

Směrovací protokol IS-IS ve směrovacím software Quagga (Linux)

Martin Špůrek, spu027

19. června 2007

Zadání: Ověření funkčnosti, praktická implementace případové studie.

Obsah

1	Specifikace projektu	1
1.1	Protokol IS-IS	1
1.2	Zásady topologie	2
1.3	Adresování	2
1.4	Zásady při konfiguraci protokolu (implementace CISCO a Quagga)	2
1.4.1	Pro Linuxový směrovač	3
1.4.2	Konfigurace směrovače CISCO	4
2	Případové studie	5
2.1	Příkladová studie 1 (Linux/Linux)	5
2.1.1	Konfigurace	5
2.1.2	Výsledný stav sítě	7
2.2	Příkladová studie 2 (Linux/Cisco)	8
2.2.1	Konfigurace	8
2.2.2	Výsledný stav sítě	10
3	Závěrečné shrnutí	13

1 Specifikace projektu

1.1 Protokol IS-IS

IS-IS (Intermediate System - Intermediate System) je protokol pro výměnu směrovacích informací mezi routery. Protokol patří do rodiny protokolů *IGP* (*Interior Gateway Protocol*), které jsou určeny pro distribuci směrovacích informací v rámci jednoho autonomního systému - *AS* (*Autonomous System*). Protokol je třídy *link-state*, což znamená že informace o topologii jsou vyměňovány mezi nejbližšími sousedy “povodňovým” způsobem (*flooding*). Všechny routery mají tak v rámci autonomního systému informaci o celé topologii a používá zpravidla modifikací Dijkstrova algoritmu pro nalezení optimálních cest.

Výběr cest na základě znalosti celé topologie umožňuje zohledňovat různá kritéria užitečná pro *QoS (Query of Service)* nebo řízení provozu (*Traffic Engineering*). Nevýhodou vyplývající z příslušnosti k link-state protokolům je s rostoucím objemem směrovacích informací.

IS-IS byl původně navržen jako směrovací protokol pro *CLNP (Connectionless Network Layer Protocol)*, který byl definován pro OSI jako alternativa pro IP protokoly. Rozšíření pro směrovací protokoly IP je někdy nazýváno jako *Integrated IS-IS*.

1.2 Zásady topologie

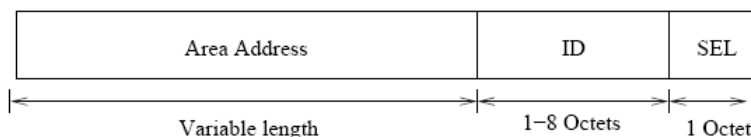
IS-IS používá dvouvrstvou hierarchii oblastí (*'area routing'*) L1 a L2, takže informace o směrování v jedné koncové oblasti zůstávají skryté pro směrovače v jiné koncové oblasti. Veškeré směrovací informace jsou pouze v páteřní části topologie (v některých materiálech Cisco je možné se dočíst i o vrstvě L3, interarea routing). Tato strategie nabízí možnost navrhovat bezpečnější a stabilnější síť a redukovat síťový provoz směrovacího protokolu.

Typy oblasti L1 a L2 určují postavení v hierarchii směrování. Směrovače úrovně L2 jsou určeny pro konstrukci páteřních spojení (*backbone*) a směrovače L1 pro jednotlivé oblasti propojené páteřní sítí.

1.3 Adresování

Adresování vychází z návrhu pro protokoly OSI. Konfigurace protokolu proto vyžaduje adresování CLNP, protože byl původně orientován na protokol CLNP a později upraven i pro směrování protokolu IP. V sítích podle návrhu OSI má každý uzel (směrovač nebo stanice) jednoznačný identifikátor nazývaný se Network Service AccessPoint (NSAP). Speciálním případem NSAP je NET, což je adresa v OSI formátu s polem SEL (viz obrázek 1) o hodnotě 00.

V protokolu CLNP má každá stanice (ES) a směrovač (IS) přidělenou alespoň jednu adresu NET (Network Entity Title), viz obr. 1. Pro směrování protokolu IP musí mít každý směrovač (IS) mimo adresy IP také přidělené své NET. Pole ID v NET je určeno pro identifikaci směrovače a pole Area Address je určeno pro určení příslušnosti k oblasti.



Obrázek 1: Network Entity Title

1.4 Zásady při konfiguraci protokolu (implementace CISCO a Quagga)

Pro srovnání budou uvedeny postupy konfigurace pro implementaci CISCO i Quagga. Příprava pro konfiguraci jakéhokoli směrovacího protokolu obecně vyžaduje znalost topologie sítě a logické adresovací schéma. Konkrétně pro směrování IP protokolem ISIS je třeba k běžnému adresování IP adresami ještě přidělit adresy NET směrovacím prvkům a oblastem. Následující jsou kroky nutné pro konfiguraci směrovače IS-IS (shodné v obou testovaných implementacích):

1. nastavit NET adresu směrovače
2. nastavit případnou úroveň směrovače, default je obvykle L1/L2
3. povolit ISIS na příslušných síťových rozhraních

Technicky pak pro konfiguraci software pak obě srovnávané implementace pro Linux i CISCO poskytují velmi podobné konfigurační rozhraní, které je dále popsáno.

1.4.1 Pro Linuxový směrovač

Pro směrování na linuxovém stroji je třeba mít k dispozici software Quagga (Zebra) šířený pod licencí GPL. Zebra je balík menších programů, které umožňují linux jako směrovací systém pro různé protokoly. Program *zebra* zajišťuje komunikaci s jádrem operačního systému a další programy jsou moduly komunikující s tímto jádrem a implementují různé protokoly, jako například *ripd* pro protokol RIP nebo *ospfd* pro OSPF atd. Pro studie sledované tímto projektem je důležitá přítomnost modulu *isisd*. Programy se typicky spouští jako démoni:

```
# zebra -d
# isisd -d
```

Konfigurace je možno provádět buď přímo v konfiguračních souborech, nebo pomocí konfiguračního rozhraní podobné tomu, které poskytují směrovače firmy CISCO. Při prvním použití software balíku Zebra/Quagga je nutné ručně editovat soubory, které jsou obvykle v adresáři */etc/quagga/*, kde je třeba nastavit heslo pro všechny programy balíku, se kterými potřebujeme pracovat. V tomto případě potřebujeme přidat řádek

```
password naseheslo
```

do souboru *zebra.conf* a *isisd.conf*. Po editaci a uložení souboru může být nutné restartovat dotčené programy (*zebra*, *isisd*). Po nastavení hesla je možné pracovat se směrovacím software podobně jako se směrovačí CISCO.

Další možností nastavení směrovacího software v linuxu je editace výše zmíněných konfiguračních souborů. Po nastavení za běhu je třeba restartovat směrovací software. V distribuci Debian Linux je to použitím skriptu */etc/init.d/quagga restart*.

Možné problémy s konfigurací

Vzhledem k tomu, že na implementaci protokolu IS-IS pro routovací software quagga není vyvíjen velký tlak na vývoj ani na nasazování v praxi, není dostupné velké množství informací (quagga users' mailing-list má přibližně dvě zmínky za posledních 2,5 roku). Není neobvyklé, že démon *isisd* není v předkompilovaných balíčcích Quagga distribucí zkompileován a je nutno tuto činnost provést. Obvykle stačí stáhnout zdrojové kódy (pro "debian-like" distribuce jsou nejvhodnější zdrojové balíčky), rozbalit a zadat následující příkazy:

```
# ./configure --enable-isisd
# make
# make install
```

Vše je potřeba provádět se superuživatelskými právy. Při používání distribuce Debian Sarge pak quagga má v */etc/init.d/* skript quagga, který je možné používat následujícím způsobem:

- nastartovat celý framework quagga

```
# /etc/init.d/quagga start
```
- zastavit celý framework

```
# /etc/init.d/quagga stop
```
- spustit zvolenou součást

```
# /etc/init.d/quagga start isisd
```
- zastavit zvolenou součást

```
# /etc/init.d/quagga stop isisd
```

Pro startování skriptem v */etc/init.d* je použita konfigurace */etc/quagga/daemons*. Zde je užitečné místo standardních hodnot (*on/off*) pro spouštěné součástí přímo určit pořadí číslem.

```
zebra=1
bgpd=no
ospfd=no
ospf6d=no
ripd=no
ripngd=no
isisd=2
```

Pokud něco nebude fungovat, může být také nutné upravit nastavení síťových vlastností jádra v souboru */etc/network/options* na poněkud méně bezpečností nastavení.

```
ip_forward=yes
spoofprotect=no
syncookies=yes
```

1.4.2 Konfigurace směrovače CISCO

Základní kroky pro konfiguraci směrovače protokolu Integrated IS-IS:

- spustit směrovací proces Integrated IS-IS (příkazem *router isis [proces]*)
- nastavit NET adresu, tím se nastaví příslušnost k oblasti (*49.0027.000*) a jednoznačné id směrovače (*0011.1010.00*); příkaz směrovače:

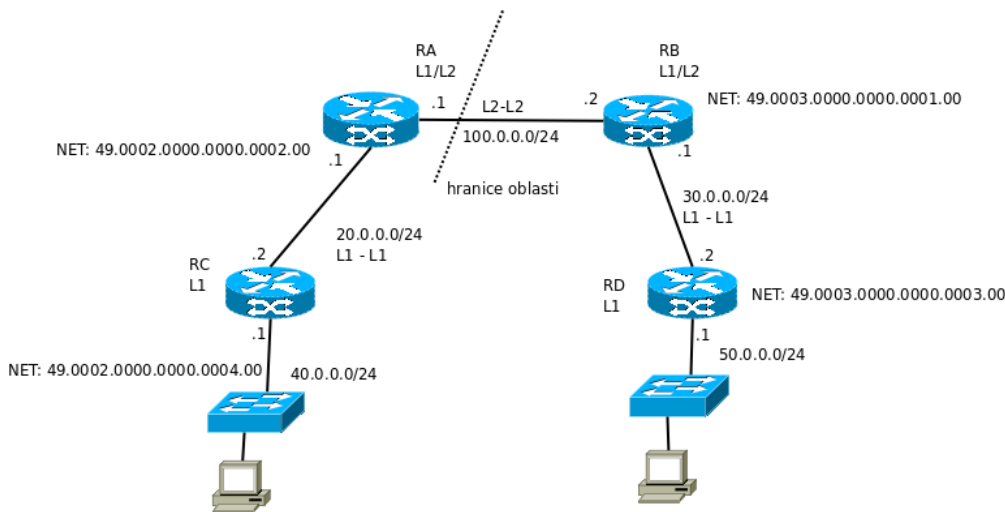
```
(config-router)# net 49.0027.0000.0011.1010.00
```

- nastavit případně druh oblasti pro router (příkazem *is-type {level-1 | level-1-1 | level-2-only}*, default je Level 1/Level 2). Toto nastavení se poté použije jako výchozí nastavení jednotlivých rozhraní.
- povolit IS-IS pro protokol IP a příslušná síťová rozhraní (příkaz směrovače *interface xy; ip router isis [process]*)

2 Případové studie

Případové studie budou mít za úkol ověřit funkčnost implementace protokolu IS-IS v routovacím balíku quagga, proto budou použity v prvním zapojení pouze linuxové směrovače. Pro ověření kompatibility bude další zapojení s použitím směrovačů CISCO i linux. Třetí zapojení bude mít za úkol upozornit na možnost chybné konfigurace, kterého se zvláště uživatelé protokolu ospf mohou dopustit.

2.1 Příkladová studie 1 (Linux/Linux)



Obrázek 2: Topologie testované sítě Linux/Linux

První popsaná varianta vychází ze zmínky v literatuře, že protokol nevyžaduje separátní oblast pro L2 směrovače (páteří spojení se teoreticky vytvoří mezi L2 směrovači). Topologie se tak rozpadá na dvě oblasti 49.0002 a 49.0003; skládá se ze dvou L1/L2 směrovačů mezi nimiž prochází hranice oblastí. Směrovače tak komunikují pouze na úrovni L2. K nim jsou pak připojeny L1 směrovače v každé oblasti (typ okruhu je tak L1).

2.1.1 Konfigurace

Následuje popis konfigurace jednotlivých směrovačů. V příkazech *router isis [oblast]* je v poslední parametr název spouštěného procesu směrovače, podobně jako v implementaci CISCO.

RA (Quagga), level-1-2

Předpokladem pro následnou konfiguraci je běžící démoni *zebra* a *isisd*. To je možno ověřit například příkazem `ps -e | grep zebra` a `ps -e | grep isisd`.

Konfigurace démonu zebra:

```
telnet localhost 2601
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RA_quagga
RA_quagga(config)# interface eth0
RA_quagga(config-if)# ip address 100.0.0.1/24
RA_quagga(config-if)# no shutdown
RA_quagga(config-if)# exit
RA_quagga(config)# interface eth1
RA_quagga(config-if)# ip address 20.0.0.1/24
RA_quagga(config-if)# no shutdown
RA_quagga(config-if)# exit
RA_quagga(config)# password zebra
RA_quagga(config)# enable password zebra
RA_quagga(config)# exit

RA_quagga# write file
```

Konfigurace démonu isisd:

```
telnet localhost 2608
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RA_isis
RA_isis(config)# router isis oblast0
RA_isis(config)# net 49.0002.0000.0000.0002.00
RA_isis(config)# interface eth0
RA_isis(config-if)# ip router isis oblast0
RA_isis(config)# interface eth1
RA_isis(config-if)# ip router isis oblast0
RA_isis(config-if)# exit
RA_isis(config)# password zebra
RA_isis(config)# enable password zebra
RA_isis(config)# exit

RA_isis# write file
```

RB (Quagga), level-1-2

Předpokladem pro následnou konfiguraci je běžící démoni *zebra* a *isisd*. To je možno ověřit například příkazem `ps -e | grep zebra` a `ps -e | grep isisd`.

Konfigurace démonu zebra:

```
telnet localhost 2601
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RB_quagga
RB_quagga(config)# interface eth0
RB_quagga(config-if)# ip address 30.0.0.1/24
RB_quagga(config-if)# no shutdown
RB_quagga(config-if)# exit
RB_quagga(config)# interface eth1
RB_quagga(config-if)# ip address 100.0.0.2/24
RB_quagga(config-if)# no shutdown
RB_quagga(config-if)# exit
RB_quagga(config)# password zebra
RB_quagga(config)# enable password zebra
RB_quagga(config)# exit

RB_quagga# write file
```

Konfigurace démonu isisd:

```
telnet localhost 2608
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RB_isis
RB_isis(config)# router isis oblast0
RB_isis(config)# net 49.0003.0000.0000.0001.00
RB_isis(config)# interface eth0
RB_isis(config-if)# ip router isis oblast0
RB_isis(config)# interface eth1
RB_isis(config-if)# ip router isis oblast0
RB_isis(config-if)# exit
RB_isis(config)# password zebra
RB_isis(config)# enable password zebra
RB_isis(config)# exit

RB_isis# write file
```

RC (Quagga), level-1

Předpokladem pro následnou konfiguraci je běžící démoni *zebra* a *isisd*. To je možno ověřit například příkazem `ps -e | grep zebra` a `ps -e | grep isisd`.

Konfigurace démonu zebra:

```
telnet localhost 2601
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RC_quagga
RC_quagga(config)# interface eth0
RC_quagga(config-if)# ip address 40.0.0.1/24
RC_quagga(config-if)# no shutdown
RC_quagga(config-if)# exit
RC_quagga(config)# interface eth1
RC_quagga(config-if)# ip address 20.0.0.2/24
RC_quagga(config-if)# no shutdown
RC_quagga(config-if)# exit
RC_quagga(config)# password zebra
RC_quagga(config)# enable password zebra
RC_quagga(config)# exit

RC_quagga# write file
```

Konfigurace démonu isisd:

```
telnet localhost 2608
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RC_isis
RC_isis(config)# router isis oblast0
RC_isis(config)# net 49.0002.0000.0000.0004.00
RC_isis(config)# interface eth0
RC_isis(config-if)# ip router isis oblast0
RC_isis(config)# interface eth1
RC_isis(config-if)# ip router isis oblast0
RC_isis(config-if)# exit
RC_isis(config)# password zebra
RC_isis(config)# enable password zebra
RC_isis(config)# exit

RC_isis# write file
```

RD (Quagga), level-1

Předpokladem pro následnou konfiguraci je běžící démoni *zebra* a *isisd*. To je možno ověřit například příkazem *ps -e | grep zebra* a *ps -e | grep isisd*.

Konfigurace démonu zebra:

```
telnet localhost 2601
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RC_quagga
RC_quagga(config)# interface eth0
RC_quagga(config-if)# ip address 50.0.0.1/24
RC_quagga(config-if)# no shutdown
RC_quagga(config-if)# exit
RC_quagga(config)# interface eth1
RC_quagga(config-if)# ip address 30.0.0.2/24
RC_quagga(config-if)# no shutdown
RC_quagga(config-if)# exit
RC_quagga(config)# password zebra
RC_quagga(config)# enable password zebra
RC_quagga(config)# exit
RC_quagga# write file
```

Konfigurace démonu isisd:

```
telnet localhost 2608
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RC_isis
RC_isis(config)# router isis oblast0
RC_isis(config)# net 49.0003.0000.0000.0003.00
RC_isis(config)# interface eth0
RC_isis(config-if)# ip router isis oblast0
RC_isis(config)# interface eth1
RC_isis(config-if)# ip router isis oblast0
RC_isis(config-if)# exit
RC_isis(config)# password zebra
RC_isis(config)# enable password zebra
RC_isis(config)# exit
RC_isis# write file
```

2.1.2 Výsledný stav sítě

Směrovače na úrovni L1 dostaly informace od směrovačů L2 ve své oblasti. Směrovací informace však v tomto případě nebyla o ostatních oblastech kompletní. Dosažitelné byly pouze adresy v dosahu L2 směrovačů. Situaci ilustrují následující výpisy. Tyto jsou pouze ze směrovačů RA a RC, u zbylých dvou byla situace symetricky podobná:

```
RC_isis# sh isis neighbors
Area oblastA:
  System Id      Interface  L  State      Holdtime SNPA
  RC_isisd       eth0      1  Up          28         0030.4f3b.6b3b

RC_isis# sh isis database
Area oblastA:
IS-IS Level-1 link-state database:
LSP ID          LSP Seq Num  LSP Checksum LSP Holdtime ATT/P/OL
RA_isisd.00-00   0x00000006   0xbeef       952         0/0/0
RA_isisd.02-00   0x00000001   0x27c0       936         0/0/0
RA_isisd.03-00   0x00000001   0xa532       938         0/0/0
RC_isis.00-00    * 0x0000000a  0xdb55       1011        0/0/0
RC_isis.03-00    * 0x00000001  0x2aba       995         0/0/0
5 LSPs

RC_quagga# sh ip r
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF,
       I - ISIS, B - BGP, > - selected route, * - FIB route
C> 20.0.0.0/24 is directly connected, eth0
C> 40.0.0.0/24 is directly connected, eth1
I> 100.0.0.0/24 [115/20] via 20.0.0.1, eth0, 00:00:44
C> 127.0.0.0/8 is directly connected, lo

RA_isisd# sh isis neighbors
Area oblast0:
  System Id      Interface  L  State      Holdtime SNPA
  RB_isis        eth0      2  Up          29         0016.7669.0116
  RC_isis        eth1      1  Up          22         0016.7669.0088

RA_isisd# sh isis database
Area oblast0:
IS-IS Level-1 link-state database:
LSP ID          LSP Seq Num  LSP Checksum LSP Holdtime ATT/P/OL
RA_isisd.00-00   * 0x00000006   0xbeef       1024        0/0/0
RA_isisd.02-00   * 0x00000001   0x27c0       1008        0/0/0
RA_isisd.03-00   * 0x00000001   0xa532       1010        0/0/0
RC_isis.00-00    0x0000000a   0xdb55       1082        0/0/0
RC_isis.03-00    0x00000001   0x2aba       1066        0/0/0
5 LSPs
IS-IS Level-2 link-state database:
LSP ID          LSP Seq Num  LSP Checksum LSP Holdtime ATT/P/OL
RB_isis.00-00    0x00000005   0x0104       982         0/0/0
RB_isis.02-00    0x00000001   0x7468       1027        0/0/0
RB_isis.03-00    0x00000001   0x1ace       1026        0/0/0
RA_isisd.00-00   * 0x00000008   0x7934       992         0/0/0
RA_isisd.03-00   * 0x00000001   0x20c6       1010        0/0/0
5 LSPs

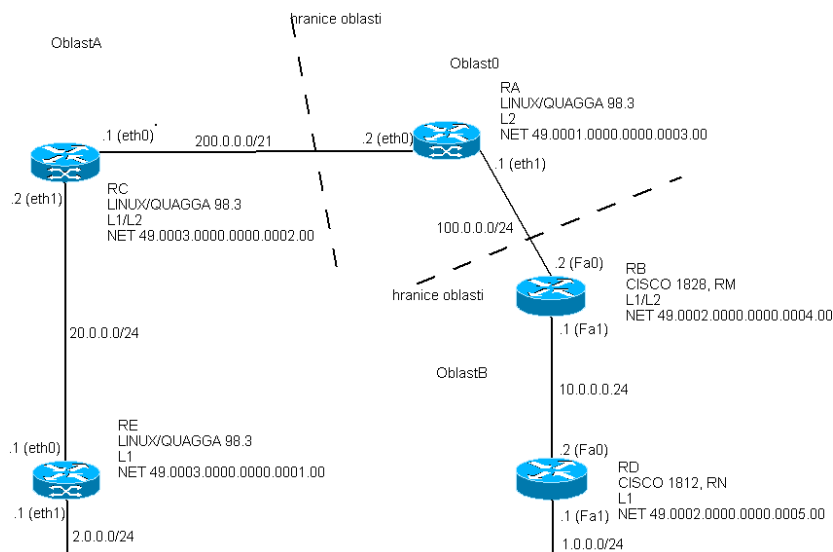
RA_zebra# sh ip r
```

```

Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF,
I - ISIS, B - BGP, > - selected route, * - FIB route
C> 20.0.0.0/24 is directly connected, eth1
I> 30.0.0.0/24 [115/20] via 100.0.0.2, eth0, 00:00:30
I> 40.0.0.0/24 [115/20] via 20.0.0.2, eth1, 00:00:30
C> 100.0.0.0/24 is directly connected, eth0
C> 127.0.0.0/8 is directly connected, lo

```

2.2 Příkladová studie 2 (Linux/Cisco)



Obrázek 3: Topologie testované sítě Linux/Cisco

Pro reprezentaci páteční sítě byl v této konfiguraci při testování zařazen směrovač L2-only (*byl označen RA*), který bezpečně oddělil obě koncové oblasti. Páteřní síť tak prochází pouze L2 směrovací informace (*L2 okruhy*) mezi směrovači RB a RC, které jsou L1/L2. Se směrovači uvnitř oblastí (RD a RE), které jsou typu L1, se vytvoří pouze L1 okruhy.

2.2.1 Konfigurace

Při konfiguraci byly použity linuxové směrovače s balíkem Quagga ve verzi 98.3 a směrovače CISCO 1812, verze fw 12.4. Dále je popsán postup konfigurace jednotlivých směrovačů.

RA (Quagga), level-2-only router

Předpokladem pro následnou konfiguraci je běžící démoni *zebra* a *isisd*. To je možno ověřit například příkazem `ps -e | grep zebra` a `ps -e | grep isisd`.

Konfigurace démonu zebra:

```
telnet localhost 2601
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RA_quagga
RA_quagga(config)# interface eth0
RA_quagga(config-if)# ip address 200.0.0.2/24
RA_quagga(config-if)# no shutdown
RA_quagga(config-if)# exit
RA_quagga(config)# interface eth1
RA_quagga(config-if)# ip address 100.0.0.1/24
RA_quagga(config-if)# no shutdown
RA_quagga(config-if)# exit
RA_quagga(config)# password zebra
RA_quagga(config)# enable password zebra
RA_quagga(config)# exit

RA_quagga# write file
```

Konfigurace démonu isisd:

```
telnet localhost 2608
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RA_isis
RA_isis(config)# router isis oblast0
RA_isis(config)# net 49.0001.0000.0000.0003.00
RA_isis(config)# is-type level-2-only
RA_isis(config)# interface eth0
RA_isis(config-if)# ip router isis oblast0
RA_isis(config)# interface eth1
RA_isis(config-if)# ip router isis oblast0
RA_isis(config-if)# exit
RA_isis(config)# password zebra
RA_isis(config)# enable password zebra
RA_isis(config)# exit

RA_isis# write file
```

RB (Cisco), level-1-2 router

Před konfigurací předpokládáme prázdnou konfiguraci boxu.

```
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RB
RB(config)# interface Fa0
RB(config-if)# ip address 100.0.0.2 255.255.255.0
RB(config-if)# no shutdown
RB(config-if)# exit
RB(config)# interface Fa1
RB(config-if)# ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
RB(config-if)# no shutdown
RB(config-if)# exit

RB(config)# router isis oblastB
RB(config-router)# net 49.0002.0000.0000.0004.00
RB(config-router)# is-type level-1-2
RB(config-router)# exit
RB(config)# interface Fa0
RB(config-if)# ip router isis oblastB
RB(config)# interface Fa1
RB(config-if)# ip router isis oblastB
RB(config-if)# exit
RB(config)# exit
```

RC (Linux), level-1-2 router

Předpokladem pro následnou konfiguraci je běžící démoni *zebra* a *isisd*. To je možno ověřit například příkazem *ps -e | grep zebra* a *ps -e | grep isisd*.

Konfigurace démonu zebra:

```
telnet localhost 2601
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RC_quagga
RC_quagga(config)# interface eth0
RC_quagga(config-if)# ip address 200.0.0.1/24
RC_quagga(config-if)# no shutdown
RC_quagga(config-if)# exit
RC_quagga(config)# interface eth1
RC_quagga(config-if)# ip address 20.0.0.2/24
RC_quagga(config-if)# no shutdown
RC_quagga(config-if)# exit
RC_quagga(config)# password zebra
RC_quagga(config)# enable password zebra
RC_quagga(config)# exit

RC_quagga# write file
```

Konfigurace démonu isisd:

```
telnet localhost 2608
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RC_isis
RC_isis(config)# router isis OblastA
RC_isis(config)# net 49.0003.0000.0000.0002.00
RC_isis(config)# is-type level-1-2
RC_isis(config)# interface eth0
RC_isis(config-if)# ip router isis OblastA
RC_isis(config)# interface eth1
RC_isis(config-if)# ip router isis OblastA
RC_isis(config-if)# exit
RC_isis(config)# password zebra
RC_isis(config)# enable password zebra
RC_isis(config)# exit

RC_isis# write file
```

RD (Cisco), level-1 router

Před konfigurací předpokládáme prázdnou konfiguraci boxu.

```
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RD
RD(config)# interface Fa0
RD(config-if)# ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
RD(config-if)# no shutdown
RD(config-if)# exit
RD(config)# interface Fa1
RD(config-if)# ip address 1.0.0.1 255.255.255.0
RD(config-if)# no shutdown
RD(config-if)# exit

RD(config)# router isis oblastB
RD(config-router)# net 49.0002.0000.0000.0005.00
RD(config-router)# is-type level-1
RD(config-router)# exit
RD(config)# interface Fa0
RD(config-if)# ip router isis oblastB
RD(config)# interface Fa1
RD(config-if)# ip router isis oblastB
RD(config-if)# exit
RD(config)# exit
```

RE (Linux), level-1

Předpokladem pro následnou konfiguraci je běžící démoni *zebra* a *isisd*. To je možno ověřit například příkazem *ps -e | grep zebra* a *ps -e | grep isisd*.

Konfigurace démonu zebra:

```
telnet localhost 2601
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RE_quagga
RE_quagga(config)# interface eth0
RE_quagga(config-if)# ip address 20.0.0.1/24
RE_quagga(config-if)# no shutdown
RE_quagga(config-if)# exit
RE_quagga(config)# interface eth1
RE_quagga(config-if)# ip address 2.0.0.1/24
RE_quagga(config-if)# no shutdown
RE_quagga(config-if)# exit
RE_quagga(config)# password zebra
RE_quagga(config)# enable password zebra
RE_quagga(config)# exit

RE_quagga# write file
```

Konfigurace démonu isisd:

```
telnet localhost 2608
> enabled
# configure terminal
(config)# hostname RE_isis
RE_isis(config)# router isis OblastA
RE_isis(config)# net 49.0003.0000.0000.0001.00
RE_isis(config)# is-type level-1
RE_isis(config)# interface eth0
RE_isis(config-if)# ip router isis OblastA
RE_isis(config)# interface eth1
RE_isis(config-if)# ip router isis OblastA
RE_isis(config-if)# exit
RE_isis(config)# password zebra
RE_isis(config)# enable password zebra
RE_isis(config)# exit

RE_isis# write file
```

2.2.2 Výsledný stav sítě

Nejdříve jsou uvedeny zapsané konfigurace routerů a poté výpisy ilustrující stav sítě.

Konfigurace routeru RA:

```
hostname RA_isis
password zebra
enable password zebra
!
interface eth0
ip router isis oblast0
isis circuit-type level-2-only
!
interface eth1
ip router isis oblast0
isis circuit-type level-2-only
!
interface lo
!
interface sit0
!
!
router isis oblast0
net 49.0001.0000.0000.0003.00
is-type level-2-only
!
line vty
!
```

Fragmet konfigurace routeru RB:

```
version 12.4
!
hostname RM_RB
!
interface FastEthernet0
ip address 100.0.0.2 255.255.255.0
ip router isis oblast0
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet1
ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
ip router isis oblast0
duplex auto
speed auto
!
router isis oblast0
net 49.0002.0000.0000.0004.00
!
```

Konfigurace routeru RC:

```
!!
! Zebra configuration saved from vty
! 2007/05/23 12:40:20
!
hostname RC_isisd
password zebra
enable password zebra
!
interface eth0
ip router isis oblast0
!
interface eth1
ip router isis oblast0
!
router isis oblast0
net 49.0003.0000.0000.0002.00
!
line vty
!
```

Fragmet konfigurace routeru RD:

```
version 12.4
!
hostname RN_RD
!
interface FastEthernet0
ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
ip router isis oblastB
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet1
ip address 1.0.0.1 255.255.255.0
ip router isis oblastB
duplex auto
speed auto
!
router isis oblastB
net 49.0002.0000.0000.0005.00
is-type level-1
!
```

Konfigurace routeru RE:

```

!
hostname RE_isis
password zebra
enable password zebra
!
interface eth0
 ip router isis oblastA
 isis circuit-type level-1
!
interface eth1
 ip router isis oblastA
 isis circuit-type level-1
!
interface lo
!
interface sit0
!
!
router isis oblastA
 net 49.0003.0000.0000.0001.00
 is-type level-1
!
line vty
!

```

Chování sítě:

Veškeré časovače použité v implementacích protokolu byly ponechány na standartních hodnotách. Konvergence sítě se vyznačovala rychlostí v řádu jednotek sekund, tedy velmi rychlá. Automatické vytvoření “default” cesty na straně routeru RD (Cisco) proběhlo řádově v jednotkách minut.

V části topologie tvořené směrovači software Quagga k vytvoření defaultní cesty (při symetricky shodné konfiguraci) ani po několikanásobně delším čase nedošlo přesto, že směrovače RE a RC byly po poslední úpravě konfigurace restartovány. Vyjma této situace se implementace směrovače IS-IS Cisco i Linux/Quagga chovaly shodně.

Následují výpisy podstatných informací jednotlivých směrovačů, první výpis je ze linuxového směrovače RA (level-2-only):

```

RA_quagga# sh ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF,
I - ISIS, B - BGP, > - selected route, * - FIB route

I>* 1.0.0.0/24 [115/30] via 100.0.0.2, eth1, 00:00:19
I>* 2.0.0.0/24 [115/30] via 200.0.0.1, eth0, 00:12:43
I>* 10.0.0.0/24 [115/20] via 100.0.0.2, eth1, 00:00:19
I>* 20.0.0.0/24 [115/20] via 200.0.0.1, eth0, 00:00:19
C>* 100.0.0.0/24 is directly connected, eth1
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
C>* 200.0.0.0/24 is directly connected, eth0

RA_isis# sh isis neighbors
Area oblast0:
System Id      Interface    L  State      Holdtime  SNPA
RC_isisd       eth0        2  Up         30        0016.7668.fef2
RM_RB          eth1        2  Up         23        001a.6dc7.970a

RA_isis# sh isis topology
Area oblast0:
IS-IS paths to level-2 routers that speak IP
System Id      Metric      Next-Hop      Interface    SNPA
RA_isis        --
RM_RB          10          RM_RB          eth1          001a.6dc7.970a
RC_isisd       10          RC_isisd       eth0          0016.7668.fef2

```

Stav směrovače RB:

```

RM_RB#sh ip route
Codes: ...
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
...
1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
i L1 1.0.0.0 [115/20] via 10.0.0.2, FastEthernet1
100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 100.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0
i L2 200.0.0.0/24 [115/20] via 100.0.0.1, FastEthernet0
20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
i L2 20.0.0.0 [115/30] via 100.0.0.1, FastEthernet0
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet1

RM_RB# sh isis neighbors
Area oblast0:
System Id      Type Interface IP Address      State Holdtime Circuit Id
RA_isis        L2 Fa0 100.0.0.1      UP 27 RA_isis.03
RN_RD          L1 Fa1 10.0.0.2      UP 9 RN_RD.01

RM_RB#sh isis topology
IS-IS paths to level-1 routers
System Id      Metric      Next-Hop      Interface    SNPA
RM_RB          --
RN_RD          10          RN_RD          Fa1          001a.6dc7.984e
IS-IS paths to level-2 routers

```

System Id	Metric	Next-Hop	Interface	SNPA
RE_isis	**			
RC_isisd	20	RA_isis	Fa0	0030.4f3b.6b3d
RA_isis	10	RA_isis	Fa0	0030.4f3b.6b3d
RM_RB	--			

Stav směrovače RC:

```
RC_zebra# sh ip r
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF,
       I - ISIS, B - BGP, > - selected route, * - FIB route

I>* 1.0.0.0/24 [115/40] via 200.0.0.2, eth0, 00:00:30
I>* 2.0.0.0/24 [115/20] via 20.0.0.1, eth1, 00:00:30
I>* 10.0.0.0/24 [115/30] via 200.0.0.2, eth0, 00:00:30
C>* 20.0.0.0/24 is directly connected, eth1
I>* 100.0.0.0/24 [115/20] via 200.0.0.2, eth0, 00:00:30
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
C>* 200.0.0.0/24 is directly connected, eth0

RC_isisd# sh isis neighbors
Area oblast0:
System Id      Interface  L  State      Holdtime SNPA
RA_isis        eth0       2  Up          25         0016.7669.0116
RE_isis        eth1       1  Up          22         0016.7669.0088

RC_isisd> sh isis topo
Area oblast0:
IS-IS paths to level-1 routers that speak IP
System Id      Metric    Next-Hop      Interface  SNPA
RC_isisd        --
RE_isis         10         RE_isis        eth1        0016.7669.0088
IS-IS paths to level-2 routers that speak IP
System Id      Metric    Next-Hop      Interface  SNPA
RC_isisd        --
RA_isis         10         RA_isis        eth0        0016.7669.0116
RM_RB           20         RA_isis        eth0        0016.7669.0116
```

Stav směrovače RD:

```
6RN_RD#sh ip rout
Codes: ...
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
...
C      1.0.0.0 is directly connected, FastEthernet1
      100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
i L1   100.0.0.0 [115/20] via 10.0.0.1, FastEthernet0
      10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0
i*L1 0.0.0.0/0 [115/10] via 10.0.0.1, FastEthernet0

RN_RD#sh isis neighbors
System Id      Type Interface IP Address      State Holdtime Circuit Id
RM_RB          L1  Fa0      10.0.0.1        UP    23         RN_RD.01

RN_RD#sh isis topology
IS-IS paths to level-1 routers
System Id      Metric    Next-Hop      Interface  SNPA
RM_RB          10         RM_RB          Fa0        001a.6dc7.970b
RN_RD          --

RN_RD#sh isis database
IS-IS Level-1 Link State Database:
LSPID          LSP Seq Num  LSP Checksum  LSP Holdtime  ATT/P/OL
RM_RB.00-00    0x00000006   0x983C        441            1/0/0
RN_RD.00-00    * 0x00000006  0xEF57        1031           0/0/0
RN_RD.01-00    * 0x00000003  0xD572        864            0/0/0
```

Stav směrovače RE:

```
RE_isis# sh isis neighbors
Area oblastA:
System Id      Interface  L  State      Holdtime SNPA
RC_isisd        eth0       1  Up          24         0030.4f3b.6b3b

RE_isis# sh isis top
Area oblastA:
IS-IS paths to level-1 routers that speak IP
System Id      Metric    Next-Hop      Interface  SNPA
RE_isis        --
RC_isisd        10         RC_isisd        eth0        0030.4f3b.6b3b

RA_quagga# sh ip r
```

```

Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF,
       I - ISIS, B - BGP, > - selected route, * - FIB route

C>* 2.0.0.0/24 is directly connected, eth1
C>* 20.0.0.0/24 is directly connected, eth0
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
I>* 200.0.0.0/24 [115/20] via 20.0.0.2, eth0, 00:00:01

RE_isis# sh isis database
Area oblastA:
IS-IS Level-1 link-state database:
LSP ID          LSP Seq Num  LSP Checksum LSP Holdtime ATT/P/OL
RE_isis.00-00    * 0x00000020  0x2349       903          0/0/0
RE_isis.03-00    * 0x0000000a  0x06db       461          0/0/0
RC_isisd.00-00   0x00000006  0xdd6a       893          0/0/0
RC_isisd.02-00   0x00000003  0x23c2       900          0/0/0
RC_isisd.03-00   0x00000003  0x5682       933          0/0/0
5 LSPs

```

3 Závěrečné shrnutí

Testování nepřineslo jednoznačně kladný výsledek o funkčnosti implementace směrovacího protokolu IS-IS zahrnutým v linuxové sadě nástrojů pro směrování Quagga. Testované verze (98.3 a 99.5) vykazovaly shodné chování, kdy směrovací informace mezi routery stejné úrovně (L1/L2) byly vyměňovány bez problému. K odlišnému chování pak docházelo na hranicích oblastí, kdy na rozdíl od implementace Cisco nedocházelo k agregaci páteřní sítě do “default” cest v koncových oblastech. Při testování nebyl nalezen způsob jak toto chování ovlivnit. Podle typu konfigurace (vycházejících z specifikace adresování směrovačů pro protokol IS-IS, nebo jiných čistě pokusných) byly směrovací informace předávány částečné, kompletní směrovací tabulky nebo vůbec. Testováno bylo více obdobných zapojení s totožnými výsledky; uvedeny jsou ty, které charakterizují nalezené problémy.

Před nasazením implementace IS-IS v softwarovém balíku Quagga do reálného provozu by bylo rozumné zvážit alternativy a bylo by nutné rozsáhlejší testování.