

Vybudování a konfigurace bezdrátové sítě v rekreační oblasti

Construction and configuration of wireless network in a recreation
area

Bc. Peter Ušiak

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Peter Ušiak
Osobní číslo: A12428
Studijní program: N3902 Inženýrská informatika
Studijní obor: Počítačové a komunikační systémy
Forma studia: prezenční

Téma práce: Výbudování a konfigurace bezdrátové sítě
v rekreační oblasti

Téma anglicky: The Construction and Configuration of a Wireless Network in
a Recreation Area

Zásady pro vypracování:

1. Popište lokalitu instalace a požadavky na síť.
2. Navrhněte možná technická řešení.
3. Popište postup výstavby sítě.
4. Popište konfiguraci celé sítě a její zabezpečení.
5. Uveďte cenovou rozvahu řešení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. TRULOVE, James. Síť LAN: hardware, instalace a zapojení. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 384 s. ISBN 978-802-4720-982.
2. ODOM, Wendell, Rus HEALY a Naren MEHTA. Směrování a přepínání sítí: autorizovaný výukový průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 879 s. ISBN 978-802-5125-205.
3. LUDVÍK, Miroslav a Bohumír ŠTĚDRŮŇ. Teorie bezpečnosti počítačových sítí. Vyd. 1. Kralice na Hané: Computer Media, 2008, 98 s. ISBN 978-808-6686-356.
4. CARROLL, Brandon. Bezdrátové sítě Cisco: autorizovaný výukový průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 478 s. ISBN 978-80-251-2884-8.
5. HOLT, Alan a Chi-Yu HUANG. 802.11 wireless networks: security and analysis. London: Springer, 2010, xxi, 212 s. ISBN 978-1-84996-275-9.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Korbel, Ph.D.

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání diplomové práce:

7. února 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

27. května 2014

Ve Zlíně dne 7. února 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Karel Vlček, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práca je zameraná na problematiku navrhnutia a výstavby počítačovej siete v rekreačnej oblasti predovšetkým bezdrôtovým prenosom. Základnou myšlienkou je túto sieť prevádzkovať formou hotspot-u a poskytovania služby pripojenia k celosvetovej sieti Internet.

V teoretickej časti sa práca zameriava objasnením a definovaním jednotlivých prvkov použitých pri výstavbe, popisu počítačových sietí, ich topológií a detailnejším oboznámením problematiky bezdrôtových technológií v oblasti počítačových sietí. V praktickej časti je rozoberaná presná technická časť výstavby siete, konfigurácie jednotlivých aktívnych prvkov, montáže bezdrôtových zariadení a ich vzdialená správa spolu s ďalším možným rozšírením tejto siete.

Kľúčové slová: hotspot, Internet, WiFi, počítačová sieť, LAN, IEEE 802.11

ABSTRACT

Master`s thesis is focused on the issues of proposing and construction of a computer network in the recreation area, especially by wireless transmission. The basic idea for this is to operate the network like a hotspot and provide services for connection to the Internet.

In the theoretical part is thesis focused for clarification and defining the various components used in the construction, description of computer networks, their topologies and detailed explanation about the issue of wireless technologies in the field of computer networks. Practical part contains technical description of construction of the network, configuration of the individual active components, installation of wireless and their remote management along with other possible extension of this network.

Keywords: hotspot, Internet, WiFi, computer network, LAN, IEEE 802.11

Týmto by som chcel poďakovať vedúcemu diplomovej práce Ing. Jiřímu Korbelovi, Ph.D., za poskytnutie možnosti pracovať na tejto téme diplomovej práce, jeho cenné pripomienky a čas ktorý mi venoval. Taktiež za poskytnutie vhodných publikácií potrebných pri vypracovávaní práce.

Ďalej patrí poďakovanie kolegom za morálnu, technickú či finančnú podporu pri budovaní praktickej časti projektu.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČASŤ	CHYBA! ZÁLOŽKA NIE JE DEFINOVANÁ.
1 POČÍTAČOVÁ SIETĚ	11
1.1 KLASIFIKÁCIA POČÍTAČOVÝCH SIETÍ.....	11
1.1.1 Delenie podľa postavenia uzlov.....	11
1.1.2 Delenie podľa rozľahlosti.....	12
1.2 SIETĚOVÝ HARDWARE.....	13
1.2.1 Aktívne sieťové prvky.....	14
1.2.2 Pasívne sieťové prvky.....	14
2 BEZDRÔTOVÉ SIETE IEEE 802.11	15
2.1 DOSIAHNUTIE ŠÍRKY PÁSMA POMOCOU RF SIGNÁLOV.....	15
2.2 NELICENCOVANÉ FREKVENČNÉ PÁSMA.....	16
2.2.1 Pásmo 2,4 GHz.....	17
2.2.2 Pásmo 5 GHz.....	17
2.3 POUŽÍVANÉ MODULÁCIE 802.11.....	17
2.4 ŠTANDARDY WLAN A REGULAČNÉ ORGÁNY PRE EURÓPU.....	20
2.4.1 ETSI.....	20
2.4.2 IEEE.....	20
2.5 VÝKONY A LIMITY V SLOVENSKEJ REPUBLIKE.....	20
2.6 TOPOLOGIE 802.11.....	22
2.6.1 Ad-hoc.....	22
2.6.2 Infraštruktúra.....	23
2.7 FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE BEZDRÔTOVÉ PRENOSY.....	24
2.8 PRINCÍPY ČINNOSTI ANTÉN.....	27
2.8.1 Polarizácia.....	27
2.8.2 Najbežnejšie typy antén.....	28
2.9 FRESNELOVA ZÓNA.....	31
II PRAKTICKÁ ČASŤ	32
3 ZÁMER VYBUDOVANIA A POŽIADAVKY NA SIETĚ	33
4 POPIS LOKALITY	34
4.1 AIRLINK.....	36
4.2 JEDNOTLIVÉ NÁVRHY TECHNICKÉHO RIEŠENIA SIETE.....	36
4.3 NÁVRH RIEŠENIA A.....	37
4.4 NÁVRH RIEŠENIA B.....	42
4.5 NÁVRH RIEŠENIA C.....	46
4.6 ZHODNOTENIE A VÝBER REALIZOVANÉHO TECHNICKÉHO RIEŠENIA.....	50
5 SW A HW VYBAVENIE	53
5.1 POUŽITÝ SOFTWARE.....	53
5.1.1 AirControl.....	53
5.1.2 Mobilné aplikácie.....	54
5.1.3 AirView.....	56

5.2	POUŽITÉ HW ZARIADENIA	57
6	POSTUP VÝSTAVBY SIETE	64
6.1	UMIESTNENIE A MONTÁŽ ZARIADENÍ.....	64
6.1.1	RACK-ová skriňa.....	64
6.1.2	AirControl Server - východzí vysielací bod.....	66
6.1.3	1. Chrbticový uzol.....	67
6.1.4	2. Chrbticový uzol.....	68
6.1.5	3. Chrbticový uzol.....	70
6.1.6	Hotspot - pokrytie oblasti Dubník 1.....	71
7	KONFIGURÁCIA ZARIADENÍ A BEZPEČNOST'	73
7.1	MIKROTIK RB750	73
7.2	KONFIGURÁCIA UBNT ZARIADENÍ	76
8	SPRÁVA, ÚDRŽBA ZARIADENÍ A SYSTÉMU.....	79
8.1	SPRÁVA CPE ZARIADENÍ POMOCOU AIRCONTROL V2.....	79
9	CENOVÁ ROZVAHA – EKONOMIKA CELÉHO RIEŠENIA.....	80
10	PLÁNOVANÉ ROZŠÍRENIE A VYLEPŠENIE REALIZOVANÉHO RIEŠENIA SIETE	82
	ZÁVER	84
	ZÁVER V ANGLIČTINE.....	85
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....	86
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	88
	ZOZNAM OBRÁZKOV	90
	ZOZNAM TABULIEK	93
	ZOZNAM PRÍLOH.....	94

ÚVOD

V dnešnom modernom svete informačných technológií sa dá považovať takmer za samozrejmosť, že väčšina ľudí má prístup k celosvetovej sieti Internet. Bez ohľadu na to, či sa jedná o činnosť v rámci záľuby, rozširovania si vedomostí pri čítaní rôznych webových článkov, komunikácie s ostatnými, prípadne v neposlednom rade v súčasnosti takmer nutnosť nepretržitého prístupu na email, v rámci zamestnania mať prístup k firemným dátam a pod.

V súčasnosti už existuje nespočetné množstvo zariadení v rôznych odvetviach, ktoré dokážu zaznamenávať, komunikovať a odosielať informácie cez počítačovú sieť, resp. cez Internet. Jedná sa napríklad o webové kamery, rôzne dátové úložiská, terminály, rôzne meracie zariadenia, tablety, notebooky ale hlavne najčastejšie používané chytré telefóny. Možnosti pripojenia takýchto zariadení je viacero, či už sa jedná o pevné pripojenie v domácnosti, vo firme, prípadne bezdrôtové či mobilné pripojenie pomocou mobilného operátora. No napriek tomu, že komunikačné technológie neustále napredujú a je možné využívať napr. spomínaný mobilný či bezdrôtový internet v týchto zariadeniach takmer na celom území našej republiky. Reálne majú všetky tieto možnosti pripojenia týkajúce sa pokrytia pomerne veľké medzery, kde sa signál pokrytia Internetu vôbec nenachádza, alebo poskytuje veľmi pomalé až takmer nepoužiteľné rýchlosti pripojenia. Navyše najčastejším problémom, ktorý sa skrýva pod mobilným pripojením je nežiadaná obmedzenosť dát a prípadné dodatočné priplácanie sa odráža na zdražovaní samotnej služby.

Vyššie spomínané dôvody boli inšpiráciou pre túto diplomovú prácu. Okrem aplikovania a využitia doteraz nadobudnutých vedomostí v danej oblasti, možnosti získania a rozšírenia ďalších skúseností je možné výsledky, ktoré sú opísané v praktickej časti tejto práce, využiť pri realizácii iných projektov podobného charakteru.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POČÍTAČOVÁ SIETĚ

Pod pojmom *počítačová sieť* definujeme súhrnné označenie pre technické prostriedky realizujúce spojenie a výmenu informácií medzi zariadeniami, ktoré sú schopné tento prenos informácií vykonávať a komunikovať s inými zariadeniami. Umožňujú teda užívateľom komunikáciu podľa určitých pravidiel, poskytovanie služieb, zdieľanie informácií a pod.

História samotných sietí siaha až do 60. rokov 20. storočia, kedy vznikli prvé pokusy komunikácie medzi počítačmi. Následne sa postupom vyvíjali celé rady sieťových technológií, ktoré vyústili v súčasnosti v ich spájanie do globálnej celosvetovej siete nazývanej Internet, používajúc sadu protokolov TCP/IP.

1.1 Klasifikácia počítačových sietí

Vo všeobecnosti môžeme siete klasifikovať na základe rôznych hľadísk, ktoré následne tvoria akúsi logickú štruktúru, z ktorej daná sieť vychádza. Každé toho delenie má určitý význam z pohľadu fungovania a vytvára prehľad ako konkrétna sieť funguje, aké možnosti bude poskytovať a pod.

1.1.1 Delenie podľa postavenia uzlov

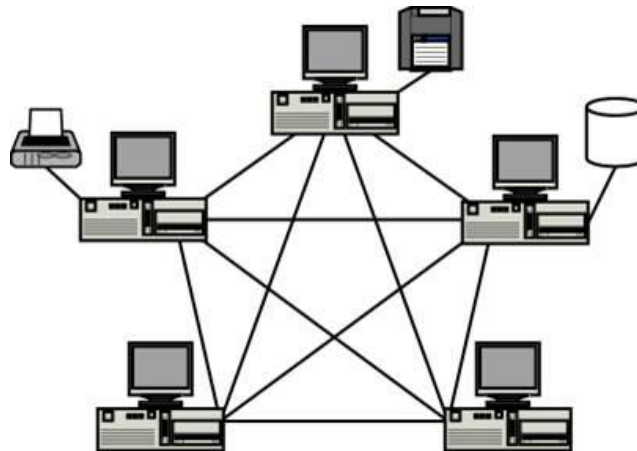
1) Peer-to-peer

Jedná sa o jednoduchý a priamy spôsob sietí, ktoré prepojuje počítače a umožňuje tak základné zdieľanie súborov. Nie sú tu žiadne vyhradené servery a medzi počítačmi neexistuje žiadna hierarchia. Pretože sú všetky počítače rovné, označujú sa peer (druhovia). Každý počítač súži ako klient aj server a nie je žiadny administrátor zodpovedný za celú sieť.

Zabezpečenie je skutočnou slabou stránkou prostredia peer-to-peer. Všeobecne spočíva zabezpečenie (ochrana dát a pod.) v tomto type sietí v nastavení hesla pre zložku. Všetci užívatelia siete nastavujú svoje vlastné zabezpečenie a zdieľané prostriedky môžu existovať na ktoromkoľvek PC. To má veľký vplyv na zabezpečenie siete, pretože niektorí užívatelia nemusia implementovať vôbec žiadne prostriedky zabezpečenia. Na základe týchto aspektov je sieť výhodná pre riešenia keď:

- Je len malý počet užívateľov
- Užívatelia zdieľajú svoje prostriedky, ale neexistujú špecializované servery

- Zabezpečenie nie je považované za problém
- Sa predpokladá, že organizácia (a sieť) bude rásť len obmedzene

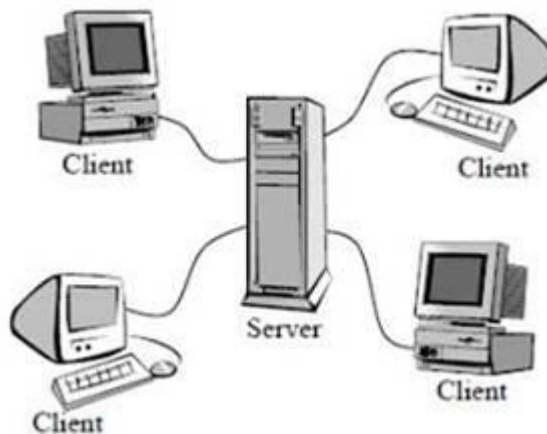


Obrázok 1 – Peer-to-peer [15]

2) Klient-server

Klient-server je typ siete, v ktorej je jeden počítač (server), alebo viacej počítačov (niekoľko serverov) nadradený inému, či niekoľkým počítačom (klientom). Server poskytuje služby klientom.

Serverov môže byť viacero typov, podľa poskytovaných služieb (napr.: súborový server, tlačový server, poštový server, webový server atď.). Delenie podľa druhov prenášaného signálu. [6]



Obrázok 2 – Klient-server [15]

1.1.2 Delenie podľa rozľahlosti

Na základe rozľahlosti a následne aj podľa účelu sietí sú rozdelené do štyroch základných skupín:

- 1) **PAN** – taktiež nazývaná osobná, veľmi malá počítačová sieť používaná pre prepojenie osobných elektronických zariadení typu mobilný telefón, PDA, notebook atď., rozľahlosť je najmenšia, príkladom sú Bluetooth, IrDA a ZigBee
- 2) **LAN** – lokálna počítačová sieť spájajúca uzly v rámci jednej budovy, alebo niekoľko blízkych budov vo vzdialenosti stovky metrov až kilometrov (v prípade optickej siete), rozľahlosť väčšia ako PAN a menšia ako MAN, najpoužívanejším typom je *Ethernet*

Medzi LAN siete patrí:

- IEEE 802.3 (Ethernet, Fast Ethernet a Gigabit Ethernet)
 - IEEE 802.4 (Token Bus)
 - IEEE 802.5 (Token Ring)
 - IEEE 802.11 (Bezdrôtové siete WiFi)
 - Ďalšie...
- 3) **MAN** – metropolitná sieť prepájajúca lokálne siete v mestskej zástavbe, slúžiaca hlavne pre prenos dát, zvuku, a obrazu, spája vzdialenosti rádovo desiatok až stoviek kilometrov, rozľahlosť väčšia ako LAN a menšia ako WAN
 - 4) **WAN** – tzv. rozľahlá sieť spájajúca LAN a MAN siete, má najväčšiu rozľahlosť napr. celého štátu, kontinentu a pod.

Medzi WAN siete patrí:

- ISDN
- X.25
- Frame Relay
- ATM
- WiMAX
- Ďalšie...

1.2 Sieťový hardware

Za sieťový hardware sa považuje každé zariadenie, ktoré slúži ku vzájomnému prepojeniu v počítačových sieťach.

Aktívny sieťový prvok je zariadenie v sieti, ktoré nejakým spôsobom aktívne pôsobí na prenášané signály (zosilňuje, prípadne rôzne modifikuje). Naopak medzi pasívne prvky sa radia predovšetkým dátové rozvádzače, ktoré fyzicky prenášajú dáta do PC, a nijak nemodifikujú ani nezosilňujú prenášaný signál.

1.2.1 Aktívne sieťové prvky

- 1) **Opakovač** – tiež zosilňovač je elektronický aktívny prvok, ktorý prijíma skreslený, zašumený, alebo inak poškodený signál. Jeho úlohou je teda opravovať, zosilňovať, správne časovať a v takom stave ho posielat' ďalej do siete. Týmto zabezpečuje zvýšenie dosahu média bez straty a obsahu signálu
- 2) **Hub** - tiež nazývaný rozbočovač je prvok, ktorý umožňuje vetvenie siete a je základom hviezdicovej topológie. Chová sa ako opakovač. Tzn., že všetky dáta, ktoré prídu na jeden z portov skopíruje na všetky ostatné porty, bez ohľadu na to ktorému portu (PC alebo IP adrese) dáta v skutočnosti patria. Nijako neriadi prevádzku, ktorá cez neho prechádza.
- 3) **Switch** – tiež nazývaný prepínač je prvok prepájajúci jednotlivé segmenty siete. Switch obsahuje väčšie množstvo portov, na ktoré sa pripájajú sieťové zariadenia, alebo časti siete. Na rozdiel od zariadenia HUB-u, switch rozhoduje na ktorý porty budú dáta odosielané. Switch teda zabezpečuje oddelenie siete na jednotlivé segmenty v rámci 2. vrstvy ISO/OSI modelu a tým vyšší výkon siete.
- 4) **Bridge** – tiež nazývaný most je zariadenie, ktoré spojuje dve časti siete na druhej linkovej vrstve modelu ISO/OSI. Most je pre protokoly vyšších vrstiev transparentný, oddeľuje prevádzku rôznych segmentov siete a tým znižuje zaťaženie siete.
- 5) **Router** – nazývaný tiež smerovač je prvok v sieti, ktorý procesom nazývaným routovanie preposiela datagramy smerom k ich cieľu. Routovanie prebieha na 3. vrstve modelu ISO/OSI. Toto zariadenie vo všeobecnosti zastáva v počítačových sieťach veľa funkcií poskytujúce na základe možností daného HW a SW smerovača, spájanie sietí na tretej vrstve modelu ISO/OSI a teda tvoria vstupnú, resp. výstupnú bránu do siete. [6]

1.2.2 Pasívne sieťové prvky

Do pasívnych sieťových prvkov siete sa zaraďujú najmä dátové rozvádzače, ktoré fyzicky prenášajú dáta do počítača. Nijakým spôsobom teda nemenia ani neovplyvňujú prenos dát.

Medzi tieto prvky patria: Káble (optické, koaxiálne, UTP, FTP ...), Konektory, Rozvádzače, Spojky, Zásuvky, atď.

2 BEZDRÔTOVÉ SIETE IEEE 802.11

Aj keď sa bezdrôtové siete začali na trhu presadzovať až po roku 1990, samotná technológia v skutočnosti existovala už okolo roku 1800. Vtedy hudobník a astronóm William Herschel objavil existenciu infračerveného svetla a jeho pôsobnosť za hranicou ľudského videnia. Objav infračerveného žiarenia viedol k teórii elektromagnetických vln, ktorá bola podrobne preskúmaná Jamesom Maxwellom. Veľa jeho objavov bolo založených na výskumoch prevedených Michaelom Faradayom a André-Marie Ampérom, čo boli jeho predchodcovia. Heinrich Hertz potom na základe Maxwellových objavov dokázal, že elektromagnetické vlny sa pohybujú rýchlosťou svetla a že pomocou týchto vln môže byť prenášaná elektrina.

Tu sa stretáva súvislosť s bezdrôtovými sieťami (WLAN). Na bežnej sieti LAN sú dáta prenášané vo forme elektrických signálov napr. pomocou káblov ethernetovej siete. Objav H. Hertza otvoril možnosti pre prenos rovnakých dát v podobe elektrických signálov vzduchom. Podstata vzťahu medzi WLAN a spomínanými objavmi je teda v tom, že WLAN je v podstate LAN, ktorá pre prenos dát medzi dvoma zariadeniami nepotrebuje káble. Tento typ prenosu signálu sa označuje ako RF, teda rádiová frekvencia ktorá má za účel posielat' čo najviac dát na čo najväčšiu vzdialenosť a čo najvyššou rýchlosťou. [4]

2.1 Dosiahnutie šírky pásma pomocou RF signálov

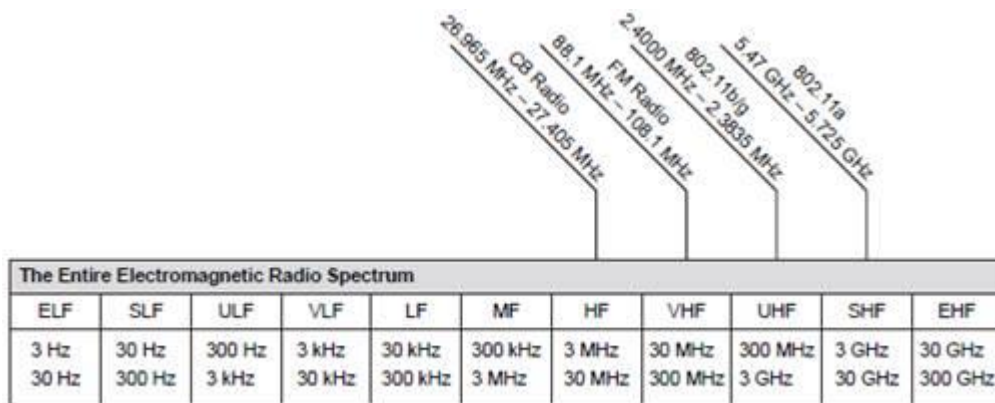
Za účelom posielania dát vyvinula org. IEEE špecifikáciu 802.11, ktorá definuje half-duplexové operácie s využitím rovnakej frekvencie pre operácie odosielania aj prijímania dát po sieti WLAN. Pre štandardy 802.11 nie su potreba žiadne licencie, avšak musíme dodržiavať pravidlá stanovené org. ETSI (správa frekvencií, úrovne výkonu, prenosové technológie a atď.).

Aby bolo možné z RF signálu získať patričnú šírku pásma musia byť dáta posielané v podobne elektrických signálov pomocou jednej z emisných metód. Jedna z nich je označovaná ako typ „*spread spectrum*“ (rozpestrené spektrum). Aby mohli byť dáta vložené do podoby RF signálu, musí byť použitá modulačná technika. Modulácia je pridaním dát k prenosovému signálu. [4]

2.2 Nelicencované frekvenčné pásma

Ak hovoríme o šírke pásma bezdrôtovej siete, štandardnou mernou jednotkou je herz (Hz). Herz udáva počet cyklov za sekundu (1Hz = 1 cyklus).

Obrázok 3 predstavuje celé elektromagnetické spektrum, ktoré sa rozprestiera od extrémne nízkych frekvencií (ELF) po extrémne vysoké (EHF). Dáta však nie su prenášané v žiadnom z týchto rozsahov, ale v skutočnosti v rozsahu frekvencií 900 Mhz, 2,4 GHz a 5 GHz. Tým sa zaraďujú do kategórie UHF, alebo SHF. [4]



Obrázok 3 – Elektromagnetické spektrum [4]

Tabuľka 1 obsahuje zoznam rozsahov, ktoré môžu byť používané v Európe, USA a Japonsku.

Tabuľka 1 – použiteľné frekvenčné pásma v EU, USA a Japonsku

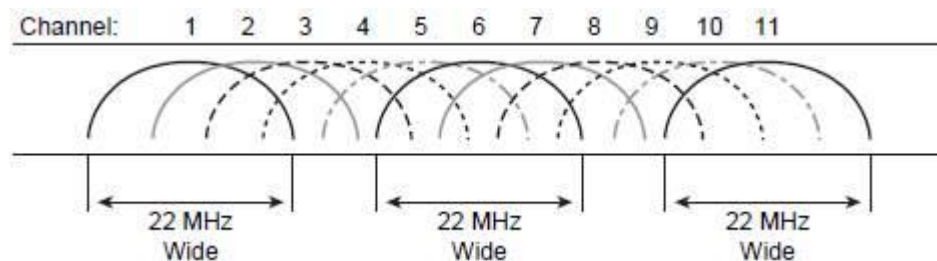
Európa	USA	Japonsko	FREKVENCIE
2,4 GHz	900MHz		
	2,4 GHz ISM		2,0 – 2,4835 GHz
		2,4 GHz	2,0 – 2,495 GHz
CEPT A	UNII-1	5,15 – 5,25 GHz	5,15 – 5,25 GHz
CEPT A	UNII-2		5,25 – 5,35 GHz
CEPT B	UNII-2 Extended		5,47 – 5,7253 GHz
	ISM		5,725 – 5,850 GHz
		5,0 GHz	5,038 – 5,091 GHz
		4,9 GHz	4,9 – 5,0 GHz

V Európe sú využívané pásma 2,4 a 5,0 GHz nazývané *Conference of European Post and Telecommunication (CEPT)*.

2.2.1 Pásmo 2,4 GHz

Rozsah 2,4 GHz je asi najpoužívanejší frekvenčný rozsah v sieťach WLAN, ktoré je využívané štandardmi IEEE 802.11, 802.11b, 802.11g, 802.11n. Môže byť rozdelené do niekoľkých kanálov v rozmedzí frekvencie 2,4 GHz – 2,48,2 GHz. V Európe sa používa 11 kanálov, pričom každý z nich má šírku 22 MHz. Niektoré kanály sa prekrývajú s inými, čím spôsobujú interferenciu. Preto sa v skutočnosti z pravidla na zariadeniach napevno nastavujú kanály tak, aby sa používal iba jeden z troch najpoužívanejších 1,6 a 11. Tieto tri sa navzájom neprekrývajú.

V tomto rozsahu sú definované rýchlosti prenosu 1 Mb/s, 2 Mb/s, 5,5 Mb/s a 11 Mb/s. [4]



Obrázok 4 – Kanály pracujúce na frekv. 2,4 GHz [4]

2.2.2 Pásmo 5 GHz

Rozsah 5 GHz je používaný štandardom 802.11a a návrhom štandardu 802.11n. Štandard 802,11a používa rýchlosti prenosu dát od 6 Mb/s do 54 Mb/s. Pásmo 5 GHz je taktiež rozdelený na niekoľko kanálov, pričom šírka týchto kanálov je 20 MHz. Celkom existuje 23 neprekrývajúcich kanálov v tomto rozsahu. [4]

2.3 Používané modulácie 802.11

Pojem modulácia vyjadruje pozmenenie signálu alebo tónu nazývaného *prenosový signál*. Procesom nazývaným *kódovanie* sú k tomuto prenosovému signálu pridávané dáta.

Bezdrôtové siete používajú rôzne modulačné techniky vrátane týchto:

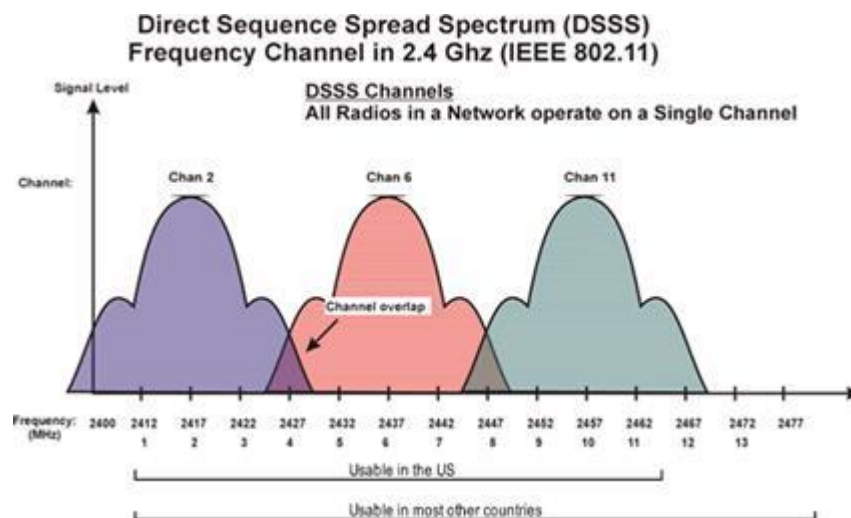
- **FHSS** (Frequency Hopping Spread Spectrum)

Je nenáročné na spracovanie signálu, avšak náchylné na správnu časovú synchronizáciu. Ide o moduláciu na princípe frekvenčných preskokov – systém raz

za cca 400 ms náhodne preskočí na inú frekvenciu, teda celkom 79 nezávislých kanálov. Toto ma za následok vysokú odolnosť proti rušeniu, ale taktiež nízku priepustnosť maximálne 2 Mbps.

- **DSSS** (Direct Sequence Spread Spectrum)

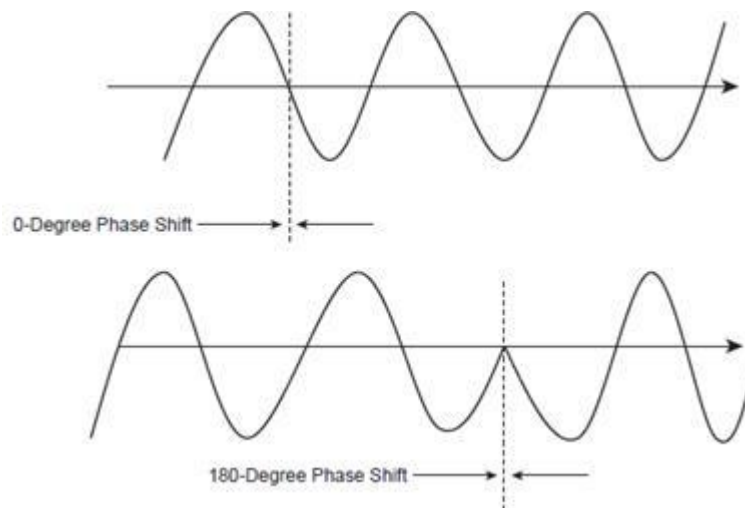
DSSS je modulačná technika používaná pre prenos dát zariadeniami štandardu 802.11b. Prenášaný signál je rozložený naprieč celým používaným frekvenčným spektrom. Napríklad prístupový bod prenášajúci dáta na kanále 1 rozloží prenosový signál naprieč 22 Mhz kanálom v rozsahu 2,401 – 2,423 GHz.



Obrázok 5 – Modulácia DSSS [7]

- **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

OFDM nie je považované za technológiu rozloženého spektra, ale používa sa pre moduláciu na bezdrôtových sieťach. S využitím OFDM môžeme dosiahnuť najvyšších prenosových rýchlostí s maximálnou odolnosťou voči poškodeniu dát spôsobenú interferenciou. V OFDM je definované niekoľko kanálov s frekvenčnými rozsahmi. Tieto kanály sú ďalej rozdelené do väčšieho počtu pomocných nosných vln s menšou šírkou pásma. Kanály majú šírku 20 MHz a pomocné nosné vlny 300 kHz, čo nám dáva k dispozícii 52 pomocných nosných vln na jeden kanál.

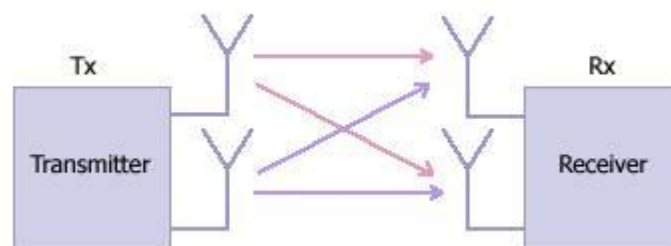


Obrázok 6 – Kódovanie pomocou fázového posunu [4]

Každá z pomocných vln umožňuje len nízku rýchlosť prenosu dát, avšak dáta sú odosielané paralelne prostredníctvom všetkých vln naraz. Takto môžeme dosiahnuť oveľa vyšších prenosových rýchlostí. Tento typ modulácie je využívaný štandardmi 802.11g a 802.11a. [4]

- **MIMO** (Multiple-Input Multiple-Output)

MIMO je technológia, ktorá využívaná v novej špecifikácii štandardu 802.11n. Zariadenia, ktoré využívajú technológiu MIMO, používajú niekoľko antén pre príjem signálu (väčšinou dve alebo tri) a taktiež niekoľko antén pre vysielanie signálu. Technológia MIMO ponúka dátové prenosy rýchlosťou až 100 Mb/s pomocou simultánneho multiplexingu dátových prúdov na jednom kanále. Inak povedané, pokiaľ chceme dátové prenosy rýchlejšie ako 100 Mb/s, odosiela sa jedným kanálom viacej dátových prúdov. Pomocou pokročilého spracovania signálu môžu byť dáta obnovené aj potom, ako boli odoslané dvoma alebo viacerými prúdmi. [4]



Obrázok 7 – Technológia MIMO [16]

2.4 Štandardy WLAN a regulačné orgány pre Európu

2.4.1 ETSI

European Telecommunication Standards Institute je nezisková organizácia stanovujúca štandardné frekvencie a úrovne výkonu v Európe a veľa ďalších krajín. Na základe nariadení pochádzajúcich od Európskej komisie ETSI definuje rôzne štandardy. Podľa informácií z webových stránok ETSI má táto organizácia takmer 700 členov v 60 krajinách.

ETSI má taktiež štandardy, resp. pravidlá pre maximálny výstup zariadení pracujúcich na frekvenciách 2,4 GHz. ETSI definuje 20 dBm EIRP pri pripojení point-to-multipoint a maximálny vysielač výkon 17 dBm pre pripojenie point-to-point a zisk 3 dBi.

2.4.2 IEEE

Institute of Electrical and Electronics Engineers je nezisková organizácia s viacej než 370 000 členmi po celom svete. Má 319 oddelení v 10 geografických oblastiach.

Činnosť IEEE je zameraná na formuláciu a podporu medzinárodne uznávaných noriem. Je venovaná štandardom, ktoré majú nejaký vzťah k bezdrôtovým technológiám. Medzi nimi môžeme nájsť informácie o protokoloch 802 ako napr.:

- 802.11 – pracovná skupina pre bezdrôtové siete LAN
- 802.15 – pracovná skupina pre bezdrôtové siete PAN
- 802.16 – pracovná skupina pre štandardy širokopásmového bezdrôtového prístupu

Táto práca sa zameriava predovšetkým na protokoly 802.11g a 802.11n, ktoré sú určené pre bezdrôtové siete LAN. [4]

2.5 Výkony a limity v Slovenskej republike

Dosah akéhokoľvek rádiového spojenia je založený na jedinom princípe – úroveň signálu, ktorý vychádza z výstupu vysielača môže po ceste poklesnúť natoľko, aby bola na výstupe prijímača vyššia než je jeho citlivosť (teda schopnosť ho ešte spracovať).

Pri bezdrôtových sieťach v bezlicenčnom pásme je pri plánovaní bezdrôtových spojov dôležité obmedzenie: *Úroveň vysielačného signálu na výstupe z antény nesmie presiahnuť určitú maximálnu hodnotu.* Tá je v Slovenskej republike stanovená Slovenským telekomunikačným úradom v tzv. *všeobecných povoleniach č. VPR – 17/2012* a *č. VPR –*

35/2012. Tieto Všeobecné povolenia vydal Slovenský telekomunikačný úrad na základe zákona č. 351/2011 Z.z. o elektronických komunikáciách a platia pre zariadenia pracujúce v pásmach 2,4 GHz a 5 GHz, kde bolo stanovené:

Tabuľka 2 – Podmienky využívania frekvencie 2,4 GHz [17]

VPR – 17/2012				
Frekvenčné pásmo	Výkon	Anténa	Kanálový rozostup	Pracovný cyklus (%)
2 400 – 2483.5 MHz	<p>100 mW e.i.r.p.</p> <p>Pre iné ako FHSS je maximálna spektrálna výkonová hustota obmedzená na – 20 dBW/1 MHz.</p> <p>Pre FHSS je maximálna spektrálna výkonová hustota obmedzená na – 10 dBW/100 kHz.</p>	Integrovaná (Bez externého anténneho konektora) alebo určená výrobcom .	Nie je určený – môže byť použité celé pásmo. Minimálna prenosová rýchlosť je 250 kbit/s.	Nie je určené

Tabuľka 3 – Podmienky využívania frekvencie 5 GHz [17]

VPR – 35/2012				
Označenie	Frekvenčné pásmo [MHz]	Max. stredný e.i.r.p. [mW]	Použitie	Maximálna stredná spektrálna hustota e.i.r.p. (mW/MHz)
A	5150 – 5250	200	Len vo vnútorných priestoroch (indoor only)	10 mW/1MHz e.i.r.p.
B	5250 – 5350	200	Len vo vnútorných priestoroch (indoor only)	10 mW/1MHz e.i.r.p.
C	5470 – 5725	1000	Vo vnútorných a vonkajších priestoroch (outdoor, indoor)	50 mW/1MHz e.i.r.p.

Výkony WiFi zariadení sú udávané rovnako ako u väčšiny vysokofrekvenčných zariadení v dBm (decibelmilliwatt). Výpočet dBm je podľa nasledujúceho vzorca $P_{dBm} = 10 \log(P_w * 1000)$, ktorý slúži na prevod Wattov na dBm.

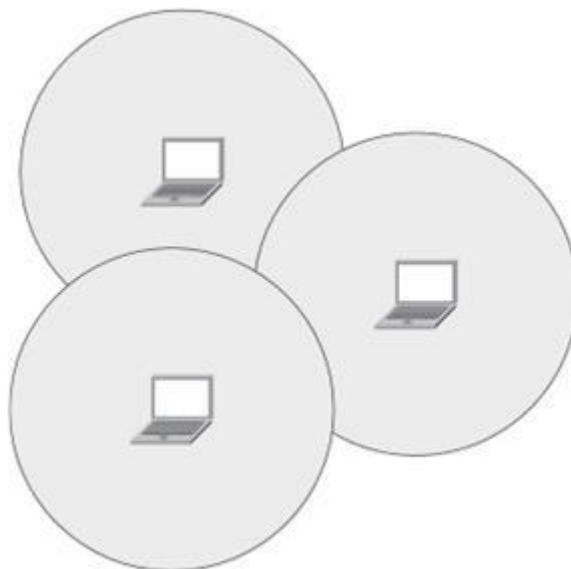
P_w je výkon vysielajúceho zariadenia udávaný vo wattoch. Pokiaľ má teda prístroj výkon 1 mW, rovná sa to teda výkonu 0 dBm, 17 dBm odpovedá výkonu 50 mW a 20 dBm výkonu 100 mW (horná hranica stanovená telek. úradom v 2,4 GHz pásme).

Všetky uvedené výkony v mW sú potom **EIRP**, čo je účinný izotropný vyžiarený výkon. EIRP znamená, výkon rádiového signálu vyžarovaného anténou vysielача, ako by bol vyžiarený z bodového zdroja rovnomerne vo všetkých smeroch – izotropicky. [7]

2.6 Topológia 802.11

2.6.1 Ad-hoc

Keď potrebujú dva počítače spolu komunikovať, vytvoria navzájom tzv. *ad hoc* sieť. Ide teda o sieť, ktorá pre komunikáciu nepotrebuje žiadne centrálné zariadenie. Namiesto toho jedno zo zariadení nastaví názov skupiny a parametre rádiového vysielania a druhé sa k nemu pripojí. V takom prípade hovoríme o sieti typu *Basic Service Set* (BSS), ktorá definuje oblasť dosiahnuteľnosti zariadenia. Keďže tento typ siete nepotrebuje na komunikáciu centrálné zariadenie, hovoríme o nezávislej sieti *Independent Basic Service Set* (IBSS). Avšak sieť môže existovať iba v prípade, že zariadenia na seba vidia (viď Obrázok 8).

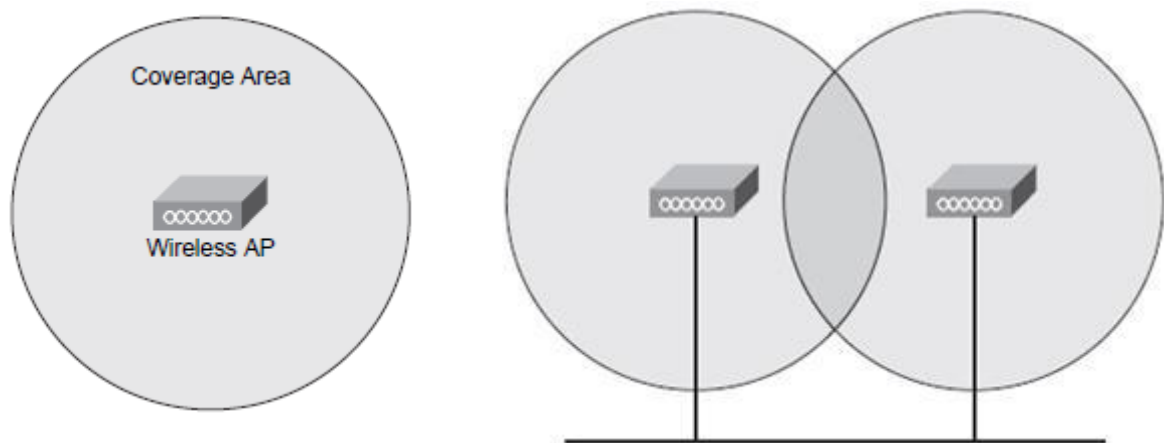


Obrázok 8 – Sieť ad-hoc [4]

Každý z PC má iba jeden rádiový vysielateľ. Priepustnosť je preto nižšia a zariadenie funguje v režime polovičného duplexu – nemôžeme odosielať a prijímať súčasne. V týchto sieťach nemáme príliš veľa vecí pod kontrolou a preto sme u metód ako je autentizácia dost' obmedzení. Navyše potrebujeme určiť, kto zahajuje konverzáciu a kto rozhoduje o poradí komunikácie. [4]

2.6.2 Infraštruktúra

V bezdrôtovej sieti funguje prístupový bod (access point, AP) ako bod pre pripojenie klientov. Prístupový bod tak v podstate tvorí prechod medzi rozbočovačom (hub) a mostom (bridge).



Obrázok 9 – Zákl. oblasť BSA, Spoločný distribučný systém s ESA [4]

Prístupový bod v skutočnosti iba z jedným z typov bezdrôtovej stanice. Z tohto označenia môže vyplývať určitá nejasnosť medzi klientskym bodom a klientom siete. Preto pre ich rozlíšenie nazývame klienta *stanicou* (STA), zatiaľ čo prístupový bod je *zariadením infraštruktúry*.

Ako teda vypadá typická topológia bezdrôtovej siete? Bezdrôtoví klienti sú v nej samozrejme spojení s prístupovým bodom. Oblasť pokrytia jedného AP v bezdrôtovom priestore sa nazýva základná oblasť *Basic Service Area* (BSA – vid'. Obrázok 9).

Ak má AP bod ethernetové pripojenie, tvorí most medzi prevádzkou siete 802.11 od bezdrôtových klientov a prevádzkou pevnej siete 802.3 na strane Ethernetu. Pevná sieť pripojená k ethernetovskému portu prístupového bodu tvoria cestu k radiču bezdrôtovej siete LAN. Klientská prevádzka prechádza týmto radičom a potom sa posielajú ďalej do pevnej siete, označované ako *distribučný systém*. Týmto distribučným systémom sa klient dostáva k Internetu, súborovým serverom, tlačiarňam atď.

Pokiaľ je prístupových bodov v distribučnom systéme pripojených viac (vid'. Obrázok 9), nazývame oblasť pokrytia rozšírenou oblasťou *Extended Service Area* (ESA). [4]

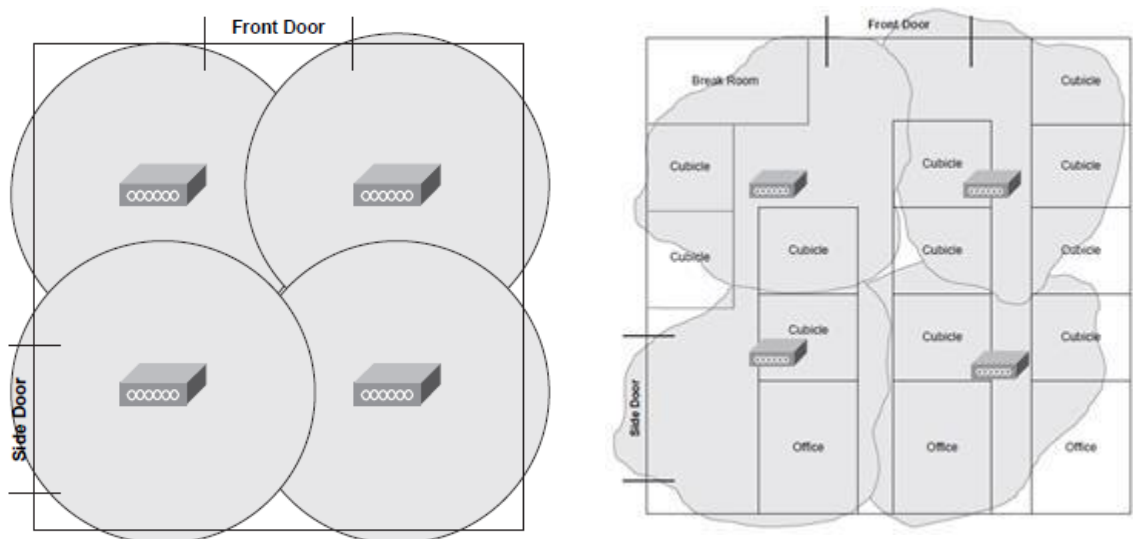
2.7 Faktory ovplyvňujúce bezdrôtové prenosy

V niektorých prípadoch môže vplyv faktorov celkom zastaviť šírenie bezdrôtového signálu, zatiaľ čo iné môžu skrátiť vzdialenosť na ktorú je možné vysielat' signál. Každopádne je dobré poznať tieto faktory, aby bolo možné plánovať a upravovať nasadenie siete.

1) Absorpcia

Faktor, ktorý ovplyvňuje bezdrôtové prenosy pomocou znižovania amplitúdy sa nazýva *pohlcovanie*. Dôsledkom pohlcovania je teplo. Keď niečo pohltí vlnu, vznikne tu teplo (či už vlnu pohltilo čokoľvek). Typickým príkladom je mikrovlnná rúra, kde vlny pohlcuje jedlo a výsledkom je potom zohriate jedlo (vlny sa pohltitím úplne zastavia čo je základný problém absorpcie). Pri pohlcovaní vln pritom nie sú vôbec ovplyvňované hodnoty vlnovej dĺžky ani frekvencie.

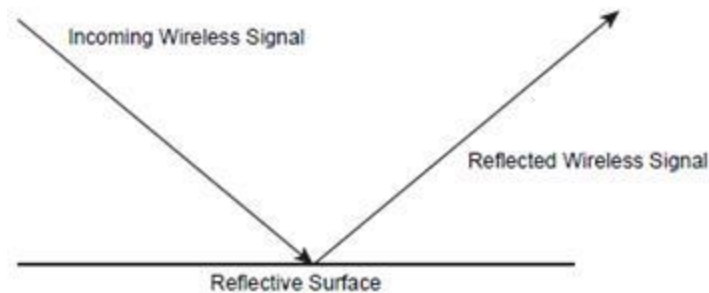
Ako teda ovplyvňuje pohlcovanie WiFi siete môžeme vidieť na Obrázok 10, kde je na ľavej strane vidieť kancelária pred nasťahovaním a pokrytie signálu je dostatočné. Naopak na pravej strane je znázornená po nasťahovaní skriň a vybudovaní priečok, kde je signál pohlcovaný a v niektorých častiach kancelárie už nedostatočný.



Obrázok 10 – Absorpcia pred a po pohltení [4]

2) Odraz

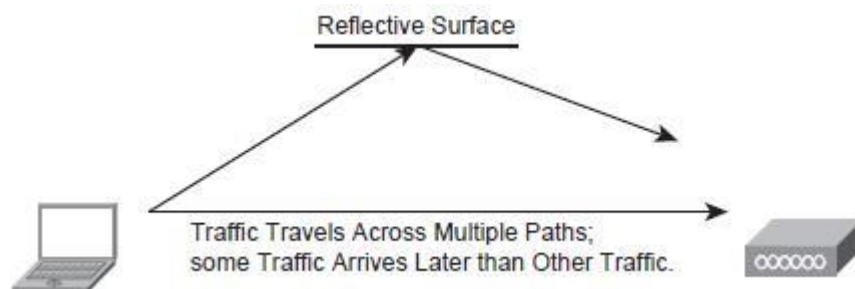
K odrazu dochádza, keď sa signál od niečoho odrazí a ďalej sa šíri iným smerom. Príkladom môže byť namierenie baterky oproti zrkadlu, kedy sa odraz svetla odrazí na opačnú stenu. Podobne ako uvedenom príklade to funguje aj u zdrojov interferencie a je závislý na frekvencií. Tzn. že niektoré predmety odrážajú iba určité frekvencie, iné zase ďalšie atď.



Obrázok 11 – Odraz [4]

3) Problém viacero ciest – Diverzita

Viac cestnosť je faktor ku ktorému dochádza, keď sa časť signálu odrazí a potom dorazí do cieľa mimo poradia ako znázornené na Obrázok 12. Ďalšou vlastnosťou viac cestnosti je, že prijímač môže dostať niektoré časti signálu viackrát (to závisí na vlnovej dĺžke a umiestnení prijímača). Taktiež sa viac cestnosť spája s problémom, že sa signál môže dostať mimo fázu. Keď prijímame mimo fázové signály, môžu sa navzájom vyrušiť a výsledkom potom bude nulový signál.

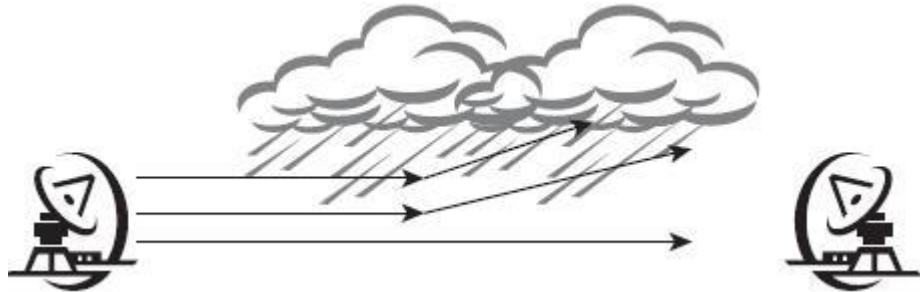


Obrázok 12 – Viac cestnosť [4]

4) Rozptyl

K problému rozptylu bezdrôtového vlnenia dochádza, keď je signál odosielaný veľa smermi. Môže to byť spôsobené objektmi, ktoré síce majú reflexívny povrch, ale ich hrany nie sú ostré (napr.: častice prachu vo vzduchu, vode apod.). Typickým príklad, keď posvietime baterkou na hromadu rozbitého skla. Odrazené svetlo sa šíri veľa cestami. Vo

váčšom meradle v oblasti bezdrôtových sietí táto situácia nastáva v čase, keď prší. Veľké kvapky vody majú schopnosť odrážať a keď vlnenie postupuje týmito mikro časticami, odráža sa do veľa smerov.

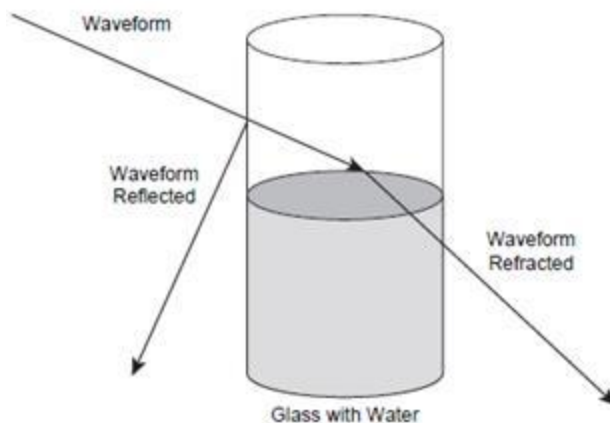


Obrázok 13 – Rozptyl [4]

Rozptyl pôsobí na vlnenie s kratšou vlnovou dĺžkou, pričom konečný efekt závisí na frekvencií. Výsledkom je slabší signál.

5) Lom

Ďalším z faktorov je *Lom*. Je to zmena smeru alebo ohyb vlnenia, ktoré prechádza prostredím s rôznou hustotou. Toto chovanie spôsobuje, že časť signálu je odrazená a časť prejde objektom. Pritom sa zmení smer šírenia signálu čo môžeme vidieť znázornené na Obrázok 14.



Obrázok 14 – Lom [4]

Lom z pravidla najviac ovplyvňuje vonkajší signál, sucho spôsobuje lom od zeme (ako pri prachových časticach) a vlhkosť spôsobuje lom smerom k zemi. [4]

2.8 Princípy činnosti antén

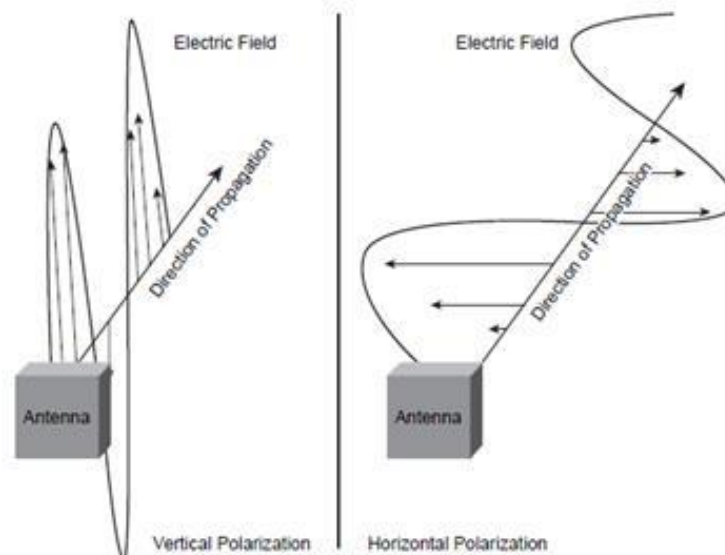
Najdôležitejšia časť bezdrôtových sietí je bez pochyb anténa. Bez nej by sme mali len malý prístupový bod, ktorý by ponúkal svoje sieťové služby len zariadeniam asi do metrovej vzdialenosti. Keďže cieľom je dosiahnuť pokrytie priestoru, k tomu potrebujeme antény. No v skutočnosti to musia byť práve tie správne antény, preto je treba vedieť aké faktory vstupujú do rozhodovania o anténach, čo je hlavne *polarita* a *diverzita*.

2.8.1 Polarizácia

Úlohou antény je emitovať (vyžarovať) elektromagnetické vlny. Výraz „elektro“ v označení „elektromagnetické“ vyjadruje pritom samotnú vlnu a to, že sa môže pohybovať rôznymi smermi. Spôsob jej pohybu je charakterizovaný polarizáciou. Tej existujú tri typy:

- Vertikálna
- Horizontálna
- Kruhová

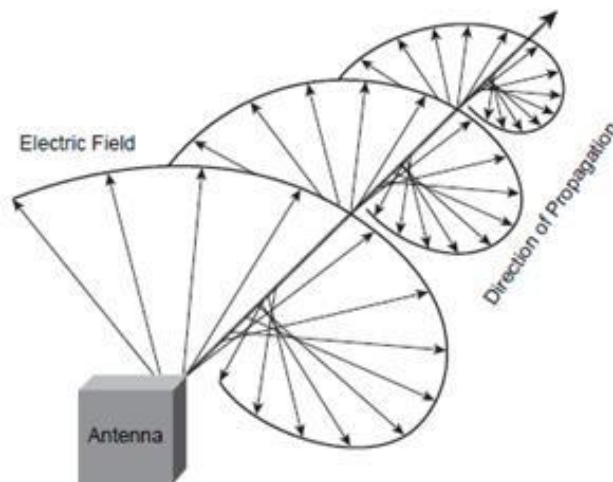
Obrázok 15 naznačuje, že *vertikálna polarizácia* znamená lineárny pohyb hore a dolu. *Horizontálna polarizácia* podobne znamená lineárny pohyb zľava a doprava.



Obrázok 15 – Vertikálna a horizontálna polarizácia [4]

Tretím typom je *kruhová polarizácia* – vlny pri nej behom pohybu vpred rotujú do kruhu, ako to znázorňuje Obrázok 16.

Elektrické pole je generované stacionárnym nábojom, čiže prúdom. Máme tu tiež magnetické pole – preto hovoríme o poli elektromagnetickom. Magnetické pole je kolmé na pole elektrické (zvierajú teda uhol 90°). Toto magnetické pole je generované súčasne s polom elektrickým, ale magnetické pole vzniká pri pohybujúcom sa náboji. Orientácia je dôležitá, pretože anténa je konštruovaná pre šírenie signálu v istom smere. Typickým príkladom je inštalácia dlhej trubicovej antény. Musíme ju inštalovať smerom zhora dolu. Ak by sme ju osadili vodorovne, šíril by sa signál v inom smere a v požadovanom mieste by bol slabý signál.



Obrázok 16 – Kruhová polarizácia [4]

Diverzita sa týka problému viac cestnosti (rozoberaná v stati 2.7 časť 3) a znamená práve zapojenie dvoch antén ku každému rádiovému vysielaču, čím je zabezpečené zvýšenie šance na príjem lepšieho signálu z aspoň jednej antény.

Princíp diverzity: Dve antény sa od seba umiestnia na vzdialenosť jednej vlnovej dĺžky. Ako náhle prístupový bod započuje preambulu rámca, prepne sa medzi oboma anténami a pomocou zvláštneho algoritmu zistí, ktorá z nich má lepší signál. [4]

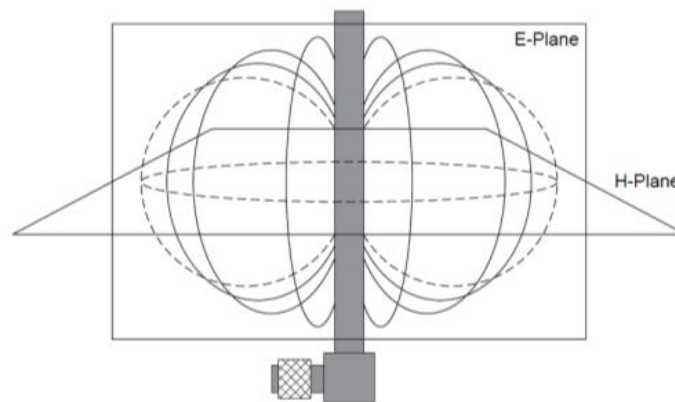
2.8.2 Najbežnejšie typy antén

Dvoma najbežnejšími typmi antén sú *smerové* a *všesmerové*. Obidva typy vysielaajú rovnaké množstvo energie. Rozdiel spočíva len v zameraní lúča. Ak sa pozrieme na smerovú anténu, má v jednom smere zdanlivo silnejší signál, pretože emituje rovnaké množstvo energie. Ak potrebujeme zvýšiť výkon v konkrétnom smere, musíme zvýšiť jej zisk. Uhol pokrytia má každá anténa pevne daný. Antény s vysokým ziskom majú obvykle lepšie sústredený lúč.

1) Všesmerové antény

Oblasť pokrytia antény môžeme stanoviť dvoma spôsobmi. Prvým je umiestniť prístupový bod do daného miesta a prejsť oblasť klientskym zariadením, ktoré zaznamenáva pomer signálu a šumu (SNR) a indikátor sily prijatého signálu (RSSI). To ale môže trvať pomerne dlho, preto sa ponúka druhá o niečo jednoduchšia metóda, ktorú v podstate uvádza výrobca. Obrázok 17 znázorňuje pohľad na dve roviny bezdrôtového signálu. Hovoríme o *horizontálnej*, čiže H-rovine (prípadne *azimutu*) a rovine *nárysu*, čiže E-rovina (prípadne *elevácia*).

Pokiaľ sa v prípade *všesmerových* antén pozrieme zhora (jej H-rovina), vidíme, že sa z nej signál šíri v celých 360° rovnomerne. Vo zvislej (E-rovine) sa signál naopak rovnomerne nešíri a netvorí dokonalých 360° . Fakticky sa jedná o úmysel, kde sa signál šíri len „po jednom poschodí“. Myšlienku môžeme vyjadriť tak, že zo strany na stranu sa signál šíri do väčšej šírky ako zhora nadol. Takže väčšie pokrytie dosahuje prístupový bod na svojom vlastnom poschodí, ako na poschodí nad ním (pod ním).

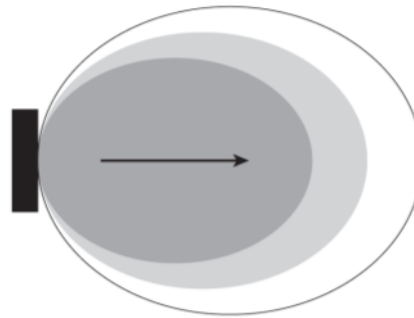


Obrázok 17 – H-rovina a E-rovina [4]

2) Smerové antény

Smerové antény sa obvykle montujú na steny a ich vyžarovacia charakteristika mieri určitým smerom. Úlohou smerovej antény je zaistiť pokrytie takého priestoru, ako sú dlhé chodby, sklady a iné miesta, kde potrebujeme smerovať signál. Vo vonkajšom prostredí ich potom nájdeme na strechách a to vo forme parabolickej antény.

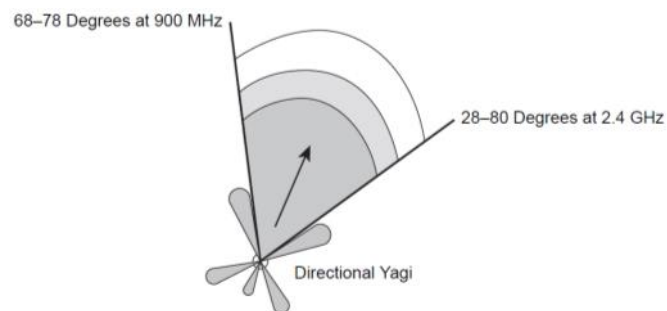
Tento typ antény má vyšší zisk ako všesmerová, ale tvar, resp. vyžarovacia charakteristika je opäť viacej zameraná. Typický príklad vyžarovania smerovej antény znázorňuje Obrázok 18.



Obrázok 18 – Vyžarovacia charakteristika smerovej antény [4]

a. Anténa yagi

Anténa *yagi* je smerová anténa s veľmi úzkou vyžarovacou charakteristikou. Niekedy sa osádzajú niekoľko kusov vedľa seba, kde pokrývajú veľké otvorené priestory.



Obrázok 19 – Vyžarovacia charakteristika antény yagi [4]

b. Parabolická anténa

Parabolické antény majú veľmi úzku trasu a ich vyžarovacia charakteristika je výrazne zameraná. Pri inštalácii je preto potreba veľmi starostlivo dbať na smer. Parabolické antény majú najväčšie uplatnenie v dvoj bodových spojeniach. Pomocou nich môžeme zaistiť vzdialenosti až 40km v pásme 2,4 GHz a 20km v pásme 5 GHz.

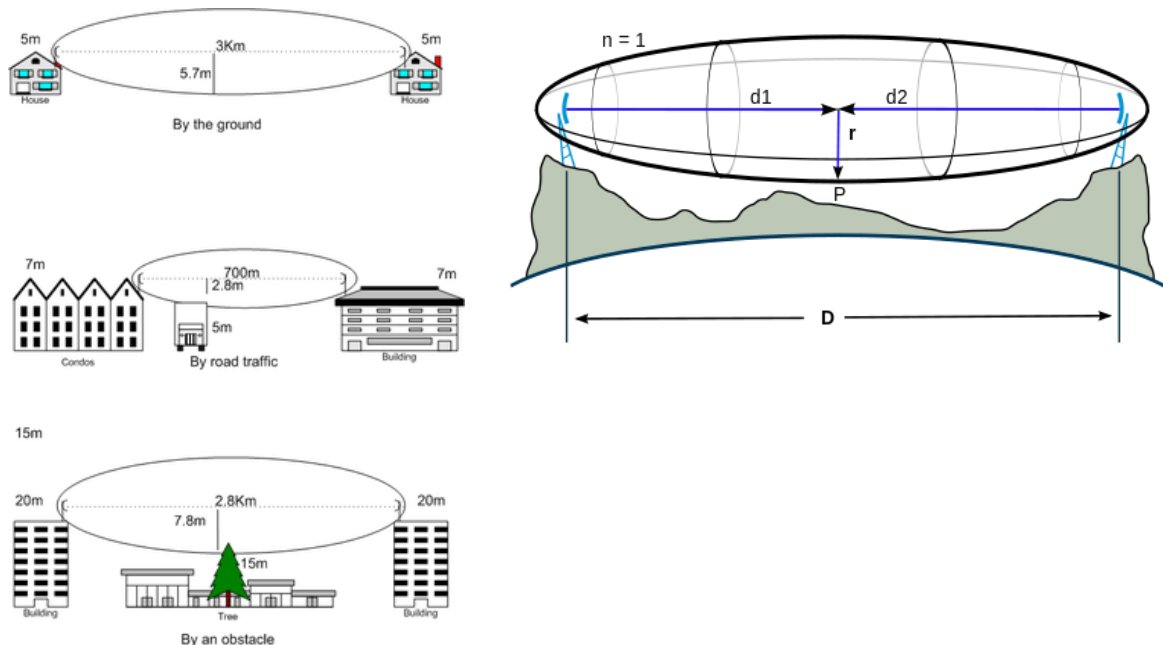


Obrázok 20 – Parabolická anténa [4]

2.9 Fresnelova zóna

Bezdrôtový signál je medzi dvoma bodmi prenášaný v podobe vln cestujúcich v smere šírenia. V prípade, že v ceste nie je žiadna prekážka sú rádiové vlny šírené po priamke. V opačnom prípade, ak sa v ceste šírenia signálu nachádza nejaká prekážka, môže dochádzať k odrazu a to buď vo fáze, alebo mimo fáze.

Fresnelova zóna teda umožňuje výpočet, v ktorých miestach daná prekážka zapríčini najväčší (či už fázový, alebo mimo fázový) odraz medzi vysielateľom a prijímačom. Pomocou tejto informácie vieme buď úplne predísť, alebo aspoň čiastočne zabrániť zhoršovaniu prenášaného signálu medzi dvoma bodmi prípadným zasahovaním do fresnelovej zóny. [4]



Obrázok 21 – Fresnelova zóna [19]

P – ľubovoľný bod nachádzajúci medzi koncovými bodmi spojenia vo fresnelovej zóne.

$$F_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (1)$$

Rovnica 1 vyjadruje výpočet polomeru fresnelovej zóny, kde:

F_n – Polomer fresnelovej zóny v metroch.

d_1/d_2 – Vzdialenosti od jedného/druhého konca bodu P v metroch od vysielateľa/prijímateľa

λ – Vlnová dĺžka prenášaného signálu v metroch.

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

3 ZÁMER VYBUDOVANIA A POŽIADAVKY NA SIETĽ

Základnou myšlienkou pre vznik tejto siete bol nápad, ktorého cieľom bolo vybudovať bezdrôtovú počítačovú sieť, poskytujúcu pripojenie k sieti Internet. Ide teda o praktické zúžitkovanie vedomostí nadobudnutých počas rokov štúdia, ich prehĺbenie a taktiež návratnosť nákladov spojených s vybudovaním siete.

Z počiatku by sa mohlo zdať, že služba poskytovania pripojenia nie je dnes už ničím výnimočná a nemá veľký potenciál. Vzhľadom na vzniknuté náklady a veľkú konkurenciu v oblasti informačných technológií nie je jednoduché sa v tejto oblasti presadiť. Preto sa vyskytla otázka: „Čím toto riešenie obohatiť, aby mal potencionálny užívateľ o túto službu záujem?“. Odpoveďou je riešenie vybudovať bezdrôtovú počítačovú sieť v lokalitách, kde nie sú žiadne existujúce počítačové siete. Či už sa jedná o ethernet, bezdrôtové siete, pokrytie mobilného operátora je veľmi slabé, prípadne žiadne. V lokalite v ktorej žijem, resp. v jej priľahlých rekreačných a chatových oblastiach sa práve pre tento prípad nachádzajú ideálne podmienky. V blízkosti mesta Stará Turá sa nachádza rekreačná oblasť Dubník 1 a Dubník 2, ktorá presne spĺňa spomínané parametre. Je pravdou, že v oblasti sa nachádza pokrytie mobilného operátora. Avšak čo sa týka mobilného Internetu, toto pokrytie je veľmi slabé a prenosová rýchlosť poskytnutá operátorom v tejto oblasti dosahuje rýchlosť EDGE (max. rýchlosť približne 60 kB/s).

Aby bolo možné kontrolovať, spravovať a vyhodnocovať jednotlivé prístupy užívateľov pripojených k Internetu, je toto riešenie postavené formou **Hotspot-u**. Tzn., že daný užívateľ sa pripojí do WiFi. Po úspešnom pripojení sa v prehliadači zobrazí jediná prístupná webová stránka, kde si vyberie dané parametre (dobu pripojenia, rýchlosť pripojenia, typ platby za službu) a následne mu bude po splnení podmienok povolený prístup do Internetu.

Na základe tejto myšlienky a spomínaných parametrov vznikli základné požiadavky na túto sieť, ktorými sú:

- Stabilné pokrytie danej lokality/oblasti
- Stabilné pripojenie užívateľov k Internetu (voľba doby a rýchlosti pripojenia, výber spôsobu platby)
- Kontrola jednotlivých prístupov do bezdrôtovej siete, prístup na Internet
- Vzdialená správa, údržba zariadení
- Získavanie štatistických informácií o pripojení a platbách užívateľov

4 POPIS LOKALITY

Obrázok 22 zobrazuje lokality, kde bol zámer pokrytia bezdrôtovou sieťou. Oblasť Dubník 1 je miesto s vysokou návštevnosťou najmä v letných mesiacoch. Nachádza sa tam pomerne veľký počet chát, penziónov a veľký stanový kemp. Z toho vyplýva rušný turizmus. Počas leta sa v tejto lokalite taktiež konajú verejné zábavné, či športové akcie ako napr. triatlon, medzinárodný motokársky zraz (letný festival vid'. Obrázok 23 a Obrázok 24) atď. Toto je významný fakt, ktorý má veľký potenciál a priestor pre využitie myšlienky tejto práce.

V bezprostrednej blízkosti prvej rekreačnej oblasti sa nachádza chatová oblasť Borovina, pri vodnej nádrži Dubník 2. V tejto oblasti je oproti prvej výhodou predpokladané celoročné využívanie chát (či už formou prenájmu, alebo vlastného využívania), čo má za následok časté, v niektorých prípadoch nepretržité a dlhodobé potreby využiť rýchle a stabilné pripojenie k Internetu.



Obrázok 22 – Hlavné lokality pokrytia



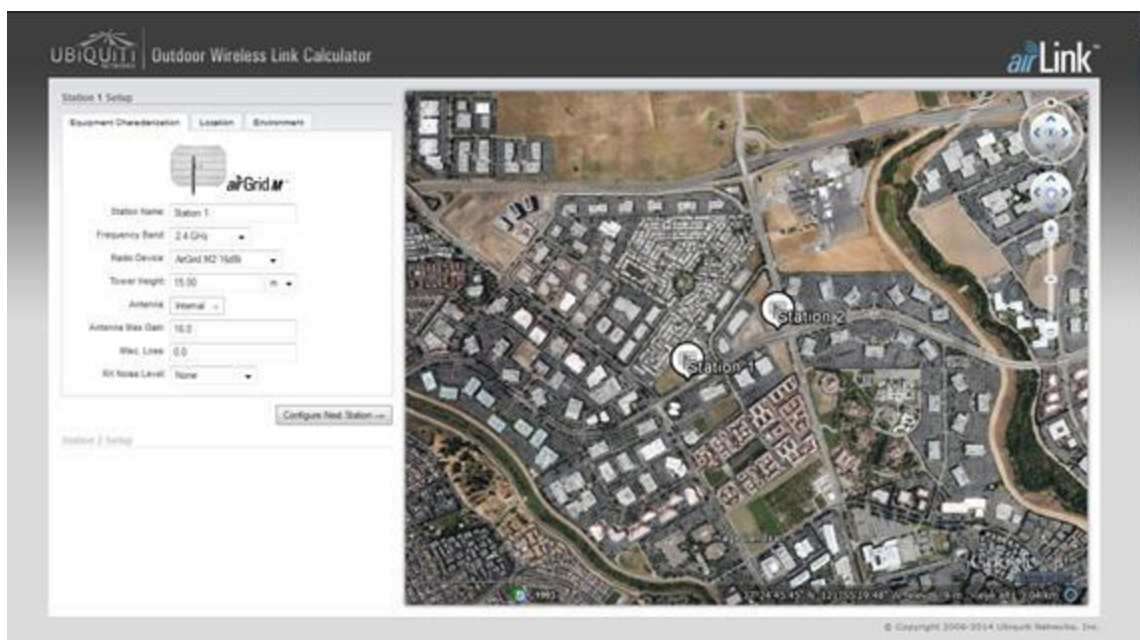
Obrázok 23 – Medzinárodný motorkársky zraz Dubník 1



Obrázok 24 – Medzinárodný motorkársky zraz Dubník 1

4.1 AirLink

Pri plánovaní chrbticovej siete, resp. pri veľkej vzdialenosti medzi vysielateľom a prijímačom bol využitý software od spoločnosti *Ubiquiti Networks, Inc.* Je to nástroj pomocou ktorého je možné znázorniť plánovanú vzdušnú trasu medzi týmito dvoma bodmi vrátane prekážok povrchu terénu. Tzn. že aplikácia zobrazí s pomerne dobrou presnosťou prípadný zásah terénu do fresnelovej zóny. Tým je možno zabezpečiť (pokiaľ to možnosti dovoľujú) určiť čo najlepšiu možnú trasu chrbticovej bezdrôtovej siete.



Obrázok 25 – Airlink GUI

Ďalšou veľkou výhodou tohto nástroja sú funkcionality: výber presného typu použitého vysielacieho, či prijímacieho zariadenia, frekvenčné pásmo, definovanie výkonu antén jednotlivých zariadení a výška závesu zariadenia od zeme. Všetky tieto parametre majú vplyv na presnosť výpočtu, vykreslením trasy, teda celého plánovania umiestnenia a kvality spojenia medzi jednotlivými zariadeniami.

4.2 Jednotlivé návrhy technického riešenia siete

V rámci tejto práce boli navrhnuté tri technické riešenia ako vybudovať bezdrôtovú sieť. Jednotlivé varianty predstavujú najlepšie možné riešenia v rámci lokality, umiestnenia jednotlivých zariadení a spojenia medzi nimi. Pri navrhovaní bol využitý popisovaný software *AirLink*, ktorý významne zjednodušoval, ušetril čas a spresnil dané návrhy. Pritom jeden z najdôležitejších faktorov ovplyvňujúcich umiestnenia bolo vybaviť






povolenia na umiestnenie zariadení na konkrétne miesta. Preto na základe všetkých týchto faktorov bolo vybrané jediné riešenie, ktoré spĺňalo najlepšie všetky požiadavky a bolo možné umiestniť zariadenia na jednotlivé navrhované uzly.

Jednotlivé návrhy sú len teoretickým (nie detailným) popisom, ako môže byť sieť zrealizovaná. Preto bude predmetom praktickej časti tejto práce výber jedného z nich a presné popísanie zrealizovaného návrhu riešenia.

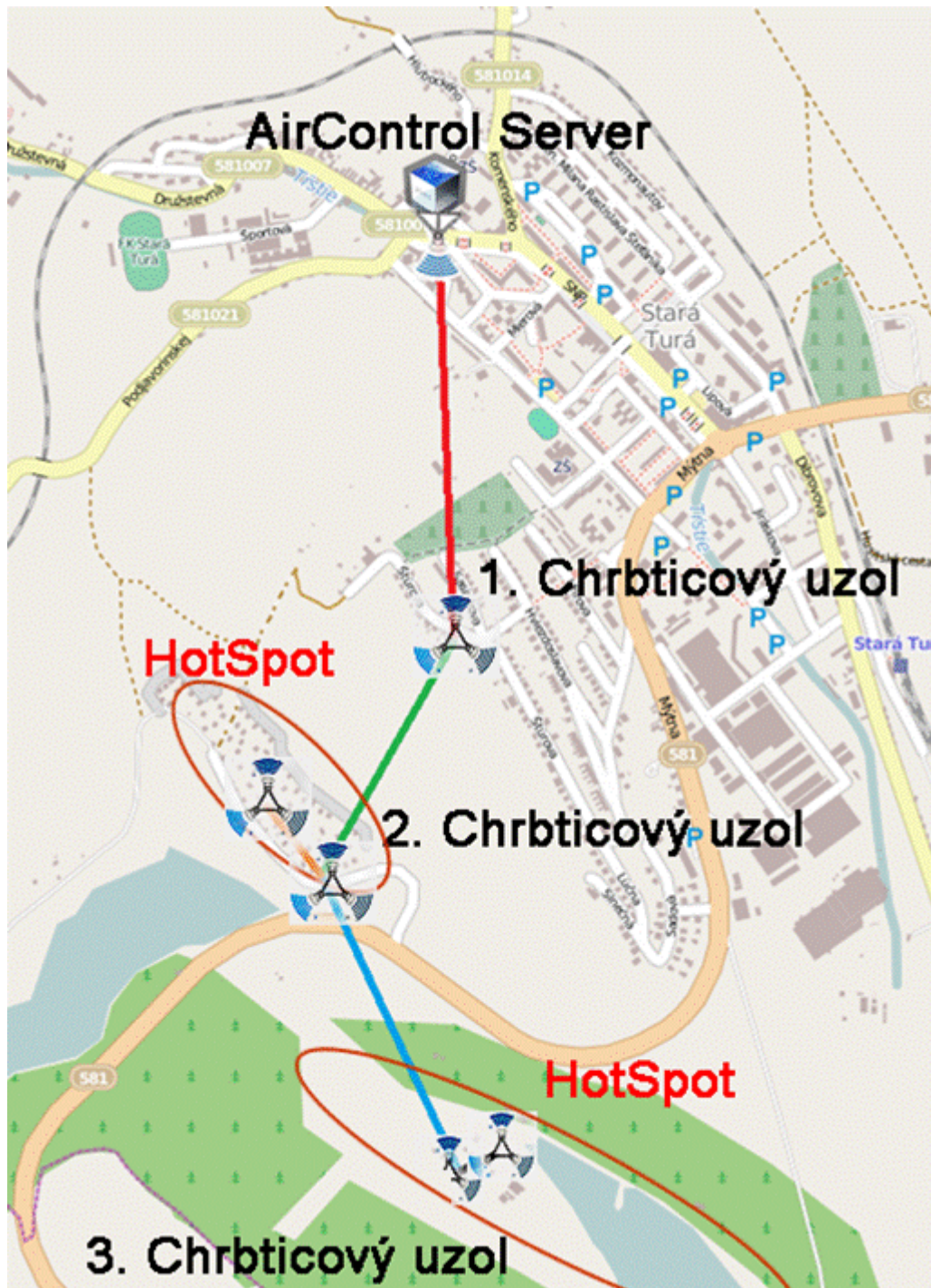
4.3 Návrh riešenia A

Tabuľka 4 obsahuje popis technického riešenia chrbticovej siete A, ktorý je zobrazený na Obrázok 26. Tabuľka obsahuje zoznam CPE staníc, ktoré tvoria jednotlivé spoje, ich adresné umiestnenie a frekvenčné pásmo na ktorom daný spoj komunikuje.

Tabuľka 4 – Zoznam spojov návrhu chrbticovej siete A

Číslo spoja	CPE vysielateľ	Farebne na mape	CPE prijímač	Frekv. pásmo
	Ulica		Ulica	
1.	UBNT NanoBridge M5		UBNT NanoStation M5	CEPT B 5.5 GHz
	SNP 3265/7		Štúrova 582/57	
2.	UBNT NanoStation M2		UBNT NanoStation Loco M2	2,4 GHz
	Štúrova 582/57		Štúrova 750/92	
3.	UBNT NanoStation M2		UBNT NanoStation M2	2,4 GHz
	Štúrova 750/92		Štúrova 750/77	
4.	UBNT NanoStation M2		UBNT NanoStation Loco M2	2,4 GHz
	Štúrova 750/92		Rekreačná oblasť Dubník 1 – chatky	
5.	UBNT NanoStation Loco M2		UBNT NanoStation Loco M2	2,4 GHz
	Rekreačná oblasť Dubník 1 – chatky		Rekreačná oblasť Dubník 1 – Potraviny	

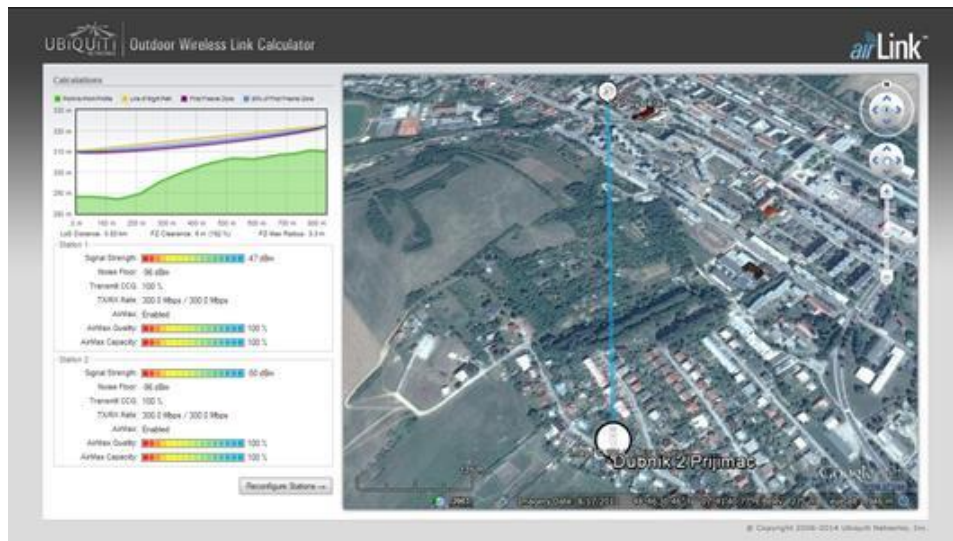
Obrázok 26 znázorňuje nákres, resp. návrh skladajúci sa z piatich spojov a šiestich uzlov chrbticovej siete. Taktiež sú označené oblasti, ktoré majú byť primárne pokryté bezdrôtovým signálom, ponúkajúce pripojenie užívateľom formou HotSpot-u. Počiatok chrbticovej siete vychádza z rack-ovej skrine umiestnenej na ulici SNP 3265/7 bytového domu. Do rack-ovej skrine je navrhnuté káblové pripojenie internetovej linky, ktoré bude poskytované užívateľom cez HotSpot a záložné (redundantné) pripojenie v prípade výpadku primárneho. Taktiež je navrhnutá bezpečnostná brána dovnútra lokálnej siete, programovateľný prepínač pre prípadne rozšírenie zariadení v sieti, server pre centrálnu správu CPE staníc (AirControl) a v neposlednom rade záložné zariadenie elektrickej energie UPS.



Obrázok 26 – Návrh riešenia chrbticovej siete A

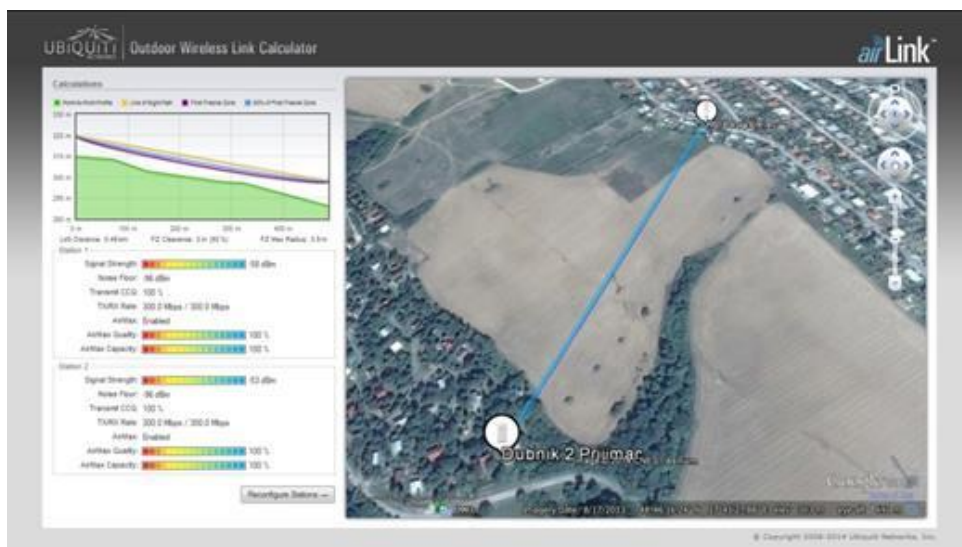
Ďalej sieť pokračuje najdlhším a zároveň najkomplikovanejším spojom medzi AirControl server-om a 1. chrbticovým uzlom. Umiestnenie prijímača na najvyšší bod rodinného domu na ulici Štúrova 582/57 a navrhnutie trasy spoja je na základe analýzy zobrazenej na Obrázok 27. Z analýzy sú vidieť dobré podmienky na realizáciu.

Analýza prvého 1. chrbticového spoja pomocou nástroja UBNT AirLink (v Tabuľka 4 a Obrázok 27 značená červenou farbou):



Obrázok 27 – Analýza 1. Chrbticového spoja (varianta A)

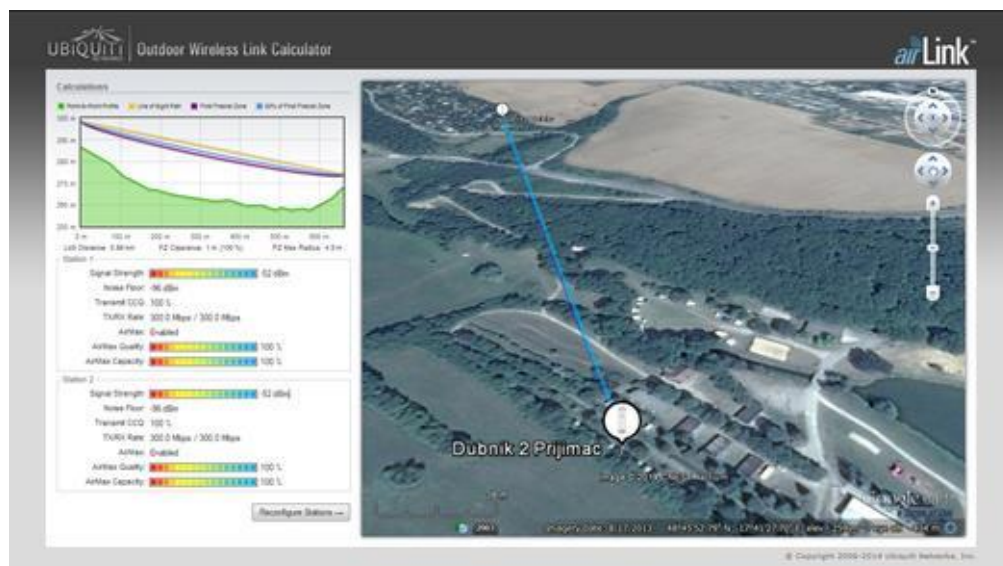
Následne trasa siete pokračuje jednotlivými spojmi (analýzy spojov Obrázok 28 až Obrázok 31) cez uzly s umiestnením na výškovo najvyššie body budov až k jednotlivým rekreačným oblastiam, kde je signál rozosielaný do všetkých smerov potrebných pre pokrytie oblasti.



Obrázok 28 – Analýza 2. Chrbticového spoja (varianta A)



Obrázok 29 – Analýza 3. Chrbticového spoja (varianta A)



Obrázok 30 – Analýza 4. Chrbticového spoja (varianta A)



Obrázok 31 – Analýza 5. Chrbticového spoja (varianta A)






Profil terénu medzi jednotlivými spojmi je náročný s veľkými výškovými rozdielmi. Avšak pomocou analýz je vidieť, že napriek tomu všetky navrhnuté spoje technického riešenia spĺňajú podmienky pre vytvorenie bezdrôtovej chrbticovej siete.

Samozrejme treba vždy brať do úvahy, že samotný terén nie je jediná prekážka, ktorá stojí na trase bezdrôtového signálu. Pri každom návrhu bolo nutné vykonať obhliadku miesta a viditeľnosti, aby bolo zrejmé, čo všetko môže zasahovať do fresnelovej zóny prenášaného signálu. Tzn. okrem umiestnenia CPE stanice na danom objekte zväžiť, do akej miery bude znížená sila a kvalita signálu na trase.

4.4 Návrh riešenia B

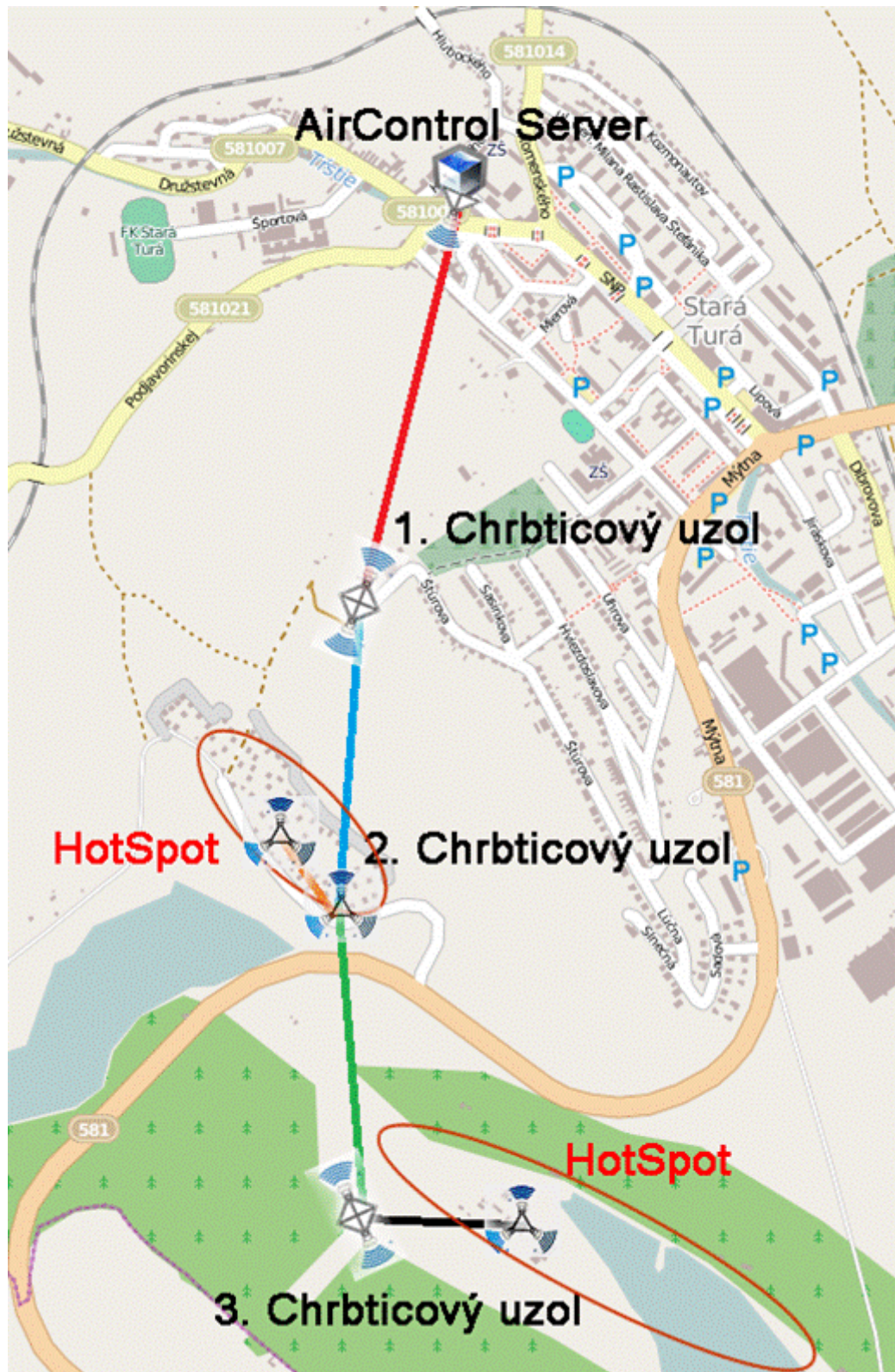
Podobne ako pri technickom návrhu A, obsahuje popis chrbticovej siete riešenia B, ktorý je zobrazený na Obrázok 32. Tabuľka obsahuje zoznam CPE staníc, ktoré tvoria jednotlivé spoje, ich adresné umiestnenie a frekvenčné pásmo na ktorom daný spoj komunikuje.

Tabuľka 5 – Zoznam spojov návrhu chrbticovej siete B

Číslo spoja	CPE vysielateľ	Farebne na mape	CPE prijímač	Frekv. pásmo
	Ulica		Ulica	
1.	UBNT NanoBridge M5		UBNT NanoStation M5	CEPT B 5.5 GHz
	SNP 3265/7		Štúrova 42	
2.	UBNT NanoStation M2		UBNT NanoStation Loco M2	2,4 GHz
	Štúrova 42		Štúrova 750/92	
3.	UBNT NanoStation M2		UBNT NanoStation M2	2,4 GHz
	Štúrova 750/92		Štúrova 750/77	
4.	UBNT NanoStation M2		UBNT NanoStation Loco M2	2,4 GHz
	Štúrova 750/92		Rekreačná oblasť Dubník 1 – chatky	
5.	UBNT NanoStation Loco M2		UBNT NanoStation Loco M2	2,4 GHz
	Rekreačná oblasť Dubník 1 – chatky		Rekreačná oblasť Dubník 1 – Potraviny	

Tak isto ako u varianty A, Obrázok 32 znázorňuje náčrt, resp. návrh skladajúci sa z piatich spojov a šiestich uzlov chrbticovej siete. Taktiež sú označené oblasti, ktoré majú byť primárne pokryté bezdrôtovým signálom, ponúkajúce pripojenie užívateľom formou HotSpot-u.

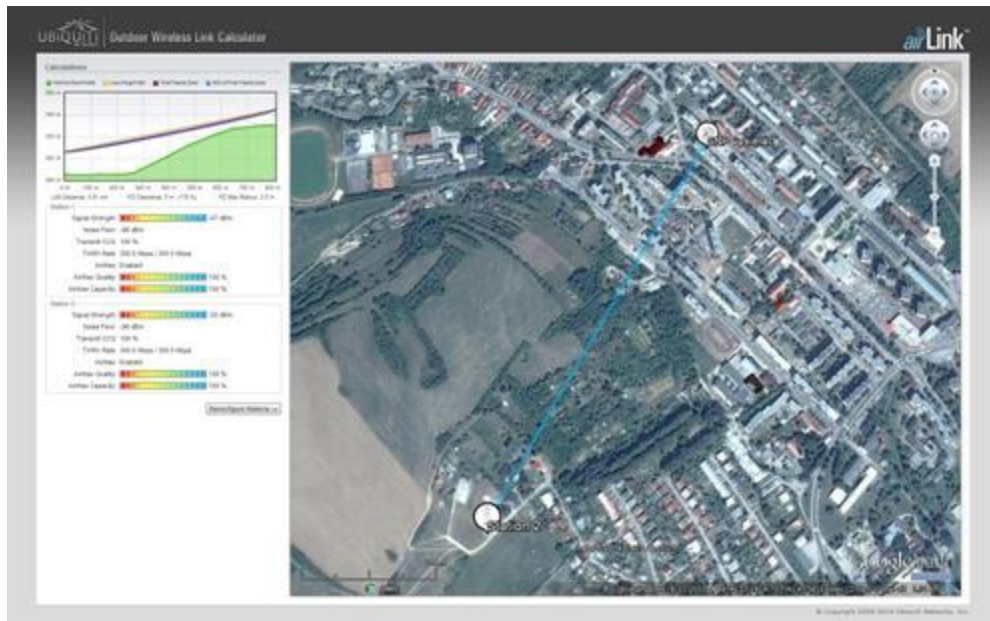
Rovnako ako vo variante A je navrhnutá rack-ová skriňa, resp. jej obsah aj umiestnenie (bezpečnostná brána, redundantné pripojenie na internet atď.)



Obrázok 32 – Návrh riešenia chrbticovej siete B

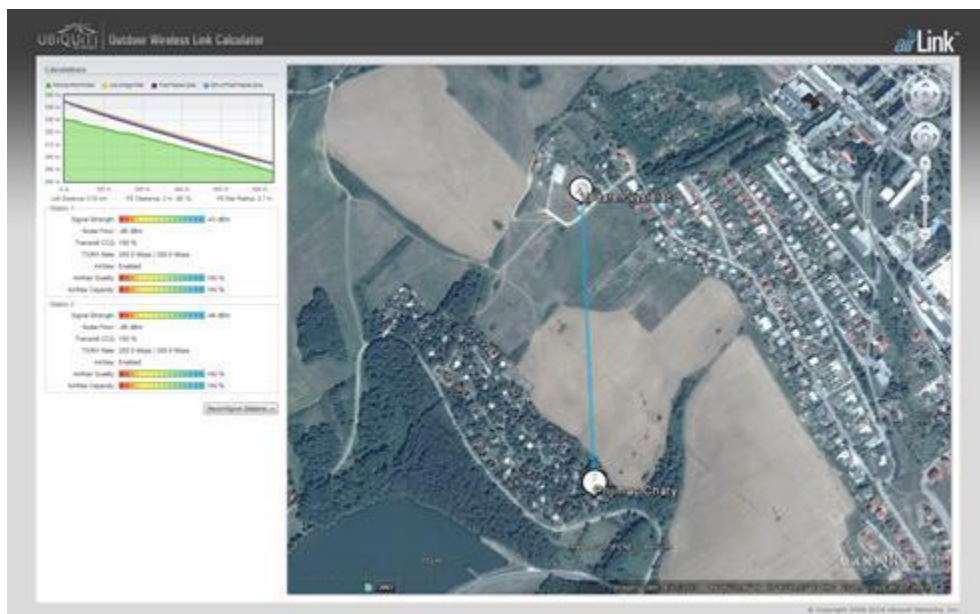
Ďalej sieť pokračuje najdlhším a zároveň najkomplikovanejším 1. chrbticovým spojom, v ktorom sa výrazne líši od varianty A. Umiestnenie prijímača je na najvyšší bod

domu vodárenskej spoločnosti na ulici Štúrova 42 a navrhnutie trasy spoja je na základe analýzy zobrazenej na Obrázok 33. Z analýzy sú vidieť dobré podmienky na realizáciu.



Obrázok 33 - Analýza 1. Chrbticového spoja (varianta B)

Druhý chrbticový spoj medzi vodárenskou budovou a prijímačom (Obrázok 34) už priamo v chatovej oblasti má taktiež inú trasu v porovnaní s variantou A. Navrhované umiestnenie prijímacieho CPE zariadenia je zhodné s predošlou variantou.



Obrázok 34 - Analýza 2. Chrbticového spoja (varianta B)

Profil terénu medzi týmito dvoma rozdielnymi spojmi (v porovnaní s variantou A) je približne zhodný, avšak najväčším rozdielom po obhliadke bola práve zalesnená plocha







a budovy, ktoré môžu zasahovať do fresnelovej zóny. Pričom práve varianta B ponúka v týchto faktoroch lepšie podmienky.

4.5 Návrh riešenia C

Návrh technického riešenia C je v porovnaní s dvoma predošlými špecifický a prináša so sebou jednu veľkú výhodu. Ide o umiestnenie prvého chrbticového uzla. Miesto, kde je navrhnuté jeho umiestnenie je najvýhodnejšie zo všetkých troch variant z pohľadu polohy a výšky bodu, keďže sa jedná o najvyššiu budovu (bývalá spoločnosť *Chirana*) mesta Stará Turá.

Tabuľka 6 obsahuje popis technického riešenia chrbticovej siete A, ktorý je zobrazený na Obrázok 35. Tabuľka obsahuje zoznam CPE staníc, ktoré tvoria jednotlivé spoje, ich adresné umiestnenie a frekvenčné pásmo na ktorom daný spoj komunikuje.

Tabuľka 6 – Zoznam spojov návrhu chrbticovej siete C

Číslo spoja	CPE vysielateľ	Farebne na mape	CPE prijímač	Frekv. pásmo
	Ulica		Ulica	
1.	UBNT NanoBridge M5		UBNT NanoStation M5	CEPT B 5.5 GHz
	SNP 3265/7		Námestie Dr. A. Schweitzera 194/1	
2.	UBNT NanoBridge M5		UBNT NanoStation M5	CEPT B 5.5 GHz
	Námestie Dr. A. Schweitzera 194/1		Štúrova 582/57	
3.	UBNT NanoStation M2		UBNT NanoStation Loco M2	2,4 GHz
	Štúrova 582/57		Štúrova 750/92	
4.	UBNT NanoStation Loco M2		UBNT NanoStation M2	2,4 GHz
	Štúrova 750/92		Štúrova 750/77	
5.	UBNT NanoStation M2		UBNT NanoStation Loco M2	2,4 GHz
	Štúrova 750/92		Rekreačná oblasť Dubník 1 – chatky	
6.	UBNT NanoStation Loco M2		UBNT NanoStation Loco M2	2,4 GHz
	Rekreačná oblasť Dubník 1 – Chatky		Rekreačná oblasť Dubník 1 – Potraviny	



Obrázok 35 – Návrh riešenia chrbticovej siete C

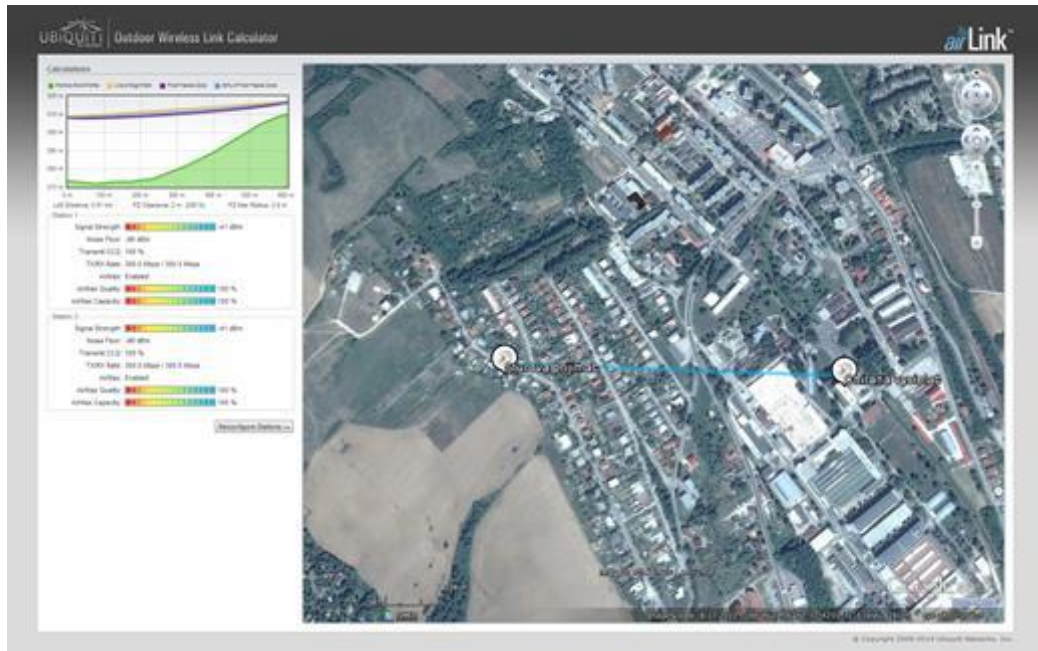
Obdobne ako v predošlých navrhnutých variantách A a B je navrhnutá rack-ová skriňa, resp. jej obsah aj umiestnenie (bezpečnostná brána, redundantné pripojenie na internet atď.).

Sieť pokračuje 1. chrbticovým spojom, v ktorom sa najviac líši od predošlých návrhov. Tento spoj má trasu cez veľkú časť mesta. Trasa bezdrôtového signálu je vedená cez pomerne hustú zástavbu, no umiestnenie CPE vysielača navrhnuté na vysokom panelovom dome a prijímač na spomínanej najvyššej budove v meste. Pritom samotný terén mesta je takmer rovný. Ďalšou z nevýhod návrhu je väčšie (avšak nie úplné) rušenie frekvenčného pásma v ktorom zariadenia komunikujú. No túto nevýhodu nahrádza priama viditeľnosť CPE zariadení 1. (SNP 3265/7 \Leftrightarrow Námestie Dr. A. Schweitzera 194/1) a 2. (Námestie Dr. A. Schweitzera 194/1 \Leftrightarrow Štúrova 582/57) spoja chrbticovej siete, čo je snahou dosiahnuť pri každom navrhovanom spoji.

Analýza prvého 1. a 2. chrbticového spoja pomocou nástroja UBNT AirLink (v Tabuľka 6 a Obrázok 35 značené červenou a modrou farbou):



Obrázok 36 – Analýza 1. Chrbticového spoja (varianta C)



Obrázok 37 – Analýza 2. Chrbticového spoja (varianta C)

Z analýz oboch spojov je jednoznačne vidieť, že terén má v rámci fresnelovej zóny veľkú rezervu a podmienky na realizáciu sú veľmi dobré.

Ostatná časť návrhu bezdrôtovej siete je zhodná s predošlými. Jedinou menšou nevýhodou tohto technického riešenia v porovnaní s predchádzajúcimi návrhmi je nutnosť pridania jedného chrbticového uzla navyše. Toto prináša ďalšie náklady (nákup zariadení, prenájom plochy umiestnených CPE zariadení), napriek tomu sú dostatočnou motiváciou veľmi dobré a bezproblémové podmienky pre realizáciu najdôležitejších chrbticových spojov celej bezdrôtovej siete.

4.6 Zhodnotenie a výber realizovaného technického riešenia

Všetky tri návrhy sú technicky realizovateľné. Preto faktory rozhodujúce o tom, ktorý návrh má byť zvolený sú:

- Povolenie, možnosť umiestnenia CPE zariadenia na zvolený objekt/budovu
- Prípadné narušenie fresnelovej zóny spoja (stromy, budovy atď.)
- Počet použitých zariadení
- Náklady na realizáciu

Asi najväčším problémom všetkých navrhovaných riešení je prvý chrbticový spoj. Dôvodom je, že mesto Stará Turá je zasadené do údolia. Jeho okolie prakticky zo všetkých strán obklopuje kopcovitý terén. Keďže sa dané oblasti, kde je zámer vytvoriť bezdrôtovú

sieť formou HotSpot-u nachádzajú práve za týmto (pre prenos) náročným terénom, bolo na základe tohto faktu potrebné pomocou analýz a reálnej obhliadky (pochopteľne aj ostatných spojov) vybrať to najvhodnejšie riešenie.

Technické riešenie **A** ponúka komplexné riešenie bezdrôtovej siete. Plusom tohto riešenia je prijateľná trasa, ktorá je pomerne priamočiara k požadovaným oblastiam a neobsahuje nadbytočné chrbticové spoje navyše. To sa samozrejme pozitívne odráža na nákladoch celého projektu. Menšie negatívum prináša asi najproblémovjšia časť, v porovnaní s ostatnými. Ide práve o prvý chrbticový spoj. Výstup analýzy tohto spoja pomocou Airlink znázorňuje bezproblémový prenos, avšak po prehliadke daných chrbticových spojov vznikol predbežný záver, že by mohol nastať problém pri čiastočnom zasahovaní objektov (konkrétne stromov) do fresnelovej zóny. To môže zapríčiniť zníženie výkonu prenosu medzi dvoma zariadeniami v tomto spoji. Ostatné spoje vykazovali viac-menej bezproblémový spoj vzhľadom na analýzu a obhliadku. Taktiež jednou z najpoistnejších faktov je, že na jednotlivých chrbticových uzloch bolo umožnené umiestniť zariadenia navyše za prijateľnú cenu.

Čo sa týka technického riešenia **B** ponúka obdobné možnosti ako predošlé riešenie **A** s rozdielom prvého chrbticového spoja, resp. uzlu. Tento spoj je v porovnaní predošlého riešenia bezproblémový ako v rámci analýzy Airlink, tak aj potencionálnych zásahov do fresnelovej zóny. Dá sa povedať že toto riešenie je z pohľadu pomeru bezproblémovej prevádzky a nákladov spojených s výstavbou najideálnejšie.

Posledné technické riešenie **C** je najzásadnejšie zmenený koncept v porovnaní z predošlými dvomi. Hlavný rozdielom je práve prvý spoj a tým spojená nutnosť väčšieho počtu chrbticových uzlov. V tomto riešení je 1. spoj vedený cez veľkú časť mesta, avšak je navrhnutý parabolickými anténami (malý polomer fresnelovej zóny) a 1.uzol je umiestnený na najvyššej budove mesta. Tak isto je s touto výhodou vysokej budovy spojený aj 2.spoj, ktorý oveľa jednoduchšie prekonáva problémový kopcovitý terén k druhému uzlu. Na základe tohto faktu je technické riešenie **C** z hľadiska absolútne bezproblémových spojov najideálnejším. Napriek tomu veľkým negatívom v porovnaní s predošlými riešeniami je veľmi nákladné umiestnenie práve najvýznamnejšieho 1. chrbticového uzla na strechu administratívnej budovy *Chirana*, keďže na tejto budove sa aktuálne nachádza veľké množstvo zariadení rôznych poskytovateľov (z dôvodu atraktívnosti tohto miesta). Taktiež v dôsledku tohto istého dôvodu nastáva vzájomné rušenie jednotlivých vysielacích zariadení medzi sebou.

Výsledkom celého zhodnotenia a na základe zváženia rozhodujúcich faktorov, výhod a nevýhod jednotlivých riešení, na základe obhliadok a finančných možností bol pre vybudovanie bezdrôtovej siete **zvolený technický návrh riešenia A**. Pri tomto prvom riešení prakticky rozhodla (napriek nevýhodám) bezproblémová možnosť umiestnenia zariadení s najmenším nutným vybudovaním chrbticových uzlov a teda zároveň aj s tým spojená najvýhodnejšia cenová ponuka. Napriek tomu, že riešenie B oproti A ponúka ešte ideálnejšie podmienky prvého spoja, nebolo zvolené toto riešenie. Je to z dôvodu, že nakoniec nebolo umožnené umiestnenie 1. chrbticového uzla na daný objekt. Posledné riešenie C bola nakoniec finančne náročná realizácia celého projektu.

5 SW A HW VYBAVENIE

5.1 Použitý software

5.1.1 AirControl

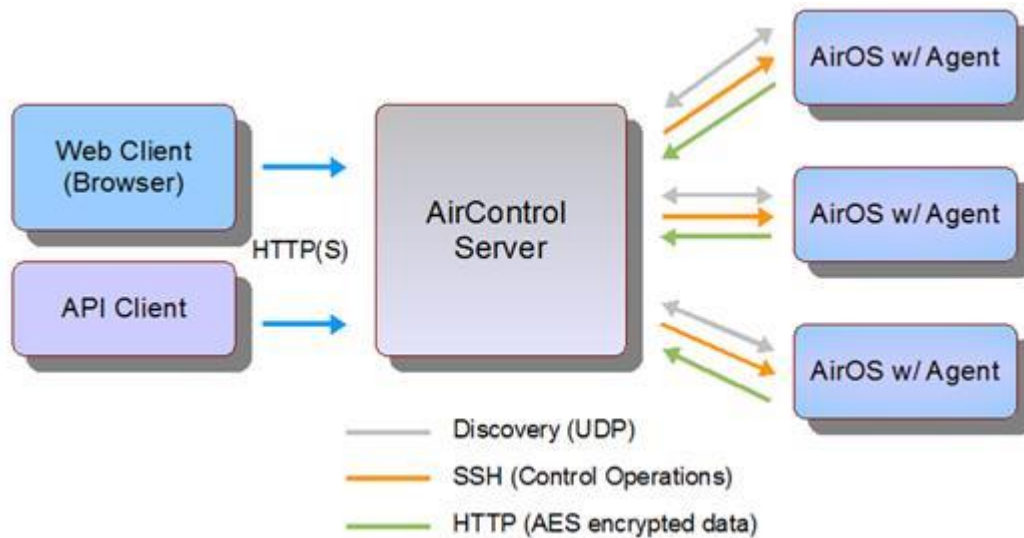
Program *Aircontrol* je nástroj slúžiaci na hromadné a prehľadné sieťové spravovanie všetkých zariadení od výrobcu Ubiquiti. Inými slovami ide o serverovú aplikáciu slúžiacu na správu zariadení („network management server application“), ktorá umožňuje administrátorom riadiť, udržiavať, aktualizovať a sledovať štatistiky celej siete centrálné z ktoréhokolvek miesta na svete cez Internet.

V súčasnosti existujú dve verzie Aircontrol 1 a 2. Druhá verzia je neustále vo vývoji (beta program), takže je možné ju plne využívať s tým, že sa v nej môžu vyskytnúť chyby. Napriek tomu verzia 2 poskytuje lepšiu funkcionality, lepší vzhľad a lepšiu správu CPE zariadení.



Obrázok 38 – Grafické prostredie Aircontrol v.1 [9]

Obrázok 39 znázorňuje blokové schéma, ktoré popisuje princíp komunikácie medzi serverovej aplikácie Aircontrol, webovým (prípadne API) klientom a samotnými zariadeniami (anténami Ubiquiti).



Obrázok 39 – Blokové schéma Aircontrol [9]

Obidva druhy klientov komunikujú so serverom pomocou protokolu HTTP(S) a šifrovaním dát AES. Systémové požiadavky na server sú rôzne, predovšetkým od závislosti počtu obsluhovaných zariadení a ich frekvenciu aktualizácie štatistických údajov. Minimálne požiadavky na server, ktoré by mali zabezpečiť bezproblémový chod do 50 obsluhovaných zariadení je procesor s jedným jadrom s 512 MB vyhradenej pamäte RAM. Pri väčšom počte zariadení (až niekoľkých tisícov) je už vyžadovaný výkonnejší hardware ako, tzn. multi-jadrový procesor a 2-3 GB vyhradenej pamäte RAM.

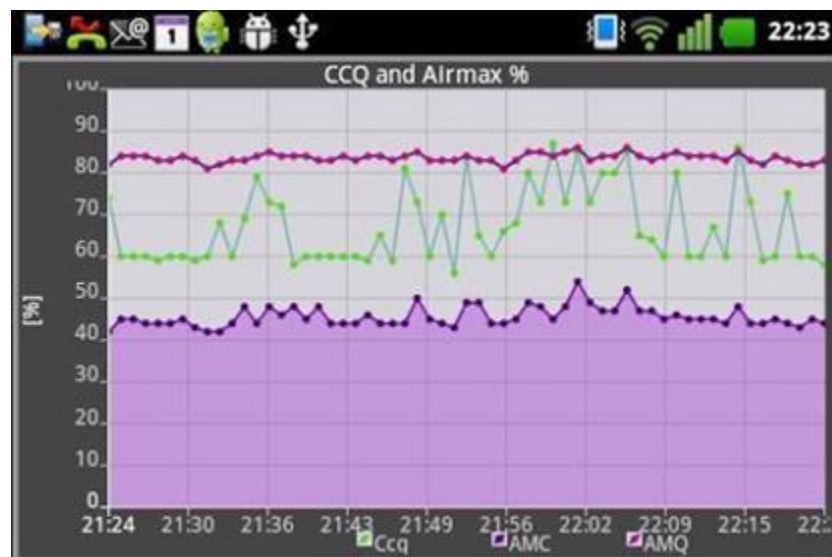
Podrobná dokumentácia správcovského software-u *Aircontrol* používaného v tejto práci sa nachádza na uvedenom zdroji [9].

5.1.2 Mobilné aplikácie

K desktop-ovej verzii je dostupná aj mobilná verzia Aircontrol pre operačné systémy Android a iOS nazývaná **Aircontrol Mobile**. Aplikácia má obdobnú, avšak nie plnohodnotnú funkcionality v porovnaní s desktop-ovou verziou. Napriek tomu jej najväčšou výhodou je, že je možné spravovať a sledovať CPE zariadenia kdekoľvek z inteligentného telefónu. Taktiež dokáže zobrazovať grafy hodnôt z bezdrôtových zariadení ako je vidieť na obrázku 16. Pre túto aplikáciu existuje platená a neplatená varianta.



Obrázok 40 – Detailné info o CPE [15]



Obrázok 41 – Graf hodnôt z CPE [15]

Ďalšou mobilnou aplikáciou, bez ktorej by sa montáže nezaobišli je **EasyUbnt**. Obdobne ako Aircontrol Mobile je aj EasyUbnt mobilná aplikácia fungujúca pod operačnými systémami Android a iOS. Tento nástroj je kompatibilný s Aircontrol Mobile, tzn. sú navzájom prepojené, napriek tomu že sú to dve separátne aplikácie.

EasyUbnt bola (do budúca taktiež bude) teda veľmi často využívaná pomôcka predovšetkým pri fyzických montážach a následnom ladení signálu bezdrôtových zariadení, kedy nebolo nutné pri montáži mať so sebou notebook. Postačujúcim zariadením

pre najlepšie nasmerovanie antény a najkvalitnejším prenosovým signálom bol v takom prípade iba samotný mobilný telefón.



Obrázok 42 – Menu EasyUbnt, Ladenie signálu CPE [15]

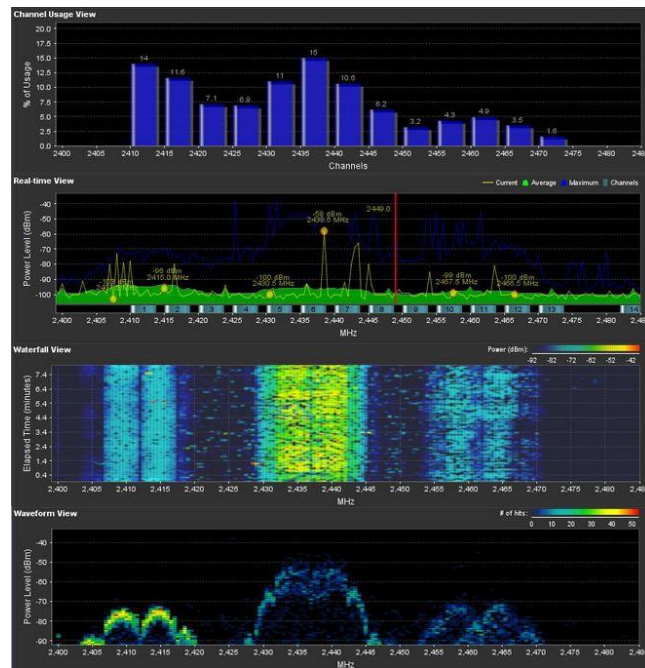
Keďže sa počas realizácie ukázalo, že mobilná verzia Aircontrol je veľmi nápomocná pri správe zariadení z mobilného telefónu, bez EasyUbnt by sa nezaobišla takmer žiadna montáž CPE, pre tieto účely a využitie plnej funkcionality bola zakúpená práve platená verzia Aircontrol Mobil Pro a EasyUbnt.

Podrobný popis a možnosť stiahnutia aplikácií Aircontrol Mobile a EasyUbnt sa nachádza na uvedenom zdroji [15].

5.1.3 AirView

AirView je nástroj na spektrálnu analýzu frekvenčného pásma. Nástroj pochádza z dielne *Ubiquiti* a v oblasti bezdrôtových sietí slúži na ako pomôcka na určenie najlepšieho kanálu používaného pri vysielaní signálu. Pojem najlepší kanál je vyjadrený najmenej rušený frekvenčný rozsah pre vysielanie signálu v danom smere, kedy je najmenej rušený iným vysielateľom a tým je zabezpečená najvyššia priepustnosť a stabilita prenosu medzi zariadeniami.

Obrázok 33 znázorňuje analýzu spektra v štyroch rôznych grafoch, ktoré je možné použiť software-om *AirView*, ktorý súčasťou FW CPE zariadení od *Ubiquiti*. V práci bol tento nástroj často využívaný, práve na určenie najideálnejších kanálov pre kvalitné vysielanie signálu.



Obrázok 43 – AirView spektrálny analyzátor [18]

Podrobný popis a možnosť stiahnutia aplikácií Ubiquiti *AirView* sa nachádza na uvedenom zdroji [9].

5.2 Použité HW zariadenia

Zywall USG 50 (vid'. Obrázok 44) je unifikovaná bezpečnostná brána, ktorá je navrhnutá tak, aby pre malé podniky zaisťovala kontrolu v reálnom čase a viacvrstvovú ochranu siete pre prevenciu sieťových hrozieb. Zariadenie spája funkcie firewallu so stavovou kontrolou paketov (SPI), antivírusového programu (AV), detekciu a prevenciu prienikov (IDP), filtrovanie obsahu, antispamové ochrany a VPN (IPSec/SSL/L2TP over IPSec).

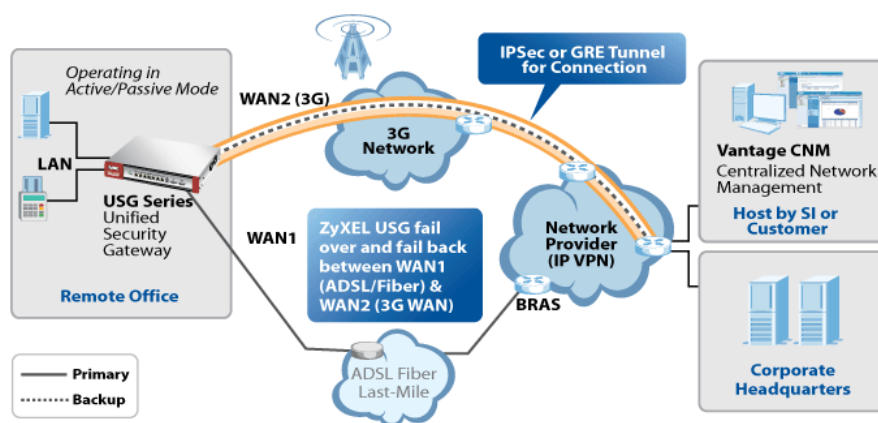


Obrázok 44 – Zywall USG 50 [14]

Toto zariadenie okrem bezpečnostnej brány poskytuje veľké množstvo užitočných funkcionalít ako napríklad monitorovanie prevádzky, nastavovanie rôznych limitov pri prenose atď. Avšak, ako druhú využívanú funkciu v tomto projekte (okrem iných) zobrazuje Obrázok 45. Ide o tzv. *WAN Trunking*.

Zywall USG 50 okrem štyroch bežných LAN portov obsahuje aj dva WAN porty, ktoré dokážu spracovávať súčasne (paralelne) dve internetové pripojenia. *WAN Trunking* je teda funkcia, ktorá zabezpečuje spracovanie takýchto dvoch WAN portov v rôznych pracovných režimoch:

- **Active/Passive (Fail over)** režim – využívaný práve pre zálohu primárneho internetového pripojenia na porte WAN1, kedy pri jej výpadku sa automaticky aktivuje záložné (redundantné) pripojenie na porte WAN2
- **Active/Active (Load Balancing)** režim – aktívne sú obidve internetové linky
 - Least load first – Algoritmus vykonáva výpočet súčasného stavu prichádzajúceho/odchádzajúceho využitia šírky pásma, na základe ktorého rozhoduje, ktorým WAN portom bude smerovaná tok dát.
 - Weighted Round Robin – Tok dát je smerovaný na základe rotácie. Je aktivovaný, keď má WAN port väčší tok dát, ako vopred nastavený najväčší možný (povolená max. hodnota šírky pásma).
 - Spillover – Prvý WAN1 (primárne pripojenie) je aktívny, pokiaľ nie je dosiahnuté maximum šírky pásma poskytujúce operátorom primárneho pripojenia. Po maximálnom vyťažení WAN1 je automaticky tok dát smerovaný cez WAN2 (redundantné pripojenie).



Obrázok 45 – Schéma zálohy primárnej internetovej linky [14]

Keďže služba poskytovania internetu koncovým užívateľom tejto bezdrôtovej siete je formou HotSpot-u, bolo potrebné vybrať zariadenie, ktoré túto službu dokáže vykonávať. Preto je v tomto technickom riešení použité zariadenie od spoločnosti MikroTik s *routerboardom RB750*. Toto zariadenie spĺňa práve túto požiadavku, navyše s výborným pomerom požadovaná funkcionálnosť/cena.



Obrázok 46 – MikroTik RB750 [13]

Funkciu vstupnej brány do lokálnej siete zastupuje zariadenie Zywall USG 50 a za ním nasleduje MikroTik, vytvárajúci HotSpot. Posledným zariadením, tak ako pre vysielanie, tak i pre prijímanie signálu uzatvárajúce túto technickú časť bezdrôtovej siete je anténa.

Každý typ antény použitý na základe návrhu má špecifický význam v každom konkrétnom spoji, resp. uzla chrbticovej siete. Pri realizácii praktickej časti tejto práce boli použité tri typy antén od spoločnosti *Ubiquiti*. V prípade väčšej vzdialenosti, potreby zmenšenia hodnoty fresnelovej zóny a teda presnejšieho zamerania medzi dvoma anténami, bola použitá *parabolická* anténa *NanoBridge* (viď Obrázok 47). V závislosti na frekvenčnom pásme bol taktiež rozhodujúci výber medzi M2, alebo (v našom prípade) M5.



Obrázok 47 – UBNT NanoBridge M5 [12]

V prípade menšej vzdialenosti a potreby pokrytia väčšej plochy bola automaticky zvolená *sektorová* anténa *NanoStation M2/M5* (Obrázok 49), alebo *NanoStation Loco M2/M5* (Obrázok 48).

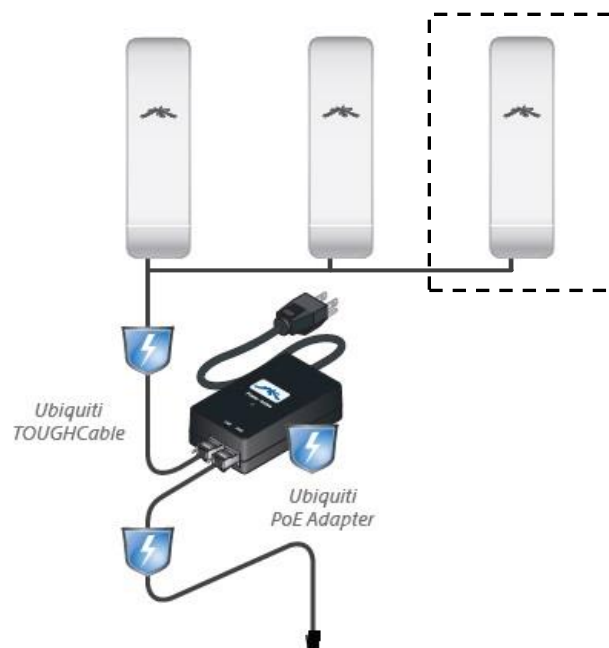


Obrázok 48 – UBNT NanoStation Loco M2/M5 [12]



Obrázok 49 – UBNT NanoStation M2/M5 [12]

Praktický a veľmi významný rozdiel pri výbere z týchto dvoch smerových antén je predovšetkým v tom, že NanoStation má dva LAN porty. Prvý je vždy primárny, druhý sekundárny. Pomocou týchto dvoch portov je možné sériové zapojenie dvoch antén a v prípade najsilnejšej verzie POE 24V/1A (Obrázok 51) až troch antén za sebou iba s jedným napájacím zdrojom. To má za následok jednoznačne zjednodušenie pri kabeláži napájania týchto antén.

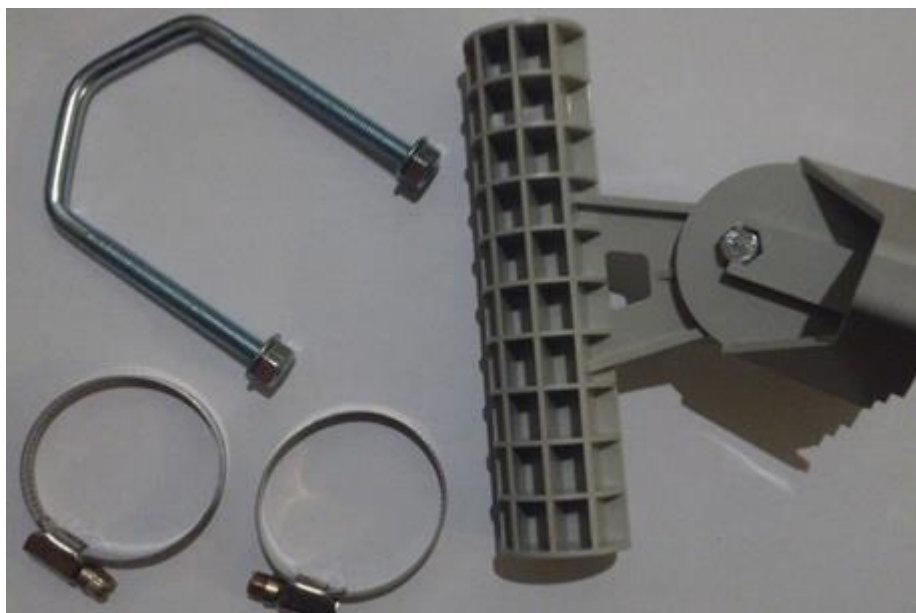


Obrázok 50 – Sériové zapojenie antén



Obrázok 51 – UBNT 15V/0,5A, 24V/1A PoE Adaptér

Antény na vonkajšie použitie musia byť vždy pevne upevnené. Či už sa jedná o nejaký stožiar, komín, murovaná stena atď. Na tieto účely sa pri zavesení jednotlivých antén používa konzola UbiBracket (Obrázok 52), ktorá poskytuje komfortné a pevné uchytienie ako na stožiare, tak i na plochú stenu. Zároveň umožňuje vertikálne polohovanie, čo je opäť veľmi dôležité pre smer vysielania antény.



Obrázok 52 – Konzola UbiBracket

Jednotlivé antény vo všeobecnosti nevysielaajú úplne presne ako potrebujeme, ale časť signálu sa šíri aj zo zadnej strany antény (v prípade smerových antén). Nanešťastie, navyše v závislosti na intenzite vysielania signálu vo svojej blízkosti vyžaruje

elektromagnetické vlny. V prípade umiestnenia viacerých antén v bezprostrednej blízkosti (ako tomu je aj v prípade uzlov tejto práce) to má za následok rušenie antén samotných medzi sebou. V dôsledku tohto faktu teda v konečnom dôsledku degradáciu vysielaného signálu.

Obrázok 53 znázorňuje *odrušovače* použité pri montáži v takýchto kritických miestach. Ide o špeciálne tvarovaný kov o hrúbke 3 mm, vyrobený na mieru pre zariadenia *Ubiquiti*. Ich cieľom je odrážať práve tieto nežiaduce faktory a tým dosiahnuť čo najvyššiu možnú kvalitu vysielania všetkých zariadení umiestnených v ich tesnej blízkosti.



Obrázok 53 – Odrušovač pre UBNT NanoStation/NanoStation Loco

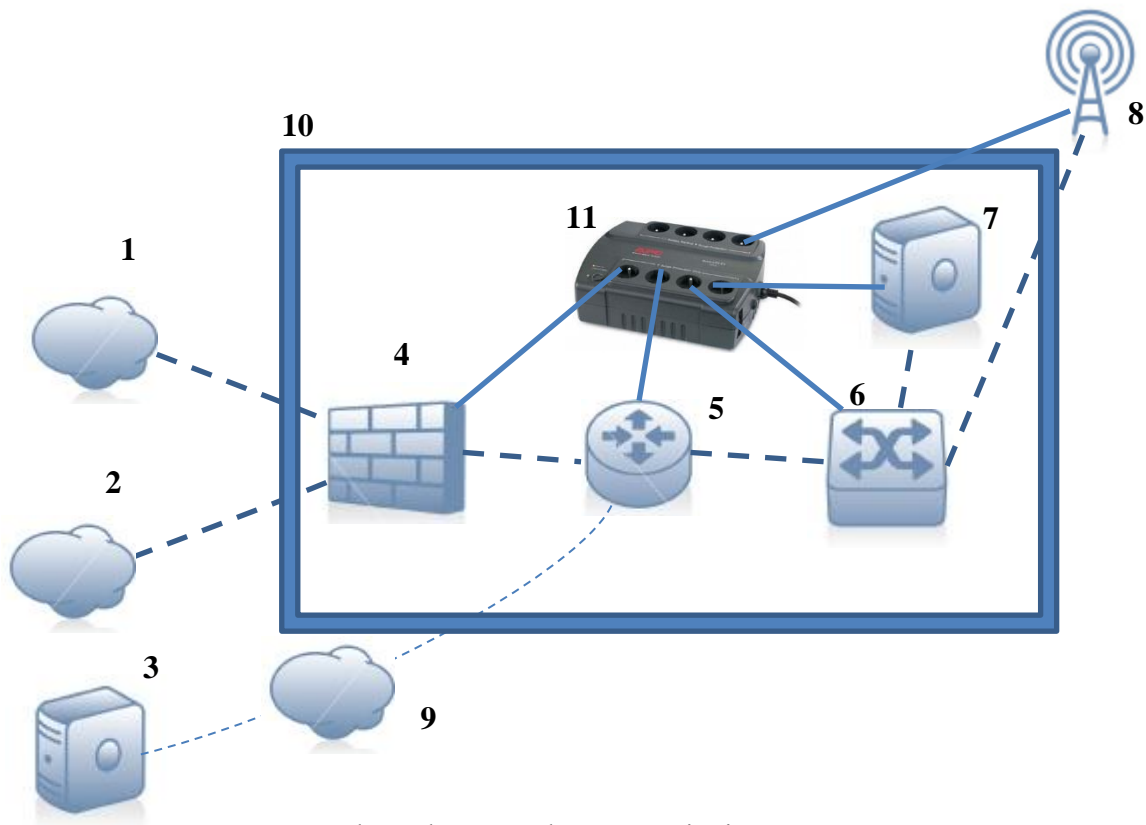
6 POSTUP VÝSTAVBY SIETE

Na základe zhodnotenia jednotlivých technických návrhov a výberu najvhodnejšieho z nich, založeného na daných kritériách, prebehla výstavba siete návrhu technického riešenia A.

6.1 Umiestnenie a montáž zariadení

6.1.1 RACK-ová skriňa

Prvým a zároveň základným bodom návrhu celej siete je zostavenie RACK-ovej skrine, obsahujúce potrebné zariadenia pre prevádzku a údržbu počítačovej siete z jedného centrálného miesta. Obrázok 54 znázorňuje blokové schéma zapojenia zostaveného RACK-u a zároveň popisuje zapojenie celej siete.



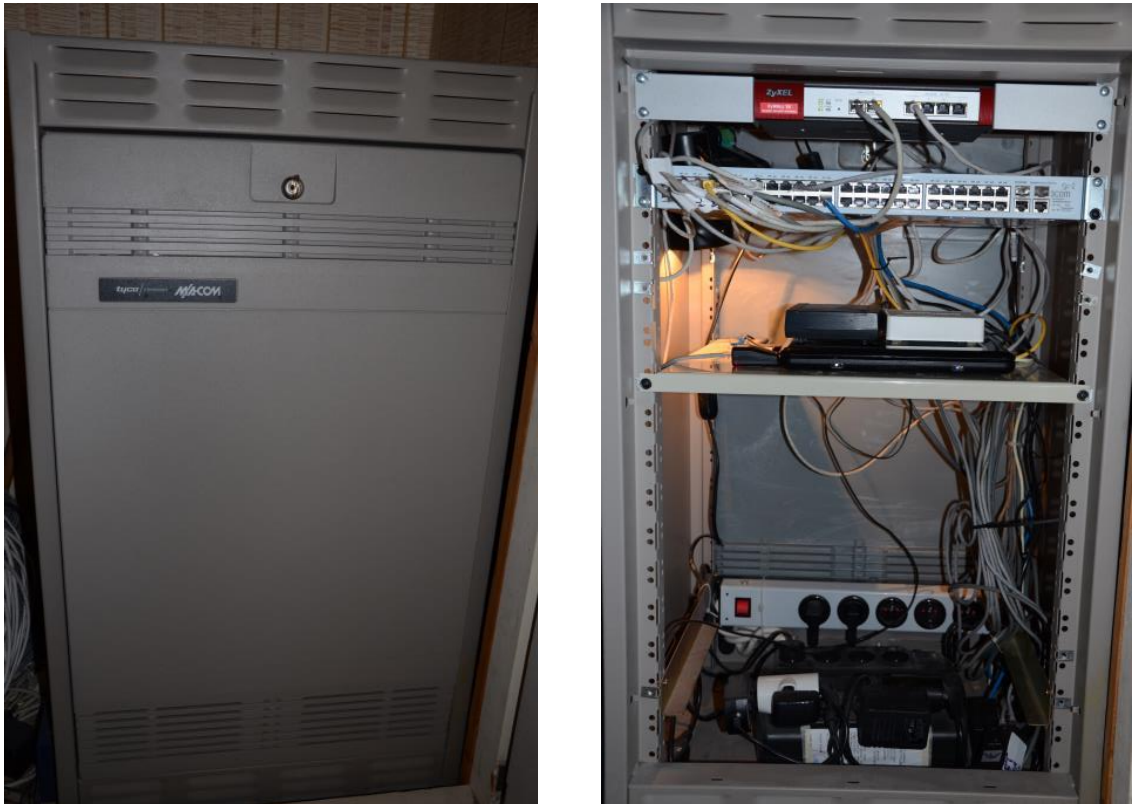
Obrázok 54 – Schéma zapojenia v RACK-ovej skrini

Zoznam zariadení obsiahnutých v tejto blokovej schéme obsahuje. Taktiež prvky, ktoré sú priamo prepojené a dotvárajú zvyšok zapojenia siete.

Tabuľka 7 – Zoznam zariadení RACK-ovej skrine

Číslo	Zariadenie	Poznámka
1	Primárne pripojenie	20Mb/s
2	Redundantné (záložné) pripojenie	20Mb/s
3	RADIUS server/HTTP server	Správčovské rozhranie HotSpot
4	FireWall - vstupná brána	Zyxel ZyWALL USG 50
5	Smerovač	MikroTik RB750
6	Prepínač	3COM 3C16471 2024 BASELINE 10/100 24-PORT
7	Server	Notebook Asus
8	WiFi anténa	NanoBridge M5
9	VPN	PPTP Tunnel
10	RACK	
10	Záložný zdroj	APC Back-UPS 400

Ochranu pred fyzickým zásahom nepovolanych osôb do konfigurácie, prípadného odpojenia zaradení zabezpečuje RACK-ová skriňa zobrazená na Obrázok 55. Zároveň je vidieť praktická realizácia a zapojenie navrhovaných zariadení ako napr. vstupná brána (s dvoma internetovými pripojeniami), 24 portový prepínač, zariadenie MikroTik (vytvárajúce Hotspot pomocou spojenia VPN s RADIUS serverom), AirControl server, prepäťová ochrana a v neposlednom rade záložný zdroj UPS.



Obrázok 55 – RACK

6.1.2 AirControl Server - východzí vysielací bod

Po serverovej nasledovala výstavba bezdrôtovej časti siete. Ako prvá z tejto časti prebehla montáž východzieho vysielacieho bodu na streche panelového domu, ktorý je priamo cez metalickú kabeláž pripojený do napájacieho zdroja POE (napojené na UPS) a do MikroTiku. Pre montáž tohto bodu bola použitá anténa UBNT NanoBridge M5 (viď Obrázok 47). Anténa bola umiestnená na najvyššie možné miesto, aby boli zabezpečené čo najlepšie podmienky pre spojenie s 1. Chrbticovým uzlom bezdrôtovej siete.



Obrázok 56 – Montáž východzí vysielací bod

6.1.3 1. Chrbticový uzol

Po východzom vysielacom bode nasledovala realizácia 1. Chrbticového uzla na streche rodinného domu. Podobne ako u prvého umiestňovania antén, aj tento uzol bol umiestnený na najvyššie možné miesto strechy. V tomto uzle boli umiestnené dve antény UBNT NanoStation M5 a M2 (Obrázok 49) spolu s odrušovacími plechmi (Obrázok 53). Keďže sú antény umiestnené v tesnej blízkosti majú tieto plechy za úlohu zabezpečiť čo najmenšie vzájomné rušenie antén medzi sebou. Montáž tohto uzla zachycuje Obrázok 57 a jej výsledné zapojenie Obrázok 58.



Obrázok 57 – Montáž 1. chrbticový uzol



Obrázok 58 – 1. chrbticový uzol

6.1.4 2. Chrbticový uzol

2. chrbticový uzol bol zrealizovaný podobne ako tomu bolo pri prvom, umiestnený na najvyššom bode strechy chaty v chatovej oblasti. Keďže v tomto uzle boli umiestnené tri antény (2x NanoStation M2, 1x NanoStation Loco M2), kde NanoStation M2 obsahuje 2 LAN porty, bolo využité sériové zapojenie všetkých troch antén pomocou jedného POE (viď. Obrázok 50). Antény boli upevnené na držiak UbiBracket a na mieru vyrobený

vidlicový kovový držiak upevnený na komín. Taktiež pre tesnú blízkosť boli použité odrušovacie plechy. Montáž je zachytená na Obrázok 59 a jej výsledná realizáciu znázorňuje Obrázok 60.



Obrázok 59 – Montáž 2. chrbticový uzol



Obrázok 60 – 2. chrbticový uzol

6.1.5 3. Chrbticový uzol

Ďalšiu súčasťou tvoriacou chrbticovú sieť je uzol, umiestnený už v rámci rekreačnej oblasti Dubník 1. Keďže sa celá táto oblasť je obklopená hornatým terénom, bol na základe návrhu zvolený najvhodnejší, resp. jeden z možných najvyšších bodov pre spojenie s 2. chrbticovým uzlom. Ide o rekreačnú chatku, ktorej strecha poskytuje potrebné parametre pre daný spoj čo sa týka viditeľnosti a elektrickej energie potrebnej pre zariadenia. Pre upevnenie bola použitá konzola UbiBracket, na ktoré boli pripevnené dve antény NanoStation Loco M2. Tento uzol zabezpečuje bezdrôtový spoj medzi 2. a 3. chrbticovým uzlom, zároveň medzi 3. chrbticovým uzlom a koncovým bodom celej siete. Na koncovom bode sú následne umiestnené vysielacie zariadenia, ktoré majú za úlohu pokryť čo najväčšiu časť rekreačnej oblasti.

Realizácia montáže na najvrchnejšej časti strechy je na obrázku Obrázok 61 a jej výsledok je znázornený na Obrázok 62.



Obrázok 61 – Montáž 3. chrbticový uzol



Obrázok 62 – 3. chrbticový uzol

6.1.6 Hotspot - pokrytie oblasti Dubník 1

Poslednou časťou vybudovania siete je pokrytie rekreačnej oblasti čo najväčšou plochou vysielaného signálu, zabezpečujúcu užívateľom prístup do bezdrôtovej siete a následne do Internetu. Pre toto umiestnenie bolo na základe návrhu zvolené miesto budovy potravín, ktoré sa nachádza približne v strede danej oblasti. Aby bolo zabezpečené čo najlepšie pokrytie (do všetkých smerov v čo najväčšej veľkosti), boli na toto miesto umiestnené až štyri smerové antény UBNT NanoStation M2. Jedná z antén bola určená výhradne pre spoj s 3. chrbticovým uzlom a ďalšie tri pre pokrytie oblasti bezdrôtovým signálom v troch rôznych smeroch.

Keďže všetky 4 antény musia medzi sebou komunikovať a v tomto prípade vzhľadom na počet zariadení nebolo možné využiť sériové prepojenie ako tomu bolo v prípade 2. chrbticového uzla, bolo nutné ich vzájomne prepojiť pomocou prepínača. Toto prepojenie znázorňuje Obrázok 64.

Po privedení kabeľáže na strechu budovy prebehla montáž antén na kovovú tyč, kde každá z nich bola následne nasmerovaná na určitý smer na základe ich vysielacieho rádiusu. Keďže sa všetky antény nachádzali v tesnej blízkosti, taktiež boli použité odrušovacie plechy pre minimalizovanie vzájomného rušenia a degradáciu vysielaného signálu.

Montáž tohto uzla zachycuje Obrázok 63 a jej výsledné zapojenie pokrývajúce rekreačnú oblasť je na Obrázok 64.



Obrázok 63 – Montáž Dubník 1



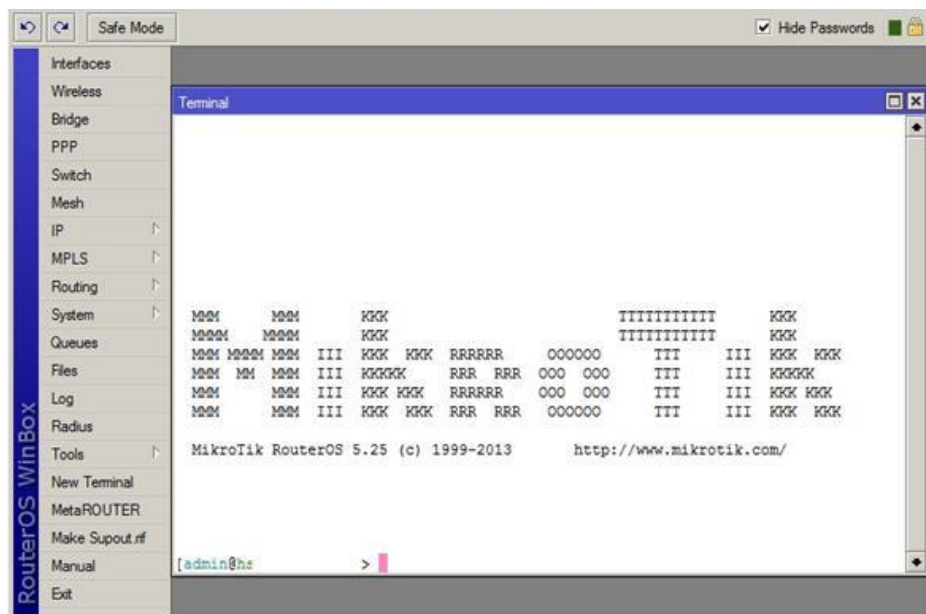
Obrázok 64 – Zapojenie prepínača a Hotspot Dubník 1

7 KONFIGURÁCIA ZARIADENÍ A BEZPEČNOSŤ

7.1 Mikrotik RB750

Na to, aby bolo možné zariadenie konfigurovať je potrebný klientský, voľne stiahnuteľný software od spoločnosti MikroTik známy pod menom WinBox. Pomocou tohto klienta sa vo všeobecnosti konfigurujú všetky zariadenia od tohto výrobcu. GUI WinBox-u je jednoduché a intuitívne, avšak nastavovať zariadenie je pri lepších znalostiach príkazov rýchlejšia, často aj prehľadnejšia ako konfigurácia cez samotné grafické rozhranie.

Podrobná dokumentácia prostredia WinBox a konfigurácia zariadenia MikroTik sa nachádza na uvedenom zdroji [10].



Obrázok 65 – GUI WinBox klient

Z vyššie uvedenej informácie som si zvolil konfiguráciu pomocou príkazového riadku cez terminál WinBoxu. V prípade potreby, identifikátor „#“ príkazového riadku definuje poznámku pre popis konfigurácie. Terminál vkladané znaky (v tomto prípade poznámky) nachádzajúce sa za týmto identifikátorom v danom riadku ignoruje.

Príkazy zadávané do terminálu:

Príkazy v terminály WinBox-u sú vždy zadávané za znakom „/“. V prvej časti sú definované nastavenia služieb telnet, ftp, www a ďalších. Taktiež ich nastavenie IP Adresy a portu na ktorom budú fungovať:

```

1 /ip service set telnet address=X.X.X.X/X disabled=yes port=XX
2 /ip service set ftp address=XXX.XX.X.X /XX disabled=no port=XX
3 /ip service set www address=X.X.X.X/X disabled=yes port=XX
4 /ip service set ssh address=XXX.XX.X.X /XX disabled=no port=XX
5 /ip service set www-ssl address=X.X.X.X/X certificate=none disabled=yes
port=443
6 /ip service set api address=XXX.XX.X.X /XX disabled=no port=XXXX
7 /ip service set winbox address=X.X.X.X/X disabled=no port=XXXX
8 /system identity set name=abXXXXXXXXXX
9 /system console set disabled=yes 0
10 /system clock set time-zone-name=Europe/Prague
11 /system ntp client set enabled=yes mode=unicast primary-ntp=XXX.XX.X.X
secondary-ntp=X.X.X.X

```

Ďalšia časť sa venuje nastaveniu DNS servera, nastavenia jeho parametrov a IP adresy:

```

12 /ip dns set allow-remote-requests=no cache-max-ttl=1w cache-
size=2048KiB max-udp-packet-size=512 servers=XXX.XX.X.X

```

Časť nastavujúca DHCP klienta, v tomto prípade sa jedná o Ethernetový port 1 na zariadení MikroTik. Tento port je vstup pre internetové pripojenie do celej siete HotSpot-u.

```

13 /ip dhcp-client remove 0
14 /ip dhcp-client add add-default-route=yes comment="" default-route-
distance=0 disabled=no host-name=abXXXXXXXXXX interface=ether1 use-peer-
dns=yes use-peer-ntp=yes

```

Nastavenie, resp. povolenie možnosti vzdialenej správy cez SNMP. Konfigurácia IP adresy z ktorých bude povolený prístup, prístupové údaje a šifrovanie:

```

15 /snmp community remove 0
16 /snmp set contact="info@hotspot.eu" enabled=yes
17 /snmp community add address=XXX.XX.X.X /XX authentication-password=""
authentication-protocol=MD5 encryption-password="" encryption-
protocol=DES name=abcdefXXXX read-access=yes security=none write-
access=no

```

Konfigurácia užívateľa, ktorý sa prihlasuje do služby HotSpot-u, IP adresa servera a šifrovanie:

```

18 /user set password=abcdefXXXX 0
19 /user add address=XXX.XX.X.X /XX comment="" disabled=no group=full
name= abXXXXXXXXXX password=abcdefXXXX
20 /radius add service=login,hotspot address=XXX.XX.X.X
secret="abcdefXXXX" disabled=no

```

V tejto časti ide o nastavenie vzdialeného RADIUS servera a jeho parametre, IP adresa, port cez ktorý komunikuje atď. V tomto RADIUS serveri sa bude prebiehať autentizácia a overovanie užívateľov, ktorý si zaplatia daný program pre pripojenie na Internet.

```

21 /radius add accounting-backup=no accounting-port=XXXX
address=XXX.XX.X.X authentication-port=XXXX called-id="" comment=""
disabled=no domain="" realm="" secret= abcdefXXXX service=login,hotspot
timeout=1000ms
22 /radius incoming set accept=yes port=XXXX

```

Nastavenie spojenia VPN, medzi MikroTik-om a vzdialeným serverom. Typ VPN pripojenia, šifrovanie prenosu dát a prístupové údaje do VPN.

```
23 /interface pptp-client add add-default-route=no
allow=pap,chap,mschap1,mschap2 comment="" connect-to=XXX.XXX.XXX.XXX
dial-on-demand=no disabled=no max-mru=1200 max-mtu=1200 mrru=disabled
name="HotSpot VPN" password="abcdefXXXX" profile=default-encryption user=
abXXXXXXXXXX
```

DHCP server pre Ethernet port 2. Tento port je hlavný výstupný port pre celú sieť HotSpot-u. Po tomto nastavení bude MikroTik prideliť lokálne IP adresy v definovanom rozsahu.

```
24 /ip dhcp-server config set store-leases-disk=5m
/ip address add address=XXX.XXX.XXX.XXX/XX comment="" disabled=no
interface=ether2
25 /ip pool add name=dhcp_pool1 ranges=XXX.XXX.XXX.XXX-XXX.XXX.XXX.XXX
26 /ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool1 authoritative=after-2sec-
delay bootp-support=static disabled=no interface=ether2 lease-time=1d
name=dhcp1
27 /ip dhcp-server network add address=XXX.XXX.XXX.XXX/XX comment=""
gateway=XXX.XXX.XXX.XXX/XX
```

Ďalšie detailné nastavenia HotSpotu pre výstupný Ethernetový port 2.

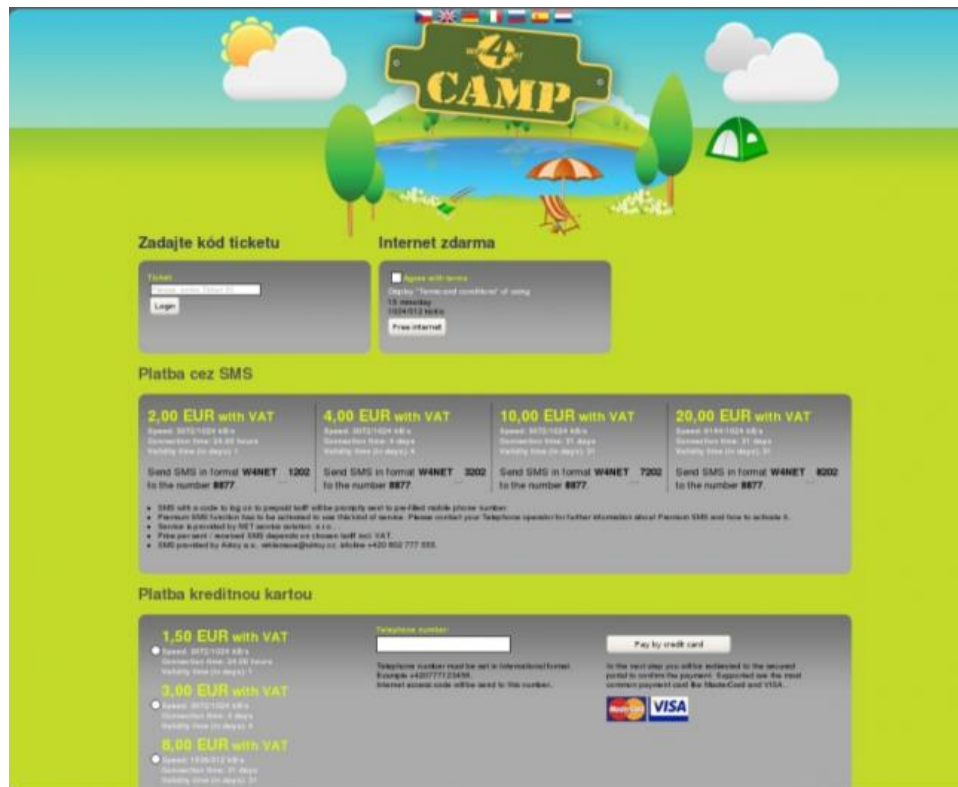
```
28 /ip hotspot profile add dns-name=abXXXXXXXXXX_1.wifihotspot.eu hotspot-
address=XXX.XXX.XXX.XXX html-directory=hotspot http-proxy=X.X.X.X:X
login-by=http-chap name=WiFiHotSpotNET nas-port-type=wireless-802.11
radius-accounting=yes radius-default-domain="" radius-interim-update=30s
radius-location-id="" radius-location-name="" radius-mac-
format=XX:XX:XX:XX:XX:XX rate-limit="" smtp-server=X.X.X.X split-user-
domain=no use-radius=yes
29 /ip hotspot add address-pool=dhcp_pool1 addresses-per-mac=1
disabled=no idle-timeout=5m interface=ether2 keepalive-timeout=none name=
WiFiHotSpotNET_hotspot_1 profile=WiFiHotSpotNET
30 /ip hotspot user profile set default idle-timeout=none keepalive-
timeout=2m name=default shared-users=1 status-autorefresh=1m transparent-
proxy=no
31 /ip firewall mangle add chain=postrouting out-interface=ether2
action=change-ttl new-ttl=set:0
32 /ip hotspot user profile set default shared-users=100
```

V tejto časti sa nachádza konfigurácia pre „walled-garden“. Keďže užívateľ po pripojení do bezdrôtovej siete nemôže mať automaticky prístup do internetu, je nutné aby mal všetko ostatné (webové stránky, služby atď.) zakázané a nemal k nim prístup. Preto je vždy automaticky presmerovaný výhradne na prihlasovaciu web stránku HotSpot-u (viď Obrázok 66). V tomto nastavení teda ide o povolenie prístupu na túto jedinú prihlasovaciu stránku.

```
33 /ip hotspot walled-garden ip add action=accept comment="WiFiHotSpotNET
login page access" disabled=no dst-address=XXX.XX.X.X
```

Nastavenie NAT pre komunikáciu pre preklad adres do internetu cez Ethernetový port 1.

```
34 /ip firewall nat add action=masquerade chain=srcnat comment=""
disabled=no out-interface=ether1
```

Obrázok 66 – Prihlasovacia web stránka do Hotspot-u

7.2 Konfigurácia UBNT zariadení

Konfigurácia jednotlivých zariadení je pre každý prvok siete špecifická na základe úlohy, ktorú zariadenie v danej časti siete zohráva. Vo všeobecnosti pri nastavení zariadenia antény bolo potrebné nakonfigurovať časť týkajúca sa bezdrôtovej komunikácie ako znázorňuje Obrázok 67. V tejto časti sa vždy nastavuje viacero povinných nastavení ako napr.: mód, resp. ako sa anténa správa (prístupový bod, klient), vysielacie SSID, norma IEEE 802.11 (a, b, g, n), šírka vysielaného kanálu (10,20,30,40 MHz), frekvenčné pásmo, výstupný výkon antény, zabezpečenie atď.

Následne nastavenie siete (Obrázok 68), kde v prvom rade ide o úlohu zariadenia v lokálnej sieti. Zariadenie môže zohrávať úlohu transparentného mostu (kedy toto zariadenie sieť nerozdeľuje, ale funguje ako „most“ signálu), alebo úlohu prepínača, kedy oddeľuje ďalšiu časť siete za týmto zariadením. Ďalej sa tu nastavujú jednotlivé IP adresy zariadenia, maska, brány, nastavenia VLAN sietí, brána Firewall, statické routovanie veľa ďalších nastavení.

The screenshot displays the 'Basic Wireless Settings' and 'Wireless Security' sections of the NanoStation M2 configuration interface. The 'Basic Wireless Settings' section includes the following configurations:

- Wireless Mode: Access Point
- WDS (Transparent Bridge Mode): Enable
- SSID: [] Hide SSID
- Country Code: U [ates]
- IEEE 802.11 Mode: B/G/N mixed
- Channel Width: 40 MHz
- Channel Shifting: Disable
- Frequency, MHz: 2462
- Extension Channel: Lower Channel
- Frequency List, MHz: Enable
- Auto Adjust to EIRP Limit: Enable
- Output Power: [] 12 dBm
- Data Rate Module: Default
- Max TX Rate, Mbps: MCS 15 - 300 Automatic

The 'Wireless Security' section includes the following configurations:

- Security: WPA2-AES
- WPA Authentication: PSK
- WPA Preshared Key: [] Show
- MAC ACL: Enable

Obrázok 67 – Konfigurácia bezdrôtovej komunikácie

The screenshot displays the 'Network Role' and 'Management Network Settings' sections of the NanoStation M2 configuration interface. The 'Network Role' section includes the following configurations:

- Network Mode: Bridge
- Disable Network: None

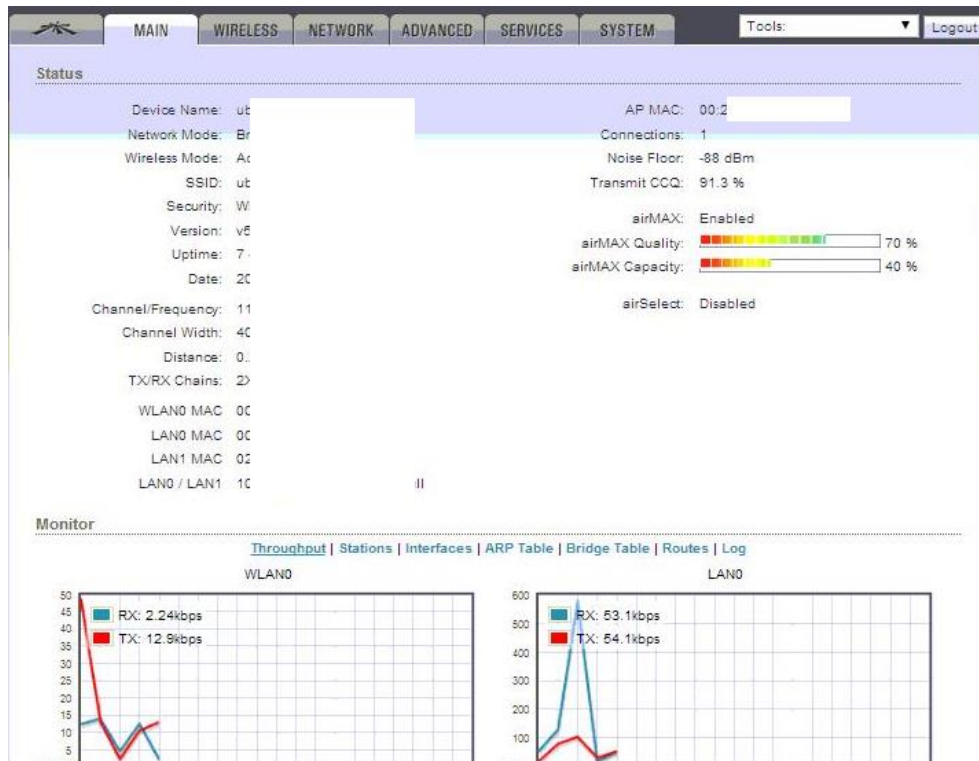
The 'Management Network Settings' section includes the following configurations:

- Configuration Mode: Advanced
- Management Interface: BRIDGE0
- Management IP Address: DHCP Static
- IP Address: 19
- Netmask: 25
- Gateway IP: 10
- Primary DNS IP: 19
- Secondary DNS IP: 10
- Auto IP Aliasing: Enable

Below the 'Management Network Settings' section, there are several expandable sections: Interfaces, IP Aliases, VLAN Network, Bridge Network, Firewall, Static Routes, and Traffic Classification.

Obrázok 68 - Konfigurácia nastavenia siete

Zariadenia Ubiquiti so SW AirOS ponúkajú širokú škálu ďalších nastavení a služieb. Po nakonfigurovaní celého zariadenia si je možné všetky dôležité nastavenia, grafy spojenia, priepustnosti, výslednú kvalitu signálu atď. zobrazit' vo výslednej hlavnej prehľadovej obrazovke. Tento súhrn je zobrazuje Obrázok 69.



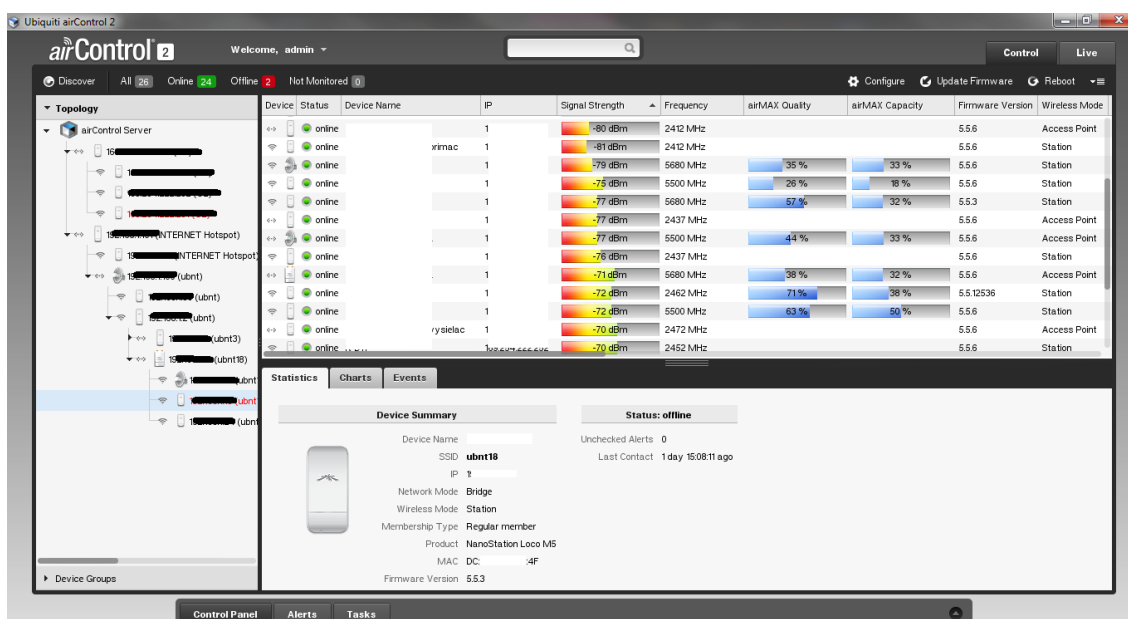
Obrázok 69 – Súhrnné infomácie konfigurácie

8 SPRÁVA, ÚDRŽBA ZARIADENÍ A SYSTÉMU

V prípade, že je bezdrôtová sieť rozsiahla, nie je príliš praktické jednotlivé zariadenia spravovať v ich tesnej blízkosti. Keďže sa môžu od seba nachádzať aj niekoľko kilometrov. Pre účel spravovania všetkých CPE zariadení z jedného centrálného miesta je používaný software AirControl v2.

8.1 Správa CPE zariadení pomocou AirControl v2

Obrázok 70 znázorňuje správčovské rozhranie všetkých zariadení vybudovanej bezdrôtovej siete. Pomocou tohto rozhrania sú vykonávané konfigurácie jednotlivých zariadení vzdialenou správou ako napr.: názov, IP adresa, nastavenie módu antény, vysielací výkon, frekvenčné pásmo, spojenie s druhým zariadením, bezpečnosť, obmedzovanie rýchlosti na jednotlivých spojoch atď. Taktiež sa tu vykonáva kontrola funkčnosti/stavu (online, offline), meranie rýchlosti spojenia medzi jednotlivým zariadeniami, hromadné aktualizácie firmware-u atď.



Obrázok 70 – Správa zariadení AirControl v2

Tento SW je spustený na serveri, ktorý je umiestnený v RACK-u a napojený na záložný zdroj elektrickej energie. Tzn., že prakticky „beží“ 24 hodín, 7dní v týždni. K tomuto serveru je možné sa pripojiť pomocou desktopového, ale tiež pomocou mobilnej verzie klienta AirControl kdekoľvek na svete. Tým je zabezpečená neustála kontrola prevádzky celej bezdrôtovej siete a prípadné nutné konfiguračné úpravy pri fyzickej nedostupnosti zariadení.

9 CENOVÁ ROZVAHA – EKONOMIKA CELÉHO RIEŠENIA

Tabuľka 8 – Cenová rozvaha

Č.	Položka	Typ	Počet ks	Cena za kus [bez DPH]	Cena celkovo [bez DPH]
1	UBNT NanoStation (POE 24V/0,5A 12W v balení)	M2	5	69,99 €	349,95 €
2	UBNT NanoStation (POE 24V/0,5A 12W v balení)	M5	1	60,66 €	60,66 €
3	UBNT NanoStation (POE 24V/0,5A 12W v balení)	Loco M2	8	37,35 €	298,80 €
4	UBNT NanoBridge (POE 24V/0,5A 12W v balení)	M5	1	61,60 €	61,60 €
5	Zywall USG 50	M5	1	276,86 €	276,86 €
6	LAN prepínač	3COM BASELIN E 10/100 24-PORT	1	120 €	120,00 €
7	Záložný zdroj	APC Back- UPS 400	1	32,49 €	32,49 €
8	Konektory balenie 100ks	RJ45	100	0,18 €	18,00 €
9	Krytky na konektory 100ks	Ochrana RJ45	100	0,03 €	3,00 €
10	Prepojovací kábel 305m	FTP drát c5e	1	77,16 €	77,16 €
11	MikroTik	RB750	1	29,93 €	29,93 €
12	Konzola	UbiBracket	10	3,81 €	38,10 €
13	Odrušovacie plechy	-	14	15 €	210,00 €
14	LAN prepínač	Zyxel ES- 105A 5port	1	9,91 €	9,91 €
15	UBNT POE	24V/1A (24W)	1	8,33 €	8,33 €
Celková cena nákladov bez DPH:					1 594, 79 €

Tabuľka 8 predstavuje vyčíslenie nákladov na realizáciu technického riešenia celej siete. Vzhľadom na vzniknuté náklady a nastavenie cien poskytovania pripojenia do internetu užívateľom sa predpokladá istá návratnosť tejto investície. Túto návratnosť nie je možné presne vyčísliť, keďže služba bude poskytovaná ako stálym užívateľom (v prípade

chatárov v oblasti Borovina), tak aj náhodným (nepravidelným) užívateľom navštevujúcich chatovú či rekreačnú oblasť. Programy poskytovania sú nastavené rôzne, kedy si užívateľ môže zvoliť pripojenie na:

- 15 minút - zadarmo
- 1 deň
 - 3Mb/s
 - 6Mb/s
- 4 dni
 - 3Mb/s
 - 6Mb/s
- 1 mesiac
 - 3Mb/s
 - 6Mb/s

Na základe výberu užívateľského programu, dĺžky zakúpeného obdobia a návštevnosti oblastí závisí práve návratnosť investovaných nákladov. Avšak vzhľadom na známu približnú obsadenosť rekreačnej oblasti sa návratnosť odhaduje približne na 2-3 roky.

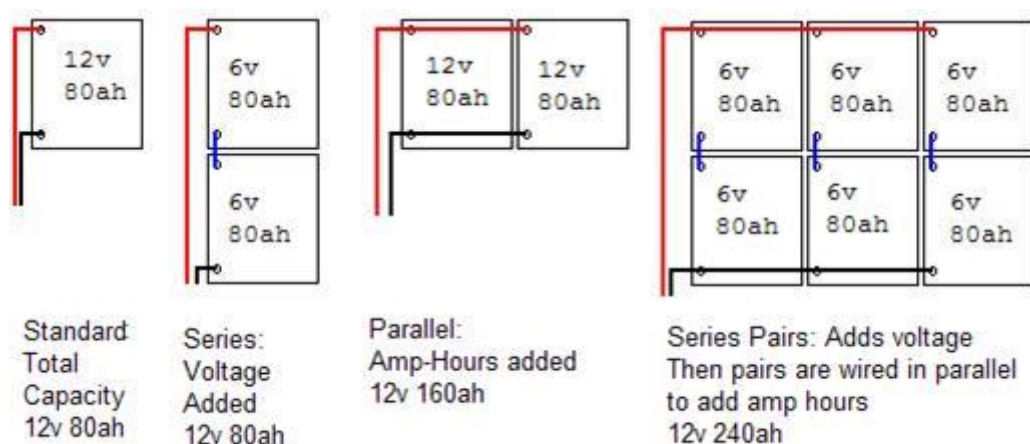
Taktiež záleží na ďalšom rozvoji a prípadnom rozširovaní tejto vybudovanej siete do ďalších oblastí, alebo samotného mesta Stará Turá.

10 PLÁNOVANÉ ROZŠÍRENIE A VYLEPŠENIE REALIZOVANÉHO RIEŠENIA SIETE

Aktuálne vybudovaná bezdrôtová sieť bola navrhnutá tak, že všetky zariadenia figurujúce v nej sú napájané výhradne priamo z elektrickej siete, v prípade výpadku elektrickej energie zo záložného zdroja. V počítačových sieťach, obzvlášť v oblasti bezdrôtových sietí je pri navrhovaní a následnej realizácii v niektorých prípadoch oveľa výhodnejšie (niekedy priam nevyhnutné) zariadenia umiestniť na miesta, kde nie je privedený zdroj elektrickej energie. V takom prípade existuje možnosť využitia solárneho napájania v kombinácii s batériami, pre prípad nedostatočnej slnečnej energie (za dažďa, hustého sneženia a pod.).

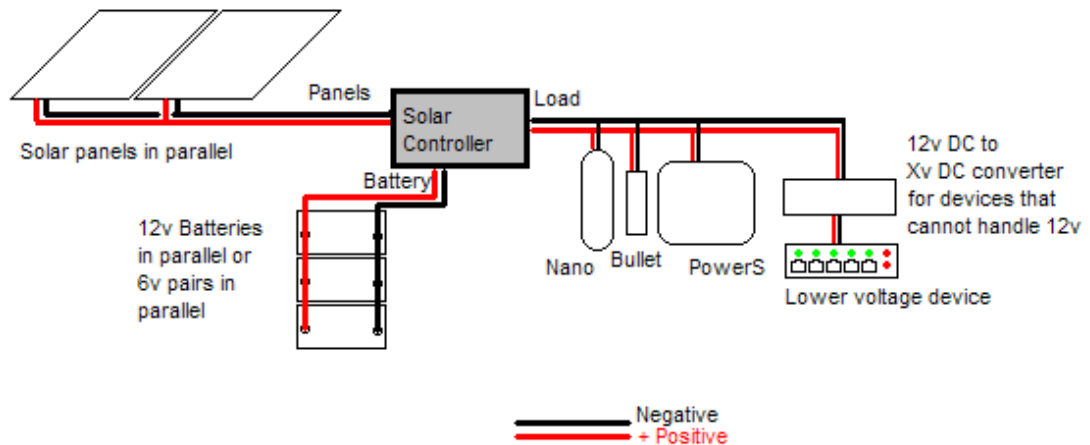
Ako je uvedené, aktuálne táto bezdrôtová sieť túto možnosť nevyužíva. Avšak pre jej rozšírenie do určitých oblastí je tu návrh riešenia, ako by bolo možné takéto napájanie antén pomocou solárnych panelov v kombinácii s batériami na miestach, kde nie je dostupná elektrická sieť skonštruovať.

Vzhľadom na to, aké počasie počas celého roku v danej oblasti priemerne býva (ako dlho priemerne svieti slnko v danej oblasti na deň), je potrebné navrhnuť aj potrebnú dĺžku zálohy el. energie. Tieto batérie pokrývajú napájanie antén časti dňa, kedy nie sú podmienky pre napájanie priamo zo solárnych panelov. Keďže batérie majú obmedzenú kapacitu, je možné ju zvýšiť pomocou sériového, prípadne paralelného zapojenia batérií. Obrázok 71 znázorňuje možnosti zapojenia batérií, ktoré v konečnom dôsledku zvyšujú kapacitu, potrebnú pre dlhší čas napájania antén.



Obrázok 71 – Varianty zapojenia batérií [11]

Obrázok 72 znázorňuje blokové schéma zapojenia celého solárneho riešenia. V tejto schéme sú obsiahnuté solárne panely, solárny kontrolér, batérie, samotné napájané antény a prevodník z jednosmerných 12V na inú voltáž.



Obrázok 72 – Blokové schéma zapojenia solárneho riešenia [11]

Celé solárne riešenie je z dielne *Ubiquiti Networks, Inc.* a v práci nie je zahrnutá jeho praktická realizácia. Avšak napriek tomu je to dobrá motivácia pre budúce plánované rozšírenie vybudovanej siete. Preto je z tohto dôvodu uvedené aj jeho riešenie.

ZÁVER

Myšlienkou a zároveň hlavným cieľom tejto práce bolo navrhnuť najlepšie technické riešenie pre vybudovanie bezdrôtovej počítačovej siete formou Hotspotu. Následne, na základe navrhnutého technického riešenia zrealizovať výstavbu a uviesť toto technické riešenie do prevádzky. Účelom pripojenia do siete je poskytnúť užívateľom dostupnú konektivitu k celosvetovej sieti Internet.

Úvod teoretickej časti diplomovej práce popisuje počítačovú sieť, klasifikáciu a prvky využívané v počítačových sieťach. Ďalej teoretická časť pokračuje kapitolami týkajúcimi sa primárnej myšlienky celej práce, konkrétne bezdrôtovými sieťami IEEE 802.11. Jednotlivé časti rozoberajú princípy fungovania týchto sietí, ich štandardy a s nimi spojené regulácie orgánov, predovšetkým na území Slovenskej republiky. Taktiež sú popísané topológie IEEE 802.11, všetky dôležité faktory ovplyvňujúce bezdrôtové prenosy signálu a na záver sú popísané najbežnejšie typy antén. Predovšetkým ide o antény využívané v praktickej časti tejto diplomovej práce.

Následne práca pokračuje práve praktickou časťou, kde je na začiatku vysvetlený zámer vybudovania a požiadaviek na sieť. Ďalej je detailne rozoberaný popis lokality, v ktorej sa nachádza pokrytie *Hotspot-u*. Na tento popis nadväzujú jednotlivé návrhy riešení. V týchto návrhoch sú geograficky znázornené trasy a umiestnenia zariadení celej chrbticovej siete, kde by najviac vyhovovali potrebám bezproblémového prenosu signálu medzi sebou. Na základe vzájomného porovnania, zváženia výhod a nevýhod, splnenia požiadaviek na sieť bolo vybrané najvhodnejšie riešenie A. Ďalej pokračujú kapitoly využitého SW a HW vybavenia pre výstavbu bezdrôtovej siete, samotnej výstavby jednotlivých chrbticových uzlov, konfigurácie zariadení, popisu vzdialenej správy antén a na záver je vytvorená cenová rozvaha celej siete. Doplnením práce je samostatná kapitola, venujúca sa solárnemu napájaniu antén v miestach, kde je nie dostupná žiadna elektrická energia pre napájanie zdroja zariadení.

Vybudovanie bezdrôtovej siete má pre dané lokality praktický význam a zároveň veľký potenciál. Navrhnuté technické riešenie sa podarilo zrealizovať bez väčších komplikácií, čo je výsledkom tejto diplomovej práce. Princípy a techniky použité pri realizácii tejto diplomovej práce môžu byť využité aj pri vytváraní obdobných riešení v iných lokalitách.

ZÁVER V ANGLIČTINE

The idea and simultaneously main aim of this study was to design the best technical solution to build a wireless computer network like a hotspot. Subsequently, on the basis of the proposed technical solution, construct and put these technical solutions into operation. The purpose of connection to the network is to provide users accessible connectivity to the global Internet network.

Introduction of the theoretical part of the master`s thesis describes the computer networks, classification and components used in computer networks. Next theoretical part continues with chapters relating to the primary idea of the whole work, specifically the wireless networks IEEE 802.11. Individual parts analyze the principles of operation of these networks, their standards and related regulatory authorities, primarily in the Slovak republic. It also describes the topology IEEE 802.11, all important factors affecting the wireless signal transmission and finally describes the most common types of antennas. Primarily antennas used in the practical part of this master`s thesis.

Subsequently, the work continues just the practical part, where is explained the intention of building system and requirements of the network. Next is detailed description of the area, which includes the cover of Hotspot. For this descriptions follow individual proposal for solutions. These proposals contain geographically depicted routes of the signals and location of devices whole backbone network with regard to the trouble-free operation transmission of signal. In the basis of comparison, considering the advantages and disadvantages and fulfill requirements for the network was chosen the most appropriate solution A. Following chapters describe used SW and HW equipment for the construction of a wireless network and individual backbone nodes, configuration devices, description remote management of antennas and finally created financial plan and budget. In addition is in thesis is separate chapter concerned with the solar power to antennas on places, where is not available electricity to power source equipment.

Construction of wireless network has the practical importance and simultaneously great potential for these areas. The proposed technical solution, were implemented without major complications as a result of this thesis. Principles and techniques used in the implementation of this master`s thesis can also used in creation similar solutions in other locations.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] TRULOVE, James. Sítě LAN: hardware, instalace a zapojení. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 384 s. ISBN 978-802-4720-982.
- [2] ODOM, Wendell, Rus HEALY a Naren MEHTA. Směrování a přepínání sítí: autorizovaný výukový průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 879 s. ISBN 978-802-5125-205.
- [3] LUDVÍK, Miroslav a Bohumír ŠTĚDRŮŇ. Teorie bezpečnosti počítačových sítí. Vyd. 1. Kralice na Hané: Computer Media, 2008, 98 s. ISBN 978-808-6686-356.
- [4] CARROLL, Brandon. Bezdrátové sítě Cisco: autorizovaný výukový průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 478 s. ISBN 978-80-251-2884-8.
- [5] HOLT, Alan a Chi-Yu HUANG. 802.11 wireless networks: security and analysis. London: Springer, 2010, xxi, 212 s. ISBN 978-1-84996-275-9.
- [6] BIGELOW, Stephen J. *Mistrovství v počítačových sítích: správa, konfigurace, diagnostika a řešení problémů*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004, 990 s. ISBN 80-251-0178-9.
- [7] Wi-Fi sítě: vše co jste kdy chtěli vědět 1/2. *PCTuning* [online]. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/hardware/site-a-internet/11138-wi-fi-site-vse-co-jste-kdy-chteli-vedet_12?start=2
- [8] UBIQUITI NETWORKS, Inc. *Ubiquiti Wiki* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://wiki.ubnt.com>
- [9] MIKROTIK. *MikroTik Wiki* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://wiki.mikrotik.com>
- [10] AirMAX - Solar Powered Tower: Ubiquiti Networks Community. In: *Ubiquiti Networks, Inc.* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://community.ubnt.com/t5/airMAX-Getting-Started/airMAX-Solar-Powered-Tower/ta-p/496599>
- [11] *Ubiquiti Networks, Inc.* [online]. [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: <http://www.ubnt.com/airmax#airMaxHardware>
- [12] *MikroTik Routers and Wireless* [online]. [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: <http://routerboard.com/RB750>

- [13] ZyXEL Worldwide [online]. [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: http://www.zyxel.com/cz/cs/products_services/usg_200_100_plus_100_50_20w_20.shtml?t=p&tabOrder=4
- [14] GOOGLE INC. *Google play* [online]. [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: <https://play.google.com/store>
- [15] Computer Networking: Logical Classification of Networks and Servers. *Computer Networking* [online]. 1. vyd. 2013 [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: <http://computernetworking007.blogspot.cz/2012/12/logical-classification-of-networks-and.html>
- [16] IEEE 802.11n: Jak na rychlé Wi-Fi doma i venku. *PCTuning* [online]. 1. vyd. 2010 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/site-a-internet/16921-ieee-802-11n-jak-na-rychle-wi-fi-doma-i-venku?start=3>
- [17] Všeobecné povolenia. *Úrad pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb* [online]. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.teleoff.gov.sk/index.php?ID=29>
- [18] AirView. *Ubiquiti Networks, Inc.* [online]. 1. vyd. [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: <http://www.ubnt.com/airview>
- [19] Fresnel zone. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Fresnel_zone

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

AP	Access Point
API	Application Programming Interface
AES	Advanced Encryption Standard
AV	AntiVirus
BSA	Basic Service Area
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CPE	Customer Premises Equipment
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DNS	Domain Name Server
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EIRP	Equivalent Isotropically radiated power
ESA	Extended Service Area
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
FW	FirmWare
GUI	Graphic User Interface
HTTP(S)	HyperText Transport Protocol (Secure)
HW	Hardware
(I)BSS	(Independent) Basic Service Set
IDP	Intrusion Detection System
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISM	Industrial Scientific and Medical
ISO/OSI	Internacional Organization for Standardization / Open System Interconnect
L2TP	Layer 2 Tunneling Protocol
MAN	Metropolitan Area Network
NAT	Network Address Translation
P2P	Peer-to-Peer
PAN	Personal Area Network
RAM	Random Access Memory
RADIUS	Remote Authentication Dial In User Service

RF	Radio Frequency
RSSI	Received Signal Strength Indicator
POE	Power Over Ethernet
SNMP	Simple Network Management Protocol
SNR	Signal-to-Noise Ratio
SPI	Serial Peripheral Interface
SSH	Secure Shell
SSID	Service Set Identifier
SSL	Secure Socket Layer
STA	STation
SW	Software
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UBNT	UBiquiti NeTworks
UDP	User Datagram Protocol
UPS	Uninterruptible Power Supply
(V)LAN	(Virtual) Local Area Network
VPN	Virtual Private Protocol
WAN	World Area Network
WIFI	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 – Peer-to-peer [15]	12
Obrázok 2 – Klient-server [15]	12
Obrázok 3 – Elektromagnetické spektrum [4]	16
Obrázok 4 – Kanály pracujúce na frekv. 2,4 GHz [4]	17
Obrázok 5 – Modulácia DSSS [7]	18
Obrázok 6 – Kódovanie pomocou fázového posunu [4]	19
Obrázok 7 – Technológia MIMO [16]	19
Obrázok 8 – Sieť ad-hoc [4]	22
Obrázok 9 – Zákł. oblasť BSA, Spoločný distribučný systém s ESA [4]	23
Obrázok 10 – Absorpcia pred a po pohltení [4]	24
Obrázok 11 – Odraz [4]	25
Obrázok 12 – Viac cestnosť [4]	25
Obrázok 13 – Rozptyl [4]	26
Obrázok 14 – Lom [4]	26
Obrázok 15 – Vertikálna a horizontálna polarizácia [4]	27
Obrázok 16 – Kruhová polarizácia [4]	28
Obrázok 17 – H-rovina a E-rovina [4]	29
Obrázok 18 – Vyžarovacia charakteristika smerovej antény [4]	30
Obrázok 19 – Vyžarovacia charakteristika antény yagi [4]	30
Obrázok 20 – Parabolická anténa [4]	30
Obrázok 21 – Fresnelova zóna [19]	31
Obrázok 22 – Hlavné lokality pokrytia	34
Obrázok 23 – Medzinárodný motorkársky zraz Dubník 1	35
Obrázok 24 – Medzinárodný motorkársky zraz Dubník 1	35
Obrázok 25 – Airlink GUI	36
Obrázok 26 – Návrh riešenia chrbticovej siete A	39
Obrázok 27 – Analýza 1. Chrbticového spoja (varianta A)	40
Obrázok 28 – Analýza 2. Chrbticového spoja (varianta A)	40
Obrázok 29 – Analýza 3. Chrbticového spoja (varianta A)	41
Obrázok 30 – Analýza 4. Chrbticového spoja (varianta A)	41
Obrázok 31 – Analýza 5. Chrbticového spoja (varianta A)	42
Obrázok 32 – Návrh riešenia chrbticovej siete B	44

Obrázok 33 - Analýza 1. Chrbticového spoja (varianta B).....	45
Obrázok 34 - Analýza 2. Chrbticového spoja (varianta B).....	45
Obrázok 35 – Návrh riešenia chrbticovej siete C	48
Obrázok 36 – Analýza 1. Chrbticového spoja (varianta C).....	49
Obrázok 37 – Analýza 2. Chrbticového spoja (varianta C).....	50
Obrázok 38 – Grafické prostredie Aircontrol v.1 [9]	53
Obrázok 39 – Blokové schéma Aircontrol [9].....	54
Obrázok 40 – Detailné info o CPE [15].....	55
Obrázok 41 – Graf hodnôt z CPE [15]	55
Obrázok 42 – Menu EasyUbnt, Ladenie signálu CPE [15]	56
Obrázok 43 – AirView spektrálny analyzátor [18].....	57
Obrázok 44 – Zywall USG 50 [14].....	57
Obrázok 45 – Schéma zálohy primárnej internetovej linky [14].....	58
Obrázok 46 – Mikrotik RB750 [13]	59
Obrázok 47 – UBNT NanoBridge M5 [12]	60
Obrázok 48 – UBNT NanoStation Loco M2/M5 [12].....	60
Obrázok 49 – UBNT NanoStation M2/M5 [12].....	61
Obrázok 50 – Sériové zapojenie antén	61
Obrázok 51 – UBNT 15V/0,5A, 24V/1A PoE Adaptér	62
Obrázok 52 – Konzola UbiBracket.....	62
Obrázok 53 – Odrušovač pre UBNT NanoStation/NanoStation Loco	63
Obrázok 54 – Schéma zapojenia v RACK-ovej skrini	64
Obrázok 55 – RACK.....	66
Obrázok 56 – Montáž východzí vysielací bod.....	67
Obrázok 57 – Montáž 1. chrbticový uzol	68
Obrázok 58 – 1. chrbticový uzol.....	68
Obrázok 59 – Montáž 2. chrbticový uzol	69
Obrázok 60 – 2. chrbticový uzol.....	69
Obrázok 61 – Montáž 3. chrbticový uzol	70
Obrázok 62 – 3. chrbticový uzol.....	71
Obrázok 63 – Montáž Dubník 1	72
Obrázok 64 – Zapojenie prepínača a Hotspot Dubník 1.....	72
Obrázok 66 – GUI WinBox klient.....	73

Obrázok 67 – Prihlasovacia web stránka do Hotspot-u.....	76
Obrázok 68 – Konfigurácia bezdrôtovej komunikácie	77
Obrázok 69 - Konfigurácia nastavenia siete	77
Obrázok 70 – Súhrnné infomácie konfigurácie	78
Obrázok 71 – Správa zariadení AirControl v2	79
Obrázok 72 – Varianty zapojenia batérií [11]	82
Obrázok 73 – Blokové schéma zapojenia solárneho riešenia [11]	83

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 – použiteľné frekvenčné pásma v EU, USA a Japonsku.....	16
Tabuľka 2 – Podmienky využívania frekvencie 2,4 GHz [17].....	21
Tabuľka 3 – Podmienky využívania frekvencie 5 GHz [17].....	21
Tabuľka 4 – Zoznam spojov návrhu chrbticovej siete A.....	37
Tabuľka 5 – Zoznam spojov návrhu chrbticovej siete B.....	43
Tabuľka 6 – Zoznam spojov návrhu chrbticovej siete C.....	47
Tabuľka 7 – Zoznam zariadení RACK-ovej skrine.....	65
Tabuľka 8 – Cenová rozvaha.....	80

ZOZNAM PRÍLOH

P I	Príkazy nastavenia MikroTik
P II	Mapa - Návrh riešenia chrbticovej siete A
P III	Mapa - Návrh riešenia chrbticovej siete B
P IV	Mapa - Návrh riešenia chrbticovej siete C
P V	Airlink - Analýza návrhu riešenia A 1
P VI	Airlink - Analýza návrhu riešenia A 2
P VII	Airlink - Analýza návrhu riešenia A 3
P VIII	Airlink - Analýza návrhu riešenia A 4
P IX	Airlink - Analýza návrhu riešenia A 5
P X	Airlink - Analýza návrhu riešenia B 1
P XI	Airlink - Analýza návrhu riešenia B 2
P XII	Airlink - Analýza návrhu riešenia C 1
P XIII	Airlink - Analýza návrhu riešenia C 2

PRÍLOHA P I: PRÍKAZY NASTAVENIA MIKROTIK

```
1 /ip service set telnet address=X.X.X.X/X disabled=yes port=XX
2 /ip service set ftp address=XXX.XX.X.X /XX disabled=no port=XX
3 /ip service set www address=X.X.X.X/X disabled=yes port=XX
4 /ip service set ssh address=XXX.XX.X.X /XX disabled=no port=XX
5 /ip service set www-ssl address=X.X.X.X/X certificate=none disabled=yes
port=443
6 /ip service set api address=XXX.XX.X.X /XX disabled=no port=XXXX
7 /ip service set winbox address=X.X.X.X/X disabled=no port=XXXX
8 /system identity set name=abXXXXXXXXXX
9 /system console set disabled=yes 0
10 /system clock set time-zone-name=Europe/Prague
11 /system ntp client set enabled=yes mode=unicast primary-ntp=XXX.XX.X.X
secondary-ntp=X.X.X.X

12 /ip dns set allow-remote-requests=no cache-max-ttl=1w cache-
size=2048KiB max-udp-packet-size=512 servers=XXX.XX.X.X

13 /ip dhcp-client remove 0
14 /ip dhcp-client add add-default-route=yes comment="" default-route-
distance=0 disabled=no host-name=abXXXXXXXXXX interface=ether1 use-peer-
dns=yes use-peer-ntp=yes

15 /snmp community remove 0
16 /snmp set contact="info@hotspot.eu" enabled=yes
17 /snmp community add address=XXX.XX.X.X /XX authentication-password=""
authentication-protocol=MD5 encryption-password="" encryption-
protocol=DES name=abcdefXXXX read-access=yes security=none write-
access=no

18 /user set password=abcdefXXXX 0
19 /user add address=XXX.XX.X.X /XX comment="" disabled=no group=full
name= abXXXXXXXXXX password=abcdefXXXX
20 /radius add service=login,hotspot address=XXX.XX.X.X
secret="abcdefXXXX" disabled=no

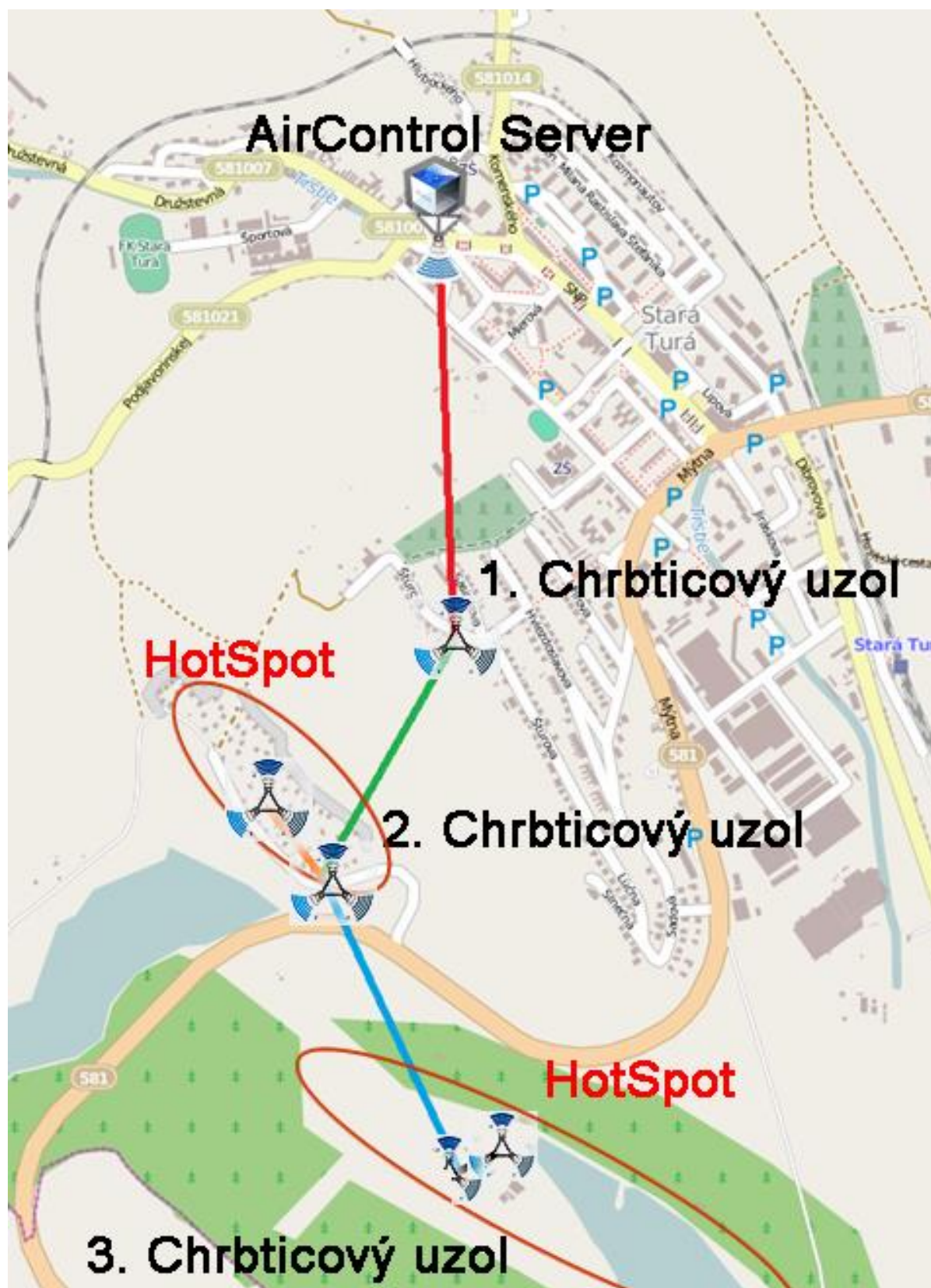
21 /radius add accounting-backup=no accounting-port=XXXX
address=XXX.XX.X.X authentication-port=XXXX called-id="" comment=""
disabled=no domain="" realm="" secret= abcdefXXXX service=login,hotspot
timeout=1000ms
22 /radius incoming set accept=yes port=XXXX

23 /interface pptp-client add add-default-route=no
allow=pap,chap,mschap1,mschap2 comment="" connect-to=XXX.XXX.XXX.XXX
dial-on-demand=no disabled=no max-mru=1200 max-mtu=1200 mrru=disabled
name="HotSpot VPN" password="abcdefXXXX" profile=default-encryption user=
abXXXXXXXXXX

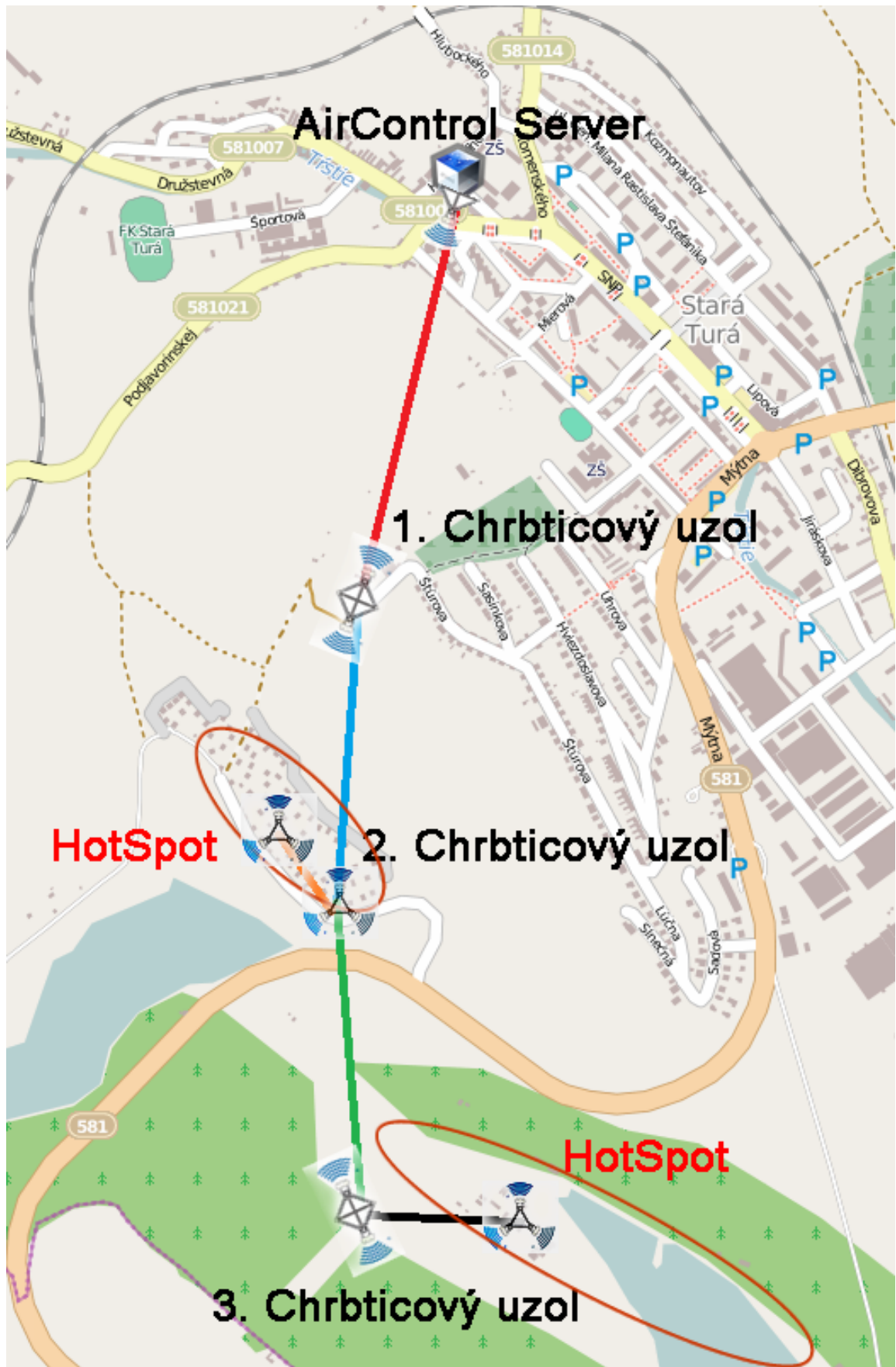
24 /ip dhcp-server config set store-leases-disk=5m
25 /ip address add address=XXX.XXX.XXX.XXX/XX comment="" disabled=no
interface=ether2
26 /ip pool add name=dhcp_pool1 ranges=XXX.XXX.XXX.XXX-XXX.XXX.XXX.XXX
/ip dhcp-server add address-pool=dhcp_pool1 authoritative=after-2sec-
delay bootp-support=static disabled=no interface=ether2 lease-time=1d
name=dhcp1
/ip dhcp-server network add address=XXX.XXX.XXX.XXX/XX comment=""
gateway=XXX.XXX.XXX.XXX/XX
```

```
27 /ip hotspot profile add dns-name=abXXXXXXXXXX_1.wifihotspot.eu hotspot-  
address=XXX.XXX.XXX.XXX html-directory=hotspot http-proxy=X.X.X.X:X  
login-by=http-chap name=WiFiHotSpotNET nas-port-type=wireless-802.11  
radius-accounting=yes radius-default-domain="" radius-interim-update=30s  
radius-location-id="" radius-location-name="" radius-mac-  
format=XX:XX:XX:XX:XX:XX rate-limit="" smtp-server=X.X.X.X split-user-  
domain=no use-radius=yes  
28 /ip hotspot add address-pool=dhcp_pool1 addresses-per-mac=1  
disabled=no idle-timeout=5m interface=ether2 keepalive-timeout=none name=  
WiFiHotSpotNET_hotspot_1 profile=WiFiHotSpotNET  
29 /ip hotspot user profile set default idle-timeout=none keepalive-  
timeout=2m name=default shared-users=1 status-autorefresh=1m transparent-  
proxy=no  
  
30 /ip firewall mangle add chain=postrouting out-interface=ether2  
action=change-ttl new-ttl=set:0  
  
31 /ip hotspot user profile set default shared-users=100  
  
32 /ip hotspot walled-garden ip add action=accept comment="WiFiHotSpotNET  
login page access" disabled=no dst-address=XXX.XX.X.X  
  
33 /ip firewall nat add action=masquerade chain=srcnat comment=""  
disabled=no out-interface=ether1
```

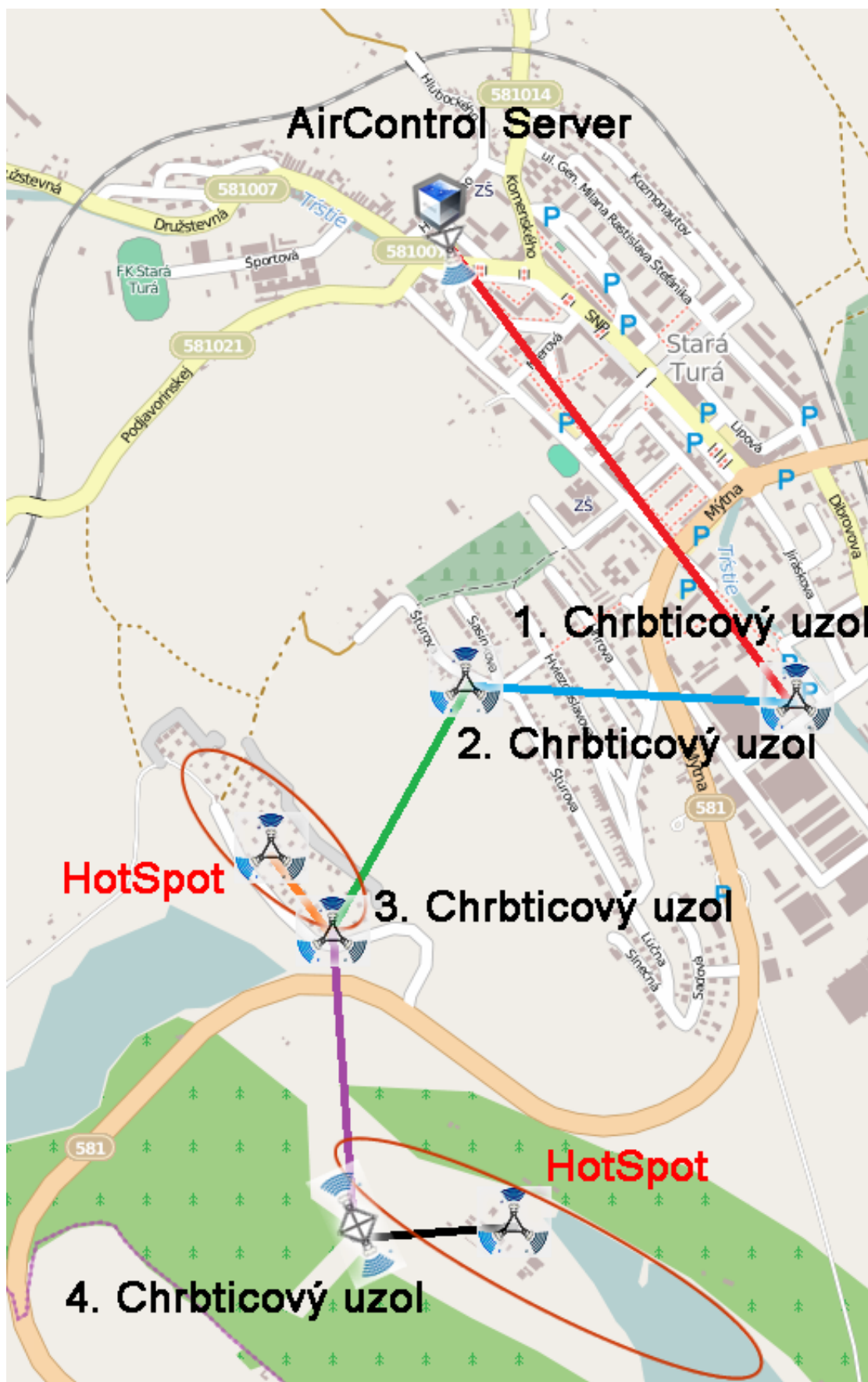
PRÍLOHA P II: MAPA-NÁVRH RIEŠENIA CHRBTICOVEJ SIETE A



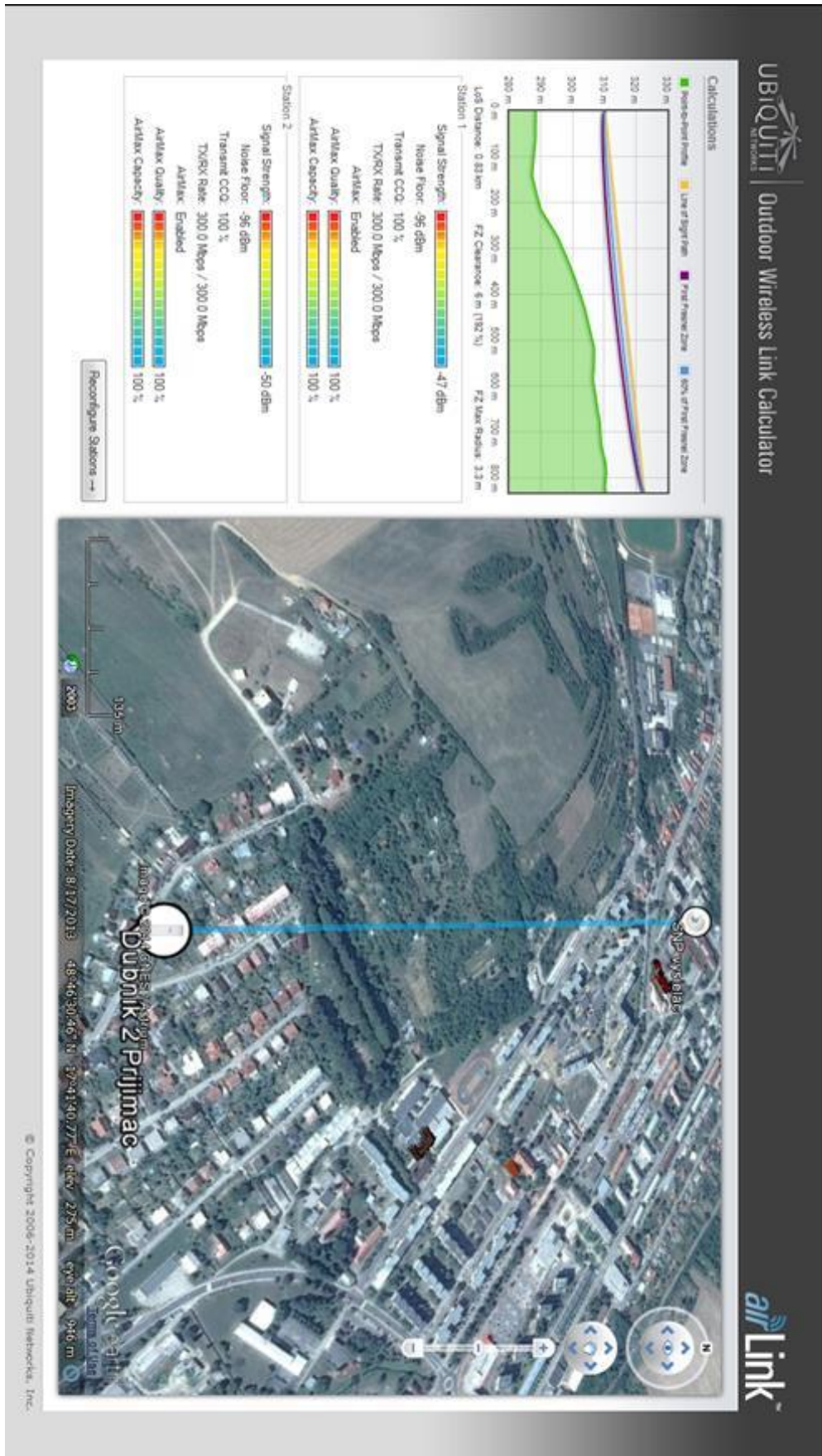
PRÍLOHA P III: MAPA-NÁVRH RIEŠENIA CHRBTICOVEJ SIETE B



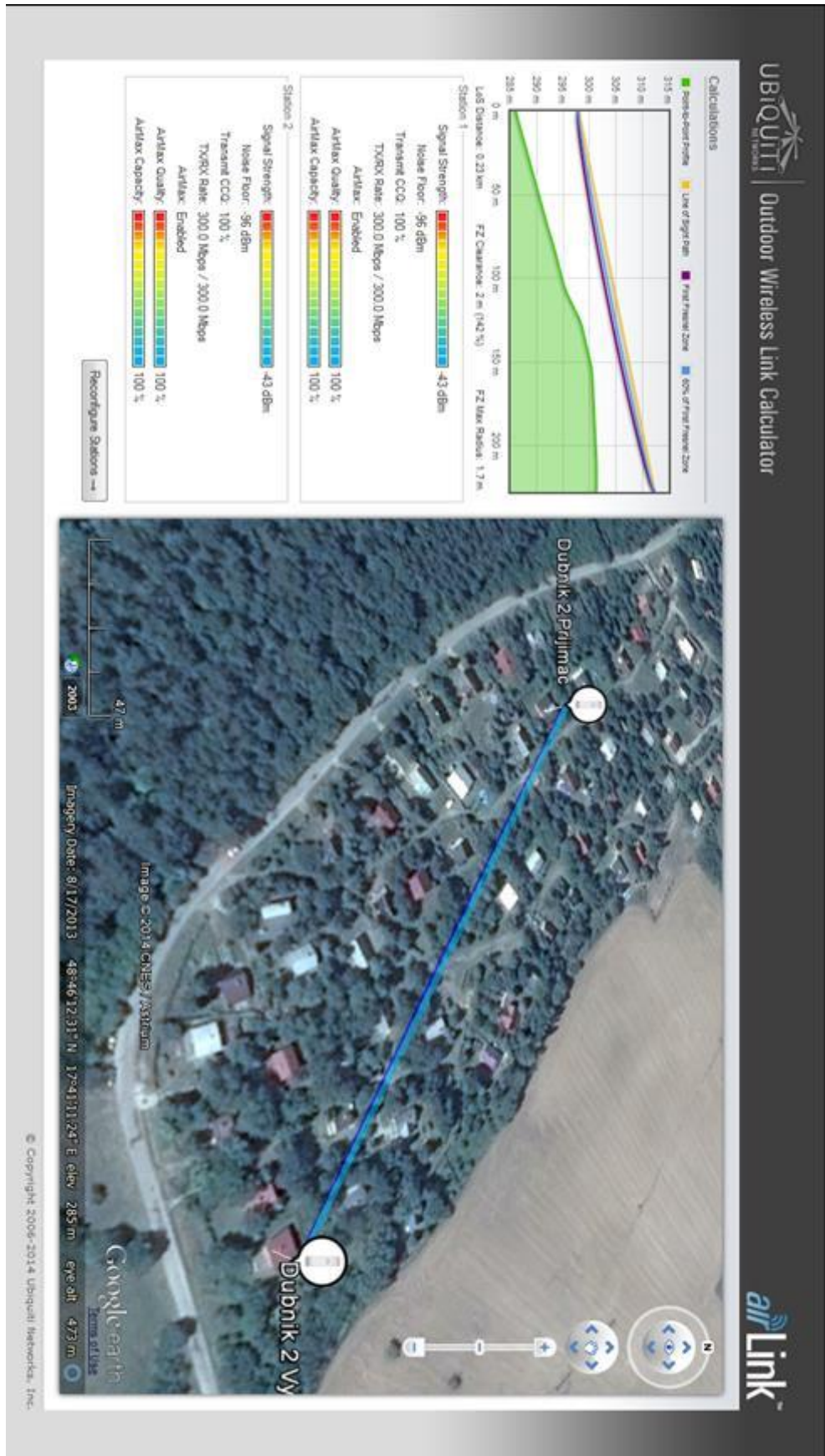
PRÍLOHA P IV: MAPA- NÁVRH RIEŠENIA CHRBTICOVEJ SIETE C




PRÍLOHA P V: AIRLINK - ANALÝZA NÁVRHU RIEŠENIA A 1




PRÍLOHA P VII: AIRLINK - ANALÝZA NÁVRHU RIEŠENIA A 3



PRÍLOHA P VIII: AIRLINK - ANALÝZA NÁVRHU RIEŠENIA A 4



Outdoor Wireless Link Calculator



Calculations

■ Antenna Height
■ Line of Sight
■ First Fresnel Zone
■ 60% of First Fresnel Zone



Loss Chance: 0.66 km
 FZ Clearance: 1 m (100 %)

FZ Max Radius: 4.2 m

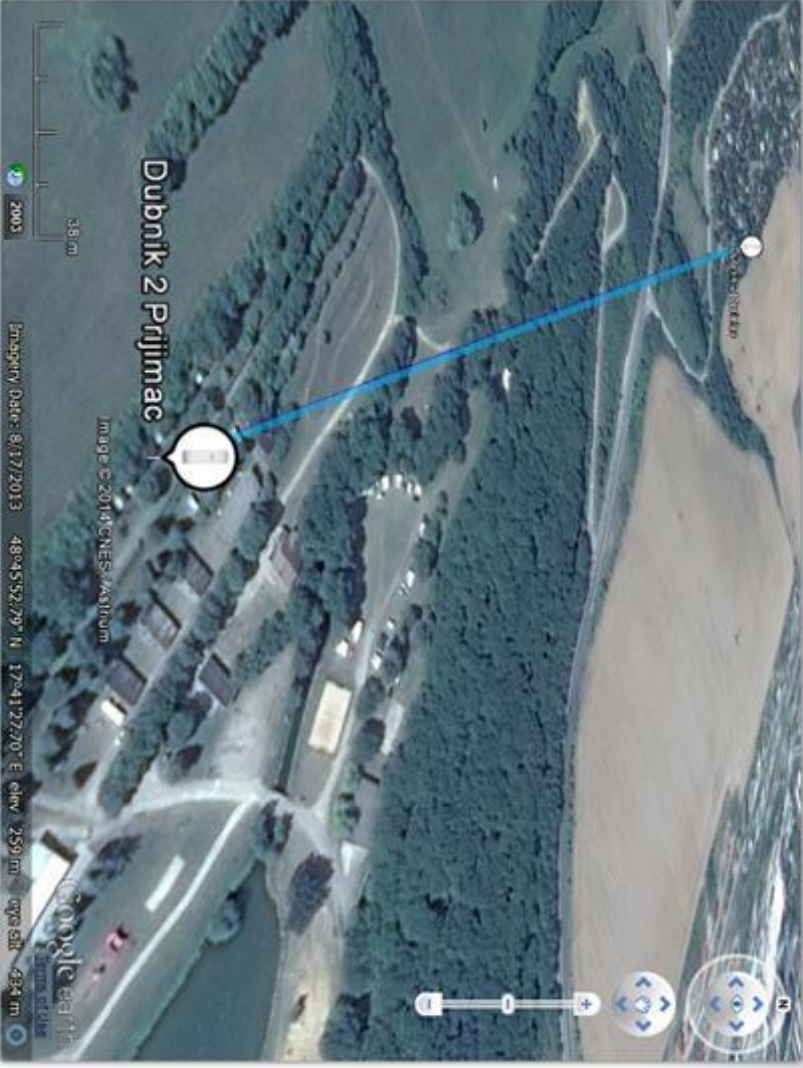
Station 1

Signal Strength: ■ ■ ■ ■ ■ -52 dBm
 Noise Floor: -96 dBm
 Transmit COC: 100 %
 TX/RX Rate: 300.0 Mbps / 300.0 Mbps
 Airlink: Enabled
 Airlink Quality: ■ ■ ■ ■ ■ 100 %
 Airlink Capacity: ■ ■ ■ ■ ■ 100 %

Station 2

Signal Strength: ■ ■ ■ ■ ■ -52 dBm
 Noise Floor: -96 dBm
 Transmit COC: 100 %
 TX/RX Rate: 300.0 Mbps / 300.0 Mbps
 Airlink: Enabled
 Airlink Quality: ■ ■ ■ ■ ■ 100 %
 Airlink Capacity: ■ ■ ■ ■ ■ 100 %

[Reconfigure Stations](#)



3.8 km

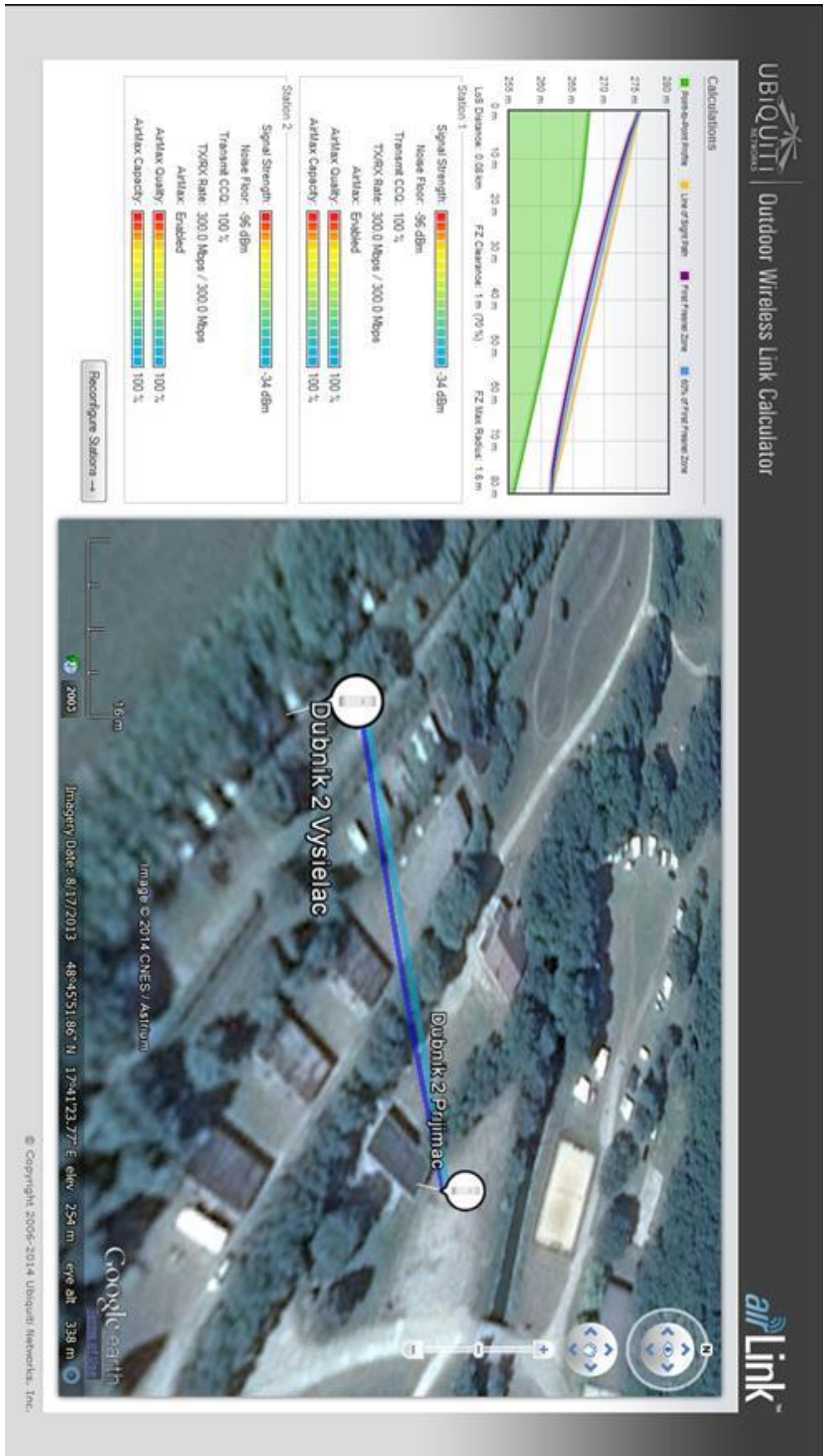
Dubník 2 Prijimac

Image © 2014 CNES/Airbus

Imagery Date: 8/17/2013 48°04'52.79" N 17°54'27.20" E elev: 259 m (853 ft)

© Copyright 2006-2014 Ubiquiti Networks, Inc.

PRÍLOHA P IX: AIRLINK - ANALÝZA NÁVRHU RIEŠENIA A 5



PRÍLOHA P X: AIRLINK - ANALÝZA NÁVRHU RIEŠENIA B 2



PRÍLOHA P X: AIRLINK - ANALÝZA NÁVRHU RIEŠENIA C 1



PRÍLOHA P X: AIRLINK - ANALÝZA NÁVRHU RIEŠENIA C 2

