

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUĎEJOVICÍCH

Ekonomická fakulta

Katedra matematiky a informatiky

Studijní program: B6209 Systémové inženýrství a informatika

Studijní obor: Ekonomická informatika

Bakalářská práce

Autokonfigurace IP telefonů

Vedoucí bakalářské práce : Mgr. Radim Remeš

Autor : Václav Panuška

2013

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

Jméno a příjmení: **Václav PANUŠKA**
Osobní číslo: **E10368**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Ekonomická informatika**
Název tématu: **Autokonfigurace IP telefonů**
Zadávací katedra: **Katedra aplikované matematiky a informatiky**

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

Cílem bakalářské práce je porovnat dostupná zařízení pro IP telefonii ve firemním prostředí, vybrat a navrhnout implementaci zvoleného systému v konkrétní firmě.

Metodický postup:

1. Studium odborné literatury.
2. Obecný popis IP telefonie.
3. Teoretický popis konkrétních dostupných řešení pro IP telefonii.
4. Porovnání a analýza vybraných řešení, zhodnocení jejich použitelnosti pro nasazení v reálném prostředí.
5. Popis implementace včetně autokonfigurace zvoleného řešení.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **40-50 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. **FLANAGAN, William A.** *Understanding internet telephony and unified communications: making VoIP and UC work for you.* Hoboken (New Jersey): Wiley, c2011. ISBN 978-1118019214.
2. **HERSENT, Olivier.** *IP telephony: deploying VoIP protocols and IMS infrastructure.* 2nd ed. Hoboken (New Jersey): Wiley, 2011, 439 s. ISBN 978-0470665848.
3. **WALLACE, Kevin.** *VoIP bez předchozích znalostí.* Vyd. 1. Překlad Jan Gregor. Brno: Computer Press, 2007, 231 s. ISBN 978-80-251-1458-2.
4. **WALLACE, Kevin.** *Cisco VoIP: autorizovaný výukový průvodce.* Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 527 s. ISBN 978-80-251-2228-0.
5. **EMPSON, Scott a Hans ROTH.** *CCNP ONT portable command guide.* Indianapolis (Indiana): Cisco Press, c2008, 149 s. ISBN 978-1-58720-185-1.

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Radim Remeš

Katedra aplikované matematiky a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **19. ledna 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **12. dubna 2013**

doc. Ing. Ladislav Rolínek, Ph.D.

děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH
EKONOMICKÁ FAKULTA
Studijní L.S. 13 (28)
370 05 České Budějovice

prof. RNDr. Pavel Tlustý, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 29. března 2012

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně a pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Ekonomickou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

.....
Datum

.....
Václav Panuška

Obsah

1	Úvod.....	3
2	Obecně o IP telefonii	4
2.1	Základní prvky IP Telefonie.....	4
3	Protokoly.....	6
3.1	H.323.....	6
3.2	Protokol SCCP.....	7
3.3	Protokol SIP.....	8
3.4	Protokol DHCP.....	11
3.5	Protokol TFTP.....	12
3.6	Protokol HTTP.....	12
4	SIP ústředna	15
4.1	CUCM.....	17
4.2	OpenSER (Kamailio).....	18
4.3	Astersik	19
5	Koncová zařízení	22
5.1	Softwarový telefon.....	22
5.2	VoIP brána	22
5.3	Hardwarový IP telefon.....	22
5.4	Bezdrátový IP telefon	22
6	Praktické nasazení.....	24
6.1	Výběr koncového zařízení	24
6.1.1	Cisco SPA5XX + Cisco SPA112.....	24
6.1.2	Panasonic TGP5XX.....	26
6.1.3	Cisco 794x-796x.....	27
6.1.4	Porovnání vybraných IP telefonů	28
6.2	Výběr technologie.....	29
6.3	Provisioning–autokonfigurační systém.....	30
6.4	Instalace OS Debian.....	32
6.5	IdM / LDAP server	33
6.6	DHCP server	34

6.7	DNS server.....	35
6.8	TFTP server	36
6.9	HTTP server.....	38
6.10	MNG server	38
6.10.1	Sekce přidat telefon	39
6.10.2	Sekce seznam telefonů.....	40
6.10.3	Sekce seznam hovorů.....	40
6.10.4	Sekce správa systému	41
6.10.5	SIP server	42
7	Závěr	44
8	Summary.....	45
9	Přehled literatury.....	46
10	Seznam obrázků a tabulek	
11	Příloha A - Konfigurace IP telefonu	

1 Úvod

V současné době začíná výrazně převládat v telekomunikacích technologie VoIP, neboli přenos hlasu prostřednictvím IP protokolu v datové síti. Někdy se lze setkat s označením IP telefonie. Díky přenosu po datové síti a využití její infrastruktury se výrazně snižují investiční náklady. Tento přínos lze spatřit nejen ve velkých firmách, ale i ve středních a malých firmách lze náklady na telefonní služby snížit. Nasazením IP telefonie umožňuje firmám soustředit se pouze na rozvoj a modernizaci datové sítě bez dalších nákladů a investic do původní telefonní sítě. Při pohledu na segment trhu s telekomunikační technikou, který se zabývá prodejem pobočkových ústředí (PBX), lze zaznamenat, že všichni významní výrobci mají ve své nabídce převážně PBX ústředny s podporou VoIP technologie.

Ještě výrazněji lze spatřit převahu VoIP technologie v nabídce koncových telekomunikačních zařízeních, kde převládají IP telefony s podporou SIP protokolu. IP telefon můžeme považovat za chytré koncové zařízení, které přebírá některé funkce klasických analogových ústředí. Z tohoto důvodu je důležitá konfigurace parametrů IP telefonu a pravidelná aktualizace telefonního firmwaru. Ve středních a větších firmách, kde se rozhodli pro nasazení IP telefonie, by konfigurace jednotlivých IP telefonů představovala velké časové zatížení. Dalším případným problémem by bylo zjišťování aktuálního firmwaru a správných parametrů na jednotlivých IP telefonech.

IP telefonie ve větších instalacích již vyžaduje automatickou konfiguraci a správu (tzv. auto provisioning) všech koncových zařízeních – IP telefonů. Z pohledu administrátora je nepřijatelné, aby každý telefon ručně konfiguroval. Nabídka trhu s IP telefony je dnes velice široká, avšak ne každý IP telefon podporuje automatickou konfiguraci. Automatická centrálně spravovaná konfigurace zajistí nejen udržení správné konfigurace IP telefonů, ale aktuální firmware telefonů.

Tato práce se zabývá vytvořením a nastavením automatické konfigurace pro IP telefony za pomoci svobodného softwaru (open-source řešení). Toto řešení, by mohlo přinést nemalou úsporu pořizovacích nákladů a především umožnit firmám ušetřit finance za velice vysoké licenční poplatky.

2 Obecně o IP telefonii

Jedná se o přenos telefonního hovoru po datové síti pomocí protokolu IP. Tento přenos se odlišuje od klasické telefonie tím, že funguje na principu přepojování paketů (anglicky: packet switching). Lidský hlas je pro přenos převeden do digitálního formátu a dále zpracován a přeposílán příjemci prostřednictvím datových paketů. Na straně příjemce jsou pakety obsahující hlas opět sloučeny a digitální formát hlasového signálu je převeden zpět na analogový signál.

V případě klasické telefonie je telefonní hovor přenášen na principu přepojování okruhů (anglicky: circuit switching), kde se při přenosu hovoru vytváří okruh se stálou přenosovou kapacitou po celou dobu spojení. Výhodou této technologie je garantovaná kvalita přenosu. Její nevýhodou je to, že klasickou telefonní sítí je nutno dimenzovat na maximální počet telefonních hovorů, které by mohly být přeneseny současně. Tím je provozování a údržba klasických telefonních sítí nákladná a pro koncového uživatele se stává drahou a nezajímavou službou.

2.1 Základní prvky IP Telefonie

V seznamu jsou nadefinované důležité prvky IP telefonie: (Wallace 2007,s. 28-31)

- **IP telefon** – jedná se o koncové zařízení, které je možné provozovat jako hardwarový nebo softwarový telefon s ethernetovým síťovým připojením, sloužící k vytváření a přijímání telefonních hovorů.
- **Komunikační server** – jedná se o zařízení, které nahrazuje a rozšiřuje funkce klasické pobočkové telefonní ústředny. Základním úkolem je směrování hovorů v rámci datové sítě. V případě signalizačního protokolu SIP je server složen:
 1. Proxy server – přijímá žádosti o spojení od koncového zařízení.
 2. Location server – poskytuje informace o umístění koncového zařízení.
 3. Redirect server – poskytuje informace pro spojení koncové zařízení.
 4. Registrar server – přijímá registrační žádosti od koncového zařízení.

- **Hlasová brána** – zajišťuje přechod mezi různými typy sítí.
- **Protokol** – při hlasové komunikaci přes IP jsou využívány dva typy protokolů:
 1. Signalizační – úkolem je navázání spojení, řízení toku dat a ukončení spojení.
 2. Komunikační – úkolem tohoto protokolu je přenos hlasu přes datovou síť.

3 Protokoly

Protokol je standard, který určuje, jak bude probíhat vzájemná komunikace mezi dvěma koncovými body na zvoleném přenosovém mediu. Protokol určuje pravidla, podle kterých se koncová zařízení vzájemně řídí během přenosu dat.

3.1 H.323

Je to standard definovaný Mezinárodní telekomunikační unií (ITU). H.323 je určen pro vytváření audio a video přenosů na datové síti. Jedná se o složitý a rozsáhlý standard v binárním kódu, ve kterém je obsažena skupina protokolů. Zde jsou uvedeny důležité protokoly, které signalizačně zajišťují hlasový přenos po datové síti: (Peterka 2011).

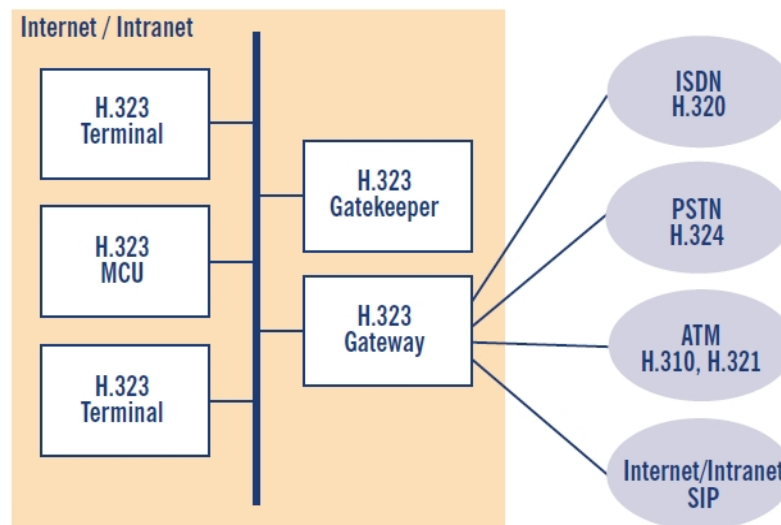
- H.225.0 – určen pro hovorovou signalizaci, jedná se o základní protokol, který je určen pro přenos audio a video provozu v datové síti. Jeho úkolem je tvorba paketů, synchronizace a přenos. Protokol je odvozen z protokolů RTP (Real Time Protokol) a RTCP (Real Time Control Protocol).
- H.245 - protokol pro nastavení parametrů přenosového kanálu. V rámci architektury H.323 se jedná o pomocný protokol. Mezi jeho funkce patří registrace koncového zařízení sítě, zřizování a rušení konferenčních spojení, funkce RAS (Registration and Admission), kontrola a zajištění pásma sítě pro komunikující terminály H.323, volba a preference přenosového modu a zabezpečuje vytváření a rušení logických okruhů.
- Q931 – protokol L3 vrstvy ISDN, H.323 používá pro signalizaci během hovoru.
- H.235 – protokol určený pro bezpečnost a ověření.
- H.450.x – doplňkové služby (přidržení hovoru, přesměrování hovoru, atd.).
- RTP (Real Time Protocol) – protokol zajišťující přenos hlasové komunikace.

V H.323 je definována i infrastruktura sítě pomocí následujících entit: (Toncar 2007)

- Terminál – koncové zařízení, většinou v podobě hardwarového nebo softwarového telefonu.

- Brána (Gateway) – provádí převod hlasového signálu mezi různými systémy s rozdílnými protokoly (viz obr. 1).
- Gatekeeper – provádí překlad adres koncových zařízení a řízení provozu v síti s protokolem H.323
- Konferenční jednotka (MCU) – entita zajišťující konferenční přenosy mezi více jak třemi terminály.

Obrázek 1: Entity H.323



Zdroj: <http://www.terena.org/activities/iptel/>

V současné době je tento standard hojně využíván pro signalizaci videokonferencí. V případě IP telefonie se použití H.323 omezuje pro jeho složitost a nemožnost jednoduchého zachytávání signalizačních zpráv, které jsou zasílány mezi jednotlivými entitami při navazování, průběhu a konce spojení.

3.2 Protokol SCCP

Skinny Client Control Protocol (SCCP) je proprietární signalizační a kontrolní protokol vyvinutý firmou Cisco. Jeho úkolem je sestavení, ukončení a kontrola přenosů ve VoIP prostředí. V Cisco síti se používá protokol pro vytvoření komunikačního kanálu mezi Cisco CallManager (CCM) a koncovým VoIP klientem. Mezi koncové klienty

patří Cisco IP telefon řady 7900, Cisco IP komunikátor softphone, IP Wireless Phone 7920 a Cisco Unity voicemail server.

Pro signalační cestu se využívá protokol TCP s port 2000 a pro komunikační cestu je použit protokol UDP. Při navazování spojení využívá protokol tři základní kontrolní zprávy (SCCP 2005):

- registrace a správa
- kontrola spojení
- kontrola audio streamu

Skinny (zkrácený název protokolu) byl původně navržen a nasazen pro Cisco Call Manager, dnes se tolik v IP telefonii nepoužívá, výrobce Cisco jej nahrazuje kvůli interoperabilitě protokolem SIP.

3.3 Protokol SIP

SIP (Session Initiation Protocol) můžeme v současnosti označit jako hlavní signalační protokol VoIP technologie. Jedná se o standard RFC 3261, který byl přijat v rámci mezinárodní organizace IETF (Internet Engineering Task Force). Na rozdíl od standardu H.323 je SIP jednoduchý, pružný, snadno rozšiřitelný a textově orientovaný protokol, který umožňuje běžnými prostředky IP sítě zachytávat, sledovat a monitorovat provoz VoIP. Dalším rozdílem je decentralizace protokolu, nedefinuje centrální místo v síti (Gatekeeper), komunikace probíhá mezi koncovými terminály IP sítě. Toto zvyšuje odolnost systému podporující SIP proti výpadkům celé IP sítě nebo jejích jednotlivých komunikačních prvků.

SIP protokol vychází z modelu datové sítě Internet, je založen na HTTP (Hypertext Transport Protocol) a strukturně je hodně podobný protokolu SMTP (Simple Mail Transport Protocol). Jedná se o end-to-end orientovaný signalační protokol, což znamená, že logika je uložena v koncovém zařízení (mimo směrování SIP zpráv). Zprávy posílané mezi jednotlivými prvky sítě jsou složeny z posloupnosti textových hlaviček, proto tvorba a detekce SIP zpráv na straně odesílatele i příjemce je jednodušší než u binárních zpráv.

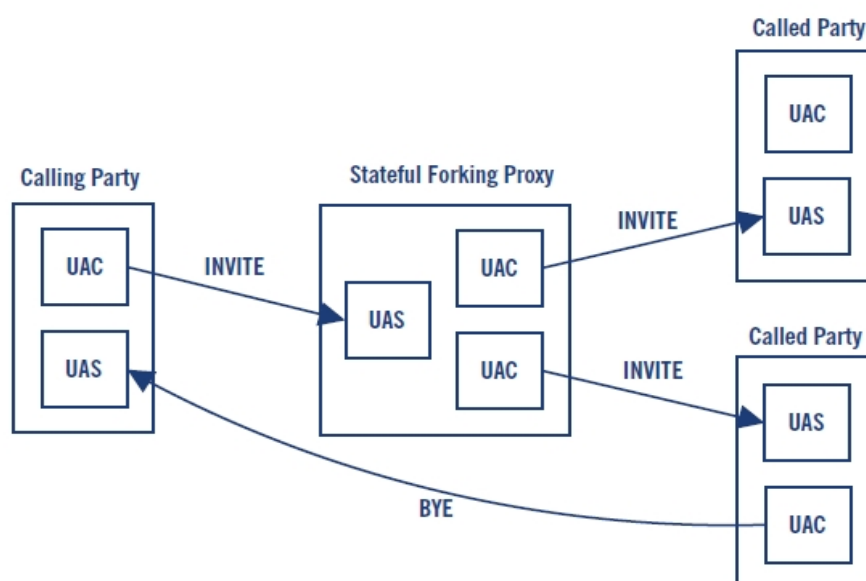
SIP je aplikační protokol, který pro přenos signalizačních zpráv používá služeb protokolů nižších vrstev. V transportní vrstvě není specifikováno jaký protokol použít. Většinou je využíván UDP (User Datagram Protocol), který je snadno implementovatelný a vhodnější pro on-line komunikaci. Uvnitř SIP zpráv se nachází zprávy protokolu SDP (Session Description Protocol), který specifikuje po navázání spojení kódování přenášených dat, jejich parametry a čísla portů určených pro vysílání nebo příjem multimediálních dat. Pro samotný přenos multimediálních dat využívá SIP protokol RTP (Real Time Protocol), jehož úkolem je fragmentace a defragmentace datových paketů pomocí UDP.

Registrace uživatelů v protokolu SIP je provedena pomocí logické adresy, která je nezávislá na fyzickém umístění uživatele a je možno pomocí registračního serveru registrovat uživatele na více koncových SIP zařízení současně. Používá se SIP URI (Uniform Resource Identifier) ve formě *sip:uživatel@doména*. (BRANDL et al 2004,s. 31)

Koncové body IP sítě, které využívají protokol SIP pro vzájemné vytváření a řízení SIP relací se nazývají UA (User Agents). Existují dva typy UA: (Wallace 2007,s. 144-145)

- UAC (User Agent Clients) jedná se o klienty, kteří inicializují spojení pomocí zprávy INVITE
- UAS (User Agent Servers) reagují na zprávu INVITE

Obrázek 2: Koncové body relace



Zdroj: <http://www.terena.org/activities/iptel/>

Při sestavování a průběhu relace může každé koncové zařízení fungovat jako UAC nebo UAS, záleží na typu požadavku. Příklad je uveden na obr. 2, kde volající se chová jako UAC posláním INVITE požadavku na vytvoření relace a přijímáním odpovědi na požadavek od volaného a volaný vystupuje v relaci jako UAS přijímáním INVITE zprávy a posílám odpovědi na INVITE zprávu. V tomto příkladu nemohl volající klient kontaktovat volaný server přímo, ale prostřednictvím stavového proxy serveru, který v relaci plní obě funkce UAC a UAS. Na straně volajícího přijímá požadavek a vystupuje jako UAS a na straně volaného posílá požadavek na spojení a má funkci UAC. Funkce agentů se mění v momentě, kdy volaný ukončuje relaci posláním požadavku BYE, kdy požadavek BYE lze poslat přímo mezi koncovými body. (BRANDL et al 2004,s. 32)

V protokolu SIP se používají dva druhy signalizačních zpráv a to **Request** (požadavek) – zpráva od klienta k serveru a **Response** (odpověď) – zpráva od serveru ke klientovi.

Základní typy požadavků:

- **INVITE** – žádost o navázání relace nebo změnu parametrů stávající relace.
- **BYE** – žádost o ukončení relace.
- **ACK** – žádost potvrzující přijetí odpovědi na žádost INVITE.
- **REGISTER** – žádost o registraci klienta.
- **CANCEL** – žádost o zrušení probíhající žádosti INVITE.
- **NOTIFY** – informuje uživatele.

Základní typy odpovědí (máme ve formě kódů rozdělených do šesti kategorií):

- **1xx** – žádost přijata.
- **2xx** – úspěšné provedení žádosti.
- **3xx** – označuje přesměrování.
- **4xx** – chyba způsobená klientem.
- **5xx** – chyba způsobená serverem.
- **6xx** – obecná chyba.

3.4 Protokol DHCP

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) je aplikační protokol vycházející z TCP/IP konceptu. Je založen na modelu klient-server, kde DHCP server zajišťuje přidělení IP adresy a parametrů datové sítě (adresu brány, masku podsítě, adresu DNS serveru, atd.) koncovým zařízením IP sítě, kteří vysílají požadavek na přidělení adresy datové sítě. DHCP server garantuje, že všechny IP adresy přidělené prvkům sítě jsou v danou chvíli jedinečné.

Alokování (přidělení) IP adres pomocí DHCP serveru je prováděno podle následujících mechanismů: (Dynamic Host Configuration Protocol, 1997)

- **Automatické alokování** – server přidělí klientovi stálou adresu.
- **Dynamické alokování** – časově omezené přidělení adresy.
- **Manuální alokování** – klient má přidělenou adresu administrátorem sítě
- a DHCP server ji pouze oznámí klientovi.

Proces získání IP adresy, který probíhá mezi DHCP klienta a DHCP serverem pomocí DHCP zpráv je rozloženo do následujících kroků:

1. **DHCP Discovery** – klient posílá zprávu DHCPDISCOVER, která je poslána jednomu nebo více DHCP serverům.
2. **DHCP Offer** – na předchozí požadavek odpovídá DHCP server zprávou DHCPOFFER, které obsahuje nabízenou TCP/IP konfiguraci pro klienta.
3. **DHCP Request** – pokud klient nabídku přijme, zašle serveru zprávu DHCPREQUEST, klient může dostat nabídky od několika serverů, ale přijme pouze jednu.
4. **DHCP Acknowledgment** – v případě přijetí předešlé zprávy DHCP serverem od DHCP klienta, zahájí server závěrečný proces, ve kterém potvrdí všechny nabízené parametry a odešle je klientovi zprávou DHCPACK. Zpráva obsahuje i časový limit přidělení IP adresy a parametrů klientovi.

Při počátečním připojení IP telefonů do datové sítě je nutno zajistit, aby telefon, kromě IP konfigurace, obdržel odkaz na umístění základní konfigurace telefonu. Konfigurace IP telefonu je většinou uložena na TFTP serveru. Pro získání IP adresy TFTP serveru se používá parametr DHCP Option číslo 66, kterou telefon zasílá

v požadavku DHCPDISCOVER a pokud DHCP server má nastavenou DHCP Option 66, IP telefon získá IP konfiguraci a adresu TFTP severu. DHCP Option číslo 150 je určena pro získání IP adresy CCM (Cisco Call Manager).

3.5 Protokol TFTP

TFTP (Trivial File Transfer Protocol) je protokol určený pro přenos souborů. Přenosové schéma vychází z modelu transportního protokolu TCP, kde každý přenesený paket je samostatně potvrzován, ale jako transportní protokol je použit UDP.

TFTP používá pro přenos pět typů paketů:

1. **RRQ** (Read request) – požadavek na čtení.
2. **WRQ** (Write request) – požadavek na zápis.
3. **DATA** – datový tok.
4. **ACK** (Acknowledgegment).
5. **ERROR** – chybový paket.

Začátek přenosu vždy začíná zasláním paketu RRQ nebo WRQ. V případě, že bude probíhat zápis souboru na TFTP server, posílá klient paket typu WRQ, při čtení posílá paket typu RRQ. Dále musí následovat kladná odpověď na požadavek, která je v případě zápisu ve formě potvrzovacího paketu nebo první datový paket při požadavku na čtení. Spojení mezi klientem a serverem je navázáno po přijetí kladné odpovědi.

Ve VoIP se TFTP server používá pro získání základní konfigurace IP telefonu, kde je uveden zdroj pro získání již specifické konfigurace daného IP telefonu například přes HTTP/HTTPS protokol.

3.6 Protokol HTTP

HTTP (Hypertext Transport Protokol) jedná se opět o aplikační protokol vycházející z TCP/IP modelu, který byl ve své první verzi HTTP 0.9 primárně určen pro výměnu hypertextových dokumentů ve formátu HTML (HyperText Markup Language). Tento původně jednoduchý protokol byl později zdokonalen verzí HTTP 1.0, která pomocí rozšíření MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) může přenášet jakékoliv sou-

bory. Společně s formátem XML se používá pro spouštění vzdálených aplikací a pomocí aplikačních bran je možno zpřístupnění dalších protokolů např. FTP nebo SMTP. Protokol používá jednoduchý lokátor prostředků URL (Uniform Resource Locator) pro specifikování jednoznačného umístění zdroje v Internetu.

Protokol je koncipován jako jednoduchý, bezstavový (stateless), objektově orientovaný protokol, kde transportní službu zajišťuje protokol TCP na portu 80. Protokol funguje na modulu klient-server, kde komunikace mezi klientem a serverem probíhá ve formě textových zpráv systémem dotaz-odpověď. Klient pošle serveru dotaz pomocí textové zprávy, která obsahuje označení požadovaného dokumentu a informace o klientově prohlížeči. Server odpoví opět pomocí textové zprávy, kde je popsán výsledek dotazu a pokud je dokument nalezen, následují data požadovaného dokumentu.

V HTTP je definováno několik dotazovacích metod, které se mají provést nad uvedeným objektem (dokumentem):

- **GET** – požadavek na uvedený objekt se zasláním přídatných dat.
- **HEAD** – to samé jako GET, ale bez přídatných dat.
- **POST** – odesílání uživatelských dat na server.
- **PUT** – nahrávání dat na server.
- **DELETE** – mazání uvedeného objektu ze serveru.
- **TRACE** – odeslání obdrženého požadavku zpět odesilateli.
- **OPTION** – dotaz na server, jaké metody podporuje.
- **CONNECT** – spojení s uvedeným objektem přes uvedený port.

Odpovědi jsou řešeny pomocí kódů, kde jednotlivé typy událostí mají své rozsahy. Zde jsou základní rozsahy:

- **100 – 199** informační kódy.
- **200 – 299** kódy úspěchu.
- **300 – 399** kódy přesměrování.
- **400 – 499** kódy chyb na straně klienta.
- **500 – 599** kódy chyb na straně serveru.

V případě zabezpečeného přenosu se používá nadstavba HTTPS, kde textové zprávy nejsou přenášeny jako plaintext, ale pomocí protokolu SSL (Secure Sockets Layer) a TLS (Transport Layer Security) jsou zprávy mezi klientem a serverem šifrovány a autentizovány. HTTPS používá na transportní vrstvě komunikační port 443.

Při používání autokonfigurace IP telefonů je tento protokol využit pro získávání specifické konfigurace pro daný IP telefonu. Z důvodu zvyšování bezpečnosti je doporučováno používat nadstavbu HTTPS. (Hypertext Transfer Protocol, 1999).

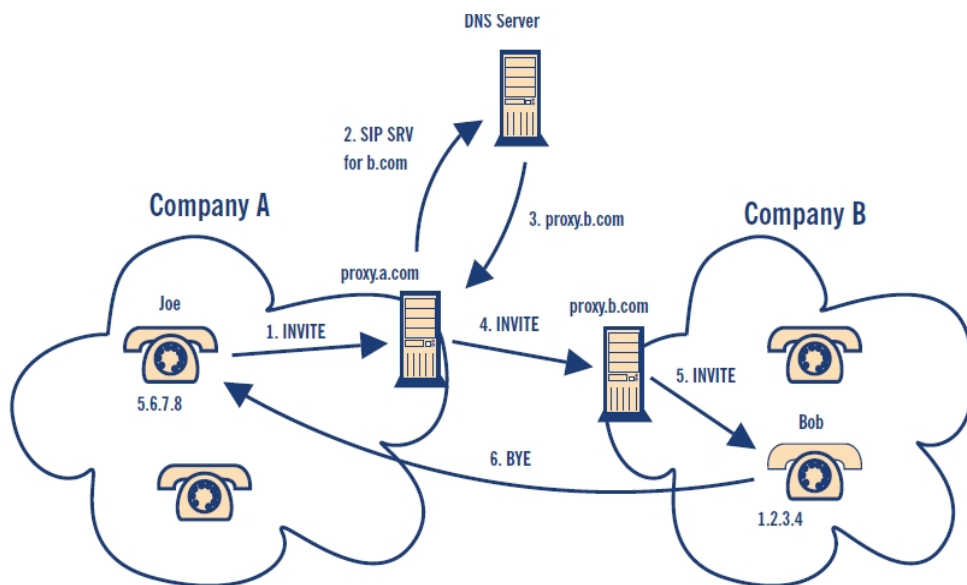
4 SIP ústředna

SIP ústředna je složena z následujících entit: (BRANDL et al 2004,s. 33 - 47).

- Proxy
- Registrar
- Redirect

Proxy server – je velmi důležitá entita v SIP infrastruktuře, která může provádět směrování požadavků na vytvoření relace, autentizaci, tarifkaci a spousty důležitých věcí. Proxy server může být provozován jako bezstavový server (**Stateless**), který signalizační zprávy pouze přeposílá nebo stavový (**Stateful**), který uchovává všechny stavy relace po celou dobu jejího trvání.

Obrázek 3: Funkce proxy serveru



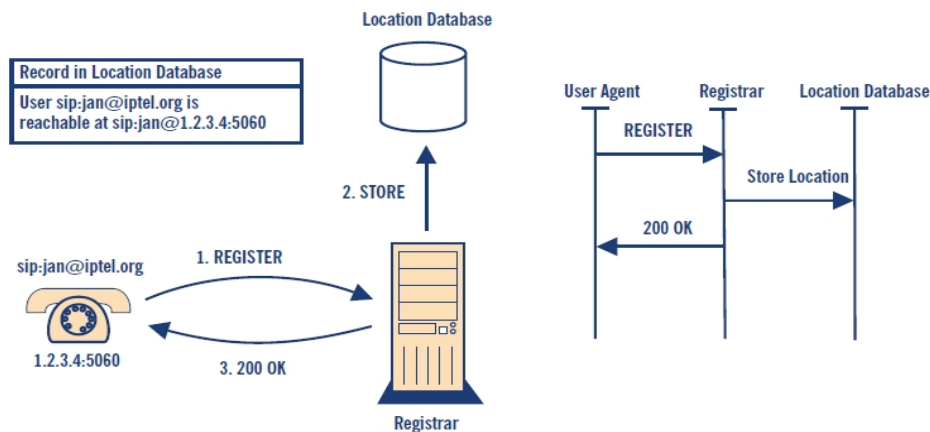
Zdroj: <http://www.terena.org/activities/iptel/>

Na obr. 3 je zobrazena funkce Proxy serverů při vytváření relace. Jsou zde dvě firmy A a B, kde každá má svůj proxy server. Na začátku zaměstnanec Joe pošle požadavek INVITE na Proxy server jeho firmy A. Požadavek obsahuje INVITE pro zaměstnance Boba ve firmě B se SIP adresou *sip:bob@b.com*. Joeův SIP telefon nemá možnost vytvořit přímou relaci, proto posílá požadavek na svůj firemní Proxy server *proxy.a.com*

Proxy server A vyhledá Proxy server B pomocí DNS serveru a pře pošle mu požadavek. Proxy server B již zná umístění Boba a posílá požadavek INVITE na jeho telefon.

Registrar server – je speciální SIP entita, která přijme registrace koncových uživatelů a doplňující informace o jejich současném umístění (IP adresa, port a uživatelské jméno) Tyto informace podle obr. 4 jsou ukládány do databáze Location. Location databáze je využívána Proxy serverem při vyhledání zaregistrovaných uživatelů.

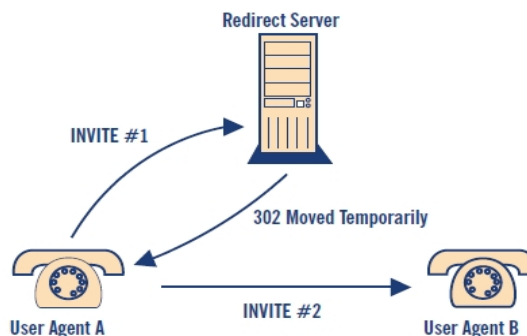
Obrázek 4: Popis Registrar serveru



Zdroj: <http://www.terena.org/activities/iptel/>

Redirect server – je entita, která přijme požadavek a posílá zpět odpověď, ve formě listu obsahující současné umístění koncového uživatele. Redirect server (obr. 5) přijme požadavky a hledá příjemce požadavků v databázi location, která je vytvořena serverem registrar. Poté vytváří list současného umístění uživatele a posílá ho původnímu requestorovi ve formě kódové odpovědi třídy 3xx.

Obrázek 5: Popis Redirect serveru



Zdroj: <http://www.terena.org/activities/iptel/>

4.1 CUCM

CUCM (Cisco Unified Communications Manager) je proprietární softwarová IP ústředna produkovaná firmou Cisco. Záměrem firmy Cisco bylo nabídnout model jednotné komunikace pro střední a větší firmy, které se rozhodly přejít na VoIP řešení. CUCM je možno provozovat na operačním systému Linux nebo Windows, poslední oficiální verze má označení 9.0 a byla vydaná v roce 2012. Hardwarově jsou certifikovány servery od firem HP a IBM.

Primárně je zde používán proprietární signalizační protokol SCCP, ale v posledních verzích se objevuje podpora standardizovaného protokolu SIP. CUCM vykonává následující funkce[8]:

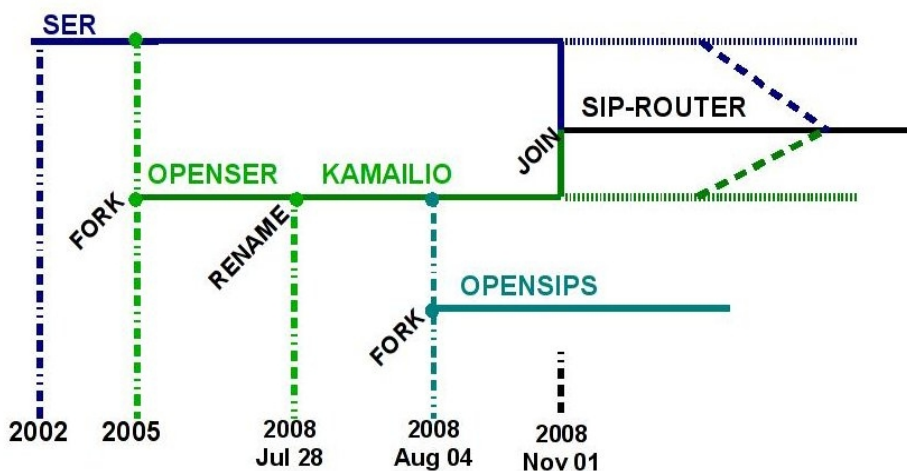
- Správa koncových zařízení, jejich registrace, firmwarová podpora, údržba jejich konfiguraci a zpracování jejich požadavků na sestavení hovorů.
- Spolupráce a kontrola přístupu na vnější komunikační prostředky, jako jsou hlasové brány, gatekeepery a trunky.
- Správa dial plánu, která zahrnuje směrování provozu, implementace omezení Class of Restriction/Service (CoR/CoS), sledování a řízení využití šíře přenášeného pásma pro různé lokality pomocí Call Admission Control (CAC) a provádění alternativního směrování provozu.
- Poskytování doplňkových funkcí, jako jsou tvorba konferencí, media transcoding, parkování hovorů, mobilní rozšíření, personální asistent (IPMA), telefonní seznam, Speed Dial a Music on Hold (MoH).
- Poskytování konektivity k analogovým PBX a TDM komponentám pro VoIP přenosy.
- Poskytování servisních funkcí, které zahrnují API (Application Programming Interface) pro provisioning, tarifikační záznamy pro všechny volání, systémové logy, SNMP základní alarmy a stavy a debug logy pro detekování poruch.
- Podpora webovského rozhraní na koncových IP telefonech pro různé aplikace (počasí, přehled akcí atd.).

Hlavní nevýhoda tohoto řešení je finančně náročnější pořizování IP telefonů, specifického zařízení pro samotnou ústřednu a velké licenční zatížení. Výhoda např. je, že přes proprietární SCCP lze přenášet mnoho dalších informací, jako je telefonní seznam.

4.2 OpenSER (Kamailio)

OpenSER je softwarová SIP ústředna vytvořená podle standartu RFC 3261, vycházející z původního SER (SIP Express Router). SER byl asi při svém vzniku zamýšlen jako komerční řešení, proto (obr. 6) v roce 2005 dochází k vytvoření nové větve OpenSER. OpenSER je založen jako nekomerční projekt na svobodném softwaru. V roce 2008 se projekt OpenSER přejmenovává na Kamailio a vzniká nová větev OpenSIPS. V současnosti dochází ke spolupráci na společném projektu SIP-ROUTER větve SER a Kamailio. (Cesnet 2007).

Obrázek 6: Historie projektu SER



Zdroj: <http://sip-router.org/>

V případě SIP ústředny Kamailio (OpenSER) se jedná o svobodný software napsaný v jazyce C. Ve VoIP prostředí s podporou protokolu SIP, může Kamailio plnit funkci proxy, registrar a redirect serveru. Při jeho vývoji byl kladen důraz na výkon, proto zvládá obsloužit tisíce hovorů za sekundu. Kamailio může být nasazen, jako bezstavový nebo transakčně stavový proxy server pro zpracování SIP komunikace. Zpracování je založeno na silném skriptovacím jazyku, který v sobě skrývá případnou složitost konfigurace serveru. Kamailio je modulární a umožňuje rozšíření o nové uživatelské moduly.

Vzdálenou administraci serveru je možno provádět přes FIFO nebo UNIX socket. Podporuje IP protokol verze 4 a 6, transportní protokoly UDP, TCP s možností zabezpečení TLS. Bezpečný přístup (autentizace a autorizace) je řešen prostřednictvím databáze Mysql, Postgress nebo Radius. Registrační vazby je možno ukládat do SQL databáze, dále je možno na serveru zřizovat více uživatelských domén a aliasů. Kamailio může fungovat i bez nutnosti databázové podpory. Pak se registrační vazby ukládají pouze do paměti, což po restartu serveru způsobí jejich vymazání. (GONCALVES 2008).

Kamailio je vhodný pro velké instalace, jelikož se jedná o signalizační IP ústřednu, která lehce zvládne tisícovky současných hovorů, ale neumožňuje aplikační služby. V neposlední řadě velkou výhodou je cena pořízení. Jedná se o svobodný software, přesněji *GNU Public License v2 (GPLv2)* a od verze 3.0.0 jsou součástí i různé aplikace s BSD licencí.

4.3 Astersik

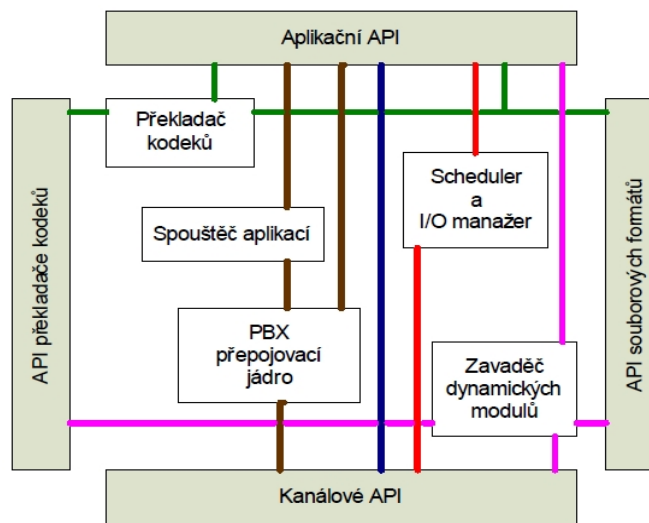
Asterisk je softwarová PBX (Private Branch Exchange) ústředna založena na svobodném softwaru a uvolněna pod licencí GPL (GNU General Public Licence). Ústřednu je možno provozovat na platformách Linux a Unix, umožňuje IP telefonii, digitální ISDN telefonii a analogovou telefonii.

Asterisk byl vyvinut v roce 1999 Markem Spencem. V roce 2001 vzniká firma Digium, která má hlavní podíl na vývoji projektu Astrisk. Firma provádí technickou podporu Astrisku na komerční bázi nabídkou produktů kompatibilních s ústřednou:

- Analogové a digitální karty (FXS,FXO,BRI,PRI, atd.).
- Komerční moduly – G.729,T.38.
- Komunikační řešení Switchvox.
- Telefony a brány.

V dnešní době je vývoj projektu Asterisk ve větší míře prováděn open-source komunitou. (MEGGELEN, MADSEN, SMITH 2007, s. 5 - 9).

Obrázek 7: Blokové schéma Asterisku



Zdroj: <http://www.ip-telefon.cz/>

Jak je patrné z obr. 7 je architektura Asterisku založena na modulovém systému, kde základ tvoří centrální jádro s definovanými aplikačními rozhraními (API), která jsou určena pro připojování rozšiřujících modulů. Pomocí centrálního jádra se ovládá vnitřní propojování PBX a hardwarové rozhraní pro připojení rozšiřujících telefonních aplikací. Centrální jádro řídí následující procesy: (VOZŇAK 2008).

- PBX přepojování – spojování mezi uživateli, transparentní propojení příchozího volání na hardwarových a softwarových rozhraních.
- Spouštěč aplikací – spuštění aplikací provádějící služby, jako jsou hlasová pošta, přehrávání souborů a výpis adresáře.
- Překladač kodeků – určen pro kódování a dekódování hlasových formátů.
- Scheduler a I/O manažer – ovládání nízkoúrovňových úloh a řízení optimálního systémového výkonu dle stavu zatížení.

Pro připojení rozšiřujících modulů jsou určena čtyři aplikační rozhraní (API), které pomáhají při oddělení hardwaru a protokolů:

- Kanálové API – ovládá typ příchozího volání podle použité technologie (např. ISDN PRI, VoIP)
- Aplikační API – správa úloh, které zajišťují provedení funkcí jako například konference, hlasová pošta a dalších úloh.
- API překladač kodeků – podpora různých hlasových kodeků určených pro kódování a dekódování.

- API souborových formátů – řízení čtení a zápisu pro různé souborové formáty pro ukládání dat v souborovém systému.

Řešení je spíše určeno pro menší instalace, jelikož se jedná o aplikační IP ústřednu, která lehce umožňuje různé aplikační služby, avšak má své hardwarové limity. Další velkou výhodou je cena pořízení, neboť se jedná o svobodný software, přesněji řečeno *GPL* licenci.

5 Koncová zařízení

Koncová zařízení, která umožní vytvořit hlasovou relaci mezi dvěma uživateli prostřednictvím VoIP technologie, můžeme rozdělit podle způsobu provedení.

5.1 Softwarový telefon

Z pohledu pořizovacích nákladů můžeme softwarový telefon označit jako nejvýhodnější provedení. Jedná se o program, který má uživatel nainstalovaný na svém PC a hlasovou komunikaci provádí pomocí sluchátek a mikrofону. Telefon může uživatel pořídit zdarma, prostřednictvím volně šiřitelného softwaru nebo zakoupením placené verze softwaru.

5.2 VoIP brána

V případě připojení klasického analogového telefonu do IP sítě je nutno použít převodník mezi dvěma technologiemi (PSTN/VoIP). VoIP brána, která umožňuje tento převod je vybavena ethernetovým rozhraním pro připojení IP sítě a FXS (Foreign eXchange Station) rozhraní pro připojení analogového telefonu.

5.3 Hardwarový IP telefon

Nejčastější provedení koncového zařízení. Jedná se o jednoúčelový počítač, který vzhledově vypadá jako telefonní přístroj. Telefon je vybaven procesorem, RAM pamětí, FLASH pamětí a zvukovou kartou. Používá ethernetové rozhraní pro připojení do IP sítě. Většinou jsou telefony vybaveny miniswitchem, který umožňuje připojení dalšího IP zařízení (PC). Oddělení komunikace mezi telefonem a PC je provedeno pomocí VLAN (virtuální LAN) a přiřazenou prioritou datových paketů.

5.4 Bezdrátový IP telefon

Zde můžeme najít dvě kategorie telefonů. VoIP telefony založené na standardu DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication). Jedná se o digitální bezšňůrové telefonní zařízení pracující na buňkovém systému. Kde buňka je představována zá-

kladnovou stanicí, která je přes ethernetové rozhraní RJ45 připojena do IP sítě a bezdrátový telefon je asociován se základnovou stanicí. Telefon může provádět hovor pouze prostřednictvím své základnové stanice. Druhou kategorií jsou WiFi VoIP telefony, pracující na standardu WiFi (Wireless Fidelity) a na rozdíl od DECT telefonů nejsou závislé na základnové stanici a spojení je uskutečňováno prostřednictvím jakéhokoliv přístupového bodu ve WiFi síti.

6 Praktické nasazení

Tato část bakalářské práce se zabývá praktickým nasazením IP telefonie ve firemním prostředí středně velké firmy a ověření funkčnosti autokonfiguračního systému. Z důvodu ochrany citlivých dat je všude použito smyšlené označení - firma.cz.

6.1 Výběr koncového zařízení

Při konkrétním výběru vhodného koncového zařízení je nutno nejdříve ověřit, zda zařízení podporuje požadované protokoly a kodeky. V této práci bude VoIP síť založena na otevřeném řešení, proto základní parametry pro výběr koncového zřízení je podpora protokolu SIP, kodeků G.711, G.729 a funkce provisioning.

Těmto parametrům odpovídají IP telefony od různých výrobců, v našem případě při výběru je přihlédnuto i na fakt, že firemní datová síť je provozována na aktivních prvcích od firmy Cisco. Aktivní prvky datové sítě automaticky rozpoznají připojené Cisco IP telefony, což přispívá ke snížení nákladů a odstranění složitostí při přidávání nebo přesouvání IP telefonů ve firemní datové síti.

6.1.1 Cisco SPA5XX + Cisco SPA112

Jedná se o výrobky firmy Cisco (obr. 8), která tyto telefony dříve uvedla na trh pod označením Linksys řady SPA 9xx. Ve firmách, kde mají svojí datovou infrastrukturu vystavěnou na aktivních prvcích firmy Cisco, jsou IP telefony po připojení do sítě automaticky rozpoznávány. Telefony podporují úplnou funkční spolupráci se zařízeními VoIP technologie, které jsou založené na protokolu SIP. IP telefony se vyznačují následujícími vlastnostmi:

- Napájení telefonů z ethernetové sítě (PoE).
- Jednobarevný nebo barevný podsvícený displej.
- Podpora provisioningu (autokonfigurace).
- Podpora hlasového kodeku G.722,G.729a,G.711u,G.711a,G.726.
- Cisco XML prohlížeč.
- Podpora protokolu SIP.

- Podpora VLAN 802.1q.

V následující tabulce 1 jsou uvedeny jednotlivé modely IP telefonů řady SPA 5xx a jejich výhody.

Obrázek 8: Telefony Cisco SPA5xx



Zdroj: <http://www.cisco.com/>

Tabulka 1: Přehled telefonů řady SPA

Model	Hlavní výhody	Ideální umístění
SPA 502G	<ul style="list-style-type: none"> • 2 linky • Jednobarevný podsvícený displej 	Zaměstnanci s vyššími nároky na telefon
SPA 504G	<ul style="list-style-type: none"> • 4 linky • Jednobarevný podsvícený displej 	Zkušení uživatelé a zástupci oddělení
SPA 508G	<ul style="list-style-type: none"> • 8 linek • Jednobarevný podsvícený displej 	Manažeri a správci, kteří potřebují klávesy pro rychlou volbu
SPA 509G	<ul style="list-style-type: none"> • 12 linek • Jednobarevný podsvícený displej 	Manažeri a správci, kteří potřebují dodatečné klávesy pro rychlou volbu a sdílení
SPA 525G	<ul style="list-style-type: none"> • 5 linek • Barevný podsvícený displej • WiFi • Bluetooth 	Kanceláře vedení, pracoviště s obtížným zaváděním kabeláže

Zdroj: http://www.cisco.com/web/CZ/solutions/smb/products/voice_conferencing/spa_500/

Cisco také nabízí SPA 112. Jedná se o převodník mezi VoIP/PSTN, který je vybaven 2 FXS porty pro připojení analogových telefonů a širokopásmovým portem WAN 10/100 pro připojení k IP síti. Zařízení podporuje SIP protokol a provisioning. Díky své podpoře protokolu T38 je většinou nasazován ve firmách pro připojení analogových faxových přístrojů.

6.1.2 Panasonic TGP5XX

Firma Panasonic nabízí bezdrátový (DECT) IP telefon s podporou signalizačního protokolu SIP a to v provedení TGP 500 a TGP550 (obr. 9). IP telefon TGP 500 je vybaven bezdrátovým sluchátkem a základnovou stanicí. Telefon TGP550 je opět vybaven bezdrátovým sluchátkem a jako základnová stanice je zde stolní telefonní přístroj, který umožňuje vytvářet a přijímat hovory prostřednictvím VoIP technologií a také vytvářet vnitřní hlasovou komunikaci s bezdrátovým sluchátkem, které je zaregistrováno k základnovému telefonu. U obou modelů je možno zaregistrovat na základnové stanici až 6 bezdrátových telefonů.

Základní vlastnosti IP bezdrátových telefonů řady TGP 5xx:

- Podpora 3 současných hlasových konverzací.
- Kodek G.711a, G.711u, G.722, G.722a, G.726.
- Bezdrátová technologie DECT.
- Bezdrátové sluchátko s LCD displejem s podsvícením.
- Podpora protokolu SIP.
- Provisioning (autokonfigurace).
- Podpora VLAN 802.1q.
- Možno vytvořit 8 SIP účtů.
- Podpora až 6 bezdrátových sluchátek DECT.

Obrázek 9: Telefon Panasonic TGP 550



Zdroj: <http://www.panasonic.com/>

6.1.3 Cisco 794x-796x

Jsou IP telefony od firmy Cisco, které jsou prvotně určeny pro proprietární řešení Cisco Unified Communications. Toto řešení umožňuje malým a středním firmám konvergenci (přechod) na IP telefonii provozovanou na prostředcích a službách od firmy Cisco. Zpracování hovorů v tomto řešení má na starost Cisco Unified Communications Manager, který provádí všechny základní telefonní služby (vyzváněcí tóny, přepojování hovorů, jejich přidržení, konference, parkování hovorů atd.). Jako signalizační protokol je zde používán SCCP (skinny), uzavřený proprietární protokol od firmy Cisco.

Telefony také nabízejí podporu standardu SIP a tím pádem je možno použít telefony i v otevřených řešeních založených na svobodném softwaru. Telefony jsou vybaveny velkými barevnými displeji, což je dáno tím, že jsou určeny pro firemní kancelářské prostředí. V tabulce 2 jsou uvedeny základní vlastnosti a modely řady 794x a 796x.

Tabulka 2: Přehled modelů Cisco 794x a 796x

Model	Hlavní výhody	Ideální umístění
7940G	<ul style="list-style-type: none">• Přístup ke 2 telefonním linkám nebo jedné lince a telefonické funkci	Kancelářské prostředí
7941G	<ul style="list-style-type: none">• Displej s vysokým rozlišením pro pokročilé aplikace• Nevyžaduje napájecí kabel• Přístup ke 2 telefonním linkám (nebo kombinace přístupu k lince a telefonickým funkcím)	Kancelářské prostředí
7941G-GE	<ul style="list-style-type: none">• Displej s vysokým rozlišením pro pokročilé aplikace• Navrženo pro využití s aplikacemi s vysokým výkonem• Nevyžaduje napájecí kabel• Přístup ke 2 telefonním linkám (nebo kombinace přístupu k lince a telefonickým funkcím)	Kancelářské prostředí
7960G	<ul style="list-style-type: none">• Navrženo pro uživatele s vysokým objemem hovorů• Přístup k 6 telefonním linkám (nebo ke kombinaci linek a telefonických funkcí)	Kancelářské prostředí
7961G	<ul style="list-style-type: none">• Displej s vysokým rozlišením pro pokročilé aplikace• Nevyžaduje napájecí kabel• Přístup k 6 telefonním linkám (nebo ke kombinaci linek a telefonických funkcí)	Kancelářské prostředí
7961G-GE	<ul style="list-style-type: none">• Displej s vysokým rozlišením pro pokročilé aplikace• Navrženo pro využití s aplikacemi s vysokým výkonem• Nevyžaduje napájecí kabel• Přístup k 6 telefonním linkám (nebo ke kombinaci linek a telefonických funkcí)	Kancelářské prostředí

Zdroj:

http://www.cisco.com/web/CZ/solutions/smb/products/voice_conferencing/unified_ip_phones_7900/

Obrázek 10: Telefony Cisco řady 79xx



<http://www.cisco.com/>

6.1.4 Porovnání vybraných IP telefonů

IP telefony řady TGP5xx firmy Panasonic mají standardně vypnuté WEB rozhraní a lze jej zapnout pouze na omezenou dobu, zadáním kódu přímo na přístroji. Po vypršení nastavené doby se automaticky opět stane přístroj nedostupným. Toto chování je z pohledu bezpečnosti jistě dobré, ale z pohledu možnosti centrálně spravovat tyto zařízení velice nepraktické, neboť jakákoliv změna vyžaduje fyzický zásah přímo na každém IP telefonu. Jedinou výhodou IP telefonů řady TGP5xx je to, že jsou bezdrátové, což některým uživatelům vyhovuje. V současnosti ostatní výrobci bezdrátové IP telefony s možností autokonfigurace prozatím nenabízejí. V budoucnu by mohl být zajímavý IP telefon firmy Cisco SPA302D, který má mít vlastnosti řady SPA5xx a přitom být také bezdrátový jako IP telefony řady TGP5xx.

Cisco 794x-796x jsou telefony určené pro ucelené řešení IP telefonie od firmy Cisco. Vzhledem k podpoře signalizačního protokolu SIP a autokonfigurace, lze telefony nasadit i v řešení založeném na svobodném softwaru. Jako nevýhody těchto telefonů jsou vysoké pořizovací náklady a složitější konfigurace, která je rozdělena do několika bloků:

- OS79xx.txt, obsahující název verze souboru s firmware (pokud není SEP.cnf.xml)
- XMLDefault.cnf.xml, globální nastavení IP telefonu
- SIPDefault.cnf, globální nastavení SIP části IP telefonu
- dialplan.xml, nastavení dial plánu
- ringlist.xml, nastavení vyzvánění

- List.xml, nastavení obrázku pozadí
- SEP.cnf.xml, obsahující název verze souboru s firmware
- SIP.cnf, specifická konfigurace linky (jméno, heslo...)

IP telefony Cisco řady SPA5xx jsou zajímavým kompromisem mezi cenou a funkcionalitou. Všechny typy z celé řady SPA5xx podporují automatickou konfiguraci. IP telefony lze centrálně spravovat, ať již výměnou konfiguračních souborů, tak také přes WEB rozhraní IP telefonu. WEB rozhraní dále umožňuje přes speciální URL syntaxi:

- vynucenou synchronizaci konfigurace
/admin/resync?http://192.168.1.1/ provisioning/config/spa001122334455.cfg
- synchronizaci verze firmwaru
/admin/upgrade?http://192.168.1.1/provisioning/firmware/spa500.bin
- nahrávat vyzváněcí melodie
/ringtone2?http://192.168.1.1/music.mid

Z výše uvedeného jednoznačně vyplývá, že nejvhodnějším typem koncového zařízení je řada SPA5xx, ať již díky své poměrně nízké ceně, tak také díky přehledné konfiguraci s možností automatické centrální správy.

6.2 Výběr technologie

Z teoretické části vyplývá možnost použít komerční řešení nebo řešení založené na svobodném programovém vybavení. V případě použití komerčního řešení CUCM od společnosti Cisco je nutné počítat s vyšší pořizovací cenou hardwaru, s poměrně drahým licencováním samotné IP ústředny a také nákladnější pořízení koncových přístrojů (IP telefonů). Dále je nutné vzít v potaz dlouhodobější provozní náklady. Typickým příkladem je nutnost platit servis a podporu výrobce po uplynutí období, které bylo v pořizovací ceně (např. 2 roky). Bez tohoto servisu a podpory není možné aktualizovat programové vybavení ústředny na nejnovější verze a to ani bezpečnostní opravy chyb. Dalším problémem je pak výměna nefunkčního HW v případě poruchy.

Jako nejvhodnější se tedy nabízí řešení založené na svobodném programovém vybavení IP ústředny Kamailio nebo Asterisk. Pro potřeby této bakalářské práce jsem zvolil řešení založené na IP ústředně Asterisk. Hlavním důvodem volby je IP telefonie pro firmu střední velikosti a potenciální využití aplikační části ústředny, jako je například

VoiceMail, IVR, záznam hovorů atd. V případě velké firmy by již muselo být použito řešení založené na IP ústředně Kamailio, protože IP ústředna Asterisk by nemusela velký počet současně běžících hovorů HW zvládat.

Samotné pořízení lze realizovat dvěma způsoby. První umožňuje koupit již hotový produkt od specializované firmy, která postavila své vlastní řešení na základě ústředny Asterisk. Druhou možností je implementovat celý systém svépomocí.

V této praktické části bakalářské práce je popsána realizace celého IP telefonního systému ve firemní síti za použití svobodného programového vybavení (open-source) svépomocnou formou a IP telefonů řady Cisco SPA5xx. Praktické nasazení lze rozdělit na instalaci serveru, který bude poskytovat veškeré služby IP telefonního systému, konfiguraci jednotlivých aplikačních součástí a praktické ověření funkčnosti celého systému.

6.3 Provisioning–autokonfigurační systém

Pomocí autokonfiguračního systému, můžeme provádět snadnou instalaci IP telefonů, které jsou vybaveny podporou provisioningu. Toto praktické nasazení používá IP telefony značky Cisco řady SPA5xx. Velkou výhodou autokonfiguračního systému je, že umožňuje instalaci velkého počtu IP telefonů s minimálním časovým zatížením správce telefonního systému. Autokonfigurační systém je založen na funkčnosti IP telefonu, umožňující využít parametru DHCP serveru, pomocí kterého IP telefon získá informaci o TFTP serveru. Na TFTP serveru je umístěna výchozí konfigurace IP telefonu, která obsahuje odkaz na specifickou konfiguraci pro daný IP telefon. Základem autokonfiguračního systému je administrátorské WEB rozhraní, kde správce vyplňuje základní údaje, pomocí kterých se generuje konfigurační soubor na WWW server a vytváří se registrace uživatele IP telefonu na SIP serveru. Tento formulář může využít i přednačtení informací o uživateli z IdM nebo LDAP firemních serverů. Závěrečnou fází je vygenerování DHCP a DNS konfigurace. Zmiňované servery lze každý provozovat jako fyzický server nebo jako logické servery provozované na jednom fyzickém serveru. Případně lze zvolit i různé kombinace dle potřeb firmy. Pouze IdM/LDAP server je vhodné zcela od VoIP systému oddělit, jelikož se ve většině firem jedná o již provozovaný server.

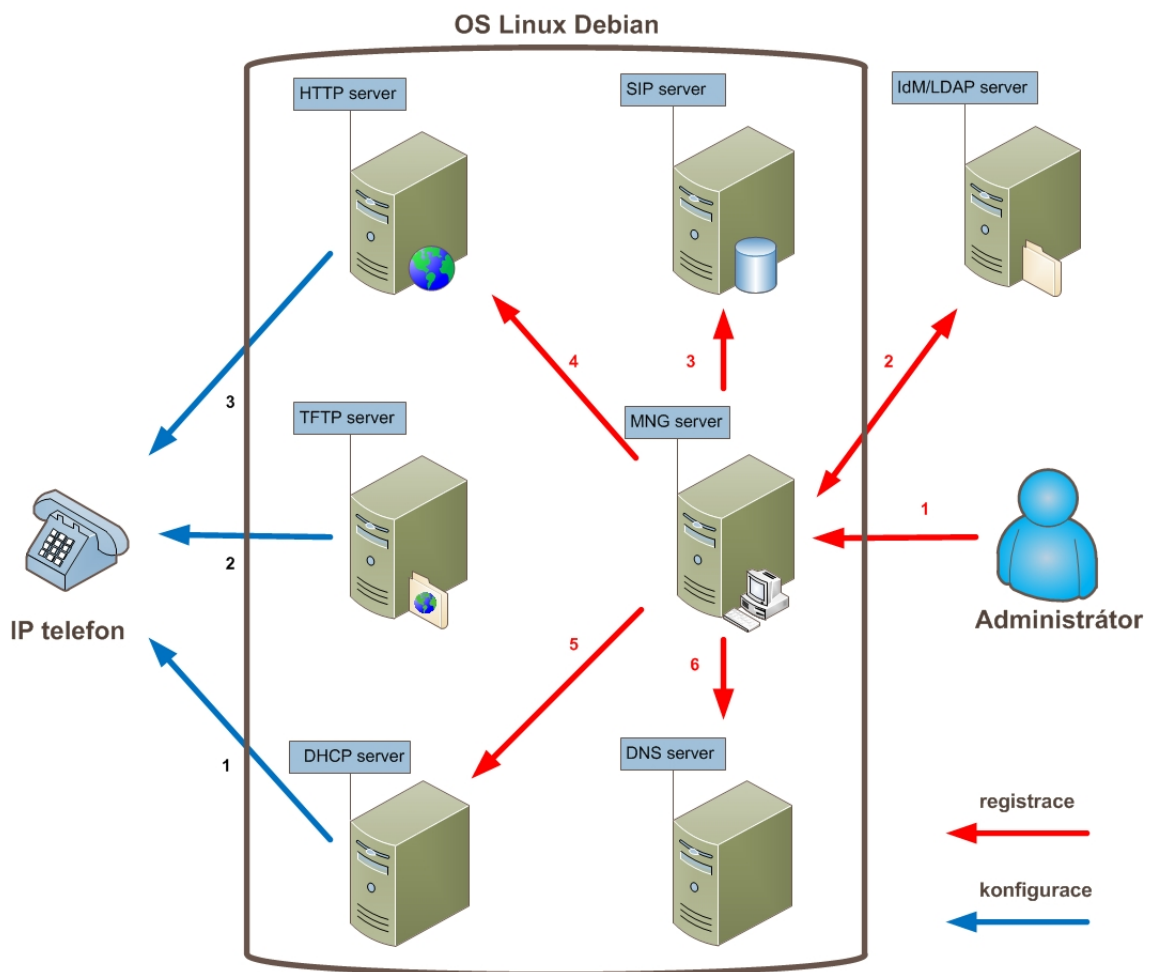
Na obr. 11 je autokonfigurační systém založen na jednom fyzickém serveru s operačním systémem Linux Debian. Operační systém umožňuje pomocí rozšiřujících insta-

lačních balíčků vytvořit potřebné logické servery, pouze IdM/LDAP server je řešen samostatně. Autokonfigurace je na obrázku rozdělena do dvou procesů, kde první proces znázorňuje registraci uživatele a přístroje do VoIP systému a druhý proces zobrazuje nastavení daného IP telefonu podle vytvořené konfigurace.

Průběh registrace:

1. zaregistrování IP telefon pomocí WEB formuláře.
2. informace o uživateli jsou získány z IdM/LDAP.
3. vytvoření sipového účtu.
4. vytvoření specifické konfigurace.
5. vytvoření záznamu s IP a MAC adresou registrovaného telefonu.
6. vytvoření záznamu IP adresa Hostname IP telefonu.

Obrázek 11: Schéma autokonfiguračního systému



Průběh konfigurace:

1. IP telefon dostává IP adresu a odkaz na TFTP server.
2. IP telefon si stahuje základní konfiguraci.
3. IP telefon si stahuje specifickou konfiguraci.

6.4 Instalace OS Debian

Pro provozování aplikačních serverů byl zvolen operační systém Linux Debian. Poslední verzi instalačního DVD lze nalézt na <http://www.debian.org>, vhodná varianta je cca 180MB obraz instalačního CD nazvaný síťová instalace. Tato varianta obsahuje pouze nejzákladnější součásti operačního systému a ostatní instalační balíčky si stahuje z Internetového zdroje.

Samotná instalace se skládá:

- volba jazyka (zvolíme English)
- volba lokality a státu (zvolíme Europe, Czech Republic)
- nastavení kódování řetězců znaků
- nastavení rozložení klávesnice
- nastavení jména serveru
- nastavení domény
- nastavení hesla administrátora
- vytvoření uživatelského účtu (jméno a příjmení, uživatelské jméno, heslo)
- volba druhu průvodce rozdělení disku (zvolíme Guided – use entire disk, All files in onepartition)
- volba umístění zdroje instalačních balíčků (zvolíme Czech Republic, ftp.zcu.cz, HTTP proxy nevyplňujeme)
- dotaz na účast v průzkumu o spokojenosti balíčků (zvolíme No)
- výběr programového vybavení (nezvolíme nic)
- potvrzení o instalaci zavaděče (zvolíme Yes)
- potvrzení o restartu serveru

Dále aktualizujeme databázi balíčků příkazem:

```
apt-get update
```

Nainstalujeme nejpotřebnějších programy (souhlasíme s případným doinstalováním dalších přídatných balíčků)

```
apt-get install ssh vim mc
```

Nyní je operační systém připraven.

6.5 IdM / LDAP server

Ve firmách, které mají větší počet zaměstnanců, se většinou používá nějaký systém pro ukládání personálních údajů o zaměstnancích. Typickými zástupci těchto systémů jsou IdM server nebo LDAP server. U obou typů se jedná o systém obsahující databázi všech zaměstnanců včetně jejich osobních údajů. Tyto údaje pak lze využít v MNG serveru IP telefonního systému pro přednačení různých položek. Například po zadání uživatelského jména se automaticky zjistí a dovyplní jméno, příjmení a místnost dané osoby.

V případě systému IdM může být samotné propojení realizováno na úrovni MySQL databáze a její pravidelné automatické synchronizace. Pokud by se použil LDAP systém, samotné propojení je řešeno dotazováním a vyhledáváním LDAP serveru.

V našem případě se jedná o firmu střední velikosti provozující LDAP server, který použijeme pro přednačení uživatelských položek jména, příjmení a emailové adresy na základě uživatelského jména.

Cílem následující části PHP kódu je připojit se na LDAP server na přednastavené IP adrese v proměnné `$LDAPSERVER`, portu ¹v proměnné `$LDAPPOR` a vyhledávací základny² v proměnné `$LDAPBASE`. Po odeslání požadavku na LDAP server uložíme výsledek hledání do proměnných `$jmeno_ldap`, `$prijmeni_ldap` a `$email_ldap`.

```
$ds=ldap_connect($LDAPSERVER, $LDAPPOR);  
if ($ds) {  
    // test o spojeníverzi 3  
    if (!ldap_set_option($ds, LDAP_OPT_PROTOCOL_VERSION, 3))  
        echo "Failed to set protocolversion to 3";  
}
```

¹standardní port LDAP serveru je 389

²například „ou=rfc2307,o=firma,c=cz“


```

// navazani spojeni
$r=ldap_bind($ds);
// vyhledani podle pozadvku
$sr=ldap_search($ds,$LDAPBASE, "uid=$LOGIN");
if (ldap_count_entries($ds,$sr)==0)
echo "<p>LDAP nenalezl daného uživatele $USER!</p>";
$info = ldap_get_entries($ds, $sr);
list ($jmeno_ldap, $prijmeni_ldap) = split ("[\ ]", $info[0]
["cn"][0]);
$email_ldap = $info[0]["mail"][0];

if ($debug_ldap){
echo "Jméno: $jmeno_ldap<br>";
echo "Příjmení: $prijmeni_ldap<br>";
echo "Email: $email_ldap<br>";
}
// uzavreni spojeni s LDAP serverem
ldap_close($ds);
} else {
echo "<p>Nepodařilo se připojit k LDAP serveru. Zkuste to prosím poz-
ději nebo kontaktujte správce.</p>";
}

```

6.6 DHCP server

Pro správnou funkčnost IP telefonů je nutné, aby jim na základě MAC adresy byla automaticky přidělena IP adresa z DHCP serveru. Díky podpoře automatické konfigurace IP telefonů řady Cisco SPA9xx a SPA5xx je možné využít parametru v odpovědi od DHCP serveru a tím poskytnout IP telefonu informaci o TFTP serveru. Jedná se o parametr číslo 66 dle RFC 5859 předávající IP adresu TFTP serveru, ze kterého po svém nastartování IP telefony stahují konfiguraci.

Instalace DHCP serveru se provede příkazem:

```
apt-get install isc-dhcp-server
```

Konfiguraci lze rozdělit na dvě oblasti a to na obecnou část a konfiguraci podsítí. Dále je v hlavním konfiguračním souboru vložen odkaz na soubor se seznamem IP telefonů

obsahující definici MAC a IP adresy. Umístění hlavního konfiguračního souboru je `/etc/dhcp/dhcpd.conf` a jeho obsah je následující:

```
# obecna cast
Option domain-name "firma.cz";
Option domain-name-servers 192.168.1.1;
Option tftp-server-name "192.168.1.1";
default-lease-time 28800;
max-lease-time 43200;

# konfigurace podsiti
subnet 192.168.1.0 netmask 255.255.255.0 {
option routers 192.168.1.1;
}

# odkaz na seznam IPT
include "/etc/dhcp/dhcpd.conf.iptel";
```

Konfigurační soubor se seznamem IP telefonů (`/etc/dhcp/dhcpd.conf.iptel`)

```
# konfigurace IPT
host ipt100{
    hardware ethernet aa:bb:cc:dd:ee:ff;
    fixed-address 192.168.1.10;
}
```

Administrátorské WEB rozhraní na MNG serveru pak automaticky po zaregistrování nového IP telefonu pokaždé vytvoří tento soubor.

6.7 DNS server

Pro plnou funkčnost, aby administrátor mohl případně na samotné IP telefony přistupovat zadáním hostname, nikoliv pouze IP adresy, je nutná instalace DNS serveru, který bude zajišťovat překlad IP adres. Toto se využívá například při nastavení uživatelských vlastností IP telefonu přes WEB rozhraní.

Instalace DNS serveru se provede příkazem:

```
apt-get install bind9
```

Konfiguraci lze rozdělit na dva soubory a to na soubor definující doménové zóny a soubor obsahující obecnou konfiguraci a seznam zařízení s definicí hostname a IP adresy. Umístění obou souborů je v adresáři /etc/bind.

Soubor definic zón (/etc/bind/named.conf):

```
zone "voip" {
    type master;
    file "/etc/bind/db.ipt";
};
```

Soubor konfigurace zařízení (/etc/bind/db.ipt):

```
# obecna cast
$ORIGIN .
$TTL 604800      ; 1 week
@               IN SOA  voip.firma.cz. root.localhost. (
                2013040902 ; serial
                3600      ; refresh (1 hour)
                900       ; retry (15 minutes)
                1209600   ; expire (2 weeks)
                3600      ; minimum (1 hour)
                )
@               IN NS   sip.firma.cz.

# konfigurace IPT ipt100 A      192.168.1.10
```

Administrátorské WEB rozhraní na MNG serveru pak automaticky po zaregistrování nového IP telefonu pokaždé vygeneruje tento soubor.

6.8 TFTP server

Důležitou roli v autokonfiguračním systému zaujímá TFTP server. V systému je nutné nastavit TFTP server tak, aby přijímal požadavky na portu 69 protokolu UDP. Dále je nutné vytvořit a uložit výchozí konfigurační soubor pro IP telefon. Konfigurační soubor obsahuje odkaz na umístění specifického konfiguračního souboru IP telefonu. Při použití IP telefonu Cisco SPA 502 bude název výchozího konfiguračního souboru ve tvaru spa502.cfg. Uvnitř výchozí konfigurace se nachází odkaz na specifickou konfiguraci pro daný IP telefon prostřednictvím MAC adresy telefonu ve tvaru \$MA. Specifické

ká konfigurace pro IP telefon s MAC 001122334455 bude mít název souboru ve tvaru spa001122334455.cfg.

Dále výchozí konfigurační soubor obsahuje definici periody automatické synchronizace. Po uplynutí této periody se IP telefon pokusí načíst svoji specifickou konfiguraci a v případě úspěchu se restartuje a naběhne již s touto konfigurací.

Obsah výchozího konfiguračního souboru pro SPA500:

```
<flat-profile>
<Profile_Ruleua="na">
http://192.168.1.1/provisioning/config/spa$MA.cfg
</Profile_Rule>
<Resync_Periodicua="na">5</Resync_Periodic>
</flat-profile>
```

Pokud je ve specifické konfiguraci nějaká chyba a IP telefon jí nemůže akceptovat, aplikuje pouze tu část konfigurace, která je v pořádku a po uplynutí nastavené periody se pokusí znovu konfiguraci načíst. Typickým znakem špatně vytvořené konfigurace IP telefonu je neustále se periodicky restartující IP telefon.

Pro porovnání zde uvedeme i výchozí konfiguraci IP telefonů Panasonic řady TGP500. Uvnitř výchozí konfigurace se nachází odkaz na specifickou konfiguraci pro daný IP telefon prostřednictvím MAC adresy telefonu ve tvaru {mac}. Specifická konfigurace pro IP telefon s MAC 00112233aabb, bude mít název souboru ve tvaru tgp00112233aabb.cfg. Pokud by se místo {mac} použilo {MAC} bude IP telefon hledat soubor s názvem tgp00112233AABB.cfg.

Obsah výchozího konfiguračního souboru pro TGP500:

```
# PCC Standard Format File # DO NOT CHANGE THIS LINE!
OPTION66_REBOOT="Y"
CFG_STANDARD_FILE_PATH="http://192.168.1.1/provisioning/config/tgp{mac}
}.cfg"
```

6.9 HTTP server

Počáteční konfigurace IP telefonů může obsahovat několik druhů zdrojů se specifickou konfigurací pro daný IP telefon. V případě IP telefonů řady SPA9xx a SPA5xx lze použít jako zdroj pro specifickou konfiguraci TFTP nebo HTTP/HTTPS server. Výhodou použití TFTP serveru je, že jej již stejně používáme pro nahrávání počáteční konfigurace IP telefonů, avšak HTTP server budeme muset také použít pro potřeby MNG serveru. Z důvodu budoucí možnosti přidat vyšší zabezpečení při přenosu konfigurace mezi server a samotným IP telefon, je vhodnější zvolit HTTP server a později jej rozšířit právě o podporu HTTPS.

Instalace HTTP serveru se provede příkazem:

```
apt-get install apache
```

Samotné umístění konfiguračních souborů dostupných přes HTTP server je ve `/var/www/provisioning/config/`.

Specifická konfigurace základních parametrů IP telefonů se nachází v příloze A.

Uživatelsky specifická data využívají následujících zástupných řetězců:

- `{UserName}` Uživatelské jméno
- `{password}` Heslo
- `{fullName}` Celé jméno uživatele
- `{macAddress}` MAC adresa
- `{phoneNumber}` Telefonní číslo
- `{hostname}` Hostname
- `{ip}` IP adresa

HTTP server je dále využíván i pro samotné administrátorské rozhraní celého VoIP systému – MNG server.

6.10 MNG server

Řízení a správu celého IP telefonního systému obstarává MNG server. Tento server může být provozován na stejném HW stroji jako ostatní servery. Jeho hlavním úkolem

je vytvořit odpovídající konfigurační soubory pro SIP server, IP telefon, DHCP server a DNS server.

Aby byl systém z pohledu administrátora uživatelsky přívětivý a umožňoval snadnou správu systému, je nutné vytvořit odpovídající WEB formuláře. Jedná se tedy o WEB rozhraní administrátora s MySQL databází a PHP skripty generující konfigurace. Samotné WEB rozhraní lze rozdělit na následující části:





- přidání nového IP telefonu
- seznam IP telefonů
- seznam hovorů
- správa systému

6.10.1 Sekce přidat telefon

Pro přidání nového IP telefonu a vytvoření jeho konfiguračních souborů slouží sekce „přidat telefon“ (obr. 12). Zde zadáme uživatelské jméno, heslo, celé jméno uživatele, MAC adresu IP telefonu, požadované telefonní číslo, hostname, IP adresu a zvolíme typ IP telefonu. Většinu položek systém sám předvyplní.

Obrázek 12: WEB formulář - přidání telefonu

VoIP System

Přidat telefon

Username

Heslo

Celé jméno uživatele

MAC adresa

Telefonní číslo

Hostname

IP adresa

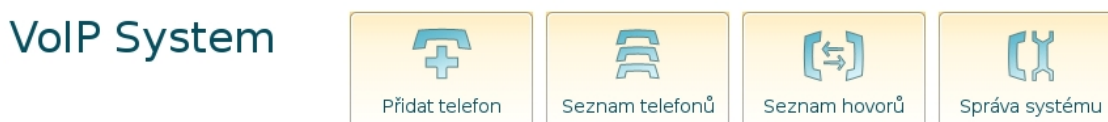
Šablona

Pro uložení máme dvě možnosti. První možností je tlačítko „Uložit“, které odešle vyplněný formulář a načte seznam IP telefonů. Druhou možností je tlačítko „Uložit a přidat další“, které odešle vyplněný formulář a načte opět sekci přidat telefon.

6.10.2 Sekce seznam telefonů

Aby bylo možné ověřit konfiguraci IP telefonů nebo jejich konfiguraci změnit, lze využít sekci seznam telefonů (obr. 13). Zde se nalézá kompletní seznam přidanych IP telefonů včetně registračních údajů. Každý IP telefon lze smazat nebo pouze změnit jeho registrační údaje.

Obrázek 13: WEB rozhraní - seznam telefonů



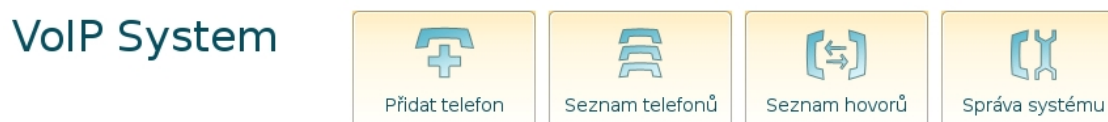
Seznam telefonů

Username	Linka	IP	Celé jméno	Host	Šablona		
panuska	100	192.168.1.11	Vaclav Panuska	ipt100	SPA502	Editovat	Smazat
user101	101	192.168.1.12	Name 101	ipt101	Softphone	Editovat	Smazat

6.10.3 Sekce seznam hovorů

Aby měl administrátor přehled o dění ve VoIP systému, je tu sekce seznam hovorů obsahující záznam uskutečněných hovorů mezi IP telefony (obr. 14).

Obrázek 14: WEB rozhraní - seznam hovorů



Seznam hovorů

Volající	Volaný	Začátek hovoru	Délka hovoru	Info
user101	100	12.04.2013, 17.37	00:07	477 Request Failure
user101	100	12.04.2013, 17.39	00:06	200 OK

Seznam obsahuje identifikaci volajícího, volaného, datum s časem, délku hovoru a poslední zprávu SIP signalizace.

6.10.4 Sekce správa systému

Poslední sekcí je správa systému, kde se definují konfigurační šablony pro jednotlivé typy IP telefonů (obr. 15). V případě, že chceme používat i softwarové SIP klienty vytvoříme typ Softphone s prázdnou šablonou.

Obrázek 15: WEB rozhraní - seznam šablon

The screenshot shows the 'VoIP System' management interface. At the top, there are four main navigation buttons: 'Přidat telefon', 'Seznam telefonů', 'Seznam hovorů', and 'Správa systému'. Below these, there are two additional buttons: 'Úprava šablon' and 'Import/export nastavení'. The 'Seznam šablon' section is active, displaying a table with two rows: 'SPA502' and 'Softphone'. Each row has three action buttons: 'Editovat', 'Duplikovat', and 'Smazat'.

Šablony lze přidávat, editovat, duplikovat nebo smazat.

Obrázek 16: WEB rozhraní - šablona pro SPA502

The screenshot shows the 'VoIP System' management interface with the 'Úprava šablony - SPA502' section active. At the top, there are four main navigation buttons: 'Přidat telefon', 'Seznam telefonů', 'Seznam hovorů', and 'Správa systému'. Below these, there are two additional buttons: 'Úprava šablon' and 'Import/export nastavení'. The 'Úprava šablony - SPA502' section is active, displaying a text area for the template content. The content is XML code for a flat-profile configuration. To the right of the text area, there is a 'Seznam zástupných řetězců' (List of placeholder strings) with the following items: {userName} - Uživatelské jméno, {password} - Heslo, {fullName} - Celé jméno uživatele, {macAddress} - MAC adresa, {phoneNumber} - Telefonní číslo, {hostname} - Hostname, and {ip} - IP adresa. Below the text area, there is a 'Uložit' (Save) button.

Při vytváření nebo editaci šablony (obr. 16) se vkládá XML konfigurace IP telefonu s předvyplněnými zástupnými řetězci pro specifické hodnoty daného IP telefonu. Většinou se jedná o uživatelské jméno, heslo, celé jméno uživatele používané pro identifikaci

volajícího, MAC adresu IP telefonu, telefonní číslo, které je pak dále i zobrazeno na display IP telefonu, hostname a IP adresa.

6.10.5 SIP server

Jako SIP server založený na svobodném softwaru lze nejčastěji použít IP ústřednu Asterisk nebo Kamailio. IP ústředna Kamailio je standardně pouze signalizační ústředna a je více vhodná pro velké firmy s rozsáhlou instalací IP telefonů. Asterisk je aplikační ústředna vhodná pro malé až střední firmy, která na rozdíl od ústředny Kamailio podporuje plnou řadu aplikací, jako je VoiceMail, IVR, záznam hovorů atd. Vzhledem k tomu, že zvolená firma je střední velikosti a požaduje i aplikační funkcionality je vhodné použít IP ústřednu Asterisk.

Instalace ústředny Asterisk se provede příkazem:

```
apt-get install asterisk
```

Po nainstalování se automaticky ústředna spustí s výchozí konfigurací. V adresáři `/etc/asterisk` nalezneme konfigurační soubory. Na první pohled je zde velké množství konfiguračních souborů, ale pro naše potřeby bude stačit upravit pouze dva.

Nejdříve upravíme soubor `extensions.conf` obsahující pravidla vytáčení tzv. „dial-plan“. Zde je nutné přidat řádku:

```
Include my-extensions.conf
```

Přidáním výše uvedené řádky se zajistí načtení našeho automaticky vytvořeného souboru s pravidly vytáčení. Soubor obsahuje všechny telefonní linky zaregistrovaných IP telefonů.

Soubor `my-extension.conf` obsahuje pro každý zaregistrovaný IP telefon vytáčečí pravidla, aby se nechalo na danou linku IP telefonu dovolat. Jelikož ústředna vnitřně pracuje pouze s uživatelským jménem, je nutné nadefinovat, aby při volání např. na linku 100 se provedlo zavolání uživateli panuska.

Ukázka obsahu souboru `my-extension.conf`:

```
exten => 100,1, Dial(SIP/panuska,1)
```

```
exten => 100,2, Hangup()
```

První řádka souboru zajistí, aby při příchozím hovoru na číslo „100“ bylo voláno uživateli „panuska“. Druhý řádek zajistí správné ukončení hovoru po položení sluchátka.

Druhým souborem je users.conf, který bude automaticky vytvořen a obsahuje uživatelské jméno zadané v hranatých závorkách, uživatelské heslo, typ účtu (pro běžný IP telefon se použije typ „user“) a IP adresu (pokud nechceme zadávat IP adresu staticky, vloží se hodnota „dynamic“).

```
[panuska]
secret = heslo123
type = user
host = dynamic
```

Pro testování hovorů je vhodné vytvořit speciální linku, na které poběží tzv. „echo test“ kde si uživatelé budou moci ověřit funkčnost svého mikrofonu i sluchátka IP telefonu a kvalitu připojené počítačové sítě. Pokud nebude záznam hlasu plynulý, nasvědčuje to malé přenosové kapacitě sítě.

Konfiguraci echo testu na lince 200 provedeme vložení následujících řádeků do souboru extensions.conf:

```
exten => 200,1,Answer()
exten => 200,2,Playback(demo-echotest)
exten => 200,3,echo()
exten => 200,4,Hangup()
```

7 Závěr

Tato práce se zabývala vytvořením autokonfiguračního systému pro IP telefony ve firemním prostředí středně velké firmy, ve které se nasazuje IP telefonie. Systém je založen na svobodném (open-source) softwaru s licencí GPL, což umožňuje významně snížit firemní náklady na telefonní služby a zjednodušit správu a údržbu IP telefonie.

V teoretické části jsou popsány základní protokoly, které jsou potřebné pro vybudování IP telefonie založené na otevřených standardech. Je zde okrajově zmíněné komerční řešení od firmy Cisco, která je typickým zástupcem na dnešním trhu IP telefonních řešení pro firemní prostředí. Toto řešení nabízí některé propracované telefonní služby, ale jeho hlavní nevýhodou je licenční politika a vyšší pořizovací náklady. Další nevýhodou je používání proprietárních protokolů, kterými je výrazně omezen výběr typů IP telefonů, většinou se jedná pouze o koncové zařízení daného výrobce.

Praktická část je zaměřena na zprovoznění a ověření funkčnosti autokonfiguračního systému na fyzickém serveru s OS Linux Debian. Jsou zde uvedeny základní konfigurační nastavení jednotlivých logických serverů IP telefonního systému a ukázky WEB formulářů pro nastavení IP telefonů. Pomocí WEB formulářů je systém z pohledu administrátora uživatelsky přívětivý a umožňuje snadnou správu systému.

Jako koncové zařízení je zde použit telefonní přístroj od firmy Cisco SPA502, který je založený na standardním signalizačním protokolu SIP. Tento přístroj podporuje auto-konfiguraci a mohl být použit pro testování funkčnosti vytvářeného systému.

Ověřením funkčnosti koncového zařízení Cisco SPA 502 na vytvořeném firemním autokonfiguračním systému, byla ověřena funkčnost celého systému a tím dosaženo cíle této práce. Byl potvrzen i předpoklad, že systém významně sníží časové vytížení správy systému.

8 Summary

The main topic of this bachelor thesis is Autoconfiguration of IP telephones in a business environment based on open-source software. The advantage of this solution is lower financial burden on the company and easier management of IP phones. The theoretical part is a description of the basic resources VoIP telephony and autoconfiguration system of IP phones. The practical part describes the practical configuration of the servers that are used in VoIP and practical verification of autoconfiguration system with IP phone Cisco SPA 502.

Keywords: Autoconfiguration, Provisioning, IP phone, SIP, SPA 502, Asterisk, VoIP

9 Přehled literatury

ADEEL, Ahmed, HABIB, Madani, TALAL Siddiqui, 2001. *VoIP performance management and optimization*. Indianapolis, Ind.: Cisco Press, 422 p. ISBN 978-158-7055-287.

BRANDL, Margit, Karl FRANZENS, Dimitris DASKOPOULOS, Erik DOBBELSTEIJN, Rosario GIUSEPPE GARROPPO, Jan JANAK, Jiri KUTHAN, Saverio NICCOLINI, Jörg OTT, Stefan PRELLE, Sven UBIK a Egon VERHAREN. *IP Telephony Cookbook*. Amsterdam NL: TERENA Secretariat, 2004. ISBN 90-7759-08-6

Dynamic Host Configuration Protocol, 1997. [online]. ietf.

Dostupné z: <http://tools.ietf.org/html/rfc2131>

GONCALVES, Flavio E, 2008. *Building telephony systems with OpenSER: a step-by-step guide to building a high-performance telephony system*. Birmingham: Packt Pub., 303 p. ISBN 978-184-7193-735.

Hypertext Transfer Protocol, 1999.[online]. ietf.

Dostupné z: <http://tools.ietf.org/html/rfc2616>

MEGGELLEN, Jim Van, Leif MADSEN a Jared SMITH, 2007. *Asterisk: the future of telephony*. 2nd ed. Beijing: O'Reilly, 574 s. ISBN 05-965-1048-9.

PETERKA, Jiří, 2011. *H.323* [online].

Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a912s200/a912s235.php3>

SCCP, 2005 [online]. HisOwn.

Dostupné z: [http://hisown.com/Talks/VoIP%20-%20Excerpt%20\(SCCP\).pdf](http://hisown.com/Talks/VoIP%20-%20Excerpt%20(SCCP).pdf)

SIP Express Router, 2007 [online]. Cesnet.

Dostupné z: <https://sip.cesnet.cz/cs/swahw/servery>

TONCAR, Vladimír, 2007. *Přehled protokolu H.323* [online]. Dostupné z: http://www.toncar.cz/Clanky/h323_prehled_1.html

VOŽŇAK, Miroslav, 2008. *Teorie a praxe IP telefonie* [online]. Dostupné z: http://www.ip-telefon.cz/archiv/dok_osta/ipt-2008_Telefonni_ustredny_Asterisk.

WALLACE, Kevin, 2007. *VoIP bez předchozích znalostí*. Vyd.1.Překlad Jan Gregor. Brno: Computer Press, 231 s. ISBN 978-80-251-1458-2.

10 Seznam obrázků a tabulek

OBRÁZEK 1: ENTITY H.323	7
OBRÁZEK 2: KONCOVÉ BODY RELACE	9
OBRÁZEK 4: POPIS REGISTRAR SERVERU	16
OBRÁZEK 5: POPIS REDIRECT SERVERU	16
OBRÁZEK 6: HISTORIE PROJEKTU SER	18
OBRÁZEK 7: BLOKOVÉ SCHÉMA ASTERISKU	20
OBRÁZEK 8: TELEFONY CISCO SPA5XX	25
OBRÁZEK 9: TELEFON PANASONIC TGP 550	26
OBRÁZEK 10: TELEFONY CISCO ŘADY 79XX	28
OBRÁZEK 12: WEB FORMULÁŘ - PŘIDÁNÍ TELEFONU	39
OBRÁZEK 13: WEB ROZHRANÍ - SEZNAM TELEFONŮ	40
OBRÁZEK 14: WEB ROZHRANÍ - SEZNAM HOVORŮ	40
OBRÁZEK 15: WEB ROZHRANÍ - SEZNAM ŠABLON	41
OBRÁZEK 16: WEB ROZHRANÍ - ŠABLONA PRO SPA502	41
TABULKA 1: PŘEHLED TELEFONŮ ŘADY SPA	25
TABULKA 2: PŘEHLED MODELŮ CISCO 794X A 796X	27

11 Příloha A - Konfigurace IP telefonu

Specifická konfigurace základních parametrů IP telefonů

```
<flat-profile>
<Enable_Web_Servergroup="System/System_Configuration">
Yes
</Enable_Web_Server>
<Web_Server_Portgroup="System/System_Configuration">
80
</Web_Server_Port>
<Enable_Web_Admin_Accessgroup="System/System_Configuration">
Yes
</Enable_Web_Admin_Access>
<Admin_Passwdgroup="System/System_Configuration">
1234
</Admin_Passwd>
<User_Passwordgroup="System/System_Configuration"/>
<Connection_Typegroup="System/Internet_Connection_Type_">
DHCP
</Connection_Type>
<Static_IPgroup="System/_Static_IP_Settings"/>
<NetMaskgroup="System/_Static_IP_Settings"/>
<Gatewaygroup="System/_Static_IP_Settings"/>
<HostNamegroup="System/Optional_Network_Configuration">
{$hostname}
</HostName>
<Enable_CDPgroup="System/VLAN_Settings">
Yes
</Enable_CDP>
<Provision_Enablegroup="Provisioning/Configuration_Profile">
Yes
</Provision_Enable>
<Resync_On_Resetgroup="Provisioning/Configuration_Profile">
Yes
</Resync_On_Reset>
<Resync_Random_Delaygroup="Provisioning/Configuration_Profile">
2
</Resync_Random_Delay>
```



```
<Resync_Periodicgroup="Provisioning/Configuration_Profile">
3600
</Resync_Periodic>
<Resync_Error_Retry_Delaygroup="Provisioning/Configuration_Profile">
3600
</Resync_Error_Retry_Delay>
<Forced_Resync_Delaygroup="Provisioning/Configuration_Profile">
14400
</Forced_Resync_Delay>
<Resync_From_SIPgroup="Provisioning/Configuration_Profile">
Yes
</Resync_From_SIP>
<Re-
sync_After_Upgrade_Attemptgroup="Provisioning/Configuration_Profile">
Yes
</Resync_After_Upgrade_Attempt>
<Resync_Fails_On_FNFgroup="Provisioning/Configuration_Profile">
Yes
</Resync_Fails_On_FNF>
<Profile_Rulegroup="Provisioning/Configuration_Profile">
http://192.168.1.1/provisioning/config/spa$MA.cfg
</Profile_Rule>
<User_Configurable_Resyncgroup="Provisioning/Configuration_Profile">
No
</User_Configurable_Resync>
<Upgrade_Enablegroup="Provisioning/Firmware_Upgrade">
Yes
</Upgrade_Enable>
<Upgrade_Error_Retry_Delaygroup="Provisioning/Firmware_Upgrade">
3600
</Upgrade_Error_Retry_Delay>
<Upgrade_Rulegroup="Provisioning/Firmware_Upgrade">
http://192.168.1.1/provisioning/firmware/spa$PSN.bin
</Upgrade_Rule>
<Dial_Tonegroup="Regional/Call_Progress_Tones">
350@-19,440@-19;10(*0/1+2)
</Dial_Tone>
<Busy_Tonegroup="Regional/Call_Progress_Tones">
440@-10;10(0.33/0.33/1)
</Busy_Tone>
<Ring_Back_Tonegroup="Regional/Call_Progress_Tones">
```

```
440@-10;60(1/4/1)
</Ring_Back_Tone>
<Time_Zonegroup="Regional/Miscellaneous">
GMT+01:00
</Time_Zone>
<Daylight_Saving_Time_Rulegroup="Regional/Miscellaneous">
start=3/-1/7/2:0:0;end=10/-1/7/3:0:0;save=1
</Daylight_Saving_Time_Rule>
<Dictionary_Server_Scriptgroup="Regional/Miscellaneous">
serv=http://192.168.1.1/provisioning/lang/;d0=English;x0=en.xml;d1=Cze
ch;x1=cz.xml;d2=Slovak;x2=sk.xml;
</Dictionary_Server_Script>
<Language_Selectiongroup="Regional/Miscellaneous">
Czech
</Language_Selection>
<Language_Selection_Copygroup="Regional/Miscellaneous">
1
</Language_Selection_Copy>
<Station_Namegroup="Phone/General">
{$fullName}
</Station_Name>
<Extension_1_ group="Phone/Line_Key_1">
1
</Extension_1_>
<Short_Name_1_ group="Phone/Line_Key_1">
{$phoneNumber}
</Short_Name_1_>
<Acoustic_Echo_Canceller_Enablegroup="Phone/Audio_Input_Gain__dB_">
Yes
</Acoustic_Echo_Canceller_Enable>
<Proxy_1_ group="Ext_1/Proxy_and_Registration">
192.168.1.1
</Proxy_1_>
<Use_DNS_SRV_1_ group="Ext_1/Proxy_and_Registration">
No
</Use_DNS_SRV_1_>
<DNS_SRV_Auto_Prefix_1_ group="Ext_1/Proxy_and_Registration">
No
</DNS_SRV_Auto_Prefix_1_>
<Display_Name_1_ group="Ext_1/Subscriber_Information">
{$fullName}
```

```
</Display_Name_1_>
<User_ID_1_ group="Ext_1/Subscriber_Information">
{$userName}
</User_ID_1_>
<Password_1_ group="Ext_1/Subscriber_Information">
{$password}
</Password_1_>
<Preferred_Codec_1_ group="Ext_1/Audio_Configuration">
G711a
</Preferred_Codec_1_>
<Use_Pref_Codec_Only_1_ group="Ext_1/Audio_Configuration">
No
</Use_Pref_Codec_Only_1_>
<Silence_Supp_Enable_1_ group="Ext_1/Audio_Configuration">
No
</Silence_Supp_Enable_1_>
<Dial_Plan_1_ group="Ext_1/Dial_Plan">
(*xx|0112|015[0-9]|01x.|xxxx|0xxxxxxxxx|0420xx.|000xx.)
</Dial_Plan_1_>
<Handset_Input_Gaingroup="Phone/Audio_Input_Gain__dB_">
6
</Handset_Input_Gain>
<Enable_IP_Dialing_1_ group="Ext_1/Dial_Plan">
Yes
</Enable_IP_Dialing_1_>
<Emergency_Number_1_ group="Ext_1/Dial_Plan"/>
<Multicast_Addressgroup="SIP/Linksys_Key_System_Parameters">
</Multicast_Address>
<Time_Formatgroup="User/Supplementary_Services">
24hr
</Time_Format>
<Date_Formatgroup="User/Supplementary_Services">
day/month
</Date_Format>
<Register_Expires_1_ group="Ext_1/Proxy_and_Registration">
300
</Register_Expires_1_>
<Enable_VLANgroup="System/VLAN_Settings">
No
</Enable_VLAN>
</flat-profile>
```