

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra telekomunikační techniky

Bezdrátový VoIP telefon

Wireless VoIP phone

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Vítězslav Babica**

Studijní program: N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2601T013 Telekomunikační technika

Téma: **Bezdrátový VoIP telefon**
Wireless VoIP phone

Zásady pro vypracování:

1. Popis VoIP telefonie.
2. Základy bezdrátových technologií použitelných pro VoIP.
3. Vyhodnocení vhodnosti a volba konkrétní bezdrátové technologie.
4. Návrh hardwarového řešení bezdrátového VoIP telefonu.

Seznam doporučené odborné literatury:

VOZŇÁK, Miroslav. *Voice over IP*. 1. dotisk vyd. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, Katedra telekomunikační techniky, 2009. 176 s. ISBN 978-80-248-1828-3.

BAZALA, David. *Telekomunikace a VoIP telefonie*. 1. vyd. Praha : BEN, 2006. 222 s. ISBN 80-7300-201-9.

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

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jan Žídek, CSc.**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010



prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na Téma „Bezdrátový VoIP telefon“ jsem vypracoval samostatně pod vedením mého vedoucího diplomové práce a s použitím dostupné odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsem všechny uvedl v seznamu použité literatury na konci práce.

V Ostravě, dne 7. 5. 2010

.....

(podpis autora)

Poděkování

Děkuji tímto mému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Janu Žídkovi, za účinnou metodickou, pedagogickou a v neposlední řadě také odbornou pomoc při zpracování mé práce. Chtěl bych také poděkovat Ing. Lukášovi Macurovi ze Slezské Univerzity v Opavě za vynikající pomoc a cenné rady týkající se vestavěných systémů. Rád bych poděkoval Ing. Petru Opravilovi ze společnosti Bang&Olufsen, který tuto diplomovou práci navrhl a vždy mi vyšel vstříc se všemi požadavky a návrhy.

V Ostravě, dne 7. 5. 2010

.....

(podpis autora)

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na návrh a také samotnou realizaci VoIP bezdrátového telefonu. Hlavní požadavek byl kladen na jednoduchost a funkčnost celého zapojení s ohledem na využití systému OpenWRT a technologie WiFi. Podstatnou část tvoří podrobná dokumentace, která upřesňuje vznik IP telefonu na vestavěném systému. Dále práce obsahuje ještě další tři důležité body, a to popis VoIP telefonie, základy bezdrátových technologií použitelných pro VoIP a vyhodnocení vhodnosti a výběr konkrétní bezdrátové technologie. Výsledkem této práce je plně funkční bezdrátový IP telefon, z kterého lze volat na libovolně přednastavená čísla.

Klíčová slova

Asterisk, Kamikaze, OpenWRT, RouterStion PRO, skript, telefon, VoIP, WiFi

Abstract

This Diploma's thesis is focused on design as well as the realization of the VoIP wireless phone. The main requirement was the simplicity and functionality of the whole device with respect to the use of OpenWRT and WiFi technology. Substantial part of the detailed documentation that explains the origin of an IP phone on the embedded system. Further the work contains yet another three important chapters, namely the description of VoIP telephony, the basics wireless technologies available for VoIP and evaluate its suitability and selection of specific wireless technology. The result of this work is a fully functional wireless IP phone, which allows the random calling on the default numbers.

Keywords

Asterisk, Kamikaze, OpenWRT, RouterStation PRO, script, telephone, VoIP, WiFi

Seznam použitých zkratek

3G	Třetí Generace
ACELP	Algebraic Code Excited Linear Prediction
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
AES	Advanced Encryption Standard
AP	Access Point
ATM	Asynchronous Transfer Mode
B2BUA	Back-to-Back User Agent
BS	Base Station
CDMA	Code Division Multiple Access
CELP	Code Excited Linear Prediction
CLI	Command Line Interface
CS-ACELP	Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction
D/A	Digital/Analog
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DPCM	Differential Pulse Code Modulation
DSP	Digitální Signálový Procesor
GPIO	General Purpose Input/Output
GPRS	General packet radio service
GPS	Global Position System
GSM	Global System for Mobile Communications
GUI	Graphical User Interface
H.323	Packet-based multimedia communications systems
HID	Human Interface Device
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISM	Industrial Scientific and Medical
ITU	International Telecommunication Union
JTAG	Joint Test Action Group
LAN	Local Area Network
LD-CELP	Low Delay Code Excited Linear Prediction
LOS	Line On Sight
LTE	Long Term Evolution

MAC	Media Access Control
MC	MultipointController
MCU	Multipoint Control Unit
MDA	Mobile Digital Assistant
MIPS	Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages
MOS	Mean Opinion Score
MP	Multipoint Processor
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PBX	Private Branch eXchange
PCM	Pulse Code Modulation
PDA	Personal Digital Assistant
PLC	PowerLine Communications
PPPoE	Point-to-Point Protocol over Ethernet
PPTP	Point-to-Point Tunneling Protocol
PSK	Phase-shift keying
QoS	Quality of Service
RAM	Random-access Memory
RTP	Real Time Protocol
SD	Secure Digital
SDP	Session Description Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SSH	Secure Shell
TCP	Transmission Control Protocol
TDM	Time Division Multiplex
TDMA	Time Division Multiple Access
Telnet	Telecommunication Network
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol
UA	User Agents
UAC	User Agent Client
UART	Universal asynchronous receiver/transmitter
UAS	User Agent Server
UDP	User Datagram Protocol
UMA	Unlicensed Mobile Access
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USB	Universal Serial Bus
UTP	Unshielded Twisted Pair
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access
VoIP	Voice over Internet Protocol
WAN	Wide Area Network
WB-CDMA	WideBand Code Division Multiple Access

WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WEP	Wired Equivalent Privacy
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WPA	Wi-Fi Protected Access
WWW	World Wide Web
xDSL	Digital Subscriber Line

Obsah

1 ÚVOD.....	1
2 POPIS VOIP TELEFONIE.....	2
2.1 ÚVOD DO VOIP	2
2.2 PRINCIP FUNGOVÁNÍ VOIP.....	3
2.3 ŘÍDÍCÍ PROTOKOLY V IP TELEFONII	3
2.3.1 PROTOKOL SIP	4
2.3.1.1 SIP žádosti.....	4
2.3.1.2 SIP odpovědi	5
2.3.1.3 SIP metody	5
2.3.1.4 SIP architektura	6
2.3.2 PROTOKOL H.323	8
2.4 KODEKY	10
2.4.1 STANDARDY KÓDOVÁNÍ A DEKÓDOVÁNÍ.....	11
3 ZÁKLADY BEZDRÁTOVÝCH TECHNOLOGIÍ POUŽITELNÝCH PRO VOIP.....	13
3.1 SÍŤ TŘETÍ GENERACE.....	13
3.1.1 WCDMA	14
3.1.2 CDMA 2000.....	14
3.1.3 TD-SCDMA	14
3.1.3 UMTS.....	14
3.2 WLAN	15
3.3 BLUETOOTH	15
3.4 DECT	16
3.4.1 IP DECT.....	16
3.5 MIFI.....	18
3.6 WiMAX	18
3.7 LTE.....	19
3.8 UMA	20
4 VYHODNOCENÍ VHODNOSTI A VOLBA KONKRÉTNÍ BEZDRÁTOVÉ TECHNOLOGIE	21
4.1 VYHODNOCENÍ VHODNOSTI BEZDRÁTOVÝCH TECHNOLOGIÍ.....	21
4.2 VOLBA BEZDRÁTOVÉ TECHNOLOGIE	21
4.2.1 WiFi síť 4. Generace	22
5 NÁVRH HARDWAROVÉHO ŘEŠENÍ VOIP TELEFONU	25
5.1 KOMERČNÍ VERZE BEZDRÁTOVÉHO VOIP TELEFONU	25
5.2 BLOKOVÉ SCHÉMA NAVRHOVANÉHO TELEFONU	26
5.3 VÝBĚR HARDWARE	27
5.4 USB PERIFERIE.....	29
5.4.1 USB Headset	29
5.4.2 USB numerická klávesnice (Numpad)	31
5.4.3 USB HUB.....	32
5.4.4 USB WiFi modul.....	33
5.5 POPIS SYSTÉMU OPENWRT	34
5.6 START SYSTÉMU V ROUTERSTATION PRO	36

5.7 VLASTNÍ KOMPILACE IMAGE SOUBORU	38
5.8 NAHRÁVÁNÍ FIRMWARE.....	41
5.9 PRVNÍ SPUŠTĚNÍ NOVÉHO FIRMWARE	42
5.10 PRVNÍ SPUŠTĚNÍ NOVÉHO FIRMWARE	43
5.11 INSTALACE USB OVLADAČŮ	44
5.12 INSTALACE USB OVLADAČŮ	45
5.13 INSTALACE USB HEADSET.....	45
5.14 INSTALACE USB KLÁVESNICE	46
5.15 INSTALACE USB WiFi MODULU	46
5.16 INSTALACE USB WiFi MODULU	48
5.16.1 Asterisk.....	48
5.16.2 Instalace a spuštění Asterisku pod OpenWRT	49
5.16.3 Problém s USB HUBem.....	50
5.17 KONFIGURACE ASTERISKU	50
5.17.1 Nastavení účtů	50
5.17.2 Nastavení číslovacího plánu	52
5.18 POPIS ŘÍDÍCÍCH PODPROGRAMŮ PRO TELEFON.....	53
5.18.1 Zprovoznění vytáčení pomocí klávesnice	54
5.18.2 Instalace a běh programu cmdpad	54
5.18.3 Vysvětlení souboru konf	57
5.18.4 Vysvětlení souboru odchozivolani	59
5.19 SOFTWAREVÉ TELEFONY	60
5.20 ZKOUŠKA FUNKČNOSTI VOIP TELEFONU.....	61
6 ZÁVĚR.....	62
LITERATURA	64
SEZNAM PŘÍLOH.....	67

1 Úvod

V dnešní době je již celý svět propojen různými typy počítačových nebo komunikačních sítí. Ať už to jsou sítě drátové nebo bezdrátové. Klasické drátové sítě jsou z hlediska volnosti pohybu problematické. Komu by se chtělo chodit po svém bytě s telefonem u ucha a tahat za sebou neustále kabel. Bezdrátové sítě jsou oproti drátovým vítanou změnou k lepšímu, alespoň co se poslední míle týče.

V posledních letech se staly bezdrátové sítě v mobilní komunikaci doslova hitem a jen málokterý výrobce, který se jen trochu zabýval sítěmi, si nechal tuto příležitost utéct. Provedením mohou být nejen nejznámější rádiové, ale také optické či sonické (zvukové). Princip bezdrátové technologie spočívá v tom, že se propojí dva nebo více subjektů bez mechanického spojení (drátů) prostřednictvím určité technologie. Dosah různých bezdrátových technologií se může pohybovat od několika jednotek metrů (infračervené dálkové ovládání televize) až po několik miliónů kilometrů (propojení mezi Zemí a vzdalující se družicí). Termín bezdrátová technologie je používán v oboru mobilních zařízení, jako jsou mobilní telefony, PDA, ale najdeme ji i v GPS zařízeních, satelitní televizi a jinde. V zásadě se při bezdrátové komunikaci vždy používá vlnění určité frekvence.

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku bezdrátového VoIP telefonu, popisuje základní funkci VoIP telefonie, důležité typy řídicích protokolů SIP a H.323 a softwarové ovladače známé jako kodeky. Pozornost je také věnována bezdrátovým technologiím dnešní doby, které jsou svými vlastnostmi použitelné pro VoIP telefonii. Dále se zabývá volbou konkrétní bezdrátové technologie a jejím vyhodnocením ve srovnání s ostatními technologiemi.

Hlavním cílem diplomové práce je návrh hardwarového řešení bezdrátového VoIP telefonu. Celé zapojení je postaveno na bázi vestavěných zařízení s patřičnou modifikací softwarového vybavení. Výsledkem práce je funkční prototyp bezdrátového IP telefonu, z kterého lze uskutečňovat telefonní hovory.

2 Popis VoIP telefonie

2.1 Úvod do VoIP

Technologie Voice over Internet Protocol známá pod zkratkou VoIP, zvaná také jako internetová telefonie, umožňuje prostřednictvím protokolu IP přenášet přes síť používající tento protokol hlasová data, čímž může nahradit klasické telefonování.

Nejčastěji se VoIP používá přes Internet. Tímto způsobem se tak můžeme domlouvat celosvětově. Telefonovat je ovšem samozřejmě možno i přes intranety a jiné lokální sítě. Nutností je pouze podpora protokolu IP.

Internet protocol pochází z rodiny protokolů TCP/IP. Právě tento protokol na úrovni síťové vrstvy se používá pro přenos dat v celosvětovém internetu, ale i mimo něj. Díky rozšiřitelnosti tohoto protokolu ho lze provozovat nad jakoukoliv datovou sítí.

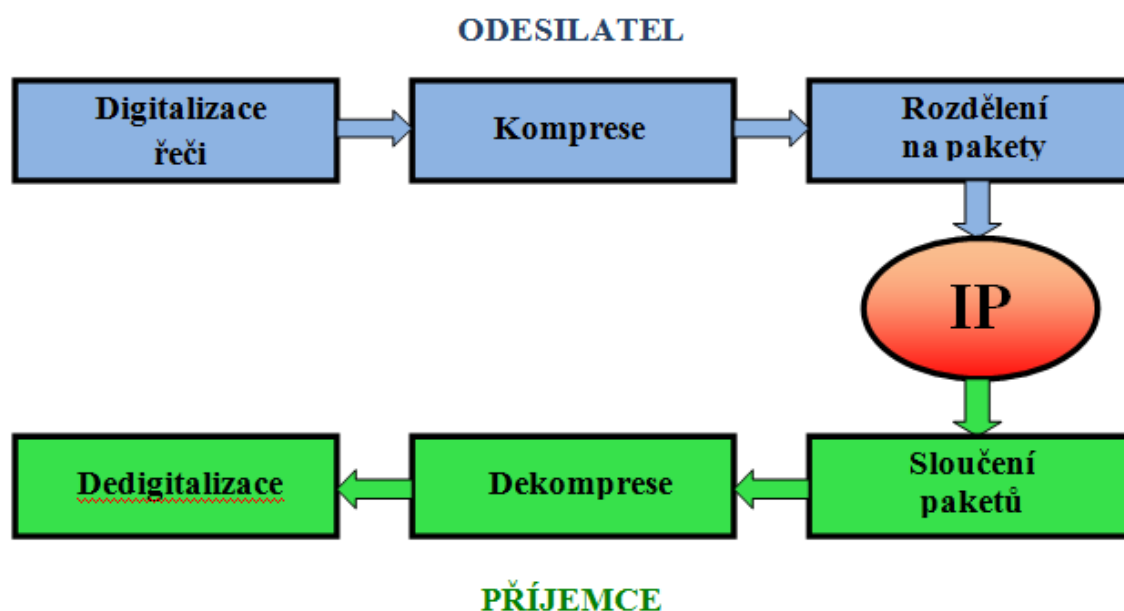
První možností VoIP telefonie je telefonování mezi dvěma počítači, které jsou připojeny k síti. Výhodou této alternativy je použití libovolného počítače, ať už se jedná o notebook nebo stolní počítač. Nutností je pouze vlastnit mikrofon a reproduktory, potažmo sluchátka. Notebook je již standardně vybaven tímto hardwarem a u stolních počítačů je to v dnešní době samozřejmostí. Vhodný software si může budoucí volající stáhnout, buď volně z internetu, do této kategorie spadá oblíbený Skype, nebo si ho zakoupit. Jediným požadavkem je mít počítač připojený k dostatečně rychlému internetu.[1]

Druhou možností VoIP technologie je spojení počítače s telefonem. Pokud v síti existuje VoIP brána, je možnost se dovolat na telefonní přístroj v běžné telefonní síti, ať už digitální nebo analogové. Tento typ volání dokáže zprostředkovat rovněž software Skype.

Třetí možností je komunikace mezi dvěma telefonními přístroji. Pokud použijeme speciálně vytvořené VoIP telefony, tak se připojíme rovnou do digitální sítě (internet). Pokud ovšem budeme používat telefony z analogové oblasti, musíme využít služby VoIP brány (Gateway). Do brány míří hlas v analogové podobě, zde se převede pomocí kodeků na digitální informaci. Tato data dále putují k cílové VoIP bráně u volaného, kde se zpět převedou na analogovou podobu. Oba volající nemusí mít o struktuře tohoto přenosu dat vůbec ponětí.

2.2 Princip fungování VoIP

Telefonie VoIP je založena na principu přenášení lidského hlasu nasnímaného mikrofonom a následně převedeného z analogové do digitální formy (digitalizace řeči). Poté se tato data zkomprimují na menší datový objem. Dalším krokem je rozdělení souvislého toku dat na menší části tzv. IP pakety. Následně jsou IP pakety posílány přes datovou síť spolu s ostatními daty. U příjemce se tyto pakety opět sloučí a dekomprimují prostřednictvím kodeků a převedou se pomocí D/A převodníku na analogový signál. Blokově je celá funkce přenosu hlasu přes IP síť znázorněna na obrázku č. 2.1.[2]



Obrázek č. 2.1: Přenos hlasu v IP síti

2.3 Řídící protokoly v IP telefonii

Nejpoužívanějšími protokoly pro správu spojení mezi účastníky jsou dva nejznámější. Prvním z nich je protokol SIP a druhým neméně známý H.323.

2.3.1 Protokol SIP

Zkratka SIP znamená Session Initiation Protocol. Je to řídicí protokol, který pracuje na aplikační vrstvě. Výhodou SIP protokolu je implementovatelnost, rozšířenost a také flexibilita. Užívá se pro sestavení, modifikaci a ukončení spojení s jedním nebo více účastníky. Ve spojení se SIPem jsou používány dva protokoly, a to RTP a SDP.

Protokol RTP se využívá pro přenos multimediálních dat v reálném čase (real-time). Umožňuje přenášení hlasu nebo videí v IP paketech.

Protokol SDP (Session Description Protocol) se používá k popisu vlastností účastníků spojení.

SIP je textově orientovaný protokol, který je podobný HTTP a SMTP protokolům. Oba tyto protokoly jsou nejpoužívanější protokoly v Internetu.

SIP je také end-to-end orientovaný signalizační protokol. Znamená to, že logika je uložena v koncových zařízeních (v telefonních přístrojích). Koncové zařízení zná i jednotlivé stavy komunikace, tím se zvyšuje odolnost komunikace proti chybám.

Protokol SIP je typu klient-server. Komunikace probíhá výměnou dvou typů zpráv, požadavků a odpovědí. Klient i server jsou logickou částí jednoho prvku. Termínem klient rozumíme telefon nebo softwarové aplikace u uživatele a pojmem server jsou označovány aplikační servery služby, které poskytují klientům další služby jako registrace, lokalizace, zpoplatňování atd.

2.3.1.1 SIP žádosti

Komunikace v SIPu je tvořena zprávami. Zprávy jsou přenášeny nejčastěji v samostatných datagramech. Každá zpráva má hlavičku zprávy (header) a může obsahovat vlastní tělo zprávy s popisem médií.

Tělo zprávy je tvořeno textovými položkami ve formě <název>:<hodnota>, které popisují předávané informace. Textová podstata protokolu napomáhá jak jednoduchému ladění, tak především snadné rozšiřitelnosti.

V prvním řádku zprávy jsou identifikovány dva typy, a to žádost nebo odpověď. Žádosti jsou obvykle používány k sestavení nebo ukončení spojení. Zatímco odpovědi jsou užívány k potvrzení, že vyslaná žádost byla přijata a zpracována.[3]

2.3.1.2 SIP odpovědi

SIP odpovědi jsou zprávy určené číselným kódem. Kódový systém je převzat z HTTP. Číselné kódy jsou rozčleněny do šesti hlavních skupin:

- 1XX - informační zprávy prozatímní odpověď pro přijetí nebo vyzvánění (např. „100 Trying“, „180 Ringing“),
- 2XX - úspěšné ukončení žádosti („200 OK“), požadavek byl přijat a pochopen,
- 3XX - přesměrování, dotaz je třeba směřovat jinam („302 Moved Temporarily“, „305 Use Proxy“),
- 4XX – chyba klienta, je zde špatná syntaxe požadavku a dotaz by se neměl ve stejné podobě opakovat („403 Forbidden“),
- 5XX - chyba na serveru, požadovaný server není schopen provést platný požadavek („500 Server Internal Error“, „501 Not Implemented“),
- 6XX - globální selhání, tento požadavek nelze uskutečnit na žádném serveru („606 Not Acceptable“).

Odpovědi s kódy 200 a vyššími jsou již konečné a jejich přijetí ukončuje transakci. Například SIP odpověď „404 Not Found“ je velice podobná chybě, kterou můžeme nalézt ve webovém prohlížeči při pokusu vstupu na neexistující stránku.[4]

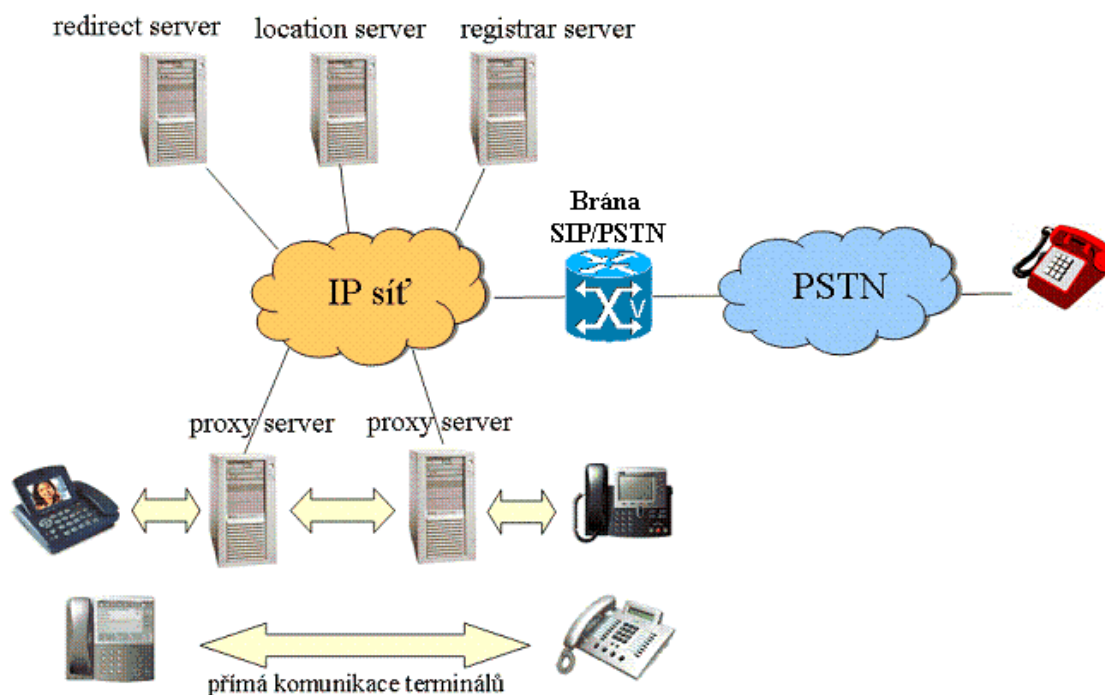
2.3.1.3 SIP metody

Klienti a servery si posílají požadavky pomocí šesti základních metod. Jde o textové zprávy:

- INVITE - slouží k žádosti o sestavení spojení.
- ACK – je potvrzení, že klient v pořádku obdržel odpověď na INVITE dotaz.
- BYE – je zpráva o ukončení spojení.
- CANCEL – se využívá k ukončení sestavovaného spojení.
- REGISTER – je žádost registrace nebo odregistrování uživatele.
- OPTIONS – dotaz na možnosti a schopnosti serveru. [3]

2.3.1.4 SIP architektura

Skládá se z několika základních součástí (viz. Obrázek č. 2.2). Každý prvek má své specifické funkce a podílí se na SIP komunikaci jako klient nebo jako server, přičemž jedno fyzické zařízení může plnit více funkcí.



Obrázek. č. 2.2: Architektura SIP protokolu

User Agents

User Agents (UA) jsou koncovými zařízeními SIP sítě. Mají za úkol navazovat spojení s ostatními UA. Nejčastějšími zástupci jsou SIP telefony (hardwarové nebo softwarové) a brány do jiných sítí.

UA dělíme na User Agent Client (UAC), který má na starosti logickou část na generování dotazu a User Agent Server (UAS), která reaguje na příchozí žádosti a posílá odpovědi. V koncovém zařízení (SIP telefonu) je vložen, jak UAC, tak i UAS.

Servery

Servery jsou v SIP architektuře zařízení, která mají za úkol zprostředkovat kontakt mezi volajícími a volanými, což ale nevyklučuje přímý kontakt koncových zařízení bez účasti serverů.

Rozlišujeme tyto typy SIP serverů:

Proxy Server

SIP proxy servery jsou důležitými prvky infrastruktury, které zajišťují směrování žádostí o spojení dle aktuálního umístění adresáta. Nejdůležitější úloha SIP proxy serveru je směrovat žádosti o sestavení spojení blíž k volanému.

Redirect Server

Stejně jako proxy server přijímá žádosti o spojení od UA nebo proxy serverů, ale nepřeposílá je dále ve směru volaného.

Registrar Server

Registrar server přijímá registrační žádosti od UA a aktualizuje podle nich databázi koncových zařízení (location service), které jsou v rámci domény spravovány.

Location Server

Je to databáze informací o lokalizaci uživatelů.

Back-to-Back User Agent (B2BUA)

Poslední server B2BUA může plnit funkci UAC a UAS. Má na starost zpřístupnění uživatelských služeb (např. přepojování hovorů). Je používán v režimu SIP serveru.[4]

2.3.2 Protokol H.323

V současné době jsou nejpoužívanějšími protokoly SIP a H.323. Nejsložitější a nejvíce pokročilý je H.323.

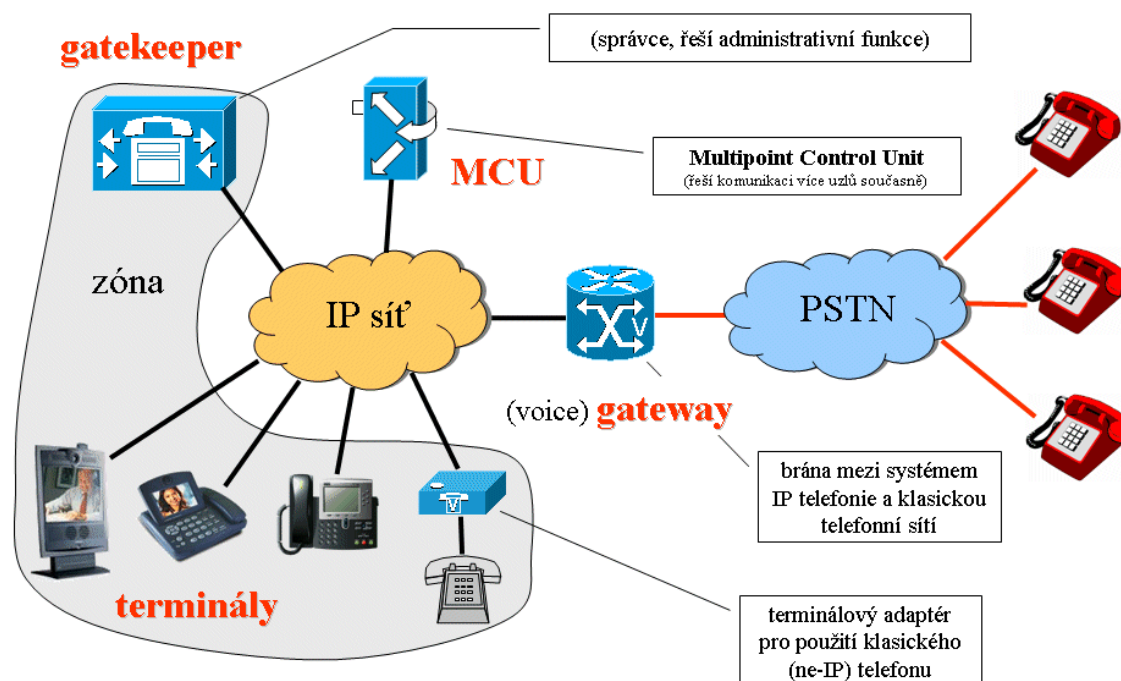
Protokol H.323 se nazývá Packet-based multimedia communications systems. Standard H.323 je Voice-over IP protokol, který je definovaný Mezinárodní telekomunikační unií (ITU).

V dnešní době má protokol H.323 celkem sedm verzí. První z nich byla uveřejněna v roce 1996, a ta poslední byla přijata v lednu 2009.

Tomuto protokolu jsou podřazeny následující standardy:

- H.225 – Signalizuje paketový přenos toku data a zároveň je synchronizuje.
- Q.931 – Definuje signalizační protokol pro sestavení, dohled a rozpad spojení v síti ISDN.
- H.245 – Protokol pro vyjednání parametrů multimediálních kanálů, je pomocným protokolem v rámci architektury H.323. Zabezpečuje vytváření a rušení logických kanálů pro přenos audio/video provozu protokolu H.225.
- H.235 – Bezpečnostní a ověřovací mechanismy.
- RTP (Real Time Protocol) – Sloužící pro přenos dat v reálném čase. Definuje vlastní multimediální přenos.
- RTCP – Dohlíží a monitoruje vlastnosti spojení RTP protokolu.
- H.450 – Signalizace doplňkových služeb (např. Call transfer, diversion, hold).
- atd.

Protokol H.323 se skládá ze čtyř hlavních prvků, a to jsou terminál, Gateway, Gatekeeper a Multipoint Control Unit (viz. Obrázek č. 2.3).[5]



Obrázek č.2.3: Součásti protokolu H.323

Terminál

Terminál je základní a povinný prvek H.323 sítě. Je to koncové zařízení (např. počítač nebo telefon), které umožňuje obousměrnou multimediální komunikaci v reálném čase. Povinností je umožňovat práci se zvukem, ale práce s videem je nepovinná. Jako audio zařízení můžeme považovat každé telefonní zařízení a mikrofonní systémy s modulovaným signálem.

Brána (Gateway)

Brána je volitelný prvek protokolu H.323, který zabezpečuje komunikaci audio a video zařízení mezi systémy s rozdílným protokolovým vybavením. Brána je charakteristická tím, že obsahuje několik rozhraní do různých sítí (např. ISDN). Mezi těmito rozhraními uskutečňuje konverzi.

Brány poskytují následující konverzní funkce:

- Konverze na úrovni fyzického rozhraní a multiplexních struktur (Ethernet- ATM),
- Konverze protokolů (G.723-G.711),
- Konverze protokolových sad (H.323-SS7).

Správce zóny (Gatekeeper)

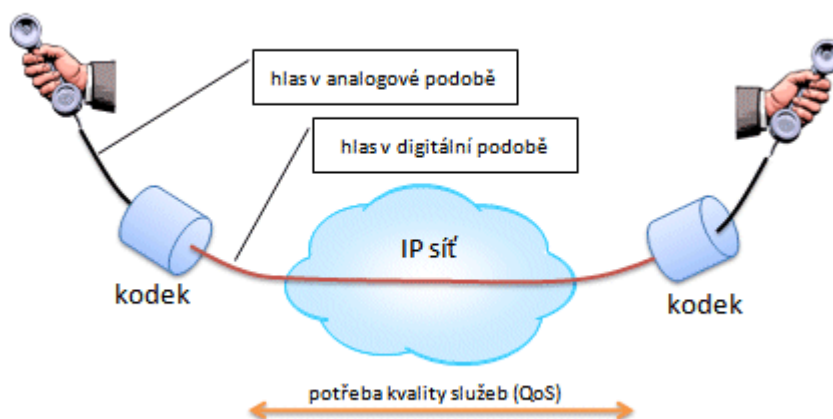
Gatekeeper je jedním z nejdůležitějších volitelných prvků protokolu H.323. Má na starosti autentifikaci, autorizaci, překlad telefonních čísel na IP adresy, účtování služeb, uchovává informace o volání apod. Tento komponent můžeme považovat za mozek H.323 sítě.

Jednotka pro řízení konferenčního spojení (Multipoint Control Unit - MCU)

Je to jednotka zajišťující konferenční hovory tří a více účastníků a rovněž určuje přenosové vlastnosti konference (např. volba kodeku). MCU je složeno z Multipoint Controller (MC), které má na starost řídicí a kontrolní funkce a Multipoint Processor (MP) přijímající a zpracovávající audio, video a datové proudy.[6]

2.4 Kodeky

Kodeky jsou softwarové ovladače, které vznikly ze spojení slov kodér-dekodér, používají se pro kódování řeči. Kodeky zajišťují konverzi mezi analogovou podobou lidského hlasu pomocí analogového mikrofону a digitální podobou, která se přenáší přes datovou síť. Na druhém konci sítě kodek pracuje na opačném principu, a to tak, že převádí zpět digitální formu signálu na analogovou (viz. Obrázek č.2.4).[7]



Obrázek č. 2.4: Přenos signálu pomocí kodeků

2.4.1 Standardy kódování a dekódování

Nejpoužívanější kodek je PCM (Pulse Code Modulation). Kódování PCM se skládá ze tří základních kroků:

1. Vzorkování (hodnoty spojitého analogového signálu se odečítají v diskrétním čase),
2. Kvantování (ke každému vzorku, který byl získán z prvního kroku, se přiřadí jedna z možných diskrétních úrovní),
3. Zakódování (diskrétní hodnoty jsou uváděny pomocí n-bitových čísel, čím více bitů jeden vzorek obsahuje, tím menší chyba při kódování PCM vzniká, objem dat se zvětšuje).

Kódování DPCM (Differential Pulse Code Modulation)

Toto diferenciální kódování je modifikací PCM. Používá se ke snížení množství přenášených dat. Nekódují se navzorkovaná data, ale jejich rozdíl oproti odhadnutému průběhu signálu. K zakódování rozdílu je potřeba nižšího počtu bitů. Tato úspora vede k redukci přenosové rychlosti, a tedy i množství přenášených dat. DPCM se hlavně využívá při kódování videa.

Kódování ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation)

Tento způsob kódování vychází z již zmíněné DPCM. Je vylepšen tím, že srovnávací průběh je vytvářen adaptivně a přizpůsobuje se konkrétním statistickým parametrům řeči. U DPCM je větší dynamický rozsah a potřebuje více bitů k zakódování vzorku než u tohoto kódování ADPCM.

Kódování CELP (Code Excited Linear Prediction)

Jedná se o lineární kodeky, které odhadují budící signál. Jejich přenosová rychlost se pohybuje od 4 do 8 kbit/s. Jedna z nevýhod CELP algoritmu je velká výpočetní náročnost. Mezi modifikace CELP patří ACELP (Algebraic Code Excited Linear Prediction), LD-CELP (Low Delay Code Excited Linear Prediction) a CS-ACELP (Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction).[3]

Následující tabulka č. 2.1 představuje zástupce nejrozšířenějších kodeků, která uvádí typ algoritmu, přenosovou rychlost, výpočetní kapacitu a MOS (Mean Opinion Score) – parametr kvality řeči, je uváděn v pětičíselné stupnici od jedné do pěti, přičemž hodnota 5 je nejlepší možná.

Typ kodeku	Algoritmus	Přenosová rychlost[kbit/s]	Nároky na výpočetní kapacitu	MOS
G.711	PCM	64	žádné	4,1
G.726	ADPCM	32	nízké	3,85
G.728	LD-CELP	16	velmi vysoké	3,61
G.729	CS-ACELP	8	vysoké	3,92
G.723.1	ACELP	6,4	střední	3,9
G.723.1	MP-MLQ	6,3	střední	3,65
G.723.1	ACELP	5,3	-	3,65

Tabulka č.2.1: Přehled nejrozšířenějších kodeků

Nejpoužívanějším kodekem je pulzní kódová modulace PCM podle standardu ITU-T G.711. Je to základní kodek používaný v klasické telefonní síti. Kvalita přenášeného hlasu je stejná jako kvalita hlasu přenášeného při běžném telefonním hovoru.[8]

Druhým nejrozšířenějším kodekem je ITU-T G.729 s algoritmem CS-ACELP, který má obdobný MOS jako G.711. Má také menší přenosovou rychlost a vyšší nároky na procesorový výkon. Kódování a dekódování je většinou zajišťováno na signálových procesorech DSP (Digitální signálový procesor).

Dalším zástupcem je kodek G.723.1 využívající kódování MP-MLP nebo ACELP. Kodek G.726 používá ADPCM kódování. Tento kodek zpracovává bloky různých délek podle toho, jak velké zpoždění je požadováno. G.728 využívá kódování LD-CELP.[9]

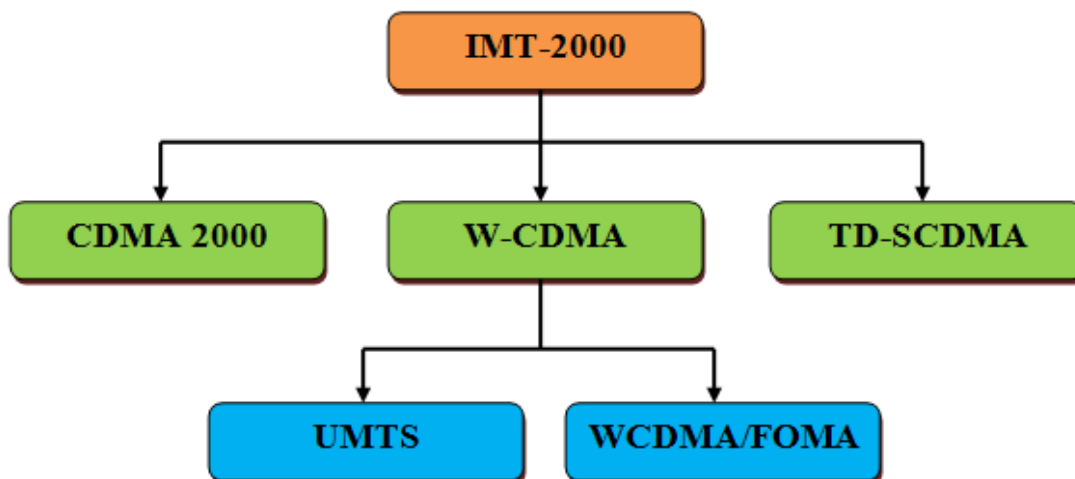
3 Základy bezdrátových technologií použitelných pro VoIP

V dnešní době se bezdrátové technologie rozvíjejí obrovským tempem kupředu. IP telefonie se pomalu, ale jistě dostává také do sfér bezdrátových sítí nové generace, a proto se spolu s VoIP rozvíjí právě i bezdrátové technologie, které jsou v dnešní době velice populární a používanější než kdykoliv předtím. Lidé si kladou čím dál tím větší nároky na služby a hlavně komfort používání a tyto možnosti bezesporu bezdrátové technologie poskytují.

V této kapitole budou objasněny základní informace o bezdrátových technologiích, které jsou úzce svázány s IP telefoníí nebo se pro IP dají využít.

3.1 Sítě třetí generace

Původně existovala myšlenka jednotného celosvětového 3G standardu vytvořeného pod patronátem mezinárodní telekomunikační unie ITU. Bohužel v USA to díky technickým problémům nebylo možné. Z tohoto důvodu se vytvořil odlišný 3G standard v Americe. Nakonec byl vytvořen podle ITU konečný standard IMT-2000.



Obrázek č. 3.1: Rozdělení skupin 3G sítí

3G standard IMT-2000 obsahuje několik takzvaných skupin. Teoreticky jde o jediný standard v 3G sítích. Prakticky tomu tak není. IMT-2000 se dále rozděluje na tři hlavní standardy, a to americký CDMA 2000, eurojaponský W-CDMA a poslední čínský TD-SCDMA. Eurojaponský standard se dále ještě dělí na dvě podskupiny, čímž jsou evropský standard UMTS a japonský WCDMA/FOMA. Toto rozdělení je zobrazeno na obrázku č. 3.1.

3.1.1 WCDMA

3G standard WCDMA (W-CDMA) je evropsko-japonský 3G standard a definuje, jak terestrickou (pozemní), tak satelitní mobilní službu. Terestriální služba nese název UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access). Jak evropský, tak japonský standard se od sebe odlišují. To znamená, že tyto dvě technologie nejsou navzájem kompatibilní.

3.1.2 CDMA 2000

CDMA je zkratka anglického výrazu Code Division Multiple Access, což v překladu znamená kódové dělení přenosových kanálů.

CDMA 2000 byla vyvinuta právě v roce 2000 americkou společností Qualcomm. Pochází ze skupiny standardů rádiových rozhraní sítí třetí generace, které byly spolu s UMTS schváleny organizací ITU, jako součást IMT-2000. Je to nástupce standardu 2G sítě IS-95 (CdmaOne).

Základní funkce CDMA 2000 je možnost současné komunikace více uživatelů v rámci jednoho frekvenčního pásma.

Systémy UMTS a CDMA2000 jsou vzájemně nekompatibilní. CDMA2000 je souhrnné označení pro technologie CDMA2000 1xRTT, CDMA2000 1xEV-DO (Evolution-Data Optimized, Evolution-Data Only) a CDMA2000 1xEV-DV (Evolution-Data+Voice).[10]

3.1.3 TD-SCDMA

Tento systém byl vyvinut čínskou akademií telekomunikačních technologií ve spolupráci se společností Siemens. Právě firma Siemens je autorem technologie TD-CDMA, na které tato 3G síť stojí. V jednoduchosti je to rozšířená TD-CDMA o synchronizaci terminálů (SCDMA) pro omezení interferencí mezi downlinkem a uplinkem.

3.1.3 UMTS

Zkratka UMTS vznikla z anglického slovního spojení Universal Mobile Telecommunication System. Je to mezinárodní standard používaný v Evropě, který využívá frekvenční spektrum od 1885 MHz do 2025 MHz nebo 2110 MHz do 2200 MHz. Jeden kanál má šířku 5 MHz. Pro UMTS je použita technologie WB-CDMA (WideBand Code Division Multiple Access). [11]

3.2 WLAN

Bezdrátové technologie pro sítě LAN (technologie WLAN - Wireless Local Area Network) původně vznikly jako řešení pro potřebu omezené mobility uvnitř objektů (např. kanceláří). Dnes se o bezdrátových sítích WLAN, mezitím přejmenovaných na WiFi, mluví již jako o konkurenci k mobilním sítím 3G.[12]

Technologie WLAN byla vyvinuta v roce 1992, kdy bylo shodně americkou a evropskou organizací vyčleněno bezlicenční radiové subpásmo ISM (Industrial Scientific and Medical), tedy pásmo vyhrazené pro průmyslové, vědecké a lékařské potřeby kolem frekvence 2,45GHz.

V roce 1997 se zrodila první norma – IEEE 801.11, která upřesňovala standard bezdrátové sítě v pásmu ISM 2.45GHz o rychlostech 1 a 2 Mbit/s. Tato přenosová rychlost byla příliš nízká a nikdo o ni nejevil velký zájem, proto se v roce 1999 objevily dvě specifikace na kvalitativně vyšší úrovni. Jednalo se o normy 802.11a a 802.11b. V roce 2003 se objevil v dnešní době asi nejpoužívanější standard 802.11g, pracující ve stejném pásmu jako 802.11b s rychlostí kolem 54Mbit/s.[13]

Podrobněji technologie WLAN bude popsána v kapitole 4.

3.3 Bluetooth

Bluetooth je technologie skládající se z velmi malých síťových struktur, označovaných pojmem piconet (pikosítě). Dokáže propojit dvě zařízení bezdrátově. Jedná se o náhradu kabelu a veškerá komunikace probíhá vzduchem. Aby obě zařízení mohla spolu tímto způsobem komunikovat, musí obě komunikující strany tuto bezdrátovou technologii podporovat.[14]

Tato technologii je dnes již obsažena v každém mobilním telefonu střední třídy, volitelně je jí vybavována většina síťových tiskáren. Maximální teoretický dosah je 10 metrů, ale prakticky se jedná o možnost spojení do cca 5 metrů, dále pak závisí na překážkách, které mezi zařízeními jsou. Komunikace probíhá v pásmu 2,4 GHz, konkrétně v rozsahu 2,4000 GHz - 2,4835 GHz.

Vznik této technologie sahá až do roku 1994, kdy ve firmě Ericson vznikla studie o náhradě kabelů mezi mobilními telefony a jejich periferiemi.[15]

3.4 DECT

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications, původně Digital European Cordless Telecommunications) je mezinárodní standard pro bezdrátový přenos hlasu a dat v kmitočtovém pásmu 1880 až 1900 MHz. Tento bezdrátový systém obsahuje celkem 120 kanálů vytvořených metodou časového multiplexu TDMA. Celkově může jeden TDMA rámec využívat 12 uživatelů a může obsahovat 10 nosných kanálů. Přenosová rychlost TDMA rámce pro přenos hlasu a dat je 384 kbit/s.

Přenášený hlas je digitálně kódován a dynamický výběr kanálů zaručuje perfektní kvalitu hovoru. Pro zakódování hovoru je použit kodek G.726 ADPCM.

Standard DECT umožňuje pracovat, jak s jednou základnovou stanicí (klasický bezdrátový telefon), tak v buňkové struktuře. U buňkové struktury se rádiový signál překrývá obdobně jako u sítí GSM. To umožňuje snížit vysílací výkony u základnových stanic na maximálně 250 mW a u mobilních stanic na přibližně 10 mW. Typický rozměr jedné buňky je okolo 200 metrů, ve volném prostranství je dosah signálu od radiozákladny až 800m. Naopak v zástavbě a v budovách je velikost buněk v řádech desítek metrů.

Systém DECT pracuje s malými výkony, neruší citlivé přístroje, proto je velice vhodný do nemocničního či laboratorního provozu.

Standard DECT je určen pro nejčastější základní aplikace:

- bezšňůrový telefon pro privátní obydlí, s několika málo mobilními stanicemi,
- využití v malých podnicích apod., typu „jediná buňka - více mobilních stanic“;
- využití ve velkých společnostech apod., typu „více buněk - mnoho mobilních stanic“;
- různé aplikace v návaznosti na veřejné i neveřejné telekomunikační sítě.

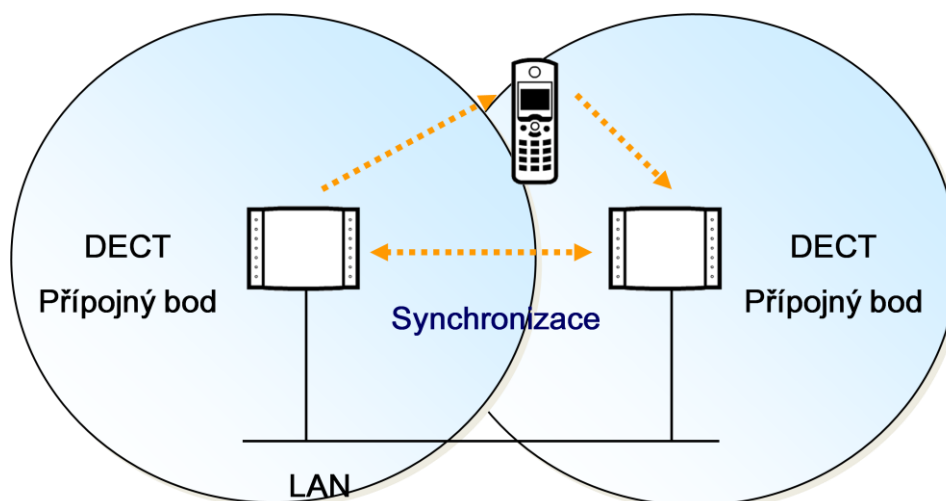
3.4.1 IP DECT

V dnešní době se telefonní hovory integrují do IP sítě. Nově vznikající standardy pro IP telefonii nejsou vždy vhodné pro bezdrátovou telefonii. Proto se na trhu dobře prosazuje systém IP DECT . Může být také označován jako DECT over IP. Princip spočívá v přizpůsobení protokolu mezi základnovou stanicí (BS – Base Station) a telefonní ústřednou, které již dnes může být čistě na bázi IP jako tzv. softswitch. Protokol mezi základnovou stanicí a telefonní ústřednou je ve standardu H.323 nebo SIP, které jsou přirozeně orientovány do IP sítě a od počátku navrhovány pro hlasový přenos (Obrázek č. 3.2).

IP- DECT systém může být brán jako gateway mezi VoIP a DECT, to znamená, že pracuje se shodnou IP strukturou jako datový přenos. Každý DECT handset je funkčně viděn jako IP- telefon. IP- DECT systém se skládá z několika plug & play prvků soustavy. V jednom systému mohou být instalovány klasické i nové IP- DECT základnové stanice.

Roaming a handover je mezi IP- DECT a tradičním DECT stanicím, které jsou připojeny přes Gateway plně podporovaný.

IP DECT využívá to nejlepší z obou technologií. DECT technologie je primárně navržena pro hlasovou službu, provoz se uskutečňuje přes vyhrazené kmitočtové pásmo a je navržen pro aplikace v reálném čase. IP technologie je velice rozšířená a umožňuje síťování mezi platformami. Je také integrována do nejrůznějších aplikací a systémů.



Obrázek č. 3.2: Topologie sítě IP DECT

I když bezdrátová technologie WLAN je na první pohled zdaleka rozšířenější, tak v některých případech mnohem lépe vyhoví právě IP DECT. Mezi zásadní výhody IP DECT oproti WLAN patří:

- Delší životnost baterie,
- Větší počet registrovaných uživatelů na jeden přístupový bod,
- Menší zpoždění a kvalita hovoru (QoS),
- Imunita vůči rušení rádiových vln.

V neposlední řadě se IP DECT využívá také ve zdravotnictví, kvůli odolnosti vzájemného rušení, jak své vlastní sítě, tak zdravotnického vybavení.[16]

3.5 MIFI

MiFi byl poprvé představen v květnu 2009 v USA a byl vyvinut firmou Novatel. MiFi je velmi malý, kompaktní bezdrátový směrovač. Funguje na bázi mobilního WiFi hotspotu. MiFi je jedním koncem připojen do 3G sítě jako je HSDPA nebo UMTS a druhým koncem pokrývá WiFi signálem oblast o velikosti zhruba 10 metrů pro sdílení internetu. To znamená, že s tímto přístrojem se můžeme bezdrátově připojit kdekoliv, kde sahá dostupnost 3G sítí.

MiFi je omezena na 5 klientů, kterými jsou například mobilní telefony, notebooky, PDA, multimediální přehrávače apod. Obsahuje rovněž GPS jednotku pro určení polohy.

3.6 WiMAX

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) je neustále se vyvíjející bezdrátová technologie, která je definována normou IEEE 802.16. První verze standardu 802.16 z roku 2002 byla definována pro pásmo 10 – 66 GHz s nutností přímé viditelnosti (LOS – Line Of Sight). Další verzí byl standard 802.16a, který pracuje v licencovaných, ale i v nelicencovaných frekvenčních pásmech od 2 do 11 GHz. Přesunem do nižší vysílací frekvence a za použití již zmíněné modulace OFDM se změnila nutnost vysílat v režimu LOS na NLOS, to znamenalo, že už není potřeba přímé viditelnosti. Teoretický dosah signálu je okolo 70 km, ovšem v městské zástavbě je to pouze několik jednotek kilometrů. Přenosová rychlost se pohybuje přibližně kolem 70 Mbit/s.[17]

Sítě založené na této technologii se více než WiFi technologii podobají mobilním 3G sítím a jejich následujících generací (UMTS). WiMAX je vhodný pro vytváření point-to-multipoint spojení. Ve srovnání s UMTS dosahuje vyšších přenosových rychlostí.

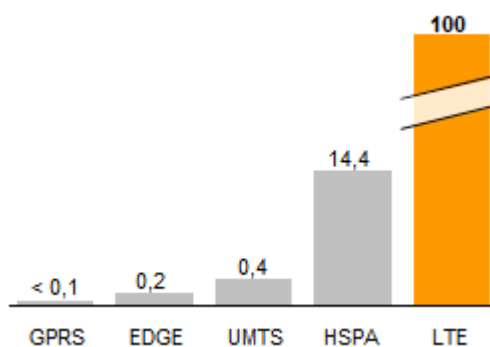
Za potenciálními vysokými přenosovými rychlostmi systému WiMAX stojí využití technologie OFDM. Jedná se o modulační techniku, která využívá rozdělení přenosového kanálu na velké množství nosných frekvencí. Více informací o této technologii je popsáno v kapitole 3.7 LTE. Výhodou je kvalita rozdělení signálu a s tím související odolnost proti interferenci a rušení.

Velkou výhodou technologie WiMAX je také implementovaná podpora řízení kvality služeb (QoS), což umožňuje bezproblémové využití například IP telefonie, neboť právě IP telefonie potřebuje pro svou bezproblémovou funkci malou latenci a minimální jitter.[18]

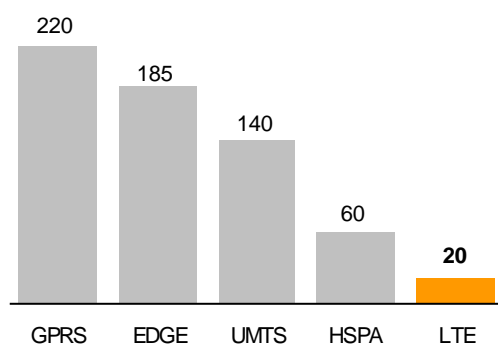
3.7 LTE

Long Term Evolution (LTE) je jedna z nejmodernějších bezdrátových technologií, která přinese mobilní internet s rychlostí na downloadu až 100 Mbit/s a na uploadu 50Mbit/s. Byla dříve označována jako technologie Super-3G. LTE vylepšuje dobu odezvy sítě pod 20 ms, což bude přínosné pro všechny služby citlivé na zpoždění, tedy především VoIP. Může využívat více kmitočtových pásem a různé šířky kanálů (od 1,25 MHz po 20 MHz), přičemž žádoucí je co největší šířka kanálu, která dovoluje docílit větší přenosové kapacity. LTE využívá modulaci OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), na níž je postaven také bezdrátový WiMAX, a z drátových technologií např. xDSL nebo sítě PLC (PowerLine Communications).

Obrázek č. 3.3 porovnává jednotlivé technologie v závislosti na rychlosti v Mbit/s. Obrázek č. 3.4 znázorňuje hodnoty latencí bezdrátových technologií v milisekundách.[19]



Obrázek č. 3.3: Přenosové rychlosti bezdrátových technologií



Obrázek č. 3.4: Latence bezdrátových technologií

V příloze č. I je uvedena tabulka popisující rok spuštění technologie LTE u jednotlivých světových mobilních operátorů.[20]

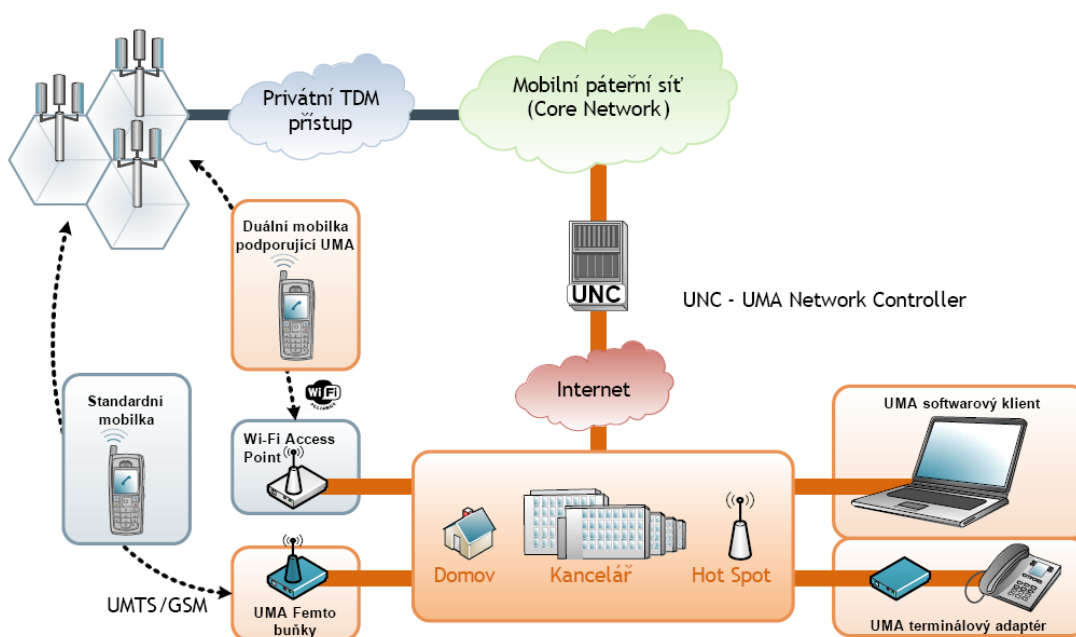
Analytici předpokládají, že do roku 2013 investují operátoři do zařízení LTE celosvětově téměř 6 miliard eur (8,6 miliardy dolarů).

3.8 UMA

UMA (Unlicensed Mobile Access) je nová přístupová metoda do páteřní sítě mobilního operátora. Umožňuje roaming a předávání hovorů (handover) mezi datovými sítěmi LAN (Local Area Network) a mobilními sítěmi GSM/GPRS/UMTS za použití dvou - módových mobilních telefonů. Tyto telefony musí umožňovat rádiové spojení, jak s klasickou mobilní sítí, tak se sítí WLAN.

Mobilní operátoři tak mají možnost poskytnout hlasové a datové služby přes sítě založené na protokolu IP s využitím další přístupové sítě. Pracuje, jak již název napovídá, v bezlicenčním pásmu. Nejčastějšími zástupci bezlicenčních sítí je technologie WiFi a Bluetooth, méně častou je WiMAX.

Následující obrázek č. 3.5 znázorňuje možné zapojení technologie UMA do mobilní páteřní sítě.[21]



Obrázek č.3.5: Zapojení technologie UMA

4 Vyhodnocení vhodnosti a volba konkrétní bezdrátové technologie

Při návrhu bezdrátového IP telefonu bylo od začátku vzniku tohoto řešení počítáno s technologií WLAN, neboť technologie WLAN je v dnešní době nejrozšířenější a nejlevnější technologií, umožňující docílit bezdrátovosti.

4.1 Vyhodnocení vhodnosti bezdrátových technologií

V druhé kapitole jsem popisoval několik různých moderních řešení pro bezdrátové spojení. Nedá se s jistotou určit, která technologie pro službu VoIP je nejlepší, jelikož každá z těchto technologií má své výhody i nevýhody. Podle mého názoru nejvhodnější technologie pro IP telefonii je na prvním místě technologie WiFi, ale zároveň také nemohu opomenout technologie 3G sítí nebo standard DECT.

Pro návrh VoIP telefonu byla vybrána technologie WiFi 3. generace, která byla pro mě nejdostupnější, nejvhodnější, snadno modifikovatelná a hlavně podporovala systém OpenWRT. WiFi technologie 3. generace, která se neustále rozvíjí, byla popsána již v mnoha pramenech. Proto se dále budu zabývat WiFi 4. generace, která má obrovské výhody oproti předešlé generaci a rovněž se dá využít pro IP telefonii. Protože sítě 4. generace doposud nejsou natolik rozšířené, byla použita pro konstrukci IP telefonu stávající technologie třetí generace.

4.2 Volba bezdrátové technologie

Bezdrátové sítě jsou v poslední době, zejména v souvislosti s technologií WiFi, velice populární. Jejich hlavní výhodou spočívá v tom, že je možné, je nasadit tam, kde není možné nebo je obtížné vybudovat klasické metalické nebo optické rozvody.

Bezdrátové sítě je možno provozovat dvěma způsoby - vysíláním ve veřejném nebo licencovaném pásmu. Licencované pásmo vyžaduje vyšší náklady (zejména co se týče cen zařízení), ale tato nevýhoda je bohatě vyvážena kvalitou přenosu. Bezdrátový přenos je obecně méně spolehlivý, než přenos pomocí optických vláken či metalických kabelů. Proto je nutné postupovat zvláště citlivě při volbě bezdrátové technologie s ohledem na budoucí využití sítě.

Určitě nejrozšířenější bezdrátovou technologií, která se používá pro přenos v lokálních sítích je standard známější pod názvem WiFi. Vznikl již v roce 1992, kdy bylo uvolněno bezlicenční pásmo 2,4 GHz a pomalu se začal rozšiřovat do sfér, ať už podnikových, tak do domácností.[22],[23]

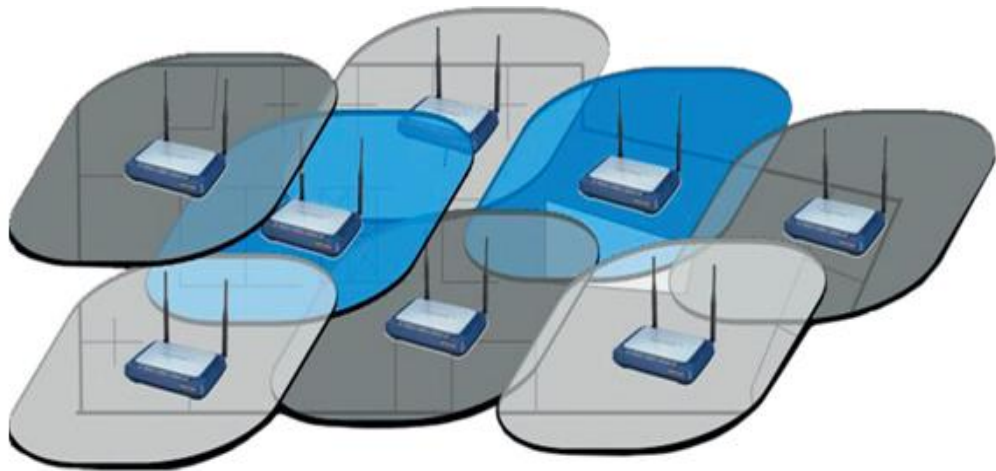
Základním požadavkem na moderní bezdrátovou síť je několik hlavních bodů, jako je pokrytí signálem, propustnost, mobilita, podpora služeb VoIP, video, stabilita a v neposlední řadě také bezpečnost. Právě bezpečnost a rušení byla u WiFi sítí jedním z nejslabších článků.

4.2.1 WiFi síť 4. generace

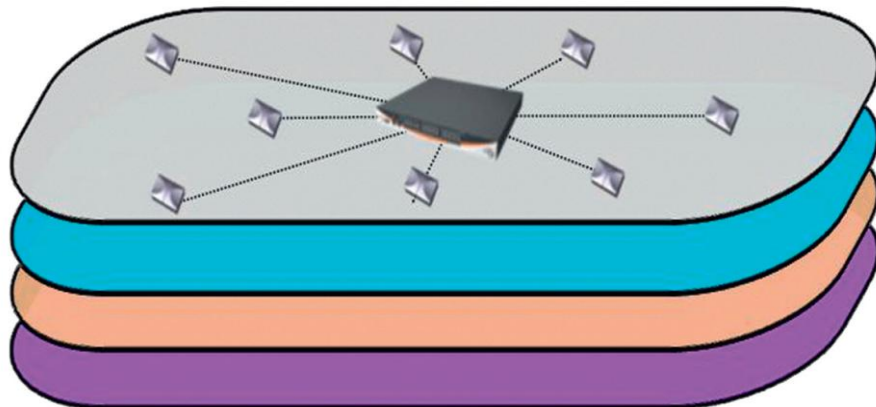
Rozdíl mezi sítí 3. a 4. generace je v použití rozdílné architektury. Dnešní WiFi síť 3. generace jsou založeny na buňkové architektuře (obrázek č. 4.1). To znamená, že každý přístupový bod je plně samostatnou jednotkou s vlastní unikátní MAC adresou vysílající na jednom určitém kanále.

Oproti sítím 3. generace, generace čtvrtá používá takzvanou blanket architekturu. To znamená, že zcela mění původní koncept. Je použito více přístupových bodů, které vysílají na stejném kanále a vytváří tak celistvé pokrytí (blanket) s pouze jednou MAC adresou. Blanket architektura (obrázek č. 4.2) má vnitřní mechanismy, které brání vlastnímu rušení mezi jednotlivými Access pointy (AP). Možnost provozu všech AP na jednom kanálu je umožněna tím, že všechny přístupové body jsou navázány na centrální prvek. Každý AP zde zastupuje pouze funkci aktivní antény a veškerá bezdrátová komunikace je vedena na centrální jednotku.

Taková blanket síť je koncovým zařízením chápána jako jedna obrovská síť s jednou MAC adresou. Uživatel sice fyzicky komunikuje přes libovolný přístupový bod, ale logicky je spojen s centrální řídicí jednotkou. Tyto síť 4. generace byly primárně vytvořeny pro garanci pokrytí a garanci nejnáročnějších mobilních služeb jako je IP telefonie a přenos videa v reálném čase.



Obrázek č. 4.1: Typický příklad buňkové architektury



Obrázek č.4.2: Příklad tzv. Blanket sítě s centrálním prvkem

Bezdrátové řešení přenosu hlasu přes VoIP je skvělým řešením také pro velké společnosti a podniky, kde zaměstnanci i majitelé potřebují komunikovat v rámci celého areálu firmy a přilehlého okolí. Pokrytí se vytváří nejčastěji pomocí WLAN AP základen a opakovačů. Tyto spolu dohromady tvoří jednotnou síť, podobně jako to známe z GSM sítí, mezi kterými se mohou účastníci volně pohybovat bez přerušování hovoru (tzv. Handover).

Jako koncová zařízení se používají bezdrátové WLAN telefonní přístroje s podporou SIP protokolu nebo mobilní telefonní přístroje s podporou WLAN a SIP - například mobilní telefony Nokia E series, iPhone, BlackBerry, různé druhy MDA atd. Uživatelé jsou tak vždy k zastavení na svém pevném čísle i v případě, že se pohybují po areálu firmy nebo v dosahu WLAN AP základen. Mají tak k dispozici všechny funkce ústředny stejně jako na klasickém pevném IP telefonu. Právě z tohoto důvodu se v budoucnu budou rozšiřovat přesně tyto druhy chytrých mobilních telefonů, které dokážou zvládat veškerou možnou komunikaci se světem nejen prostřednictvím WLAN sítí, ale také pomocí sítí třetí a čtvrté generace. Je přece zbytečnost nosit u sebe několik druhů telefonů, které umí jen tu svou konkrétní technologii, když můžeme nosit pouze jeden vyspělý komunikátor, který obstará vše v jednom. Ušetřené prostředky za hovory, které probíhaly mezi zaměstnanci pomocí GSM telefonů a zvýšená produktivita práce garantují úsporu nákladů za hovorné a rychlou návratnost investice.

Určitě běžné bezdrátové telefony, které striktně dodržují jen jednu nebo maximálně dvě technologie z trhu nevymizí. Budou se i nadále používat v domácnostech nebo malých firmách kde najdou své opodstatnění.

Bezdrátovou WLAN síť je možné volitelně využít i pro přenos dat - například pro připojení notebooků. Datový provoz je vhodné oddělit od hlasového VoIP provozu a popřípadě využít i jiné zabezpečení sítě pro datový a hlasový provoz.

Při návrhu WLAN sítě pro přenos hlasu je potřeba vzít v potaz celou řadu faktorů. Je potřeba uvážit celkové pokrytí signálem tak, aby fungoval bezproblémový roaming bezdrátových IP telefonů. Uživatel se tak může pohybovat po celé budově a je přesouván/registrován na WLAN základnovou stanicí s nejsilnějším signálem a nedojde k přerušení hovoru.[24]

Příklad topologie zapojení je k dispozici v příloze č. II.

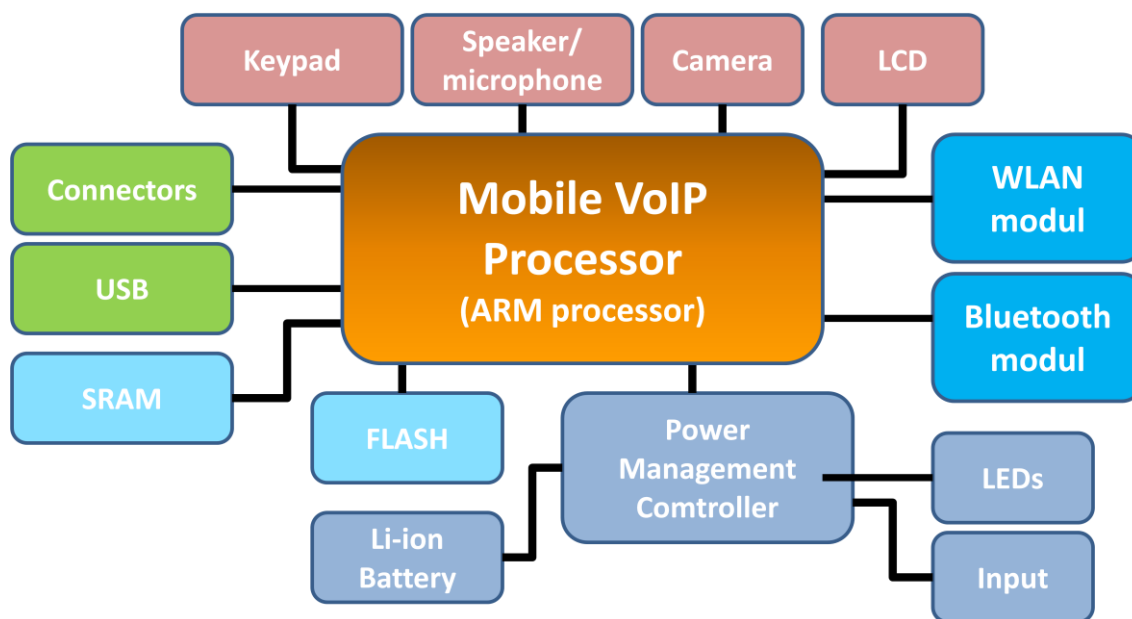
5 Návrh hardwarového řešení VoIP telefonu

Určitě existuje mnoho různých řešení a postupů, jak vytvořit bezdrátový VoIP telefon a splnit náplň mé diplomové práce. Pro pochopení celé problematiky bezdrátového VoIP telefonu je v kapitole 5.1 popsáno standardní zapojení VoIP telefonu fungujícího na bázi technologie WiFi. V následující kapitole je popsán vlastní návrh bezdrátového VoIP telefonu, což nám umožní srovnání rozdílů mezi komerčním a navrhnutým telefonem.

5.1 Komerční verze bezdrátového VoIP telefonu

U komerčně vyráběných telefonů se celek skládá z několika hlavních částí. Nejdůležitějším prvkem celé soustavy je bezesporu VoIP procesor. Procesory jsou obvykle postaveny na velmi rychlých architekturách (ARM, MIPS, Freescale, Coldfire apod.). Procesory jsou vyvíjeny s ohledem na mobilitu zařízení. Velký důraz je také kladen na spotřebu energie, jedním z největších spotřebitelů energie je WLAN modul, proto samotný procesor musí být co nejúspornější.

Na obrázku č.5.1 vidíme blokové schéma standardního VoIP telefonu. V telefonu se nachází kromě procesoru pět dalších bloků, které jsou od sebe odlišeny barvou. První blok obsahuje paměťovou část (Flash, RAM) pro uložení potřebných dat. Druhý blok má v sobě zahrnuty konektory pro spojení mezi uživatelem a telefonním přístrojem. Třetí důležitou částí jsou periferie obsahující, jak klávesnici, displej, mikrofon, reproduktor, tak nadstandardní fotoaparát. Čtvrtým blokem jsou bezdrátové moduly, telefon může mít v sobě integrován, jak WLAN i bluetooth modul současně, tak odděleně. Poslední skupinou je velice důležité řízení spotřeby energie. Řídící obvody se starají o nabíjení a napájení.[25]



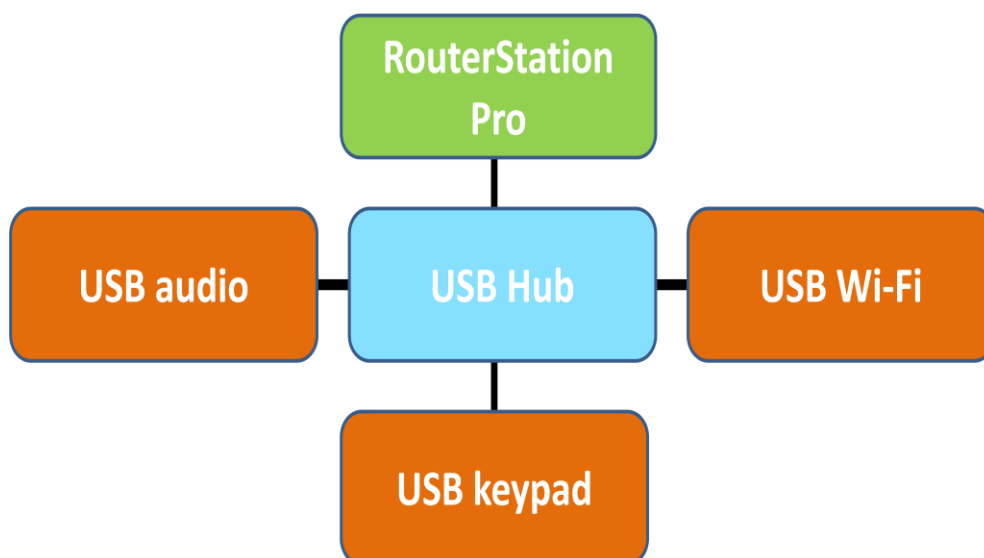
Obrázek č. 5.1: Blokové schéma komerčního telefonu

Nejznámějšími výrobci těchto telefonů jsou společnosti Cisco, Zyxel, Siemens, Broadcom, Linksys, atd.

5.2 Blokové schéma navrhovaného telefonu

Navržený VoIP telefon (Obrázek č.5.2) se rovněž skládá z několika částí. Obsahuje stejné komponenty jako komerčně vyráběný telefon, s tím rozdílem, že jsou jinak uspořádány. Hlavní rozdíl je v tom, že většinu funkcí obstarává speciálně vybraný board s názvem RouterStation PRO.

Tato platforma v sobě obsahuje kromě procesoru s architekturou MIPS tři z pěti bloků standardního telefonu, a těmi jsou paměti typu RAM a Flash, konektivita rozhraní USB 2.0, RS232, UART, GPIO, JTAG a řídicí obvod napájení. K RouterStation PRO jsou přes USB HUB připojeny USB periferie (klávesnice, mikrofon a reproduktor, WiFi modul).



Obrázek č. 5.2: Blokové schéma navrženého VoIP telefonu

5.3 Výběr hardware

Existují dvě alternativy, jak lze VoIP telefon sestavit. První možností bylo použití linuxové distribuce OpenWRT. Pomocí tohoto systému a modifikací pobočkové ústředny Asterisk jde za použití softwarových prostředků vytvořit kýžený VoIP bezdrátový telefon.

Druhou možností bylo použití SIPového klienta, který byl napsán v některém z dostupných programovacích jazyků (např. C), a následná tvorba vlastního schématu zapojení, dále navrhnutí desky plošných spojů, použití vhodného mikroprocesoru, který by splňoval bezzbytku naše požadavky a nahrání do mikroprocesoru SIPového klienta. Samozřejmostí by byla nutnost zprovoznění určité bezdrátové technologie a klávesnice potřebná pro vytáčení čísel.

Já jsem si vybral možnost první, neboť je mnohem sofistikovanější. Nebyla zde nutnost žádné výroby desky plošných spojů a podobně. Výhoda spočívala také v mnohem větší konfigurovatelnosti. I když je distribuce OpenWRT ve vývoji, je to stále v základu operační systém založený na Linuxu. S tímto systémem jsem měl mnohem více zkušeností, než se zmíněným programováním a následné ladění celého zapojení.

Celá koncepce VoIP bezdrátového telefonu vycházela z použití a úpravě distribuce OpenWRT. Této skutečnosti byla podřízena veškerá ostatní zapojení a přizpůsobení.

Jako první úkol byl výběr správného hardwaru, na kterém by mohl VoIP telefon fungovat. Tento úkol nebyl vůbec jednoduchý, neboť cele zařízení muselo splňovat určitá kritéria podle určených požadavků. První vlastností byla nutnost existence USB rozhraní.

USB rozhraní je v dnešní době velice rozšířené a absence tohoto konektoru by byla fatální. Bylo rozhodnuto, že veškeré periferie, které budou použity pro vývoj a vznik VoIP telefonu, budou pro rozhraní USB. Má to několik velmi významných výhod. Tím je bezesporu velmi jednoduchá připojitelnost bez nutnosti dalšího externího napájení, které by v tomto případě bylo velice problematické. Další výhodou je jednoduchá konfigurovatelnost v samotném OpenWRT. V dnešní době již existuje mnoho USB ovladačů pro USB zařízení, které mohou fungovat pod OpenWRT a neustále jejich počet narůstá s vývojem dalších produktů. Poslední a určitě velkou výhodou je také dostupnost a cenová hladina těchto zařízení. Pod operačním systémem Linux již funguje obrovské množství USB zařízení a jednoduše řečeno, to co funguje pod OS linux, by s největší pravděpodobností mohlo fungovat i v OS OpenWRT.

Druhým důležitým kritériem pro výběr vhodného zařízení byla nutnost podpory právě linuxové distribuce OpenWRT, pod kterou celý telefon má fungovat.

Hledal jsem na webové adrese <http://oldwiki.openwrt.org/TableOfHardware.html> v sekci podporovaných zařízení, zda se tam nachází hardware, který podporuje plně OS OpenWRT nebo pouze částečně. Obrázek č. 5.3 znázorňuje již mnou vybraný hardware.[26]

Ubiquiti

Model	Platform & Frequency	Flash	RAM	Wireless NIC	USB	Status
AP-One						AP-One page
LiteStation2						LiteStation2 page
LiteStation5						LiteStation5 page
NanoStation2	Atheros AR2315 @ 150mhz	4MB	16MB	Atheros	no	NanoStation2 page
NanoStation5	Atheros AR2313 @ 180MHz	4MB	16MB	Atheros	no	Supported
PowerStation5						Supported
RouterStation	Atheros AR7161 @680 MHz	16MB	64MB RAM	3x miniPCI	1x	Supported

Obrázek č. 5.3: Tabulka podporovaného hardwaru

Třetí kritérium byla dostupnost a cena celého zařízení. Tento aspekt byl při výběru velice důležitým aspektem, neboť některé typy zařízení se šplhají svou cenou do desítek tisíc korun. Také dostupnost zařízení na českém trhu hrála velkou roli, protože posílání zboží ze zahraničí je zbytečné, pokud můžeme podobný nebo dokonce stejný produkt koupit v České republice.

Čtvrtým požadavkem byl přiměřený výpočetní výkon celého zařízení. Očekávala se taktovací frekvence nejméně 300MHz a vyšší. Samozřejmostí byla také dostatečně velká operační a flash paměť pro uložení operačního systému.

Tyto požadavky nejlépe splňovala platforma od americké firmy Ubiquiti s názvem RouterStation PRO. Podporoval v plném rozsahu OpenWRT a již továrně zde byla předinstalovaná určitá verze této distribuce. To byl velmi dobrý důvod, neboť zde odpadala nutnost vlastní kompilace firmwaru pro toto zařízení.

Celé zařízení bylo tedy zakoupeno v internetovém obchodě i4wifi.cz za cenu okolo 1600Kč. Samozřejmě i ostatní parametry toho zařízení byly více než dostačující. Taktovací frekvence procesoru Atheros s architekturou MIPS byla 680MHz, přičemž se dále mohla přetaktovat na 800MHz. Operační paměť má velikost 128MB RAM, flash paměť pro uložení OS OpenWRT 16MB. Dále zařízení disponuje USB rozhraním ve verzi 2.0 a čtečkou paměťových karet SD.[27]

Podrobné informace jsou zobrazeny v následujícím výčtu funkcí a parametrů.

Procesor:	Atheros MIPS 24K, 680 MHz
Operační paměť:	128 MB RAM
Počet portů LAN:	4 x RJ45 10/100/1000 Mbps
Flash paměť:	16 MB
Rozšiřující sloty:	3x miniPCI
Paměťový slot:	SD
Napájení:	PoE 48 V dle 802.3af
Konektivita:	USB 2.0, RS232 (dB9), GPIO, UART, JTAG
Rozměry:	127 x 115 mm

5.4 USB periferie

Jako USB periferie byly vybrány produkty z nižších cenových relací, neboť pro vývojovou verzi vyvíjeného VoIP telefonu to z hlediska funkčnosti postačuje.

5.4.1 USB Headset

Pro komunikaci mezi VoIP telefonem a softwarovým klientem byl použit USB headset od společnosti Logitech (viz obrázek č. 5.4).



Obrázek č. 5.4: USB headset

Tento produkt splňuje požadavky na USB konektivitu, má ovládání hlasitosti a úplné ztlumení přímo na přívodním kabelu. Sluchátka mají klasickou konstrukci s měkčenými kloboučky reproduktorů a temenním obloukem s nastavitelnou velikostí. Z levé části kloboučku reproduktoru vystupuje mikrofon, který je upevněn na ohebném krčku pro lepší nastavení a srozumitelnost.

Tyto sluchátka podporují samozřejmě operační systémy určené pro osobní počítače, jak už OS Windows, tak OS Linux. Na těchto operačních systémech není nutný žádný ovladač. Pro použití v distribuci OpenWRT byl potřeba pouze běžný audio driver, který se dal standardním způsobem nahrát. Více podrobností o instalaci USB ovladačů bude uvedeno v kapitole 5.11.

Specifikace:

- Stereo audio výstup
- Frekvence sluchátek: 20 – 20 000Hz
- Frekvence mikrofonu: 100 – 16 000Hz
- Citlivost mikrofonu: -44DbV/PA
- Délka přívodního kabelu: 2,4m
- Konektivita USB 1.1

5.4.2 USB numerická klávesnice (Numpad)

Každý telefon, ať je to analogový, digitální, mobilní nebo VoIP, potřebuje pro vytáčení a ovládání určitý druh klávesnice. Pro vytáčení čísel je nutností numerická klávesnice, která obsahuje veškeré potřebné číslice.

Pro účely bezdrátového VoIP telefonu, který pracuje na platformě openWRT bylo využito HID (Human Interface Device) rozhraní pro ovládání celého telefonu. Na klávesnici nebyl kladen takový důraz, jako tomu bylo u USB audio sluchátek. To znamená, že mohla být využita jakákoliv univerzální klávesnice, která má ovladač USB HID, který byl nainstalován na platformě OpenWRT. Jediný problém by nastal asi u herních a multifunkčních klávesnic, které pro svou činnost potřebují své vlastní specifické ovladače.

Bylo využito klasické USB numerické klávesnice od společnosti Genius, která pracuje v jakémkoliv operačním systému, tedy i OpenWRT v režimu plug and play. Numerická klávesnice byla využita záměrně, protože pro funkci celého telefonu nebylo zapotřebí většího množství kláves, než je počet kláves právě u numerické klávesnice.

Specifikace:

- Konektivita: USB HID 2.0
- Technologie Plug&Play
- Počet kláves: 20
- Hmotnost: 122g
- Rozměry: 139x95x21



Obrázek č. 5.5: USB numerická klávesnice

5.4.3 USB HUB

Při realizaci celého zapojení bylo použito periférií, které měly všechny podporu USB rozhraní. Platforma RouterStation PRO má vyveden pouze jediný USB konektor. Druhé USB rozhraní je ve formě pinů umístěných přímo na desce.

Z tohoto důvodu muselo být využito USB HUBu (viz. Obrázek 5.6) pro rozdělení USB konektorů, aby mohly být všechny periférie připojeny současně. Pro USB HUB není potřeba žádný konkrétní ovladač, pracuje bezchybně hned po připojení k hostitelskému zařízení v našem případě RouterStation PRO.

Z tohoto důvodu byl zakoupen jednoduchý a skladný USB HUB značky Trust, který byl primárně určen pro notebooky. Později se však ukázal být tento hub nepoužitelný. Více informací o tomto problému naleznete v kapitole 5.16.3.



Obrázek č. 5.6: USB HUB

Specifikace:

- Podpora USB 2.0
- Podpora USB 1.1
- Počet portů: 4 (jeden oddělen)
- Integrovaný krátký USB kabel pro připojení

5.4.4 USB WiFi modul

Jelikož bylo úkolem navrhnout bezdrátový VoIP telefon, tak muselo být využito některé z existujících bezdrátových technologií. Jak již bylo řečeno v minulé kapitole, byla zvolena technologie WLAN.

Ačkoliv board RouterStation PRO obsahuje tři Mini PCI sloty, do kterých se mohou umístit bezdrátové moduly, ať už WiFi nebo Bluetooth. Byl použit USB WiFi modul. Důvod byl jednoduchý, protože zde neexistovala žádná záruka, že pokud se použije některý z nabízených WiFi modulů do Mini PCI slotu, bude bezvadně fungovat. Těmto problémům jsem se chtěl samozřejmě vyhnout. Proto byl použit WiFi modul, který prakticky na distribuci OpenWRT fungoval bez problémů a zcela bezchybně. Jako zástupce této technologie byl zakoupen USB WiFi modul značky TP-Link typ TL-WN321G.

Tento konkrétní typ s chipem Ralink byl uveden na fóru openwrt.org a byly zde popsány kladné recenze. Jednalo se o nejlevnější, avšak plně dostačující komponent. Toto zařízení disponovalo dokonce i režimem Access Point, který byl později plně využit. Tento model podporuje většinu operačních systémů Windows, ale také Linux.



Obrázek č. 5.7: USB WiFi modul

Specifikace:

- Rozhraní USB 2.0
- Chipset: Ralink
- Módy: AP, Ad-hoc, klient
- Podpora standardů: IEEE 802.11b,g
- Pracovní frekvence: 2,4GHz
- Přenosová rychlost: 54Mbit/s
- Šifrování: WPA, 64/128-bit WEP, TKIP/AES
- VF výkon: 18Dbm
- Interní anténa

5.5 Popis systému OpenWRT

OpenWrt je distribuce, která je speciálně vyvinuta pro vestavěná zařízení a je založená na linuxové platformě. Původně bylo OpenWRT zaměřeno pouze na zařízení od společnosti Linksys série WRT54G. Postupně se distribuce rozšířila do ostatních zařízení s odlišnými chipsety jiných výrobců (Asus, Netgear, D-link apod.). V poslední době se dokonce výrobci hardware přímo specializují na vývoj zařízení s plnou podporou OpenWRT a továrně je již poslední verze instalována automaticky.

Pro komunikaci s uživatelem se využívá primárně příkazového řádku.

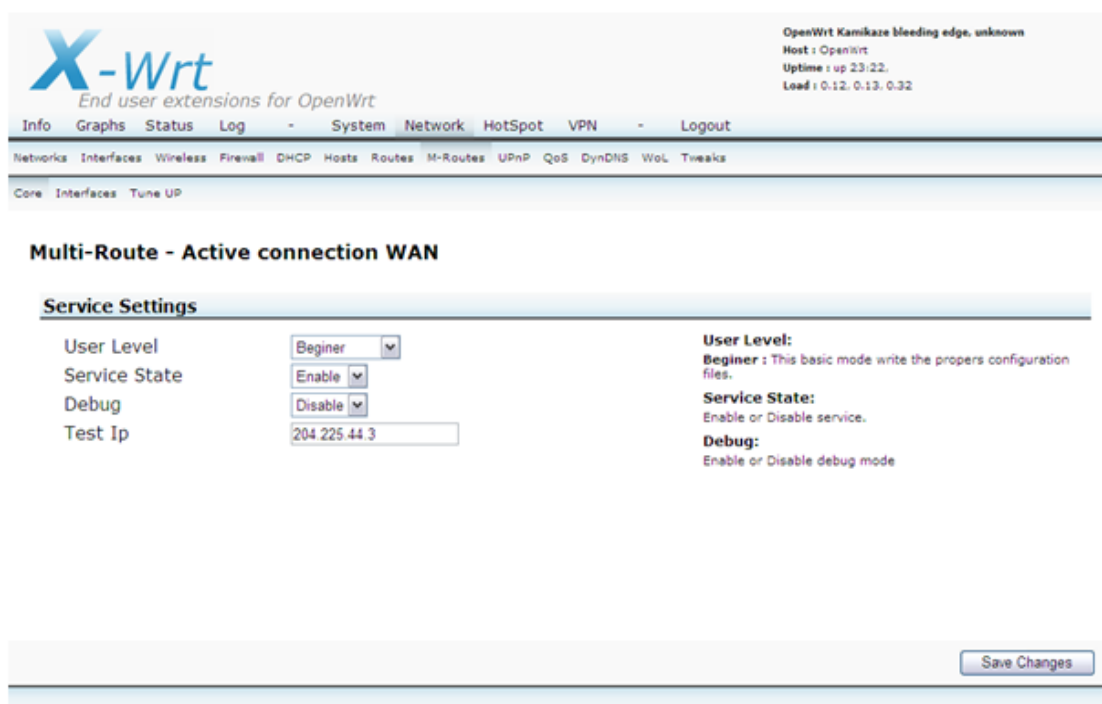
V současnosti existuje podpora pro více než stovku různých typů zařízení včetně architektury x86. Velká výhodou tohoto systému je jeho obrovská flexibilita, rozšiřitelnost a v neposlední řadě také velmi malá velikost celého systému v řádech jednotek megabajtů. Tato skutečnost dělá z OpenWRT ideální nástroj pro úpravu určitého typu zařízení, pro které nebylo nikdy navrženo nebo použito. Teoreticky je možnost neomezeného množství různých aplikací.

Další výhodou systému je framework ke kompilaci různých aplikací. To znamená, že není potřeba kompilovat celý firmware znovu, pouze stačí přidat potřebné části systému.

Základ OpenWRT je tvořen BusyBox multi-call knihovnou, která dokáže obsloužit více příkazů najednou a nahradit tak velké množství podprogramů. Jednotlivé části BusyBoxu lze přidávat nebo odebírat v kompilaci.

Veškeré dodatečné instalace z repozitářů se provádí prostřednictvím správy balíčků opkg (openWRT package management system).

U distribuce OpenWRT je možnost instalace webového rozhraní pro snazší konfiguraci prvků v routeru se jménem X-Wrt (viz. obrázek č.5.8).



Obrázek č. 5.8: X-Wrt

Existují dvě hlavní podoby OpenWrt. Tou první je platforma s názvem Whiterussian. Je určena pouze pro procesory společnosti Broadcom. Tato distribuce je již mrtvou platformou a dále se nevyvíjí, pouze se opravují případné chyby. Vývoj byl ukončen na konci roku 2007. Pro tuto verzi existuje obsáhlá dokumentace a podpora.

Poslední revize je označena RC6 Whiterussian a má čtyři různé druhy vytvořených obrazů:

- bin – standardní image,
- micro – image s nejmenší možnou velikostí,
- pptp – image pro připojení přes pptp,
- pppoe – image s podporou PPPoE.

Neboť je tato distribuce považována za uzavřenou a podporuje pouze omezený počet procesorů a platforem, na které funguje, byla diplomová práce zaměřena právě na druhou z variant s názvem Kamikaze.

Hlavní předností OpenWRT kamikaze je podpora velkého množství zařízení. V současné době je podporováno více než stovka různých hardwarů s různými typy procesorů.

Další rozdíl oproti Whiterussian spočívá v absenci webového konfiguračního rozhraní.

Kamikaze se ovládáním více přibližuje distribucím určeným pro osobní počítače. Když je tato větev považována neustále za vývojovou a neustále dochází ke změnám, je považována za přiměřeně stabilní a modulární. Základní verze obsahuje pouze nejnnutnější balíčky. Ostatní aplikace jsou odděleně, a pokud jsou potřeba, je nutná dodatečná instalace nebo je nutné aplikace zkompileovat přímo při kompilaci.

Pokud embedded systém používá pro ukládání dat paměť typu FLASH, distribuce podporuje dva různé souborové systémy SquashFS a JFFS2. Existují dvě varianty výsledného systému, buď jako hotový a zkompileovaný obraz s již předdefinovaným výčtem možností, nebo jako zdrojový kód pro svou vlastní specifickou kompilaci.

5.6 Start systému v RouterStation PRO

Po vybalení boardu z ochranné antistatické obálky byl RS-PRO připojen přes sériovou linku k hostitelskému počítači. Na všech hostitelských počítačích byl nainstalován operační systém Linux v distribuci Ubuntu.

Pro komunikaci byl použit software MINICOM. Bylo potřeba nastavit rychlost komunikace na 115 kbit/s a uložit nastavení jako default (viz. Obrázek č. 5.9). Potom ukončím MINICOM a znovu ho zapnu, rebootuju routerstation PRO například odpojením napájení.

```

+-----+
| A -   Serial Device       : /dev/ttyS0
| B - Lockfile Location    : /var/lock
| C -   Callin Program     :
| D -   Callout Program    :
| E -   Bps/Par/Bits       : 115200 8N1
| F - Hardware Flow Control : No
| G - Software Flow Control : No
|
| Change which setting? █
+-----+
| Screen and keyboard
| Save setup as dfl
| Save setup as..
| Exit
| Exit from Minicom
+-----+

```

Obrázek č.5.9: Nastavení Minicomu

Po připojení napájení ze spínaného zdroje 48V 800mA automaticky naběhl systém OpenWRT, který byl již předinstalován na platformě RS-PRO. Distribuce byla v revizi r15208. Okamžitě najela úvodní obrazovka distribuce OpenWRT Kamikaze (viz. Obrázek č.5.10).

```

      _____
|         |.-----|.-----|.-----.| | | |.-----.| | | | | | | |
|  -  ||  _  |  -__|         ||  |  |  ||  _||  _|
|_____| ||  _|_____| | | | |_____| ||  |  |_____|
          |__| W I R E L E S S   F R E E D O M
KAMIKAZE (bleeding edge, r15208) -----
* 10 oz Vodka      Shake well with ice and strain
* 10 oz Triple sec mixture into 10 shot glasses.
* 10 oz lime juice Salute!
-----

root@OpenWrt:/#

```

Obrázek č. 5.10: Přeinstalovaná verze distribuce na RouterStation PRO

Aby bylo možné stahovat aktualizace a potřebné balíčky s aplikacemi, bylo nutné aktivní připojení k internetu. Bez připojení k internetu není možné stahovat balíčky z domovských serverů. Po následném připojení UTP kabelu do portu WAN a do sítě internet bylo zjištěno, že není možné stahovat z nevysvětlitelných důvodů žádné aktualizace. Bylo to asi způsobeno odlišnou verzí Kamikaze, která byla nejspíš určena pro USA. Bez možnosti instalace potřebných balíčků nebylo možné pokračovat v práci.

Po tomto zjištění, že továrně předinstalovaný systém je nemožné aktualizovat, bylo započato hledání jiných obrazů, které by v tomto zařízení fungovaly.

Na webových stránkách projektu openwrt.org jsou stovky nebo tisíce různých vytvořených obrazů pro různá zařízení. Po vyhledání příslušného image bin souboru, který musel být ve správném tvaru a určený pouze pro RouterStation PRO bylo zjištěno, že ani tyto obrazy nejsou funkční. To samé se odehrávalo také na stránkách výrobce zařízení Ubiquiti.

Z těchto zásadních problémů bylo usouzeno, že nezbývá nic jiného, než se vytvořit svůj vlastní aktuální obraz kompilace.[28]

5.7 Vlastní kompilace image souboru

Kompilace byla prováděna na osobním netbooku ASUS EEE Pc 1000HE. Protože v netbooku byl nainstalován operační systém Windows XP, bylo potřeba doinstalovat další operační systém Linux Ubuntu v poslední revizi 9.10. Byla vybrána distribuce WUBI.

Z domovské stránky www.ubuntu.cz byl stažen instalační soubor ubuntu wubi. Hlavní rozdíl proti normální instalaci spočíval v tom, že se ve windows vytvoří pouze jedna složka a zabere se mnou určené místo celého systému Ubuntu, s kterým může disponovat. Pokud už nechci nadále používat operační systém Linux, není nic jednoduššího, než pouze smazat celou složku s názvem ubuntu v místním disku. Pro instalaci postupuji podle postupných kroků, vyberu místo, kde se má systém uložit a také velikost vytvořeného disku (20GB).[29]

Po instalaci wubi již po restartu počítače můžu vybírat, který systém chci spustit. Po najetí Ubuntu si spustím příkazový řádek a můžu začít s kompilací. Musím mít samozřejmě aktivní připojení k internetu. Abych mohl stahovat zdrojové kódy (subversion), musím mít nainstalovaný subversion.

Pro instalaci zadám příkaz do příkazového řádku:

`sudo apt-get install subversion` a spustím ho. Instalace proběhne automaticky. Poté je již možnost kopírovat odkaz na subversion přímo ze stránek dev.openwrt.org.

- Development branch:

```
svn co svn://svn.openwrt.org/openwrt/trunk/
```

Po zkopírování odkazu se stahování spustí automaticky. Když doběhne stahování hlavního zdrojového kódu, můžu začít stahovat odkaz pro instalaci balíčků.

- Kamikaze packages:

```
svn co svn://svn.openwrt.org/openwrt/packages/
```

Po skončení stahování všech potřebných balíčků je potřeba instalace potřebných komponent pro správnou funkci a spuštění kompilace. Systém si sám vyžádá instalaci všeho potřebného.

Zde uvádím aplikace, které byly instalovány pro možné spuštění kompilace:

```
Build dependency: Please install the GNU C Compiler (gcc).
Build dependency: Please install the GNU C++ Compiler (g++).
Build dependency: Please install ncurses. (Missing libncurses.so or
ncurses.h)
Build dependency: Please install zlib. (Missing libz.so or zlib.h)
Build dependency: Please install GNU awk.
Build dependency: Please install flex.
Build dependency: Please install patch.
```

Příkazem `sudo aptitude install gcc g++ libncurses-dev flex` a další potřebné komponenty nainstalují.

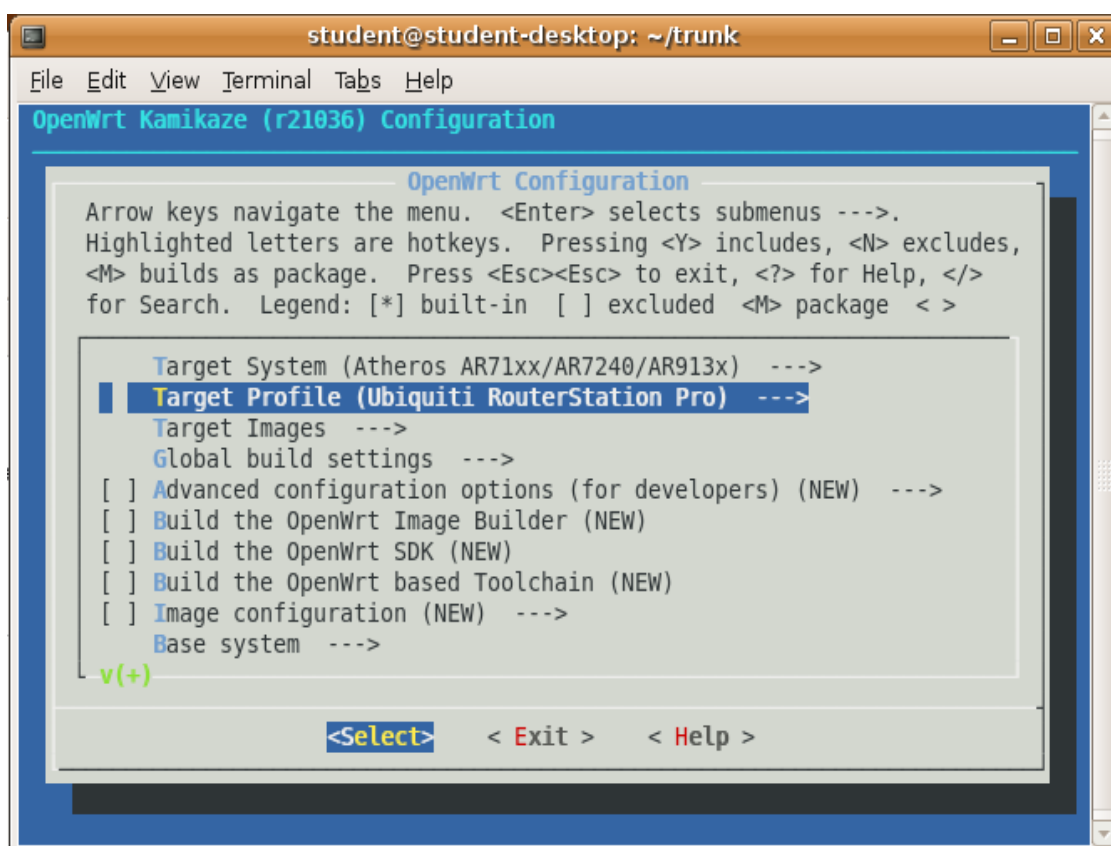
Dále je možnost ze stránek openwrt.org stáhnout konfigurační soubor přímo určený pro daný typ zařízení a následně ho nakopírovat do složky `trunk`. Tento konfigurační soubor mi zjednoduší samotnou kompilaci, protože potřebné nastavení veškerých nastavení je provedeno automaticky. Tímto se nastavení kompilace zjednoduší a zrychlí. V mém případě to byl soubor se jménem `ar71xx.config`. Pokud nemám tento typ souboru, musím veškeré nastavení nastavit ručně.

Dále přejdu do složky `trunk` příkazem `cd trunk`, kde jsou umístěny veškeré stáhnuté soubory pro kompilaci, a můžu spustit konfiguraci kompilovaného firmware příkazem:

```
student@student-desktop:~/trunk$ make menuconfig
```

Pokud vše proběhlo bez problémů a bez chybových hlášení, spustí se menu konfigurace. Toto okno vypadá velmi podobně jako při kompilaci jádra (viz Obrázek č.5.11). Protože bylo použito konfiguračního souboru, toto nastavení nebylo potřeba provádět, stačilo pouze zkontrolovat nastavenou konfiguraci a opustit nastavení přes `exit`.

Po ukončení se konfigurace uložila do složky `trunk` a souboru `.config`.



Obrázek č. 5.11: Konfigurace kompilace

Spuštění samotné kompilace se provede příkazem:

```
make v=99
```

Syntaxe V=99 mi umožní podrobné výpisy hlášení a chyby během kompilace. Protože kompilace byla provedena na již zmíněném netbooku a rychlost připojení byla 6,7 Mbit/s, doba celé kompilace se prodloužila a přesáhla 7 hodin.

Po úspěšné kompilaci se v adresáři trunk/bin nacházely již zkompileované obrazy jednotlivých firmware. Také ve složce trunk/bin/packages se nacházely zkompileované balíky aplikací. Ve složce trunk/bin jsem vyhledal patřičný soubor o velikosti 2305KB s firmwarem určeným přímo pro RouterStation PRO se jménem: openwrt-ar71xx-ubnt-rspro-squashfs-factory.bin.

Toto je konec celé kompilace. V další kapitole je objasněno nahrání samotného firmware do boardu RouterStation PRO.

5.8 Nahrávání firmware

Zavedení zkompilevaného firmware do našeho zařízení je podobné jako u ostatních embedded hardware.

Nejprve byly nastaveny IP adresy na hostitelském počítači z rozsahu 192.168.1.X a maska 255.255.255.0, protože defaultně je IP adresa RouterStation PRO nastavena na 192.168.1.20/24.

Poté byl propojen UTP kabel do portu WAN a počítače. Aby bylo možno firmware do zařízení nahrát, postupovalo se tím nejjednodušším způsobem. V Linuxu byl otevřen příkazový řádek a zadán příkaz pro přenos souboru přes TFTP (Trivial File Transfer Protocol). Je to velice jednoduchý protokol pro přenos souborů přes FTP:

```
atftp 192.168.1.20
mode octet
put file openwrt-ar71xx-ubnt-rspro-squashfs-factory.bin
```

Aby board začal „poslouchat“ a čekat na příchozí data je nutné odpojit napájení. Poté držet resetovací tlačítko a přitom zapnout znovu napájení. Dále ještě musím držet reset asi pět sekund. Potom tlačítko reset pustím, zelená kontrolní LED, která indikuje stav připojení WAN portu, zhasne a místo ní se musí rozsvítit LED zelené barvy s označením RF (RADIO). Tato LED indikuje připravenost na nahrání dat z počítače.

Teď již můžu potvrdit příkaz, který jsem před tím zadal a čekám, až se data nahrají. Po několika sekundách je přenos dat ukončen a musím počkat několik minut, než proběhne instalace. Potom se celé zařízení automaticky restartuje a je připraveno k použití. Jako výchozí adresa IP u nově nahraného firmware je 192.168.1.1/24. Pokud se nahrání firmware nepodaří, opakují celý postup znovu.

Pokud připojím také sériovou komunikaci prostřednictvím portu RS232, můžu přímo sledovat, co se při nahrávání firmware děje, vidím tak případné chyby a hlášení.[30]

5.9 První spuštění nového firmware

Nejdříve musím přepnout UTP kabely do správných portů zařízení. To znamená, že přesunu UTP kabel z portu WAN, na kterém jsem uploadoval firmware a zacvaknu ho do některého ze tří portů LAN. Po zasunutí kabelu do LAN portu zhasne LED kontrolka WAN sítě a rozsvítí se kontrolka LED u příslušného portu LAN.

Po tomto nastavení portů je možné přistoupit k samotné komunikaci se zařízením. Vyberu si některého z mnoha SSH klientů pro přístup k boardu. V mém případě padla volba na velice známého SSH klienta PUTTY. Je to velice jednoduchý a skoro dokonalý nástroj pro správu zařízení. Z internetových stránek www.putty.org byla stažena poslední revize 0.6 tohoto softwarového klienta pro operační systém Windows. Není nutná žádná dodatečná instalace produktu. Je stažen přímo soubor .exe formátu a stačí ho jen spustit. Pod operačním systémem Linux se také pracovalo s tímto programem.

Po spuštění PUTTY musím provést nastavení pro připojení. Do políčka Host Name (IP address) byla vložena IP adresa RouterStation PRO 192.168.1.1. Ujistím se, že používám SSH protokol, pod políčkem IP adresy musí být zaškrtnuta volba SSH. Samozřejmě, že program PUTTY disponuje i jinými protokoly (např. Telnet, Serial). Teď již stačí potvrdit nastavení tlačítkem OPEN. Otevře se nové okno s přihlašovacími údaji. Jako výchozí přihlašovací jméno bylo zadáno ROOT a výchozí heslo UBNT.

Po potvrzení hesla by už měl najet samotný OpenWRT Kamikaze (Obrázek č.5.12).

Pokud je již připojen, je nutné změnit přihlašovací heslo příkazem PASSWD. Já jsem si vybral pro snadné zapamatování mé osobní číslo na VŠB BAB109. Přihlašovací jméno zůstalo stejné, jako ve výchozím nastavení, to znamená ROOT. Bylo vhodné vyzkoušet nové přihlašovací údaje, to znamená, že jsem provedl restart zařízení příkazem REBOOT. Po opětovném nabořování systému se můžu znovu připojit přes klienta PUTTY.

Poté bylo nutné také upravit konfigurační soubor ve složce `/etc/opkg.conf`, aby o mých vlastních balíčcích věděl také OpenWRT. Abych mohl upravovat systémové soubory, nainstaloval jsem si prostřednictvím balíčkovacího systému GNU Midnight Commander (`mc`) pro správu souborů ve verzi 4.6.2.

```
opkg update
opkg install mc
```

Tento úkon lze provést i v editoru `vi`, který je již součástí systému, ale kvůli špatnému ovládání tohoto jednoduchého editoru bylo od tohoto upuštěno.

Příkazem `mc` se spustí již samotný manager. V tomto rozhraní jsem si vyhledal patřičný soubor `opkg.conf` a prostřednictvím klávesy `F4` jsem ho otevřel pro editaci. V souboru je uvedena adresa, z které se stahují aktualizace. Zde byla přidána také moje vytvořená adresa pro vlastní balíčky. Obsah souboru je uveden níže.

```
src/gz snapshots2
http://downloads.openwrt.org/snapshots/trunk/ar71xx/packages
src/gz snapshots2 http://192.168.1.2/packages
dest root /
dest ram /tmp
lists_dir ext /var/opkg-lists
option overaly_root /jffs
```

Po této úpravě konfiguračního souboru již systém stahuje aktualizace ze dvou nastavených destinací.[30]

5.11 Instalace USB ovladačů

Protože veškeré periferie, které jsem pro tento VoIP telefon vybral, mají připojení přes USB port je potřeba pro správnou funkci všech zařízení mít nainstalované patřičné USB ovladače. Každé USB zařízení, které chci připojit k mému boardu, potřebuje instalovat modul kernelovského jádra pro USB zařízení (`kmod-USB-core`).

Zadám příkaz:

```
opkg update
opkg install kmod-usb-core
Teď můžu začít s instalací USB ve verzi 1.1
opkg install kmod-usb-ohci
opkg install kmod-usb-uhci
```

Pro instalaci USB ve verzi 2.0 je potřeba nainstalovat následující:

```
opkg install kmod-usb2
```

Instalaci si můžu zkontrolovat prostřednictvím příkazu `opkg list`, kde vidím nainstalované moduly ve verzi kernelovského jádra 2.6.32.8-1. Toto jádro bylo vybráno, protože většina dnešních USB zařízení je podporována právě tímto jádrem.

5.12 Instalace USB ovladačů

Protože board RouterStation PRO disponuje pouze jedním USB portem, je nutné použít USB HUB pro rozšíření portů. Už mám nainstalované ovladače, jak pro USB 1.1, tak USB 2.0, tak můžu připojit USB HUB okamžitě. Příkazem `lsusb` zjistím, které USB zařízení jsou připojená. Po připojení USB HUBu bych měl vidět ve výpisu název:

```
Bus 002 Device 002: ID 058f:9254 Alcor Micro Corp. Hub
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux Foundation 1.1 root hub
Bus 001 Device 003: ID 05e3:0723 Genesys Logic, Inc. USB 2.0 SD/MMC/MS
Flash Card Reader
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
```

Z výpisu je patrné, že USB HUB se jménem Alcor Micro Corp. Hub je nalezen a tudíž i funkční. Z výpisu jde také poznat ostatní připojené interní USB HUBy pro USB 1.1 tak 2.0 a také čtečka paměťových karet, která je součástí RouterStation PRO.

5.13 Instalace USB headset

Po správnou funkci sluchátek s mikrofonem tzv. headsetu je nutné instalovat USB audio ovladače.

Do příkazového řádku zadám příkazy a potvrdím.

```
opkg install kmod-usb-audio
opkg install kmod-sound-core
```

Teď je možnost připojit bez obav USB headset do již zapojeného USB HUBu a zadat příkaz pro kontrolu funkčnosti `lsusb`.

```
Bus 002 Device 003: ID 046d:0a0b Logitech, Inc.
Bus 002 Device 002: ID 058f:9254 Alcor Micro Corp. Hub
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux Foundation 1.1 root hub
Bus 001 Device 003: ID 05e3:0723 Genesys Logic, Inc. USB 2.0 SD/MMC/MS
Flash Card Reader
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
```

Z výpisu je patrné, že USB sluchátka od společnosti Logitech byly bez problému rozpoznány.

5.14 Instalace USB klávesnice

Jako rozhraní pro ovládání VoIP telefonu byla vybrána USB numerická klávesnice typu HID (Human Interface Device). Pro tento druh USB periferií je nutné instalovat ovladače USB HID příkazem:

```
opkg install kmod-usb-hid
opkg install usbutils
```

Po instalaci ovladačů připojím klávesnici do USB HUBu a zkontroluji, jestli je zařízení nalezeno a rozpoznáno příkazem `lsusb`. Zde je uveden výpis nalezeného hardwaru:

```
Bus 002 Device 005: ID 0566:3017 Monterey International Corp.
Bus 002 Device 003: ID 046d:0a0b Logitech, Inc.
Bus 002 Device 002: ID 058f:9254 Alcor Micro Corp. Hub
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux Foundation 1.1 root hub
Bus 001 Device 003: ID 05e3:0723 Genesys Logic, Inc. USB 2.0 SD/MMC/MS
Flash Card Reader
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
```

Z výpisu je patrné, že přibyla položka Monterey International Corp., tento nejasný název v sobě ukrývá USB klávesnici od firmy Genius.

5.15 Instalace USB WiFi modulu

Aby se z vytvářeného VoIP telefonu stal telefon bezdrátový, byl vybrán některý z USB WiFi modulů. Volba padla na nejlevnější USB modul od společnosti TP-Link TL-WN321G. Tento modul obsahuje pro mě podstatný chipset Ralink řady RT-2500, který je podporován v mém zařízení. Nainstaluji patřičný ovladač pro chipset RT-2500 příkazem:

```
opkg install kmod-rt2500-usb
```

Po instalaci připojím WiFi modul do USB portu HUBu a zadám příkaz `wifi detect` pro detekci zařízení. Pokud by se nic nezobrazilo, nebyl by nainstalovaný správný ovladač. Známým příkazem `lsusb` zkontroluji rozpoznání modulu:

```
Bus 002 Device 005: ID 0566:3017 Monterey International Corp.
Bus 002 Device 004: ID 148f:2573 Ralink Technology, Corp. RT2501USB
Wireless Adapter
Bus 002 Device 003: ID 046d:0a0b Logitech, Inc.
Bus 002 Device 002: ID 058f:9254 Alcor Micro Corp. Hub
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux Foundation 1.1 root hub
Bus 001 Device 003: ID 05e3:0723 Genesys Logic, Inc. USB 2.0 SD/MMC/MS
Flash Card Reader
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
```

Nyní musím nastavit konfigurační soubor v adresáři /etc/config/wireless pro správnou funkci adaptéru. Zde je uveden výpis souboru wireless:

```
config wifi-device wlan0
    option type      mac80211
    option channel   5
    option macaddr   00:27:19:F2:25:58
    option hwmode    11g

    # REMOVE THIS LINE TO ENABLE WIFI:
#    option disabled 1

#config wifi-iface
#    option device   radio0
#    option network  lan
#    option mode     sta
#    option ssid     nekaj
#    option encryption wpa
#    option key      neco

config wifi-iface
    option device   wlan0
    option network  lan
    option mode     ap
    option ssid     rs
    option encryption psk
    option key      bab109bab109
```

Z výpisu je patrné nastavení, které jsem provedl. Adaptér byl nastaven do módu AP (Access Point), protože jsem se vždy připojoval k netbooku nebo notebooku a ten nastavit do režimu AP nelze. Dále vidím, na kterém vysílacím kanálu probíhá komunikace (pátý kanál), MAC adresu zařízení a HWMODE. Název sítě byl zvolen jednoduše RS. Jediné zabezpečení, které budoucí telefon využívá je šifrování PSK s heslem BAB109BAB109. Pro možnost jednoduchého přepnutí do režimu klient byly přidány a zahashovány řádky s touto konfigurací. Provedené změny uložím a provedu restart zařízení. Pro kontrolu nastavení zadám příkaz:

```
iwconfig
```

Výpis je následující:

```
wlan0      IEEE 802.11bg  Mode:Master  Frequency:2.432 GHz  Tx-Power=4
dBm
          RTS thr:off  Fragment thr:off
          Power Management:on
```

Pro start WiFi adaptéru je použit příkaz `wi fi start`, pro restart `wi fi restart` a pro zastavení `wi fi stop`. [26]

5.16 Instalace USB WiFi modulu

Všechny nainstalované balíčky USB ovládačů, zprovoznění WiFi modulu, vytvořilo z RouterStation PRO pouze router s access pointem, který byl konfigurovaný přes distribuci OpenWRT. Abych byl schopný z tohoto výchozího postavení vytvořit bezdrátový VoIP telefon, bylo nutné doinstalovat do systému pobočkovou ústřednu Asterisk. Pomocí pobočkové ústředny Asterisk a za přispění speciálně vytvořených shallových skriptů, lze přinutit RouterStation PRO ve výchozím nastavení, aby se choval podobně právě jako bezdrátový VoIP telefon.

Pobočková ústředna Asterisk byla vybrána z několika důvodů. Prvním z nich byla jednoduchá instalace této ústředny prostřednictvím balíčkovacího systému, stačilo pouze do příkazového řádku zadat příslušný příkaz. Protože je Asterisk otevřený systém, je zde obrovská možnost různého nastavení konfigurace této ústředny, a tím pádem se může chovat podle zadaných požadavků.

Díky využití pobočkové ústředny Asterisk se vytvořila VoIP ústředna a modifikací této VoIP ústředny se vytvořil žádaný bezdrátový telefon.[30]

5.16.1 Asterisk

Podle oficiálních zdrojů je Asterisk hybridní řešení TDM a packet voice PBX (Private Branch eXchange). Je to open-source softwarová telefonní ústředna, která umožňuje IP telefonii i ISDN a analogové hovory.

Já se budu soustředit pouze na zmíněnou IP telefonii a službu VoIP. Asterisk funguje na platformách Linux, Unix, ale lze ji provozovat i na ostatních operačních systémech. Je to otevřený systém pod licencí GNU (General Public Licence). Jde o jednu z nejsilnějších rozšiřitelných a flexibilních řešení v telekomunikační sféře. Spojuje v sobě také několik různých telekomunikačních protokolů (SIP, IAX, H.323, Cisco skinny). Pro účel vytvoření VoIP telefonu byl využit protokol SIP.

O vlastnostech a výhodách pobočkové ústředny Asterisk lze určitě napsat mnohem více, ale tato kapitola měla pouze objasnit hlavní vlastnosti, které byly při vývoji telefonu potřebné.[31]

5.16.2 Instalace a spuštění Asterisku pod OpenWRT

Abych mohl telefonní ústřednu Asterisk použít a poté modifikovat byla nutná instalace některá z verzí do systému OpenWRT. Pro funkci VoIP telefonu nehrála žádnou roli některá konkrétní verze Asterisku, proto byla nainstalována verze 1.4.

Příkazem `opkg update` se provedla aktualizace balíčků.

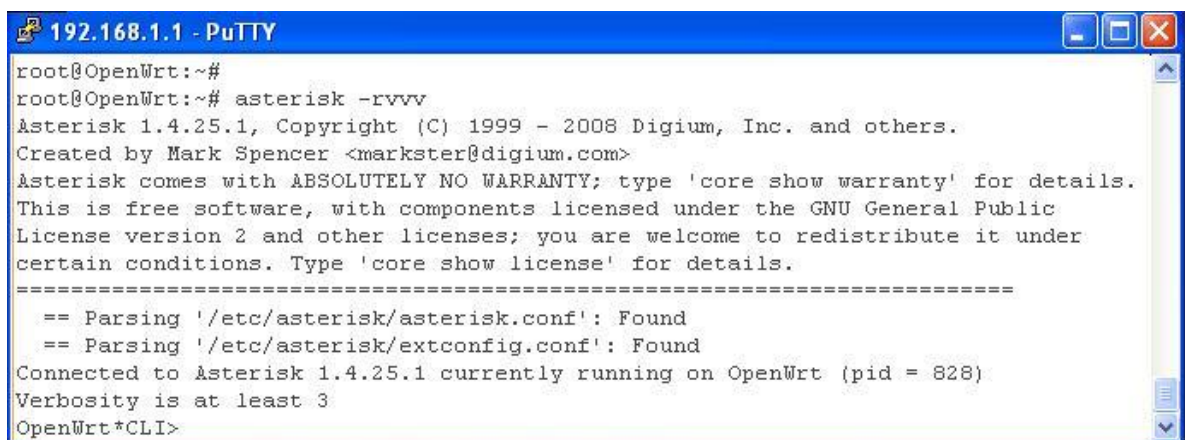
Nyní se již provede samotná instalace ústředny příkazem:

```
opkg install asterisk14
```

Po instalaci se může provést kontrola nainstalování ústředny příkazem `opkg list`. Ve výpisu je vypsána verze `asterisk14 - 1.4.25.1-2`.

Příkazem `asterisk start` spustím ústřednu.

Příkazem `asterisk -r` se přihlásím do konzole již běžícího Asterisku, pokud přidám k příkazu ještě `asterisk -rvvv`, přihlásím se do konzole s větší verbosity (upovídanost Asterisku), čím více písmen „v“ vložíím do příkazu tím více informací je zobrazeno. Na obrázku č. 5.13 je znázorněný výpis hlášení při přihlášení do rozhraní příkazového řádku Asterisku (CLI).



```

root@OpenWrt:~#
root@OpenWrt:~# asterisk -rvvv
Asterisk 1.4.25.1, Copyright (C) 1999 - 2008 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
== Parsing '/etc/asterisk/asterisk.conf': Found
== Parsing '/etc/asterisk/extconfig.conf': Found
Connected to Asterisk 1.4.25.1 currently running on OpenWrt (pid = 828)
Verbosity is at least 3
OpenWrt*CLI>

```

Obrázek č. 5.13: Výpis přihlášení do Asterisku

Z obrázku je patrná verze Asterisku, která byla vytvořena společností Digium Marka Spencera a hodnota zadané verbosity.

5.16.3 Problém s USB HUBem

Ukázalo se, že po připojení všech periférií do USB HUBu se celé zařízení restartuje, pokud se do USB sluchátek vyšle jakýkoliv signál. Bylo zjištěno, že na vině jsou právě USB sluchátka, která ovšem samotná nevykazovala žádnou poruchu. Vina byla také na straně USB HUBu, jak bylo později zjištěno.

V kernelovském jádru systému OpenWRT se vyskytla interní chyba, která způsobovala, že pokud se k zařízení vybaveným USB vstupem připojí USB HUB spolu s audio USB zařízením ve verzi 1.1, je celý systém nestabilní a neustále se resetuje. Neboť USB HUB byl ve verzi 1.1 tak 2.0 a sluchátka podporovala pouze verzi 1.1, se tato chyba projevovala i u mého zařízení. Určitě v další z některých budoucích verzí bude tato chyba odstraněna a s použitím USB 2.0 nebudou sebemenší potíže.

Pro vyřešení problému se vyměnil USB HUB 2.0 za poněkud starší verzi s podporou pouze USB 1.1. Po této změně hardwaru již nedocházelo k žádným potížím, pouze se snížila přenosová rychlost na 12Mbit/s. Druhým řešením, jak se později ukázalo, byla také možnost odinstalace podpory USB 2.0 v zařízení příkazem `rmmod ehci-hcd`, který z jádra systému odstraní modul `ehci-hcd`. Po tomto zásahu má celé zařízení podporu pouze USB 1.1 a je možnost připojení USB HUBu s verzí 2.0.[31]

5.17 Konfigurace Asterisku

Konfigurace byla prováděna pro protokol SIP a volání mezi vytvořenými SIP klienty. Pro nejjednodušší použití Asterisku je zapotřebí nastavení dvou hlavních textových konfiguračních souborů (`extensions.conf`, `sip.conf`), které jsou uloženy ve složce `/etc/asterisk`.

5.17.1 Nastavení účtů

Konfigurační soubor `sip.conf` slouží pro nastavení a správu vytvořených účtů od uživatelů.

Pro zkoušení vytvářeného VoIP telefonu byly vytvořeny dva SIPové účty pro softwarové telefony. Účty byly vytvořeny co nejjednodušším způsobem, bylo vytvořeno pouze dvou číselné telefonní číslo pro jednoduchost používání. Zde je uveden výpis souboru `sip.conf`, který byl vytvořen.

```
[genera]
port = 5060
[17]

context=ostrava
type=friend
username=jarda
```

```
userid=Jarda Toman <17>
host=dynamic
[27]

context=ostrava
type=friend
username=tomas
userid=Tomas Rukl <27>
host=dynamic
```

Budou zde vysvětleny jednotlivé pojmy celého konfiguračního souboru:

[general]	Sekce, jejíž hodnoty jsou platné pro celý soubor.
port = 5060	Nastavení UDP portu (standardně 5060).
[17]	Název uživatelského účtu, nutno zadat pro každého uživatele zvlášť.
context=ostrava	Kontext je skupina vytáčecích pravidel platícího pro uživatele, který do něho spadá.
type=friend	Definuje způsob komunikace pro uživatele (user-příchozí hovory, peer-odchozí hovory, friend-obousměrná komunikace).
username=jarda	Jméno uživatele.
userid=Jarda Toman <17>	Zobrazení jména volaného a jeho tel. čísla.
host=dynamic	Softwarové telefony nemají pevnou IP adresu, přihlašují se pomocí uživatelského jména (17).

To samé platí také pro druhého vytvořeného uživatele s číslem 27. Pro jednoduchost nejsou použity hesla a nic podobného.[31],[32]

5.17.2 Nastavení číslovacího plánu

Nejdůležitější konfigurační soubor v ústředně Asterisk je `extensions.conf`. Jedná se o nastavení číslovacího plánu (`dialplan`) daného systému. Definuje se zde chování celé ústředny a telefonních spojů. Nebudu zde popisovat veškeré nastavení tohoto souboru. Uvedu jen, že veškeré proměnné a obecná nastavení se nechala ve výchozím stavu po instalaci. Úpravy a konfigurace číslovacího plánu byly prováděny jen pro jednotlivé uživatele.

Zde je znázorněn vytvořený `dialplan`, vysvětlení funkce je popsáno níže.

```

;=====
;===== Dialplan =====
;=====

[macro-reknineco]
exten => s,1,SayDigits(${CALLERID(num)})

[macro-prichozi]
exten => s,1,Dial(console/sluchadla,15,rM(reknineco))

[macro-odchozi]
exten => s,1,Answer()
exten => s,n,SayDigits(${cislo})
exten => s,n,System(echo "1">/tmp/volam)
exten => s,n,Dial(SIP/${cislo})
exten => s,n,Hangup()

[ostrava]
;SIP users
exten => 17,1,Set(cislo=${EXTEN})
exten => 17,2,Macro(odchozi)
exten => 27,1,Set(cislo=${EXTEN})
exten => 27,2,Macro(odchozi)
exten => 30,1,Macro(prichozi)

```

V souboru jsou nakonfigurována tři telefonní čísla pro uživatele ústředny Asterisk. Telefonní číslo 30 je určeno pro vytvořený VoIP telefon a zbylá dvě čísla 17 a 27 jsou určena pro klienty, se kterými se bude chtít volající spojit. Zde je uveden popis jednotlivých příkazů:

```
exten => 17,1,Set(cislo=${EXTEN})
```

Tento řádek uloží telefonní číslo 17 do proměnné „`cislo`“.

```
exten => 17,2,Macro(odchozi)
```

Spustí podprogram `macro` s názvem „`odchozi`“.

<code>exten => s,1,Answer()</code>	Vytvoří lokální kanál mezi Asteriskem a sluchátky a propojí je mezi sebou, potom pokračuje dál s příkazem:
<code>exten => s,n,SayDigits(\${cisko})</code>	Vysloví číslo proměnné „cisko“ (17).
<code>exten => s,n,System(echo "1"/tmp/volam)</code>	Vytvoří pomocný soubor „volam“, který se dále využívá ve vytvořeném skriptu odchozivolani.
<code>exten => s,n,Dial(SIP/\${cisko})</code>	Vytočí telefonní číslo 17.
<code>exten => s,n,Hangup()</code>	Ukončí hovor, pokud volaný ukončí hovor (zavěsí).

Tento stejný postup je totožný pro telefonní číslo 27.

<code>exten => 30,1,Macro(prichozi)</code>	Spustí macro s názvem „prichozi“.
<code>exten => s,1,Dial (console/sluchadla,15,rM(reknineco))</code>	Spojí lokální kanál se sluchátky a s volajícím, spustí macro „reknineco“.
<code>exten => s,1,SayDigits(\${CALLERID(num)})</code>	Vysloví číslo volaného.

Asterisk je ve výchozí konfiguraci nastaven pro automatický příjem příchozího hovoru. Pokud uskutečníme příchozí hovor na vytvořený IP telefon, hovor se automaticky přijme.[32]

5.18 Popis řídicích podprogramů pro telefon

Aby se celé zařízení chovalo podobně jako VoIP telefon, byly vytvořeny pomocné podprogramy, které zajistily spolehlivou funkčnost telefonu. Tyto jednoduché programy napsané v textovém editoru nejsou nic jiného, než shellové skripty, které vykonávají postupně jeden příkaz za druhým a tyto úkony jsou prováděny ve smyčce pro zajištění nekonečného běhu programu, dokud se telefon neodpojí od napájení.

Samotný shell je označení pro program, který vytváří rozhraní pro uživatele a umožňuje mu využívat funkce jádra operačního systému. Jednoduše řečeno je to interpret příkazového řádku, který mu umožní spouštět žádané programy, určovat pro ně vstupy a výstupům určit zobrazení, přesměrování na jiný výstup a řadit je do front. Shell může být řádkový, který využívá příkazový řádek (CLI). Tento druh je použit i v tomto řešení. Existuje také shell grafický (GUI) pro snadnější správu.

Shellový skript je už textový soubor, který v sobě nese informace o sérii příkazů, které se mají vykonávat za pomoci shellu. Pokud je tento soubor spuštěn, ať už automaticky nebo ručně, začne shell číst a spouštět jednotlivé příkazy, které jsou napsány na samostatných řádcích.

5.18.1 Zprovoznění vytáčení pomocí klávesnice

Jak už bylo popsáno dříve, pro vytáčení telefonního čísla byla použita standardní USB HID numerická klávesnice. Po připojení klávesnice k telefonu je automaticky rozpoznána a je jí přiděleno určité číslo vstupu. Pokud si zobrazím výstupy z klávesnice na obrazovku, jsou pro mě absolutně nečitelné. Jsou to skupiny znaků, které se pro mě nahodile zobrazují po celé obrazovce. Tyto výstupy jsou pro mě naprosto nepoužitelné, protože i po zmáčknutí stejného tlačítka se vždy zobrazil úplně jiný znak v jiném místě obrazovky. Tento zdánlivý chaos symbolů a znaků lze prostřednictvím příslušného programu převést do čitelné podoby, s kterou se dá již pracovat.

Program, který dokáže přeložit výstupy z klávesnice, se jmenuje CMDPAD (Command Pad). Je to jednoduchý program, který funguje právě i pod distribucí OpenWRT a používá se právě pro vytváření rozhraní mezi uživatelem a systémem. Dokáže dokonce rozlišovat příkazy z klávesnice (stlačení, uvolnění a držení klávesy). Tento program lze naprosto perfektně použít právě pro spuštění vytvořených skriptů.

5.18.2 Instalace a běh programu cmdpad

Samotná instalace cmdpad byla velice jednoduchá. Prostřednictvím balíčků byl nainstalován příkazy:

```
opkg update
opkg install cmdpad
```

Po instalaci programu ukončím skrytě spuštěný cmdpad. Provedu reboot zařízení a následně ho spustím viditelně příkazem cmdpad . Program obsahuje jeden konfigurační soubor s názvem cmdpad.conf. V tomto konfiguračním souboru jsou zaznamenány jednotlivé hodnoty tlačítek klávesnice, podle toho kolik jich potřebuji využít. Také jsou zde zaznamenány typy stisků kláves (stlačení - Press, uvolnění – Release, držení – Hold) a cesta k příslušnému vstupu klávesnice.

Zde je uvedena ukázka konfiguračního souboru cmdpad.conf.

```
device=/dev/input/event1
command=001, R ,/usr/local/cmdpad/toggleshutdown.sh
command=010, R ,/usr/local/bin/rele CAM off
command=011,P ,/usr/local/bin/rele CAM on
command=012, R ,/sbin/modprobe -r ppa
command=013,P ,/sbin/modprobe ppa
command=067,P ,/etc/init.d/nfs stop
command=068,P ,/etc/init.d/nfs start
command=087,P ,/etc/init.d/iptables stop
command=088,P ,/etc/init.d/iptables start
command=066, R ,/sbin/telinit 3
command=065, R ,/sbin/telinit 5
command=063, R ,/usr/bin/killall -3 xinit
command=071,P H,/usr/bin/aumix -d /dev/mixer -v -5
command=075,P H,/usr/bin/aumix -d /dev/mixer -v +5
command=072,P H,/usr/bin/aumix -d /dev/mixer1 -v -5
command=076,P H,/usr/bin/aumix -d /dev/mixer1 -v +5
command=073,P H,/usr/bin/aumix -d /dev/mixer2 -v -5
command=077,P H,/usr/bin/aumix -d /dev/mixer2 -v +5
```

Pokud je správně zadané číslo vstupu klávesnice, nebrání nic ve spuštění cmdpadu. Program cmdpad se spouští automaticky při startu systému prostřednictvím jednoduchého skriptu, který je uložen ve složce /etc/init.d/cmdpad. Program je spuštěn skrytě a běží na pozadí. Výpis skriptu je uveden zde:

```
#!/bin/sh /etc/rc.common
# Copyright (C) 2007 OpenWrt.org

START=93

start() {
    /usr/sbin/cmdpad --quiet > /dev/null &
}

stop() {
    killall cmdpad
}
```

Po spuštění vidím vybrané zařízení, které je připojeno a rozpoznáno. Nyní můžu zadávat jednotlivé klávesy a na obrazovce vidím speciální kódy a typ každé klávesy zvlášť. Z výpisu zjistím mnohem více informací, verzi programu 0.0.3, připojené zařízení (HID 0566:3017) a nejdůležitější informaci, jedinečný kód (např. 79 – pro klávesu 1, 80 pro klávesu 2 apod.). Tento název označuje právě USB HID klávesnici.

```
root@OpenWrt:~# cmdpad

cmdpad - version 0.0.3 - Copyright (C) 2002-2003 Alessandro Fausto
Build with code optimization at Mar 13 2010 08:13:37
This is free software, comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, and
and you are welcome to redistribute it under certain conditions.
To view the licence use cmdpad --copying|more

Input driver version is 1.0.0
Input device ID: bus 0x3 vendor 0x566 product 0x3017 version 0x110

Input device name: HID 0566:3017

no command found for key 79, event PRESS
no command found for key 79, event RELEASE
no command found for key 80, event PRESS
no command found for key 80, event RELEASE
no command found for key 81, event PRESS
no command found for key 81, event RELEASE
no command found for key 73, event PRESS
no command found for key 73, event RELEASE
no command found for key 71, event PRESS
no command found for key 71, event RELEASE
no command found for key 98, event PRESS
no command found for key 98, event RELEASE
```

Čísla kódů jsou poté zapsány do souboru cmdpad.conf. Ke každé klávese je možnost přiřadit spuštění skriptu, který chci vykonat.

Bohužel se mi nepodařilo rozjet prostřednictvím tohoto souboru ani jeden vytvořený skript. Příslušné kódy byly správně zaznamenány v souboru, ani přesto program cmdpad nedokázal rozpoznat tlačítko klávesnice a nevykonal žádný vložený příkaz. Po tomto zjištění bylo upuštěno od konfiguračního souboru, v souboru zůstala pouze potřebná cesta k číslu vstupu klávesnice, vše ostatní bylo odstraněno.

Postup, jakým způsobem bylo vytvořeno ovládání klávesnice jinou alternativou, bude popsán v následující kapitole 5.18.3 Vysvětlení souboru konf.[30]

5.18.3 Vysvětlení souboru konf

Pokud v portu USB na RouterStation PRO byla zasunuta pouze numerická klávesnice, nebyl problém s rozpoznáním vstupů programem cmdpad. Klávesnice byla okamžitě rozpoznána, protože žádný jiný vstup nebyl využit. Problém nastal při připojení USB HUBu a všech zařízení.

Každé USB zařízení při připojení obdrží příslušnou číselnou hodnotu vstupu (inputX), kde písmeno X označuje číslo vstupu. Tyto čísla se neustále mění podle toho, v jakém pořadí systém detekuje jednotlivé periferie a přiřazuje k nim i jednotlivé hodnoty vstupů. Mě zajímá pouze hodnota vstupu klávesnice, kterou je nutné vždy ručně zadat do souboru cmdpad.conf. Tento fakt bylo nutné nějakým způsobem ošetřit.

Aby se správná hodnota vstupu klávesnice zobrazovala automaticky do konfiguračního souboru, byl vytvořen speciální skript s jednoduchým názvem konf. Skript je uložen v adresáři /etc/init.d/konf. V této složce jsou uloženy všechny skripty, které se mají spouštět po startu OpenWRT (asterisk, cmdpad, konf, odchozivolani, network atd.).

Obsah souboru konf je uveden v příloze č. III. Zde je uvedeno pouze vysvětlení skriptu.

#!/bin/sh /etc/rc.common	Tento řádek oznamuje, že se jedná o shellový skript.
START=70	Při spuštění systému se v adresáři rc.d spouští skripty podle priority přiřazeného čísla (70), existují dva typy souborů (spouštěcí-s.70 a ukončovací-k.70).
startwifi () { sleep 10 /sbin/hifi }	
start () { startwifi &	Tento blok příkazů spouští automaticky připojený WiFi modul, spustí se na úrovni priority 70 funkcí „startwifi“.
cisloklavesnice=\$(dmesg grep Dev grep v1.10 awk -F "input" '{print \$NF}')	
cisloklavesnice	Je označení pro proměnnou.
dmesg	Je příkaz pro zobrazení výpisu zpráv z kernelovského jádra.
Dev grep v1.10 awk -F "input" '{print \$NF}	Je vybírán řádek z výpisu kernelu, který obsahuje slovo

„DEV“ (zobrazí se dva řádky), z těchto dvou řádků je vybírán řádek, který obsahuje slovo „v1.10“, tento krok vybere pouze jeden řádek, za pomoci jazyka AWK je vybrán poslední sloupec, přičemž dělítkem mezi sloupci je slovo „input“, dále se vypíše poslední sloupec, což je buď „0“ nebo „1“, tato hodnota se uloží do proměnné „cisloklavesnice“, která je volána následujícím řádkem.

```
echo -n "device=  
/dev/input/event" > /etc/cmdpad.conf
```

Tento řádek vypíše bez odřádkování řetězec v uvozovkách do souboru /etc/cmdpad.conf, nejprve je však obsah souboru smazán.

```
echo "$cisloklavesnice" >>  
/etc/cmdpad.conf
```

Tento řádek přidá k vypsání řetězci číslo vstupu klávesnice.

```
echo "" > /tmp/keys  
echo "" > /tmp/chars  
echo "" > /tmp/star
```

Tyto příkazy vytvoří prázdné soubory keys, chars a star.

Kvůli špatnému mapování kódů z klávesnice v programu cmdpad bylo využito chybových hlášení, který tento program generoval.

```
cmdpad 2>&1 |
```

Příkaz spustí cmdpad a chybová hlášení přesměruje do standardního výstupu.

```
while read a b c d e num f typ; do
```

Zde je vytvořena smyčka, která se neustále opakuje a čte chybová hlášení, byly přiřazeny šesti proměnným hodnoty jednotlivých slov chybového hlášení, z toho jsou důležité pouze dvě (NUM, TYP), využitím proměnné TYP se zabrání zdvojení příkazu, protože chybová hlášení se zobrazují dvakrát (PRESS a RELEASE).

```
if [ "$typ" == "RELEASE" ]; then  
    case $num in
```

Tato syntaxe vybírá pouze jeden řádek ze dvou vyčleněných.

```
82,) echo "0" >>/tmp/keys  
;;  
79,) echo "1" >>/tmp/keys
```

Tyto řádky mapují klávesy do vytvořených souborů keys, chars a star, těchto souborů se využívá v dalším vytvořeném skriptu „odchozivolani“.

5.18.4 Vysvětlení souboru odchozivolani

Vytvořený skript se jménem odchozivolani, jak název napovídá, se stará o vytvoření odchozího volání z vytvořeného VoIP telefonu. Soubor je uložen stejně jako předchozí skript ve složce init.d. Skript zjednodušeně funguje tak, že po zmáčknutí klávesy hvězdička se obrazně řečeno vyzvedne sluchátko a čeká se na vytočení příslušného čísla. Volba čísel je provedena prostřednictvím rychlého vytočení (předvolby).

Byly vytvořeny dvě rychlé předvolby pro dvě přednastavená čísla (17 a 27) softwarových telefonů. Pod číslem 1 na numerické klávesnici je uloženo číslo 17 a pro klávesu 2 číslo 27. Také ukončení hovoru je možné uskutečnit příslušnou klávesou Enter. Jedním z nejdůležitějších příkazů celého telefonu je příkaz ORIGINATE, který dokáže vytvořit volání z asterisku a vytočí příslušné telefonní číslo. V příloze číslo IV je uveden výpis celého skriptu odchozivolani. Zde bude uveden pouze popis celého skriptu pro vysvětlení funkce.

<pre>echo "" > /tmp/star tail -f -n 1 /tmp/star </pre>	<p>Nejdříve je smazán obsah souboru star a je hlídáno stlačení klávesy hvězdička.</p>
<pre>while read a; do if ["\$a" == "hvezda"]; then</pre>	<p>Přiřadí hodnotě proměnné „a“ hodnotu výstupu souboru „star“, pokud se do souboru /tmp/star vepíše slovo „HVEZDA“, pak provede další úkony.</p>
<pre>echo "" > /tmp/keys</pre>	<p>Smaže obsah souboru /tmp/keys.</p>
<pre>b=\$(tail -n 1 /tmp/keys)</pre>	<p>Proměnné „b“ se přiřadí hodnota posledního řádku souboru /tmp/keys.</p>
<pre>1) rm /tmp/volam</pre>	<p>Smaže pomocný soubor Asterisku /tmp/volam, je generován pro indikaci započatého volání z Asterisku.</p>
<pre>asterisk -rx "originate console/ sluchadla extension 17@ostrava"</pre>	<p>Poté se vykoná příkaz „originate“ pro volání z asterisku a vytočí se číslo 17 z dialplánu z kontextu „ostrava“ a propojí ho pomocí lokálního kanálu se sluchátky.</p>
<pre>c=0 echo "" > /tmp/chars</pre>	<p>„c“ je pomocná proměnná, která byla zvolena pro ukončení hovoru klávesou Enter, je zapotřebí pomocné proměnné, které přiřadím jinou hodnotu než Enter, potom se smaže obsah souboru /tmp/chars, do kterého se ukládá stisk Enteru.</p>

<pre>while ["\$c" != "enter"]; do sleep 5</pre>	<p>Dokud se proměnná „c“ nerovná Enteru je prováděna opakující se smyčka, smyčka se opakuje každých 5 sekund, protože byly kladeny vysoké nároky na výpočetní výkon.</p>
<pre>if [-f /tmp/volam]; then c=\$(tail -n 1 /tmp/chars) echo zkousim klávesy</pre>	<p>Pokud existuje soubor /tmp/volam, dochází k aktivnímu volání, a proto se testuje stisk klávesy Enter, pokud existuje soubor /tmp/volam je kontrolován obsah a hodnota posledního řádku je přiřazena proměnné „c“.</p>
<pre>else c=enter fi done</pre>	<p>Když nedochází k aktivnímu volání (neexistuje soubor /tmp/volam), nemá smysl testovat stisk klávesy Enter a proměnné „c“, je hodnota Enteru přidělena automaticky.</p>
<pre>asterisk -rx "soft hangup Console/dsp"</pre>	<p>Pokud proměnná „c“ je rovna enter, je vykonán příkaz, čímž se skript snaží ukončit probíhající hovor.</p>

Úplně stejný postup je aplikován pro vytáčení a ukončení čísla 27. V příloze č. V je zobrazen vývojový diagram celého shellového skriptu odchozivolani pro lepší pochopení.

5.19 Softwarové telefony

Pro volání mezi navrženým VoIP telefonem a notebooky byly nainstalovány softwarové telefony X-lite ve verzi 3.0 Build 29712 (Obrázek č.5.14) pod operačním systémem Windows XP. Pro registraci k navrženému telefonu byla provedena konfigurace do SIP módu.

Celá konfigurace se prováděla v záložce SIP Account Settings. Po provedení nastavení je nutný restart aplikace.



Obrázek č.5.14: Softwarový telefon X-lite

5.20 Zkouška funkčnosti VoIP telefonu

Pro ladění celého systému IP telefonu bylo zapotřebí druhého VoIP telefonu, tyto telefony byly vytvořeny ze dvou přenosných počítačů s nainstalovanou aplikací X-lite. V přílohách číslo VI a VII jsou pro demonstraci uvedeny výpisy hlášení Asterisku, když byl právě vytáčen a přijímán hovor.

Ukázalo se, že navržený telefon pracuje velice dobře a stabilně. Lze se s ním bez problémů domluvit s jiným zařízením. Čistota a kvalita hlasu byly vyhodnoceny jako dostačující. Jediný menší problém se ukázalo zpoždění probíhajícího hovoru. Při aktivním volání se hovor velice zpožďoval, někdy i o 20 sekund. Tento problém se odstranil přidáním čekacích smyček ve vytvořených skriptech. Tyto skripty kladly obrovské nároky na procesor, který nestíhal už v reálném čase provádět i aktivní hovor bez zpoždění.

V příloze číslo VIII je zobrazena fotografie kompletně sestaveného bezdrátového VoIP telefonu, tak jak byl navržen.

6 Závěr

Předložená diplomová práce popisuje jeden ze způsobů hardwarového a softwarového návrhu bezdrátového VoIP telefonu. Dále se zabývá samotnou VoIP telefonii pro lepší pochopení problematiky IP telefonie. Pozornost je věnována také jednotlivým druhům bezdrátových technologií, které jsou úzce spjaty s problematikou VoIP. Také je zde vyhodnocena vhodnost a výběr konkrétní bezdrátové technologie, která se nejlépe hodí pro realizaci IP telefonu.

V první kapitole se zabývám popisem fungování IP telefonie, která se v posledních letech rozšířila do všech odvětví telekomunikačních služeb. V dnešní době je již nemyslitelné nevyužívat nebo neposkytovat zmíněnou VoIP telefonii. Bez této služby se moderní člověk neobejde a postupem času bude expandovat neustále hlouběji do všech stran telekomunikačního světa i mimo něj. Popisuji potřebné prostředky pro službu VoIP, to znamená, že je pozornost kladena na řídicí protokoly jako SIP a H.323, jejich architekturu, metody přenosů informací a podobně. Nelze zapomenout také na neméně důležitou součást telefonie IP, kterými jsou kodeky. Jsou vysvětleny standardy kódování a dekódování a nejpoužívanější typy kodeků, v jejichž čele stojí kodek G.711 s kódováním PCM.

Ve druhé kapitole diplomové práce se zaměřuji na samotné bezdrátové technologie, které se v dnešní době používají nejvíc nebo se v blízké budoucnosti rozšíří natolik, že budou naprosto standardním vybavením. Jednotlivé technologie jsou vysvětleny v dílčích kapitolách. Jako první technologie jsou objasněny sítě třetí generace, které se pomalu, ale jistě rozvíjejí i v České republice. Jako druhým zástupcem je standard DECT, na který bylo z nevysvětlitelných důvodů zapomenáno, přitom tento standard je vhodný pro použití se službou VoIP. Ve zdravotnictví je IP-DECT nedílnou součástí telekomunikačních prostředků, kvůli velmi nízkému rušení, jak své vlastní sítě, tak zdravotnického vybavení. Nelze opomenout také neustále se vyvíjející technologie WiMAX a LTE, které se svými parametry podobají sítím třetí generace. Dosahuje se rychlosti okolo 70 MBit/s a disponuje velmi důležitým kritériem pro VoIP, a to podporou kvality služeb QoS. Jsou zmíněny také novinky v oblasti telekomunikací, především přístupová metoda UMA a bezdrátový směrovač s názvem MIFI, který skloubil WiFi a 3G.

V další kapitole se zabývám pouze jednou vybranou technologií, která je v dnešní době asi nejznámější a širokou veřejností nejpoužívanější. Jedná se o standard WLAN známějším pod svým komerčním názvem WiFi. Samozřejmě, že jsou zde popsány hlavní specifikace, ale zaměřuji se především na WiFi čtvrté generace, která má podle mého názoru velkou budoucnost v oblasti IP telefonie. Tato technologie bude využita zejména u velkých společností, které potřebují skoro dokonalé pokrytí signálem s nízkým zpožděním a handoverem. V kapitole je také nastíněna odpověď na otázku proč byla vybrána právě WiFi pro použití v návrhu IP telefonu. Jelikož jsou WiFi moduly snadno dostupné, za velmi rozumnou cenu a jednoduše konfigurovatelné, vybral jsem si pro konstrukci VoIP bezdrátového telefonu právě WLAN.

V poslední kapitole mé diplomové práce se již zabývám samotným návrhem telefonu. Pro realizaci celého VoIP telefonu je vybrána varianta na bázi vestavěného systému. Jako řídicí prvek telefonu se použil embedded modul od společnosti Ubiquiti s názvem RouterStation PRO. Na tomto zařízení je kompletní telefon postaven. Board pracuje pod operačním systémem Linux na speciální distribuci, která je přímo určená pro vestavěné zařízení s názvem OpenWRT v poslední verzi Kamikaze 8.09. Protože RouterStation PRO obsahuje USB konektivitu a v dnešní době je velká spousta USB zařízení, všechny periferie jsou připojené právě přes toto rozhraní. Aby se z telefonu dalo telefonovat, byl vybrán USB headset s mikrofonem, pro vytáčení čísel byla vybrána USB numerická klávesnice a pro bezdrátovou konektivitu byl použit USB WiFi modul. Pomocí modifikace pobočkové ústředny Asterisk a speciálně vyvinutými shellovými skripty se ze zařízení stal plně funkční VoIP bezdrátový telefon, který lze bez problémů použít i v praxi.

Literatura

- [1] WALLACE, Kevin. *VoIP bez předchozích znalostí*. Překladatel Gregor, Jan. 1. vyd. Brno : Computer Press, 2007. 231 s. ISBN 987-80-251-1458-2.
- [2] MATUŠKA, Petr. *Pcworld.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-02]. Úvod do problematiky VoIP. Dostupné z WWW: <<http://pcworld.cz/internet/voip-uvod-do-problematiky-volani-po-internetu-8120>>.
- [3] VOZŇÁK, Miroslav. *Voice over IP*. 1. Dotisk vyd. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Katedra telekomunikační techniky, 2009. 176 s. ISBN 978-80-248-1828-3.
- [4] *Sip.cesnet.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. SIP. Dostupné z WWW: <<https://sip.cesnet.cz/cs/protokoly/sip>>.
- [5] BEZPALEC, Pavel. *Itpoint.cz* [online]. Praha : 2004 [cit. 2010-05-02]. Signalizační a komunikační protokoly v IP telefonii. Dostupné z WWW: <<http://www.itpoint.cz/ip-telefonie/teorie/signalizacni-komunikacni-protokoly-ip-telefonie.asp>>.
- [6] *Mbdata.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. Úvod do VoIP. Dostupné z WWW: <http://www.mbdata.cz/uvoddovoip.htm#_Protokol_H.323>.
- [7] PETERKA, Jiří. *Earchiv.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. Není VOIP jako IP telefonie. Dostupné z WWW: <<http://www.earchiv.cz/b07/b1000001.php3>>.
- [8] ŠIMÁK, Boris. *Itpoint.cz* [online]. 2004 [cit. 2010-05-02]. Principy zpracování hlasu v klasické a IP telefonii. Dostupné z WWW: <<http://www.itpoint.cz/ip-telefonie/teorie/princip-zpracovani-hlasu-ip-telefonie.asp>>.
- [9] VOZŇÁK, Miroslav. *Phonet.cz* [online]. 2004 [cit. 2010-05-02]. TECHNICKÉ PRINCIPY IP TELEFONIE. Dostupné z WWW: <http://www.phonet.cz/archiv/dok_osta/ipt-2004_Principy_IPtel.pdf>.
- [10] *Neu-mann.cz* [online]. 2008 [cit. 2010-05-02]. CDMA2000. Dostupné z WWW: <<http://www.neu-mann.cz/mobilni-komunikace/mobilni-technologie/cdma2000/>>.
- [11] ZANDL, Patrick. *Marigold.cz* [online]. 2005 [cit. 2010-05-02]. 3G standardy - není jen UMTS. Dostupné z WWW: <<http://www.marigold.cz/item/3g-standardy-neni-jen-umts>>.

- [12] *Lupa.cz* [online]. 2008 [cit. 2010-05-02]. Začínáme s WiFi. Dostupné z WWW: <<http://tutorialy.lupa.cz/jak-na-wifi/zaciname-s-wifi/>>.
- [13] *Pctuning.tyden.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. WiFi na 2.4 i 5GHz. Dostupné z WWW: <http://pctuning.tyden.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=9619&Itemid=96>.
- [14] POTŮČEK, David. *Dandanel.blog.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. Co je to Bluetooth. Dostupné z WWW: <<http://dandanel.blog.cz/0701/co-je-to-bluetooth>>.
- [15] *Bluetooth.com* [online]. 2009 [cit. 2010-05-02]. Bluetooth. Dostupné z WWW: <<http://www.bluetooth.com/English/Technology/Pages/Basics.aspx>>.
- [16] *Haricom.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-02]. DECT systémy. Dostupné z WWW: <<http://www.haricom.cz/dect-systemy/>>.
- [17] LEHOCKÝ, Zdeněk. *Programujte.com* [online]. 2008 [cit. 2010-05-02]. Technologie WiMAX pod drobnohledem. Dostupné z WWW: <<http://programujte.com/?akce=clanek&c1=2008012601-technologie-wimax-pod-drobnohledem>>.
- [18] PUŽMANOVÁ, Rita. *Wimax.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. Vyhraje mobilní WiMAX nebo LTE v 3G?. Dostupné z WWW: <http://www.wimax.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=182&Itemid=33>.
- [19] PETERKA, Jiří. *Lupa.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. Budoucnost rychlých mobilních dat: HSPA+ a LTE. Dostupné z WWW: <<http://www.lupa.cz/clanky/budoucnost-rychlych-mobilnich-dat-hspa-a-lte/>>.
- [20] *Cordis.europa.eu* [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. The Network of the Future. Dostupné z WWW: <<http://cordis.europa.eu/fp7/ict/future-networks/>>.
- [21] *Cedupoint.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-02]. Technologie UMA. Dostupné z WWW: <www.trainingpoint.cz/download/TUMA-B-01_CZ.pdf>.
- [22] PRAVDA, Ivan. *Access.feld.cvut.cz* [online]. Praha : 2005 [cit. 2010-05-02]. Přehled doplňků standardu IEEE 802.11. Dostupné z WWW: <<http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2005113002>>.
- [23] VÁVRA, Štěpán. *Access.feld.cvut.cz* [online]. 2006 [cit. 2010-05-02]. Trendy ve standardizaci a používání sítí WLAN. Dostupné z WWW: <<http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2005112301>>.

-
- [24] *Daktela.com* [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. Mobile VoIP - bezdrátové řešení VoIP. Dostupné z WWW: <http://www.daktela.com/?page_id=116>.
- [25] BAZALA, David. *Telekomunikace a VoIP telefonie*. 1. Vyd. Praha : BEN, 2006. 222 s. ISBN 80-7300-201-9.
- [26] *Oldwiki.openwrt.org* [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. Table of Hardware. Dostupné z WWW: <<http://oldwiki.openwrt.org/TableOfHardware.html>>.
- [27] *Ubnt.com* [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. Ubiquiti. Dostupné z WWW: <<http://ubnt.com/rspro>>.
- [28] *Ubnt.com* [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. RouterStation Pro. Dostupné z WWW: <<http://ubnt.com/forum/forumdisplay.php?f=23>>.
- [29] *Ubuntu.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. Ubuntu. Dostupné z WWW: <<http://www.ubuntu.cz/ziskejte/stahnout>>.
- [30] *Openwrt.org* [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. OpenWRT. Dostupné z WWW: <openwrt.org>.
- [31] *Voip-info.org* [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. Asterisk. Dostupné z WWW: <<http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk>>.
- [32] VAN MEGGELEN, Jim; MADSEN, Leif; SMITH, Jared. *Asterisk : The Future of Telephony*. 2nd Edition. Sebastopol : O'Reilly Media, 2007. 574 s. ISBN 978-0-596-51048-0.

Seznam příloh

PŘÍLOHA I – TABULKA ROKU UVEDENÍ DO PROVOZU TECHNOLOGIE LTE ...	68
PŘÍLOHA II – PŘÍKLAD TOPOLOGIE ZAPOJENÍ WIFI SÍTĚ 4. GENERACE.....	69
PŘÍLOHA III – OBSAH SOUBORU KONF	70
PŘÍLOHA IV – OBSAH SOUBORU ODCHOZIVOLANI.....	71
PŘÍLOHA V – VÝVOJOVÝ DIAGRAM SKRIPTU OCHOZIVOLANI.....	72
PŘÍLOHA VI – VÝPIS ASTERISKU PŘI ODCHOZÍM VOLÁNÍ.....	73
PŘÍLOHA VII – VÝPIS ASTERISKU PŘI PŘÍCHOZÍM VOLÁNÍ	74
PŘÍLOHA VIII – FOTOGRAFIE VYTVOŘENÉHO VOIP BEZDRÁTOVÉHO TELEFONU.....	75