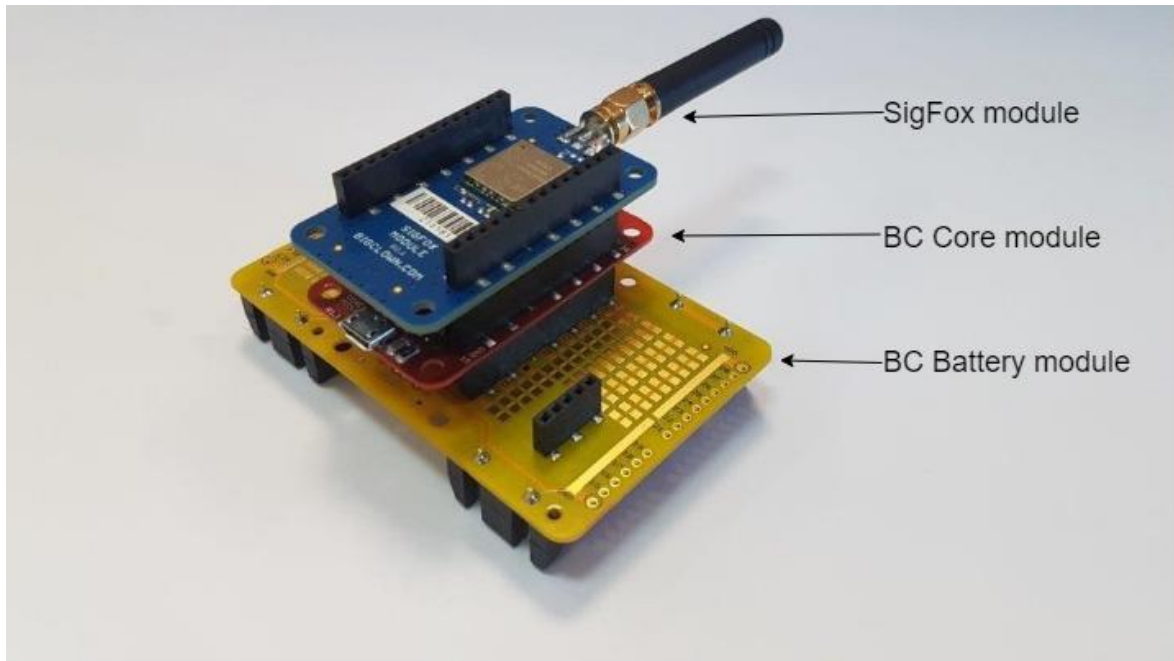
Párování má za úkol spojit DAQ uzly s agregátorem pro zajištění zabezpečené komunikace. Provádí se podle vzorového příkladu od společnosti Hardwario. Agregátor se dlouhým stiskem tlačítka „B“ nastaví do párovacího módu a nespárované zařízení se spustí vložením baterií. Dojde k automatickému spárování zařízení. Pořadí uzlu v synchronizační zprávě záleží na pořadí párování DAQ k agregátoru. Pro ukončení párování je potřeba znovu stisknout tlačítko „B“ na agregátoru.

Kalibrace má za úkol nastavit u DAQ uzlu, jaké hodnoty se mají objevovat, pokud místo bude neobsazené. Zařízení se zkalibruje po dlouhém stisknutí tlačítka „B“ na DAQ uzlu. Při stisknutí se nastaví poslední naměřená hodnota jako stav při nezaparkovaném motorovém vozidlu. Pokud nedojde ke kalibraci, bude použita přednastavená hodnota 2,5 metru.

4.5.3 Prototyp agregátoru

Sestavený prototyp agregátoru s popsanými komponenty je znázorněn na obrázku č. 29. Pro správnou funkčnost byl do prototypu nahrán ovládací firmware, který ovládá jednotlivé komponenty a s jejich pomocí získává z DAQ uzlů obsazenost a podle stanovených podmínek odesílá informace do cloudu.

Obrázek 29 - Agregátor: Sestavený prototyp (vlastní zpracování)



4.5.4 Instalace agregátoru

Pro správnou funkčnost agregátoru je potřeba jej umístit v dosahu DAQ uzlů, vložit do něj baterie, spárovat s DAQ uzly (předchozí kapitola) a zaregistrovat modul SigFox. Pro první etapu projektu je také potřeba připravit testovací tzv. HTTP endpoint, kam budou zasílány SigFox zprávy a bude možné tak zkontrolovat funkčnost komunikace.

Příprava testovacího http endpointu (pro etapu 1)

Pro testování zpráv jsem využil službu Webhook Tester (<https://webhook.site>), která mi poskytla testovací HTTP endpoint, na který by měla následně přicházet data z agregátoru v JSON formátu.

Registrace SigFox modulu

Pro registraci BigClown SigFox modulu bylo potřeba vyplnit registrační formulář na stránce <https://mysigfox.com/form>. Zde bylo nutné vyplnit ID zařízení (informace vytištěná na modulu), SigFox token (informace na obalu modulu), e-mailovou adresu a Webhook URL (endpoint z předchozího kroku).

Ověření správnosti komunikace

Po zobrazení webové stránky Webhook Tester je možné přes internet zobrazovat příchozí zprávy z agregátoru. Po vybrání zprávy ze seznamu a otevření se zobrazí stav zařízení a detaily ze zvolené synchronizační zprávy. Ukázka zprávy je následujícím obrázku č. 30.

Obrázek 30 - Ukázka SigFox zprávy s pomocí služby Webhook tester (63)

Request Details		permalink	Headers	
URL	POST	https://webhook.site/ede54855-82f1-49de-9554-04d7c0362b4e	content-type	application/json
Host		54.74.70.213	content-length	106
			user-agent	python-requests/2.13.0
			accept	/*/*
			accept-encoding	gzip, deflate
			connection	keep-alive
			host	webhook.site


```
{"time": 1523402547, "snr": 15.04, "rssi": -136.0, "device": "21D585", "data": "5a5a5adada5aff0000000000"}
```

Na obrázku č. 30 je zobrazen stav agregátoru z testovacího běhu. Hodnota v atributu data (5a5a5adada5aff0000000000) odpovídá stavu kdy agregátor i všech šest DAQ uzlů má stav baterií 90 %, DAQ uzly č. 4, 5 a 7 hlásí obsazenost místa, přičemž DAQ uzel č. 6 detekuje více chyb. Detailní vysvětlení je popsáno v kapitole 4.3.3. *Rozhraní agregátor – SigFox.*

4.6 Možnosti rozšíření

V rámci analýz jsem identifikoval následující vylepšení jako kandidáty pro budoucí vývoj:

1. Zjišťování a hlášení požáru a zjišťování stavu CO₂.
2. Napojení venkovních čidel (rozšíření logiky o použití magnetometru).
3. Napojení více než jedenácti čidel k jednomu agregátoru (teoreticky lze zvýšit na 32). Tato tematika je více rozpracovaná v příloze A.
4. Pro dlouhodobější provoz a údržbu zařízení by bylo vhodné navrhnout a vyvinout proces odpárování DAQ uzlů (např. v aplikačním serveru GS2020 by mohlo být v konfigurační konzoli nastaveno, že se určité čidlo má odpárovat. Agregátor by měl přijmout tuto zprávu a provést odpárování zvoleného čidla).
5. Systém kontroly heartbeat zpráv by mohl být rozšířen o speciální schedulery pro každé čidlo. Tyto schedulery by byly registrované u agregátoru a měly by stanovený čas pro nahlášení chyby. Nově přichozí zprávy by tento čas odkládaly o hodinu.
6. Agregátor poslouchá přichozí rádio neustále, což bude mít za následek vyšší spotřebu baterií. Toto lze řešit připojením k silnější baterii (např. k power-bance). Pro další etapy lze navrhnout a implementovat SW logiku pro úsporu baterií agregátoru (například systém synchronizace časovačů DAQ uzlů a agregátoru).
7. Pro správu větších parkovišť bude potřeba přidat možnost zapojení více agregátorů a mít možnost zajistit toto rozšíření pouze pomocí konfigurace. Následně by každé sledované parkovací místo bylo unikátní kombinace agregátoru a pořadí ve zprávě.
8. Pro tento projekt bude zapojen pouze jeden agregátor, proto v prvním Bajtu synchronizační zprávy do SigFox cloudu bude zasílána pouze jedna hodnota. Pro projekty s větším počtem agregátorů bude možné řešení rozšířit a v prvním Bajtu zasílat i vnitřní identifikátor daného agregátoru.
9. Mělo by být možné sestavit DAQ uzly a agregátory s pomocí zařízení BC Cloony. V případě použití modulu BC Cloony by bylo vhodné přiletovat k modulu akcelerometr, který v této variantě není obsažen. Zástupci společnosti Hardwario doporučují připojení externího modulu LIS2DH12TR (61) pro přidání této funkcionality do BC Cloony.

Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo nalezení vhodného automatizovaného řešení, které by mohlo být použito pro sledování volných parkovacích míst v garážích Unicorn College. V rámci tohoto řešení měly být použity technologie z rodiny IoT a platforma BigClown.

V teoretické části jsem představil svět IoT a smart produktů a uvedl ho do kontextu probíhající průmyslové revoluce. Následně jsem provedl krátkou rešerši očekávání od IoT u renomovaných společností jako je Gartner, BI intelligence a Strategy Analytics. Společnosti mají shodná očekávání, která jsou velice optimistická. V blízké době předpokládají ještě masivnější rozšíření IoT technologií, a to i do zařízení v ceně okolo jednoho dolaru. Rovněž se předpokládá, že celý trh IoT bude do roku 2020 vytvářet zisk okolo 300 miliard dolarů (13).

Dále jsem v teoretické části představil smart produkty jako novou generaci výrobků s funkcionalitami ze světa IoT. Rovněž jsem uvedl open-source hardware jako zařízení, se kterými lze sestavit různá řešení včetně IoT projektů. Na základě analýzy jsem určil prvky, které je možné použít pro sledování obsazenosti. Zabýval jsem se především open-source mikrokontroléry, senzory a komunikačními rozhraními.

Své zkoumání jsem zúžil pouze na komponenty a technologie, které by mohly být využity pro první etapu návrhu systému. Při zkoumání problematiky mikrokontrolérů jsem zjistil, že mezi různými platformami mohou být podstatné rozdíly. Platforma BigClown s modulem SigFox byla vybrána již při zadání práce. Při jejím zkoumání jsem ocenil její výhody především ze strany bezpečnosti a úspornosti. Dle mého názoru byla platforma vybrána správně.

Při analyzování senzorů jsem došel k závěru, že prakticky všechna zkoumaná čidla by měla být schopna zadání splnit. Za nejvýhodnější jsem označil ultrazvukový senzor HC-SR04P, protože má podporu v BigClown SDK, má relativně velký dosah a nízkou spotřebu. Nevyžaduje zásahy do podlahy, dá se směřovat a zároveň je nejlevnější ze všech zkoumaných čidel. Pokud se z nějakého důvodu ukáže, že tato volba byla chybná, je možné naprogramovat ovladač pro jiný druh čidla. Zbytek logiky (odhadem až 99 %) by mohl zůstat stejný.

Na teoretickou část jsem navázal v praktické části. Nejdříve jsem shrnul konkrétní zadání, zjistil omezení, shrnul současný stav, definoval cíle a rozsah projektu. Na základě zadání jsem v následujících kapitolách navrhl celkovou vizi a koncept první etapy řešení. Dále jsem identifikoval aktéry a jejich případy užití a sestavil detailní návrh řešení první etapy projektu. Zde jsem se detailně zabýval DAQ uzly, agregátorem a přenosem informací.

Pro návrh řešení jsem využil znalosti získané na Unicorn College, dokumentaci k platformě BigClown, konzultace se zástupci společnosti Hardwarío, Simplecell (společnost provozující síť SigFox) a také se svým vedoucím práce. Získané znalosti jsem následně použil pro návrh konceptu systému a pro detailní návrh DAQ uzlů a agregátoru. Podle návrhu a podle vzorových příkladů jsem následně vyrobil funkční prototyp DAQ uzlu a agregátoru.

Práce je koncipovaná tak, aby se na ni dalo navázat návrhem aplikačního serveru GS2020. Bez této části by nebylo celé řešení funkční a nepřinášelo by žádnou přidanou hodnotu. Navrhované případy užití pro následující etapy jsou shrnuty v příloze C. Funkční a nefunkční požadavky na celý systém (včetně druhé a třetí fáze) jsou shrnuty v příloze D. Zmíněné přílohy C a D jsou v elektronické podobě na přiloženém CD.

Samotné řešení DAQ uzlů a agregátorů může být dále vylepšováno a rozšiřováno o další funkcionality. Návrhy na budoucí rozšíření jsem shrnul v kapitole *4.6 Možnosti rozšíření*.

Přínos této práce spatřuji především v

- nalezení řešení optimálního propojení jednotlivých částí do většího celku,
- ukázce využití IoT technologií na praktickém případě,
- nalezení způsobu agregace dat a následné finanční úspory,
- nalezení způsobu úspory baterií na základě měření intenzity světla,
- tvorbě návodu pro podobné IoT projekty.

V zadání bakalářské práce byly vytyčeny cíle

- navrhnout systém pro vzdálené sledování obsazenosti parkovacích míst s použitím technologií internetu věcí (IoT) a zařízením BigClown, který bude modulární, bezpečný a jednoduchý,
- vytvořit funkční prototyp pro první etapu řešení tohoto systému.

Systém byl navrhnout a funkční prototyp pro první etapu projektu byl sestaven, a proto považuji hlavní cíl práce za splněný. Pro dokončení celého řešení doporučuji rozšířit stávající práci o druhou a třetí etapu projektu.

Vedle těchto cílů jsem si v rámci této práce splnil i své osobní cíle, mezi kterými je především vytvoření něčeho smysluplného a přínosného pro můj další rozvoj. Svět IoT chápu jako budoucnost a dokončení této bakalářské práce vidím jako svůj první úspěšný krok k zapojení do tohoto dynamického oboru.

Práce na tomto IoT projektu mě velmi bavila. Plánuji v něm být zapojený až do jeho úspěšného konce. Rovněž plánuji v tomto oboru i nadále pokračovat na dalších projektech. Funkční bloky z tohoto řešení použiji pro svůj další projekt s názvem *Babiččin dům 2020*. Zde budu pomocí IoT technologií vzdáleně zjišťovat stav domu, předcházet určitým škodám a zvyšovat babičce komfort bydlení.

Conclusion

The main goal of the bachelor thesis is to find a suitable automated solution that can be used to track free parking spaces in Unicorn College garages. IoT technologies and the BigClown platform should be used as part of this solution.

In the theoretical part, I introduced the world of IoT and smart products, and framed it within the context of the ongoing industrial revolution. Then, I searched for projections regarding the future of IoT in studies by renowned companies such as Gartner, BI intelligence and Strategy Analytics. All of them are highly optimistic about the future of IoT. They are forecasting an even greater expansion of IoT technologies, extending to devices costing around US\$1 in the near future. It is also expected that the entire IoT market will generate a US\$300 billion profit by 2020 (13).

Later, I introduced smart products as a new generation of products with functionalities from the IoT world. I have also introduced open-source hardware as the platform with which users can build various solutions as well as IoT projects. Based on the analysis, I have determined the elements that can be used for monitoring parking spaces. I focussed mainly on microcontrollers, sensors and communication interfaces.

Due to scope, my research is limited to components and technologies that can be used in designing the first phase of the project. When examining the subject of microcontrollers, I have found that there may be substantial differences between the different platforms. The BigClown platform with the SigFox module was pre-selected for this bachelor's thesis. Throughout the course of my research, I determined it to be the most suitable due to security and economic reasons. Looking back, after designing the project, the platform was selected correctly.

While analysing the sensors, I concluded that practically all the examined sensors can fulfil the assignment. I have chosen the ultrasonic sensor because it has support in the BigClown SDK, has a relatively large reach, and low energy consumption. Furthermore, it does not require floor reconstruction, its beam can be directed, and at the same time, it is the least expensive of all the sensors. If, for any reason, this choice is incorrect, it is possible to program the microcontroller for another type of sensor. The rest of the logic in the software (estimated at 99 %) could remain the same.

Based on the background from the theoretical part, I proceeded to the practical part. First I summed up the project assignment, determined limitations, and identified the status. Then I defined the goals and scope of the project. Based on the assignment, I proposed an overall vision and conceptualized a project solution. After which, I identified the actors and their use cases and prepared a detailed proposal for the solution to the first phase of the project. I discussed DAQ nodes, aggregator, and information transfer in detail.

In designing the solution, I used knowledge gained at Unicorn College, BigClown documentation, consultations with Hardwario representatives, Simplecell (SigFox network provider), as well as my supervisor. Then, I used the acquired knowledge to conceptualize the system and to design the DAQ node and aggregator in detail. Based on the design and the sample examples, I have developed a functional prototype of the DAQ node and the aggregator.

This bachelor's thesis is written in such a way that somebody else can continue the second phase of the project and design the GS2020 application server. Without this part, the whole solution would not work and would not bring any added value. The proposed use-cases for phase two and three are summarized in Appendix C. The functional and non-functional requirements for the system (including second and third phase) are summarized in Appendix D. Appendices C and D are in electronic form, which can be found in the enclosed CD.

The solution of DAQ nodes and aggregators itself can be further improved and expanded with additional functionality. Suggestions for future expansion are summarized in *Chapter 4.6 Enlargement Options*.

The main contributions of this work are:

- Find a solution for the optimal interconnection of individual parts into a larger unit.
- Demonstration of the practical use of IoT technologies.
- Find a way to efficiently aggregate data and increase financial savings.
- Save batteries based on light intensity measurements.
- Create guidelines for similar IoT projects.

The goals of the bachelor thesis were set as follows:

- Design a system for remote monitoring of parking spaces using Internet of Things technologies (IoT) and the BigClown platform. Solution will be modular, safe and simple.
- Create a functional prototype for the first phase of this system solution.

The system has been designed, and a functional prototype for the first phase of the project has been developed. Thereby I have fulfilled the main goal of this bachelor's thesis. For realizing the full solution, I recommend continuing this work into the second and third phase of the project.

In addition to the before mentioned goals, I have also accomplished my personal goals in this project, one of which is the creation of something meaningful and beneficial to my personal development. I consider IoT as the future, and I see this bachelor's thesis as my first successful step in engaging in this dynamic field.

I was very interested in working on this IoT project, and I am planning to see this project through to its successful completion. I also plan to work on other projects in the same area. I will use the functional blocks of this solution for my next project called *Grandmother's House 2020*. Using IoT technologies, I will design a system to remotely monitor a home, preventing any potential danger and damage. As a result, it will give me peace of mind, knowing that my grandmother is safe and sound.

Seznam použité literatury a ostatních zdrojů ¹⁷

1. **Wikipedia.cz.** Průmysl 4.0. *Wikipedia.cz*. [Online] *Wikipedia.cz*, 4. 9. 2017 [Citace: 23. 12. 2017] https://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFmysl_4.0.
2. **Jan Tomáš Podivínský a Tomáš Ehler.** Německý fenomén Industrie 4.0. *https://www.czechtrade.cz/*. [Online] *TRADE NEWS*, 22. 2. 2016 [Citace: 23. 12. 2017] <https://www.czechtrade.cz/media/czechtrade-media/monitoring/nemecky-fenomen-industrie-4-0>.
3. **Antonín Majer.** *Řemeslník český*. místo neznámé : Kněhtiskárna Dr. J. Gregra & F. Šimačka, 1863.
4. **idnes.cz.** *idnes.cz. Pracovní trh bude patřit robotům, lidé bez kvalifikace ostrouhají*. [Online] *Mafera, a. s.*, 2. 3. 2018 [Citace: 2. 3. 2018] https://ekonomika.idnes.cz/automatizace-prumysl-4-0-robotizace-trh-prace-kvalifikace-skolstvi-vzdelavani-1hm-/ekonomika.aspx?c=A180227_124330_ekonomika_div.
5. **ČTK.** *zpravy.aktualne.cz. ekonomika*. [Online] *Economia, a. s.* [Citace: 31. 3. 2017] <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/prumysl-budoucnosti-strojirensky-veletrh-se-zameri-na-automa/r~d470c3e656dc11e5adcb0025900fea04/>.
6. **Lopez research.** An Introduction to the Internet of Things. *www.cisco.com*. [Online] 2013. [Citace: 31. 3. 2017] http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/introduction_to_IoT_november.pdf.
7. **Economia.** Průmyslová revoluce 4.0: Za 10 let se továrny budou řídit samy a produktivita vzroste o třetinu. *https://byznys.ihned.cz*. [Online] *Economia, a. s.*, 17. 5. 2015 [Citace: 4. 1. 2017] <https://byznys.ihned.cz/c1-64009970-prumyslova-revoluce-4-0-za-10-let-se-tovarny-budou-ridit-samy-a-produktivita-vzroste-o-tretinu>.
8. **Prague Startup Centre.** Prague IoT Centre – od nápadu k zákaznickému projektu za půl roku. *http://www.praguestartupcentre.cz*. [Online] [Citace: 13. 4. 2017] <http://www.praguestartupcentre.cz/blog/2017/04/12/prague-iot-centre-od-napadu-k-zakaznickemu-projektu-za-pul-roku/>.
9. **Alza.** Internet věcí přináší nové možnosti i výzvy. *www.alza.cz*. [Online] [Citace: 13. 4. 2017] <https://www.alza.cz/internet-veci-prinasi-nove-moznosti-i-vyzvy>.
10. **MIT.** Internet of Things - Roadmap to a Connected World. *Internet of Things - Roadmap to a Connected World*. [Online] [Citace: 13. 4. 2017] <http://web.mit.edu/professional/digital-programs/courses/IoT/>.
11. **Jonathan Camhi.** BI Intelligence projects 34 billion devices will be connected by 2020. *Business Insider*. [Online] *Business Insider Inc.*, 6. 11. 2015 [Citace: 28. 2. 2018] <http://www.businessinsider.com/bi-intelligence-34-billion-connected-devices-2020-2015-11>.
12. **Business insider.** How the 'Internet of Things' will impact consumers, businesses, and governments in 2016 and beyond. *Tech insider*. [Online] 2017 [Citace: 11. 7. 2017] <http://www.businessinsider.com/how-the-internet-of-things-market-will-grow-2014-10>.

¹⁷ Z důvodu relativně velké dynamiky celého oboru jsem nejvíce informací k celé problematice vyhledával především na internetových stránkách. Proto i většina zdrojů této práce pochází právě z internetu. Vzhledem k tomu, že se internetové stránky často mění, uložil jsem současný obsah odkazovaných stránek na CD do složky Zdroje.

13. **Gartner.** Gartner Says the Internet of Things Installed Base Will Grow to 26 Billion Units By 2020. *Gartner*. [Online] 12. 12. 2013 [Citace: 7. 11. 2017] <https://www.gartner.com/newsroom/id/2636073>.
14. **David Mercer.** Smart Home Will Drive Internet of Things To 50 Billion Devices, Says Strategy Analytics. *Strategy Analytics Press Releases*. [Online] Strategy Analytics, 26. 10. 2017 [Citace: 28. 2. 2018] <https://www.strategyanalytics.com/strategy-analytics/news/strategy-analytics-press-releases/strategy-analytics-press-release/2017/10/26/smart-home-will-drive-internet-of-things-to-50-billion-devices-says-strategy-analytics#.Wpa0uKjOW70>.
15. **Withings.** Withings thermo. *Withings thermo*. [Online] Withings. [Citace: 13. 4. 2017] <https://www.withings.com/uk/en/products/thermo>.
16. **Alza.** Smart - chytrá elektronika pro chytré zákazníky. *Alza*. [Online] [Citace: 18. 12. 2017] <https://www.alza.cz/be-smart-by-alza/18855733.htm>.
17. **James Vincent.** Google Home now works with Belkin WeMo and Honeywell smart devices. *The Verge*. [Online] Vox media, 24. 1. 2017 [Citace: 15. 4. 2017] <http://www.theverge.com/2017/1/24/14368546/google-home-support-belkin-wemo-honeywell>.
18. **Marc Lagace.** These Products and Services Work with Google Home. *www.androidcentral.com*. [Online] Mobile Nations, 8. 3. 2018 [Citace: 10. 4. 2018] <https://www.androidcentral.com/these-products-and-services-work-google-home>.
19. **Red Hat.** What is open hardware. *www.opensource.com*. [Online] Red Hat, Inc. [Citace: 13. 4. 2017] <https://opensource.com/resources/what-open-hardware>.
20. **Arduino.** Arduino Introduction. *Arduino*. [Online] Arduino. [Citace: 13. 4. 2014] <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.
21. **Arduino.** Arduino-About Us. *Arduino*. [Online] 2017 [Citace: 11. 7. 2017] <https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>.
22. **Arduino.** Arduino Uno Rev3. *Arduino Uno Rev3*. [Online] [Citace: 18. 12. 2017] <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>.
23. **Arduino.** Arduino MKR FOX 1200. *Arduino MKR FOX 1200*. [Online] [Citace: 18. 12. 2017] <https://store.arduino.cc/arduino-mkrfox1200>.
24. **Hardwario.** About Core Module. *About Core Module*. [Online] [Citace: 19. 12. 2017] <https://www.bigclown.com/doc/hardware/about-core-module/>.
25. **Unicorn College.** *PAI Úvodem, Co je to Open Hardware a Internet of Things*. [Skripta k předmětu programování pro Arduino 1] Praha : UCL, 2017.
26. **Citiq.** CITIQ - Chytré detektory zefektivní městskou dopravu i parkování. *chytré detektory CITIQ*. [Online] [Citace: 18. 12. 2017] <http://www.citiq.cz/>.
27. **Jaromír Hubálek, Jana Drbohlavová, Jan Prášek, Petra Bušinová.** Mikrosenzory a mikroelektromechanické systémy. *Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií*. [Online] 2012. [Citace: 31. 3. 2017] http://www.umel.feec.vutbr.cz/absn/filesp/skripta_mikrosenzory_hubalek.pdf.
28. **Unicorn College.** *PAI Princip funkce a připojení senzorů k Arduino UNO*. [Skripta k předmětu programování pro Arduino 1] Praha : UCL, 2016.

29. **Pololu.** LIS3MDL 3-Axis Magnetometer Carrier with Voltage Regulator. *Pololu*. [Online] Pololu. [Citace: 2. 3. 2018] <https://www.pololu.com/product/2737>.
30. **Aliexpress.** HC-SR04P Ultrasonic Ranging Module Ranging Sensor. *Aliexpress*. [Online] Aliexpress. [Citace: 3. 3. 2018] <https://www.aliexpress.com/item/HC-SR04P-Ultrasonic-Ranging-Module-Ranging-Sensor-Module-3-5-5V-Wide-Voltage-Performance-Is-Stronger/32710980260.html>.
31. **Sharp.** GP2Y0A02YK0F product sheet. <https://www.sparkfun.com>. [Online] [Citace: 3. 3. 2018] <https://www.sparkfun.com>.
https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Infrared/gp2y0a02yk_e.pdf.
32. **Aliexpress.** RCmall Lidar Range Finder Sensor . *Aliexpress.com*. [Online] Alibaba Group. [Citace: 4. 3. 2018] <https://www.aliexpress.com/item/RCmall-Lidar-Range-Finder-Sensor-Single-Point-Micro-Module-for-Arduino-Pixhawk-Cable-Benewake-TFmini-Drone/32852024277.html>.
33. **Christian Wolf.** Frequency-Modulated Continuous-Wave Radar (FMCW Radar). *radartutorial.eu*. [Online] [Citace: 4. 3. 2018]
<http://www.radartutorial.eu/02.basics/Frequency%20Modulated%20Continuous%20Wave%20Radar.en.html>.
34. **Aliexpress.** CFK024-5A 24GHZ Radar sensors support FMCW/FSK/CW mode. *Aliexpress*. [Online] Aliexpress. [Citace: 4. 3. 2018] <https://www.aliexpress.com/item/FREE-SHIPPING-CFK024-5A-24GHZ-Radar-sensors-support-FMCW-FSK-CW-mode-speed-measurement-ranging-collision/32822497902.html>.
35. **Hands on technology.** HC-SR04P Ultrasonic Module - New Version. *Hands on technology*. [Online] Handson Technology. [Citace: 4. 3. 2018]
<http://handsontec.com/index.php/product/hc-sr04-ultrasonic-ranging-module/>.
36. **Spel Smart.** Smart parking. *Spel*. [Online] Spel, a. s. [Citace: 20. 12. 2017]
<https://www.spel.cz/page/smart-parking>.
37. **Xiamen Keytop Communication & Technology Company Limited.** Parking Lot Guidance System with Key-TS07 ultrasonic sensor integrated with LED indicators . *www.alibaba.com*. [Online] Alibaba Group. [Citace: 10. 4. 2018] http://keytop.en.alibaba.com/product/60272447468-209879946/Parking_Lot_Guidance_System_with_Key_TS07_ultrasonic_sensor_integrated_with_LED_indicators.html.
38. **Rocco Marco Guglielmi.** Play embedded. *Detecting obstacles using an ultrasonic sensor HC-SR04*. [Online] [Citace: 20. 12. 2017]
<http://www.playembedded.org/blog/en/2017/01/09/detecting-obstacles-hc-sr04/>.
39. **Pepperl+Fuchs.** Pepperl+Fuchs. *Ultrasonic Sensors Knowledge (Part 4): Influences on Measurement Accuracy*. [Online] Pepperl+Fuchs. [Citace: 14. 4. 2017]
<https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/25518.htm>.
40. **Andreas Spiess.** #40 Ultrasonic Distance Sensors Arduino Tutorial and Comparison for HC-SR04, HY-SRF05, US-015. [<https://www.youtube.com/watch?v=aLkkAsrSibo>] s.l. : Andreas Spiess, 2016.
41. **Jakub Čížek.** Bluetooth 4.2 je hotový. Lépe propojí internet věcí. *www.zive.cz*. [Online] CN Invest a. s., 4. 12. 2014 [Citace: 2. 3. 2018] <https://www.zive.cz/bleskovky/bluetooth-42-je-hotovy-lepe-propoji-internet-veci/sc-4-a-176382/default.aspx>.

42. **Brian Ray.** A Bluetooth & ZigBee Comparison For IoT Applications. *www.link-labs.com*. [Online] Link Labs, 28. 10. 2015 [Citace: 2. 3. 2018] <https://www.link-labs.com/blog/bluetooth-zigbee-comparison>.
43. **Zigbee Alliance.** What is Zigbee. *Zigbee alliance*. [Online] Zigbee. [Citace: 2. 3. 2018] <http://www.zigbee.org/what-is-zigbee/>.
44. **Český telekomunikační úřad.** Využívání vymezených rádiových kmitočtů. *ČTÚ*. [Online] [Citace: 2. 3. 2018] <https://www.ctu.cz/vyuzivani-vymezenych-radiovych-kmitoctu>.
45. **Wikipedia.** Sigfox. *Wikipedia*. [Online] [Citace: 2. 3. 2018] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sigfox>.
46. **Sigfox.** Technologie Sigfox. *Sigfox*. [Online] SimpleCell. [Citace: 2. 3. 2018] <https://simplecell.eu/technologie-sigfox/>.
47. **Glen Schatz.** SigFox Vs. LoRa: A Comparison Between Technologies & Business Models. *Link Labs*. [Online] LinkLabs, 13. 1. 2016 [Citace: 2. 3. 2018] <https://www.link-labs.com/blog/sigfox-vs-lora>.
48. **SimpleCell Networks.** SimpleCell Networks a. s. operátorem mobilní sítě SigFox pro Internet věcí v České republice. *SimpleCell*. [Online] SimpleCell networks a. s. [Citace: 2. 3. 2018] <https://simplecell.eu/simplecell-networks-a-s-operatorem-mobilni-site-sigfox-pro-internet-veci-v-ceske-republice-2/>.
49. **Unicorn college.** Parkování v garážích. *Parkování v garážích*. [Online] Unicorn college, [Citace: 17. 3. 2017] UCL-BT:UCL/EVIDENCE_PARKOVANI.
50. **Draw.io.** draw.io. *draw.io*. [Online] JGraph Ltd. [Citace: 21. 12. 2017] <https://www.draw.io/>.
51. **Hardwario.** BigClown Core Module. *BigClown*. [Online] Hardwario. [Citace: 5. 4. 2018] <https://www.bigclown.com/doc/hardware/about-core-module/>.
52. **Hardwario.** BigClown Battery Module. *BigClown*. [Online] Hardwario. [Citace: 5. 4. 2018] <https://shop.bigclown.com/battery-module/>.
53. **Hardwario.** BigClown Lux meter tag. *BigClown*. [Online] Hardwario. [Citace: 5. 4. 2018] <https://shop.bigclown.com/lux-meter-tag/>.
54. **Aliexpress.** UltraBright Red/Green/Blue/White/Yellow Ultra Bright 5mm Round LED Diode F5 Led. *Aliexpress*. [Online] Aliexpress. [Citace: 5. 4. 2018] <https://www.aliexpress.com/item/5valuesx20Pcs-100Pcs-UltraBright-Red-Green-Blue-White-Yellow-Ultra-Bright-5mm-Round-LED-Diode-F5-Led/32728729478.html>.
55. **Aliexpress.** Carbon Film Resistors 1K Ohms OHM. *Aliexpress*. [Online] Aliexpress. [Citace: 5. 4. 2018] <https://www.aliexpress.com/item/2017-Hot-Best-Promotion-50Pcs-Carbon-Film-Resistors-1K-Ohms-OHM-1-4W-Power-5-Tolerance/32803426581.html>.
56. **Zbyšek Voda.** Proč musím u LED použít rezistor. *Arduino.cz*. [Online] Arduino.cz, 17. 2. 2016 [Citace: 4. 4. 2018] <https://arduino.cz/proc-musim-u-led-pouzit-rezistor/>.
57. **Aliexpress.** Solderless Prototype Experiment Test Mini Breadboard SYB . *Aliexpress*. [Online] Aliexpress. [Citace: 5. 4. 2018] <https://www.aliexpress.com/item/Free-Shipping-50pcs-lot-SYB-170-Solderless-Prototype-Experiment-Test-Mini-Breadboard-SYB-170-Tie-points/32583268854.html>.

58. **Hardwario**. BigClown - Open-source Internet-of-Things for Makers. *github*. [Online] Hardwario. [Citace: 5. 4. 2018] <https://github.com/bigclownlabs>.
59. **Hardwario**. SigFox module with subscription of MySigFox Platinum service for 3 years. *BigClown*. [Online] Hardwario. [Citace: 5. 4. 2018] <https://shop.bigclown.com/bundle-sigfoxmodule-mysigfoxplatinum3y/>.
60. **Hardwario**. Welcome to BigClown Documentation. *BigClown*. [Online] Hardwario. [Citace: 6. 4. 2018] <https://www.bigclown.com/doc/>.
61. **Aliexpress**. LIS2DH12TR CJMCU- three axis accelerometer module sensor development board. *Aliexpress*. [Online] Aliexpress. [Citace: 11. 4. 2018] <https://www.aliexpress.com/item/LIS2DH12TR-CJMCU-three-axis-accelerometer-module-sensor-development-board-instead-of-ADXLS345/32788240838.html>.
62. **Martin Malý**. BigClown: IoT jako modulární stavebnice. *Bastlárna*. [Online] root.cz, 13. 7. 2016 [Citace: 28. 3. 2018] <https://www.root.cz/clanky/bigclown-iot-jako-modularni-stavebnice/>.
63. **Simon Fredsted**. Webhook tester. *Webhook tester*. [Online] [Citace: 20. 4. 2018] <http://www.webhook.site>.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Odhad globálně připojených IoT zařízení do r. 2021 (14).....	15
Obrázek 2 - Ukázky Smart health a Smart home zařízení (16).....	16
Obrázek 3 - Zástupci open-source hardware stavebnic (22, 23, 24).....	17
Obrázek 4 - Typický tok dat v internetu věcí (25).....	18
Obrázek 5 - Komponenty v rámci toku dat v IoT (25).....	18
Obrázek 6 - Chytré detektory Citiq (26).....	19
Obrázek 7 - DAQ uzel (vlastní zpracování).....	20
Obrázek 8 - Schematické znázornění běžného senzoru (27), (vlastní zpracování).....	24
Obrázek 9 - Vybraní zástupci senzorů různých technologií (vlastní zpracování) (28, 29).....	25
Obrázek 10 - Měření pomocí magnetického pole (36) a detekce překážek (37).....	27
Obrázek 11 - Způsob fungování HC-SR004 (vlastní zpracování), (38).....	28
Obrázek 12 - Evidence parkování v Unicorn College (49).....	32
Obrázek 13 - Rezervační tabulka v evidenci parkování Unicorn College (systém UCL).....	32
Obrázek 14 - Souhrnný přehled současných procesů (vlastní zpracování v uuBML).....	33
Obrázek 15 - Návrh konceptu systému GS2020 (vlastní zpracování), (50).....	37
Obrázek 16 - Případy užití: Garáž GS2020 (vlastní zpracování), (50).....	40
Obrázek 17 - Deployment model pro první etapě (vlastní zpracování), (50).....	41
Obrázek 18 - Přehled toku dat – první etapa (vlastní zpracování v uuBML).....	42
Obrázek 19 - Jeden Bajt pro synchronizaci DAQ-agregátor (vlastní zpracování).....	43
Obrázek 20 - DAQ uzel: Uspávání (vlastní zpracování), (50).....	46
Obrázek 21 - DAQ uzel: Měření baterií a vzdálenosti (vlastní zpracování), (50).....	47
Obrázek 22 - DAQ uzel: Kalibrace (vlastní zpracování), (50).....	47
Obrázek 23 - DAQ uzel: Synchronizace při změnách a heartbeat (vlastní zpracování), (50).....	47
Obrázek 24 - DAQ uzel: Schéma zapojení LED a HC-SR04P (vlastní zpracování), (49, 62).....	49
Obrázek 25 - Agregátor: Práce s bucketem (vlastní zpracování), (50).....	50
Obrázek 26 - Agregátor: Příchozí zprávy z DAQ uzlů (vlastní zpracování), (50).....	51
Obrázek 27 - Agregátor: Detekce chybějících heartbeat zpráv (vlastní zpracování), (50).....	51
Obrázek 28 - DAQ uzel: Sestavený prototyp (vlastní zpracování).....	53
Obrázek 29 - Agregátor: Sestavený prototyp (vlastní zpracování).....	54
Obrázek 30 - Ukázka SigFox zprávy s pomocí služby Webhook tester (63).....	55
Obrázek 31 - Možnosti optimalizace SigFox zpráv (vlastní zpracování).....	68

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Základní pojmy a zkratky	10
Tabulka 2 - Porovnání Arduino Uno, Arduino MKR FOX 1200 a BigClown	21
Tabulka 3 - Základní rozdíly mezi MCU BigClown.....	22
Tabulka 4 - Silné stránky stavebnice BigClown Core a Arduino MKR FOX 1200	23
Tabulka 5 - Parametry vybraných senzorů (28)	26
Tabulka 6 - Shrnutí srovnání ultrazvukové a magnetické technologie	27
Tabulka 7 - Vybrané modely ultrazvukových senzorů	28
Tabulka 8 - Vybrané standardy pro přenos dat na kratší vzdálenosti	29
Tabulka 9 - Vybrané standardy pro přenos dat na delší vzdálenosti.....	30
Tabulka 10 - Popis stávajících procesů.....	33
Tabulka 11 - Shrnutí problému	34
Tabulka 12 - Výstupy z první etapy projektu.....	36
Tabulka 13 - Přehled klíčových byznys požadavků.....	36
Tabulka 14 - Popis komponent konceptu systému GS2020.....	38
Tabulka 15 - Přehled vybraných aktérů (pro první etapu)	39
Tabulka 16 - Přehled vybraných use-case.....	40
Tabulka 17 - Popis funkčních bloků řešení.....	41
Tabulka 18 - Obsazenost DAQ uzlu (první bit)	43
Tabulka 19 - Technické stavy DAQ uzlu (druhý až osmý bit)	43
Tabulka 20 - Technické stavy agregátoru	45
Tabulka 21 - Příklady synchronizačních zpráv do cloudu (rozdělené po Bajtech).....	45
Tabulka 22 - Komponenty pro výrobu DAQ uzlu	48
Tabulka 23 - Komponenty pro výrobu agregátoru.....	52
Tabulka 24 - UC01a: Zjišťování obsazenosti u jednotlivých míst.....	70
Tabulka 25 - UC01b: Zjišťování stavu baterií u DAQ uzlů.....	70
Tabulka 26 - UC01c: Zjišťování problémů DAQ uzlů u jednotlivých míst.....	71
Tabulka 27 - UC02a: Synchronizace stavu DAQ uzlů do agregátoru	71
Tabulka 28 - UC03a: Synchronizace agregátoru a čidel do aplikačního serveru GS2020	72
Tabulka 29 - UC02b: Zjišťování chyb agregátorem	72
Tabulka 30 - UC03b: Zjišťování chyb aplikačním serverem GS2020.....	73

Seznam příloh

Příloha A – Možnosti řešení omezení velikosti zpráv

Příloha B – Use-case specifikace první etapy projektu

Příloha C – REQ_Analýza_požadavků_Majer.docx (samostatný soubor na CD)

Příloha D – REQ_Analýza_požadavků_Majer.xlsx (samostatný soubor na CD)

Příloha E – Zdrojové kódy ¹⁸ a firmware (přiložené soubory na CD)

¹⁸ Vývoj kódu bude pokračovat i po dokončení této bakalářské práce. Aktuální verze zdrojových kódů budou ukládány do online github repozitáře <https://github.com/pama78>

Příloha A – Řešení omezení velikosti zpráv (12 Bajtů)

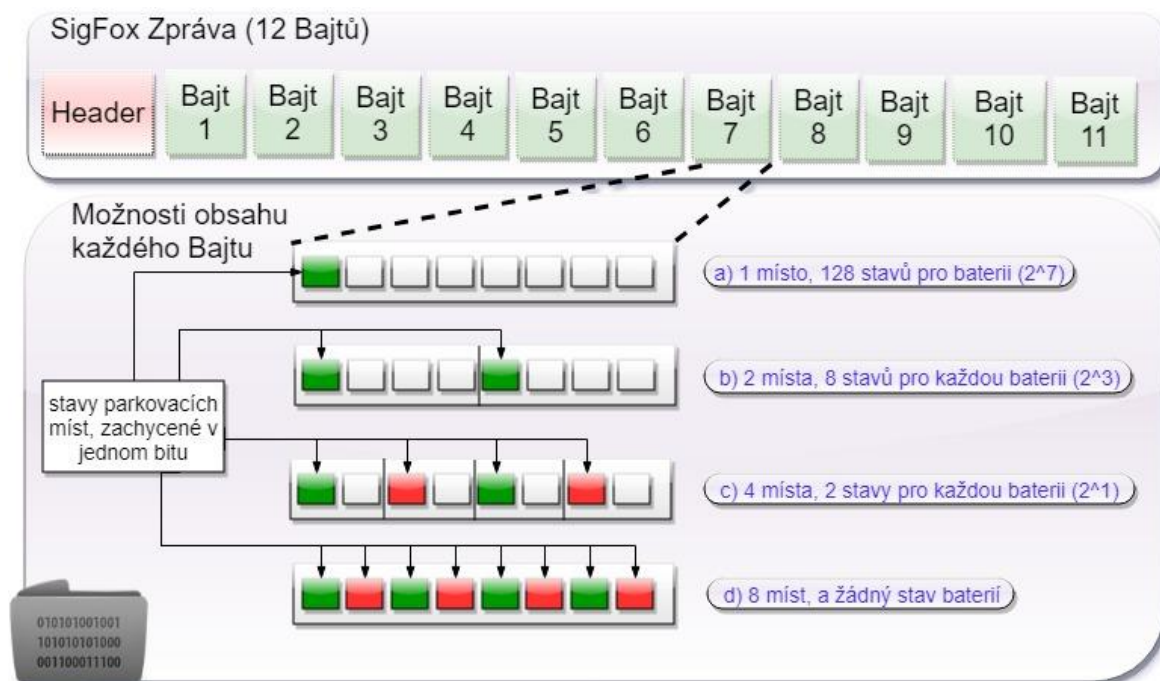
Při použití sítě SigFox je třeba zohlednit dvě zásadní omezení – počet a velikost zasílaných zpráv. Do návrhu řešení jsem zapracoval omezení na maximální počet jedenácti DAQ uzlů pro jeden agregátor. Tato varianta by měla přinášet úsporu až deseti zařízení SigFox včetně předplatného na každý agregátor. Rovněž jsem se zamýšlel nad možnostmi rozšíření tohoto řešení a zapojení ještě více DAQ uzlů k jednomu agregátoru. V této příloze diskutuji možná řešení tohoto problému.

Synchronizace stavů mezi parkovištěm a vzdáleným místem (cloudem) by měla zohledňovat stav parkoviště (obsazeno/volno), ale i stav baterií, případně další chybové stavy všech spárovaných DAQ zařízení. V současném řešení věnuji první Bajt na informace o samotném agregátoru a zbývajících jedenáct Bajtů může nést informaci o obsazenosti a stavu baterií až jedenácti DAQ uzlů.

V současném řešení rozdělují každý Bajt (který reprezentuje jeden DAQ uzel) na dvě části. Na první bit pro uložení stavu obsazenosti a 7 bitů pro uložení stavu baterií a chybové stavy (je možno takto uložit až 128 stavů). Tato varianta je znázorněna na obrázku č. 31 pod označením varianta „a“).

Pro zvýšení maximálního množství DAQ uzlů pro jeden agregátor by bylo možné těchto 11 Bajtů rozdělit na 22 částí, kde každá část by nesla informaci o jednom parkovacím místě. Při použití této varianty by ubylo množství technických stavů těchto čidel ze 128 na 8. Asi největší dopad této varianty řešení by byl, že by technické stavy DAQ uzlů už nemohly být tak detailní. Tato varianta je zachycena jako varianta „b“ na obrázku č. 31.

Obrázek 31 - Možnosti optimalizace SigFox zpráv (vlastní zpracování)



Na obrázku č. 31 je rovněž zachycena varianta „c“ a „d“. Varianta „c“ by umožňovala synchronizovat až 44 stavů DAQ uzlů do jednoho agregátoru. V této variantě u každého stavu obsazenosti je prostor pro jeden technický stav čidla. V této variantě bychom mohli

například posílat zprávu, kde by v jednom Bajtu byla informace jako např. 10101010 – což by značilo, že jsou čtyři místa obsazena a že nemají na sobě hlášenou technickou závadu.

Varianta „c“ přináší teoretickou možnost synchronizovat stav až 44 zařízení v každé jedné zprávě. Existuje zde ale limit na maximální počet spárovaných zařízení k jednomu agregátoru. Udávané maximum je 32 spárovaných zařízení.

Varianta „d“ je zde spíše pro úplnost. V 11 Bajtech by teoreticky mohlo být synchronizováno až 88 stavů obsazenosti různých parkovacích míst. V této variantě by se už neposílal technický stav jednotlivých zařízení. Pro technický stav zařízení by byl použit jiný typ zprávy. Rozlišení této zprávy by mohl být v prvním Bajtu (v tzv. hlavičce). Tento typ zpráv by ubíral z denního limitu 144 zpráv, a proto by se neměl posílat často.

Z popsaných variant lze pozorovat, že lze synchronizovat větší množství čidel za cenu snížení množství chybových stavů a stavů jednotlivých baterií. V řešení této práce jsem zvolil variantu „a“. Pro současných šest parkovacích míst se jeví jako nejvíce ideální. Poskytuje totiž relativně velký prostor pro stavy baterií a případně pro komunikaci různých chyb samotných čidel.

Příloha B – Use-case specifikace 1. etapy

V následujících sedmi tabulkách jsou detailně popsány jednotlivé případy užití vztahující se k první etapě projektu. Use-case specifikace doplňují use-case diagram z kapitoly 4.1.2 *Akteři a případy užití*. Následující tabulky popisují funkcionality, hlavní a alternativní scénáře a další podmínky klíčových funkcionalit z první etapy projektu.

Tabulka 24 - UC01a: Zjišťování obsazenosti u jednotlivých míst

Krátký popis:	Zařízení u jednotlivých parkovacích míst budou v pravidelných intervalech zjišťovat obsazenost měřením vzdálenosti pomocí ultrazvukových čidel. Cílem je zjistit změnu stavu obsazenosti parkovacího místa motorovým vozidlem a navázat na ni další kroky.
Primární aktér:	DAQ uzel GS2020
Podmínka spuštění:	Měření bude iniciováno uplynutím určitého časového intervalu od posledního měření.
Podmínky pro dokončení:	<ul style="list-style-type: none"> • Je zjištěna obsazenost motorovým vozidlem. • V případě změny je připravena zpráva na odeslání do agregátoru, která obsahuje stav obsazenosti.
Základní tok:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Senzory budou zjišťovat obsazenost svého parkovacího místa pravidelně v nastaveném intervalu. 2. DAQ uzly vyhodnotí podle naměřené vzdálenosti k překážce, zda je parkovací místo obsazené, nebo volné. 3. DAQ uzel zjistil změnu obsazenosti oproti poslednímu měření. 4. DAQ uzel sestaví zprávu.
Alternativní tok:	<p>3A1. DAQ uzel nezjistil změnu obsazenosti oproti poslednímu měření.</p> <p>4A1. DAQ uzel nesestaví novou zprávu, pokud nedošlo ke změně.</p>
Interval:	Intervaly zjišťování se mění v závislosti na světelných podmínkách v garážích (v rozmezí 1 až 10 minut). Při vyšší intenzitě světla se zjišťování obsazenosti bude snímat častěji.

Tabulka 25 - UC01b: Zjišťování stavu baterií u DAQ uzlů

Krátký popis:	Zařízení u jednotlivých parkovacích míst budou v pravidelných intervalech zjišťovat stav baterií. Informace bude připravena pro předání agregátoru.
Primární aktér:	DAQ uzel GS2020
Podmínka spuštění:	Měření stavu baterií bude iniciováno uplynutím určitého časového intervalu od posledního měření (alespoň 1x denně).
Podmínky pro dokončení:	<ul style="list-style-type: none"> • Je zjištěn a uložen aktuální stav baterií, aby mohl být poslán v další zprávě posílat do agregátoru.
Základní tok:	<ol style="list-style-type: none"> 1. DAQ uzel bude pravidelně v nastaveném intervalu zjišťovat stav svých baterií. 2. DAQ uzel uloží aktuální stav baterií pro budoucí zaslání.
Alternativní tok:	1A1. DAQ uzel nedokáže zjistit stav baterií a do stavu zapíše informaci o chybě. (tato informace se bude dále zpracovávat jako běžná chyba – tj. UC01c)
Interval:	Měření stavu bude probíhat alespoň 1x denně.

Tabulka 26 - UC01c: Zjišťování problémů DAQ uzlů u jednotlivých míst

Krátký popis:	Zařízení u jednotlivých parkovacích míst budou v sledovat svůj technický stav. Cílem je zjistit případný problém u DAQ uzlu a co nejdříve informovat odpovědnou osobu.
Primární aktér:	DAQ uzel GS2020
Podmínka spuštění:	Dojde k detekci chyby na straně DAQ uzlu.
Podmínky pro dokončení:	<ul style="list-style-type: none"> • Je sestavena mimořádná zpráva s informací o obsazenosti a s relevantním chybovým kódem. • Zpráva je poslána do agregátoru.
Základní tok:	<ol style="list-style-type: none"> 1. DAQ uzel detekuje chybu <ol style="list-style-type: none"> a. pohyb akcelerometru (pokus o krádež), b. nízký stav baterií, c. nepodařilo se zjistit vzdálenost pomocí ultrazvukového čidla, d. nepodařilo se zjistit stav světla nebo stav baterií, e. nebo kombinaci dvou a více chyb. 2. Je zjištěno, že informace o nové chybě ještě nebyla odeslána (v předchozí iteraci). 3. DAQ sestaví zprávu s detaily o obsazenosti a s číslem chyby. 4. DAQ odešle zprávu do agregátoru.
Alternativní tok:	2A1. Když je zjištěno, že zpráva již byla odeslána, další se nesestavuje a neodesílá.
Interval:	V případě zjištění chyby v DAQ uzlu.

Tabulka 27 - UC02a: Synchronizace stavu DAQ uzlů do agregátoru

Krátký popis:	Agregátor bude očekávat a zpracovávat zprávy od spárovaných DAQ uzlů. Získaná data z více DAQ uzlů bude agregovat. Bude detekovat změny a bude připravovat zprávy pro odeslání do aplikačního serveru GS2020. Cílem synchronizace je zjistit změny obsazenosti parkovacích míst motorovými vozidly a předat informace k dalšímu zpracování.
Primární aktér:	Agregátor GS2020
Podmínka spuštění:	<p>Příchod běžné (ne mimořádné) zprávy od jednoho ze spárovaných DAQ uzlů.</p> <ul style="list-style-type: none"> • změna stavu parkovacího místa, • příchod heartbeat zprávy.
Podmínky pro dokončení:	<p>Sestavení agregované zprávy a její odeslání do SigFox Cloudu (která bude následně doručena do cloudu / aplikačního serveru GS2020).</p> <p><u>Omezení:</u> Zprávy se změnami obsazenosti musí splňovat limity dané operátorem. V případě sítě SigFox je limitace 12 Bajtů na zprávu a denní limit je 140 zpráv.</p>
Základní tok:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agregátor očekává a přijímá zprávy od spárovaných DAQ uzlů. 2. Agregátor z příchozí zprávy identifikuje DAQ uzel, obsazenost a zbývající kapacitu baterií. 3. Agregátor zjistí, že došlo ke změně stavu od poslední synchronizace s aplikačním serverem GS2020. 4. Agregátor připraví agregovanou zprávu, která obsahuje informaci o všech přidružených čidlech a také o svém stavu. 5. Agregátor pošle agregovanou zprávu s aktuálním stavem spárovaných čidel do SigFox cloudu (který jí má následně odeslat do aplikačního serveru GS2020)
Alternativní tok:	<p>5A1. Agregátor neodešle zprávu, pokud nedošlo ke změně a pokud od poslední synchronizace uběhlo méně než hodina (heartbeat nemá být poslán).</p> <p>5A2. Agregátor neodešle zprávu ihned, pokud došlo k vyčerpání limitu SigFox zpráv. V tomto případě musí počkat až 10 minut na další navýšení limitu.</p>
Interval:	<ul style="list-style-type: none"> • Hned při změně stavu místa (v případě nevyčerpaných zpráv u operátora). • Do deseti minut od změny (při vyčerpání limitu volných SigFox zpráv). • Vždy alespoň 1x za hodinu (jinak budou všechna dotčená čidla označena za chybná v aplikačním serveru GS2020).

Tabulka 28 - UC03a: Synchronizace agregátoru a čidel do aplikačního serveru GS2020

Krátký popis:	Aplikační server GS2020 bude očekávat a přijímat zprávy z agregátoru. Bude ze zpráv zjišťovat stavy jednotlivých míst a ukládat je pro vzdálené zobrazování stavů a další zpracování.
Primární aktér:	Aplikační server GS2020
Podmínka spuštění:	Příchod zprávy ze spárovaných agregátorů. (V případě, že se změní stav obsazenosti parkovacího místa nebo přijde heartbeat zpráva)
Podmínky pro dokončení:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uložený aktuální stav parkovacích míst na straně aplikačního serveru GS2020 (obsahuje informace o poslední synchronizaci, o stavu obsazenosti a stavu baterií). 2. Záznam do audit logu o změnách (záznam o stavu baterií uložen tak, aby z těchto záznamů později bylo možné sledovat trendy).
Základní tok:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplikační server GS2020 očekává zprávu z agregátoru. 2. Aplikační server obdrží zprávu. 3. Aplikační server zprávu přijme. 4. Aplikační server ze zprávy zjistí ID a stav agregátoru. 5. Aplikační server ze zprávy zjistí obsazenost a stav baterií jednotlivých (předem nadefinovaných) parkovacích míst. 6. Aplikační server zjistí u některých míst změnu obsazenosti. Zapiše události do audit logu. 7. Aplikační server zobrazí čas poslední úspěšné synchronizace (v případě chyby bude jednoduše zjistitelné, kdy přesně nastala).
Alternativní tok:	6A1. Nedošlo k žádným změnám. Události nejsou zapsány do audit logu.
Interval:	<ul style="list-style-type: none"> • Po každé změně stavu čidla přiřazeného k agregátoru (nejpozději do 10 minut od změny). • Nejpozději do 1 hodiny od poslední synchronizace – v případě žádných změn se očekává heartbeat do hodiny od posledního příjmu zprávy (tzv. heartbeat).

Tabulka 29 - UC02b: Zjišťování chyb agregátorem

Krátký popis:	Agregátor má detekovat chyby na spárovaných DAQ uzlech. Chyba může přijít ve zprávě (např. nízký stav baterií). Za chybu se také považuje, že zpráva nedošla do jedné hodiny od poslední synchronizace. Nové chyby se okamžitě mají přeposílat do aplikačního serveru GS2020 k dalšímu zpracování.
Primární aktér:	Agregátor GS2020
Podmínka spuštění:	<ul style="list-style-type: none"> • Příchod zprávy ze spárovaných DAQ uzlů s nově nahlášenou chybou. • Nepřišla ani jedna zpráva ze spárovaného DAQ uzlu více než hodinu.
Podmínky pro dokončení:	Sestavení mimořádné agregované zprávy a její okamžité odeslání do cloudu. <u>Omezení:</u> odeslání se týká pouze první chyby z řady. Další příchozí zprávy se stejnou chybou nemají generovat tuto přednostní zprávu.
Základní tok:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agregátor analyzuje příchozí zprávy. 2. Agregátor z příchozích zpráv zjistí, že se objevila nová chyba u jednoho nebo více DAQ uzlů. 3. Agregátor připraví agregovanou zprávu, která obsahuje informaci o všech přidružených čidlech a také o jejich stavech. 4. Agregátor pošle mimořádnou agregovanou zprávu s aktuálním stavem spárovaných čidel do SigFox cloudu (který jí má následně odeslat do aplikačního serveru GS2020, kde bude navázaná logika pro zpracování chyb). <p><i><u>Důležitá informace:</u> Detekované chyby se zasílají přednostně a výjimečně se díky nim může i překročit maximální dovolený počet zpráv za den (za chybu se považuje také velmi nízký stav baterií). Informace o možnosti mimořádného překročení tohoto limitu byla potvrzena zástupcem společnosti SimpleCell.</i></p>
Alternativní tok:	2A1. Agregátor zjistí, že nepřišla zpráva z jednoho nebo více čidel více než hodinu. Označí toto čidlo jako chybné. 4A1. Když je zjištěno, že mimořádná zpráva již byla odeslána, další se neseslavuje a neodesílá. 4A2. Když je zjištěno, že se chyba přestala objevovat, sestaví se mimořádná synchronizační zpráva – pro aktualizaci stavu v aplikačním serveru GS2020.
Interval:	Při detekované chybě nebo jednu hodinu od poslední obdržené zprávy z DAQ uzlu (nepřišel heartbeat).

Tabulka 30 - UC03b: Zjišťování chyb aplikačním serverem GS2020

Krátký popis:	<p>Aplikační server GS2020 bude umět detekovat chyby na spárovaných agregátorech.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chyba může přijít ve zprávě (např. nízký stav baterií některého čidla), • za chybu se také považuje, že zpráva z některého čidla nedošla do 1 hodiny od poslední synchronizace, • pokud nedošla zpráva od agregátoru nebo pokud je zpráva nečitelná, pak budou všechna jeho čidla označena jako chybná. <p>Následně by měl odeslat notifikace o vzniklých problémech.</p>
Primární aktér:	Aplikační server GS2020
Podmínka spuštění:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Příchod zprávy ze spárovaných agregátorů. 2. Zpráva nepřišla ze spárovaného agregátoru déle než 1 hodinu od poslední synchronizace.
Podmínky pro dokončení:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zjištěné chyby přiřazené správným čidlům na straně aplikačního serveru GS2020. 2. Záznam do tzv. „error logu“ o nových chybách. (záznam o stavu baterií uložen tak, aby z těchto záznamů později bylo možné sledovat trendy). 3. Odeslání notifikace určeným osobám. 4. Zápis do audit logu o zaslaných zprávách.
Základní tok:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplikační server GS2020 očekává zprávu z agregátoru. 2. Spárovaný agregátor odešle synchronizační zprávu. 3. Aplikační server zprávu přijme a úspěšně zkontroluje. 4. Aplikační server ze zprávy zjistí ID a stav agregátoru. 5. Aplikační server ze zprávy zjistí chyby v příchozí zprávě. (Kritický stav baterií je považován za chybu také). 6. Aplikační server запиše nové chyby do error logu. 7. Aplikační server zobrazí čas poslední úspěšné synchronizace (v případě chyby bude jednoduše zjistitelné, kdy přesně nastala). 8. Dojde k odeslání notifikace určeným osobám a notifikace do audit logu o zaslaných zprávách.
Alternativní tok:	<p>2A1. Zpráva nepřijde více než jednu hodinu od poslední synchronizace. Všechna čidla přiřazená k agregátoru budou označena za chybná (neprovádí se kroky 3 až 5).</p> <p>3A1. Zpráva bude nečitelná nebo neobsahuje všechny předpokládané údaje Všechna čidla přiřazená k agregátoru budou označena za chybná (neprovádí se kroky 3 až 5).</p> <p>6A1. V případě, že pro dané čidlo/agregátor již tato chyba byla zapsána do error logu dříve a chyba je stejná jako v předchozí zprávě, pak se tato zpráva do logu znovu nezapíše.</p> <p>6A2. V případě, že pro dané čidlo/agregátor se již chyba přestala objevovat, запиše se do logu informace o vyřešené chybě a dojde k synchronizaci stavu dat na straně aplikačního serveru.</p> <p>7A1. V případě chybového stavu DAQ uzlu bude udržován čas poslední úspěšné synchronizace (bude tak jednoduše zjistitelné, kdy došlo k chybě).</p> <p>8A1. V případě opakované chyby se má poslat pouze jedna notifikace předem definovanému uživateli.</p> <p>8A2. V případě, že pro dané čidlo/agregátor se již chyba přestala objevovat, se má poslat notifikace o vyřešené chybě.</p>
Interval:	<ul style="list-style-type: none"> • Po každé obdržené zprávě s chybou. • Po první úspěšné zprávě bez chyb, která přišla po chybové zprávě. • 1 hodinu od poslední synchronizace. V případě žádných změn DAQ uzlů se očekává heartbeat do hodiny od posledního příjmu zprávy (heartbeat). V případě neobdržení heartbeat zprávy více než jednu hodinu bude čidlo označeno za chybné.