

Detekce pohybu pomocí WI-FI

WI-FI Movement Detection

Bc. Jiří Malínek

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Malínek**
Osobní číslo: **A12316**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Detekce pohybu pomocí WI-FI**
Téma anglicky: **WI-FI Movement Detection**

Zásady pro vypracování:

1. Specifikujte základní parametry WI-FI sítě.
2. Vysvětlete princip fungování zabezpečení prostoru pomocí WI-FI.
3. Porovnejte zamýšlené zabezpečení s ostatními druhy zabezpečení prostoru.
4. Popište zařízení použité při měření útlumu včetně jejich nastavení.
5. Provedte měření útlumu WI-FI sítě v různých podmínkách.
6. Vyhodnoťte měření a navrhněte způsob využití tohoto měření v oblasti detekce narušitelů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **WIFI MAPPING AND MOTION DETECTION [patent]. Patent, US2014004874 (A1). Uděleno 2014-01-02.**
2. **KERNIGHAN, Brian. Programovací jazyk C. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-0897-X.**
3. **CHETTY, K; SMITH, G. E; WOODBRIDGE, K. Through-the-Wall Sensing of Personnel Using Passive Bistatic WiFi Radar at Standoff Distances. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2012, vol. 50, no. 4 s. 1218-1226. ISSN:0196-2892.**
4. **FALCONE, P; COLONE, F; LOMBARDO, P. Potentialities and Challenges of WiFi-based Passive Radar. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. 2012, vol. 27, no. 11 s. 15-26. ISSN:0885-8985.**
5. **LEE, Pius W Q, Winston K G SEAH, Hwee-Pink TAN a Zexi YAO. Wireless sensing without sensors—an experimental study of motion/intrusion detection using RF irregularity. Measurement Science and Technology [online]. 2010-12-01, vol. 21, issue 12, s. 124007- [cit. 2014-01-29]. DOI: 10.1088/0957-0233/21/12/124007. Dostupné z: <http://stacks.iop.org/0957-0233/21/i=12/a=124007?key=crossref.c3f1bc9637bac67351334a0464c139ca>.**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. David Malaník, Ph.D.

Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání diplomové práce:

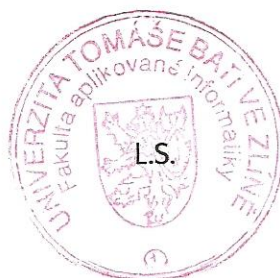
7. února 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

27. května 2014

Ve Zlíně dne 7. února 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. RNDr. Vojtěch Kresálek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na využití možnosti zabezpečení prostoru pomocí WI-FI připojení. Teoretická část obsahuje popis základních parametrů WI-FI, vysvětlení funkce a principu tohoto zabezpečení včetně porovnání s již existujícími druhy zabezpečení prostoru. Praktická část zahrnuje popis a nastavení použitých zařízení při měření, samotné měření útlumu WI-FI signálu v různých podmínkách, vyhodnocení a návrh využití tohoto měření.

Klíčová slova: WI-FI, zabezpečení prostoru, útlum signálu, Wavemon.

ABSTRACT

The thesis is focused on the use of security options space using WI-FI connection. The theoretical part describes the basic parameters WI-FI, and explanation of the principle of security, including comparison with existing types of security space. The practical part includes a description of the settings of the devices used in the measurement, the actual measurement of attenuation WI-FI signal in different conditions, evaluation and proposal of using this measurement.

Keywords: WI-FI, Security of Area, Signal Attenuation, Wavemon.

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu Ing. Davidu Malaníkovi Ph.D. za odbornou pomoc a poskytnutí potřebných informací při tvorbě diplomové práce.

Dále bych chtěl ještě poděkovat rodičům za podporu a pomoc při studiu a své přítelkyni za porozumění během celého pětiletého studia na vysoké škole.

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY WI-FI SÍTĚ	11
1.1 ZISK	11
1.2 SMĚROVOST ANTÉNY.....	12
1.2.1 Všesměrové antény.....	13
1.2.2 Sektorové antény	13
1.2.3 Směrové antény	14
1.3 POLARIZACE.....	14
1.3.1 Lineární polarizace	14
1.4 ÚTLUM SIGNÁLU.....	16
1.4.1 Fresnelova zóna.....	17
1.5 PŘENOS SIGNÁLU.....	17
1.5.1 BER	19
1.6 MÍRA POKRYTÍ A VYZAŘOVACÍ DIAGRAM.....	19
2 PRINCIP ZABEZPEČENÍ POMOCÍ WI-FI	21
2.1 ELEKTROMAGNETICKÉ VLNY	21
2.2 ZABEZPEČENÍ S VYUŽITÍM WI-FI SENZORŮ	22
2.2.1 Prostor bez pohybu osoby	23
2.2.2 Přítomnost osoby ve sledovaném prostoru.....	23
2.3 PASIVNÍ WI-FI RADAR	25
2.3.1 Příjem referenčního a dohledového signálu	25
2.3.2 Stornování signálů.....	26
2.3.3 Hodnocení signálů.....	26
2.3.4 Detekce cíle	26
3 OSTATNÍ DRUHÝ ZABEZPEČENÍ PROSTORU	29
3.1 DETEKTORY VYUŽÍVAJÍCÍ ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ	29
3.1.1 Pasivní infračervené detektory	29
3.1.2 Mikrovlnné detektory	30
3.1.3 Mikrovlnné bariéry.....	31
3.1.4 Radiové bariéry a detektory.....	32
3.2 ULTRAZVUKOVÉ DETEKTORY	32
3.3 POROVNÁNÍ DRUHŮ ZABEZPEČENÍ PROSTORU	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	36
4 POPIS A NASTAVENÍ POUŽITÝCH ZAŘÍZENÍ	37
4.1 TENDA W309R	37
4.1.1 Nastavení Tenda W309R	39

4.2	WI-FI KARTA TL-WN722N	42
4.2.1	Nastavení WI-FI karty	43
4.3	WAVEMON	44
4.3.1	Nastavení v OS Linux Backtrack 5 r3	44
4.3.2	Nastavení Wavemonu	46
4.3.3	Úprava programu Wavemon	46
5	MĚŘENÍ ÚTLUMU SIGNÁLU.....	50
5.1	VÝPOČET ÚTLUMU Z NAMĚŘENÝCH HODNOT	50
5.1.1	Kontrola funkčnosti výpočtu	53
5.2	MĚŘENÍ – WI-FI ROUTER NA CHODBĚ	54
5.2.1	Byt bez přítomnosti osoby – WI-FI router na podlaze	55
5.2.2	Pohyb osoby po bytě – WI-FI router na podlaze	56
5.2.3	Byt bez přítomnosti osoby – WI-FI router ve výšce 0,8 m	57
5.2.4	Pohyb osoby po bytě – WI-FI router ve výšce 0,8 m	57
5.3	MĚŘENÍ WI-FI ROUTER V MÍSTNOSTI Č. 1	58
5.3.1	Byt bez přítomnosti osoby – WI-FI router na podlaze	59
5.3.2	Pohyb osoby v bytě – WI-FI router na podlaze	60
5.3.3	Byt bez přítomnosti osoby – WI-FI router ve výšce 0,8 m	61
5.3.4	Pohyb osoby v bytě – WI-FI router ve výšce 0,8 m	62
6	VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ A NÁVRH VYUŽITÍ.....	64
6.1	VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ	64
6.1.1	Vyhodnocení měření – umístění WI-FI routeru - chodba	66
6.1.2	Vyhodnocení měření – umístění WI-FI routeru – místnost č. 1	69
6.2	NÁVRH VYUŽITÍ.....	72
	ZÁVĚR	73
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	74
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	75
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	77
	SEZNAM OBRÁZKŮ	79
	SEZNAM TABULEK.....	82
	SEZNAM PŘÍLOH.....	83

ÚVOD

V dnešní době dochází k neustálému zvyšování majetkové kriminality, která je spojená s vykrádáním bytů a domů, což je důsledkem lepší vybavenosti a drzosti zlodějí. V některých případech jsou zloději natolik drzí, že dochází k opětovným krádežím. Lidé proto hledají různé alternativy vedoucí k zabezpečení svého majetku. Možností je několik, nejpoužívanějšími jsou instalace poplachového zabezpečovacího systému, kamerového systému nebo jejich kombinace. I když dnes zdaleka není zabezpečení výsadou bohatších lidí, vyžadují však zmíněné aplikace vyšší počáteční investici. K tomu většina aplikací jsou mnohdy náročné na instalaci a je nutné, aby je instaloval bezpečnostní technik, což cenu zabezpečení nepochybně zvyšuje.

Na druhou stranu existuje velké množství lidí, kteří vlastní doma WI-FI router, který používají k pokrytí domu či bytu bezdrátovou sítí, pomocí této sítě se poté připojují z počítače, notebooku, telefonu, tabletu či jiných zařízení k internetu. Z tohoto důvodu vznikla myšlenka možnosti zabezpečení prostoru pomocí WI-FI. Spousta lidí, tak může využít těchto, již zakoupených přístrojů (především notebooku nebo PC a WI-FI routeru), a odpadá jim tedy nutnost počáteční investice.

Cíl diplomové práce je tedy poukázat na možnost zabezpečení prostoru pomocí WI-FI, vysvětlit princip zabezpečení a podložit tento princip měřeními, porovnat zabezpečení se stávajícími nejčastějšími typy zabezpečení, a v případě funkčnosti navrhnout využití tohoto zabezpečení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY WI-FI SÍTĚ

V oblasti WI-FI sítí se vyskytuje hodně technických a odborných parametrů a každý z nich má na výslednou kvalitu vysílaného signálu jistý účinek. Avšak základními parametry jsou: zisk antény, směrovost antény, polarizace, útlum signálu, přenos signálu, míra pokrytí a vyzářovací diagram.[1]

1.1 Zisk

Zisk je schopnost kvalitně přenést signál a znovu jej získat. Samotný zisk se vždy vztahuje k nějaké referenční anténě - tou bývá mnohdy klasický izotropní zářič (ve skutečnosti neexistuje, jedná se pouze o matematické vyjádření vyzářeného signálu jedním bodem - fyzicky neexistuje, neboť není možné zkonstruovat anténu o tak malém rozměru se zcela ideální vyzářovacím diagramem) a pak je intenzita signálu vzhledem k izotropnímu zářiči G_i udána v dBi. Izotropní zářič vyzářuje ve všech směrech úplně stejně, a tudíž jeho diagramem je koule.[1]

V praxi se však využívá zisk vztažený na miliwatty:

$$P_{dBm} = 10 \log P_w [dBm].$$

P_w je výkon vysílajícího zařízení, tedy antény v mW. Výkon v mW jsou EIRP (Equivalent Isotropically Radiated Power – účinný izotropní vyzářený výkon). EIRP znamená výkon rádiového signálu vyzářeného anténou vysílače, jako by byl vyzářen z bodového zdroje rovnoměrně ve všech směrech – izotropicky.[2]

Charakteristika zisku antény je dána poměrem mezi energií, kterou vyzářuje směrová anténa, oproti energii, kterou vyzářuje všesměrová anténa. Výsledkem je činitel směrovosti D [3]:

$$D = \frac{E_{\text{směrové antény}}^2}{E_{\text{všesměrové antény}}^2} [dB].$$

Zisk antény je veličina svázaná s činitelem směrovosti pomocí účinnosti η [3]:

$$G = \eta \cdot D [dB].$$

Účinnost se liší podle provedení (typu) antén například:

- drátové antény 90 – 95 %,
- parabolické antény okolo 70 %. [3]



Obrázek 1 Parabolická anténa¹



Obrázek 2 Drátová anténa²

1.2 Směřovost antény

Základní rozdíl mezi anténami WI-FI sítě je dle jejich směrovosti. Podle toho se rozlišují tři typy antén[4]:

- všesměrové antény,
- sektorové antény,
- směrové antény.

¹ Zdroj: http://interlink-static2.tsbohemia.cz/jirous-jrc-24-wifi-parabolicka-antena-5ghz-n-female-24dbi-radom-2pack-_i84766.jpg

² Zdroj: <http://i.alz.cz/ImgW.ashx?fd=f10&cd=TP604j>

1.2.1 Všesměrové antény

Signály vysílají do všech stran, pokryjí tak úhel o velikosti 360°. Běžně se dodávají ke všem typům přístupových bodů. Pro nejlepší využití je nutné umístit zařízení s touto anténou doprostřed místnosti[4].



Obrázek 3 Všesměrová anténa³

1.2.2 Sektorové antény

Pokryjí jen úhel od 30° do 180°. Používají se tam, kde stačí pokrýt jen omezené území, umísťují se především do rohu místnosti. Dále se používá k zamezení šíření signálu mimo žádané území[4].



Obrázek 4 Sektorová anténa⁴

³ Zdroj: <http://i.cdn.nrholding.net/15690821/800/800/>

⁴ Zdroj: <http://homewifi.wz.cz/image/anteny/sektorova1.jpg>

1.2.3 Směrové antény

Slouží k propojení dvou bodů na delší vzdálenosti, jelikož signál směřuje do jednoho bodu. Používají se parabolické s drátěným sítím a Yagi antény[4].



Obrázek 5 Yagi anténa⁵

1.3 Polarizace

Polarizace udává rovinu šíření radiových vln. Pro ideální spojení musí mít vysílací a přijímací anténa stejnou polarizaci (natočení). V opačném případě dochází k velkým ztrátám a potlačení zisku antén, což může v důsledku znemožnit přenos dat.[4]

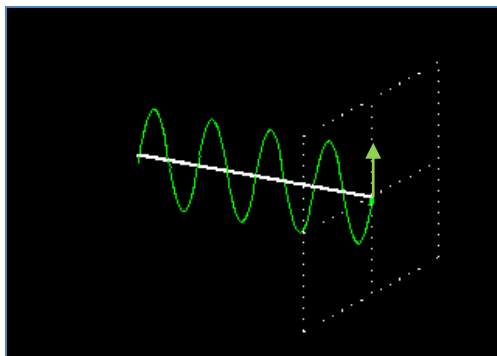
Z pohledu WI-FI existují tři typy polarizace:

- lineární horizontální,
- lineární vertikální,
- kruhová.[4]

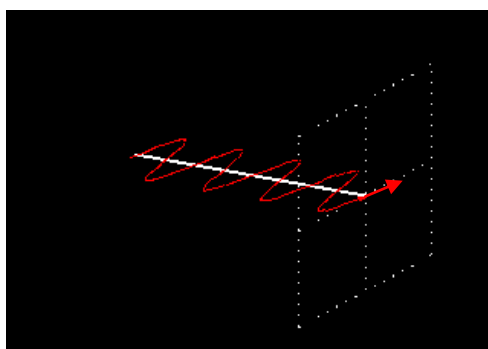
1.3.1 Lineární polarizace

Lineární polarizace je taková, že vektor elektrického pole je stále ve stejné rovině. Pokud je vektor intenzity elektrického pole kolmý k rovině zemského povrchu, jedná se o lineárně vertikální polarizaci. Pokud je však vektor intenzity elektrického pole vodorovný s rovinou zemského povrchu, jedná se o lineárně horizontální polarizaci. U kruhové polarizace vektor intenzity elektrického pole během periody mění svůj směr tak, že její koncový bod se pohybuje po kružnici. [5]

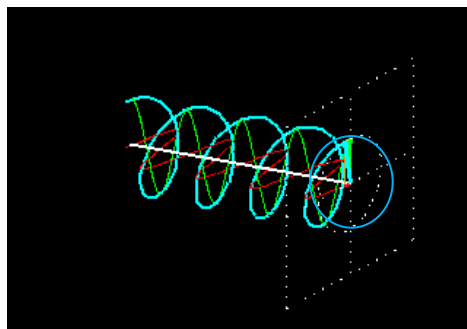
⁵ Zdroj: http://att.suntech.cz/suntech_att/t/p/D/phptpDg1B_260.jpg



Obrázek 6 Polarizace lineárně vertikální⁶



Obrázek 7 Polarizace lineárně horizontální⁷



Obrázek 8 Kruhová polarizace⁸

⁶ Zdroj: http://www.rc-eagleeye.cz/fotky1129/fotom/Acticle_pictures/LP-V.gif

⁷ Zdroj: http://www.rc-eagleeye.cz/fotky1129/fotom/Acticle_pictures/LP-H.gif

⁸ Zdroj: http://www.rc-eagleeye.cz/fotky1129/fotom/Acticle_pictures/CP-RH.gif

1.4 Útlum signálu

Útlum signálu určuje, kolik se ztratí signálu při přenosu vzduchem, z důvodu vzdálenosti vysílače od přijímače, rušení či počtu překážek. Útlum je tím menší, pokud mezi oběma konci trasy je přímá optická viditelnost a to nejen v přímce, ale musí být volná i v tzv. Fresnelově zóně (viz níže).[6]

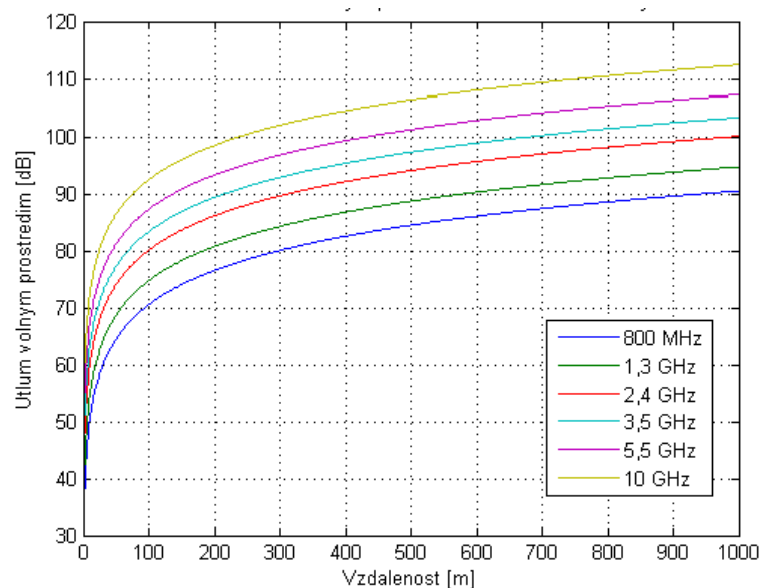
Pro výpočet útlumu volného prostředí mezi vysílačem a přijímačem se používá tento vztah:[7]

$$L_o = 20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}\right)$$

L_o – ztráty vlivem šíření volným prostorem [dB];

d – vzdálenost mezi anténami [m];

λ – vlnová délka [m];[7]

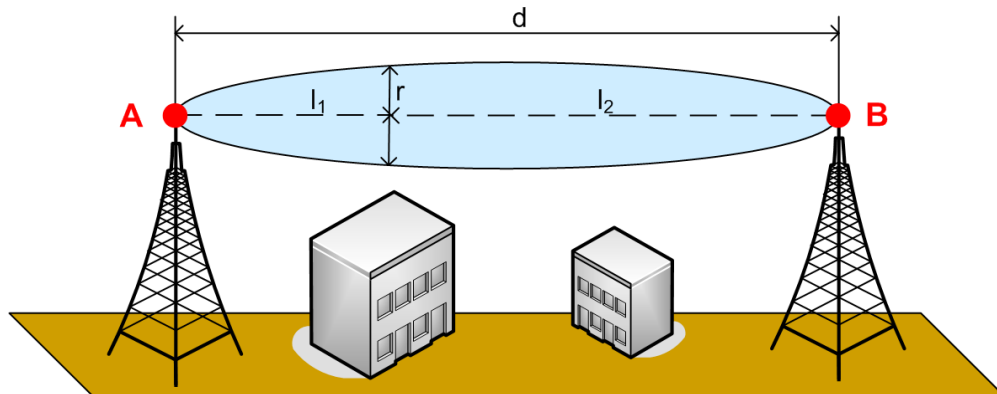


Obrázek 9 Graf závislosti útlumu volným prostředím na vzdálenosti od vysílače⁹

⁹ Zdroj: www.comtel.cz/files/download.php?id=2803

1.4.1 Fresnelova zóna

Pro kvalitní spoj je jednou z nutných podmínek v pásmu 2,4 GHz přímá viditelnost mezi přijímací a vysílací anténou. Není to však podmínka postačující. Pro kvalitní přenos musí být volná (bez překážek) ještě tzv. Fresnelova zóna, což je elipsoid kolem spojnice těchto dvou bodů.[6]



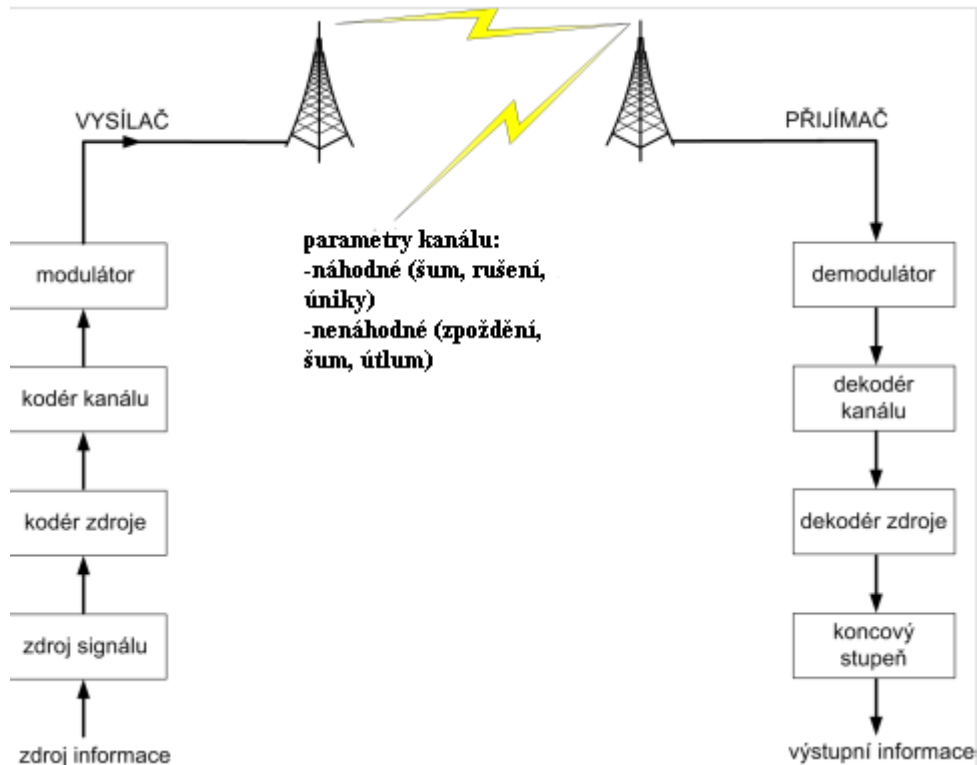
Obrázek 10 Fresnelova zóna¹⁰

V tomto prostoru by se neměla vyskytovat žádná překážka z toho důvodu, že je zde přenášeno 90 % celkové vysílané energie signálu. V případě narušení zóny dochází k útlumu signálu, a tím k rapidnímu poklesu úrovně signálu.[7]

1.5 Přenos signálu

Pro přenos signálu se používají elektromagnetické vlny. Kmitočet je volen tak, aby se co nejlépe šířily volným prostředím. Přenosové rychlosti se pohybují od jednotek Mb/s až do desítek Gb/s.[7]

¹⁰ Zdroj: www.comtel.cz/files/download.php?id=2803



Obrázek 11 Komunikační kanál WI-FI [7]

Zdrojem signálu může být počítačová síť. V kodéru se odstraňuje redundance (nadbytečnost) a přidávají se k přenášeným kódovaným datům ochranná data, která zabezpečí informaci proti poškození během přenosu. V modulátoru jsou zdrojově a kanálově kódovaná data namodulována na nosnou frekvenci a anténou vyzářena v podobě elektromagnetických vln. Na straně přijímače se postup opakuje obráceně, tzn. přijatá elektromagnetická vlna je zpracována do podoby výstupní informace. [7]

Stěžejním parametrem pro přenos signálu bezdrátově je odstup užitečného signálu od šumu (SNR – Signal to Noise Ratio). Se snižujícím SNR klesá kvalita spoje a narůstá chybovost BER (Bit Error Ratio). Dochází ke zhoršení propustnosti a vysílač má poškozené bloky dat.[7]

Výpočet SNR:[3]

$$SNR = 10 \cdot \log \frac{P_{\text{signál}}}{P_{\text{šum}}} [dB].$$

$P_{\text{signál}}$ – výkon užitečného signálu.

$P_{\text{šum}}$ – výkon šumu.

1.5.1 BER

Vyjadřuje se procentem času z měsíce, po kterém bude spoj vykazovat určitou chybovost nebo bude přerušen. Obvykle 10^{-3} až 10^{-6} . Z hlediska fyzikálních principů radiového přenosu nelze zaručit u žádného radiového spoje, aby pracoval na 100% bez určité chybovosti. Na chybovost spojení má vliv mnoho faktorů jako např. velikost rezervy na únik, délka spoje, drsnost terénu, klima, provozní kmitočtové pásmo, úroveň rušení, hydrometeorologické vlivy.[8]

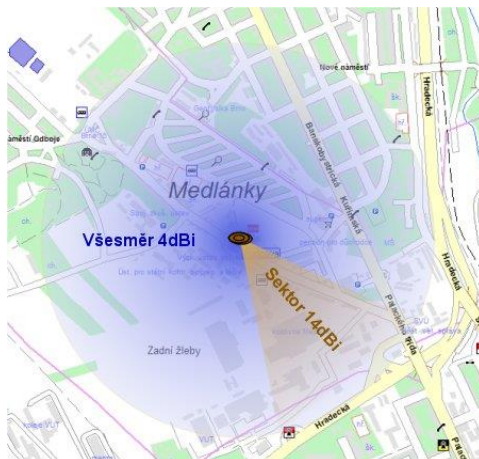
1.6 Míra pokrytí a vyzařovací diagram

Pokrytí udává, v jaké vzdálenosti od přístupového bodu lze ještě jeho signál zachytit a také jakou má v daném místě kvalitu. Výrobce udává hodnoty pouze orientační, které jsou měřené v laboratorních, tedy téměř ideálních podmínkách. Při určování pokrytí je nutné počítat se snižujícími faktory, kterými jsou odrazy, útlumy, refrakce, difrakce a další nepříznivé vlivy způsobené vnějším či vnitřním prostředím. Kvůli těmto rušivým parametrům není určování pokrytí příliš snadné, a také nikdy úplně přesné.[1]

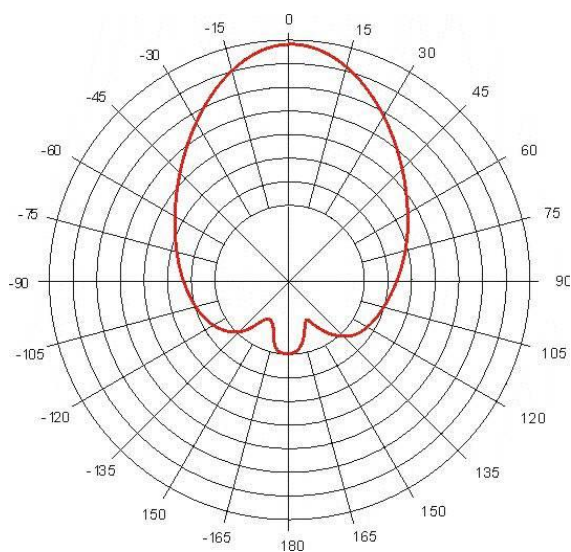
Pro simulaci pokrytí se používá několik metod:

- empirická metoda,
 - nejpřesnější, spočívá v přeměření signálu v různých místech a na základě tohoto měření se sestaví grafy – časově náročná.
- simulace pomocí programu,
 - pohodlnější, avšak méně přesná, do programu jsou vložena data a program již vše vypočítá.
- vlastní odhad.
 - na základě zkušeností a znalosti lokace terénu.[1]

Nejlepší je kombinace výše uvedených metod a jejich nasazení dle rozvahy a potřeby.

Obrázek 12 Ukázka pokrytí¹¹

Vyzařovací diagram udává, jaký úhel před sebou je anténa schopna pokrýt a jak velké území signál pokryje. Zisk, směrovost a vyzařovací úhly antén jsou detailně zakreslovány do vyzařovacích diagramů. Ty ukazují plnou charakteristiku šíření signálu jak horizontálně, tak vertikálně. Lze z nich vyčíst také odchylky oproti udávanému vyzařování, kdy anténa září i do postranních a zadních laloků.

Obrázek 13 Vyzařovací diagram
sektorové antény¹²

¹¹ Zdroj: <http://www.svethardware.cz/jak-zapojime-sit-wifi-bez-tajemstvi/12953-3/img/body-12.38CA.jpg>

¹² Zdroj: <http://www.zive.cz/files/obrazky/2005/9/anteny/sektorovka-65st-2.jpg>

2 PRINCIP ZABEZPEČENÍ POMOCÍ WI-FI

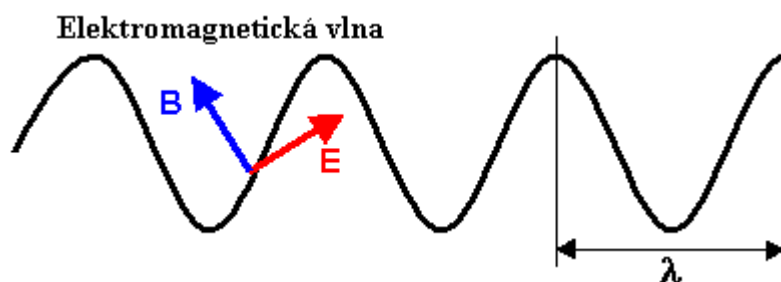
Princip spočívá ve změně útlumu signálu detekovaného na přijímači (PC, notebook, WI-FI senzor), který vychází z WI-FI routeru. Jestliže nedochází k žádnému pohybu osoby v detekovaném prostoru (mezi WI-FI routerem a PC či WI-FI senzorem), elektromagnetické vlny, vyzářené WI-FI routerem, se chovají jiným způsobem, jak když k pohybu osoby ve sledované oblasti dochází.

Toto zabezpečení využívá toho, že lidské tělo je složeno z tekutin, kostí a svalů, které jsou schopné absorbovat, odrážet nebo rozptylovat elektromagnetické vlny vyslané z WI-FI routeru. V přítomnosti člověka v měřeném prostoru tedy dochází k různým interferencím signálu, a tím i zvyšování jeho útlumu.[9]

Tento princip je podpořen několika existujícími zabezpečeními, která využívají elektromagnetických vln v pásmu WI-FI.

2.1 Elektromagnetické vlny

Elektromagnetickou vlnou rozumíme děj, při kterém se šíří vzduchem elektromagnetické pole. Elektromagnetické pole lze poté popsat jako vzájemné působení elektrického a magnetického pole, kdy vektor elektrické intenzity E a vektor magnetické indukce B jsou kolmé na směr šíření vlny a zároveň i vzájemně.[10]



Obrázek 14 Elektromagnetická vlna¹³

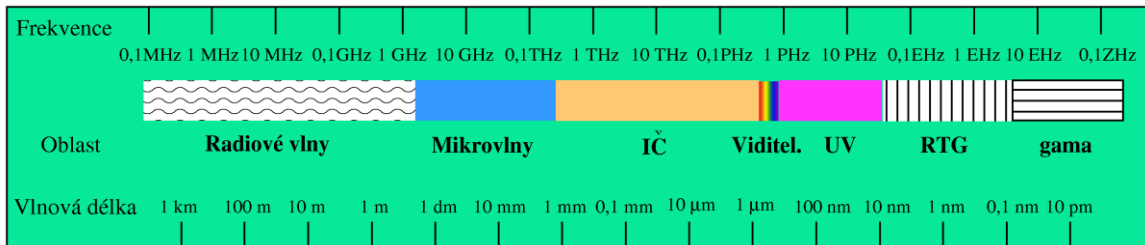
Vlnovou délku λ lze vyjádřit vztahem:

$$\lambda = \frac{c}{f} [m]$$

¹³ Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/DualismusFotony.gif>

kde f je frekvence a c je rychlost šíření světla - $c \cong 3 * 10^8$.

Pomocí vlnové délky nebo frekvence se elektromagnetické záření rozděluje do několika skupin (viz obrázek 15). Každé záření je zde pojmenováno a ke každému je přiřazen interval frekvence nebo vlnové délky.[10]

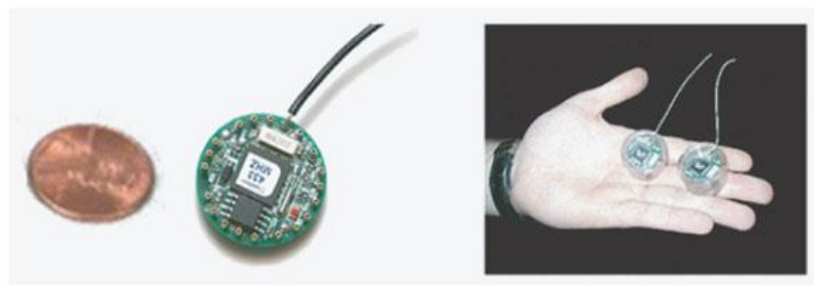


Obrázek 15 Elektromagnetické spektrum¹⁴

Frekvence elektromagnetického záření charakteristického pro WI-FI připojení je 2,4 nebo 5 GHz. Podle obrázku tedy spadá do skupiny mikrovlny.

2.2 Zabezpečení s využitím WI-FI senzorů

Dle studie vědců je nutné nejdříve změřit dané výsledky v různých podmínkách a při různém umístění vysílačů (WI-FI routerů) a přijímačů (WI-FI senzorů). To podle nich umožní získání přesnější charakteristiky šířených elektromagnetických vln, ať už je přítomen v prostoru člověk či nikoliv. Jejich měření probíhalo v pokoji 4 x 2,5 m v týdenních intervalech, při dvou typech umístění vysílače a přijímače 1,5 a 3 m nad zemí.[9]



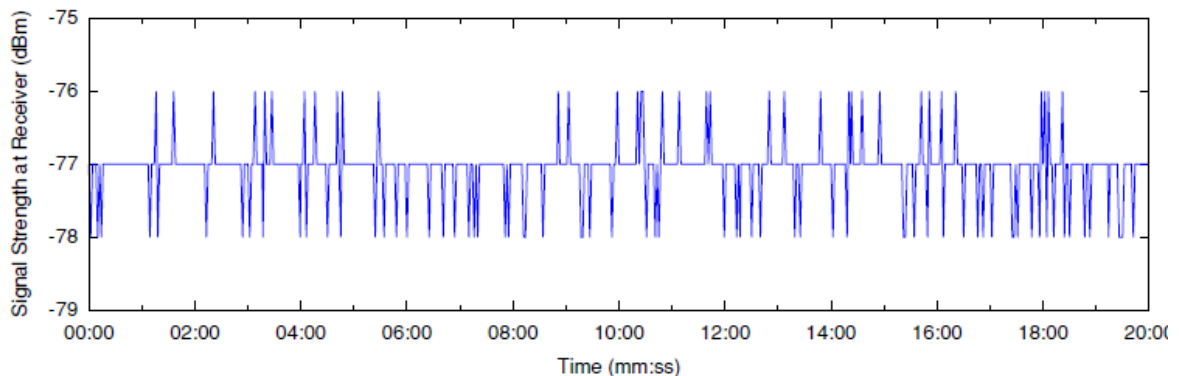
Obrázek 16 WI-FI senzory¹⁵

¹⁴ Zdroj: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/ElmgSpektrum.png>

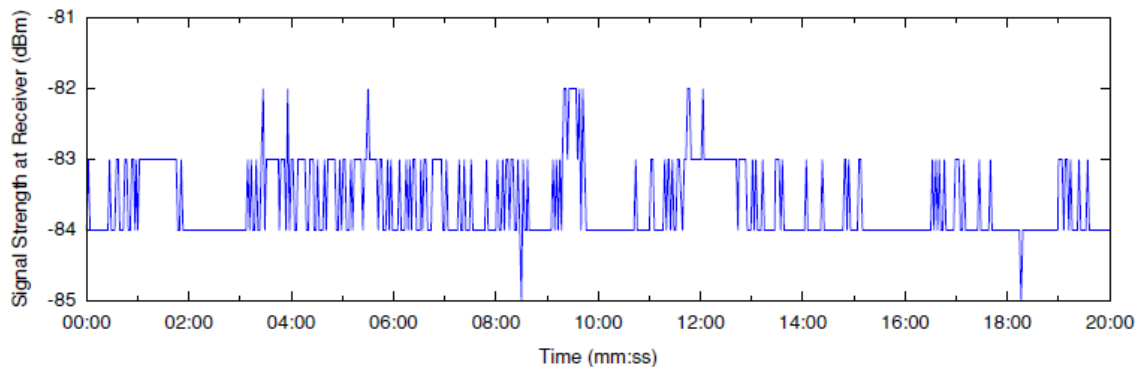
¹⁵ Zdroj: http://mwrf.com/site-files/mwrf.com/files/archive/mwrf.com/Files/30/11071/Figure_02.jpg

2.2.1 Prostor bez pohybu osoby

V nepřítomnosti člověka – pachatele dochází k ustálení útlumu kolem určité hodnoty (hodnota není po celou dobu měření zcela stálá díky působení různých rušivých jevů), která je různá vzhledem k charakteru místnosti (nábytek, TV, spotřebiče a jiné přístroje, které mohou ovlivňovat šíření elektromagnetických vln). Pokud jsou komponenty umístěny 1,5 m nad zemí, tak se síla signálu pohybuje okolo -85 až -82 dBm (viz obrázek 18), ve třech metrech je to docela podobné -78 až -76 dBm (viz obrázek 17).[9]



Obrázek 17 Prostor bez pohybu osoby – vysílač a přijímač 3 m nad zemí¹⁶



Obrázek 18 Prostor bez pohybu osoby – vysílač a přijímač 1,5 m nad zemí¹⁷

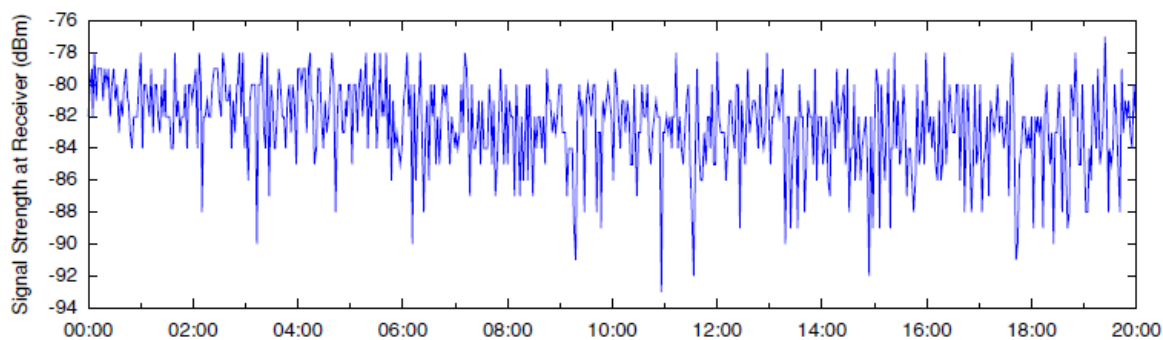
2.2.2 Přítomnost osoby ve sledovaném prostoru

Při pohybu osoby ve sledovaném prostoru je signál nestabilní a dochází k jeho kolísání. Na obrázku 19 a 20 je možné vidět naměřené hodnoty útlumu signálu, které jsou měřeny

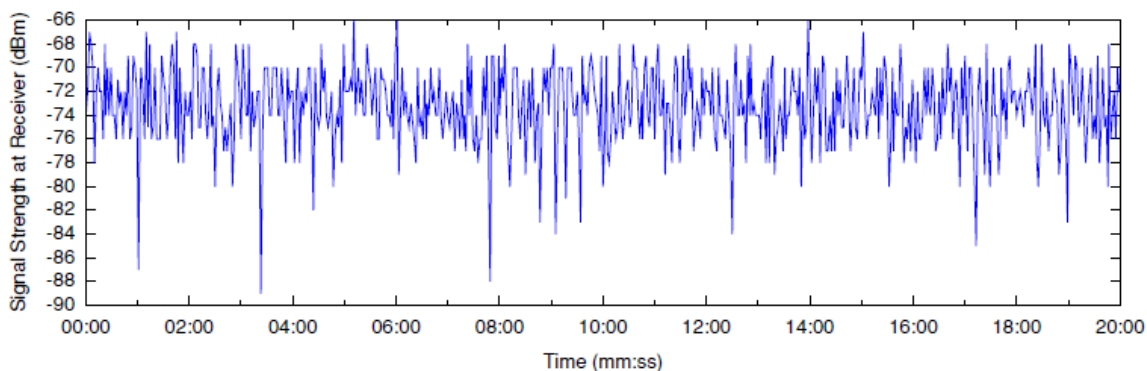
¹⁶ Zdroj: http://iopscience.iop.org/0957-0233/21/12/124007/pdf/0957-0233_21_12_124007.pdf

¹⁷ Zdroj: http://iopscience.iop.org/0957-0233/21/12/124007/pdf/0957-0233_21_12_124007.pdf

při umístění WI-FI routeru 3 m respektive 1,5 m nad zemí. V třech metrech je kolísání ± 1 dBm, tedy v menším rozsahu hodnot jak u umístění ve výšce 1,5 m - ± 17 dBm. To je způsobeno tím, že komponenty umístěné ve 3 m jsou mnohem vyšší, jak je výška člověka, proto při jeho pohybu ve sledovaném území nedochází k tak velkému kolísání signálu, jak je tomu při umístění komponent ve výšce 1,5 m.[9]



Obrázek 19 Přítomnost člověka v detekovaném prostoru – vysílač a přijímač 3 m nad zemí¹⁸



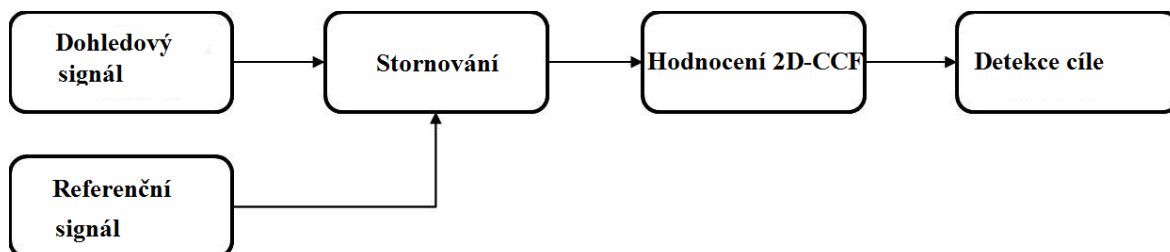
Obrázek 20 Přítomnost člověka v detekovaném prostoru – vysílač a přijímač 1,5 m nad zemí¹⁹

¹⁸ Zdroj: http://iopscience.iop.org/0957-0233/21/12/124007/pdf/0957-0233_21_12_124007.pdf

¹⁹ Zdroj: http://iopscience.iop.org/0957-0233/21/12/124007/pdf/0957-0233_21_12_124007.pdf

2.3 Pasivní WI-FI radar

Základní princip funkce pasivního WI-FI radaru je možné vidět na obrázku 21. Samotná detekce se v tomto případě stává ze 4 kroků: příjem referenčního a dohledového signálu, stornování signálů, hodnocení signálů a detekce cíle.



Obrázek 21 Pasivní WI-FI radar – základní schéma zpracování [11]

2.3.1 Příjem referenčního a dohledového signálu

V prvním kroku probíhá příjem referenčního, který je prováděn pomocí velmi výkonné přijímací směrové antény. To ale obvykle brání dostupnosti velmi čistého referenčního signálu, protože může být ovlivněn odrazy. Proto existuje možnost použití alternativních aplikací, které signál přijmou a následně obnoví tak, jak by signál vysílal přístupový bod. Jedním z nich je přímý přístup, kdy je velmi krátká vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem. Tato strategie zabrání degradaci bezdrátového šíření signálu v referenčním kanálu, ale neodstraní nutnost dalšího vyhrazeného kanálu pro příjem dohledového signálu, díky němu bude systém daleko složitější. Další možností je rekonstrukce kontrolního signálu na referenční. Výhodou je bezesporu to, že stačí jeden kanál pro příjem dohledového a referenčního signálu. Naopak velkou nevýhodou je možná slabší kvalita signálu oproti použití přímého přístupu.[11]

V prvním kroku je také přijímán dohledový signál, a to buď jedním kanálem společně s referenčním, anebo různým kanálem od referenčního.[11]

2.3.2 Stornování signálů

Druhým krokem je stornování signálů, ve kterém je referenční signál odstraněn od nežádoucích rušících signálů a vícecestných odrazů. Následně je pomocí algoritmu ECA²⁰ odečten dohledový signál od referenčního. A tato informace je poslána k vyhodnocení.[11]

2.3.3 Hodnocení signálů

Třetím krokem je vyhodnocení rozdílu dohledového a referenčního signálu pomocí dvourozměrné - křížové korelační funkce (2D - CCF²¹) a určení potenciálního cíle na mapě s použitím specifického režimu detekce konstantní úrovně falešných poplachů (CFAR²²). Zjednodušeně si lze tuto úroveň představit jako konkrétní velikost např. amplitudy či výkonu signálu, při jejímž překročení vydá detektor informaci o výskytu potenciálního cíle. Stanovení této úrovně vychází ze statistických parametrů vstupních signálů. [11,12]

Dvourozměrná křížová korelační funkce je operace pracující se dvěma dvourozměrnými funkcemi (průběhy referenčního a dohledového signálu). Jejím výsledkem je třetí funkce, která vyjadřuje, do jaké míry jsou si dané funkce podobné.[13]

2.3.4 Detekce cíle

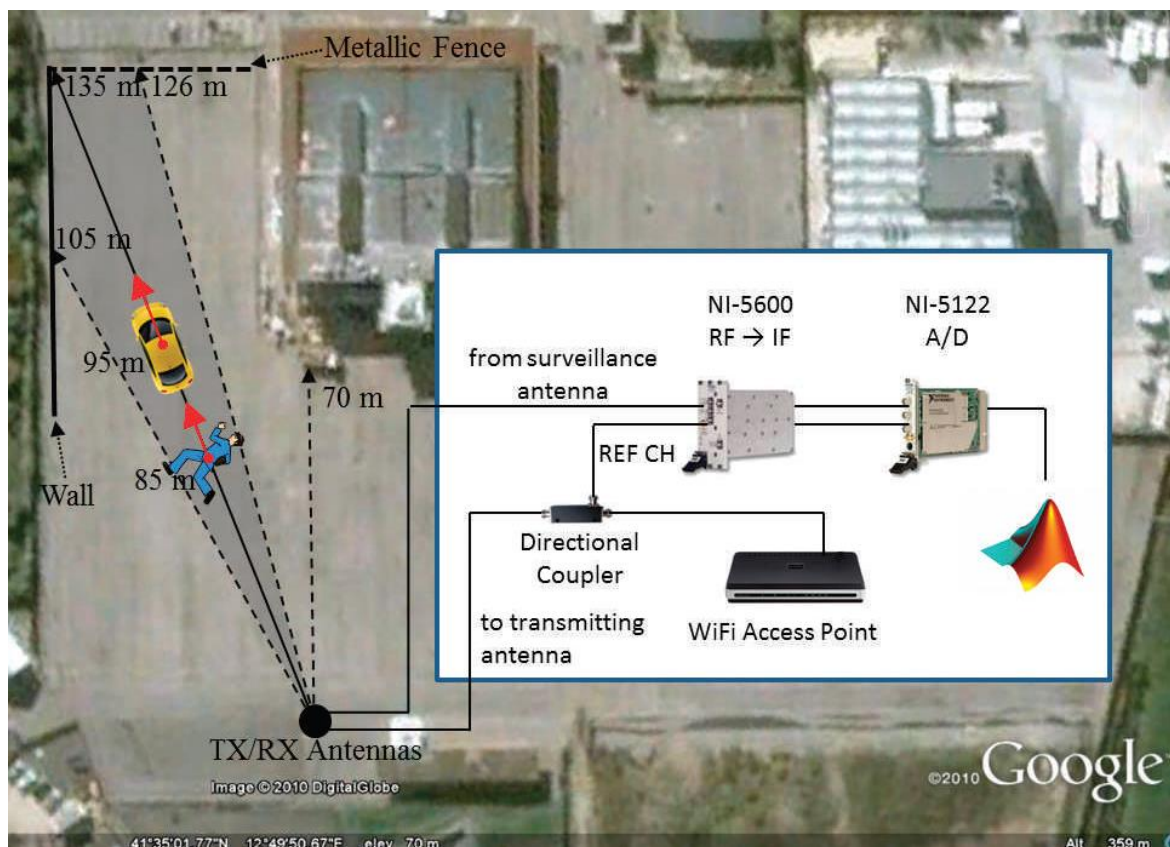
Posledním krokem je samotná detekce cíle, ke které jsou potřeba tato zařízení:

- přijímací (RX) a vysílací anténa (TX),
- směrový vazební člen (Directional coupler),
- bezdrátový router (Access point - přístupový bod),
- převodník NI-5600,
- A/D převodník,
- zobrazovací zařízení + zobrazovací software.

²⁰ECA - Extensive Cancellation Algorithm

²¹CCF - Cross Correlation Function

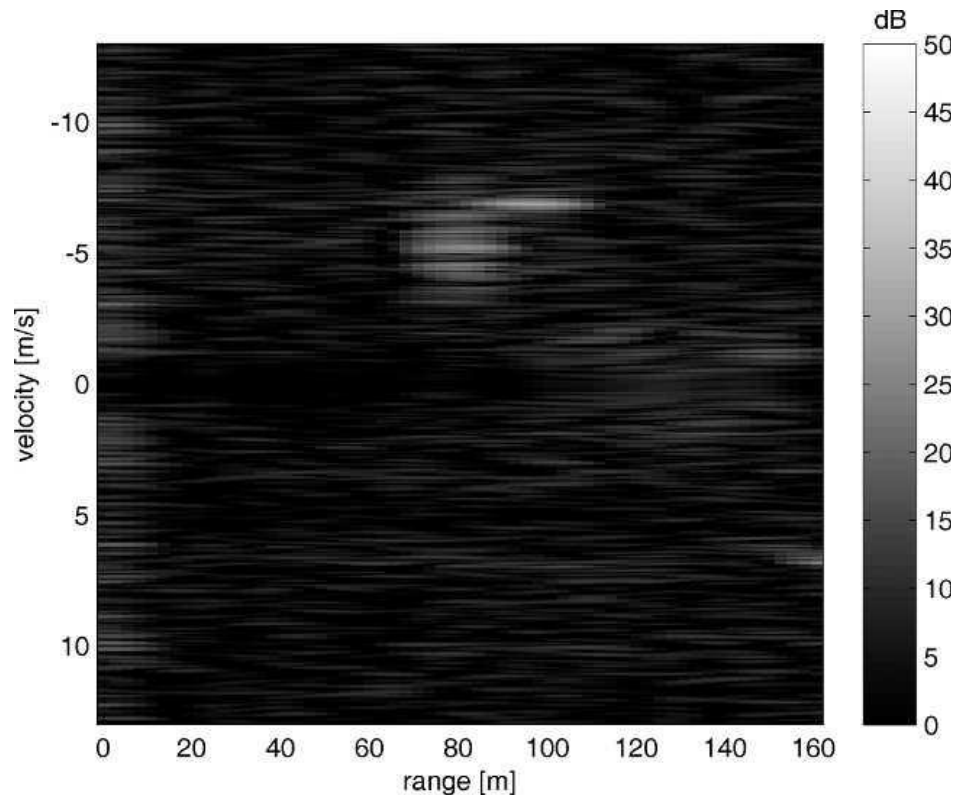
²²CFAR - Constant False Alarm Rate



Obrázek 22 Kompletní systém pro detekci cíle[11]

Systém pro detekci cíle obsahuje dvě antény s úhlem záběru 15° . První anténa je připojena k výstupu bezdrátového routeru a slouží k vysílání signálu. Druhá anténa je uložena asi jeden metr pod vysílačem a slouží k přijímání signálu odraženého od cíle (dohledový signál). První kanál z dvoukanalového přijímacího systému je přímo připojen k přijímací anténě a zajišťuje dohledový signál. Druhý kanál je připojen přes směrový vazební člen – na výstupu z bezdrátového směrovače, aby bylo možné shromáždit kopii vysílaného signálu (referenční signál). Oba kanály jsou následně převedeny na vhodné frekvence a poté jsou signály převedeny pomocí A/D převodníku na digitální data, které jsou filtrovány a zpracovány pomocí digitální konverze a následně zobrazeny.[11]

Detekované a zároveň testované cíle jsou v tomto případě auto a člověk v pohybu na parkovišti. Obrázek 23 ukazuje 2D-CCF hodnocení, kde je integrační čas 0,5 sekundy, což umožňuje rozlišení rychlosti 0,12 m/s. Mapa byla normalizována, aby hodnota na každém jejím místě představovala odhadovanou hodnotu SNR. I přes velký šum je dosaženo při nulové rychlosti cíle velmi nízké úrovně SNR, což znamená, že většinu jiných odrazů se podařilo eliminovat.[11]



Obrázek 23 Útlum signálu vzhledem ke vzdálenosti a rychlosti cíle [11]

Silný útlum -30 dB je jasně viditelný ve vzdálenosti okolo 95 m a rychlosti 7 m/s, což odpovídá autu pohybující se mu na parkovišti. Dále je možné vidět slabší vrchol ve vzdálenosti okolo 85 m a rychlosti 5,5 m/s, který by měl odpovídat běžícímu člověku. Tento vrchol obsahuje široké spektrum, které je typické pro lidské cíle. Ve skutečnosti, zatímco auto se pohybuje jako jedinečné pole, různé části těla se pohybují různými rychlostmi (hlava, paže, nohy a trup).[11]

3 OSTATNÍ DRUHY ZABEZPEČENÍ PROSTORU

Cílem zabezpečení prostoru je zpoždění a odhalení pohybu narušitele uvnitř střežené zóny. Opatření prostorové ochrany jsou realizována ve vnitřních prostorách budovy, zpravidla na chodbách, schodištích a v místnostech. Prostorovou ochranu tvoří dveře, mříže, zámky a zámkové systémy, kamerové systémy, systémy kontroly vstupu a poplachové zabezpečovací systémy s detektory narušení. Detektory narušení by měly v rámci zabezpečení prostoru signalizovat vniknutí do vnitřních prostor budovy, především se zde jedná o detektory pracující na bázi elektromagnetického záření.[10]

3.1 Detektory využívající elektromagnetického záření

Pro konstrukci detektorů využívajících elektromagnetického záření se využívají tyto oblasti:

- oblast infračerveného záření (např. pasivní infračervené detektory),
- oblast mikrovlnného záření (mikrovlnné detektory a bariéry),
- oblast radiových vln (radiové bariéry a detektory).[10]

3.1.1 Pasivní infračervené detektory

Pasivní infračervené detektory (PIR) vyhodnocují změny v infračerveném pásmu elektromagnetického vlnění. Detekčním prvkem je pyroelektrický snímač, který je schopný detekovat změny záření, jež dopadá na detektor. Změny se vyhodnotí jen tehdy, jak se v jeho zorném poli pohybuje těleso s teplotou odlišnou od teploty okolí. [10]

PIR jsou nejrozšířenějším druhem detektorů pohybu a mají několik nesporných výhod:

- nenáročné na konstrukci,
- nízká cena,
- nízká spotřeba energie,
- vzájemně se neruší,
- cíl neozařují, ale pouze přijímají záření.[10]

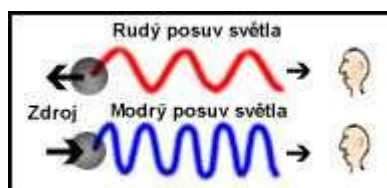
Obrázek 24 PIR²³

Existuje také několik nevýhod:

- rušení osvětlením automobilů,
- rušení slunečním zářením,
- reakce na změny teploty,
- reakce na činnost ventilace,
- reakce na pohybující se závěsné předměty,
- nevhodná reakce na pohyb zvířat.[10]

3.1.2 Mikrovlnné detektory

Mikrovlnné detektory vyzařují vysokofrekvenční signál a vyhodnocují změny signálu odraženého od okolí. Základním principem je Dopplerův jev.[10]



Obrázek 25 Znáznornění
Dopplerova jevu²⁴

²³ Zdroj: http://www.czalarm.cz/Fotografie/Zbozi/250px/px_dg65.jpg

²⁴ Zdroj: <http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/kosmologie/standard/doppler.jpg>

Dopplerův jev je změna vlnové délky elektromagnetických nebo akustických vln vyvolaná relativním pohybem zdroje a pozorovatele. V tomto případě se bere v úvahu pouze pohyb zdroje (narušitel), pozorovatel (detektor) zůstává v klidu.[10]

Mikrovlnné detektory obsahují vysílač a přijímač v jednom plastovém krytu. Typický dosah je 15 až 30 m. Velkou nevýhodou je velmi vysoká citlivost narušení, které pochází z prostoru mimo střežený prostor.[10]



Obrázek 26 Mikrovlnný
detektor²⁵

3.1.3 Mikrovlnné bariéry

Při konstrukci mikrovlnných bariér jsou používány mikrovlnné vysílače a přijímače montované odděleně, které vytvoří elektromagnetické pole v tvaru rotačního elipsoidu. Narušení elektromagnetického pole bariéry vyhodnotí přijímač a vydá signál o změně stavu.[10]

U těchto typů detektorů je nutné je montovat tak, aby pravděpodobný pohyb byl od nebo k snímači.

²⁵ Zdroj: <http://www.amisat.cz/gallery/products/middle/4013.jpg>



Obrázek 27 Mikrovlnné bariéry²⁶

Tento typ zabezpečení prostoru prostřednictvím mikrovlnných bariér je velkou inspirací k zamýšlenému zabezpečení pomocí WI-FI. Mikrovlnné bariéry fungují na stejném principu, vysílač a přijímač jsou montovány odděleně, a v případě vniknutí do střeženého prostoru dochází k narušení elektromagnetického pole (změně útlumu elektromagnetických vln). Rozdíl je však v tom, že mikrovlnné bariéry pracují v odlišném frekvenčním pásmu (9 až 11 GHz), oproti zabezpečení pomocí WI-FI (2,4 nebo 5 GHz).

3.1.4 Radiové bariéry a detektory

Fungují na stejném principu jako mikrovlnné detektory či bariéry, pracují však s odlišnou frekvencí tzv. velmi krátkých vln (VKV – frekvence 30 až 300 MHz). Vysílač vysílá do chráněného prostoru vlnění určitého kmitočtu, čím vytváří elektromagnetické pole, jehož změny přijímač detekuje a vyhodnocuje.[10]

3.2 Ultrazvukové detektory

Dalším typem detektorů určených pro zabezpečení prostoru jsou ultrazvukové detektory. K detekci pohybu využívají akustického signálu. Patří mezi aktivní detektory z toho důvodu, že obsahují vysílač, který akustický signál vysílá do prostoru. Tento signál je následně přijímán a vyhodnocován přijímačem. Do prostoru vysílač vysílá konstantní vlnění o frekvenci nad slyšitelným pásmem zvuku (20 až 60 kHz nejčastěji však 40 kHz).

²⁶ Zdroj: <http://eshop.micronix.cz/data/cz/img/original/003/4167-4450>

Naopak přijímač přijímá odražené vlnění a vyhodnocuje změny amplitudy, frekvence a fáze, které vznikají v chráněném prostoru. Tyto změny charakteristik signálu souvisejí se vznikem Dopplerova jevu.[10]



Obrázek 28 Ultrazvukový detektor pohybu²⁷

Ultrazvukový detektor může být konstruován tak, že je přijímací a vysílací část umístěna v jednom detektoru (viz obrázek výše), nebo mohou být tyto dvě části nainstalovány odděleně.[10]

3.3 Porovnání druhů zabezpečení prostoru

Jedná se o porovnání výše uvedených detektorů pohybu ve většině případů v jejich bezdrátovém provedení z toho důvodu, že u zamýšleného zabezpečení pomocí WI-FI veškerá komunikace probíhá také bezdrátově. Pouze u detektorů, které bezdrátovou aplikaci neumožňují, je vybrána jejich drátová aplikace.

Níže uvedená cena obsahuje součet ceny za detektor, klávesnici a ústřednu, která k danému detektoru typově patří z toho důvodu, že jsou ceny zabezpečení vztažené na jednu místnost. Jednotlivé ceny jsou následně porovnány s cenou, kterou by potenciální zákazník zaplatil za zabezpečení prostoru (místnosti, chodby) pomocí WI-FI.

²⁷ Zdroj: <http://www.vernier.cz/katalog/manualy/cz/md-btd.pdf>

Tabulka 1 Porovnání typů zabezpečení prostoru²⁸

Typ detektoru	Dosah	Životnost baterie	Typ ústředny	Cena (včetně DPH)
JA-80P Bezdrátový PIR	12 m	3 roky	JA-82K + JA-82 radiový modul	8416 Kč
JA-80W bezdrátový mikrovlnný PIR detektor	PIR – 12 m MW- 20 m	3 roky	JA-82K + JA-82 radiový modul	9312 Kč
Mikrovlnná bariéra BM60M WS (bezdrátová)	60 m	Drátové provedení	JA-82K a radio modul INT-WS pro BM60M WS	37946 Kč
Acer aspire ²⁹ + wavemon (free) + WIFI karta ³⁰ + Router Tenda W309R ³¹	Viz vyhodnocení měření	Napájení ze sítě	-	15639 Kč

Ceny jsou uvedené orientačně. Mikrovlnný detektor je vybrán v kombinaci s PIR detektorem kvůli častějšímu použití oproti klasickému mikrovlnnému detektoru. Notebook je vybrán Acer Aspire za 14990 Kč, protože se jedná o vyšší verzi notebooku použitého při měření, ale prakticky může být použit jakýkoliv jiný i mnohem levnější notebook. Z výsledné tabulky tedy plyne, že zamýšlené zabezpečení pomocí WI-FI připojení je cenově srovnatelné s existujícími druhy zabezpečení prostoru. Problém nastává tehdy, pokud není cena vztažena pouze na jednu místnost nebo určitý prostor srovnatelný

²⁸ Zdroj: www.jablotron.cz, <http://eshop.micronix.cz/>

²⁹ Zdroj: <https://www.alza.cz/acer-aspire-v5-571p-323b4g50mass-silver-d367003.htm>

³⁰ Zdroj: <http://www.czc.cz/tenda-w309r/98958/produkt>

³¹ Zdroj: <http://www.alza.cz/tp-link-tl-wn722n-lite-d155291.htm>

s dosahem WI-FI. V tomto případě, když chceme zabezpečit několik místností nebo dokonce celý dům je levnější klasické zabezpečení pomocí PZS.

Tabulka 2 Výhody a nevýhody zabezpečení pomocí WI-FI připojení

Zabezpečení pomocí WI-FI připojení	
Výhody	Nevýhody
Množství WI-FI připojení v domácnostech	Rušení a odrazy
WI-FI má dvě funkce (internet, zabezpečení)	Závislost na napájení ze sítě
Bezdrátová komunikace a detekce	Instalace programu Wavemon do PC
Nedostupnost na trhu	

V tabulce 2 jsou uvedeny výhody a nevýhody zabezpečení pomocí WI-FI připojení. Nedostupnost na trhu je uvedena jako výhoda a nevýhoda současně z toho důvodu, že pro zákazníka se jedná o velkou nevýhodu, naopak pro začínající firmu zabývající se tímto zabezpečením se jedná o velkou konkurenční výhodu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 POPIS A NASTAVENÍ POUŽITÝCH ZAŘÍZENÍ

Použitá WI-FI zařízení jsou přístupový bod (WI-FI router) Tenda W309R a WI-FI karta TL-WN722N. Pro měření útlumu je použit program Wavemon, který je nainstalován na notebooku v operačním systému Linux Backtrack 5 R3, který běží jako virtuální OS v programu VMware Player .

4.1 Tenda W309R

Tento WI-FI router podporuje standard 802.11n v pásmu 2,4 GHz, který umožňuje při konfiguraci s dvěma anténami komunikaci rychlostí až 300 Mb/s. Zařízení využívá vlastností routeru, domácí internetové brány, bezdrátového přístupového bodu, 4portového switchu a firewallu v jednom. Zařízení je vybaveno dvěma odnímatelnými všesměrovými anténami se ziskem 7 dBi.[14]

Tenda W309R je vhodná jak do menších firem, tak i do domácnosti pro sdílení internetového připojení. Tento router používá nejmodernější bezpečnostní opatření, kterými jsou:

- zabezpečení WPA2-PSK,
- skrytí názvu bezdrátové sítě (SSID),
- filtrování MAC³² adres,
- přesměrování portů,
- filtrování obsahu.[14]

³² MAC – fyzická adresa síťové karty.



Obrázek 29 Tenda
W309R³³

Tabulka 3 Další technické
parametry³⁴

Technické parametry	
Modulace	DSSS ³⁵ , OFDM ³⁶
Šířka kanálu	20 MHz, 40 MHz
Výstupní výkon	<20dBm (EIRP)
Způsob ovládání	http
Rozhraní	1xWAN, 4xLAN, tlačítko RESET
Provedení	vnitřní, desktop
Montáž	zed'/strop
Materiál obalu	Plast
Napájení	9 V 1 A
Spotřeba	6 W
Chlazení	Pasivní
Provozní teplota	0° až 40°C
Rozměry (v x š x h)	32x 172 x 110 mm
Hmotnost	286 g

³³ Zdroj: <http://images.zbozi.cz/zbozi-images/529268238b6ff96ed6160000.jpg>

³⁴ Zdroj: <http://www.tenda.cz/pro-domacnost/wifi-routery-n/w309r/tenda-w309r-wireless-n-router-80211bgn-24-ghz-300-mbs-1x-wan-4x>

³⁵ DSSS - přenos pomocí širokého spektra frekvencí, pásmo až 22 MHz, modulační metoda používá QPSK.

³⁶ OFDM - je širokopásmová modulace využívající kmitočtové dělení kanálu.

4.1.1 Nastavení Tenda W309R

Do jednoho LAN výstupu WI-FI routeru byl připojen LAN (UTP Cat. 5e) kabel. Poté samotné nastavení probíhá pomocí webového prohlížeče (není nutné nastavovat ve virtuálním PC), kdy je zadána do prohlížeče IP adresa WI-FI routeru (192.168.0.1). Následně se ukáže webová stránka pro zvolení počátečních nastavení, kde je nutné zvolit přístupovou metodu (zde je použita DHCP) a heslo WI-FI sítě. [15]



The screenshot shows the Tenda W309R web interface. At the top, the Tenda logo is displayed in orange, followed by the text "Internet Access" in blue. Below this, there are two radio buttons for "Access Method": "ADSL Dial-up" (unselected) and "DHCP" (selected). A link "For other access methods, click 'Advanced Settings'" is provided. A horizontal line separates this section from the "Wireless encryption" section, which is also in blue. Under "Wireless encryption", there is a text input field containing "D3t3kc30s0bw1f1" and a note "(Default password: 12345678)". At the bottom, there are two buttons: "Ok" and "Cancel".

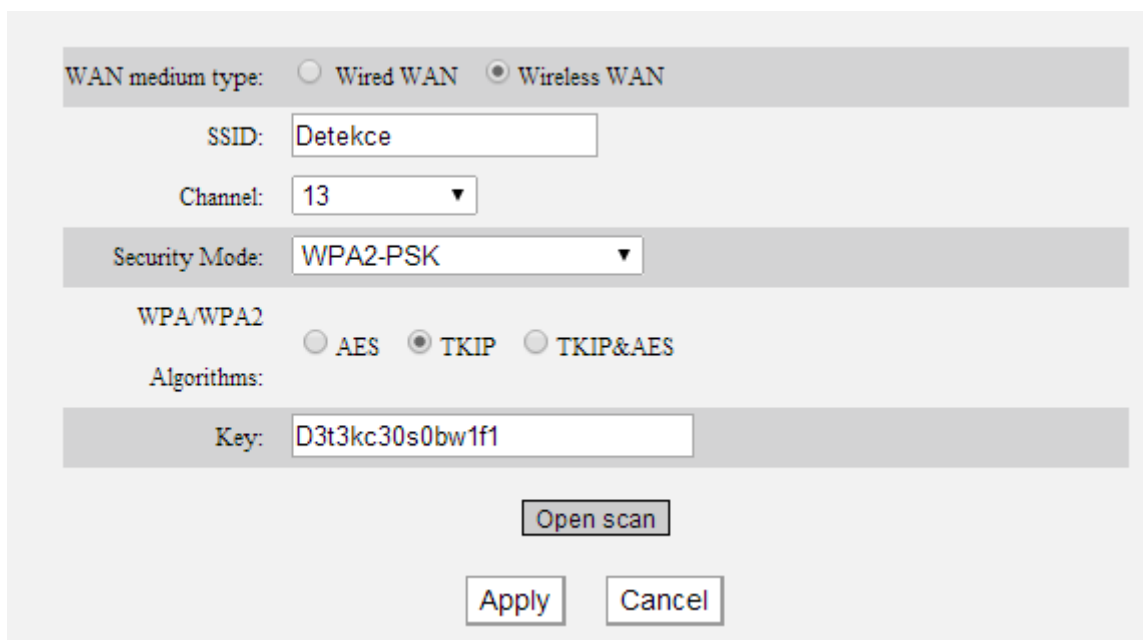
Obrázek 30 Webová stránka s počátečním nastavením

Pro detailnější nastavení sítě je nutné kliknout na odkaz Advanced settings. Po kliknutí naběhne webová stránka s různými možnostmi nastavení, kterými jsou:

- pokročilá nastavení,
- nastavení bezdrátové sítě,
- nastavení DHCP serveru,
- nastavení virtuálního serveru,
- nastavení bezpečnosti,
- nastavení směrování,
- systémové nástroje.[15]

Po kliknutí na jednotlivé odkazy se ukáže několik možností dalšího nastavení WI-FI routeru.[15]

V nabídce pokročilá nastavení a podnabídce WAN typ média se nastaví SSID³⁷ sítě, kanál, po kterém bude WI-FI router vysílat, typ zabezpečení, algoritmus zabezpečení, a klíč, který je stejný z jako heslo nastavené na úvodní stránce.[15]



WAN medium type: Wired WAN Wireless WAN

SSID:

Channel:

Security Mode:

WPA/WPA2 Algorithms: AES TKIP TKIP&AES

Key:

Obrázek 31 Podnabídka WAN typ média

V nabídce nastavení bezdrátové sítě a podnabídce základní nastavení bezdrátové sítě se nastaví síťový mód, sekundární SSID sítě, povolí se broadcast SSID (lépe se přihlašuje do sítě), zvolí se šířka pásma kanálu a rozšířený kanál.[15]

³⁷ SSID - je jedinečný identifikátor každé bezdrátové počítačové sítě.

Wireless Working Mode	<input checked="" type="radio"/> Wireless Access Point(AP) <input type="radio"/> Network Bridge(WDS)
Network Mode	11b/g/n mixed mode ▼
primary SSID	Detekce
secondary SSID	Detekce
Broadcast(SSID)	<input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
AP Isolation	<input type="radio"/> Enable <input checked="" type="radio"/> Disable
Channel	2472MHz (Channel 13) ▼
WMM Capable	<input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
APSD Capable	<input type="radio"/> Enable <input checked="" type="radio"/> Disable
Channel Bandwidth	<input type="radio"/> 20 <input checked="" type="radio"/> 20/40
Extension Channel	2452MHz (Channel 9) ▼

Obrázek 32 Podnabídka základní nastavení bezdrátové sítě

V nabídce nastavení DHCP serveru a podnabídce DHCP server je nutné nastavit rozsah adres, které budou stanicím přidělovány.[15]

DHCP Server	<input checked="" type="checkbox"/> Enable
IP pool start address	192.168.0. 100
IP pool end address	192.168.0. 105
Lease Time	One day ▼
<input type="button" value="Ok"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

Obrázek 33 Nastavení DHCP serveru

V systémových nástrojích v podnabídce nastavení času je nutné nastavit čas.

Time zone:	(GMT+01:00)Belgrade, Bratislava, Budapest, Ljubljana, Prague ▼					
(Note: GMT time can only be got after accessing to the Internet.)						
Customized time:	<input type="checkbox"/>					
2013	Year 11	Month 28	Date 17	Hour 30	Minute 1	Second
<input type="button" value="Ok"/> <input type="button" value="Cancel"/>						

Obrázek 34 Nastavení času

4.2 WI-FI karta TL-WN722N

Bezdrátový USB adaptér, který umožňuje připojení počítače nebo přenosného počítače k bezdrátové síti a k vysokorychlostnímu internetu. Zařízení vyhovuje standardu IEEE 802.11n a poskytuje rychlost bezdrátového přenosu až 150 Mb/s.[15]

Toto zařízení umí velmi dobře potlačit ztrátu při přenosu dat na dlouhé vzdálenosti či přes překážky nacházející se v malé kanceláři nebo velkém bytě, a to i v budovách s ocelovou a betonovou konstrukcí.[15]

Mimo jiné obsahuje technologii CCA (Clear Channel Assesment), která automaticky zamezuje konfliktům kanálů tím, že v případě konfliktu dochází k výběru volného kanálu.[15]

Zařízení je vybaveno externí anténou s vysokým ziskem 4 dBi, kterou lze natáčet do různých směrů tak, aby vyhovovala různým provozním prostředím a dosahovala vyššího výkonu než interní anténa umístěná např. v notebooku. V případě požadavku na delší dosah WI-FI sítě je možné na USB adaptér umístit anténu s ještě vyšším ziskem.[15]



Obrázek 35 TL
– WN722N³⁸

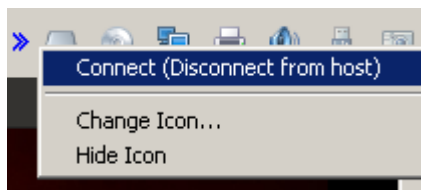
³⁸ Zdroj: <http://cz.tp-link.com/products/details/?model=TL-WN722N>

Tabulka 4 Další technické parametry TL – WN722N³⁹

Standardy bezdrátové sítě	IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b ⁴⁰
Frekvence	2,400–2,4835 GHz
Signální rychlost	11n: až 150 Mb/s (dynamická)
	11g: až 54 Mb/s (dynamická)
	11b: až 11 Mb/s (dynamická)
Výkon	<20 dBm (EIRP)
Bezdrátové režimy	Režim Ad-Hoc/infrastruktury ⁴¹
Zabezpečení bezdrátové sítě	Podpora šifrování 64/128 bit WEP, WPA-PSK/WPA2-PSK. filtrování MAC adres
Rozměry (š*h*v)	93,5 x 26 x 11 mm
Provozní teplota	0° až 40°C

4.2.1 Nastavení WI-FI karty

Po vložení WI-FI karty je nutné kartu v programu VMware player inicializovat.



Obrázek 36 Inicializace WI-FI karty

Dále je nezbytné stáhnout a nainstalovat ovladače pro WI-FI kartu z oficiálních stránek a inicializovat kartu v operačním systému Linux Backtrack 5 r3 pomocí několika zadaných příkazů.

`airmon -ng start wlan0` – inicializace WI-FI karty

`iwconfig wlan0 mode managed` – nastavení karty jako klienta

³⁹ Zdroj: <http://cz.tp-link.com/products/details/?model=TL-WN722N#spec>

⁴⁰ IEEE 802.11 je standard pro lokální bezdrátové sítě. Jednotlivá písmenná označení určují různou rychlost, pásmo, modulaci WI-FI sítě a různý rok vydání standardu.

⁴¹ Ad-hoc – komunikace probíhá bez přístupového bodu přímo mezi PC, Infrastruktura – komunikace běží přes přístupový bod.

4.3 Wavemon

Wavemon je program, který monitoruje parametry WI-FI sítě. Klíčové vlastnosti tohoto programu jsou:

- přehledný displej zobrazující všechny důležité informace najednou,
 - např. konfigurace zařízení, šifrování, informace o napájení a síti.
- sloupcový graf pro kvalitní zjištění odstupů signálu od šumu,
- funkce alarm, která si všímá změn v síle signálu,
- histogram, který zobrazuje signál (zisk)/šum (útlum) sítě, ale i SNR,
- zobrazení seznamu přístupových bodů v dosahu,
- ovladatelné konfigurační menu.[17]

Wavemon je volně šiřitelný software pod licencí GNU. To znamená, že může být volně spouštěn, šířen, upravován bez jakýchkoliv omezení.[17]

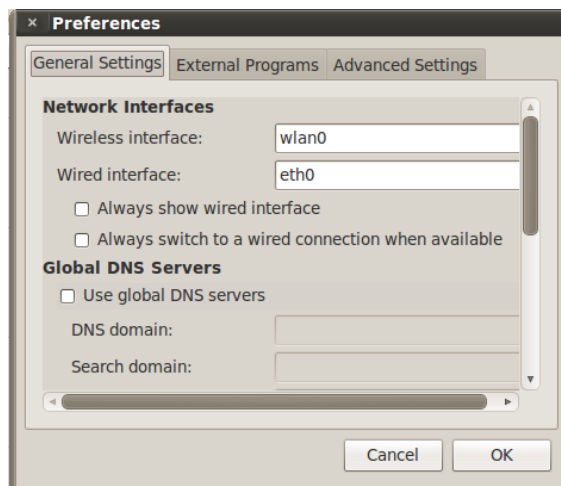


Obrázek 37 Wavemon

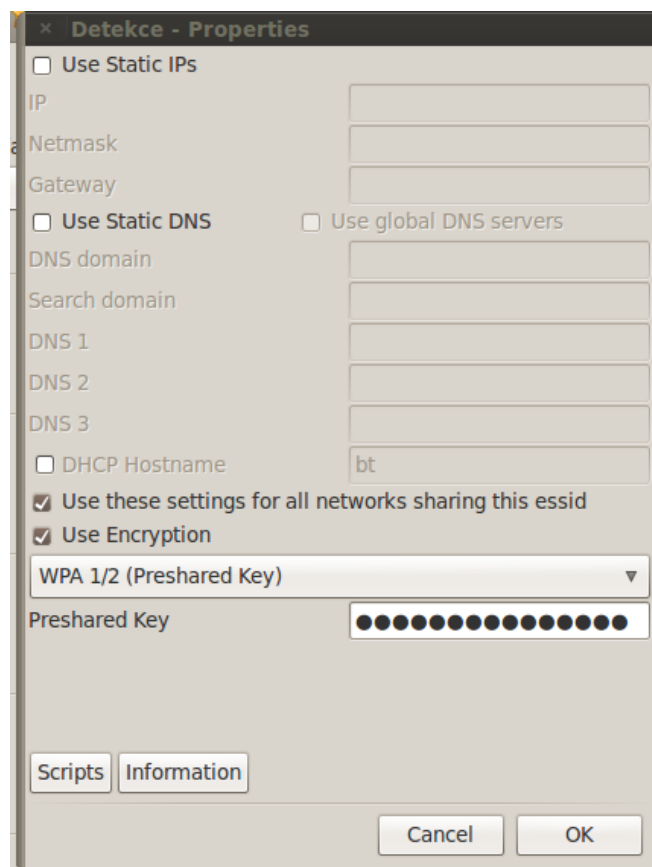
4.3.1 Nastavení v OS Linux Backtrack 5 r3

Přihlášení do WI-FI sítě se provádí pomocí programu Wicd network manager. Před přihlášením do sítě je nezbytné v programu nastavit rozhraní WI-FI sítě a vlastnosti

přihlášení, kterými jsou šifrování a klíč sítě. Poté je možné se k bezdrátové síti připojit tlačítkem connect.



Obrázek 38 Nastavení rozhraní WI-FI sítě



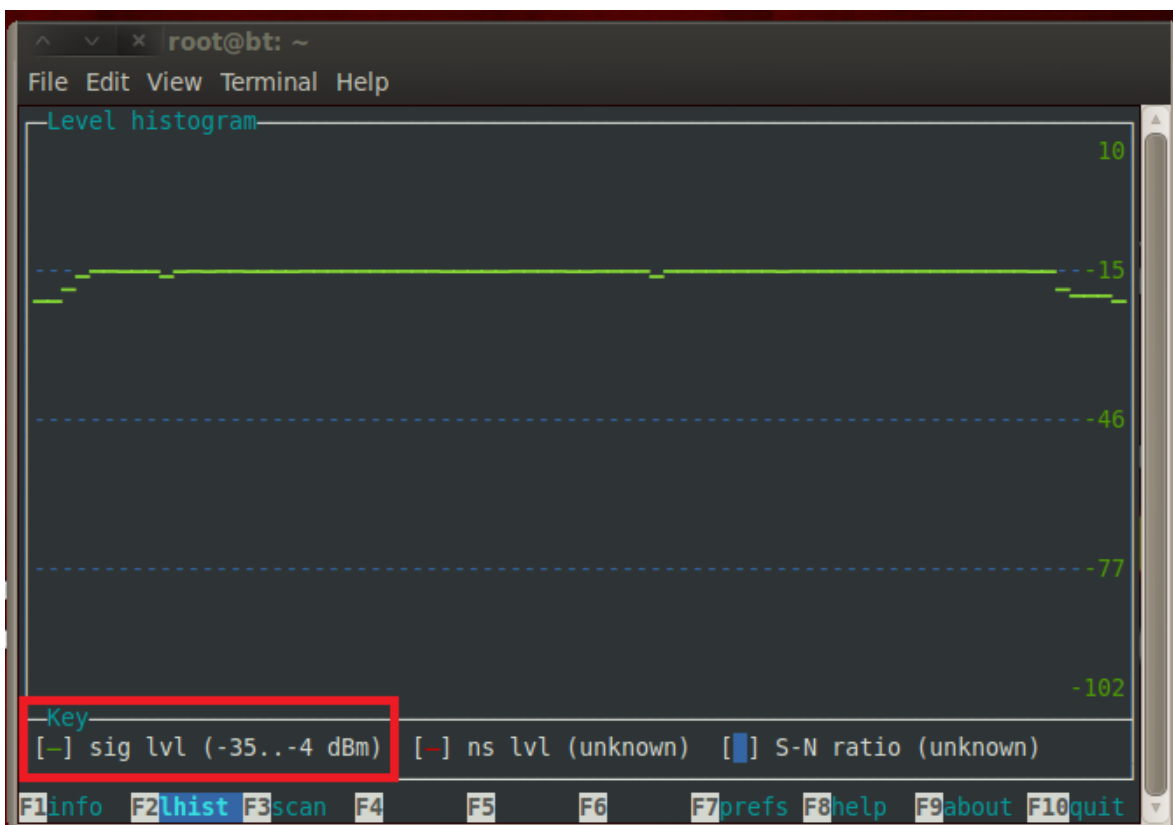
Obrázek 39 Nastavení přihlášení do WI-FI sítě

4.3.2 Nastavení Wavemonu

Instalace Wavemonu je prováděna pomocí příkazového řádku zadáním `apt-get install wavemon`. V samotném Wavemonu je možné nastavit, co měřit (signál/šum, signál, šum), prahové hodnoty měření, pod které když klesne nebo naopak stoupne signál, program to zahlásí pípnutím, zápis dat do grafu (nastaveno po 1s), formát zobrazení měření.

4.3.3 Úprava programu Wavemon

V programu Wavemon je nejprve vyzkoušeno vypsání hodnoty útlumu do souboru. Je nutné upravit soubor `lhist_src.c` v místě, kde jsou vypisovány hodnoty dBm pod graf (v kódu - celý řádek červený) tak, aby hodnoty útlumu, které jsou vypisovány v programu pod grafem (viz obrázek 40), byly vypisovány současně do souboru `log-sig.txt` spolu se současným časem a datem (označeno v kódu tučně).



Obrázek 40 Výpis hodnoty útlumu v programu Wavemon

Upravený kód – výpis hodnoty útlumu:

```
static void display_key(WINDOW *w_key)
{
    /* Clear the (one-line) screen */
    wmove(w_key, 1, 1);
    wclrtoeol(w_key);

    wattrset(w_key, COLOR_PAIR(CP_STANDARD));
    waddch(w_key, '[');
    wattrset(w_key, COLOR_PAIR(CP_STATSIG));
    waddch(w_key, ACS_HLINE);
    wattrset(w_key, COLOR_PAIR(CP_STANDARD));

    wprintw(w_key, "] sig lvl (%s) [", fmt_extrema(&e_signal, "dBm"));

    FILE *f;
    time_t now;
    time(&now);
    f = fopen("log-sig.txt", "a");
    fprintf(f, "%s\t%s\n", ctime(&now), fmt_extrema(&e_signal, "dBm"));
    fclose(f);

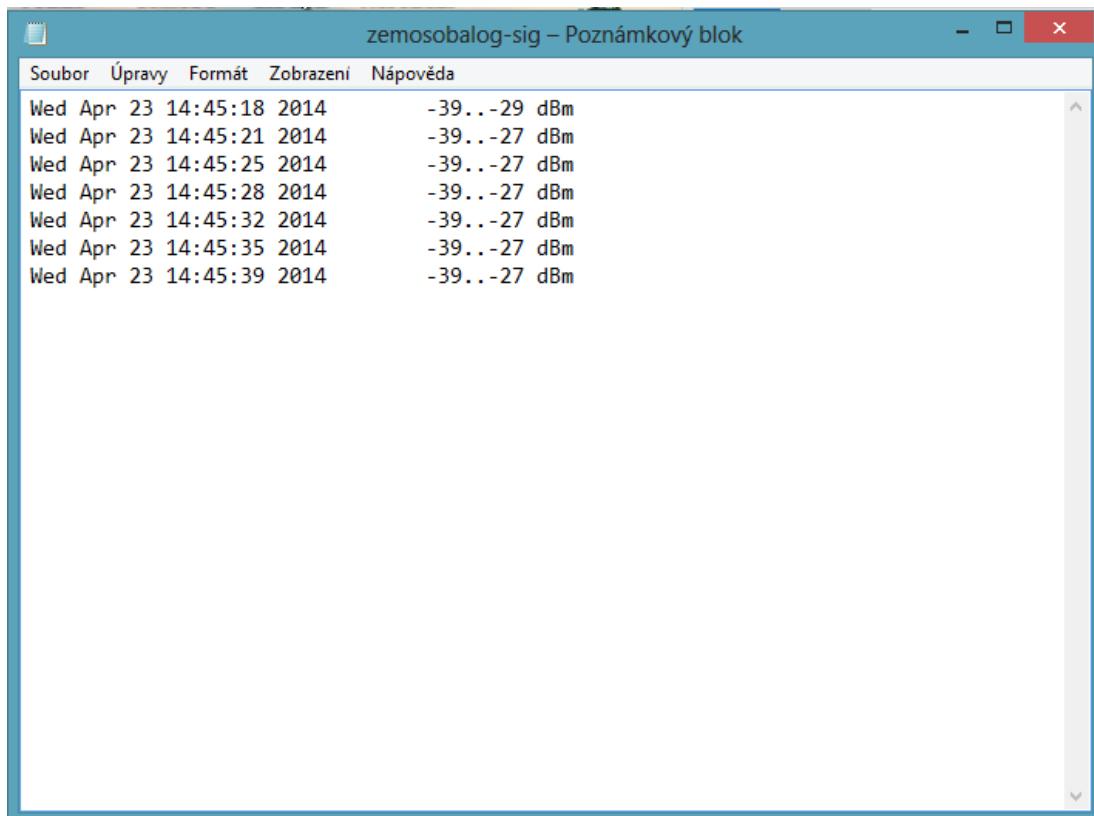
    wattrset(w_key, COLOR_PAIR(CP_STATNOISE));
    waddch(w_key, ACS_HLINE);
    wattrset(w_key, COLOR_PAIR(CP_STANDARD));

    wprintw(w_key, "] ns lvl (%s) [", fmt_extrema(&e_noise, "dBm"));

    wattrset(w_key, COLOR_PAIR(CP_STATSNR));
    waddch(w_key, ' ');

    wattrset(w_key, COLOR_PAIR(CP_STANDARD));
    wprintw(w_key, "] S-N ratio (%s)", fmt_extrema(&e_snr, "dB"));

    wrefresh(w_key);
}
```



Obrázek 41 Ukázka výpisu hodnot útlumu z Wavemonu – log-sig.txt

Jak je možné vidět na obrázku 41, problém nastává v aktualizaci hodnot útlumu (v programu je nastaveno po 1s, ale hodnoty útlumu se mění s výrazným zpožděním, proto je nutné vypisovat hodnoty jinak). Díky tomuto problému je znovu upraven soubor `lhist_src.c` v místě, kde jsou vypisovány hodnoty do grafu, a je pozměněn tak, aby vypisoval hodnotu z grafu a současný čas do souboru `log.txt` (níže v kódu označeno tučně). Výpis tedy neobsahuje přesně útlum v dBm, ale pro měření je lepší využít těchto hodnot, protože mnohem citlivěji reagují na změny v prostředí a jsou, na rozdíl od útlumu, častěji aktualizovány. Útlum lze pak experimentálně dopočítat (viz níže). Upravený kód – výpis hodnoty z grafu:

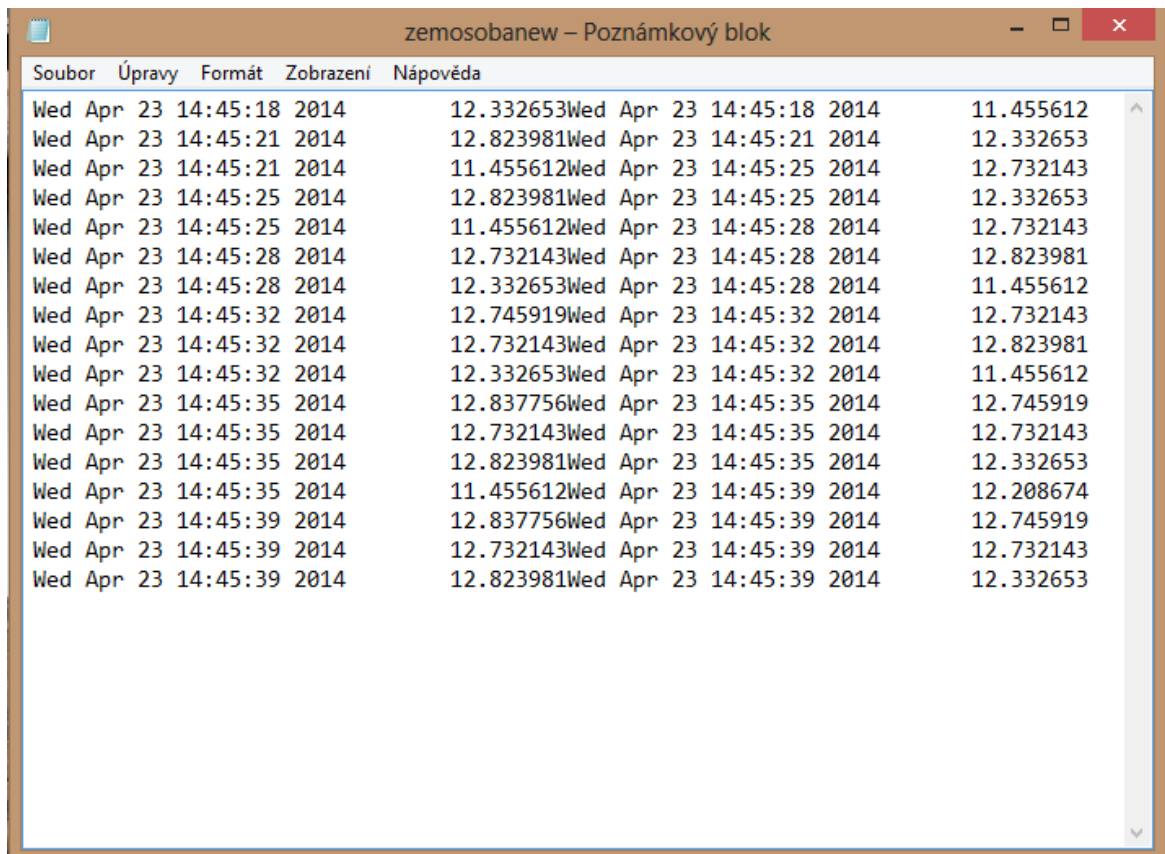
```
static void hist_plot(double yval, int xval, enum colour_pair plot_colour)
{
    FILE *f;
    time_t now;
    time(&now);
    f = fopen("log.txt", "a");
    fprintf(f, "%s\t%f\n", ctime(&now), yval);
    fclose(f);
    double level, fraction;
    ctype ch;
    fraction = modf(yval, &level);
    if (in_range(level, 1, HIST_MAXYLEN))
```



```

{
if (fraction < 0.2)
ch = ACS_S9;
else if (fraction < 0.4)
ch = ACS_S7;
else if (fraction < 0.6)
ch = ACS_HLINE;
else if (fraction < 0.8)
ch = ACS_S3;
else
ch = ACS_S1;
wattrset(w_lhist, COLOR_PAIR(plot_colour) | A_BOLD);
mwwaddch(w_lhist, hist_y(level), hist_x(xval), ch);
}
}

```



Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápvěda
Wed Apr 23 14:45:18 2014				12.332653
Wed Apr 23 14:45:21 2014				12.823981
Wed Apr 23 14:45:21 2014				11.455612
Wed Apr 23 14:45:25 2014				12.823981
Wed Apr 23 14:45:25 2014				11.455612
Wed Apr 23 14:45:28 2014				12.732143
Wed Apr 23 14:45:28 2014				12.823981
Wed Apr 23 14:45:28 2014				12.332653
Wed Apr 23 14:45:32 2014				12.745919
Wed Apr 23 14:45:32 2014				12.732143
Wed Apr 23 14:45:32 2014				12.823981
Wed Apr 23 14:45:32 2014				12.332653
Wed Apr 23 14:45:35 2014				12.837756
Wed Apr 23 14:45:35 2014				12.732143
Wed Apr 23 14:45:35 2014				12.823981
Wed Apr 23 14:45:35 2014				11.455612
Wed Apr 23 14:45:39 2014				12.837756
Wed Apr 23 14:45:39 2014				12.745919
Wed Apr 23 14:45:39 2014				12.732143
Wed Apr 23 14:45:39 2014				12.823981

Obrázek 42 Ukázka výpisu hodnot z grafu – log.txt

5 MĚŘENÍ ÚTLUMU SIGNÁLU

Samotné měření je realizováno v bytě, který se nachází v prvním patře dvougeneračního domu.

Měření je uskutečňováno při různých výškových umístění WI-FI routeru:

- na podlaze,
- 0,8 metrů nad podlahou (výška stolu – časté umístění WI-FI routeru).

Dále je WI-FI router při každém měření umístěn v různých místnostech v bytě z důvodu zjištění nejlepší odchylky v síle signálu v případě, že se v bytě pohybuje narušitel. Notebook zůstává v každém měření na stejném místě z důvodu blízkosti vchodu do bytu.

Měření je prováděno vždy po dobu jedné minuty při různých umístění WI-FI routeru, a to nejprve bez přítomnosti osoby v bytě, a poté v přítomnosti osoby v bytě. Při pohybu osoby v bytě je myšlen její pohyb ve všech místnostech v bytě.

5.1 Výpočet útlumu z naměřených hodnot

Jak je uvedeno výše, díky špatné aktualizaci hodnot útlumu, je nutné ho dopočítat z naměřených hodnot, které se zapisují do grafu. K experimentálnímu výpočtu je nutné získat hodnoty útlumu ve stejném čase jak hodnoty zapisované do grafu v programu Wavemon. K tomu je nutné použít program Wicd Network Manager a nahrávat obrazovku pomocí programu Free Screen To Video. V průběhu měření běží tedy programy Wavemon (pro načítání hodnoty z grafu do souboru), Wicd Network Manager (pro zobrazení aktuálního útlumu signálu v dBm), Time & Date (pro zobrazení aktuálního času) a Free Screen To Video (pro zaznamenání dění na obrazovce).

Na obrázku 43 je vidět (červeně označeno), že v čase 14:31:33 je při prvním měření bez přítomnosti osoby v bytě a umístění WI-FI routeru na chodbě naměřen útlum -28 dBm.



Obrázek 43 Spuštěné programy při měření

V příloze P I je v čase 14:31:33 naměřeno několik hodnot. (viz tabulka 5)

Tabulka 5
Naměřené hodnoty
při útlumu -28 dBm

Hodnota	Čas
12.82	14:31:33
12.73	14:31:33
12.74	14:31:33
12.81	14:31:33
12.77	14:31:33
12.88	14:31:33
12.76	14:31:33
12.75	14:31:33
12.81	14:31:33
12.80	14:31:33
12.79	14:31:33

Výpočet průměrné hodnoty [-]:

$$\frac{12,82 + 12,73 + 12,74 + 12,81 + 12,77 + 12,88 + 12,76 + 12,75 + 12,81 + 12,80 + 12,79}{11} \cong 12,79$$

Jedná se o průměrnou naměřenou hodnotu, která se přibližně rovná -28 dBm. Průměrná naměřená hodnota je využita níže ve výpočtu koeficientu naměřených hodnot a je označena jako „Hnam“.

Při pokusu naměřit hodnotu útlumu -1 dBm byly naměřeny tyto hodnoty:

Tabulka 6
Naměřené hodnoty
při útlumu -1 dBm

Hodnota	Čas
17.23	15:43:55
17.22	15:43:55
17.23	15:43:55
17.25	15:43:55
17.24	15:43:55
17.26	15:43:55
17.23	15:43:55
17.24	15:43:55
17.25	15:43:55
17.31	15:43:55
17.25	15:43:55

Výpočet průměrné hodnoty [-]:

$$\frac{17,23+17,22+17,23+17,25+17,24+17,26+17,23+17,24+17,25+17,31+17,25}{11} \cong 17,25$$

Jedná se o referenční hodnotu, ze které se vychází při výpočtu koeficientu naměřených hodnot.

Odečtením průměrné referenční a naměřené hodnoty je potřeba spočítat koeficient naměřených hodnot „ k_{nam} “:

$$k_{nam} = H_r - H_{nam} = 17,25 - 12,79 = 4,46.$$

V případě výše uvedeného vzorce hodnota „ H_r “ zůstává pro každý výpočet stejná, mění se pouze hodnota „ H_{nam} “.

Vypočtený koeficient „ k_{nam} “ je nutné vztáhnout na -1 dBm, použijeme tedy útlum -28 dBm, který odpovídá průměrné naměřené hodnotě 12,79, výsledek je nazván jako koeficient útlumu „ k_{utl} “ a hodnota zůstává neměnná pro každý koeficient naměřených hodnot:

$$k_{utl} = \frac{k_{nam}}{-28} = \frac{4,46}{-28} \cong -0,15929 \left[\frac{1}{dBm} \right].$$

Vypočtený koeficient je zaokrouhlen na 5 desetinných míst z důvodu použití tohoto koeficientu v každém výpočtu útlumu, aby daný výsledek byl co možná nejpřesnější.

Vytvořený vzorec pro experimentální výpočet útlumu z naměřených hodnot:

$$G_{dBm} = \frac{knam}{kutl} [dBm]$$

5.1.1 Kontrola funkčnosti výpočtu

Pro kontrolu výše uvedených vzorců a funkčnosti celého výpočtu útlumu je použita průměrná hodnota (viz výpočet pod tabulkou 7) z hodnot naměřených v čase 13:27:55 (viz příloha P V):

Tabulka 7 Naměřené hodnoty v čase 13:27:55

Hodnota	Čas
9.09	13:27:55
9.01	13:27:55
9.00	13:27:55
9.04	13:27:55
9.04	13:27:55
9.04	13:27:55
9.04	13:27:55
8.65	13:27:55
8.53	13:27:55

Výpočet průměrné hodnoty [-] „Hnam“ v čase 13:27:55:

$$Hnam = \frac{9,09 + 9,01 + 9,00 + 9,04 + 9,04 + 9,04 + 9,04 + 8,65 + 8,53}{9} \cong 8,93.$$

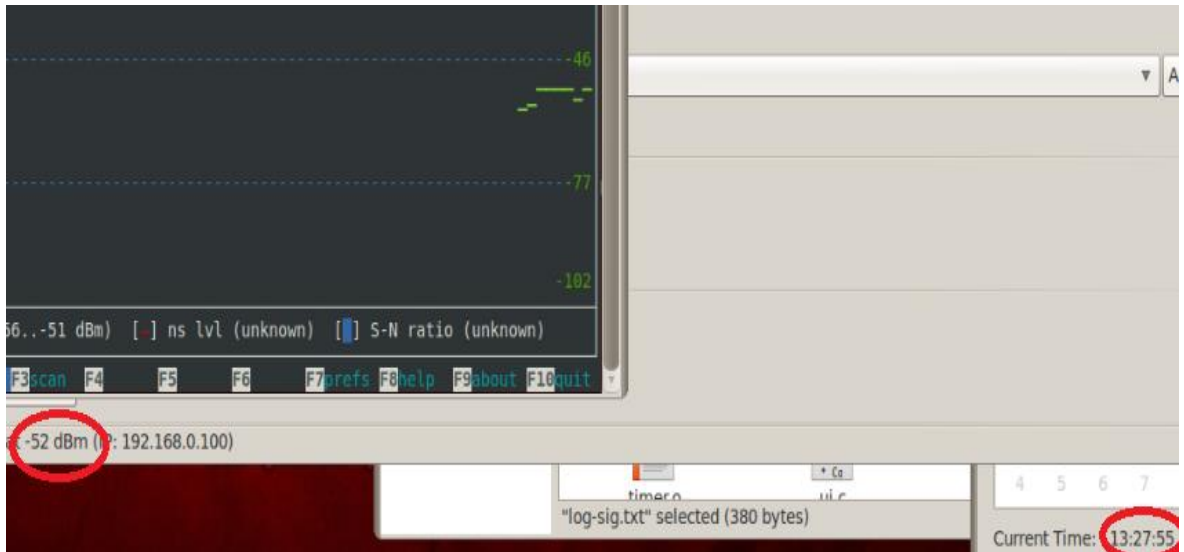
Výpočet koeficientu „knam“:

$$knam = 17,25 - 8,93 = 8,32.$$

Výpočet útlumu v čase 13:27:55:

$$G_{dBm} = \frac{knam}{kutl} = \frac{8,32}{-0,15929} \cong -52,23dBm.$$

Pro ověření výsledku je v čase 13:27:55 udělán print screen obrazovky (viz obrázek 44).

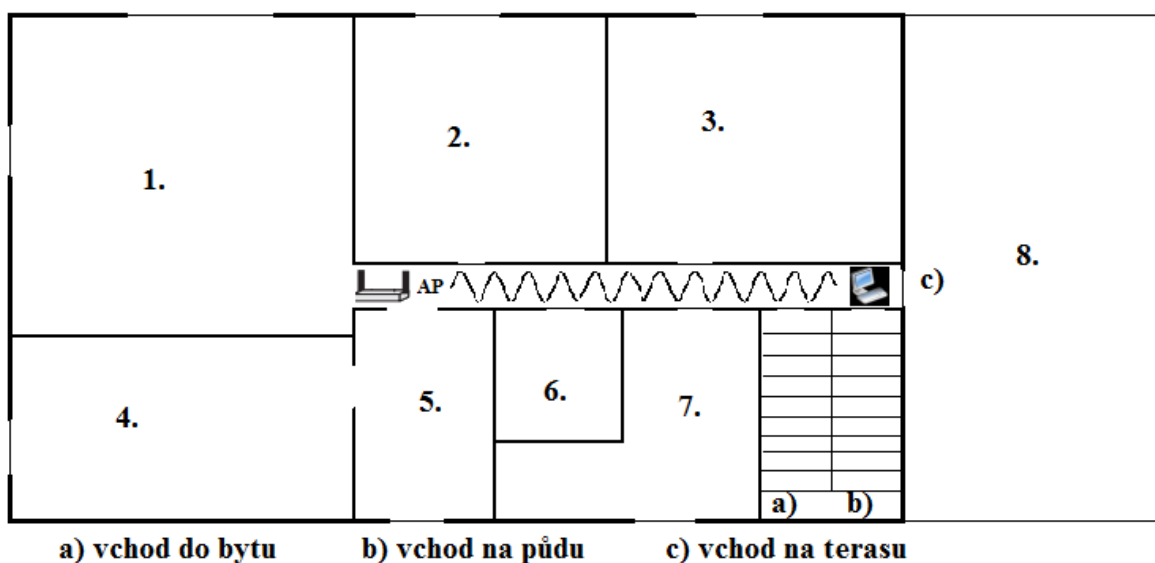


Obrázek 44 Kontrola vypočítaného útlumu

Vypočítaný útlum $G_{dBm} = -52,23$ dBm je tedy, po zaokrouhlení na celá čísla, totožný s útlumem změřeným -52 dBm (červeně označen na obrázku).

5.2 Měření – WI-FI router na chodbě

V tomto měření jsou přístroje k měření (WI-FI router a notebook) umístěny na chodbě (viz obrázek 45). Chodba byla vybrána jako první z toho důvodu, že se jedná o spojnici mezi jednotlivými místnostmi a velká frekventovanost pohybu narušitele je zde nejvíce pravděpodobná.

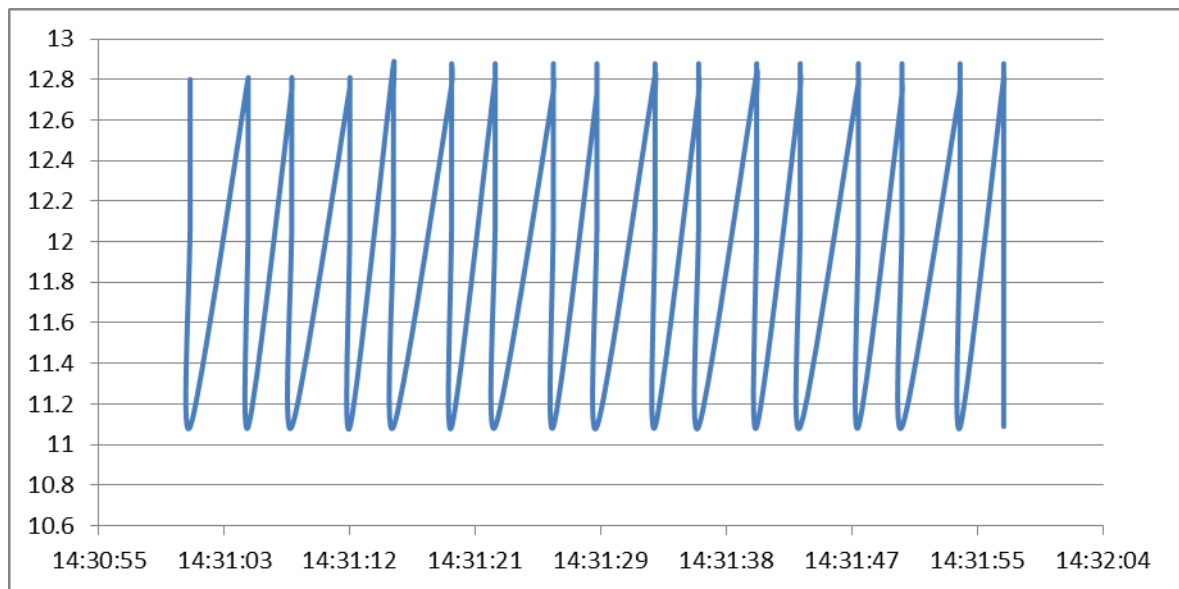


Obrázek 45 Půdorys bytu včetně umístění přístrojů k měření

Notebook zůstává ve výšce skříňky na chodbě, a to je okolo 0,43 m nad podlahou ve vzdálenosti okolo 6 m od WI-FI routeru.

5.2.1 Byt bez přítomnosti osoby – WI-FI router na podlaze

Jedná se o výchozí měření, naměřené hodnoty použité v grafu se nacházejí v příloze P I. Z grafu (obrázek 46) je patrné, že signál je téměř harmonický (lze vyjádřit vzorcem) až na pár menších odchylek, a to především na začátku měření, kdy je amplituda menší jak v dalším průběhu měření. To může být způsobeno např. pohybem vzduchu nebo pohybem osoby po schodech pryč z bytu po začátku měření.



Obrázek 46 Graf naměřených hodnot – byt bez osoby – WI-FI router na chodbě umístění podlaha

Maximální naměřená hodnota je 12,88 a minimální 11,1. Maximální hodnota útlumu signálu v tomto měření je potom:

$$17,25 - 12,88 = 4,37$$

$$\frac{4,37}{-0,15929} \cong -27dBm.$$

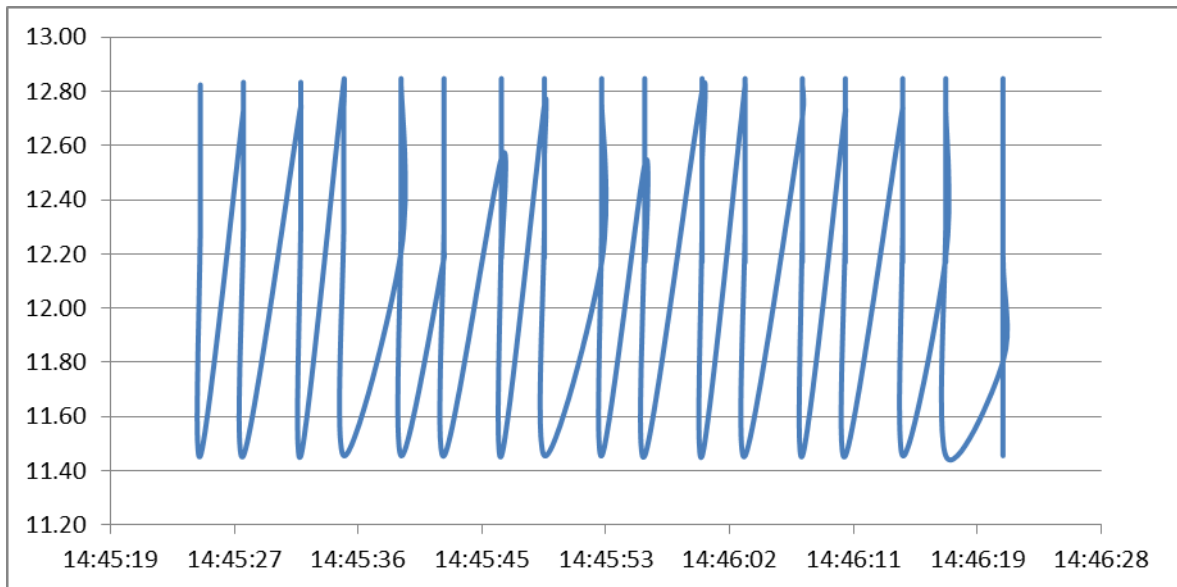
Minimální hodnota útlumu je tedy:

$$17,25 - 11,1 = 6,15$$

$$\frac{6,15}{-0,15929} \cong -39dBm.$$

5.2.2 Pohyb osoby po bytě – WI-FI router na podlaze

Jedná se o měření v případě, když narušitel se nachází v bytě a přemísťuje se z místnosti do místnosti. Hodnoty použité v grafu níže jsou uvedeny v příloze P II. Z grafu je patrné, že se nejedná o harmonický signál. Signál je různě zkreslen a mění se v závislosti na pohybu narušitele v daném prostoru.



Obrázek 47 Graf naměřených hodnot – osoba v bytě – WI-FI router na chodbě umístění podlaha

Maximální naměřená hodnota je 12,84 a minimální 11,46. Maximální hodnota útlumu signálu v tomto měření je potom:

$$17,25 - 12,84 = 4,41$$

$$\frac{4,41}{-0,15929} \cong -28dBm.$$

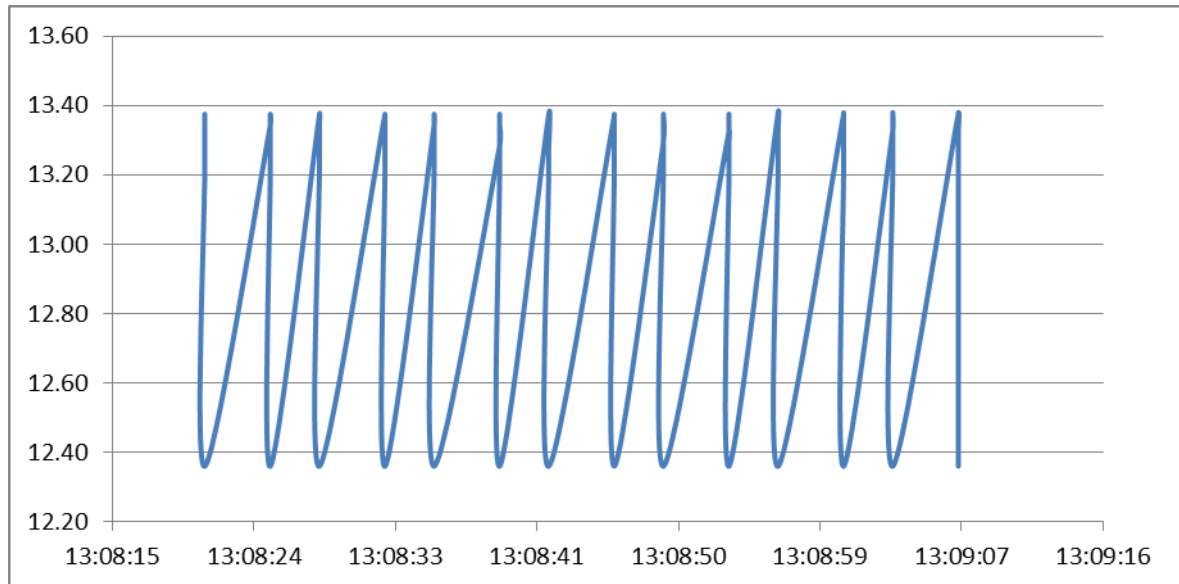
Minimální hodnota útlumu je tedy:

$$17,25 - 11,46 = 5,79$$

$$\frac{5,79}{-0,15929} \cong -36dBm.$$

5.2.3 Byt bez přítomnosti osoby – WI-FI router ve výšce 0,8 m

Jedná se o výchozí měření, ve kterém se WI-FI router nachází ve výšce stolu a to okolo 0,8 m. Naměřené hodnoty použité níže v grafu se nacházejí v příloze P III. Jak je možné vidět z grafu, je signál téměř harmonický až na menší zkreslení signálu při dosáhnutí maxima.



Obrázek 48 Graf naměřených hodnot – byt bez osoby – WI-FI router ve výšce 0,8 m na chodbě

Maximální naměřená hodnota je 13,38 a minimální 12,36. Maximální naměřená hodnota je 12,84 a minimální 11,46. Maximální hodnota útlumu signálu v tomto měření je potom:

$$17,25 - 13,38 = 3,87$$

$$\frac{3,87}{-0,15929} \cong -24dBm.$$

Minimální hodnota útlumu je tedy:

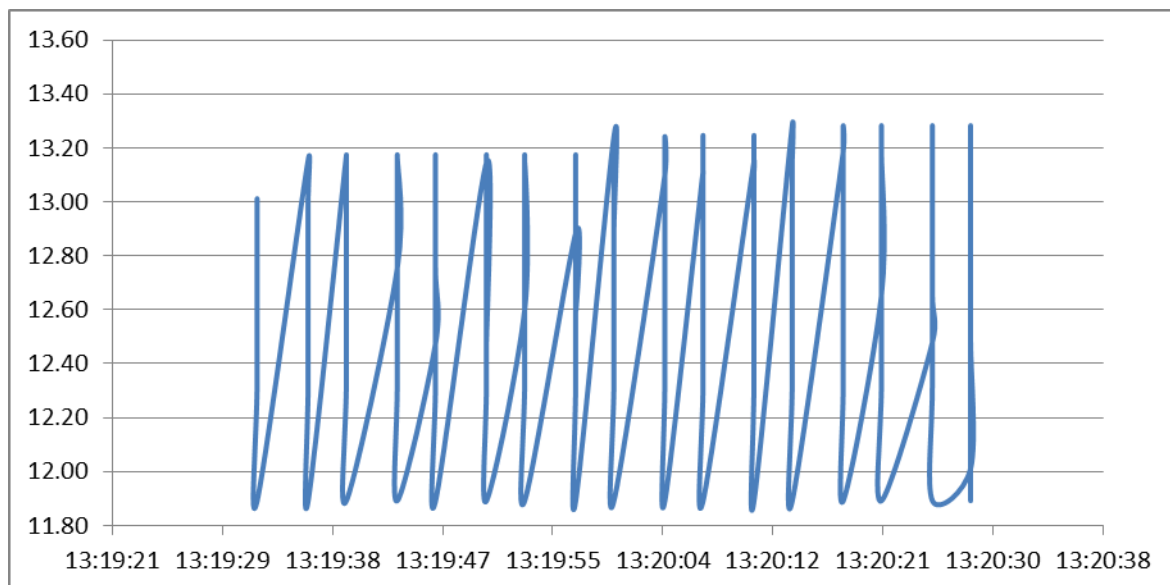
$$17,25 - 12,36 = 4,89$$

$$\frac{4,89}{-0,15929} \cong -31dBm.$$

5.2.4 Pohyb osoby po bytě – WI-FI router ve výšce 0,8 m

Při tomto měření je v bytě přítomen narušitel, který se pohybuje nahodile po celém bytě. WI-FI router se při tomto měření nachází ve výšce stolu a to okolo 0,8 m. Signál je v tomto případě značně zkreslen oproti výše uvedenému výchozímu měření, mění se jak jeho

amplituda, tak i perioda. Naměřené hodnoty použité níže v grafu se nacházejí v příloze P IV.



Obrázek 49 Graf naměřených hodnot – osoba v bytě – WI-FI router ve výšce 0,8 m na chodbě

Maximální naměřená hodnota je 13,28 a minimální 11,89. Maximální hodnota útlumu signálu v tomto měření je potom:

$$17,25 - 13,28 = 3,97$$

$$\frac{3,97}{-0,15929} \cong -25dBm.$$

Minimální hodnota útlumu je tedy:

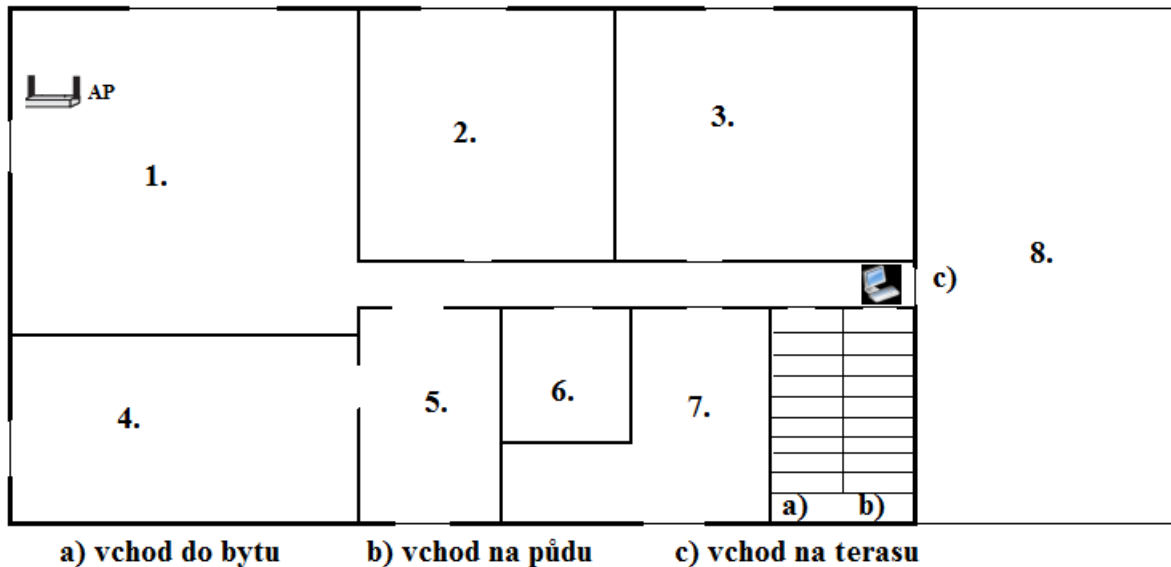
$$17,25 - 11,89 = 5,36$$

$$\frac{5,36}{-0,15929} \cong -34dBm.$$

5.3 Měření WI-FI router v místnosti č. 1

V tomto měření je WI-FI router umístěn v místnosti č. 1 a notebook se nachází, stejně jako v předchozím měření, na skřínce na chodbě. Místnost č. 1 je vybrána z toho důvodu, že se zde nachází majetek nejvyšší hodnoty v bytě. Dalším důvodem je větší vzdálenost od notebooku (okolo 10 m) a přítomnost překážek ve formě zdí a nábytku. Kvůli přítomnosti překážky a nepřímé viditelnosti mezi oběma přístroji bude útlum signálu vyšší a přínosné

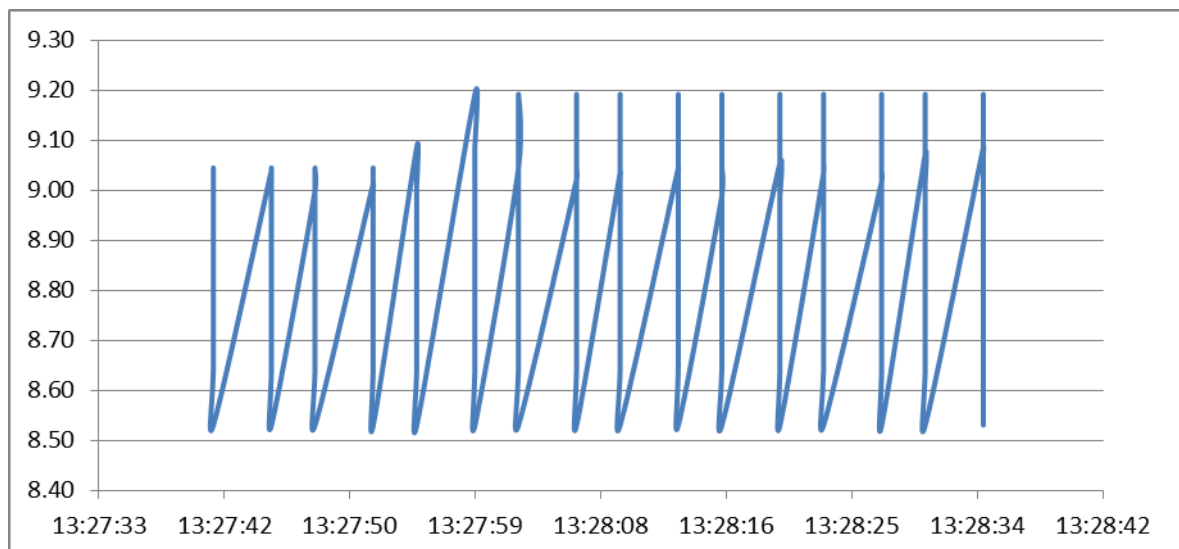
bude sledovat, jakým způsobem se signál chová oproti předchozímu měření, v případě přítomnosti a nepřítomnosti osoby v bytě a různým výškovým umístěním routeru.



Obrázek 50 Půdorys bytu - WI-FI router umístěn v místnosti č. 1

5.3.1 Byt bez přítomnosti osoby – WI-FI router na podlaze

Výchozí měření, při kterém je WI-FI router umístěn v místnosti č. 1 na podlaze. Díky větší vzdálenosti a překážkám (zdi a nábytek), signál v grafu níže vykazuje zkreslení, především se mění jeho amplituda. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze P V.



Obrázek 51 Graf naměřených hodnot – byt bez osoby – WI-FI router v místnosti č. 1 umístění podlaha

Maximální naměřená hodnota je 9,19 a minimální 8,53. Maximální hodnota útlumu signálu v tomto měření je potom:

$$17,25 - 9,19 = 8,06$$

$$\frac{8,06}{-0,15929} \cong -51dBm.$$

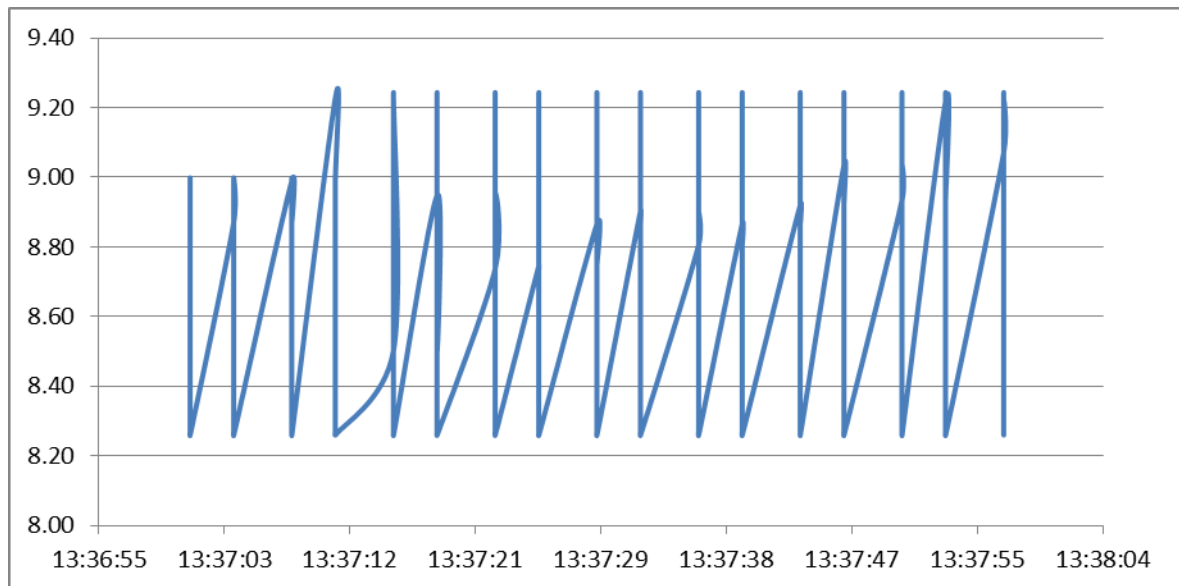
Minimální hodnota útlumu je tedy:

$$17,25 - 8,53 = 8,72$$

$$\frac{8,72}{-0,15929} \cong -55dBm.$$

5.3.2 Pohyb osoby v bytě – WI-FI router na podlaze

Jedná se o měření, jež je realizováno v okamžiku pohybu osoby (narušitele) po bytě. WI-FI router je při měření umístěn v místnosti č. 1 na podlaze. Z grafu uvedeného níže vyplývá, že je u signálu zkreslena amplituda i perioda, a dochází tak k výraznější deformaci signálu jak v předchozím měření, které probíhalo bez přítomnosti osoby. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze P VI.



Obrázek 52 Graf naměřených hodnot – osoba v bytě – WI-FI router v místnosti č. 1 umístění podlaha

Maximální naměřená hodnota je 9,26 a minimální 8,23. Maximální hodnota útlumu signálu v tomto měření je potom:

$$17,25 - 9,26 = 7,99$$

$$\frac{7,99}{-0,15929} \cong -50dBm.$$

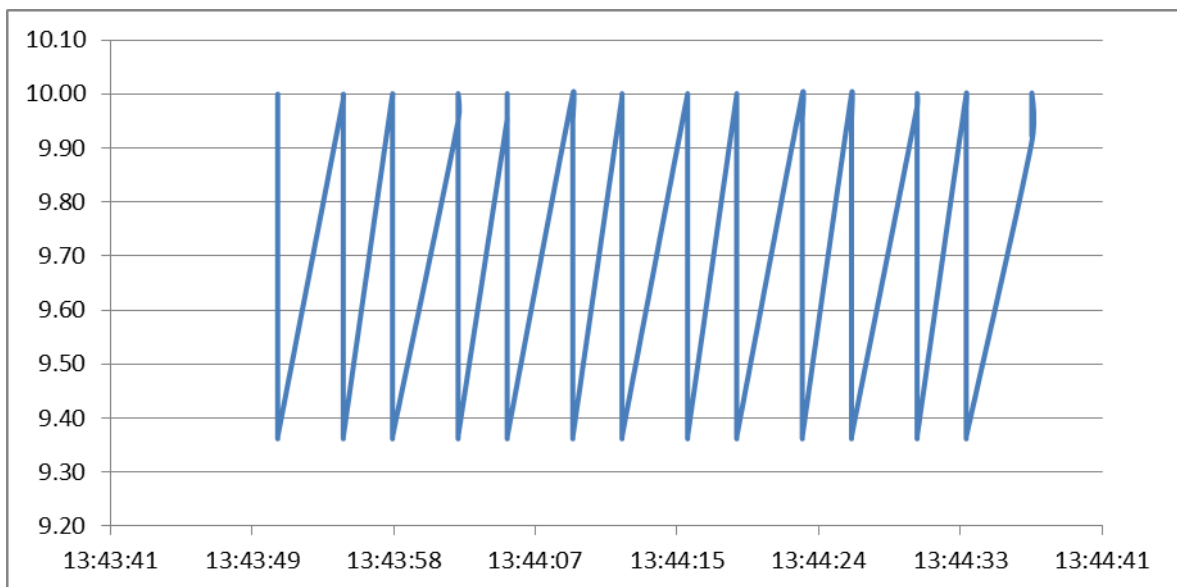
Minimální hodnota útlumu je tedy:

$$17,25 - 8,23 = 9,02$$

$$\frac{9,02}{-0,15929} \cong -57dBm.$$

5.3.3 Byt bez přítomnosti osoby – WI-FI router ve výšce 0,8 m

V tomto měření se WI-FI router nachází ve výšce 0,8 m nad podlahou v místnosti č. 1, což přibližně odpovídá výšce stolu. V průběhu měření se v bytě nikdo nevyskytoval. Jak je možné vidět z grafu níže, signál je téměř harmonický až na mírné odchylky u maxim. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze P VII.



Obrázek 53 Graf naměřených hodnot – byt bez osoby – WI-FI router v místnosti č. 1 umístěn ve výšce 0,8 m

Maximální naměřená hodnota je 10,00 a minimální 9,36. Maximální hodnota útlumu signálu v tomto měření je potom:

$$17,25 - 10,00 = 7,25$$

$$\frac{7,25}{-0,15929} \cong -46dBm.$$

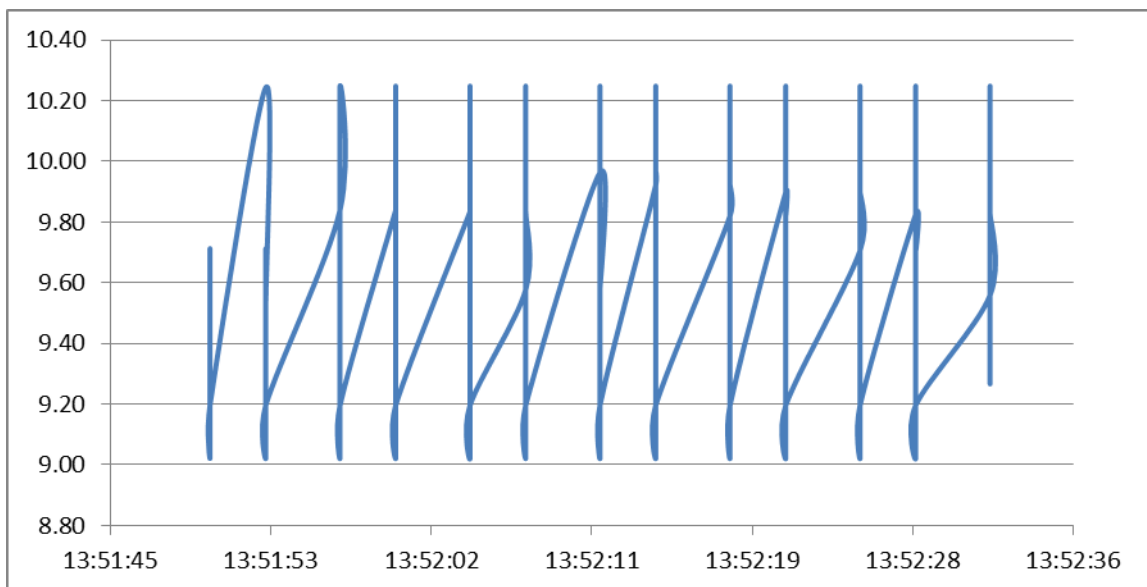
Minimální hodnota útlumu je tedy:

$$17,25 - 9,36 = 7,89$$

$$\frac{7,89}{-0,15929} \cong -50dBm.$$

5.3.4 Pohyb osoby v bytě – WI-FI router ve výšce 0,8 m

Měření probíhalo v případě pohybu osoby po bytě. WI-FI router je umístěn v místnosti č. 1 ve výšce 0,8 m nad podlahou. Z grafu uvedeného níže je patrné, že z důvodu pohybu osoby v bytě dochází ke zkreslení signálu oproti předchozímu měření. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze P VIII.



Obrázek 54 Graf naměřených hodnot – osoba v bytě – WI-FI router v místnosti č. 1 umístěn ve výšce 0,8 m

Maximální naměřená hodnota je 10,24 a minimální 9,02. Maximální naměřená hodnota je 10,00 a minimální 9,36. Maximální hodnota útlumu signálu v tomto měření je potom:

$$17,25 - 10,24 = 7,01$$
$$\frac{7,01}{-0,15929} \cong -44dBm.$$

Minimální hodnota útlumu je tedy:

$$17,25 - 9,02 = 8,23$$
$$\frac{8,23}{-0,15929} \cong -52dBm.$$

6 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ A NÁVRH VYUŽITÍ

Měření bylo prováděno při různém umístění WI-FI routeru (vysílač), a to na chodbě a v místnosti č. 1, vždy ve dvou výškách – na podlaze a ve výšce 0,8 m nad podlahou, a také vždy ve dvou stavech: bez přítomnosti osoby v bytě a s přítomností osoby v bytě. Notebook byl umístěn vždy na jednom místě.

Počet měření je tedy přesně 8. Každé měření trvalo okolo 50 s a bylo v něm naměřeno zhruba 160 hodnot (viz přílohy I – VIII). V každém měření byla určena minimální a maximální hodnota a následně byla z těchto hodnot experimentálně dopočítána hodnota útlumu.

Měření je vyhodnoceno jak celkově, se zaměřením na výběr nejlepšího umístění vzhledem k útlumu signálu, tak i jednotlivě, kde jsou vyhodnoceny naměřené a vypočítané hodnoty jednotlivých měření. Na závěr je obecně navrženo, jakým způsobem lze zabezpečení využít v průmyslu komerční bezpečnosti.

6.1 Vyhodnocení měření

Porovnání všech naměřených a vypočítaných hodnot je zobrazeno v tabulce 8. Tabulka tedy obsahuje:

- výšku a umístění routeru při měření,
- stav – výchozí nebo narušení,
- minimální a maximální hodnotu experimentálně vypočítaného útlumu (minimální a maximální naměřená hodnota),
- rozmezí naměřených hodnot a hodnot útlumu signálu.

Mimo tohoto celkového porovnání hodnot jsou níže vyhodnoceny výsledky jednotlivých měření. Vyhodnocení jednotlivých měření jsou zaměřena na porovnání tabulek, které obsahují naměřené a vypočítané hodnoty, a porovnání grafů v případě nepřítomnosti osoby v bytě (výchozí stav) s tabulkami a grafy v případě přítomnosti osoby v bytě (stav narušení) při různých umístění WI-FI routeru. Především je poukázáno na největší odchylky v útlumu signálu od výchozího stavu a odlišnost rozpětí hodnot (rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou), které jsou naměřeny v určitém čase u obou stavů zároveň. Dále jsou porovnány jednotlivé naměřené hodnoty ve výchozím stavu a stavu narušení.

Tabulka 8 Porovnání všech naměřených a vypočítaných hodnot

Výška routeru/umístění	Stav	Minimální hodnota útlumu (naměřená hodnota)	Maximální hodnota útlumu (naměřená hodnota)	Rozsah hodnot útlumu (rozsah naměřených hodnot)
podlaha/chodba	Výchozí	-39 dBm (11,10)	-27 dBm (12,88)	12 dBm (1,78)
	Narušení	-36 dBm (11,46)	-28 dBm (12,84)	8 dBm (1,38)
0,8 m/chodba	Výchozí	-31 dBm (12,36)	-24 dBm (13,38)	7 dBm (1,02)
	Narušení	-34 dBm (11,89)	-25 dBm (13,28)	9 dBm (1,39)
podlaha/místnost č. 1	Výchozí	-55 dBm (8,53)	-51 dBm (9,19)	4 dBm (0,66)
	Narušení	-57 dBm(8,23)	-50 dBm(9,26)	7 dBm (1,03)
0,8 m/místnost č. 1	Výchozí	-50 dBm(9,36)	-46 dBm(10,00)	4 dBm (0,64)
	Narušení	-52 dBm(9,02)	-44 dBm(10,24)	8 dBm (1,22)

V tabulce 8 je na první pohled poznat, že hodnoty útlumu jsou dopočítávány experimentálně a následně jsou zaokrouhleny na celá čísla v dBm, proto některé z rozsahů útlumu signálu neodpovídají zcela naměřeným hodnotám. Avšak pro přibližnou informaci o hodnotě útlumu jsou dané hodnoty odpovídající.

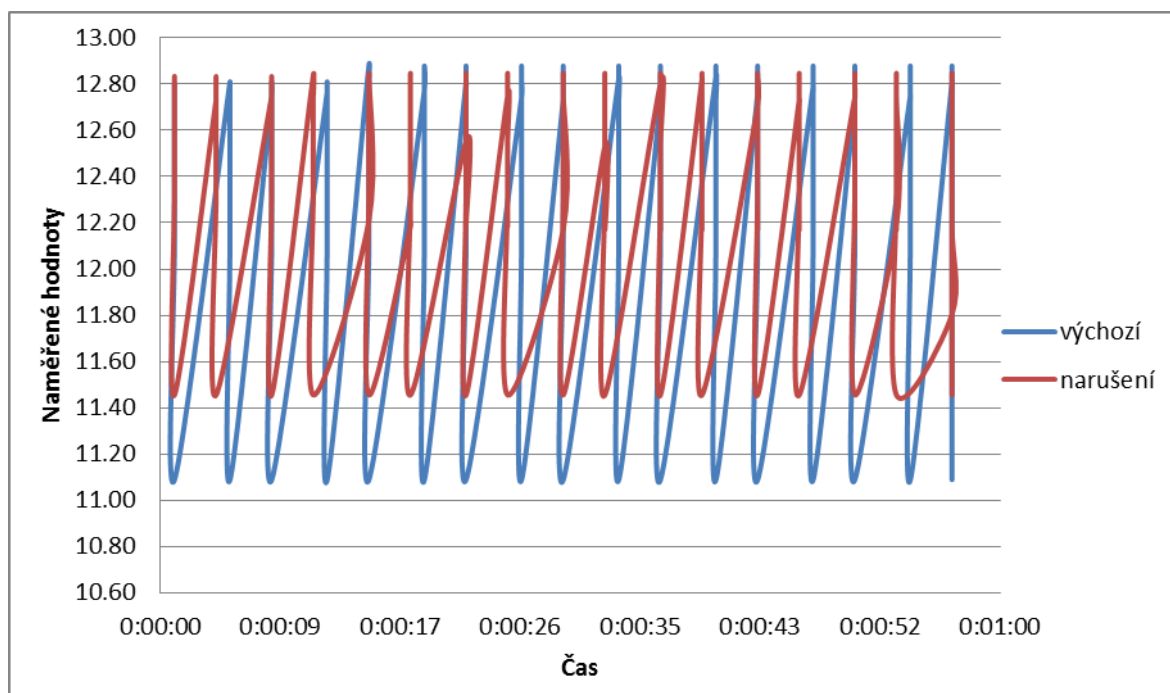
Přínosné je pozorovat, že v téměř každém měření (mimo měření podlaha/chodba) je rozsah hodnot vyšší ve stavu narušení oproti výchozímu stavu, což může být důsledek pohybu osoby po bytě. Z tohoto pohledu je, z hlediska detekce osoby, nejlepší umístění WI-FI routeru v místnosti č. 1 ve výšce 0,8 m nad podlahou, tedy přeneseno do obecných předpokladů měl by být umístěn za určitou překážkou ve formě zdi, nábytku ve vzdálenosti 15 m od notebooku, který by měl být umístěn ve výšce okolo 0,32 m nad zemí.

Dalším přínosným faktem je větší kvalita signálu u každého měření, pokud je WI-FI router umístěn 0,8 m nad podlahou. Důvodem je fakt uvedený výše v teoretické části práce, že se signál WI-FI šíří ve formě elipsoidu, pokud je tedy WI-FI router umístěn na podlaze a notebook ve výšce 0,32 m nad zemí, vznikají odrazy signálu od podlahy, které způsobují horší kvalitu signálu.

6.1.1 Vyhodnocení měření – umístění WI-FI routeru - chodba

Tato měření byla provedena na kratší vzdálenost (7 m) mezi přístroji k měření za předpokladu přímé viditelnosti mezi přijímačem a vysílačem.

Níže je možné vidět porovnání grafů a tabulek s naměřenými hodnotami při různém výškovém umístění WI-FI routeru vždy ve dvou stavech (výchozí/narušení).



Obrázek 55 Porovnání grafů – umístění WI-FI routeru chodba – podlaha

Z grafu (obrázek 55) je patrné, že se signál v případě pohybu osoby po bytě určitým způsobem degraduje. V tomto případě maximální hodnoty u obou měření zůstávají téměř stejné, mění se minimální hodnoty, a to tak, že při měření ve výchozím stavu je dosaženo nižších hodnot jak ve stavu narušení.

Dalším rozdílem mezi signály v grafu je po dosažení maximální hodnoty, pravidelná sestupná a následně, po dosažení minimální hodnoty, vzrůstající tendence hodnot u měření ve výchozím stavu oproti nepravidelnosti při měření ve stavu narušení.

Tabulka 9 Porovnání naměřených hodnot
ve 22. vteřině - umístění WI-FI routeru
chodba – podlaha

Výchozí stav		Stav narušení	
12.88	0:00:22	12.55	0:00:22
12.76	0:00:22	12.19	0:00:22
12.75	0:00:22	12.21	0:00:22
12.81	0:00:22	12.84	0:00:22
12.80	0:00:22	12.75	0:00:22
12.79	0:00:22	12.73	0:00:22
12.79	0:00:22	12.73	0:00:22
12.11	0:00:22	12.82	0:00:22
11.09	0:00:22	12.33	0:00:22

U výchozího stavu je rozpětí naměřených hodnot RV:

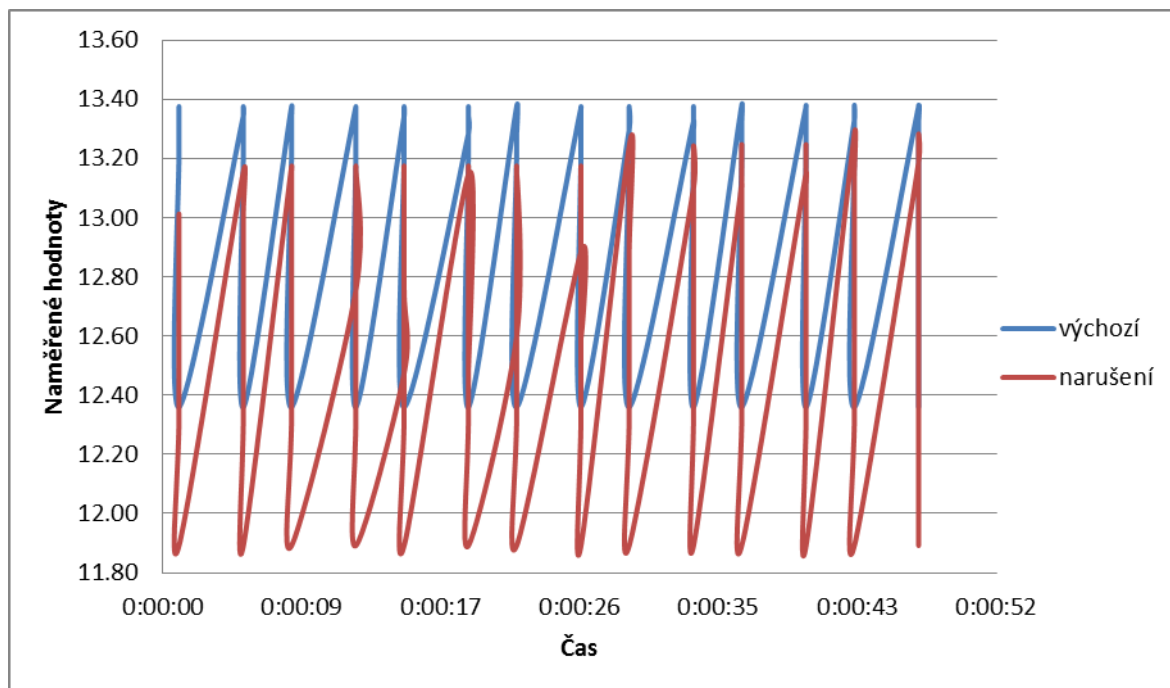
$$RV = 12,88 - 11,09 = 1,79.$$

U stavu narušení je rozpětí naměřených hodnot RN:

$$RN = 12,84 - 12,19 = 0,65.$$

Při porovnání hodnot naměřených u obou měření shodně ve 22. vteřině je z tabulky 9 zřejmý rozdíl v rozpětí naměřených hodnot, které je u výchozího stavu větší jak u stavu narušení.

Výsledky rozpětí naměřených hodnot jsou u výše uvedených měření, vzhledem k ostatním níže zmíněným měřením, velmi neobvyklé. U ostatních měření jsou výsledky rozpětí opačné, tedy u výchozího stavu je rozpětí naměřených hodnot menší jak u stavu narušení. Důsledkem tohoto jevu může být umístění WI-FI routeru na podlaze, a tím způsobením větší odrazivosti elektromagnetických vln nebo přítomnost rušení při měření výchozího stavu.



Obrázek 56 Porovnání grafů – umístění WI-FI routeru chodba – výška 0,8 m

Z grafu (obrázek 56) je zřejmé, že se signál v případě pohybu osoby po bytě určitým způsobem mění. Maximální i minimální hodnoty jsou u obou měření zcela odlišné. Při stavu narušení jsou maximální i minimální naměřené hodnoty nižší jak ve výchozím stavu. Pravidelnost signálu ve výchozím stavu a určitá nepravidelnost u stavu narušení je zde stejná jako u předchozích měření.

Tabulka 10 Porovnání naměřených hodnot ve 26. vteřině - umístění WI-FI routeru chodba – výška 0,8 m

Výchozí stav		Stav narušení	
13.37	0:00:26	12.88	0:00:26
13.38	0:00:26	12.60	0:00:26
13.28	0:00:26	13.15	0:00:26
13.34	0:00:26	12.48	0:00:26
13.38	0:00:26	12.76	0:00:26
13.38	0:00:26	13.17	0:00:26
13.34	0:00:26	13.15	0:00:26
13.38	0:00:26	13.01	0:00:26
13.35	0:00:26	12.33	0:00:26
13.32	0:00:26	11.89	0:00:26

U výchozího stavu je rozpětí naměřených hodnot RV:

$$RV = 13,38 - 13,32 = 0,06.$$

U stavu narušení je rozpětí naměřených hodnot RN:

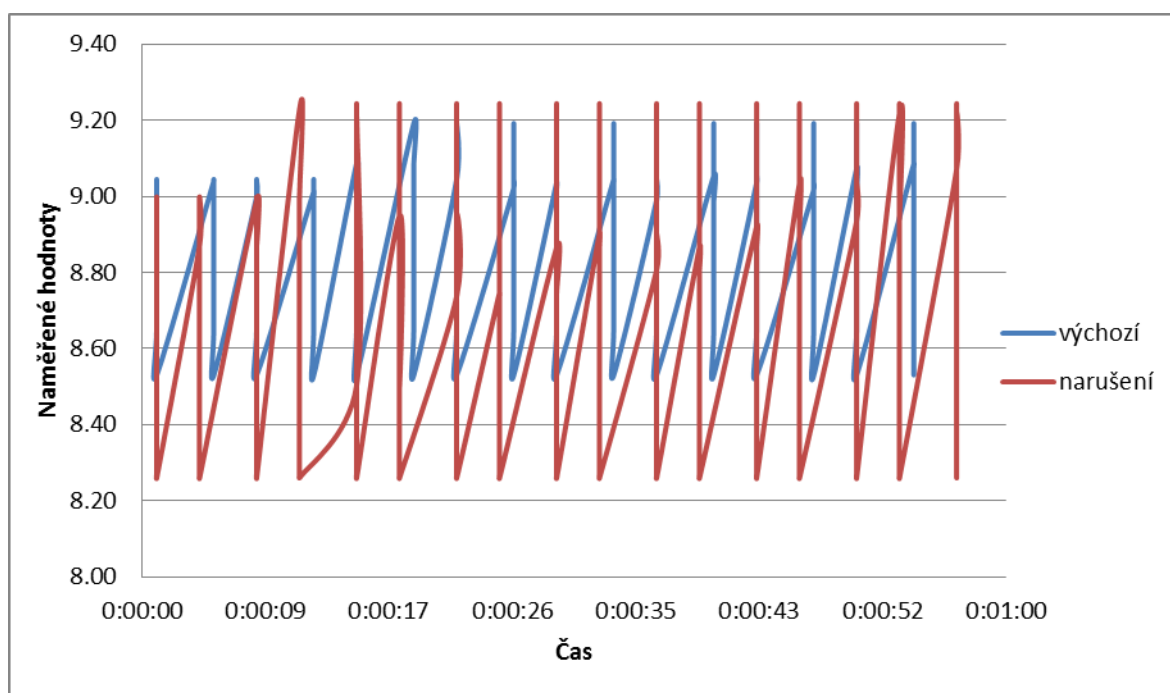
$$RN = 13,17 - 11,89 = 1,27.$$

Při porovnání hodnot naměřených u obou měření shodně ve 26. vteřině je z tabulky 10 zřejmý rozdíl v rozpětí naměřených hodnot, které je u výchozího stavu mnohem menší jak u stavu narušení.

6.1.2 Vyhodnocení měření – umístění WI-FI routeru – místnost č. 1

Tato měření byla provedena na delší vzdálenost (15 m) mezi přijímačem a vysílačem.

Níže je možné vidět porovnání grafů a tabulek s naměřenými hodnotami při různém výškovém umístění WI-FI routeru, vždy ve dvou stavech (výchozí/narušení).



Obrázek 57 Porovnání grafů – umístění WI-FI routeru místnost č. 1 – podlaha

Z grafu (obrázek 57) je zřetelné, že je signál ve výchozím stavu lehce deformován, důsledkem tohoto jevu je množství překážek mezi vysílačem a přijímačem. Maximální naměřené hodnoty jsou zpočátku měření o něco málo nižší a později o něco málo vyšší. Avšak minimální hodnoty naměřené ve stavu narušení jsou výrazně nižší jak minimální hodnoty naměřené ve výchozím stavu.

Tabulka 11 Porovnání naměřených hodnot ve 22. vteřině - umístění WI-FI routeru místnost č. 1 – podlaha

Výchozí stav		Stav narušení	
9.04	0:00:22	8.74	0:00:22
9.19	0:00:22	8.95	0:00:22
9.09	0:00:22	8.50	0:00:22
9.01	0:00:22	9.23	0:00:22
9.00	0:00:22	8.99	0:00:22
9.04	0:00:22	8.87	0:00:22
9.04	0:00:22	9.00	0:00:22
8.65	0:00:22	8.88	0:00:22
8.53	0:00:22	8.27	0:00:22

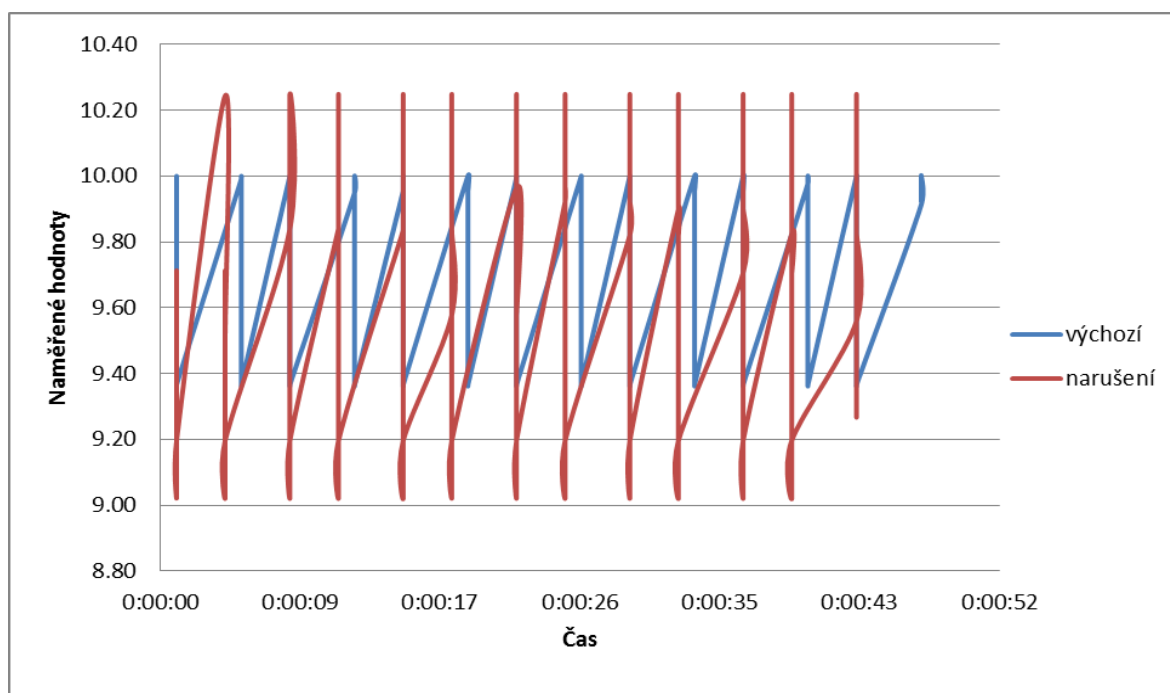
U výchozího stavu je rozpětí naměřených hodnot RV:

$$RV = 9,19 - 8,53 = 0,66.$$

U stavu narušení je rozpětí naměřených hodnot RN:

$$RN = 9,23 - 8,27 = 0,96.$$

Rozpětí naměřených hodnot je ve výchozím stavu menší o 0,3 jak ve stavu narušení, což je vzhledem k předchozímu měření méně, a důsledkem tohoto jevu je umístění WI-FI routeru na podlaze, množství překážek a delší vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem.



Obrázek 58 Porovnání grafů – umístění WI-FI routeru místnost č. 1 – výška 0,8 m

Z grafu (obrázek 58) je zřejmé, že maximální i minimální naměřené hodnoty jsou u obou těchto měření zcela odlišné. Při stavu narušení jsou maximální i minimální naměřené hodnoty mnohem nižší jak při výchozím stavu.

Pravidelnost signálu ve výchozím stavu a určitá nepravidelnost u stavu narušení je zde stejná jako u předchozích měření.

Tabulka 12 Porovnání naměřených hodnot v 8. vteřině - umístění WI-FI routeru místnost č. 1 – výška 0,8 m

Výchozí stav		Stav narušení	
10.00	0:00:08	9.84	0:00:08
9.99	0:00:08	10.24	0:00:08
10.00	0:00:08	9.51	0:00:08
9.97	0:00:08	9.45	0:00:08
10.00	0:00:08	9.71	0:00:08
10.00	0:00:08	9.28	0:00:08
10.00	0:00:08	9.38	0:00:08
9.96	0:00:08	9.51	0:00:08
9.92	0:00:08	9.36	0:00:08
9.93	0:00:08	9.02	0:00:08
9.37	0:00:08	9.20	0:00:08

U výchozího stavu je rozpětí naměřených hodnot R_V :

$$R_V = 10,00 - 9,37 = 0,63.$$

U stavu narušení je rozpětí naměřených hodnot R_N :

$$R_N = 10,24 - 9,02 = 1,22.$$

Rozpětí naměřených hodnot je ve výchozím stavu menší 0,59 jak ve stavu narušení. Tato hodnota není zanedbatelná, ale není i nejvyšší. Nejvyšším rozdílem mezi rozpětími je hodnota vypočítaná v předchozí kapitole při měření (v případě přímé viditelnosti) mezi vysílačem a přijímačem, když je WI-FI router umístěn ve výšce 0,8 m nad podlahou.

6.2 Návrh využití

Při vyhodnocení všech měření bylo zjištěno, že nejvhodnější variantou pro detekci osob pomocí WI-FI je umístění WI-FI routeru v místnosti, v níž je velký předpoklad pohybu narušitele, ve výšce 0,8 m nad podlahou s přímou viditelností na přijímač (notebook), který je vzdálený okolo 7 m.

V měřeních byly zjištěny následující odlišnosti výchozího stavu od stavu narušení:

- změna celkového rozsahu hodnot,
- změna rozpětí hodnot naměřených v určitém čase,
- u stavu narušení výrazně nižší naměřená minimální hodnota.

Pokud by se zabezpečení mělo používat v praxi, tak by bylo nutné naprogramovat reakci na přítomnost narušitele (změnu minimální hodnoty) dopsáním kódu do programu wavemon, a to v následujících krocích:

1. Zpoždění před spuštěním referenčního měření (slouží k odchodu uživatele od zařízení).
2. Spuštění referenčního měření.
3. Určení minimální hodnoty.
4. Vypsání minimální hodnoty do souboru.
5. Spuštění klasického měření.
6. Porovnávání naměřených hodnot s minimální hodnotou naměřenou v referenčním měření.
7. Při vyšším rozdílu mezi minimálními hodnotami – informování pachatele.

Pokud by zabezpečení plně fungovalo, lze jej využít především ve chvílích, když se v bytě absolutně nikdo nenachází, např. rodina odjede na dovolenou, a aby si zabezpečila byt, nastaví si router a PC k detekci.

ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce jsou vysvětleny základní parametry WI-FI sítě. Dále je popsán princip zabezpečení pomocí WI-FI a ostatních běžně používaných zabezpečení. Praktická část obsahuje popis zařízení, které jsou při měření použity, včetně softwaru pomocí kterého je měření provedeno, dále obsahuje měření útlumu, vyhodnocení a návrh využití tohoto měření.

Největším poznatkem, zjištěným při měření, je odlišnost útlumu signálu naměřeného ve výchozím stavu (v bytě se nenacházel žádný člověk) od útlumu signálu naměřeného ve stavu narušení (v bytě se pohybovala osoba). Odlišností se v tomto případě myslí výrazně nižší minimální hodnota naměřená ve stavu narušení, a v důsledku toho i vyšší rozsah naměřených hodnot ve stavu narušení. Ovšem tato odlišnost je zjištěna u třech ze čtyř případů. V prvním případě umístění WI-FI routeru na podlaze na chodbě je tomu přesně naopak, nižších minimálních hodnot je dosaženo při měření ve výchozím stavu. Důvodem tohoto problému může být vznik nepříznivých odrazů při umístění WI-FI routeru na zemi.

Dalším poznatkem je lepší kvalita signálu u měření, při kterých je WI-FI router umístěn ve výšce 0,8 m nad zemí. Důsledkem naměřeného kvalitnějšího signálu je forma šíření elektromagnetický vln v podobě Fresnelovy zóny. Fresnelova zóna je elipsoid, kterým prochází až 90% celkové vysílané energie signálu a v případě umístění WI-FI routeru na zemi není tato zóna zcela propustná, proto vznikají neočekávané odrazy, které mají za následek snížení kvality signálu.

Na závěr práce je nastíněno, jakým způsobem program Wavemon upravit, aby zabezpečení fungovalo, a kde jej lze využít. Aby však zabezpečení fungovalo, zcela bez problémů je nutné provést ještě několik měření na různých místech a v různých podmínkách a podle těchto měření, pak vytvořit nový nebo upravit stávající program.

Ve světě se tímto tématem pár skupinek studentů zabývá, pokud by došlo k propojení těchto skupin v jednu mezinárodní pracovní skupinu myslím si, že by to pomohlo nejen tomuto projektu k lepšímu prosazení na globálním trhu, ale i lidem a celému průmyslu komerční bezpečnosti.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

In the theoretical part of the thesis are explained the basic parameters of the WI-FI network. It is also described the principle of security with WI-FI and other commonly used security. The practical part contains a description of the equipment, which are used in the measurement, including the software with which the measurement is made, further comprising measuring the attenuation, evaluation and proposal of using this measurement.

The largest observation indicated during measurement, the difference signal attenuation measured at baseline (at home to find no one) from signal attenuation measured in a state of disruption (at home ranged person). Differences in this case meant significantly lower minimum value measured in the condition of distortion, and consequently the higher range of the measured values in a state of disturbance. However, this difference is found in three of the four cases. In the first case, the location of the WI-FI router on the floor of the hall is exactly the opposite, lower the minimum value is achieved when measured in default. The reason for this problem could be an adverse reflection upon the location of the WI-FI router on the ground.

Another finding a better signal quality for measurements where the WI-FI router located at a height of 0.8 meters above the ground. As a result of better quality measured signal is a form of electromagnetic wave propagation in the form of a Fresnel zone. Fresnel zone is ellipsoid which extends to 90 % of the total emitted energy signal if the location of WI-FI router on the earth is this zone is completely permeable, therefore unexpected reflections arise which result in a reduction of signal quality.

Finally, we outlined how the programs Wavemon adjust to security work, and where it can be used. However security work, without problems, it is necessary to perform several measurements at different places and in different conditions and according to these measurements, then create a new or edit an existing program.

In a world with this topic a few groups of students engaged, if there was a connection of these groups in one international working group I think it would help not only to this project for the better enforcement of the global market, but also people and the entire commercial security industry.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Jak zapojíme síť: WiFi bez tajemství. *Svět hardware* [online]. 7. 10. 2009, č. 10 [cit. 2013-11-19]. Dostupné z: <http://www.svethardware.cz/jak-zapojime-sit-wifi-bez-tajemstvi/12953-3>
- [2] Wi-Fi síť - vše co jste kdy chtěli vědět 1/2. *PC tuning* [online]. 27. 6. 2008, č. 6 [cit. 2013-11-19]. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/hardware/site-a-internet/11138-wi-fi_site-vse_co_jste_kdy_chteli_vedet_12?start=2
- [3] GOŇA, Stanislav. *Přednášky z předmětu Nadstandardní prvky objektové bezpečnosti*. UTB ve Zlíně, 2010.
- [4] Průvodce výběrem správné antény na Wi-Fi připojení. *Zive.cz* [online]. 18. 9. 2005, č. 9 [cit. 2013-11-20]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/pruvodce-vyberem-spravne-anteny-na-wi-fi-pripojeni/sc-3-a-126652/default.aspx>
- [5] Multimediální učebnice. *Ústav radioelektroniky* [online]. 2010 [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: http://www.urel.feec.vutbr.cz/~raida/multimedia/index.php?nav=def&src=polarizace_vln&bck=2-3-A
- [6] Wi-Fi síť - vše co jste kdy chtěli vědět 1/2. *PC tuning* [online]. 27. 6. 2008, č. 6 [cit. 2013-11-19]. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/hardware/site-a-internet/11138-wi-fi_site-vse_co_jste_kdy_chteli_vedet_12?start=3
- [7] Bezdrátové sítě v telekomunikacích. In: *ČVUT* [online]. 2010 [cit. 2013-11-23]. Dostupné z: www.comtel.cz/files/download.php?id=2803
- [8] Stručná teorie mikrovlnných spojů - rádiové spoje | KAISER DATA. *Kaiser data s.r.o* [online]. 2004 [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: <http://www.bezdratove-telekomunikace.cz/katalog-pojitek/o-radiovych-spojich/5-kvalita-spolehlivost-bezpecnost/>
- [9] LEE, Pius W Q, WINSTON K G SEAH, Hwee-Pink TAN a Zexi YAO. Wireless sensing without sensors—an experimental study of motion/intrusion detection using RF irregularity. *Measurement Science and Technology* [online]. 2010-12-01, vol. 21, issue 12, s. 124007- [cit. 2014-01-29]. DOI: 10.1088/0957-

- 0233/21/12/124007. Dostupné z: <http://stacks.iop.org/0957-0233/21/i=12/a=124007?key=crossref.c3f1bc9637bac67351334a0464c139ca>
- [10] KOLEKTIV, Luděk Lukáš a. *Bezpečnostní technologie, systémy a management I*. 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2011. ISBN 978-808-7500-057.
- [11] CHETTY, K; SMITH, G. E; WOODBRIDGE, K. Through-the-Wall Sensing of Personnel Using Passive Bistatic WiFi Radar at Standoff Distances. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2012, vol. 50, no. 4 s. 1218-1226. ISSN:0196-2892.
- [12] PIDANIČ, Jan. *Metody pro výpočet vzájemné neurčitosti*. Pardubice, 2012. Disertační práce. Univerzita Pardubice.
- [13] ŠTĚPKA, Karel. *Automatické počítání buněk v Bürkerově komůrce*. Brno, 2010. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
- [14] Tenda W309R Wireless-N Router, 802.11b/g/n, 2,4 GHz, 300 Mb/s, 1x WAN, 4x LAN, 2x Ext. Ant. 7 dBi | Tenda | Prodej WiFi n za cenu WiFi g. *Tenda* [online]. 2009 [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: <http://www.tenda.cz/pro-domacnost/wifi-routery-n/w309r/tenda-w309r-wireless-n-router-80211bgn-24-ghz-300-mbs-1x-wan-4x>
- [15] TENDA. *Instalační manuál Tenda W309R*. 2013.
- [16] TL-WN722N - Vítejte u společnosti TP-LINK. *TP-LINK Technologies* [online]. 2013 [cit. 2013-11-26]. Dostupné z: <http://cz.tp-link.com/products/details/?model=TL-WN722N#over>
- [17] Wavemon 802.11 monitor. *DCCP Linux Test Tree* [online]. 2013 [cit. 2013-11-26]. Dostupné z: <http://eden-feed.erg.abdn.ac.uk/wavemon/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

WI-FI	Wireless Fidelity.
dB	Decibel.
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power.
Mb/s	Megabit za sekundu.
SNR	Signal Noise to Ratio.
BER	Bit Error Rate.
PC	Personal Computer.
ECA	Extensive Cancellation Algorithm.
CCF	Cross Correlation Function.
CFAR	Constant False Alarm Rate.
A/D	Analogově digitální.
PIR	Passive Infrared.
Hz	Hertz.
VKV	Velmi krátké vlny.
MW	Microwave.
PZS	Poplachový zabezpečovací systém.
OS	Operační systém.
WPA2-PSK	WI-FI Protected Access – Pre-Shared Key.
SSID	Service Set Identifier.
MAC	Media Access Control.
DSSS	Direct-sequence Spread Spectrum.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
WAN	Wide Area Network.
LAN	Local Area Network.

HTTP	Hypertext Transfer Protocol.
UTP Cat. 5e	Unshielded Twisted Pair Category 5e.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol.
IP	Internet Protocol.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
CCA	Clear Channel Assesment.
USB	Universal Serial Bus.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Parabolická anténa.....	12
Obrázek 2 Drátová anténa.....	12
Obrázek 3 Všesměrová anténa.....	13
Obrázek 4 Sektorová anténa	13
Obrázek 5 Yagi anténa.....	14
Obrázek 6 Polarizace lineárně vertikální	15
Obrázek 7 Polarizace lineárně horizontální	15
Obrázek 8 Kruhová polarizace.....	15
Obrázek 9 Graf závislosti útlumu volným prostředím na vzdálenosti od vysílače.....	16
Obrázek 10 Fresnelova zóna.....	17
Obrázek 11 Komunikační kanál WI-FI [7]	18
Obrázek 12 Ukázka pokrytí	20
Obrázek 13 Vyzařovací diagram sektorové antény.....	20
Obrázek 14 Elektromagnetická vlna	21
Obrázek 15 Elektromagnetické spektrum.....	22
Obrázek 16 WI-FI senzory.....	22
Obrázek 17 Prostor bez pohybu osoby – vysílač a přijímač 3 m nad zemí.....	23
Obrázek 18 Prostor bez pohybu osoby – vysílač a přijímač 1,5 m nad zemí.....	23
Obrázek 19 Přítomnost člověka v detekovaném prostoru – vysílač a přijímač 3 m nad zemí	24
Obrázek 20 Přítomnost člověka v detekovaném prostoru – vysílač a přijímač 1,5 m nad zemí	24
Obrázek 21 Pasivní WI-FI radar – základní schéma zpracování [11]	25
Obrázek 22 Kompletní systém pro detekci cíle[11]	27
Obrázek 23 Útlum signálu vzhledem ke vzdálenosti a rychlosti cíle [11]	28
Obrázek 24 PIR.....	30
Obrázek 25 Znázornění Dopplerova jevu	30
Obrázek 26 Mikrovlnný detektor.....	31
Obrázek 27 Mikrovlnné bariéry.....	32
Obrázek 28 Ultrazvukový detektor pohybu	33
Obrázek 29 Tenda W309R	38

Obrázek 30	Webová stránka s počátečním nastavením	39
Obrázek 31	Podnabídka WAN typ média.....	40
Obrázek 32	Podnabídka základní nastavení bezdrátové sítě	41
Obrázek 33	Nastavení DHCP serveru.....	41
Obrázek 34	Nastavení času.....	41
Obrázek 35	TL – WN722N.....	42
Obrázek 36	Inicializace WI-FI karty.....	43
Obrázek 37	Wavemon	44
Obrázek 38	Nastavení rozhraní WI-FI sítě	45
Obrázek 39	Nastavení přihlášení do WI-FI sítě.....	45
Obrázek 40	Výpis hodnoty útlumu v programu Wavemon	46
Obrázek 41	Ukázka výpisu hodnot útlumu z Wavemonu – log-sig.txt.....	48
Obrázek 42	Ukázka výpisu hodnot z grafu – log.txt	49
Obrázek 43	Spuštěné programy při měření.....	51
Obrázek 44	Kontrola vypočítaného útlumu	54
Obrázek 45	Půdorys bytu včetně umístění přístrojů k měření	54
Obrázek 46	Graf naměřených hodnot – byt bez osoby – WI-FI router na chodbě umístění podlaha.....	55
Obrázek 47	Graf naměřených hodnot – osoba v bytě – WI-FI router na chodbě umístění podlaha.....	56
Obrázek 48	Graf naměřených hodnot – byt bez osoby – WI-FI router ve výšce 0,8 m na chodbě.....	57
Obrázek 49	Graf naměřených hodnot – osoba v bytě – WI-FI router ve výšce 0,8 m na chodbě.....	58
Obrázek 50	Půdorys bytu - WI-FI router umístěn v místnosti č. 1	59
Obrázek 51	Graf naměřených hodnot – byt bez osoby – WI-FI router v místnosti č. 1 umístění podlaha.....	59
Obrázek 52	Graf naměřených hodnot – osoba v bytě – WI-FI router v místnosti č. 1 umístění podlaha.....	60
Obrázek 53	Graf naměřených hodnot – byt bez osoby – WI-FI router v místnosti č. 1 umístěn ve výšce 0,8 m	61
Obrázek 54	Graf naměřených hodnot – osoba v bytě – WI-FI router v místnosti č. 1 umístěn ve výšce 0,8 m	62

Obrázek 55 Porovnání grafů – umístění WI-FI routeru chodba – podlaha.....	66
Obrázek 56 Porovnání grafů – umístění WI-FI routeru chodba – výška 0,8 m.....	68
Obrázek 57 Porovnání grafů – umístění WI-FI routeru místnost č. 1 – podlaha.....	69
Obrázek 58 Porovnání grafů – umístění WI-FI routeru místnost č. 1 – výška 0,8 m.....	70

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Porovnání typů zabezpečení prostoru	34
Tabulka 2 Výhody a nevýhody zabezpečení pomocí WI-FI připojení	35
Tabulka 3 Další technické parametry.....	38
Tabulka 4 Další technické parametry TL – WN722N	43
Tabulka 5 Naměřené hodnoty při útlumu -28 dBm	51
Tabulka 6 Naměřené hodnoty při útlumu -1 dBm	52
Tabulka 7 Naměřené hodnoty v čase 13:27:55	53
Tabulka 8 Porovnání všech naměřených a vypočítaných hodnot	65
Tabulka 9 Porovnání naměřených hodnot ve 22. vteřině - umístění WI-FI routeru chodba – podlaha.....	67
Tabulka 10 Porovnání naměřených hodnot ve 26. vteřině - umístění WI-FI routeru chodba – výška 0,8 m.....	68
Tabulka 11 Porovnání naměřených hodnot ve 22. vteřině - umístění WI-FI routeru místnost č. 1 – podlaha.....	70
Tabulka 12 Porovnání naměřených hodnot v 8. vteřině - umístění WI-FI routeru místnost č. 1 – výška 0,8 m	71

SEZNAM PŘÍLOH

- PI Hodnoty – byt bez osoby – WI-FI router chodba zem
- PII Hodnoty – osoba v bytě – WI-FI router chodba zem
- PIII Hodnoty – byt bez osoby – WI-FI router chodba výška 0,8 m
- PIV Hodnoty – osoba v bytě – WI-FI router chodba výška 0,8 m
- PV Hodnoty – byt bez osoby – WI-FI router místnost č. 1 zem
- PVI Hodnoty – osoba v bytě – WI-FI router místnost č. 1 zem
- PVII Hodnoty – byt bez osoby – WI-FI router místnost č. 1 výška 0,8 m
- PVIII Hodnoty – osoba v bytě – WI-FI router místnost č. 1 výška 0,8 m

PI: HODNOTY - BYT BEZ OSOBY – WI-FI ROUTER CHODBA ZEM

Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas
12.80	14:31:01	12.80	14:31:19	11.09	14:31:29	12.81	14:31:40
12.79	14:31:01	12.79	14:31:19	12.82	14:31:33	12.80	14:31:40
12.79	14:31:01	12.79	14:31:19	12.73	14:31:33	12.79	14:31:40
12.11	14:31:01	12.11	14:31:19	12.74	14:31:33	12.79	14:31:40
11.09	14:31:01	11.09	14:31:19	12.81	14:31:33	12.11	14:31:40
12.81	14:31:05	12.81	14:31:22	12.77	14:31:33	11.09	14:31:40
12.80	14:31:05	12.77	14:31:22	12.88	14:31:33	12.76	14:31:43
12.79	14:31:05	12.88	14:31:22	12.76	14:31:33	12.83	14:31:43
12.79	14:31:05	12.76	14:31:22	12.75	14:31:33	12.73	14:31:43
12.11	14:31:05	12.75	14:31:22	12.81	14:31:33	12.82	14:31:43
11.09	14:31:05	12.81	14:31:22	12.80	14:31:33	12.73	14:31:43
12.75	14:31:08	12.80	14:31:22	12.79	14:31:33	12.74	14:31:43
12.81	14:31:08	12.79	14:31:22	12.79	14:31:33	12.81	14:31:43
12.80	14:31:08	12.79	14:31:22	12.11	14:31:33	12.77	14:31:43
12.79	14:31:08	12.11	14:31:22	11.09	14:31:33	12.88	14:31:43
12.79	14:31:08	11.09	14:31:22	12.73	14:31:36	12.76	14:31:43
12.11	14:31:08	12.74	14:31:26	12.82	14:31:36	12.75	14:31:43
11.09	14:31:08	12.81	14:31:26	12.73	14:31:36	12.81	14:31:43
12.76	14:31:12	12.77	14:31:26	12.74	14:31:36	12.80	14:31:43
12.75	14:31:12	12.88	14:31:26	12.81	14:31:36	12.79	14:31:43
12.81	14:31:12	12.76	14:31:26	12.77	14:31:36	12.79	14:31:43
12.80	14:31:12	12.75	14:31:26	12.88	14:31:36	12.11	14:31:43
12.79	14:31:12	12.81	14:31:26	12.76	14:31:36	11.09	14:31:43
12.79	14:31:12	12.80	14:31:26	12.75	14:31:36	12.79	14:31:47
12.11	14:31:12	12.79	14:31:26	12.81	14:31:36	12.76	14:31:47
11.09	14:31:12	12.79	14:31:26	12.80	14:31:36	12.83	14:31:47
12.88	14:31:15	12.11	14:31:26	12.79	14:31:36	12.73	14:31:47
12.76	14:31:15	11.09	14:31:26	12.79	14:31:36	12.82	14:31:47
12.75	14:31:15	12.73	14:31:29	12.11	14:31:36	12.73	14:31:47
12.81	14:31:15	12.74	14:31:29	11.09	14:31:36	12.74	14:31:47
12.80	14:31:15	12.81	14:31:29	12.83	14:31:40	12.81	14:31:47
12.79	14:31:15	12.77	14:31:29	12.73	14:31:40	12.77	14:31:47
12.79	14:31:15	12.88	14:31:29	12.82	14:31:40	12.88	14:31:47
12.11	14:31:15	12.76	14:31:29	12.73	14:31:40	12.76	14:31:47
11.09	14:31:15	12.75	14:31:29	12.74	14:31:40	12.75	14:31:47
12.77	14:31:19	12.81	14:31:29	12.81	14:31:40	12.81	14:31:47
12.88	14:31:19	12.80	14:31:29	12.77	14:31:40	12.80	14:31:47
12.76	14:31:19	12.79	14:31:29	12.88	14:31:40	12.79	14:31:47
12.75	14:31:19	12.79	14:31:29	12.76	14:31:40	12.79	14:31:47
12.81	14:31:19	12.11	14:31:29	12.75	14:31:40	12.11	14:31:47

P II HODNOTY – OSOBA V BYTĚ – WI-FI ROUTER CHODBA ZEM

Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas
12.73	14:45:25	12.84	14:45:46	11.46	14:45:56	12.73	14:46:07
12.82	14:45:25	12.75	14:45:46	12.80	14:46:00	12.82	14:46:07
12.33	14:45:25	12.73	14:45:46	12.53	14:46:00	12.33	14:46:07
11.46	14:45:25	12.73	14:45:46	12.17	14:46:00	11.46	14:46:07
12.73	14:45:28	12.82	14:45:46	12.75	14:46:00	12.73	14:46:10
12.73	14:45:28	12.33	14:45:46	12.55	14:46:00	12.70	14:46:10
12.82	14:45:28	11.46	14:45:46	12.19	14:46:00	12.82	14:46:10
12.33	14:45:28	12.75	14:45:49	12.21	14:46:00	12.80	14:46:10
11.46	14:45:28	12.55	14:45:49	12.84	14:46:00	12.53	14:46:10
12.75	14:45:32	12.19	14:45:49	12.75	14:46:00	12.17	14:46:10
12.73	14:45:32	12.21	14:45:49	12.73	14:46:00	12.75	14:46:10
12.73	14:45:32	12.84	14:45:49	12.73	14:46:00	12.55	14:46:10
12.82	14:45:32	12.75	14:45:49	12.82	14:46:00	12.19	14:46:10
12.33	14:45:32	12.73	14:45:49	12.33	14:46:00	12.21	14:46:10
11.46	14:45:32	12.73	14:45:49	11.46	14:46:00	12.84	14:46:10
12.84	14:45:35	12.82	14:45:49	12.82	14:46:03	12.75	14:46:10
12.75	14:45:35	12.33	14:45:49	12.80	14:46:03	12.73	14:46:10
12.73	14:45:35	11.46	14:45:49	12.53	14:46:03	12.73	14:46:10
12.73	14:45:35	12.17	14:45:53	12.17	14:46:03	12.82	14:46:10
12.82	14:45:35	12.75	14:45:53	12.75	14:46:03	12.33	14:46:10
12.33	14:45:35	12.55	14:45:53	12.55	14:46:03	11.46	14:46:10
11.46	14:45:35	12.19	14:45:53	12.19	14:46:03	12.74	14:46:14
12.21	14:45:39	12.21	14:45:53	12.21	14:46:03	12.73	14:46:14
12.84	14:45:39	12.84	14:45:53	12.84	14:46:03	12.70	14:46:14
12.75	14:45:39	12.75	14:45:53	12.75	14:46:03	12.82	14:46:14
12.73	14:45:39	12.73	14:45:53	12.73	14:46:03	12.80	14:46:14
12.73	14:45:39	12.73	14:45:53	12.73	14:46:03	12.53	14:46:14
12.82	14:45:39	12.82	14:45:53	12.82	14:46:03	12.17	14:46:14
12.33	14:45:39	12.33	14:45:53	12.33	14:46:03	12.75	14:46:14
11.46	14:45:39	11.46	14:45:53	11.46	14:46:03	12.55	14:46:14
12.19	14:45:42	12.53	14:45:56	12.70	14:46:07	12.19	14:46:14
12.21	14:45:42	12.17	14:45:56	12.82	14:46:07	12.21	14:46:14
12.84	14:45:42	12.75	14:45:56	12.80	14:46:07	12.84	14:46:14
12.75	14:45:42	12.55	14:45:56	12.53	14:46:07	12.75	14:46:14
12.73	14:45:42	12.19	14:45:56	12.17	14:46:07	12.73	14:46:14
12.73	14:45:42	12.21	14:45:56	12.75	14:46:07	12.73	14:46:14
12.82	14:45:42	12.84	14:45:56	12.55	14:46:07	12.82	14:46:14
12.33	14:45:42	12.75	14:45:56	12.19	14:46:07	12.33	14:46:14
11.46	14:45:42	12.73	14:45:56	12.21	14:46:07	11.46	14:46:14
12.55	14:45:46	12.73	14:45:56	12.84	14:46:07	12.19	14:46:17
12.19	14:45:46	12.82	14:45:56	12.75	14:46:07	12.74	14:46:17
12.21	14:45:46	12.33	14:45:56	12.73	14:46:07	12.73	14:46:17

P III HODNOTY - BYT BEZ OSOBY – WI-FI ROUTER CHODBA

VÝŠKA 0,8 M

Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas
13.38	13:08:21	13.38	13:08:35	13.34	13:08:46	13.38	13:08:53
13.35	13:08:21	13.34	13:08:35	13.38	13:08:46	13.37	13:08:53
13.32	13:08:21	13.38	13:08:35	13.38	13:08:46	13.38	13:08:53
13.38	13:08:21	13.35	13:08:35	13.34	13:08:46	13.23	13:08:53
13.37	13:08:21	13.32	13:08:35	13.38	13:08:46	12.36	13:08:53
13.38	13:08:21	13.38	13:08:35	13.35	13:08:46	13.38	13:08:56
13.23	13:08:21	13.37	13:08:35	13.32	13:08:46	13.32	13:08:56
12.36	13:08:21	13.38	13:08:35	13.38	13:08:46	13.30	13:08:56
13.34	13:08:25	13.23	13:08:35	13.37	13:08:46	13.37	13:08:56
13.38	13:08:25	12.36	13:08:35	13.38	13:08:46	13.38	13:08:56
13.35	13:08:25	13.28	13:08:39	13.23	13:08:46	13.28	13:08:56
13.32	13:08:25	13.34	13:08:39	12.36	13:08:46	13.34	13:08:56
13.38	13:08:25	13.38	13:08:39	13.30	13:08:49	13.38	13:08:56
13.37	13:08:25	13.38	13:08:39	13.37	13:08:49	13.38	13:08:56
13.38	13:08:25	13.34	13:08:39	13.38	13:08:49	13.34	13:08:56
13.23	13:08:25	13.38	13:08:39	13.28	13:08:49	13.38	13:08:56
12.36	13:08:25	13.35	13:08:39	13.34	13:08:49	13.35	13:08:56
13.38	13:08:28	13.32	13:08:39	13.38	13:08:49	13.32	13:08:56
13.34	13:08:28	13.38	13:08:39	13.38	13:08:49	13.38	13:08:56
13.38	13:08:28	13.37	13:08:39	13.34	13:08:49	13.37	13:08:56
13.35	13:08:28	13.38	13:08:39	13.38	13:08:49	13.38	13:08:56
13.32	13:08:28	13.23	13:08:39	13.35	13:08:49	13.23	13:08:56
13.38	13:08:28	12.36	13:08:39	13.32	13:08:49	12.36	13:08:56
13.37	13:08:28	13.38	13:08:42	13.38	13:08:49	13.38	13:09:00
13.38	13:08:28	13.28	13:08:42	13.37	13:08:49	13.38	13:09:00
13.23	13:08:28	13.34	13:08:42	13.38	13:08:49	13.32	13:09:00
12.36	13:08:28	13.38	13:08:42	13.23	13:08:49	13.30	13:09:00
13.38	13:08:32	13.38	13:08:42	12.36	13:08:49	13.37	13:09:00
13.38	13:08:32	13.34	13:08:42	13.32	13:08:53	13.38	13:09:00
13.34	13:08:32	13.38	13:08:42	13.30	13:08:53	13.28	13:09:00
13.38	13:08:32	13.35	13:08:42	13.37	13:08:53	13.34	13:09:00
13.35	13:08:32	13.32	13:08:42	13.38	13:08:53	13.38	13:09:00
13.32	13:08:32	13.38	13:08:42	13.28	13:08:53	13.38	13:09:00
13.38	13:08:32	13.37	13:08:42	13.34	13:08:53	13.34	13:09:00
13.37	13:08:32	13.38	13:08:42	13.38	13:08:53	13.38	13:09:00
13.38	13:08:32	13.23	13:08:42	13.38	13:08:53	13.35	13:09:00
13.23	13:08:32	12.36	13:08:42	13.34	13:08:53	13.32	13:09:00
12.36	13:08:32	13.37	13:08:46	13.38	13:08:53	13.38	13:09:00
13.34	13:08:35	13.38	13:08:46	13.35	13:08:53	13.37	13:09:00
13.38	13:08:35	13.28	13:08:46	13.32	13:08:53	13.38	13:09:00

PIV - HODNOTY – OSOBA V BYTĚ – WI-FI ROUTER CHODBA

VÝŠKA 0,8 M

Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas
13.01	13:19:32	13.15	13:19:53	13.10	13:20:07	13.01	13:20:14
12.33	13:19:32	13.01	13:19:53	13.24	13:20:07	12.33	13:20:14
11.89	13:19:32	12.33	13:19:53	12.88	13:20:07	11.89	13:20:14
13.15	13:19:36	11.89	13:19:53	12.60	13:20:07	13.19	13:20:18
13.01	13:19:36	12.88	13:19:57	13.15	13:20:07	13.28	13:20:18
12.33	13:19:36	12.60	13:19:57	12.48	13:20:07	13.15	13:20:18
11.89	13:19:36	13.15	13:19:57	12.76	13:20:07	13.11	13:20:18
13.17	13:19:39	12.48	13:19:57	13.17	13:20:07	13.10	13:20:18
13.15	13:19:39	12.76	13:19:57	13.15	13:20:07	13.24	13:20:18
13.01	13:19:39	13.17	13:19:57	13.01	13:20:07	12.88	13:20:18
12.33	13:19:39	13.15	13:19:57	12.33	13:20:07	12.60	13:20:18
11.89	13:19:39	13.01	13:19:57	11.89	13:20:07	13.15	13:20:18
12.76	13:19:43	12.33	13:19:57	13.15	13:20:11	12.48	13:20:18
13.17	13:19:43	11.89	13:19:57	13.11	13:20:11	12.76	13:20:18
13.15	13:19:43	13.24	13:20:00	13.10	13:20:11	13.17	13:20:18
13.01	13:19:43	12.88	13:20:00	13.24	13:20:11	13.15	13:20:18
12.33	13:19:43	12.60	13:20:00	12.88	13:20:11	13.01	13:20:18
11.89	13:19:43	13.15	13:20:00	12.60	13:20:11	12.33	13:20:18
12.48	13:19:46	12.48	13:20:00	13.15	13:20:11	11.89	13:20:18
12.76	13:19:46	12.76	13:20:00	12.48	13:20:11	12.65	13:20:21
13.17	13:19:46	13.17	13:20:00	12.76	13:20:11	13.19	13:20:21
13.15	13:19:46	13.15	13:20:00	13.17	13:20:11	13.28	13:20:21
13.01	13:19:46	13.01	13:20:00	13.15	13:20:11	13.15	13:20:21
12.33	13:19:46	12.33	13:20:00	13.01	13:20:11	13.11	13:20:21
11.89	13:19:46	11.89	13:20:00	12.33	13:20:11	13.10	13:20:21
13.15	13:19:50	13.10	13:20:04	11.89	13:20:11	13.24	13:20:21
12.48	13:19:50	13.24	13:20:04	13.28	13:20:14	12.88	13:20:21
12.76	13:19:50	12.88	13:20:04	13.15	13:20:14	12.60	13:20:21
13.17	13:19:50	12.60	13:20:04	13.11	13:20:14	13.15	13:20:21
13.15	13:19:50	13.15	13:20:04	13.10	13:20:14	12.48	13:20:21
13.01	13:19:50	12.48	13:20:04	13.24	13:20:14	12.76	13:20:21
12.33	13:19:50	12.76	13:20:04	12.88	13:20:14	13.17	13:20:21
11.89	13:19:50	13.17	13:20:04	12.60	13:20:14	13.15	13:20:21
12.60	13:19:53	13.15	13:20:04	13.15	13:20:14	13.01	13:20:21
13.15	13:19:53	13.01	13:20:04	12.48	13:20:14	12.33	13:20:21
12.48	13:19:53	12.33	13:20:04	12.76	13:20:14	11.89	13:20:21
12.76	13:19:53	11.89	13:20:04	13.17	13:20:14	12.48	13:20:25
13.17	13:19:53	13.11	13:20:07	13.15	13:20:14	12.65	13:20:25

P V – HODNOTY – BYT BEZ OSOBY – WI-FI ROUTER MÍSTNOST

Č. 1 ZEM

Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas
9.04	13:27:41	9.00	13:27:59	9.04	13:28:09	9.02	13:28:20
9.04	13:27:41	9.04	13:27:59	9.04	13:28:09	9.04	13:28:20
9.04	13:27:41	9.04	13:27:59	9.04	13:28:09	9.19	13:28:20
8.65	13:27:41	9.04	13:27:59	8.65	13:28:09	9.09	13:28:20
8.53	13:27:41	9.04	13:27:59	8.53	13:28:09	9.01	13:28:20
9.04	13:27:45	8.65	13:27:59	9.04	13:28:13	9.00	13:28:20
9.04	13:27:45	8.53	13:27:59	9.04	13:28:13	9.04	13:28:20
9.04	13:27:45	9.04	13:28:02	9.02	13:28:13	9.04	13:28:20
9.04	13:27:45	9.19	13:28:02	9.04	13:28:13	9.04	13:28:20
8.65	13:27:45	9.09	13:28:02	9.19	13:28:13	9.04	13:28:20
8.53	13:27:45	9.01	13:28:02	9.09	13:28:13	8.65	13:28:20
9.00	13:27:48	9.00	13:28:02	9.01	13:28:13	8.53	13:28:20
9.04	13:27:48	9.04	13:28:02	9.00	13:28:13	9.04	13:28:23
9.04	13:27:48	9.04	13:28:02	9.04	13:28:13	9.05	13:28:23
9.04	13:27:48	9.04	13:28:02	9.04	13:28:13	8.99	13:28:23
9.04	13:27:48	9.04	13:28:02	9.04	13:28:13	9.04	13:28:23
8.65	13:27:48	8.65	13:28:02	9.04	13:28:13	9.04	13:28:23
8.53	13:27:48	8.53	13:28:02	8.65	13:28:13	9.02	13:28:23
9.01	13:27:52	9.02	13:28:06	8.53	13:28:13	9.04	13:28:23
9.00	13:27:52	9.04	13:28:06	8.99	13:28:16	9.19	13:28:23
9.04	13:27:52	9.19	13:28:06	9.04	13:28:16	9.09	13:28:23
9.04	13:27:52	9.09	13:28:06	9.04	13:28:16	9.01	13:28:23
9.04	13:27:52	9.01	13:28:06	9.02	13:28:16	9.00	13:28:23
9.04	13:27:52	9.00	13:28:06	9.04	13:28:16	9.04	13:28:23
8.65	13:27:52	9.04	13:28:06	9.19	13:28:16	9.04	13:28:23
8.53	13:27:52	9.04	13:28:06	9.09	13:28:16	9.04	13:28:23
9.09	13:27:55	9.04	13:28:06	9.01	13:28:16	9.04	13:28:23
9.01	13:27:55	9.04	13:28:06	9.00	13:28:16	8.65	13:28:23
9.00	13:27:55	8.65	13:28:06	9.04	13:28:16	8.53	13:28:23
9.04	13:27:55	8.53	13:28:06	9.04	13:28:16	9.02	13:28:27
9.04	13:27:55	9.04	13:28:09	9.04	13:28:16	9.04	13:28:27
9.04	13:27:55	9.02	13:28:09	9.04	13:28:16	9.05	13:28:27
9.04	13:27:55	9.04	13:28:09	8.65	13:28:16	8.99	13:28:27
8.65	13:27:55	9.19	13:28:09	8.53	13:28:16	9.04	13:28:27
8.53	13:27:55	9.09	13:28:09	9.05	13:28:20	9.04	13:28:27
9.19	13:27:59	9.01	13:28:09	8.99	13:28:20	9.02	13:28:27
9.09	13:27:59	9.00	13:28:09	9.04	13:28:20	9.04	13:28:27
9.01	13:27:59	9.04	13:28:09	9.04	13:28:20	9.19	13:28:27

P VI – HODNOTY – OSOBA V BYTĚ – WI-FI ROUTER MÍSTNOST Č.

1 ZEM

Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas
9.00	13:37:01	8.26	13:37:18	8.95	13:37:32	8.92	13:37:43
8.88	13:37:01	8.74	13:37:22	8.50	13:37:32	8.87	13:37:43
8.27	13:37:01	8.95	13:37:22	9.23	13:37:32	8.81	13:37:43
8.26	13:37:01	8.50	13:37:22	8.99	13:37:32	8.90	13:37:43
8.87	13:37:04	9.23	13:37:22	8.87	13:37:32	8.87	13:37:43
9.00	13:37:04	8.99	13:37:22	9.00	13:37:32	8.75	13:37:43
8.88	13:37:04	8.87	13:37:22	8.88	13:37:32	8.74	13:37:43
8.27	13:37:04	9.00	13:37:22	8.27	13:37:32	8.95	13:37:43
8.26	13:37:04	8.88	13:37:22	8.26	13:37:32	8.50	13:37:43
8.99	13:37:08	8.27	13:37:22	8.81	13:37:36	9.23	13:37:43
8.87	13:37:08	8.26	13:37:22	8.90	13:37:36	8.99	13:37:43
9.00	13:37:08	8.75	13:37:25	8.87	13:37:36	8.87	13:37:43
8.88	13:37:08	8.74	13:37:25	8.75	13:37:36	9.00	13:37:43
8.27	13:37:08	8.95	13:37:25	8.74	13:37:36	8.88	13:37:43
8.26	13:37:08	8.50	13:37:25	8.95	13:37:36	8.27	13:37:43
9.23	13:37:11	9.23	13:37:25	8.50	13:37:36	8.26	13:37:43
8.99	13:37:11	8.99	13:37:25	9.23	13:37:36	9.04	13:37:46
8.87	13:37:11	8.87	13:37:25	8.99	13:37:36	8.92	13:37:46
9.00	13:37:11	9.00	13:37:25	8.87	13:37:36	8.87	13:37:46
8.88	13:37:11	8.88	13:37:25	9.00	13:37:36	8.81	13:37:46
8.27	13:37:11	8.27	13:37:25	8.88	13:37:36	8.90	13:37:46
8.26	13:37:11	8.26	13:37:25	8.27	13:37:36	8.87	13:37:46
8.50	13:37:15	8.87	13:37:29	8.26	13:37:36	8.75	13:37:46
9.23	13:37:15	8.75	13:37:29	8.87	13:37:39	8.74	13:37:46
8.99	13:37:15	8.74	13:37:29	8.81	13:37:39	8.95	13:37:46
8.87	13:37:15	8.95	13:37:29	8.90	13:37:39	8.50	13:37:46
9.00	13:37:15	8.50	13:37:29	8.87	13:37:39	9.23	13:37:46
8.88	13:37:15	9.23	13:37:29	8.75	13:37:39	8.99	13:37:46
8.27	13:37:15	8.99	13:37:29	8.74	13:37:39	8.87	13:37:46
8.26	13:37:15	8.87	13:37:29	8.95	13:37:39	9.00	13:37:46
8.95	13:37:18	9.00	13:37:29	8.50	13:37:39	8.88	13:37:46
8.50	13:37:18	8.88	13:37:29	9.23	13:37:39	8.27	13:37:46
9.23	13:37:18	8.27	13:37:29	8.99	13:37:39	8.26	13:37:46
8.99	13:37:18	8.26	13:37:29	8.87	13:37:39	8.93	13:37:50
8.87	13:37:18	8.90	13:37:32	9.00	13:37:39	9.04	13:37:50
9.00	13:37:18	8.87	13:37:32	8.88	13:37:39	8.92	13:37:50
8.88	13:37:18	8.75	13:37:32	8.27	13:37:39	8.87	13:37:50
8.27	13:37:18	8.74	13:37:32	8.26	13:37:39	8.81	13:37:50

P VII – HODNOTY – BYT BEZ OSOBY – WI-FI ROUTER MÍSTNOST

Č. 1 VÝŠKA 0,8 M

Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas
10.00	13:43:51	10.00	13:44:02	10.00	13:44:12	10.00	13:44:19
9.97	13:43:51	10.00	13:44:02	9.95	13:44:12	9.99	13:44:19
10.00	13:43:51	10.00	13:44:02	9.95	13:44:12	10.00	13:44:19
10.00	13:43:51	9.96	13:44:02	10.00	13:44:12	9.97	13:44:19
10.00	13:43:51	9.92	13:44:02	9.99	13:44:12	10.00	13:44:19
9.96	13:43:51	9.93	13:44:02	10.00	13:44:12	10.00	13:44:19
9.92	13:43:51	9.36	13:44:02	9.97	13:44:12	10.00	13:44:19
9.93	13:43:51	9.37	13:44:02	10.00	13:44:12	9.96	13:44:19
9.36	13:43:51	9.95	13:44:05	10.00	13:44:12	9.92	13:44:19
9.37	13:43:51	9.95	13:44:05	10.00	13:44:12	9.93	13:44:19
9.99	13:43:55	10.00	13:44:05	9.96	13:44:12	9.36	13:44:19
10.00	13:43:55	9.99	13:44:05	9.92	13:44:12	9.37	13:44:19
9.97	13:43:55	10.00	13:44:05	9.93	13:44:12	10.00	13:44:23
10.00	13:43:55	9.97	13:44:05	9.36	13:44:12	9.95	13:44:23
10.00	13:43:55	10.00	13:44:05	9.37	13:44:12	9.95	13:44:23
10.00	13:43:55	10.00	13:44:05	10.00	13:44:16	10.00	13:44:23
9.96	13:43:55	10.00	13:44:05	10.00	13:44:16	9.99	13:44:23
9.92	13:43:55	9.96	13:44:05	10.00	13:44:16	10.00	13:44:23
9.93	13:43:55	9.92	13:44:05	9.95	13:44:16	9.97	13:44:23
9.36	13:43:55	9.93	13:44:05	9.95	13:44:16	10.00	13:44:23
9.37	13:43:55	9.36	13:44:05	10.00	13:44:16	10.00	13:44:23
10.00	13:43:58	9.37	13:44:05	9.99	13:44:16	10.00	13:44:23
9.99	13:43:58	10.00	13:44:09	10.00	13:44:16	9.96	13:44:23
10.00	13:43:58	9.95	13:44:09	9.97	13:44:16	9.92	13:44:23
9.97	13:43:58	9.95	13:44:09	10.00	13:44:16	9.93	13:44:23
10.00	13:43:58	10.00	13:44:09	10.00	13:44:16	9.36	13:44:23
10.00	13:43:58	9.99	13:44:09	10.00	13:44:16	9.37	13:44:23
10.00	13:43:58	10.00	13:44:09	9.96	13:44:16	10.00	13:44:26
9.96	13:43:58	9.97	13:44:09	9.92	13:44:16	9.95	13:44:26
9.92	13:43:58	10.00	13:44:09	9.93	13:44:16	9.95	13:44:26
9.93	13:43:58	10.00	13:44:09	9.36	13:44:16	10.00	13:44:26
9.36	13:43:58	10.00	13:44:09	9.37	13:44:16	9.99	13:44:26
9.37	13:43:58	9.96	13:44:09	10.00	13:44:19	10.00	13:44:26
9.95	13:44:02	9.92	13:44:09	10.00	13:44:19	9.97	13:44:26
10.00	13:44:02	9.93	13:44:09	10.00	13:44:19	10.00	13:44:26
9.99	13:44:02	9.36	13:44:09	10.00	13:44:19	9.96	13:44:26
10.00	13:44:02	9.37	13:44:09	9.95	13:44:19	9.92	13:44:26
9.97	13:44:02	10.00	13:44:12	9.95	13:44:19	9.93	13:44:26

P VIII – HODNOTY – OSOBA V BYTĚ – WI-FI ROUTER MÍSTNOST

Č. 1 VÝŠKA 0,8 M

Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas	Naměřená hodnota [-]	Čas
9.51	13:51:50	9.28	13:52:00	9.84	13:52:11	9.51	13:52:18
9.45	13:51:50	9.38	13:52:00	9.84	13:52:11	9.45	13:52:18
9.71	13:51:50	9.51	13:52:00	10.24	13:52:11	9.71	13:52:18
9.28	13:51:50	9.36	13:52:00	9.51	13:52:11	9.28	13:52:18
9.38	13:51:50	9.02	13:52:00	9.45	13:52:11	9.38	13:52:18
9.51	13:51:50	9.20	13:52:00	9.71	13:52:11	9.51	13:52:18
9.36	13:51:50	9.83	13:52:04	9.28	13:52:11	9.36	13:52:18
9.02	13:51:50	9.84	13:52:04	9.38	13:52:11	9.02	13:52:18
9.20	13:51:50	9.84	13:52:04	9.51	13:52:11	9.20	13:52:18
10.24	13:51:53	10.24	13:52:04	9.36	13:52:11	9.90	13:52:21
9.51	13:51:53	9.51	13:52:04	9.02	13:52:11	9.82	13:52:21
9.45	13:51:53	9.45	13:52:04	9.20	13:52:11	9.92	13:52:21
9.71	13:51:53	9.71	13:52:04	9.92	13:52:14	9.96	13:52:21
9.28	13:51:53	9.28	13:52:04	9.96	13:52:14	9.58	13:52:21
9.38	13:51:53	9.38	13:52:04	9.58	13:52:14	9.83	13:52:21
9.51	13:51:53	9.51	13:52:04	9.83	13:52:14	9.84	13:52:21
9.36	13:51:53	9.36	13:52:04	9.84	13:52:14	9.84	13:52:21
9.02	13:51:53	9.02	13:52:04	9.84	13:52:14	10.24	13:52:21
9.20	13:51:53	9.20	13:52:04	10.24	13:52:14	9.51	13:52:21
9.84	13:51:57	9.58	13:52:07	9.51	13:52:14	9.45	13:52:21
10.24	13:51:57	9.83	13:52:07	9.45	13:52:14	9.71	13:52:21
9.51	13:51:57	9.84	13:52:07	9.71	13:52:14	9.28	13:52:21
9.45	13:51:57	9.84	13:52:07	9.28	13:52:14	9.38	13:52:21
9.71	13:51:57	10.24	13:52:07	9.38	13:52:14	9.51	13:52:21
9.28	13:51:57	9.51	13:52:07	9.51	13:52:14	9.36	13:52:21
9.38	13:51:57	9.45	13:52:07	9.36	13:52:14	9.02	13:52:21
9.51	13:51:57	9.71	13:52:07	9.02	13:52:14	9.20	13:52:21
9.36	13:51:57	9.28	13:52:07	9.20	13:52:14	9.71	13:52:25
9.02	13:51:57	9.38	13:52:07	9.82	13:52:18	9.90	13:52:25
9.20	13:51:57	9.51	13:52:07	9.92	13:52:18	9.82	13:52:25
9.84	13:52:00	9.36	13:52:07	9.96	13:52:18	9.92	13:52:25
9.84	13:52:00	9.02	13:52:07	9.58	13:52:18	9.96	13:52:25
10.24	13:52:00	9.20	13:52:07	9.83	13:52:18	9.58	13:52:25
9.51	13:52:00	9.96	13:52:11	9.84	13:52:18	9.83	13:52:25
9.45	13:52:00	9.58	13:52:11	9.84	13:52:18	9.84	13:52:25
9.71	13:52:00	9.83	13:52:11	10.24	13:52:18		