

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

PROGRAM GEODÉZIE A KARTOGRAFIE



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vzdálené řízení statických stanic GNSS

Remote control of GNSS static stations

Autor: Kateřina Boudová
Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Vyskočil, Ph.D.
Praha, květen 2023



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Boudová Jméno: Kateřina Osobní číslo: 501998
Zadávající katedra: Katedra geomatiky
Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor/specializace: Geodézie, kartografie a geoinformatika

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vzdálené řízení statických stanic GNSS
Název bakalářské práce anglicky: Remote control of GNSS static stations
Pokyny pro vypracování:
1. Návrh struktury kontroly funkcionality statické GNSS stanice
2. Zavedení systému kontroly konektivity stanice
3. Zavedení systému kontroly kvality dat
4. Zobrazení kontrolovaných hodnot v online platformě
Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Zdeněk Vyskočil, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce: 23.2.2023 Termín odevzdání BP v IS KOS: 22.5.2023
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce 
Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.



Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)

Abstrakt

Tato práce se věnuje vzdálenému monitorování statických stanic GNSS. Monitorování je založeno na správě dat ze stanic, které jsou permanentně zajištěné. Data ze stanic jsou ukládána do databáze, ze které se později čerpá pro grafický výstup.

Cílem práce je vytvořit přehledný grafický výstup, kde bude jasné, co bylo sledováno. Toho se dosáhne vytvořením skriptu, který umožní převod surových dat do formátu RINEX a současně zpracuje NMEA zprávy. Skript také umožní data z NMEA zpráv nahrát do tabulky na databázovém serveru, odkud se data vizualizují ve vhodně zvoleném programu.

Klíčová slova

GNSS, stanice, monitorování, vzdálená kontrola, databáze, U-blox, Raspberry Pi, Grafana, Zabbix, NMEA-0183

Abstract

This work is committed to the remote control of GNSS static stations. Monitoring is based on the management of data from stations that are permanently secured. Data from the stations are stored in a database, which is later used for graphical output.

The goal of the work is to create a clear graphic output where it will be understandable what was monitored. This is achieved by creating a script that converts raw data to RINEX format while simultaneously parsing NMEA messages. This script is also able to upload the parsed data into a table on a database server, from where the data are visualised in a suitably chosen programme.

Key words

GNSS, stations, monitoring, remote control, database, U-blox, Raspberry Pi, Grafana, Zabbix, NMEA-0183

Prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Vzdálené řízení statických stanic GNSS“ jsem vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Zdeňka Vyskočila , Ph.D., za použití zdrojů uvedených v seznamu literatury.

V Praze dne

.....

Kateřina Boudová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu své práce Ing. Zdeňku Vyskočilovi, Ph.D, za odborné vedení, vstřícný přístup a hlavně ochotu pomoci při nastalých problémech. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Štěpánu Hodíkovi a Josefu Jehličkovi za poskytnutí skriptů, které přispěly k provedení této práce.

Nakonec bych ráda poděkovala své rodině za podporu i pochopení při psaní práce.

Obsah

Úvod.....	7
Současný stav řešené problematiky.....	8
Teoretická část.....	9
Satelitní navigace.....	9
1 Globální navigační satelitní systémy (GNSS).....	9
1.1 Současné globální GNSS systémy.....	9
1.1.1 GPS-NAVSTAR.....	9
1.1.2 GLONASS.....	10
1.1.3 Galileo.....	10
1.1.4 BeiDou.....	10
1.1.5 QZSS.....	10
1.2 Struktura GNSS systémů.....	11
2 NMEA-0183 protokol.....	11
1.1 GSA zpráva.....	13
1.2 GGA zpráva.....	13
1.3 GST zpráva.....	15
1.4 ZDA zpráva.....	15
1.5 Souřadné systémy GPS.....	16
2 Raspberry Pi 4.....	17
3 Přijímač SparkFun GPS-RTK2.....	18
4 Anténa Taoglas ADFGP.50A.....	18
5 U-center.....	19
6 MariaDB.....	20
7 Grafana.....	20
8 Zabbix.....	21
Metodická část.....	22
9 Zpracování.....	22
9.1 Raspberry Pi.....	22
9.2 Nastavení přijímače.....	23
9.3 Skript.....	24
9.4 Vytvoření tabulky.....	25
9.5 Zabbix.....	26
9.6 Grafana.....	28
10 Závěr.....	31
Seznam literatury.....	32
Seznam příloh.....	34
A Repositář GitHub.....	34

Úvod

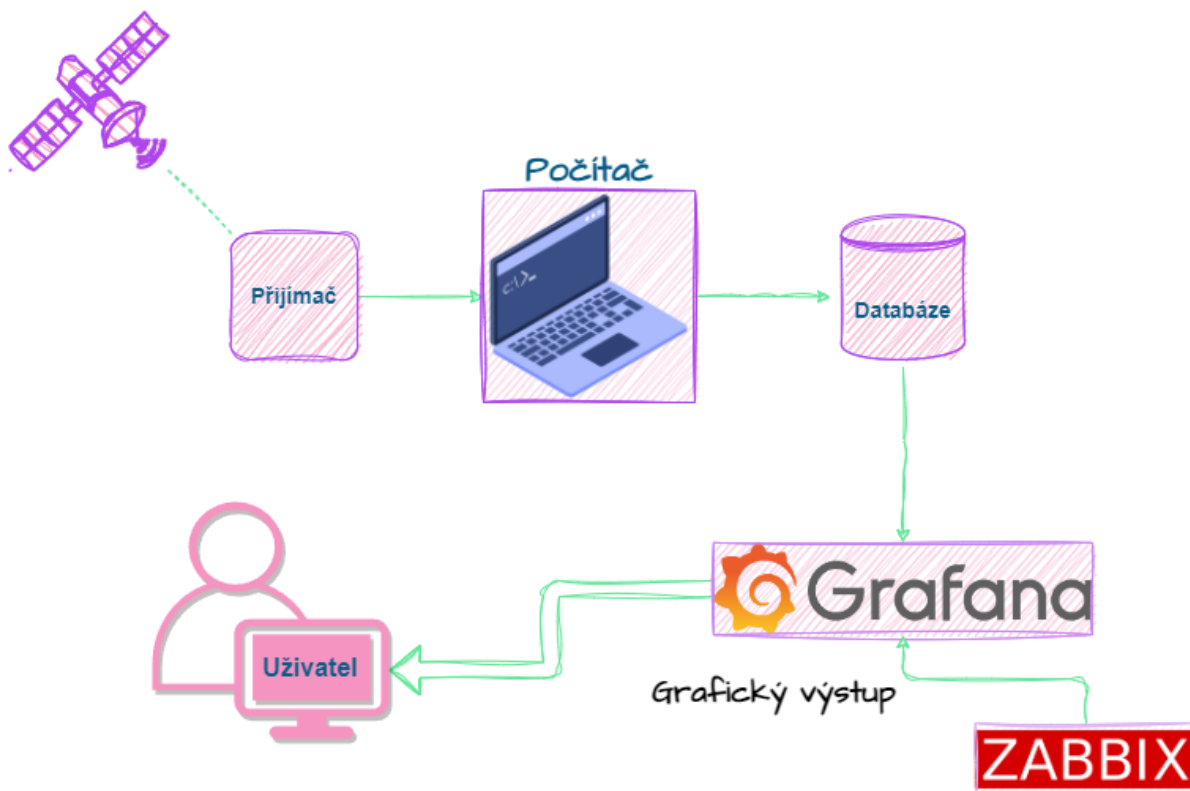
Globální navigační satelitní systémy (GNSS) se staly klíčovou technologií pro řešení řady aplikací, včetně navigace, geodézie, kartografie a mnoha dalších. V dnešní době existuje mnoho statických stanic GNSS, které jsou používány pro určování polohy a vyrovnávání geodetických sítí.

Vzdálené řízení statických stanic GNSS je moderní způsob, jak tyto stanice řídit a monitorovat pomocí dálkového přístupu k jejich funkcím a datům. Vzdálené řízení stanic nabízí mnoho výhod, jako je efektivní správa sítě, snížení nákladů a možnost vzdáleného přístupu ke stanici v případě potřeby údržby nebo opravy.

Cílem této bakalářské práce je představit a zkoumat možnost vzdáleného řízení statických stanic GNSS pomocí skriptu, databáze a grafického výstupu a také posoudit výhody a omezení vzdáleného řízení stanic.

V této práci budou rovněž představeny různé nástroje a technologie, které jsou v současné době k dispozici pro vzdálené řízení statických stanic. Bude popsán také typ antény a přijímače GNSS a jejich použití v této technologii.

Výzkum v této oblasti může mít významné dopady na vylepšení efektivity a správy sítě statických stanic a může vést ke zlepšení využití této důležité technologie v různých aplikacích.



Obrázek 1: Schéma propojení zařízení. [autor]

Současný stav řešené problematiky

S problematikou vzdáleného monitorování GNSS stanic jsou spojená různá témata, na něž jsou psané různé publikace. Zde je uveden výběr publikací, které jsou s naším tématem nějak propojené.

Tyto články poskytují informace o monitorování GNSS dat. Využití těchto dat je pro různé účely.

- "Integration of Distributed Dense Polish GNSS Data for Monitoring the Low Deformation Rates of Earth's Crust" od A. Araszkievicz, publikovaný v Remote Sensing roku 2023. Článek se zaměřuje na problematiku monitorování deformace zemské kůry v Polsku pomocí GNSS.
- "Vývoj Pokročilých Metod Pro Monitorování Kvality GNSS Dat" od P. Václavovic a J. Douša, vydaný roku 2015. Článek se zabývá problematikou monitorování kvality dat z GNSS.

Následující články se zabývají tématem dekodování nebo zpracováním segmentů NMEA zpráv.

- "About the Parsing of NMEA-0183 Format Data Streams in GPS" od S. Dang, H. Huang a X. Li, publikovaný v Advances in Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery: Proceedings of the ICNC-FSKD 2022 v roce 2023. Článek se zaměřuje na analýzu formátu NMEA-0183 pro přenos dat v GPS a způsoby jeho zpracování.
- "Sensor Fusion Based Data Parser of a GPS Receiver for UAV Systems" od Z. U. A. Lodhi, A. Basit, A. F. Khan, A. Waheed a M. Nasir, publikovaný v IEEE Second International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control v roce 2012. Článek se zabývá návrhem a implementací softwarového modulu pro zpracování dat z GPS přijímače pro UAV (Unmanned Aerial Vehicle) systémy.

Zde jsou poskytnuty informace o vytváření a správě databází s GNSS daty.

- "A Global Database of Strong-Motion Displacement GNSS Recordings and an Example Application to PGD Scaling" od C. J. Ruhl et al., publikovaný v Seismological Research Letters roku 2019. Článek se zaměřuje na vytvoření globální databáze pohybových záznamů GNSS v oblasti seismologie.
- "Data Handling in GNSS Receiver Network and Ionosphere Monitoring Service Solution" I. Aleshin, S. Burguchev, K. Kholodkov, V. Alpatov a A. Vasiliev, publikovaný na mezinárodní konferenci Engineering and Telecommunication v roce 2014. Článek se zabývá problematikou zpracování dat v síti GNSS přijímačů a využitím této sítě pro monitorování ionosféry.

Z řad bakalářských nebo diplomových prací se podobným tématem zabývali tito autoři:

- HODÍK, Štěpán. Vývoj nízkonákladového GNSS zařízení. Praha, 2019. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Fakulta stavební
- BĚLOCH, Lukáš. Návrh autonomního sensoru polohy a druhotného určení parametrů atmosféry s využitím low-cost GNSS přijímače. Praha, 2022. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Fakulta stavební
- JEHLIČKA, Josef. Porovnání výsledků měření GNSS s užitím systémů EGNOS a EDAS. Praha, 2023. Bakalářská práce. ČVUT v Praze. Fakulta stavební
- BĚHAL, Ladislav. GPS a komunikační protokol NMEA. Zlín, 2007. Diplomová práce (Ing.). Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky

Teoretická část

Satelitní navigace

Satelitní navigace je moderní technologie, která umožňuje určovat polohu a navigovat v reálném čase pomocí satelitních signálů. Tato technologie byla vyvinuta v 60. letech 20. století a postupem času se stala nezbytnou součástí našeho každodenního života.

Existují různé globální navigační satelitní systémy (GNSS), které umožňují určovat polohu a navigovat v různých částech světa. Nejznámější z nich jsou americký GPS (Global Positioning System), ruský GLONASS, evropský Galileo a čínský BeiDou. Zmíněné systémy se skládají z několika desítek satelitů, které krouží kolem Země v určité výšce a vysílají signály k přijímačům na zemi.

Přijímače GNSS jsou zařízení zachytávající signály vysílané satelity, pomocí nichž určují polohu a čas. Nacházejí se v rozličných zařízeních, jako jsou mobilní telefony, navigační zařízení v automobilech, drony, geodetické přístroje a mnoho dalších.

Využití satelitní navigace se stalo nezbytnou součástí mnoha odvětví, například navigace a řízení letadel, lodí a vozidel, monitorování požárů nebo sledování migrace zvířat. Satelitní navigace umožňuje zjednodušit a zrychlit mnoho procesů, které by jinak byly velmi obtížné nebo nemožné.

V posledních letech se technologie GNSS stala stále přesnější a spolehlivější. Díky novým vylepšením výkonu a vysílacích frekvencí se přesnost polohy dostala na centimetrovou úroveň. Toto vylepšení přesnosti otevírá nové možnosti pro využití GNSS v rozmanitých oblastech.

Vzhledem k tomu, že GNSS se stala důležitou součástí našeho života, je důležité si uvědomit i její limity. Například v prostředí se špatným signálem, jako je údolí, městská zástavba nebo les, může být přesnost polohování snížena. Stejně tak může být přesnost ovlivněna průchodem signálu atmosférou nebo překážkami na zemi, typicky budovami, stromy a dalšími předměty.

V každém případě jsou navigační systémy GNSS neocenitelným pomocníkem v mnoha oblastech lidské činnosti a jejich využití stále roste. Avšak by mělo zůstat na paměti, že se jedná o nástroj, který má své limity a omezení, jako jiné technologie.

1 Globální navigační satelitní systémy (GNSS)

GNSS je název označující takové technologie, které dokáží pomocí příjmu satelitních signálů určovat svou pozici, rychlost, kurz a také přesný čas kdekoli na Zemi. Moderní přijímače umí zpracovávat vysílané signály z více satelitních systémů, což vede ke zvýšení přesnosti a dostupnosti dané služby. [1]

1.1 Současné globální GNSS systémy

1.1.1 GPS-NAVSTAR

GPS-NAVSTAR (Global Positioning System – Navigation System with Timing And Ranging) je americký globální navigační satelitní systém, který byl vyvinut v roce 1973 americkou armádou. Systém byl původně určen pro vojenské účely, ale později se stal důležitou součástí každodenní komunikace a navigace.

GPS-NAVSTAR se skládá z 31 družic na střední oběžné dráze kolem Země, ve výšce 20 200 km, které vysílají signály k přijímačům na zemi. Tyto signály obsahují informace o poloze družice a čase. Přijímače na zemi zachytávají tyto signály a pomocí matematických výpočtů určují polohu a čas. Každá družice vysílá signál s unikátní identifikací, což umožňuje přijímači rozlišit, která družice vysílá signál a tím umožňuje výpočet polohy. V současné době je provozován Ministerstvem obrany Spojených států amerických a některé části jeho využití jsou regulovány. [2]

1.1.2 GLONASS

GLONASS (Global Navigation Satellite System) je ruský globální navigační satelitní systém, který byl vyvinut v roce 1976. Skládá se z 26 družic na oběžné dráze kolem Země. Původně byl systém určen pro vojenské účely, ale v současné době se využívá i v civilním sektoru. Správcem systému je ruské ministerstvo obrany.

GLONASS využívá signály radiové frekvence, které mají dostatečný dosah a přesnost pro globální použití. Každá družice vysílá signál s unikátní identifikací, která umožňuje přijímači na zemi rozlišit, která družice vysílá signál a tím umožňuje výpočet polohy.

Hlavní rozdíl mezi systémy GPS a GLONASS je přístup k rozlišení signálu vysílaného jednotlivými satelity. Satelity GPS vysílají informace na stejných frekvencích a k jejich rozlišení se používají tzv. PRN kódy, zatímco GLONASS používá frekvenční rozlišení signálu, kdy každá družice vysílá své přidělené frekvence. [1][3]

1.1.3 Galileo

Galileo je evropský globální navigační satelitní systém, který byl vyvinut jako alternativa k americkému GPS a ruskému GLONASS. Systém se skládá z 30 satelitů na střední oběžné dráze kolem Země, ve výšce 23 222 km.

Systém využívá signály ve frekvenčním pásmu 1,1-1,6 GHz, které poskytují lepší přesnost a spolehlivost v porovnání s ostatními globálními navigačními systémy. Každá družice vysílá signál s unikátní identifikací, což umožňuje přijímači na zemi rozlišit, která družice vysílá signál a tím umožňuje výpočet polohy.

Je to unikátní systém, který umožňuje kombinovat signály z různých navigačních systémů pro ještě větší přesnost a spolehlivost.

Galileo je otevřený pro obecné využití a je součástí globálního trhu s navigačními systémy. Systém byl vyvinut Evropskou kosmickou agenturou a Evropskou komisí, aby poskytoval nezávislou a spolehlivou alternativu k ostatním globálním navigačním systémům. V současné době je plně funkční a nabízí široké využití pro mnoho oblastí lidské činnosti. [1][4]

1.1.4 BeiDou

BeiDou je navigační satelitní systém vyvinutý Čínskou lidovou republikou. Systém se skládá z 35 satelitů na různých úrovních oběžné dráhy kolem Země. 27 satelitů poskytuje globální pokrytí, zatímco dalších 8 je určeno pro regionální použití.

Využívá signály v pásmu od 1176 MHz do 1576 MHz pro poskytování informací o poloze, rychlosti, času a pro přenos dat. Je plně funkční a nabízí své služby nejen v Číně, ale také v celosvětovém měřítku. [1][5]

1.1.5 QZSS

QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) je japonský navigační satelitní systém, který byl vytvořen s cílem poskytnout vysokou přesnost polohování v oblastech měst a vysoké zástavby budov.

Systém se skládá ze čtyř satelitů na oběžné dráze kolem Země, přičemž některé z nich se pohybují na kvazi-zenitové nebo geosynchronní dráze nad Japonskem, což umožňuje lepší pokrytí této oblasti a zajištění stabilních signálů v těchto náročných podmínkách.

Je to plně funkční systém a nabízí své služby nejen v Japonsku, ale také v celosvětovém měřítku. Systém je otevřený pro obecné využití a je součástí globálního trhu s navigačními systémy. Japonsko plánuje rozšířit QZSS systém o další tři družice do konce roku 2024. [6]

1.2 Struktura GNSS systémů

Pro uvedené systémy je struktura obdobná, skládá se ze tří částí:

Kosmický segment – je tvořen systémem družic obíhajících kolem Země, které vysílají radiový signál k Zemi. Hlavní rozdíly mezi segmenty uvedených systémů jsou:

- výška, úroveň a sklon dráhy družice na orbitě
- počet družic a jejich rozmístění
- typ a vybavení satelitů

Řídící segment – je tvořen systémem pozemních stanic, které zajišťují provoz celého systému. Podle své funkce se rozlišují na řídicí, monitorovací a komunikační stanice (s družicemi).

Uživatelský segment – je složen ze zařízení, která zachycují družicemi vysílané signály. Těmito tzv. přijímači mohou být různé technologie, např. mobilní telefony, navigace v automobilech i speciální geodetické přístroje.

Segment se dělí:

- dle uživatelského použití – navigační a geodetický
- dle počtu přijatých frekvencí – jednofrekvenční a dvoufrekvenční
- dle určení polohy – autonomní (určují polohu z kódového měření) a komunikační (určují polohu pomocí dat z jiných přijímačů)

2 NMEA-0183 protokol

V oblasti GNSS se nejčastěji setkáme s protokoly NMEA, RTCM, NTRIP a také datovým formátem RINEX.

NMEA protokol je komunikační protokol, standardizovaného formátu, vyvíjený a udržovaný americkým Národním sdružením pro loďní elektroniku (National Marine Electronics Association). Protokol byl vyvinut pro sjednocení komunikace u loďní dopravy.

Další část textu je zaměřena pouze na NMEA zprávy použité v této práci. Data, která jsou přijímána, mají pevně danou strukturu tvořenou ASCII řetězcí obsahující specifické informace získané přijímačem. NMEA zpráv je velké množství a je na uživateli si nastavit, které bude přijímat.

Základní struktura NMEA zprávy:

- Každá zpráva začíná znakem „\$“ a končí <CR><LF>, tj. ukončení řádku a posun na další.

\$ttsss,d1,d2,....*6D<CR><LF>

- První dvě písmena, která následují po znaku dolar, jsou označena „tt“ a představují identifikátor mluvčího (např. GP – Global Positioning system, GL – GLONASS, atd.)
- Znak „sss“ jsou identifikátor věty.
- Následují datové položky. Ty jsou oddělené čárkami (znak ";"). Pokud některá data chybí, zůstane datové pole prázdné, ale čárky oddělující pole zůstávají.
- Po nich následuje nepovinný kontrolní součet, který začíná znakem hvězdička ("*") a za ním jsou dvě hexadecimální číslice představující logickou operaci XOR (exclusive OR) ze všech znaků mezi "\$" a "*". Samotný dolar a hvězdička se do kontrolního součtu nezapočítávají.
- Každá věta může obsahovat nejvýše 80 znaků plus "\$" a <CR><LF>, celkem tedy 83 bajtů. [7]

Zde je uveden výpis jedné sekvence zpráv z modulu U-Blox NEO-M8T.

```
$GNRMC,113029.00,A,5025.44415,N,01411.37865,E,0.042,,030319,,,A*60
$GNGGA,113029.00,5025.44415,N,01411.37865,E,1,12,0.91,216.1,M,44.1,M,,*4C
$GNGSA,A,3,24,15,13,19,10,30,20,28,17,,,,,1.50,0.91,1.19*1D
$GNGSA,A,3,85,66,67,65,83,74,76,75,84,,,,,1.50,0.91,1.19*11
$GPGSV,4,1,13,05,01,195,27,07,,,24,10,09,332,33,12,02,219,22*42
$GPGSV,4,2,13,13,65,156,38,15,67,262,47,17,32,114,35,18,01,029,32*72
$GPGSV,4,3,13,19,18,141,45,20,20,307,46,24,36,278,48,28,46,057,36*73
$GPGSV,4,4,13,30,15,088,23*4D
$GLGSV,3,1,10,65,41,199,38,66,51,302,49,67,08,337,36,72,04,174,27*6F
$GLGSV,3,2,10,74,21,058,25,75,73,013,43,76,48,266,44,83,08,000,22*60
$GLGSV,3,3,10,84,23,054,22,85,12,109,26*6A
$GNGST,113029.00,26,,,,,1.3,3.2,3.2*44
```

Každá sekvence zpráv obsahuje velké množství dat a nemusí být zřejmé, co která položka znamená, proto je dále popsána struktura použitých zpráv. [1]

1.1 GSA zpráva

GSA zpráva uvádí identifikační čísla satelitů, která se využívají pro výpočet polohy přijímače a parametry přesnosti DOP¹, viz tabulka 2.

Struktura zprávy, viz tabulka 1:

\$GNGSA,A,3,21,15,29,25,12,10,26,28,17,,,,,1.20,0.71,1.0*1D

Tabulka 1: Pozice informací ve zprávě.

1	2	3-14	15	16	17	18
A	3	21 - ,,	1.20	0.71	1.0	*1D

Tabulka 2: Popis částí zprávy GSA. [1]

Pozice	Formát	Příklad	Popis
1)	c	A	Přepínání mezi N-rozměrnými módy (A=automatické, M=manuální)
2)	d	3	Počet fixování: 1 – není k dispozici 2 – 2D fixování polohy 3 – 3D fixování polohy
3)-14)	d	21,15...	ID satelitů použitelných pro výpočet <ul style="list-style-type: none">• NULL pro nepoužité satelity• 01-32 GPS• 33-64 SBAS• 64+ GLONASS
15)	d.d	1.20	PDOP – parametr polohové přesnosti (0.5-99.9)
16)	d.d	0.71	HDOP – parametr horizontální přesnosti (0.5-99.9)
17)	d.d	1.0	VDOP – parametr vertikální přesnosti (0.5-99.9)
18)	*xx	*1D	Kontrolní součet

1.2 GGA zpráva

GGA zpráva obsahuje informace o poloze přijímače, její kvalitě a o času určení souřadnic, viz tabulka 3.

\$GPGGA,170139.615,4912.2526,N,01635.0378,E,1,07,1.0,357.5,M,43.5,M,,*7D

¹ Dilution Of Precision – bezrozměrný parametr přesnosti udávající vliv geometrie prostorového uspořádání družic GNSS a přijímače v konkrétní epoše na přesnost určení polohy. [8]

Tabulka 3: Popis částí zprávy GGA. [1]

Pozice	Formát	Příklad	Popis
1)	hhmmss.sss	170139.615	Aktuální čas v systému UTC
2)	ddmm.mmmm	4912.2526	Zeměpisná šířka
3)	c	N	Indikátor polohy N/S (N=sever, S=jih)
4)	dddmm.mmmm	01635.0378	Zeměpisná délka
5)	c	E	Indikátor polohy E/W (E=východ, W=západ)
6)	d	1	Indikátor kvality: 0 – neplatné 1 – GPS fix 2 – DGPS fix 3 – PPS fix 4 – RTK fix 5 – RTK float 6 – autonomní 7 – manuální vstup 8 – simulační mód
7)	dd	07	Počet viditelných satelitů 0–24
8)	d.d	1.0	HDOP – parametr horizontální přesnosti
9)	d.d	357.5	Výška antény nad geoidem
10)	c	M	Jednotka pro předchozí údaj (M=metr)
11)	d.d	43.5	Rozdíl mezi elipsoidem a geoidem
12)	c	M	Jednotka pro předchozí údaj
13)	d.d	Null	Stáří poslední aktualizace DNGSS dat ve vteřinách. Pokud údaj chybí uvádí se Null.
14)	dddd	Null	Identifikační číslo referenční stanice (0000-4095)
15)	*xx	7D	Kontrolní součet

1.3 GST zpráva

Zpráva GST obsahuje statistické informace o přesnosti určení polohy přijímače, viz tabulka 4.

Struktura zprávy:

\$GGPGST,220320.0,1.3,0.8,0.5,,0.8,0.5,1.6,3,*4F

Tabulka 4: Popis části zprávy GST. [1]

Pozice	Formát	Příklad	Popis
1)	hhmmss.ss	220320.0	Aktuální čas v systému v UTC
2)	d	1.3	RMS ² – hodnota sm. odchylek pseudovzdáleností
3)	d	0.8	Velikost hlavní poloosy elipsy chyb [m]
4)	d	0.5	Velikost vedlejší poloosy elipsy chyb [m]
5)	d	Null	Azimut hlavní poloosy [°]
6)	d	0.8	σ zeměpisné šířky [m]
7)	d	0.5	σ zeměpisné délky [m]
8)	d	1.6	σ nadmořské výšky [m]
9)	*xx	*4F	Kontrolní součet

1.4 ZDA zpráva

Zpráva ZDA obsahuje pouze časové údaje o přijetí dat, viz tabulka 5.

Struktura zprávy:

\$GPZDA,172809.15,05,07,2003,03,20*45

² RMS vychází z angl. Root Mean Square a jedná se v podstatě o kvadratický průměr určité hodnoty [1]

Tabulka 5: Popis části zprávy ZDA. [9][10]

Pozice	Formát	Příklad	Popis
1)	hhmmss.ss	172809.15	Aktuální čas v systému v UTC
2)	dd	05	Den (01-31)
3)	mm	07	Měsíc (01-12)
4)	yyyy	1996	Rok
5)	hh	03	Místní posun času od UTC – hodiny (00±13)
6)	mm	20	Místní posun času od UTC – minuty (00-59)
7)	*xx	*45	Kontrolní součet

1.5 Souřadné systémy GPS

Global Positioning System (GPS) využívá několik souřadnicových systémů pro zjištění polohy a navigaci. Nejčastěji používanými souřadnicovými systémy jsou WGS-84 a ECEF.

WGS-84 (World Geodetic System 1984) je globální souřadnicový systém, který využívá elipsoidu Země jako modelu pro určení polohy. Tento systém je standardem pro GPS navigaci a používá se také v geografických informačních systémech (GIS). Souřadnice v systému WGS-84 jsou zpravidla udávány ve formátu zeměpisné šířky a délky.

ECEF (Earth-Centered, Earth-Fixed) je souřadnicový systém, který využívá matematický model Země jako sféru, a to s tím, že se pohybujeme vůči ní. V tomto systému jsou souřadnice udávány jako trojice vektorů (x, y, z), přičemž osa x směřuje k průsečíku rovníku s poledníkem Greenwiche, osa y směřuje na východ a osa z směřuje k nebeskému pólu. [7]

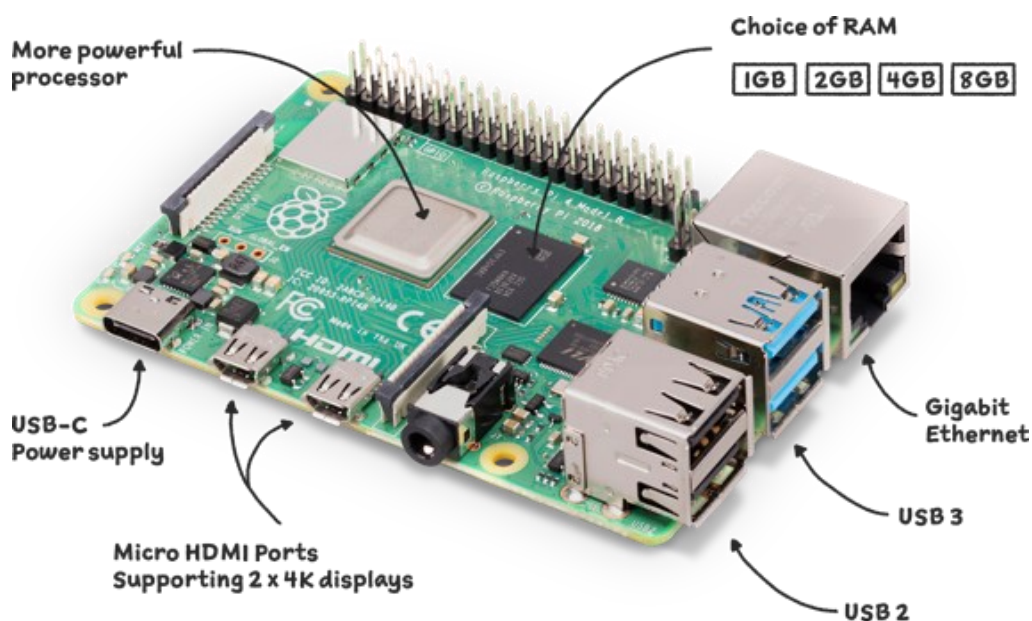
Oba souřadnicové systémy se používají v GPS pro získání přesné polohy a navigaci. Souřadnice v systému WGS-84 jsou běžně používány pro zobrazení polohy na mapě, zatímco ECEF se často používá pro výpočty navigačních dat, jako je rychlost a směr pohybu.

2 Raspberry Pi 4

Při zadávání práce bylo rozhodnuto využít malý jednodeskový počítač Raspberry Pi 4 model B, jehož schéma je uvedeno na obrázku 2, z důvodu kompaktnosti, cenové dostupnosti a dostatečné síle pro zvládnutí této práce.

Model B byl představen na trhu v roce 2019. Je vybaven 2 GB RAM a čtyřjádrovým procesorem ARM Cortex-A72. Má připojení k WiFi a Bluetooth 5.0, dále poskytuje dva HDMI porty. Obsažený grafický procesor je VideoCore VI, který si poradí se dvěma 4K displeji při 30 Hz nebo jedním 4K při 60 Hz. Zvukový výstup je jeden, a to AUX. Dále má dva USB 2.0 porty, dva USB 3.0 porty a jeden LAN port. Napájen je USB-C konektorem. K ukládání dat a načítání operačního systému využívá Raspberry Pi mikro SD kartu. [11]

Výrobce Raspberry doporučuje využívat vyvinutý operační systém Raspberry Pi OS. Raspberry Pi OS je bezplatný operační systém založený na systému Debian, který funguje na bázi systému Linux. Dále má i vlastní grafické prostředí, je pravidelně a bezplatně aktualizován. Systém je ovládán nástrojem APT (Advanced Packaging Tool), který jednoduše spravuje instalace, aktualizace a odebírání aplikací. [12]



Obrázek 2: Raspberry Pi 4 model B. [13]

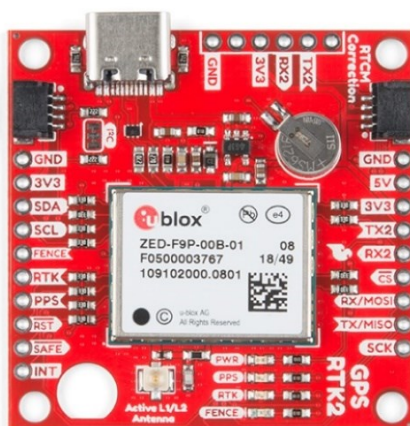
3 Přijímač SparkFun GPS-RTK2

Pro práci byl vybrán přijímač SparkFun GPS-RTK2, viz obrázek 3, který je složen ze dvou částí. Z desky, od společnosti Sparfun, a časovacího modulu u-blox ZED-F9P-02B.

Modul u-blox ZED-F9P-02B je moderní GNSS přijímač, který kombinuje více satelitních systémů pro vylepšení přesnosti polohování. Může přijímat signály z GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, SBAS nebo QZSS. Využívá mnoho kanálů pro rychlý a spolehlivý příjem dat. [14]

Tento přijímač se často používá v různých odvětvích, jako jsou drony, robotika, geodézie nebo navigace. Má malé rozměry a nízkou spotřebu energie, což umožňuje jeho použití v bateriově napájených zařízeních.

ZED-F9P-02B modul je připevněn na desce s IPEX MHI vstupem pro komunikaci s anténou a USB-C výstupem pro připojení k PC. Podporuje DGNSS, RTK a PPP-RTK korekce. [15]

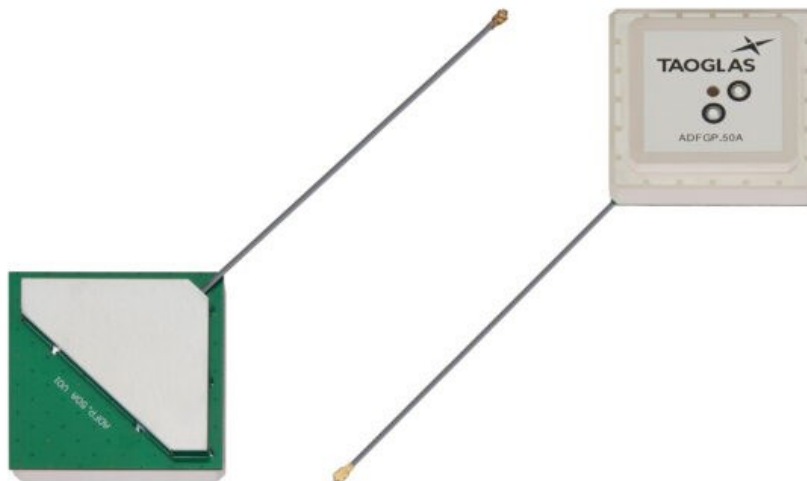


Obrázek 3: Přijímač SparkFun GPS-RTK2. [15]

4 Anténa Taoglas ADFGP.50A

Anténa Taoglas ADFGP.50A, viz obrázek 4, je kompaktní, keramická anténa určená pro využití v GNSS systémech. Anténa je navržena tak, aby poskytovala stabilní a spolehlivou výkonnost v náročných podmínkách, jako jsou průmyslová a automobilová prostředí. Je ideální pro aplikace, které vyžadují vysokou přesnost polohování a spolehlivou komunikaci se satelitními systémy.

Anténa je dvou frekvenční a je schopná přijímat signály GPS (L1/L2/L5), QZSS (L1/L2), IRNSS (L5), Galileo (E1/E5a/E5b), GLONASS (G1/G2/G3) a BeiDou (B1/B2a/B2b). Výrobce udává dosažitelná přesnost je pro polohovou složku 76 cm, s použitím RTK 1,4 cm. [16]



Obrázek 4: Anténa Taoglas. [16]

5 U-center

U-center je software vyvinutý společností u-blox, švýcarskou firmou specializující se na výrobu bezdrátových komunikačních a polohových technologií. U-center je všestranný, uživatelsky přívětivý nástroj navržený pro konfiguraci a testování GPS modulů a čipů od firmy u-blox.

S U-center mohou uživatelé vizualizovat a analyzovat GPS data v reálném čase, konfigurovat a optimalizovat výkon GPS modulů nebo monitorovat a odstraňovat problémy s připojením GPS modulu. Software nabízí řadu funkcí, včetně vizualizace satelitů, analýzy kvality signálu, aktualizací firmware a schopností zaznamenávat data.

U-center podporuje širokou škálu GPS protokolů, včetně NMEA, UBX a RTCM. Je kompatibilní s operačními systémy Windows, Linux a Android. Může být používán profesionály, nadšenci i výzkumníky pracujícími s GPS technologiemi.



Obrázek 5: Logo U-center. [17]



Obrázek 6: Logo u-blox. [18]

6 MariaDB

MariaDB je open-source relační databázový server, typu MySQL. Jeho vývoj začal v roce 2009 a dnes je jedním z nejpobulárnějších databázových serverů na světě. Jeho hlavními vlastnostmi jsou vysoká rychlost, spolehlivost a bezpečnost. MariaDB Server je navíc vydán pod open source licencí GPLv2. [19]

Databáze nabízí podporu pro různé programovací jazyky, například PHP, Python nebo Java. Umožňuje uživatelům vytvářet a spravovat relační databáze Díky tomu mohou uživatelé snadno a efektivně ukládat, upravovat nebo vyhledávat data.

Jednou z klíčových funkcí MariaDB je tzv. Galera Cluster, která umožňuje uživatelům vytvářet či spravovat replikované databázové servery. Tento cluster poskytuje vysokou dostupnost, rozšiřitelnost a odolnost vůči výpadkům.

Kromě toho MariaDB nabízí také různé funkce pro zabezpečení dat, jako jsou například šifrování, auditování nebo autentizace. To zajišťuje, že data uložená v databázi jsou chráněna proti neoprávněnému přístupu a zneužití.



Obrázek 7: Logo MariaDB. [20]

7 Grafana

Grafana je open-source webové rozhraní určené pro vizualizaci a monitorování dat. Její hlavní funkcí je zobrazování časových řad nebo metrik v přehledné intuitivní formě. Tento nástroj se využívá zejména v oblasti správy IT infrastruktury, kde slouží k monitorování výkonu a životnosti různých systémů.

Umožňuje uživatelům propojení s různými databázovými systémy, jako jsou například MySQL, PostgreSQL nebo InfluxDB, díky tomu je možné využít různé datové zdroje pro tvorbu vizualizací. Uživatelé si mohou vytvořit vlastní nástěnky a grafy, které jim umožní sledovat i analyzovat vývoj metrik v reálném čase.

Další výhodou Grafany je možnost využití mnoha různých aditivních připojení tzv. *plugin*, které umožňují rozšíření funkčnosti tohoto nástroje. Mezi nejčastěji používaná připojení patří například dodatek pro zobrazování map, tvorbu tabulek nebo dodatek pro integraci s různými systémy pro notifikace a správu alarmů.



Obrázek 8: Logo Grafana. [21]

8 Zabbix

Zabbix je open-source program pro monitorování sítě, serverů a aplikací. Jeho hlavním účelem je sledovat výkonnost a chování IT infrastruktury v reálném čase. Tento nástroj umožňuje uživatelům sledovat a analyzovat různé metriky, třeba vytížení CPU, využití paměti, dostupnost služeb, využití disku a další.

Zabbix lze snadno konfigurovat a je možné ho integrovat s rozmanitými systémy, jako jsou například Nagios, Cacti nebo OpenNMS. Díky tomu mohou uživatelé používat různé metody sběru dat a zobrazovat je na jednom místě.

Jedním z klíčových prvků Zabbixu jsou alarmy (*triggers*), které umožňují uživatelům nastavit upozornění na určité situace. Když se určitá metrika pohybuje mimo stanovený limit, Zabbix může odeslat e-mailové nebo SMS notifikace, spustit skript nebo zobrazit upozornění v konzoli.

K monitorování je potřeba Zabbix server a Zabbix agent. Zabbix server je centrálním prvkem, kterému agenti hlásí informace o dostupnosti, integritě a statistice počítače. Server je ústřední úložiště, na kterém jsou uložena veškerá konfigurační, statistická a provozní data. Agent se hlásí serveru přes IP adresu, která je napsaná v konfiguračním souboru agenta.



Obrázek 9: Logo Zabbix. [22]

Metodická část

9 Zpracování

Tato část práce je věnována praktickému zpracování tématu. Jsou zde uvedeny kroky potřebné k vyhotovení práce.

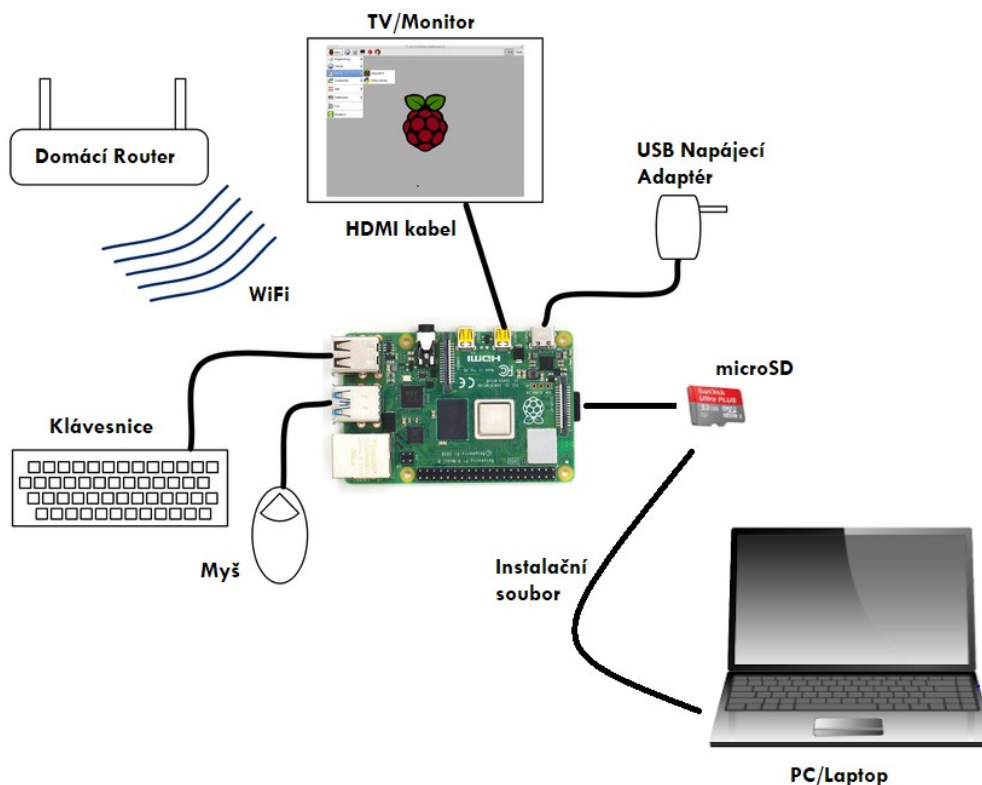
9.1 Raspberry Pi

Nastavení Raspberry Pi se dá nastavit dle pokynů nebo manuálních videí od samotných vývojářů, kteří dělají nastavení Raspberry co nejjednodušší.

Pro nastavení jsou potřeba specifická příslušenství. PC monitor nebo televize, fungující jako displej pro Raspberry, HDMI kabel, klávesnice a myš. Nejdůležitějším prvkem je SD karta. Doporučená minimální kapacita je 8 GB, která se použije k instalaci operačního systému. Jakékoli úpravy, které by se chtěly přidat, se musí dodat do konfiguračního souboru na SD kartě.

Jsou dvě možnosti instalace operačního systému. Buď se instalace provede na jiném počítači přes doporučený program k instalaci Raspberry Pi Imager nebo se dá instalace provést síťově. U této práce byl zvolen první způsob instalace.

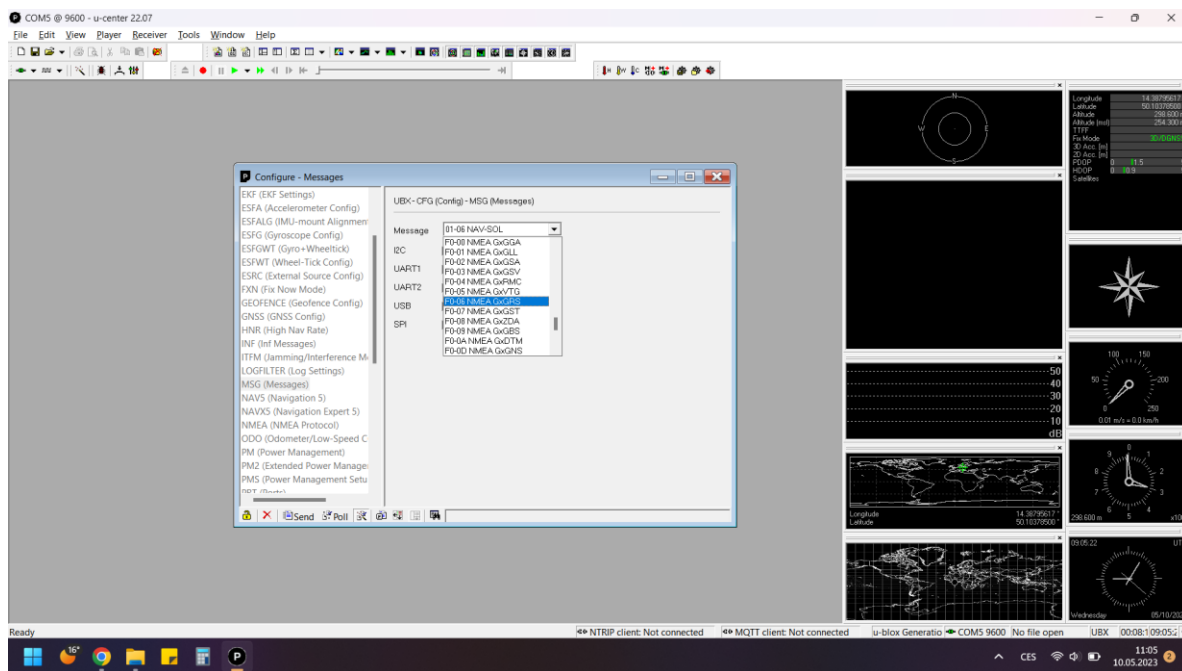
Nejdříve byla naformátovaná 8 GB mikro SD karta. Poté na ní byl nahrán instalační soubor operačního systému Debian. Následovalo připojení SD karty do Raspberry, kdy ihned poté, začala instalace operačního systému v příkazovém řádku. Po instalaci proběhlo přihlášení uživatele přes osobní přihlašovací údaje. Dále se nakonfigurovalo grafické rozhraní plochy počítače přes nastavení v Raspberry Pi Software Configuration Tool tzv. raspi-config. Nakonec se počítač restartoval. Po restartování už nebylo nutné se přihlásit, protože dané přihlašovací údaje se v počítači uložily. Je doporučeno své pilotní přihlašovací údaje změnit a neponechávat je v původní podobě.



Obrázek 10: Schéma instalace Raspberry. [autor][23]

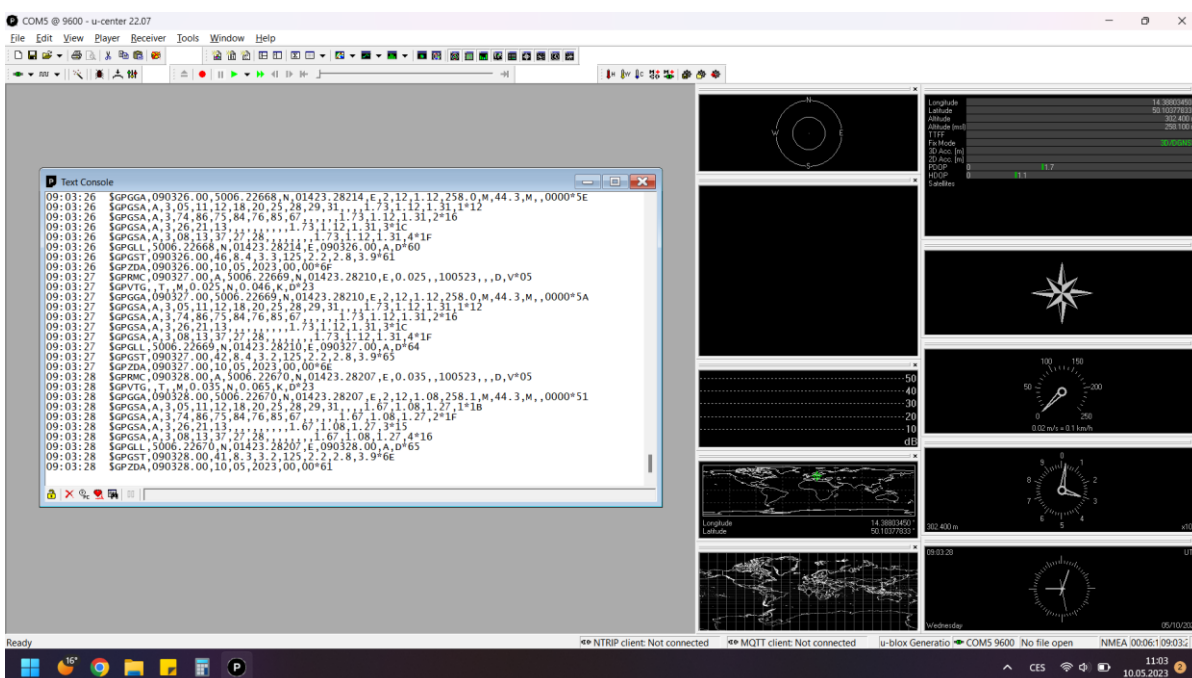
9.2 Nastavení přijímače

Po zprovoznění počítače přijde na řadu přijímač. Přijímač se nastavil v programu U-center, kdy bude nastaven příjem zpráv, viz obrázek 11, a to: NMEA-GSA, NMEA-GGA, NMEA-GST, NMEA-ZDA, RXM-RAWX a RXM-SFRBX. Zprávy GSA, GGA a GST, byly vybrány proto, že uvádějí souřadnice polohy, polohové odchylky, parametry přesnosti signálu a další parametry potřebné k monitorování dat stanice. Zbylé zprávy byly vybrány, kvůli požadavkům na fungování programu GNSS-logger, jež je zmíněn v pozdějších částech textu.



Obrázek 11: Nastavení příjmu zpráv v U-center. [autor][24]

Po nastavení příjmu zpráv byla pro kontrolu v programu spuštěna textová konzole, na které se vypsaly čtené zprávy. Bylo možné se taky podívat na mapu ukazující např. polohu nebo graf s přesnostmi, viz obrázek 12.



Obrázek 12: Textová konzole se zprávami a další zobrazovací funkce v prostředí U-center. [autor][24]

9.3 Skript

Hlavní bod práce je vytvoření skriptu, který bude převádět surová data do formátu RINEX a současně zpracovávat NMEA zprávy, které budou nahrány do tabulky na databázovém serveru.

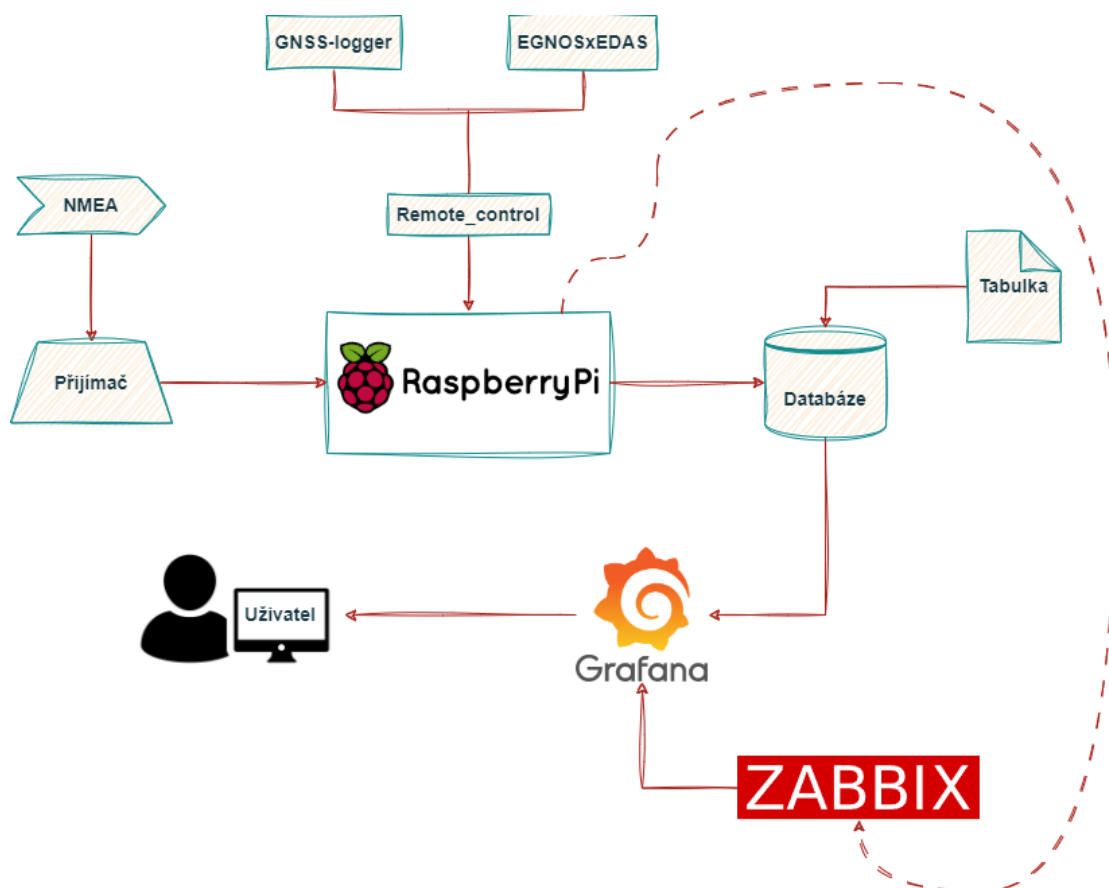
Pro první část skriptu byl využit již existující skript, který převádí surová data na RINEX, a tím je GNSS-logger od Štěpána Hodíka. [25]

Tento software umožňuje uživatelům získávat data z různých GNSS přijímačů, jako jsou GPS, GLONASS, Galileo ad. a ukládat je do souborů pro další analýzu nebo vizualizaci. Aplikace umožňuje čtení dat ze sériového portu počítače, jejich ukládání a následný převod do formátu RINEX. Data se ukládají do hodinových souborů a název je tvořen aktuálním datem. Program je k dispozici zdarma, běží na operačních systémech Windows, Linux a macOS.

Program GNSS-logger nabízí uživatelům několik funkcí, které umožňují záznam a zpracování dat. Uživatelé mohou nastavit různé vlastnosti přijímače, jako je výběr druhu GNSS signálu, četnost vzorkování dat a další. Program také umožňuje zaznamenávat trasy a může být použit k vytváření map nebo vizualizací dat v různých formátech, jako jsou KML, GPX a CSV.

Pro druhou část skriptu byla použita část nově vyvinutého skriptu, který na základě názvu NMEA zprávy dokáže zprávy zpracovat a následně je nahrát do tabulky, která se nachází na databázovém serveru. Autor tohoto skriptu je Josef Jehlička, který jej uvádí ve své bakalářské práci *Porovnání výsledků měření GNSS s užitím systémů EGNOS a EDAS*. [26]

Tyto dva kódy, psány v jazyce Python, byly spojeny do jednoho skriptu, který byl následně upraven a doplněn tak, aby splňoval požadavky této práce. Spojení uvedených skriptů je popsáno v následujících odstavcích.



Obrázek 13: Schéma spojení skriptů a propojení zařízení. [autor]

Na počítač se stáhl GNSS-logger, v němž hlavní modifikace byla provedena u skriptu `serial_n.py`. Ten je volán příkazem přes skript `main.py`, ale ten se nemodifikoval. Aby GNSS-logger správně fungoval, musely se nainstalovat potřebné balíčky. To bylo provedeno příkazem `pip3 install -r requirements.txt`.

V této fázi začala modifikace. Doinstalovaly se python balíčky `mysql.connector`, `sshtunnel`, `time`, `math`, `sys` a `ftplib`. Dále se na začátek GNSS-loggeru napsal kód pro připojení k databázi ze skriptu EGNOSxEDAS. Za tento kód byla vytvořena proměnná `id_station`, která slouží pro identifikaci stanice a připsala se jí hodnota 1. Následovalo vytvoření globálních proměnných `i_DB`, `id_station`, `gga`, `gsa`, `gst`, `zda`. Ty se využijí pro parserování NMEA zpráv a ukládání do tabulky.

Těsně před konec GNSS-loggeru byla vložena definice kódu `endcycle` ze skriptu EGNOSxEDAS. Ten parseruje NMEA zprávy a nahrává je do tabulky na databázovém serveru. Tato část kódu byla předělaná tak, aby odpovídala požadavkům práce. Hlavní změny byly v definici nahrávání dat do tabulky a v typu parserovaných NMEA zpráv. Konec skriptu je původní GNSS-logger. Takto modifikovaný `serial_n.py` nahradí původní ve složce GNSS-logger na počítači.

Skript se spustil příkazem `python3 main.py -p /dev/ttyACM3 -b 38400 -d Data`. Pro zajištění funkčnosti skriptu, byl tento příkaz zapsán do aplikace crontab tak, aby se každou minutu spustil, pokud byl vypnut.

Funkční skript, jehož provoz byl zajištěn, nahradil původní `serial_n.py` a jako součást Raspberry byl společně s přijímačem a anténou odnesen na střechu budovy B fakulty stavební ČVUT. Tím byla vytvořena statická GNSS stanice.

Finální podoba skriptu je uvedena v odkazu na konci této práce v přílohách, kde si lze skript a výše zmíněné modifikace prohlédnout.

9.4 Vytvoření tabulky

Vytvoření tabulky odpovídá cíli práce, což je monitorování dat a jejich vyhodnocení. Sloupce tabulky odpovídají požadavkům stanovené touto prací a obsahují: ID stanice, souřadnice polohy, čas příjmu dat, odchylky přesnosti polohy a parametry přesnosti DOP.

```
MariaDB [název databáze]> show columns from GNSS_static_station_control;
```

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
ID_station	int(11)	NO		NULL	
time	timestamp	NO	PRI	current_timestamp()	on update current_timestamp()
lat	double	YES		NULL	
lon	double	YES		NULL	
GPS_quality	int(11)	YES		NULL	
SV_in_use	int(11)	YES		NULL	
lat_error	float	YES		NULL	
lon_error	float	YES		NULL	
HDOP	float	YES		NULL	
PDOP	float	YES		NULL	
VDOP	float	YES		NULL	

Obrázek 14: Struktura tabulky. [autor]

Na obrázku 14 je zobrazena struktura tabulky.

- Sloupec *ID_stancie* je určen pro integer, který bude označovat číslo dané stanice.
- Sloupec *time* je nastavený, aby v okamžiku zapsání dat do tabulky uvedl aktuální čas. Tento údaj také funguje jako primární klíč, podle kterého se budou data zobrazovat.
- Sloupec *lat* značí latitude neboli zeměpisnou šířku. Z NMEA zpráv je údaj ve formátu ddmm.mmmm, ale skript ho do tabulky nahráje ve formátu dd.dddd.
- Sloupec *lon* značí longitude neboli zeměpisnou délku. NMEA formát údaje je dddmm.mmmm, v tabulce je nahrán ve formátu dd.dddd.
- Sloupec *GPS_quality* udává číslo jako indikátor kvality připojení (fix, float, ...).
- Sloupec *SV_in_use* zaznamenává počet použitých satelitů.
- Sloupec *lat_error* obsahuje údaj o přesnosti zeměpisné šířky.
- Sloupec *lon_error* obsahuje údaj o přesnosti zeměpisné délky.
- Sloupce *HDOP*, *PDOP*, *VDOP* udávají parametr přesnosti DOP pro horizontální, vertikální a polohovou složku.

Po vymyšlení struktury tabulky byla tabulka vytvořena pomocí SQL příkazů v poskytnuté databázi na serveru MariaDB, který je zprovozněn na jiném počítači.

```
CREATE TABLE GNSS_static_station_control (
  ID_station int not null,
  time timestamp,
  lat double,
  lon double,
  GPS_quality int,
  SV_in_use int,
  lat_error float,
  lon_error float,
  HDOP float,
  PDOP float,
  VDOP float,
  primary key(time) );
```

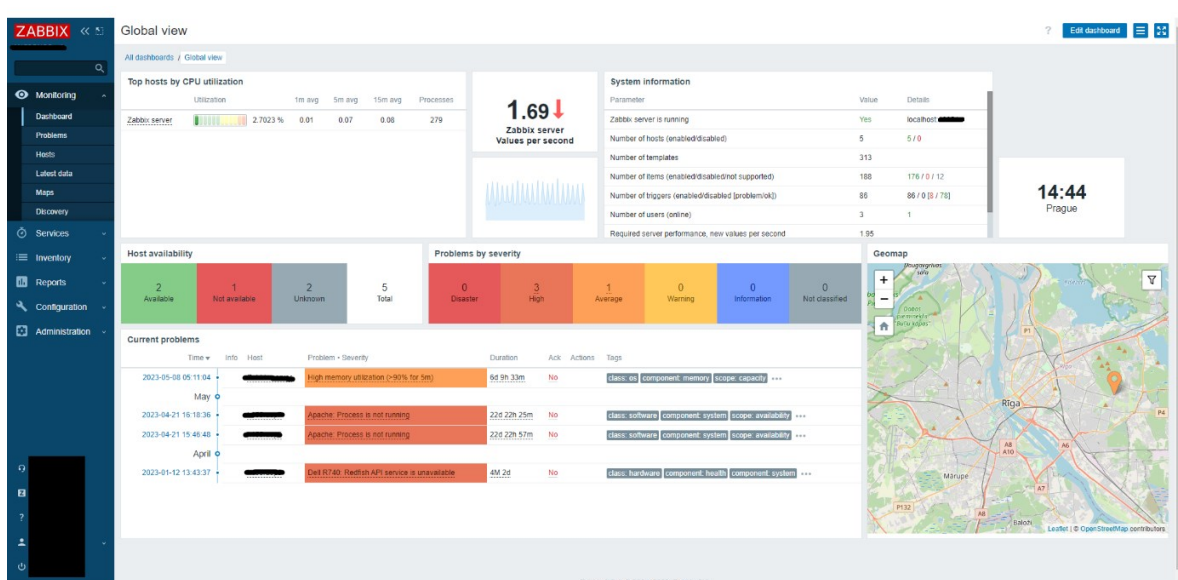
Obrázek 15: SQL příkaz pro vytvoření tabulky.

Při provozu tabulky nastal problém, kdy původně primárním klíčem nebyl čas, ale *ID_stanice* a po zapojení skriptu se do tabulky nahrál pouze jeden řádek za 5 minut. Přitom se měl po každé minutě nahrát další řádek s daty. Po důsledném zkoumání problému se přišlo na to, že právě volba primárního klíče bránila kontinuálnímu zapisování dat do tabulky. Proto byl jako primární klíč zvolen čas a tím byl problém odstraněn.

9.5 Zabbix

Program Zabbix je nutné nainstalovat na počítač. Celou instalaci lze provést podle návodů nebo videí, které lze najít na internetu. Aby správně Zabbix fungoval, musí být nakonfigurovaný tzv. Zabbix Agent, který spravuje různé funkce.

Dále je potřeba mít na jiném počítači zprovozněný Zabbix server, kam se bude Agent připojovat. Pro účely této práce, byl agent nakonfigurován tak, aby zobrazoval různé parametry stavu počítače.



Obrázek 16: Ukázka prostředí Zabbix. [autor][27]

Nastavení monitorování vybraného zařízení je popsáno v následujících krocích.

Po instalaci Zabbix Agenta je nutné upravit pro své potřeby jeho konfigurační soubor. Ten by se měl nacházet v `/etc/zabbix/zabbix_agentd.conf` na zařízení.

V konfiguračním souboru se nastavily tři věci: `Server`, `ServerActive` a `Hostname`.

- `Server` = IP adresa používaného Zabbix serveru, na který se bude sledovaná stanice připojovat.
- `ServerActive` = totožný název jako u `Server`.
- `Hostname` = jméno sledovaného zařízení. Název musí být identický s tím, který bude uveden u vytvořeného hosta v aplikaci na webu.

Po přepsání souboru byl agent nastartován. Pokud už byl na PC dříve nainstalovaný stačí restartovat. Nastartován byl příkazem: `systemctl start zabbix-agent`, obdobně by vypadalo restartování jen s tím rozdílem, že `start` by se přepsal na `restart`.

Dále se musel vytvořit nový host v aplikaci na webu možností `Create Host` v pravém horním rohu. Po kliknutí na tuto ikonu se zobrazilo nastavení Hosta, viz obrázek 17, kde se muselo nastavit:

- `Host name` = totožný jako v konfiguračním souboru agenta.
- `Templates` = šablona s funkcemi pro sledování různých metrik. Tady se nastavil
- `Host groups` = informace o tom, do jaké skupiny bude zařízení patřit. Dá se vybrat z mnoha vytvořených skupin. Jelikož byl agent nainstalovaný na PC, který se chová stejně jako Linux, zvolila se nabídnutá možnost `Linux servers`.
- `Interfaces` = nepovinné nastavení, monitoruje pasivní funkce zařízení. Obsahuje IP adresu sledovaného zařízení, na kterém je Zabbix Agent.

Po nastavení se zařízení přidalo mezi monitorovaná zařízení. Zabbix agent byl stejným způsobem zprovozněn na dvou dalších stanicích. Takto sledovaná zařízení lze vidět na této stránce: <http://k155rasp6.fsv.cvut.cz/zabbix/index.php>

Host ? X

Host IPMI ● Tags Macros Inventory Encryption Value mapping

* Host name

Visible name

Templates

Name	Action
Linux by Zabbix agent	Unlink Unlink and clear

* Host groups

Interfaces

Type	IP address	DNS name	Connect to	Port	Default
Agent	<input type="text" value="192.168.1.1"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> IP <input type="radio"/> DNS	<input type="text" value="10050"/>	<input checked="" type="radio"/> Remove

[Add](#)

Description

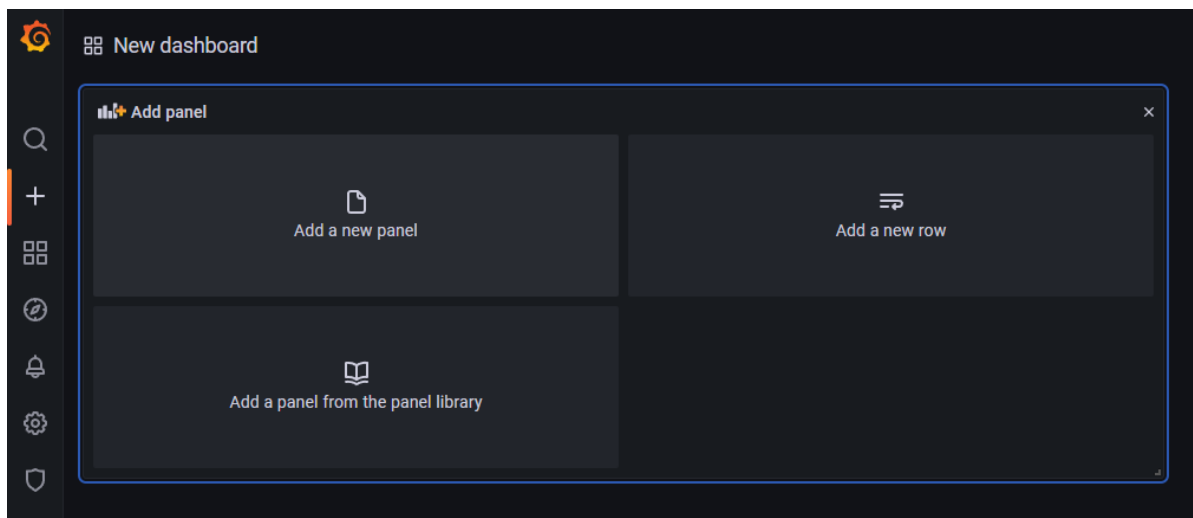
Monitored by proxy

Enabled

Obrázek 17: Nastavení nového zařízení. [autor][27]

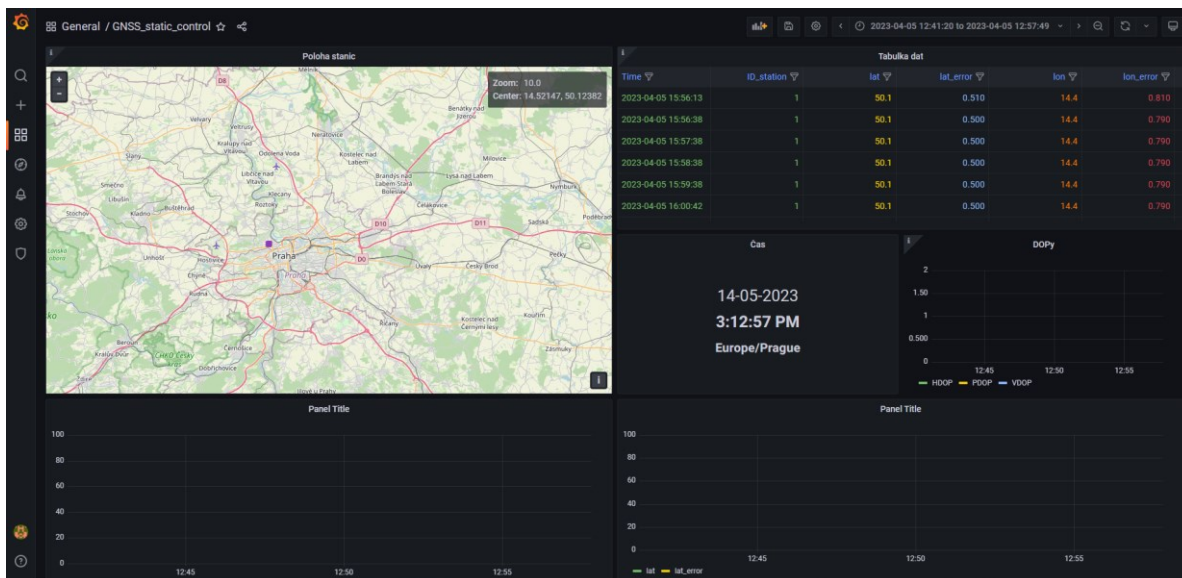
9.6 Grafana

Jak už bylo napsáno, Grafana je platforma, která přehledně vizualizuje data. Pro práci s Grafanou je nutné se zaregistrovat. Jako taková se nemusí instalovat, funguje přes prohlížeč. Vizualizace dat je přes nástěnky (*dashboards*) a v nich jsou panely s daty, viz obrázek 18. Pro naše účely byl i přidán dodatek pro připojení funkcí ze Zabbix.



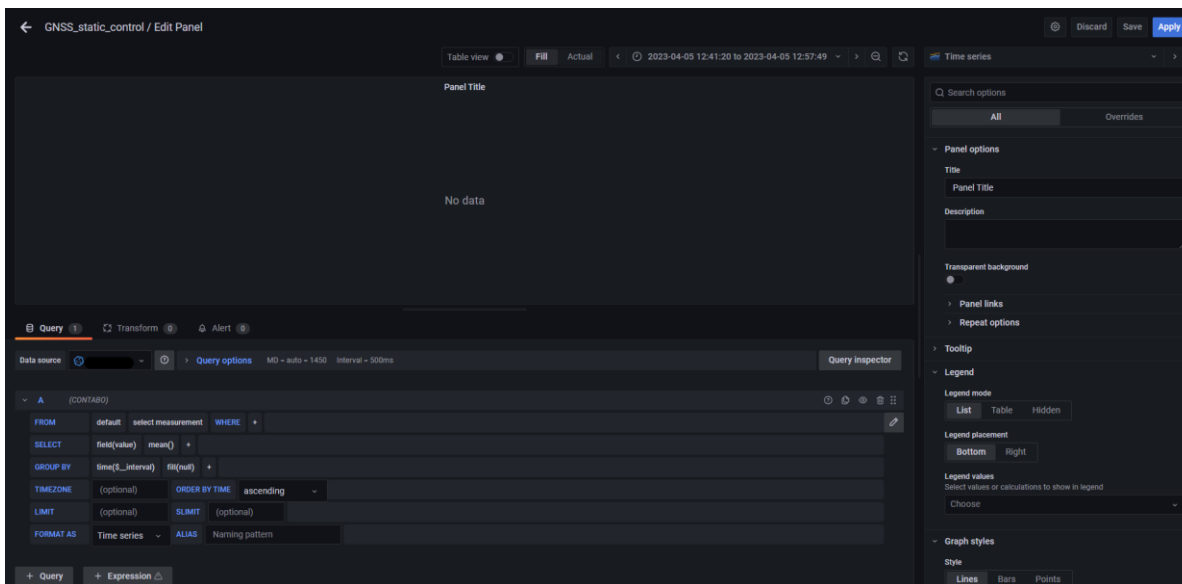
Obrázek 18: Ukázka tvorby nového dashboardu. [autor][28]

Samotná data se do Grafany přidávají prostřednictvím databáze, kde jsou uložena. Z Grafany se připojí na databázi a data se pak zvoleným způsobem (mapa, graf, ...) zobrazí. Nastavení Grafany a jejích funkcí lze přes návody a videa, jak od samotných tvůrců, tak i z komunity uživatelů. Tvůrci dokonce pořádají i webináře o Grafaně pro uživatele.



Obrázek 19: Ukázka vizualizace dat. [autor][28]

Vytvoření nového panelu s daty je podrobně popsáno v následujících odstavcích. Po kliknutí na možnost přidat nový panel, viz obrázek 18, se objevila stránka s prázdným rozhraním, viz obrázek 20. V pravé horní části stránky se vybrala forma zobrazení dat. Pro vytvoření základní tabulky s daty byla vybrána z nabídky možnost *Table*.



Obrázek 20: Prázdná stránka s novým panelem. [autor][28]

Dále se musel nastavit zdroj dat. Zdrojem dat je databáze, na které je tabulka se sledovanými daty. Poté se nastavilo zobrazování dat pomocí tzv. Query (SQL dotaz). První řádek dotazu je pro vybrání tabulky s daty. Druhý řádek vybírá sloupce z tabulky, jejichž data budou zobrazována. Pro zobrazení všech dat byla podmínka WHERE odstraněna. Zbylé nastavení se ponechalo z původní nabídky. Na pravé straně se nacházel panel pro stylistickou a grafickou úpravu tabulky.

The screenshot shows a dashboard editor interface. At the top, there's a navigation bar with a back arrow, the text 'GNSS_static_control / Edit Panel', and buttons for 'Discard', 'Save', and 'Apply'. Below this is a toolbar with 'Table view', 'Fill', 'Actual', and a date range selector '2023-04-05 12:41:20 to 2023-04-05 12:57:49'. The main area is divided into three sections: a table, a query editor, and a settings panel.

Table Data:

Time	ID_station	lat
2023-04-05 15:56:13	1	50.1
2023-04-05 15:56:38	1	50.1
2023-04-05 15:57:38	1	50.1
2023-04-05 15:58:38	1	50.1
2023-04-05 15:59:38	1	50.1
2023-04-05 16:00:42	1	50.1
2023-04-05 16:01:35	1	50.1
2023-04-05 16:03:16	1	50.1

Query Editor:

```

FROM GNSS_static_station_control Time column Time Metric column none
SELECT Column: ID_station
Column: lat
WHERE
GROUP BY
Format as Time series Edit SQL Show Help Generated SQL
  
```

Settings Panel (Table):

- Panel options: Title (Panel Title), Description
- Transparent background:
- Panel links:
- Repeat options:
- Show header: To display table's header or not to display
- Show Footer: To display table's footer or not to display
- Minimum column width: 150
- Column width: auto
- Column alignment: auto, left, center, right

Obrázek 21: Příklad jednoduché tabulky s daty. [autor][28]

Takto vytvoření panel se přidal na nástěnku a mohl se na ní různě přesouvat. Již vytvořené panely se daly také upravit, pokud jsem na nich shledala něco nedostačujícího. Celá nástěnka poté může být jakkoli velká. Vytvořenou nástěnku s grafy lze vidět na této stránce: <http://5.189.130.203:3000/login>

10 Závěr

Cílem této práce bylo představit metodu vzdáleného řízení a monitorování GNSS stanic. Toho bylo dosaženo pořízením počítače, vytvořením skriptu a grafického výstupu. Skript měl za úkol vytvářet formát dat RINEX a zapisovat data z vybraných NMEA zpráv do tabulky, která se nachází na databázovém serveru. Grafický výstup měl být přehledný a informativní, co se sledovaných dat týče.

Za počítač byl vybrán Raspberry Pi 4 model B kvůli jeho kompaktnosti, dobré výkonosti a poměrně velké paměti.

Skript byl vytvořen spojením dvou skriptů, a to GNSS-logger a EGNOSxEDAS. GNSS-logger je aplikace, která umožňuje čtení dat, jejich ukládání a následný převod do formátu RINEX. Skript EGNOSxEDAS je program, který sleduje data získaná pomocí tří přijímačů U-blox za stejných podmínek a ve stejném čase. Spojením těchto skriptů a jejich následnou modifikací byl získán funkční skript pro tuto práci.

Pro grafický výstup se zvolila platforma Grafana, což je webové rozhraní určené pro vizualizaci a monitorování dat. V tomto webovém rozhraní byly vytvořeny panely pro monitorování stanice, čímž jsou např. mapa, tabulka dat nebo tabulka přesností dat.

Vzdálené monitorování a kontrola stanic byla provedena nejen přes grafické rozhraní Grafana, ale použil se i systém Zabbix. Zabbix je open-source program pro monitorování sítě, serverů a aplikací. Jeho hlavním účelem je sledovat výkonnost a chování IT infrastruktury počítače v reálném čase. Zapojením tohoto programu byly přidány další monitorovací funkce, jakými jsou využití místa, paměti nebo CPU počítače.

Po zprovoznění první stanice, kdy byl implementován skript i Grafana, byl skript nainstalován na další dvě GNSS stanice, které se nachází ve městě Liberec. Současný stav těchto stanic je takový, že jsou vytvářeny RINEXy, ale nefunguje nahrávání dat do tabulky, protože příslušné přijímače nemají nastavené čtení potřebných NMEA zpráv. Tento problém bude vyřešen, až se na daných stanicích přijímače ručně přenastaví.

Výhodou vzdáleného monitorování GNSS stanic je detailní přehled uživatele o stanicích. Uživatel ví velmi detailně, co se na dané stanici děje a okamžitě se dozví o problémech, které by nastaly nebo by teprve nastat mohly. Velkou nevýhodou je, že pokud na vzdálené stanici nastane problém, který nejde vzdáleně vyřešit, mohou vypadnout některé funkce skriptu. Do doby než bude problém osobně odstraněn, nebude skript fungovat správně.

Stanovený cíl práce považuji za splněný. Výsledek práce je viditelný v grafickém rozhraní Grafana, kde jsou různorodé panely na monitorování dat a kontrolu funkcí stanic. Tato práce bude také sloužit jako zázemí pro síť statických stanic, které by v budoucnosti mohly být sledovány.

Seznam literatury

- [1] HODÍK, Štěpán. Vývoj nízkonákladového GNSS zařízení [online]. Praha, 2019 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/83537>. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [2] Space Segment. GPS.gov [online]. Washington, DC: NOAA, 2012 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.gps.gov/systems/gps/space/>
- [3] About GLONASS. Information and analysis center for positioning, navigation and timing [online]. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: https://glonass-iac.ru/en/about_glonass/
- [4] What is Galileo?. *European Space Agency* [online]. France [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/What_is_Galileo
- [5] BeiDou Navigation Satellite System Open Service Performance Standard (Version 3.0). *BeiDou Navigation Satellite System* [online]. Čína: China Satellite Navigation Office, c2021 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/Officialdocument/202110/P020211014595952404052.pdf>
- [6] What is the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)?. *Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)* [online]. Japonsko: Cabinet Office, Government Of Japan, c2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv02_why.html
- [7] GPS a komunikační protokol NMEA - 3 (dekódování dat). *AbcLinuxu.cz* [online]. Praha: Nitemedia, c1999-2015 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.abclinuxu.cz/clanky/ruzne/gps-a-komunikacni-protokol-nmea-3-dekodovani-dat>
- [8] Parametr přesnosti (DOP). *Terminologický slovník Terminologické komise Českého úřadu zeměměřického a katastrálního* [online]. Praha: VÚGTK, c2005-2020 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: [http://www.slovníkczk.eu/termin.php?&tid=5906&l=parametr-presnosti-\(dop](http://www.slovníkczk.eu/termin.php?&tid=5906&l=parametr-presnosti-(dop)
- [9] NMEA-0183 message: ZDA. *Trimble GNSS receivers help portal* [online]. Colorado, USA: Trimble, c2021-2022 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: https://receiverhelp.trimble.com/alloy-gnss/en-us/NMEA-0183messages_ZDA.html
- [10] BĚLOCH, Lukáš. *Návrh autonomního sensoru polohy a druhotného určení parametrů atmosféry s využitím low-cost GNSS přijímače* [online]. Praha, 2022 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/102815>. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [11] Raspberry Pi 4 léčí neduhy předchůdců. Má vyšší rychlost a je vhodný pro video. *Cnews.cz – Píšeme o technologiích a internetu* [online]. Praha: Internet Info, c1997–2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/raspberry-pi-4-model-b-parametry-cena>
- [12] Raspberry Pi OS. *Raspberry Pi Documentation* [online]. Spojené království: Raspberry Pi, c2012–2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/os.html>

- [13] Raspberry Pi 4. *Raspberry Pi* [online]. Spojené království: Raspberry Pi, c2012–2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberrypi-4-model-b/>
- [14] ZED-F9P module. *U-blox* [online]. Švýcarsko: u-blox [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.u-blox.com/en/product/zed-f9p-module?legacy=Current#Product-Selection>
- [15] SPARKFUN GPS-RTK2 BOARD - ZED-F9P (QWIIIC). *SparkFun Electronics* [online]. Colorado, USA: SparkFun Electronics [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/products/15136>
- [16] ADFGP.50A – Embedded Active GNSS Dual Stacked Patch Antenna, I-PEX MHF® I (U.FL). *Antennas, Advanced IoT Components, & Custom Design Services - Taoglas* [online]. Irsko: Taoglas, c2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.taoglas.com/product/adfgp-50a-active-gnss-dual-stacked-patch/>
- [17] U-center. *U-blox* [online]. Švýcarsko: u-blox [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.u-blox.com/en/product/u-center>
- [18] *U-blox* [online]. Švýcarsko: u-blox [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.u-blox.com/en>
- [19] *MariaDB in brief - MariaDB.org* [online]. Delaware, USA: MariaDB Foundation, c2009-2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://mariadb.org/en/>
- [20] About MariaDB Server - MariaDB.or. *MariaDB Foundation - MariaDB.org* [online]. Delaware, USA: MariaDB Foundation, c2009-2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://mariadb.org/about/>
- [21] *Grafana: The open observability platform* [online]. New York, USA: Grafana Labs, c2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://grafana.com/>
- [22] Zabbix Logo. *Zabbix* [online]. Lotyšsko: Zabbix LLC., c2001-2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.zabbix.com/logo>
- [23] Raspberry Pi Cookbook, 3rd Edition by Simon Monk. *O'Reilly Media - Technology and Business Training* [online]. Kalifornie, USA: O'Reilly Media, c2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.oreilly.com/library/view/raspberrypicookbook/9781492043218/ch01.html>
- [24] U-blox AG. *U-center 22.07* [software]. 07-07-2022 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.u-blox.com/en/product/u-center>
- [25] Ing. Štěpán Hodík. *GNSS-logger* [software]. 2021 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://github.com/DilnaC004/GNSS-logger>
- [26] Josef Jehlička. *EGNOSxEDAS* [skript]. 2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: https://github.com/jehlijos/GNSS-EGNOS-EDAS-public_copy
- [27] Zabbix API. *Zabbix 6.2.4*. [software]. 2022 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.zabbix.com/download>
- [28] Grafana Labs. *Grafana 8.3.3* [software]. 2022 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://grafana.com/grafana/>

Seznam příloh

A Repositář GitHub

Zdrojový skript *seial_n.py* pro Vzdálené řízení statických stanic GNSS je volně dostupný v repositáři GitHub.

Odkaz na repositář: https://github.com/Boudoka/BP_Remote-control-of-GNSS-static-stations/tree/main