Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta informatiky a statistiky

Použití IoT v málo přístupných oblastech

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: Aplikovaná informatika

Studijní obor: Aplikovaná informatika

Autor: Lukáš Hodboď

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ladislav Luc

Praha, květen 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci „Použití IoT v málo přístupných oblastech“ vypracoval samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury.

V Praze dne 3. května 2019 .....

Lukáš Hodboď

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Ladislavu Lucovi, za umožnění zpracovávat toto zajímavé téma. Dále bych rád poděkoval Pavlu Škurekovi a společnosti T-mobile za umožnění k nahlédnutí do dokumentace a za zapůjčení měřícího přístroje pro potřeby této bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá řešením problému se zajištěním bezpečnosti v oblasti bez dostupnosti mobilního signálu pomocí aktivních traumabodů, tj. bodů umožňujících přivolání pomoci jinými prostředky než pomocí mobilních sítí GSM pro zvýšení bezpečnosti turistů pohybujících se ve volném terénu CHKO Brdy. Pro datový přenos nouzového volání je využívána technologie Internet of Things (IoT) prostřednictvím sítě sigfox. Volání nouzovým tlačítkem je napojeno na IS Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje.

Práce v teoretické časti definuje termín internet věcí. Stručně popisuje jeho historii a využití pro spotřebitele, státní správu, ve zdravotnictví, infrastruktuře, výrobě, maloobchodě a dopravě. Teoretická část dále popisuje celosvětový bezdrátový komunikační systém sigfox a jeho použití k budování aktivních traumabodů.

V praktické části pak práce shrnuje výsledky měření sigfox signálu na dvanácti místech na území středních Brd a jsou vytipována další tři místa v této lokalitě, kde by bylo vhodné vybudovat aktivní traumabody.

Klíčová slova

Traumabod, Internet věcí, Sigfox, CheckFox, Brdy

JEL klasifikace

C89, I19, Z39

Abstract

This bachelor's thesis deals with solving the problem of ensuring security in the area without the availability of mobile network using active rescue points i.e. points enabling the emergency calling by other method than using the GSM mobile networks to increase the safety of tourists traveling in the free terrain of the Protected Landscape Area Brdy. The Internet of Things (IoT) via sigfox network is used for data transfer of the emergency call. Emergency button is connected to IS of Fire Brigade of the Pilsen Region.

The thesis in the theoretical part defines the term Internet of Things. It briefly describes its history and usage for consumers, government, healthcare, infrastructure, manufacturing, retail and transportation. The theoretical part also describes the worldwide wireless communication system sigfox and its use to build active rescue points.

In the practical part, the thesis summarizes the results of sigfox signal measurement at twelve locations in the central Brdy area and the next three places in this locality are selected where it would be useful to build active rescue points.

Keywords

Rescue point, IoT, Sigfox, CheckFox, Brdy

JEL Classification

C89, I19, Z39

Obsah

Úvod 10
Cíl práce 11
1 Internet věcí 12
1.1 Spotřebitel 13
1.2 Státní správa 14
1.3 Zdravotnictví 14
1.4 Infrastruktura 15
1.5 Výroba 16
1.6 Maloobchod 17
1.7 Doprava 17
2 Sigfox 18
2.1 Rádiový přenos a modulace 19
2.2 Přenosový protokol 19
3 Traumabody 22
4 Měření signálu 26
4.1 Posouzení kvality signálu 27
4.2 Vytipování míst 28
4.3 Traumabod 22 – LS Nepomuk 30
4.4 Traumabod 24 – Praha 30
4.5 Traumabod 28 - U Studánky 32
4.6 Traumabod 29 – Hříbeček 32
4.7 Aktivní Traumabod 30 – Padrť 32
4.8 Traumabod 39 - Zámeček Tři Trubky 33
4.9 Aktivní Traumabod 40 - U louky Tři Trubky 34
4.10 Traumabod 41 - Křižovatka U Vagonu 35
4.11 Aktivní Traumabod 44 - Křižovatka Nad čuralem 35
4.12 Turistický rozcestník – Pod Bučinou 36
4.13 Lesní cesta – Myší díra 37
4.14 Lesní cesta – Pražská linka 38
Závěr 39
Použitá literatura 40
Přílohy I
Příloha A: Seznam provedených měření I
Příloha B: Workflow VII

Seznam obrázků

Obr. 1 IoT water – Způsoby komunikace Zdroj: (10) 15
Obr. 2 Obecná architektura sítě sigfox Zdroj: (16) 18
Obr. 3 OSI model Sigfox komunikace Zdroj: (19) 20
Obr. 4 Struktura odchozího a příchozího sigfox rámce Zdroj: (19) 21
Obr. 5 Pasivní a aktivní traumabod (foto autor) 23
Obr. 6 Informační cedule aktivního traumabodu (foto autor) 24
Obr. 7 Tlačítko aktivního traumabodu (foto autor) 24
Obr. 8 Přenos požadavku o pomoc od traumabodu k PČR. Zdroj: (23) 25
Obr. 9 CheckFox – bez pokrytí sigfox sítí (foto autor) 27
Obr. 10 T-mobile mapa pokrytí GSM Zdroj: (27) 28
Obr. 11 Vodafone mapa pokrytí GSM Zdroj: (28) 28
Obr. 12 Mapa provedených měření Mapové podklady: (29) 29
Obr. 13 CheckFox – Žádné GSM datové spojení (foto autor) 31
Obr. 10 WorkFlow - Heartbeat, konfigurace, restart (39) VII
Obr. 11 Nouzové workflow (39) VIII
Obr. 12 Komunikace se 112/PČR (39) IX

Seznam tabulek

Tab. 1 Czech Republic Internet of Things Spending by Industry, 2017–2022 ($M) (7).....13
Tab. 2 Identifikátor kvality spojení Zdroj: (26) 27
Tab. 3 Rozdíl predikce RSSI od skutečnosti - Traumabod 22. Zdroj predikce: (30) 30
Tab. 4 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 24.....31
Tab. 5 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 28.....32
Tab. 6 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 29.....32
Tab. 7 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 30.....33
Tab. 8 Záznam výsledků šesti měření za použití antény lambda/2 – Traumabod 30 33
Tab. 9 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 39.....34
Tab. 10 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 40.....34
Tab. 11 Záznam výsledků šesti měření za použití antény lambda/2 – Traumabod 40 35
Tab. 12 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 44 36
Tab. 13 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Pod Bučinou 37
Tab. 14 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Myší díra..... 37
Tab. 15 Záznam výsledku měření za použití antény lambda/2 – Myší díra 37
Tab. 16 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Pražská linka 38
Tab. 17 Záznam výsledku měření za použití antény lambda/2 – Pražská linka 38
Tab. 18 Rekapitulace výsledků měření 39

Seznam zkratek

APAC	Asia Pacific
BTS	Base Transceiver Station
DBPSK	Differential phase-shift keying
EMEAI	Europe, Middle East, Africa, India
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
CHKO	Chráněná krajinná oblast
IoT	Internet of Things
IS	Information system
ISM	Industrial, Scientific and Medical
LPWAN	low-power wide-area network
NFC	Near-field communication
RFID	Radio Frequency Identification
RSSI	Received signal strength indication
SNR	Signal to Noise Ratio
UNB	Ultra Narrow Band
V2I	Vehicle to Infrastructure
V2V	Vehicle to Vehicle

Úvod

V dnešní pokročilé informační společnosti bereme konektivitu skrze mobilní sítě jako samozřejmost. Existují ale i místa v České republice, která se řadí k zemím s největším pokrytím v Evropě, kde se k žádné mobilní síti nepřipojíte. Jedním z takových míst u nás je oblast CHKO Brdy. Část této oblasti bývalého vojenského prostoru byla veřejnosti zpřístupněna teprve v roce 2016, kdy byly v tomto prostoru vytyčeny turistické trasy a po přísunu turistu začal Plzeňský kraj řešit problematiku zajištění bezpečnosti.

Důvodem k obavám nebyly ovšem zbytky nevybuchlé munice, na jejímž odstraňování se stále pracovalo, ale především absence signálu pro mobilní telefony. Ten je totiž nezbytný pro zásah záchranných složek, ať už policie, hasičů, ale zejména zdravotní záchranné služby. Mobilní telefony sice umožnují v případě nedostupnosti signálu vašeho operátora uskutečnit SOS volání. K této funkci je však pomocí roamingu využita síť jiného operátora a pokud ani ta není dostupná, uskutečnění SOS volání je nemožné. Nepoužitelnost této funkce v nepřístupných oblastech se tak dozvíme až v situaci, kdy se pokusíme volat o pomoc.

Nad problematikou pokrytí území CHKO Brdy mobilním signálem se sešli 9. srpna 2016 zástupci tří největších tuzemských operátorů O2, T-mobile i Vodafone a společně s dalšími zúčastněnými hledali řešení pokrytí této oblasti. Jako řešení se nabízelo využití vysílačů na vrchu Drahlín a Praha, které jsou ve vlastnictví Armády ČR. *„Všichni zúčastnění mají zájem najít společné řešení, a tím by mohlo být využití armádních vysílačů, než bude možné pokrýt celé území. Pro pokrytí celé oblasti je třeba koordinace postupu se zástupci CHKO Brdy a spolupráce při vybudování nových vysílačů na tomto území,"* řekl náměstek Ivo Grüner po srpnovém zasedání. Dodnes ale k žádné spolupráci nedošlo a budování nových základových stanic v této oblasti je v nedohlednu. (1)

Pro zajištění bezpečnosti turistů a návštěvníků oblasti Brd se podařilo ve spolupráci s T- mobile najít technologii, která by mohla suplovat absenci GSM sítě. Plzeňský kraj poté vypsal výběrové řízení na dodavatele záchranných informačních bodů, ze kterých by bylo možné přivolat pomoc. *„S odborníky na IT řešíme nyní možnost využití nové technologie při vybudování záchranných bodů v místech, kde jsou křižovatky nebo odpočívadla. Z těchto záchranných míst by bylo možné spojit se s operátorem a přivolat pomoc,“* popisuje další z možných řešení náměstek. (1)

Cíl práce

Práce se bude zabývat řešením problému zajištění bezpečnosti v oblasti bez dostupnosti mobilního signálu pomocí aktivních traumabodů, tj. bodů umožňujících přivolání pomoci jinými prostředky než pomocí mobilních sítí GSM pro zvýšení bezpečnosti turistů pohybujících se ve volném terénu CHKO Brdy. Pro datový přenos nouzového volání bude využívána technologie Internet of Things (IoT) prostřednictvím sítě sigfox. Volání nouzovým tlačítkem bude napojeno na IS Hasičského záchranného sboru Plzeňského kraje. V práci popíši toto řešení, síť sigfox a vytipuji další traumabody, které by bylo vhodné osadit aktivními prvky.

1 Internet věcí

Anglicky Internet of Things z kterého vychází i zkratka IoT je síť chytrých zařízení, které společně dokáží komunikovat a reagovat na změny stavu. IT slovník od společnosti Gartner definuje IoT jako *"síť fyzických objektů, které obsahují vestavěnou technologii ke komunikaci a vnímání nebo interakci s vnitřními stavy nebo vnějším prostředím."* (2).

ITU (Internet of Things Global Standards Initiative) definuje IoT jako *„Globální infrastrukturu pro informační společnost, umožňující pokročilé služby propojením (fyzických a virtuálních) věcí na základě stávajících a vyvíjejících se interoperabilních informačních a komunikačních technologií."* (3)

Síť internetu věcí se skládá z chytrých zařízení, které Michael E. Porter a James E. Heppelmann definují takto: *„Chytrá, propojená zařízení mají tři základní prvky: fyzické komponenty, smart komponenty a komponenty pro připojení. Smart komponenty zesilují možnosti a hodnotu fyzických komponent, zatímco připojení zvyšuje možnosti a hodnotu chytrých komponent a některým z nich umožňuje existovat mimo samotné fyzické zařízení. Výsledkem je mocný cyklus zvyšování hodnoty."* (4)

Pokud vezmeme v potaz všechny definice, můžeme si za internetem věcí představit propojení libovolných identifikovatelných zařízení s internetem, díky němuž jsou schopny vzájemné výměny dat, dálkové kontroly a dalších funkcí. Díky nízkoenergetickým sítím s velkým dosahem (LPWAN) se dnes můžeme s IoT zařízením setkat doslova na každém rohu. Nejčastěji je potkáváme ve formě různých čidel nebo senzorů. Jejich nízká energetická náročnost a malé rozměry nám umožnují umístit je doslova kamkoliv.

Termín „Internet of Things" zřejmě vznikl v roce 1999 jako titulek k prezentaci zabývající se identifikaci na rádiové frekvenci (RFID), kterou vytvořil Kevin Ashton. *"Mohu se mýlit, ale jsem si celkem jistý, že fráze Internet of Things vznikla jako titulek jedné prezentace, kterou jsem u Procter & Gamble vytvořil v roce 1999."* (5)

V uplynulých letech se internet věcí velice rychle rozvíjel. Podle Gartnera bylo v roce 2015 připojeno téměř pět miliard „věcí" a do roku 2020 jejich počet dosáhne 50 miliard. Strategie průmyslu vyhlášená Evropskou komisí v dubnu 2016 označuje IoT jedním z hlavních hnacích motorů a předpokladů pro digitalizaci Evropy. (6)

To potvrzuje i jedna z nejvýznamnějších světových analytických a poradenských společností IDC CEMA, která poskytuje průzkumy a analýzy trhu, předpovídá vývoj a trendy v oblasti informačních a komunikačních technologií a pořádá odborné konference. Podle IDC se bude roční míra růstu prostředků investovaných do IoT technologii v České republice v letech 2017 – 2022 pohybovat kolem 18%. V roce 2022 by pak výdaje v České republice dosahovaly 1 838 milionu amerických dolarů. (7)

Industry	2017	2022	2017-2022 CAGR (%)
Consumer	133,7	329,9	19,8
Government	49,3	100,3	15,3
Healthcare Provider	36,8	92,4	20,2
Infrastructure	54,6	103,2	13,6
Manufacturing	182,5	428,2	18,6
Retail	58,7	139,3	18,9
Transportation	133,9	214,2	9,8
Others	155,9	431,4	22,6
Grand Total	805,5	1 838,9	18,0

Tab. 1 Czech Republic Internet of Things Spending by Industry, 2017–2022 ($M) (7)

S internetem věcí se setkáváme v mnoha oblastech. Analytická společnost IDC sleduje tyto hlavní oblasti.

1.1 Spotřebitel

Internet věcí začínal nejprve pronikat do podnikového prostředí, ale podle předpovědi IDC se v následujících letech výrazně posílí i tržní potenciál u spotřebitelů. Velký podíl na tom má oblast zdraví a welness. Spotřebitel má dnes na výběr z mnoha fitness náramků, chytrých hodinek a cvičebních pomůcek. Tyto zařízení sbírají potřebná data k vyhodnocování kondice a na základě těchto dat mohou nabídnout uživateli individuální doporučení. Data zobrazují do grafů a výsledky jdou často sdílet na sociální sítě, což mnohým pomáhá k udržení motivace na sobě pracovat. (7)

Další oblastí je chytrá domácnost. Idea, kdy automatizujeme některé často se opakující procesy tím, že propojíme zařízení v domácnosti a ony pak dokáží pracovat samostatně. Jako příklad lze uvést ranní vstávání. V telefonu si večer nastavím budík a ráno, když zazvoní, automaticky se v domě roztáhnou žaluzie, spustí se vaše oblíbená hudba, kávovar vám připraví kávu a domácí pekárna upeče čerství chléb. (8)

Po snídani usedáte do svého vozu, který je další oblastí, kde na internet věcí narazíme. Auto dnes dokáže v případě nehody samo zavolat záchranou pomoc. Upozornit vás na telefonu, když s autem není něco v pořádku, nebo když vaše auto zaznamená známky otřesu. V neposlední řadě vám pak palubní infotaiment na základě vašich preferencí zahraje oblíbenou hudbu a navede vás do práce tak, abyste se vyhnuly kolonám, uzavírkám a případným dopravním nehodám. Model IDC vychází z těchto případů užití:

- Connected Vehicles
    - Emergency
    - Infotaiment
    - Bezpečnost
    - Pokročilá řešení V2V/V2I
- Zdraví a wellness
- Osobní wellness
- Vzdálené monitorování zdravotního stavu

- Chytré domy
    - Automatizace domácnosti
    - Bezpečnost
    - Inteligentní velké spotřebiče
    - Inteligentní malá zařízení

1.2 Státní správa

Ve státní správě se internet věcí uchytil hned v několika oblastech. Technologie internetu věcí můžeme použít k monitorování životního prostředí, k budování inteligentních dopravních systému, správu majetku a zajištění a monitorování bezpečnosti. Model IDC zohledňuje pro státní správu tyto případy užití:

- Detekce monitorování životního prostředí
- Zdravý a welness
- Inteligentní dopravní systémy
    - Automatizovaný veřejný tranzit
    - Parkovací management
    - Řízení dopravy
    - Cestovní informační systémy
- Správa majetku veřejné infrastruktury
    - Obecná infrastruktura
    - Chytré veřejné osvětlení
- Veřejná bezpečnost a emergency
    - Obecná infrastruktura
    - Kamerové systémy ve vozidlech
    - Body-worn kamery
- Vzdálené monitorování zdraví

1.3 Zdravotnictví

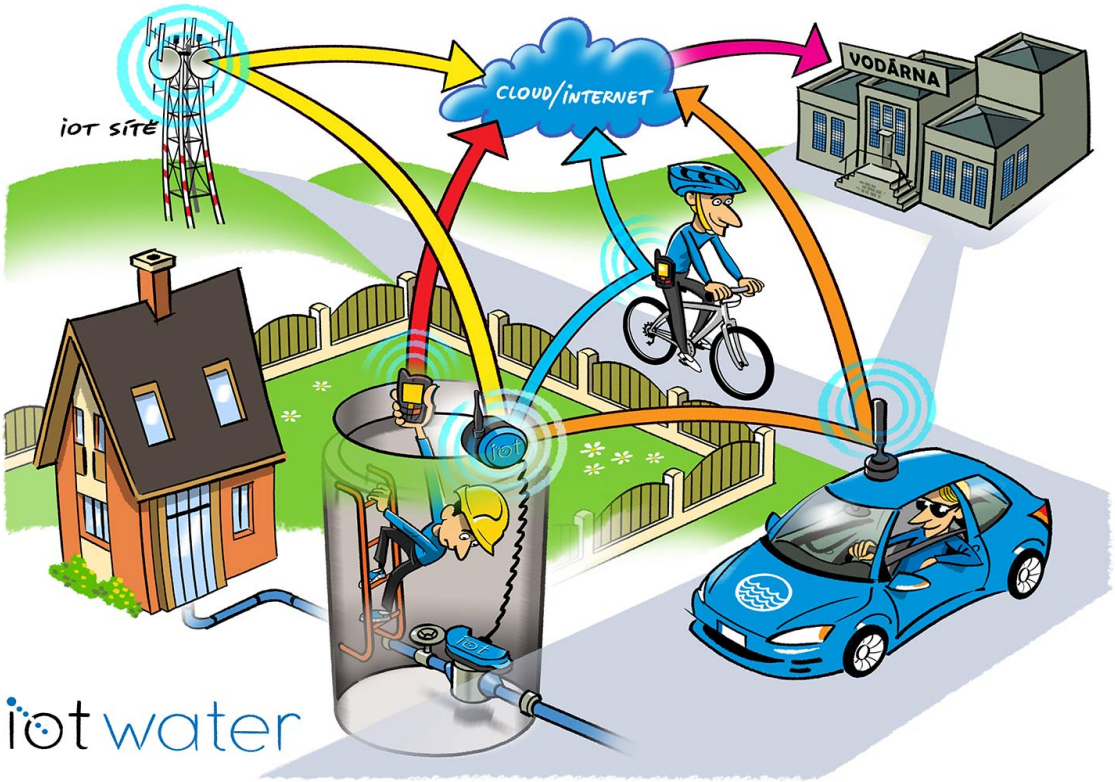
Ve zdravotnictví může internet věcí pomoci nejen zaměstnancům, ale především pacientům. Pro pacienty se jedná o monitorovací zařízení, které dostanou od svého lékaře a které neustále monitoruje stav pacienta a v případě zhoršení stavu, reportují výsledky měření přímo lékařovi. Nebo si pacient zakoupí zařízení určené pro spotřebitele, kterých je dnes v nabídce mnoho. *"Člověk se může ptát, jestli za pár let bude vůbec muset k lékaři, nebo jestli mu bude stačit nějaká malá krabička na těle. Odpověď je jasná: zatím nejsme schopni nahradit lékařskou intuici. Lékař zohledňuje nejen čísla, výsledky testů, ale také vlastní teoretické znalosti a praktické zkušenosti – pozorování, rozhovor a fyzikální vyšetření (pohmat, poklep, poslech), které mu v kombinaci s vlastní zkušeností mnohdy poskytnou cenné, často život zachraňující, informace. Tuto intuici nejsme schopni převést do jedniček a nul."* (9)

Na druhé straně je správa nemocnice, které může internet věcí také výrazně pomoci se sledováním spotřeby materiálu. Pomůže redukovat některé byrokratické činnosti personálu, ale také i třeba hlídat spotřebu desinfekčních prostředku a na základě toho rozhodnout, zda personál provádí pravidelnou hygienu rukou. Ve zdravotnictví uvažujeme tyto případy užití:

- Zdraví a welness
- Sledování majetku nemocnice
- Postranní telemetrie
- Vzdálené monitorování stavu

1.4 Infrastruktura

V infrastruktuře je dnes trend v budování inteligentních sítí s automatickými odečty. Ve vodárenském odvětví se o to snaží český startup IoT water. *„Jde o systém 4 v 1. Řešení IoT.water umožňuje zasílání odečtů přes IoT sítě SIGFOX případně LoRaWAN (žlutá šipka). Na základě pilotního testování jsme ověřili možnost odesílat až 90% všech dat přes tyto sítě. V případě, že z jakéhokoliv důvodu nelze data přenést přes IoT sítě, je možné bezdrátově načíst data pochůzkou či pojezdem (modrá a oranžová šipka). Mobilní aplikace od IoT.water současně umožňuje realizovat fyzické odečty i na vodoměrech neosazených dálkovým přenosem. Fyzický odečet je tak do několika vteřin na datovém serveru pomocí mobilní aplikace a přenosu dat přes GSM sítě (červená šipka). Součástí řešení IoT.water je serverové, databázové a softwarové řešení.“* (10)



Obr. 1 IoT water – Způsoby komunikace Zdroj: (10)

Takto vybudovaná síť má mnoho výhod pro obě strany. Automatické odečty ušetří zákazníka o pravidelné fyzické odečty vodoměru a přispívají k ochraně soukromí. Nehledě na množství podvodníku, kteří se domáhají ke vstupu do soukromí pod záminkou odečtu vody. Vodoměry se často nachází v šachtách a automatické odečty chrání před vznikem pracovních úrazů spojených s fyzickým odečtem na těchto těžko přístupných místech. Při fyzických odečtech také mohou vzniknout chyby, které vedou k reklamacím. Automatické odečty se provádí v případě řešení od IoT water dvakrát denně. Zákazník tedy získá přehled nad spotřebou vody a může si nastavit upozornění při nadměrné spotřebě, která může znamenat havárii na potrubí. Podobné alarmy pomáhají také vodárnám k identifikaci havarijních stavů.

Automatické odečty se hodí nejen na vodoměry. Podobně mohou fungovat také odečty u plynoměrů a elektroměrů. S rostoucím počtem elektromobilu bude růst také sít dobíjecích stanic, které mohou využít IoT technologie k monitorování obsazenosti stanice, spotřeby nebo vytíženosti elektrické sítě. V infrastruktuře sleduje IDC tyto případy užití:

- Nabíjení elektrických vozidel
- Inteligentní síť – elektřina
    - Automatizace distribuce
    - Inteligentní měřiče
- Inteligentní síť – plyn
    - Automatizace distribuce
    - Inteligentní měřiče
- Inteligentní síť – voda
    - Automatizace distribuce
    - Inteligentní měřiče
- Vzdálená správa Telecom Base Station
- Telecom Field Services

1.5 Výroba

Siemens představil na konci roku 2017 novinky v oblasti průmyslu 4.0. Dle jeho studie zařízení internetu věcí společně s prvky automatizace mohou malým a středním podnikům při důsledné automatizaci všech výrobních procesů zvýšit meziroční produktivitu až o 9,8 % a tyto podniky tak mohou získat na trhu konkurenční výhodu. (11)

- Sledování potravin
- Údržba a servis
- Výrobní operace
    - Autonomní operace
    - Quality management
    - Root Cause
- Správa výrobních aktiv

1.6 Maloobchod

Na dnešním vysoce konkurenčním trhu se obchodníci snaží vytvořit bezproblémový zážitek z nakupování, který zvýší prodeje a buduje věrnost ke svým zákazníkům. IoT zařízení jako jsou osvětlení, videokamery, digitální značení a chytré regály poskytují přístup k obrovskému množství nových údajů o činnosti zákazníka a přinášejí mnoho příležitostí pro sofistikované zapojení zákazníka. IoT data se používají ke sledování efektivity uspořádání zboží v obchodě, k propagaci, k interakci s produkty a používají se v digitálních kioscích a mobilních aplikacích. Tato data jsou analyzována v reálném čase za účelem vytvoření hlubokého pochopení preferencí zákazníků. IoT systémy dokáží vytvářet heatmapy, které pomáhají s uspořádáním produktů v obchodě. Každý zákazník má jiné preference a nejde vyjít vstříc s uspořádání všem zákazníkům. Digitální asistenti tak umožňují zákazníkům najít položky na jejich seznamu, vzbudit zájem o nové produkty a zobrazit zákazníkovi relevantní propagační akce, tak aby ušetřili své peníze. Obchodníkům tyto systémy pomáhají identifikovat přání zákazníků a měřit úspěšnost propagačních akcí. IoT dále umožňuje manažerům obchodů eliminovat dlouhé fronty díky efektivnímu naplánování směn zaměstnanců. (12) (13) V oblasti maloobchodu sleduje IDC tyto případy užití:

- Připojené prodejní automaty
- Digitální billboardy
- Kontextový marketing v obchodě
- NFC platby / nakupování
- Operace Omnichannel
- Inteligentní osvětlení

1.7 Doprava

Spojením bezpečnostních sítí a sledováním výkonnosti vozidel a jejich lokace s internetem věcí se mohou podniky, manažeři měst a dokonce i občané podílet na zajištění bezpečnější a efektivnější dopravy. V dopravě sleduje IDC tyto případy užití:

- Monitorování letového provozu
- Automatizace letištních zařízení
- Správa vozového parku
- Sledování nákladní dopravy

„Internet věcí má potenciál změnit svět, stejně jako internet. Možná ještě víc.“ (5)

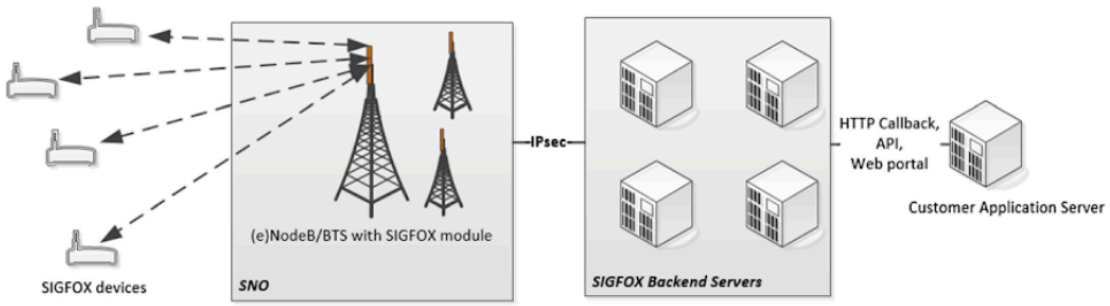
Internet věcí bude jistě přinášet neustále nové příležitosti pro digitální inovaci i obchod v celém následujícím desetiletí. Je jen na nás, jak moc budeme ochotni sdílet naše osobní informace, které pak mohou tyto systémy využít k dosažení co možná nejuspokojivějších výsledků. Již dnes existuje spousta IoT řešení, kterým ovšem chybí vzájemná provázanost. (13)

2 Sigfox

Sigfox je celosvětový komunikační bezdrátový systém pro energeticky nenáročný přenos malého množství dat. Sigfox umožňuje IoT zařízením komunikovat levně, bezpečně a na velké vzdálenosti. Spotřeba energie při vysílání je minimální. Využívá pásma ISM, které lze volně používat bez nutnosti získání licence. Sigfox je vhodný pro mnoho aplikací M2M, které běží na malé baterii a vyžadují pouze nízkou úroveň přenosu dat, pro něž je dosah WiFi příliš krátký a GSM přenos příliš drahý a především spotřebovává příliš mnoho energie. Sigfox používá technologii zvanou Ultra Narrow Band (UNB), která je určena pouze pro nízké přenosové rychlosti 10 až 1 000 bitů za sekundu. Spotřebuje jen 50 microwatts ve srovnání s 5000 microwatts pro mobilní komunikaci, nebo může přinést typický stand-by čas 20 let s 2.5Ah baterií, zatímco to je jen 0,2 roku pro mobilní telefony. Sigfox se tedy hodí všude tam, kde nepotřebujeme přenášet velké množství dat. (14)

„Typickými oblastmi stovek aplikací sítě Sigfox v Evropě jsou odečty vody, elektřiny, plynu, parkovací senzory, Industry 4.0, SmartCity, zabezpečovací zařízení, logistika, sledování teplot při transportu a uskladnění, péče o seniory, měření srážek a průtoků na záplavových potocích apod.“ (15)

Síť je založena na topologii jedné hvězdy a skládá se z vysílacích zařízení, základových stanic a sigfox backendu. Pokrytí sítě je zajištováno v každé zemi vybraným partnerem zvaným Sigfox Network Operátor (SNO). Přijímací základová stanice provozovaná společností SNO je obvykle umístěna na rádiových věžích mobilních operátorů. Tyto brány komunikují s back-endem platformy Sigfox Cloud, kterou provozuje sama společnost Sigfox S.A. Pro dosažení plné provozní schopnosti, musí celý ekosystém splňovat pouze tři požadavky - pokrytí SNO, zařízení nebo senzor umožňující sigfox komunikaci a platné předplatné. Odběratelé s ročním předplatným pro každé zařízení pak budou moci přijímat zprávy přes webové rozhraní, REST API nebo mechanismus zpětného volání. (16)



Obr. 2 Obecná architektura sítě sigfox Zdroj: (16)

„Síť poskytuje komplexní službu – tj. od okamžiku kdy radiový čip odešle data až po poskytnutí dat prostřednictvím REST API nebo GUI Backendu je vše součást služby (identifikace zařízení, autentizace zařízení, přenos dat, kontrola konzistence dat, uložení

dat, přístup k datům, asset management a celá řada dalších „drobností“, které jinak musí zákazník řešit). Služby sítě Sigfox jsou ze strany národních operátorů poskytovány jako B2B řešení – to znamená, že koncový uživatel se málokdy setká s tím, že by si kupoval a hlídal „Sigfox konektivitu“, ta už je součástí služeb s přidanou hodnotou a je schovaná na pozadí. Výrobce trackerů tak nakupuje Sigox konektivitu a koncový zákazník nakupuje službu „Online sledování assetu“ aniž řešil konketivitu.“ (17)

V České republice je výhradním operátorem SimpleCell networks. Pro pokrytí České republiky je potřeba přibližně 350 základových stanic. Aktuálně má Česká republika pokryto 94% území a pokrývá 96% populace. SimpleCell spolupracuje při budování sítě s T- mobilem, který jim poskytuje svoje stožáry. (15) Obecná architektura sítě je zobrazena na Obr. 2

2.1 Rádiový přenos a modulace

Sigfox využívá v regionu EMEAI pro komunikaci bezlicenční ISM pásmo 862 - 876 MHz. V regionech AMERICAS a APAC pracuje sigfox v pásmu 902 – 928 MHz. (18)

„K přenosu Sigfox komunikace se využívá tzv. UNB (Ultra Narrow Band) pásmo pro vysílání jen krátkého pulsu dat s vysílacím výkonem omezeným na 100 mW a modulací pracující v 200kHz veřejném pásmu. Každá přenášená zpráva v době přenosu zabírá šířku pásma 100 Hz a je přenášena rychlostí 100 nebo 600 bitů/s (v závislosti na regionu). Toto řešení zajišťuje dlouhý dosah a velkou odolnost proti rušení. Vysílaná zpráva využívá tzv. DBPSK modulaci, které stačí pro rychlost přenosu 1 bit/s jen frekvenční pásmo 1 Hz. Tedy při deklarované přenosové rychlosti Sigfox komunikace 100bitů/s se využívá již zmíněné šířka frekvenčního pásma 100 Hz. Nízká přenosová rychlost (bitrate) a úzké koncentrované přenosové pásmo DBPSK modulace tedy přináší velmi efektivní využití přenosového spektra, je velmi snadné ho implementovat a přijímač může demodulovat signály velmi blízko hladině šumu.“ (19)

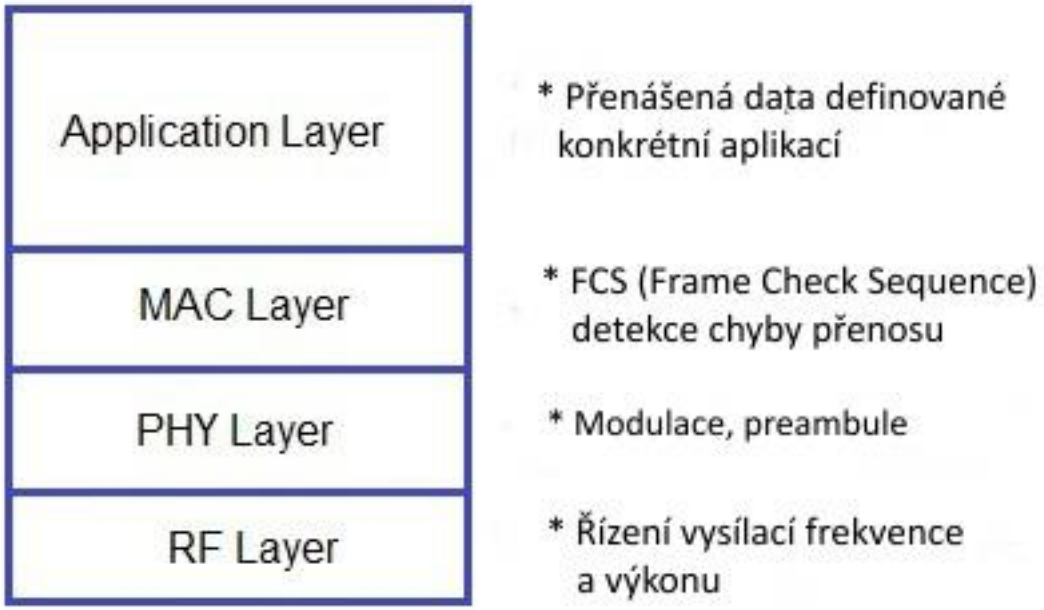
2.2 Přenosový protokol

Sigfox protokol je určený pro přenos malých zpráv. Méně dat znamená menší spotřebu energie a tedy delší životnost napájecí baterie. Přenosový rámec je utvořen z pouze 26 bajtů. Pro uživatelská data je vyhrazeno 0 -12 bajtů pro upload a pouze 0 – 8 bajtů pro download. Tento prostor je označován anglickým termínem Payload. Datový přenos na síti je omezen na odeslání 140 zpráv za den. Pro zpětný kanál pouze na 4 zprávy za den. To je dostatečné pro odesílání stavových zpráv z čidel a senzorů, které mohu do sigfox sítě odesílat cca každých 10 minut. (18)

Sítě internetu věcí využívají malé přenosové rychlosti 100 bit/s. Tato přenosová rychlost je pro tento účel dostatečná. Uživatelská data o velikosti 12 bajtu plus hlavička se přenesou za přibližně 2 sekundy.

„Velikost odesílané zprávy s 12 bajty dat může tak v praxi například reprezentovat například 2 GPS souřadnice s přesností na 3 m, 6 hodnot naměřené teploty senzorů s rozsahem -100°/+200° a s přesností 0.004°, 12 měření radaru rychlosti s rozsahem až do 255 km/h, záznam až 96 dvoustavových signálů (např. typu den/noc, horký/studený, zapnuto/vypnuto, nízký / nedostatečný stav energie atd.). Zpětný 8-bajtový kanál by pak měl být obecně dostatečný, například příkaz změny rozsahu senzoru, změny frekvence zasílání zpráv, zapnutí/vypnutí některé funkce apod. Tímto způsobem lze třeba i na dálku například aktivovat některý dočasně vypnutý datově "výkonnější" způsob komunikace (např. GSM nebo WiFi) pro zajištění tak datově náročnější vzdálené operace, jako je například přehrání / update softwaru.“ (19)

Standardní komunikační OSI model sigfox komunikace lze rozdělit na:



Obr. 3 OSI model Sigfox komunikace Zdroj: (19)

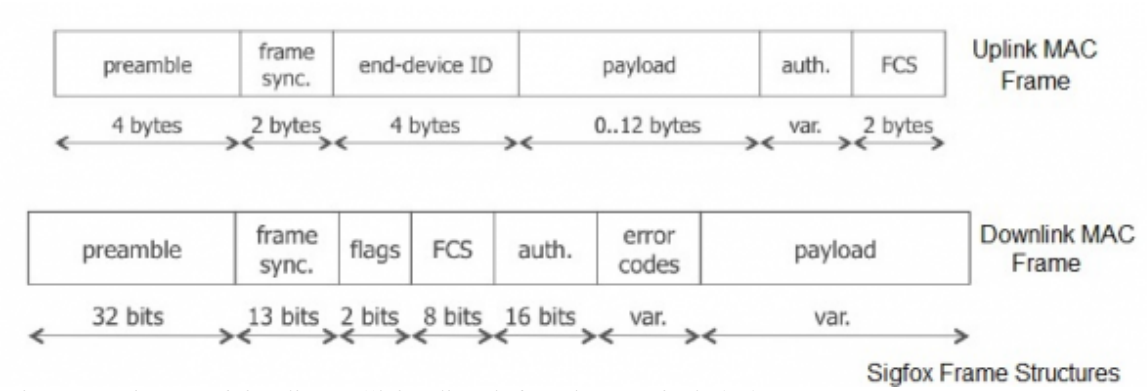
Rádiovou vrstvu (RF layer) - řídí frekvence a úrovně vysílacího výkonu

Fyzickou vrstvu (PHY layer) – při vysílání se na této vrstvě vkládá a při příjmu odebírá tzv. preambule definující adresu cílové stanice nebo jednotky

Síťová vrstva (MAC layer) - vytváří komunikační rámec pro vysílání nebo "dekóduje" rámec po příjmu (ID adresu, synchronizaci rámce, kontrola chyb FCS)

Aplikační vrstva (Application layer) - vkládá užitečná data definovaná konkrétním softwarem aplikace

Struktura odchozího a příchozího rámce vychází ze struktury OSI modelu a je zobrazen na obrázku Obr. 4



Obr. 4 Struktura odchozího a příchozího sigfox rámce Zdroj: (19)

3 Traumabody

Ve volném terénu je mnohdy obtížné přivolat si v případě nouze první pomoc. Záchranné složky mohou lokalizovat volajícího pomocí vysílačů mobilních operátoru. Tato lokalizace je účinná pouze v zástavbě, kde přesnost této lokalizace dosahuje 60-50m. V odlehlých oblastech může přesnost dosahovat i více než několik kilometrů. Tento problém se snaží řešit mobilní aplikace Záchranka, která při volání odešle GPS souřadnice zjištěné pomocí mobilního telefonu. K odeslání GPS lokace je ovšem zapotřebí dostupná GSM síť. Ve volném terénu slouží k určení polohy také síť traumabodů.

„Bod záchrany neboli rescue point, dříve také traumatologický bod, je místo v krajině označené tabulkou s unikátním kódem usnadňujícím lokalizaci v případech, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných prací.“ (20)

Vytyčení traumabodů mají na starosti správci území (lesní správa, správa parků…). V České republice není platný žádný legislativní rámec na podobu traumabodu, avšak Ministerstvo vnitra společně s generálním ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky vydali metodickou pomůcku pro zřizování, rozmísťování a evidenci bodů záchrany na území České republiky. Toto doporučení je závazné pro vlastníky lesů, kteří chtějí, aby jejich traumabody byly zahrnuty do operační dokumentace IZS.

Traumabod je běžně bílá nebo žlutá tabulka, na které jsou uvedeny telefonní čísla záchranných složek, číselné označení nebo kombinace písmen a čísla podle kterého záchranáři přesně vědí, kde se nacházíte a místopisné pojmenování daného místa. Tato značení ovšem dávají smysl pouze tam, kde je mobilní síť a postižený má možnost se pomoci dovolat.

Tento problém se snažil vyřešit Plzeňský kraj v prostoru bývalého vojenského prostoru Brdy, kde sice správce, zde vojenské lesy ČR, vytvořil početnou sít traumabodu, avšak v prostoru, kde je dostupnost mobilního signálu velice špatná. Plzeňský kraj ve spolupráci s T-mobilem přišel s řešením osadit tyto traumabody aktivním prvkem využívající IoT sítě sigfox, která v oblasti Brd již byla dostupná. Na toto řešení vypsal kraj v srpnu 2018 veřejnou zakázku na zhotovení, instalaci a správu tří aktivních traumabodů. Ve výběrovém řízení byla vybrána jediná podaná nabídka od společnosti T-mobile v celkové výši 1 860 000 Kč bez DPH. (21)

Základní komponentou aktivního traumabodu je nouzové tlačítko. Šasi komunikačního modulu je tvořeno deskou s rádiovým modulem, baterií a externí anténou. Vše je integrováno do montážní krabice s vysokým stupněm krytí, tak aby se zamezilo průniku vody a prachu. Komunikační modul je propojen kabelem k fyzickému nouzovému tlačítku. Jako nouzové tlačítko bylo použito tlačítko určené k hlášení požáru, které je dostatečně robustní, má dostatečný stupeň krytí a především krycí sklo, které zabraňuje náhodnému stisku. (22)

Parametry tlačítka:

- mechanická odolnost, ochrana technologie proti vandalismu
- odolnost proti povětrnostním vlivům
- opatření zabraňující náhodnému stisknutí tlačítka
- pracovní teplota -40°C až +80°C
- nízko příkonový radiový modul kompatibilní se sítí sigfox
- životnost baterie alespoň 5 let
- tabulka s popisem funkce ovládacích a signalizačních prvků
- každou hodinu odesílaní zprávy obsahující: indikaci funkčnosti zařízení, stav baterie a teplotu
- okolí (informace zakódovány do jedné zprávy, maximálně 25 zprav telemetrie za den)
- trojnásobné odeslání redundantní zprávy o stisku tlačítka pro zajištění spolehlivosti
- indikace odeslání zprávy
- indikace reakce IZS
- omezení reakce na stisknutí tlačítka 1x za minutu

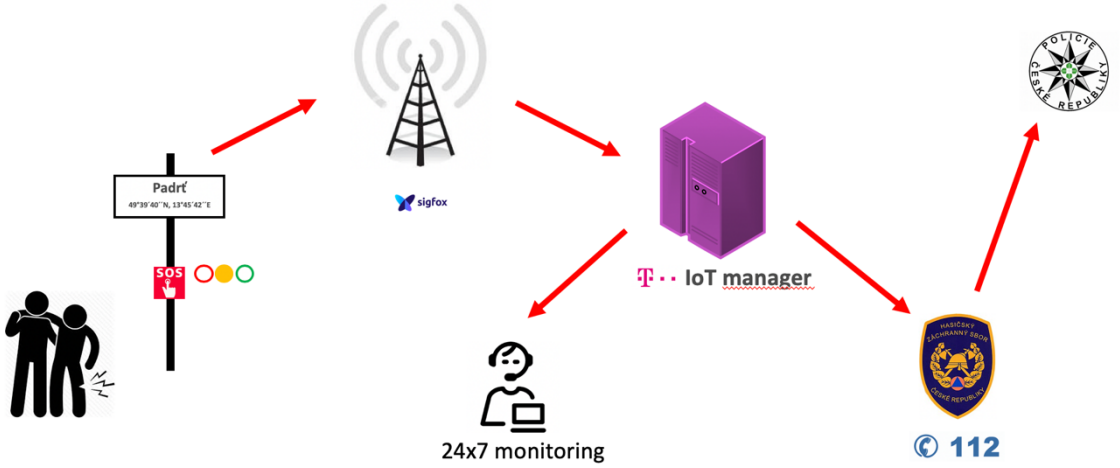
V praxi to dnes vypadá tak, že na místo, kde se nacházel klasický traumabod, je nainstalován robustnější sloupek, na kterém je informační cedule traumabodu doplněna požárním tlačítkem a informační cedulí s návodem k použití v českém a anglickém jazyce.

Obr. 5 Pasivní a aktivní traumabod (foto autor)

Obr. 6 Informační cedule aktivního traumabodu (foto autor)

Obr. 7 Tlačítko aktivního traumabodu (foto autor)

Turista, který žádá pomoc, rozbije ochranné sklo a zmáčkne tlačítko. Na zařízení se v tuto chvíli, pokud je vše v pořádku, rozbliká žlutá signalizační dioda a je odeslána sigfox zpráva. Ta je zachycena a zpracována základovou stanicí a odeslána do služby Sigfox Cloud. Z cloadu data putují do T-mobile IoT manageru, který kontaktuje pomocí API a SMS zprávy operátory tísňové linky 112. Ty informaci o zmáčknutém tlačítku předají policii, která vyráží zkontrolovat místo a je připravena na místě podat první pomoc a pokud to bude situace vyžadovat, tak přivolat další složky IZS. Policie o výjezdu informuje operátory 112, kteří odešlou potvrzení o výjezdu do IoT manageru. Ten pak zajistí odeslání sigfox zprávy na zařízení, kde se poté rozbliká zelená signalizační dioda a turista v tuto chvíli ví, že pomoc je na cestě. O stavu požadavku je průběžně informován monitoring. Cesta požadavku po stisknutí nouzového tlačítka na traumabodu je znázorněna na obrázku Obr. 8. Workflow činností traumabodu jsou součástí přílohy B.



Obr. 8 Přenos požadavku o pomoc od traumabodu k PČR. Zdroj: (23)

4 Měření signálu

Na měření pokrytí sigfox sítě jsem použil certifikovaný přístroj CheckFox R507-5/EN027. CheckFox vyrábí a prodává společnost Simple Hardware s.r.o. a jedná se o zařízení pomocí kterého lze snadno zjistit dostupnost sigfox sítě v měřené oblasti. (24)

Při měření využívá CheckFox nejen sigfox sítě, ale používá i GSM. To pak slouží k nahrání dalších informací během měření a ke stažení dalších informací z kontrolního panelu. Používá jej také k nahrávání logů po pravidelných měřeních a k synchronizaci měření, kde nebyl k dispozici žádný sigfox ani GSM. Pokud není možné data z měření odeslat ihned pomocí GSM, data se uloží do přístroje a lze je odeslat později. Této funkce jsem využil během měření hned několikrát, jelikož jsem se pohyboval v oblastech, kde chybělo pokrytí GSM sítě. (24)

Místo měření zaznamenává CheckFox pomocí GPS souřadnic i pomocí sigfox sítě. Výpočet polohy pomocí sigfox sítě je založen na datech z infrastruktury sigfox, pocházejících z několika replik stejných zpráv odeslaných zařízením a přijatých různými základnovými stanicemi (BTS). Použitá metoda je založena na síle signálu (RSSI) a pomocí pravděpodobnostního modelu je vybrána lokalita s nejvyšší pravděpodobností. Služba se vyvíjela pod názvem Sigfox Geolocation a svoji přesnost zvyšovala pomocí technologie Machine Learning. Dnes se pro tuto službu používá označení Sigfox Atlas. Na kontrolním panelu pak lze porovnat, jak moc se liší skutečná pozice určená pomocí GPS od pozice predikované službou Sigfox Atlas. (25)

Během měření jsou zaznamenávány dále tyto informace:

ID stanice je hodnota unikátního identifikátor BTS stanice. Umístění BTS stanic je dostupné poskytovatelům v kontrolním panelu zobrazené na přehledné mapě.

RSSI (Received signal strength indication) tedy síla signálu. Hodnoty mohou být mezi -90dBm a -142dBm. Čím vyšší je číslo, tím silnější je signál BTS a zpráva je lepší. Zohledňuje se nejlepší opakování. (24)

SNR (Signal to Noise Ratio) je rozdíl mezi signálem a šumem v prostředí. Čím vyšší, tím lépe je signál rozlišitelný od obecné úrovně šumu a tím lépe jej lze pochopit. Hodnoty mohou být mezi 0 a 70. Zohledňuje se nejlepší opakování. *„Sigfox nedoporučuje používat SNR jako indikátor kvality signálu.“* (26)

Opakování. Kolikrát jste pochopili ze svých tří volání. Čím vyšší číslo, tím vyšší je pravděpodobnost, že zpráva bude doručena. V případě, že nedostane CheckFox žádná data, pokusí se opakovat dotaz na backend desetkrát.

V případě, že na místě není pokrytí signálem sigfox, přístroj nás na tuto skutečnost upozorní zobrazením zprávy na display viz Obr. 9

Obr. 9 CheckFox – bez pokrytí sigfox sítí (foto autor)

4.1 Posouzení kvality signálu

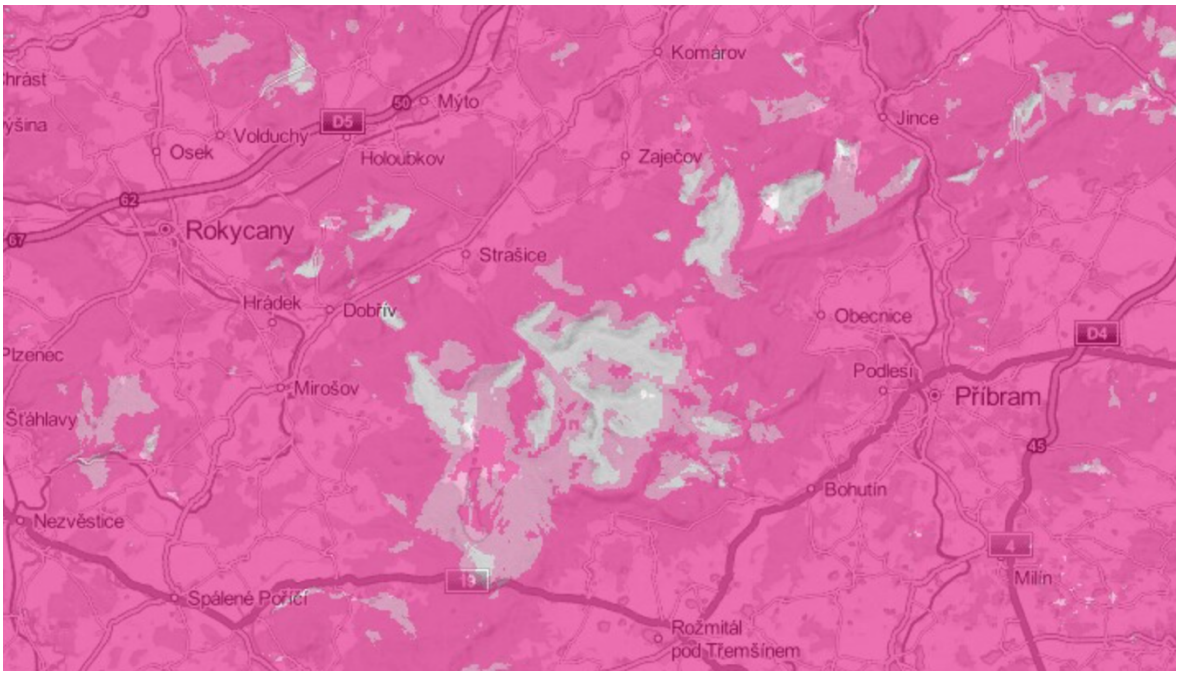
Objektivním ukazatelem kvality signálu je RSSI spolu s počtem BTS, které signál zachytili. Pro posouzení kvality spojení se uvažuje druhé nejlepší RSSI v případě, že zprávu přijalo více než jedna BTS. Pokud je hodnota RSSI větší než – 122dBm a zároveň vysílání zachytili alespoň tři BTS můžeme označit kvalitu spojení za vynikající. Zachycení takto silného signálu nižším počtem BTS značí dobrou kvalitu spojení. Dobrá je kvalita spojení taktéž pokud tři nebo více BTS zachytí signál s RSSI menší nebo rovno - 122dBm a zároveň větší než -135dBm. U průměrného spojení v regionu EMEAI se RSSI pohybuje v rozmezí od - 135dBm do -122dBm a je zachyceno jednou nebo dvěma základovými stanicemi. V případě zachycení slabšího signálu tzn. RSSI je menší nebo rovno -135dBm spojení je již omezené a operátor nezaručuje doručení odeslané zprávy. (26)

RSSI	Počet BTS	Kvalita spojení
-122dBm < RSSI	3	Vynikající
-135dBm < RSSI ≤ -122dBm	3	Dobrý
-122dBm < RSSI	1 or 2	Dobrý
-135dBm < RSSI ≤ -122dBm	1 or 2	Průměrný
RSSI ≤ -135dBm	any	Omezené

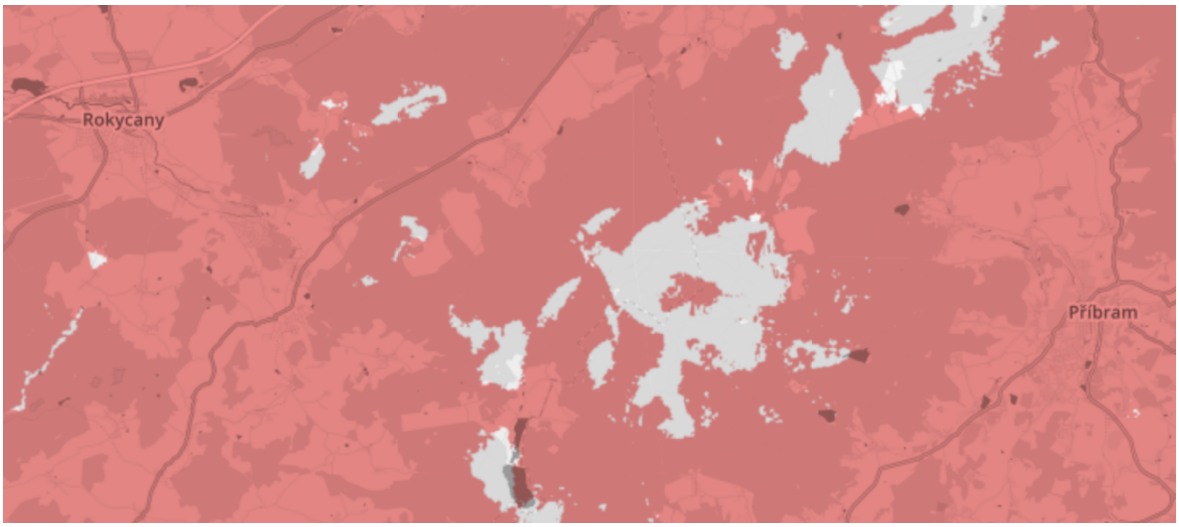
Tab. 2 Identifikátor kvality spojení Zdroj: (26)

4.2 Vytipování míst

Vytipování míst proběhlo na základě udávaného pokrytí GSM od mobilních operátorů. Jako nejkritičtější se jevila oblast středních Brd mezi Příbramí a Rokycanami. Mapa pokrytí vychází z matematického modelu. Skutečná dostupnost se může mírně lišit. Obr. 10 zobrazuje pokrytí GSM operátora T-mobile a Obr. 11 zachycuje pokrytí Vodafonu. Pokrytí O2 v této oblasti je shodné s T-mobile neboť při budování sítě využívají společné stožáry.



Obr. 10 T-mobile mapa pokrytí GSM Zdroj: (27)

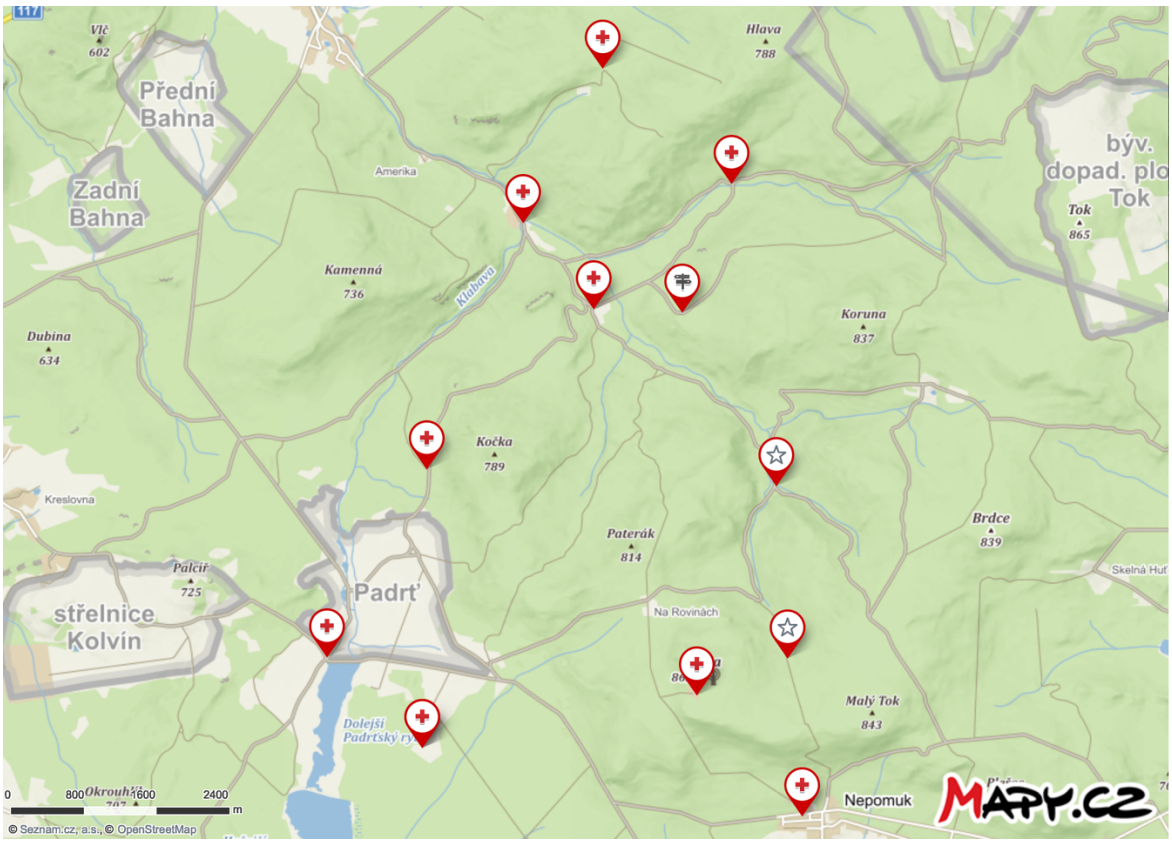


Obr. 11 Vodafone mapa pokrytí GSM Zdroj: (28)

K měření jsem si vytipovat dvanáct následujících míst:

1. Traumabod 22 - LS Nepomuk
2. Traumabod 24 - Praha
3. Traumabod 28 - U Studánky
4. Traumabod 29 - Hříbeček
5. Aktivní Traumabod 30 - Padrť
6. Traumabod 39 - Zámeček Tři Trubky
7. Aktivní Traumabod 40 - U louky Tři Trubky
8. Traumabod 41 - Křižovatka U Vagonu
9. Aktivní Traumabod 44 - Křižovatka nad Čuralem
10. Turistický rozcestník – Pod Bučinou
11. Lesní cesta – Myší díra
12. Lesní cesta – Pražská linka

Jedná se převážně o již existující pasivní traumabody. Traumabody 30 Patrť, 40 - U louky Tři Trubky, 44 - Křižovatka nad Čuralem byli dne 19.března 2019 vyměněny za aktivní traumabody.



Obr. 12 Mapa provedených měření Mapové podklady: (29)

4.3 Traumabod 22 – LS Nepomuk

Na okraji vesnice Nepomuk mají rekreační areál Vojenské lesy ČR a nachází se zde Traumabod s číslem 22. Z daného místa by neměl být problém přivolat si pomoc. Pokrytí GSM sítě odpovídalo mapě pokrytí a z místa bylo možné uskutečnit hlasové volání pomocí mobilního telefonu registrovaného v síti T-mobile. V případě nedostupnosti mobilního signálu je v místě dostupná pevná linka.

Místo je pokryté sigfox sítí, avšak měření ukázalo, že pokrytí je horší než předpovídal model. Z Tab. 3 je vidět, že rozdíl predikce a měření je až 30 dBm. I tak je ale kvalita signálu dobrá. Testovací zprávu přijalo celkem 6 základových stanic z nichž nejsilnější signál zachytila BTS (26F8), která je vzdálená 9,6km.

	Predikce RSSI	Změřeno RSSI	SNR	Opakování	Delta RSSI
1st:	-99	-129	18,70	3	-30
2nd:	-112	-132	17,01	3	-20
3rd:	-114	-134	15,48	3	-20

Tab. 3 Rozdíl predikce RSSI od skutečnosti - Traumabod 22. Zdroj predikce: (30) (vlastní zpracování)

4.4 Traumabod 24 – Praha

Vrchol Praha je svojí výškou 862mnm druhým nejvyšším vrcholem pohoří Brd a nachází se v oblasti, která byla veřejnosti zpřístupněna v roce 2016. Vrchol Praha je strategické místo už od dob druhé světové války, kdy zde byl postaven německý radiolokátor. Praha zůstala strategickým místem i dnes. V roce 1999 zde byl postaven meteorologický radiolokátor, který dokáže odhalit srážky až do vzdálenosti 260 kilometrů. (31) (32)

Přes vrchol Praha vede žlutá turistická trasa a u rozcestí na vrcholu se nachází traumabod číslo 24. Z mapy pokrytí, kterou mobilní operátoři udávají, leží Praha na hranici dostupnosti. Během měření ale GSM síť nebyla dostupná viz Obr. 13. Věž radiolokátoru byla také zvažována jako místo pro umístění BTS stanice pro GSM, což by vyřešilo problém s pokrytím v celé oblasti středních Brd. Ovšem k dohodě mezi majitelem a operátory zatím nedošlo. (1) (33)

Obr. 13 CheckFox – Žádné GSM datové spojení (foto autor)

U traumabodu bylo provedeno šestkrát referenční měření v 1,3m. Tab. 4 zachycuje souhrnné výsledky těchto referenčních měření. Druhé nejsilnější RSSI se nám pohybovalo v průměru kolem -126dBm a signál chytlo průměrně 19 základových stanic. Kvalita spojení v tomto místě je dobrá. Odeslaná zpráva byla v nejhorším případě doručena 34 krát.

	BTS	**opakování**	**2.SNR**	**2.RSSI**
nejlepší	22	52	21,53	-124
nejhorší	17	34	17,43	-128
průměr	19	42	19,58	-126

Tab. 4 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 24 (vlastní zpracování)

Vzhledem ke své významnosti a dobré kvalitě pokrytí sigfox sítě bych u tohoto traumabodu doporučil instalovat aktivní prvek pro přivolání první pomoci.

4.5 Traumabod 28 - U Studánky

Traumabod nacházející se na zelené a modré turistické trase mezi rozcestníky U studánky a U Padrťských rybníků. V blízkosti se nachází rekreační obydlí. Od traumabodu bylo možné uskutečnit hovor pomocí T-mobile GSM sítě.

Na základě šesti referenčních měření mohu označit kvalita sigfox spojení u Traumabodu 28 za průměrné.

	BTS	opakování	2.SNR	2.RSSI
nejlepší	2	4	21,07	-126
nejhorší	1	3	6,00	-142
průměr	1	3	11,06	-134

Tab. 5 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 28 (vlastní zpracování)

4.6 Traumabod 29 – Hříbeček

Traumabod 29 leží na rozcestí dvou cest. V místě není žádné turistické značení. Asfaltová cesta spojuje bývalou dopadovou plochu Padrť a rozcestí Tři Trubky. Druhá cesta vede na západ a spojuje tuto cestu s cestou Josefka která vede podél řeky Klabava. V místě bylo možné uskutečnit hovor pomocí GSM sítě operátora T-mobile.

U traumabodu bylo provedeno šestkrát referenční měření v 1,3m. Měření ukázalo, že připojení může být omezené. Druhé nejlepší RSSI se pohybovalo v rozmezí od -134dBm do -139dBm. Všechny testovací zprávy ovšem dorazil v minimálně třech replikách.

	BTS	opakování	2.SNR	2.RSSI
nejlepší	6	9	14,12	-134
nejhorší	2	3	9,8	-139
průměr	3	6	11,81	-136

Tab. 6 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 29 (vlastní zpracování)

4.7 Aktivní Traumabod 30 – Padrť

Toto místo se nachází na severo-západním okraji Dolejšího Padrťského rybníka. Traumabod je umístěn na rozcestí dvou významových cest. Červené turistické trasy a silnice spojující obce Skořice a Buková.

„Padrťské rybníky jsou největšími vodními plochami v regionu a jsou jedním z největších turistických lákadel středních Brd. Hořejší má plochu sedmdesát hektarů, Dolejší pak

o třicet hektarů méně. Ač se nejedná o přírodní vodní nádrže, zapadají do okolní krajiny podobně jako šumavská jezera. Na východní straně Dolejšího padrťského rybníka se dokonce rozkládá rašeliniště. To ale kvůli zásahům rybářů postupně zaniká. Konečně, jedná se o rybníky, které slouží zejména k chovu ryb. Koupání je v nich zakázáno. A i kdyby nebylo, moc odvážlivců by se tu nekoupalo. Chladné údolí a zásobování vodou ze spousty malých potůčků, by z Padrťských rybníků termální lázně vykouzlit nedokázalo.“ (34)

Svým významem bylo toto místo vybráno Plzeňským krajem jako vhodné místo pro osazení traumabodu aktivním prvkem pro přivolání první pomoci. V místě se pohybuje plno turistů a rybářů a právě Dolejší Padrťský rybník představuje potenciální nebezpečí. Cesty vedou po hrázi rybníka a pád do ledové vody by mohl být smrtelný.

Traumabod 30 byl dne 18.března 2019 vyměněn za nový s tlačítkem pro přivolání první pomoci. U traumabodu jsem provedl šestkrát referenční měření. Výsledky měření shrnuje tabulka Tab. 7. Výsledky měření ukazují, že v místě může být připojení omezené. Všechny odeslané testovací zprávy ovšem dorazili.

	BTS	**opakování**	**2.SNR**	**2.RSSI**
nejlepší	4	6	17,51	-130
nejhorší	1	2	6	-142
průměr	2	3	9,84	-136

Tab. 7 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 30 (vlastní zpracování)

Nutno dodat, že pro referenční měření je u Checkfoxu použita anténa lambda/4. Měření jsem opakoval s větší anténou lambda/2 v místě umístění finální antény, tedy asi ve výšce 2 metrů a výsledky shrnul do tabulky Tab. 8. Zde je vidět, že větší anténa výrazně zlepšila výsledky. Zpráva byla zachycena větším počtem základových stanic a to až o 8, čímž výrazně vzrostl i počet doručených replik jedné zprávy. Takto odeslaná zprávy již vyhovuje požadavkům spolehlivosti při odesílání nouzového hlášení, pro které je třeba zajistit doručení v alespoň třech replikách.

	BTS	**opakování**	**2.SNR**	**2.RSSI**
nejlepší	11	22	19,96	-125
nejhorší	9	17	16,56	-130
průměr	10	10	18,47	-128

Tab. 8 Záznam výsledků šesti měření za použití antény lambda/2 – Traumabod 30 (vlastní zpracování)

4.8 Traumabod 39 - Zámeček Tři Trubky

Zámeček Tři Trubky se nachází ve středních Brdech na soutoku Třítrubeckého a Padrťského potoka.“ *Zámeček sloužil k ubytování generálů a pohlavárů z ministerstva obrany i vlády,*

a pravidelně vítal nejvyšší představitele Varšavské smlouvy. Proto také unikl chmurnému osudu, který potkal okolní osady a samoty. Nyní již zámeček pod armádu nespadá a v blízké budoucnosti by zde mělo vzniknout návštěvnické centrum CHKO Brdy.“ (35)

U traumabodu bylo provedeno šestkrát referenční měření, které ukázalo, že připojení v místě může být omezené. Avšak během měření byly všechny testovací zprávy zaznamenány na Sigfox server a přijaty v minimálně dvou replikách.

	BTS	opakování	2.SNR	2.RSSI
nejlepší	4	6	12,87	-137
nejhorší	1	2	6,05	-146
průměr	2	4	10,3	-140

Tab. 9 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 39 (vlastní zpracování)

4.9 Aktivní Traumabod 40 - U louky Tři Trubky

Traumabod U louky Tři Trubky označený číslem 40 se nachází na významném turistickém rozcestí Tři Trubky. Rozcestím prochází turistická červená trasa, která Brdami prochází od obce Obecnice a vede přes všechny bývalé dopadové plochy v Brdech (Tok, Jordán, Padrť). A končí zde žluté, zelené a modré turistické značení. Modré značení vede kolem zámečku Tři trubky a Brdy opouští v obci Strašice. Zelená trasa vede přes vrchol Koruna do obce Bohutín a žlutá trasa prochází mezi Paterákem a Březovým vrchem a pokračuje přes vrchol Praha až na rozcestí U sv. Jana nedaleko obce Nepomuk.

U louky Tři trubky je další z míst, které Plzeňský kraj vytipoval na umístění aktivního traumabodu. Aktivní traumabod zde byl spolu s ostatními traumabody instalován v půli března roku 2019 a o jeho provoz a údržbu se stará společnost T-mobile. V místě není dostupná GSM síť operátora T-mobile.

U traumabodu jsem provedl šestkrát referenční měření a výsledky shrnul do tabulky Tab. 10. Referenční měření ukázalo, že připojení u tohoto traumabodu může být omezené. Průměrně se hodnota druhého RSSI pohybovala kolem -140dBm. Hodnoty RSSI a SNR jsou natolik nízké, že dosažené BTS byly schopny rozpoznat pouze jednu zprávu ze tří. Všechny testovací zprávy dorazili do Sigfox Cloud avšak v polovině případů pouze v jedné replice.

	BTS	opakování	2.SNR	2.RSSI
nejlepší	4	4	11,64	-135
nejhorší	1	1	6,70	-144
průměr	2	2	8,59	-140

Tab. 10 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 40 (vlastní zpracování)

Když vezmeme v potaz, že při měření bylo ideální počasí, pro nasazení sigfox technologie je úroveň signálu nedostačující a je zapotřebí pomoci si lepší anténou. Stejné měření jsem opakoval s lambda/2 anténou a souhrnné výsledky zaznamenal do tabulky Tab. 11. Průměrné druhé RSSI se zvedlo o 5dBm na -135dBm. Což je stále hodnota pro omezené připojení. Celkový počet doručených opakování se ovšem zvedl z původních průměrných dvou na osm a v nejhorším případě byla zpráva na Sigfox Cloud doručena v sedmi replikách.

	BTS	opakování	2.SNR	2.RSSI
nejlepší	6	10	15,84	-134
nejhorší	4	7	12,98	-136
průměr	5	8	14,39	-135

Tab. 11 Záznam výsledků šesti měření za použití antény lambda/2 – Traumabod 40 (vlastní zpracování)

4.10 Traumabod 41 - Křižovatka U Vagonu

V údolí mezi vrcholy Hlava a Koruna se nachází křižovatka U Vagonu. U potoka Rezerva se tu kříží cesty Klášterka a Aliance. Místem prochází červená turistická trasa, která Brdami prochází od obce Obecnice a vede přes všechny bývalé dopadové plochy v Brdech (Tok, Jordán, Padrť). Na rozcestí není dostupná GSM síť operátora T-mobile. Pokusil jsem se tedy uskutečnit nouzové volání pomocí mobilního telefonu, ale marně. Telefon nenašel ani žádnou jinou roamingovou síť, pomocí které by mohl nouzový hovor uskutečnit.

Pomocí CheckFoxu jsem provedl šestkrát referenční měření pomocí lambda/4 antény. Přes sigfox se každá zpráva odesílá třikrát. Odeslal jsem tedy do sítě osmnáct zpráv a pouze jedna jediná zpráva byla zachycena a rozpoznána. Síla signálu byla -142dBm. Aby bylo možné místo označit za pokryté musely by dorazit všechny odeslané zprávy alespoň v jedné ze tří replik. To se nestalo a místo musím prohlásit za nepokryté což potvrzuje i mapa pokrytí vyplívající z matematického modelu. (36)

Stejné měření jsem provedl i s anténou lambda/2. Sít rozpoznala pět z šesti odeslaných zpráv. Toto místo je tedy nevhodné pro nasazení sigfox technologie. A operátor nemůže nyní zaručit doručení zprávy z této lokality.

4.11 Aktivní Traumabod 44 - Křižovatka Nad čuralem

Třetí a zároveň zatím posledním místem, kde byl traumabod osazen aktivním prvkem je traumabod s číslem 44 nacházející se 250 metrů od vrcholu Kulna. Místem prochází naučná turistická stezka vedoucí od muzea středních Brd v obci Strašice s posledním zastavením na rozcestí U zlámané lávky nedaleko zámečku Tři Trubky.

Provedená referenční měření dokazují, že kvalita signálu je průměrná. Průměrná hodnota druhého RSSI byla -130dBm. Zprávu v průměru zachytilo deset základových stanic a v nejhorším případě byla zachycena osmi základovými stanicemi v patnácti replikách. Výsledky měření shrnuje Tab. 12.

	BTS	opakování	2.SNR	2.RSSI
nejlepší	11	24	20,48	-129
nejhorší	8	15	16,15	-131
průměr	10	20	18,20	-130

Tab. 12 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Traumabod 44 (vlastní zpracování)

Ačkoliv bylo místo vybráno Plzeňským krajem pro osazení aktivního prvku a dle tiskových zprav a zápisů z jednání byly tato místa vybrány na základě dostupnosti signálu GSM: *„V současné době v Brdech v případě nouze není možné přivolat pomoc prostřednictvím mobilního telefonu. Kraj na tuto skutečnost reaguje zavedením speciálních míst, tzv. traumabodů. Občané se díky tomu budou cítit v této lokalitě bezpečněji. K přivolání pomoci bude sloužit zvláštní technologie pro přenos nouzového volání, instalovaná v místě těch traumabodů, kde signál GSM není dostupný.“* (37) V místě umístění tohoto traumabodu bylo možné uskutečnit nejen hovor pomocí GSM sítě ale i video hovor pomocí datové sítě LTE. V takovém případě je pro přivolání první pomoci primárně využít mobilní telefon. Operátor IZS tak může pomoci ihned. Po telefonu sdělit důležité kroky první pomoci a na místo poslat potřebné složky. V případě stisknutí tlačítka operátor neví, co se v místě stalo a na místo je vyslána hlídka police, která až poté v případě potřeby volá ostatní složky IZS.

4.12 Turistický rozcestník – Pod Bučinou

Další vytipovaná místa již nejsou u stávajících traumabodů. Pod Bučinou je místní název pro rozcestí ve Středních Brdech 2,2 km jihovýchodně od loveckého zámečku Tři Trubky. Na rozcestí je rozdělují již zmiňovaná červená a zelená turistická trasa.

Z místa nebylo možné uskutečnit hovor pomocí GSM sítě operátora T-mobile. Sigfox sít však na tomto místě dostupná byla. Na základě referenčního měření musíme označit kvalitu signálu za omezenou a to i přes to že všechny odeslané zprávy byly sítí zachyceny na nejméně čtyřech základových stanicí. Průměr RSSI na druhých nejsilnějších základových stanicích byl -135dBm což je hranice pro omezenou kvalitu signálu. Na tomto místě by bylo vhodné vybudovat aktivní traumabod. Kvalita sigfox spojení je dostatečná pro zajištění spolehlivého provozu nouzového tlačítka. Výsledky měření shrnuje tabulka Tab. 13

	BTS	opakování	2.SNR	2.RSSI
nejlepší	5	11	18,82	-132
nejhorší	4	9	11,46	-138
průměr	5	10	14,44	-135

Tab. 13 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Pod Bučinou (vlastní zpracování)

4.13 Lesní cesta – Myší díra

Lesní cesta zvaná Myší díra prochází údolím Třítrubeckého potoka a spojuje silnice pod vrcholy Hradiště a východní svahy Březového vrchu. Údolí je tak hluboké a temné, že sem sluneční paprsky málokdy dosáhnou. A pokud je právě oblačno nebo zataženo, lze říci, že si zde i ve dne připadáte jako v noci. Po celé délce tohoto údolí jen stěží narazíte na GSM signál. Údolí Třítrubeckého potoka je daleko od jakékoliv civilizace a obtížně přístupné, avšak díky hojnosti vody je velmi vlhké a oblíbené zejména pro houbaře. (38)

Na západním rozcestí Myší díry (N49.6783 E13.8304) jsem provedl referenční měření a výsledky shrnul v tabulce Tab. 14. Těžká přístupnost je sem i pro sigfox signál a připojení je zde omezené na jednu základovou stanici s RSSI na hraně dostupnosti. I přesto lze místo označit za pokryté. Všechny odeslané zprávy byly přijaty do Sigfox cloadu.

	BTS	opakování	SNR	RSSI
nejlepší	1	2	9,29	-140
nejhorší	1	1	6	-144
průměr	1	1	7,46	-142

Tab. 14 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Myší díra (vlastní zpracování)

Pokud bychom na tomto místě zvažovali umístit aktivní traumabod, bylo by zapotřebí využít lepší anténu. Měření s lambda/2 anténou zaznamenalo mnohem lepší výsledky. Odeslanou zprávu přijali celkem tři základové stanice v osmi replikách. Zajímavostí je, že nejsilnější signál zachytila základová statice vzdálená až téměř 80 kilometrů od Myší díry.

ID	Opakování	SNR	RSSI	Vzdálenost
A4B1	3	16,24	-134	79,47 km
26C4	2	9,44	-140	49,63 km
64E8	3	7,43	-145	70,03 km

Tab. 15 Záznam výsledku měření za použití antény lambda/2 – Myší díra (vlastní zpracování)

4.14 Lesní cesta – Pražská linka

Pražská linka je 2,5 kilometru dlouhá lesní cesta spojující Borskou cestu s vrcholem Praha. V místě křížení s Voložným potokem v údolí, kde není pokrytí GSM sítě jsem provedl referenční měření a výsledky shrnul do tabulky Tab. 16. Na základě měření musíme označit spojení za omezené. Druhé RSSI se pohybovalo kolem -142dBm i přesto byly všechny zprávy doručeni v minimálně dvou replikách.

	BTS	opakování	2.SNR	2.RSSI
nejlepší	3	5	9,61	-141
nejhorší	1	2	6	-143
průměr	2	3	7,99	-142

Tab. 16 Záznam výsledků šesti referenčních měření – Pražská linka (vlastní zpracování)

Pro ostré nasazení sigfox technologie by bylo nutné použít lepší anténu. Měření jsem opakoval s lambda/2 anténou a výsledky zaznamenal do tabulky Tab. 17. Toto měření ukázalo, že při použití lambda/2 antény je sigfox spojení dostatečné pro funkčnost nouzového tlačítka.

ID	Opakování	SNR	RSSI	Vzdálenost
64F2	3	15,49	-136	22,49 km
A4B1	2	8,43	-139	80,96 km
26C4	1	6,00	-145	50,91 km

Tab. 17 Záznam výsledku měření za použití antény lambda/2 – Pražská linka (vlastní zpracování)

Závěr

Měření signálu sigfox sítě v bývalém vojenském prostoru, dnes CHKO Brdy ukázalo, že pokrytí sigfox sítě je na většině území středních Brd dostatečné pro využití této technologie k přenosu dat. Jediné místo, kde jsem během měření zaznamenal problém se sigfox signálem bylo na křižovatce U Vagonu, kde se nachází traumabod 41. Na tomto místě není signál dostatečně silný na spolehlivé doručení všech zpráv. Výsledky měření jsem shrnul do tabulky Tab. 18. Na základě tohoto měření, dostupnosti GSM sítě a atraktivity jednotlivých míst jsem pro další rozšíření sítě aktivních traumabodů vytipoval Traumabod 24 Praha a navrhuji vytvoření nových traumabodů na turistickém rozcestí Pod Bučinou a na lesní cestě Pražská linka.

Budování aktivních traumabodu považuji za dobrý nápad a i pokud by po dobu jejich funkčnosti zachránili jen jeden jediný lidský život, investice do budování těchto bodů rozhodně má smysl. Rozšíření stávající sítě aktivních traumabodů je po technické stránce velice jednoduché a časem by se aktivní traumabody mohly objevit i v jiných lokalitách jako je Český les, Šumava nebo Krkonoše, kde také není dobré pokrytí mobilním signálem. Rozhodujícím faktem pro rozšíření traumabodů bude i to, jak dopadnou první měsíce jejich ostrého provozu v Brdech.

Místo	GSM	2. RSSI	BTS	Kvalita sigfox signálu
Traumabod 22 LS Nepomuk	ANO	-132	6	Dobrá
Traumabod 24 Praha	NE	-126	19	Dobrá
Traumabod 28 U Studánky	ANO	-134	1	Průměrná
Traumabod 29 Hříbeček	ANO	-136	3	Omezená
Aktivní Traumabod 30 Padrť	ANO	-136	2	Omezená
Traumabod 39 Zámeček Tři Trubky	ANO	-140	2	Omezená
Aktivní traumabod 40 U louky Tři Trubky	NE	-140	2	Omezená
Traumabod 41 Křižovatka U Vagonu	NE	x	x	Nepokryto
Aktivní traumabod 44 Křižovatka nad Čuralem	ANO	-130	10	Průměrná
Turistický rozcestník Pod Bučinou	NE	-135	5	Omezená
Lesní cesta Myší díra	NE	-142	1	Omezená
Lesní cesta Pražská linka	NE	-142	2	Omezená

Tab. 18 Rekapitulace výsledků měření (vlastní zpracování)

Použitá literatura

1. **Marešová, Alena.** Signál v Brdech? V roce 2017. *Plzeňský kraj*. [Online] 18. Srpen 2016. [Citace: 10. Březen 2019.] http://www.plzensky-kraj.cz/cs/clanek/signal-v-brdech-v-roce-2017.

2. **Gartner.** Gartner IT Glossary. *Gartner*. [Online] 2019. [Citace: 10. Březen 2019.] https://www.gartner.com/it-glossary/.

3. **ITU-T.** GLOBAL INFORMATION INFRASTRUCTURE, INTERNET PROTOCOL ASPECTS AND NEXT- GENERATION NETWORKS. [Online] 15. Červen 2012. http://handle.itu.int/11.1002/1000/11559.

4. **Porter, Michael E. a Heppelmann, James E.** How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. *Harvard Business Review*. [Online] Listopad 2014. [Citace: 20. Únor 2019.] https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition.

5. **Ashton, Kevin.** That 'Internet of Things' Thing. *RFID Jurnal*. [Online] 22. Červen 2009. [Citace: 10. Březen 2019.] https://www.rfidjournal.com/articles/pdf?4986.

6. **Evropská komise.** Evropská komise - Press release database. *Komise vytyčuje cestu k digitalizaci evropského průmyslu*. [Online] 19. Duben 2016. [Citace: 21. Březen 2019.] http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-1407_cs.htm.

7. **IDC CEMA.** *Worldwide Semiannual Internet of Things Spending Guide* . 2018.

8. **cz.nic.** Internet věcí. *Jak na Internet*. [Online] 2014. https://www.jaknainternet.cz/page/1263/internet-veci/.

9. **Procházková, Lucie.** Budoucnost zdravotnictví: IoT zachraňuje životy! *Buď FIT*. [Online] 2017. [Citace: 20. Duben 2019.] https://casopis.fit.cvut.cz/tema/3-2017-internet-of-things/budoucnost-zdravotnictvi-iot-zachranuje-zivoty/.

10. **IoT.water s.r.o. .** Dálkové odečty vody. *iot water* . [Online] 2019. [Citace: 20. Duben 2019.] https://www.iot-water.cz/cz/.

11. **Kocera, Ivo.** Svět chytře. *IoT ve výrobě zvýší produktivitu o 10 %* . [Online] 2017. [Citace: 20. Duben 2019.] https://www.svetchytre.cz/a/itw2s/iot-ve-vyrobe-zvysi-produktivitu-o-10-.

12. **Microsoft.** Řešení internetu věcí (IoT) pro maloobchod. *Microsoft*. [Online] 2019. [Citace: 20. Duben 2019.] https://www.microsoft.com/cs-cz/internet-of-things/retail.

13. **Vermesan, Ovidiu a Bacquet, Joël.** *Cognitive Hyperconnected Digital Transformation Internet of Things Intelligence Evolution*. Gistrup : River Publishers, 2017. ISBN: 978-87-93609-10-5.

14. **Radan Dolejš.** Top 10 strategických IoT technologií a trendů. *Computerworld*. [Online] IDG Czech Republic, a. s., 17. Listopad 2018. [Citace: 22. Březen 2019.] https://computerworld.cz/analyzy-a-studie/top-10-strategickych-iot-technologii-a-trendu-55025.

15. **Components, RS.** 11 Internet of Things (IoT) Protocols You Need to Know About. *DesignSpark*. [Online] 20. Duben 2015. [Citace: 23. Březen 2019.] https://www.rs-online.com/designspark/eleven-internet-of-things-iot-protocols-you-need-to-know-about.

16. **Simplecell networks a.s.** Connecting things. *SimpleCell*. [Online] 2019. [Citace: 22. Březen 2019.] https://simplecell.eu.

17. **Kalfus, Radim a Hégr, Tomáš.** *Ultra Narrow Band Radio Technology in High-Density Built-Up Areas*. místo neznámé : Springer, Cham, 2016. ISBN 978-3-319-46254-7.

18. **Hájek, David.** DAVID HÁJEK: ZÁKLADNÍ INFORMACE K SÍTI SIGFOX – ČÁST I. *Jak na internet věcí...* [Online] 2017. [Citace: 3. Duben 2019.] http://www.jaknaiot.cz/zakladni-informace-k-siti-sigfox-cast-i/.

19. **Sigfox S.A.** Sigfox Technical Overview. [Online] 2019. [Citace: 5. Duben 2019.] https://www.sigfox.com/en/sigfox-iot-technology-overview.

20. **Vojáček, Antonín.** SIGFOX - princip, struktura, protokol, použití. *vyvoj.hw.cz*. [Online] 26. Květen 2017. [Citace: 13. Duben 2019.] https://vyvoj.hw.cz/sigfox-princip-struktura-protokol-pouziti.html.

21. **Ministerstvo vnitra-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky.** *Metodická pomůcka pro zřizování, rozmísťování a evidenci bodů záchrany na území České republiky*. Praha : autor neznámý, 2015.

22. **Plzeňský kraj.** Veřejná zakázka: Aktivní traumabody v Brdech. *E-ZAK*. [Online] 30. Srpen 2018. [Citace: 22. Duben 2019.] https://ezak.cnpk.cz/contract_display_6670.html.

23. —. Zhotovení, instalace a správa tří aktivních traumabodů, tj. bodů umožňujících přivolání pomoci jinými prostředky. *Registr smluv*. [Online] 15. Listopad 2018. [Citace: 22. Duben 2019.] https://smlouvy.gov.cz/smlouva/7965935.

24. **T-Mobile Czech Republic a.s.** Žádost o pomoc. *Aktivní traumabody v Brdech* . 2019.

25. **Simple Hardware s.r.o.** checkFox Documentation. *Simple HW*. [Online] 14. Leden 2019. [Citace: 3. Březen 2019.] https://ask.simplehw.eu/knowledge-bases/2/articles/2-checkfox-documentation.

26. **Sigfox S.A.** Sigfox Geolocation, the simplest and cheapest IoT location service. *SIGFOX*. [Online] [Citace: 21. Březen 2019.] https://www.sigfox.com/en/sigfox-geolocation.

27. —. Link Quality: general knowledge. *Sigfox support*. [Online] 2019. [Citace: 3. Březen 2019.] https://support.sigfox.com/docs/link-quality:-general-knowledge.

28. **T-Mobile Czech Republic a.s.** Mapa pokrytí . *T-Mobile*. [Online] 2019. [Citace: 12. Únor 2019.] https://www.t-mobile.cz/podpora/mapa-pokryti.

29. **Vodafone Czech Republic a.s.** Vodafone. *Mapa pokrytí*. [Online] 2019. [Citace: 12. Únor 2019.] https://www.vodafone.cz/mapa-pokryti/.

30. **Seznam.cz a.s.** Mapy.cz. [Online] 2019. https://mapy.cz.

31. **Simple Hardware s.r.o.** detail of measurement. *Simple HW - CheckFox*. [Online] 20. Březen 2019. [Citace: 20. Březen 2019.] https://checkfox.simplehw.eu/measurement-detail/396CD6.

32. **Český hydromeoorologický ústav.** Meteorologický radiolokátor. *Radarová síť CZRAD*. [Online] 2011. [Citace: 25. Březen 2019.] http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/rad/info_czrad/.

33. **Harvánek, Hynek.** METEORADAR V CHKO BRDY: DOMINANTU VRCHOLU PRAHA PŘEDSTAVUJE PAN BC. JOSEF CINK. *ObjevBrdy.cz*. [Online] 14. Únor 2017. [Citace: 25. Březen 2019.] http://www.objevbrdy.cz/meteoradar-v-chko-brdy-dominantu-vrcholu-praha-predstavuje-pan-bc-josef-cink.html.

34. —. LEPŠÍ GSM POKRYTÍ V BRDECH? OPERÁTORŮM SE DO NĚJ PŘÍLIŠ NECHCE. NEJSOU PRO NĚ ZAJÍMAVÉ.. *ObjevBrdy.cz*. [Online] 14. Březen 2017. [Citace: 25. Březen 2019.] http://www.objevbrdy.cz/lepsi-gsm-pokryti-v-brdech-operatorum-se-do-nej-prilis-nechce-nejsou-pro-ne-zajimave.html.

35. **PoznejBrdy.cz.** Padrťské rybníky. *PoznejBrdy.cz*. [Online] 24. Listopad 2015. [Citace: 2. Duben 2019.] https://poznejbrdy.cz/padrtske-rybniky/.

36. **CzechTourism.** Lovecký zámeček Tři trubky v Brdech. *Kudy z nudy*. [Online] 2019. [Citace: 7. Duben 2019.] https://www.kudyznudy.cz/aktivity-a-akce/aktivity/lovecky-zamecek-tri-trubky-v-brdech.aspx.

37. **Sigfox S.A.** Coverage. *Sigfox*. [Online] 10. Duben 2019. [Citace: 10. Duben 2019.] https://www.sigfox.com/en/coverage.

38. **Zeithaml, René.** 42. jednání Rady Plzeňského kraje. *Plzeňský kraj*. [Online] 25. Červen 2018. [Citace: 12. Duben 2019.] http://www.plzensky-kraj.cz/cs/clanek/42-jednani-rady-plzenskeho-kraje.

39. **ObjevBrdy.cz.** Hradiště - Myší díra, odbočka. *ObjevBrdy.cz*. [Online] [Citace: 22. Duben 2019.] http://www.objevbrdy.cz/misto/hradiste-mysi-dira-odbocka.html.

40. **Hemer, Jindřich.** Brdy-IoTM-WF-v03. 2019.

Přílohy

Příloha A: Seznam provedených měření

Mode Type	Stations Repetitions	Best SNR 2nd best SNR	Best RSSI 2nd best RSSI	Atlas location GPS location Street address	Date & Time
- -	3 6	15.49 08.43	-136.00 -139.00	N49.9709 E13.5126 -	Wed, 03/20/2019 4:07 PM
REF S1	1 2	14.04 14.04	-139.00 -139.00	N49.8571 E13.7622 N49.6613 E13.832 Pražská linka , - Nepomuk v Brdech 26243, cz	Wed, 03/20/2019 4:07 PM
REF S6	2 5	09.77 09.61	-141.00 -143.00	N50.0683 E13.3394 N49.6612 E13.8321 Pražská linka , - Nepomuk v Brdech 26243, cz	Wed, 03/20/2019 4:04 PM
REF S1	3 8	16.24 09.44	-134.00 -140.00	N50.1424 E13.1081 N49.6783 E13.8304 Myší díra , - Nepomuk v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 3:43 PM

Mode Type	Stations Repetitions	Best SNR 2nd best SNR	Best RSSI 2nd best RSSI	Atlas location GPS location Street address	Date & Time
REF S6	1 1	06.00 06.00	-143.00 -143.00	N50.1985 E13.073 N49.6783 E13.8304 Myší díra , - Nepomuk v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 3:42 PM
REF S6	1 1	06.00 06.00	-144.00 -144.00	N50.2007 E13.0707 N49.6783 E13.8304 Myší díra , - Nepomuk v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 3:41 PM
REF S1	8 18	23.07 22.86	-123.00 -126.00	N50.011 E13.2018 N49.6955 E13.816 Korunská , - Těně v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 3:20 PM
REF S6	4 9	21.01 14.75	-127.00 -137.00	N49.954 E13.2681 N49.6971 E13.8155 Korunská , - Těně v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 3:18 PM
REF S6	1 1	06.00 06.00	-141.00 -141.00	N49.737 E13.5496 N49.7084 E13.8238 Alianka , - Těně v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 2:58 PM
- -	1 1	06.00 06.00	-142.00 -142.00	N49.7356 E13.5486 -	Wed, 03/20/2019 2:55 PM

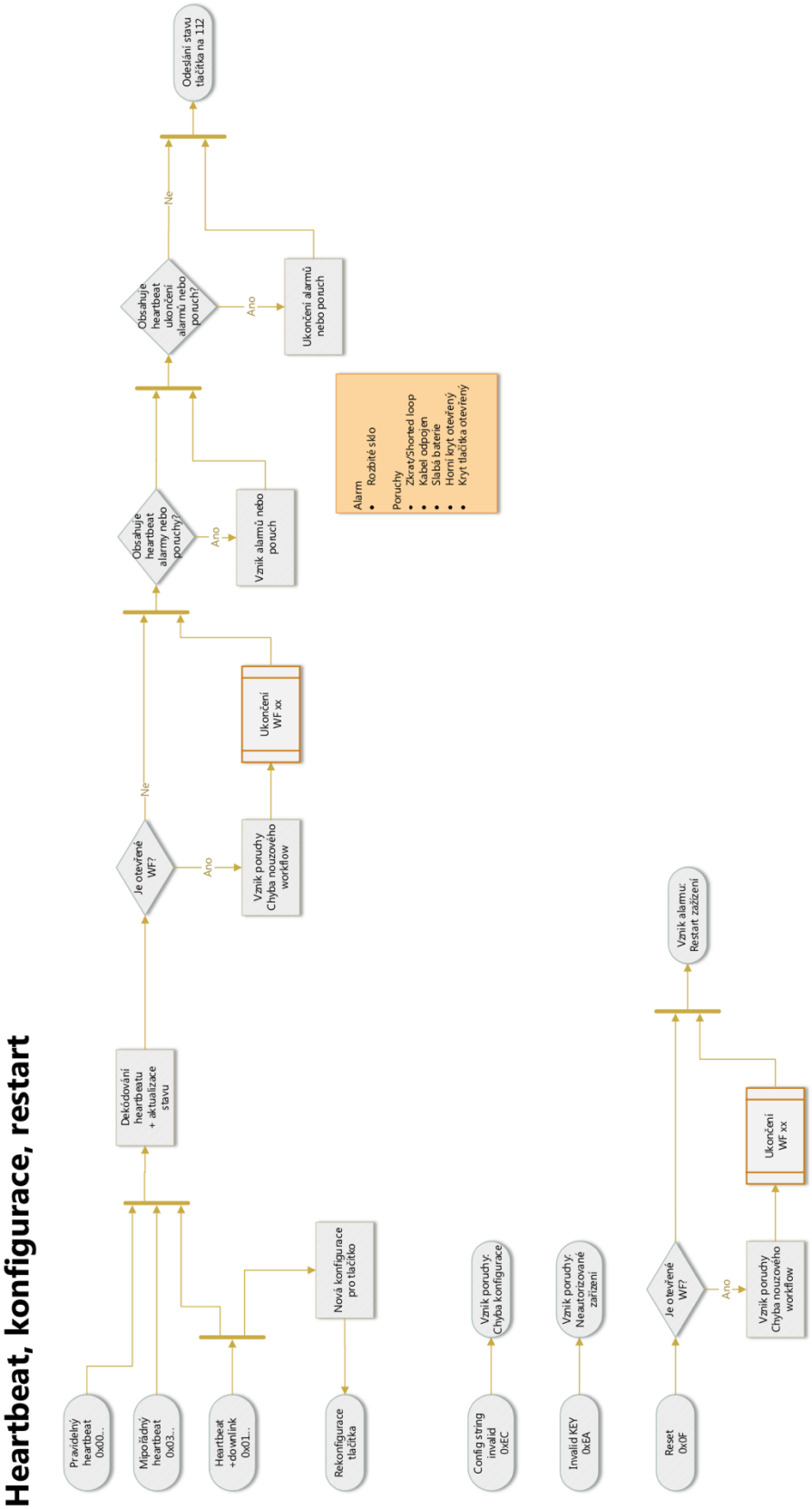
Mode Type	Stations Repetitions	Best SNR 2nd best SNR	Best RSSI 2nd best RSSI	Atlas location GPS location Street address	Date & Time
REF S1	15 35	21.03 20.24	-123.00 -127.00	N49.774 E13.5406 -	Wed, 03/20/2019 2:21 PM
OUT F6	16 31	21.72 20.96	-121.00 -127.00	N49.7514 E13.5115 N49.7196 E13.8042 Dolínská , - Těně v Brdech 33845, cz	Wed, 03/20/2019 2:18 PM
- -	7 16	20.47 17.50	-124.00 -129.00	N49.6976 E13.511 -	Wed, 03/20/2019 2:14 PM
- -	10 20	22.64 13.51	-125.00 -132.00	N49.8675 E13.6914 -	Wed, 03/20/2019 2:13 PM
REF S6	10 21	20.07 16.15	-129.00 -131.00	N49.858 E13.6716 N49.7197 E13.8042 Dolínská , - Těně v Brdech 33845, cz	Wed, 03/20/2019 2:11 PM
REF S6	0 0	00.00 00.00	000.00 000.00	- N49.7084 E13.8238 Alianka , - Těně v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 1:58 PM
REF S6	0 0	00.00 00.00	000.00 000.00	- N49.7085 E13.8238	Wed, 03/20/2019 1:51 PM

Mode Type	Stations Repetition s	Best SNR 2nd best SNR	Best RSSI 2nd best RSSI	Atlas location GPS location Street address	Date & Time
				Alianka , - Těně v Brdech , cz	
REF S6	1 2	11.97 11.97	-141.00 -141.00	N49.8571 E13.7608 N49.7045 E13.7918 , - Strašice v Brdech 33845, cz	Wed, 03/20/2019 1:43 PM
REF S1	6 9	15.63 13.60	-132.00 -136.00	N49.7941 E13.4012 -	Wed, 03/20/2019 1:24 PM
OUT F6	6 8	15.87 13.73	-129.00 -136.00	N49.786 E13.4473 N49.696 E13.8022 , - Strašice v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 1:20 PM
REF S6	1 1	08.44 08.44	-135.00 -135.00	N49.7358 E13.5503 N49.6959 E13.8023 , - Strašice v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 1:16 PM
REF S1	8 16	20.43 20.03	-125.00 -126.00	N49.6939 E13.5812 N49.6797 E13.7773 , - Strašice v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 12:59 PM
REF S6	5 9	18.57 14.12	-128.00 -135.00	N49.7137 E13.5832 N49.6795 E13.7776 , - Strašice v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 12:55 PM

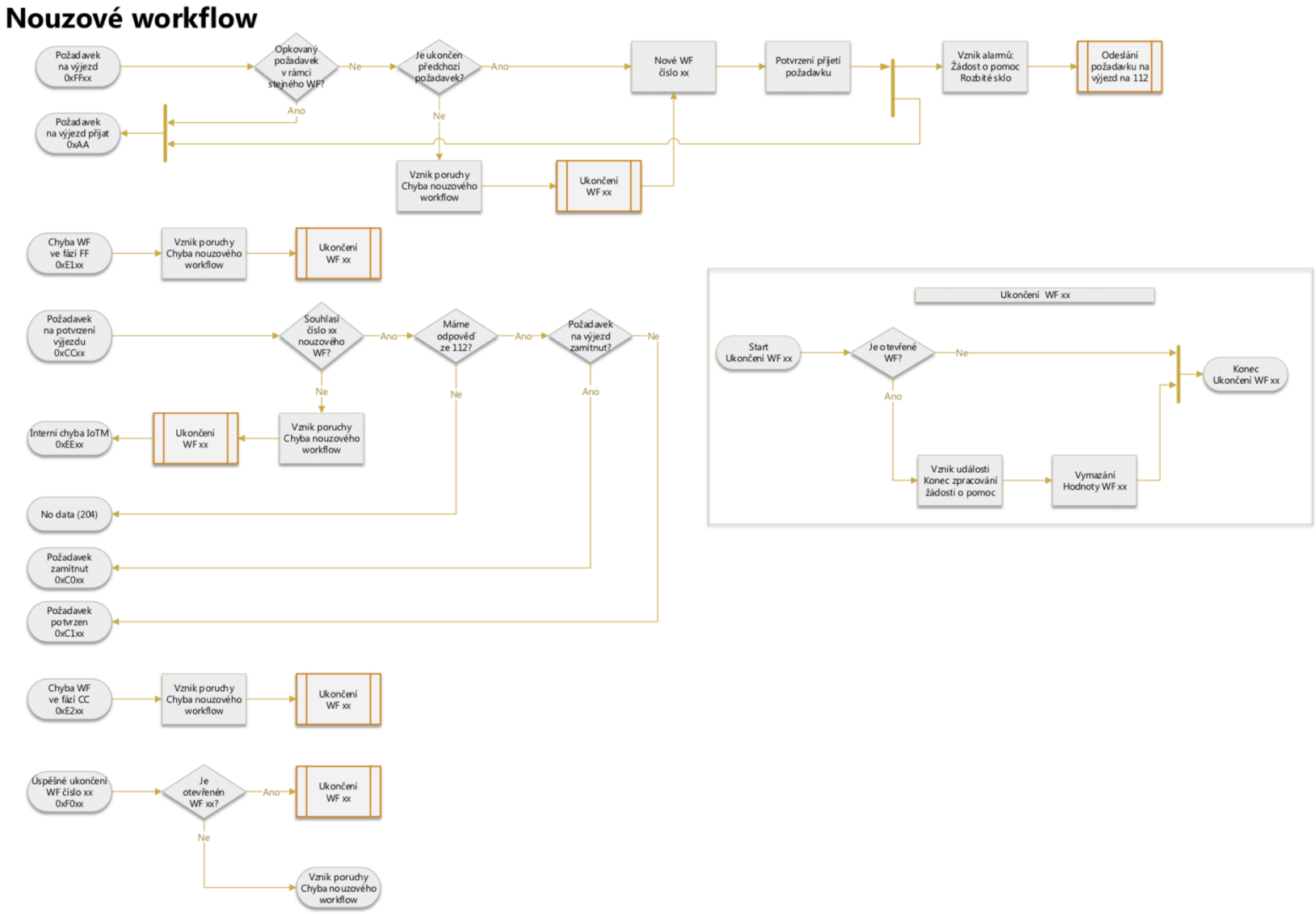
Mode Type	Stations Repetitions	Best SNR 2nd best SNR	Best RSSI 2nd best RSSI	Atlas location GPS location Street address	Date & Time
REF S6	0 0	00.00 00.00	000.00 000.00	- N49.7045 E13.7918 , - Strašice v Brdech 33845, cz	Wed, 03/20/2019 12:39 PM
REF S1	12 24	19.94 19.15	-123.00 -129.00	N49.6535 E13.5304 -	Wed, 03/20/2019 12:30 PM
OUT F6	11 21	20.61 16.56	-124.00 -128.00	N49.7034 E13.557 N49.6613 E13.7615 Míšovská , - Strašice v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 12:25 PM
REF S6	4 6	18.21 13.84	-127.00 -130.00	N49.6681 E13.5944 N49.6615 E13.7602 , - Strašice v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 12:22 PM
REF S6	4 9	21.88 12.52	-120.00 -132.00	N49.6022 E13.7145 N49.6523 E13.776 Altánská , - Věšín v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 11:59 AM
REF S6	1 3	18.13 18.13	-128.00 -128.00	N49.5882 E13.7316 N49.6523 E13.776 Altánská , - Věšín v Brdech , cz	Wed, 03/20/2019 11:55 AM

Mode Type	Stations Repetitions	Best SNR 2nd best SNR	Best RSSI 2nd best RSSI	Atlas location GPS location Street address	Date & Time
REF S1	32 67	22.63 22.31	-117.00 -122.00	N49.5393 E13.4498 N49.6575 E13.8183 Tocká , - Nepomuk v Brdech 26243, cz	Wed, 03/20/2019 11:16 AM
REF S6	18 35	21.55 19.21	-125.00 -128.00	N49.5623 E13.5887 N49.6574 E13.8183 Tocká , - Nepomuk v Brdech 26243, cz	Wed, 03/20/2019 11:13 AM
REF S1	6 14	18.70 17.01	-129.00 -132.00	N49.2805 E14.0289 N49.6457 E13.8342 , - Nepomuk pod Třemšínem 26243, cz	Wed, 03/20/2019 10:47 AM

Příloha B: Workflow

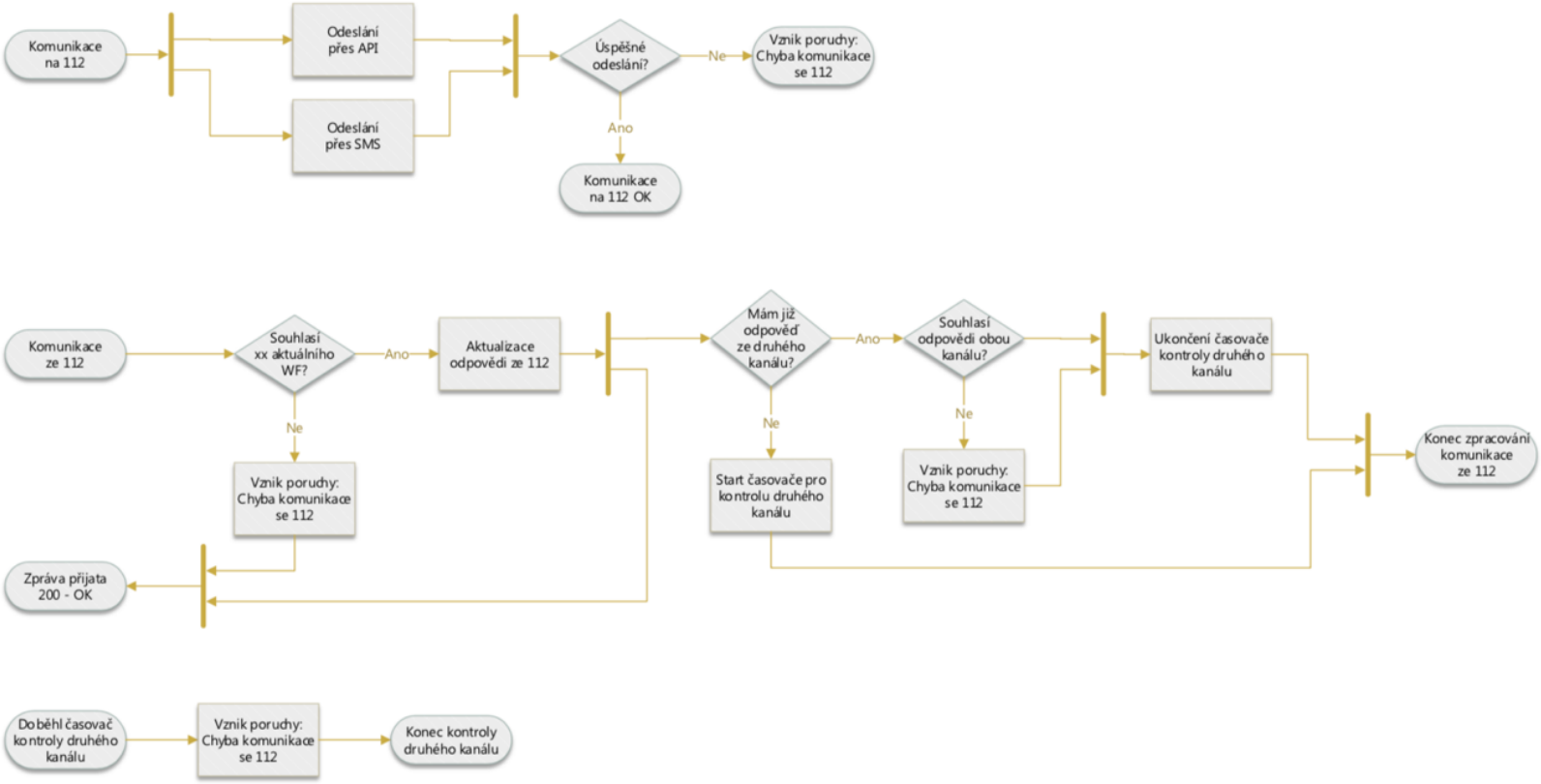


Obr. 14 WorkFlow - Heartbeat, konfigurace, restart (39)



Obr. 15 Nouzové workflow (39)

Komunikace se 112/PČR



Obr. 16 Komunikace se 112/PČR (39)