

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

## MĚŘENÍ EXPERIMENTÁLNÍ SÍTĚ PLANETLAB

MEASUREMENT OF PLANETLAB EXPERIMENTAL NETWORK

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ivan Andrašov

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Dan Komosný, Ph.D.

BRNO 2017

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Teleinformatika**

Ústav telekomunikací

**Student:** Ivan Andrašov

**ID:** 168274

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2016/17

**NÁZEV TÉMATU:**

## Měření experimentální sítě PlanetLab

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s experimentální sítí PlanetLab. Vytvořte aplikaci, která bude ověřovat dostupnost těchto serverů. Zaměřte se na službu vzdáleného připojení SSH a dostupnost pomocí protokolu ICMP. Stanice a jejich dostupnost zobrazte na mapě v podobě webové stránky. Dostupnost stanic indikujte jejich označením a realizujte možnost jejich výběru. Vytvořené aplikace realizuje v programovacím jazyce Python.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] SEITZ, Justin. Black hat Python. San Francisco, California: No Starch Press, 2015. ISBN 978-1-59327-655-3.

[2] SARKER, Dr. M. O. Faruque a Gabrielay LA PINTURA. Python network programming cookbook: over 70 detailed recipes to develop practical solutions for a wide range of real-world network programming tasks. Birmingham, England: Packt Publishing, 2014. ISBN 978-1-84951-347-0.

**Termín zadání:** 1.2.2017

**Termín odevzdání:** 8.6.2017

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Dan Komosný, Ph.D.

**Konzultant:**

**doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.**  
*předseda oborové rady*

### UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## ABSTRAKT

Táto práca sa zaoberá meraním prenosových parametrov staníc v experimentálnej sieti PlanetLab. V teoretickej časti práce je popísaná experimentálna sieť PlanetLab, základná terminológia v tejto sieti, ciele siete a niektoré projekty bežiacie pod touto sieťou. Ďalej sú v teoretickej časti popísané merané prenosové parametre a to ICMP, odozva na SSH. Praktická časť práce sa zaoberá reálnym riešením problematiky merania týchto parametrov, kde je v príslušných podkapitolách rozobrané riešenie konkrétneho parametru spolu so zdrojovým kódom. Taktiež sa zmienuje o vytvorenej aplikácii, ktorá slúži ako výpomocný prvok pre správu týchto serverov, predovšetkým na monitorovanie daných parametrov.

## KLÚČOVÉ SLOVÁ

PlanetLab, sieť, SSH, PING, FPING,PSSH

## ABSTRACT

This thesis deals with measurement of transfer parameters for nodes in experimental network PlanetLab. In theoretical part of this thesis we analyse experimental network PlanetLab, basic terminology in this network, its goals and some current projects running under this network. Next we analyse measured network parameters specifically Ping, SSH delay . Practical part of this thesis is formed around real implementation of measurement where in specific sub chapters are written exact problems of said parameter together with source code There is also a reference to creating application that serve as an aid to managing these servers, especially to track the said parameters.

## KEYWORDS

PlanetLab, Network, SSH, PING, FPING,PSSH

ANDRAŠOV, Ivan. *Měření experimentální sítě PlanetLab*. Brno, 2017, 41 s. Bakalárska práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Vedúci práce: doc.Ing. Dan Komosný, Ph.D

## VYHLÁSENIE

Vyhlasujem, že som svoju bakalársku prácu na tému „Měření experimentální sítě PlanetLab“ vypracoval(a) samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce, využitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor(ka) uvedenej bakalárskej práce ďalej vyhlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil(a) autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol(-la) nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a/alebo majetkových a som si plne vedomý(-á) následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúcich autorského zákona Českej republiky č. 121/2000 Sb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), v znení neskorších predpisov, vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákoníka Českej republiky č. 40/2009 Sb.

Brno .....

.....

podpis autora(-ky)

## POĎAKOVANIE

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing Komosnému Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Brno .....

.....

podpis autora(-ky)

## POĎAKOVANIE

Výzkum popsaný v tejto bakalárskej práci bol realizovaný v laboratóriách podporených projektom SIX; registračné číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operačný program Výzkum a vývoj pro inovace.

Brno .....

.....  
podpis autora(-ky)

# OBSAH

Úvod	11
<b>1 Teoretická časť študentskej práce</b>	<b>12</b>
1.1 Experimentálna sieť PlanetLab . . . . .	12
1.1.1 Terminológia v sieti PlanetLab . . . . .	12
1.1.2 Ciele siete PlanetLab . . . . .	13
1.1.3 Projekty v sieti PlanetLab . . . . .	13
1.2 Použité technológie . . . . .	13
1.2.1 ICMP protokol . . . . .	14
1.2.2 SSH Protokol . . . . .	14
1.2.3 Programovací jazyk Python . . . . .	15
1.2.4 Bourne-again shell . . . . .	18
<b>2 Praktická časť študentskej práce</b>	<b>20</b>
2.1 Štruktúra programu . . . . .	20
2.2 Získavanie dát siete PlanetLab . . . . .	24
2.3 Zobrazovanie informácií na mape . . . . .	25
<b>3 Výsledky práce</b>	<b>27</b>
3.1 Odozva serverov na ICMP požiadavky . . . . .	27
3.2 Odozva serverov na SSH požiadavky . . . . .	28
3.3 Praktické použitie programu . . . . .	29
3.3.1 Inštalácia . . . . .	29
3.3.2 Prvé spustenie . . . . .	29
3.3.3 Úvodný zber dát siete planetlab.eu . . . . .	30
3.3.4 Vyhľadávanie v nameraných dátach . . . . .	30
3.3.5 Zobrazenie nájdených dát . . . . .	31
3.3.6 Zobrazenie nameraných dát o zvolenom servery . . . . .	32
3.3.7 Midnight Commander . . . . .	32
3.4 Webová stránka . . . . .	33
3.5 Zhrnutie výsledkov . . . . .	34
<b>4 Záver</b>	<b>37</b>
<b>Literatúra</b>	<b>38</b>
<b>Zoznam symbolov, veličín a skratiek</b>	<b>39</b>
<b>Zoznam príloh</b>	<b>40</b>





# ZOZNAM OBRÁZKOV

1.1	Priebeh programu Ping . . . . .	14
1.2	Príklad spravania vrstiev v protokole SSH . . . . .	15
2.1	Hlavne menu . . . . .	22
2.2	menu search nodes . . . . .	23
2.3	Measure menu . . . . .	23
2.4	Settings menu . . . . .	24
3.1	Graf merania ICMP . . . . .	27
3.2	Graf merania SSH . . . . .	28
3.3	Správa prvého spustenia . . . . .	29
3.4	Správa o dĺžke behu programu . . . . .	30
3.5	Spôsob vyhľadávania . . . . .	31
3.6	nájdene položky . . . . .	31
3.7	zobrazenie informácií . . . . .	32
3.8	Program MC . . . . .	33
3.9	mapa všetkých serverov siete Pl. . . . .	33
3.10	mapa serverov po rozkliknutí . . . . .	34
3.11	Graf nameraných dát pre ICMP . . . . .	35
3.12	Graf nameraných dát pre SSH . . . . .	36

# ZOZNAM VÝPISOV

1.1	implementácia knižnice folium . . . . .	16
1.2	implementácia knižnice vincent . . . . .	17
1.3	implementácia knižnice panda . . . . .	17
1.4	implementácia programu fping . . . . .	18
1.5	implementácia programu pssh . . . . .	19
2.1	implementácia funkcie Download Planet . . . . .	25
2.2	implementácia funkcie Mapy . . . . .	26
3.1	inštalácia programu . . . . .	29
3.2	pridanie SSH kľúča do zoznamu SSH agenta . . . . .	32
3.3	Zoznam českých serverov . . . . .	34

# ÚVOD

Náplňou tejto bakalárskej práce je zoznámiť sa s experimentálnou sieťou PlanetLab, ktorá slúži ako otvorená platforma pre výskum, vývoj a realizáciu projektov v svetovom formáte.

Následne vytvoriť aplikáciu, ktorá bude schopná získavať informácie o tejto sieti, predovšetkým dostupnosť uzlov pomocou protokolu ICMP a SSH. Z nameraných dát zostrojiť webovú stránku, na ktorej sa budú zobrazovať určité namerané dáta ako geografická poloha serverov v sieti planetlab a ich dostupnosť pomocou protokolu ICMP vo forme grafu. Potenciál tejto aplikácie spočíva v jednoduchosti, rýchlosti získavania a prezentácie dát, a informácií siete PlanetLab.

Praktické riešenie získavania dát, a ich spracovanie je popísané v danej kapitole, kde sa taktiež dozvedáme o problémoch siete PlanetLab a to konkrétne o nedostupnosti veľkého počtu uzlov.

Prínos tejto bakalárskej práce spočíva v uložení potencionálnemu používateľovi experimentálnej siete PlanetLab, k získavaniu informácií o serveroch tejto siete ktoré sú inak náročne na získavanie predovšetkým pre používateľa ktorý sa neorientuje v problematike dolovania dát. Nakoľko sa tieto informácie buď vôbec nenachádzajú na stránkach PlanetLabu alebo, čo býva ten častejší problém, sú tieto dáta neaktuálne a ich obnovovací cyklus je príliš pomalý. Túto problematiku časovej náročnosti získavania dát, ako je schopnosť serveru odpovedať na ICMP požiadavky, je v tejto práci vyriešená paralérnym meraním, čo prispelo k výraznému zrýchleniu získavania dát. Následne sú tieto dáta prezentované vo forme grafického prostredia alebo webovej stránky.

V závere tejto práce sú zhrnuté namerané výsledky a taktiež možnosti, ako by bolo možné riešenie práce optimalizovať pre prípad rozšírenia bakalárskej práce na prácu diplomovú.

# 1 TEORETICKÁ ČASŤ ŠTUDENTSKEJ PRÁCE

## 1.1 Experimentálna sieť PlanetLab

PlanetLab je prvá organizácia, ktorá si vo svojich cieľoch vytýčila zmenu Internetu. PlanetLab vznikla v priebehu roku 2002 ako konsorcium niekoľko amerických univerzít (University of California at Berkeley, Princeton University a University of Washington[1]). Ich členmi sa stali aj významné výskumné pracoviská z oblasti IT (ako sú HP, Intel, France Telecom), organizácie zaisťujúce chod Internetu v akademických komunitách (ako sú Internet2-USA, Canarie-Kandada, Cernet-Čína) a ďalšie národné pracoviská zo širokým výskumným poslaním. Konsorcium PlanetLab predstavuje ako celosvetové distribuované laboratórium pre výskum a overovanie nových typov sieťových aplikácií v planetárnej škále. Súčasne ide i o unikátnu sieť, samotnú infraštruktúru, ktorá má uzly distribuované vo všetkých častiach sveta[2] .

### 1.1.1 Terminológia v sieti PlanetLab

Z dôvodu komplexnosti tejto problematiky je potrebné sa obozrejiť s terminológiou asociovanou s technológiami použitými v sieti PlanetLab a to konkrétne :

**Node:** Server, na ktorom sú spustené instance PlanetLab servisov.

**Site:** Fyzická (geografická) poloha PlanetLab serveru ,napríklad Princeton University, alebo Intel Research v Berkeley.

**Cluster:** Séria PlanetLab serverov umiestnených v danej lokácii (site).

**User:** Autorizovaná osoba, ktorá má záujem využívať služby PlanetLab.

**Service:** Aplikácia bežiaca nad setom PlanetLab serverov.

**Application:** PlanetLab servis, ktorý nie je súčasťou PlanetLab infraštruktúry.

**Capsule:** Komponent PlanetLab servisov, ktoré bežia na danom serveri.

**Slice:** Distribuovaný počet prostriedkov pridelených danému servisu PlanetLab-u. PlanetLab zastáva politiku pridelenia prostriedkov užívateľom pred rozdelením fyzického serveru na virtuálne servery.

### 1.1.2 Ciele siete PlanetLab

Globálny cieľ siete PlanetLab je prilákať výzkumníkov a to pomocou poskytovania platformy prispôsobenej pre výzkum sieťových technológií. Taktiež zistiť, aké ďalšie prostriedky sú potrebné pre progres výskumu v tejto sfére.

V detailnejšom pohľade sa PlanetLab snaží poskytnúť platformu pre inovátorov z komunity výzkumníkov, ktorí budú ochotní pracovať na svojom výskume práve na tejto platforme. Čo poskytne platforme PlanetLab stabilné prostredie a infraštruktúru pre budúce výskumi[2] .

### 1.1.3 Projekty v sieti PlanetLab

Na tejto výzkumnej sieti prebiehajú zároveň stovky projektov, ktoré sa venujú odvetviam sieťových technológií, ktorých proces by nebol možný bez zdrojov, aké ponúka táto sieť. Môžeme teda povedať, že sieť PlanetLab spĺňa svoje ciele a to prevažne jej globálny cieľ, ktorý má vďaka svojej platforme prispôsobenej pre výzkum sieťových technológií prilákať výskumníkov z danej oblasti.[2]

Konkrétne sa môžeme zmieniť o týchto projektoch:

**cwru dns:** Projekt, ktorý aktívne skenuje sieť Internet a vyhľadáva otvorené DNS resolvers, ktoré neskôr podrobuje testom, z ktorých zisťuje ich správanie na požiadavky.

**michigen imagenet:** Projekt, ktorý sa venuje získavaniu a následnému ukladaniu obrazových dokumentov za účelom vybudovania image-netu ( databáza obrazových dokumentov z wordnetu)

**princeton osteg:** Projekt Prof. Paula Prucnala za účelom využívania optickej steganografie (schovávanie užitočného signálu v šume vodiča) na lepšie zabezpečenie anonymity v sieťach ako sú napr. TOR

## 1.2 Použité technológie

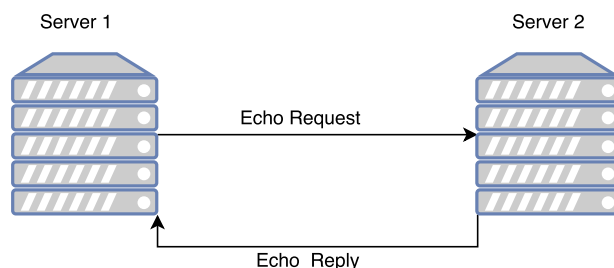
Zadanie tejto práce spočívalo vo vytvorení programu, ktorý je schopný získavať informácie o serveroch PlanetLab a následne ich prezentovať používateľovi vo forme grafického rozhrania alebo webovej stránky.

Medzi tieto informácie patria schopnosť serveru odpovedať na ICMP požiadavky, časová odozva týchto požiadavkou, schopnosť nadviazať vzdialené pripojenie SSH na daný server, geografická poloha serverov na mape, ktorá je prezentovaná webovou stránkou. Následne sa budeme venovať použitým technológiám v tejto práci.

### 1.2.1 ICMP protokol

Internet Control Message Protocol, skrátene protokol ICMP, je jeden z najdôležitejších protokolov internetu. Používajú ho operačné systémy počítačov v sieti na odosielanie chybových správ, napríklad na oznámenie, že požadovaná služba nie je dostupná alebo že potrebný počítač alebo router nie je dosiahnuteľný. ICMP sa svojím účelom líši od TCP a UDP protokolov tým, že sa obvykle nepoužíva sieťovými aplikáciami priamo. Výnimkou je napríklad nástroj ping, ktorý posiela ICMP správy „Echo Request“ (a očakáva príjem správy „Echo Reply“, aby určil, či je cieľový počítač dosiahnuteľný a ako dlho paketom trvá, než sa dostanú k cieľu a späť).

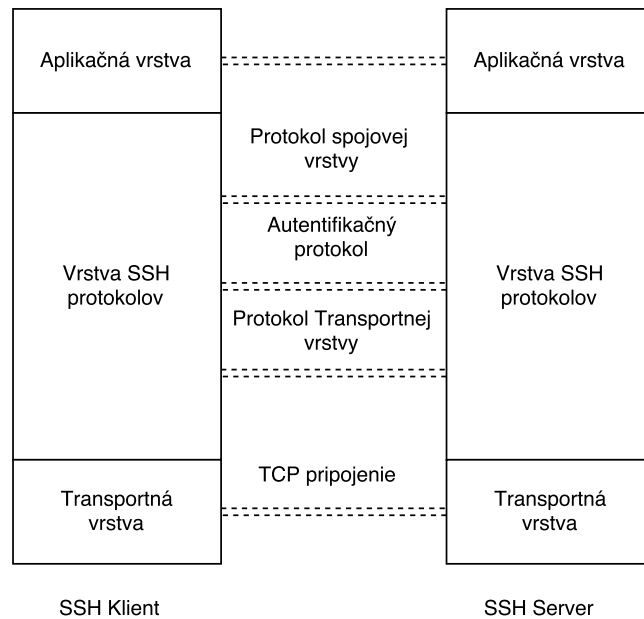
ICMP správy sa typicky generujú pri chybách v IP datagramoch alebo na diagnostické a routovacie účely. ICMP správy sa konštruujú nad IP vrstvou, obvykle z IP datagramu, ktorý ICMP reakciu vyvolal. IP vrstva patričnú ICMP správu zapuzdrí novou IP hlavičkou (aby sa ICMP správa dostala späť k pôvodnému odosielateľovi) a obvyklým spôsobom vzniknutý datagram odošle. Každý stroj (ako napr. medzilahlé routery), ktorý preposiela IP datagram, musí v IP hlavičke znížiť hodnotu políčka TTL („time to live“, „zostávajúca doba života“) o číslo 1. Ak TTL klesne na 0 (a datagram nie je určený stroju, ktorý zníženie vykonáva), router prijatý paket zahodí a pôvodnému odosielateľovi datagramu pošle ICMP správu „Time to live exceeded in transit“ („počas prenosu vypršala doba života“). Každá ICMP správa je zapuzdrená priamo v jedinom IP datagrame, a tak (ako u UDP) ICMP nezaručuje doručenie.



Obr. 1.1: Priebeh programu Ping

### 1.2.2 SSH Protokol

Protokol SSH používa štruktúru klient-server pozostávajúcu z troch komponentov. Tieto komponenty sú označované ako vrstvy, správy generované vo vonkajších vrstvách nezapuzdrujú tie, ktoré generujú vnútorné vrstvy, namiesto toho sú oddelené a sú rozlíšené číslom správy. Tieto tri zložky sú nasledovné:



Obr. 1.2: Príklad spravania vrstiev v protokole SSH

- Protokol transportnej vrstvy vytvára základ pre komunikáciu medzi serverom a klientom, poskytujúci protokol pre výmenu kľúčov autentizácie. Výmena kľúčov sa uskutočňuje pomocou troch uzavretých komunikácií. Pri prvej komunikácii server aj klient odošle správu KEXINT. Potom klient odošle správu KEX30, server odpovie s hlásením KEX31. Nakoniec obidve strany posielajú správu NEWKEYS, čo znamená, že kľúče odoslané v druhom kroku môžu byť použité.
- Protokol autentifikácie používateľa sa používa na autentifikáciu klienta na server, napríklad prostredníctvom kombinácie používateľského mena a hesla, alebo cez kľúče SSH
- Pripojovací protokol poskytuje rôzne služby pripojenému klientovi. Zosilňuje šifrované pripojenie na rôznych kanáloch, cez ktoré sú poskytované služby. Príkladom služieb je prenos súborov alebo prístup k vzdialenému terminálu. Typické správy sú žiadosti o otvorenie alebo zatváranie kanálov, alebo žiadosti o skôr uvedené služby.

### 1.2.3 Programovací jazyk Python

Python je široko používaný programovací jazyk na vysokej úrovni pre všeobecné programovanie, ktorý vytvoril Guido van Rossum a prvýkrát bol vydaný v roku 1991. Python má filozofiu dizajnu, ktorá kladie dôraz na čitateľnosť kódu hlavne pomocou odsadenia medzery pre vymedzenie kódových blokov ako sú klenuté zátvorky



alebo kľúčové slová a syntax, ktorý umožňuje programátorom vyjadrovať koncepty v niekoľkých riadkoch kódu, ako je to možné v jazykoch C++ alebo Java. Jazyk poskytuje konštrukcie určené na umožnenie písania jasných programov v malej i veľkej miere. Python je vybavený systémom dynamického typu a automatickou správou pamäte a podporuje viacero programovacích paradigiem, vrátane objektovo orientovaného, imperatívneho, funkčného programovania a procedurálnych štýlov. Má rozsiahlu a komplexnú štandardnú knižnicu.

## Folium

Riešenie zobrazovania geografickej polohy serverov je sprostredkované pomocou knižnice jazyka python s názvom Folium. Problematiku zvoleného programového jazyku Python rozoberáme v príslušnej kapitole, táto sekcia slúži na priblíženie konkrétnej implementácie danej knižnice, jej prvky a vlastnosti.

Folium sa opiera o silné stránky programacieho jazyka Python a mapovania v knižnici Leaflet.js. Manipuluje s dátami v Pythone a následne ich zobrazuje na mape. Uľahčuje vizualizáciu údajov, ktoré boli manipulované v Pythone na interaktívnej mape. Umožňuje viazanie údajov na mapu pre choroplethové vizualizácie, ako aj vizualizácie Vincent/Vega knižníc ako značiek na mape.

Knižnica má niekoľko zabudovaných funkcií z OpenStreetMap, Mapbox a Stamen a podporuje vlastné súbory s kartami Mapbox alebo Cloudmade API. Folium podporuje oba prekrytia GeoJSON a TopoJSON, rovnako ako viazanie dát na tieto prekryvy na vytvorenie choroplethových máp s farebnými schémami.

Výpis 1.1: implementácia knižnice folium

```
map_1 = folium.Map(location=[45.372, -121.6972], zoom_start=12 1
                                tiles='Stamen_Terrain') 2
folium.Marker([45.3288, -121.6625], 3
    popup='Mt. Hood Meadows').add_to(map_1) 4
folium.Marker([45.3311, -121.7113], 5
    popup='Timberline Lodge').add_to(map_1) 6
folium.CircleMarker(location=[45.5215, -122.6261], radius=50, 7
    popup='Laurelhurst Park', color='#3186cc', 8
    fill_color='#3186cc').add_to(map_2) 9
map_1.save('mthood.html') 10
11
```

## Vincent/Vega

Vincent umožňuje vytvárať Vega špecifikácie spôsobom, ktorý je možný preložiť do programovacieho jazyka Python a vykonáva typovú kontrolu, aby sa zaistilo, že špecifikácie sú správne. Má tiež niekoľko výhodných metód vytvárania grafov, ktoré rýchlo prepínajú štruktúru dát Pythonu do gramatiky vizualizácie Vega a umožňujú tak grafický prieskum. Umožňuje rýchlu iteráciu návrhov vizualizácie pomocou getrov a nastavovateľov na gramatických prvkoch. Vincent má podporu Pandas-Fu knižnice a je postavený špeciálne tak, aby umožnil rýchle vykresľovanie dátových rámov a sérií.

Výpis 1.2: implementácia knižnice vincent

```
import vincent
from vincent import AxisProperties, PropertySet, ValueRef
bar = vincent.Bar(multi_iter1['y1'])
bar.axis_titles(x='Index', y='Value')
#rotate x axis labels
ax = AxisProperties(
    labels = PropertySet(angle=ValueRef(value=90)))
bar.axes[0].properties = ax
```

## Pandas

Pandas je balík Python, ktorý poskytuje rýchle, flexibilné a expresívne dátové štruktúry navrhnuté tak, aby pracovali s relačnými alebo označenými údajmi ľahko a intuitívne. Pandas je stavebným blokom na vysokej úrovni pre praktickú analýzu dát v reálnom svete v Pythone. Navyše má širší cieľ stať sa najsilnejším a flexibilnejším nástrojom na analýzu a manipuláciu s otvorenými zdrojmi dostupným v ľubovoľnom jazyku.

Dve primárne dátové štruktúry Series (1-rozmerné) a DataFrame (2-rozmerné), zvládajú drvivú väčšinu typických prípadov použitia v oblasti financií, štatistiky, spoločenských vied a mnohých oblastiach inžinierstva.

Výpis 1.3: implementácia knižnice panda

```
import pandas
df = pd.DataFrame({'Data_1': [15, 29, 63, 28, 45, 73, 15, 62],
                   'Data_2': [42, 27, 52, 18, 61, 19, 62, 33]})
vis.data.append(Data.from_pandas(df, columns=['Data_2'],
key_on='Data_1', name='table'))
```

### 1.2.4 Bourne-again shell

Bash je príkazový jazyk napísaný Brianom Foxom pre projekt GNU ako slobodná náhrada softvéru pre shell Bourne. Vydaný v roku 1989. Bol distribuovaný ako predvolený prihlasovací shell pre distribučné systémy Linux a Apple MacOS (predtým OS X). Verzia je už taktiež dostupná pre operačný systém Windows 10.

Bash je príkazový procesor, ktorý bežne beží v textovom okne, kde používatel napíše príkazy, ktoré spôsobujú akcie. Bash môže tiež čítať príkazy zo súboru nazývaného skript. Podobne ako všetky shelly Unix podporuje aj kopírovanie názvov súborov (zástupné znaky), potrubie, dokumenty, náhrady príkazov, premenné a riadiace štruktúry pre testovanie stavu a iteráciu. Kľúčové slová, syntax a ďalšie základné funkcie jazyka sú skopírované zo súboru sh.

### Fping

Fping je program, ktorý používa požiadavku echo na protokole Internet Control Message Protocol (ICMP), aby zistil, či cieľová stanica odpovedá. Namiesto toho, aby odosielal do jedného cieľa, kým nevyprší alebo neodpovedá, fping posieľa ping paket a posunie sa k ďalšiemu cieľu podľa Round-Robin teórie. V predvolenom režime, ak cieľ odpovedá, je zaznamenaný a odstránený zo zoznamu cieľov na kontrolu, ak cieľ nereaguje v určitej lehote alebo opakuje limit, je označený ako nedosiahnuteľný. Fping tiež podporuje odosielanie určitého počtu pingov do cieľa, alebo opakovanie na neurčito. Fping je určený na použitie v programovacom prostredí, takže jeho výstup je navrhnutý tak, aby bol ľahko analyzovaný.//

Výpis 1.4: implementácia programu fping

```
icmp_test(){  
  
    fping -C 2 -q < IP.txt &> fpingout_all.txt  
  
}
```

1  
2  
3  
4  
5  
6

### Pssh

Pssh je program na vykonávanie ssh paralelne na viacerých počítačoch. Poskytuje funkcie, ako je odosielanie vstupov do všetkých procesov, zadávanie hesla do SSH, ukladanie výstupov do súborov a časový rozvrh.

Premenné prostredia PSSH NODENUM a PSSH HOST sa posielajú vzdialenému hostiteľovi. Premennej PSSH NODENUM je priradené jedinečné číslo pre každé

spojenie ssh, počnúc číslom 0 a následným zvyšovaním. Premennej PSSH HOST je priradené meno hostiteľa, ako je uvedené v zozname hostiteľov.//

Výpis 1.5: implementácia programu pssh

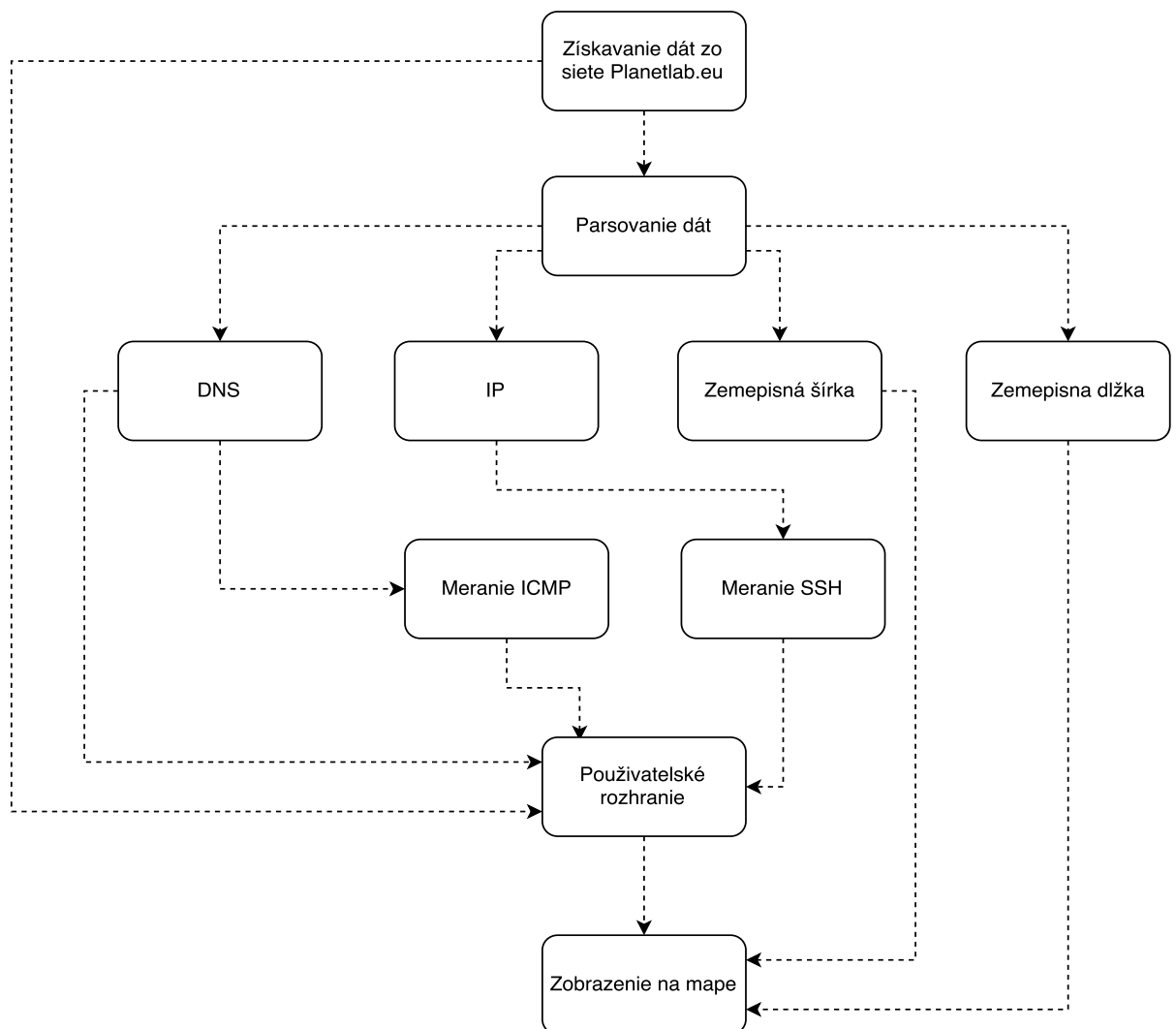
```
ssh_test (){
    pssh -h hosts.txt -l $sl_name\
        -O "PreferredAuthentications=publickey"\
        -O "PasswordAuthentication=no"\
        -O "UserKnownHostsFile=/dev/null"\
        -O "StrictHostKeyChecking=no"\
        -O "IdentityFile=$path/bin/utko_planetlab"\
        -t 0\
        -o ssh_tst_out.txt\
        -i "hostname"
}
```

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14

## 2 PRAKTICKÁ ČASŤ ŠTUDENTSKEJ PRÁCE

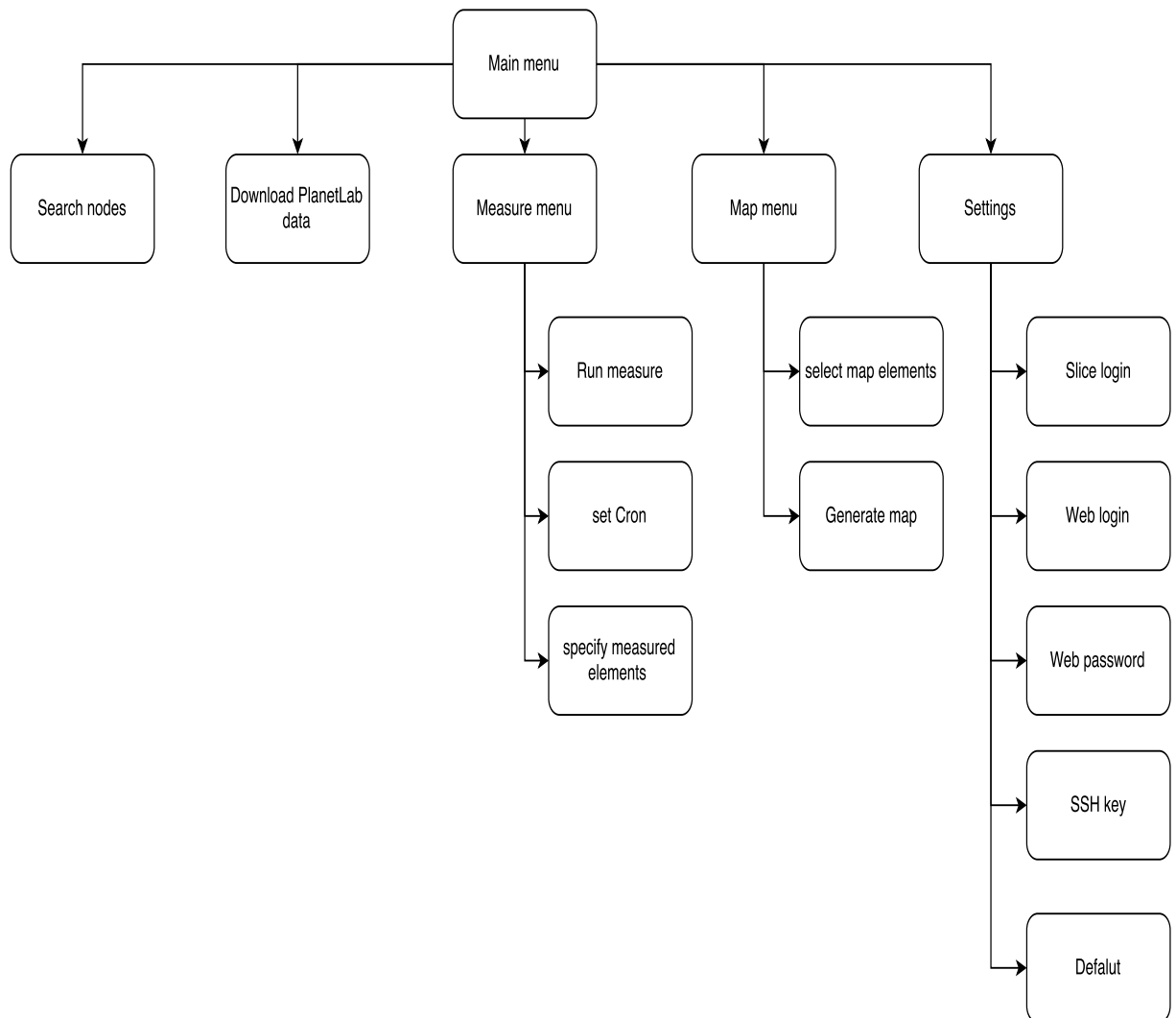
### 2.1 Štruktúra programu

Štruktúra tohto programu je pomerne zložitá, keďže kombinujeme programovací jazyk Python a Bash. Každý z týchto jazykov má svoje opodstatnené použitie, ak by sme sa teda rozhodli zobraziť kompletný vývojový diagram programu, bol by veľmi neprehľadný a komplexný, preto sme pristúpili k rozhodnutiu zobraziť zjednodušený vývojový diagram programu, ktorý zachytáva všetky potrebné aspekty realizované v tomto projekte. Vynechali sme ale realizácie používateľského rozhrania a niektoré časti automatizácie merania údajov. Ak teda zoberieme do úvahy tieto skutočnosti, zjednodušený vývojový diagram vyzerá nasledovne:

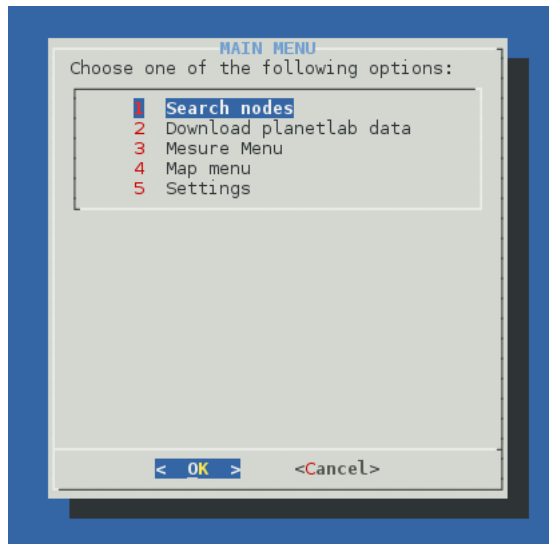


Používateľské prostredie, ktoré je v tomto diagrame zobrazené iba ako jeden krok, je podstatne komplexnejšie, keďže sa cez neho ovláda funkcionality všetkých ostat-

ných krokov, zobrazovanie dát, prehľadavanie dát, automatizácia merania, pripojovanie sa na meraná servery prostredníctvom SSH alebo Midnight Comander-u a taktiež zmena údajov potrebných k pripojeniu meraných serverov. Pre túto komplexnosť je na mieste zobrazíť všetky možné voľby, ktoré si môže používateľ zvoliť v podobe ďalšieho diagramu. Tento diagram je nasledovný:

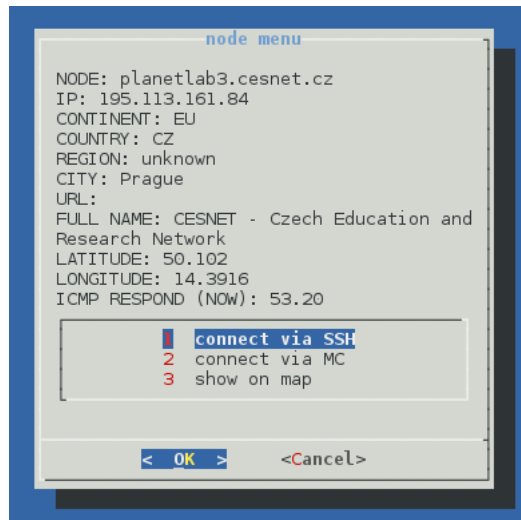


Úvodná stránka programu, ktorá sa spustí hneď po jeho štarte, je hlavné menu, z ktorého si užívateľ môže zvoliť, kam chce ďalej pokračovať. Na výber má možnosti search node, download plannetlab data, measure menu, map menu, settings. Tieto možnosti majú svoje príslušné podmožnosti podľa ich predurčenia. Každú z týchto možností si podrobne rozoberieme a objasníme, čo je funkcia daného menu.



Obr. 2.1: Hlavne menu

- **Search node** - funkcia, ktorá slúži na prehľadávanie všetkých serverov, ktoré sú zaregistrované v sieti planetlab, užívateľ po zvolení spôsobu vyhľadávania a zadania kľúčového slova na vyhľadanie, dostane ako odpoveď výstup prvých 10 serverov, ktoré zodpovedajú jeho kritériam. Z týchto serverov si môže následne vybrať požadovaný server, po ktorom zvolení dostane konkrétne informácie ako celé meno, IP adresu, kontinent, štát a mesto, kde sa daný server nachádza, názov inštitúcie, ktorá tento server spravuje, webovú adresu inštitúcie, mapové súradnice polohy a priemerná doba odpovede serveru na ICMP protokol a SSH protokol. Taktiež sa pod týmito informáciami nachádza menu, kde si užívateľ môže vybrať, či chce daný server zobrazit na mape, ktorá sa otvorí v prehliadači alebo sa chce na daný server pripojiť pomocou SSH.
- **Download PlanetLab data** - funkcia pre spustenie zaimplementovaného programu pána Ing. Ilka, ktorého cieľom je stiahnuť všetky údaje dostupné na webovej stránke PlanetLab. Tieto informácie sú podstatnou časťou informácií, ktoré sa následne parsujú a sú využívané v nasledujúcich funkciách.
- **Measure menu** - táto možnosť po zvolení zobrazí ďalšie menu, v ktorom má užívateľ možnosti run measure, set cron, specify elements. Funkcia specify elements zobrazí zaškrtnávajúce menu, kde si môžeme zvoliť ktoré z elementov chceme monitorovať, na výber máme ICMP responds, ktorá reprezentuje meranie priemernej odozvy serveru na ICMP protokol alebo SSH respond, ktorá už podľa názvu naznačuje že ide o meranie priemernej odozvy serveru



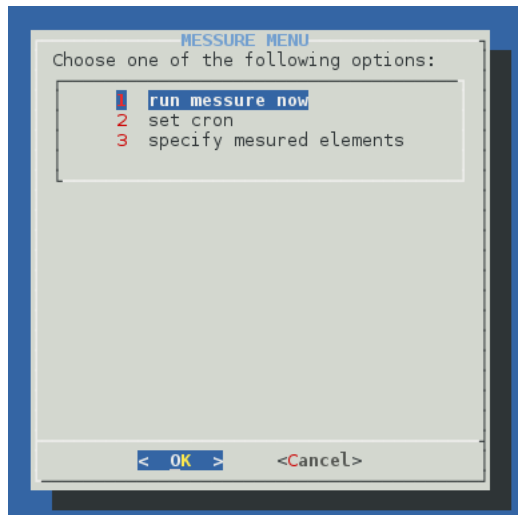
Obr. 2.2: menu search nodes

na SSH protokol. Možnosť set cron slúži na zapísanie pravidelného merania nastavených elementov do cron tabuliek a teda sa toto meranie zautomatizuje. Užívateľ ma na výber možnosti daily, weekly, monthly, ktoré reprezentujú, ako často sa má automatické meranie parametrov spúšťať a taktiež možnosť remove cron, ktorá vymaže príkaz v tabuľkách cron na automatické spúšťanie merania.

Možnosť run measure spúšťa meranie zvolených parametrov okamžite. Všetky merania teda automatickú aj ručne spustené vygenerujú záznam log file s príslušným časom a dátumom spustenia merania v ktorom sa budú nachádzať namerané výsledky. Tieto výsledky sú ďalej spracované v programe na generovanie grafov dostupnosti ICMP a SSH serverov.

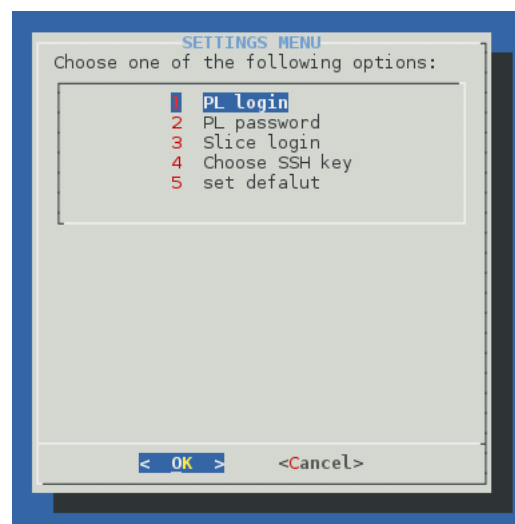
- **Map menu** - možnosť, pri ktorej výbere sa užívateľovi zobrazí podmenu s dvoma možnosťami a to generate map a select map elements. Možnosť select map elements zobrazí zaškrŕavacie menu, kde si užívateľ môže vybrať, ktoré elementy chce zobrazovať na informačnej ceduli serveru po jeho rozkliknutí na mape. Na výber ma dve možnosti SSH time a ICMP time, ktoré reprezentujú odozvu serveru na ICMP protokol a SSH protokol. Tieto grafy sú zhotovené z dát, ktoré sa nachádzajú v logoch každého spusteného merania. Možnosť Generate map vygeneruje mapu s elementami, ktoré sme si zvolili a otvorí ju v predvolenom internetovom prehliadači.
- **Settings** - možnosť settings ako už jej názov napovedá, slúži na nastavovanie premenných parametrov ako sú prihlasovacie údaje na web stránku PlanetLab, užívateľské meno na PlanetLab server, SSH kľúč na PlanetLab server. Taktiež má užívateľ možnosť set default ktorá prepíše všetky tieto





Obr. 2.3: Measure menu

údaje na aktuálne hodnoty, ktoré boli stanovené ako aktuálne v čase písania tejto práce.



Obr. 2.4: Settings menu

## 2.2 Získavanie dát siete PlanetLab

Na webových stránkach siete PlanetLab má každý pripojený uzol do tejto siete zverejnený názov inštitúcie, ktorá ho spravuje, URL adresu danej inštitúcie a GPS súradnice, kde je fyzicky umiestnená. Keďže nie je možné zo stránok zoznam staníc s týmito informáciami vyexportovať, je potrebné tieto informácie získať pomocou

automatizácie a tzv. "web scrapeing-u". Túto úlohu rieši už vytvorený program študenta Ing. Pavla Ilka, pre ktorý je táto práca chápana ako nadstavba. Tento program bol napísaný v programovacom jazyku Python s podporou knižníc ako Selenium a BeautifulSoup4 a jeho fungovanie spočíva v automatizácii prihlasovania sa na web PlanetLab, následného presmerovania na podstránky každého zaregistrovaného serveru a vyexportovania zistených dát. Tieto dáta sú následne uložené do textovej formy s názvom .node a príslušnou časovou značkou, aby bol užívateľ informovaný o aktuálnosti dát.

Tento súbor je vitálnou zložkou pre program vytvorený v tejto práci. Keďže tieto namerané dáta následne spracováva buď vo forme geografického zobrazovania serverov podľa ich súradníc alebo meranie odpovedí serveru na ICMP a SSH požiadavky.

Spúšťanie tohto programu a následný export dát je zakomponovaný v programe tejto práce a teda z pohľadu užívateľa nepribúda žiadna zodpovednosť za podprogram.

Zakomponovanie tohto elementu je spracované vo forme funkcie Download planet ktorá zavolá parser python3, následne predloží cestu k programu a potrebné prepínače pre tento program. Programové vyhotovenie tejto funkcie je zapísané nasledovne.

Výpis 2.1: implementácia funkcie Download Planet

```
download_planet(){  
  
    python $path/python_scripts/planetlab_list_creator.py  
        -u $pl_name -p $pl_pass -e  
}
```

1  
2  
3  
4  
5  
6

## 2.3 Zobrazovanie informácií na mape

Zobrazovanie nameraných informácií v podobe webovej stránky, ktorá je prezentovaná ako mapa s príslušnými bodmi (markramy), ktoré predstavujú servery (nody) siete Planetlab sme zrealizovali prostredníctvom spomínanej knižnice programovacieho jazyka Python a to Folium. V tejto knižnici si môžeme zvoliť spôsob vykresľovania jednotlivých bodov, ich vlastnosti, ako napríklad akcia, ktorá sa má vykonať po kliknutí na príslušný bod alebo taktiež aj štýl mapy, na ktorej sa tieto body budú zobrazovať. V našom prípade sme si zvolili mapu s názvom State terrain a body typu Polygon Marker. Akciu, ktorá sa má vykonať po kliknutí na príslušný bod sme nastavili tak, aby sa zobrazil príslušný graf nameraných hodnôt pre daný server.

Reálna implementácia v jazyku Python vyzerá následovne:

## Výpis 2.2: implementácia funkcie Mapy

```
with open('python_scripts/base_data.txt') as tsv:
    for row in csv.reader(tsv, delimiter='\t'):
        name = row[0]
        x = row[1]
        y = row[2]
        print("_%s_" % (name))
        folium.Marker(
            [x, y],
            popup=folium.Popup(max_width=600).add_child(
                folium.Vega(json.load(open('vega.json')),
                    width=700, height=400))
        ).add_to(map_full)

map_full.save('map_full.html')
```

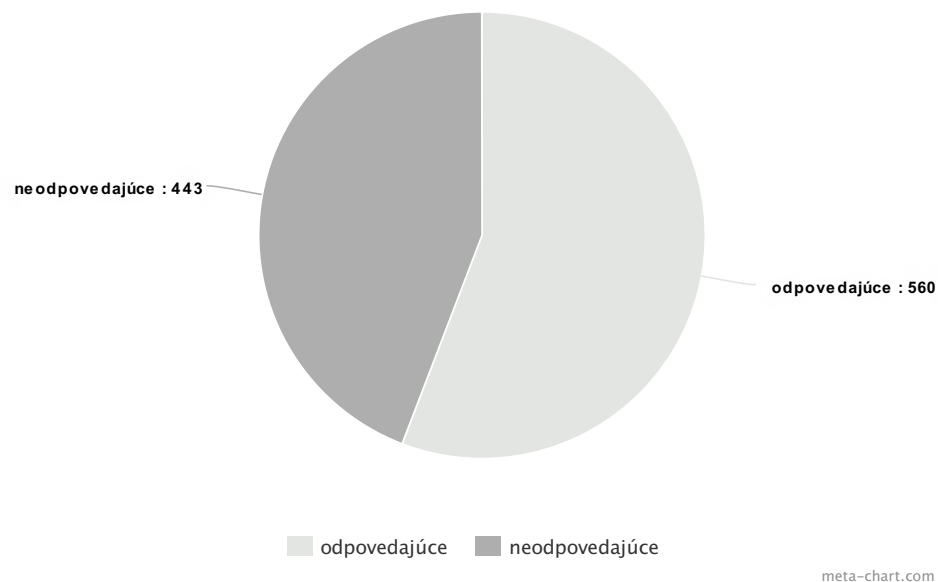
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17

### 3 VÝSLEDKY PRÁCE

V tejto časti práce sa budeme venovať nameraným výsledkom zo sekcie merania odpovedí serverov na ICMP požiadavky a odozvy na SSH požiadavky, taktiež sa zmienime o veľkom počte serverov siete planetlab, ktoré nie su schopné odpovedať na protokol SSH a dôvody, prečo tieto servery neodpovedajú.

#### 3.1 Odozva serverov na ICMP požiadavky

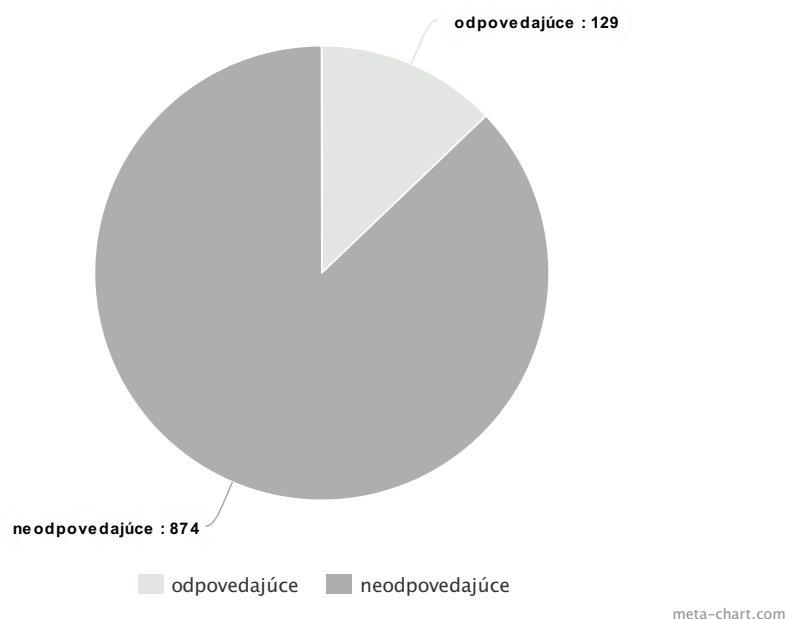
Testovali sme všetky servery, ktoré sieť Planetlab uvádzala ako aktívne na svojej stránke v čase písania tejto práce, čo činilo 1003 serverov. Z tohto počtu bolo 560 serverov nedostupných pre požiadavky typu ICMP. Túto skutočnosť môže spôsobovať konfigurácia serverov a to konkrétne zákaz serveru odpovedať na ICMP protokol čo je častá prax, keďže povolený ICMP protokol predstavuje zraniteľnosť serveru na DDoS útok. Keďže je táto sieť primárne určená na experimentovanie a správu serverov zabezpečuje organizácia, ktorej daný server patr9 je to najpravdepodobnejšia varianta. Taktiež ale mohlo dôjsť k tomu, že daný server prekročil časovú hranicu programu, ktorý čakal na odpoveď a teda označil tento server za neodpovedajúci. Tieto namerané hodnoty sme vyniesli do príslušného grafu.



Obr. 3.1: Graf merania ICMP

## 3.2 Odozva serverov na SSH požiadavky

Pre testovanie SSH požiadavok a to konkrétne schopnosť pripojiť sa na meraný server pomocou SSH protokolu, sme taktiež podrobili všetky prístupné servery v danom čase. Namerané hodnoty vypovedajú o tom, že väčšina serverov nie je správne nakonfigurovaných na komunikáciu cez SSH protokol nakoľko úspešnosť pripojiteľnosti z celkového počtu 1003 serverov činí iba 129. Je to pomerne malé číslo z celkového počtu serverov, najčastejšia príčina nedostupnosti serveru bola skutočnosť že server mal zakázanú komunikáciu na porte číslo 22 čo je port, cez ktorý komunikuje práve protokol SSH. Je to ale pochopiteľné, pretože ak by server nemal zablokovaný tento port, mohol by sa naň pripojiť ktokoľvek s prístupom k sieti planetlab a pozmeniť konfiguráciu daného serveru. Ďalšou najčastejšou príčinou neschopnosti pripojiť sa na server bolo nesprávne nastavenie SSH na servery, ako napríklad nesprávny verejný kľúč, ďalšou príčinou bola taktiež veľká časová odozva, teda čas, za ktorý server odpovedal činil príliš veľkú periódu a prekročil hranicu doby čakania na odpoveď. To znamená že program čakajúci na túto odpoveď ho zaradil do skupiny neodpovedajúcich serverov. Tieto namerané hodnoty sme vyniesli do grafu.



Obr. 3.2: Graf merania SSH

## 3.3 Praktické použitie programu

Reálne použitie vytvoreného programu spočíva v inštalácii, kontrole potrebných podprogramov, prípadne doinštalovanie potrebných podprogramov a použitie vhodných funkcií programu pre získanie informácií, ktoré požadujeme.

### 3.3.1 Inštalácia

Program musíme pred použitím nainštalovať. Predpokladáme, že užívateľ používa operačný systém GNU/Linux, aby sme predošli problémom z kompatibilitou niektorých použitých funkcií. Inštalácia programu spočíva iba v jeho rozbalení a spustení skriptu.

Príklad spustenia skriptu v príkazovom riadku:

Výpis 3.1: inštalácia programu

```
sudo chmod +x install.sh
./install.sh
sudo chmod +x pl_data_miner.sh
./ pl_data_miner.sh
```

1  
2  
3  
4

### 3.3.2 Prvé spustenie

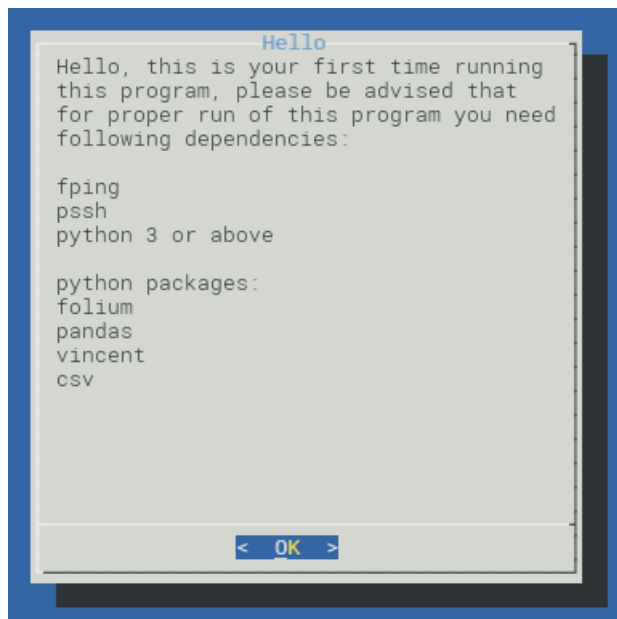
Pri prvom spustení programu nás program privíta úvodnou správou o tom, že toto je prvé spustenie programu na danej stanici a je potrebné, aby mal užívateľ nainštalované potrebné podprogramy na správne fungovanie programu, s varovaním, že tento program nebude pracovať správne, ak dané požiadavky nesplní.

### 3.3.3 Úvodný zber dát siete planetlab.eu

Na to, aby mal program potrebné dáta, ktoré sú podmienkou na vstupe veľkej časti funkcií, musíme zinicilizovať prvotný zber dát siete planetlab.eu. To spravíme tak, že klikneme na možnosť **scrab planetlab.eu**, po kliknutí na túto možnosť sa nám zobrazí ďalšia správa o tom, že tento proces môže trvať niečo cez hodinu a teda je vhodné, aby ho užívateľ nechal bežať na pozadí, kým sa nedokončí.

### 3.3.4 Vyhľadávanie v nameraných dátach

Ak sa úvodný zber dát siete planetlab.eu ukončil správne, môžeme pristúpiť k zobrazeniu nameraných dát, resp. vyhovenie požiadavkám užívateľa. Ak chce užívateľ získať podrobné informácie o jednom alebo viacerých serveroch, je potrebné, aby



Obr. 3.3: Správa prvého spustenia

klikol na možnosť **Search nodes**, ktorá ho presmeruje do **Node Menu**, kde si môže zvoliť spôsob vyľadania požadovaného serveru.

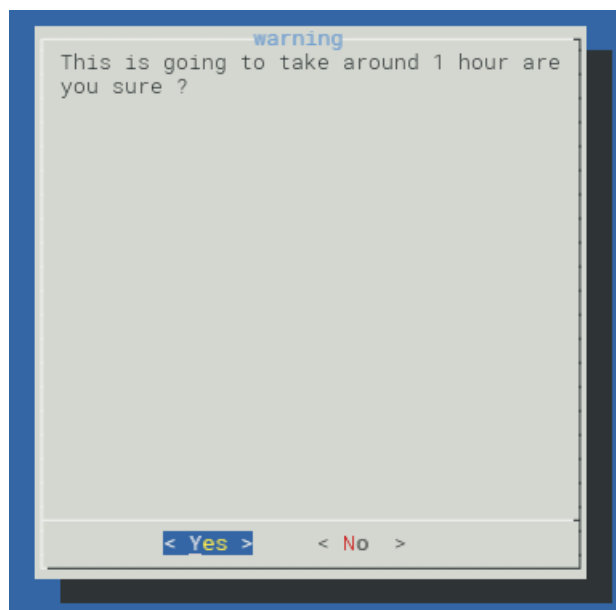
Po zvolení spôsobu vyhľadávania je užívateľ vyzvaný k zadaniu vyhľadávacieho výrazu, v našom prípade sme zvolili možnosť **Search by DNS** a teda budeme vyhľadávať server podľa jeho DNS mena. V tomto kroku nie je potrebné vedieť celé DNS meno, ale postačí aj jeho časť, napríklad "cesnet".

### 3.3.5 Zobrazenie nájdených dát

Ak sa daný vyhľadávaný výraz nachádza vo viacerých serveroch, zobrazí sa nám zoznam všetkých serverov, ktoré v sebe nesú tento výraz. V našom prípade to činí 5 serverov

### 3.3.6 Zobrazenie nameraných dát o zvolenom servery

Ak užívateľ našiel v zozname ten server, o ktorom si žiada zobraziť podrobné informácie, tak navigáciou šípok si daný server zvolí a stlačí tlačítko OK. Program zobrazí všetky namerané dáta o danom serveri na obrazovku spolu s menu s možnosťami ako pripojenie sa na server alebo zobrazenie serveru na mape.



Obr. 3.4: Správa o dĺžke behu programu

### 3.3.7 Midnight Commander

Jednou z možností pripojenia sa na zvolený server je použitie programu **Midnight Commander**, ktorý predstavuje vizuálnu správu súborov medzi vzdialeným serverom a stanicou, na ktorej beží program.

Pre správne pracovanie tohto programu je ale potrebné mať umiestnený SSH kľúč v zozname tzv. identifikačných kľúčov pre autentifikačného agenta SSH. Túto skutočnosť ale daný program rieši automaticky a to pridaním SSH kľúča do tohto zoznamu na pozadí spusteného procesu a to následným príkazom:

Výpis 3.2: pridanie SSH kľúča do zoznamu SSH agenta

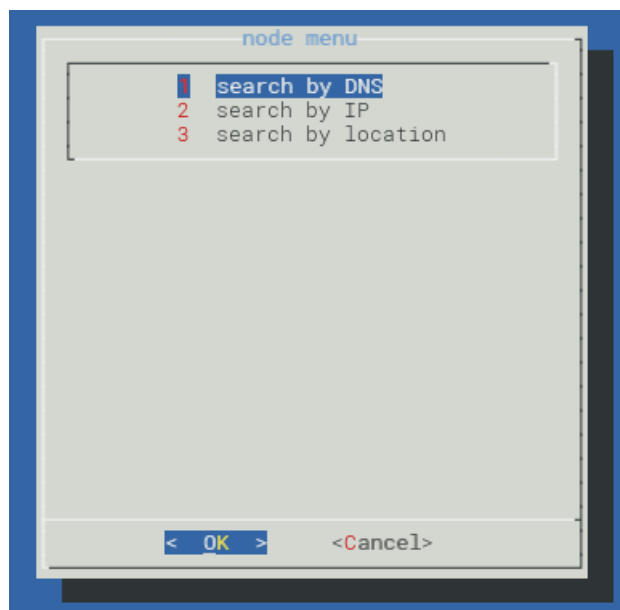
```
ssh-add $ssh_key  
mc sh://$sl_name@$node:/home
```

1  
2

## 3.4 Webová stránka

Ako bolo spomínané, namerané dáta, predovšetkým geografické polohy serverov, sme zobrazovali na webovej stránke vytvorenej pomocou knižnice folium. Takáto mapa môže mať viacero podôb na základe toho, čo si predvolil užívateľ. Tieto nastavenia si môže zvoliť v menu s názvom Map Menu, kde má na výber ďalšie možnosti a to voľbu, čo si žiada zobrazíť na mape servery, ktoré odpovedajú na ICMP protokol alebo SSH protokol alebo kombináciu týchto možností.





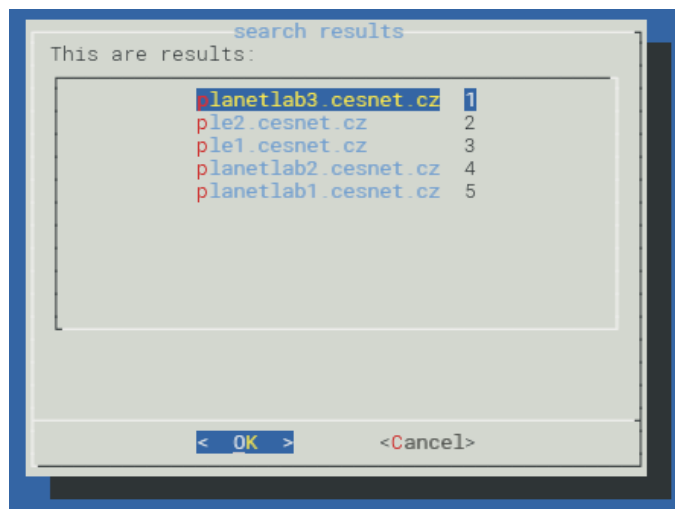
Obr. 3.5: Spôsob vyhľadávania

### 3.5 Zhrnutie výsledkov

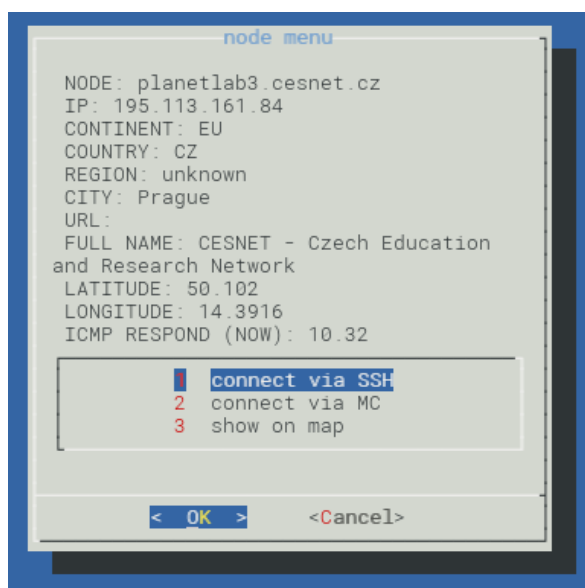
Zhrnutie nameraných dát ICMP odpovedí a SSH odpovedí v grafickej podobe pre servery v českej republike po dobu 30 dní od 1.5 do 31.5. Jedná sa konkrétne o tieto serveri:

Výpis 3.3: Zoznam českých serverov

ple1.cesnet.cz	1
ple2.censet.cz	2
planetlab1.censet.cz	3
planetlab2.cesnet.cz	4
planetlab3.cesnet.cz	5

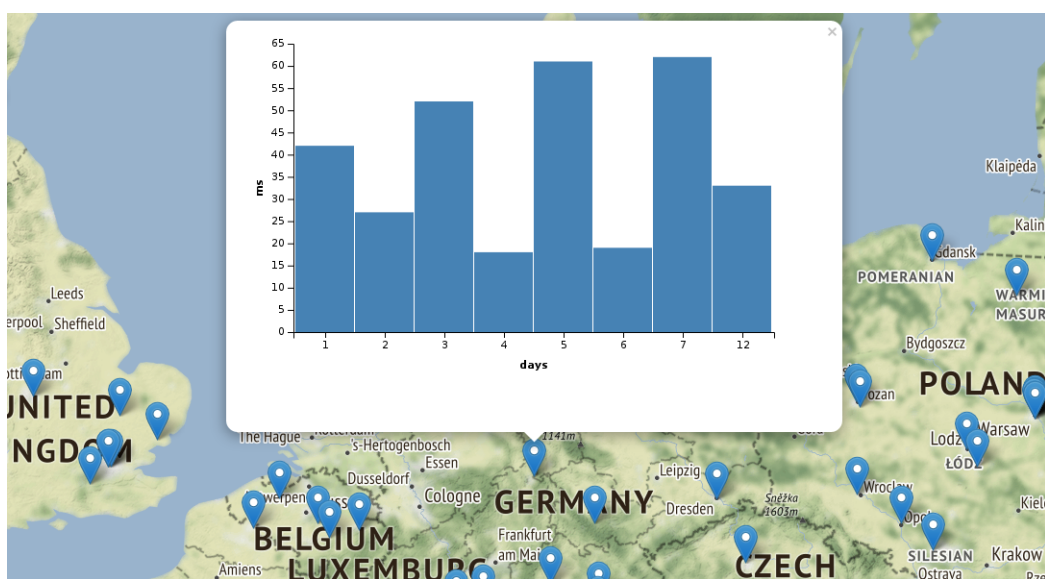


Obr. 3.6: nájdene položky

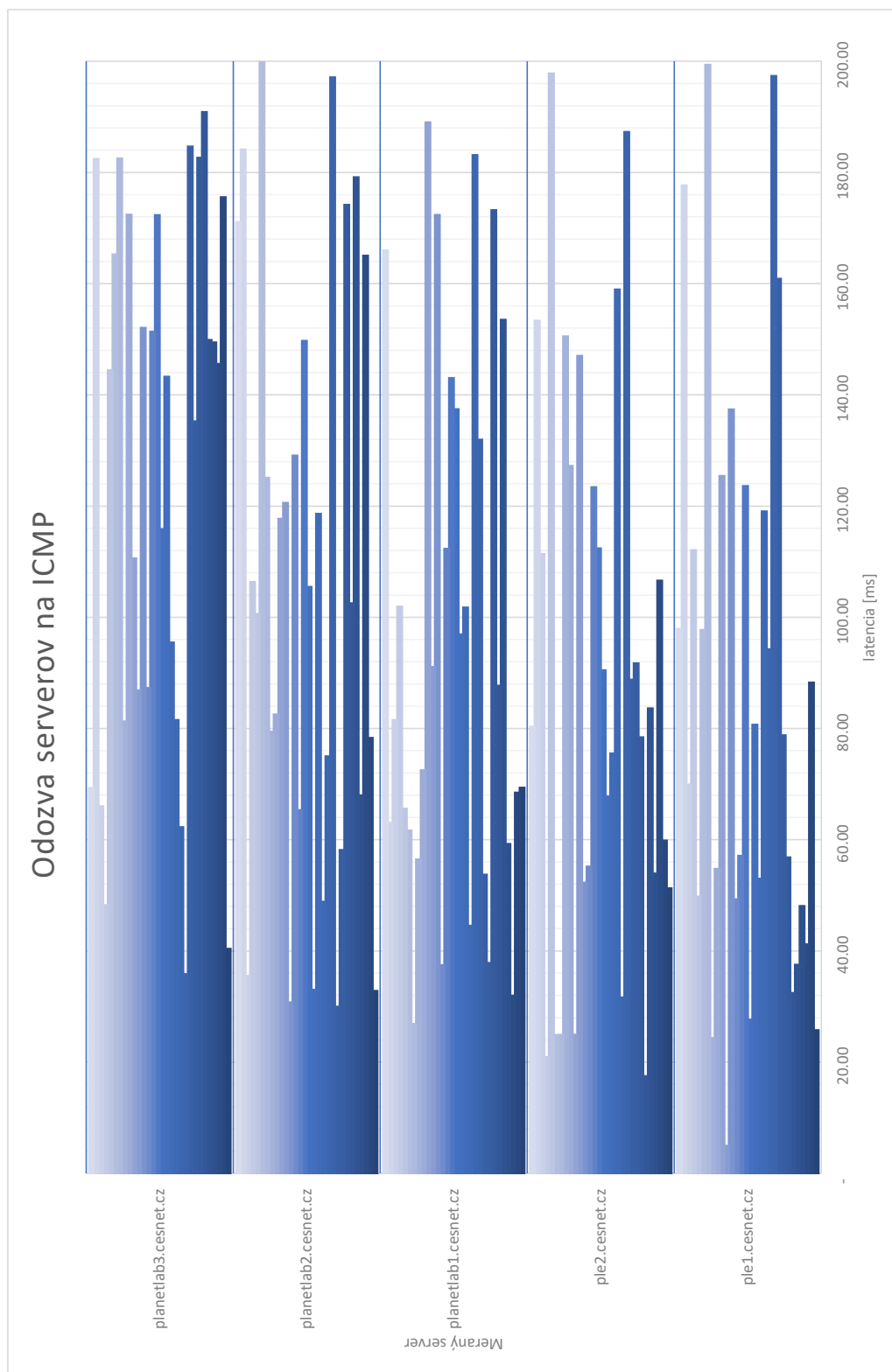


Obr. 3.7: zobrazenie informácií

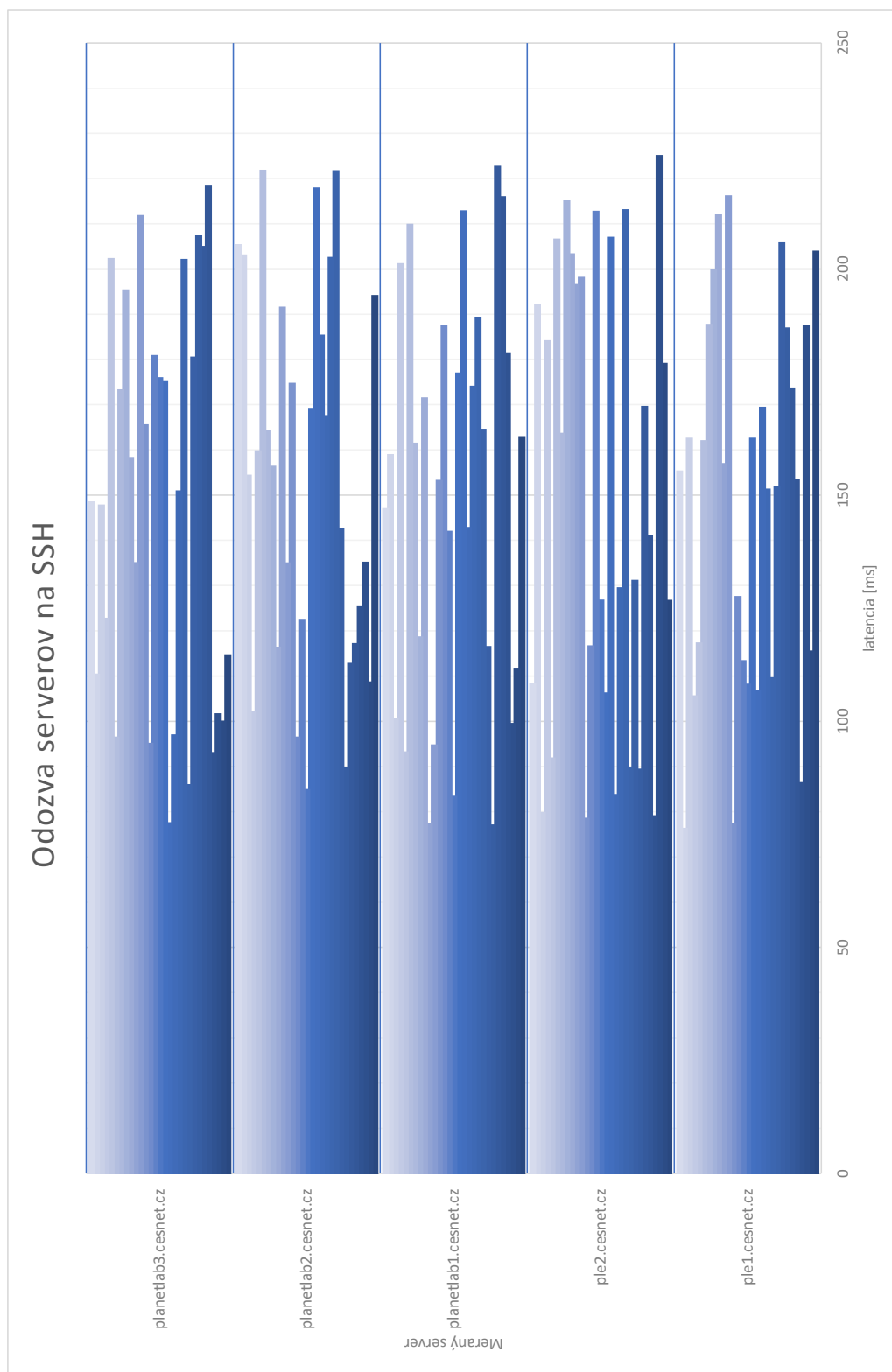




Obr. 3.10: mapa serverov po rozkliknutí



Obr. 3.11: Graf nameraných dát pre ICMP



Obr. 3.12: Graf nameraných dát pre SSH

## 4 ZÁVER

Táto práca mala za úlohu zostrojiť program na získavanie dát zo siete Planetlab, ktoré nie su dostupné bežnému užívateľovi s dôrazom na ICMP a SSH protokol. Túto skutočnosť sme sa snažili splniť tak, aby sme kompletne vyhovelí zadaniu. Výsledný program teda dokáže merať odozvy serveru na dané protokoly a zobrazovať ich v príslušných formátoch. Taktiež sme sa zamerali na zostrojenie jednoduchého používateľského prostredia pre prácu s týmto programom. Táto skutočnosť ale priniesla mnoho komplikácií, s ktorými sme sa museli vysporiadať. Jeden z týchto problémov je závislosť programu na ďalších, iných programoch a programovacích prostrediach ktoré nie su stále súčasťou operačného systému a je teda potrebné, aby si ich používateľ doinštaloval sám. Riešenie tohto problému sme sa pokúsili sprostredkovať pomocou úvodnej správy, ktorá sa zobrazí pri prvom spustení programu a informuje užívateľa o potrebných podprogramoch, ktoré si musí doinštalovať, ak sa už nenáchádzajú v jeho systéme. Tento program bol písaný na počítači s operačným systémom Linux/GNU a teda je optimalizovaný práve pre tento operačný systém.

alej by sme chceli venovať pozornosť nameraným výsledkom a to konkrétne veľkému počtu serverov, ktoré boli nedostupné pre meranie či už SSH alebo ICMP protokolu prípadne aj ich kombinácií. Je pochopiteľné, že väčšina serverov má tieto protokoly zakázané z dôvodu vylúčenia potencionálnej hrozby útokov, čo ale spôsobilo nekonzistentnosť nameraných dát.

V neposlednej rade by sme chceli predložiť možnosti ako túto prácu potenciálne rozšíriť v prípade, ak by sa v tejto tématike zhodovala aj práca diplomová. Jedná z možností je použitie odlišného zobrazovacieho prostredia nameraných dát, keďže knižnica folium, ktorú sme používali pri realizácii je jej autormi označená za zastaralú a neplánujú v jej pokračovaní alebo rozšírení. Nahradiť zobrazovanie grafov by mohol program gnuploter, ktorý je freeware program vytvorený špeciálne pre zobrazovanie veľkého počtu dát v prehľadnom formáte.

# LITERATÚRA

- [1] ROSCOE, T. *PlanetLab Phase 0: Technical Specification* [online]. 2002, Dostupné z URL: <<http://www.planet-lab.org/files/pdn/PDN-02-002/pdn-02-002.pdf>>.
- [2] [www.planet-lab.eu](http://www.planet-lab.eu). *Planet Lab*. [online]. 2010, Dostupné z URL: <<https://planet-lab.eu/about>>.
- [3] PTACEK, L. *Linux: dokumentační projekt. 4., aktualiz. vyd.*. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1525-1.
- [4] NEMETH. E, *Linux: kompletní příručka administrátora : 2. aktualizované vydání*. Brno: Computer Press, 2008. Administrace (Computer Press). ISBN 978-80-251-2410-9.
- [5] KRCMAR. P, *Linux: postavte si počítačovou síť*. Praha: Grada, 2008. Průvodce (Grada). ISBN 978-80-247-1290-1.
- [6] KUROSE. J, *Počítačové sítě*. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3825-0.
- [7] RAZVAN BEURAN *Introduction to network emulation*. Singapore: Pan Stanford, 2013. ISBN 9789814310918.
- [8] BEAZLEY, David M. *Python: referenční programátorská příručka*. Praha: Neocortex, 2002. ISBN 80-86330-05-2.
- [9] SEITZ, Justin. *Python: pro hackery a reverzní inženýrství*. Brno: Zoner Press, 2009. Encyklopedie Zoner Press. ISBN 978-80-7413-048-9.
- [10] NEWHAM, Cameron a Bill ROSENBLATT. *Learning the bash shell. 2nd. ed.*. Beijing: O'Reilly, 1998. ISBN 1-56592-347-2.
- [11] ILKO, Pavol. *Monitorování přenosových parametrů sítě Internet: diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2016. 52 s.



## ZOZNAM SYMBOLOV, VELIČÍN A SKRATIEK

SSH	secure shell
PING	Packet internet grouper
SCP	Secure copy paste
BASH	Bourne again shell
IP	Internet Protocol
GUI	Graphical user Interface
URL	Uniform Resource Locator
MIT	Massachusetts Institute of Technology
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
DNS	Domain Name System

# ZOZNAM PRÍLOH

A Obsah priloženého CD

41

## A OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

- pl-data-miner.zip
- readme.txt
- praca.pdf