

Univerzita Pardubice

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Dynamické směrovací protokoly na směrovačích Mikrotik

Ondřej Spáčil

Bakalářská práce

2008

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra informačních technologií  
Akademický rok: 2007/2008

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej SPÁČIL**

Studijní program: **B2646 Informační technologie**

Studijní obor: **Informační technologie**

Název tématu: **Dynamické směrovací protokoly na směrovačích Mikrotik**

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

Popište možnosti implementace dynamických směrovacích protokolů na směrovačích f. Mikrotik

V síťové laboratoři vytvořte jednoduchou simulační síť simulující nasazení dynamických směrovacích algoritmů a OSPF.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dostálek L., Kabelová A.: „Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS“, Computer Press, Praha 2002

Kállay F., Peniak P.: „Počítačové sítě“, Grada 2003

Velte T.: „Síťové technologie Cisco, Velký průvodce“, Computers Press Brno 2003

Janeček J., Bílý M.: „Lokální sítě“, ČVUT Praha 2004

Cisco Systems: „Cisco Networking Academy Program“ 1-2. a 3-4. díl, Indianapolis, USA 2005

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Martin Dobrovolný**

Ústav elektrotechniky a informatiky

Datum zadání bakalářské práce:

**30. listopadu 2007**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**16. května 2008**



doc. Ing. Simeon Karamazov, Dr.

děkan

V Pardubicích dne 29. dubna 2008

## **SOUHRN**

Tato práce se zabývá výběrem a nasazením dynamického směrovacího protokolu v síti firmy Logicnet. Ta je poskytovatelem internetového připojení pro zhruba tisíc klientů.

V první části práce je popsána infrastruktura sítě a technologie, které využívá. Druhá část se věnuje konfiguraci směrovačů systémem RouterOS od společnosti Mikrotik pro běh dynamického směrovacího protokolu OSPF.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

dynamické směrovací protokoly, Mikrotik, OSPF

## **TITLE**

Dynamic routing protocols on Mikrotik routers

## **ABSTRACT**

This work is dealing with selection and application of dynamic routing protocol in the network of Logicnet company, which is an internet service provider for roughly one thousand clients.

In first part of this work the infrastructure of the network is described and the technology it is using. Second part addresses the configuration of routers with RouterOS system from Mikrotik company for running the dynamic routing protocol OSPF.

## **KEYWORDS**

dynamic routing protocols, Mikrotik, OSPF

# Obsah

1	Úvod .....	7
1.1	Popis výchozího stavu.....	7
1.2	Důvody nasazení dynamického směrovacího protokolu .....	9
2	IP - Internet Protokol.....	10
2.1	IP adresy používané v síti Logicnet.....	10
2.2	Dělení IP adres.....	10
2.3	Network address translation .....	10
3	Směrování v síti Logicnet .....	11
3.1	Statické směrování .....	12
3.2	Dynamické směrování .....	12
4	Dynamické směrovací protokoly.....	14
4.1	Algoritmy používané směrovacími protokoly .....	14
4.1.1	Směrovací protokoly využívající distance-vector algoritmy .....	14
4.1.2	Směrovací protokoly využívající link-state algoritmy .....	15
4.2	Rozdělení směrovacích protokolů z hlediska jejich určení.....	15
4.2.1	Exteriorní směrovací protokoly.....	15
4.2.2	Interní směrovací protokoly.....	15
4.3	Směrovací protokoly na směrovačích Mikrotik.....	16
4.3.1	Border Gateway Protocol.....	16
4.3.2	Routing Information Protocol .....	16
4.3.3	Open Shortest Path First .....	17
5	Protokol OSPF.....	18
5.1	Rozdělení sítě na oblasti.....	19
5.2	Typy oblastí.....	20
5.2.1	Backbone area.....	20
5.2.2	Stub area .....	21
5.2.3	Not so stubby area (NSSA) .....	21
5.2.4	Default area.....	21
5.3	Typy směrovačů.....	21
5.3.1	Area border router (ABR).....	21
5.3.2	Autonomous system border router (ASBR) .....	22
5.3.3	Internal router (IR) .....	22
5.3.4	Backbone router (BR).....	22

5.4	Identifikace směrovačů .....	23
5.5	Metrika .....	23
6	Vlastní implementace .....	24
6.1	Nasazování OSPF .....	24
6.2	Konfigurace směrovačů se systémem RouterOS .....	24
6.3	Páteřní oblast .....	25
6.3.1	Konfigurace směrovače Gateway Master .....	26
6.3.2	Konfigurace směrovače Gateway CEZ.....	27
6.3.3	Konfigurace směrovače Distribuce Master .....	28
6.3.4	Konfigurace směrovače Distribuce CEZ .....	29
6.4	Oblast CEZ.....	29
6.4.1	Konfigurace směrovačů oblasti CEZ .....	30
6.5	Oblast Master .....	32
6.6	Automatická záloha .....	33
6.6.1	Přesměrování DNS serverů .....	34
6.6.2	Nástroj Netwatch .....	35
6.7	Experimentální ověření .....	36
7	Závěr.....	38

# 1 Úvod

Mnoho regionálních poskytovatelů připojení k Internetu dnes buduje a neustále rozšiřuje své bezdrátové sítě. V těchto sítích se obvykle využívá statické směrování. Je to způsobeno zejména pozvolným rozvojem sítě, kdy v počátcích budování infrastruktury je použití statického směrování výrazně jednodušší než nasazení dynamického směrovacího protokolu. S rozvojem sítě se ale správa již velice obsáhlých směrovacích tabulek stává neúnosně složitou a statické směrování nebývá dostatečně pružné pro potřeby sítě.

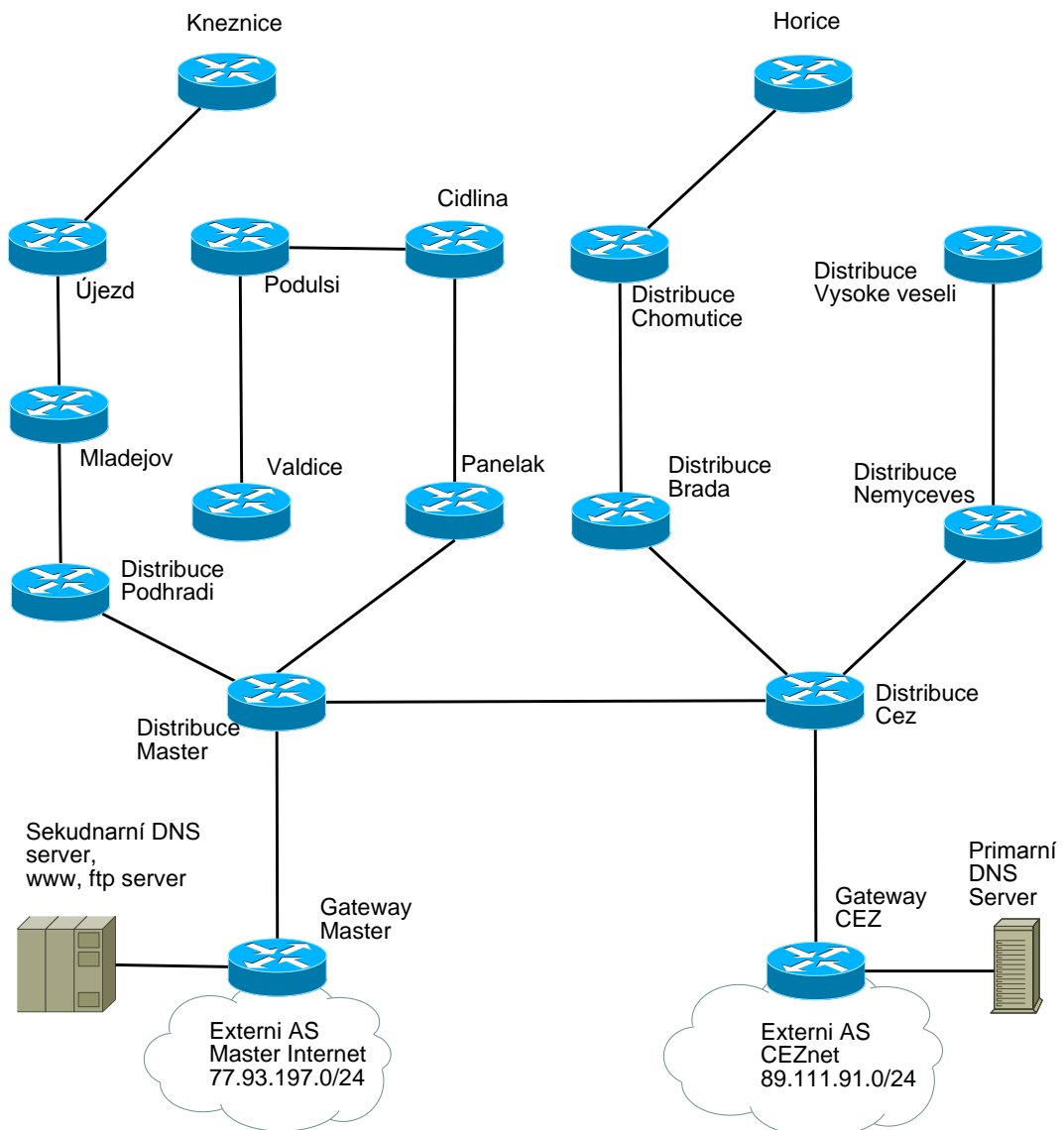
Tato práce se zabývá nasazením dynamického směrovacího protokolu v síti firmy Logicnet. Nejprve je analyzován výchozí stav této sítě, zejména současný systém rozdělení IP adres na směrovačích. Výběr dynamického směrovacího protokolu s ohledem na potřeby této firmy je popsán ve čtvrté kapitole. V následujících kapitolách je popsáno samotné nasazení vybraného protokolu OSPF na páteřní směrovače.

Od nasazení směrovacího protokolu je očekáváno zejména zjednodušení správy sítě, záloha důležitých lokací násobnými linkami a hlavně automatická záloha při výpadku linky jednoho z poskytovatelů internetové konektivity.

## 1.1 Popis výchozího stavu

Síť LogicNet.cz vznikla koncem roku 2004 jako reakce na neuspokojivý stav nabídky připojení k Internetu v Jičíně a okolí. V současné době poskytuje své služby zhruba tisícovce klientů a patří mezi nejvýznamnější poskytovatele připojení k Internetu v tomto regionu. Síť se sestává z více jak 100 směrovačů, z toho 80 jich slouží jako přístupové body pro klienty. Kompletní mapa sítě je vyobrazena v příloze A. Páteřní linky a přístupové body ve městech využívají bezdrátové spoje s technologií WiFi 802.11a pracující na frekvenci 5 GHz. Pro klienty v málo zarušených oblastech, většinou na vesnicích, se nasazují i levnější WiFi 802.11b zařízení, pracující na frekvenci 2,4 GHz. Všechny směrovače a přístupové body používají směrovací operační systém RouterOS od firmy Mikrotik. Málo zatížené přístupové body jsou většinou řešeny jednoúčelovým zařízením RouterBoard, jenž

firma Mikrotik vyrábí. Pro některé páteřní linky a více zatížené přístupové body je nutno využít výkonnější počítače s architekturou x86.



Obrázek 1. Topologie páteřních směrovačů sítě Logicnet

Firmě LogicNet dodávají internetovou konektivitu dva poskytovatelé. ČEZnet a.s. poskytuje 30 Mbit/s linku z rozvodny elektrické energie ve Starém Místě. Zde má firma LogicNet umístěn primární DNS server, hlavní směrovač pro tuto část sítě (Gateway ČEZnet) a směrovač bezdrátově distribuující konektivitu do páteře sítě (Distribuce Cez).

K lince s rychlostí až 100 Mbit/s od společnosti Master Internet, s.r.o. je připojen směrovač Gateway Master, jenž je bránou pro druhou část sítě. K němu je



připojeno několik serverů, kromě sekundárního serveru DNS ještě například server služby *www* či *ftp*. Stejně jako ve Starém Místě distribuci konektivity do páteře tohoto segmentu sítě řeší jeden distribuční směrovač (Distribuce Master).

Záložní linka, kterou jsou obě tyto lokace propojeny, je využívána při výpadku linky u jednoho z poskytovatelů. Změnou výchozí brány v distribučních směrovačích lze provoz směřující původně na jednu z bran přesměrovat na druhou. Tuto změnu ve směrovacích tabulkách musí učinit administrátor sítě při zaznamenání výpadku jedné z linek poskytovatelů.

## 1.2 Důvody nasazení dynamického směrovacího protokolu

Firma Logicnet od nasazení dynamického směrovacího protokolu očekává:

- **zjednodušení správy sítě** – v současném stavu sítě je spravování rozsáhlých směrovacích tabulek velice náročné. Při připojení nového přístupového bodu je nutno přidat směrovací informace do všech směrovačů, přes které bude provoz tohoto bodu procházet. Velice náročné jsou také nutné zásahy do směrovacích tabulek při změně topologie sítě,
- **automatická záloha při výpadku jedné z konektivit** – s pomocí dynamických směrovacích protokolů lze automaticky odklonit provoz při výpadku jedné z linek dodavatelů internetové konektivity,
- **záloha důležitých lokalit pomocí kruhové topologie** – mnoho důležitých přístupových bodů a páteřních směrovačů je umístěno v místech jako kostelní zvonice či zemědělské stavby na vesnicích. Zde nejsou výpadky elektrické energie ojedinělou záležitostí. Je tedy nutné některé lokace s důležitými klienty připojit tak, aby byla vytvořena smyčka. Výpadek jednoho směrovače či bezdrátového spoje v jedné části smyčky nebude tedy pro zbytek takto zakruhované oblasti znamenat přerušení dodávky internetové konektivity.

## **2 IP - Internet Protokol**

V celé infrastruktuře firmy Logicnet je vyžíván pouze IP protokol ve verzi 4. Způsob adresování v celé síti musí zůstat nezměněn.

### **2.1 IP adresy používané v síti Logicnet**

V síti Logicnet se používají neveřejné IP adresy třídy B a C. Rozhraní, která využívají klienti k připojení se do sítě Logicnet, mají vždy neveřejný rozsah z třídy C. Například přístupový bod AP52 má k rozhraní Distribuce přiřazen rozsah 192.168.52.0/24.

Firma Logicnet má od svých dodavatelů internetové konektivity přiděleny 2 veřejné IP rozsahy třídy C. Některé adresy z těchto rozsahů jsou přiděleny serverům a klientům. Kvůli zjednodušení vzdálené správy má většina směrovačů ke svým rozhraním, která neslouží jako přístupové body klientům, přiděleny IP adresy spadajících do těchto rozsahů. Z důvodů nedostatku veřejných IP adres nemají směrovače na okrajích infrastruktury přiřazeny veřejné IP adresy. Pro ně se využívá neveřejný rozsah 172.16.0.0/16.

### **2.2 Dělení IP adres**

Aby bylo vůbec možno adresy z jednoho rozsahu třídy C používat v různých segmentech sítě, jsou ve směrovačích společnosti Logicnet používány masky podsítě 255.255.255.252 (/30) a 255.255.255.248 (/29). Moderní směrovací protokoly tento systém beztřídního dělení adres podporují, proto způsob dělení IP adres v síti Logicnet nebude překážkou při nasazování dynamického směrovacího protokolu.

### **2.3 Network address translation**

I přes použití systému beztřídních IP adres by pro všechny počítače připojené k Internetu nebyl dostatek IP adres. Masivně se proto v lokálních sítích používá technologie network address translation (NAT), tedy překlad síťových adres. To je funkce směrovače, která provádí změnu IP adres paketů, kdy se zdrojová nebo cílová IP adresa převádí mezi různými rozsahy. Nejběžnější formou je tzv.

maškaráda, kdy směrovač IP adresy z nějakého rozsahu mění na svoji IP adresu a naopak. Tím umožňuje, aby počítače v lokální síti s neveřejnou adresou vystupovaly v Internetu pod IP adresou tohoto směrovače. Ten si drží po celou dobu spojení v paměti tabulku překladu adres. Takto lze pro velké množství počítačů použít jedinou veřejnou IP adresu. Důsledkem je, že počítače v lokální síti nemohou být v rámci Internetu jednoznačně adresovány.

Drtivá většina klientů společnosti Logicnet má přiřazenu neveřejnou adresu IP. Překlad adres se provádí až na Gateway směrovačích, které jsou připojeny k linkám poskytovatelů internetové konektivity. Protože ve vnitřní síti k překladu adres nedochází, nemusí být při nasazování dynamického směrovacího protokolu překlad adres brán v potaz. Překladu adres bude dále využito v případě výpadku jedné z linek poskytovatelů. Klientům s veřejnými IP adresami lze pomocí překladu adres NAT zajistit funkčnost připojení k Internetu i v případě, že došlo k výpadku na lince, ke které jejich IP adresa náleží. Pouze jejich veřejné IP adresy se pochopitelně stávají adresami neveřejnými.

### **3 Směrování v síti Logicnet**

Veškeré směrování v síti firmy Logicnet je statické. Pokud je do sítě přidán nový přístupový bod, je nutno do všech směrovačů, přes které prochází jeho provoz, přidat směrovací záznamy. Většinou jsou nové přístupové body budovány na krajích sítě, mnohdy je tak nutno ručně upravovat směrovací tabulky i jedné desítky směrovačů. Tento postup je zdlouhavý a snadno v něm síťový administrátor udělá chybu. Častá je také změna infrastruktury sítě. V průběhu června 2008 se firma Logicnet chystá změnit dodavatele internetové konektivity. To bude znamenat mohutné změny ve směrovacích tabulkách. I z těchto důvodů je vhodné přejít na směrování dynamické, kde se směrovací protokol o plnění směrovacích tabulek stará sám.

### 3.1 Statické směrování

Statické směrování obvykle označuje takové nasazení směrovače, kde administrátor manuálně konfiguruje směrovací tabulky jednotlivých směrovačů v síti. V případě změny topologie v síti, případně při výpadku určité trasy, musí administrátor směrovací tabulky upravit vzhledem k aktuálnímu stavu, což bývá v rozsáhlých sítích velice náročný proces. V menších sítích se většinou využívá statického směrování.

Výhody statického směrování:

- **velice snadné konfigurace** - při nasazování statického směrování stačí základní znalosti směrování IP protokolu,
- **bezpečnost** – u statického směrování je v podstatě vyloučena možnost infiltrace cizích směrovacích záznamů,
- **rychlost** – směrovače používající statické směrování nejsou zatíženy režii běhu dynamického směrovacího protokolu. Statické směrování nemusí čekat na konvergenci, je plně funkční ihned po nastartování směrovače.

Nevýhody statického směrování:

- **s rostoucí velikostí sítě se statické směrování stává nepřehledným** a časově náročným na správu,
- **nedokáže reagovat na změny v síti** - například výpadky linek nebo změnu topologie. V těchto případech je nutný ruční zásah síťového administrátora.

### 3.2 Dynamické směrování

Dynamickým směrováním se rozumí použití určitého směrovacího protokolu skupinou směrovačů. Tyto protokoly jsou navrženy tak, aby si směrovače svou vzájemnou komunikací samy naplnily směrovací tabulky. Směrovače tak dokážou dynamicky reagovat na změny topologie v síti.

Výhody dynamického směrování:

- **směrovače dynamicky reagují na změny v síti.** Při výpadku nebo změně topologie sítě si směrovače s dynamickým směrováním samy změň směrovací záznamy,
- **u větších sítí velice zjednoduší správu** - ta bývá osvobozena od konfigurace směrovacích tabulek. Místo nich se konfigurují dynamické směrovací protokoly a jejich parametry,
- **dynamické směrovací protokoly jsou schopny najít optimální cestu z jednoho místa sítě na druhé.** Ve spojení s dynamickým směrováním lze snadno optimalizovat zátěž jednotlivých segmentů sítě.

Nevýhody dynamického směrování:

- **nutnost hlubších znalostí fungování dynamického směrování** – při nasazování dynamického směrovacího protokolu je klíčová volba rolí jednotlivých směrovačů a nastavení parametrů dynamického směrovacího protokolu,
- **zvýšené nároky na výkon směrovačů** – dynamický směrovací protokol zatěžuje směrovače zejména při konvergenci. Nezanedbatelná ale může být i režie nutná k běhu směrovacího protokolu.,
- **rychlost konvergence** – směrovačům s dynamickým směrováním trvá určitý čas, než naplní své tabulky směrovacími informacemi,
- **zvýšené nároky na šířku pásma** – dynamické směrovací protokoly využívají kapacitu linek k výměně směrovacích informací a periodické kontrole dostupnosti okolních směrovačů.

Síť společnosti Loginet je již natolik rozsáhlá, že nasazení dynamického směrovacího protokolu nepochybně zjednoduší správu celé sítě. Je žádoucí, aby dynamické směrování zachovalo současný stav směrování, tedy aby datový tok na jednotlivých linkách zůstal nezměněn. Toho lze dosáhnout pomocí metriky

a zvýhodnit tak preferované trasy. Zvýšené nároky na výkon směrovačů je ale nutno řešit výměnou některých hodně zatížených směrovačů za výkonnější modely. Bezdrátové spoje poskytují přenosové rychlosti kolem 30 Mbit/s. Proto lze nároky na šířku pásma, které generují směrovací protokoly, zanedbat.

## **4 Dynamické směrovací protokoly**

### **4.1 Algoritmy používané směrovacími protokoly**

Při volbě dynamického směrovacího protokolu je nutno zvážit mnoho hledisek. Směrovací protokoly jsou založeny na různých principech činnosti. Z algoritmů, na kterých jsou jednotlivé směrovací protokoly založeny, vyplývají jejich základní vlastnosti. Na základě těchto vlastností se pak rozhoduje, nakolik je určitý směrovací protokol vhodný pro konkrétní nasazení.

#### **4.1.1 Směrovací protokoly využívající distance-vector algoritmy**

Tyto směrovací protokoly využívají Bellmanův-Fordův algoritmus pro výpočet nejkratší cesty v ohodnoceném grafu. Cílem algoritmu je nalézt cestu s nejmenším součtem cenových ohodnocení hran. Směrovač po spuštění algoritmu zná ceny cest pouze ke svým sousedům. S nimi si postupně vyměňuje směrovací tabulky. Ty záznamy, které ještě nemá, si do své tabulky doplní. Pokud má některý záznam v tabulce horší metriku než záznam sousedního směrovače, zvětšený o metriku spojnice k němu, směrovač jej ve své tabulce nahradí. Protokoly mají definovaný maximální počet přeskoků (maximal hopcount). Pokud dojde k překročení této hodnoty, síť se považuje za nedostupnou. Nehodí se proto pro rozsáhlejší sítě. Protože směrovače po síti posílají celé směrovací tabulky, generují relativně vysokou zátěž sítě. Rovněž rychlosti reakce při výpadku určité části sítě není neoptimálnější. Výhoda těchto protokolů je velice jednoduchá implementace. Typickými zástupci směrovacích protokolů využívajících distance-vector algoritmus jsou Routing Information Protocol (RIP) a Interior Gateway Routing Protocol (IGRP).

#### **4.1.2 Směrovací protokoly využívající link-state algoritmy**

Link-state algoritmy taktéž hledají nejkratší cestu v hranově ohodnoceném grafu. Každý směrovač si ve své paměti udržuje kompletní mapu sítě. K výpočtu nejkratší cesty se využívá dijsktrova algoritmu. Hrany jsou ohodnoceny cenou (cost). Vyšší cenou se ohodnocují pomalejší nebo dražší linky. Směrovač po spuštění algoritmu zasílá datagramy na všechna rozhraní nakonfigurovaná pro provoz směrovacího protokolu. Takto naváže spojení se sousedními směrovači. Nepřenáší se celé směrovací tabulky, ale pouze informace o změnách. Každý směrovač sleduje stav připojených linek a v případě změny informuje ostatní směrovače. Ty pak přepočítají optimální trasy a zaktualizují své směrovací tabulky. Díky tomu tyto protokoly velice rychle reagují na změnu topologie sítě. Protože se nepřenášejí celé směrovací tabulky, ale pouze informace o změnách, šetří se přenosové pásmo sítě. Hlavní nevýhodou jsou zvýšené požadavky na výkon směrovačů. Na tomto algoritmu je založen protokol Open Shortest Path First (OSPF).

### **4.2 Rozdělení směrovacích protokolů z hlediska jejich určení**

Dynamické směrovací protokoly lze z hlediska jejich určení rozdělit na dvě základní skupiny – externí a interní směrovací protokoly.

#### **4.2.1 Exteriorní směrovací protokoly**

Tyto protokoly se používají pro směrování a výměnu směrovacích informací mezi jednotlivými autonomními systémy. Směrování mezi autonomními systémy má charakteristické požadavky, které se nevyskytují v interním směrování. Směrovací tabulky mnohdy obsahují stovky tisíc záznamů. Nejdůležitějším kritériem nebývá vzdálenost, ale posuzují se parametry zohledňující cenu a další specifická pravidla závislá na cíli a zdroji. Nejpoužívanějším externím protokolem je dnes BGP, jenž zcela vytlačil dříve používaný protokol EGP.

#### **4.2.2 Interní směrovací protokoly**

Interními směrovacími protokoly se označují ty protokoly, které se zpravidla používají uvnitř autonomních systémů. Obvykle se jedná o protokoly založené na distance-vector (RIP) či link-state algoritmu (OSPF).

## 4.3 Směrovací protokoly na směrovačích Mikrotik

RouterOS implementuje 3 dynamické směrovací protokoly: BGP verze 4, RIP ve verzi 2 a OSPF verze 2.

### 4.3.1 Border Gateway Protocol

BGP je dynamický externí distribuovaný vektorový směrovací protokol vhodný pro směrování mezi autonomními systémy. Je vyžíván zejména na páteřních sítích Internetu. Umožňuje zohlednit směrovací politiku a upřednostňuje robustnost před výkonem.

Důvody pro nasazení BGP v síti Logicnet:

- řeší situaci při více přípojkách do Internetu.

Důvody proti nasazení BGP:

- nehodí se k nasazení uvnitř autonomních systémů,
- má vysoké nároky na výpočetní výkon a velikost operační paměti směrovačů,
- poskytovatelé internetové konektivity pro firmu Logicnet nevyžadují nasazení BGP na hraničních směrovačích,
- složitá konfigurace.

Protokol BGP je určen spíše pro směrování mezi autonomními systémy než pro výměnu směrovacích informací mezi směrovači uvnitř lokální sítě. Na síť společnosti Logicnet je vhodné hledět jako na jeden souvislý autonomní systém. Proto je v současném stavu sítě zbytečné uvažovat o nasazení protokolu BGP. Pro výměnu směrovacích informací uvnitř sítě Logicnet se tedy protokol BGP nehodí.

### 4.3.2 Routing Information Protocol

RIP je dynamický interní distribuovaný vektorový směrovací protokol používaný díky své nenáročnosti konfigurace a jednoduchosti hlavně v malých sítích. Velikost sítě je omezena - největší vzdálenost mezi směrovači je 15 skoků.



Důvody pro nasazení protokolu RIP:

- jednoduchá konfigurace,
- nenáročnost na výpočetní výkon směrovačů.

Důvody proti nasazení protokolu RIP:

- omezení maximální velikosti sítě na 15 skoků,
- používá pouze jednoduchou metriku – kvalitu cesty hodnotí pouze počtem přeskoků,
- protokol je náchylný na vznik směrovacích smyček a nedokáže vytvářet záložní alternativní cesty.

Protokol RIP je i ve své verzi RIPv2 beznadějně zastaralý. Omezuje ho hlavně maximální velikost sítě, na které dokáže pracovat. I v současném stavu má síť firmy Logicnet více než 15 přeskoků na mnoha místech a síť se neustále rozšiřuje. Protokol RIP, založený na distance-vector algoritmu, nemá pro potřeby sítě Logicnet dostatečně rychlou reakci na výpadek trasy. Protokol RIP je tedy pro nasazení v síti Logicnet naprosto nevhodný.

#### **4.3.3 Open Shortest Path First**

OSPF je dynamický interní distribuovaný hierarchický směrovací protokol provádějící změny ve směrovacích tabulkách na základě změny stavu v síti. Jedná se o nejpoužívanější směrovací protokol uvnitř autonomních systémů. Protokol podporuje rozdělení autonomního systému do oblastí. Tuto funkci je výhodné využít při nasazení do rozsáhlé sítě, kde jsou jednotlivé segmenty sítě relativně nezávislé.

Důvody pro nasazení protokolu OSPF:

- rychlá reakce na změny v topologii sítě,
- uživatelsky definovatelná metrika – možnost preferování určitých tras,
- při rozdělení sítě na oblasti je vhodný i pro rozsáhlé sítě,

- definuje si záložní trasy a umožňuje rozkládat zátěž na cestách se stejnou hodnotou metriky.

Důvody proti nasazení protokolu OSPF:

- nároky na procesorový čas a operační paměť při změnách v síti,
- nutnost důkladného návrhu úloh jednotlivých směrovačů.

Pro potřeby sítě Logicnet je velice výhodná rychlá reakce tohoto protokolu na výpadek linky. Díky této vlastnosti bude možno minimalizovat dobu nedostupnosti internetové konektivity klientům v případě výpadku linky dodavatelů. V oblastech, kde bude vytvořena smyčka, tato vlastnost taktéž napomůže k rychlé reakci na výpadek některého z bezdrátových spojů.

Tento protokol je s úspěchem využíván mnoha poskytovateli Internetu, kteří svoji síť budují na směrovačích od firmy Mikrotik. Na síťovém modelu s počítači s nainstalovaným systémem RouterOS jsem ověřil správnou funkčnost tohoto protokolu ve spojení s tímto směrovacím operačním systémem. Protokol OSPF je tedy nejvhodnější k nasazení na síť firmy Logicnet.

## **5 Protokol OSPF**

OSPF je zkratka termínu Open Shortest Path First. Na základě změn stavů v síti provádí tento protokol změny ve směrovacích tabulkách směrovačů. Nepřenáší se komplexní směrovací tabulky, ale pouze změny ve stavu linek a dílčí změny, čímž se šetří přenosová kapacita linek.

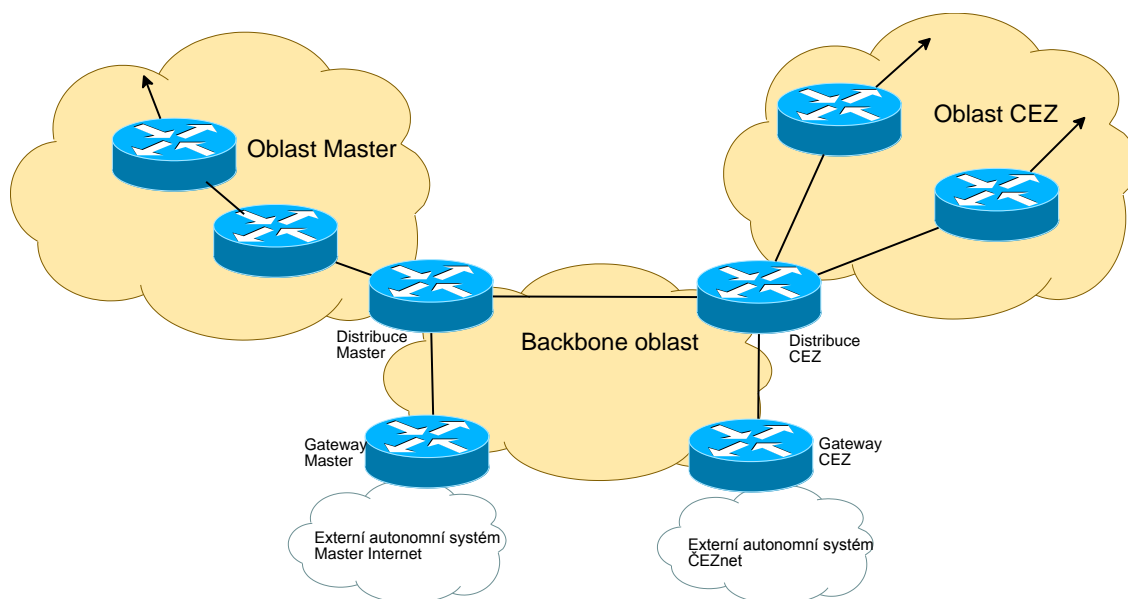
Mnoho přístupových bodů slouží pouze k distribuci internetové konektivity klientům, případně jako retranslace pro další přístupový bod. Na těchto směrovačích zůstane statické směrování, protože jejich připojení do OSPF by znamenalo pouze zvýšení zátěže ostatních směrovačů. Hraniční směrovače mezi oblastmi používajícími dynamické a statické směrování budou statické směrovací informace distribuovat do zbytku sítě.

## 5.1 Rozdělení sítě na oblasti

Autonomní systém je vhodné rozdělit na několik oblastí, ve kterých si směrovače vzájemně vyměňují sdělení o změnách v síti, ale mimo tuto oblast je neposílají. Díky tomu dokáže OSPF pracovat i ve velmi rozsáhlých sítích. Síť Logicnet je výhodné rozdělit na 3 oblasti. Toto rozdělení koresponduje s funkcí směrovačů, kterou zastávaly při statickém směrování.

Návrh oblastí, na které se bude dělit síť Logicnet:

- **páteřní oblast backbone** – do této oblasti budou spadat dva hraniční směrovače s autonomní oblastí a dva hraniční směrovače autonomního systému. Tato oblast bude zajišťovat správné směrování provozu z ostatních oblastí na odpovídající výchozí brány. Při výpadku jedné z linek dodavatelů internetové konektivity musí páteřní oblast zajistit přesměrování provozu na druhou linku,
- **oblast CEZ** – provoz směrovačů této oblasti je v páteřní směrování na výchozí bránu linky ČEZnet. Z této oblasti vedou dvě cesty, bude proto výhodné v oblasti CEZ vytvořit smyčku. Výpadek jedné z tras v této smyčce pak nezpůsobí výpadek internetové konektivity pro zbytek směrovačů v této oblasti,
- **oblast Master** – tato oblast vznikne ze směrovačů, které provoz sítě směrují na výchozí bránu linky Master Internet.



Obrázek 2. Rozdělení sítě Logicnet na oblasti

Směrovače si v krátkých intervalech kontrolují spojení se sousedními směrovači. Při změně v síti pak zašlou oznámení všem směrovačům ze stejné oblasti. Ty pak pomocí dijkstrova algoritmu přepočítají nové trasy v síti a patřičně si upraví směrovací tabulky. Každý směrovač si v paměti uchovává identickou kopii stromové struktury. Tato topologická databáze se označuje jako Link State Database (LSD). Díky rozdělení sítě na oblasti nebudou například směrovače z oblasti Master muset přepočítávat své Link State Database v případě, že dojde ke změně v oblasti CEZ.

## 5.2 Typy oblastí

### 5.2.1 Backbone area

Oblast 0 se nazývá páteřní, vyšší čísla jsou vyhrazené pro ostatní oblasti. Podobně jako IP adresa je číslo oblasti reprezentováno 32 bitovým číslem, často zapisovaným stejně jako se zapisují adresy IP. Páteřní síť se tedy značí jako oblast 0.0.0.0. Páteřní oblast je jádro OSPF sítě, ke které musí být ostatní oblasti připojeny. Toto spojení nemusí být přímé, lze využít virtuální linku. Ta ale může procházet nejvýše přes jednu další oblast. Oblasti Master i CEZ jsou k páteřní oblasti připojeny přímo. Virtuální linky tedy nebude nutno používat.

### **5.2.2 Stub area**

Ve stub oblasti všechny síťový provoz začíná nebo končí, ale nikdy jí neprochází. Pokud v OSPF síti nakonfigurujeme některou oblast jako stub, nebudou do ní propagovány externí cesty a směrování do externích sítí bude řešeno pomocí výchozí brány. Je tedy výhodné jako stub konfigurovat ty oblasti, ze kterých vede pouze jedna cesta ven. V případě, že je cest více, pak nemusí pakety směrované do ostatních oblastí procházet nejkratší cestou. Tento druh oblastí není možno v síti Logicnet použít, protože oblasti Master a CEZ budou sloužit jako tranzitní oblast pro směrovače, které si ponechají statické směrování.

### **5.2.3 Not so stubby area (NSSA)**

Pokud je nezbytné v oblasti, která by byla vhodným kandidátem na stub oblast, provádět redistribuci z jiného směrovacího protokolu, využívá se oblast NSSA. Ta má tedy obdobné vlastnosti jako stub oblast, připouští však, aby z ní byly propagovány externí cesty. Bylo by vhodné použít tento typ oblasti pro oblast Master i CEZ. Při nasazení protokolu OSPF na síťový model jsem ale zjistil, že současná implementace protokolu OSPF v systému RouterOS nedává při použití tohoto druhu oblastí předpokládané výsledky. Proto tento druh oblasti nebude využit.

### **5.2.4 Default area**

Jako oblast typu default je ve směrovacích se systémem RouterOS označována oblast výchozího typu. Tato oblast může sloužit jako tranzitní oblast a jsou z ní propagovány externí cesty. Páteřní oblast je pouze speciálním případem oblasti typu default. Vzhledem k chybné implementaci oblastí typu NSSA budou všechny oblasti v síti Logicnet typu default.

## **5.3 Typy směrovačů**

Protokol OSPF rozlišuje 4 základní role směrovačů v rámci OSPF.

### **5.3.1 Area border router (ABR)**

Hraniční směrovač oblasti připojuje jednu nebo více oblastí do páteřní oblasti. Je tedy členem více oblastí, v paměti si udržuje Link State Database pro

každou oblast zvlášť. V síti Logicnet budou úlohu hraničních směrovačů oblastí zastávat směrovače Distribuce Cez a Distribuce Master.

### 5.3.2 Autonomous system border router (ASBR)

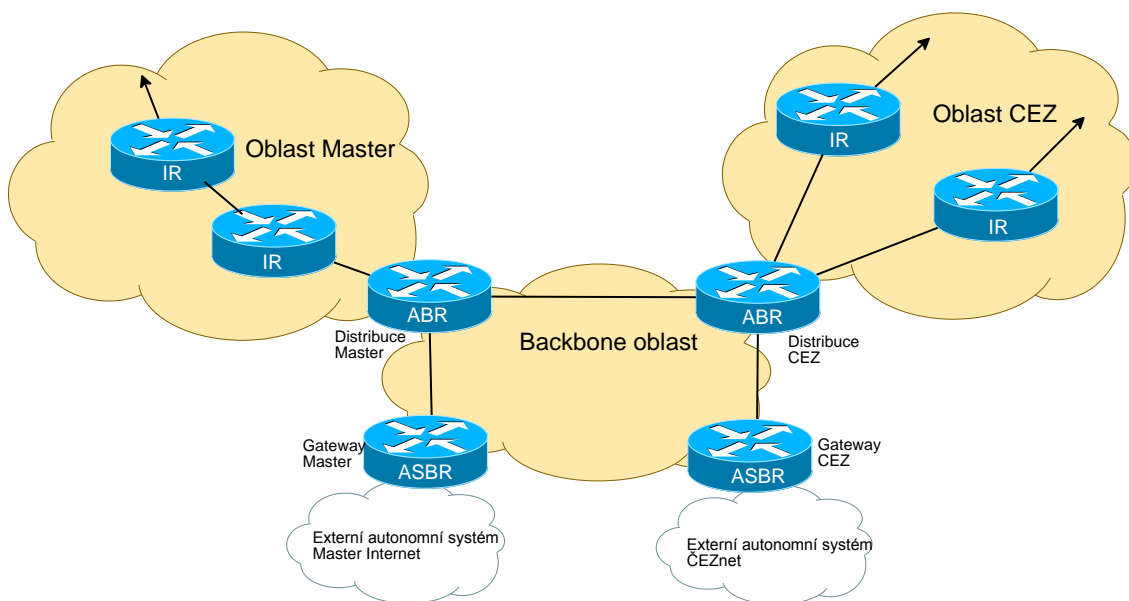
Hraniční směrovač autonomního systému je směrovač propojující více autonomních systémů. Na ASBR často běží i směrovací protokol BGP, případně používá statické směrování. Síť Logicnet je připojena k dvěma nezávislým autonomním systémům – ČEZnet s.r.o. a Master Internet. Proto budou v síti Logicnet dva hraniční směrovače autonomního systému – Gateway Master a Gateway Cez.

### 5.3.3 Internal router (IR)

Interní směrovač je členem pouze jedné oblasti, k jeho rozhraním jsou tedy připojeny pouze směrovače ze stejné oblasti. Kromě Gateway a distribučních směrovačů jsou všechny ostatní směrovače v síti Logicnet, na které bude nasazen protokol OSPF, interními směrovači.

### 5.3.4 Backbone router (BR)

Směrovač páteřní oblasti je každý směrovač, jenž je členem páteřní oblasti. To znamená, že každý hraniční směrovač je směrovačem páteřní oblasti, ale ne každý směrovač páteřní oblasti je hraničním směrovačem.



Obrázek 3. Role směrovačů

## 5.4 Identifikace směrovačů

Pro identifikaci směrovačů se používá 32 bitové číslo Router ID. Toto číslo si směrovač obvykle nastavuje sám podle nejvyšší IP adresy na svých síťových rozhraních. To je i výchozí stav ve směrovačích se systémem RouterOS. Hodnota Router ID je ve výchozím stavu nastavena na hodnotu 0.0.0.0 a směrovač jako Router ID použije nejvyšší IP adresu přiřazenou k jeho rozhraním.

## 5.5 Metrika

Protokol OSPF používá metriku označovanou jako cena (cost). To je číslo v rozsahu 1 až 65535 přiřazené ke každému rozhraní směrovače. Čím menší je číslo, tím má cesta výhodnější metriku a bude tedy více preferována. Standardně se ke každému rozhraní přiřazuje cena automaticky odvozená z šířky pásma daného rozhraní podle vztahu:

$$\text{cost} = 1\,000\,000\,000 / \text{přenosová rychlost linky v bitech za sekundu}$$

Výpočet metriky lze přizpůsobit konkrétním požadavkům. V případě nasazování OSPF v síti Logicnet je nejdůležitějším měřítkem právě propustnost jednotlivých bezdrátových spojů. Proto jsem pro výpočet hodnoty cost použil standardního vzorce. Pro 100 Mbit/s ethernetové linky vychází  $\text{cost} = 10$ . To je ve směrovačích s RouterOS výchozí hodnota. Bezdrátové spoje s technologií 802.11a mají reálnou propustnost kolem 30 MBit/s. Pro tyto spoje bude tedy hodnota cost nastavena na hodnotu 50. Cost bude nastaven na vyšší hodnotu pouze u těch spojů, kde je žádoucí odklonit datový tok alternativní cestou. To bude případ záložních linek v zakruhovaných oblastech.

Protokol OSPF implementuje dva druhy metriky:

- **Type 1** – v tomto případě je metrika ve stejných jednotkách jako cost přiřazovaný jednotlivým linkám. To znamená, že hodnoty cost pro cesty do externích sítí jsou porovnatelné s hodnotami cost interních cest. Statické záznamy v síti Logicnet budou mít nastavenou metriku typu 1,

- **Type 2** – metrika typu 2 je vždy vyšší než metrika libovolné interní cesty. Tento druh metriky je vhodné nastavit u směrování mimo autonomní systém. Tento druh metriky tedy bude nastaven pro výchozí brány na hraničních směrovačích autonomního systému.

## 6 Vlastní implementace

### 6.1 Nasazování OSPF

Protože není možné na delší dobu přerušit dodávku internetové konektivity klientům, musí nasazování OSPF protokolu na směrovače firmy Logicnet probíhat postupně. Část směrovačů se nakonfiguruje pro provoz protokolu OSPF. Mezi směrovači se vytvoří vztahy sousednosti a postupně si doplní své směrovací tabulky o informace z již pro OSPF nakonfigurovaných směrovačů. Statické směrovací záznamy mají ve směrovačích s RouterOS vždy přednost před záznamy, které jsou vytvářeny dynamicky. Dynamické záznamy zůstávají neaktivní do doby, než jsou s nimi shodné statické záznamy odstraněny nebo zakázány. Díky tomu lze jednotlivé segmenty sítě postupně migrovat pro práci s protokolem OSPF a statické záznamy nahrazovat jejich dynamickými ekvivalenty.

Mnoho přístupových bodů slouží pouze k distribuci internetové konektivity klientům, případně jako retranslace pro další přístupový bod. Vzhledem k tomu, že stub a NSSA oblasti v RouterOS nejsou zcela implementovány a jejich použití nedává předpokládané výsledky, statické směrování zůstane na mnoha přístupových bodech situovaných mimo hlavní páteřní spoje sítě. Jejich připojení do OSPF by znamenalo pouze zvýšení zátěže ostatních směrovačů. Na hraničních směrovačích mezi oblastmi používajícími dynamické a statické směrování bude zapnuta funkce *Redistribute Static Routes*, takže směrovací informace, jež obsahuje tento hraniční směrovač, budou distribuovány do zbytku sítě.

### 6.2 Konfigurace směrovačů se systémem RouterOS

Směrovače se systémem RouterOS se dají snadno konfigurovat pomocí nástroje Winbox. Ten umožňuje většinu voleb tohoto systému ovládat

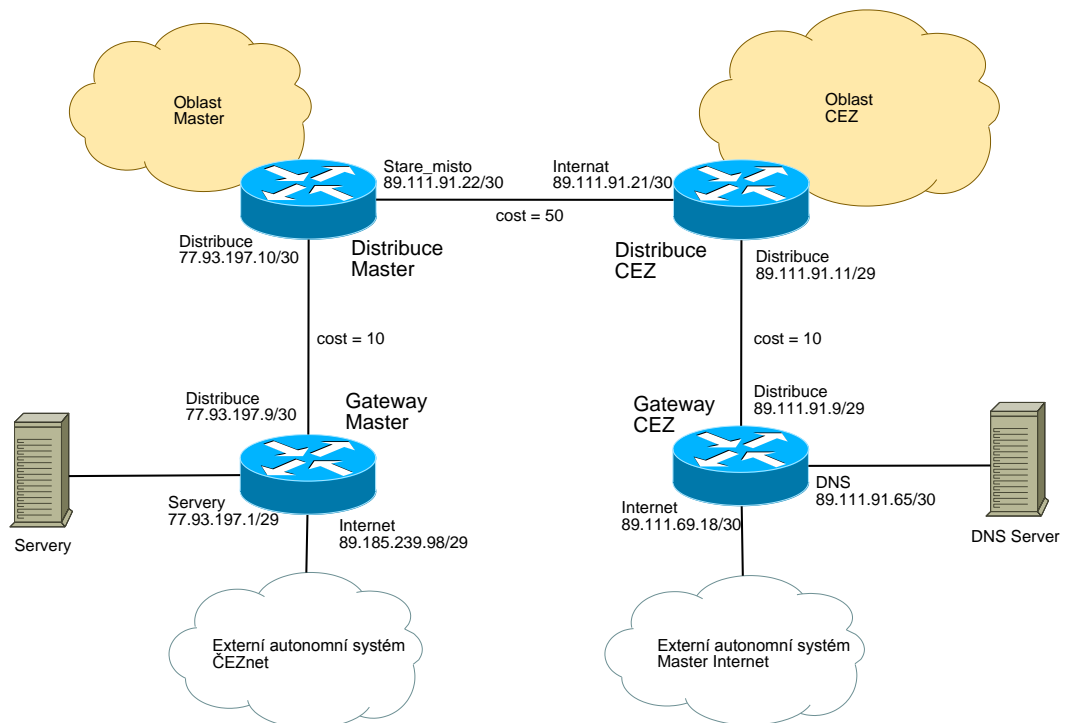


v přehledném grafickém rozhraní. Program Winbox je určen pouze pro operační systémy Microsoft Windows. Pochopitelně RouterOS umožňuje i přihlášení službou *telnet* nebo *ssh* a konfiguraci pomocí příkazové řádky. Grafické prostředí nástroje Winbox je zachyceno v příloze B.

### 6.3 Páteří oblast

Páteří oblast se skládá ze 4 směrovačů: Distribuce Master a Distribuce CEZ, Gateway Master a Gateway CEZ. Gateway směrovače slouží jako hraniční směrovače autonomního systému (ASBR), distribuční směrovače plní funkci hraničních směrovačů (ABR) pro oblasti Master a CEZ.

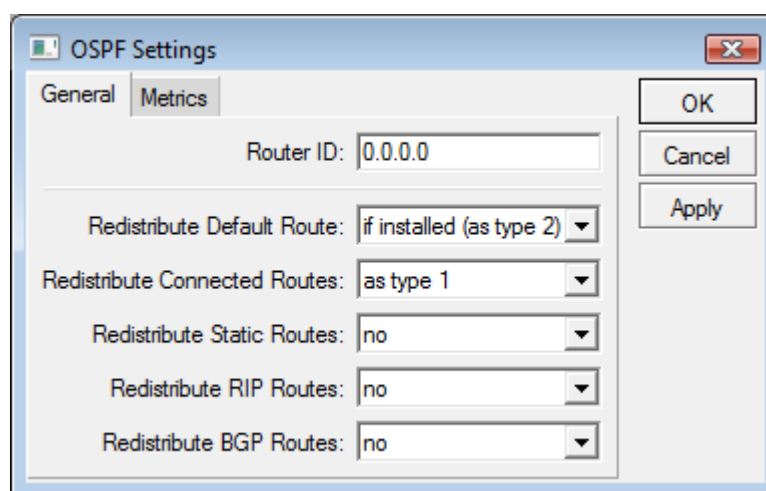
Distribuční směrovače jsou s Gateway směrovači propojeny pomocí 100 Mbit ethernetové linky. Proto těmto rozhraním bude ponecháno výchozí nastavení *cost = 10*. Záložní linka mezi distribuce Master a distribuce CEZ je velice kvalitní bezdrátový spoj realizovaný 5 GHz 802.11a technologií. Jeho propustnost je 30Mbit/s, výpočtem vychází *cost = 50*.



Obrázek 4. Oblast backbone

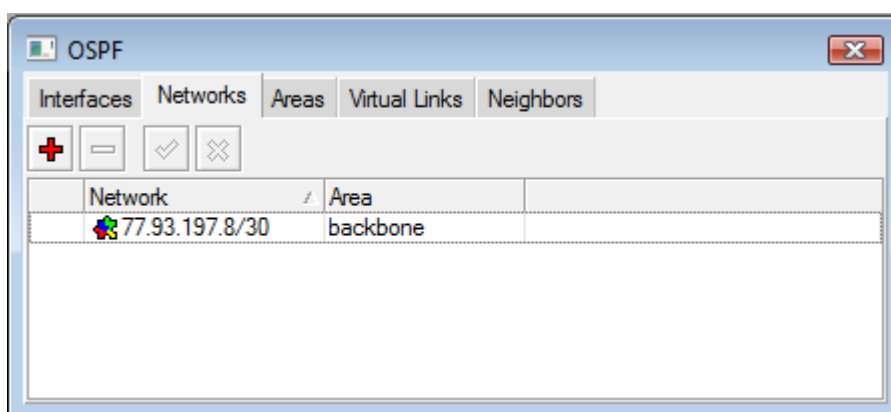
### 6.3.1 Konfigurace směrovače Gateway Master

Protože směrovač Gateway Master plní úlohu směrovače autonomního systému (ASBR), distribuuje svojí výchozí bránu do celé OSPF sítě díky volbě *Redistribute Default Route*. Dále distribuuje směrovací informace o všech přímo dosažitelných sítích pomocí volby *Redistribute Connected Routes*. Protože kromě své výchozí brány tento směrovač nepoužívá žádné statické směrování, má vypnutou volbu *Redistribute Static Routes*.



Obrázek 5. Konfigurace parametru OSPF na směrovači Gateway Master

Nastavení oblasti zůstalo ve svém výchozím stavu, směrovač Gateway Master je tedy členem pouze oblasti backbone. Vzhledem k tomu, že směrovače páteřní oblasti neslouží jako přístupové body pro klienty, není nutno používat autentifikaci. Do OSPF oblasti backbone byl přidán rozsah 77.93.197.8/30, který je přiřazen rozhraní Distribuce.



Obrázek 6. Přidání IP rozsahu do OSPF

Protože na směrovači Gateway Master prozatím běží RouterOS ve verzi 2.9.27, je ve výpisu sousedů uveden i tento směrovač. Pochopitelně sám se sebou stav sousednosti nenašel, zůstal ve stavu *2-Way*. RouterOS ve verzi 3 tento záznam již nezobrazuje. Směrovač s id 172.16.3.129 je Distribuce Master, se kterým Gateway Master navázal plný vztah sousednosti. Doposavad došlo k šesti směnám stavu mezi těmito směrovači, tuto skutečnost indikuje údaj *state-changes=6*. Pokud by se tato hodnota zvyšovala i v ustáleném stavu sítě, znamenalo by to, že protokol OSPF není správně nakonfigurován.

Router ID	Address	State	State Changes
89.185.239.98	77.93.197.9	2-Way	0
172.16.3.129	77.93.197.10	Full	6

Obrázek 7. Sousedé směrovače Gateway Master

### 6.3.2 Konfigurace směrovače Gateway CEZ

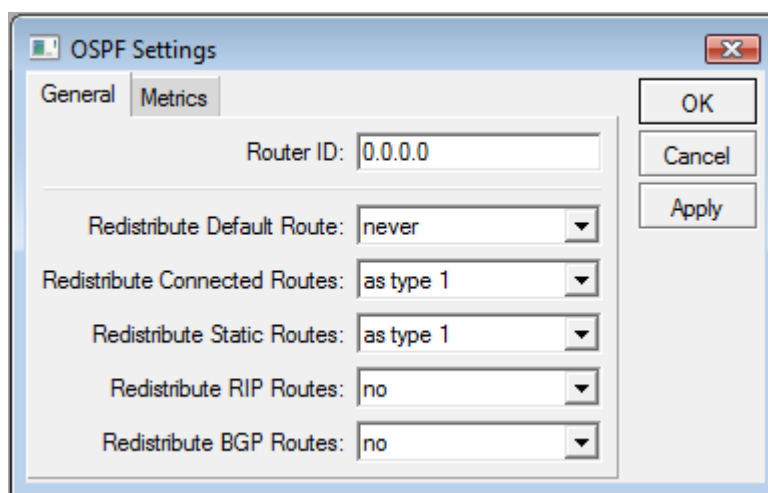
Tento směrovač plní funkci výchozí brány pro druhou část sítě. Konfigurace protokolu OSPF je naprosto shodná s konfigurací směrovače Gateway Master. Do oblasti backbone byl přidán rozsah 89.111.91.8/29, jenž je přiřazen rozhraní Distribuce. Směrovač Gateway CEZ navázal sousedství se směrovačem s id 172.16.3.221, tedy se směrovačem Distribuce CEZ.

Router ID	Address	State	State Changes
172.16.2.1	89.111.91.9	2-Way	0
172.16.3.221	89.111.91.11	Full	5

Obrázek 8. Sousedé směrovače Gateway Cez

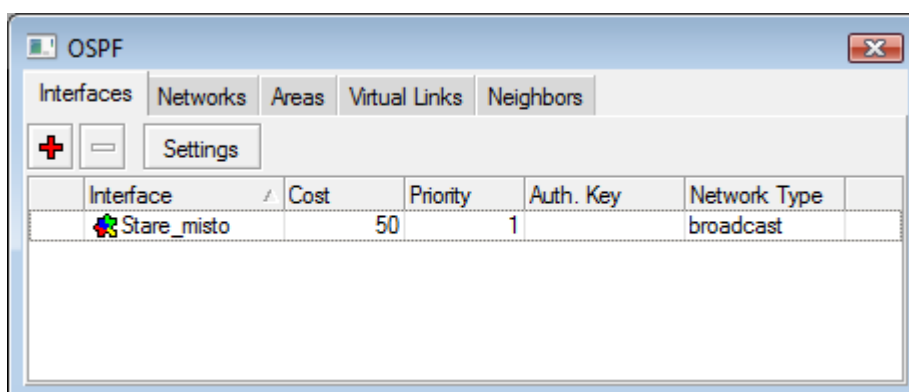
### 6.3.3 Konfigurace směrovače Distribuce Master

Distribuce Master je hraničním směrovačem pro oblast Master. Protože není hraničním směrovačem autonomního systému, nesmí distribuovat svoji výchozí bránu. Volba *Redistribute Default Route* je tedy vypnuta. Směrovač pouze distribuuje směrovací informace o přímo dosažitelných sítích a své statické směrovací záznamy. K jeho rozhraním jsou totiž připojeny i směrovače, které dynamický směrovací protokol nevyužívají.



Obrázek 9. Konfigurace parametrů OSPF na směrovači Distribuce Master

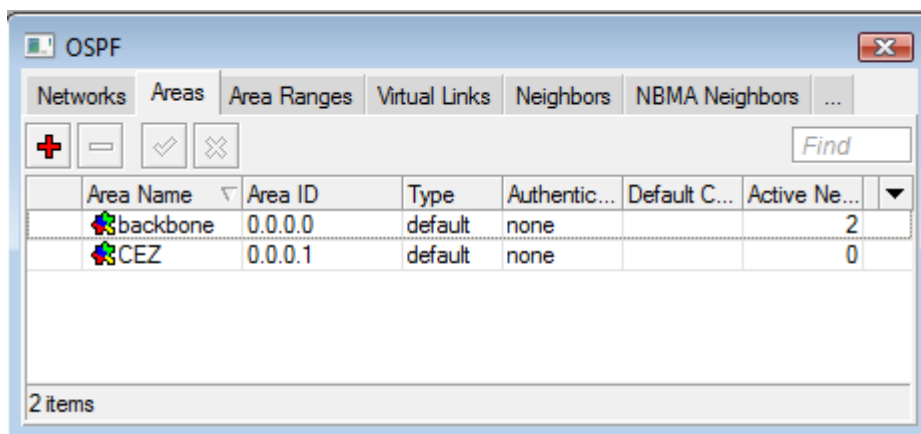
K rozhraní *Stare\_misto*, tedy k rozhraní spojeného se směrovačem Distribuce Cez, byla přiřazena hodnota *cost = 50*. K rozhraní, které je spojeno se směrovačem Gateway Master, hodnotu *cost = 10* není nutno přiřazovat, protože tato hodnota je ve směrovačích se systémem RouterOS přiřazena všem rozhraním automaticky.



Obrázek 10. Přiřazení hodnoty *cost* rozhraní *Stare\_misto*

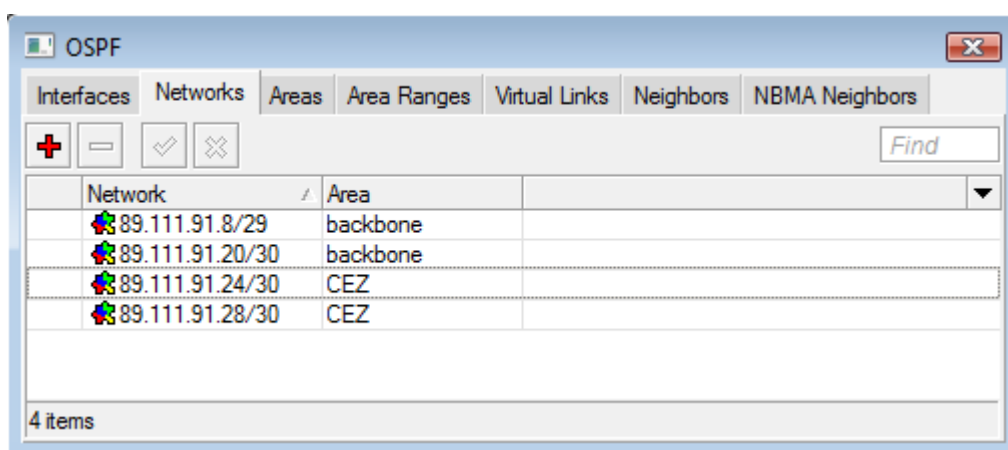
### 6.3.4 Konfigurace směrovače Distribuce CEZ

Nastavení parametrů OSPF na tomto směrovači je shodné se směrovačem Distribuce Master. K rozhraní Internat, Brada a Nemyceves je přiřazena hodnota cost = 50. V nastavení oblastí je k oblasti backbone přidána i oblast CEZ, pro kterou je tento směrovač hraničním směrovačem.



Obrázek 11. Konfigurace oblastí na směrovači Distribuce Cez

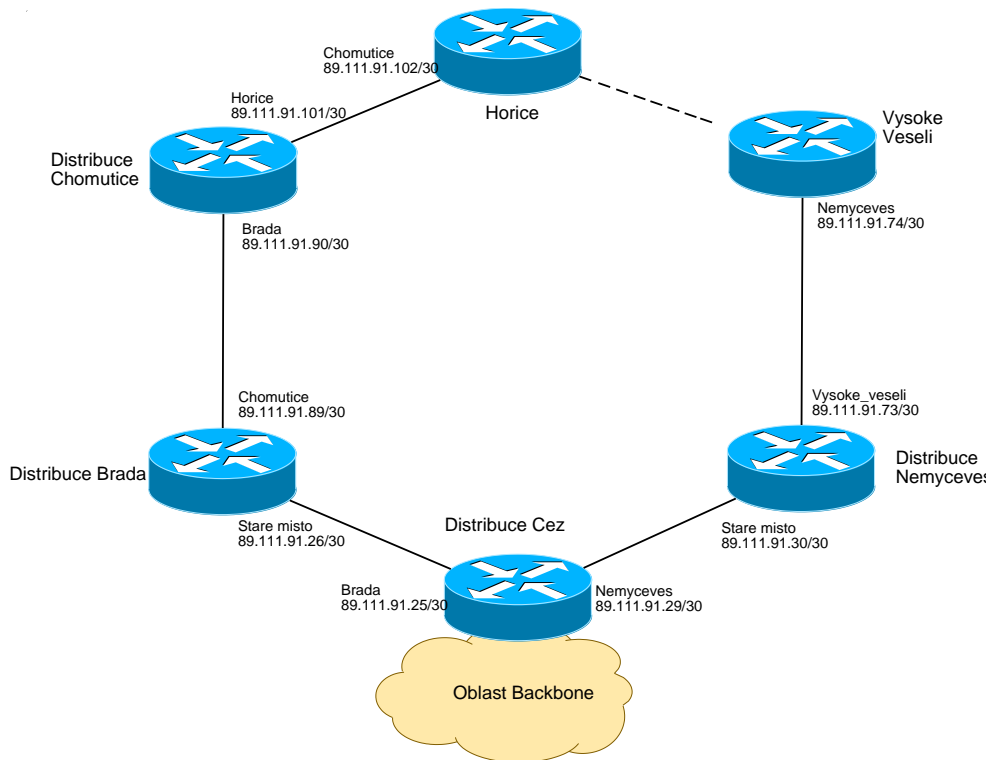
Jednotlivá rozhraní mají přiřazenou tu oblast, do které spadají. Podobně bude zkonfigurován směrovač Distribuce Master, až bude oblast Master připravena na přechod na protokol OSPF. Tyto 2 distribuční směrovače jsou tedy jedinými směrovači, které jsou členy více oblastí zároveň.



Obrázek 12. Přiřazení IP rozsahů OSPF oblastem na směrovači Distribuce CEZ

## 6.4 Oblast CEZ

Přechod této oblasti na protokol OSPF je téměř hotov. V současné době je realizována záložní linka mezi směrovači Horice a Vysoké Veseli.

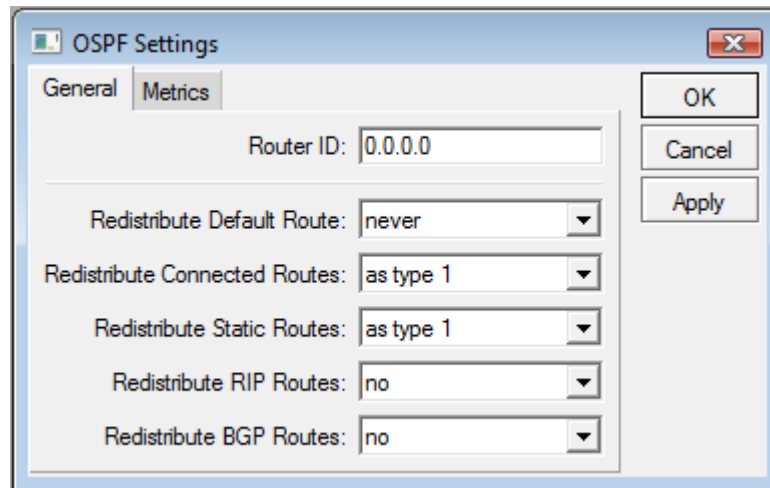


Obrázek 13. Oblast CEZ

Směrovač Distribuce Cez patří i do oblasti backbone, jeho konfigurace byla popsána v předchozích kapitolách. Ostatní směrovače z této oblasti jsou interními směrovači oblasti, konfigurace parametrů protokolu OSPF tedy bude u všech směrovačů naprosto shodná.

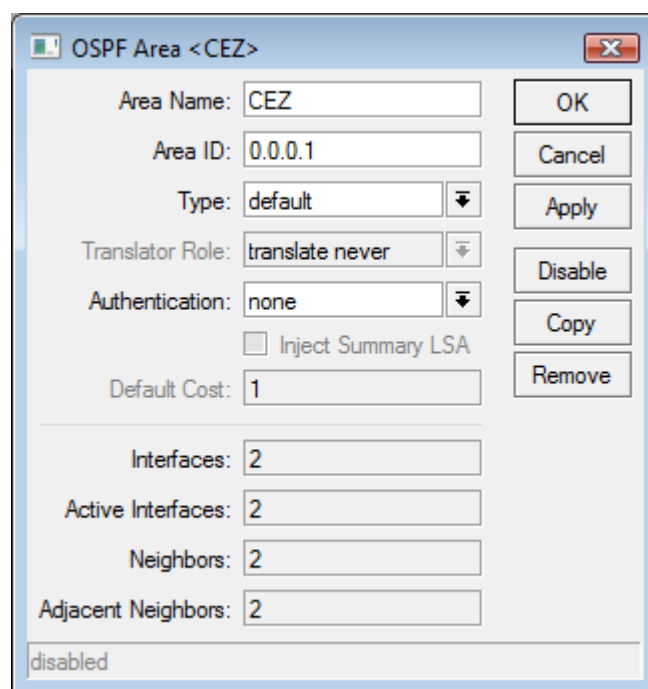
#### 6.4.1 Konfigurace směrovačů oblasti CEZ

Směrovače této oblasti jsou interními směrovači, nemohou tedy distribuovat svoji výchozí bránu. Musejí ale do sítě distribuovat směrovací informace o přímo dostupných sítích volbou *Redistribute Connected Routes*. Protože tyto směrovače mohou mít ke svým rozhraním připojeny další směrovače, které nepoužívají dynamický směrovací protokol, musejí distribuovat do sítě své statické směrovací informace pomocí volby *Redistribute Static Routes*.



Obrázek 14. Konfigurace parametrů OSPF na směrovačích oblasti CEZ

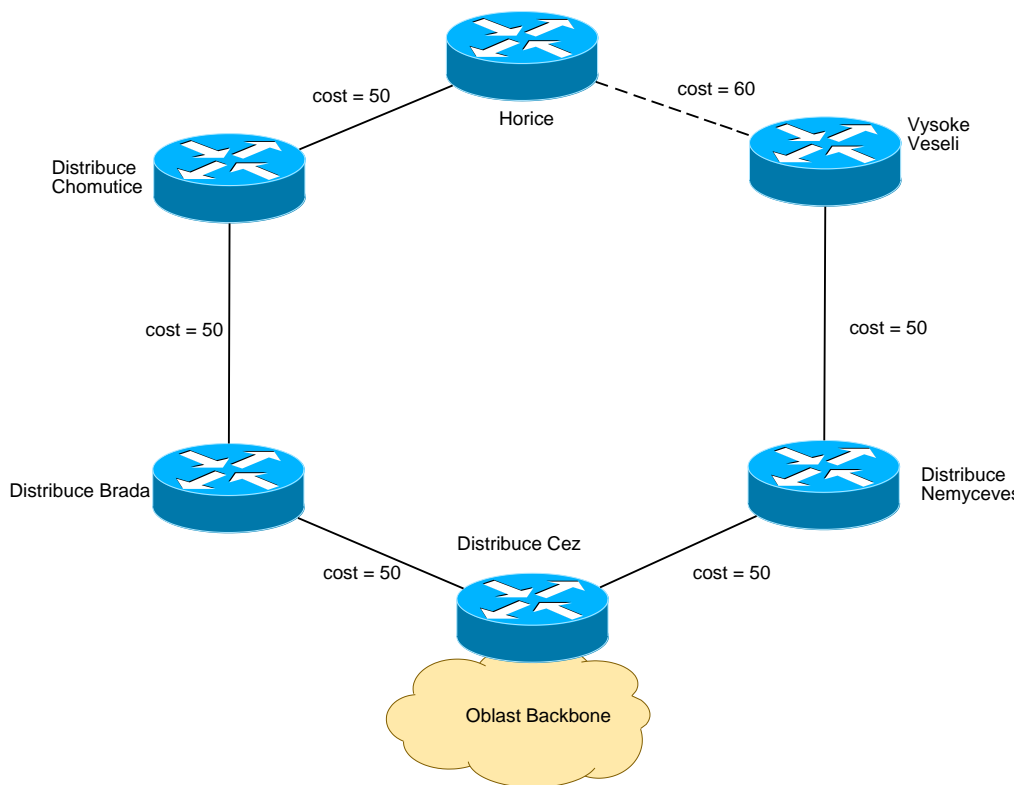
Ve směrovačích oblasti CEZ je nutno tuto oblast definovat. Oblast s názvem CEZ má jako číslo oblasti přiřazenu hodnotu 0.0.0.1. Vzhledem k chybám v implementaci NSSA oblastí v systému RouterOS zůstává nastavení typu oblasti na hodnotě default. Autentifikaci není nutno používat, protože žádný ze směrovačů této oblasti nebude sloužit jako přístupový bod pro klienty.



Obrázek 15. Konfigurace oblasti CEZ

Hodnoty cost v této oblasti budou nastaveny na hodnotu 50. Pouze záložní linka mezi směrovači Horice a Vysoké Veselí bude mít hodnotu vyšší. Pokud by tato linka měla cost hodnotu shodnou jako ostatní spoje, vedly by ze směrovače Horice

dvě stejně ohodnocené trasy. To by vedlo k tomu, že zátěž, kterou vytvářejí klienti bodu Horice, by se rovnoměrně rozkládala mezi obě trasy. Linky mezi směrovači Vysoké Veselí, Distribuce Nemyceves a Distribuce Staré Místo jsou ale dost vytíženy i v současném stavu. Proto je další zvyšování datového toku v této části sítě nežádoucí. Hodnota cost nastavená na hodnotu 60 zajistí, že datový tok směrovače Horice poteče stejnou trasou jako doposud.

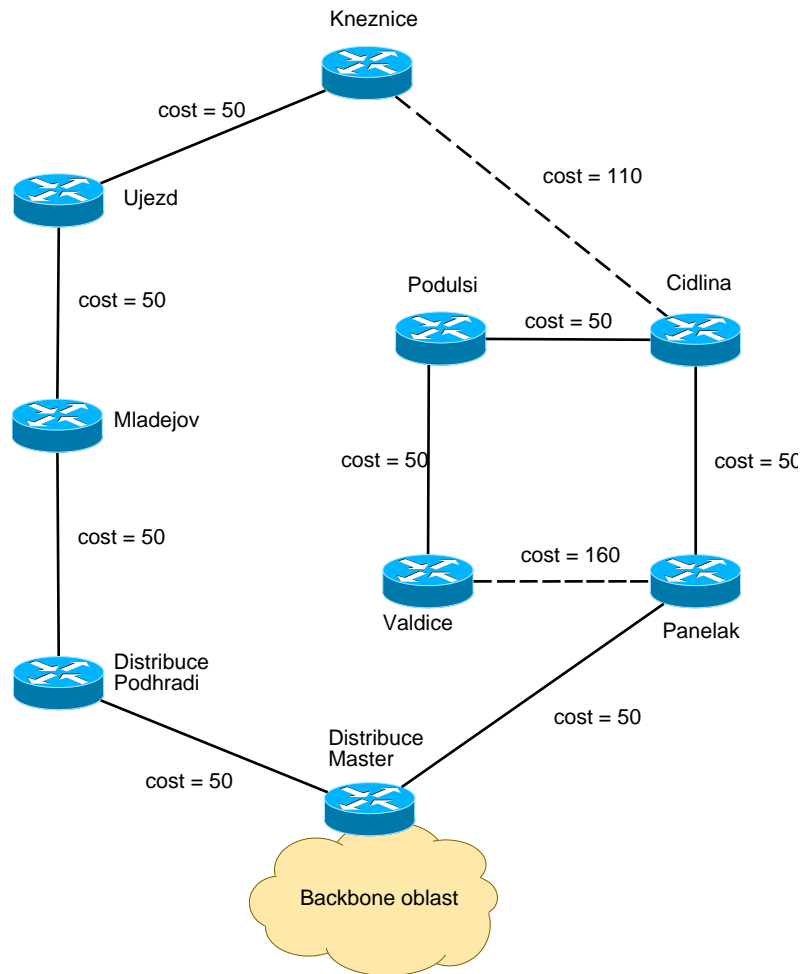


Obrázek 16. Hodnoty cost v oblasti CEZ

## 6.5 Oblast Master

Před nasazením protokolu OSPF do této oblasti bude nutno vyměnit některé směrovače za výkonější modely a zbudovat dva záložní bezdrátové spoje.





Obrázek 17. Oblast Master

Plánované záložní linky jsou v obrázku vyznačeny čárkovaně. Hodnota cost u těchto záložních linek bude nastavena tak, aby se zachoval současný stav směrování. V případě spoje mezi směrovači Kneznice a Cidlina bude hodnota cost nastavena na hodnotu 110 a pro spoj mezi směrovači Valdice a Panelak na hodnotu 160.

## 6.6 Automatická záloha

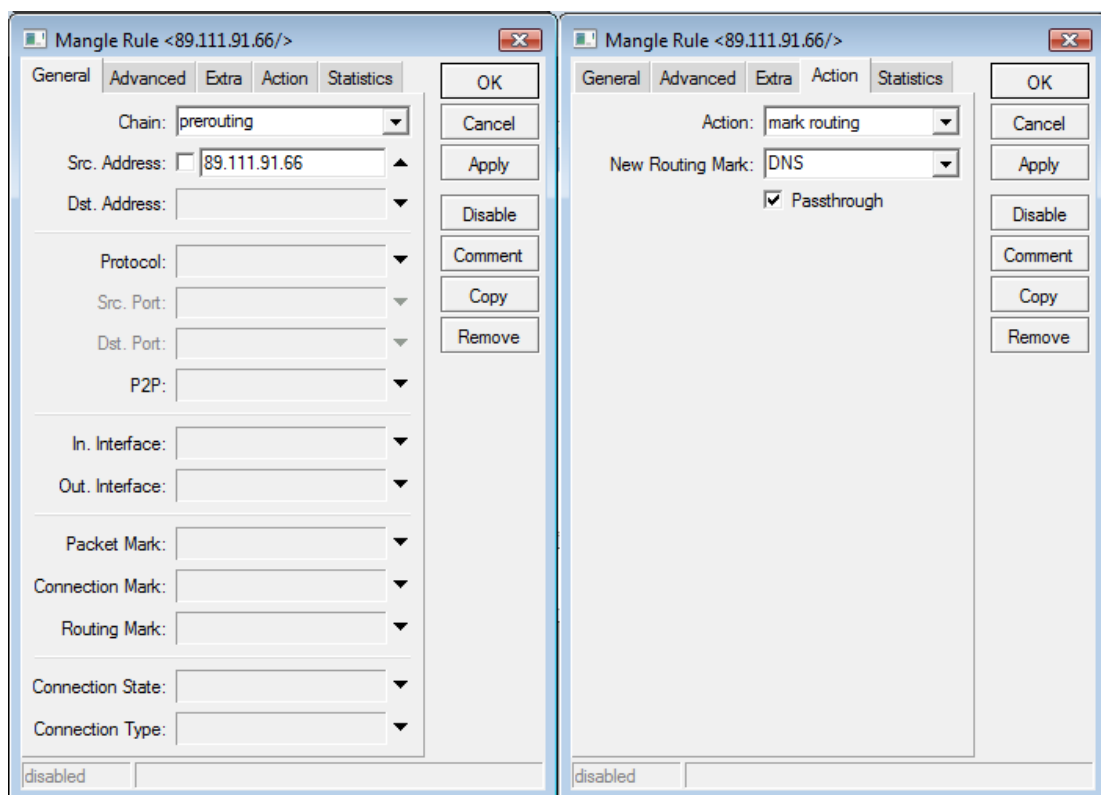
Jedním z nejdůležitějších cílů při nasazování OSPF bylo automatické odklánění provozu při výpadku jedné z linek poskytovatelů internetové konektivity. Samotný protokol OSPF pro řešení tohoto problému nestačí. RouterOS ale disponuje mnoha nástroji, které dokážou proces přepínání realizovat.

V momentě kdy je na jedné z linek zjištěn výpadek, Gateway směrovač této linky se musí přestat delegovat jako výchozí brána. Díky tomu s ním sousedící

distribuční směrovač změni svoji výchozí bránu směrem k nejbližšímu směrovači delegujícímu se jako výchozí brána. A tím je druhý Gateway směrovač. Po pomnutí výpadku se Gateway směrovač začne opět delegovat jako výchozí brána pro OSPF síť a jemu sousedící distribuční směrovač si na něj změni svoji výchozí bránu. Výchozí brána se tedy chová stejně jako jakákoliv jiná směrovací informace, směrovače vždy hledají nejkratší cestu.

### 6.6.1 Přesměrování DNS serverů

V Gateway směrovačích se výchozí brána nemění, statická výchozí brána má přednost. To ale znamená, že DNS server připojený k tomuto směrovači nebude mít při výpadku přístup k Internetu. Mnoho klientů má ve svých zařízeních uveden pouze jeden z DNS serverů. Výpadek jedné z linek by tak pro ně mohl znamenat omezenou funkčnost jejich internetové přípojky. Proto je v každém Gateway směrovači vytvořena výjimka pro DNS servery pomocí nástroje Mangle. Ten dokáže pakety splňující určitá kritéria orazítkovat a poté jim přiřadit směrovací záznamy vztahující se pouze na tyto pakety.



Obrázek 18. Pravidlo Mangle

Takto se všechny pakety, které generuje DNS server, orazítkují značkou DNS. Ve směrovací tabulce se vytvoří směrovací záznam vztahující se pouze na tyto pakety. V normálním stavu sítě je tento záznam neaktivní.

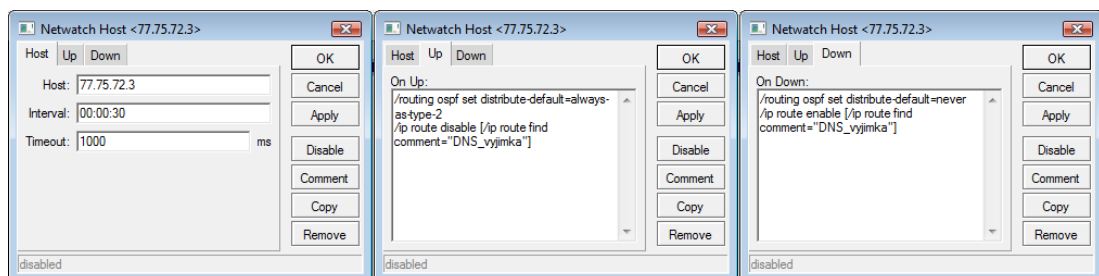
	Destination	Gateway	Pref. Source	Distance	Interface	Routing Mark
AS	▶ 0.0.0.0/0	89.111.69.17			Internet	
DO	▶ 0.0.0.0/0	89.111.91.11			Distribuce	
::: DNS_vyjimka						
XS	▶ 0.0.0.0/0	89.111.91.11			Distribuce	DNS

Obrázek 19. Výchozí brány a výjimka pro DNS ve směrovací tabulce

Při zaznamenání výpadku je tento směrovací záznam povolen a provoz, který generuje DNS server, je směrován na distribuční směrovač a z něho dále na druhý Gateway směrovač. DNS server tedy plní svoji funkci překladač adres pro klienty i během výpadku linky, ke které náleží svojí veřejnou IP adresou.

### 6.6.2 Nástroj Netwatch

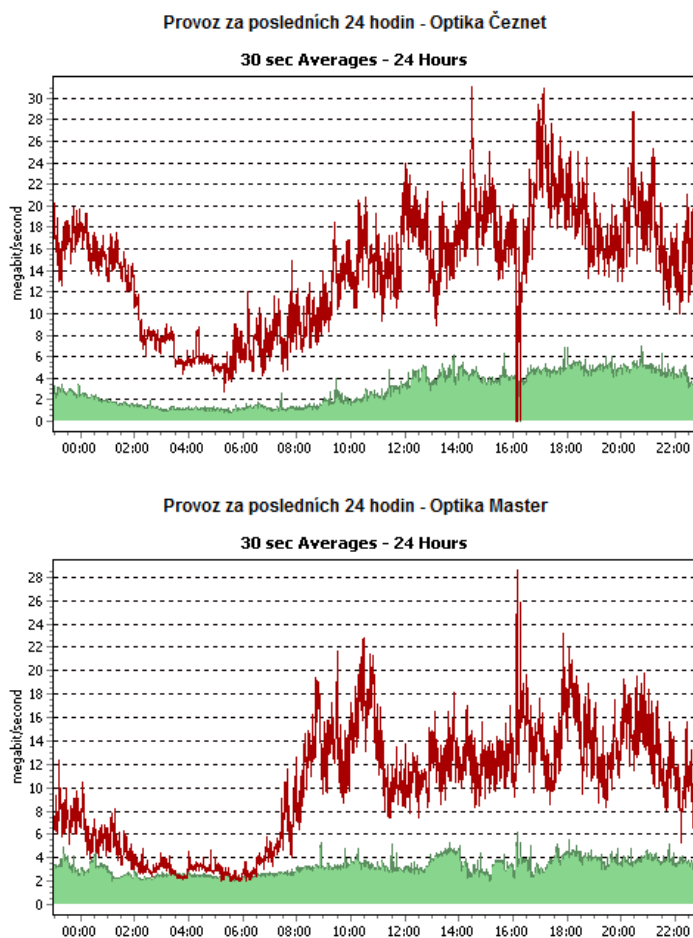
Tento nástroj umožňuje spustit sadu příkazů v případě, že zaznamená výpadek na ping pakety na určenou IP adresu. Je tedy vhodný pro monitorování výpadku linek. Odezva na ping paket se kontroluje na IP adresu 77.75.72.3, která patří českému serveru www.seznam.cz. Dlouhodobým testováním je ověřeno, že tento server má vynikající stabilitu. Netwatch je nastaven tak, že v momentě kdy Gateway směrovač zaznamená 30 sekund dlouhý výpadek ping paketů na tuto IP adresu, spustí 2 příkazy systému RouterOS. První zajistí, aby se Gateway směrovač přestal delegovat jako výchozí brána, a druhý zapne výjimku pro DNS server. Po pominutí výpadku nástroj Netwatch výjimku pro DNS zakáže a zajistí, aby Gateway směrovač opět vystupoval jako výchozí brána pro OSPF síť. Služba Netwatch je spuštěna na obou Gateway směrovačích se shodným nastavením.



Obrázek 20. Konfigurace nástroje Netwatch

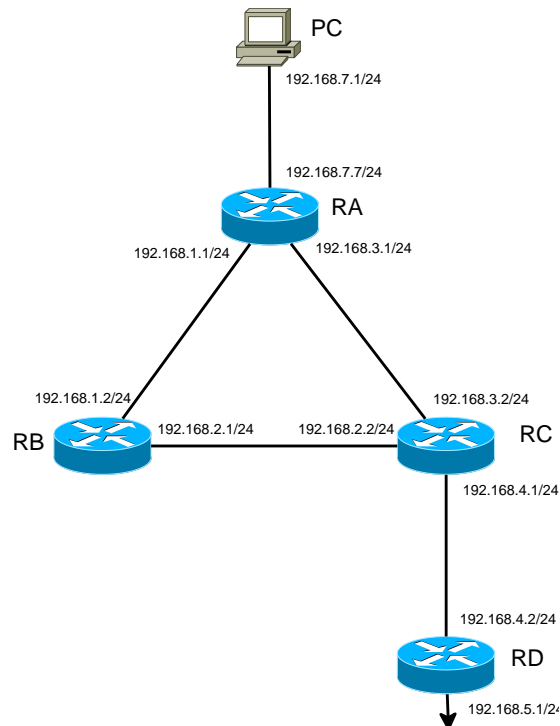
## 6.7 Experimentální ověření

Funkčnost automatického zálohování byla ověřena několika experimenty, při kterých se Gateway směrovačům simuloval výpadek internetové konektivity. Dne 2. 5. 2007 po 16. hodině došlo na lince ČEZnet ke krátkému nehlášenému výpadku. Nástroj Netwatch běžící na směrovači Gateway Cez po půl minutě nedostupnosti IP adresy 77.75.72.3 spustil příkazy, díky kterým se směrovač Gateway Cez přestal delegovat jako výchozí brána pro OSPF síť. Distribuční směrovač Distribuce Cez si výchozí bránu změnil směrem k směrovači Gateway Master a záložní linkou začala proudit data původně určená pro Gateway Cez. Grafy, znázorňující datový tok na obou Gateway směrovačích ukazují, že symetricky s poklesem datového toku směrovačem Gateway Cez stoupl provoz na směrovači Gateway Master. Přesměrován byl i provoz primárního DNS serveru, který je připojen ke směrovači Gateway Cez, takže po dobu výpadku linky společnosti ČEZnet nebyla přerušena dodávka služeb pro zákazníky z oblasti CEZ na déle než 30 sekund.



Obrázek 21. Grafy datového toku na Gateway směrovačích (12)

Protože se díky nutným změnám v infrastruktuře nepodařilo prozatím realizovat zakruhování oblasti CEZ, byla rychlost reakce protokolu OSPF na přerušení linky ověřena na síťovém modelu. Ten byl sestaven ze čtyř osobních počítačů Dell OptiPlex GX100, na jejichž pevné disky byl nainstalován operační systém RouterOS.



Obrázek 22. Síťový model

Dostupnost rozhraní směrovače RD s IP adresou 192.168.5.1 byla testována nástrojem ping spuštěným na počítači s adresou 192.168.7.1. Pro linku s IP rozsahem 192.168.3.0/24 spojující směrovače RA a RC byla nastavena vysoká hodnota cost = 100. Proto pakety, které generoval nástroj ping, procházely přes směrovač RB, jak dokazuje výpis z programu tracert.

Tracing route to 192.168.5.1 over a maximum of 30 hops

1	2 ms	1 ms	2 ms	192.168.7.7
2	2 ms	2 ms	1 ms	192.168.1.2
3	3 ms	4 ms	2 ms	192.168.3.2
4	2 ms	1 ms	1 ms	192.168.5.1

Trace complete.

Po vypnutí směrovače RB zbývající směrovače přepočítaly své směrovací tabulky. K zaznamenání výpadku směrovače RB a k provedení všech změn došlo tak

rychle, že vypadl jediný paket nástroje ping. Reakční čas na výpadek protokolu OSPF tedy vysoce převyšuje požadavky kladené pro kvalitní bezdrátovou síť.

## **7 Závěr**

V současné době používá dynamický směrovací protokol část směrovačů firmy Logicnet. Přechod klíčových směrovačů na dynamické směrování proběhl naprosto transparentně, klientům nebyla přerušena dodávka internetové konektivity ani při nasazování směrovacího protokolu na páteřní prvky sítě.

Automatická záloha při výpadku jedné z konektivit dokáže téměř vyloučit přerušování dodávky internetové konektivity pro klienty firmy Logicnet. Díky nasazení směrovacího protokolu vznikla možnost budovat záložní linky pro důležité zákazníky a garantovat jim vysokou dostupnost služeb.

U směrovačů používajících směrovací protokol došlo k výraznému zjednodušení správy. Směrovací záznamy již není nutno přizpůsobovat změnám v síti. Zjednodušilo se zejména připojování nových směrovačů do sítě. Směrovací protokol zajistí distribuci směrovacích informací a například nově zbudovaný bod je možno používat ihned po jeho instalaci.

Všechny vytyčené cíle byly dosaženy. Do budoucna se počítá s dokončením záložní linky pro lokalitu Hořice a s nasazením protokolu OSPF na nejdůležitější směrovače oblasti Master.

## 8 Použitá literatura

- [1] Dostálek L., Kabelová A.: *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*, Computer Press, Praha 2002
- [2] Kállay F., Peniak P.: *Počítačové sítě*, Grada 2003
- [3] Velte T.: *Síťové technologie Cisco, Velký průvodce*, Computers Press Brno 2003
- [4] Janeček J., Bílý M.: *Lokální síť*, ČVUT Praha 2004
- [5] Cisco Systems: *Cisco Networking Academy Program 1-2. a 3-4. díl*, Indianapolis, USA 2005
- [6] WIKIPEDIA, *Routing* [online], Dostupný z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Routing>>
- [7] WIKIPEDIA, *BGP* [online], Dostupný z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/BGP>>
- [8] WIKIPEDIA, *Routing Information Protocol* [online], Dostupný z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Routing\\_Information\\_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/Routing_Information_Protocol)>
- [9] WIKIPEDIA, *Open Shortest Path First* [online], Dostupný z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Open\\_Shortest\\_Path\\_First](http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Shortest_Path_First)>
- [10] MikroTik, *MikroTik RouterOS V2.9 Reference Manual* [online], Dostupný z WWW: <<http://www.mikrotik.com/testdocs/ros/2.9/>>
- [11] MikroTik, *MikroTik RouterOS V3.0 Reference Manual* [online], Dostupný z WWW: <<http://www.mikrotik.com/testdocs/ros/3.0/>>
- [12] Kovář Milan, *LogicNet - Připojení k internetu, webhosting* [online], Dostupný z WWW: <<http://www.logicnet.cz>>

## 9 Seznam obrázků

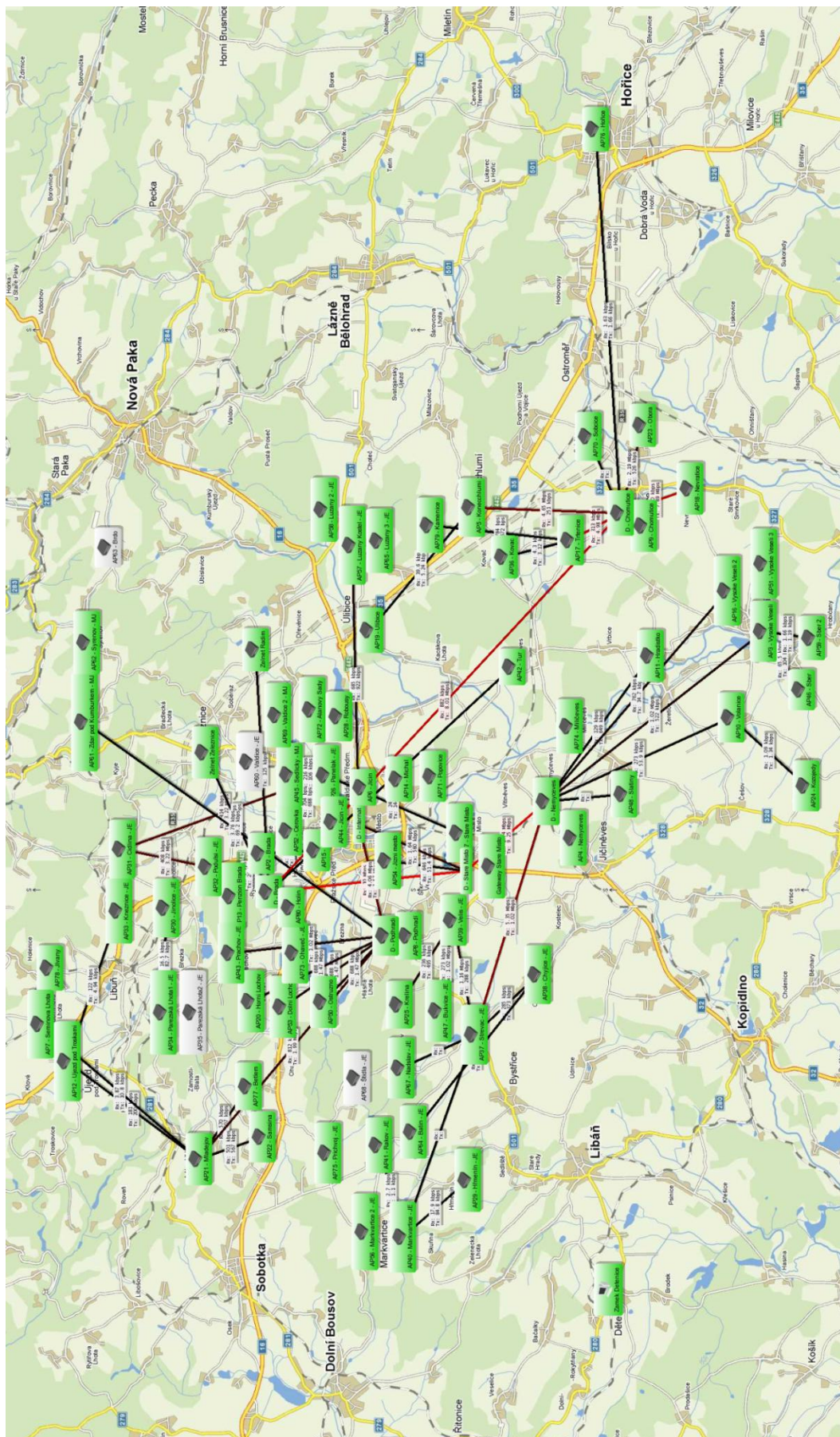
- Obrázek 1 – Topologie sítě páteřních směrovačů sítě Logicnet – zdroj: vlastní
- Obrázek 2 – Rozdělení sítě Logicnet na oblasti – zdroj: vlastní
- Obrázek 3 – Role směrovačů – zdroj: vlastní
- Obrázek 4 – Oblast backbone – zdroj: vlastní
- Obrázek 5 – Konfigurace parametru OSPF na směrovači Gateway Master – zdroj: vlastní
- Obrázek 6 – Přidání IP rozsahu do OSPF – zdroj: vlastní
- Obrázek 7 – Sousedé směrovače Gateway Master – zdroj: vlastní
- Obrázek 8 – Sousedé směrovače Gateway Cez – zdroj: vlastní
- Obrázek 9 – Konfigurace parametrů OSPF na směrovači Distribuce Master – zdroj: vlastní
- Obrázek 10 – Přiřazení hodnoty cost rozhraní Stare\_misto – zdroj: vlastní
- Obrázek 11 – Konfigurace oblastí na směrovači Distribuce Cez – zdroj: vlastní
- Obrázek 12 – Přiřazení IP rozsahů OSPF oblastem na směrovači Distribuce CEZ – zdroj: vlastní
- Obrázek 13 – Oblast CEZ – zdroj: vlastní
- Obrázek 14 – Konfigurace parametrů OSPF na směrovačích oblasti CEZ – zdroj: vlastní
- Obrázek 15 – Konfigurace oblasti CEZ – zdroj: vlastní
- Obrázek 16 – Hodnoty cost v oblasti CEZ – zdroj: vlastní
- Obrázek 17 – Oblast Master – zdroj: vlastní
- Obrázek 18 – Pravidlo Mangle – zdroj: vlastní
- Obrázek 19 – Výchozí brány a výjimka pro DNS ve směrovací tabulce – zdroj: vlastní
- Obrázek 20 – Konfigurace nástroje Netwatch – zdroj: vlastní
- Obrázek 21 – Grafy datového toku na Gateway směrovačích (12) – zdroj: [http://www.logicnet.cz/grafy\\_zatizeni.php](http://www.logicnet.cz/grafy_zatizeni.php)
- Obrázek 22 – Síťový model – zdroj: vlastní



## **10 Seznam příloh**

- Příloha A – Mapa sítě Logicnet
- Příloha B – Prostředí nástroje WinBox

# Příloha A



# Příloha B

CPU: 12% | 24.08.2014 | Hide Passwords

admin@89.111.91.11 (Distribuce - Stare Misto new) - WinBox v3.7 on x86

### Route List

Routes | Rules

Enabled | Destination | Gateway | Interface | Distance | Roudri

Destination	Gateway	Interface	Distance	Roudri
D:0.0.0/0	89.111.91.9	Distribuce	110	
D:0.0.0/0	89.111.91.9	Distribuce	110	
D:77.93.197.0/29	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.8/30	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.12/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.16/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.20/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.24/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.28/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.32/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.36/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.40/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.44/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.52/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.56/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.60/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.64/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.68/...	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.204	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.208	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.216	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.220	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.224	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.228	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.232	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.236	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.240	89.111.91.22	Internat	110	
D:77.93.197.244	89.111.91.22	Internat	110	

### Address List

Address | Network | Broadcast | Interface

Address	Network	Broadcast	Interface
89.111.91.11/29	89.111.91.8	89.111.91.15	Distribuce
89.111.91.21/30	89.111.91.20	89.111.91.23	Internat
89.111.91.25/30	89.111.91.24	89.111.91.27	Brada
89.111.91.29/30	89.111.91.28	89.111.91.31	Nemyceves
172.16.3.221/30	172.16.3.220	172.16.3.223	AP27

6 items

### Interface <Distribuce>

General | Ethernet | Status | Traffic

Tx: 4.2 Mbps  
Rx: 18.0 Mbps

Tx Packet: 2 221 p/s  
Rx Packet: 2 577 p/s

disabled | running | slave | link ok

### Interface List

Name	Type	Tx	Rx	Tx Pac.	Rx Pac.
AP27	Ethernet	727.6 kbps	153.0 kbps	105	96
Brada	Wireless (Atheros AR5...	12.7 Mbps	2.1 Mbps	1 400	1 092
Distribuce	Ethernet	4.2 Mbps	18.0 Mbps	2 221	2 577
Internat	Wireless (Atheros AR5...	1886.8 kbps	4.3 Mbps	489	568
Jicin	Wireless (Atheros AR5...	0 bps	0 bps	0	0
Nemyceves	Wireless (Atheros AR5...	9.9 Mbps	3.0 Mbps	1 269	1 083

6 items (1 selected)

RouterOS WinBox