

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009

Radek Slavík

UNIVERZITA PARDUBICE

Dopravní fakulta Jana Pernera

Obor: Aplikovaná informatika v dopravě

# Návrh, realizace a správa sítí WAN

Bakalářská práce

Vypracoval: Radek Slavík

Vedoucí práce: Mgr. Josef Horálek

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Katedra informatiky v dopravě  
Akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek SLAVÍK**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Aplikovaná informatika v dopravě**  
  
Název tématu: **Návrh, realizace a správa sítí WAN**

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

Cílem práce je návrh a reálná realizace sítě typu WAN. V teoretické části budou představeny možnosti realizace sítí WAN (volba topologie, zdroje signálu, výběr aktivních prvků atd.). V rámci praktické části bude zmapována a popsána realizace vlastní sítě v obci Rosice, která bude realizována v rámci zpracování bakalářské práce. Dále bude popsána realizace správy sítě a možnosti rozšíření. Text celé práce včetně příloh bude uveden na přiloženém CD.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

**minimálně 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce:

**tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **SPORTACK, Mark. Směrování v sítích IP. [s.l.] : Computer Press, 2004. 368 s. ISBN 80-251-0127-4.**
2. **TEARE, Diane. Návrh a realizace sítí Cisco . [s.l.] : Computer Press, 2003. 784 s. ISBN 80-251-0022-7.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Mgr. Josef Horálek**

Katedra informatiky v dopravě

Datum zadání bakalářské práce:

**5. prosince 2008**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**1. června 2009**

*Culík*

L.S.

*J. Horálek*

## **Prohlášení**

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích, dne 29. 5. 2009

Radek Slavík

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval Tomáši Kulichovi, poskytovateli internetových služeb za odborné konzultace a poskytnutí kvalitního zdroje internetového signálu a vřelé poděkování také patří vedoucímu práce Mgr. Josefu Horálkovi za odborné a cenné rady během zpracovávání bakalářské práce.

## **Anotace**

Práce je věnována stručné charakteristice rozlehlých (WAN) sítí. V teoretické části jsou popsány základy WAN sítí, spojové protokoly a jednotlivé technologie realizací rozlehlých sítí. Praktická část se zabývá návrhem a realizací skutečné sítě v obci Rosice.

## **Klíčová slova**

WAN, PPP, IEEE 802.11, Frame Relay, AP, Klient, RouterBoard

## **Title**

Design, realization and administration of wide area networks (WAN)

## **Annotation**

The bachelor thesis deals with both theoretical and practical aspects of wide area networks (WAN). In the theoretical section are described besides basics of WAN networks also data link protocols and different technologies of WAN. The practical section is devoted to design and realization of an actual network in the village of Rosice.

## **Keywords**

WAN, PPP, IEEE 802.11, Frame Relay, AP, Klient, RouterBoard

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>ZÁKLADY ROZLEHLÝCH SÍTÍ WAN</b> .....	<b>10</b>
2.1	<i>Co je WAN?</i> .....	10
2.2	<i>WAN a ISO OSI model</i> .....	10
2.3	<i>WAN zařízení</i> .....	11
2.4	<i>Rozhraní přístupu k síti</i> .....	13
<b>3</b>	<b>SPOJOVÉ PROTOKOLY</b> .....	<b>13</b>
3.1	<i>HDLC (High Data Link Control)</i> .....	13
3.2	<i>SLIP (Serial Line Internet Protocol)</i> .....	14
3.3	<i>LAPB (Link Access Procedure Balanced)</i> .....	14
3.4	<i>PPP (Point-to-Point Protocol)</i> .....	14
<b>4</b>	<b>TECHNOLOGIE ROZLEHLÝCH SÍTÍ</b> .....	<b>16</b>
4.1	<i>ISDN (Integrated Services Digital Network)</i> .....	16
4.2	<i>X.25</i> .....	17
4.3	<i>ATM (Asynchronous Transfer Mode)</i> .....	17
4.4	<i>Frame Relay</i> .....	18
4.5	<i>Bezdrátové sítě - IEEE 802.11</i> .....	18
4.5.1	STANDARDY IEEE 802.11.....	19
4.5.2	ROZPROSTŘENÉ SPEKTRUM.....	20
4.5.3	BEZPEČNOST 802.11 SÍTÍ .....	21
<b>5</b>	<b>NÁVRH A REALIZACE SÍTĚ V OBCI ROSICE</b> .....	<b>23</b>
5.1	<i>Analýza</i> .....	23
5.1.1	STÁVAJÍCÍ SITUACE.....	23
5.1.2	NÁVRH ZLEPŠENÍ STAVU .....	23
5.1.3	NÁVRH SÍŤOVÉ TOPOLOGIE .....	25
5.2	<i>Páteřní spoj</i> .....	25
5.2.1	ROUTERBOARD .....	25
5.2.2	ANTÉNA .....	28
5.2.3	KONFIGURACE PÁTEŘNÍHO SPOJE .....	30
5.3	<i>Místní síť - přístupový bod</i> .....	38
5.3.1	BEZDRÁTOVÝ ROUTER.....	38
5.3.2	ANTÉNA .....	39



<b>5.4</b>	<b><i>Místní síť - zařízení na straně klienta</i></b> .....	<b>42</b>
<b>5.5</b>	<b><i>Nastavení místní sítě</i></b> .....	<b>42</b>
5.5.1	NASTAVENÍ PŘÍSTUPOVÉHO BODU .....	42
5.5.2	NASTAVENÍ KLIENTA BEZDRÁTOVÉ SÍTĚ.....	45
5.5.3	NASTAVENÍ KLIENTA ETHERNETOVÉ SÍTĚ .....	48
5.5.4	TEST PŘIPOJENÍ.....	49
5.5.5	AKTUÁLNÍ STAV .....	49
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH POJMŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA</b> .....	<b>52</b>

# 1 Úvod

*„Kde mám začít, Vaše výsosti?“ zeptal se.  
„Začni na začátku,“ pronesl král důstojně, „a pokračuj až do konce. Potom přestaň.“*

- LEWIS CARROLL

DOBRODRUŽSTVÍ ALENKY V ŘÍŠI DIVŮ.

Osobní počítače jsou v dnešní době neodmyslitelnou výbavou většiny domácností a firem. Propojením těchto počítačů vzniká lokální počítačová síť, umožňující data sdílet, přenášet, nabízí mimo jiné i možnost komunikovat a sdílet hardwarové prostředky. Aby mohly tyto lokální sítě komunikovat mezi sebou, jsou propojovány rozlehlými sítěmi, nazývané jako WAN sítě.

Volba tématu bakalářské práce byla ovlivněna dvěma významnými faktory. Prvním důvodem byla moje zkušenost jako projektanta kamerových systémů, jejichž obrazový signál a ovládání bylo přenášeno bezdrátovými spoji. Druhým důvodem, byla snaha zlepšit internetové připojení v obci Rosice.

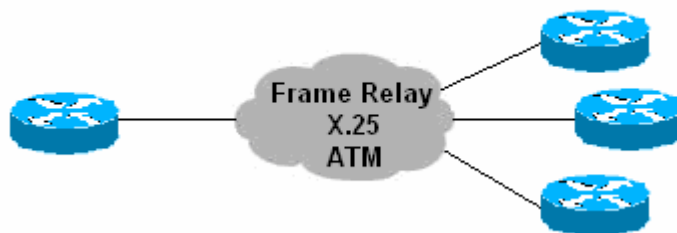
V teoretické části je vysvětlena problematika rozlehlých WAN sítí, dále jsou vysvětleny spojové protokoly, které jsou určeny k zajištění komunikace a v závěru jsou popsány jednotlivé technologie implementací WAN sítí, přičemž větší důraz je kladen na bezdrátové sítě, neboť se jedná o technologie, které jsou využity v praktické části práce při realizaci skutečné sítě v obci Rosice.

Úkolem praktické části je vytvořit přístupový bod v obci Rosice, pro vytváření bezdrátové sítě, do které se mohou připojit jednotliví občané obce. Do této sítě bude veden internetový signál ze sousedního města Chrast, kde je vhodný poskytovatel pro síť v obci Rosice.

## 2 Základy rozlehlých sítí WAN

### 2.1 Co je WAN?

Sítě WAN (Wide Area Network) jsou datové komunikační sítě, které působí mimo geografický rozsah LAN (Local Area Network, lokální síť). Zatímco lokální síť propojuje počítače, periferní zařízení v jedné budově, WAN umožňuje přenos dat na větší vzdálenosti a to např. mezi městy, státy ale i kontinenty. Dále rozlehlá síť může být využita k propojení lokálních sítí, např. vnitropodnikových sítí. Síť WAN není vždy nutné budovat, v některých případech lze využít stávající infrastruktury poskytující např. telefonní společnosti nebo poskytovatelé sítí. Typicky se jedná o komunikaci se spojením<sup>1</sup> a nejsou podporovány uživatelské aplikace, těm je poskytováno pouze přenosové prostředí. Vnitřní uspořádání rozlehlé sítě je na provozovateli sítě a uživatel si ji představuje jako síť s neznámou strukturou, obecně jako síťový oblak.



Obr. 1 Přístup k WAN<sup>2</sup>

### 2.2 WAN a ISO OSI model

Jedním ze základů k pochopení komunikace počítačových sítí je znalost referenčního modelu ISO OSI<sup>3</sup>. WAN provoz se soustředí především na fyzickou a spojovou vrstvu tohoto sedmivrstvého modelu. Přístupové normy pro WAN popisují metody fyzické vrstvy poskytování dat linkové vrstvě ohledně fyzického adresování, řízení toku a zapouzdření.

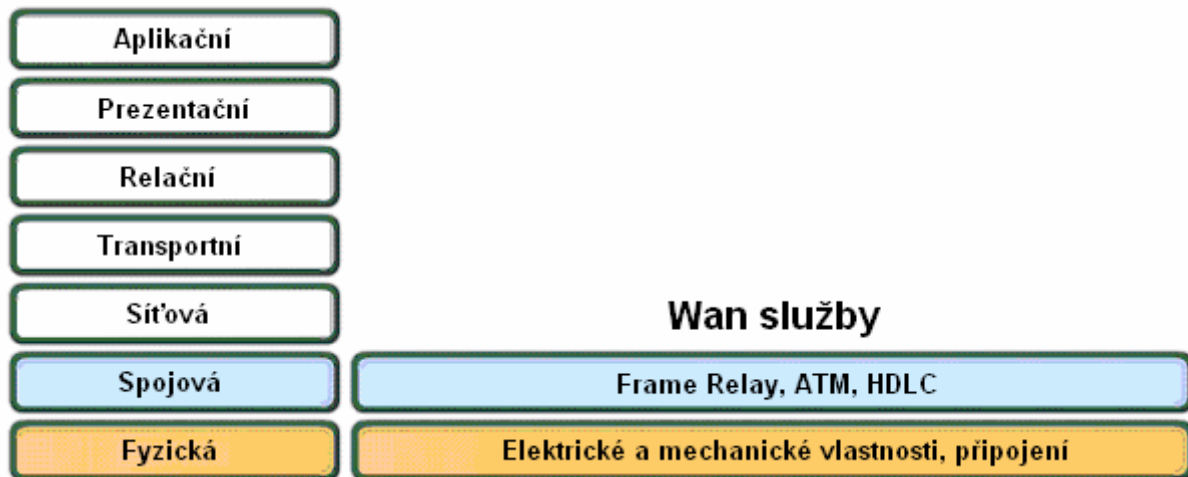
<sup>1</sup> Komunikace se spojením probíhá přes fáze navázání spojení, přenosu dat a ukončení spojení. Poskytuje řízení toku dat. Typickými příklady jsou ISDN, Frame Relay, ATM (viz. dále)

<sup>2</sup> V obrázku použity komponenty Cisco icons. Dostupný z WWW:  
<<http://www.cisco.com/web/about/ac50/ac47/2.html>>.

<sup>3</sup> *Architektury komunikujících systémů* [online]. 2008 [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.cs.vsb.cz/grygarek/PS/lect/OSI\\_RM.html](http://www.cs.vsb.cz/grygarek/PS/lect/OSI_RM.html)>.

### Popis vrstev zahrnující WAN služby:

- Protokoly fyzické vrstvy popisují stanovení elektrických, mechanických vlastností a provozní připojení ke komunikačním službám.
- Protokoly spojové vrstvy definují formát dat pro přenos. Příkladem jsou technologie Frame Relay, ATM a protokol HDLC. Tyto pojmy jsou dále popsány.



Obr. 2 Referenční OSI model<sup>4</sup>

## 2.3 WAN zařízení

Je mnoho typů zařízení, které jsou specifické pro WAN prostředí. Obecnými příklady, s kterými se lze setkat, mohou být například:

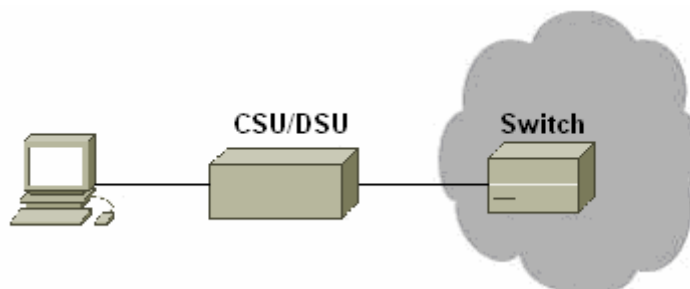
**Modem** – provádí modulaci analogového signálu k zakódování digitálních informací a demodulaci k dekódování přenášené informace. Kabelové a DSL modemy jsou rychlejší oproti modemům pro analogové linky, mohou přenášet data pomocí širokopásmového připojení vyšší frekvencí.



Obr. 3 Začlenění modemu do sítě

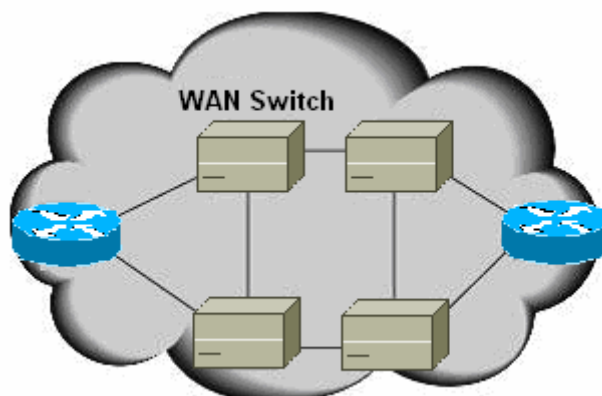
<sup>4</sup> Obrázek inspirován materiály kurzu Cisco CCNAE04-01

**CSU/DSU** – CSU (Channel Service Unit) je zařízení s rozhraním pro připojení k digitální telefonní síti. DSU (Data Service Unit) je zařízení pro převod digitálních dat mezi telefonní linky. Tyto dva moduly jsou často spojeny do jediného zařízení.



Obr. 4 Začlenění CSU/DSU do sítě

**WAN switch** – tyto přepínače bývají někdy používány v nosných (páteřních) sítích. Zpravidla je lze přepnout do režimu provozu Frame Relay, ATM nebo X.25. Fungují na datové vrstvě referenčního modelu OSI.



Obr. 5 Začlenění WAN switchu v síti WAN

**Router** – poskytuje internetworking<sup>5</sup> a rozhraní pro WAN přístup, využívané pro připojení k poskytovateli služeb sítě.

**Páteřní router** – směrovače aplikované přímo v páteřích WAN sítí, které mají schopnost podporovat více telekomunikačních rozhraní vysokou rychlostí provozu.

<sup>5</sup> Spojení dvou nebo více počítačových sítí přes brány, společnou směrovací technikou.

## 2.4 Rozhraní přístupu k síti

Pro koncového uživatele má největší význam rozhraní přístupu k síti. Toto rozhraní se ohraničuje zařízeními DCE a DTE. Zařízení DCE poskytuje hodinový signál a DTE ho synchronizuje.

**DCE** (Data-Circuit Terminating Equipment) – datové zařízení ukončující okruh. Toto zařízení poskytuje rozhraní mezi koncovým uživatelem a rozlehlou sítí, kterou zakončuje. V případě zakončování telekomunikačního okruhu může být typickou implementací ústředna, v případě datové sítě tuto funkci může vykonávat WAN switch.

**DTE** (Data Terminal Equipment) – datové koncové zařízení, příkladem může být počítač, směrovač ale i tiskárna.



Obr. 6 Rozhraní přístupu, zařízení DTE, DCE<sup>6</sup>

## 3 Spojové protokoly

Tyto protokoly jsou určeny k zajišťování komunikace na spojové vrstvě pro dvoubodové nebo vícebodové spoje. Dvoubodový spoj (point-to-point) představuje komunikaci mezi dvěma zařízeními a vícebodový spoj (point-to-multipoint) znamená spojení jednoho zařízení s více zařízeními.

### 3.1 HDLC (High Data Link Control)

Podporuje synchronní plně duplexní komunikaci pro dvoubodové i vícebodové spoje a je stále používán (nebo od něj odvozené protokoly) v ISDN, Frame Relay, X.25 nebo mezi modemy.

<sup>6</sup> V obrázcích 3,4,5,6 jsou použity komponenty Cisco icons. Dostupný z WWW: <http://www.cisco.com/web/about/ac50/ac47/2.html>. Zdroj inspirace dostupný z WWW: <http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/Intro-to-WAN.html>.

### **HDLC umožňuje následující přenosové režimy:**

- **Normální režim odpovědi** (Normal Response Mode, NRM) – v tomto režimu jsou sekundární stanice závislé na primární stanici. Sekundární stanice vyčkává na povolení ke komunikaci.
- **Asynchronní režim odpovědi** (Asynchronous Response Mode, ARM) – sekundární stanice mohou začít komunikovat s primární stanici bez obdržení povolení.
- **Asynchronní vyrovnaný režim** (Asynchronous Balanced Mode, ABM) – primární i sekundární stanice může samovolně zahájit vysílání.

HDLC je nyní základem pro synchronní dvoubodové spoje, čehož bývá využíváno k připojení serverů pro připojení k WAN (k internetu).

## **3.2 SLIP (Serial Line Internet Protocol)**

Představuje jeden z nejjednodušších spojových protokolů komunikující pomocí protokolu IP. Toho je využito při připojení přes sériové rozhraní na modem, přičemž každý sériový spoj představuje samostatnou síť. Má jednoduchý formát rámce, jsou vkládány přímo IP pakety a neumožňuje detekci chyb, spoléhá na protokoly vyšších vrstev.

## **3.3 LAPB (Link Access Procedure Balanced)**

Tento protokol je podmnožinou obecného HDLC protokolu. Využívá se pouze pro dvoubodové spoje. Zajišťuje správné pořadí rámců a jejich bezchybnost. Navázat spojení může DTE i DCE, stanice která navazuje spojení se stane primární a reagující stanice je stanice sekundární. Tento protokol využívá pouze asynchronní vyrovnaný režim (tento pojem vysvětlen výše).

## **3.4 PPP (Point-to-Point Protocol)**

Jedná se o dvoubodový protokol, který umožňuje přenos na synchronních i asynchronních linkách. Při navazování spojení testuje kvalitu spoje a je schopen podporovat kompresi na spoji. Protokol SLIP je v dnešní době v podstatě nahrazen tímto protokolem, přičemž PPP podporuje více protokolů (nejenom IP protokol).

### Protokolovou architekturu lze rozdělit na:

- **Protokol řízení spoje** (Link Control Protocol, LCP) – implementuje povinné fáze navázání a udržování spojení. Autentizace a testování kvality spoje jsou volitelné fáze podle použitého protokolu.
- **Protokoly řízení sítě** (Network Control Protocol, NCP) – tyto protokoly slouží pro protokoly vyšší vrstvy. Každá síťová architektura má svůj specifický protokol pro řízení sítě, který slouží pro dohadování konfiguračních parametrů pro síťové protokoly.

### Formát rámce PPP

Formát rámce je složen z následujících polí:

- Synchronizace – konstantní posloupností bitů je označován začátek rámce.
- Adresa – adresa není přidělována, ale je konstantní, protože se jedná o dvoubodový spoj.
- Řízení – v tomto bloku je posloupnost bitů, vypovídající o přenosu dat nečíslovanými rámci. Jedná se tedy o službu bez spojení.
- Protokol – zde je informace o tom, který protokol vyšší vrstvy použít.
- Data – velikost dat se může měnit podle typu protokolu z vyšší vrstvy.
- FCS – zabezpečení rámce, jedná se o 16 nebo 32 bitů cyklického kódu.<sup>7</sup>

Počet oktetů	1	1	1	2	max 1500	2(4)
<b>Synchronizace</b>	<b>Adresa</b>	<b>Řízení</b>	<b>Protokol</b>	<b>Data</b>	<b>FCS</b>	
1111110	11111111	00000011				

Obr. 7 Formát rámce PPP

Průběh navazování spojení začíná provedením protokolu LCP a následně výměnou rámců protokolu NCP. Protokol PPP poskytuje přenos přes ATM, Frame Relay, ISDN a přes optické propojení. V moderních sítích je klíčovou záležitostí ohledně bezpečnosti. Umožňuje totiž ověřit připojení pomocí PAP<sup>7</sup> (Password Authentication Protocol) a nebo pomocí účinnější varianty CHAP<sup>8</sup> (Challenge Handshake Authentication Protocol).

<sup>7</sup>Protokol PAP (Password Authentication Protocol) [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/windowsserver2003/cs/library/ServerHelp/4575e8c8-b9d7-4691-81ce-df35ce13f63e.mspx?mfr=true>>.

<sup>8</sup>Protokol CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol) [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/windowsserver2003/cs/library/ServerHelp/0ad3372c-e817-460e-9873-fa986bd79731.mspx?mfr=true>>.



## 4 Technologie rozlehlých sítí

V této kapitole se nachází přehled některých možností implementací rozlehlých sítí. Vzhledem k tomu, že tato publikace je zaměřena z velké části na praktickou realizaci rozlehlé sítě (která je popsána dále), jsou zde uvedeny jen některé možnosti implementace rozlehlých sítí a to v rozsahu základních informací<sup>9</sup>. Bezdrátové sítě pro aplikace v bezlicenčních pásmech jsou popsány více, neboť teoretické znalosti jsou využity v praktické části týkající se návrhu a realizace sítě v obci Rosice.

### Klasifikaci sítí lze provést mimo jiné na:

- **Sítě s přepojováním okruhů** – pro komunikaci mezi zdrojovou a cílovou stanicí je sestaveno spojení, čímž vznikne vyhrazený nepřerušovaný přenosový kanál po celou dobu komunikace. Tím vzniká spolehlivá komunikace, se spojením.
- **Sítě s přepojováním paketů** – v tomto případě není sestaven okruh ale každý směrovač na cestě od zdroje k cíli se rozhoduje, kudy pošle paket dál. Jednotlivé pakety nemusí jít stejnou trasou a mohou být doručeny v jiném pořadí než odeslány.

### 4.1 ISDN (Integrated Services Digital Network)

ISDN je digitální síť integrovaných služeb, založená na přepojování okruhů. Analogový telefonní signál je digitalizován<sup>10</sup> a je oddělena komunikace od řízení.

#### ISDN poskytuje dva typy přístupu:

- **BRI** (Basic Rate Interface) – je základní přístup o základní rychlosti, který poskytuje 2B + D, tzn. 2 B-kanály pro přenos dat (každý kanál 64 kb/s), a jeden D-kanál pro signalizaci (16 kb/s). Jedná se o účastnickou přípojku na kterou lze připojit až 8 koncových zařízení.
- **PRI** (Primary Rate Interface) – primární přístup o primární rychlosti, který poskytuje v Evropě 30B + D, tzn. 30 B-kanálů pro přenos dat (každý kanál 64 kb/s), a jeden D-kanál pro signalizaci (tentokrát 64 kb/s). Tento typ přípojky se používá pro připojení pobočkových ústředí.

<sup>9</sup> Více informací o technologiích pro rozlehlé sítě lze nalézt v literatuře ze seznamu literatury (položka 3).

<sup>10</sup> Digitalizace je provedena pomocí pulsně kódové modulace (PCM), která vzorkuje původní signál a kvantuje amplitudu do 256 úrovní.

## 4.2 X.25

Protokol X.25 je založen na přepojování paketů, přičemž je dnes spíše nahrazen technologií Frame Relay. Tato technologie X.25 implementuje fyzickou, spojovou a síťovou vrstvu a komunikace je se spojením pomocí přepínaných virtuálních okruhů a je založena na telefonním principu vytváření spolehlivých okruhů. Rychlost komunikace je už dnes považována za nevýhodu této technologie, neboť činí maximálně 64 kb/s. Výhodou může být vysoká spolehlivost, které je dosaženo kontrolou a zároveň i opravou chyb. Tato spolehlivost je však „vykoupena“ nadbytečným zatížením sítě.

### Architektura X.25

- **Fyzická vrstva** – specifikuje elektrické a funkční vlastnosti pro fyzické spojení mezi DTE a DCE.
- **Spojová vrstva** – na této vrstvě se určuje postup pro výměnu dat mezi DTE a DCE a je zde aplikován spojový vyvážený protokol LAPB, který se stará o komunikační relaci a kontrolu paketů.
- **Síťová vrstva** – implementuje PLP (Packet Level Protocol). Jedná se o protokol, který řídí výměnu paketů obsahující uživatelská data, povely, odpovědi a identifikace.

Hlavním rozdílem oproti Frame Relay je, že protokol X.25 je protokolem síťové vrstvy, kdežto Frame Relay pracuje na spojové vrstvě a negarantuje doručení rámce. X.25 si data, která nestačí zpracovávat uloží do paměti a postupně je odesílá dále. Nicméně obě technologie jsou založeny na vytváření virtuálních okruhů.

## 4.3 ATM (Asynchronous Transfer Mode)

Standard pro vysokorychlostní síť buňkové komunikace. Buňka je datová jednotka, mající pevnou délku, na rozdíl od paketu nebo rámce. Pokud je zvolen pevný formát a buňka má omezenou délku, dochází k zjednodušení mechanismů přenosu a celkově dojde ke zrychlení zpracování. V překladu ATM znamená asynchronní přenosový režim znamenající nepravidelný výskyt buněk během spojení. Jedná se o komunikaci se spojením, která probíhá po pevných nebo přepínaných virtuálních okruzích a podporuje přenosové rychlosti 1,5 Mb/s až 2,4Gb/s v plně duplexním režimu. Poskytuje také garantovanou kvalitu služeb a neprovádí detekci chyb ani řízení toku v rámci virtuálního okruhu. Datová jednotka má konstantní délku 53 bytů (48 bytů dat a 5 bytů hlavička).

Technologie ATM vyřešila konflikt mezi sítěmi typu přepojování okruhů a přepojování paketů transformováním obou toků do jednoho datového toku, který se sestává z malých buněk pevné velikosti, a které jsou označeny tak, aby je bylo možné identifikovat k příslušným virtuálním okruhům. Značnou nevýhodou této technologie je složitost a vysoké náklady. Technologie ATM je využívána u některých vysokorychlostních připojení přes telefonní linky.

## 4.4 Frame Relay

Síť Frame Relay (převádění rámců) využívá přepojování rámců, jejichž délka je proměnná. Frame Relay poskytuje vyšší rychlosti než X.25 a také proto tento starší typ nahrazuje. Přepojování rámců probíhá na spojové vrstvě oproti přepojování paketů na síťové vrstvě. Odpadá tedy zpracování paketů, typicky např. vyjmutí paketu z rámce, čtení záhlaví paketu, čímž se směrování a přepojování se zrychlí (zpoždění klesne z 200 ms u X.25 až na 20 ms). Rámce jsou převáděny až k cílové stanici, kde se teprve zkontrolují. Cílová stanice je tedy zodpovědná za opravu chyb ale i za řízení toku v síti. Frame Relay je ideální k propojování LAN nebo pro výstavbu páteřních privátních sítí.

### **Základní vlastnosti:**

- Komunikace se spojením přes pevné nebo virtuální okruhy.
- Proměnná velikost rámců
- Přenosová rychlost 64 kb/s až 4 Mb/s, možnost až 45 Mb/s
- Přenos po dvoubodových okruzích

Frame Relay nekontroluje doručení dat cílové stanici, v tomto případě spoléhá na protokoly vyšší vrstvy. Jedná se tedy o službu, která negarantuje kvalitu služeb. Nedoporučuje se proto pro přenos videa a obecně dat citlivých na zpoždění. Naopak se Frame Relay doporučují pro propojování lokálních sítí na velké vzdálenosti a pro databázové aplikace, kde jsou nárazově potřeba velké objemy dat.

## 4.5 Bezdrátové sítě - IEEE 802.11

Důvod vzniku a význam bezdrátových sítí v dnešní době již netřeba představovat. Každý si jistě všiml rostoucího počtu nových vysílačů, a neustálé rozšiřování stávajících. Bezdrátové sítě jsou již poměrně dokonalé, spolehlivé a poskytují i velké přenosové rychlosti a pro svoji jednoduchou výstavbu se hojně využívají i na rozlehlé sítě k propojení

jednotlivých měst a obcí. Samozřejmostí je pak možnost i bezdrátového propojení budov na území města nebo jen vytvoření bezdrátové lokální sítě pro potřeby mobilního přístupu k síti např. v rámci jednoho bytu. Níže jsou popsány bezdrátové technologie pro pásma, pro které není nutná licence. Jedná se o pásmo 2,4GHz a 5GHz, nicméně je nutné dodržet stanovy<sup>11</sup> ČTÚ (Český telekomunikační úřad), především dodržet maximální předepsaný vysílací výkon.

#### 4.5.1 Standardy IEEE 802.11

Podvýbor institutu IEEE 802.11<sup>12</sup> schválil v polovině roku 1997 první normu určující funkční požadavky, šířku pásma a protokol řízení přístupu k bezdrátovému médium. Od té doby došlo k rychlému rozvoji specifikací. V dnešní době jsou používány především tři následující 802.11 normy specifikací:

- **IEEE 802.11a** – vychází z normy schválené v roce 1999, pracuje v bezlicenčním pásmu 5GHz (5,1-5,3 GHz a 5,725-5,825 GHz) a poskytuje nominální přenosovou rychlost 54 Mb/s, přičemž skutečná efektivní rychlost se pohybuje maximálně 30 Mb/s<sup>13</sup>. Toto bezlicenční pásmo není tolik zatíženo jako 2,4 GHz. Norma 802.11 umožňuje použití až 8 nepřekrývajících kanálů a využívá pro přenos ortogonální frekvenční multiplex (OFDM). Tento typ rozprostřeného spektra a další (DSSS a FHSS) jsou vysvětleny v kapitole 4.5.2.
- **IEEE 802.11b** – norma schválena v roce 1999, jedná se o přenos v bezlicenčním pásmu 2,4 GHz (2,4-2,485 GHz) a poskytuje nominální přenosovou rychlost 11 Mb/s, efektivní rychlost je možná maximálně do 6 Mb/s. Na fyzické vrstvě používá metodu rozprostřeného spektra DSSS. Tato technologie je přezdívaná jako Wi-Fi (Wireless Fidelity).
- **IEEE 802.11g** – představuje rychlejší verzi Wi-Fi. Tato norma, schválená v roce 2003, vypovídá o přenosu v bezlicenčním pásmu 2,4 GHz a je zpětně slučitelná s 802.11b. Nominální rychlost je 54 Mb/s a efektivní dosahuje maximálně hodnot do 30 Mb/s. Pro dosažení vyšší rychlosti je využit typ

---

<sup>11</sup> Využívání vymezených rádiových kmitočtů [online]. 2008 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.ctu.cz/ctu-informuje/jak-postupovat/radiove-kmitocty/vyuzivani-vymezenych-radiovych-kmitoctu.html>>.

<sup>12</sup> „IEEE sdružuje přes 350 000 elektroinženýrů a inženýrů v cca 150 zemích ve všech světadílech“. Česká společnost IEEE [online]. 2009 [cit. 2009-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.ieee.cz/>>.

<sup>13</sup> Rozdíl mezi nominální a efektivní rychlostí je vysvětlen v kapitole 5.2

rozprostřeného spektra OFDM, pro zpětnou kompatibilitu s 802.11b vyžaduje použití i DSSS.

## 4.5.2 Rozprostřené spektrum

Řešení fyzické vrstvy bezdrátových sítí dle standardu 802.11 nabízí především mimo jiné následující způsoby:

- **FHSS** (Frequency Hopping Spread Spectrum Radio) – rádiový přenos s frekvenčními proskoky. Vysílač přeskakuje po jednotlivých frekvenčních pásmech v pseudonáhodném pořadí, přičemž na každém vyšle krátký proud dat. Pásmo je rozděleno na 79 podkanálů o šířce 1 MHz. Minimálně 2,5krát za sekundu se změní kmitočet, proto je málo pravděpodobné, že dojde ke kolizi a rušení se minimalizuje. Tato technika umožňuje reálný provoz okolo 15 přístupových bodů.
- **DSSS** (Direct Sequence Spread Spectrum Radio) – rádiový přenos v přímo rozprostřeném spektru. Tok dat je vysílačem přeměněn na tok symbolů, kde jednotlivé symboly představují jeden nebo více bitů. Přijímač opačným způsobem dekóduje přenášený signál. Vysílaná informace je rozprostřena po 22 MHz širokém frekvenčním pásmu. U této technologie je pásmo rozděleno na 1-14 kanálů, kde na jeden kanál je potřeba zmíněných 22 MHz. U standardu 802.11b je při využití DSSS teoretická rychlost přenosu až 11 Mb/s.
- **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplex) – přenosové pásmo je rozděleno na velké množství úzkých kanálů, v kterých jsou data přenášeny poměrně pomalu kvůli dosažení kvalitnějšího signálu. Kanály jsou blízko u sebe ale nepřekrývají se, proto se vzájemně jednotlivé kanály neruší. Teoretická rychlost je pak dána součtem všech kanálů a činí až 54 Mb/s. OFDM je využita u standardu 802.11a pro pásmo 5 GHz a 802.11g, který využívá pásmo 2,4 GHz.

Nevýhodou FHSS je omezení rychlosti na 2 Mb/s ale tyto systémy jsou levné pro výrobu. Systémy DSSS mají větší nároky na hardware a vyšší spotřebu energie, protože mají složitější zpracování signálu oproti systému s frekvenčními proskoky ale poskytují vyšší rychlost (až 11 Mb/s). Technologie OFDM umožňuje ještě vyšší rychlosti, avšak je vhodná spíše na menší vzdálenosti a v členitém terénu dosahuje horších výsledků.

### 4.5.3 Bezpečnost 802.11 sítí

U bezdrátových sítí nelze přesně omezit prostor, kde lze zachytit signál. U kabelových sítí, pokud má někdo zájem odposlouchávat přenos musí se fyzicky připojit, kdežto v rádiové síti stačí být v prostoru její působnosti a pokud nechceme poskytovat v okolí internet zdarma, je nutné tuto bezdrátovou síť zabezpečit. Dále je nutné síť zabezpečit proti odposlechu šifrováním, aby nebylo možné zachytit hesla a podobné citlivé informace. Obecně lze tedy bezpečnost 802.11 sítí rozdělit do dvou hlavních skupin:

- **Šifrování** – zabezpečení přenosu proti odposlechu dat kódováním.
- **Autorizace** – řízení přístupu do sítě ve smyslu kontroly oprávněnosti přístupu

Při pořizování hardwaru je nutné sledovat i parametry zařízení bezpečnostního charakteru, tak aby byly splněny bezpečnostní požadavky. Ke splnění těchto parametrů se používá několik ochranných metod:

- **SSID (Service Set ID)** – identifikátor bezdrátové sítě. Je nastaven na přístupovém bodu manuálně nebo automaticky a pod tímto identifikátorem jej vidí klienti, kteří jsou v jeho dosahu.
- **WEP (Wired Equivalent Privacy)** – odesílaná zpráva je zašifrována tajným klíčem, přijímač ji shodným klíčem dešifruje. Klíč (dle standardu 40bitový) musí znát vysílač i přijímací stanice. Z výše uvedeného plyne, že se jedná o symetrický princip. WEP ověřuje fyzickou MAC adresu uživatele. K tajnému klíči je přidán ještě 24bitový klíč (pseudonáhodná posloupnost znaků) a tímto složeným klíčem se zašifruje zpráva. Přidaný 24bitový klíč je poslán přijímači, který ho přidá k tajnému klíči a výsledným klíčem (64bitový) rozšifruje přenášená data. Většina zařízení umožňuje tento proces provádět s 128bitovým klíčem a tím dosáhnout vyššího zabezpečení. Pokud nejsou k dispozici lepší metody, měl by se WEP použít. Nicméně poskytuje pouze minimální úroveň zabezpečení. Nevýhody WEPu jsou však, že přidaný 24bitový klíč je přenášen nezakódovaný a také, že zadaný klíč zůstává stále stejný, dokud se manuálně nezmění, což je nutné provést na vysílači i přijímači.
- **802.11x** – vzhledem k nedostatkům WEPu vznikla tato norma, která měla umožnit lepší úroveň zabezpečení. Avšak existují způsoby průlomu hesla.
- **802.11i** – časem byla zavedena nová lepší norma, jejímž základem je **WPA** (Wifi Protected Access) poskytující průběžnou, automatickou výměnu dynamicky dočasně vytvářených klíčů. Délka klíče je zvětšena na 256 bitů a

umožňuje použít MAC filter, který dovolí přístup uživateli na základě fyzické adresy, která je jedinečná, čímž se dosáhne možného vymezení povolených uživatelů. **WPA2** – zahrnuje nový protokol pro silné šifrování AES, který je v podstatě považován za zcela bezpečný. Standard AES využívá symetrického blokového klíče, data jsou tedy šifrována v blocích a klíč pro šifrování je stejný jako klíč pro dešifrování. Od roku 2006 je WPA2 povinné pro zařízení, která chtějí mít certifikaci jako Wi-Fi.

## 5 Návrh a realizace sítě v obci Rosice

### 5.1 Analýza

#### 5.1.1 Stávající situace

Obec Rosice ležící v okrese Chrudim má počet obyvatel okolo 1340 jedinců. Rozkládá se v mírně kopcovitém terénu. Internetové spojení se světem zde zastávají téměř výhradně dvě možnosti. Jedná se o připojení pomocí klasické drátové telefonní sítě a na straně druhé možnosti je bezdrátové připojení k internetu pomocí WiFi technologie, které v této obci poskytuje pouze jeden internetový poskytovatel služeb (Internet Service Provider, ISP).

V současné době si obyvatel může objednat aDSL tarif<sup>14</sup> 8192 kb/s download a upload 512 kb/s za cenu kolem 500Kč. Základním problémem tohoto druhu připojení je, že stávající infrastruktura v této lokalitě dovoluje maximální přenos pro download 3000 kb/s a to při tarifu 8192 kb/s.

U bezdrátového připojení<sup>15</sup> technologií WiFi se rychlost downloadu ze zkušenosti pohybuje řádově od 400 kb/s do 900 kb/s a upload 10 kb/s – 70 kb/s. To vše za cenu 350Kč. U tohoto připojení je velkým problémem nízká rychlosti uploadu, která podle zkušeností působí výrazné problémy, např. při nahrávání internetových stránek na server.

Okrajovou možností, o které je dobré vědět, je satelitní připojení. Toto připojení je vhodné pro oblasti, kde není přístup k výše zmíněným technologiím. U tohoto druhu připojení je však nutné počítat s tím, že náklady na provoz jsou zhruba 10x dražší než aDSL či WiFi.

#### 5.1.2 Návrh zlepšení stavu

Obecně známou věcí je, že ve větších městech bývá situace lepší. Z následujícího obrázku je patrné porovnání stávající situace s některými dalšími možnostmi, které se vyskytují v okrese Chrudim. Za povšimnutí však stojí první z označených řádků. Jedná se o poskytovatele ze sousedního města Chrast, který však v obci Rosice nepůsobí. Druhý z označených řádků je dosavadní jediný WiFi poskytovatel v obci. Hlavní myšlenka spočívá v realizaci páteřního spoje ve spolupráci s internetovým poskytovatelem z Chrasti a tím

---

<sup>14</sup> DSL : Nabídky připojení aDSL [online]. 2003-2009 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.dsl.cz/adsl-internet>>.

<sup>15</sup>UNET [online]. [2009] [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://unet.cz/>>.



dosáhnout mnohonásobně vyšších rychlostí přenosu, než tomu bylo doposud. Dále vytvořit přístupový bod v obci Rosice, díky němuž se mohou jednotliví obyvatelé obce připojit ke kvalitnímu a rychlému internetu.

## Statistika připojení v Chrudim

Seznam okresů, Okres: Chrudim, Obec:

### Poskytovatelé připojení

Poskytovatel a označení tarifu	Hodnocení	Počet	Down kbits	Up kbits	
<a href="#">Kulich Tomáš - wifi</a>	●		200	12,017.4	6,357.0
<a href="#">OMEGApus - wifi</a>			159	1,843.1	814.7
<a href="#">O2 - adsl</a>			86	4,137.0	263.6
<a href="#">U:fon - cdma</a>			40	293.2	172.4
<a href="#">Unet - wifi</a>	●		35	1,370.2	301.8
<a href="#">CrFreeNet - wifi</a>			12	2,610.1	2,382.9
<a href="#">Ecomp spol. s r.o. - wifi</a>			9	5,350.8	3,647.1
<a href="#">O2 - cdma</a>			8	440.5	160.3
<a href="#">FORTECH - wifi</a>			3	670.3	165.5

Obr. 8 Srovnání poskytovatelů připojení<sup>16</sup> (1)

## Poskytovatel připojení Kulich Tomáš - wifi

Kulich Tomáš 17.Listopadu 694 53851 Chrast telefon: 777086544 (odkaz na webové stránky zobrazen u registrovaných firem nebo přihlášeným uživatelům) <a href="#">diskuze o Kulich Tomáš</a>	<b>Připojení</b>	<b>Počet tarifů</b>	<b>Počet testů</b>	<b>Down kbit/s</b>	<b>Up kbit/s</b>
	<a href="#">hlavní strana</a>	-	-	-	-
	<a href="#">wifi</a>	1	946	11,701.9	7,038.9

### Dostupnost wifi

Okres	Obce
<a href="#">Chrudim</a>	<a href="#">Lukavice</a> , <a href="#">Orel</a> , <a href="#">Trpišov</a> , <a href="#">Ctětín</a> , <a href="#">Hodonín</a> , <a href="#">Nasavrky</a> , <a href="#">Ochoz</a> , <a href="#">Vranov</a> , <a href="#">Zaječice</a> , <a href="#">Bítovany</a> , <a href="#">Horka</a> , <a href="#">Podlažice</a> , <a href="#">Měretice</a> , <a href="#">Chrast</a> , <a href="#">Chacholice</a>

Obr. 9 Pole působnosti (nepůsobnost v Rosicích) poskytovatele připojení Kulich<sup>17</sup> (2)

<sup>16</sup> *Statistika připojení v Chrudim* [online]. 2004-2009 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://rychlost.cz/stats/chrudim/>>.

<sup>17</sup> *Poskytovatel připojení Kulich Tomáš* [online]. 2004-2009 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://rychlost.cz/isp/kulich-tomas/wifi/>>.

### 5.1.3 Návrh síťové topologie

Propojení obou obcí (páteřní spoj) je vzhledem k vzdálenosti přes 2 km vhodné realizovat jako bezdrátové spojení pracující v pásmu 5GHz. K tomu je nutné dosáhnout přímé viditelnosti mezi vysílačem a přijímačem. Náklady, které by vznikly použitím jiné než bezdrátové technologie by byly mnohonásobně vyšší a zbytečné. Krajním bodem tohoto spoje je na jedné straně stavba vodárny z roku 1936 v Chrastí a na druhé straně bytový dům č.p. 232 v Rosicích, kde je nutné signál rozdělit pro potřeby obyvatelů domu a ostatních obyvatel obce. Pro potřeby domu vznikne možnost připojit jednotlivé klienty (PC, notebooky) k internetu drátově (ethernetem). Ostatní obyvatelé obce mohou být připojeni k bezdrátové síti pracující v pásmu 2,4GHz.





## 5.2 Páteřní spoj

Obce Rosice a Chrast jsou spojeny páteřním bezdrátovým spojem dle standardu 802.11a pracujícím na frekvenčním pásmu 5GHz, které není moc používáno v této oblasti a je méně náchylné na rušení. Standard 802.11a ve volném prostoru lze použít až na vzdálenost okolo 15km s nominální (teoretickou) rychlostí přenosu 54Mbit/s, tudíž reálná efektivní rychlost přenosu tohoto spoje je do 25Mbit/s. Nominální rychlost udává, jak dlouho trvá přenos jednoho bitu, nicméně bez rozlišení, zda se jedná o bit režijní nebo reprezentující data. Kdežto efektivní přenosová rychlost se již zabývá jen užitečnými daty a nezahrnuje režii, prodlevy, opakované přenosy a tudíž bývá až o desítky procent menší než rychlost nominální.

U spoje je komunikace založena na režimu AP/Klient. Tento režim je vhodný pro přístup do již chráněné sítě, umožňuje dobré vlastnosti pro přenos a možnost připojit více stanic k jednomu přístupovému bodu.

### 5.2.1 RouterBoard

K samotné realizaci tohoto bezdrátového spoje bylo na obou stranách využito zařízení MikroTik RouterBOARD RB433. Na jedné straně spoje je použit režim AP a na druhé Klient. Toto zařízení je vzhledem ke svým parametrům, ceně a především zkušenostem doporučováno jako jedna z nejlepších variant pro podobné aplikace. Jedná se o velmi osvědčeného výrobce a produktová řada RB433 vychází jako „zlatá střední cesta“, neboť levnější zařízení neposkytují dostatečný výkon a počet rozhraní. Naproti tomu dražší řady se už jeví jako předimenzované svými parametry pro podobné použití.

Kód	<b>RB600</b>	<b>RB411</b>	<b>RB411A</b>	<b>RB433</b>
Název	RB600A 128 MB RAM, 400 MHz, 4x miniPCI, 3x LAN, vč. L4	RB411 32MB RAM, 300 MHz, 1x miniPCI, 1x LAN, vč. L3	RB411A 64 MB RAM, 300 MHz, 1x miniPCI, 1x LAN, vč. L4	RB433 64 MB RAM, 300 MHz, 3x miniPCI, 3x LAN, vč. L4
Poznámka	Opravdu výkonný RouterBoard pro Vaši WiFi síť. Nová řada nejen rozšiřuje počet LAN a miniPCI slotů integrovanými na jedné desce, ale také navyšuje svoji rychlost a to až 3x oproti předchozím modelům. Součástí RB600 je nainstalovaný Mikrotik v3 s L4.	RouterBoard RB411 je nejlevnější RouterBoard s procesorem MIPS Atheros. Součástí RouterBoardu je Mikrotik L3, je tak přímo předurčen jako klientská jednotka. Díky podpoře napájení po ethernetu se výborně hodí i pro outdoorová řešení.	RouterBoard RB411A je nástupcem oblíbeného RB133C s 3x vyšším výkonem. Narozdíl od RB411 je součástí RouterBoardu Mikrotik L4. RB411A je ideální pro použití jako klientská jednotka, lze ji však použít i jako AP.	MikroTik RouterBOARD RB433 3xLAN 3x miniPCI (deska + licence L4). Skvělá platforma pro zprovoznění bezdrátové technologie. Nejlepší router, který můžete sestavit za příznivou cenu.
Náhled				
Obrázek	Klikni pro zvětšení ...	Klikni pro zvětšení ...	Klikni pro zvětšení ...	Klikni pro zvětšení ...
Normální cena	<b>3 246.00 Kč</b>	<b>846.00 Kč</b>	<b>1 326.00 Kč</b>	<b>1 686.00 Kč</b>

Obr. 10 Porovnání vybraných RouterBoardů (3)

Zařízení RouterBoard se podobá malé základové desce stolního počítače. Disponuje totiž mimo jiné procesorem, RAM pamětí, síťovými konektory (rozhraní LAN, WiFi), sloty miniPCI. Dále poskytuje funkci PoE (Power over Ethernet) – RouterBoard lze napájet po Ethernetu, standartním síťovým UTP kabelem. Všechny tři ethernetové porty automaticky rozpoznávají křížený/přímý kabel (MDI/MDI-X).



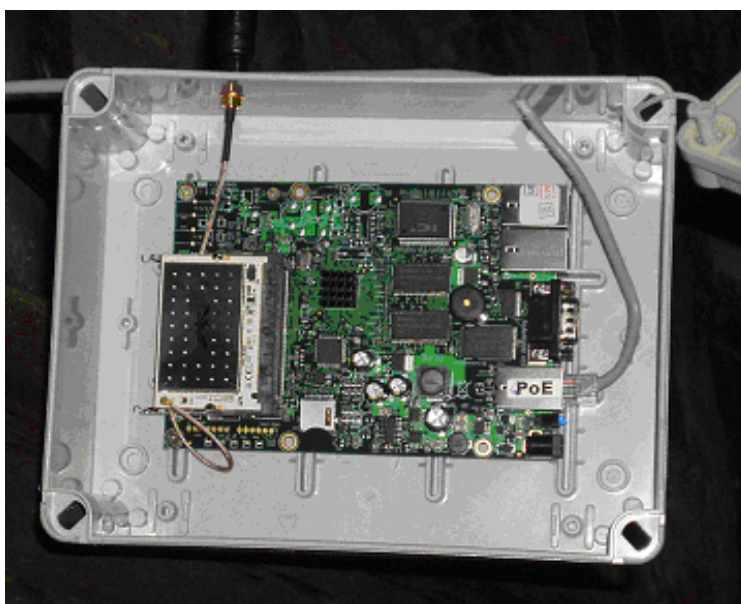
Obr. 11 Napájecí PoE adaptér

### Zařízení lze použít v operačním módu:

- AP – režim přístupového bodu, ke kterému se připojují klienti
- Klient – využití na straně klienta
- WDS – Wireless Distribution System – bezdrátový distribuční systém, jedná se propojení několika BSS (Basic Services Set), nebo-li propojení několika zařízení AP
- Bridge – využití u filtrování rámců

### Technické parametry RouterBOARD RB433<sup>18</sup>

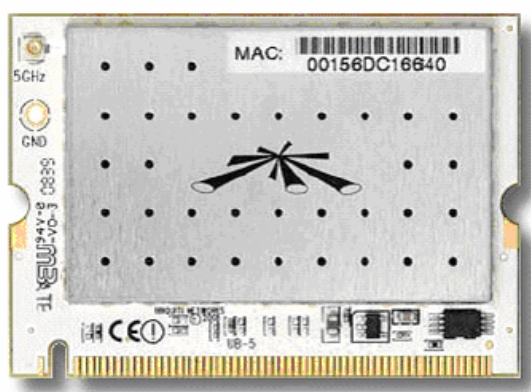
DHCP:	ano
LAN port:	3 x RJ45 10/100 Mbps MDI/MDI-X
NAND:	64MB (paměť pro operační systém)
Napájení:	JACK + POE (16-28 V)
Operační mód:	AP, Client, Bridge, WDS
Procesor:	MIPS 300 MHz Provozní teplota: -20 až 60 °C
RAM:	64 MB SDRAM
Regulace výkonu:	ano - po 1dB
Rozhraní:	LAN, WiFi
Sloty:	3x miniPCI
I/O Control:	1x serial port RS-232
LED indikace:	ano



Obr. 12 Namontovaný RouterBoard

<sup>18</sup> MIKROTIK: RB433 [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://i4wifi.cz/default.asp?cls=stoitem&stiid=1040>>.

Součástí dodaného zařízení je licence na operační systém RouterOS Level 4 a podpora ve formě balíčku aplikací<sup>19</sup>, průvodců a utilit, multimediální průvodce instalací Mikrotiku přes WinBox, což je utilita k instalaci, přihlašování a nastavování RouterBoardu. Zařízení je umístěno v elektroinstalační krabici, připevněné na trámu pod střechou. Ve slotu miniPCI je osazena bezdrátová karta miniPCI AR5414 (5GHz), která je velmi spolehlivá a postavená na již šesté generaci osvědčeného chipsetu Atheros 5414. Karta je určena pro pásmo 5GHz s max. výstupem 23 dBi (dBi – viz. kapitola 7), používá modulaci OFDM a je založena na standardu 802.11a.



Obr. 13 Bezdrátová karta (4)

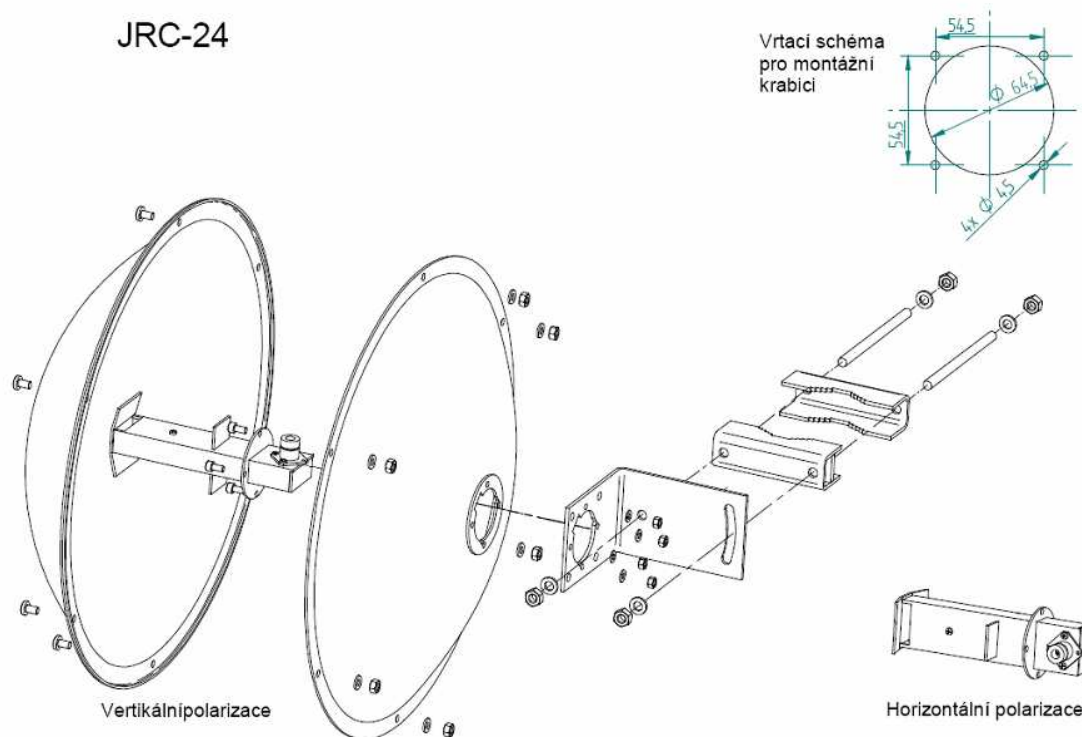
## 5.2.2 Anténa

Součástí bezdrátového spoje jsou i kompatibilní antény pro pásmo 5GHz. Pro své dobré vlastnosti a reference byla vybrána parabolická anténa od předního středoevropského (českého) výrobce Jirous PAR24-PRO<sup>20</sup>. Jedná se o plnou parabolu o průměru 380mm, s činitelem směřování (ziskem) do 24 dB. Tato anténa celokovové konstrukce je vhodná pro spoje bod-bod i jako klientská anténa v náročnějších podmínkách. Záříč je nutné natočit podle polarizace, konektor musí směřovat do boku nebo vzhůru. Obě antény tohoto spoje musí mít stejnou polarizaci, zde je polohou namontování nastavena horizontální polarizace.

<sup>19</sup> *Balíček aplikací, průvodců a utilit* [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <[http://i4wifi.cz/inc/\\_doc/Drivers/Mikrotik/Mikrotik.rar](http://i4wifi.cz/inc/_doc/Drivers/Mikrotik/Mikrotik.rar)>.

<sup>20</sup> *Jirous: PAR24-PRO* [online]. 2009 [cit. 2009-05-22]. Dostupný z WWW: <<http://i4wifi.cz/default.asp?cls=stoitem&stiid=290>>.

## JRC-24



Obr. 14 Nastavení polarizace u PAR24-PRO<sup>21</sup>

### Technické parametry PAR24-PRO<sup>22</sup>

Držák:	Na stožár 32 až 74 mm
Frekvence:	5,0 - 5,95 GHz
Impedance:	50 Ohm
Polarizace:	horizontální nebo vertikální dle polohy zářiče
Provozní teplota:	-20 až 50 °C
Rozměry:	380 mm
Typ konektoru:	N - Female - zlacený kontakt
Vyzař. úhel - H.:	8,8° (-3dB)
Vyzař. úhel - V.:	8°
Zisk:	až 23,5 dBi
Hmotnost:	3,5 kg

<sup>21</sup> *Instalační příručka PAR24-PRO* [online]. 2009 [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW: <<http://i4wifi.cz/img.asp?attid=36055>>.

<sup>22</sup> *Jirous: PAR24-PRO* [online]. 2009 [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW: <<http://i4wifi.cz/default.asp?cls=stoitem&stiid=290>>.





Obr. 15 Namontovaná PAR24-PRO (vlevo)

Propojení RouterBoardu a antény je provedeno koaxiálním kabelem. Pro svoje dobré vlastnosti byl zvolen profesionální laděný a měřený pigtail z tlustého, extra nízkoútlumového kabelu, který má řádově poloviční útlum oproti běžnému pigtailu. Jedná se o 2 m dlouhý pigtail s útlumem při 5,8 GHz: 30,5 dB/100m.

### 5.2.3 Konfigurace páteřního spoje

Přístup k zařízení a konfiguraci lze provést několika způsoby. Např. nainstalování software Mikrotik a upgrade BIOSu RouterBoardu lze provést přes HyperTerminal, který je k dispozici v operačních systémech počítačů. Podrobný multimediální návod instalace lze nalézt na internetu<sup>23</sup>.

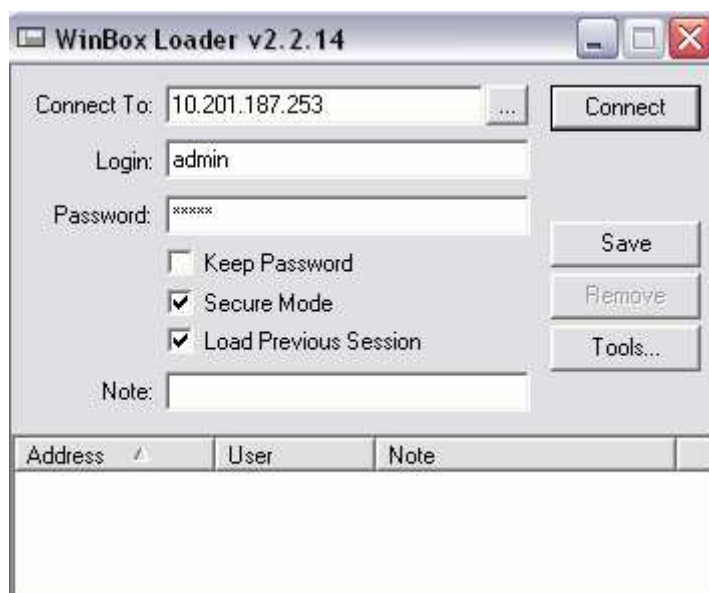
---

<sup>23</sup> *Multimediální průvodce nastavením Router OS Mikrotik* [online]. 2009 [cit. 2009-05-22]. Dostupný z WWW: <[http://www.i4wifi.cz/?inc=incl\\_doc/Promo/mikrotik/Ukazka-Mikrotiku.html](http://www.i4wifi.cz/?inc=incl_doc/Promo/mikrotik/Ukazka-Mikrotiku.html)>.



Obr. 16 HyperTerminál z OS Win XP

Instalaci software Mikrotik nebo upgrade BIOSu lze provést i přes utilitu WinBox<sup>24</sup>, kterou lze stáhnout např. v balíčku užitečných souborů pro RouterBoard, kde se nacházejí i různé manuály. WinBox je vhodné použít především pro konfiguraci, respektive nejprve pro přihlášení k RouterBoardu.

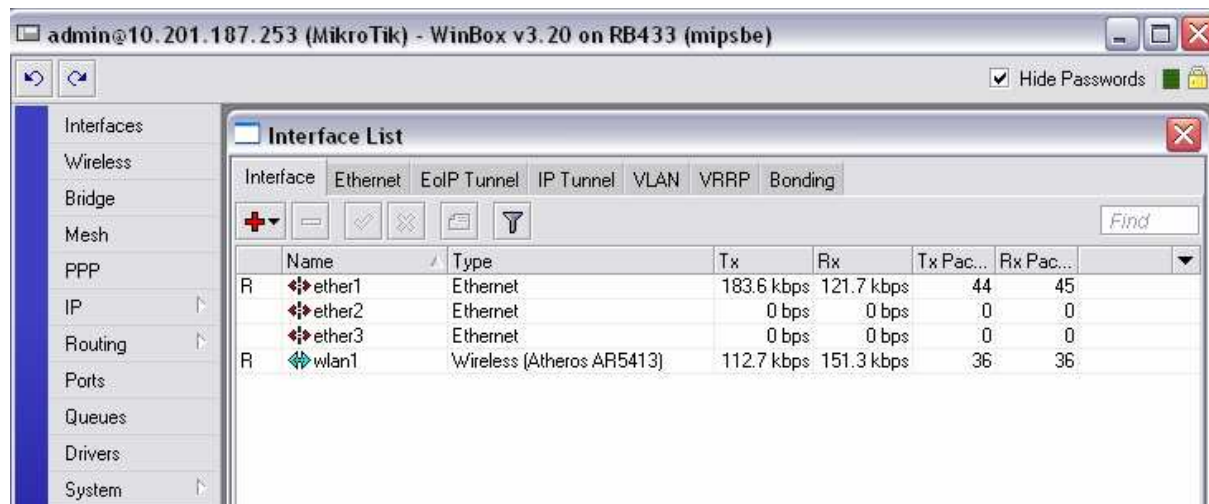


Obr. 17 Přihlášení přes WinBox

<sup>24</sup> Balíček aplikací, průvodců a utilit [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <[http://i4wifi.cz/inc/\\_doc/Drivers/Mikrotik/Mikrotik.rar](http://i4wifi.cz/inc/_doc/Drivers/Mikrotik/Mikrotik.rar)>.



Po přihlášení lze přistoupit ke konfiguraci zařízení. V menu Interfaces je výpis všech rozhraní. Zde se lze přesvědčit, že použitý RouterBoard má skutečně tři ethernetová rozhraní a jedno bezdrátové rozhraní. Všechna použitá rozhraní lze pojmenovat.



Obr. 18 Výpis rozhraní

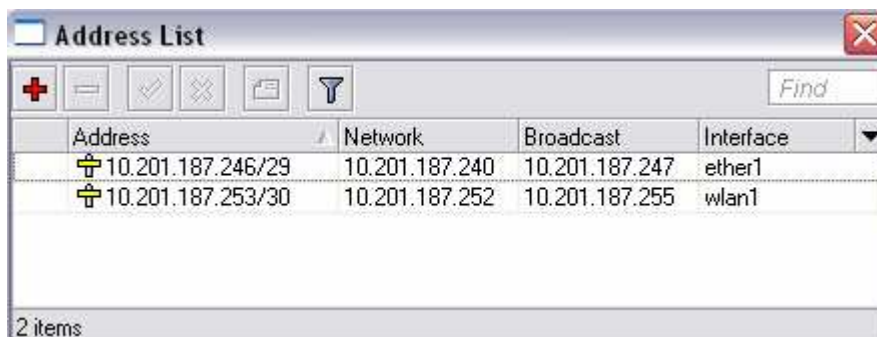
## Nastavení síťových rozhraní

Síťová rozhraní jsou nastavována v menu IP/Addresses, kde se nachází Address List. Do tohoto listu jsou přidávány IP adresy pro jednotlivá rozhraní. Po nastavení IP adres dojde k přiřazení těchto adres příslušnému rozhraní. Operační systém Mikrotik používá pro zápis IP adresy zkrácený zápis masky sítě. Na straně AP je nastaveno rozhraní wlan1 na 10.201.187.254/30. Na straně klienta je rozhraní ether1 nastaveno na 10.201.187.246/29 a wlan1 rozhraní nastaveno na 10.201.187.253/30. Toto nastavení je provedeno přes položku přidat (menu v Address Listu) čímž dojde k otevření formuláře Address pro zadání IP adresy.



Obr. 19 Nastavování IP adres pro rozhraní ether1 a wlan1

Po zadání výše zmíněné adresy do kolonky Address stačí stisknout tlačítko Apply a dojde automaticky k dopsání údajů k položce Network a Broadcast. Zbývá už jen vybrat rozhraní, pro které bude toto nastavení aplikováno a nastavení potvrdit. Po potvrzení zadaných údajů dojde k přidání jednoho řádku v Address Listu.



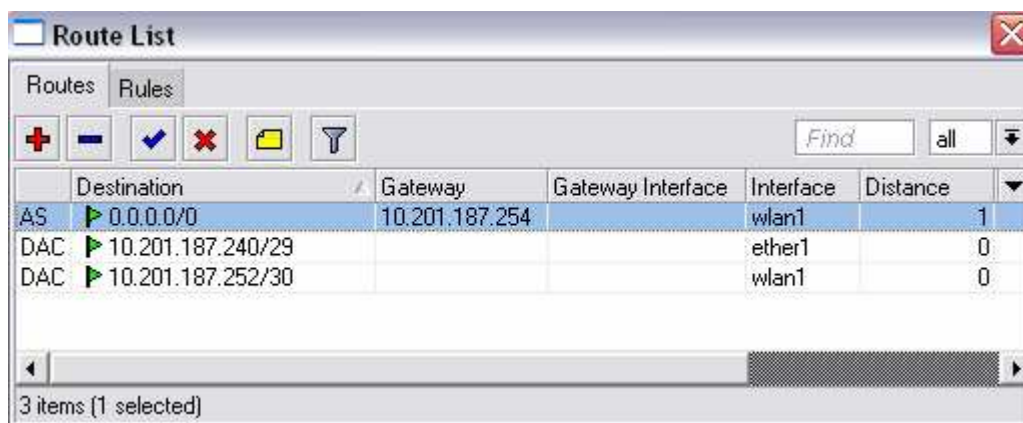
Address	Network	Broadcast	Interface
10.201.187.246/29	10.201.187.240	10.201.187.247	ether1
10.201.187.253/30	10.201.187.252	10.201.187.255	wlan1

2 items

Obr. 20 Address List na straně Klienta

### Nastavení routování

Po přidělení IP adres jednotlivým rozhráním je nezbytné na straně klienta nastavit údaje do routovacího listu. V hlavním menu WinBoxu se nachází položka IP/Routes, kde je formulář Route List, představující routovací tabulku. V této tabulce je pro wlan1 uvedena výchozí brána a ostatní údaje určují rozhraní, na které se mají příslušné pakety posílat.

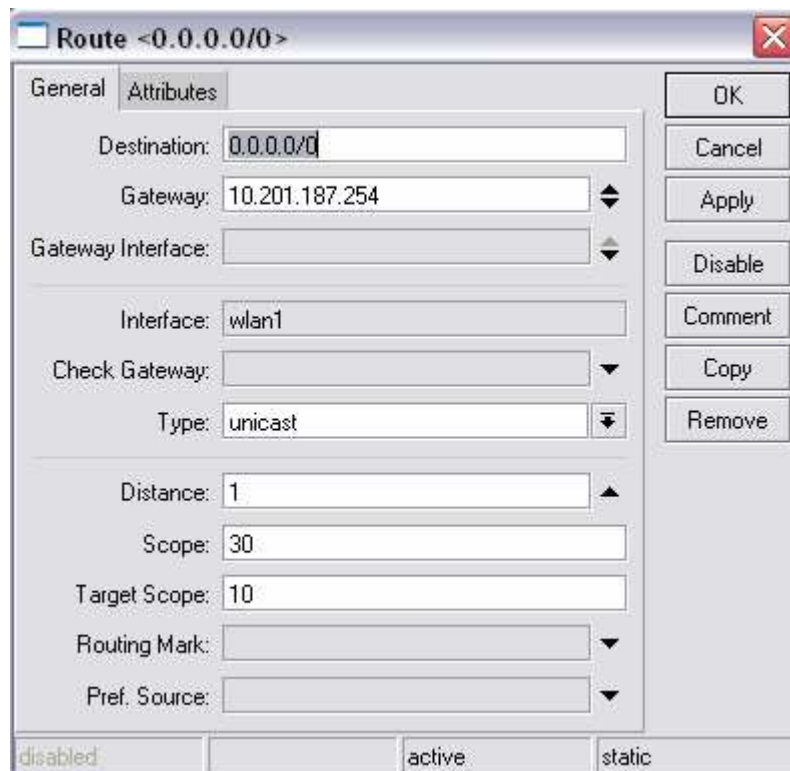


Destination	Gateway	Gateway Interface	Interface	Distance
AS 0.0.0.0/0	10.201.187.254		wlan1	1
DAC 10.201.187.240/29			ether1	0
DAC 10.201.187.252/30			wlan1	0

3 items (1 selected)

Obr. 21 Routovací tabulka na straně klienta

Pro rozhraní wlan1 je nastavena výchozí brána, což je IP adresa bezdrátové karty na straně AP (konkrétně 10.201.187.254). Toto nastavení lze provést přes následující formulář Route, kde je možné nastavit i Distance - představující pomyslnou vzdálenost (ne skutečnou), Ostatní údaje jsou ponechány v původním nastavení.

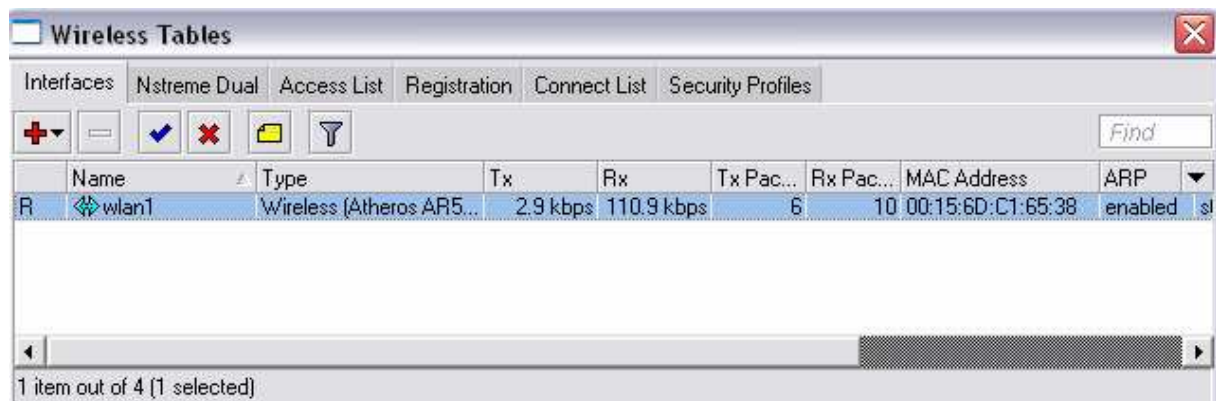


Obr. 22 Nastavení routování pro rozhraní wlan1

Na straně AP je taktéž nutné nastavení routovací tabulky. Jedná se opět o nastavení příslušné výchozí brány (jiná než u klienta) a nastavení rozhraní, na která se mají pakety předávat.

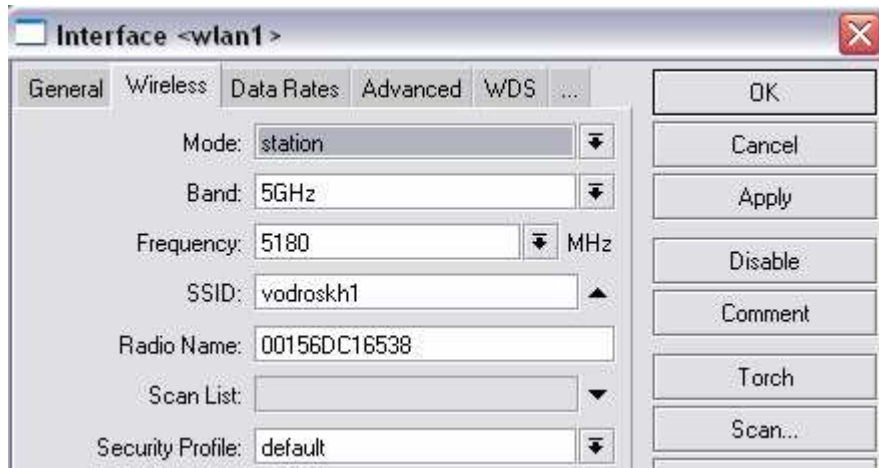
### Nastavení bezdrátové části

Nastavení bezdrátové karty a věcí souvisejících s bezdrátovým přenosem se provádí v sekci hlavního menu Wireless kde se nachází formulář Wireless Tables.



Obr. 23 Bezdrátová sekce

Pro wlan1 je nastaveno SSID sítě vodroskh1, dále se nastaví frekvence a v záložce band je zvoleno pásmo na kterém budeme vysílat (5 GHz). Mód v případě klienta se nastaví na station a v případě AP je nastaven na ap bridge.



Obr. 24 Nastavení parametrů pro wlan1

### Nastavení zabezpečení bezdrátového přenosu

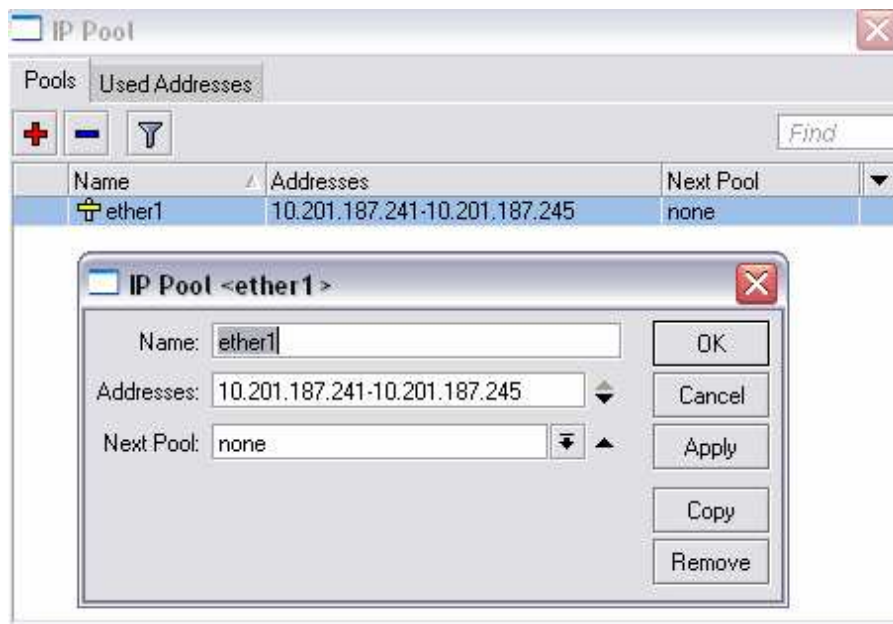
V tom samém okně Wireless Tables se nachází záložka Security Profiles pro nastavení zabezpečení bezdrátového přenosu. Zde je možné vytvořit si profil s určitým nastavením a poté ho aplikovat pro určená rozhraní. V tomto případě je nastaveno šifrování pomocí WPA2 (viz. kapitola 4.5.3).



Obr. 25 Nastavení profilu pro zabezpečení přenosu

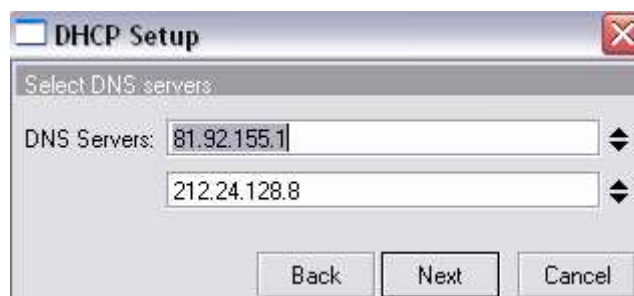
## Nastavení DHCP

Dále je potřeba nastavit DHCP server pro dynamické přidělování IP adres pro zařízení připojené na rozhraní ether1 klientského RouterBoardu. Nastavení rozsahu se provede přes menu IP/Pool. Rozsah pro přidělování IP adres je nastaven na 10.201.187.241-10.201.187.245 a je pojmenován ether1.



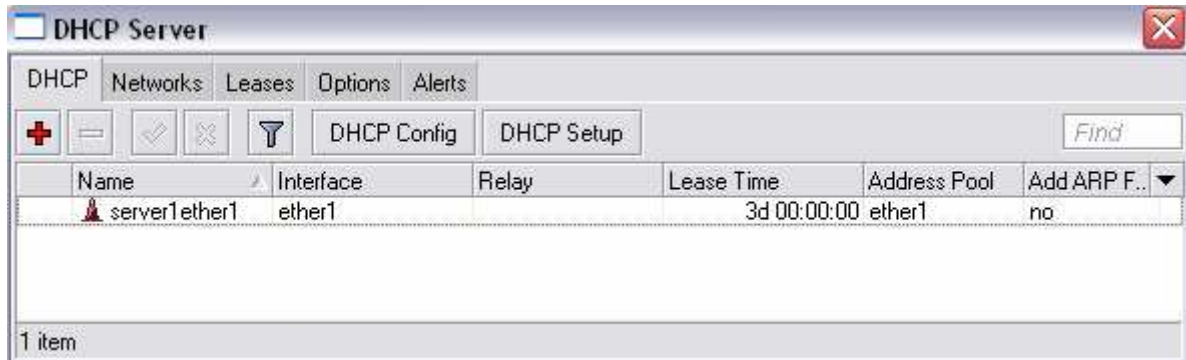
Obr. 26 Nastavení rozsahu IP adres pro DHCP server

Tento předdefinovaný IP Pool je následně použit v konfiguraci DHCP serveru, které je provedeno přes menu IP/DHCP Server. Zde přes tlačítko DHCP Setup je vyvolán průvodce, v kterém se nejdříve vybere rozhraní, pro které se má DHCP server nastavit. Dále v tomto samém průvodci se vybere IP Pool, který byl již definován a nakonec je třeba doplnit adresu pro DNS server. Zde je možné nastavit dvě adresy pro DNS servery, zde se jedná o 81.92.155.1 a 212.24.128.8.



Obr. 27 Nastavení adres DNS serverů

Po dokončení průvodce vyvolaného v DHCP Setup dojde k přidání záznamu v záložce DHCP v formuláři DHCP Server. Tento záznam představuje jeden nadefinovaný DHCP server přidělený pro jedno rozhraní, zde pro ether1.



Obr. 28 Nadefinovaný DHCP server pro ether1

Tímto je nastavení páteřního spoje kompletní. Jednotlivé detaily nastavení lze zkontrolovat přes položku hlavního menu New Terminal. Zde je možné se podívat např. na nastavení IP adres zadáním příkazů *ip*, následně *address* a *print*.

```
[admin@MikroTik] > ip
[admin@MikroTik] /ip> address
[admin@MikroTik] /ip address> print
Flags: X - disabled, I - invalid, D - dynamic
#   ADDRESS          NETWORK          BROADCAST        INTERFACE
0   10.201.187.253/30  10.201.187.252  10.201.187.255  wlan1
1   10.201.187.246/29  10.201.187.240  10.201.187.247  ether1
[admin@MikroTik] /ip address>
```

Obr. 29 Výpis konfigurace IP adres přes terminál



## 5.3 Místní síť - přístupový bod

Síťové rozhraní ether1 na klientském RouterBoardu bylo nastaveno pro služby místní sítě. Na toto rozhraní ether1 je připojen bezdrátový router CC&C: WA-2204A, pracující na frekvenčním pásmu 2,4GHz v módu přístupového bodu. Tento router byl vybrán, vzhledem ke svým schopnostem a pořizovací ceně. Umí být rovněž napájen přes ethernet, umožňuje připojit externí anténu, má zabudovaný 4portový switch a umožňuje regulaci výkonu. Jednou z jeho největších předností je však jeho spolehlivost, u tohoto typu dle zkušeností nedochází k „zatumnutí“ zařízení během provozu, přičemž u mnohých jiných zařízeních v této kategorii právě k zatumnutí někdy dochází a je nutné odpojit a znovu připojit napájení (tím je problém vyřešen). Propojení RouterBoardu a tohoto routeru je provedeno standardním síťovým UTP kabelem Cat5E, stejně tak jako ostatní drátové spoje.

### 5.3.1 Bezdrátový router

Bezdrátový router CC&C: WA-2204A je umístěn na půdě bytového domu v nízké výšce tak, aby k němu byl nenáročný přístup. Toto zařízení s pomocí externí antény vytváří bezdrátovou síť pro obec Rosice.

#### **Router lze použít v operačním módu:**

- Gateway – použití v případě, kdy router bude v režimu přístupového bodu a zdroj internetového signálu (kabel, ADSL) je připojen do WAN portu. Funkce NAT je v tomto módu zapnuta.
- Bridge – tento transparentní mód slouží pro spojení ethernetového a bezdrátového rozhraní do bridge. Funkce NAT je vypnuta. Pro klientský režim je možné přijímat DHCP od jiného routeru.
- Wireless ISP – režim pro routujícího klienta. Zařízení se připojí jako klient a internet je k dispozici na LAN portech. Překlad adres NAT je zapnut.

### Technické parametry CC&C: WA-2204A<sup>25</sup>

DHCP:	Server, Client, Router client, Statické, Dynamické
Frekvence:	2.4 GHz
Chipset:	Realtek 8186
LAN port:	4 x RJ45 10/100 Mbps
Modulace:	DSSS, OFDM
Napájení:	JACK + POE 5-12 V (max. 22 V)
Normy:	802.11b, 802.11g
Operační mód:	AP, Client, WDS, WISP, URM, GW, Bridge
Přenosová rychlost:	54 Mbps
Regulace výkonu:	ano, víceúrovňová
Šifrování:	WEP 64, WEP 128, WPA, WPA2, 802.1X
WAN port:	DHCP, PPTP
Výstup na ext. anténu:	rev. SMA male



Obr. 30 Namontovaný bezdrátový router

### 5.3.2 Anténa

Bezdrátový router umožňuje připojit externí anténu pro pásmo 2,4GHz. Často v podobných případech bývá použita všesměrová anténa. Nicméně přístupový bod se nachází téměř na okraji obce a je proto vhodné použít spíše sektorovou anténu. Všesměrová anténa by

<sup>25</sup> CC&C: WA-2204A [online]. 2009 [cit. 2009-05-22]. Dostupný z WWW: <<http://i4wifi.cz/default.asp?cls=stoitem&stiid=26>>.



vyzařovala do neobydlených oblastí a také by zbytečně zasahovala do páteřního spoje. Velmi dobré přenosové vlastnosti vykazuje sektorová anténa WaveRF: 12. Číslo 12 z označení vypovídá o hodnotě zisku a to 12 dBi. Tato anténa má výborné elektromagnetické vlastnosti, vytváří bezdrátové pole až do vzdálenosti kolem 1 km, je hojně používaná a velmi oblíbená. Jedná se spíše o klientskou anténu avšak z recenzí a zkušeností je patrné, že je vhodná i pro menší přístupové body. Pokud se počet klientů v budoucnu zvýší a tato anténa by se stala slabším článkem sítě, bude vhodné tuto anténu nahradit výkonnější sektorovou anténou. V tomto případě lze stávající anténu, zrušenou z přístupového bodu, přesunout na stranu případného nového klienta. Polarizace je nastavena na horizontální polarizaci.

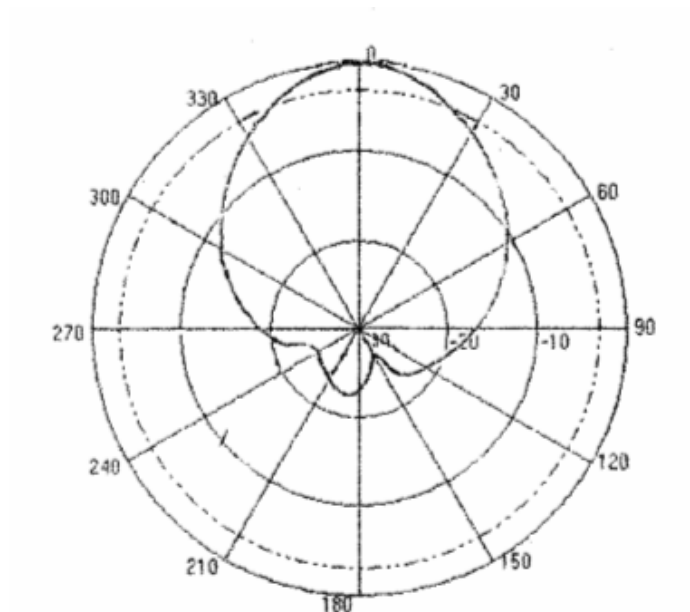


Obr. 31 Sektorová anténa WaveRF 12

#### Některé technické parametry antény WaveRF 12<sup>26</sup>

Frekvence:	2400 - 2500 MHz
Impedance:	50 Ohm
Maximální výkon:	10 W
PSV:	<1,5
Vyzař. úhel - H.:	55°
Vyzař. úhel - V.:	51°
Zisk:	12 dBi

<sup>26</sup> WaveRF: 12 dBi [online]. 2009 [cit. 2009-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://i4wifi.cz/default.asp?cls=stoitem&stiid=131>>.



Obr. 32 Vyzařovací diagram WaveRF 12, horizontální polarizace

Propojení antény s bezdrátovým routerem je provedeno koaxiálním nízkoztrátovým kabelem o průměru 5 mm. Tento 5 m dlouhý kabel má útlum při frekvenci 2,4GHz do 4dB. Na straně pro připojení k routeru je konektor RSMA a do antény ústí konektor N/male.



Obr. 33 Zleva N female a RSMA male konektor

## 5.4 Místní síť - zařízení na straně klienta

Na straně klienta je využit rovněž bezdrátový router CC&C: WA-2204A. U tohoto routeru je nastaven mód Wireless ISP. Přijímaný (internetový) signál router předává na všechny LAN porty. Tento router poskytuje spolehlivé klientské řešení. Jako přijímací anténa je zvolena rovněž WaveRF 12, která dosahuje velmi dobrých výsledků v podobných aplikacích. Propojení antény s bezdrátovým routerem je provedeno koaxiálním nízkofrekvenčním kabelem o průměru 5 mm, většinou postačující délky 2 m.

## 5.5 Nastavení místní sítě

Konfigurace bezdrátové místní sítě se skládá ze dvou kroků. Jedná se o nastavení přístupového bodu (AP) a nastavení jednotlivých klientských stanic.

### 5.5.1 Nastavení přístupového bodu

V následující kapitole je popsáno nastavení bezdrátového routeru CC&C: WA-2204A v režimu přístupového bodu. Konfigurační obrazovky pro zařízení od jiného výrobce se trochu odlišují, avšak spíše vzhledem. Nastavované veličiny a princip je podobný i pro jiná zařízení obdobného typu. Přístupový bod má vstupní porty RJ-45 pro připojení do metalické sítě. Konfigurace se provádí pomocí internetového prohlížeče, do kterého je zadána IP adresa přístupového bodu a pomocí přihlašovacího jména a hesla se lze dostat ke konfigurační obrazovce. IP adresu, jméno a heslo lze najít v manuálu každého přístupového bodu. V tomto případě se jedná o nastavení IP adresy síťové karty počítače mezi 192.168.1.1 a 192.168.1.253 s maskou podsítě 255.255.255.0. Do internetového prohlížeče je zadána adresa 192.168.1.254. Kolonky přihlašovací jméno a heslo se v továrním nastavení při přístupu nechají prázdné. Tímto je dokončen přístup ke konfiguraci routeru. V levé části je zobrazeno menu a v pravé jednotlivé obrazovky. Pro zahájení nastavení lze použít průvodce nastavením, který se postupně dotazuje na důležité body nastavení. Tento průvodce je spuštěn přes menu Setup Wizard. Jako první je nutné zvolit mód, v kterém bude zařízení pracovat. Jednotlivý význam těchto nabízených módů je popsán v kapitole 5.3.1., přičemž je vybrán mód bridge.

## 1. Operation Mode

You can setup different modes to LAN and WLAN interface for NAT and bridging function.

- Gateway:** In this mode, the device is supposed to connect to internet via ADSL/Cable Modem. The NAT is enabled and PCs in four LAN ports share the same IP to ISP through WAN port. The connection type can be setup in WAN page by using PPPOE, DHCP client, PPTP client or static IP.
- Bridge:** In this mode, all ethernet ports and wireless interface are bridged together and NAT function is disabled. All the WAN related function and firewall are not supported.
- Wireless ISP:** In this mode, all ethernet ports are bridged together and the wireless client will connect to ISP access point. The NAT is enabled and PCs in ethernet ports share the same IP to ISP through wireless LAN. You must set the wireless to client mode first and connect to the ISP AP in Site-Survey page. The connection type can be setup in WAN page by using PPPOE, DHCP client, PPTP client or static IP.

Obr. 34 Volba operačního módu

Bridge vytváří most mezi drátovou a bezdrátovou sítí. Jak již bylo zmíněno, tento router je připojen na ethernetové rozhraní ether1 RouterBoardu, na kterém je spuštěn DHCP server. Bridge slouží pouze jako spojka mezi ethernetovou a bezdrátovou sítí, takže IP adresy pro ethernetové i bezdrátové klienty připojené k přístupovému bodu získávají IP adresu z DHCP serveru RouterBoardu. Po nastavení módu je v další části průvodce výzva k nastavení lokální časové zóny, toto nastavení má spíše doplňující informativní charakter. Další část průvodce žádá nastavení adresy pro přístup přes internetový prohlížeč k přístupovému bodu. Zde je ponecháno tovární nastavení přístupu.

## 3. LAN Interface Setup

This page is used to configure the parameters for local area network which connects to the LAN port of your Access Point. Here you may change the setting for IP address, subnet mask, DHCP, etc..

**IP Address:**   
**Subnet Mask:**

Obr. 35 Volba nastavení přístupu k routeru

V dalším kroku je možnost nastavit parametry pro síť připojenou k WAN portu přístupového bodu. Lze nastavit např. statickou IP adresu, DHCP. V tomto případě je přístup k WAN nastaven na DHCP Client. Poté lze konečně nastavit základní nastavení týkající se bezdrátové části. V záložce pásmo je nastaveno pásmo 2,4 GHz s podporou standardů 802.11b a 802.11g (viz. kapitola 4.5.1). V ostatních položkách záložky je nabízeno také pásmo 2,4 GHz ale už jen za použití jedné z uvedených norem. V záložce Mode je zvolen režim AP, režim přístupového bodu. Na výběr je i mód Client, WDS (Wireless Distribution System, propojení několika přístupových bodů) a AP + WDS. Jako identifikátor sítě byl zvolen slnetwork a přenos nastaven na pátý kanál. Toto zařízení dokáže skenovat okolní bezdrátové sítě (položka menu Site Survey) a zjistit, které kanály jsou obsazené a tím pádem lze zvolit jiný kanál tak, aby nedocházelo k vzájemnému rušení s ostatními sítěmi.

## 5. Wireless Basic Settings

This page is used to configure the parameters for wireless LAN clients which may connect to your Access Point.

---

<b>Band:</b>	2.4 GHz (B+G) ▼
<b>Mode:</b>	AP ▼
<b>Network Type:</b>	Infrastructure ▼
<b>SSID:</b>	slnetwork
<b>Channel Number:</b>	5 ▼
<input type="checkbox"/>	<b>Enable Mac Clone (Single Ethernet Client)</b>

Obr. 36 Nastavení bezdrátové části

V posledním kroku průvodce je nastaveno zabezpečení. Lze si vybrat z metod WEP, WPA, WPA2. Tyto techniky zabezpečení byly popsány v kapitole 4.5.3. Klíč je nastaven na posloupnost jedenácti znaků. Formát klíče lze zvolit jako zápis v šestnáctkové soustavě nebo text (Passphrase).

## 6. Wireless Security Setup

This page allows you setup the wireless security. Turn on WEP or WPA by using Encryption Keys could prevent any unauthorized access to your wireless network.

---

**Encryption:**  ▼

**Pre-Shared Key Format:**  ▼

**Pre-Shared Key:**

Obr. 37 Nastavení zabezpečení

Tímto je přístupový bod nastaven pomocí průvodce pro funkci bridge. Poté lze přes levé menu rozkliknout jednotlivé části nastavení znovu a změnit nebo doplnit některé údaje. Většinou tomu již po průvodci není třeba. Dále toto zařízení umožňuje další nastavení, např. kontrolu přístupu přes MAC adresy zařízení klienta. Lze nastavit, že přístup do sítě (k internetu) budou mít pouze uživatelé, jejichž fyzická adresa je uvedena v seznamu povolených MAC adres. Nicméně toto nastavení se příliš nedoporučuje, je to tak trochu ztěžování si práce. Po výměně klientského zařízení je totiž nutné zadat novou fyzickou adresu do seznamu povolených adres a tím dochází celkem zbytečně k práci navíc, která nemá příliš velký efekt, neboť přístup je již podmíněn zadáním šifrovacího (dešifrovacího) klíče. Toto zařízení umožňuje i základní funkce pro správu, např. statistiky poslaných a přijatých paketů pro ethernetovou (porty LAN, WAN) i bezdrátovou síť, nastavení QOS (Quality of Service, kvalita služeb), uložení konfigurace nebo dynamické DNS (poskytuje internetové doménové jméno).

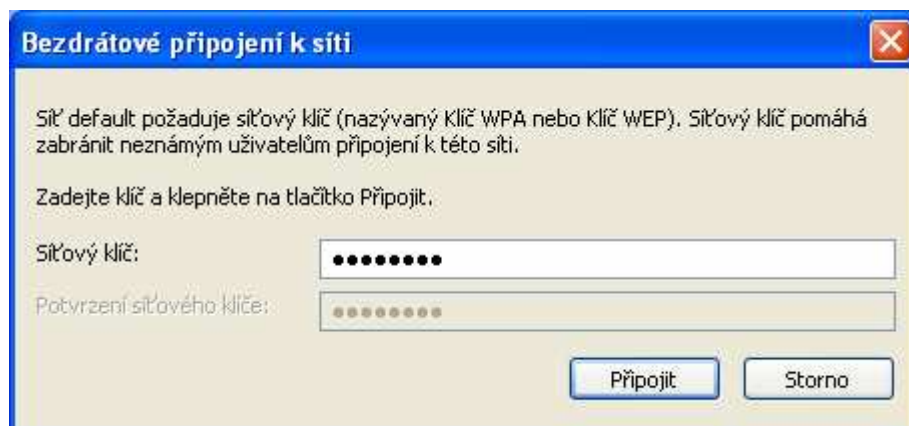
### 5.5.2 Nastavení klienta bezdrátové sítě

Po nastavení přístupového bodu lze přistoupit ke konfiguraci klientské stanice. Tu může představovat např. bezdrátová karta v počítači, s integrovanou nebo externí anténou. V takovém případě se při správné funkci v pravém dolním rohu obrazovky objeví informace o rozpoznání bezdrátové sítě v dosahu. Po rozkliknutí této informační bubliny se objeví detekované bezdrátové sítě.



Obr. 38 Detekované bezdrátové sítě

V konfiguraci přístupového bodu (viz. výše) bylo zvoleno SSID sítě slnetwork a bylo nastaveno zabezpečení pomocí WPA2 (byl nastaven síťový klíč). Po dvojitém kliknutí na slnetwork ve výběru bezdrátových sítí se objeví formulář s výzvou k zadání síťového klíče. Po zadání správného klíče, který je stejný jako na přístupovém bodě, je umožněno připojení do bezdrátové sítě, potažmo k internetu.



Obr. 39 Výzva k zadání síťového klíče

Častějším řešením v podobných aplikacích je použití bezdrátového routeru a to v režimu klient. K tomuto routeru je pak připojena pracovní stanice (počítač). Toto řešení je častější z důvodu možnosti připojení více počítačů do sítě, neboť např. zmíněný použitý router má zabudován 4 portový switch a dále je toto řešení většinou nutné z důvodu,



abychom nemuseli vést příliš dlouhý koaxiální kabel (velký útlum, horší manipulace) od antény až do počítačové stanice. Přístup ke konfiguraci routeru byl již popsán v kapitole 5.5.1. Rovněž lze zvolit průvodce nastavením (Setup Wizard), který postupně projde všechno potřebné k nastavení. V prvním kroku je nutné zvolit mód Wireless ISP (zařízení se připojí jako klient a internet je k dispozici na LAN portech).

## 1. Operation Mode

You can setup different modes to LAN and WLAN interface for NAT and bridging function.

- Gateway:** In this mode, the device is supposed to connect to internet via ADSL/Cable Modem. The NAT is enabled and PCs in four LAN ports share the same IP to ISP through WAN port. The connection type can be setup in WAN page by using PPPOE, DHCP client, PPTP client or static IP.
- Bridge:** In this mode, all ethernet ports and wireless interface are bridged together and NAT function is disabled. All the WAN related function and firewall are not supported.
- Wireless ISP:** In this mode, all ethernet ports are bridged together and the wireless client will connect to ISP access point. The NAT is enabled and PCs in ethernet ports share the same IP to ISP through wireless LAN. You must set the wireless to client mode first and connect to the ISP AP in Site-Survey page. The connection type can be setup in WAN page by using PPPOE, DHCP client, PPTP client or static IP.

Cancel

<<Back

Next>>

Obr. 40 Volba operačního módu

Následující nastavení v jednotlivých krocích je shodné jako u nastavení přístupového bodu, ovšem v kroku pět je nutné zadat mód Client (klient). Po nastavení opět stejného síťového klíče (WPA2) je průvodce dokončen a nastavení téměř kompletní. Router je připojen do bezdrátové sítě a tento stav poskytuje svým LAN portům. Na LAN porty se připojují jednotlivé počítačové stanice. Aby mohly s routerem komunikovat, je na routeru nastaven DHCP server, který přiděluje IP adresy pro lokální síť. Počítačové stanice mají nastaveno automatické získávání IP adresy z DHCP serveru, obdobně jako tomu je v kapitole 5.5.3.



## LAN Interface Setup

<b>IP Address:</b>	<input type="text" value="192.168.1.254"/>
<b>Subnet Mask:</b>	<input type="text" value="255.255.255.0"/>
<b>Default Gateway:</b>	<input type="text" value="0.0.0.0"/>
<b>DHCP:</b>	<input type="text" value="Server"/> ▾
<b>DHCP Client Range:</b>	<input type="text" value="192.168.1.1"/> - <input type="text" value="192.168.1.253"/> <input type="button" value="Show Client"/>
<input type="button" value="Apply Changes"/> <input type="button" value="Reset"/>	

Obr. 41 Nastavení přidělování IP adres pro lokální síť na straně klienta

### 5.5.3 Nastavení klienta ethernetové sítě

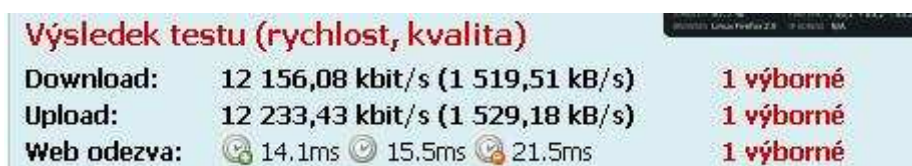
U nastavení klienta ethernetové sítě lze rovnou přistoupit k nastavení síťové karty v počítači. Na následujícím obrázku je ukázáno nastavení pro případ operačního systému Windows XP SP2, pro jiné operační systémy je nastavení obdobné a rovněž jednoduché. V záložce Síťová připojení v Ovládacích panelech je nutné zvolit příslušný síťový adaptér, který je k routeru (mostu) CC&C: WA-2204A připojen. Pro něj se v protokolu síť Internet (TCP/IP) zvolí získat adresu IP ze serveru DHCP automaticky a obdobně rovněž pro DNS. Tyto adresy přidělí RouterBoard.

<input checked="" type="radio"/> Získat adresu IP ze serveru DHCP automaticky
<input type="radio"/> Použít následující adresu IP:
Adresa IP: <input type="text"/>
Maska podsítě: <input type="text"/>
Výchozí brána: <input type="text"/>
<input checked="" type="radio"/> Získat adresu serveru DNS automaticky
<input type="radio"/> Použít následující adresy serverů DNS:
Upřednostňovaný server DNS: <input type="text"/>
Náhradní server DNS: <input type="text"/>

Obr. 42 Nastavení ethernetového klienta

## 5.5.4 Test připojení

Nyní lze vyzkoušet funkčnost a rychlost připojení k internetu testem připojení. Např. na internetové adrese <http://www.rychlost.cz/> lze provést kompletní test vyhodnocující rychlost stahování, rychlost odesílání a webovou odezvu. Webová odezva je počet milisekund potřebných pro spojení se zkušebním serverem na internetu a zpět, měřeno pomocí webového prohlížeče. Na následujícím obrázku je výsledek testu pro ethernetové připojení k síti, pro bezdrátové připojení je dosahováno rychlostí downloadu i uploadu mezi 7000 kbit/s a 9000 kbit/s.



Výsledek testu (rychlost, kvalita)		
Download:	12 156,08 kbit/s (1 519,51 kB/s)	1 výborné
Upload:	12 233,43 kbit/s (1 529,18 kB/s)	1 výborné
Web odezva:	🏆 14.1ms 🏆 15.5ms 🏆 21.5ms	1 výborné

Obr. 43 Dosažené rychlosti u ethernetového klienta

Teoreticky lze:	za hodinu	za den	za týden	za měsíc
stáhnout	3 750,83 MB	90,02 GB	630,14 GB	2 520,55 GB
nahrát	5 633,20 MB	135,20 GB	946,38 GB	3 785,51 GB

Obr. 44 Teoretické možnosti stáhnutí objemu dat za daná období

## 5.5.5 Aktuální stav

V současné době je realizace skutečné sítě dokončena. Obyvatelé bytového domu č.p. 232 přistupují k rychlému internetu a k bezdrátové síti byl již připojen první klient. Provoz je zatím ponechán v testovacím režimu s přístupem k internetu zdarma pro povolené klienty. V případě zpoplatňování služby bude nutné dořešit legislativní záležitosti. Dále byla vytvořena neformální dohoda s poskytovatelem internetových služeb, dodávajícím internetový signál do nové sítě, o možnosti navýšení rychlosti a to za rozumných cenových nároků.

Do budoucna by měl být umístěn přístupový bod na komíně v bývalé cihelně v Rosicích. Jedná se o majetek obce, z kterého je přímá viditelnost na většinu domů v obci. Toto řešení by si však vyžádalo nový kvalitnější páteřní spoj a přístupový bod. Přístupový bod i připojení klientů by bylo vhodné řešit pomocí RouterBoardů, pracujících v pásmu 5 GHz, z důvodu dobrých zkušeností ze stávajícího projektu.

## 6 Závěr

V druhé kapitole byla popsána problematika rozlehlých WAN sítí a základních zařízení, která jsou využívána pro tyto sítě. V další kapitole byly popsány spojové protokoly, které jsou využívány právě v sítích typu WAN. V závěru teoretické části jsou zmíněny základní a nejpodstatnější technologie používané pro WAN sítě.

Praktická část, popsaná v rozsáhlé páté kapitole, vycházela z analýzy stávající nedobré situace. Na základě provedené analýzy bylo navrženo řešení, kterým by se pojmenované problémy vyřešily. Pro ověření správnosti navrženého řešení, byl tedy realizován páteřní spoj a následně přístupový bod k místní síti. Dále je zde popsán princip zařízení klienta do nové lokální sítě včetně nastavení. V této kapitole je podrobně popsána realizace celého řešení včetně všech zásadních nastavení. Celé realizované řešení bylo otestováno a výsledky jsou shrnuty v kapitole 5.5.4. Možnosti dalšího rozšíření stávajícího řešení je nastíněno v kapitole 5.5.5.

Navržené řešení je zcela funkční a práce by tak mohla sloužit i jako podrobný návod jak řešit podobné situace i v jiných místech.

## 7 Seznam použitých pojmů a zkratek

<b>AP</b>	Access Point – přístupový bod, ke kterému se připojují klienti
<b>Broadcast</b>	Všesměrové vysílání - všechny uzly sítě obdrží kopii rámce
<b>dBi</b>	V radiotechnice dBi udává zisk antény v porovnání s izotropní anténou, dB udává zisk v porovnání s půlvlnným dipólem
<b>DNS</b>	Domain Name System – distribuovaná databáze pro překlad jmen a adres síťových uzlů
<b>Ethernet</b>	Přenosová technologie lokálních sítí (LAN), definován sadou standardů IEEE 802.3
<b>IPsec</b>	(IP security) – představuje bezpečnostní rozšíření IP protokolu již na síťové vrstvě
<b>Klient</b>	Přístupuje ke vzdáleným službám, např. k AP, www serveru
<b>Klonování MAC</b>	Dovolí nastavit novou MAC adresu
<b>MAC adresa</b>	Fyzická adresa hardwaru, zapsaná jako šest dvojčiferných čísel v šestnáctkové soustavě, představuje jednoznačnou identifikaci
<b>Oktet</b>	Skupina osmi binárních číslic, rovněž nazváno jako bajt, znak
<b>PoE</b>	Funkce napájení zařízení po ethernetu
<b>SSID</b>	(Service Set Identifier) – jedinečný identifikátor bezdrátové sítě
<b>WiFi</b>	( <i>Wireless LAN, WLAN</i> ) – standard pro lokální bezdrátové sítě
<b>WinBox</b>	Grafická aplikace pro konfiguraci a správu většiny prvků v systémech Mikrotiku

## 8 Použitá literatura

1. SPORTACK, Mark. *Směrování v sítích IP*. [s.l.] : Computer Press, 2004. 368 s. ISBN 80-251-0127-4.
2. TEARE, Diane . *Návrh a realizace sítí Cisco*. [s.l.] : Computer Press, 2003. 784 s. ISBN 80-251-0022-7.
3. PUŽMANOVÁ, Rita. *Moderní komunikační sítě od A do Z*. [s.l.] : Computer Press, 2006. 432 s. ISBN 80-251-1278-0.
4. HORÁK, Jaroslav. *Počítačové sítě pro začínající správce*. [s.l.] : Computer Press, 2008. 328 s. ISBN 978-80-251-2073-6.
5. ZANDL, Patrick. *Bezdrátové sítě WiFi*. [s.l.] : Computer Press, 2006. 196 s. ISBN 80-7226-632-2.
6. PUŽMANOVÁ, Rita. *Bezpečnost bezdrátové komunikace*. [s.l.] : Computer Press, 2005. 184 s. ISBN 80-251-0791-4.
7. KRETCHMAR, James, DOSTÁLEK, Libor. *Administrace a diagnostika sítí* . [s.l.] : Computer Press, 2005. 216 s. ISBN 80-251-0345-5.
8. BRISBIN, Shelly. *Wi-fi - postavte si svou vlastní wi-fi síť*. [s.l.] : Neokortex, 2003. 248 s. ISBN 80-86330-13-3.
9. Cisco icons. Dostupný z WWW: < <http://www.cisco.com/web/about/ac50/ac47/2.html> >.
10. Architektury komunikujících systémů [online]. 2008 [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW: <[http://www.cs.vsb.cz/grygarek/PS/lect/OSI\\_RM.html](http://www.cs.vsb.cz/grygarek/PS/lect/OSI_RM.html)>.
11. Introduction to WAN Technologies [online]. 1992-2009 [cit. 2009-05-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/Intro-to-WAN.html>>.
12. Protokol PAP (Password Authentication Protocol) [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/windowsserver2003/cs/library/ServerHelp/4575e8c8-b9d7-4691-81ce-df35ce13f63e.msp?mfr=true>>.
13. Protokol CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol) [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/windowsserver2003/cs/library/ServerHelp/0ad3372c-e817-460e-9873-fa986bd79731.msp?mfr=true>>.

14. Využívání vymezených rádiových kmitočtů [online]. 2008 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.ctu.cz/ctu-informuje/jak-postupovat/radiove-kmitocty/vyuzivani-vymezenych-radiovych-kmitoctu.html>>.
15. *Asynchronous Transfer Mode* [online]. 2009 [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchronous\\_Transfer\\_Mode](http://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_Transfer_Mode)>.
16. *X.25 Overview* [online]. 1992-2009 [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/X25.html>>.
17. *ISDN Tutorial* [online]. 1996-2009 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.ralphb.net/ISDN/>>.
18. Československá sekce IEEE [online]. 2009 [cit. 2009-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.ieee.cz/>>.
19. DSL : Nabídky připojení aDSL [online]. 2003-2009 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.dsl.cz/adsl-internet>>.
20. UNET [online]. [2009] [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://unet.cz/>>.
21. Statistika připojení v Chrudim [online]. 2004-2009 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://rychlost.cz/stats/chrudim/>>.
22. Poskytovatel připojení Kulich Tomáš [online]. 2004-2009 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://rychlost.cz/isp/kulich-tomas/wifi/>>.
23. Porovnání produktů [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://i4wifi.cz/print.asp?cls=iisutil&action=stiparcomp&stiid=689&stiid=1076&stiid=1040&stiid=1261&stiid=1216&stiid=1031&stiid=822&stiid=1068&stiid=1377&stiid=1073&stiid=1218>>.
24. MIKROTIK: RB433 [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://i4wifi.cz/default.asp?cls=stoitem&stiid=1040>>.
25. Balíček aplikací, průvodců a utilit [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <[http://i4wifi.cz/inc/\\_doc/Drivers/Mikrotik/Mikrotik.rar](http://i4wifi.cz/inc/_doc/Drivers/Mikrotik/Mikrotik.rar)>.
26. Jirous: PAR24-PRO [online]. 2009 [cit. 2009-05-22]. Dostupný z WWW: <<http://i4wifi.cz/default.asp?cls=stoitem&stiid=290>>.
27. Instalační příručka PAR24-PRO [online]. 2009 [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW: <<http://i4wifi.cz/img.asp?attid=36055>>.
28. Multimediální průvodce nastavením Router OS Mikrotik [online]. 2009 [cit. 2009-05-22]. Dostupný z WWW: <[http://www.i4wifi.cz/?inc=inc/\\_doc/Promo/mikrotik/Ukazka-Mikrotiku.html](http://www.i4wifi.cz/?inc=inc/_doc/Promo/mikrotik/Ukazka-Mikrotiku.html)>.

29. CC&C: WA-2204A [online]. 2009 [cit. 2009-05-22]. Dostupný z WWW:  
<<http://i4wifi.cz/default.asp?cls=stoitem&stiid=26>>.
30. *V praxi používané protokoly spojové vrstvy* [online]. 2008 [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.cs.vsb.cz/grygarek/PS/lect/linkoveProtokoly/L2protokoly.html>>.
31. *PPP and HDLC* [online]. [2005] [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW:  
<[http://www2.rad.com/networks/2005/ppp\\_and\\_hdlc/main.htm](http://www2.rad.com/networks/2005/ppp_and_hdlc/main.htm)>.

### **Zdroje obrázků**

- (1) *Statistika připojení v Chrudim* [online]. 2004-2009 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW:  
<<http://rychlost.cz/stats/chrudim/>>.
- (2) *Poskytovatel připojení Kulich Tomáš* [online]. 2004-2009 [cit. 2009-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://rychlost.cz/isp/kulich-tomas/wifi/>>.
- (3) *Porovnání produktů* [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW:  
<<http://i4wifi.cz/print.asp?cls=iisutil&action=stiparcomp&stiid=689&stiid=1076&stiid=1040&stiid=1261&stiid=1216&stiid=1031&stiid=822&stiid=1068&stiid=1377&stiid=1073&stiid=1218>>.
- (4) *MiniPCI karta AR5414* [online]. [2009] [cit. 2009-05-24]. Dostupný z WWW:  
<[http://i4wifi.cz/img-click.asp?title=UB5%20-%20high%20power%20miniPCI%20karta%20AR5414%20\(5GHz\)&attid=113433](http://i4wifi.cz/img-click.asp?title=UB5%20-%20high%20power%20miniPCI%20karta%20AR5414%20(5GHz)&attid=113433)>.