

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Jiří Koula

Univerzita Pardubice

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Realizace počítačové sítě v obci z pohledu ISP

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Jiří Koula
Osobní číslo:	I18146
Studijní program:	B2646 Informační technologie
Studijní obor:	Informační technologie
Téma práce:	Realizace počítačové sítě v obci z pohledu ISP
Zadávající katedra:	Katedra informačních technologií

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je podrobný návrh výstavby počítačové sítě z pohledu ISP. Návrh bude zahrnovat jednotlivé kroky realizace takové sítě: analýzu stávajícího stavu, porovnání požadavků s žadatelem, podrobný popis nasazení a ověření síťové infrastruktury. Poslední část bude obsahovat kompletní síťovou topologii, použité prvky, jejich nastavení, způsob administrace a monitorování poskytovaných služeb.

Rozsah pracovní zprávy: **30**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

JORDÁN, Vilém a Viktor ONDRÁK. Infrastruktura komunikačních systémů I: univerzální kabelážní systémy. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4839-1.
CARROLL, Brandon. Bezdrátové sítě Cisco: autorizovaný výukový průvodce. Brno: Computer Press, 2011. Samostudium. ISBN 978-80-251-2884-8.
MikroTik Routers and Wireless. MikroTik Routers and Wireless [online]. Dostupné z: <https://mikrotik.com/>

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Soňa Neradová, Ph.D.**
Katedra informačních technologií

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2021**

L.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D. v.r.
děkan

Ing. Jan Panuš, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 26. února 2021

Prohlašuji:

Práci s názvem Realizace počítačové sítě v obci z pohledu ISP jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 8. 12. 2021

Jiří Koula v. r.

Chtěl bych poděkovat své rodině a přítelkyni za podporu a trpělivost při studiích. Dále bych chtěl poděkovat Markovi Stejskalovi za odborné konzultace. Také bych chtěl poděkovat vedoucí práce Ing. Soně Neradové, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení, které mi poskytla.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá podrobným návrhem výstavby počítačové sítě pro malou obec a jejím následným připojením k internetu. Práce prezentuje náležitosti, které jsou nezbytné z pohledu poskytovatele internetového připojení vyřešit. Jedná se například o zajištění konektivity, návrh konstrukce a umístění přístupových bodů. Součástí práce je také analýza výchozího stavu, porovnání požadavků se zadavatelem nebo podrobný popis nasazení a ověření síťové infrastruktury. Dále práce obsahuje kompletní síťovou topologii, výpis použitých prvků, způsob jejich administrace a monitorování poskytovaných služeb pomocí služby Cf Control. V práci také naleznete nastavení hlavního přepínače a také nastavení zařízení u klienta, kde bude předvedena instalace 5 GHz technologie Ubiquiti společně s MikroTik CAPsMAN sítí.

KLÍČOVÁ SLOVA

počítačové sítě, poskytovatel internetového připojení, návrh, bezdrátová technologie, anténa

TITLE

Implementation of a computer network in a village from the perspective of ISP

ANNOTATION

This bachelor's thesis deals with the detailed design of the construction of a computer network for a residential area and its subsequent internet connection. The thesis presents the essentials that need to be solved from the point of view of the internet connection provider. These include ensuring connectivity, designing the construction and location of access points. Part of the work is also an analysis of the current state, comparison of requirements with the applicant or a detailed description of the deployment and verification of network infrastructure. Furthermore, the work contains a complete network topology, a list of used elements, how to administer them and monitoring the services provided using the Cf Control service. In the last part of the bachelor thesis is described the settings of the main switch and also the setup of the device at the client, where the installation of 5 GHz Ubiquiti technology will be demonstrated together with MikroTik CAPsMAN networks.

KEYWORDS

computer networks, internet connection provider, design, switch, wireless technology, antenna

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	10
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	12
ÚVOD.....	13
1 Náležitosti ISP pro provoz počítačové sítě.....	14
1.1 Úrovně ISP.....	14
1.2 Podnikání v telekomunikacích.....	15
1.3 Oznamování typu využívaného rozhraní	15
1.4 Využívání rádiových kmitočtů.....	16
1.5 Uchovávání provozních a lokalizačních údajů	16
2 Vymezení použitých pojmů a technologií.....	17
2.1 Standardy v bezdrátových sítích	17
2.2 Antény.....	17
2.3 Mikrovlnné spoje	20
2.4 Fresnelova zóna	20
2.5 Technologie MIMO	21
2.6 Bezpečnost v bezdrátových sítích.....	22
3 ANALÝZA VÝCHOZÍHO STAVU.....	23
3.1 Informace o obci	23
3.2 Informace o zadavateli.....	23
3.3 Současní poskytovatelé internetového připojení v obci	24
3.4 Obchodní politika a komunikace s potencionálními klienty	24
3.5 Návrh síťové infrastruktury dle zadavatele.....	26
4 VYBUDOVÁNÍ ISP INFRASTRUKTURY	27
4.1 Konektivita.....	28
4.1.1 Záloha konektivity	29

4.1.2	Šířka pásma konektivity	29
4.2	Rozmístění přístupových bodů	29
4.3	Hlavní přístupový bod	31
4.3.1	Osazení datového rozvaděče hlavního přístupového bodu	31
4.3.2	Nastavení hlavního přepínače	33
4.3.3	Nastavení sektorové antény.....	34
4.4	Menší přístupové body.....	36
4.5	LAN síť klienta.....	37
4.5.1	Technologie zapojení u klienta	37
4.5.2	Postup zapojení u klienta	38
4.5.3	Nastavení klientské antény Ubiquiti	39
4.5.4	Nastavení klientské Wi-Fi sítě MikroTik CAPsMAN.....	45
4.6	Správa síťových zařízení.....	51
4.6.1	Správa pomcí systému Cf Control	52
4.6.2	Aktualizace softwaru síťových zařízení.....	53
4.6.3	Monitorování služeb – klient	54
4.6.4	Monitorování služeb – hlavní přístupový bod	55
	ZÁVĚR	58
	POUŽITÁ LITERATURA.....	59
	PŘÍLOHY	62

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Tabulka 1 – Požadavky ČTÚ [2].....	15
Tabulka 2 - Typy rozhraní zadavatele v používané síti [3].....	15
Tabulka 3 – Využívání rádiových kmitočtů v pásmech 2,4 GHz a 5 GHz. [4].....	16
Tabulka 4 – Využívání rádiových kmitočtů pro stanice pro širokopásmový přenos dat včetně spojů bod–bod.....	16
Tabulka 5 - Přehled použitých standardů IEEE 802.11 [7].....	17
Tabulka 6 - Přehled tarifů zadavatele.....	24
Tabulka 7 - Základní tarify nejvyužívanějších ISP v obci.....	24
Tabulka 8 - Příčiny nespokojenosti klientů s původním ISP.....	25
Tabulka 9 - Požadavky zadavatele.....	26
Tabulka 10 – Použité síťové prvky – hlavní přístupový bod.....	32
Tabulka 11 - Použité síťové prvky – menší přístupový bod.....	37
Tabulka 12 - Použité síťové prvky – LAN síť klienta.....	38
Tabulka 13 - Privátní rozsahy IPv4.....	43
Obrázek 1 - Úrovně ISP [1].....	14
Obrázek 2 - Vyzařování sektorové antény AirMAX AM-5G17-90 [22].....	18
Obrázek 3 - Zobrazení zisku směrové a všesměrové antény [22].....	18
Obrázek 4 - Pokrytí oblasti pomocí všesměrové antény [10].....	19
Obrázek 5 – Pokrytí oblasti pomocí tří sektorových antén [10].....	19
Obrázek 6 - Špatně provedená instalace [10].....	20
Obrázek 7 - Špatně provedená instalace [10].....	21
Obrázek 8 - Správně provedená instalace [10].....	21
Obrázek 9 - Zobrazení technologie MIMO 3x3 [12].....	22
Obrázek 10 - Síťová topologie.....	27
Obrázek 11 - Poloha kostela a vysílače k zajištění konektivity [23].....	29
Obrázek 12 - Rozmístění přístupových bodů v obci [23].....	30
Obrázek 13 - Osázení rozvaděče hlavního přístupového bodu.....	32
Obrázek 14 - GUI přehled přepínače HP 1820-24G.....	34
Obrázek 15 - Nastavení sektorové antény – karta wireless.....	35
Obrázek 16 - Povolení podle MAC adres (ACL).....	36
Obrázek 17 - Seznam připojených klientů na sektorové anténě.....	36

Obrázek 18 - Seznam dostupných zařízení Ubiquiti Discovery	39
Obrázek 19 - Nastavení statické IP adresy	40
Obrázek 20 - Okno s nastavením antény	40
Obrázek 21 - Nastavení antény – karta wireless	42
Obrázek 22 - Nastavení antény – karta network	43
Obrázek 23 - Nastavení antény – karta services	43
Obrázek 24 - Nastavení antény – karta system	44
Obrázek 25 - Přiřazení portů do bridge	46
Obrázek 26 - Nastavení IP adres na rozhraních	46
Obrázek 27 - Nastavení maškarády	47
Obrázek 28 - Nastavení DHCP serveru	47
Obrázek 29 - Nastavení hesla a šifrování	48
Obrázek 30 - Nastavení komunikace mezi klienty	48
Obrázek 31 - Nastavení kanálů a frekvencí	49
Obrázek 32 - Nastavení CAPs manažera	50
Obrázek 33 - Přiřazení portů do bridge	50
Obrázek 34 - Nastavení rozhraní	51
Obrázek 35 - Ukázka rozhraní vysílače (demo Cf Control)	52
Obrázek 36 - Monitorování náročného klienta (1 rok)	54
Obrázek 37 - Monitorování výkonu (1 rok)	55
Obrázek 38 - Monitorování uptime (31 dní)	55
Obrázek 39 - Monitorování odezva (31 dní)	56
Obrázek 40 - Monitorování RAM (24 hodin)	56
Obrázek 41 - Monitorování CPU (24 hodin)	57

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ISP – Internet Service Provider

FUP – Fair User Policy

MIMO – Multiple-Input Multiple-Output

WLAN – Wireless Local Area Network

WPA – Wi-Fi Protected Access

CCMP – CTR with CBC-MAC Protocol

AES – Advanced Encryption Standard

LAN – Local Area Network

ANSI – American National Standards Institute

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

IP – Internet Protocol

PoE – Power over Ethernet

NTP – Network Time Protocol

VLAN – Virtual Local Area Network

NAT – Network Address Translation

MTU – Maximum Transmission Unit

DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol

DNS – Domain Name System

DSL – Digital Subscriber Line

ÚVOD

Dobře navržená počítačová síť je v dnešní době známkou kvality internetového poskytovatele. Nároky zákazníků na poskytované služby se zvyšují a je potřeba zajistit vysokou dostupnost a bezpečnost sítě při zachování příznivého poměru výkonu a ceny. Konkurence mezi lokálními ISP je vysoká a o výběru rozhodují faktory jako způsob komunikace se zákazníky nebo rychlost servisu.

Internetová konektivita je v současnosti samozřejmostí pro většinu domácností a firem. Nicméně požadavky na kvalitnější internetové služby přináší tlak na rekonstrukci a modernizaci stávajících sítí. Bakalářská práce se zabývá výstavbou bezdrátové počítačové sítě v obci z pohledu lokálního internetového provozovatele, který rozšiřuje své pole působnosti a přichází tak do konkurenčního prostředí v dané obci.

Členění bakalářské práce je následující: nejprve jsou uvedeny formální povinnosti poskytovatele internetového připojení pro provoz počítačové sítě a způsob jejich naplňování a dále vysvětlení vztahů mezi jednotlivými ISP v rámci dodávané konektivity. Další část práce se zaměřuje na bezdrátovou technologii a postupně představuje použité bezdrátové standardy, přístupové body, antény a další hardwarové komponenty, možnosti zabezpečení. Následně je popsán výchozí stav síťové infrastruktury obce, pro kterou je počítačová síť navrhována. Součástí je také přehled nabízených služeb dalších poskytovatelů internetu v této obci.

Poslední část se věnuje popisu jednotlivých etap výstavby sítě v obci. V jednotlivých tabulkách jsou uvedeny síťové technologie, které byly nasazeny a v přílohách je uvedena síťová dokumentace.

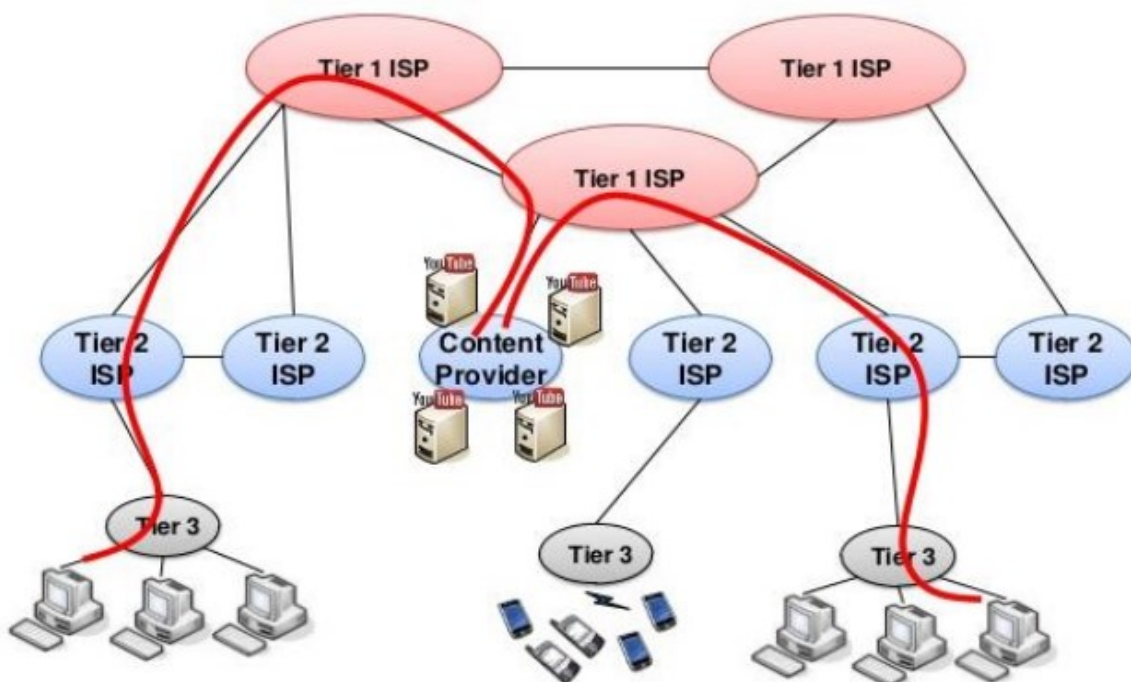
1 Náležitosti ISP pro provoz počítačové sítě

Všichni poskytovatelé telekomunikačních služeb jsou povinni se řídit zákony a vyhláškami, které reguluje Český telekomunikační úřad. Poskytovatel internetového připojení se musí řídit různými nařízeními, normami a také musí zveřejňovat používané technologie. Základní náležitosti, které musí lokální poskytovatel internetového připojení dodržovat zmiňuje tato kapitola. Zadavatelem výstavby počítačové sítě v této práci je lokální poskytovatel internetového připojení, který získává konektivitu od nadnárodní společnosti, která poskytuje síťové služby. V této práci bude často používána zkratka ISP pro poskytovatele internetového připojení.

1.1 Úrovně ISP

Poskytovatelé internetového připojení se dělí do tří úrovní, tzv. Tier. Tier 1 ISP tvoří vrchol hierarchie celosvětového internetu. Jedná se o telekomunikační společnosti, které spravují hlavní datové rozvodny internetu včetně jejich vzájemného propojení a tvoří tak páteřní linky. Na tuto páteřní linku se poté připojují tier 2 ISP. Tier 1 ISP je šestnáct a žádný z nich nesídlí v České republice. [1]

Tier 2 ISP jsou národní nebo regionální poskytovatelé internetového připojení. Poskytují tedy připojení k internetu v rámci státu nebo v některé oblasti státu. [1]



Obrázek 1 - Úrovně ISP [1]

Tier 3 ISP, mezi které patří i zadavatel výstavby počítačové sítě, jsou lokální poskytovatelé internetového připojení, od kterých si domácnosti a běžné společnosti pořizují přístup k internetu. Pokrývají menší oblasti, obvykle velikosti jednoho města a jeho okolí nebo až několika okresů. Za přístup k internetu platí tier 2 ISP. [1]

1.2 Podnikání v telekomunikacích

Předmětem podnikání v elektronických komunikacích je buď zajišťování veřejných komunikačních sítí nebo poskytování služeb elektronických komunikací. To je služba, která je poskytována za úplatu a spočívá v přenosu signálů po sítích elektronických komunikací. V této práci se zaměřuji na poskytování služeb elektronických komunikací, jelikož do této kategorie spadá právě lokální ISP, který je zadavatelem výstavby počítačové sítě. Z tohoto předmětu podnikání plynou další požadavky, mezi které patří oznamování podnikání a oznamování typu využívaného rozhraní. [2]

Tabulka 1 – Požadavky ČTÚ [2]

Požadavek	Zákon	Všeobecné oprávnění/směrnice
Oznámení předmětu podnikání – poskytování služeb elektronických komunikací	Zákon č. 127/2005 Sb.	VO-S/2/07.2007-12, VO-S/2/09.2008-11, VO-S/1/01.2012-2
Oznámení podnikání		Směrnice 1999/5/ES
Oznámení typu využívaného rozhraní		VO-R/1/12.2020-12, VO-R/10/03.2021-4, VO-R/12/03.2021-3, VO-R/23/08.2017-6
Využívání rádiových kmitočtů		

1.3 Oznamování typu využívaného rozhraní

V případě zadavatele se uvádí typ rozhraní (např. Wireless LAN), specifikace (např. IEEE 802.11b). U bezdrátových rozhraní se dále uvádí frekvenční pásmo (2,4 GHz), ve kterém zařízení pracuje a u drátových rozhraní se uvádí typ kabeláže nebo také standard přenosové rychlosti. [3]

Tabulka 2 - Typy rozhraní zadavatele v používané síti [3]

Rozhraní	Specifikace	Frekvenční pásmo
Wireless LAN 2,4 GHz	IEEE 802.11b, IEEE 802.11g	2.400-2.483,5 GHz
Wireless LAN 5 GHz	IEEE 802.11a, IEEE 802.11n	5.500-5.700 GHz
Wireless LAN 10,5 GHz		10,3-10,6 GHz
Wireless LAN 60 GHz	IEEE 802.11ad	
metalický Ethernet	100Base-TX, rychlost 100Mb/s, IEEE 802.3u; 1000Base-T, rychlost 1Gb/s, IEEE 802.3ab; ANSI/TIA/EIA-568-B, IEC 60603	

1.4 Využívání rádiových kmitočtů

Využívání rádiových kmitočtů je stanoveno v jednotlivých všeobecných oprávněních, které vydává Český telekomunikační úřad. V těchto všeobecných oprávněních jsou stanoveny podmínky, za nichž lze příslušné kmitočty a kmitočtová pásma využívat. K některým všeobecným oprávněním lze přiřadit normu ČSN ETSI EN, která jsou v následujících dvou tabulkách zobrazena. Mezi prohřešky ze strany provozovatelů veřejné sítě patří například nedodržení stanoveného výkonu nebo nedodržení ohlašovací povinnosti. [4]

Tabulka 3 – Využívání rádiových kmitočtů v pásmech 2,4 GHz a 5 GHz. [4]

Kmitočtové pásmo	Všeobecné oprávnění	Harmonizovaná norma (ČSN ETSI EN)
2400–2483,5 MHz	VO-R/12/12.2019-10, VO-R/10/12.2019-9	300 328
5,15–5,35 GHz (pouze uvnitř budov)		301 893
5,470–5,725 GHz (standard IEEE 802.11a)		
5,725–5,875 GHz (výkon do 25 mW e.i.r.p)		

Tabulka 4 – Využívání rádiových kmitočtů pro stanice pro širokopásmový přenos dat včetně spojů bod–bod

Kmitočtové pásmo	Všeobecné oprávnění	Harmonizovaná norma (ČSN ETSI EN)
10 GHz	VO-R/14/05.2020-7	Nestanovena
17,1-17,3 GHz	VO-R/12/09.2010-12	
57–71 GHz	VO-R/12/12.2019-10	

Zadavatel využívá zobrazené rádiové kmitočty v pásmech 2,4 GHz a 5 GHz, které jsou v případě zadavatele používány pro klientská zařízení. Dále využívá kmitočtová pásma 10,5 GHz, 17 GHz a 60 GHz, tyto zařízení jsou použita na spoje typu bod-bod.

1.5 Uchovávání provozních a lokalizačních údajů

Uchovávání provozních a lokalizačních údajů je vymezeno zákonem č. 247/2008 Sb. o elektronických komunikacích, který ukládá ISP povinnost tyto údaje uchovávat. Tyto údaje jsou ISP standardně ukládány i bez této zákonné povinnosti, jelikož je využívají například pro správu plateb nebo k diagnostice sítě.

Rozsah uchovávání provozních a lokalizačních údajů stanoví vyhláška č. 357/2012 Sb. Zákonná úprava řeší poskytování informací státu, dobu jejich ukládání nebo rozsah těchto informací. Údaje se musí uchovávat minimálně 6 měsíců, maximálně však 12 měsíců. [5]

2 Vymezení použitých pojmů a technologií

V této části bakalářské práce je podrobněji vytyčena oblast implementovaných bezdrátových technologií. Způsob konfigurace dalších použitých síťových technologií je popsán ve čtvrté kapitole.

2.1 Standardy v bezdrátových sítích

V této práci byla použita síťová Wi-Fi zařízení v pásmu 2,4 GHz a 5 GHz s Wi-Fi standardy IEEE 802.11n, IEEE 802.11ac a 802.11ax. U nejnovějšího standardu IEEE 802.11ax lze v jednom 20 MHz kanálu obsloužit paralelně až 9 různých uživatelů. Také zde došlo k rozšíření technologie MU-MIMO (Multi-User Multiple-Input Multiple-Output), která za pomoci prostorových streamů umožňuje paralelně obsloužit více klientů. V práci byla využita technologie MU-MIMO u sektorových antén a podrobněji je popsána v samostatné kapitole. Standard zahrnuje pásma 2,4 GHz a 5 GHz a operuje na kanálech 20, 40, 80, 80+80 a 160 MHz. [6]

Tabulka 5 - Přehled použitých standardů IEEE 802.11 [7]

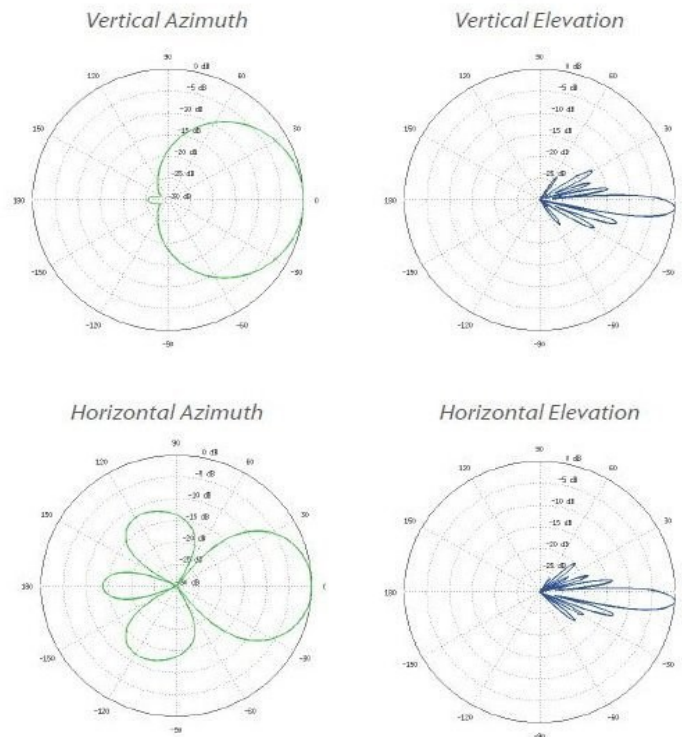
Standard	Označení	Rok vydání	Pásmo [GHz]	Maximální rychlost [Mb/s]
IEEE 802.11n	Wi-Fi 4	2009	2,4/5	600
IEEE 802.11ac	Wi-Fi 5	2013	5	3466
IEEE 802.11ax	Wi-Fi 6	2019	2,4/5	9608

2.2 Antény

V této práci byly použity antény směrové a všesměrové. Směrnost je zářivá vlastnost antény vysílat nebo přijímat s různou intenzitou elektromagnetické vlny v závislosti na směru. Směrnost posuzujeme dle vyzařovacích charakteristik. Vyzařovací charakteristiky se dělí na vertikální – řez svislou rovinou a horizontální – řez horizontální rovinou. [8]

Účinnost antény se měří jejím ziskem, který se hodnotí v jednotce decibelů (dB). Zisk je tedy poměr síly vstupního a výstupního signálu. Zisk se nejčastěji vyjadřuje jako počet decibelů, který by měl hypotetický izotropní zářič, v tomto případě se označuje jednotkou dBi. Tento zářič vyzařuje signál zcela rovnoměrně všemi směry. Bezdrátové signály cestující vzduchem ztrácí se vzdáleností svou sílu, která je dána rovnicí útlumu na trase ve volném prostoru. Dle této rovnice lze tvrdit, že beton snižuje kvalitu signálu více než třeba dřevo. Proto byly v této práci antény umístěny vždy tak, aby byl na ně přímý výhled ze všech přístupových bodů. [9, s. 380]

Směrová anténa má vyzařovací úhel řádově jednotky až desítky stupňů. Směrové antény v této práci nacházejí uplatnění na přístupových bodech jako sektorové antény pro klienty a dále pak jako klientské antény při připojení na jednotlivé sektory. Směrová anténa je dále použita na spoje hlavního s menšími přístupovými body. Na následujícím obrázku, kde je zobrazen vyřazovací úhel v práci použité sektorové antény, která má vyzařovací úhel 90 stupňů, lze pozorovat vyzařovací úhel antény v horizontální polarizaci, kdy je 72 stupňů a ve vertikální polarizaci, kdy je 93 stupňů. [9, s. 378 - 379]



Obrázek 2 - Vyzařování sektorové antény AirMAX AM-5G17-90 [22]

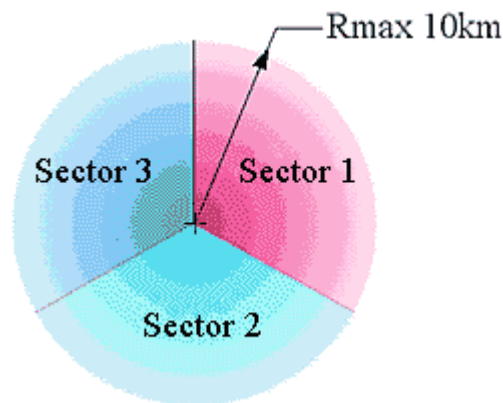
Všesměrové antény vyzařují signál horizontálně v rozsahu 360 stupňů, tedy do všech stran. V této práci byly použity u Wi-Fi routerů v domácnosti. Jejich venkovní provedení pro účely ISP není v praxi příliš použitelné, jelikož se vertikální vyzařování pohybuje okolo 15 stupňů a všesměrové antény mají i nižší zisk. [9, s. 380]



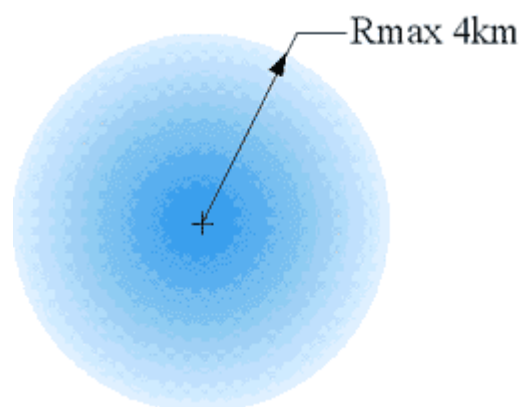
Obrázek 3 - Zobrazení zisku směrové a všesměrové antény [22]

Existuje několik způsobů, jak pokrýt oblast WLAN (Wireless Local Area Network) signálem. Na následujícím obrázku je zobrazení pokrytí oblasti pomocí tří sektorových antén, které vyzařují signál v úhlu 120 stupňů. Každá anténa využívá odlišnou frekvenci, aby nevznikalo rušení. [10]

Na dalším obrázku je zobrazeno pokrytí všesměrovou anténou. První řešení pokrývá šestkrát větší oblast než řešení druhé. Díky tomu lze získat třikrát více potenciálních klientů. Náklady na připojení klientů v obou řešeních budou záviset na vzdálenosti od odběratele k přístupovému bodu. Z toho důvodu využívá zadavatel pro klientská zařízení dva typy antén, jednu s nižším ziskem a druhou s vyšším ziskem. Klienti, kteří jsou situováni blíže k přístupovému bodu, mohou být vybaveni anténami s nižším ziskem, což představuje nižší náklady. V praxi je velikost pokrytí ovlivněna tvarem země a překážkami mezi kterými patří budovy, stromy nebo komíny. [10]



Obrázek 5 – Pokrytí oblasti pomocí tří sektorových antén [10]



Obrázek 4 - Pokrytí oblasti pomocí všesměrové antény [10]

Mezi další řešení patří například pokrytí pomocí tří nebo čtyř 90stupňových sektorových antén, které je použito v praktické části práce.

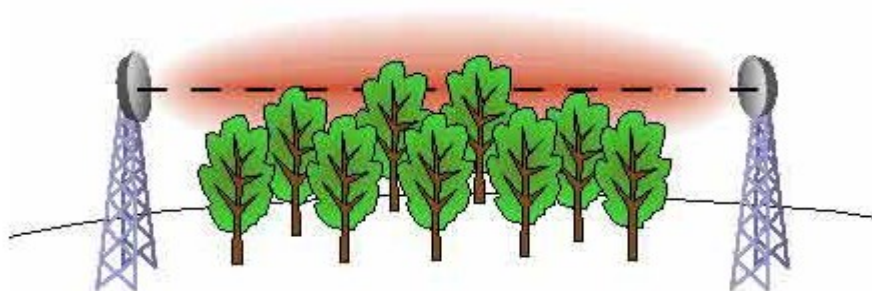
2.3 Mikrovlnné spoje

Pro spojení přístupových bodů v obci byly použity mikrovlnné spoje koncepce full outdoor. Konkrétně mikrovlnné spoje SIAE ALFOplus, které vysílají v pásmu 17 GHz. Podrobněji je tento mikrovlnný spoj popsán v praktické části. Pásmo 17 GHz bylo vybráno z toho důvodu, že je bez nutnosti platit licenční poplatky. Tento spoj poskytuje přenosovou kapacitu až 500 Mb/s. Tento spoj byl použit mimo jiné pro to, že podporuje kvadraturní amplitudovou modulaci 1024-QAM, která slouží k modulaci číslic na analogový signál. Každý signál se vysílá po určitou dobu. Tato modulace je definována v již zmíněném standardu IEEE 802.11ax, kde je počet přenesených bitů 10 oproti 8 bitům u standardu IEEE 802.11ac. Lze tedy tvrdit, že má standard IEEE 802.11ax o 25 % větší propustnost, než standard IEEE 802.11ac. [11]

Mikrovlnné záření proniká do budov mnohem hůře než rádiové vlny, jelikož kratší vlnové délky zvyšují interakci vln s pevným materiálem. Se zvětšující se vzdáleností těchto spojů se paprsky odchylují od ideální dráhy a mohou tedy být lámány atmosférickými vrstvami. Při příjmu signálu může být na přijímači mikrovlnných vln pozorován efekt vícecestného zeslabení při kterém se signál pomalu rozladuje a zase zpět ladí. Proto jsou v praktické části práce využity tyto mikrovlnné zařízení pouze na spoje přístupových bodů, které jsou přímo viditelné a nemají mezi sebou žádnou překážku, která by způsobila horší pronikání terénem. [9, s. 195 - 196]

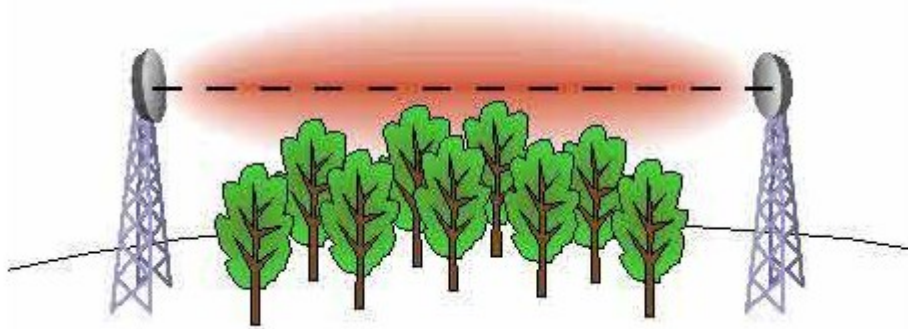
2.4 Fresnelova zóna

Při budování bezdrátové sítě byla využita znalost výpočtu Fresnelovy zóny, která zaručila správné provedení instalace všech zařízení. Fresnelova zóna je jedna z nejdůležitějších koncepcí spojených se šířením elektromagnetických vln, která je potřeba pro stanovení parametrů radiokomunikačního spoje. Vzorec výpočtu a konkrétní výpočet je uveden v příloze F. Tato zóna se aktivně podílí na přenosu energie rádiového signálu. Má tvar elipsy v podélném řezu a kružnice v příčném řezu. Poloměr této kružnice je funkcí poměru vzdálenosti mezi anténami, maximální hodnota je uprostřed spojení. [10]



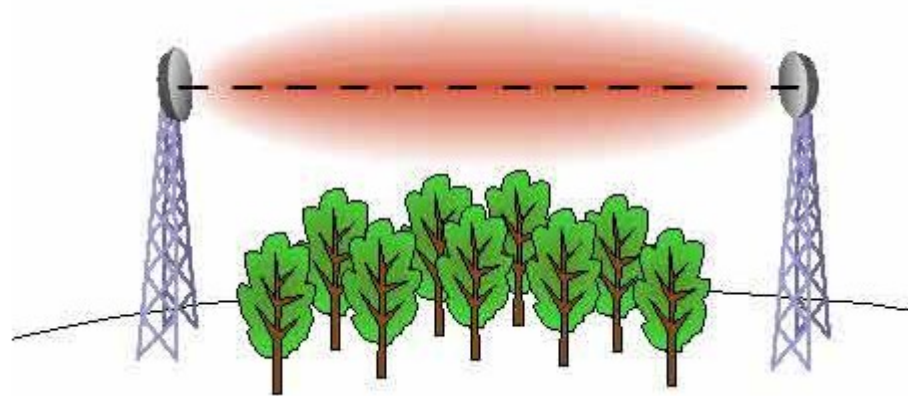
Obrázek 6 - Špatně provedená instalace [10]

Na obrázku 6 není zajištěna vzájemná viditelnost obou antén. Rádiové spojení tedy nefunguje nebo funguje velmi špatně. [10]



Obrázek 7 - Špatně provedená instalace [10]

Na obrázku 7 je zobrazena opět špatně provedená instalace, jelikož přítomnost překážek ve Fresnelově zóně způsobuje, že rádiový spoj nepracuje správně. [10]



Obrázek 8 - Správně provedená instalace [10]

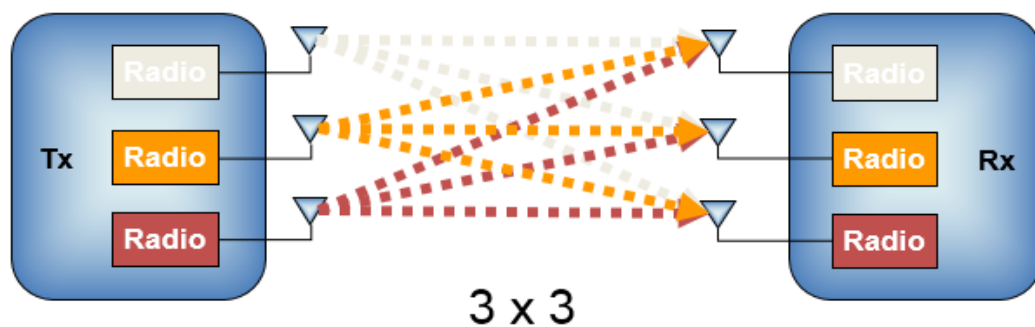
Na obrázku 8 je zobrazena správně provedená instalace. Viditelnost antén a nepřítomnost překážek ve Fresnelově zóně představuje správně zbudované spojení. Při všech instalacích bezdrátových spojů v této práci se dbalo na dodržení Fresnelovi zóny. [10]

2.5 Technologie MIMO

Technologie MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) je použita v praktické části použitím Ubiquiti sektorových a klientských antén, které tuto technologii využívají. Technologie MIMO tedy vícenásobný vstup a vícenásobný výstup je technologie zahrnující více antén, která výrazně zvyšuje efektivitu bezdrátových přenosů a jejich příjmu. Technologie MIMO je součástí normy IEEE 802.11n. V rámci MIMO je tedy vytvořeno několik datových toků souběžně ve stejném pásmu. Jako nástroj se používá prostorové multiplexování, které

znásobuje datovou propustnost. Různé toky tedy mohou mít jiné trasy od vysílače k přijímači vlivem různých odrazů. Správným zpracováním těchto toků je možné dosáhnout superpozice všech přijatých signálů a tím zlepšit příjem, zisk a snížit vícecestné ovlivňování vln. V praktické části práce byly antény MIMO použity pro svou odolnost vůči útlumu, lepší pokrytí, větší kapacitu, zvýšenou datovou propustnost, lepší spektrální účinnost, snížený příkon anebo nižší celkové náklady. [9, s. 381 - 382]

Vysílač má tedy více antén (MI: Multiple Input) a příjemce má také více antén (MO: Multiple Output). Počty antén nemusí být stejné, avšak nejčastěji se vyskytují například kombinace MIMO 2x2 nebo MIMO 3x3. V praktické části použita klientská anténa Ubiquiti LiteBeam využívá MIMO 2x2. [12]



Obrázek 9 - Zobrazení technologie MIMO 3x3 [12]

2.6 Bezpečnost v bezdrátových sítích

Bezpečnostním rizikem nezabezpečené bezdrátové sítě je šíření signálu do okolí, to znamená, že provoz může kdokoli odposlouchávat, popřípadě se na danou síť připojit. Při budování bezdrátové sítě v této práci byla tedy navržena bezpečnostní opatření, aby se zvýšila bezpečnost bezdrátových sítí. První z nich je autentizace, kterou se kontroluje oprávněnost přiřazení nové stanice do bezdrátové sítě. Tato funkce je součástí v práci použitých antén Ubiquiti. Součástí je povolení přístupu pouze předem schváleným MAC adresám nebo také přiřazení statických IP adres stanicím, které se připojují na přístupový bod. Ostatní IP adresy jsou blokovány.

Dalším bezpečnostním opatřením je šifrování přenášených dat. Pro šifrování byl použit protokol WPA2, který definuje norma IEEE 802.11i. WPA2 využívá šifrovací protokol CCMP (CTR with CBC-MAC Protocol) a používá blokovou šifru AES (Advanced Encryption Standard), která je symetrickou blokovou šifrou. Tato šifra je zabezpečena proti útokům se složitostí 2^{128} , při použití 256bitového šifrování. WPA2 podporuje průběžnou a automatickou výměnu dynamicky vytvářených klíčů pro šifrovací procedury. Útočníkovi tak chybí dostatečné množství dat šifrovaných stejným způsobem. [13, s. 56 - 57]

3 ANALÝZA VÝCHOZÍHO STAVU

V této části bakalářské práce jsou uvedeny základní informace o obci, kde proběhla výstavba počítačové sítě. Dále jsou zde uvedeny základní informace o zadavateli včetně nabídky jeho tarifů. Jelikož se práce zaměřuje na pohled lokálního poskytovatele internetového připojení, tak je zapotřebí si uvést požadavky a předpoklady zadavatele a také se seznámit s konkurenčním prostředím v dané obci. Toto konkurenční prostředí tvoří poskytovatelé internetového připojení, kteří působí v této obci.

3.1 Informace o obci

Obec Poříčany se rozkládá v Polabské nížině. V obci žije přibližně 1 600 obyvatel a je zde evidováno přibližně 500 adres na katastrálním území o rozloze 5,77 km². Nadmořská výška obce je 203 m n. m. s nejvyšším bodem 245 m n. m. Pro ISP to znamená, že obec nabízí dostatečný počet potencionálních klientů a také, že lze pokrýt velkou část obce s využitím pouze několika přístupových bodů, jelikož terén není kopcovitý.

Na návsi je umístěn kostel Narození Panny Marie, který je pro svou polohu a výšku hlavním strategickým bodem pro poskytování internetu. Jeho kupoli lze využít k umístění antén za podmínek dostatečného barevného zamaskování hnědou barvou kupole.

Celou obcí prochází železniční trať 011 Praha – Česká Třebová, kde je součástí infrastruktury také optická síť, kterou využívá jeden z lokálních poskytovatelů internetu. [14]

V obci je dostupné připojení k internetu pomocí DSL (Digital Subscriber Line), které využívá telefonní rozvody kroucenou dvojlinkou. Další možností připojení k internetu v této obci je bezdrátová technologie, a to včetně mobilního připojení LTE+.

3.2 Informace o zadavateli

Zadavatelem a spoluvůrcem návrhu počítačové sítě je lokální poskytovatel internetu Marek Stejskal. Součástí portfolia je poskytování internetu bezdrátově, metalickými kabely nebo optickými kabely a také poskytování služby IPTV, jedná se o systém, kde jsou služby digitální televize šířeny prostřednictvím IP protokolu. Hlavní pole působnosti a pokrytí je Nymbursko a část Kolínska.

Tato práce se věnuje budování bezdrátové sítě v obci Poříčany, kde budou dostupné pouze bezdrátové tarify. Důvodem jsou nižší náklady vzhledem k tomu, že si zadavatel nemusí pronajímat přenosovou šířku pásma pomocí DSL vedení od Tier 2 ISP.

Tabulka 6 - Přehled tarifů zadavatele

Bezdrátové tarify	AIR1	AIR2	AIR3	
Maximální rychlost stahování /odesílání (Mb/s)	30 / 5	40 / 8	50 / 10	
Běžně dostupná rychlost (60 % inz.) (Mb/s)	18 / 3	24 / 4,8	30 / 6	
Minimální rychlost (30 % inz.) (Mb/s)	9 / 1,5	12 / 2,4	15 / 3	
Měsíční poplatek	300 Kč	424 Kč	545 Kč	
Kabelové tarify	Kabel100	Kabel150	Kabel200	
Maximální rychlost stahování /odesílání (Mb/s)	100 / 10	150 / 15	200 / 20	
Běžně dostupná rychlost (60 % inz.) (Mb/s)	60 / 6	90 / 9	120 / 12	
Minimální rychlost (30 % inz.) (Mb/s)	30 / 3	45 / 4,5	60 / 6	
Měsíční poplatek	300 Kč	400 Kč	599 Kč	
VDSL tarify	VDSL 20	VDSL 50	VDSL 100	VDSL 250
Maximální rychlost stahování /odesílání (Mb/s)	20 / 2	50 / 5	100 / 10	250 / 25
Běžně dostupná rychlost (60 % inz.) (Mb/s)	12 / 1,2	30 / 3	60 / 6	150 / 15
Minimální rychlost (30 % inz.) (Mb/s)	6 / 0,6	15 / 1,5	30 / 3	75 / 7,5
Měsíční poplatek	399 Kč	499 Kč	599 Kč	699 Kč

3.3 Současní poskytovatelé internetového připojení v obci

Při budování počítačové sítě v obci bylo důležité zanalyzovat konkurenční prostředí, aby bylo jasné, s jakou technologií a nabídkou operují ostatní lokální ISP v obci. Analýza současných ISP v obci a jejich nabídek připojení k internetu pomohla zadavateli nastavit správnou cenovou politiku svých tarifů. V tabulce jsou zahrnuti nejvyužívanější ISP v obci.

Tabulka 7 - Základní tarify nejvyužívanějších ISP v obci

Poskytovatel	Technologie	Rychlost [down/up]	Cena [Kč]
Náš NET	5 GHz	4/1	290
	5 GHz	30/10	350
MSC-NET	5 GHz	16/1	399
	Optické vlákno	50/50	399
T-Mobile, Vodafone, O2	ADSL	20/5	400

3.4 Obchodní politika a komunikace s potencionálními klienty

Vzhledem k tomu, že v obci již působí i další ISP, tak bylo nutné zanalyzovat stávající stav a připravit potřebný marketing. Zadavatel se rozhodl do této obce rozšířit působnost z důvodu vysoké poptávky po rychlejším připojení. Po analýze stávajícího stavu v obci z hlediska konkurenčního prostředí vplynuly závěry, které zohledňují rozsah nabízených tarifů

zadavatele a také cíle marketingu a následnou komunikaci s budoucími klienty. Zadavatel nabízí tři základní bezdrátové tarify, které jsou zobrazeny v tabulce tarifů zadavatele. Konkrétně se jedná o nejnižší tarif AIR1, který nabízí rychlost stahování 30 Mb/s a rychlost odesílání 5 Mb/s. Dalším tarifem je AIR2 s rychlostí stahování 40 Mb/s a odesílání 8 Mb/s. Posledním a nejvyšším nabízeným tarifem je AIR3 s rychlostí stahování 50 Mb/s a odesílání 10 Mb/s. Obchodní politika se vyhodnocovala dle provedeného průzkumu v obci. Teoreticky je v obci zhruba 500 potenciálních přípojných míst, ale nedalo se očekávat, že zadavatel získá všechny z různých důvodů, a to například vzhledem k osobním preferencím zákazníka.

Pro účely marketingu a získání nových klientů je nově připojeným zákazníkům nabízen měsíc připojení k internetu zdarma. Po obci byly rozeslány reklamní sdělení, které informují o novém lokálním poskytovateli internetu v obci. Oproti některým současným ISP v obci nabízí zadavatel rychlejší servis, vzhledem k tomu, že nabízí HOT-LINE a také nabízí oproti některým současným ISP vyšší rychlost připojení, dle nabízených tarifů.

Dle průzkumu, který proběhl v obci dotazováním se vybraných koncových uživatelů internetu, byl v obci zjištěn větší počet nespokojených klientů se svým stávajícím poskytovatelem internetového připojení z různých důvodů, které jsou přehledně vypsány v následující tabulce. Dle dalšího dotazování koncových uživatelů internetu bylo dále zjištěno, že někteří uživatelé preferují vyšší rychlost odesílání. Většinou byla jejich aktuální rychlost odesílání 1–2 Mb/s. Proto zadavatel začal nabízet tarify s vyšší rychlostí odesílání a to 5 až 10 Mb/s.

Tabulka 8 - Příčiny nespokojenosti klientů s původním ISP

Nejčastější příčiny nespokojenosti klientů se svým původním ISP
Výpadky služby
Kolísání rychlosti
Nízká rychlost odesílání dat
Neexistující HOT-LINE
Smlouva na dobu určitou

Tyto příčiny nespokojenosti vychází z anonymního dotazníku, který je uveden v příloze. Všechny odpovědi jsou obecného rázu a nevztahují se k žádnému konkrétnímu poskytovateli služeb. Dotazník neměl za cíl zjišťovat konkrétního poskytovatele služeb a měl sloužit pouze jako obecný přehled pro zadavatele. Dotazník byl poskytnut náhodným klientům, kteří jsou připojeni k internetu v obci Poříčany a následně změnili svého ISP.

3.5 Návrh síťové infrastruktury dle zadavatele

Jako hlavní přístupový bod měl sloužit kostel, který je v jižní části obce. Další menší přístupové body měly být rozmístěné po obci na pokrytí oblastí, odkud není vidět přímo na kostel, většinou se jednalo o domy za stromy nebo o nízké domy, kterým stíní větší vedlejší stavba nebo také železniční trať, která má po celé své délce vystavěny protihlukové stěny. Trať protíná celou vesnici a rozděluje ji tak na dvě poloviny.

Tabulka 9 - Požadavky zadavatele

Požadavky
Pokrytí celé obce Poříčany bezdrátovým 5 GHz internetem
Implementace síťových zařízení do systému Cf Control
Sektorové antény – Ubiquiti AirMAX AM-5G17-90 17dBi
Spojové antény – SIAE AlfoPlus 17 GHz
Klientské antény – Ubiquiti LiteBeam 5AC Gen2, Ubiquiti NanoStation 5 AC Loco
Přepínače – HP 1820-24G

Zadavatel zvolil převážně síťové prvky od firem HP, MikroTik a Ubiquiti, které nabízí z jeho pohledu nejlepší poměr ceny a výkonu. Tyto síťové prvky využívá i v ostatních obcích, kde působí a chce tak zachovat snadnou správu zařízení využíváním stejného systému.

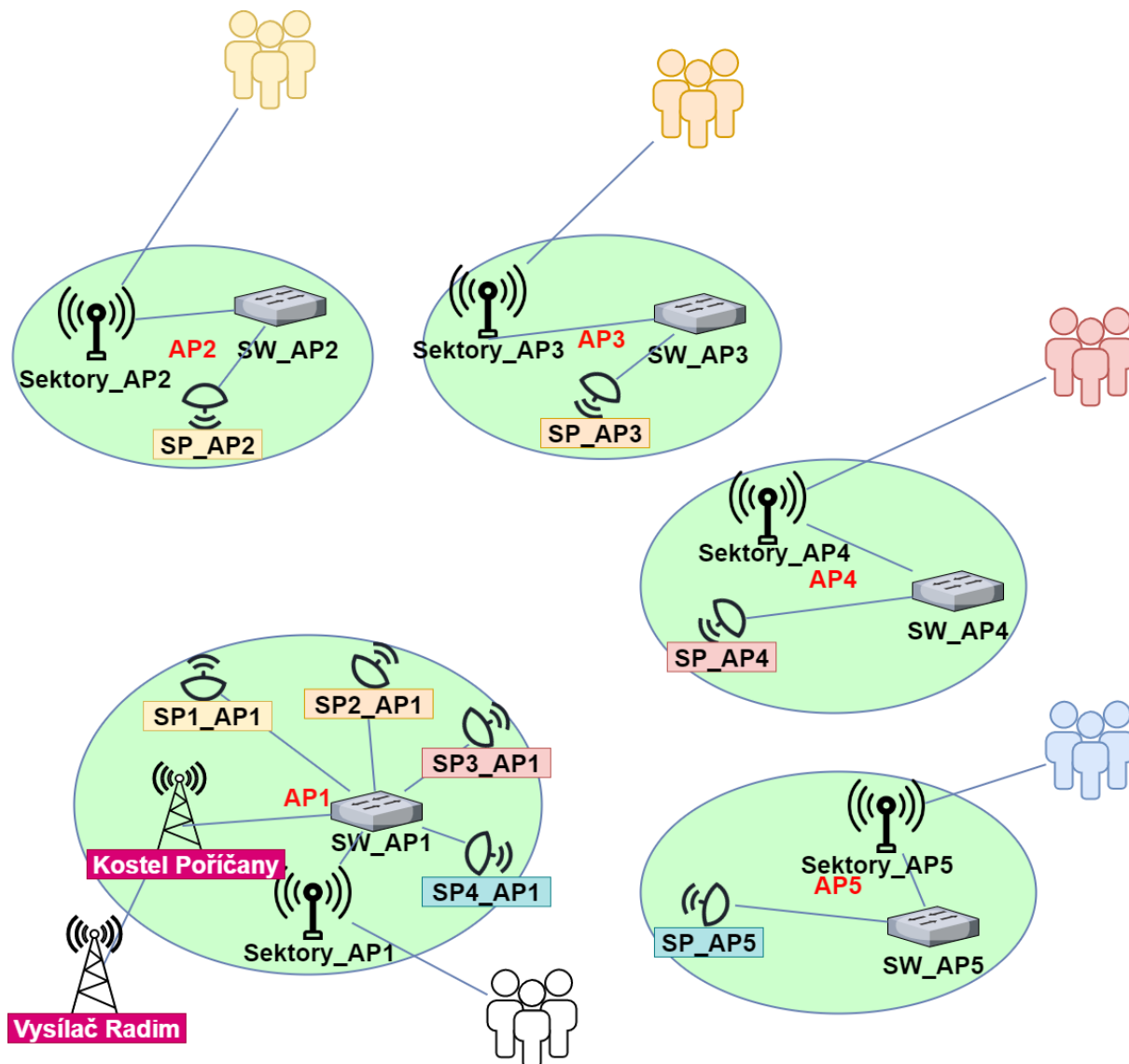
Na hlavní přístupový bod požadoval umístění příjmové antény, která zajistí konektivitu. Dále zde požadoval použití sektorových antén Ubiquiti AirMAX AM-5G17-90 17dBi na které se připojují klientské antény. Také zde požadoval nasazení přepínače HP 1820-24G, který měl být umístěný ve vhodném rozvaděči. Síťové prvky měly být zálohovány pomocí baterií, ty by měly být schopny dodávat energii po dobu několika hodin v případě výpadku elektrického proudu. Jako spojové antény mezi hlavním přístupovým bodem a menšími přístupovými body (označené AP2 – AP5) měly být použity antény SIAE AlfoPlus 17GHz, které jsou popsány ve 2. kapitole práce a také v praktické části práce.

Další požadavek byl připojení klientů pomocí 5 GHz technologie Ubiquiti. U klientů měly být použity antény Ubiquiti LiteBeam 5AC Gen2 nebo Ubiquiti NanoStation 5 AC Loco, které dosahují teoretické rychlosti až 450 Mb/s.

Vše mělo být implementováno do komplexního informačního systému Cf Control. Tento systém pokrývá správu celé sítě, a to včetně monitorování síťových prvků, fakturace klientům nebo vzdálené správy síťových zařízení.

4 VYBUDOVÁNÍ ISP INFRASTRUKTURY

Návrh počítačové sítě přímo vychází z přesných požadavků zadavatele, které jsou uvedeny v tabulce výše a také z dat získaných analýzou daného prostředí, které se nachází ve 3. kapitole.



Obrázek 10 - Síťová topologie

Nejprve byla navržena kompletní síťová topologie, která zahrnuje všechny stěžejní prvky této počítačové sítě.

Součástí síťové topologie je vysílač v Radimi, který zajišťuje konektivitu od celostátního tier 2 poskytovatele internetového připojení pro zadavatele, tedy lokálního poskytovatele internetového připojení.

V síťové topologii je dále zanesený hlavní přístupový bod, který je umístěný na kostele v obci Poříčany. Součástí tohoto přístupového bodu je směrová přijímová anténa, která slouží k získání

konektivity. Součástí jsou také sektorové antény, které slouží k připojení klientských antén. Další součástí hlavního přístupového bodu jsou směrové mikrovlnné antény, které se používají jako spoj s menšími přístupovými body v obci. Všechny tyto síťové prvky propojuje přepínač, kde byly vytvořeny VLAN.

Poslední částí síťové topologie jsou čtyři menší přístupové body, které jsou rozmístěny po obci k pokrytí klientů. Součástí těchto bodů je mikrovlnná směrová anténa, která slouží jako spoj s hlavním přístupovým bodem. Také se zde nachází sektorové antény k připojení klientských antén.

Po navržení síťové topologie se přešlo k plánování přesného rozmístění přístupových bodů po obci a následně k zajištění konektivity. Následovalo budování hlavního přístupového bodu. V práci je popsáno osazení rozvaděče, použité síťové prvky, nastavení přepínače a sektorových antén umístěných na hlavním přístupovém bodu.

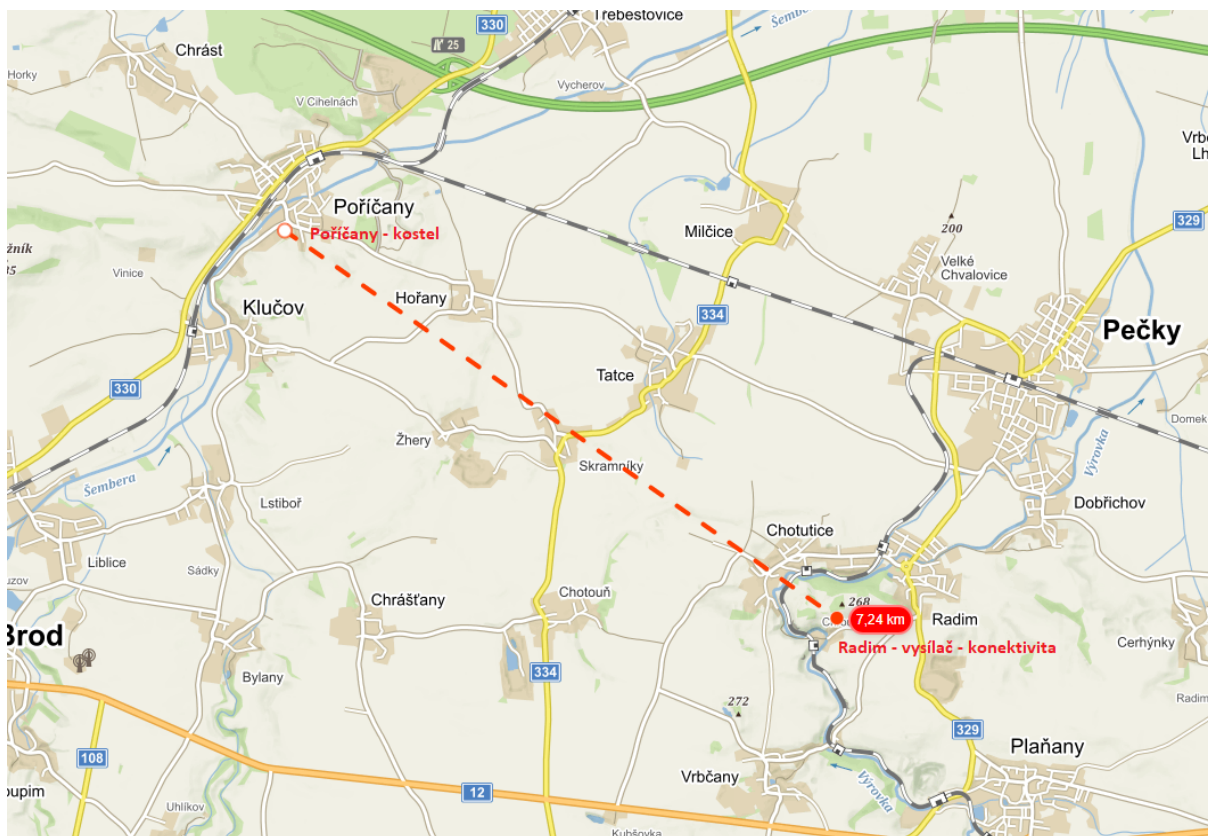
Poté se začaly budovat menší přístupové body. I zde jsou popsány použité síťové prvky. Nakonec proběhlo budování LAN sítě u klienta, kde jsou popsány přesné postupy zapojení klienta k síti internet včetně nastavení klientské antény a mesh sítě používající technologii MikroTik CAPsMAN.

Nakonec proběhlo napojení na informační systém Cf Control, který zadavatel dlouhodobě používá ke správě síťových prvků a také ke správě klientů.

Součástí kompletní síťové topologie je příloha s IP adresami, které byly použity u konkrétních síťových prvků. Je zde také popsána legenda názvů jednotlivých zařízení.

4.1 Konektivita

Dle dostupných informací je v obci Poříčany poskytována konektivita pro tier 3 ISP převážně od společností CETIN a ČD Telematika. V případě zadavatele však byla využita konektivita z vysílače, který je umístěn v obci Radim. Bylo osloveno několik dodavatelů a také provozovatel vysílače. Tento vysílač byl vybrán vzhledem k ideálnímu umístění a přímému výhledu na kostel v Poříčanech. Vzhledem k obchodnímu tajemství zadavatele nelze zveřejnit dodavatele, nabízené ceny dodavatelů konektivity, ani použité síťové vybavení. Vysílač je od Poříčanského kostela vzdálen vzdušnou čarou zhruba 7,2 km.



Obrázek 11 - Poloha kostela a vysílače k zajištění konektivity [23]

4.1.1 Zálaha konektivity

V době budování této sítě nebyla součástí zálaha konektivity. Nyní je však již nasazena záložní konektivita. To se provádí zejména proto, že v případě poruchy zařízení zajišťující hlavní konektivitu je záložní konektivita schopna zajistit alespoň omezený přístup k internetu. V tomto konkrétním případě se zvolilo zařízení s nižší šířkou pásma, než je hlavní konektivita vzhledem ke snížení nákladů.

4.1.2 Šířka pásma konektivity

Šířka pásma se určuje dle odhadu počtu zařízení v síti. ČTÚ upřesnil podmínky poskytování internetu účinné od 1. 1. 2021, kde běžně dostupná rychlost pro každého klienta je 60 % inzerované rychlosti. To znamená, že pokud inzerujeme 50 / 10 (stahování / odesílání), musíme klientovi zaručit rychlost 30 / 6 alespoň 95 % kalendářního dne. Šířku pásma konektivity pak určíme dle počtu plánovaně připojených klientů, kterým garantujeme určenou rychlost.

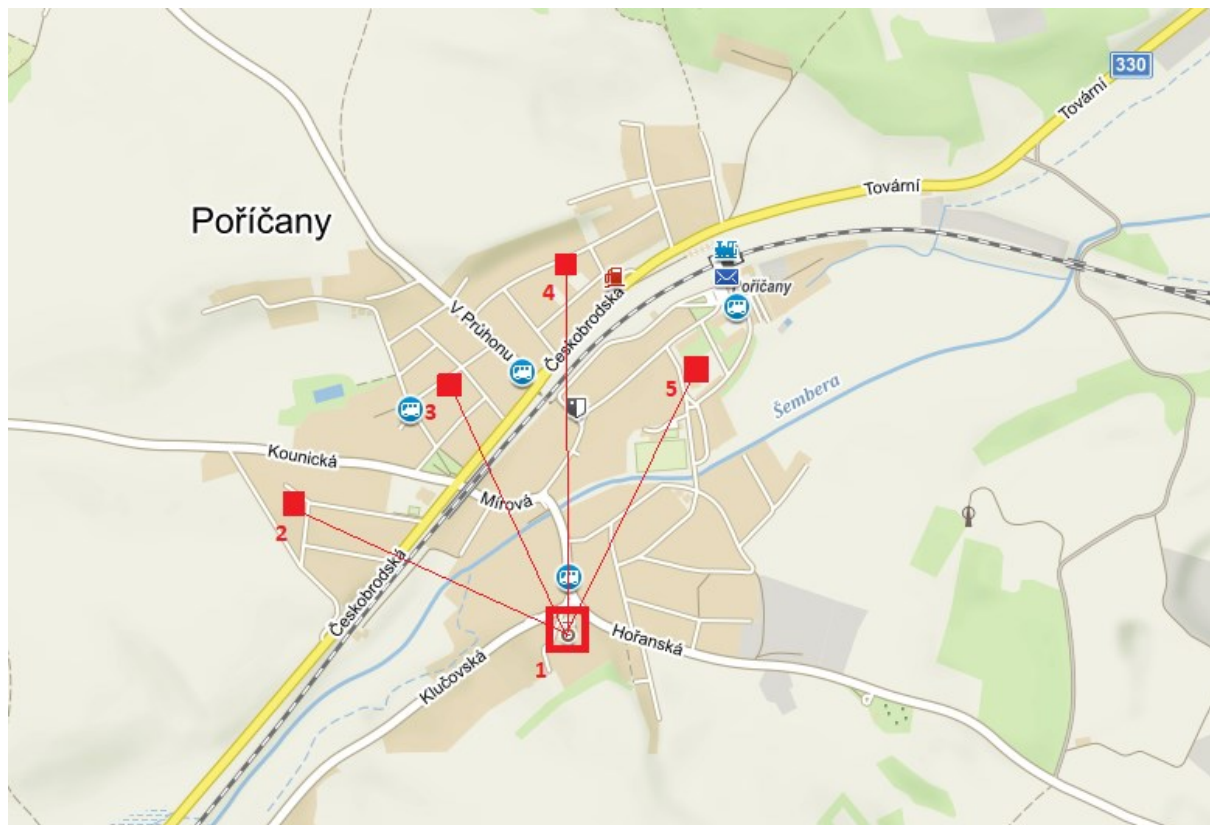
4.2 Rozmístění přístupových bodů

Přístupový bod je aktivním síťovým prvkem a základem bezdrátové sítě. Zprostředkovává spojení mezi bezdrátovými koncovými body a serverem. Přístupový bod tedy obsahuje radiovou část – vysílač/přijímač a část kabelovou. [13, s. 54]

Při plánování rozmístění přístupových bodů bylo potřeba brát v potaz, aby jich bylo vystavěno co nejméně a bylo zajištěno co nejvyšší pokrytí obce. V tomto případě byla potřeba pokrýt >90 % potencionálních klientů v obci.

Přístupové body musí být umístěny tak, aby na ně měly klientské antény přímou viditelnost z některé části střechy. Pro zlepšení viditelnosti z místa umístění klientské antény je možné používat různé anténní držáky, výložníky nebo malé stožáry.

Prostředí přístupového bodu nesmělo být příliš zarušeno, aby nedocházelo ke vzájemnému rušení. Tomu bylo předejito tak, že nebyly antény umístěny pouze s minimálním rozestupem vedle sebe a před výběrem konkrétních míst proběhlo měření pomocí přijímače 5 GHz Wi-Fi. Pro správné šíření signálu bylo potřeba vypočítat Fresnelovu zónu, která vymezuje minimální prostor pro volné šíření elektromagnetických vln mezi dvojicí vysílacích antén. Její narušení má negativní vliv na kvalitu, ale i stabilitu bezdrátového spojení dvou vysílačů.



Obrázek 12 - Rozmístění přístupových bodů v obci [23]

Po konzultaci se zadavatelem a následném měření byla vybrána čtyři místa pro umístění menších přístupových bodů. Hlavní přístupový bod měl již pevně dané místo na kostele v obci Poříčany. Tyto body byly zvoleny z důvodu špatného pokrytí klientů z hlavního přístupového bodu. Oslovení klienti souhlasili s umístěním přístupových bodů na jejich domy. Těmto

klientům bylo nabídnuto poskytování internetu zdarma za podmínky, že nebudou vyžadovat žádné další poplatky spojené s umístěním přístupového bodu a jeho provozem.

4.3 Hlavní přístupový bod

Jako hlavní přístupový bod byl zvolen kostel, který je vzhledem ke své výšce a postavení v rámci obce ideálním řešením. Přímý výhled na kostel z vysílače, který zajišťuje konektivitu je k dispozici.

Na tomto hlavním bodě byly použity spoje SIAE AlfoPlus 17 GHz, které spojují ostatní menší přístupové body v obci s hlavním bodem a poskytují dostačující přenosovou kapacitu 500 Mb/s. Jejich další výhodou je, že používají volné pásmo 17 GHz bez nutnosti platit licenční poplatky. Jako vysílací síťové prvky pro připojení klientů zde byly použity dvoupolarizační sektorové antény Ubiquiti AirMAX AM-5G17-90 17 dBi, které mají vyzařovací úhel 72° v horizontální polarizaci a 93° ve vertikální polarizaci. Tyto sektorové antény byly propojeny s Ubiquiti Rocket 5 AC Lite, která je venkovní jednotkou a je určena pro montáž k MIMO anténám řady Ubiquiti airMAX AC. Jednotka podporuje propustnost až 500 Mb/s, je napájena pomocí 24 V PoE a je tak ideální pro páteřní spoje a přístupové body. Jako přepínač byl použit HP 1820-24G, který je vhodný z hlediska intuitivního nastavení a nízkých pořizovacích nákladů. Tento model je spravován přes webové rozhraní. Přepínač obsahuje 24 RJ-45 portů podporujících 100/1000 Mb/s přenos dat a 2 SFP porty. Toto zařízení bylo zvoleno také proto, že se zde dají nastavit VLAN.

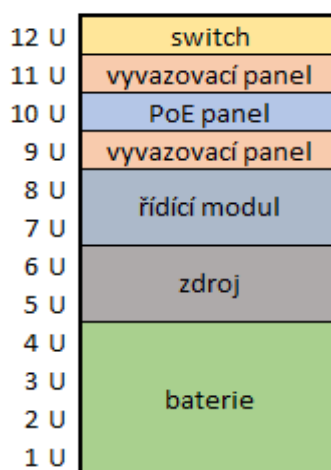
4.3.1 Osazení datového rozvaděče hlavního přístupového bodu

V hlavním přístupovém bodě byl použit rozvaděč Triton 19" 12U, který obsahuje 12 pozic pro síťové prvky a další vybavení rozvaděče. Dále zde byl použit již zmíněný přepínač HP 1820-24G. Také jsou zde použity dva vyvazovací panely 19" 1U, které slouží k zpřehlednění a ukrytí kabeláže.

O napájení antén se stará WaveRF POE-PAN12-GB, který poskytuje 12 gigabitových PoE injektorů a je tak vhodný pro napájení až dvanácti zařízení. PoE je zde použito pro jednodušší využívání zařízení pro bezdrátové přístupové body a další síťové prvky, které je obtížné napájet. V rámci standardu IEEE 802.3af se data a napětí přenáší prostřednictvím dvou párů klasického čtyř párového kabelu. Lze tak zprostředkovat výkon až 13 W s napětím 48 V. [9, s. 251 - 253]

Dalším prvkem, který zde byl použit je řídicí modul SDS MICRO DIN E, který se používá k měření spotřeby elektrického proudu a aktuální teploty. O napájení síťových prvků se stará zdroj Mean Well NDR-240-24, jeho maximální výkon je 240 W, který je zálohovaný dalším totožným zdrojem. V případě výpadku elektrického proudu se starají o napájení dvě baterie GOOWEI ENERGY OTL35-12 s celkovou kapacitou 70Ah.

Rozvaděč je umístěn v kupoli kostela, je tedy chráněn před povětrnostními vlivy. Rozvaděč je zamknutý a zabezpečený. Neautorizovanému přístupu zabráňuje několik dalších zámků a přístup k rozvaděči je tedy velmi omezený. Rozvaděč je označený jako telekomunikační zařízení, které je chráněno zákonem proti neoprávněné manipulaci jako obecně prospěšné zařízení. Přístup do zařízení je dále logován pomocí logovacích funkcí přepínače a antén.



Obrázek 13 - Osázení rozvaděče hlavního přístupového bodu

V následující tabulce jsou zobrazeny použité síťové prvky a další zařízení na hlavním přístupovém bodě. Součástí není rozpis spotřebního materiálu. Podrobnější popis těchto zařízení lze nalézt v příloze.

Tabulka 10 – Použité síťové prvky – hlavní přístupový bod

Spojivá anténa	4x	SIAE AlfoPlus 17 GHz
Sektorová anténa	4x	Ubiquiti AirMAX AM-5G17-90 17 dBi
Venkovní AP jednotka	4x	Ubiquiti Rocket 5 AC Lite
Přepínač	1x	HP 1820-24G
Rozvaděč	1x	Triton RBA 19" 12U
Řídicí modul	1x	SDS MICRO DIN E
Zdroj	1x	Mean Well NDR-240-24
PoE injektor	1x	WaveRF POE-PAN12-GB
Baterie	2x	GOOWEI ENERGY OTL35-12
Síťový kabel		Solarix SXXD-5E-FTP-PE

Jako síťový kabel byl použit Solarix SXKD-5E-FTP-PE, který je určený pro provoz ethernetových protokolů, včetně 2.5GBASE-T. Rozdíl mezi standardy Fast Ethernet a Gigabit Ethernet spočívá v tom, že u gigabit ethernetu jsou využity všechny čtyři páry kroucené dvojlinky, zatímco u Fast Ethernetu pouze páry dva. V práci byl tedy využit plný potenciál použitého kabelu. [13, s. 32 - 35]

Použitý kabel spadá pod kategorii stíněná kroucená dvojlinka (FTP). Tento typ kabelu má stínění kolem všech párů kabelu a má kovové opletení kolem každého páru kabelu, které slouží jako stínění a také zvyšuje ochranu kabelu proti vnějšímu rušení. Tento typ kabelu je dražší vzhledem k přidanému stínění a větší odolnosti. Stínění a větší odolnost byla potřeba vzhledem k povětrnostním podmínkám v místě vysílače. [13, s. 13 - 14]

4.3.2 Nastavení hlavního přepínače

Jako hlavní přepínač byl opět použit HP 1820-24G, který byl zvolen mimo jiné pro svou pořizovací cenu, výkon a intuitivní správu. Pracuje na linkové vrstvě, obsahuje 24x 10/100/1000 Mb/s RJ45 portů a 2x SFP 100/1000 Mb/s porty, které mohou sloužit například pro připojení optických vláken pomocí modulů. Další velkou výhodou tohoto přepínače je možnost vytvoření VLAN.

V této práci bylo využito zařazení do VLAN podle portu. Port je ručně a napevno zařazen do určité VLAN, tedy i veškerá komunikace, která přichází přes tento port, spadá do zadané VLAN. Jedná se o nejrychlejší a nejpoužívanější řešení. [15]

V případě, že by bylo použito pouze rozdělení pomocí podsítí, tak by komunikace dorazila z jednoho zařízení na druhé, avšak zařízení by tuto komunikaci ignorovalo. Vzhledem k zabezpečení sítě nebylo žádoucí, aby komunikace na zařízení dorazila, proto je vhodnější použít VLAN. [16]

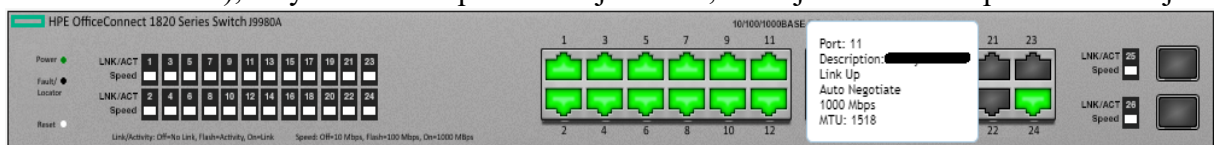
VLAN zde byl zvolen pro několik praktických výhod. Mezi které patří zjednodušená správa, to znamená, že k přesunu zařízení do jiné sítě stačí softwarová konfigurace zařazení do konkrétní VLAN. Není potřeba zařízení fyzicky přepojovat. To lze v budoucnu využít v případě přesunu antény v rámci přístupového bodu. Další výhodou je zvýšení bezpečnosti oddělením komunikace do speciální VLAN, kam se nelze dostat jinak. [15]

Použitím VLAN došlo ke snížení počtu hardware, které by bylo potřeba mít v přístupovém bodu. Počet potřebných portů zůstal stejný, ale tím, že mohou být různé podsítě na stejném přepínači, tak bylo možné využít maximální počet portů přepínače a nebylo třeba kupovat

několik různých přepínačů k fyzickému oddělení sítě. Mezi další výhody patří snížení broadcastů a tím zlepšení výkonu sítě snížením provozu. [15]

Na následujícím obrázku je zobrazený příklad nastavení portu 11. Porty by měly mít svůj popis, v tomto případě byl zvolen popis „Kounicka_spoj“. Popis tedy identifikuje spoj, který je v tomto portu připojený.

Další položkou je popis funkce automatického vyjednávání, který na každém portu snímá rychlost připojení síťového zařízení (10, 100, anebo 1 000 Mb/s) a inteligentně ji přizpůsobuje podle kompatibility a optimalizuje tím výkon. Poslední položkou je MTU (Maximum transmission unit), tedy maximální přenosová jednotka, která je v Ethernetu právě 1518 bajtů.



Obrázek 14 - GUI přehled přepínače HP 1820-24G

Síťové parametry byly zvoleny vzhledem k předem definované tabulce IP adres v síti. Přepínači byla nastavena statická IP adresa 10.254.254.250 s maskou 255.255.255.248.

Výchozí brána byla nastavena na 10.254.254.248. Přístup pro správu byl nastavený pouze na VLAN ID 500. V zařízení bylo dále nastaveno SNMP, které slouží pro potřeby správy sítě v Cf Control. Každému portu, který je aktivní bylo nastaveno VLAN ID, byl použit rozsah 400–420.

4.3.3 Nastavení sektorové antény

Sektorové antény slouží pro připojení klientských antén. Nastavována byla venkovní jednotka Ubiquiti Rocket 5 AC Lite, která je propojena pomocí dvou RP-SMA konektorů s dvoupolarizační anténou Ubiquiti AirMAX AM-5G17-90 17 dBi.

Na následujícím obrázku je zobrazena karta s nastavením sítě, která je blíže popsána. Ostatní karty jsou velmi podobné nebo totožné s kartami, které jsou podrobně rozebrány v nastavení antény klienta.

Basic Wireless Settings

ACCESS POINT <input checked="" type="checkbox"/>	COUNTRY <input type="text"/> <input type="button" value="CHANGE"/>
PTP MODE <input type="checkbox"/>	ANTENNA AM-5G17-90 - 17 dBi
CHANNEL WIDTH 20 MHz	ANTENNA GAIN 17 dBi
FRAME DURATION Flexible (legacy)	CABLE LOSS 0 dB
CONTROL FREQUENCY LIST, MHz <input type="checkbox"/>	OUTPUT POWER <input type="range" value="22"/> 22 dBm
CENTER FREQUENCY, MHz <input type="text"/>	AUTO ADJUST DISTANCE <input checked="" type="checkbox"/>
CONTROL FREQUENCY, MHz <input type="text"/>	DISTANCE [?] <input type="range" value="0.6"/> 0.6 km
SSID <input type="text"/>	

Wireless Security

WPA2 SECURITY IS DISABLED WIRELESS NETWORK PROTECTION [?]

MAC ACL

Signal LED Thresholds

THRESHOLDS, dBm: [?]	LED0	LED1	LED2	LED3
	<input type="text" value="- 94"/>	<input type="text" value="- 80"/>	<input type="text" value="- 73"/>	<input type="text" value="- 65"/>

Obrázek 15 - Nastavení sektorové antény – karta wireless

Sektorová anténa slouží jako přístupový bod ostatním zařízením, proto byla položka „Access point“ zapnuta. PTP mode byl nastaven na vypnuto, nejedná se o point-to-point spoj, tedy o spoj mezi dvěma body. Jelikož na sektorovou anténu je připojeno více klientských antén.

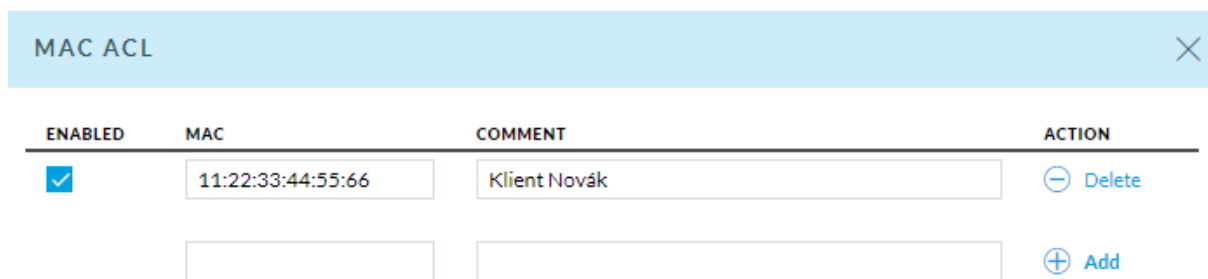
Každé frekvenční pásmo je rozděleno do několika frekvenčních kanálů o různých šířkách. Zde byl použit kanál o šířce 20 MHz, jelikož sektor je velmi blízko ostatních síťových zařízení a mohlo by tedy vznikat výrazné rušení ostatních zařízení.

Dále bylo potřeba nastavit SSID, volí se názvy podle umístění a směru sektorové antény, v tomto případě bylo zařízení nazváno „Lesni_MarekStejskal.cz“, jelikož anténa míří na ulici Lesní.

Další důležitou položkou byl výběr správného označení antény, která je spojena s venkovní jednotkou, která byla nastavována. V tomto případě tedy byla vybrána položka AM-5G17-90 17 dBi. Následně se zobrazil její zisk, dále lze nastavit případnou ztrátu, která by vznikla na kabeláži, ale vzhledem k několikametrové délce kabeláže je v tomto případě ztráta zanedbatelná. Bylo nastaveno automatické nastavení vzdálenosti a tím i výstupního výkonu. Automatické nastavení výstupního výkonu šetří energii a také snižuje zarušení celé oblasti, protože se výkon upraví podle potřeb zařízení.

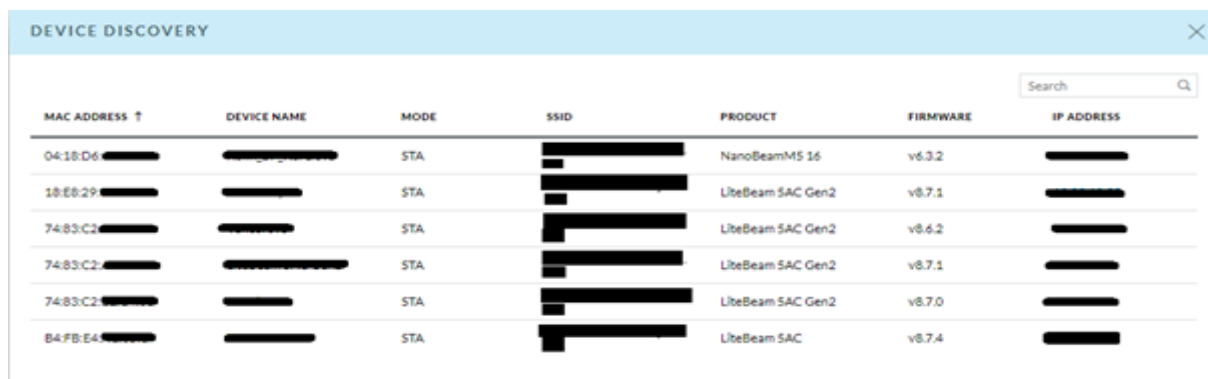
V této kartě lze také nastavit signalizační LED diody, které zobrazují aktuální výkon signálu (dBm), zde se tedy nastavuje práh, kdy bude LED dioda reagovat.

Nakonec bylo potřeba nastavit položku MAC ACL, která povolí přístup pouze určitým MAC adresám. Zde je v budoucnu potřeba zadat všechny MAC adresy klientských antén, které budou připojené na tento sektor, aby se zamezilo nepovoleným přístupům na sektorovou anténu.



Obrázek 16 - Povolení podle MAC adres (ACL)

Po kompletním nastavení antény včetně všech ostatních karet a následném připojení klientů si lze zobrazit seznam připojených zařízení. Přehledně lze pomocí zobrazené IP adresy plynule přecházet na klientská zařízení a spravovat je dle potřeby. Dále jsou zde zobrazeny údaje o aktuálním firmwaru, SSID, názvu produktu, názvu zařízení nebo MAC adresy.



Obrázek 17 - Seznam připojených klientů na sektorové anténě

4.4 Menší přístupové body

Přístupové body, které jsou na mapě vyobrazeny pod čísly 2, 3, 4 a 5 se skládají z jedné spojové antény SIAE AlfoPlus 17 GHz, dvou až čtyř sektorových antén Ubiquiti AirMAX AM-5G17-90 17 dBi a také z dvou až čtyř venkovních jednotek Ubiquiti Rocket 5 AC Lite. Jako přepínač byl opět použit HP 1820-24G. Rozvaděč byl použit o tři pozice menší, než v hlavním přístupovém bodě a to Triton 19" 9U, jelikož se zde neplánuje použití velkých baterií, které zabírají místo v rozvaděči. Stejně jako na hlavním přístupovém bodě jsou zde použity dva vyvazovací panely 19" 1U, které slouží k zřehlednění a ukrytí kabeláže. O napájení antén se stará WaveRF POE-PAN12-GB. Řídící modul SDS MICRO DIN E, který se používá k měření spotřeby elektrického proudu a aktuální teploty je také součástí. O napájení síťových prvků se stará také již použitý zdroj Mean Well NDR-240-24.

V následující tabulce jsou zobrazeny použité síťové prvky a další zařízení. Podrobný popis těchto zařízení lze nalézt v příloze. Rozvaděč byl zvolen s velikostní rezervou, jelikož se počítá s pozdějším použitím baterií, aby mohl přístupový bod zůstat pod napájením v případě výpadku elektrického proudu. Součástí není rozpis spotřebního materiálu.

Tabulka 11 - Použité síťové prvky – menší přístupový bod

Spojovací anténa	1x	SIAE AlfoPlus 17 GHz
Sektorová anténa	2x - 4x	Ubiquiti AirMAX AM-5G17-90 17 dBi
Venkovní AP jednotka	2x - 4x	Ubiquiti Rocket 5 AC Lite
Přepínač	1x	HP 1820-24G
Rozvaděč	1x	Triton RBA 19" 9U
Řídicí modul	1x	SDS MICRO DIN E
Zdroj	1x	Mean Well NDR-240-24
PoE injektor	1x	WaveRF POE-PAN12-GB
Síťový kabel		Solarix SXXD-5E-FTP-PE

4.5 LAN síť klienta

V této části proběhlo nastavení kompletní LAN sítě klienta pomocí technologie CAPsMAN od firmy MikroTik. Nastavení proběhlo včetně klientské antény Ubiquiti NanoStation 5 AC Loco. Následující podkapitoly popisují tedy kompletní nastavení a popis technologie u klienta.

4.5.1 Technologie zapojení u klienta

Klienti se do sítě připojují pomocí klientské stanice Ubiquiti NanoStation 5 AC Loco, která má zisk až 13 dBi nebo Ubiquiti LiteBeam 5 AC Gen2, která má zisk až 23 dBi, je tedy vhodnější pro větší vzdálenosti od přístupového bodu.

Další prvky u klientů jsou instalovány na základě jejich požadavků. Pro nenáročné klienty, kteří nepotřebují příliš velký dosah domácí Wi-Fi sítě je instalován směrovač TP-Link TL-WR850N, který je jednodušším a nejlevnějším řešením.

Dražším a na instalaci náročnějším řešením je vytvoření domácí Wi-Fi sítě pomocí technologie CAPsMAN na kterou mohou být použity v různém množství přístupové body Mikrotik RouterBOARD RB941-2nD-TC hAP Lite a jako řídicí prvek může být použit například MikroTik PowerBox. Pro kabeláž byl zvolen venkovní síťový kabel Solarix SXXD-5E-FTP-PE a pro vnitřní účely byl zvolen vnitřní síťový kabel Solarix SXXD-5E-UTP-PVC.

Pro venkovní síťové vedení se preferuje použití odolnějšího a dražšího venkovního FTP kabelu, jelikož lépe odolává povětrnostním podmínkám. Ve vnitřních prostorách se používá zpravidla vnitřní UTP kabel vzhledem k jeho lepší ohebnosti a nižší ceně. U klienta se počítá se standardními tarify dle požadavků zadavatele, které dosahují rychlosti maximálně 50 Mb/s.

Většina vnitřních síťových prvků u klienta je proto dimenzována na rychlost 100 Mb/s dle požadavku zadavatele.

V následující tabulce jsou zobrazeny použité síťové prvky u klienta. Součástí není rozpis spotřebního materiálu. Podrobnější popis těchto síťových prvků lze nalézt v příloze.

Tabulka 12 - Použité síťové prvky – LAN síť klienta

Klientská anténa	Ubiquiti NanoStation 5 AC Loco
Řídící prvek	MikroTik PowerBox
Přístupový bod	MikroTik RouterBOARD RB941-2nD-TC
Síťový kabel	Solarix SXKD-5E-UTP-PVC
Síťový kabel	Solarix SXKD-5E-FTP-PE

4.5.2 Postup zapojení u klienta

Nejdříve bylo potřeba vizuálně navázat kontakt s nejbližším nebo nejlépe viditelným přístupovým bodem. Výhledu k přístupovému bodu by nemělo nic bránit. Za překážku lze považovat i větev stromu, která může znatelně snížit kvalitu a úroveň signálu. Dále je potřeba počítat s růstem stromů, ušetří se tím mnoho času s budoucím přepojováním na jiný přístupový bod. Před zvolením konkrétního přístupového bodu byla třeba vypočítat Fresnelovu zónu.

Dalším krokem bylo umístění klientské antény. Zpravidla je umísťována na střechu, trámy, stožár, popřípadě na komín pomocí různých úchytků nebo výložníků. Anténa se doladuje vždy na konci nastavování všech prvků, pokud nevypneme funkci doladování, tak je schopna si nastavit výkon dle potřeby. Ovšem i tak je často potřeba anténu horizontálně a vertikálně doladit dle zobrazených hodnot ve firmwaru antény, který zobrazuje stupně natočení doleva nebo doprava, aby obě antény směřovali přesně naproti sobě.

Následoval výběr vhodného místa pro umístění klientských Wi-Fi zařízení. A také zvolení místa vedení potřebné kabeláže. Klientská anténa je napájena pomocí PoE, tedy po ethernetovém kabelu. Odpadá tedy starost s vedením elektřiny až k anténě. Po najetí vhodného místa pro hlavní směrovací prvek klienta je anténa připojena do PoE a z tohoto PoE je vedený patch kabel do WAN portu směrovacího prvku.

Byly použity krimpovací kleště k nacvaknutí RJ45 konektorů dle normy T568B. Následně byla nastavena anténa a ostatní prvky klientské sítě, postup nastavení je popsán v následujících kapitolách.

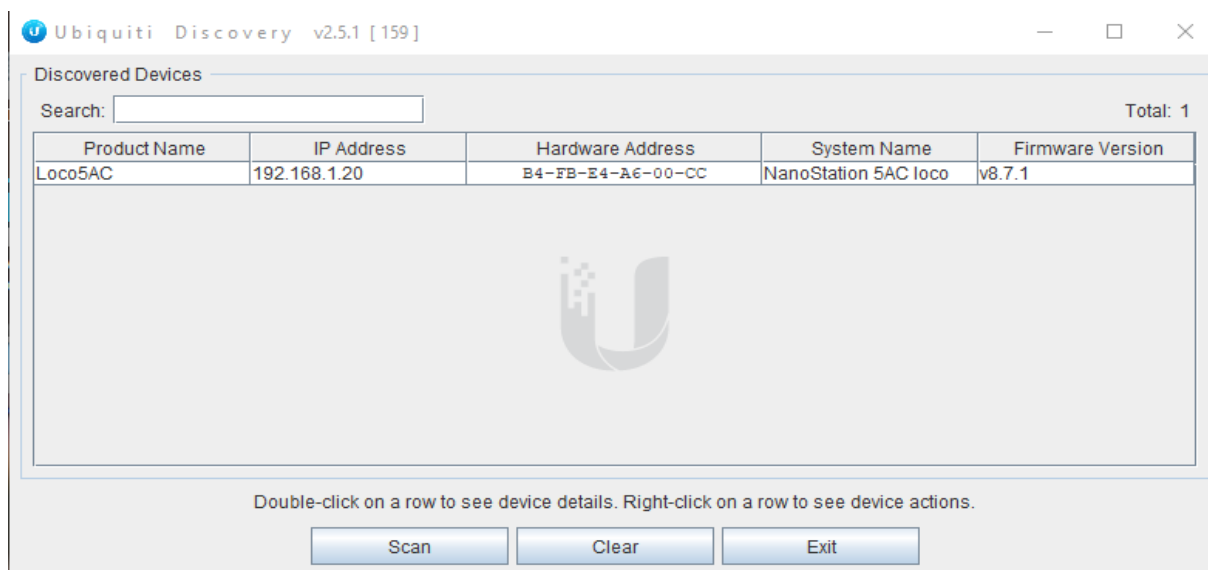
Na konec byla anténa doladěna pomocí integrovaného softwaru od Ubiquiti, který zobrazuje potřebu horizontálního a vertikálního doladění, dále bylo zkontrolováno provedené nastavení a také funkčnost sítě pomocí příkazu ping.

4.5.3 Nastavení klientské antény Ubiquiti

Klientská anténa byla použita jako síťový most. Jedním z účelů síťového mostu je přemostění dvou různých typů fyzických médií. Mosty zkoumají cílovou MAC adresu síťového provozu, nezabývají se protokolem IP nebo protokoly vyšších vrstev. Cílové adresy porovnává s interní tabulku a pokud najde odpovídající záznam, tak přešle rámec podle této tabulky. Pokud záznam neexistuje, tak rozešle most tento rámec všesměrově a čeká na odpověď. Když tato odpověď přijde, tak si zaznamená MAC adresu do tabulky včetně směru jeho doručení. [9, s. 204 - 205]

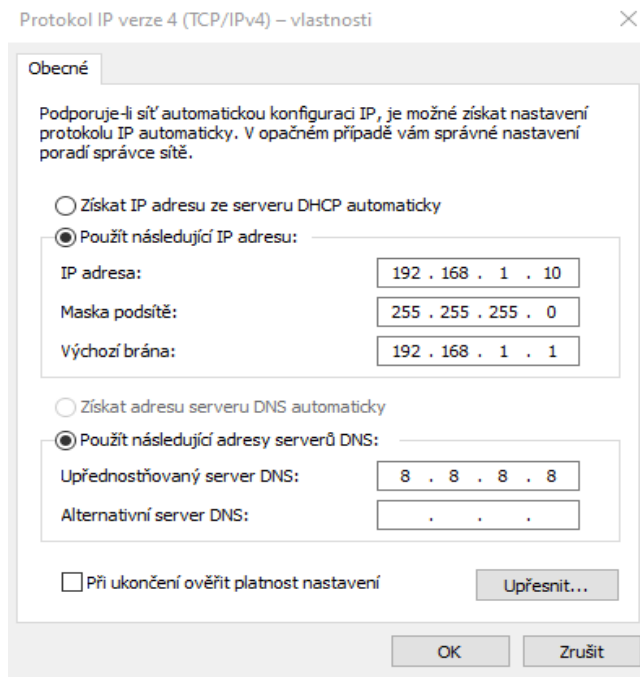
Při nastavení klientské antény bylo nejdříve třeba nainstalovat vhodný software na vyhledání antény v síti. Jelikož bylo potřeba nalézt v síti antény Ubiquiti, tak bylo vhodné použít oficiálně dodávaný software Ubiquiti Discovery v2.5.1.

Následně bylo třeba vyhledat dostupná zařízení pomocí tlačítka „Scan“. Výchozí IP adresa pro zařízení Ubiquiti je 192.168.1.20, každá však nemusí být ve výchozím nastavení. Pokud je anténa správně připojena, měla by se zobrazit v nabídce.



Obrázek 18 - Seznam dostupných zařízení Ubiquiti Discovery

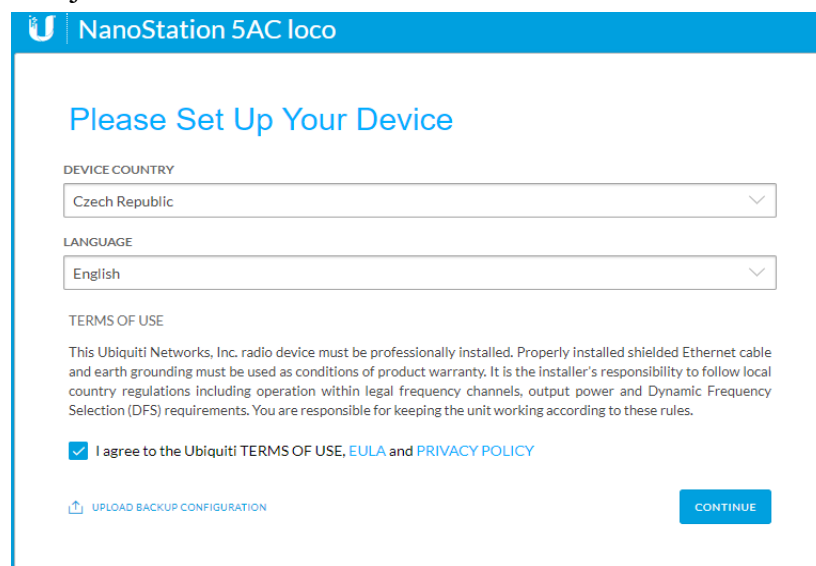
V nastavení síťových připojení v použitém systému Windows bylo potřeba nastavit statickou IP adresu pro své zařízení, jelikož anténa ve výchozím nastavení nemá zapnutý protokol DHCP. Bylo potřeba nastavit IP adresu, která je ve stejné síti jako IP adresa nastavované antény. V tomto případě tedy adresu v rozsahu 192.168.1.1 – 192.168.1.255. Jelikož je použita maska 255.255.255.0 neboli /24.



Obrázek 19 - Nastavení statické IP adresy

Byla tedy zvolena IP adresa 192.168.1.10 s maskou 255.255.255.0, výchozí bránou 192.168.1.1 a DNS serverem 8.8.8.8.

Následně byla zadána do prohlížeče IP adresa nastavované antény. Vše bylo nastaveno správně, jelikož se objevilo grafické rozhraní antény. Pokud by se grafické rozhraní neobjevilo, tak je třeba zkontrolovat napájení antény, zadávanou IP adresu antény nebo nastavovanou IP adresu zařízení, ze kterého je anténa nastavována.



Obrázek 20 - Okno s nastavením antény

Při konfiguraci nové antény bylo nejprve třeba zvolit stát působení a přijmout licenční požadavky. Následně bylo třeba nastavit uživatelské jméno a heslo minimálně o osmi znacích.

Dalším krokem bylo nastavení karty wireless. Různé státy mají bezlicenční pásma 5 GHz různě rozsáhlá, proto firmware antény obsahuje výběr z různých států, po zvolení České republiky je uživateli omezena množina konfigurovatelných kanálů tak, aby nehrozilo vysílání mimo přidělené bezlicenční pásmo.

PTP mode byl nastaven na vypnuto, nejedná se o point-to-point spoj, tedy o spoj mezi dvěma body. Jelikož na přístupový bod je připojeno více klientských antén.

SSID bylo zvoleno ze seznamu (viz. Obrázek 22), kde byly zobrazeny všechny dostupné vysílače v okolí, včetně jejich signálu, pásma nebo rádiového módu. Samozřejmě bylo potřeba zvolit SSID, které odpovídá přístupovému bodu, na který se chceme v dané chvíli připojit. Také bylo třeba zkontrolovat úroveň požadovaného signálu s úrovní šumu v pozadí (položka signal/noise).

Povolením funkce AMSDU lze docílit vyšší propustnosti v méně zarušených prostředích. Automatická regulace výkonu vysílá jen tak silně, jak je to zapotřebí, aby anténa nezpůsobovala rušení. EIRP je efektivní izotropický vyzářený výkon, to je výkon, který je vyzařovaný bodovou anténou do všech směrů. Každé pásmo je rozděleno do několika frekvenčních kanálů o různých šířkách. V tomto případě 20, 40 nebo 80 MHz. Obecně platí, že čím širší je frekvenční kanál, tím vyšší přenosové rychlosti lze dosáhnout, to však platí v nezarušených oblastech, proto se v tomto případě používá automatické přepínání 20/40 MHz, aby byla rychlost a stabilita co možná nejlepší. Vzhledem k tomu, že u klienta probíhalo směrování na řídicím prvku MikroTik, tak bylo třeba anténu nastavit na mód bridge, jelikož je zbytečné směrovat na dvou po sobě jdoucích zařízeních. Jednak by musel probíhat další NAT, tedy překlad IP adres a také by to mohlo zkomplikovat další nastavení, například port forward.

Basic Wireless Settings

ACCESS POINT OFF
 PTP MODE OFF
 CHANNEL WIDTH 20/40 MHz
 CONTROL FREQUENCY SCAN LIST, MHz OFF
 SSID Kounicka-MarekStejskal.cz
 LOCK TO AP MAC

COUNTRY Czech Republic CHANGE
 ANTENNA GAIN 13 dBi
 OUTPUT POWER 17 dBm
 AUTO ADJUST DISTANCE ON
 DISTANCE [?] 0.6 km

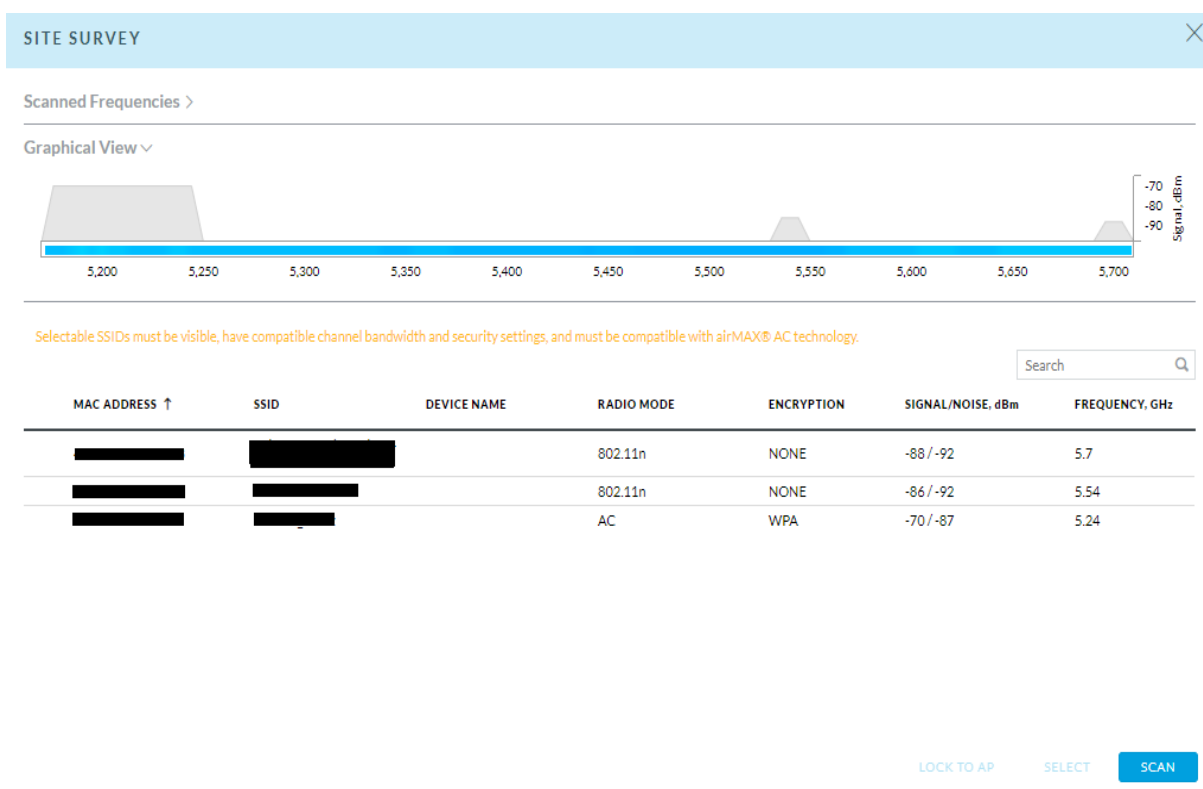
Wireless Security

WPA2 SECURITY PERSONAL ENTERPRISE [?]
 WPA2 PRESHARED KEY ***** SHOW
 Secondary SSID

Advanced

AMPDU [?] 32
 AMSDU [?] ON
 AIRMAX STATION PRIORITY Base
 MAX TX DATA RATE Auto
 DATA RATE MODULE Default
 CALCULATE EIRP LIMIT ON
 SENSITIVITY THRESHOLD OFF
 AUTOMATIC POWER CONTROL ON

Obrázek 21 - Nastavení antény – karta wireless



Obrázek 22 - Vyhledání vysílačů v okolí

IP adresu antény na kartě network bylo třeba nastavit staticky. Je nežádoucí přidělování DHCP serverem vzhledem k efektivitě, přehlednosti, zabezpečení a spolehlivosti sítě. Všechny

použité síťové prvky byly nastaveny s IPv4 adresou, jelikož zadavatel IPv6 adresy nepoužívá, vzhledem k tomu, že má k dispozici velké množství veřejných IPv4 adres.

Tabulka 13 - Privátní rozsahy IPv4

síť	adresa sítě	broadcast adresa	adresy zařízení
10.0.0.0/8	10.0.0.0	10.255.255.255	10.0.0.1 - 10.255.255.254
192.168.0.0/16	192.168.0.0	192.168.255.255	192.168.0.1 - 192.168.255.254
172.16.0.0/12	172.16.0.0	172.31.255.255	172.16.0.1 - 172.31.255.254

Dále bylo potřeba nastavit DNS servery, které slouží k převodu doménového jména na IP adresu a opačně.

Network Role

NETWORK MODE

Configuration Mode

CONFIGURATION MODE

Management Network Settings

MANAGEMENT IP ADDRESS DHCP STATIC

IP ADDRESS

NETMASK

GATEWAY IP

PRIMARY DNS IP

SECONDARY DNS IP

MTU

STP OFF

MANAGEMENT VLAN OFF

AUTO IP ALIASING ON

DHCP OPTION 82 OFF

IPV6 OFF

Telnet Server

System Log

REMOTE LOG OFF

REMOTE LOG IP ADDRESS

REMOTE LOG PORT

Device Discovery

DISCOVERY ON

CDP OFF

Obrázek 23 - Nastavení antény – karta services

Na následující kartě services je třeba provést další nastavení služeb. Zadavatel na koncových zařízeních klientů nepoužívá SNMP, proto zde bylo vypnuto. Ke vzdálené správě zařízení zadavatel používá protokol SSH, které poskytuje přenášení šifrovaných dat. Telnet je nezabezpečenou alternativou, kterou zadavatel nepoužívá.

Každé zařízení by se mělo udržovat aktuální. Jako první věc, kterou bylo třeba udělat na kartě system je aktualizace zařízení na nejnovější firmware, ten zpravidla zaručuje vyšší stabilitu, opravy chyb nebo i některé nové funkce nebo nastavení. Po dobu aktualizace zařízení je

zařízení nedostupné, proto je třeba v budoucnu aktualizovat v méně frekventovaných časech s ohledem na klienta. Aktualizace na tomto konkrétním zařízení trvá do tří minut.

Důležitou položkou je také název zařízení, zpravidla se zde volí příjmení klienta nebo název firmy, při vyhledávání zařízení v síti je to přehledné řešení.

Pro nastavení správného času se používá NTP (Network Time Protocol). NTP je protokol pro synchronizaci času po paketové síti. Také je potřeba zvolit správné časové pásmo.

Toto zařízení má funkci management radio on startup, to znamená, že se na zařízení lze připojit bezdrátově do 15 minut po zapnutí zařízení. Velmi to ulehčuje nastavení tím, že není potřeba být připojen drátově, avšak tato funkce není příliš bezpečná z hlediska případného útočníka, který by se mohl bezdrátově na anténu připojit, proto byla tato funkce vypnuta.

AirView je nástroj pro skenování frekvenčních kanálů v okolí zařízení, hodí se zejména při první instalaci zařízení, poté již zpravidla není potřeba.

The image shows a web interface for configuring a Ubiquiti device. It is divided into four sections:

- Firmware:** Shows 'FIRMWARE VERSION' as WA.V8.7.1 and 'BUILD NUMBER' as 42832. There are buttons for 'CHECK FOR UPDATES' (ON), 'CHECK NOW', and 'UPLOAD FIRMWARE' (UPLOAD).
- Device:** Shows 'DEVICE MODEL' as LOCO5AC, 'DEVICE NAME' as Novakova_Loco5AC, and 'INTERFACE LANGUAGE' as English. There are also buttons for 'AIRVIEW' (ON), 'AUTO-SEND CRASH REPORTS' (OFF), and 'LEDS NIGHT MODE [?]' (OFF).
- Management Radio Settings:** Shows 'MANAGEMENT RADIO ON STARTUP [?]' as OFF and 'MANAGEMENT RADIO [?]' as ENABLE FOR 15MIN.
- Date/Time Settings:** Shows 'STARTUP DATE' as OFF, 'STARTUP DATE' as an empty field, 'TIME ZONE' as (GMT+01:00) Centra, 'NTP CLIENT [?]' as ON, and 'NTP SERVER' as 0.ubnt.pool.ntp.org.

Obrázek 24 - Nastavení antény – karta system

Tímto byla základní konfigurace antény Ubiquiti dokončena, dále se anténa doladila dle potřeby a dle aktuálních hodnot signálu, které jsou zobrazeny ve firmwaru antény. Po nastavení antény bylo potřeba nastavit ostatní klientské síťové prvky, v další části je předvedeno nastavení Wi-Fi sítě při použití síťových prvků MikroTik.

4.5.4 Nastavení klientské Wi-Fi sítě MikroTik CAPsMAN

V topologii mesh jsou uzly propojeny s více sousedy, tato topologie byla použita u LAN sítě klienta, kde se používá technologie CAPsMAN od firmy MikroTik. U partial mesh jsou některé uzly spojené přímo, tedy point-to-point s více jinými uzly. [17]

CAPsMAN (Controlled Access Point system Manager) umožňuje centralizaci správy bezdrátové sítě na síťových prvcích MikroTik. Při použití této funkce se síť bude skládat z řady řízených přístupových bodů neboli CAP, které zajišťují bezdrátové spojení a také ze správců systému neboli CAPsMAN, kteří spravují konfiguraci jednotlivých přístupových bodů. Součástí této technologie je autentizace. [18]

Pokud je přístupový bod (CAP) řízen pomocí správce (CAPsMAN), tak vyžaduje pouze minimální konfiguraci potřebnou k navázání spojení se správcem. Funkce, které byly původně prováděny přístupovým bodem, jako je například řízení přístupu nebo autentizace klienta, nyní provádí správce. Nyní přístupový bod musí poskytovat pouze šifrování a dešifrování bezdrátového spojení. V závislosti na konfiguraci jsou data předávána správci pro centralizované zpracování nebo jsou předávána lokálně v přístupovém bodě. CAPsMAN funguje na jakémkoli zařízení RouterOS od v6.11. Nabízí neomezený počet přístupových bodů a 32 virtuálních rozhraní pro hlavní rádiové rozhraní. [19]

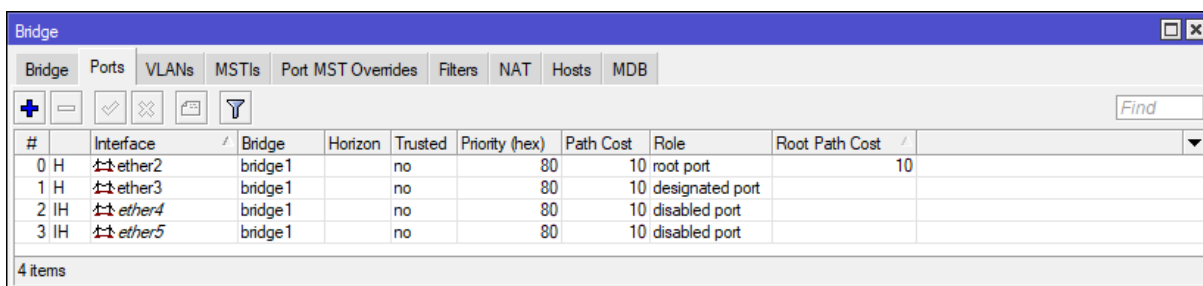
K nastavení síťových prvků MikroTik byl použit WinBox 3.27. Jedná se o grafické prostředí, jehož prostřednictvím lze spravovat síťové prvky MikroTik běžící s operačním systémem RouterOS. Dále lze nastavovat síťové prvky MikroTik pomocí SSH přes příkazovou řádku, které se používá pro vzdálený přístup.

V tomto konkrétním případě byl použit jako řídicí prvek MikroTik PowerBox RB750P-PBr2, který nabízí i PoE výstup a lze s ním jednotlivé přístupové body napájet pomocí ethernetového kabelu, pokud to daný přístupový bod umožňuje. Jako přístupový bod byl použit Routerboard MikroTik RB941-2nD-TC hAP lite TC. V praxi lze přístupových bodů použít více, aby bylo zaručeno pokrytí celé oblasti, kterou je třeba u klienta pokrýt. Libovolně lze kombinovat vnější a vnitřní prvky od firmy MikroTik. Celá síť vystupuje pod jedním SSID, takže odpadá nutnost se neustále přepojovat na jinou Wi-Fi síť.

Nejprve bylo potřeba si zařízení vyhledat v záložce „neighbors“. K zařízení bylo potřeba se připojit pomocí ethernetového kabelu, aby bylo možné se do zařízení připojit pomocí MAC adresy.

Nejdříve byl vyhledán řídicí prvek. Po vyhledání a připojení se na zařízení bylo potřeba změnit název zařízení, jelikož v případě nastavování více zařízení se lze snadno v jednotlivých prvcích ztratit. V záložce „System“ byla zvolena položka „Identity“, kde byl nastaven název zařízení.

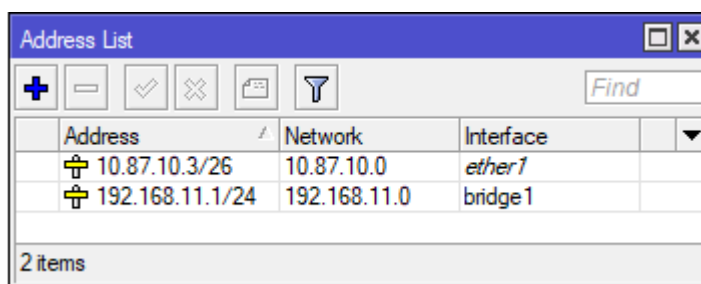
V záložce „Bridge“ bylo třeba vytvořit nový bridge1, aby byly propojeny všechny porty, které jsou součástí LAN sítě. Následně bylo třeba v kartě „Ports“ vybrat porty ether2 – ether5 a přiřadit je do bridge1.



The screenshot shows the 'Bridge' configuration window with the 'Ports' tab selected. A table lists four ports assigned to 'bridge1'.

#	Interface	Bridge	Horizon	Trusted	Priority (hex)	Path Cost	Role	Root Path Cost
0 H	ether2	bridge1		no	80	10	root port	10
1 H	ether3	bridge1		no	80	10	designated port	
2 IH	ether4	bridge1		no	80	10	disabled port	
3 IH	ether5	bridge1		no	80	10	disabled port	

Obrázek 25 - Přiřazení portů do bridge



The screenshot shows the 'Address List' window with two entries.

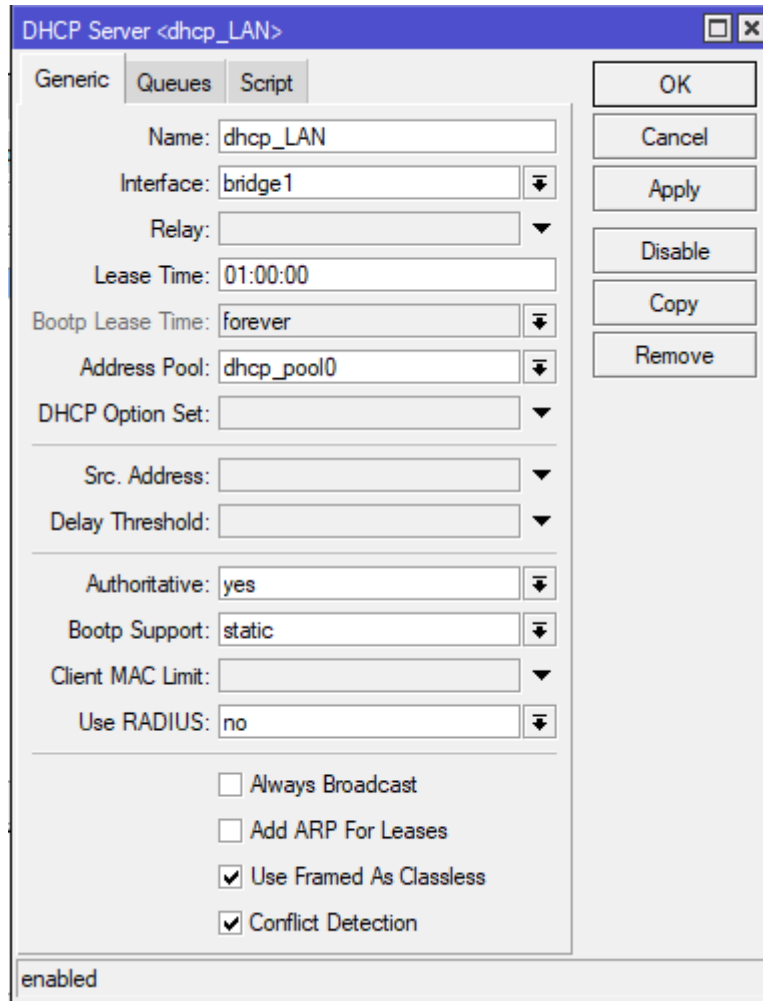
Address	Network	Interface
10.87.10.3/26	10.87.10.0	ether1
192.168.11.1/24	192.168.11.0	bridge1

Obrázek 26 - Nastavení IP adres na rozhraních

Poté byla zvolena záložka „IP“ a v ní byla zvolena položka „Addresses“. V rozhraní ether1 by měl být zapojený ethernetový kabel z antény. Anténa měla v tomto případě přiřazenou adresu 10.87.10.2/26, proto byla nastavena na rozhraní ether1 IP adresa 10.87.10.3/26, jelikož je v této síti používáno řazení za sebou anténa – router. To tedy znamená, že rozhraní ether1 bylo zapojeno „do internetu“. V LAN síti byly použity IP adresy 192.168.11.1/24, jelikož byl vytvořený bridge, který spojuje ostatní ethernetové porty, tak bylo třeba ho přiřadit jako rozhraní.

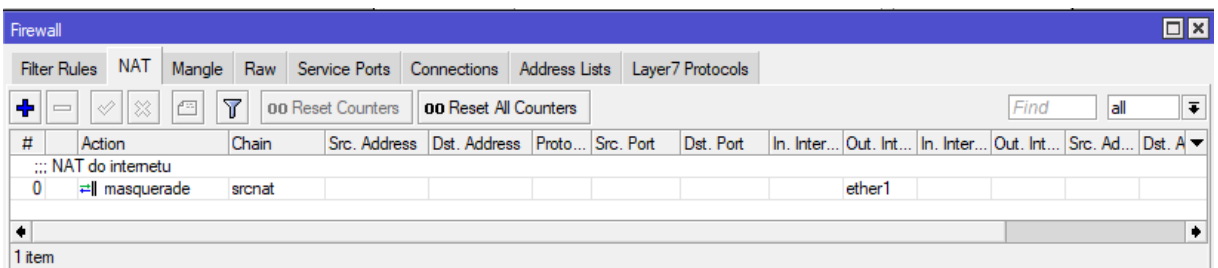
V záložce „IP“ byla vybrána položka „DHCP server“ a použito tlačítko „DHCP Setup“. Jako interface byl zvolen bridge1, jelikož se tak jmenuje rozhraní, které je používáno v LAN síti, kde DHCP server bude rozdávat IP adresy. Byla zvolena síť, ve které DHCP server bude působit, v tomto případě 192.168.11.0/24. V dalším kroku byla zvolena výchozí brána 192.168.11.1. Dále nastaven rozsah, ve kterém bude DHCP server přidělovat adresy. Ten byl

nastaven na 192.168.11.50 – 192.168.11.200. Dále byl nastaven DNS server 8.8.8.8. A nakonec byl nastaven čas zápůjčky IP adresy, v tomto případě jedna hodina.



Obrázek 28 - Nastavení DHCP serveru

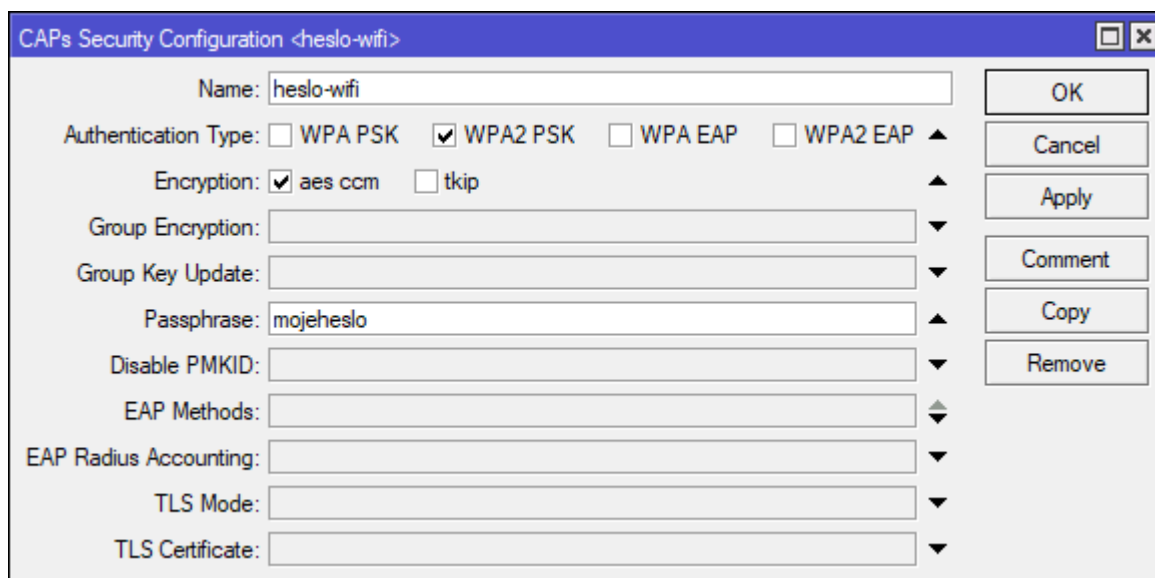
Poté následoval přesun do záložky „IP“, kde byl zvolen „Firewall“ a zde vybrána karta „NAT“. Bylo zvoleno nastavení rozhraní ether1 a jako akce zvolena masquerade. Maškaráda zprostředkovává přístup do internetu počítačům, které ve vnitřní síti používají privátní IP adresu pomocí jedné veřejné IP adresy.



Obrázek 27 - Nastavení maškarády

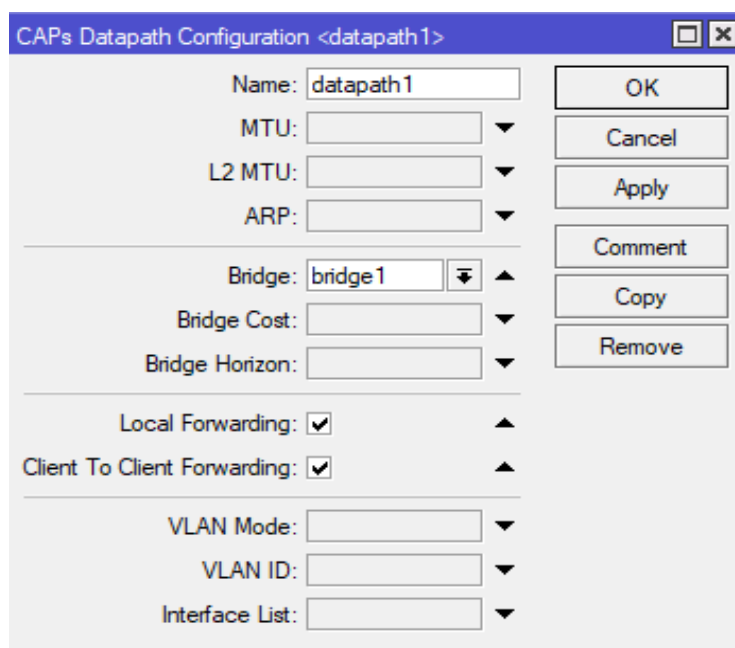
Jako další krok následoval přesun do záložky „CAPsMAN“ a zvolení tlačítka „Manager“ a dále následovalo povolení CAPs manažera.

V záložce „CAPsMAN“, v kartě „Security Cfg.“ se nastavuje heslo a šifrování. Byl nastaven název, v tomto případě heslo-wifi. Dále bylo potřeba si nastavit autentifikační typ, v tomto případě WPA2 PSK. Encryption neboli šifrování byl nastavený na aes ccm. Jedná se o autentizovaný šifrovací algoritmus navržený k zajištění autentizace. V položce „passphrase“ bylo vyplněno heslo. Ostatní položky nebyly pro tyto účely směrodatné, slouží převážně k dalším nastavení šifrování a zabezpečení.



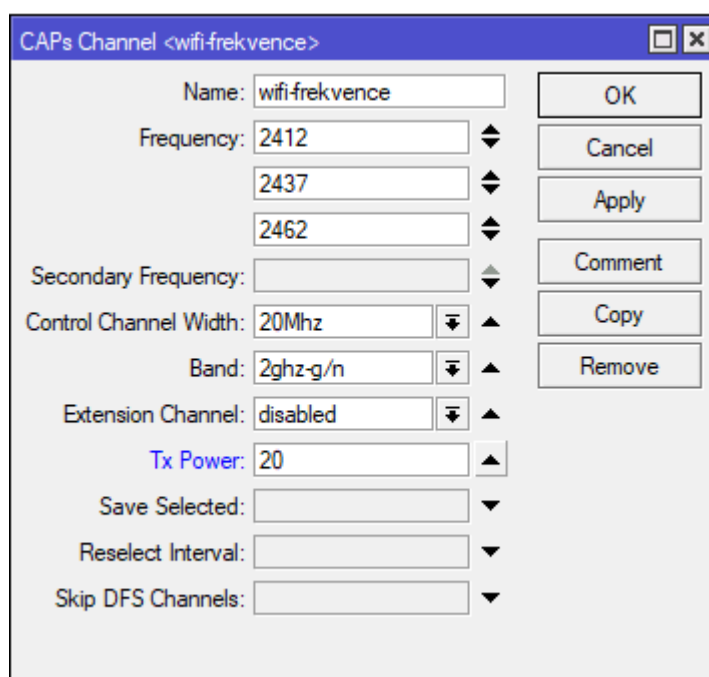
Obrázek 29 - Nastavení hesla a šifrování

V záložce „Datapaths“ se nastavovala komunikace mezi klienty připojenými do sítě. Jelikož byla vytvářena domácí síť, tak bylo žádoucí, aby spolu klienti mohli komunikovat. Byl nastaven tedy bridge na již vytvořený bridge1 a také byl povolen „Local Forwarding“ a „Client To Client Forwarding“.



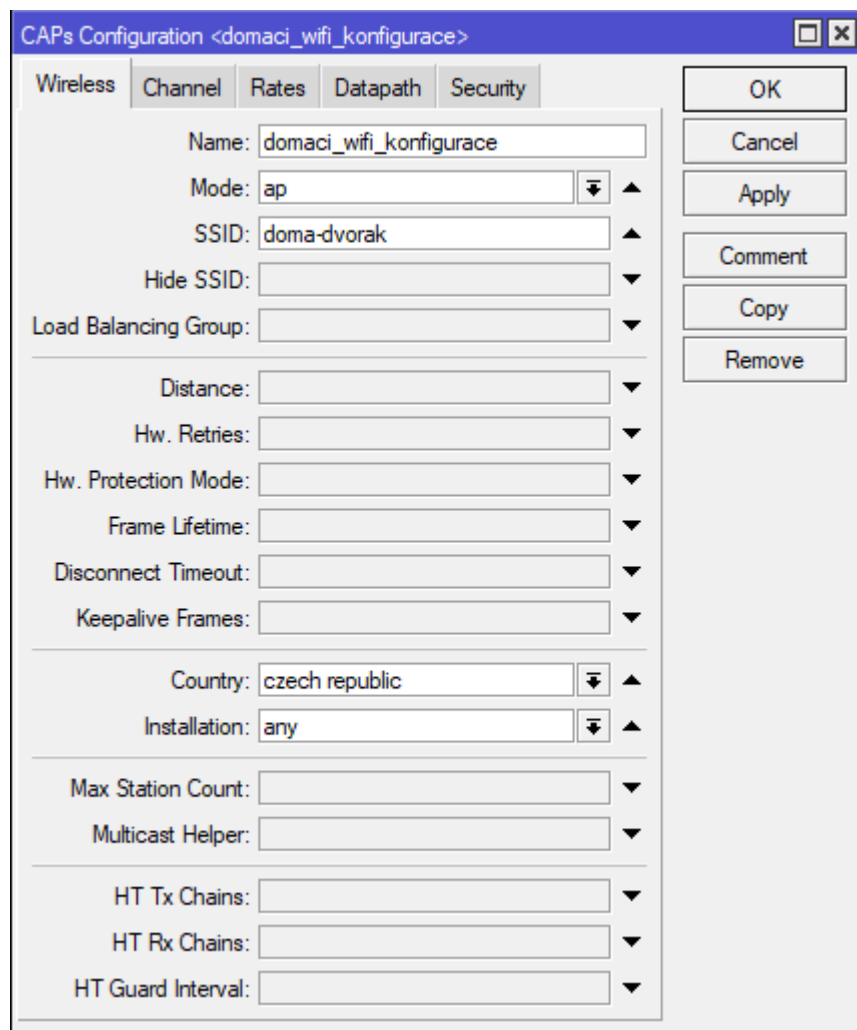
Obrázek 30 - Nastavení komunikace mezi klienty

V záložce „Channels“ se nastavují kanály Wi-Fi. Byla nastavována 2,4 GHz Wi-Fi síť, takže zde byly dostupné pouze tři kanály, které se vzájemně nepřekrývají. Nejprve byl vyplněn název a dále pak frekvence 2412, 2437 a 2462. To odpovídá Wi-Fi kanálům 1, 6 a 11. Šířka pásma byla nastavena na 20 Mhz, jelikož představuje nejlepší poměr přenosové kapacity a dosahu. Dále byl nastaven standard 2ghz-g/n, tedy IEEE 802.11g a IEEE 802.11n. Lze zvolit ještě například standard IEEE 802.11b, ale ten je již velmi zastaralý a pomalý, proto se od jeho používání ustupuje. Rozšířený kanál byl vypnut. Dále byl nastaven Tx Power, tedy výstupní výkon na 20, pokud by nebyl vyplněn, tak se nastaví automaticky dle státu, který byl přednastaven, aby splňoval místní licenční ujednání.



Obrázek 31 - Nastavení kanálů a frekvencí

V záložce „Configurations“, karta „Wireless“ byl nastavován již přímo CAPs. Byl nastaven název konfigurace a mód byl nastaven na ap. V položce SSID byl nastaven název sítě, který bude viditelný, například doma-dvorak. Dále bylo třeba zvolit stát, ve kterém bude zařízení provozováno, v tomto případě tedy Česká republika. V položce „Installation“ si lze zvolit any, outdoor nebo indoor. V tomto případě byla zařízení umístěna jak venku, tak vevnitř, proto bylo zvoleno any.



Obrázek 32 - Nastavení CAPs manažera

V následujících záložkách „Channel“, „Datapath“ a „Security“ bylo třeba zvolit již nastavené konfigurace.

Nyní bylo třeba se připojit na AP. Opět nastavit název zařízení v záložce „System“, položka „Identity“, v tomto případě na například na AP-Obyvak.

Nyní bylo třeba zvolit kartu „Bridge“ a vytvořit nový bridge1. Poté přejít zpět do záložky „Ports“ a přiřadit všechny porty (wlan1, ether1 – ether4) do vytvořeného bridge.

Bridge									
Bridge		Ports	VLANs	MSTIs	Port MST Overrides	Filters	NAT	Hosts	MDB
#	Interface	Bridge	Horizon	Trusted	Priority (h...	Path Cost	Role	Root Path Cost	
2	wlan1	bridge 1		no	80	10	designated port		
4 IH	ether4	bridge 1		no	80	10	disabled port		
3 IH	ether3	bridge 1		no	80	10	disabled port		
1 IH	ether2	bridge 1		no	80	10	disabled port		
0 H	ether1	bridge 1		no	80	10	designated port		

Obrázek 33 - Přiřazení portů do bridge

Nyní bylo třeba vybrat kartu „Wireless“, zvolit tlačítko „CAP“ a následně povolit manažera. Dalším krokem bylo vybrání interface wlan1, jelikož do tohoto rozhraní byl zapojený ethernetový kabel z řídicího prvku. Nyní bylo možné sledovat, že nastavované zařízení dostalo všechno nastavení od řídicího prvku.

The screenshot shows the 'Wireless Tables' window in Mikrotik WinBox. The 'CAP' button is highlighted. Below the toolbar, a table displays the configuration for the wlan1 interface. The table has columns for Name, Type, Actual MTU, Tx, Rx, Tx Packet (p/s), Rx Packet (p/s), FP Tx, FP Rx, FP Tx Packet (p/s), FP Rx Packet (p/s), and MAC Address. The row for wlan1 shows it is a Wireless (Atheros AR9...) interface with an Actual MTU of 1500, Tx rate of 13.9 kbps, Rx rate of 0 bps, and a MAC Address of CC:2D:E0:1E:91:0B. The status is 'RS' and it is managed by CAPsMAN.

Name	Type	Actual MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP Tx	FP Rx	FP Tx Packet (p/s)	FP Rx Packet (p/s)	MAC Address
--- managed by CAPsMAN											
--- channel: 2462/20/gn(18dBm), SSID: doma-dvorak, local forwarding											
RS wlan1	Wireless (Atheros AR9...)	1500	13.9 kbps	0 bps	21	0	0 bps	0 bps	0	0	CC:2D:E0:1E:91:0B

Obrázek 34 - Nastavení rozhraní

Nyní byla dokončena základní konfigurace MikroTik CAPsMAN. Ověření dostupnosti prvků lze provést integrovaným nástrojem ping. Dále bylo testováno připojení s koncovým zařízením a sledováno přidělení IP adresy a následně byl vyzkoušen i přístup k internetu.

4.6 Správa síťových zařízení

Správa všech síťových zařízení je vedena přes komplexní informační systém CfControl.

Tento systém nabízí jednoduchý přehled dostupnosti zařízení. Dle nastavení jsou vedeny statistiky provozu v grafech dle typu zařízení (traffic, ping, signál, uptime, CCQ, CPU, teploty, RxLevel, TxPower, ...). Při výpadku nebo problému stěžejních síťových zařízení (ztráta paketů, vysoká odezva) se zasílá SMS nebo email upozornění. K přístupu k jednotlivým zařízením je využíváno SSH, webové rozhraní jednotek a WinBox.

V systému lze vytvořit složku vysílače, do které lze vložit všechny síťové prvky, poznámky, adresu, typy zařízení apod. Systém se poté automaticky stará například o monitoring, QoS, PPPoE server a odezvu.

Mezi další nástroje, které poskytuje tento systém je správa plateb, plánovač, databáze zákazníků, úkoly, SMS a další užitečné věci pro každého správce internetového připojení. Umožňuje také prohlížení a uchovávání provozních a lokalizačních údajů přímo v systému a také je zde k dispozici export dat pro policii nebo soudy, které si je mohou vyžádat.

Vysílače / lokality Akce 10

Testovací Vyhledávání (zařízení, SSID, IP, ...) 31

Testovací

Na Hradčanech 54
Mnichovo Hradiště
29501
50°31'21.9"N, 14°58'28.98"E

Poznámka:
Poznámka k vysílači.

Elektroměr: 14.12.2018: 110 kWh + 2 | spravovat odečty.

Majitelé objektu:
SEJosef Novák: +420 123 456 789

+	i	edge switch	10.0.5.8/24	SNMP	PING	MON	
-	i	GW	91.221.149.106/24	SNMP	PING	FTP	MON QoS PPP

Informace o zařízení **SSID / Interface**

Typ zařízení: Mikrotik RouterOS

QoS: lokálně (QueueTree - bez burstu)

Firewall filter: lokálně

Nadřazené zařízení: DNS | DNS GOOGLE

bridge1
CfControl
CfControl-free
s
SSID02
VLAN102
x2

Popisek fotek **Přidat fotky**

Zboží na vysílači	Počet	S/N
i hAP lite	1 ks	AERHERHAERH
i Switch 8port	1 ks	
i UBNT	2 ks	

Spravovat zboží

Obrázek 35 - Ukázka rozhraní vysílače (demo Cf Control)

4.6.1 Správa pomocí systému Cf Control

Systém Cf Control podporuje širokou škálu zařízení včetně Mikrotik a Ubiquiti, které používá zadavatel, proto je pro něj systém vhodným řešením. Další funkcí tohoto systému jsou statistiky provozu, mezi které se řadí traffic – síťový provoz, ping – odezva a uptime – doba, po kterou zařízení běží. K dispozici je i mapa celé sítě, kde uvidíte rozmístění zařízení na mapě. [20]

Další funkcí systému Cf Control je správa zákazníků, kde je možné si zobrazit všechny informace o zákazníkovi a jeho službách. Můžeme mu vygenerovat smlouvu, dodatek ke smlouvě nebo další předpřipravené dokumenty. Důležitou položkou je i správa plateb, kde vidíme všechny provedené platby a přehledy o placení zákazníka. Také je možné si zobrazit všechna propůjčená zařízení u zákazníka, jelikož je běžnou praxí, že někteří ISP zapůjčují antény nebo routery pro zákazníka za účelem snížení vstupních nákladů služby. U každého

zákazníka je pak k dispozici monitoring a jeho statistiky, kde uvidíme například přenesená data za určité časové období. [20]

Důležitou součástí tohoto systému je již zmíněná správa plateb. Ta zde podporuje české a slovenské finanční prostředí. Můžeme si zde zvolit volbu mezi fakturací a platebním kalendářem včetně nastavení měsíční, čtvrtletní, pololetní nebo roční fakturace. Systém podporuje několik bank pro příchozí platby a automatické stahování bankovních výpisů. Také je třeba zmínit, že pokud zákazník řádně neplatí, tak nás systém upozorní na tento fakt a umožní nám odeslat upomínku zákazníkovi, anebo zákazníkovi rovnou deaktivovat služby. Součástí systému je export faktur a plateb do několika účetních systémů. [20]

Každý zákazník má k dispozici klientskou sekci, do které se může přihlásit. Zde uvidí přehled služeb a jejich nastavení. Klient si může zobrazit přehled plateb a faktur anebo si vygenerovat dokumenty. Také si může zobrazit statistiky připojení, kde uvidí v grafu vytížení sítě jeho přípojky. Někteří poskytovatelé internetu upřednostňují komunikaci přes tyto systémy, proto je zde k dispozici formulář na komunikaci s administrátory. [20]

Systém dále nabízí monitorování všech zařízení v síti, včetně klientských přípojek a zařízení. Při výpadku nebo problému jako je například ztráta paketů nebo vysoká odezva se zasílá SMS nebo email upozornění, dle závažnosti události. K dispozici jsou statistiky provozu v grafech dle typu zařízení, monitorují se všechny důležité hodnoty, které mají vliv na provoz. Některé z nich byly již zmíněny ve správě sítě. [20]

4.6.2 Aktualizace softwaru síťových zařízení

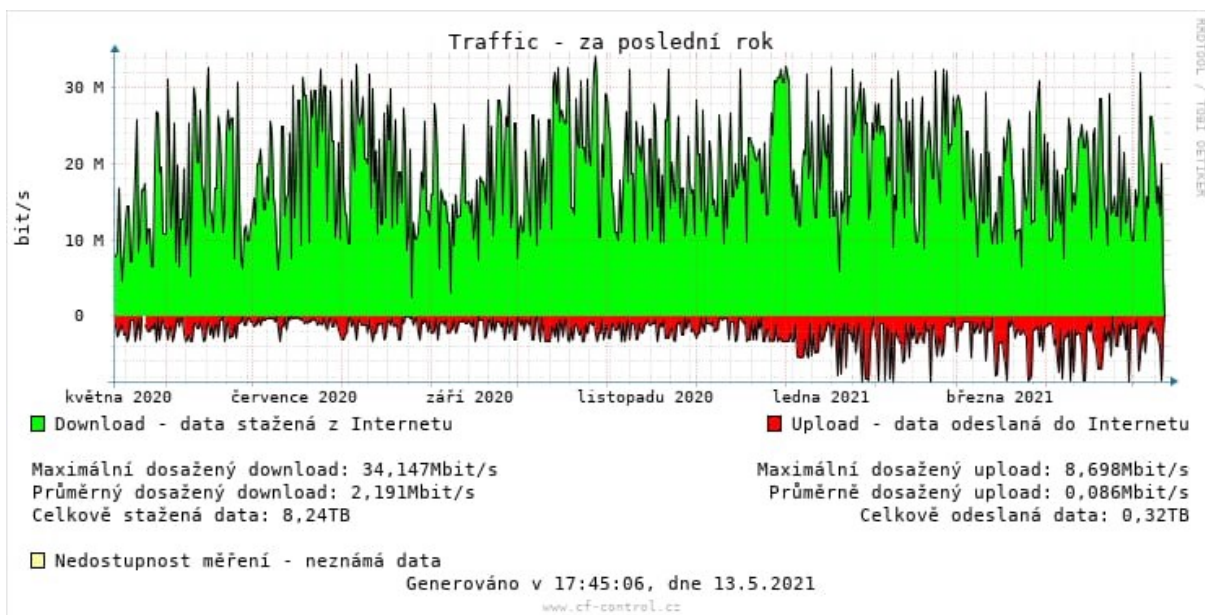
Aktualizace software by měla probíhat pravidelně, popřípadě v brzké době po oznámení nové aktualizace. Aktualizace přináší často opravu kritických chyb, zlepšuje zabezpečení, aktualizuje frekvenční rozsahy jednotlivých zemí. Některé aktualizace mají za cíl snížit hardwarovou náročnost, zejména pak využití procesoru nebo přidávají nové funkce, například předběžné skenování okolí a další užité nástroje.

Aktualizaci produktů Ubiquiti provádíme tak, že otevřeme vzdáleně webové rozhraní sektorové antény, kde vidíme seznam připojených klientských antén, na které se lze následně připojit a aktualizovat firmware, který si zařízení stáhne z internetu. Aktualizace klientského zařízení trvá zpravidla dvě až tři minuty, během toho nesmí být zařízení odpojeno od přívodu elektrického proudu a zařízení nelze používat, proto bychom měli tuto aktualizaci předem plánovat na méně vytížené časy, jelikož způsobí výpadek služby klientovi.

Obdobná situace nastává při aktualizaci firmware stěžejních síťových prvků, jako například sektorových antén, na které může být připojeno větší množství klientů. Zařízení se stane nedostupné na několik minut a jelikož nikdy nelze zaručit bezproblémový průběh, tak by se měla aktualizace dělat v co nejméně vytižené časy. Nejméně vytižené časy lze zjistit z grafů provozu v systému CfControl.

4.6.3 Monitorování služeb – klient

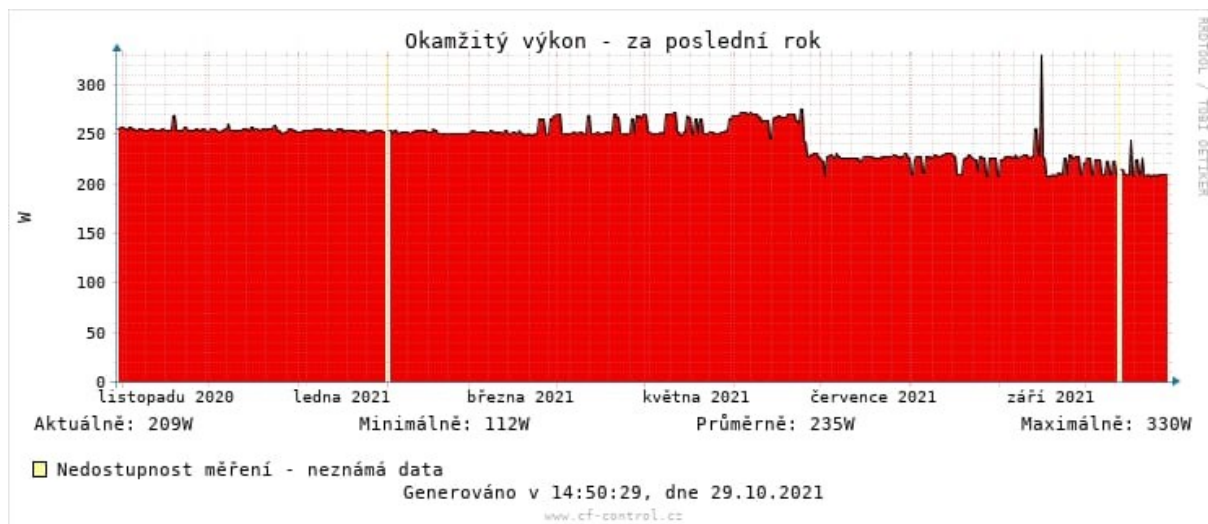
Na následujícím obrázku je zobrazený síťový provoz náročného klienta za poslední rok. V měřítku zadavatele se za náročného klienta považuje uživatel internetu, který využívá poskytnutou šířku pásma většinu dne, a to zpravidla z více jak 80 %. Tento klient využívá v jednu chvíli až 4 IPTV a má připojeno několik dalších zařízení pomocí Wi-Fi sítě. Na grafech lze pozorovat stabilní dostupnost poskytované služby i při stálém vytížení linky. Pokud by připojení nebylo stabilní, tak by nebylo možné využívat kontinuálního vytížení pomocí několika streamovacích služeb bez zvýšení odezvy. Dle informací od klienta mu nevznikají problémy jako u předchozího ISP, kdy se mu podle jeho vyjádření zvyšovala odezva nebo se zařízení odpojovalo či restartovalo při soustavném zatížení linky. V době špičky mu byla rychlost připojení původním ISP agregována tak, že nebylo možné využívat všechny IPTV v domácnosti bez problémů. Což byl také jeden z hlavních důvodů přechodu k zadavateli.



Obrázek 36 - Monitorování náročného klienta (1 rok)

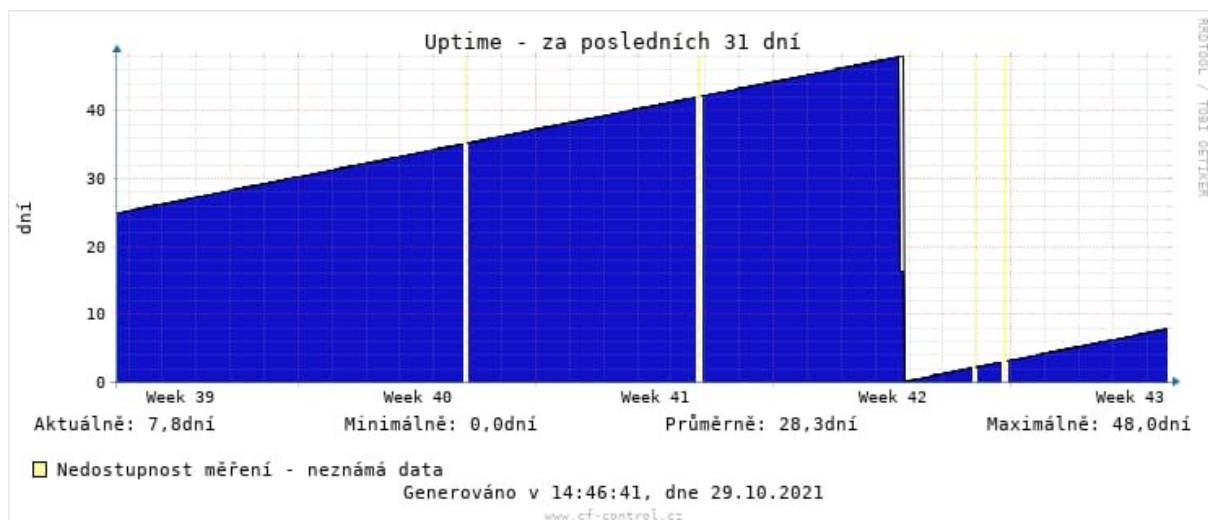
4.6.4 Monitorování služeb – hlavní přístupový bod

Na následujícím obrázku je zaznamenán výkon zdroje. Z grafu lze vyvodit dva výpadky služeb. Ty byly způsobené celodenním výpadkem elektrického proudu v místě hlavního přístupového bodu. Jelikož byla výpadkem proudu postižena celá obec, tak neměl výpadek služeb vliv na klienty. Při kratších výpadech proudu vždy zdroj fungoval z baterií.



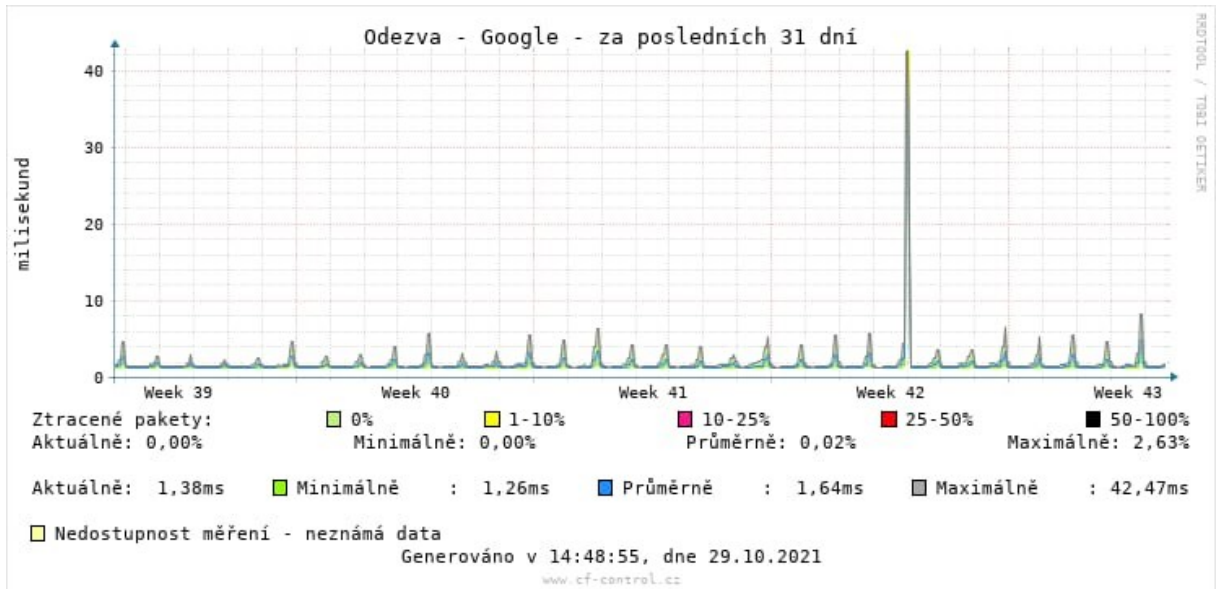
Obrázek 37 - Monitorování výkonu (1 rok)

Dalším ukazatelem spolehlivosti sítě je uptime, tedy doba, po kterou je zařízení v provozu bez vypnutí nebo restartování. Z grafu lze vyvodit průměrný uptime 28,3 dní. Vzhledem k tomu, že se pravidelně každý měsíc provádí restart zařízení a jeho aktualizace mimo dobu aktivního využívání sítě, zpravidla v časných ranních hodinách, tak lze považovat tuto hodnotu jako vyhovující.



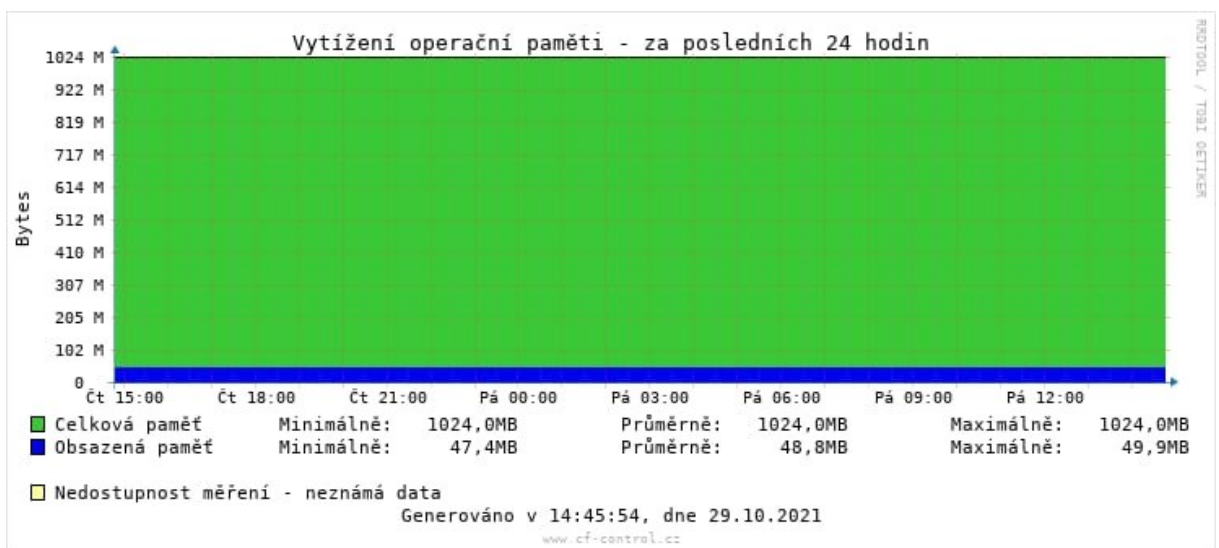
Obrázek 38 - Monitorování uptime (31 dní)

Dalším subjektem, který se monitoruje je odezva. V tomto případě odezva na DNS server 8.8.8.8, který patří společnosti Google. Tento graf slouží k zobrazení průměrné odezvy nebo průměrné ztrátovosti paketů. Kromě výpadku služeb vlivem dlouhodobého výpadku elektrického proudu ve 42. týdnu je průměrná odezva stabilní a ztrátovost paketů je menší, než 0,02 %. Tuto hodnotu zvýšil prokazatelně tento výpadek, jinak síť běžně pakety neztrácí.

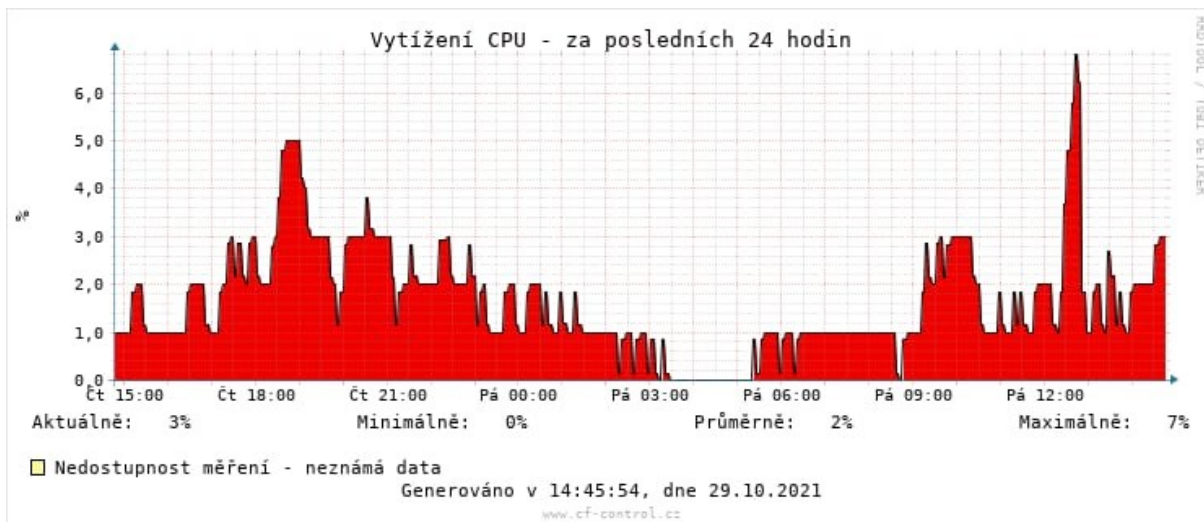


Obrázek 39 - Monitorování odezva (31 dní)

Následující dva grafy zobrazují vytížení procesoru a operační paměti hlavního přepínače. Pokud by se hodnoty vytížení blížily k více jak 50 %, měli bychom zjistit co takové vytížení způsobuje. Pokud by za vysokým vytížením stál vysoký provoz v síti, je to známka nedostatečně výkonného síťového prvku.



Obrázek 40 - Monitorování RAM (24 hodin)



Obrázek 41 - Monitorování CPU (24 hodin)

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl podrobný návrh výstavby počítačové sítě v obci z pohledu lokálního poskytovatele internetového připojení. Při zpracování první části, kde jsou vysvětleny náležitosti lokálního poskytovatele internetového připojení pro provoz sítě.

V druhé části bakalářské práce je podrobněji vytyčena oblast implementovaných bezdrátových technologií a jejich zabezpečení.

Další částí byla analýza výchozího stavu v obci Poříčany, kde bylo rozebíráno zejména konkurenční prostředí nebo také obchodní politika a návrh síťové infrastruktury dle zadavatele, která spočívala v diskuzi o použití konkrétních síťových prvků, umístění přístupových bodů anebo také v napojení na informační systém Cf Control.

Poslední část byla věnovaná budování počítačové sítě v obci Poříčany. Nejprve byla navržena kompletní síťová topologie. Následně bylo třeba zajistit konektivitu od celostátního poskytovatele internetového připojení a také rozmístění menších přístupových bodů. Poté proběhlo vybudování hlavního přístupového bodu a následné nastavení síťových prvků. Součástí práce bylo také podrobné nastavení přepínače hlavního přístupového bodu a jedné ze sektorových antén. Následovalo vybudování menších přístupových bodů v obci. Dále proběhlo připojení prvních klientů. Součástí práce je detailní nastavení kompletní LAN sítě u klienta, která využívá technologii MikroTik CAPsMAN. Součástí je také detailní nastavení klientské antény Ubiquiti. Tato část je zakončena monitorováním síťových zařízení.

Vzhledem k nasazení spolehlivého hardware a příkladné správě sítě ze strany zadavatele byly zaznamenány za poslední rok pouze dva výpadky. Na případné poruchy hardware bylo reagováno zpravidla okamžitě, nejdéle však do 2 hodin s využitím monitorovacího systému nebo nahlášením poruchy pomocí hot-line linky. V praktické části jsou dále uvedena dlouhodobá měření stavu linky klienta a hlavního přístupového bodu.

Celkový návrh tedy respektuje všechny předpoklady zadavatele a mohl by tak sloužit jako předloha pro zájemce z řad budoucích lokálních poskytovatelů internetu, kteří si chtějí vybudovat vlastní veřejnou bezpečnou a spolehlivou počítačovou síť v malé obci.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Internet: Poskytovatelé Internetového připojení (ISP). *SŠPH* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.ssph.cz/vyuka/wp-content/uploads/2020/03/psi-internet.pdf>
- [2] Český telekomunikační úřad: *Podnikání v telekomunikacích* [online]. 2020 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/telekomunikace-podnikani>
- [3] Marek Stejskal: *Typy rozhraní* [online]. [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: <https://www.marekstejskal.cz/typy-rozhrani.html>
- [4] Český telekomunikační úřad: *Využívání vymezených rádiových kmitočtů* [online]. Copyright © 2018, 2018 [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/vyuzivani-vymezenych-radiovyeh-kmitoctu>
- [5] ČESKO. Zákon č.247/2008 Sb. ze dne 5. června 2008. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné také z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/35662/40067/474463/priloha001.pdf>
- [6] Jaký je rozdíl mezi Wi-Fi standardy?. In: *Kvalitní internet* [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://www.kvalitni-internet.cz/jaky-je-rozdil-mezi-wi-fi-standardy>
- [7] IEEE 802.11. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- [8] MACOUN, Jindra. Směřovost a zisk antén (1). In: *Český radioklub* [online]. 2012 [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: [http://www.crk.cz/FILES/VR-ANT/39.%20Sm%C4%9Brovost%20a%20zisk%20ant%C3%A9n%20\(1\).pdf](http://www.crk.cz/FILES/VR-ANT/39.%20Sm%C4%9Brovost%20a%20zisk%20ant%C3%A9n%20(1).pdf)
- [9] SOSINSKY, Barrie A. *Mistrovství - počítačové sítě: [vše, co potřebujete vědět o správě sítí]*. 1. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-3363-7.
- [10] *Svépomocný průvodce pro WLAN instalátory/poskytovatele* [online]. DIPOL [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://www.dipolnet.cz/document-print-BIB86.htm>

- [11] WELLER, Daan, Raoul MENSENKAMP a Arjan VEGT. Wi-Fi 6 performance measurements of 1024-QAM and DL OFDMA. In: *ICC 2020 - 2020 IEEE International Conference on Communications* [online]. [cit. 2021-05-11]. ISBN 978-1-7281-5089-5. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9149106/authors>
- [12] MIMO and Spatial Streams. *Multicap* [online]. [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: <http://www.multicap.be/en/technology/mimo-and-spatial-streams>
- [13] HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER. *Počítačové sítě pro začínající správce. 5., aktualiz. vyd.* Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3176-3.
- [14] *Oficiální stránky Obce Poříčany* [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <http://www.obec-poricany.cz/>
- [15] BOUŠKA, Petr. VLAN - Virtual Local Area Network. In: *Samuraj-cz* [online]. 2007 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://www.samuraj-cz.com/clanek/vlan-virtual-local-area-network/>
- [16] JORDÁN, Vilém a Viktor ONDRÁK. *Infrastruktura komunikačních systémů I: univerzální kabelážní systémy.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4839-1.
- [17] BOUŠKA, Petr. Počítačové sítě - základní topologie. In: *Samuraj-cz* [online]. 2009 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.samuraj-cz.com/clanek/pocitacove-site-zakladni-topologie/>
- [18] MikroTik - CAPsMAN - co je to?. In: *BLOG.IT-TECHNIK.CZ* [online]. [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: https://blog.it-technik.cz/mikrotik_capsman_co_je_to
- [19] *Manual:CAPsMAN* [online]. Mikrotik, 2020 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:CAPsMAN>
- [20] *Cf Control - komplexní systém pro ISP: O systému* [online]. Copyright © COMFEEL, 2012 [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://www.cf-control.cz/o-systemu/>
- [21] *Výpočet spoje* [online]. RACOM s.r.o [cit. 2021-11-23]. Dostupné z: <https://www.racom.eu/cz/products/m/ray/calcul.html>

[22] JENKINS, Keith. Quora What is the difference between an omni directional and a directional antenna?. In: *Quora* [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-an-omni-directional-and-a-directional-antenna>

[23] *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz, a.s., 2021 [cit. 2021-12-06]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>

PŘÍLOHY

Příloha A *Tabulka IP adres v síti*

Příloha B *Použitý software*

Příloha C *Potřebné nástroje*

Příloha D *Technické specifikace použitých síťových prvků*

Příloha E *Vzor dotazníku spokojenosti klientů s ISP*

Příloha F *Výpočet první Fresnelovy zóny*

Příloha A *Tabulka IP adres v síti*

Bod	Zařízení	IPv4 adresa	Síťová maska	Výchozí brána
AP1	SW_AP1	10.254.254.250	255.255.255.248	10.254.254.248
	PRI_AP1	10.254.254.249	255.255.255.248	10.254.254.248
	SP1_AP1	10.254.254.2	255.255.255.248	10.254.254.1
	SP2_AP1	10.254.254.9	255.255.255.248	10.254.254.8
	SP3_AP1	10.254.254.17	255.255.255.248	10.254.254.16
	SP4_AP1	10.254.254.25	255.255.255.248	10.254.254.24
	SE1_AP1	10.82.10.254	255.255.255.0	10.82.10.1
	SE1_KLI	10.82.10.2 - 10.82.10.62	255.255.255.192	10.82.10.1
	SE2_AP1	10.83.10.254	255.255.255.0	10.83.10.1
	SE2_KLI	10.83.10.2 - 10.83.10.62	255.255.255.192	10.83.10.1
	SE3_AP1	10.84.10.254	255.255.255.0	10.84.10.1
	SE3_KLI	10.84.10.2 - 10.84.10.62	255.255.255.192	10.84.10.1
	SE4_AP1	10.85.10.254	255.255.255.0	10.85.10.1
	SE4_KLI	10.85.10.2 - 10.85.10.62	255.255.255.192	10.85.10.1
	SE5_AP1	10.86.10.254	255.255.255.0	10.86.10.1
	SE5_KLI	10.86.10.2 - 10.86.10.62	255.255.255.192	10.86.10.1
	SE6_AP1	10.87.10.254	255.255.255.0	10.87.10.1
	SE6_KLI	10.87.10.2 - 10.87.10.62	255.255.255.192	10.87.10.1
AP2	SW_AP2	10.254.254.4	255.255.255.248	10.254.254.1
	SP_AP2	10.254.254.3	255.255.255.248	10.254.254.1
	SE1_AP2	10.88.10.254	255.255.255.0	10.88.10.1
	SE1_KLI	10.88.10.2 - 10.88.10.62	255.255.255.192	10.88.10.1
	SE2_AP2	10.89.10.254	255.255.255.0	10.89.10.1
	SE2_KLI	10.89.10.2 - 10.89.10.62	255.255.255.192	10.89.10.1
	SE3_AP2	10.90.10.254	255.255.255.0	10.90.10.1
	SE3_KLI	10.90.10.2 - 10.90.10.62	255.255.255.192	10.90.10.1
AP3	SW_AP3	10.254.254.11	255.255.255.248	10.254.254.8
	SP_AP3	10.254.254.10	255.255.255.248	10.254.254.8
	SE1_AP3	10.91.10.254	255.255.255.0	10.91.10.1
	SE1_KLI	10.91.10.2 - 10.91.10.62	255.255.255.192	10.91.10.1
	SE2_AP3	10.92.10.254	255.255.255.0	10.92.10.1
	SE2_KLI	10.92.10.2 - 10.92.10.62	255.255.255.192	10.92.10.1
	SE3_AP3	10.93.10.254	255.255.255.0	10.93.10.1
	SE3_KLI	10.93.10.2 - 10.93.10.62	255.255.255.192	10.93.10.1

AP4	SW_AP4	10.254.254.19	255.255.255.0	10.254.254.16
	SP_AP4	10.254.254.18	255.255.255.0	10.254.254.16
	SE1_AP4	10.94.10.254	255.255.255.0	10.94.10.1
	SE1_KLI	10.94.10.2 - 10.94.10.62	255.255.255.192	10.94.10.1
	SE2_AP4	10.95.10.254	255.255.255.0	10.95.10.1
	SE2_KLI	10.95.10.2 - 10.95.10.62	255.255.255.192	10.95.10.1
	SE3_AP4	10.96.10.254	255.255.255.0	10.96.10.1
	SE3_KLI	10.96.10.2 - 10.96.10.62	255.255.255.192	10.96.10.1
AP5	SW_AP5	10.254.254.27	255.255.255.0	10.254.254.24
	SP_AP5	10.254.254.26	255.255.255.0	10.254.254.24
	SE1_AP5	10.97.10.254	255.255.255.0	10.97.10.1
	SE1_KLI	10.97.10.2 - 10.97.10.62	255.255.255.192	10.97.10.1
	SE2_AP5	10.98.10.254	255.255.255.0	10.98.10.1
	SE2_KLI	10.98.10.2 - 10.98.10.62	255.255.255.192	10.98.10.1
	SE3_AP5	10.99.10.254	255.255.255.0	10.99.10.1
	SE3_KLI	10.99.10.2 - 10.99.10.62	255.255.255.192	10.99.10.1

Legenda: SW – switch, SP – spoj, SE – sektor, PRI – přijmová anténa, KLI – klienti

Příloha B *Použitý software*

Cf Control v1.47.1

WinBox v3.27 64-bit

Ubiquiti Device Discovery Tool v2.5.1

Windows 10 Pro 64-bit

Příloha C Potřebné nástroje

Žebřík, aku vrtačka, aku šroubováky, sponkovačka, krimpovací kleště, kombinovací kleště, odizolovací kleště, pracovní svítidla, notebook, ochranné rukavice, pracovní bezpečnostní obuv, vrtáky – do dřeva, do kovu, do zdiva, bity do šroubováku

Příloha D *Technické specifikace použitých síťových prvků*

Hlavní přístupový bod:

- Spoj SIAE AlfoPlus 17 GHz

Technické parametry:

- Kapacita: 500 Mb/s
- Max. vysílací výkon: 22 dBm
- Průměr antény: 0,6 m
- Flow Control, RSTP, LLF, ERP

- Anténa Ubiquiti AirMAX AM-5G17-90 17 dBi

Technické parametry:

- Sektorová anténa
- Zisk: 17 dBi
- Vyzařovací úhel – V.: 93°
- Vyzařovací úhel – H.: 72°
- Konektor: RSMA

- Ubiquiti Rocket 5 AC Lite

Technické parametry:

- Přenosová rychlost: 500 Mb/s
- Frekvence: 5150–5875 MHz
- Maximální výstupní výkon: 27 dBm

- Síťový zdroj Mean Well NDR-240-24

Technické parametry:

- Vstupní napětí: 90–264 V/AC
- Výkon: 240 W
- Ochrana proti zkratu, přetížení/přepětí

- Baterie GOOWEI ENERGY OTL35-12

Technické parametry:

- Napětí: 12 V
- Kapacita: 35 Ah

- Řídicí modul SDS MICRO DIN E

Technické parametry:

- Napájení: 10-30 V AC/DC
- Čidlo vlhkosti
- Čidlo teploty
- Měření elektrické energie
- Vzdálený dohled
- Paměť: 2 Mb
- Ethernet 100 Mb/s
- Vstup pro relé

- PoE injektor WaveRF POE-PAN12-GB

Technické parametry:

- 12 gigabitových pasivních PoE injektorů
- Rozsah napětí: 24–57 V
- 2 režimy napájení
 - Mode A – Kompatibilní s aktivními prvky využívající k napájení piny 1/2- a 3/6+
 - Mode B – Kompatibilní s aktivními prvky využívající k napájení piny 4/5+ a 7/8-

- Síťový kabel Solarix SXXD-5E-FTP-PE

Technické parametry:

- Vnější
- Stínění pod vnějším pláštěm (fólie)
- Kategorie: 5e
- Standardy: ANSI/TIA/EIA 568, ISO/IEC 11801 a EN 50173
- Podporované protokoly: 2.5/5G Base-T a nižší

- Rozvaděč Triton RBA 19"

Technické parametry:

- Výška: 12 U
- Rozměry: 635 x 600 x 395 mm

- Přepínač HP 1820-24G

Technické parametry:

- Rozhraní: 24 RJ-45 10/100/1000 + 2 SFP 100/1000
- Podporované standardy: IEEE 802.3 10 BASE-T, IEEE 802.3u 100 BASE-TX, IEEE 802.3ab 1000 BASE-T
- Kapacita přepínání: 52 Gbit/s
- Funkce: VLAN, QoS, L2

Menší přístupové body:

- Spoj SIAE AlfoPlus 17 GHz

Technické parametry:

- Kapacita: 500 Mb/s
- Max. vysílací výkon: 22 dBm
- Průměr antény: 0,6 m
- Flow Control, RSTP, LLF, ERP

- Anténa Ubiquiti AirMAX AM-5G17-90 17 dBi

Technické parametry:

- Sektorová anténa
- Zisk: 17 dBi
- Vyzařovací úhel – V.: 93°
- Vyzařovací úhel – H.: 72°
- Konektor: RSMA

- Ubiquiti Rocket 5 AC Lite

Technické parametry:

- Přenosová rychlost: 500 Mb/s
- Frekvence: 5150–5875 MHz
- Maximální výstupní výkon: 27 dBm

- Síťový kabel Solarix SXKD-5E-FTP-PE

Technické parametry:

- Vnější
- Stínění pod vnějším pláštěm (fólie)
- Kategorie: 5e
- Standardy: ANSI/TIA/EIA 568, ISO/IEC 11801 a EN 50173
- Podporované protokoly: 2.5/5G Base-T a nižší

- PoE injektor WaveRF POE-PAN12-GB

Technické parametry:

- 12 gigabitových pasivních PoE injektorů
- Rozsah napětí: 24–57 V
- 2 režimy napájení
 - Mode A – Kompatibilní s aktivními prvky využívající k napájení piny 1/2- a 3/6+
 - Mode B – Kompatibilní s aktivními prvky využívající k napájení piny 4/5+ a 7/8-

- Rozvaděč Triton RBA 19"

Technické parametry:

- Výška: 9 U
- Rozměry: 500 x 600 x 495 mm

- Přepínač HP 1820-24G

Technické parametry:

- Rozhraní: 24 RJ-45 10/100/1000 + 2 SFP 100/1000
- Podporované standardy: IEEE 802.3 10 BASE-T, IEEE 802.3u 100 BASE-TX, IEEE 802.3ab 1000 BASE-T
- Kapacita přepínání: 52 Gbit/s
- Funkce: VLAN, QoS, L2

Klient:

- Klientská anténa Ubiquiti NanoStation 5 AC Loco

Technické parametry:

- Procesor: Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz
- Podporovaná frekvence: 5 GHz
- Přenosová rychlost: až 450 Mb/s
- Zisk antény: 13 dBi
- Počet LAN portů: 1 (1 000 Mb/s)
- Podpora PoE napájení

- Klientská anténa Ubiquiti LiteBeam 5 AC Gen2

Technické parametry:

- Procesor: Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz
- Podporovaná frekvence: 5 GHz
- Přenosová rychlost: až 450 Mb/s
- Zisk antény: 23 dBi
- Počet LAN portů: 1 (1 000 Mb/s)
- Podpora PoE napájení

- MikroTik RouterBOARD RB941-2nD-TC

Technické parametry:

- Podporovaná frekvence: 2,4 GHz
- Wi-Fi standardy: 802.11n, 802.11b/g
- Přenosová rychlost: 300 Mb/s
- Zisk antén: 2 x 1,5 dBi
- Počet WAN portů: 1 (10/100 Mb/s)
- Počet LAN portů: 3 (10/100 Mb/s)

- MikroTik PowerBox RB750P-PBr2

Technické parametry:

- Procesor: Atheros QCA9533, 650 MHz
- Přenosová rychlost: 100 Mb/s
- Zisk antén: 2 x 1,5 dBi

- Počet LAN portů: 5 (10/100 Mb/s)
- Podpora PoE napájení (1x PoE in, 4x PoE out)

- Síťový kabel Solarix SXXD-5E-FTP-PE
Technické parametry:
 - Vnější
 - Stínění pod vnějším pláštěm (fólie)
 - Kategorie: 5e
 - Standardy: ANSI/TIA/EIA 568, ISO/IEC 11801 a EN 50173
 - Podporované protokoly: 2.5/5G Base-T a nižší

- Síťový kabel Solarix SXXD-5E-UTP-PVC
Technické parametry:
 - Vnitřní
 - Stínění pod vnějším pláštěm (fólie)
 - Kategorie: 5e
 - Standardy: ANSI/TIA/EIA 568, ISO/IEC 11801 a EN 50173
 - Podporované protokoly: 2.5/5G Base-T a nižší

Příloha E *Vzor dotazníku spokojenosti klientů s ISP*

1. Evidujete výpadky služeb svého ISP? (Úplná nedostupnost služby)
 - Ano, zřídka (minimálně 1x za 6 měsíců)
 - Ano, občasně (minimálně 1x za 3 měsíce)
 - Ano, často (minimálně 1x měsíčně)
 - Ano, velmi často (minimálně 1x týdně)
 - Ne
2. Kolísá vaše rychlost připojení? (Rychlost není stabilní)
 - Ano
 - Ne
3. Záleží vám na rychlosti odesílání dat? (Upload)
 - Ano
 - Ne
4. Jaká je vaše aktuální rychlost odesílání dat? (Upload)
 - <1 Mb/s
 - 1 Mb/s
 - 2 Mb/s
 - 3–5 Mb/s
 - 5–10 Mb/s
 - 10 a více Mb/s
5. Používá váš ISP HOT-LINE?
 - Ano
 - Ne
6. Máte s ISP smlouvu na dobu určitou?
 - Ano, smlouva na dobu určitou mi nevyhovuje
 - Ano, smlouva na dobu určitou mi vyhovuje
 - Ne
7. Počet IPTV v domácnosti? (Současně připojená zařízení využívající streamování služeb)
 - 3 a více
 - 2
 - 1
 - 0

Příloha F Výpočet první Fresnelovy zóny [21]

Obecná rovnice pro výpočet poloměru první Fresnelovy zóny mezi koncovými body spoje:

$$F_1 = \sqrt{\lambda \frac{d_1 * d_2}{d_1 + d_2}}$$

Kde F_1 je poloměr první Fresnelovy zóny v metrech, d_1 je vzdálenost bodu od jednoho konce v metrech, d_2 je vzdálenost od druhého konce v metrech a λ je vlnová délka přenášeného signálu.

Pro praktické aplikace výpočtu je užitečné znát maximální poloměr první Fresnelovy zóny. Velikost maximálního poloměru první Fresnelovi zóny r v metrech se vypočítá pomocí vzorce:

$$r = 8,657 * \sqrt{\frac{d}{f}}$$

Kde d je vzdálenost mezi anténami v kilometrech a f je frekvence antény v jednotkách GHz.

Praktický příklad výpočtu použitý v bakalářské práci:

Hlavní přístupový bod 1 (kostel) je umístěný od přístupového bodu 2 ve vzdálenosti 588 metrů. Použitý spoj obou přístupových bodů pracuje na frekvenci 17 GHz.

$$r = 8,657 * \sqrt{\frac{0,588}{17}}$$

Po výpočtu se dostaneme k výsledku 1,61 m, což je maximální poloměr první Fresnelovi zóny. Zmenšením poloměru na 60 % dostaneme hodnotu, která vymezuje prostor zvláště citlivý na přítomnost překážek, a tak se dostaneme k výsledku 0,97 m. V této oblasti nesmí být žádné překážky, jinak bude kvalita připojení velmi kolísat. Zde se projevuje dalšího výhoda v práci použité 17 GHz antény pro spoje přístupových bodů. Při použití antén s frekvencí 5 GHz by vznikla první Fresnelova zóna o velikosti 2,96 m.