

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016

Miroslav Nečesaný

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Synchronizace systémového času

Miroslav Nečesaný

Bakalářská práce

2016

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2015/2016

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miroslav Nečesaný**  
Osobní číslo: **I14347**  
Studijní program: **B2646 Informační technologie**  
Studijní obor: **Informační technologie**  
Název tématu: **Synchronizace systémového času počítače**  
Zadávající katedra: **Katedra informačních technologií**

### **Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :**

Cílem práce bude zjistit, jakými způsoby lze synchronizovat systémový čas počítače časem UTC na počítačích s operačními systémy Linux a Windows a ověřit synchronizaci na praktickém příkladu.

V teoretické části práce se požaduje sestavit přehled možností, jak synchronizovat systémový čas počítače k času UTC. Dále se požaduje navrhnout metody ověření přesnosti synchronizace s časovými normály.

V praktické části práce se požaduje provést měření přesnosti synchronizace systémového času pomocí síťových protokolů (NTP/SNTP).

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 40-50

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1]SOSINSKY, Barrie A. Mistrovství počítačové sítě. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 840 s. Mistrovství (Computer Press). ISBN 978-80-251-3363-7.  
[2]MILLS, David L. Computer network time synchronization: the Network Time Protocol. Boca Raton, FL: CRC/Taylor, 2006, xvii, 286 p. ISBN 978-084-9358-050.  
[3]RYBACZYK, Peter. Expert Network Time Protocol: an experience in time with NTP. New York: Distributed to the book trade in the U.S. by Springer-Verlag, c2005, xx, 153 p. ISBN 15-905-9484-3.  
[4]Getting Started With NTP. [online]. [cit. 2014-10-16]. Dostupné z: <http://support.ntp.org/bin/view/Support/GettingStarted>  
[5]Time synchronization with a Garmin GPS. [online]. [cit. 2014-10-16]. Dostupné z:<http://www.lammertbies.nl/comm/info/GPS-time.html>

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Karel Šimerda

Katedra softwarových technologií

Datum zadání bakalářské práce: 31. října 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: 13. května 2016



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.  
děkan

L.S.



Mgr. Josef Horálek, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. dubna 2016

## Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 12.5.2016

Miroslav Nečesaný

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji za konzultace, podnětné návrhy k práci a odbornou pomoc při zpracování této bakalářské práce Ing. Karlu Šimerdovi.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce popisuje technologie a způsoby pro synchronizaci systémového času v počítačích a serverech pomocí protokolů pro časovou synchronizaci. Teoretická část popisuje časovou problematiku, nutnost přesného času, práce NTP a SNTP protokolu. Dále se bude praktická část zabývat přesností času v počítači bez automatické synchronizace času.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

NTP, SNTP, protokol, server, čas, synchronizace, unix-time

## **ANNOTATION**

This document describes technologies and ways to synchronize local system time in computers or servers using synchronization time protocol. Theoretical part describes time problems, the need for accurate time, network time protocol and simple network time protocol. Practical part is going to examine time accuracy in computer without automatic time synchronization.

## **KEYWORDS**

Synchronization, network time protocol, protocol, time, server

# OBSAH

Úvod	12
1 Způsoby měření a reprezentace času	13
1.1 Mezinárodní atomový čas .....	13
1.2 Univerzální koordinovaný čas.....	13
1.3 Unixový čas.....	13
1.4 Synchronizace .....	14
1.4.1 Vysílač DCF77 .....	14
1.4.2 GPS .....	14
2 NTP	16
2.1 Popis a účel .....	16
2.2 Korekce zpoždění u NTP protokolu.....	16
2.3 Módy NTP.....	17
2.3.1 Klient/server.....	17
2.3.2 Symetrický režim .....	18
2.3.3 Broadcast .....	18
2.4 Formát NTP paketu .....	19
2.5 Stratum .....	19
2.6 SNTP .....	21
3 Konfigurace na Windows	22
3.1 Instalace.....	22
3.2 Konfigurační soubor.....	23
3.2.1 Nastavení synchronizačních serverů.....	23
3.3 Přehled NTP serverů .....	23
4 Konfigurace na Linux	25
4.1 Instalace.....	25
4.2 Konfigurace.....	25



4.3	Manuální nastavení času .....	25
5	Měření synchronizace s ntp .....	26
5.1	Měření zpoždění počítače bez automatické synchronizace .....	26
5.2	Měření postupné regulace času .....	27
5.3	Přesnost synchronizace .....	28
6	ZÁVĚR .....	29
7	Použitá literatura .....	30
8	Přílohy .....	32

## SEZNAM ILUSTRACÍ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázek 1 Ilustrace korekce zpožděných paketů.....	17
Obrázek 2 Formát paketu NTP .....	19
Obrázek 3 Stupně stratumu.....	20
Obrázek 4 Přehled NTP serverů .....	24
Tabulka 1 Módy uzlů a paketů .....	17
Tabulka 2 Vysvětlivky syntaxe ntpq .....	22
Tabulka 3 Konfigurace configu .....	23
Tabulka 4 Popis výpisu z tabulky serverů .....	24
Graf 1 Odchylka času na PC bez synchronizace .....	27
Graf 2 Postupná regulace času.....	28
Graf 3 Přesnost synchronizace.....	28

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma (dříve Československá státní norma)
Sb.	Sbírka zákonů
NTP	Network time protocol
SNTP	Simple network time protocol
UDP	User datagram protocol
GPS	Global position systém
TAI	International atomic time
UTC	Coordinated universal time

## 0 ÚVOD

Čas patří mezi základní fyzikální veličiny. Základní jednotka času je sekunda označovaná písmenem s. V současné době se nejpřesnější odměření sekundy používají atomové hodiny, které počítají oscilace atomu cesia.

Dnešní doba je na času doslova závislá. Prakticky každé elektronické zařízení, které má mikroprocesor musí pracovat s nějakou formou času. Mikroprocesory spoléhají na přesnost krystalových oscilátorů. Z dlouhodobého hlediska tyto oscilátory nejsou zdaleka tak přesné, aby nebyla potřeba úprava času během několika měsíců používání. Mohou způsobit nepřesnost v řádu minut po několika měsících provozu. Taková odchylka je v mnoha odvětvích jejich použití nepřijatelná. Z tohoto důvodu se používají pro synchronizaci časové značky vysílané například rádiovou stanicí DCF77 v Mainflingu v Německu nebo pomocí GPS. S využitím počítačové sítě se používá protokol NTP.

Cílem této práce je vysvětlit problematiku a metody synchronizace systémového času počítače časem UTC s operačními systémy Linux, Windows a ověřit synchronizaci na praktickém příkladu.

# 1 ZPŮSOBY MĚŘENÍ A REPREZENTACE ČASU

## 1.1 Mezinárodní atomový čas

K měření času se využívají atomové hodiny, které pracují na principu počítání oscilací atomů celsia. Tyto hodiny jsou výjimečně přesné. Zpozdí se o jednu vteřinu jednou za 20 miliónů let. Jedna sekunda je definována přesně jako 9.192.631.770 oscilací atomů celsia. Výsledkem je mezinárodní čas (TAI).<sup>[1]</sup>

## 1.2 Univerzální koordinovaný čas

Mezinárodní standard času UTC je založen na TAI a využívá se pro vyjádření času podle časových pásem. Zároveň opravuje tzv. přestupnou sekundu, pokud je splněna podmínka.

Přičtení nebo odečtení sekundy záleží na rychlosti zpomalování nebo zrychlování Země, která se otáčí kolem své osy. Podle dosavadních zkušeností se Země pouze zpomalovala. Proto každý den trvá o 0,002 sekundy déle, než den předcházející. Toto zpomalování způsobuje působení gravitace Měsíce na Zemi.

Jakmile bude rozdíl mezi UTC a TAI +/- 0,9 sekundy, nastane přestupná sekunda. Tato oprava se realizuje buď 30. června nebo 31. prosince v roce. Přestupná sekunda byla doposud pouze přičítána a to 26 krát, rozdíl oproti TAI je 36 sekund, protože v době spuštění UTC byl TAI zpožděn o 10 sekund.<sup>[1],[2]</sup>

## 1.3 Unixový čas

Unixový čas je časová značka, která reprezentuje přesný počet sekund od 1. 1. 1970 bez započítání přestupných sekund. Od tohoto roku nepřetržitě každou sekundu inkrementuje tento datový typ.

Tento časový formát vznikl pro výrazné zjednodušení práce s časem a datumy. Ukládání v databázi je implementováno jako číselný integer, který je následně reprezentován podle standardů UTC včetně přestupné sekundy. Používá se pro jednodušší konverze a porovnávání časů například rozdílem dvou datumů, kdy výsledek je počet sekund. Následný převod na požadovaný datový formát je snadný.

Unixový čas je reprezentován jako 32 bitový celočíselný datový typ. Jako každý primitivní datový typ, má omezenou velikost. V tomto případě je možné pokrýt  $2^{32}$  sekund, to znamená dobu 136 let. Při spuštění Unixového času v roce 1970 se začal používat signed integer, nikoliv unsigned. Signed integer umožňuje využít i záporná čísla. Jelikož se začalo počítat od 0, zkrátila se využitelná doba na polovinu.

Maximální datum, které lze Unixovým časem reprezentovat je úterý 3:14:07 19.1. 2038. Následující vteřinu nastane přetečení a čas se změní na pátek 13. 12. 1901. Tato situace je samozřejmě nepřijatelná a tak řešení spočívá v postupném přechodu na 64 bitový integer. Přechod na tento typ umožní reprezentovat  $2^{64}$  sekund, to znamená 293 miliard let. <sup>[3]</sup>

## **1.4 Synchronizace**

Pojem synchronizace je uspořádání různých jevů do jedné časové osy. V počítači je cílem synchronizace monitorovat a případně změnit aktuální čas v systému na čas přesný, podle atomových hodin. Synchronizace je důležitá nejen ve světě počítačů. Například ve videu je nutné synchronizovat obraz se zvukem.

### **1.4.1 Vysílač DCF77**

Vysílač DCF77 je umístěn v Německu, vysílá z vysílače Mainflingen, který je umístěn zhruba 25 km od Frankfurtu nad Mohanem. Vysílá dlouhovlnné časové signály. Signál je dostupný téměř všude v České republice (dosah 1500 až 2000 km), proto se využívá k synchronizaci budíků, hodinek. Časová informace je vysílána na frekvenci 77,5 kHz a vychází z měření atomových hodin z Fyzikálně-technického institutu v Braunschweigu. <sup>[4],[5]</sup>

### **1.4.2 GPS**

Přesná časová informace pro synchronizaci zařízení pomocí přijímání signálů z družicového systému GPS je často využíván v lokálních počítačových sítích bez vazby na internet. Každá družice GPS systému využívá jako svůj zdroj přesného času vlastní atomové hodiny. Hlavním využitím GPS je určování polohy pozorovatele na Zemi.

Kolem Země obíhá 24 družic ve výšce 20.000 kilometrů a dobou oběhu 12 hodin. Základním principem je měření transitního času alespoň od 4 družic. Tři družice slouží pro určení souřadnic x, y, z. Čtvrtá družice slouží jako přesný čas pro přijímač. Pro určení polohy přijímače je mimo těchto 4 časů od družic, nutné znát ještě polohu družic a ta je v době

určování vaší polohy prakticky odhadována, protože družice je v čase kdy přijímač obdrží signál, už na jiném místě než při odeslání.

Doba přenosu signálu do přijímače je zhruba 67 milisekund, to je sice čas téměř zanedbatelný, přesto družice za tuto dobu urazí téměř 60 metrů. Pokud GPS přijímač zobrazuje přesnost 8 metrů, zpravidla je přesnost mnohem horší. Toto číslo je pouze vypočtené z mnoha předpokladů a tím je přesnost zpravidla horší.<sup>[6],[7]</sup>

## 2 NTP

Tato kapitola bude věnována protokolu NTP ve verzi 4 (NTPv4). NTP je zkratkou pro anglický název network time protocol. Tento protokol je hlavně určen pro synchronizaci vnitřních hodin počítačů v paketové síti s proměnlivou délkou zpoždění nebo v domácích počítačích. Dále se bude zabývat popisem funkce, zjednodušenou verzí tohoto protolu, který se nazývá SNTP.

### 2.1 Popis a účel

Účelem tohoto protokolu je zprostředkovat přesný čas z primárních serverů buď k sekundárním serverům nebo konečným klientům pomocí soukromých sítí a veřejného internetu.

Protokol NTP (Network Time Protocol) existuje již desítky let a tím je jedním z nejstarších protokolů. Klient využívající NTP protokol přijímá časové údaje od více serverů najednou a tak je schopný vypočítat výsledný, přesný čas. NTP využívá přenosový protokol UDP (User Datagram Protocol). Hlavní výhodou je v nezávislosti trvalého spojení.

NTP je dnes velmi propracovaný systém využívající mnoho zajímavých algoritmů. Synchronizace je založena na postupném přibližování k přesnému času. Při synchronizaci rozlišujeme 2 fáze. Při výrazných rozdílech času větších než 128 ms dochází k tzv. skokové (anglicky stepping) synchronizaci, která okamžitě srovná čas. Pokud jsou rozdíly malé, proběhne postupné přibližování tzv. slewing. V posledním zmiňovaném případě dosažení velmi přesné synchronizace není okamžité, ale trvá několik minut.

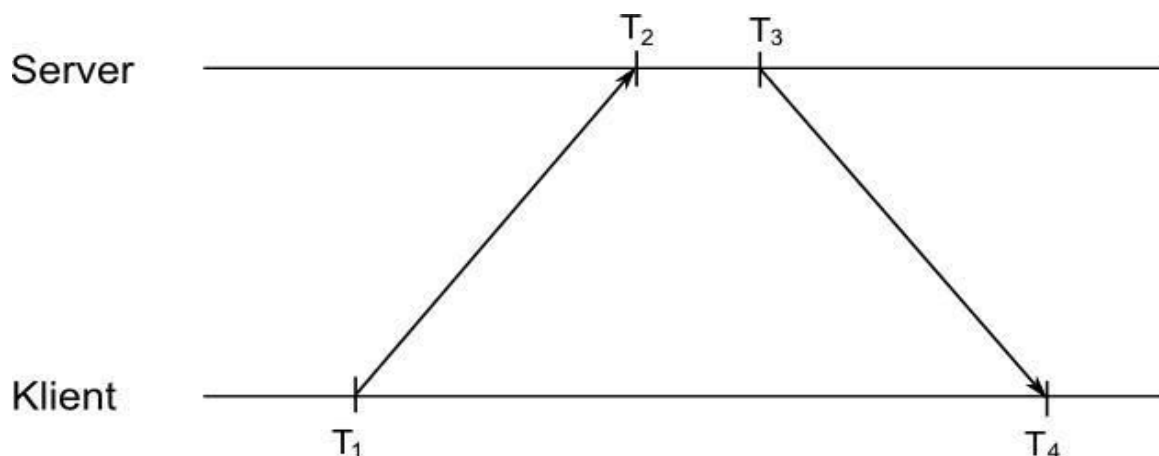
Protokol NTP je dnes velmi oblíbený a proto se stal nejvíce používaným protokolem pro synchronizaci času. Mezi jeho hlavní výhody patří dostupnost po celém internetu. Tento protokol má přesnost v řádech desítek milisekund. Přesnost úplně postačuje pro synchronizaci času v PC. Protokol poskytující ještě větší přesnost je protokol IEEE 1588. Dosahuje tak tím, že zmenšuje vzdálenosti od uzlů. Tyto uzly mohou být vzdáleny maximálně 400 metrů, na tomto uzlu musejí být umístěny další hodiny.<sup>[8]</sup>

### 2.2 Korekce zpoždění u NTP protokolu

Korekci zpoždění řeší NTP protokol tak, že přeposílá časové informace mezi zařízeními. Tyto informace jsou součástí NTP paketu. *Komunikaci zahajuje klient, který vysílá dotaz na NTP server. Tento dotaz obsahuje čas odeslání paketu z klienta, který se označí jako  $T_1$ . Server přijme NTP paket a vloží do něj čas přijetí paketu  $T_2$  a čas odeslání*



paketu  $T_3$  a pošle paket zpět klientovi. Klient si po přijetí paketu zaznamená ještě čas příchodu paketu  $T_4$  (obr. 1). Na klientu běží hodiny, které mohou být oproti serveru rozdílné. Časy klienta jsou  $T_1$  a  $T_4$  a časy serveru jsou  $T_2$  a  $T_3$ .<sup>[8]</sup>



Obr. 1: Ilustrace korekce zpožděných paketů<sup>[8]</sup>

## 2.3 Módy NTP

Existuje několik módů, ve kterých může protokol NTP pracovat. Tyto módy jsou:

- Klient nebo server
- Symetrický režim aktivní nebo pasivní
- Broadcast

Tabulka č. 1 zobrazuje přehled všech možností nastavení módů uzlů a příslušných paketů.

Název módu	Číslo módu	Mód paketu
Symetrické aktivní	1	1 nebo 2
Symetrické pasivní	2	1
Klient	3	4
Server	4	3
Broadcast server	5	6
Broadcast klient	6	-

Tabulka. 1: Módy uzlů a paketů<sup>[10]</sup>

### 2.3.1 Klient/server

Klient odesílá serveru pakety v módu 3, který mu odesílá zpět pakety v módu 4. Server samozřejmě může poskytovat synchronizaci více klientům, ale nikdy se nesynchronizuje od klientů. Server se synchronizuje od referenčních hodin, jako jsou atomové hodiny, nebo GPS.<sup>[9]</sup>

### **2.3.2 Symetrický režim**

Symetrický mód se používá tam, kde si dva nebo více serverů chtějí sdílet svůj čas, jako zálohu. Každý z těchto serverů se synchronizuje k primárním referenčním zdrojům jako jsou například radiové vlny. V případě, kdy jeden ze serverů ztratí spojení, ostatní mohou poskytnout svůj čas.

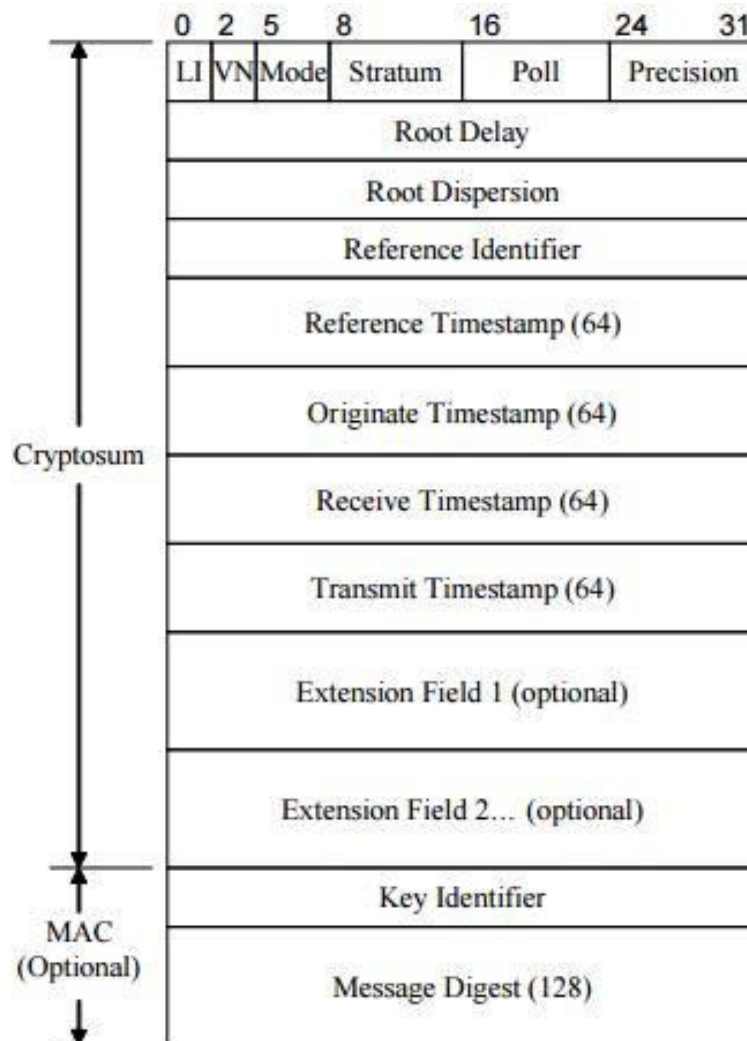
Pokud je na serveru nastaven aktivní symetrický režim, server neustále a periodicky odesílá požadavky, na základě kterých si přeje synchronizovat svůj čas. Požadavky odesílá bez ohledu na to, jestli druhá strana je dosažitelná. Pasivní režim přijímá požadavky od uzlu pracujícím v aktivním režimu a odpovídá na ně. Uzly (servery) se neustále zkouší synchronizovat navzájem.

Vzájemně se mohou synchronizovat jen uzly, které jsou na stejné vrstvě nebo nižší vůči uzlu vyšší vrstvy. To znamená, že synchronizace proběhne jen oproti stejně přesným, nebo přesnějším serverům, které se nachází ve vyšších vrstvách stratumu.

### **2.3.3 Broadcast**

Režim broadcast je výhodné použít tam, kde je jen jeden server v privátní síti a potenciálně má velmi mnoho klientů. Server vysílá svůj čas pomocí broadcastu a každý klient, který je nakonfigurován pro naslouchání na broadcast, se synchronizuje. Důležité je, aby tento režim byl využit na vysokorychlostní síti, na které dochází k minimálnímu zpoždění.<sup>[10]</sup>

## 2.4 Formát NTP paketu



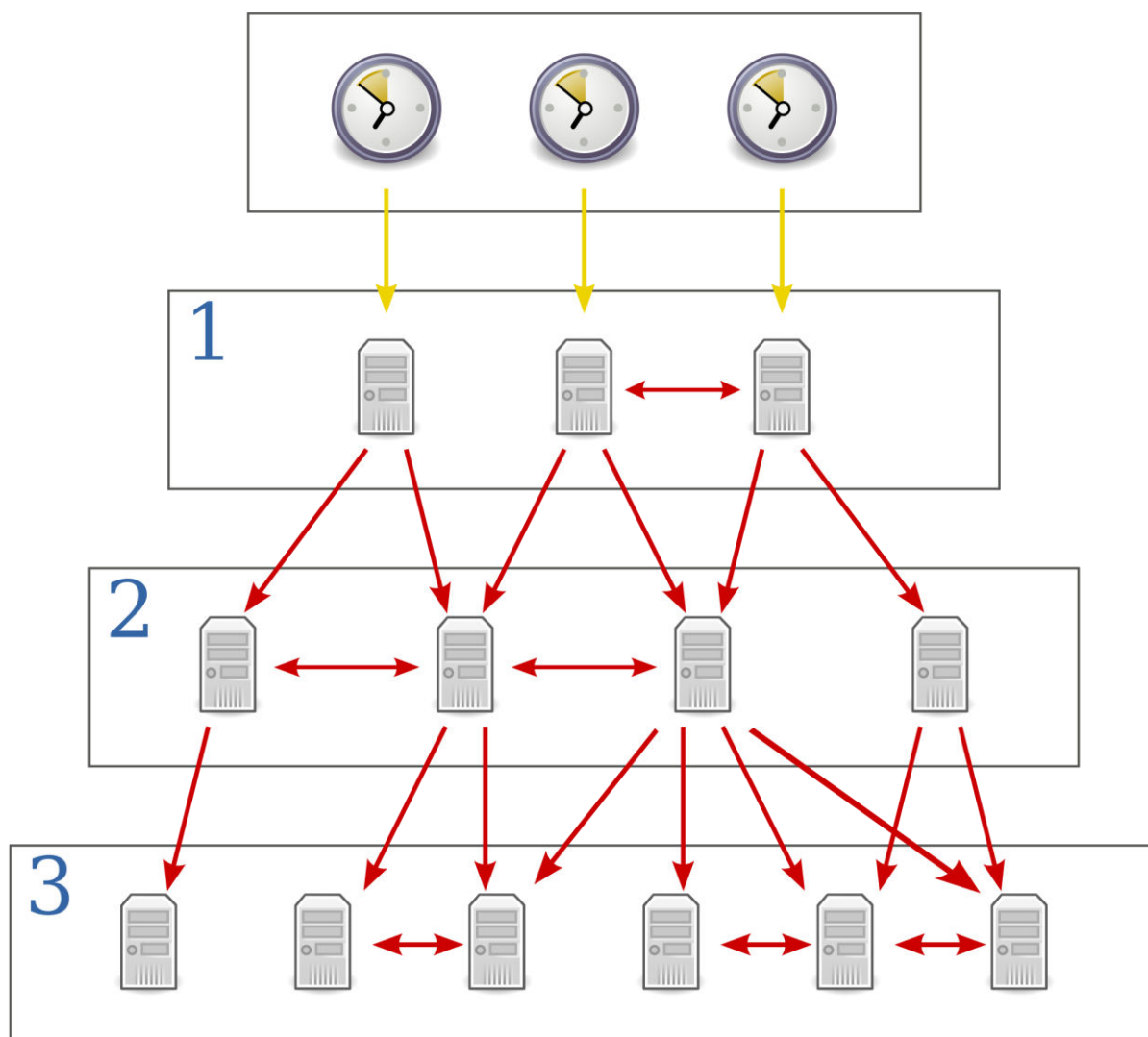
Obrázek č. 2: Formát paketu NTP<sup>[10]</sup>

## 2.5 Stratum

NTP protokol je hierarchický a je rozdělen do tzv. stratumů. Stratum definuje vzdálenost (počet uzlů a zařízení) od referenčních hodin. Vyjadřuje se číslem od 0 do 16. Referenční čas, který udávají atomové hodiny nebo signál GPS se nazývá stratum-0. Stratum-0 nemůže být přímo využit v počítačové síti, proto je přímo připojen k počítači, který pak pracuje jako primární NTP server.

Primární server, který je připojen přímo k přesnému zdroji časového signálu se nazývá stratum 1. Tento server je určen k distribuci tohoto časového signálu dalším serverům, které

se postupně nazývají stratum 2, 3, atd. Hierarchie je znázorněná na obr. 2. V této hierarchii NTP protokol umožňuje až 16 různých stratumových stupňů. Samozřejmě platí, že čím vyšší stupeň stratumu, tím horší přesnost časové značky.



Obr 3: Stupně stratum<sup>[17]</sup>

U klienta se vždy uvádí v konfiguraci zpravidla nejméně 5 NTP serverů. Ty jsou potom neustále monitorovány a testovány na stabilitu a přesnost. Podle toho pak NTP démon určí, podle kterého NTP serveru se bude nastavovat lokální čas zařízení.

Distribuce podle stratumových stupňů je užitečná zejména v případech, kdy na jeden stratum-1 server přichází velké množství požadavků, tím se server začne mírně zahlcovat a začne poskytovat mírně zkreslený čas. Distribucí na mnoho serverů se tento problém eliminuje. Stratum 16 se považuje za velmi nepřesný a nikdo by podle něj neměl synchronizovat.<sup>[11]</sup>

## 2.6 SNTP

SNTP (Simple network time protocol) je zjednodušená verze NTP protokolu. Liší se tím, že NTP využívá matematické a statistické metody pro jemné úpravy času. SNTP upravuje čas skokově a nemůže sloužit jako server pro další klienty. Měl by se používat tam, kde není potřeba taková přesnost, jako poskytuje NTP.

SNTP dokáže synchronizovat jen proti jednomu serveru, což zvyšuje riziko nepřesnosti při časové chybě tohoto serveru. V NTP jsou implementovány algoritmy, které by tuto chybu odhalili.<sup>[12]</sup>

## 3 KONFIGURACE NA WINDOWS

Většina dnešních operačních systémů, včetně Windows, je možné synchronizovat lokální čas k času NTP serveru. Operační systém Windows má standardně nainstalovanou službu nazvanou W32time.

Tato kapitola bude věnována programu Network Time Protocol od společnosti Meinberg určený pro operační systém Windows, na téměř všechny verze. Jedná se o software, který využívá NTP standardy a je široce využíván. Je schopen pracovat v režimu klienta, případně serveru, ke kterému se mohou ostatní NTP klienti následně připojovat.

Program se neustále dotazuje všech předdefinovaných NTP serverů a rozhoduje, podle kterého bude nastaven lokální čas. Podporuje interaktivní mód i ovládání s využitím příkazové řádky pomocí příkazu ntpq.<sup>[13]</sup> Syntaxe příkazu je následující:

- ntpq [-inp] [-c příkaz] [host] [...]

-c	Následující argument bude interpretován v interaktivním formátu a je přidán do seznamu příkazů k provedení.
-d	Zapnutí debug módu
-i	Přinutí ntpq pracovat v interaktivním módu
-n	Všechny host adresy budou vypisovány ve formátu IP adresy
-p	Výpis všech známých NTP serverů včetně doby odezvy, rozdílu času oproti lokálnímu

Tabulka č. 2 – Vysvětlivky syntaxe<sup>[13]</sup>

### 3.1 Instalace

Instalační soubor je dostupný z oficiálních stránek <https://www.meinbergglobal.com>. Před přímočarou instalací programu, je nutné vypnout výchozí službu pro synchronizaci, jinak by se o synchronizaci staraly 2 služby a navzájem by se rušily. Jedná se o službu W32time. Vypnutí se provede následujícími příkazy do příkazové řádky.

- net stop w32time

Během instalace bude uživatel vyzván k výběru regionu pro nastavení výchozích serverů pro synchronizaci.

## 3.2 Konfigurační soubor

Konfigurační soubor je většinou umístěn na *C:\Program Files (x86)\NTP\etc\ntp.conf*. Jedná se o soubor, kde je možné nastavit:

- skupinu serverů, ze kterých bude možné synchronizovat
- umístění souboru pro logování

Všechny změny v konfiguračním souboru se projeví až po restartování *ntpd.exe*. Pro tuto operaci slouží příkazy

- `net stop ntpq`
- `net start ntpq`

### 3.2.1 Nastavení synchronizačních serverů

V konfiguračním souboru je potřeba nastavit NTP servery. Doporučuje se nejméně 5 serverů. Měly by být umístěny fyzicky co nejbližší po veřejné internetové síti. Mezi dostupné a spolehlivé NTP servery v České republice patří *tik.cesnet.cz* a *tak.cesnet.cz*, které jsou umístěny v Praze 6. Oba disponují GPS přijímači.

Syntaxe:

- `server address [iburst] [prefer] [minpoll] [maxpoll]`

Prefer	Upřednostněný NTP server
minpoll x	Minimální interval pro NTP zprávy, vyjádřený v $x^2$ sekund
maxpoll x	Maximální interval pro NTP zprávy, vyjádřený v $x^2$ sekund
iburst	Pokud klient od serveru neobdrží odpověď, dotáže se serveru několikrát za sebou

Tabulka č. 3 – Konfigurace configu <sup>[14]</sup>

## 3.3 Přehled NTP serverů

Po zadání příkazu `ntpq -p` je možné sledovat všechny NTP servery, se kterými démon pracuje. Obrázek č. 4 zobrazuje strukturu výpisu a tabulka č. 3 vysvětluje jednotlivé sloupce.

```

C:\Users\Mira>ntpq -pn
remote          refid          st t when poll reach  delay  offset  jitter
=====
-5.189.152.108  129.70.132.34  3 u  51 128 377  20.961  10.070  3.946
-5.100.133.221  .DCFa.         1 u  76 128 377  36.952   4.077 16.809
+129.70.132.34  129.70.130.71  2 u  64 128 377  21.936   3.075  1.507
+88.159.1.196   80.94.65.10    2 u  10 128 377  34.969   1.902 12.857
-193.25.222.240 213.222.200.99  2 u  30 128 377  25.908   3.526  0.977
*195.113.144.201 .GPS.          1 u 1055 1024 377   4.905   2.025  2.710
+87.236.195.213 147.231.2.6    2 u  938 1024 377   4.940   1.755  3.338
+91.103.163.212 217.31.202.100  2 u  943 1024 377   4.958   1.584  4.022
-89.221.208.11  195.113.144.238 2 u  902 1024 377   7.883   3.035  4.929
+83.167.252.118 147.231.2.6    2 u  846 1024 377   3.897   2.597  3.069

```

Obrázek 4: Přehled NTP serverů

remote	IP adresa NTP serveru. Znak „*“ před IP adresou označuje aktuální server, ke kterému se démon synchronizuje. Znak „+“ resp. „-“ označuje vhodný resp. nehodný server k synchronizaci.
refid	IP adresa serveru, od kterého se synchronizuje předchozí server.
st	Stupeň stratumu. Pokud je stupeň stratumu 1, refid označuje zdroj referenční časové značky.
t	Typ serveru. Znak „u“ označuje unicast server.
when	Čas v sekundách, kdy naposledy proběhla kontrola času.
poll	Čas v sekundách, jak často bude prováděna kontrola času
reach	Oktaový registr označující počet kontrol po každém poll.
delay	Zpoždění od serveru ke klientovi v milisekundách.
offset	Časový rozdíl oproti lokálním hodinám v milisekundách.
jitter	Kvalita spojení, tzv. chvění

Tabulka č. 4: Popis výpisu z tabulky serverů <sup>[15]</sup>



## 4 KONFIGURACE NA LINUX

Tato kapitola bude věnována konfiguraci synchronizace času pro Linux. Jedná se o stejný program jako u Windows v předchozí kapitole, proto bude pozornost věnována jen jejich rozdílnostem.

### 4.1 Instalace

Mnoho Linuxových distribucí již v sobě má nainstalován démona ntpd na automatickou synchronizaci času. Pokud tomu tak není, téměř na všech Linuxových distribucích je možné program nainstalovat pomocí:

- `sudo apt-get install ntp`

### 4.2 Konfigurace

Konfigurační soubor u Linuxových distribucí je umístěn v `/etc/ntp.conf`. Hned po instalaci je démon schopen pracovat v režimu klienta s předdefinovanými časovými servery. Démon je nutné spustit pod právy roota příkazem:

- `sudo service ntp start`

### 4.3 Manuální nastavení času

Pro okamžitou změnu je možné nastavit čas manuálně přímo od časového serveru. Před tímto krokem je nutné vypnout ntpd démona příkazem:

- `sudo service ntp stop`

A nyní stačí příkazem manuálně synchronizovat s vybraným časovým serverem<sup>[16]</sup>:

- `sudo ntpdate -s tik.cesnet.cz`

## 5 MĚŘENÍ SYNCHRONIZACE S NTP

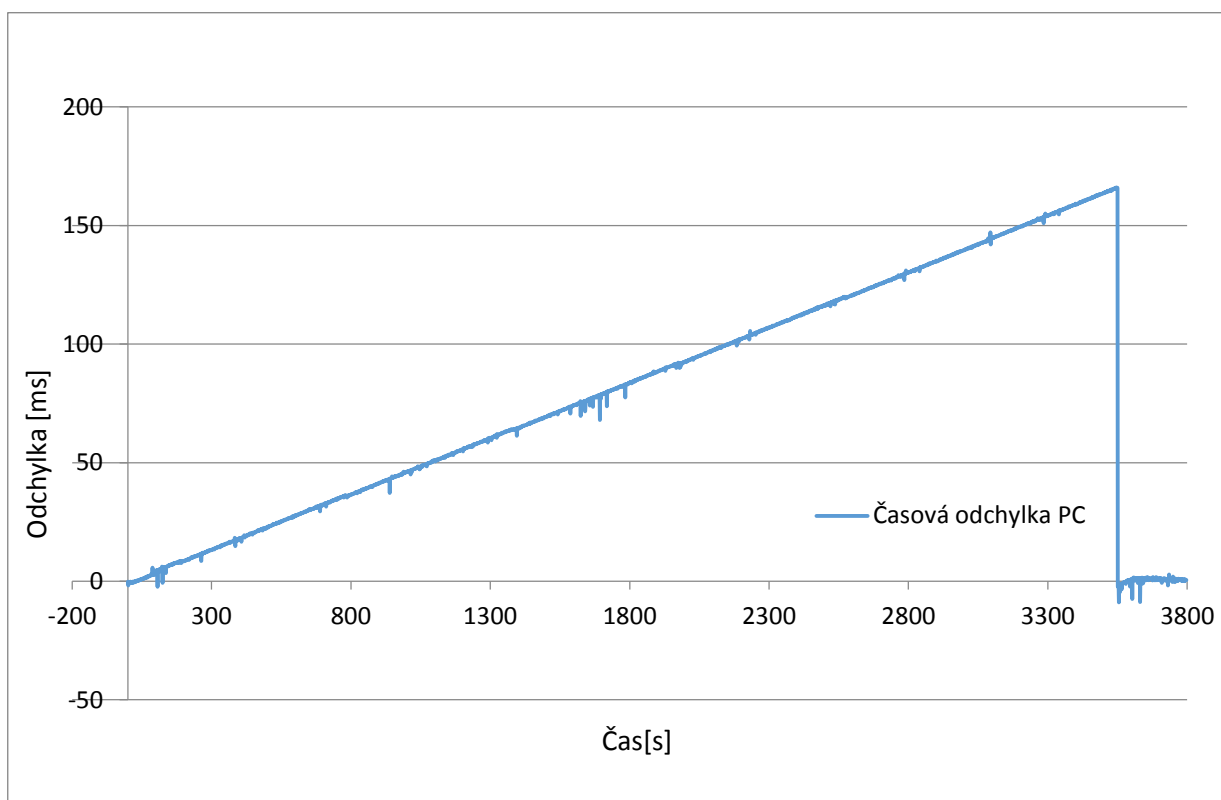
Všechny testy probíhaly proti NTP serveru `tik.cesnet.cz`. Jako stratum 1 disponoval referenčními hodinami GPS. Synchronizační software pracoval pod operačním systémem Windows 7, na notebooku Acer TimelineX 5830TG. Připojení k routeru bylo realizováno přes síťové rozhraní 100BASE-T ethernet. Jako router k připojení do veřejné sítě bylo použito zařízení Tenda W311R+.

Sběr dat byl zajištěn vlastním programem v Javě, který ukládal výsledky příkazu `ntpq-p`. Pro aktuální rozdíl času mezi lokálním časem a časem NTP serveru byl vyžit příkaz `w32time /stripchart /computer:tik.cesnet.cz /dataonly`. Podle předchozích zkušeností měl zvolený server nejmenší zpoždění při přenosu dat a navíc je přímo připojen k GPS. W32time je automaticky nainstalovaná služba pro Windows, která také může sloužit pro synchronizaci času. Čas synchronizuje jednou za týden a to skokově.

### 5.1 Měření zpoždění počítače bez automatické synchronizace

Počítač byl nejdříve nechán synchronizovat pomocí NTPQ démona. Po ustálení byl vypnut démon a měření bylo zahájeno. Interval sběru informací z rozdílu lokálního času a referenčního NTP serveru byla zvolena 1 sekunda.

Podle měření v grafu č.1 je patrné, že se počítač začíná ihned předbíhat. Po 1 hodině měření (3600 sekund) chyba vystoupala až na 165 ms. Chyba se neustále lineárně zvyšovala. Po tomto časovém úseku byl opět zapnut NTPQ démon a čas se začal opět upravovat. V tomto případě bylo upravení času skokové (od 128 ms), protože nakumulovaná chyba byla vysoká. V následující kapitole bude měření věnováno postupné časové regulaci lokálních hodin k hodinám na NTP serveru.

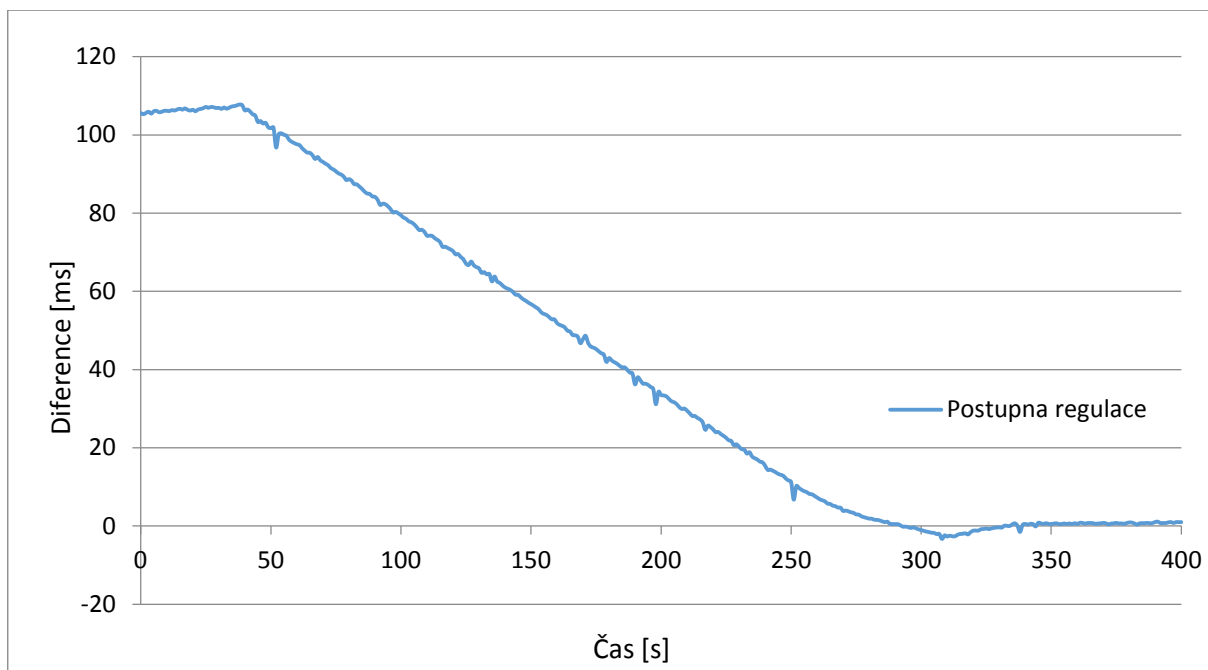


Graf č. 1: Odchylka času na PC bez synchronizace

## 5.2 Měření postupné regulace času

Při dlouhodobém spuštění NTPQ démona se provádí velmi malé regulace času tak, aby změna času nebyla zaznamenanatelná. Počítač byl opět ponechán bez synchronizace, v tomto případě byl nesynchronizován 45 minut.

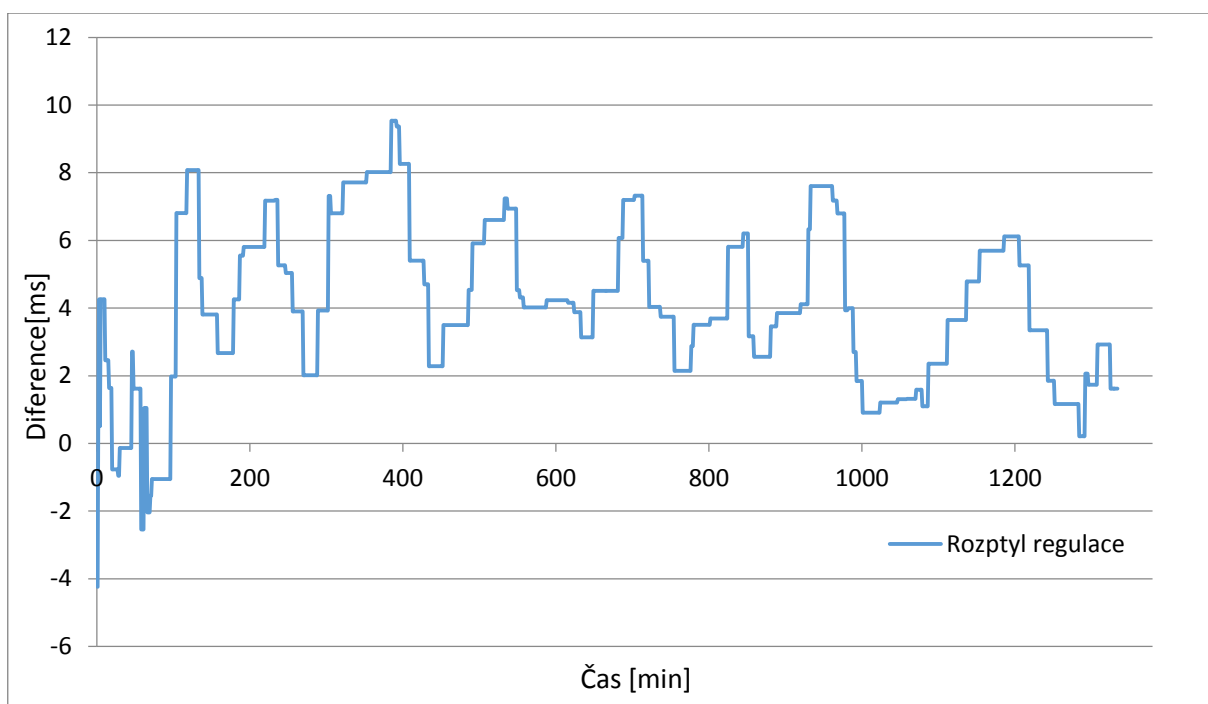
Následující popis odpovídá grafu č. 2 níže. V čase 40 sekund od začátku měření byla opět zapnuta synchronizace a čas na lokálních hodinách se začal ihned upravovat. Z měření vyplývá, že postupná regulace času probíhá průměrnou rychlostí 2 ms za sekundu. Těsně před dokončením synchronizace při 10 ms rozdílu a v 250. sekundě od počátku měření se regulace zpomalí na 0,5 ms za sekundu. Konečné ustálení času nastává ve 345. sekundě měření, tedy po více než 5 minutách od spuštění démona pro synchronizaci času.



Graf č.2: Postupná regulace času

### 5.3 Přesnost synchronizace

Podle měření v grafu č. 3 se přesnost synchronizace po ustálení pohybuje nejhůře okolo 14 ms, průměrná odchylka je 4,07 ms. Měření probíhalo 16. 4. 2016 od 21:30 a trvalo 24 hodin a interval sběru dat byla zvolena 1 minuta.



Graf č. 3: Přesnost synchronizace

## 6 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit, jakými způsoby lze synchronizovat systémový čas v počítači na operačních systémech Windows a Linux. Přiblížit funkčnost NTP a SNTP protokolu a pomocí měření zjistit přesnost synchronizace pomocí těchto protokolů.

V teoretické části byly popsány způsoby měření času, časové standardy, způsoby ukládání a reprezentace času. Dále byly popsány zdroje přesného času, způsoby synchronizace. V rámci práce byl probrán protokol NTP, jeho účel, režimy a zjednodušenou verzi protokolu SNTP. Byly uvedeny možnosti a způsoby synchronizace na operačních systémech Windows a Linux.

V rámci kapitoly Měření synchronizace s NTP bylo také dokázáno, že dnešní počítače reálně nedokáží udržet přesný čas. Naměřené zpoždění by v reálném případě bez automatické synchronizace času znamenalo rozdíl necelé 4 sekundy za jediný den oproti přesnému času. Za předpokladu stejného zpoždění po dobu jednoho měsíce to znamená rozdíl necelé 2 minuty, což by v mnoha systémech pracujících v reálném čase znamenalo obrovský problém.

Do budoucna bych si rád ověřil přesnost synchronizace s GPS přijímačem připojeného pomocí sériového portu k počítači, který by sloužil jako primární NTP server a poskytoval čas pro jeden počítač. Dále bych tyto výsledky porovnal s hodnotami, které byly naměřeny pomocí protokolu NTP.

## 7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] What is International Atomic Time (TAI). *Timeanddate.com*/ [online]. timeanddate.com [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.timeanddate.com/time/international-atomic-time.html>
- [2] The Science Behind Leap Seconds. *Timeanddate.com*/ [online]. timeanddate.com [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.timeanddate.com/time/leap-seconds-background.html>
- [3] Unix time. *En.wikipedia.org*/ [online]. [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Unix\\_time](https://en.wikipedia.org/wiki/Unix_time)
- [4] DCF77 longwave time signal. *Meinbergglobal.com* [online]. [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <https://www.meinbergglobal.com/english/info/dcf77.htm>
- [5] Vysílání časového signálu a DCF77. *Vyvoj.hw.cz* [online]. [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/vysilani-casoveho-signalu-a-dcf77.html>
- [6] Přesnost systému GPS. *Beruna.cz* [online]. 2002 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.beruna.cz/text-presnost-systemu-gps/>
- [7] Přesnost atomových hodin, GPS a teorie relativity. *Osel.cz* [online]. 2008 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/3225-presnost-atomovych-hodin-gps-a-teorie-relativity.html>
- [8] Protokoly k synchronizaci času pro paketovou síť. *Access.feld.cvut.cz* [online]. 2008 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2008100001>
- [9] Network Time Protocol: Best Practices White Paper. *Cisco.com* [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/availability/high-availability/19643-ntp.html>
- [10] Network Time Protocol Version 4 Reference and Implementation Guide. *Eecis.udel.edu* [online]. 2006 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <https://www.eecis.udel.edu/~mills/database/reports/ntp4/ntp4.pdf>
- [11] NTP server - Stratum levels explained. *Ntpserver.wordpress.com* [online]. 2008 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <https://ntpserver.wordpress.com/2008/09/10/ntp-server-stratum-levels-explained/>
- [12] What is the difference between NTP and SNTP? *Meinbergglobal.com* [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: [https://www.meinbergglobal.com/english/faq/faq\\_37.htm](https://www.meinbergglobal.com/english/faq/faq_37.htm)

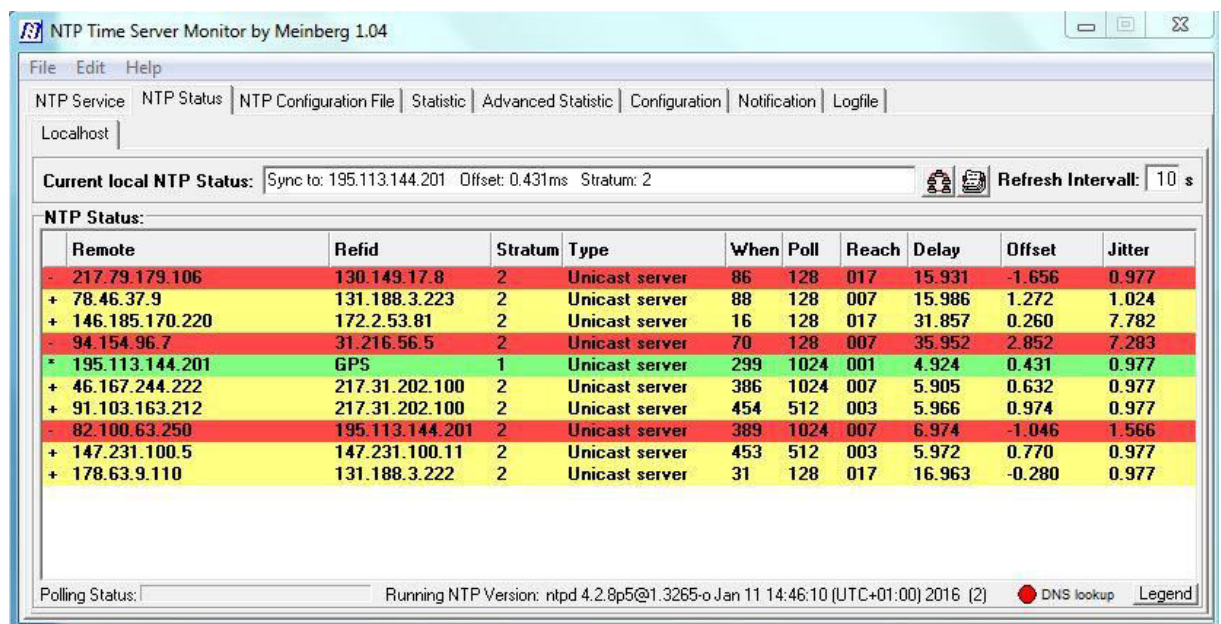
- [13] NTPQ. *Eecis.udel.edu* [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <https://www.eecis.udel.edu/~mills/ntp/html/ntpq.html>
- [14] The Network Time Protocol (NTP) Distribution. *Doc.ntp.org* [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://doc.ntp.org/4.1.1/confopt.htm>
- [15] *Linuxjournal.com* [online]. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.linuxjournal.com/article/6812>
- [16] How to force a clock update using ntp. *Askubuntu.com* [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://askubuntu.com/questions/254826/how-to-force-a-clock-update-using-ntp>
- [17] Network Time Protocol. *Network Time Protocol: Clock strata* [online]. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Network\\_Time\\_Protocol#/media/File:Network\\_Time\\_Protocol\\_servers\\_and\\_clients.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Network_Time_Protocol#/media/File:Network_Time_Protocol_servers_and_clients.svg)

## **8 PŘÍLOHY**

Příloha A – <i>Grafické rozhraní NTP time monitoru</i>	33
Příloha B – <i>Ukázka zdrojového souboru NTPQ_logger.java</i>	34
Příloha C – <i>Ukázka konfiguračního souboru ntp.conf</i>	35
Příloha D – <i>Obsah přiloženého CD</i>	36



## Příloha A – Grafické rozhraní NTP time monitoru



## Příloha B – Ukázka zdrojového souboru *NTPQ\_logger.java*

```
Thread thread = new Thread(() -> {
    while (running) {
        BufferedReader input = null;
        try {
            Runtime rt = Runtime.getRuntime();
            input = new BufferedReader(new
InputStreamReader(rt.exec("ntpq -p").getInputStream()));
            String line = null;
            try {
                while ((line = input.readLine()) != null) {
                    if (line.charAt(0) == '*') {
                        System.out.println(line);
                        file.write(line);
                        file.newLine();
                        file.flush();
                    }
                }
            } catch (IOException e) {
                e.printStackTrace();
            }
        } catch (IOException ex) {
            Logger.getLogger(NTPQ_logger.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
        } finally {
            try {
                input.close();
            } catch (IOException ex) {
                Logger.getLogger(NTPQ_logger.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
            }
        }
        try {
            Thread.currentThread().sleep(60000);
        } catch (InterruptedException ex) {
            Logger.getLogger(Gui.class.getName()).log(Level.SEVERE,
null, ex);
        }
    }
    try {
        file.close();
    } catch (IOException ex) {
        Logger.getLogger(Gui.class.getName()).log(Level.SEVERE,
null, ex);
    }
});
thread.start();
```

## Příloha C: Ukázka konfiguračního souboru *ntp.conf*

```
# NTP Network Time Protocol
# You have to restart the NTP service when you change this file to activate
the changes
# PLEASE CHECK THIS FILE CAREFULLY AND MODIFY IT IF REQUIRED
# Configuration File created by Windows Binary Distribution Installer Rev.:
1.27 mbg
# please check http://www.ntp.org for additional documentation and
background information
# restrict access to avoid abuse of NTP for traffic amplification attacks
# see http://news.meinberg.de/244 for details
restrict default noquery nopeer nomodify notrap
restrict -6 default noquery nopeer nomodify notrap

# allow status queries and everything else from localhost
restrict 127.0.0.1
restrict -6 ::1

# if you need to allow access from a remote host, you can add lines like
this:
# restrict <IP OF REMOTE HOST>

# Use drift file
driftfile "C:\Program Files (x86)\NTP\etc\ntp.drift"

# your local system clock, could be used as a backup
# (this is only useful if you need to distribute time no matter how good or
bad it is)
#server 127.127.1.0
# but it should operate at a high stratum level to let the clients know and
force them to
# use any other timesource they may have.
#fudge 127.127.1.0 stratum 12
logconfig =clockevents +syncevents +sysevents +clockstatus +syncstatus
+sysstatus +clockinfo +syncinfo +sysinfo +clockall +syncall +sysall
# Use a NTP server from the ntp pool project (see http://www.pool.ntp.org)
# Please note that you need at least four different servers to be at least
protected against
# one falseticker. If you only rely on internet time, it is highly
recommended to add
# additional servers here.
# The 'iburst' keyword speeds up initial synchronization, please check the
documentation for more details!
server 0.de.pool.ntp.org iburst minpoll 6 maxpoll 7
server 1.de.pool.ntp.org iburst minpoll 6 maxpoll 7
server 2.de.pool.ntp.org iburst minpoll 6 maxpoll 7
server 1.nl.pool.ntp.org iburst minpoll 6 maxpoll 7
server 0.pl.pool.ntp.org iburst minpoll 6 maxpoll 7
server tik.cesnet.cz iburst minpoll 6 maxpoll 7

#Section insert by NTP Time Server Monitor 24.4.2016

enable stats
```

#### Příloha D: *Obsah přiloženého CD*

Přiložené CD obsahuje:

- Celkový text této práce ve formátu PDF
- Naměřené hodnoty v programu Excel
- Program NPTQ\_logger
- Zdroje