

Projekt bezdrátové sítě

The wireless network project

Bohumír Haleš

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Vložit oficiální zadání diplomové/bakalářské práce

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 03. 06. 2005

.....

jméno diplomanta

Abstrakt

Tato práce se zabývá využitím technologie bezdrátového přenosu dat standartu WIFI pro vytvoření počítačové sítě připojené k Internetu.

V první části jsou uvedeny základní informace o bezdrátových sítích pracujících v pásmu frekvencí 2,4 GHz, dále uvádím komponenty, ze kterých se tato síť skládá a srovnání s ostatními technologiemi připojení k internetu, které jsou dostupné na trhu .

V hlavní části pak najdete návrh struktury bezdrátové sítě v daných podmínkách a důležité předpoklady pro její fungování.

Na závěr je uveden přínos tohoto řešení, jeho výhody v porovnání s ostatními technologiemi a také, jakou cestou by se měl vývoj v této oblasti ubírat.

Abstract

This report describe using of the wireless transfer data technology standard WIFI for constructing the PC nets joined to Internet.

There is written at the first part the basic information about wireless networks working at area with frequency 2,4 GHz. Futher there is written the network components in comparison with other technologies of joining to Internet, which are avaiable at the market.

At the main part of this report you can find project of the wireless networks structure at existing conditions and also important assumptions for their function.

There in the conclusion is describing solutions benefit. That are advantages compare with other technologies and also information what way could this development field advance.

OBSAH

ÚVOD	6
I. TEORETICKÁ ČÁST	7
1 POČÍTAČOVÉ SÍTĚ	8
1.1 SÍŤ STANDARTU 802.11	9
1.1.1 Šíření signálu	9
1.1.2 Základní zapojení a komponenty sítě 802.11	10
1.1.3 Komunikace z hlediska modelu OSI	12
1.1.4 Jednotlivé prvky WIFI sítě	13
1.1.5 Vyzářený výkon a limity ČTU	18
II. PRAKTICKÁ ČÁST	20
2 PLÁN VÝSTAVBY BEZDRÁTOVÉ SÍTĚ STANDARTU WIFI	21
2.1 MOŽNOSTI PŘIPOJENÍ DO INTERNETU, SROVNÁNÍ	21
2.2 TEORETICKÝ VÝPOČET PŘENOSOVÉ TRASY	22
2.2.1 Ztráty ve volném prostoru	23
2.2.2 Ztráty způsobené porušením Fresnelovy zóny	24
2.2.3 Výpočet vyzářeného výkonu a citlivosti přijímače	24
2.3 MĚŘENÍ PŘENOSU SIGNÁLU	28
2.3.1 Měření - všesměrová anténa	31
2.3.2 Měření sektorová anténa	32
2.3.3 Závěry z měření	33
2.4 NASTAVENÍ A SLUŽBY NA PŘÍSTUPOVÉM BODU	34
2.4.1 Nastavení AP přes webové rozhraní	35
2.4.2 Firewall	36
2.4.3 DHCP server	36
2.4.4 Co je WDS a co umí	37
2.5 ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI SÍTÍ 802.11	37
2.5.1 Autentizace	38
2.5.2 WEP	38
2.5.3 Metoda filtrování MAC adres	39
2.5.4 WPA, VPN	39
2.6 PROVOZ NA SÍTĚ, QOS, STATISTIKY PROVOZU	40
2.6.1 Rozdělování kapacity linky – pomocí HTB	41
2.7 PODPORA OPERAČNÍCH SYSTÉMŮ	41
2.8 PŘIPOJENÍ DO INTERNETU	42
2.9 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ WIFI SÍTĚ PRO OBEC SLAVKOV POD HOSTÝNEM	43
ZÁVĚR	45
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	49
SEZNAM OBRÁZKŮ	51
SEZNAM TABULEK	52
SEZNAM PŘÍLOH	53

ÚVOD

Od doby vzniku celosvětové globální sítě Internet neuplynulo mnoho času, ale během těchto několika let se stala fenoménem dnešní doby, bez kterého si mnozí z nás nedokážou dnešní svět představit. Můžeme říci, že globální přenos informací se v dnešním světě stal zcela běžnou záležitostí. Přenosu informací se bude věnovat i tato práce. Hlavním tématem je proces šíření informací pomocí „bezdrátové sítě“, který se dá využít především v těch oblastech, kde se klasické síťové připojení dostává jen stěží. Jedná se hlavně o lokality měst, obcí a míst, kde není možno využít dostupnost rychlého širokopásmového připojení pomocí modemu ADSL, připojení přes kabelovou televizi nebo prostřednictvím sítí mobilních operátorů jako CDMA nebo EDGE. Těchto bílých míst je na mapě „kvalitního rychlého připojení“ poměrně dost.

Jako modelová situace je použit příklad obcí sdružených v Podhostýnském mikroregionu, konkrétně Slavkova pod Hostýnem a jeho připojení do internetu pomocí bezdrátové sítě standardu WIFI. Tato technologie nabízí svým uživatelům snadnou možnost vytvoření datové sítě bez nutnosti pokládky kabelů, a to za ekonomicky výhodných podmínek.

Hlavním úkolem této práce je dát odpověď na otázky spojené s výstavbou radiové sítě standardu WIFI. V úvodu se dovíme něco o obecných principech fungování sítí, technologickém zázemí, hlavních komponentech a jejich vlastnostech. V další části se budeme věnovat návrhu výstavby sítě v konkrétní lokalitě s požadavky na plošné pokrytí, propustnost sítě, počet připojených uživatelů, požadavky na zabezpečení. V této části jsou zahrnuty i teoretické výpočty na základě daných podmínek, a také jejich praktické ověření měření.

Všechny takto získané údaje jsou vyhodnoceny v závěrečném návrhu a doporučeních, ze kterých se bude vycházet při následné realizaci.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POČÍTAČOVÉ SÍTĚ

Ke vzniku počítačových sítí vedla potřeba sdílet společné prostředky pro více počítačů, jak hardwarové (např. tiskárna, prostor na záznamovém disku), tak i softwarové (programy a data). Od propojení několika počítačů na pracovišti a sítí lokálních, jsme se dostali postupem času k sítím metropolitním a Internetu. Celosvětová počítačová síť, do které je připojeno několik milionů počítačů zapojených do tisícovek menších sítí – *Internet*, se začal vyvíjet v 70. letech jako armádní projekt. Mělo se jednat o počítačovou síť odolnou proti jadernému zásahu. Filozofie byla taková, že v případě zasažení nějakého uzlového místa, si musí data najít jinou cestu kudy dorazí k cílové stanici. Tato síť se začala vytvářet v Americe a postupně se do ní začaly začleňovat i další země. Internet je dnes asi největším a nejrychleji přístupným zdrojem informací po celém světě.

Jeho předchůdcem byla síť ARPAnet (1969), v rámci ní byl vyvinut i síťový protokol TCP/IP, který je dnes používán i při komunikaci v Internetu (vznik 1983). Tato síť je založena na technice přepojování tzv. paketů. Propojení mezi jednotlivými sítěmi jsou realizována prostřednictvím routerů, které směřují pakety v závislosti na cílové síti, ne na cílovém počítači. Adresace probíhá buď ve tvaru IP adresy např. (10.16.1.1) nebo v doménovém tvaru (ft.utb.cz). Pokud je použita adresa v doménovém tvaru, je nutné ji převést na IP adresu. Tento převod probíhá na DNS serveru. Na závěr tohoto oddílu jsou uvedeny typy připojení k Internetu a základní informace o nich, které najdete v tab. I.[1]

Tab. I. - Základní typy připojení k Internetu

Typ připojení	Technologie	Rychlost - standart	dosah - pokrytí
Dial up	přes telefonní linku	56 kbps	v plném rozsahu telefonního pokrytí
ISDN	digitální telefonní linka+modem	64 - 128 kbps	v plném rozsahu telefonního pokrytí
GPRS, UMTS, CDMA	bezdrátový přenos mobilních operátorů	150 - 220 kbps	je dáno operátorem, největší pokr. GPRS
ADSL	tel. linka + modem	512 - 1024 kbps	limit - technologií poskytovatele
Kabelová televize	rozvody kabel televize	až 1024 kbps	lokální v rámci rozšíření kabel televizí
FWA	bezdrátový přenos	512 kbps	lokální v rámci providera
WIFI	bezdrátový přenos v pásmu 2,4 GHz	512 kbps	Lokální v rámci providera

1.1 Sítě standartu 802.11

V této části budu věnovat základním informacím vztahujícím se k bezdrátovým sítím standartu 802.11, které pracují na frekvenci 2,4 GHz a 5 GHz. Tyto sítě byly standardizovány institutem IEEE v roce 1997 v tzv. pásmo ISM (Industrial Scientific and Medical), vyhrazeno pro vědecké, lékařské a průmyslové potřeby. Z důvodu vzájemné kompatibility přidělil mezinárodní certifikační úřad zařízením, která pracují v tomto standartu, označení WIFI. WIFI sítě jsou v současné době velmi populární díky možnosti síťového propojení počítačů bez nutnosti pokládky kabelů, a také díky jejich příznivým cenám. [2]

Postupným vývojem docházelo ke vzniku pracovních podskupin, které se označují písmeny za číslem standardu 802.11. Zaměření jednotlivých podskupin uvádí následující přehled (pro naše potřeby se omezíme jen na některé):

- **802.11a** - WLAN v pásmu 5 GHz s rychlostí až 54 Mbps, též označované jako WIFI 5.
- **802.11b** - WLAN v pásmu 2,4 GHz s rychlostí až 11 Mbps; v současné době nejrozšířenější,
- **802.11g** - zvýšení rychlosti v pásmu 2,4 GHz na 54 Mbps s kompatibilitou s 802.11b.

1.1.1 Šíření signálu

Z jednotlivých standardů je v současné době nejvíce rozšířený typ 802.11b pracující na frekvenci 2,4 MHz. Standart 802.11a představuje pásmo 5GHz, které u nás dosud nebylo uvolněno pro bezlicencované využívání. Český telekomunikační úřad na svých internetových stránkách průběžně informuje o aktuálním stavu, který se týká podmínek pro vydání nové generální licence povolující provoz systémů v kmitočtových pásmech 5150-5350 a 5470-5725 MHz. Rozhodnutí o přidělení licence v tomto pásmu bude vydáno v průběhu druhé poloviny roku 2005.

Signál šířený na frekvenci okolo 2,4 GHz je rozdělen do tzv. pásem (kanálů). Volné pásmo 2412 MHz - 2472 MHz je v české republice rozděleno na 13 kanálů (frekvencí) - viz tab. II. Každý kanál má stanovenou šířku pásma v rozmezí 22 MHz. Kanály jsou vztaženy ke středům jednotlivých rozsahů frekvencí, mezi jednotlivými kanály je odstup

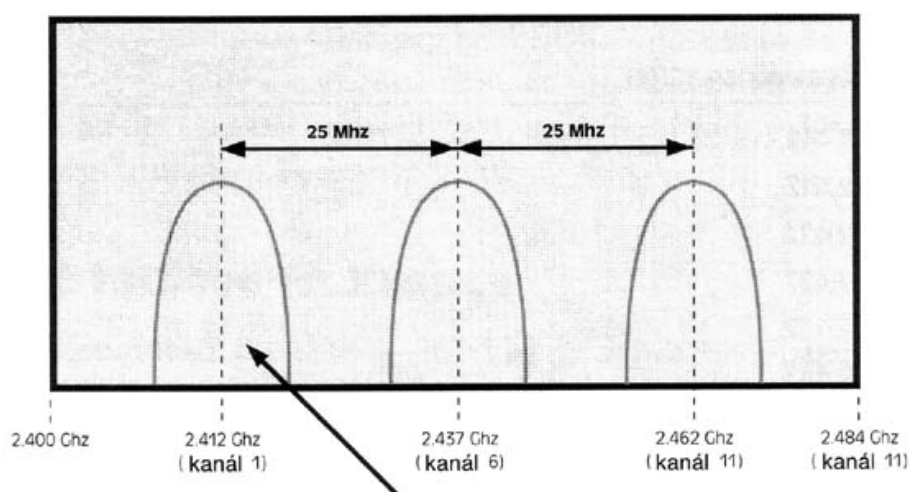
pouze 5 MHz. Prakticky to znamená, že mezi použitými kanály v jedné oblasti by měl být rozdíl takový, aby nedocházelo k jejich vzájemnému překrytí.

Tab. II. - Rozdělení kanálů pásma

Kanál	1	2	3	4	5	6	7
Frekv. [GHz]	2,412	2,417	2,422	2,427	2,432	2,437	2,442

Kanál	8	9	10	11	12	13
Frekv. [GHz]	2,447	2,452	2,457	2,462	2,467	2,472

V případě provozu dvou přístupových bodů by tyto musely být nastaveny tak, aby mohly fungovat minimálně 5 kanálů od sebe a jejich provoz se tak vzájemně nerušil - viz obr. 1. Pro ČR by připadaly v úvahu kanály 1, 6 a 11. [2]



Obr.1. Minimální odstup kanálů mezi středy frekvencí

1.1.2 Základní zapojení a komponenty sítě 802.11

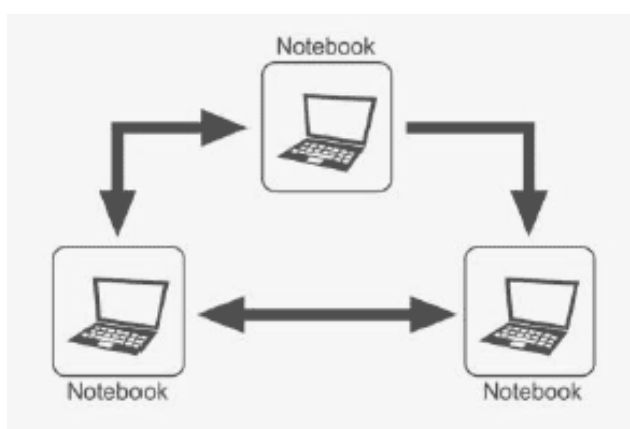
Bezdrátové sítě jsou svým fungováním podobné Ethernetu, jsou tu však navíc věci související se specifiky bezdrátového prostředí jako je stabilita, řízení a správa sítě.

K základním komponentům sítě standardu 802.11b patří :

- **Distribuční systém**, který je tvořen síťovým mostem (bridge) a distribučním médiem, které přenáší data mezi jednotlivými přístupovými body.
- **Bezdrátové medium**, což je nosič dat od přístupového bodu ke stanici. Můžeme říct, že médiem jsou frekvence na kterých funguje síť 802.11 (2,4 a 5 GHz).

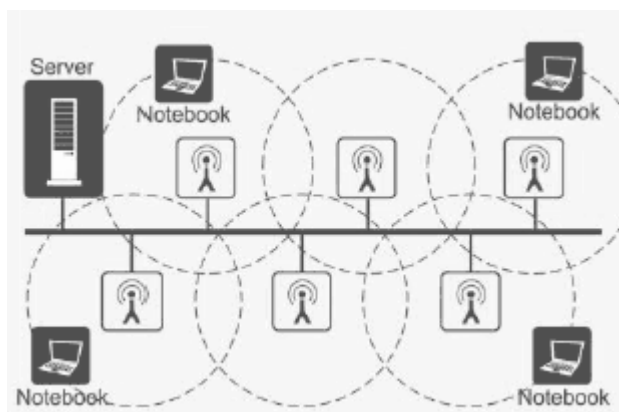
- **Přístupový bod** funguje jako přemostění mezi kabelovou částí (pokud je připojen na páteřní síť přes ethernet) a bezdrátovou částí sítě.
- **Stanice**, stanicí může být počítač nebo notebook, který je schopen přijímat data z přístupového bodu.

Jednou z možností vzájemného propojení počítačů standartu 802.11 je propojení *AD-hoc*, kdy jednotlivé stanice sítě spolu komunikují přímo, tedy nezávisle na prostředníkovi. Toto propojení je vhodné především pro méně členité sítě se vzdáleností jednotlivých stanic v řádu desítek metrů, např. kanceláře. Tento typ propojení není příliš využíván a je znázorněn na obr. č. 2.



Obr.2. Propojení AD-hoc

Druhým, a ve většině případů používaným typem je propojení prostřednictvím tzv. *infrastrukturních sítí*. Roli spojovacího článku zde přebírá přístupový bod (Access point). Accesspoint (dále jen AP) je schopen komunikovat s více stanicemi najednou. Pokud tedy chtějí spolu komunikovat dvě stanice v bezdrátové síti, musí se jejich komunikace odehrávat přes AP. Strukturu této sítě vidíte na obr. 3



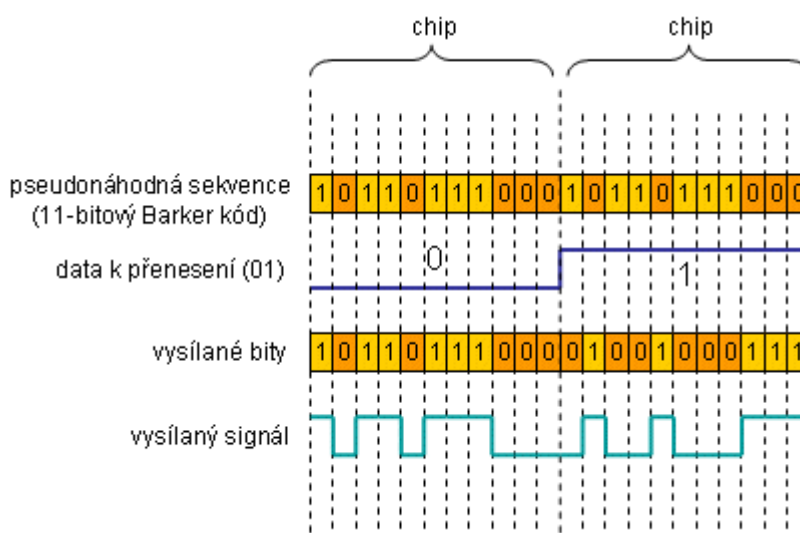
Obr.3. Infrastrukturní síť

V rámci infrastrukturní sítě se jednotlivé stanice musí s AP *asociovat* (potvrzuje souhlas s připojením). Procedura asociace vždy vychází ze stanice, AP ji pouze potvrzuje. Sdílená šířka pásma dovoluje konečný počet připojených stanic, což je okolo 250 stanic na jeden AP. Z agregace rychlosti je však ideální připojení jen 30 – 40 stanic.[3]

1.1.3 Komunikace z hlediska modelu OSI

Bezdrátová síť standardu 802.11 definuje z osmivrstvého modelu OSI pouze dvě nejnižší vrstvy, fyzickou a spojitou.

Fyzická vrstva (PHY) zajišťuje komunikaci, rozhraní na nejnižší hardwarové úrovni tzn. způsob jakým se přenáší rádiový signál v rámci sítě WIFI. Standard 802.11 definuje v základu 3 typy fyzické vrstvy, a to 2 pro rádiový přenos v tzv. rozprostřeném spektru (DSSS, FHSS) a infračervený přenos (IR). Později byl ještě rozšířen o technologie ortogonálního frekvenčního multiplexu a o technologii HR/DSSS. Způsob IR přenosu (nutná přímá viditelnost, malý dosah) se nerozšířil. V současné době je nejvíce využívána technika přímo rozprostřeného spektra (DSSS), kterou používají sítě typu 802.11b. Technika přímo rozprostřeného spektra (DSSS, Direct Sequence Spread Spektrum) předpokládá, že každý jednotlivý bit, určený k přenosu, je nejprve nahrazen určitou sekvencí bitů, která je potom skutečně modulována na nosný signál. Viz. obr. 4 [5]

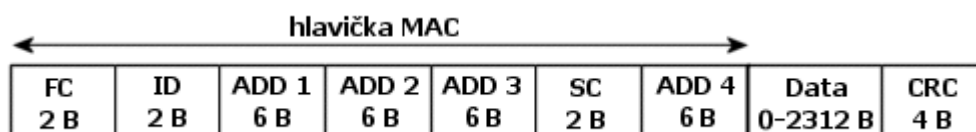


Obr.4. Technika DSSS

Spojová vrstva (DLL) definuje soubor pravidel přístupu k médiu a k přenosu dat. Asi nejdůležitější částí z této oblasti je podvrstva MAC - Media Acces Control, neboli ovládání

přístupu k médiu. MAC podvrstva slouží jako rozhraní mezi fyzickou vrstvou a hostitelským zařízením. Vytváří také podporu ad-hoc i infrastrukturního zapojení sítě. Pro MAC podvrstvu jsou důležité dvě hlavní vlastnosti a to:

- Kontrolní součet CRC (každý přenášený paket je opatřen připojeným kontrolním součtem z důvodu možnosti detekce poškození při přenosu)
- Fragmentace paketů (tato funkce rozděluje pakety do menších částí a přenáší je postupně, z důvodu minimalizace chybovosti při přenosu)



Obr. 5. Struktura rámce

Na obr. 5 je uvedena struktura MAC rámce. MAC rámec obsahuje [5]:

- Frame Control (FC) - informace o verzi protokolu a typu rámce
- Duration/ID (ID) identifikátor stanice používaný pro funkci úspory energie, podle délky rámce počítá čas pro rezervaci přenosového media
- Add 1-4 - adresní pole obsahující adresy zdroje, cíle, přenašeče a příjemce v závislosti na poli Frame Control.
- Sequence control (SC) - používá se pro defragmentaci duplikátních rámců.
- CRC (někdy také FCS) - obsahuje 32-bitový kontrolní součet (CRC), který se počítá ze všech dat v MAC hlavičce a datového pole

1.1.4 Jednotlivé prvky WIFI sítě

V této části jsou uvedeny jednotlivé prvky používané v bezdrátových sítích standardu 802. b, g a jejich základní vlastnosti. Hlavní prvky WIFI sítě můžeme shrnout do těchto bodů:

- AP - přístupový bod
- Klientské karty PCI, PCMCIA
- Antény
- Kabely a konektory

Přístupové body (AP) jsou většinou samostatné jednotky s vlastním napájením, které v bezdrátové síti zastávají funkci switchu či HUBu. AP komunikuje s bezdrátovými

zařízeními ve svém dosahu a stará se o směrování provozu mezi bezdrátovými klienty a zpravidla také mezi pevnou kabelovou sítí. Má výstup na externí anténu a v naprosté většině případů jsou vybaveny konektorem RJ45 pro propojení se stávající 100/10 Mbps ethernetovou sítí. Kromě konektoru RJ45 jsou některé AP vybaveny konektory USB či RS232, které však slouží pouze pro správu a konfiguraci přístupového bodu. U moderních access pointů pak často najdeme i paralelní porty či USB 2.0 porty pro připojení a sdílení tiskáren, externích disků a webových kamer. Většina AP podporuje DHCP servery. DHCP je protokol pro automatické přidělování IP adres klientům tzn., že v síti řízené DHCP serverem si AP sám nakonfiguruje propojení s klientskými kartami. Konfigurace nastavení AP probíhá přes webové rozhraní po zadání IP adresy do web. prohlížeče. Na obr.6 vidíte jeden z mnoha AP známého výrobce D-Link. [4]



Obr.6. Acces point D-Link DWL 900+

Klientské adaptéry se nejčastěji vyrábějí v provedení PCMCIA, PCI nebo USB. Slouží pro připojení klientských PC k access pointu, ale lze je propojit i navzájem (režim ad-hoc). PCMCIA bezdrátové karty slouží pro připojení notebooků, při jejich výběru je dobré se podívat, zda má tento typ karty výstup na externí anténu. PCI karty se objevily na trhu záhy po PCMCIA kartách. Naprostá většina z nich má výstup na externí anténu pomocí reverzního SMA konektoru a disponuje rozhraním PCI 2.1. USB adaptéry jsou nejlevnější a nejmenší zařízení, která dokáží připojit počítač do bezdrátové sítě. Ne všechny však bývají vybaveny konektorem pro připojení externí antény a své použití tak najdou pouze v kancelářském a domácím prostředí. Na obr.7 vidíte příklad PCI karty firmy D-Link. [4]



Obr.7. PCI karta DLINK DWL-520+

Antény jsou zařízení schopné vyzářit do prostoru střídavou vysokofrekvenční energii přivedenou k jejím vstupním svorkám kabelem z vysílače. Vytváří tedy v prostoru vysokofrekvenční elektromagnetické pole o určité intenzitě (při vysílání) a naopak při jejich umístění v tomto prostředí lze z jejich svorek energii odebírat. Obecně se anténa chová jako rezonanční obvod, naladěný na kmitočet (kmitočtové pásmo), na kterém se přenos vysokofrekvenčních signálů uskutečňuje. Při výpočtech rozměrů antény se vychází z frekvence, na které je zařízení provozováno. V našem případě je frekvence $f = 2,4 \text{ GHz}$. Pro představu je uvedena vlnová délka při této frekvenci podle vzorce (1)

$$l = \frac{c}{f} \quad [\text{m}; \text{m/s}, \text{Hz}] \quad (1)$$

kde

c – rychlost světla $[\text{m/s}]$ ($2,997 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

l – vlnová délka $[\text{m}]$

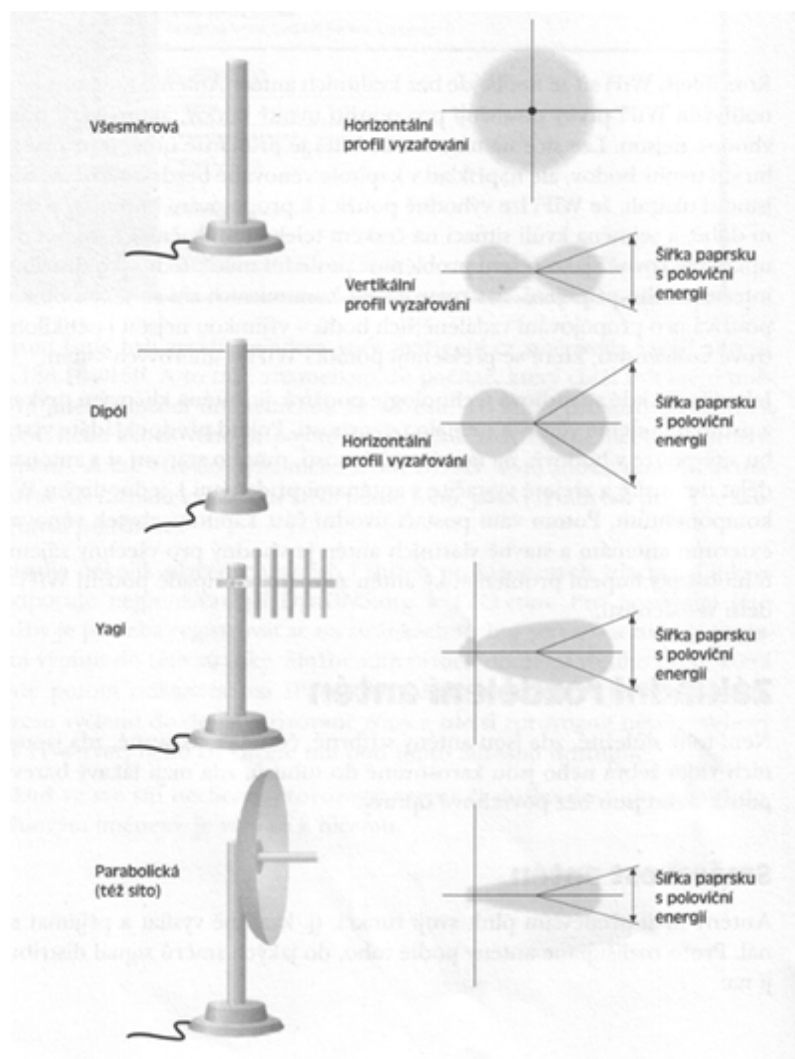
f – frekvence $[\text{Hz}]$

Po dosazení nám vyjde vlnová délka $l = 0,124 \text{ m}$, což je základní parametr, ze kterého se vychází při konstrukci antény.

Hlavní sledované parametry u antén jsou:

- Pracovní kmitočet (kmitočtové pásmo)
- Vyzářovací vlastnosti (směrové vlastnosti, zisk)
- Polarizace elektromagnetického vlnění

Pracovní kmitočet je daný parametry sítě, která bude pracovat na 2,4 GHz. Dalším významným parametrem antén jsou směrové vlastnosti. Podle směru distribuovaného, resp. přijímaného signálu můžeme rozlišovat antény na všesměrové, sektorové a směrové. Příklady těchto typů antén a jejich schematické vyzařovací diagramy vidíte na obr. 8.



Obr.8. Typy antén

Dále jsou v textu uváděny veličiny jako zisk a vyzářený výkon. Jejich velikost bývá vyjádřena v dB (decibel), což je jednotka patří do skupiny jednotek *vedlejších doplňkových*. Je bezrozměrná a je daná poměrem úrovní dvou signálů. Při výpočtu vycházíme ze vzorce (2).

$$L_p = \log \frac{P_1}{P_2} \quad [\text{dB}; W, W] \quad (2)$$

Zisk u antén je udáván v dBi. Výkonový zisk antény je poměr vyzářeného výkonu této antény a vyzářeného výkonu referenční antény při stejném výkonu vysílače. Jako

referenční anténu lze použít dipól nebo izotropní zářič (ideální, vyzařující ve všech směrech se stejnou intenzitou). Čím větší má anténa zisk, tím vzdálenější signál je schopna zachytit. Zisk se pohybuje podle typu antény od 8 dBi (všesměrové) do 34 dBi (směrové, tzv. síť). [6]

Vyzařovací úhel, který definuje, do jakého směru a pod jakým úhlem anténa vyzařuje, je uveden na obr. 8. Další z vlastností antény, která může ovlivnit kvalitu příjmu je polarizace elektromagnetické vlnění. Při bezdrátovém přenosu informací používáme dva typy polarizace elektromagnetického vlnění. Je to polarizace lineární a kruhová. Lineární polarizace se v praxi používá dvojí - horizontální a vertikální. Kruhová polarizace může být pravotočivá nebo levotočivá. Rovina polarizace vyzářeného vlnění je dána výhradně konstrukčním uspořádáním antény. Tuto vlastnost využijeme v prostředí se silným rušením, pocházejícím od cizích datových spojů a sítí. Vhodnou volbou polarizace při realizaci vlastní sítě můžeme rušení účinně potlačit. V praxi se častěji používají antény s lineární polarizací, méně častěji s polarizací kruhovou.

Kabely a konektory, které jsou použity na propojení AP nebo klientského adaptéru s anténou by měli co nejméně utlumit přicházející signál. V případě kabelů, používáme speciální, vysokofrekvenční kabely s impedancí 50 ohmů (každý přechodový odpor mezi 75 ohm kabelem a 50 ohm AP by způsobil útlum na signálu). Nejčastěji se používají kabely fy. Belden, jejichž hodnota útlumu na 1 m je okolo 0,2 – 0,5 dB/m. Pro vysokofrekvenční digitální techniku se nejčastěji používají konektory typu N nebo SMA. Jeden pár N konektorů má typicky útlum 1 dB, pár SMA konektorů cca 0,1 - 0,5 dB. Konektory typu N (obr. 9) jsou velice robustní a používají se nejčastěji pro venkovní aplikace (spoje kabelů, antény). Konektory typu SMA (obr. 10) se používají v aktivních prvcích, nejsou projektovány pro venkovní použití.



Obr.9 N konektor



Obr.10 Konektor typu SMA

1.1.5 Vyzářený výkon a limity ČTÚ

Při plánování bezdrátových spojení jsme omezeni důležitým faktem, a to úrovní vysílaného signálu na výstupu z antény, který nesmí přesáhnout určitou maximální hodnotu. Ta je stanovena Českým telekomunikačním úřadem (ČTÚ) v tzv. Generální licenci. č. GL-12/R/2000. Pro další výpočty vycházíme z omezení, týkajících se provozu zařízení pracujících s rozprostřeným spektrem v pásmu 2,4 GHz (tzn. i WIFI):

- Maximální ekvivalentní izotropicky vyzářený výkon (EIRP) je 100 mW. Tato mez musí být dodržena při libovolné kombinaci výstupního výkonu vysílače a použité antény.(v logaritmických jednotkách vyjádřeno jako 20 dBm)
- U systémů s rozprostřeným spektrem využívajících techniku přímé sekvence nesmí spektrální hustota e.i.r.p. překročit hodnotu -20 dBW/1 MHz .
- Pro systémy s rozprostřeným spektrem, které využívají techniky přeskočkové kmitočtu, nesmí spektrální hustota e.i.r.p. překročit hodnotu -10 dBW/100 kHz . (ČTÚ, GL-12/R/2000), 1/2003)

Vztahy mezi mW(miliwat), dBm(decibelmiliwat), dBW (decibelwat) uvádějí vzorce (3),(4)

$$Lm = 10 \log \left(\frac{P1}{0,001 * P2} \right) \quad [\text{dBm}; \text{W}, \text{W}] \quad (3)$$

$$Lw = 10 \log \frac{P1}{P2} \quad [\text{dBW}; \text{W}, \text{W}] \quad (4)$$

, kde P1, P2 jsou výkony uvedené ve W.

Jednotka dBW znamená výkonový poměr vztažený k jednomu Wattu. Ve výkonových úrovních používaných při bezdrátových přenosech, kde jsou zařízení citlivější se častěji používá jednotka dBm, což je totéž vztaženo k 1mW.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 PLÁN VÝSTAVBY BEZDRÁTOVÉ SÍTĚ STANDARTU WIFI

V této části se dostávám k hlavnímu cíli této bakalářské práce, a to k návrhu využití bezdrátové sítě standartu 802.11b v konkrétní lokalitě a zpřístupnění připojení uživatelů k Internetu. Jak už bylo naznačeno v úvodu, tato technologie připojení je vhodná a uplatňuje se především v oblastech, kde není dostupnost jiného typu rychlého širokopásmového připojení. Návrh konkrétní sítě je uveden na příkladu jedné z obcí tzv. Podhostýnského mikroregionu, Slavkova pod Hostýnem.

V druhé části této práce se budu věnovat plánu plošného pokrytí signálem, teoretickému výpočtu přenosové trasy, ověření výpočtu měření, podporou připojení do páteřní FWA sítě a požadavkům na zabezpečení. Všechny výsledky budou na konci shrnuty v závěru.

2.1 Možnosti připojení do internetu, srovnání

Dříve než se dostaneme k plánu WIFI sítě, je nutno uvést, proč dostala přednost tato technologie před ostatními typy rychlého širokopásmového připojení. Jednotlivé typy připojení jsou popsány v následující stati (ISDN, ADSL, CDMA, GPRS- EDGE, FWA).

ISDN vyšší přenosová rychlost ve srovnání s klasickým vytáčeným připojením, je asi tou nejdůležitější. Klasické modemy jsou schopny v současné době komunikovat na rychlosti až 56 kbps. ISDN proti tomu nabízí standardně rychlost 64 kbps, v případě použití obou kanálů pak 128 kbps. Pro ISDN je totiž typické, že na rozdíl od klasického telefonu jde o plně digitální technologii a pro přenos využívá tzv. kanálů. Jde o kanály B a D. B-kanály jsou určeny pro samotný přenos dat a mají vždy rychlost 64 kbps. D- kanál je pouze jeden a slouží pro potřeby signalizace.

ADSL Technologie ADSL (**A**symetric **D**igital **S**ubscriber **L**ine) představuje vysokorychlostní připojení k internetu po stávající telefonní lince prostřednictvím technologie DSL. Díky rozbočovači tato služba ADSL umožňuje být ve stejnou chvíli na internetu a současně telefonovat. Princip fungování DSL spočívá ve využití volného frekvenčního pásma telefonních přípojek. Pro hlasové služby se používají frekvence do 3400 Hz, které běžnému hlasovému provozu plně postačují. Vyšší frekvence jsou volné pro vysokorychlostní přenos dat. Rychlost připojení je okolo 512 kbps. Ne všechny telefonní linky vysokorychlostní přenos dat umožňují. Limit je dán vzdáleností zhruba

3,5 kilometru mezi uživatelskou telefonní přípojkou a zařízením DSLAM na straně poskytovatele.[7]

CDMA je technologie bezdrátového vysokorychlostního připojení k internetu Eurotel Data Expres. Jedná se o síť v pásmu 450 MHz, která je zároveň používána pro starou analogovou síť NMT. V praxi se průměrné rychlosti směrem k uživateli pohybují mezi 200-300 kbps. Tato technologie není doporučena pro budování sítí s přístupem na Internet. Operátor není na základě použité technologie schopen garantovat nejvyšší přenosovou rychlost.

GPRS-EDGE je technologie mobilních datových přenosů (EDGE-sítě třetí generace neboli 3G). EDGE je zaměřena na mobilní vysokorychlostní přenos dat v rámci sítě GSM. Typická přenosová rychlost se pohybuje mezi 150 a 220 kbps. Dostupnost u technologie EDGE je pouze v okolí velkých měst. GPRS má podstatně větší pokrytí, ale je pomalejší (přenosová rychlost do 85,6 kbps).

FWA (Fixed Wireless Access) jeden z typů bezdrátových mikrovlnných sítí, provozovaných na licenčních pásmech (3,5 – 28 GHz). Cílem zde není podporovat mobilitu koncového účastníka, o něm se předpokládá, že se pohybovat nebude (rozdíl od sítí GSM). Produkty různých firem nemusí být mezi sebou funkčně kompatibilní, liší se efektivností i jinými dalšími vlastnostmi.

Pokud vyjdeme z výše uvedených informací, jsou pro následné budování sítí v naší dané lokalitě technologie ISDN a CMDA nevhodné z důvodu rychlosti, ADSL a EDGE z důvodu nedostupnosti služby. Vhodné a dostupné je pouze spojení FWA (síť Keynet), pro jednotlivce je však tento typ připojení cenově nedostupný. Tuto technologii lze využít jako propojení pro lokální síť WIFI k Internetu. Jako pátevní síť je samozřejmě možno využít i technologie ADSL, pokud je v dané lokalitě dostupná .

2.2 Teoretický výpočet přenosové trasy

V návrhu přenosové trasy vycházíme z oblasti pokrytí, počtu uživatelů a vlivu prostředí na šíření signálu. Pro připojení vycházíme z nutnosti pokrýt kvalitním signálem vzdálenost do 1000 m od AP. V počátku se počítá s výstavbou jednoho přístupového bodu s možností připojení do 30 uživatelů.

Při teoretickém výpočtu rádiového spoje jsem vycházel z těchto základních údajů:

- Ztráty při přenosu (jsou to ztráty ve volném prostoru, ztráty způsobené lomem, ohybem, odrazem signálu a ztráty způsobené zásahem do Fresnelovy zóny)

- Efektivní výkon vysílače (jedná se o součet vysílacího výkonu vysílače a zisku antény)
- Efektivní citlivost přijímače (součet zisku antény a citlivosti, mínus úbytek na kabelu a konektorech)

2.2.1 Ztráty ve volném prostoru

K těmto ztrátám dochází při průchodu volným prostorem (atmosférou) bez překážek. Ke stanovení hodnot útlumu ve volném prostoru použijeme vzorce Friisovy formule, která vyjádří ztrátu v dB.

$$L_p = 32,4 + 20 \log F + 20 \log R \quad [\text{dB}; \text{MHz}, \text{km}] \quad (5)$$

kde

L_p = ztráta ve volném prostoru

F = frekvence

R = vzdálenost

Vypočtené hodnoty útlumu pro různé vzdálenosti jsou uvedeny v tabulce III. Pro potřeby dalších výpočtů bude brána v úvahu přenosová trasa v délce 700 m, při frekvenci 2,4 GHz. Jako velikost útlumu pro tuto trasu použijeme zaokrouhlenou hodnotu z tabulky III, $L_p = -98$ dB. Útlum je uváděn v záporných hodnotách, kladné by znamenaly zisk.

Tab. III. Hodnoty útlumu

Vzdálenost [m]	Útlum [dB]
100	-80,00
200	-86,02
500	-93,98
700	-96,90
1000	-100,00
1500	-103,52
2000	-106,21
2500	-108,19
3000	-109,77
3500	-111,11
4000	-112,27
4500	-113,29
5000	-114,21

2.2.2 Ztráty způsobené porušením Fresnelovy zóny

Pro kvalitní přenos signálu musí být bez překážek tzv. Fresnelova zóna, tedy určitý prostor kolem spojnice (přímky) mezi přijímačem a vysílačem. Fresnelovu zónu si můžeme představit jako elipsoid okolo této spojnice (obr.11). V prostoru této zóny by se neměla vyskytovat žádná překážka, ani by do ní neměla třeba částečně zasahovat (např. strom nebo střecha domu).



Obr.11 Tvar Fresnelovy zóny

Z parametrů důležitých pro určení útlumu porušením této zóny je důležitý především průměr elipsoidu. Jeho velikost spočítáme podle vzorce:

$$d = \sqrt{\lambda \cdot \frac{l_1 \cdot l_2}{(l_1 + l_2)}} \quad [\text{m}; \text{m}, \text{m}] \quad (6)$$

Pokud dosadíme hodnoty do vzorce (6), je hodnota d (průměr elipsoidu) = 4,6 m pro vzdálenost přijímače a vysílače 700 m a hodnotě vlnové délky $\lambda = 0,1248$ m. Uvažovaný prostor pro umístění AP a klientských adaptérů je otevřený, navíc s převýšením, tzn. bezpečně splňujících vypočtených 4,6 m pro průměr Fresnelovy zóny, z tohoto důvodu nebudeme v dalších výpočtech uvažovat ztráty způsobené porušením této zóny.

2.2.3 Výpočet vyzářeného výkonu a citlivosti přijímače

V této části, která se věnuje výpočtu potřebné citlivosti klientské karty a velikosti vyzářeného výkonu vycházím z hodnot útlumu ve volném prostředí (tabulka III.), pro uvažovanou maximální vzdálenost přenosové trasy do 700 m. ($L_p = -96,90$ dB). Tato vzdálenost je zvolena při výpočtech záměrně. Vzdálenosti mezi AP a klientskými kartami v návrhu sítě Slavkova pod Hostýnem by neměli překročit 700 m. [7]

Pro potřeby dalších výpočtů je dobré vědět, že hodnoty citlivosti AP a klientských karet jsou vztaženy k přenosovým rychlostem. Výrobce je většinou udává v technických datech. Hodnoty citlivosti pro kartu D-Link DWL 520+ jsou uvedeny v tabulce IV.

Tab. IV. Hodnoty citlivosti D-Link DWL520+

Přenosová rychlost [Mbps]	1	2	5,5	11	22
Úroveň citlivosti [dBm]	-91	-89	-86	-84	-80

Při výpočtu i praktickém měření jsem vycházel z níže uvedených hodnot a použil jsem tyto komponenty:

- AP(přístupový bod) - Asus WL- 330BD Link 514
- Koaxiální kabel - Belden H155 PE- 6 mm
- PCI karta - D-Link DWL 520+
- Anténa klienta - síťová směrová 2,4 GHz, 18 dBi
- Anténa AP - všesměrová 2,4 GHz, 9 dBi
- Konektory - konektor reverzní SMA samice na H155/RF240 krimpovací
- Bleskojistka - PKO-N lambda pro 2,4 GHz

Dané hodnoty, ze kterých vycházíme:

- $P_v = \max 20 \text{ dBm}$ (maximální povolený vyzářený výkon v dBm)
- $P_t = 14 \text{ dBm}$ (vysílací výkon AP)
- $P_{tp} = 14 \text{ dBm}$ (vysílací výkon klientské karty)
- $P_r = - 89 \text{ dBm}$ (citlivost klientské karty při 2Mbps, tab. IV)
- $G_t = 9 \text{ dBi}$ (zisk antény AP)
- $G_r = 18 \text{ dBi}$ (zisk antény klienta)
- $L_t = -2 \text{ dB}$ (útlum na konektorech a kabelu AP)
- $L_r = -3 \text{ dB}$ (útlum na konektorech a kabelu klienta)
- $L_p = -96,90 \text{ dB}$ (ztráty signálu při přenosu)
- $L_b = -2 \text{ dB}$ (útlum na bleskojistce)

Pro lepší přehlednost je výpočet *vyzářeného výkonu* P_v a potřebné *citlivosti zařízení* P_r popsán v tabulce č.V. Vyzářený výkon nesmí přesáhnout hodnotu 100mW stanovenou ČTU. Výpočet ze vzorce (7)

$$P_v = P_t + G_t + L_t + L_b \quad [\text{dBm; dBm, dBi, dB, dB}] \quad (7)$$

Hodnota citlivosti u přijímače by měla odpovídat vypočítané citlivosti nutné pro provoz při určité přenosové rychlosti.(tabulka V). Citlivost je udána v záporných hodnotách, a proto platí, čím nižší hodnota, tím lepší výsledek(platí pro vzorec (8))

$$P_r = L_p + G_r + L_r + L_b \quad [\text{dBm; dB, dBi, dB,dB}] \quad (8)$$

Tab. V. Vypočtené hodnoty pro konfiguraci AP

Pt - výstupní výkon AP	+ 14 dBm výstupní výkon
Lb- útlum bleskojistky (1-3 dB)	- 2 dB bleskojistka
Lr – útlum na kabelu a konektorech AP	- 2 dB Belden 155 + SMA
Gt - zisk antény AP	+ 9 dBi všesměrová anténa
Pv (vysílaný výkon)	výsledek +19 dBm
Lp - útlum trasy	- 96,90 dB trasa 700 m vzduchem
Gr - zisk přijímací antény	+ 18 dBi anténa síťová směrová anténa
Lr - útlum kabelu na přijímači+ na konektorech	- 3 dB Belden 155 + SMA
Lb - útlum bleskojistky (1-3 dB)	- 2 dB bleskojistka
Pr (potřebná citlivost karty)	výsledek - 83,90 dBm

Z první části tabulky V. je zřejmé, že požadovaný maximální vyzářený výkon 20 dBm byl na straně AP je dodržen. Druhá část tabulky V, uvádí výpočet potřebné citlivosti klientské karty. Pro výše uvedené zadání (přenos. trasa 700 m, zisk antény 18 dBi, úhrnný útlum na kabelech a bleskojistce -5 dB) je požadovaná citlivost vypočtena na - 83,90 dBm. Karta D-Link má pro přenosovou rychlost 11 Mbps citlivost -84 dBm (tab.IV). To znamená, že se v praxi můžeme přiblížit této hodnotě přenosové rychlosti.

Tab. VI. Vypočtené hodnoty pro klientskou kartu

Ptp - výstupní výkon klient. karty (neregulovaný)	+ 14 dBm výstupní výkon
Lb- útlum bleskojistky	- 2 dB bleskojistka
Lr - útlum kabelu a konektorů na straně klienta	- 3 dB Belden 155 + SMA
Gr - zisk antény klienta	+ 18 dBi všesměrová anténa
Pv (vyzářený výkon)	výsledek +27 dBm
Lp - útlum trasy	- 96,90 dB trasa 700 m vzduchem
Gt - zisk antény AP	+ 9 dBi všesměrová anténa
Lt - útlum kabelu na přijímači+ na konektorech	- 2 dB Belden 155 + SMA
Lb - útlum bleskojistky (1-3 dB)	- 2 dB bleskojistka
Pr (potřebná citlivost AP)	výsledek - 91,90 dBm

Shodný je výpočet pro opačný směr přenosu, od klientské karty na AP uvádí tabulka VI. Vyzářený výkon na straně klientské karty je na hodnotě 27 dBm, což je překročení povoleného vysílacího výkonu o 7 dBm a nesplnění podmínek ČTÚ. Výpočet ukazuje, že směrová anténa o zisku 18 dBi je pro naše podmínky nevhodná, v praxi bude nutné použít méně ziskovou anténu např. Yagi, uvedena v přehledu na obr. 8 . Její zisk se pohybuje okolo 11dBi. Pokud tuto hodnotu dosadíme do tabulky V, jako zisk antény klienta Gr, dostáváme se na povolených 20 dBm. Další cestou jak se „vejít“ do povolených 20 dBm je regulací výstupního výkonu na klientské kartě, resp. AP.

Regulace výkonu nebývá u zařízení standartu WIFI pravidlem, je proto vhodné prostudovat dostupné materiály výrobce a vybrat zařízení, které regulaci výkonu umožňuje. Jako příklad AP, který to umí je D-LINK DWL-900AP+ (regulace v rozmezí 16 -10 dBm výstupního výkonu). Další možností regulace výkonu je změna defaultního nastavení výrobce v položce *Wireless > Advanced > Radio Power* , které je přístupné přes webové rozhraní po zadání příslušné IP adresy do příkazového řádku.[9]

Citlivost AP by měla umožňovat, v případě maximální uvažované přenosové trasy rychlost komunikace okolo 1 Mbps.

2.3 Měření přenosu signálu

Cílem tohoto měření je ověřit hodnoty uvedené v kap.2.2.3, a na základě sestavy jednoduché WIFI sítě, dát odpověď na otázky týkající přenosu signálu z hlediska realizace bezdrátové sítě. Věnuji se především těmto tématům

- Oblast pokrytí a počet přístupových bodů vzhledem k počtu budoucích uživatelů a jejich rozmístění
- Výběr vhodných komponent z hlediska kvality naměřeného signálu (AP, klient. karty, antény)
- Dodržení hodnot vyzářeného výkonu předepsaných ČTÚ
- Porovnání hodnot a závěrů získaných výpočtem a měřením

Měření jsem realizoval v okolí obce Slavkov pod Hostýnem. Lokalitu obce je možné vidět na obr.12. Bílým kroužkem AP je vyznačeno místo odkud jsem prováděl měření možného budoucího umístění přístupového bodu, který by měl signálem pokrýt celou oblast (budoucí umístění AP nemusí být s tímto totožné).



Obr.12 Pohled na Slavkov pod Hostýnem

Sestava pro měření přenosu signálu vychází z hodnot uvedených v části teoretického výpočtu. Jako alternativa k všesměrové anténě byla použita anténa sektorová (obr.13).

Vysílač:

- AP – Usus WL 330 b
- Všesměrová anténa R LAN-VPA-2400
- Sektorová anténa JPA - 10
- Koaxiální kabel Beden H155 + konektory



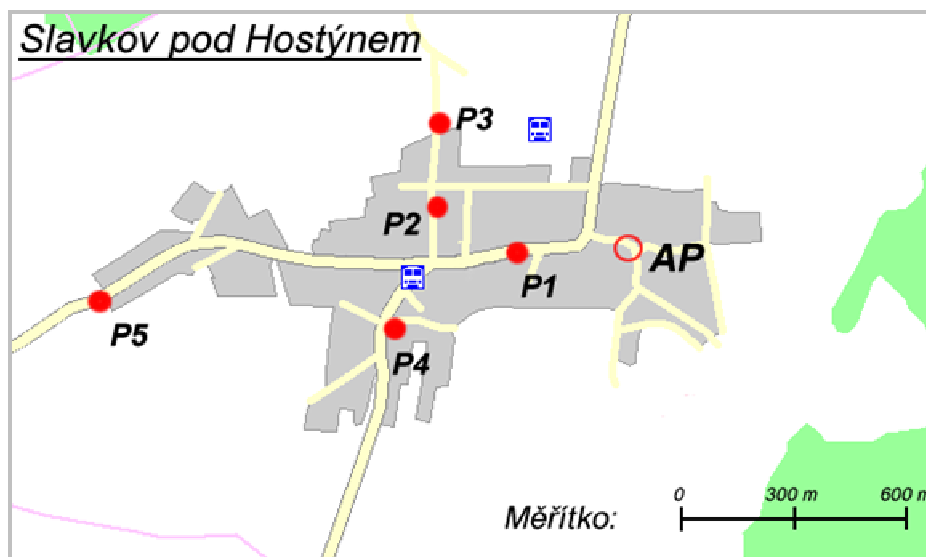
Obr.13 Sestava pro měření, vysílač

Přijímač:

- WIFI karta D-Cink CWL-520+
- Koaxiální kabel Beden H155 + konektory
- Směrová anténa - síto
- Konfigurační utilita D-Link – Air Plus

V průběhu měření byla směrová anténa propojena s klientskou WIFI kartou v počítači a umístěna na střechu domu do výšky 8,5 m nad zemí(budoucí standardní umístění antény klienta). Poloha klientského zařízení byla zvolena záměrně z důvodu možné polohy pro budoucí umístění přístupového bodu. Pro účely měření byly zaměněny stanoviště AP a klientského adaptéru a to z důvodu snadnější diagnostiky. AP byl napojen na nezávislý zdroj, sloužil jako vysílač a jeho poloha se měnila v průběhu měření (stanoviště P1-P5) . Hodnoty síly a kvality signálu byly měřeny na počítači s klientskou kartou D-Link520+ . Pro diagnostiku přenosu byla použita utilita Air plus (uvedeny kopie obrazovky měření) dodávaná společně s klientskou kartou. Poloha vysílače se v průběhu

měření měnila tak aby bylo zjištěno plošné pokrytí vzhledem uvažovanému rozložení uživatelů. Součástí všesměrové antény byla bleskojistka, která se na tento typ antény standardně montuje. Nastavení klientské karty a AP je uvedeno v další kapitole (2.4). Umístění jednotlivých stanovišť pro měření můžete vidět na obr.14.



Obr.14 Mapka stanovišť

Následuje popis jednotlivých stanovišť:

AP - umístění přijímače je v nejvyšší části obce (na horním konci), převýšení mezi horním a dolním koncem je zhruba 40 m, což zajišťuje dostatečný prostor pro šíření signálu a minimální omezení tzv. Fresnelovou zónou.

Stanoviště **P2**, **P3**, **P4** jsou umístěna ve střední části obce v rozsahu vzdáleností 300 – 700 m od přijímače. Nejvzdálenějším stanovištěm, kde se ještě podařilo naměřit signál je P5, které je na konci zástavby ve vzdálenosti 1500 m od přijímače. Poslední nejvzdálenější měření bylo provedeno ve vzdálenosti okolo 3500 m. V této vzdálenosti nebyl naměřen žádný signál, a proto není výsledek tohoto měření již dále uváděn.

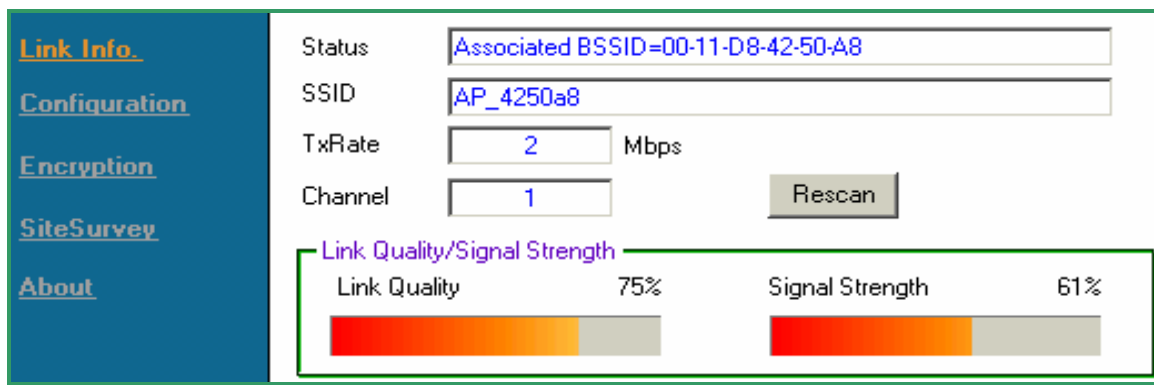
Spojení je nastaveno na infrastrukturní tzn. pro skupinu uživatelů. Měření je samozřejmě provedeno s jednou připojenou klientskou kartou a nastavenou rychlostí přenosu do 2 Mbps.

Cílem tohoto měření je potvrdit teoretický výpočet, kdy navržená sestava bude schopna pokrýt okolí dostatečně kvalitním signálem do vzdálenosti 700 m od AP.

Pro potřebu budoucího umístění AP můžeme srovnat měření provedená na anténě všesměrové s měřením na anténě sektorové.

2.3.1 Měření - všesměrová anténa

U jednotlivých stanovišť jsou udávány hodnoty síly signálu a kvality spojení při použití všesměrové antény. Tato anténa má zisk zhruba 9 dBi. Na jedné z kopií obrazovek (stanoviště P4), obr.15., byly ponechány informace o identifikaci k přístupovému bodu. Výsledky uspořádané do tabulky jsou uvedeny v části zhodnocení společně s grafem. Kopie obrazovek z měření jsou uvedeny v příloze 1.



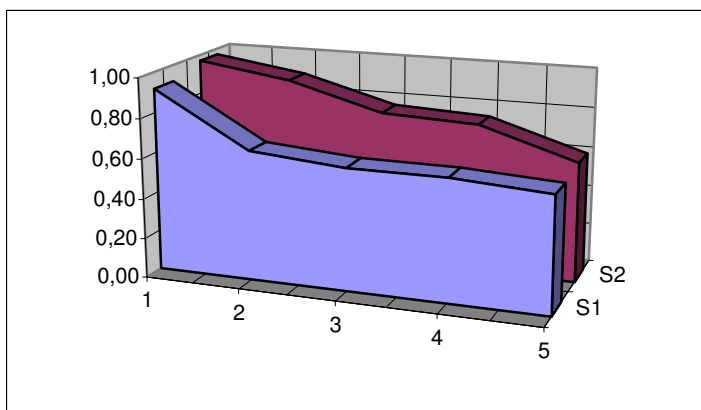
Obr.15. Stanoviště P4, měření

Výsledky naměřených hodnot jsou souhrnně uvedeny v tabulce VII. a grafu 1. Pro lepší zpracovatelnost a přehlednost jsou převedeny % na poměrnou část celku (100 % = 1).

Tab. VII. Měření, všesměrová anténa

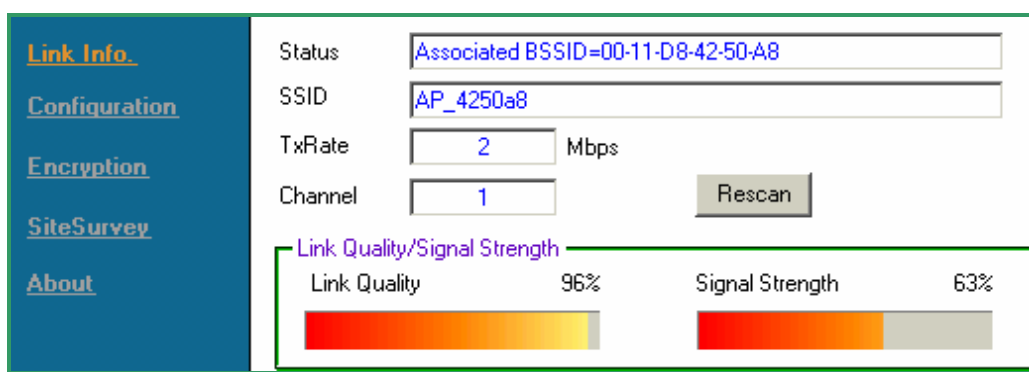
stanoviště	P1	P2	P3	P4	P5
vzdálenost - m	300	500	600	700	1500
síla signálu S2	0,92	0,65	0,61	0,61	0,58
kvalita signálu S1	0,97	0,9	0,77	0,75	0,6

Graf 1. Všesměrová anténa



2.3.2 Měření sektorová anténa

Zisk použité sektorové antény je vyšší než u všesměrové, a to na úrovni 12 dB. Jde o profesionální anténu pro 802.11b. Kopie obrazovky ze stanoviště P4, je uvedena na obr.16. Kopie všech obrazovek z měření sektorovou anténou jsou uvedeny v příloze 2.



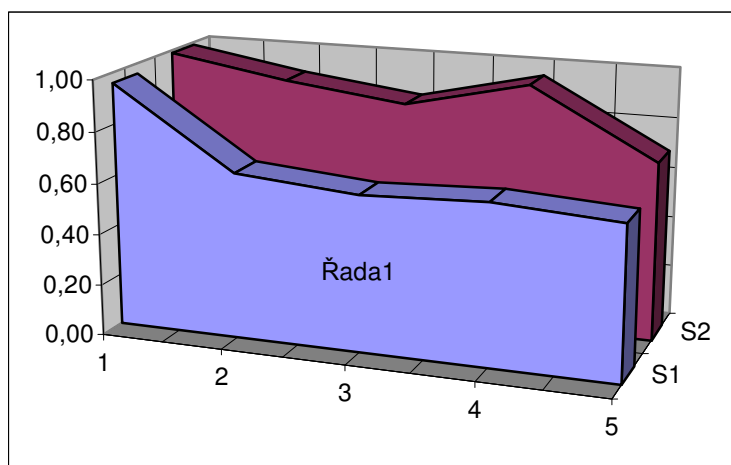
Obr. 16. Stanoviště P4, sektorová anténa

Výsledky naměřených hodnot jsou souhrnně uvedeny v tabulce VIII. a grafu 2. S použitím tohoto typu antény v projektu sítě neuvažují, je uvedena jako referenční. (vyšší zisk, jiný úhel vyzařování).

Tabulka VIII. Měření, sektorová anténa

stanoviště	P1	P2	P3	P4	P5
vzdálenost- m	300	500	600	700	1500
síla signálu S2	0,96	0,65	0,61	0,63	0,6
kvalita signálu S1	0,99	0,91	0,85	0,96	0,7

Graf 2. Sektorová anténa



Měření potvrdilo dobrou úroveň pokrytí vyzářeným signálem v uvažované lokalitě, kdy hodnoty síly a kvality signálu neklesly pod 50 %, a to dokonce ani ve vzdálenosti 1500 m od vysílače.

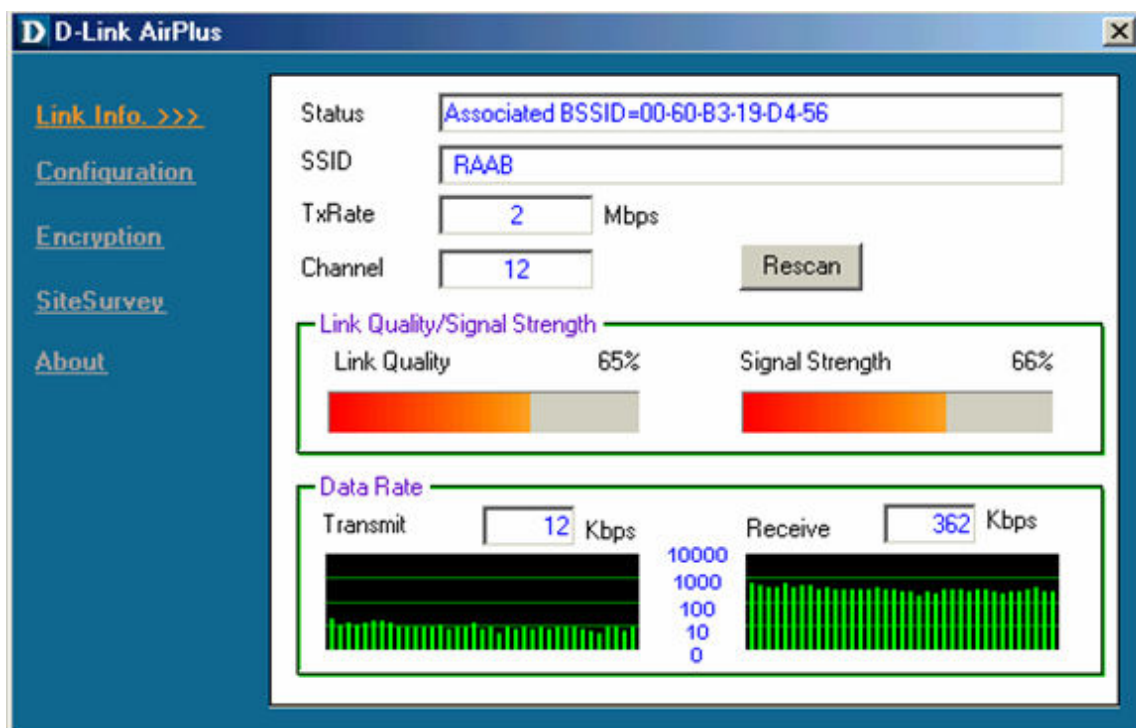
2.3.3 Závěry z měření

Výsledky měření prokazují schopnost pokrýt signálem celou lokalitu obce z jednoho přístupového bodu, při dostatečné kvalitě signálu a rychlosti přenosu do vzdálenosti okolo 700 m. Pro přenos na větší vzdálenost by bylo nutno použít citlivější klientskou kartu a směrovou anténu s větším ziskem. To je však nevyhovující z hlediska limitu ČTÚ pro velikost vyzářeného výkonu, kdy při použití směrové antény se ziskem $G_r = 18$ dB dochází k překročení limitu o 7 dBm. (kap. 2.2.3). Měření potvrdilo hodnoty vypočítané teoreticky. Pro větší přenosové vzdálenosti (nad 1000 m) je při použití směrové antény na straně AP i klienta nutno regulovat výstupní výkon tak, aby splňovat limity ČTÚ. V případě použití směrových antén je na vykrytí oblasti signálem potřeba zrealizovat více AP.

Přesto, že sektorová anténa vyšla z těchto měření s lepšími hodnotami, pro konkrétní praktickou aplikaci na AP je možno doporučit anténu všesměrovou. Rozdíl v kvalitě a síle přijímaného signálu je i pro větší vzdálenosti minimální. Z výpočtu vyzářeného výkonu vyplývá, že zisk antény u vysílače by se měl pohybovat okolo 9 dBi vzhledem k vyzářenému výkonu a je ho možno považovat za dostačující pro kvalitu přenosu.

V této části je vhodné vyhodnotit rychlosti přenosu pro danou úroveň signálu, které se pohybují v nastaveném rozmezí do 2 Mbps a potvrzují předchozí naměřené hodnoty signálu jako dostačující (obr.17). Rychlost přenosu byla měřena na přístupovém bodu *Raab computer* za srovnatelných parametrů, při jakých probíhalo měření signálu v lokalitě Slavkova pod Hostýnem (vysílač s všesměrovou anténou se ziskem 9 dBi., přijímač-počítač s kartou D-link DWL 520+ směrová anténa).

Pro přesné změření síly signálu při instalaci směrových antén a doladění vysílaného výkonu je vhodné použít program Network Stumbler, který je schopen zaznamenat úroveň signálu přímo v dBm. Tento program je volně ke stažení na [www stránkách](http://www.stránkách). [11]



Obr.17. Rychlost přenosu

2.4 Nastavení a služby na přístupovém bodu

Nastavení AP pro základní komunikaci s klientem uvádím na příkladu AP Asus WL-330b, zapůjčeném pro měření přenosu signálu, je doplněn teoretický výklad k nastavení.

- Verze firmvare (uvedena výrobcem)
- MAC adresa (zadána 00.11.D8.42.50.A8)
- IP adresa (zadána 192.168.1.1)
- identifikace SSID (AP4250_a8)
- nastavení kanálu, na kterém je vysíláno (Channel 1)
- autentizace (open authentication)
- šifrování (WEP – pokud ano, zadáme délku šifry)

Podrobné nastavení a jeho možnosti budou uvedeny dále v textu.(2.4.1)

Nastavení klientské karty D-Link DWL-520+.

- Verze firmware uvedena (1.9.8.98)
- MAC adresa (zadána 00.11.95.51.70.15)
- IP adresa přidělena (DHCP - 10.21.1.16)
- Identifikace SSID (automaticky od AP – open systém)

- Nastavení kanálu (podle AP – channel 1)
- Rychlost dat. toku (nastaveno 2 Mbps, možno od 1 do 11 Mbps)
- Typ struktury sítě (Ad-hoc, infrastrukturní)
- Šifrování (WEP, nastavit stejně jako AP)

Konfigurace zjištěna z příkazového řádku: winipcfg

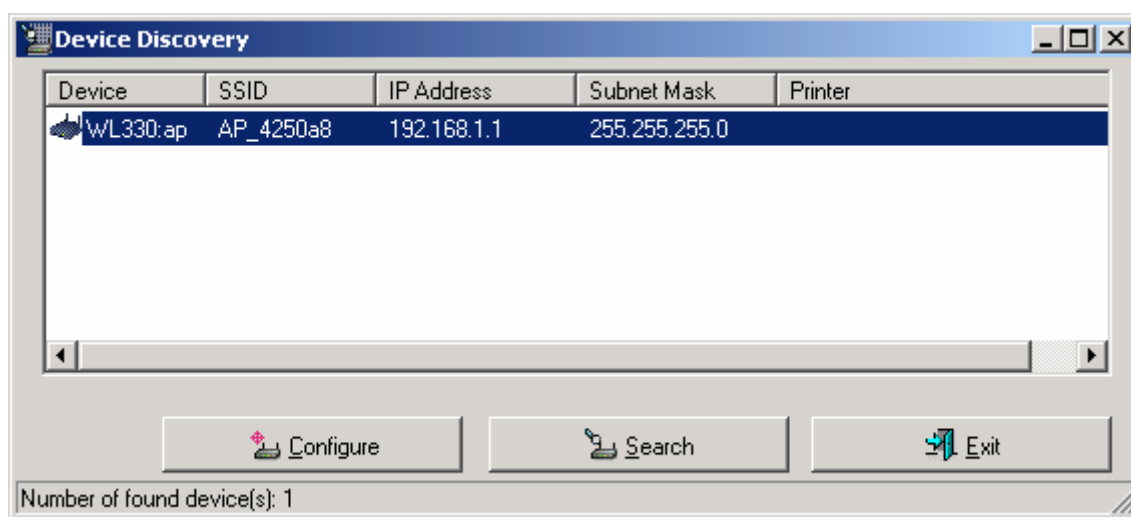
C:\WINDOWS>ipconfig

Toto nastavení použité u přijímače a vysílače bylo pro měření pokrytí signálem dostačující, v další části jsou doplněny možnosti nastavení v případě propojení do internetu.

2.4.1 Nastavení AP přes webové rozhraní

Tyto služby a nastavení jsou uvedeny včetně popisu, který vysvětluje jejich funkci a možnosti využití. Nastavení je dostupné v rámci klientského software, kde je i možnost nastavit základní vstupní informace jako:

- SSID (identifikaci do sítě)
- Typ sítě (Ad- hoc, infrastrukturní)
- Použití šifrování



Obr.18 přechod do konfigurace přes web. rozhraní

Podrobnější parametry AP i celé sítě je možné nastavit přes webové rozhraní jako pokračování konfigurační utility -continue, (obr.18) zadáním IP adresy do web. prohlížeče. (např. Asus - <http://192.168.1.1>).

V konfiguračním menu přístupového bodu směrovače, jsou zastoupena tato nastavení:

- Setup (základní nastavení) – obsahuje tyto možnosti: verze firmware, typ připojení do internetu (RJ-45 Ethernet), LAN – nastavení vnitřní sítě, nastavení typu bezdrátového připojení, povolení DHCP (přidělování IP adres klientům)
- Security – nastavení hesla, součástí bývá nastavení Firewallu, povolení VPN, nastavení DMZ (demilitarizovaná zóna)
- DHCP – nastavení rozhraní DHCP, max. připojených uživatelů, časová platnost přidělení IP adresy, tabulka připojených klientů (statistika provozu)

2.4.2 Firewall

V části security najdeme nastavení Firewallu, který chrání síť proti útokům a neoprávněným pokusům o průnik z internetu. Interní překlad adres (NAT) pak umožňuje snadno přistupovat na Internet z většiny aplikací bez nutnosti jejich konfigurace a zamezuje přístup na porty jednotlivých síťových služeb. Firewall pracuje na principu paketového filtru a nastavuje se pomocí sad povolení spojení na jednotlivých síťových rozhraních. Odpadá tak nutnost konfigurovat na každém počítači každou aplikaci pro přístup k Internetu zvlášť, stačí pouze jednou správně nakonfigurovat protokol TCP/IP. V rámci Firewallu jsou vedeny záznamy o pokusech průniku na síť a také je uvedena jejich statistika.

Překlad IP adres v paketech neboli NAT umožňuje připojení stanic s vnitřní IP adresou v lokální síti k internetu na paketové úrovni. Tím je umožněno stanicím ve vnitřní síti a většině aplikací na nich provozovaných pracovat s internetem, jako kdyby byly k internetu připojeny přímo.

2.4.3 DHCP server

DHCP server (Dynamic Host Configuration Protocol) slouží ke snadné konfiguraci TCP/IP na počítačích v síti. Je jedním ze základních nastavení směrovače a je obsaženo v hlavním menu. Klientská stanice vyše při startu operačního systému požadavek na konfiguraci, který je zachycen DHCP serverem. DHCP server vybere vhodné konfigurační parametry (tj. IP adresu s příslušnou maskou subsítě) a přidělí je klientské stanici. Veškeré parametry pro klienty se nastavují pouze centrálně na serveru, na jednotlivých stanicích stačí nastavit volbu, tak aby byly parametry TCP/IP konfigurovány automaticky z DHCP serveru. Toto

je ve většině operačních systémů (např. Windows, Linux atd.) výchozí volba. Na klientských stanicích pak není třeba nic nastavovat, a tím se výrazně snižuje náročnost administrace.

2.4.4 Co je WDS a co umí

Přístupový bod Asus, použitý při měření, umožňuje použití funkce WDS. WDS (Wireless Distribution System) je bezdrátový distribuční systém. WDS lze použít ve dvou základních režimech - přemostění a opakovače. Při přemostění je pouze předáváno internetové spojení z jednoho přístupového bodu na druhý, není ale povoleno připojení klientů. Naopak při funkci opakovače je možné, aby se distribuovalo nejenom spojení mezi přístupovými body, ale také aby přístupové body poskytovaly své služby klientům. Funkce bezdrátového přemostění je zajímavá spíše pro spojení dvou LAN sítí, naopak bezdrátový opakovač je zajímavý pro vytváření většího pokrytí bezdrátovou sítí bez dalších nákladů na připojování jednotlivých přístupových bodů do internetu. Tato technologie nám umožní na stejném kanálu propojovat jednotlivé přístupové body a na stejném kanálu k nim také připojovat klientské adaptéry. Z toho vyplývají jistá omezení. Část kapacity bezdrátové sítě si vezme samotná distribuce internetového signálu k dalšímu AP, zbytek bude využit na distribuci klientům. Instalace této funkce je velmi rychlá a je možno k tomu použít webové rozhraní.

2.5 Zajištění bezpečnosti sítí 802.11

Na rozdíl od klasické kabelové sítě mají sítě bezdrátové nevýhodu v tom, že prostor, který pokrývají signálem nejde dostatečně omezit. Provoz na síti je snadno zachytitelný a odposlouchávatelný. Z tohoto důvodu je nutné síť nějakým způsobem zabezpečit proti nežádoucím průnikům zvenčí.

Zabezpečení lze rozdělit do těchto skupin:

- Autentizace uživatele – řízení přístupu do sítě
- Šifrování – používá se standart WEP
- Filtrování MAC adres klientů
- WPA, VPN

2.5.1 Autentizace

Tato metoda zabezpečení vymezuje přístup uživatelů do teritoria pokrytého signálem WIFI sítě. Autentizace probíhá jednosměrně, stanice o ni žádají síť, která toto přihlášení přijme nebo odmítne. Při autentizaci rozlišujeme dvě metody:

- Open systém autentizace
- Shared-key autentizace

Open systém autentizace funguje tak, že přístupový bod vysílá své SSID, které přijme klientské zařízení a použije jej pro přístup do sítě. Znamená to, že se do sítě dostane uživatel i bez znalosti SSID. Pokud nechceme mít síť otevřenou pro přístupy zvenčí, dá se vysílání SSID z AP vypnout a zamezit tak volnému přístupu uživatelů, kteří SSID neznají. Toto řešení však lze obejít použitím programu, který umí autentizační kód zjistit a nabídnout tak připojení. Jedním z těchto programů je *NetStumbler*, který je často využíván pro měření síly a kvality signálu.

Shared-key autentizace je řízení přístupu pomocí sdíleného klíče. Při použití této metody přístupu je nutno používat i WEP šifrování. Přístup do sítě probíhá na základě potvrzení klíče odeslaného klientského zařízení, které chce přistupovat do sítě. Vlastní ověření probíhá tak, že AP odešle náhodné číslo zakódované podle sdíleného klíče na klienta, ten jej dekoduje a pošle odpověď zpět na AP, který po ověření potvrdí přístup.

2.5.2 WEP

WEP šifrování (Wired Equivalent Privacy) pracuje jako volitelný doplněk k 802.11b pro řízení přístupu k síti a zabezpečení přenášených dat. WEP používá k šifrování zpráv symetrickou šifru RC4. Princip spočívá v tom, že se odesílána zpráva na vysílači zašifruje nějakým klíčem a přijímač ji stejným klíčem rozšifruje. Tento klíč musí být znám jak vysílající stanici, tak přijímací (ve standardu se jedná o 40-bitový klíč). Většina výrobců používá delší šifry, bylo tedy nutné expandovat délku 40 bitů na délku stejnou jako má vysílaná zpráva, a to pomocí tzv. inicializačního vektoru. Jedná se o 24-bitový pseudonáhodný sled znaků, který se na straně vysílače přidá k tajnému klíči (tím vzniká 64-bitová "šifra", se kterou se pak zašifruje zpráva) a zároveň se také pošle přijímači, který jej přidá ke svému klíči a tento složený klíč pak použije pro dešifrování. Výrobci poskytují i vyšší úroveň zabezpečení ve formě 128-bitového šifrování (sdílený klíč má délku 104 bitů, inicializační vektor poté 24 bitů).

I WEP je však možné obejít. Za pomoci veřejně dostupného SW (např. AirSnort), je možné prolomit WEP klíč sledováním a odposloucháváním provozu na síti. Hlavní problémy WEPu spočívají především ve statických klíčích. Automatická distribuce nových klíčů není nijak řešena, tzn. že v případě změny si jej musí každý uživatel sám ručně znovu nastavit.

2.5.3 Metoda filtrování MAC adres

Uvedené metody šifrování či autentizace přístupu se používají spíš méně než více, hodně využívanou metodou povolení přístupu je metoda filtrování adres. Administrátor zadá do AP seznam povolených MAC adres a všechny ostatní klientské adaptéry budou odpojeny.

Každý přístupový bod si poté musí udržovat vlastní databázi povolených MAC adres. Ve chvíli, kdy spravujeme několik přístupových bodů, ke kterým se nepřipojuje více než několik desítek klientů, je možné to nastavit standardní cestou přes webové konfigurační rozhraní AP, kde se přidávají nebo ubírají jednotlivé MAC adresy. V případě větší sítě by to mohl být problém. Některé AP to dokážou řešit uploadem seznamu MAC adres. I tuto metodu lze obejít. Odposlechem některé z používaných adres ji přiřadíme své WIFI kartě. Změnu MAC adresy je možno provést v současné době i přímo z web rozhraní.

2.5.4 WPA, VPN

Zkratka WPA označuje WiFi Protected Areas, vychází ze standardu 802.11i, který se zabývá šifrováním komunikace při přístupu do bezdrátové sítě. Tato šifrovací metoda používá standardně 128 bitových klíčů a šifrování zabezpečuje protokolem TKIP. Na rozdíl od WEP používá dočasné dynamické šifrovací klíče, které se automaticky mění po 10 000 paketech. Tato metoda je podporována pouze ve Windows XP. Zařízení, které tuto metodu podporují jsou běžně na trhu.

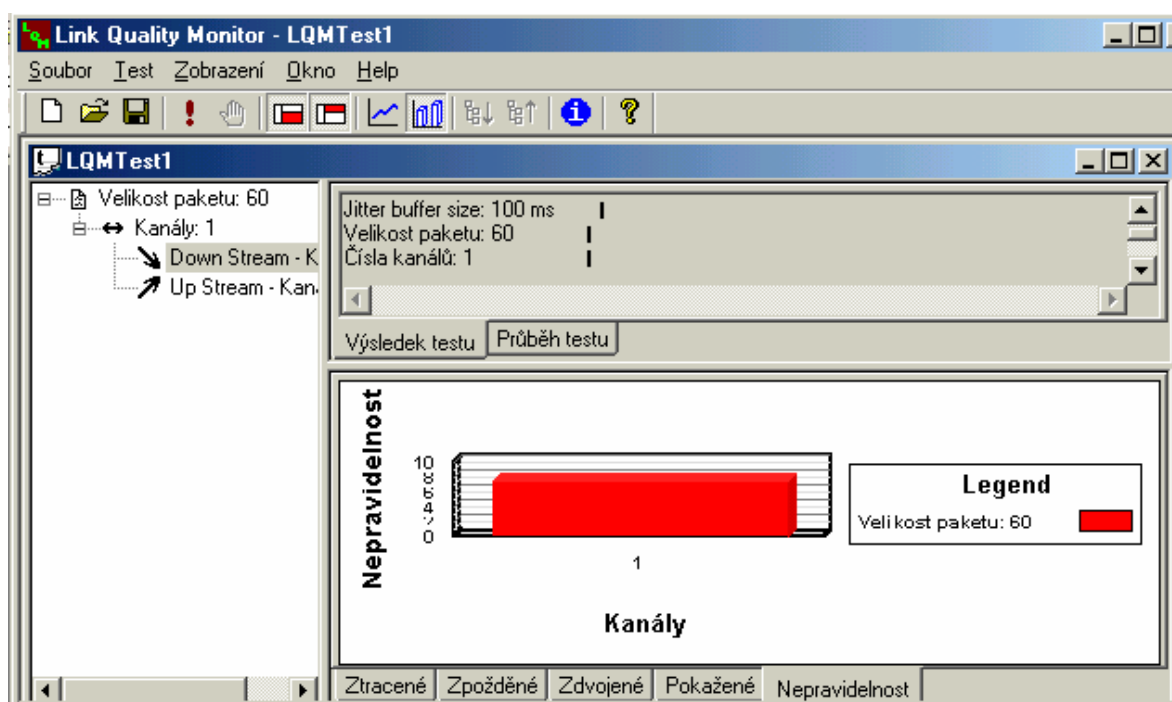
Pro maximální zabezpečení lze vybudovat virtuální privátní síť (VPN) mezi koncovými klienty (vybavenými vhodným klientským softwarem) a VPN bránou, která je umístěna mezi přístupovým bodem a vnitřní strukturou sítě. Tento kanál využívá šifrovaný protokol IPSec na třetí síťové vrstvě. Jedná se tedy o další vrstvu nezávislou na předchozích. Takto zabezpečený systém pak snese nejpřísnější bezpečnostní kritéria.

2.6 Provoz na síti, QoS , statistiky provozu

V poslední době dochází k rozvoji služeb, jejichž úspěšnost z pohledu uživatele významně závisí na časových charakteristikách komunikace přes počítačovou síť. Jde například o služby jako Internet telefonie, videokonference a jiné interaktivní služby, kde uživatel požaduje poskytování určité definované kvality služby (QoS). Například videosignál určitého rozlišení o určitém počtu obrázků za sekundu, zvuk určité šířky pásma nebo přenos souboru dat v určitém čase. Zmíněné požadavky se dají zajistit pomocí mapování QoS počítačové sítě. Parametry, které definují QoS počítačové sítě jsou následující:

- dostupnost služby
- přenosová kapacita
- zpoždění doručování paketů
- kolísání ,zpoždění
- ztrátovost paketů

přičemž je důležité, pokusit se maximalizovat dostupnost a výkonnost služby, minimalizovat zpoždění a eliminovat kolísání zpoždění a ztrátovost. Jeden z programů (LQM) na zaznamenání kvality připojení vidíme na obr.19. Je zde monitorován počet ztracených paketů, zpožděných, zdvojených a nepravidelnost.



Obr.19 Link quality monitor

2.6.1 Rozdělování kapacity linku–pomocí HTB

Jednou z možných nepravidelností může být rozdělení kapacity linku, při níž HTB pomáhají ovládat vyžití šířky pásma v daném spojení. Více informací k nastavení je možno najít na stránkách v odkazu.[11].

Zde je využito vlastnosti protokolu TCP, koncipovaného pro co možná nejefektivnější přenos i následujícím způsobem. Server začne posílat data klientovi co největší možnou rychlostí. Některé packety se cestou nebo dokonce až na cílovém počítači ztratí a je nutné je poslat znovu. Protože serveru nepřijdou některé potvrzovací packety, řekne si, že je klient na pomalé lince a rychlost vysílání o něco sníží. Dá tím pak klientovi a routerům po cestě čas na zpracování. Této vlastnosti se dá "zneužít" a packety zahazovat záměrně, a to v takové míře, aby nám je server začal posílat takovou rychlostí, jakou chceme my. Další z možností regulace přidělení kapacity linku je stanovení stropu rychlosti (rate) pro jednotlivé klienty, což je možnost nastavit přímo na klientských kartách.

2.7 Podpora operačních systémů

Bezdrátové sítě se podporou v systému příliš neliší od sítí kabelových, pracujeme s protokolem TCP/IP, používaným u většiny moderních operačních systémů.

OS Windows, konkrétně systém Windows XP, podporuje připojení k bezdrátovým sítím standardu 802.11b. Windows XP po vložení klientské karty, vyhledají dostupné WIFI sítě a nabídnou připojení do nich, bez nutnosti manuální konfigurace. Manuálně lze změnit nastavení přes tlačítko *Start*, zvolíme *Nastavení – Ovládací panely – Systém*, na kartě *Hardware* klepneme na tlačítko *Správce zařízení*, v sekci *Síťové adaptéry* klepneme pravým tlačítkem na Vaší bezdrátové kartě a zvolte *Vlastnosti*. Zde je možno nastavit, název stanice (označení klienta v bezdrátové síti), kanál na kterém je vysíláno, rychlost přenosu. Na liště pak najdeme ikonu dvou blikajících monitorů pro propojení bezdrátové sítě, pod kterou se skrývá informace o přenosu v rámci bezdrátové sítě (doba, rychlost připojení, síla signálu, sítě které jsou k dispozici). Další verze Windows nepodporují bezdrátové sítě přímo. U Windows 2000 až po update Service Pack 2, u Windows 98 a Me probíhá konfigurace jako u klasické síťové karty. Více informací lze najít přímo na stránkách Microsoftu [12].

Linux, je OpenSource operační systém, který nyní už dosáhnul velmi vysoké úrovně a v mnoha směrech již překonal drahé operační systémy velkých firem. U bezdrátových sítí je provoz pod Linuxem o něco náročnější než pod Windows. Ne všichni výrobci dodávají ke svým kartám ovladače pro Linux, takže nezbývá než hledat na stránkách výrobců, kteří Linux podporují (Orinoco, Cisco, aj.). Jako soubor parametrů pro ovládání klientských karet bezdrátových sítí pod Linuxem je dobré použít **Wireless Extension (WE)**. Jsou buďto součástí linux distribuce a nebo je možné stáhnout je z webu.[14]. Konfigurace karty probíhá po zadání příkazu *iwconfig*, jde o základní nastavení ESSID, Encryption Key, kanál, DHCP.

Nastavení AP i klientských karet bude realizováno v našem případě pod OS Windows, který je více podporován z hlediska výrobců WIFI hardware.

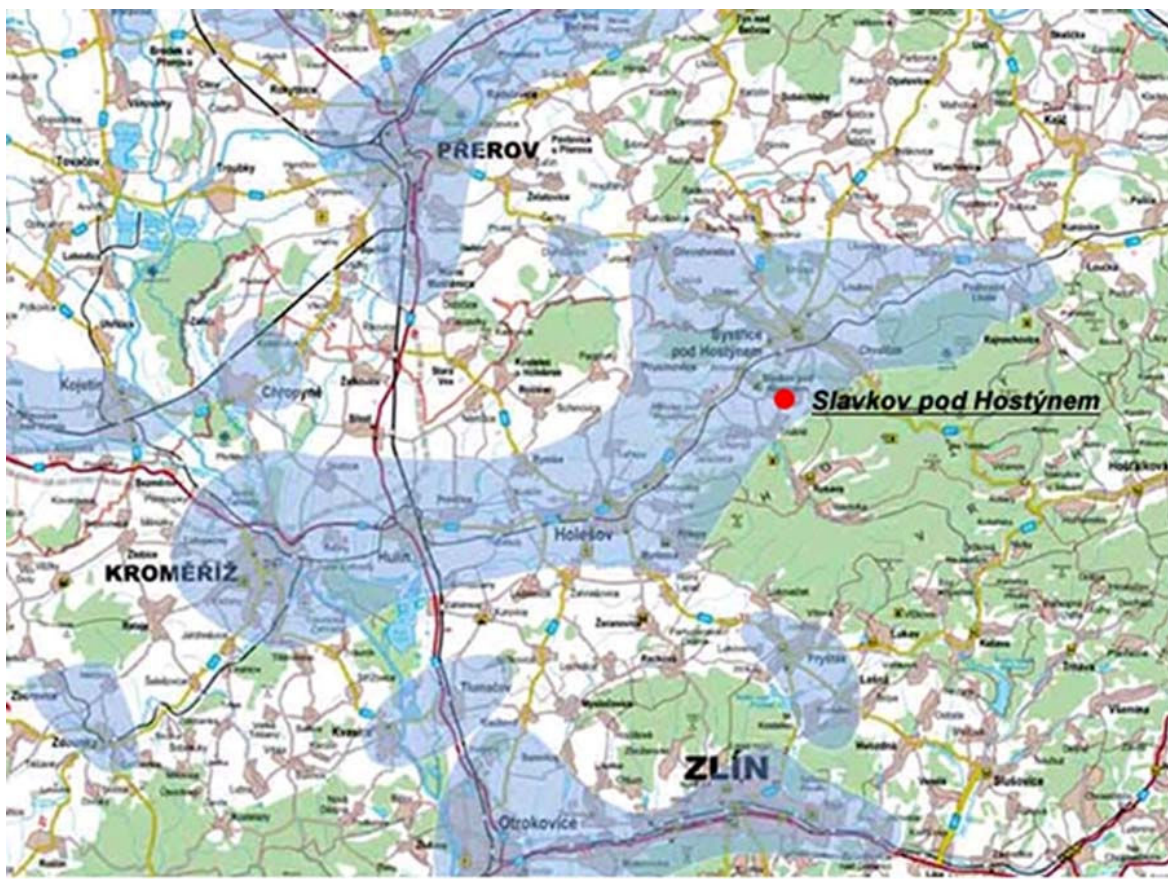
2.8 Připojení do Internetu

Pro připojení do Internetu bude tato lokální síť využívat bezdrátového připojení FWA síť KeyNet v licencovaném pásmu 5,8 GHz, které v současné době slouží k sdílení Internetu obecním a městským úřadům jednotlivých obcí Podhostýnského mikroregionu.[15] Toto sdružení obcí vzniklo v únoru 1999 za účelem získávání dotací na rozvoj této spádové oblasti, zlepšení turistického ruchu a propagaci regionu. Jedním z významných počinů byl vznik multifunkční regionální datové sítě, který využívá bezdrátovou technologii. Na její vybudování dostal mikroregion z Ministerstva pro místní rozvoj a z evropských nadací dotaci ve výši 200.000,- Kč.

Vysílače FWA jsou umístěny na Svatém Hostýně a Kelčském Javorníku. Toto umístění se ukázalo jako ideální, vzhledem ke své nadmořské výšce. Hostýn i Kelčský Javorník vystupují do výšky 700 m nad okolní zvlněnou krajinu. Uvedenou dvojici doplňuje ještě vysílač v obci Všetuly, zajišťující pokrytí Holešova, Hulína a okolí. Na obr.20 je uvedena mapka mikroregionu i pokrytí jednotlivých obcí sítí KeyNet. Tato technologie umožňuje využít přenosových rychlostí od 32 kbps až po 5 Mbps. Rychlost lze definovat v násobcích 32 kbps. Síť je provozována providerem se sídlem v Hulíně.

Podmínky připojení jednotlivých obcí jsou stanoveny rámcovými smlouvami, které definují garantovanou rychlost připojení ve špičce i mimo špičku. Jsou zpoplatněny na základě generální smlouvy uzavřené pro celý mikroregion, která bere jednotlivé obce jako jednoho velikého zákazníka. Současná rychlost připojení pro obec Slavkov pod Hostýnem, 150 kbps in, 150 kbps out, je stejná ve špičce (8-19 hod.) i mimo ni. Tato

informace je zde uvedena z důvodu předpokládané úpravy přenosové rychlosti pro další distribuci Internetového připojení lokální WIFI sítě. Úpravy přenosové rychlosti a provoz lokální sítě budou předmětem jednání a schválení poskytovatelem připojení pro obec Slavkov p. H. .



Obr. 20 Pokrytí signálem sítě Keynet

2.9 Technické řešení WIFI sítě pro obec Slavkov pod Hostýnem

Návrh konkrétního řešení vychází a využívá materiálů a informací uvedených v předcházejících částech.

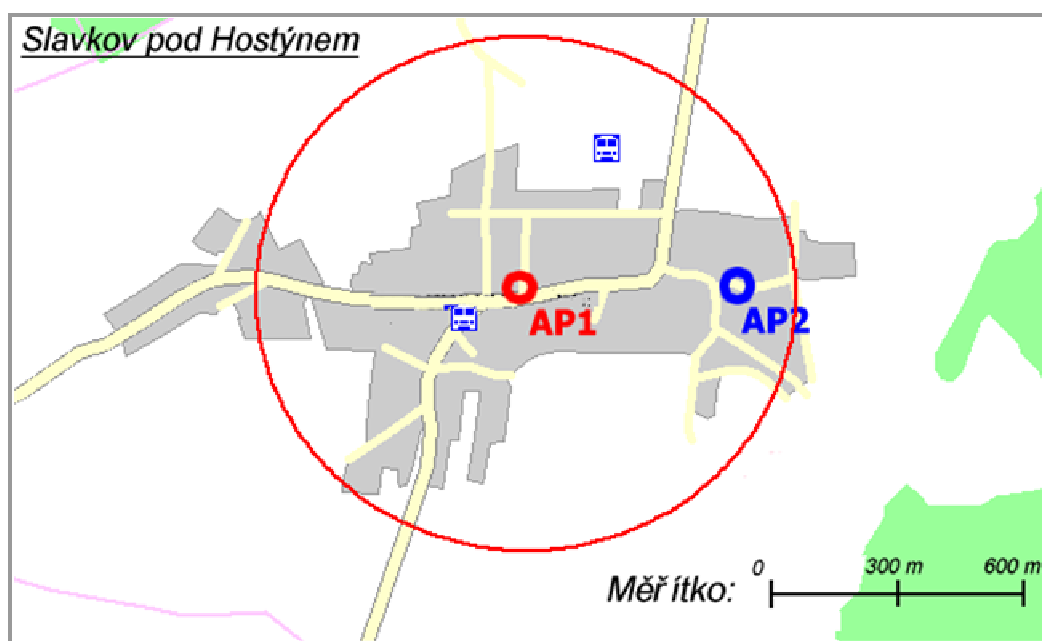
Jako nejvhodnější poloha k umístění přístupového bodu se ukázala budova Obecního úřadu, kde je možnost přístupu do Internetu prostřednictvím bezdrátového propojení FWA. Toto umístění umožní pokrýt ze všesměrové antény signálem okruh v dosahu 700 m od AP, při současném zajištění kvalitního signálu a dodržení limitů ČTÚ.(obr. 20, červená kružnice se středem v AP1). Takto bude zajištěno pokrytí 90 % rozlohy obce. Výjimku bude tvořit zhruba 7 možných budoucích uživatelů v místech nedostupných signálu díky převýšení na horním konci směrem na Hostýn, a také díky překážkám jako jsou vysoko

vzrostlé stromy. Vzhledem k tomu, že tato skupina uživatelů není početná, je možno je připojit využitím technologie WDS. Ve struktuře sítě by přibyl ještě jeden AP (v obr. zaznačen jako AP2), který by zpřístupnil signál pro „horní konec“ obce. AP2 částečně využívá kapacity AP1, pracuje na stejném kanále a my jej využijeme jako opakováče. Konečný návrh umístění přístupových bodů a oblasti pokrytí vidíte na obr.21.

Jako přístupový bod bude sloužit zařízení, které podporuje všechny funkce důležité pro fungování sítě. Příkladem takového zařízení je ASUS WL-500b, který v sobě spojuje funkce AP, routeru, switchu, umožňuje síťové propojení pomocí RJ-45(4x), připojení dalších zařízení přes USB (např. web kamery). Nastavení a management probíhá přes webový prohlížeč a to včetně regulace výkonu. Podporuje šifrování WLAN:WEP 64/128 bit,DHCP server, VPN. Komunikace mezi LAN a WAN sítí je obousměrně zabezpečena firewallem. Zabezpečení bezdrátové WLAN komunikace je ošetřeno WPA šifrováním .

Jednotliví uživatelé budou vybaveni PCI kartou s připojením na externí anténu. Pro uvažovanou vzdálenost do 700 m od AP budou na klientských kartách připojeny směrové Yagi antény se ziskem okolo 11 dBi. Vzhledem k agregaci (rozdělení kapacity) mezi klientské karty považují za vhodné připojení maximálně 30 uživatelů na jeden AP.

Přístup k internetu bude realizován připojením do sítě Obecního úřadu, který využívá připojení FWA v licencovaném pásmu 5,8 GHz. Toto připojení je v současné době využito na jednom počítači Obecního úřadu.



Obr.21 Rozmístění AP

ZÁVĚR

Informace uvedené v této práci by měli být návodem, který usnadní vybudování bezdrátové sítě v obci Slavkov pod Hostýnem, resp. i v ostatních obcích mikroregionu.

Použití bezdrátové technologie se ukázalo ve srovnání s ostatními technologiemi jako řešení nejen jednoduché, ale hlavně dostupné, díky připojení do Internetu pomocí stávající FWA sítě. Pro využití tohoto typu sítě hovoří i dostupnost cenová, kdy se cena klientských zařízení pohybuje od 2000 Kč do 3000 Kč za komplet, v případě AP je cena okolo 4000 Kč, včetně antény.

Zprovoznění sítě by přineslo nejen rychlé připojení Internetu, ale také možnost aktuálně informovat uživatele o dění v obci na pravidelně aktualizovaných www stránkách, co obec připravuje, zprávy z jednání zastupitelstva, změny v územním plánu obce a podobně. Jednou z možností jak využít tuto síť pro rozvoj informovanosti občanů je Intranet. Některé služby a dokumenty by tak byly přístupné jen autorizovaným uživatelům, jako např. rozesílání hromadné pošty, výměna dokumentů mezi uživateli a obcí, zřízení elektronické podatelny. V rámci Intranetu by bylo publikováno podstatně více informací, než které jsou zveřejňovány v rámci web stránek. Řešení tohoto návrhu přináší výhody nejen pro klienty (občany), ale i pro samotnou obec, v možnosti veřejnost aktuálně a odborně informovat, což ostatně jen naplňuje ideu zákona č. 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím.[16]

Směrem, kudy by se v budoucnu měl ubírat vývoj těchto sítí je např. již v úvodu zmiňovaný standart 802.11a, který představuje využití pásma v okolí frekvence 5GHz. Toto pásmo dosud nebylo uvolněno pro bezlicencované využití, do konce roku 2005 by se mělo rozhodnout o jeho využití. Použití těchto vyšších frekvencí by umožnilo zvýšit rychlost přenosu až na 54 Mbps. V současné době jsou již na trhu karty umožňující duální provoz, tzn. v pásmu 2,4 GHz i 5 GHz..

Je jen na zvážení zastupitelstev jednotlivých obecních úřadů zda, a jakým způsobem tento projekt, který jim bude prezentován, zrealizují.

Poděkování

V závěru bych rád poděkoval všem, kteří mi svým přístupem vyšli vstříc při psaní mé bakalářské práce. Především Ing. Dulíkovi za cenné rady, připomínky, zkušenosti a podněty, které mi poskytl v průběhu řešení. Ing. Procházce za připomínkování a podněty. Dále pak Ing. Raabovi za zapůjčení komponent potřebných pro měření, a také panu Janu Mikšíkovi, starostovi obce Slavkov pod Hostýnem za vstřícný přístup a ochotu podělit se o své zkušenosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Historie Internetu, dostupné na [www](http://kurz.softex.cz/lexikon/histnet.html):
<<http://kurz.softex.cz/lexikon/histnet.html> >
- [2] Informace k typům WIFI sítí, používaným pásmům, dostupné na [www](http://www.fi.muni.cz/~xmikeska/P005/index.html):
<<http://www.fi.muni.cz/~xmikeska/P005/index.html>>
- [3] Struktura bezdrátových sítí , dostupné na [www](http://wifi.lupa.cz/tutorial/jak-vytvorit-malou-bezdratovou-sit/):
<<http://wifi.lupa.cz/tutorial/jak-vytvorit-malou-bezdratovou-sit/>>
- [4] Informace o produktech , AP, klientských kartách, dostupné na [www](http://www.dlink.cz):
<<http://www.dlink.cz>>
- [5] Formát MAC rámce, spektra přenosu, vrstvy modelu OSI, dostupné na [www](http://www.edunet.souepl.cz/~osladil/wifi/indexc3c9.html?id=8):
<<http://www.edunet.souepl.cz/~osladil/wifi/indexc3c9.html?id=8>>
- [6] Informace anténách, vzájemné vztahy mezi jednotkami, dostupné na [www](http://www.pira.cz/teorie.htm):
< <http://www.pira.cz/teorie.htm> >
- [7] Informace k ADSL, dostupné na [www](http://www.adsl.cz/faq.php):
< <http://www.adsl.cz/faq.php> >
- [8] Vztahy a výpočty vyzářeného výkonu a citlivosti , dostupné na [www](http://www.bezdratovepripojeni.cz/wi-fi/vykony-limity/):
<<http://www.bezdratovepripojeni.cz/wi-fi/vykony-limity/>>
- [9] Vyzářený výkon a možnosti jeho nastavení, dostupné na [www](http://www.joyce.cz/clanek.php?idclanek=224):
<<http://www.joyce.cz/clanek.php?idclanek=224>>
- [10] Program pro diagnostiku přenosu signálu WIFI zařízení, dostupný na [www](http://www.netstumbler.com):
<www.netstumbler.com>
- [11] Provoz na síti, rozdělení kapacity pomocí HTB, dostupné na [www](http://linux.krtenovice.cz/):
<<http://linux.krtenovice.cz/>>
- [12] Podpora bezdrátových sítí pro OS Windows, dostupná na [www](http://support.microsoft.com/default.aspx?scid=kb;cs;836365):
<<http://support.microsoft.com/default.aspx?scid=kb;cs;836365>>
- [13] Podpora bezdrátových sítí pro OS Linux, dostupná na [www](http://sit.paskov.cz/index.php?doc=050010):
< <http://sit.paskov.cz/index.php?doc=050010> >

- [14] Nastavení parametrů klientských karet pro Linux, dostupné na [www](http://www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/Linux/Tools.html):
<http://www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/Linux/Tools.html>
- [15] Informace o sdružení obcí v mikroregionu, dostupné na [www](http://www.podhostynsko.cz/):
<<http://www.podhostynsko.cz/>>
- [16] Informace o fungování obcí, elektronické podatelny, dostupné na [www](http://mesta.obce.cz):
<<http://mesta.obce.cz>. >
- [17] D-Link, Quick Instalation Guide, průvodce instalací a nastavením klientské karty D-Link DWL 520+, verze 1.03/2004

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AD-hoc	typ propojení počítačů
ADSL	rychlé připojení k internetu
AP	přístupový bod
CDMA	připojení k Internetu operátora Eurotel
CRC	kontrolní součet rámce
ČTÚ	Český telekomunikační úřad
dB	Decibel, vedlejší jednotka
DHCP	funkce přidělování IP adres
Dial up	vytáčené připojení k internetu
DMZ	demilitarizovaná zóna, vyhrazení volného přístupu
DNS	překlad doménových adres na IP adresy
DSSS	typ modulace přenosu
EDGE	připojení k Internetu operátora T-mobile
FHSS	typ modulace přenosu
FWA	bezdrátové připojení k internetu na přidělených frekvencích
GPRS	mobilní připojení k Internetu
HTB	classful qdisc použitý k rozdělení šířky pásma
IEEE	mezinárodní standardizační institut
IR	infračervené spektrum
ISDN	typ připojení k Internetu přes telefonní linku
ISM	typ pásma
LAN	označení typu sítě
MAC	adresa síťového adaptéru
Mbps	zkratka jednotky rychlosti připojení , Mega bite per second

NAT	interní překlad adres v rámci Firewallu
OSI	model funkce procesů počítačové sítě
PCI	typ sběrnice
PCMCIA	typ klientské karty do PCI

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1. Minimální odstup kanálů mezi středy frekvencí.....	10
Obr.2. Propojení AD-hoc.....	11
Obr.3. Infrastrukturní síť.....	11
Obr.4. Technika DSSS.....	12
Obr.5. Struktura rámce.....	13
Obr.6. Acces point D-Link DWL 900+	14
Obr.7. PCI karta DLINK DWL-520+	15
Obr.8. Typy antén	16
Obr.9. Konektor typu N.....	17
Obr.10. Konektor typu SMA.....	18
Obr.11 Výpočet Fresnelovy zóny	24
Obr.12 Pohled na Slavkov pod Hostýnem	28
Obr.13 Sestava pro měření, vysílač.....	29
Obr.14 Mapka stanovišť	30
Obr.15. Stanoviště P4, měření.....	31
Obr.16. Stanoviště P4, sektorová anténa.....	32
Obr.17. Rychlost přenosu.....	34
Obr.18 Přechod do konfigurace přes web. rozhraní.....	35
Obr.19 Link quality monitor	40
Obr.20 Pokrytí signálem sítě Keynet.....	43
Obr.21 Rozmístění AP	44

SEZNAM TABULEK

Tab. I.	Základní typy připojení k Internetu.....	8
Tab. II.	Rozdělení kanálů pásma.....	10
Tab. III.	Hodnoty útlumu.....	23
Tab. IV.	Hodnoty citlivosti D- Link DWL 520+.....	25
Tab. V.	Vypočtené hodnoty pro konfiguraci APOD.....	26
Tab. VI.	Vypočtené hodnoty pro klientskou kartu.....	27
Tab. VII.	Měření všesměrovou anténou.....	31
Tab. VIII.	Měření sektorovou anténou.....	32

SEZNAM PŘÍLOH

P 1 : Úroveň signálu při měření všesměrovou anténou

P 2 : Úroveň signálu při měření sektorovou anténou