

Simulace a plánování vnitřního pokrytí budov dle standardu IEEE 802.11 v prostředí softwarové aplikace I-Prop – 2 část

Simulation and planning of indoor coverage of buildings
according to the IEEE 802.11 standard software applications
in an I-Prop - part 2

Jan Láta¹, Aleš Vanderka¹, Marek Dvorský¹, Pavel Jeníček²

jan.latal@vsb.cz, ales.vanderka.st@vsb.cz, marek.dvorsky@vsb.cz, pavel.jenicek@vsb.cz

¹Fakulta elektrotechniky a informatiky VŠB Technická univerzita v Ostravě

²Centrum informačních technologií, VŠB Technická univerzita v Ostravě

Abstrakt: V prvním článku se autorský kolektiv zaměřil na využití softwarových nástrojů pro simulaci pokrytí budov dle standardu 802.11 v prostředí softwarové aplikace I-Prop. V druhém článku by se autorský kolektiv rád zaměřil na porovnání simulačního modelu s reálným stavem pokrytí pomocí bezdrátové technologie 802.11 budově Krásné pole. Dále jsou popsány metody měření síly signálu pomocí sofistikovaných softwarových aplikací, které nám napoví, jak se daná síť chová.

Abstract: The author's team focused on the use of software simulation tools for building coverage in the environment of software applications I-Prop according to IEEE 802.11 standard in this first article. In the second article, the authors' team would like to focus on a comparison of the simulation model with the real state coverage by the wireless technology 802.11 in the building "Krasne pole". Further are described the methods of signal strength measuring using sophisticated software applications that provide information about the network behaviour.

Simulace a plánování vnitřního pokrytí budov dle standardu 802.11 v prostředí softwarové aplikace I-Prop – 2 část

Jan Látal¹, Aleš Vanderka¹, Marek Dvorský¹, Pavel Jeníček²

¹Fakulta elektrotechniky a informatiky VŠB Technická univerzita v Ostravě

²Centrum informačních technologií, VŠB Technická univerzita v Ostravě

Email: { jan.latal, ales.vanderka.st, marek.dvorsky, pavel.jenicek }@vsb.cz

Abstrakt – V prvním článku se autorský kolektiv zaměřil na využití softwarových nástrojů pro simulaci pokrytí budov dle standardu 802.11 v prostředí softwarové aplikace I-Prop. V druhém článku by se autorský kolektiv rád zaměřil na porovnání simulačního modelu s reálným stavem pokrytí pomocí bezdrátové technologie 802.11 budově Krásné pole. Dále jsou popsány metody měření síly signálu pomocí sofistikovaných softwarových aplikací, které nám napoví, jak se daná síť chová.

1 Úvod

Bezdrátové digitální sítě typu Wi-Fi, definované dle standardu IEEE 802.11x, jsou jedny z nejrychleji se rozvíjejících oblastí komunikačních technologií. V prvním článku jsme si ukázali některá měření, která nám napomáhají dimenzovat a optimalizovat vnitřní síť uvnitř budov. V dnešní době se hojně využívá simulačních nástrojů, které pak šetří práci s případnými problémy, jenž by mohly vzniknout vlivem nevhodně vybudované sítě. V tomto druhém článku se autorský kolektiv zaměřil na simulaci pokrytí budovy Krásné pole bezdrátovou technologií, dle standardu IEEE 802.11x. Dále bylo otestováno stávající řešení sítě v budově a porovnáno se simulovaným modelem. Na závěr je navržena v simulačním softwaru I-Prop optimalizovaná bezdrátová síť, která pokrývá celou budovu mnohem lépe, nežli je tomu nyní.

2 Měření aktuálního stavu pokrytí budovy Krásné pole

2.1 Použité přístroje

2.1.1 Popis AP AIRONET 1121G

V budově Krásné pole v Ostravě jsou rozmístěny celkem tři přístupové body od firmy CISCO AIRONET 1121G s podporou standardu IEEE 802.11bg s integrovanou dipólovou anténou 2.2 dBi a vertikální polarizací. Přístupové body jsou nastaveny na max. EIPR = 20 dBm.

2.1.2 Popis Wi-Fi karty AIR-CB21A6 E K9

Měření probíhalo pomocí Wi-Fi karty AIR-CB21A6 E K9 s integrovanou dipólovou anténou 2.2 dBi. Tento typ karty podporuje standardy IEEE 802.11abg. Karta byla vložena do notebooku a nastavena na vysílací výkon EIPR = 20 dBm.

Dále bylo navázáno spojení s AP a po budově měřena úroveň signálu, vysílací kanály a maximální dosažitelné rychlosti. Tabulka 1 popisuje citlivost bezdrátového přístupového bodu CISCO AIR-CB21A6 E K9.

Tabulka 1: Citlivost AIR-CB21A6 E K9

Úroveň signálu	Max. přenosová rychlost
-94 dBm	1 Mbps
-93 dBm	2 Mbps
-92 dBm	5.5 Mbps
-86 dBm	6 Mbps
-86 dBm	9 Mbps
-90 dBm	11 Mbps
-86 dBm	12 Mbps
-86 dBm	18 Mbps
-84 dBm	24 Mbps
-80 dBm	36 Mbps
-75 dBm	48 Mbps
-71 dBm	54 Mbps

2.2 Postup měření

2.2.1 Měření pomocí Cisco Aironet Desktop Utility

Měření probíhalo pomocí Wi-Fi karty AIR-CB21A6 E K9 a softwaru, který byl dodán k zařízení (Cisco Aironet Desktop Utility). Byla změřena síla signálu, síla rušení, vysílací kanál, dostupná rychlost přenosu a MAC adresa přístupového bodu. Měřicí zařízení vždy zůstalo na místě po dobu jedné minuty, aby si mohlo vyhledat nejsilnější stanici. Tak byla proměřena celá budova, kdy v malých kancelářích bylo provedeno 4 - 5 měření. Ve velkých místnostech proběhlo měření více, aby bylo dosaženo co nejpřesnějších výsledků. Všechny naměřené hodnoty byly zaznamenány a následně zpracovány.

2.2.2 Měření pomocí VisiWave Site Survey

VisiWave Site Survey je program pro zaznamenání a vyhodnocení pokrytí budov i venkovních prostor. Program si zaznamenává data z Wi-Fi karty (o dostupných přístupových bodech) i z připojeného analyzátoru Wi-Spy DBx Pro, který zaznamenával využití dostupného spektra. Pro přesný záznam a vyhodnocení se do programu vložil náčrt budovy. Poté proběhlo měření celé budovy. Program následně

dopočítal pokrytí celé budovy (rozmístění úrovně signálu) a ukázal přibližné umístění přístupových bodů. V programu k zjištění úrovně signálu všech dostupných sítí a také celého spektra stačí rozkliknout bod ve kterém bylo měření provedeno. Výsledky měření pokrytí budovy jsou popsány v dalších odstavcích tohoto článku.

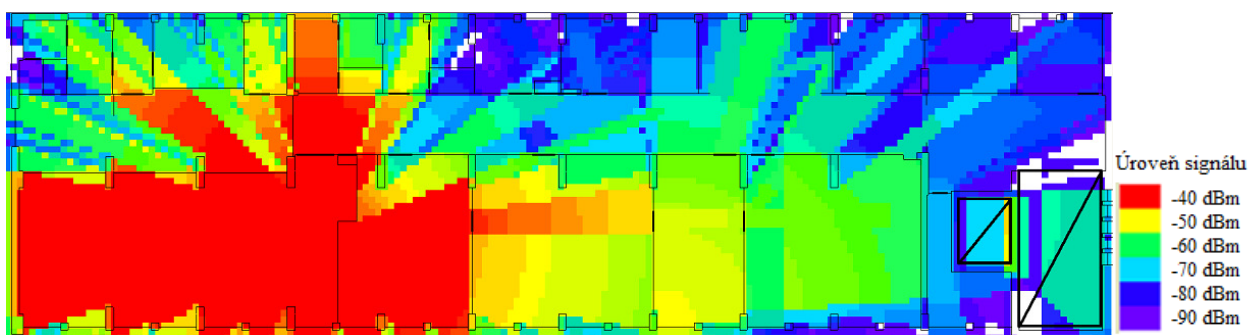
2.3 Porovnání naměřených a simulovaných dat

Z porovnání naměřených a simulovaných úrovní signálu je patrné, že simulace je velice přesná a dá se podle ní navrhovat bezdrátová síť. Dále byla tímto porovnáním ověřena správnost měření útlumu stavebních materiálů. Nejvíce se liší naměřená a simulovaná úroveň signálu v okolí přístupového bodu, kde v simulaci dochází k odrazu od absolutně hladkých stěn a k následným interferencím. Simulace byla také velice přesná

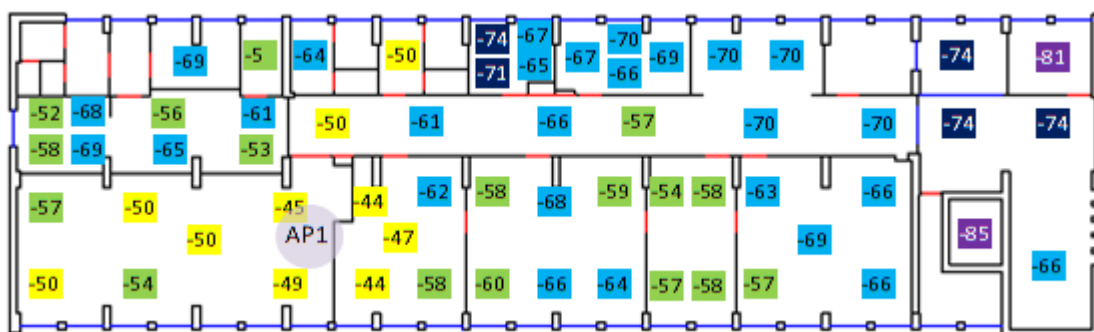
v predikci nejsilnějšího přístupového bodu, kde se naměřené hodnoty lišily jen nepatrně. Tato chyba mohla být způsobena rozhodovací úrovní Wi-Fi karty při rozhodování, ke kterému přístupovému bodu se má připojit.

2.3.1 Přízemí

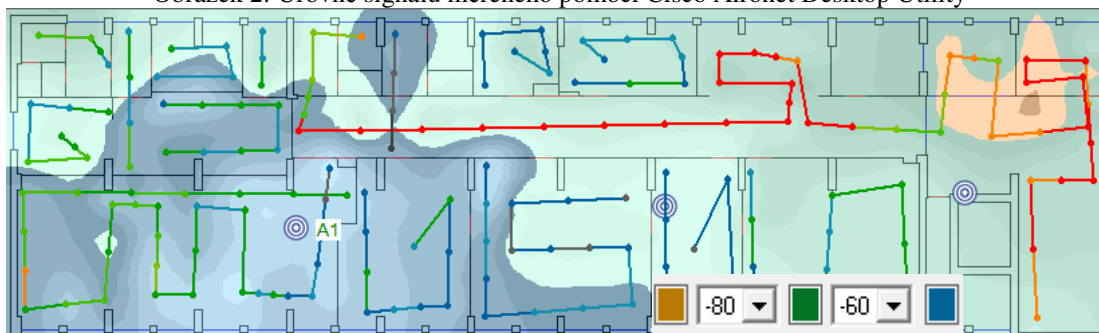
Pomocí měření se mělo ověřit, zda se simulovaná data shodují s daty změřenými pomocí Wi-Fi karty. Pravá strana budovy, kde se nachází chodba a schodiště, je velice slabě pokryta, ale kanceláře a učebny jsou pokryty dostatečným způsobem. Výsledky měření pro simulaci úrovně signálu v programu I-Prop, měření pomocí Wifi karty a měření prováděné pomocí VisiWave Site Survey, jsou zobrazena přehledně na následujících obrázcích viz obr. 1, 2, 3.



Obrázek 11: Úroveň signálu podle simulace v programu I-Prop



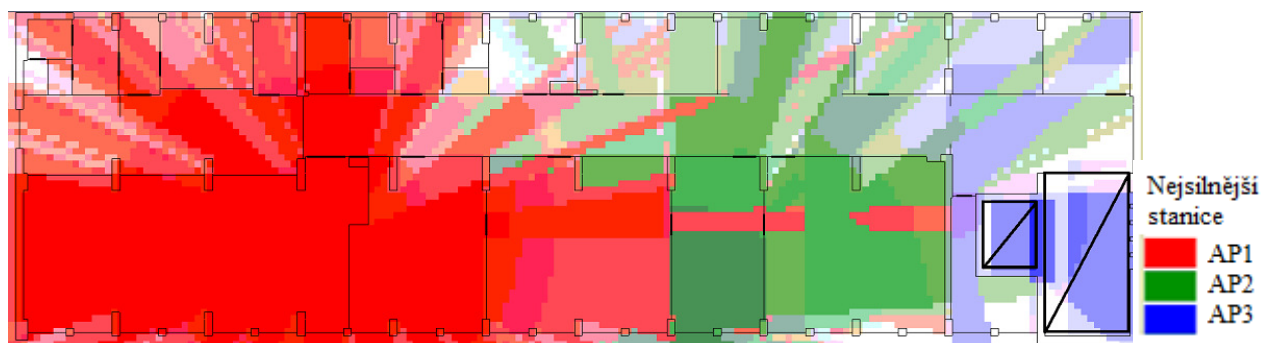
Obrázek 2: Úroveň signálu měřeného pomocí Cisco Aironet Desktop Utility



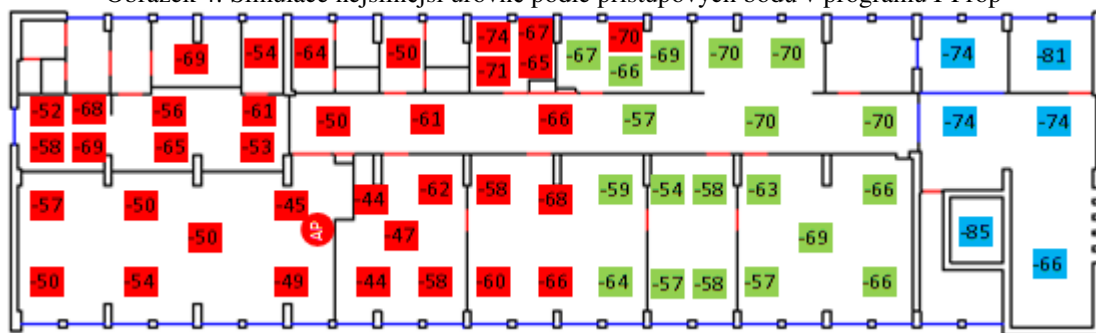
Obrázek 3: Úroveň signálu měřeného pomocí Visiwave Site Survey

Simulovaná a naměřená data se překrývají, z toho vyplývá, že simulace je velice přesná. Ze simulace i z měření jde pozorovat, že na pokrytí přízemí se podílí všechny 3 přístupové body označené v obrázcích 1,2,3. Největší celou levou část budovy pokrývá AP1, který je umístěn v přízemí. Další část budovy dokrývá AP2, který je umístěn v 1. podlaží. Pravá část podlaží,

kde se nachází chodba, pokrývá AP3, tento přístupový bod je umístěn ve třetím patře. Simulace nejsilnější úrovně podle přístupových bodů je pomocí programu I-Prop znázorněna na obrázku 4 a ověřena pomocí měření viz obrázek 5.



Obrázek 4: Simulace nejsilnější úrovně podle přístupových bodů v programu I-Prop

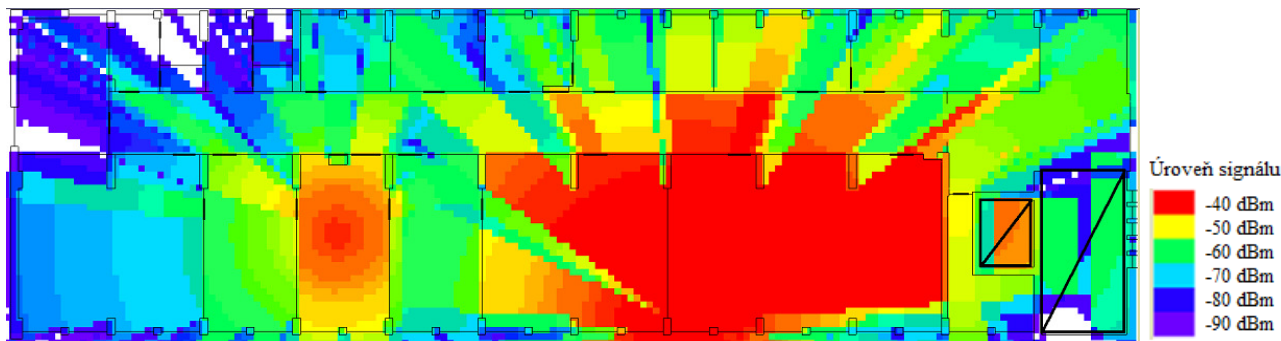


Obrázek 5: Naměřené nejsilnější úrovně podle přístupových bodů

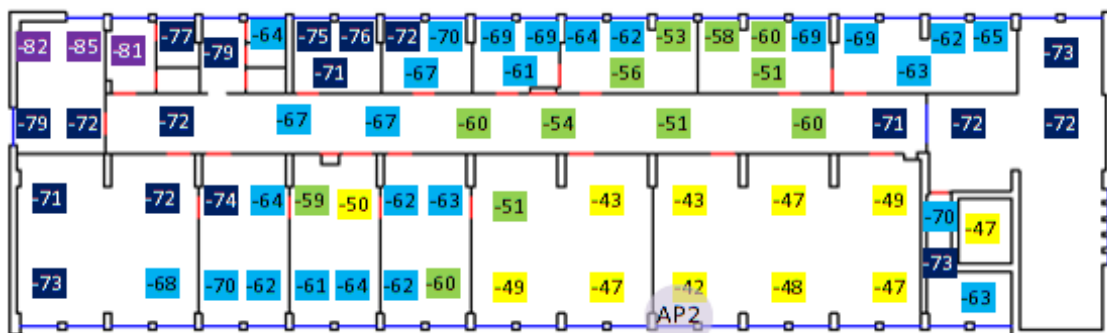
2.3.2 1. patro

V 1. patře je velice slabě pokryta levá část budovy, i když se o dokrytí snaží AP1 umístěné v přízemí. V této části budovy jsou již problémy s připojením pomocí slabších Wi-Fi zařízení. Simulací v programu I-Prop se projevila nedostatečná úro-

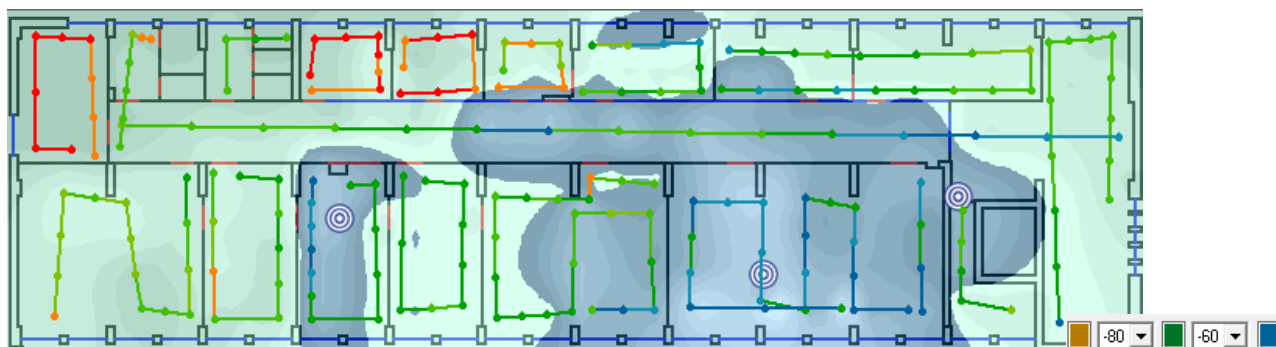
-veň signálu, viz obrázek 6. Zde docházelo k častým problémům s nedostatečným pokrytím a úrovní signálu budovy Krásné pole viz obrázek 7. Úrovně signálu měřeného pomocí Visiwave Site Survey pro první patro budovy Krásné pole jsou znázorněny na obrázku 8.



Obrázek 6: Úrovně signálu podle simulace v programu I-Prop pro první patro



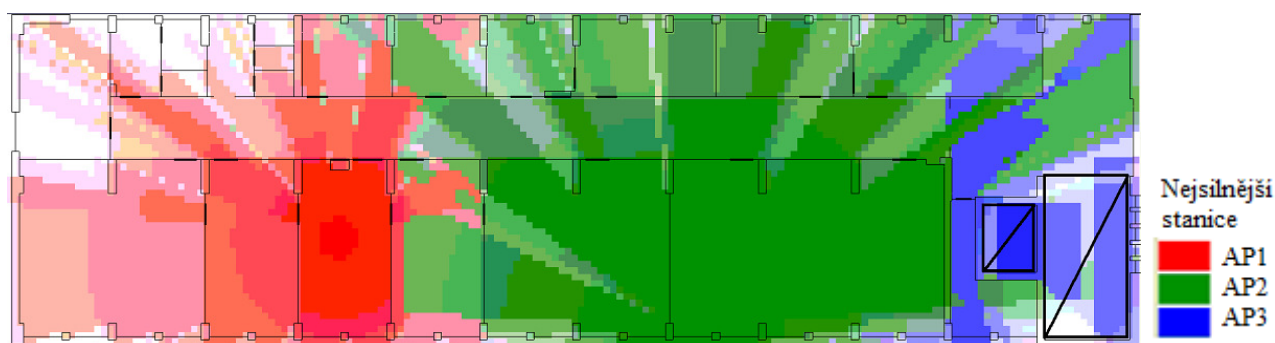
Obrázek 7: Úrovně signálu měřeného pomocí Cisco Aironet Desktop Utility pro první patro



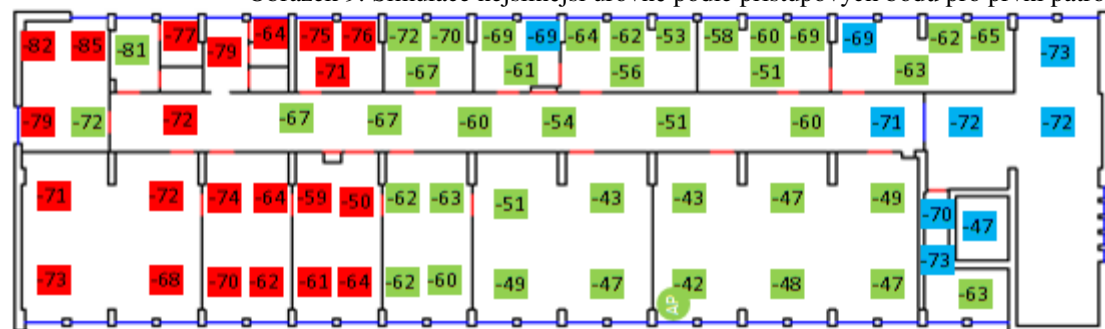
Obrázek 8: Úrovně signálu měřeného pomocí Visiwave Site Survey pro první patro

V tomto patře se o pokrytí nejvíce stará AP2, levou část pokrývá AP1 z přízemí a o pokrytí pravé částí, kde se nachází schodiště se stará AP3. Naměřená a simulovaná data se shodu-

jí. Simulace nejsilnější úrovně podle přístupových bodů je pomocí programu I-Prop znázorněna na obrázku 9 a ověřena pomocí měření, viz obrázek 10.



Obrázek 9: Simulace nejsilnější úrovně podle přístupových bodů pro první patro

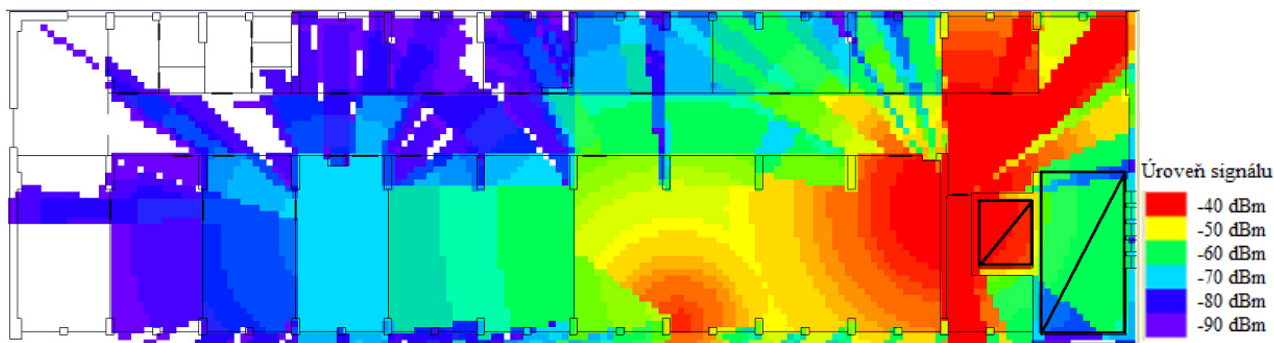


Obrázek 10: Naměřené nejsilnější úrovně podle přístupových bodů pro první patro

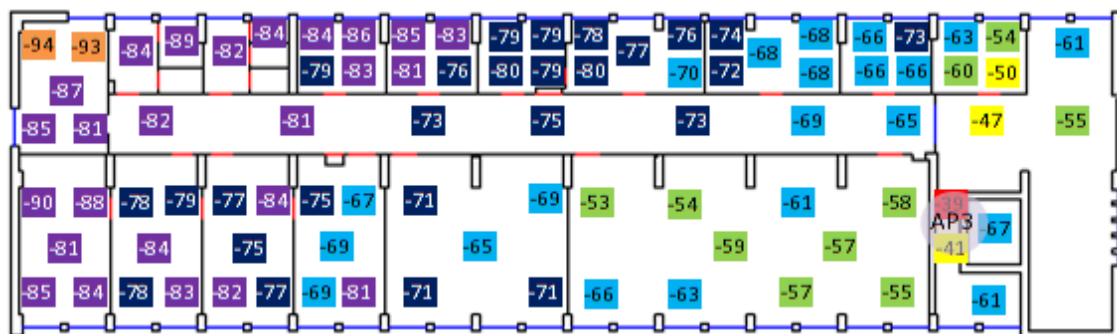
2.3.2 2. patro

2. patro je pokryto nejhůře, hlavně jeho levá část, což lze vidět i z naměřených dat viz, obr. 11, zde jsou dobře pokryty jen 3 kanceláře, jedna učebna a chodba. Zbylá část patra je pokryta

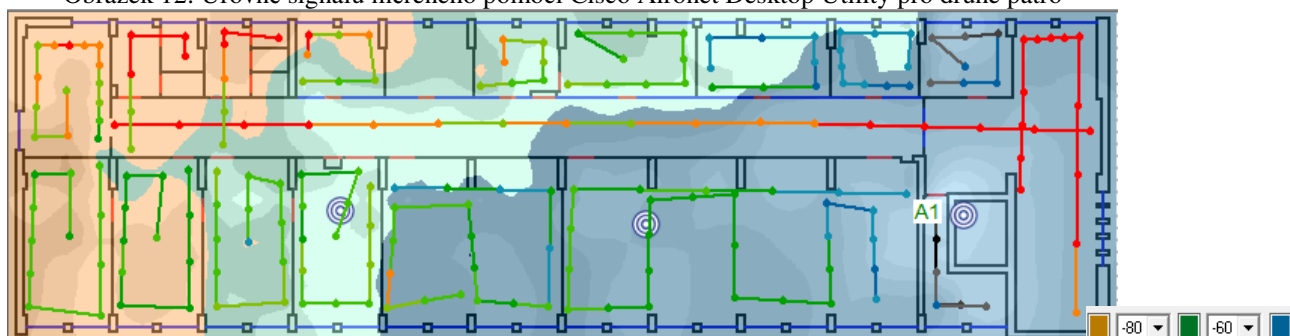
velice špatně, což se projevuje častými dotazy z řad kantorů a studentů, kdy bude daná oblast budovy dostatečně pokryta. Simulovaná data rovněž byla opět ověřena pomocí měření Wifi kartou s aplikací Cisco Aironet Desktop Utility viz obr. 12 a VisiWave Site Survey viz obr. 13.



Obrázek 11: Úrovně signálu podle simulace pro druhé patro v programu I-Prop



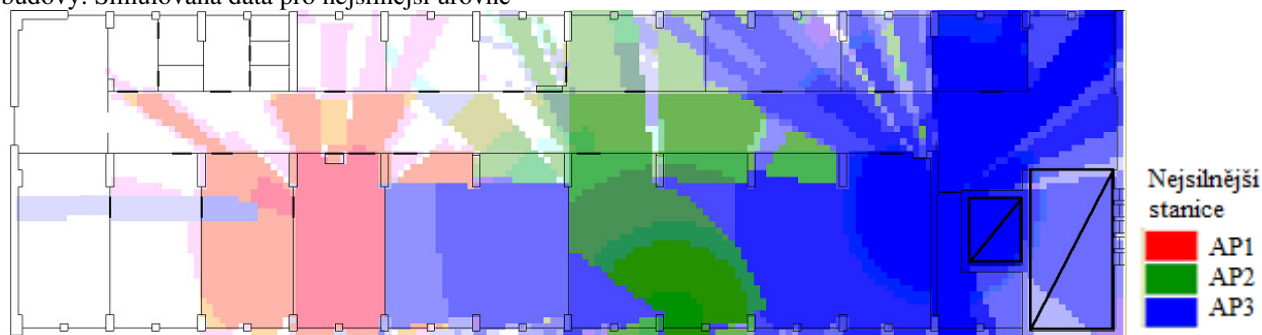
Obrázek 12: Úrovně signálu měřeno pomocí Cisco Aironet Desktop Utility pro druhé patro



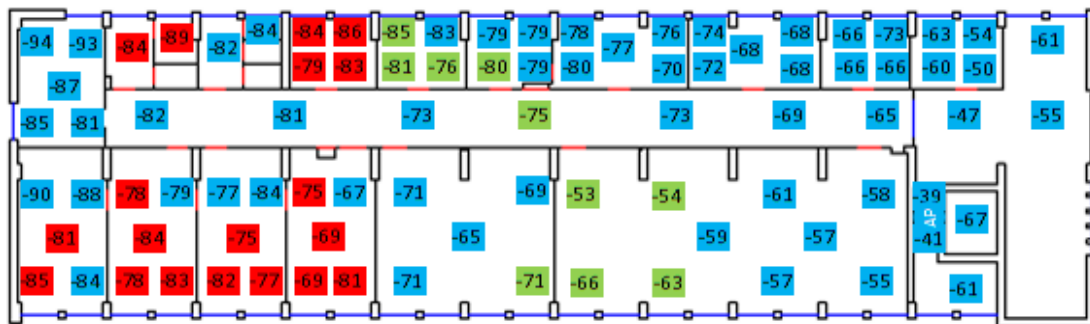
Obrázek 13: Úrovně signálu měřeno pomocí Visiwave Site Survey pro druhé patro

O pokrytí patra se nejvíce stará AP3, které je umístěno v pravé části budovy. O částečné pokrytí tohoto patra se snaží AP2 z 2. patra, to ale nemá na pokrytí zásadní vliv. Také zde prozařuje AP1 z 1. patra, to již není tak silné, aby dostatečně pokrylo levou část budovy. Simulovaná data pro nejsilnější úroveň

podle přístupových bodů druhého patra budovy viz, obr. 14. Výsledky měření byly opět ověřeny i pomocí měření Wifi kartou s aplikací Cisco Aironet Desktop Utility viz obr. 15.



Obrázek 3: Simulace nejsilnější úrovně podle přístupových bodů pro druhé patro



Obrázek 15: Naměřené nejsilnější úrovně podle přístupových bodů pro druhé patro

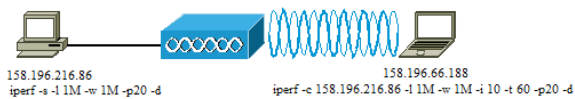
2.4 Měření dostupných přenosových rychlostí pomocí Iperf

Iperf je nástroj pro měření šířky pásma a kvality síťového připojení, spouští se pomocí příkazového řádku, měření probíhá pomocí dvou počítačů, kdy jeden je nastaven jako server a druhý jako klient. Můžeme testovat přes UDP (User Datagram Protocol) i TCP (Transmission Control Protocol) protokol. Kdy UDP pakety jsou posílány bez jakékoliv kontroly a TCP pakety jsou kontrolovány, jestli se dostaly k příjemci. První měření, probíhalo přes TCP protokol na serveru byla nastavena velikost TCP okna na 1 MB, server naslouchal na 20. portu a přenos probíhal obousměrně.

```
[iperf -s -l 1M -w 1M -p20 -d]
```

Následně se na něj připojil klient, který měl nastavenou velikost TCP okna také na 1 MB, 20. portu a obousměrný přenos viz obrázek 16. Měření probíhalo po dobu 60 s a s průběžnými výpisy rychlostí po 10 sekundách.

```
[iperf -c 158.196.216.86 -l 1M -w 1M -i 10 -t 60 -p 20 -d]
```



Obrázek 4: Zapojení a nastavení zařízení

```
Server listening on TCP port 20
TCP window size: 2.00 MByte

Client connecting to 158.196.216.86, TCP port 20
TCP window size: 2.00 MByte

[1860] local 158.196.66.188 port 1205 connected with 158.196.216.86 port 20
[1836] local 158.196.66.188 port 28 connected with 158.196.216.86 port 3481
[ I D ] Interval Transfer Bandwidth
[1836] 0.0-10.0 sec 8.00 MBytes 6.71 Mbits/sec
[1860] 0.0-10.0 sec 12.0 MBytes 10.1 Mbits/sec
[1860] 10.0-20.0 sec 8.00 MBytes 6.71 Mbits/sec
[1836] 10.0-20.0 sec 10.0 MBytes 8.39 Mbits/sec
[1836] 20.0-30.0 sec 8.00 MBytes 6.71 Mbits/sec
[1860] 20.0-30.0 sec 10.0 MBytes 8.39 Mbits/sec
[1836] 30.0-40.0 sec 10.0 MBytes 8.39 Mbits/sec
[1860] 30.0-40.0 sec 10.0 MBytes 8.39 Mbits/sec
[1836] 40.0-50.0 sec 8.00 MBytes 6.71 Mbits/sec
[1860] 40.0-50.0 sec 8.00 MBytes 6.71 Mbits/sec
[1836] 50.0-60.0 sec 10.0 MBytes 8.39 Mbits/sec
[1860] 50.0-60.0 sec 10.0 MBytes 8.39 Mbits/sec
[1836] 60.0-65.7 sec 50.0 MBytes 7.64 Mbits/sec
[1860] 60.0-65.7 sec 60.0 MBytes 7.66 Mbits/sec
```

Obrázek 17: Příklad měření rychlosti na klientovi

Takto byla změřena celá budova, kdy v kancelářích proběhly vždy 2 měření a ve větších místnostech více než 4 měření. Po ukončení tohoto měření byly tyto parametry přenastaveny na serveru i na klientovi na velikost TCP okna na 2 MB a měření se opakovalo.

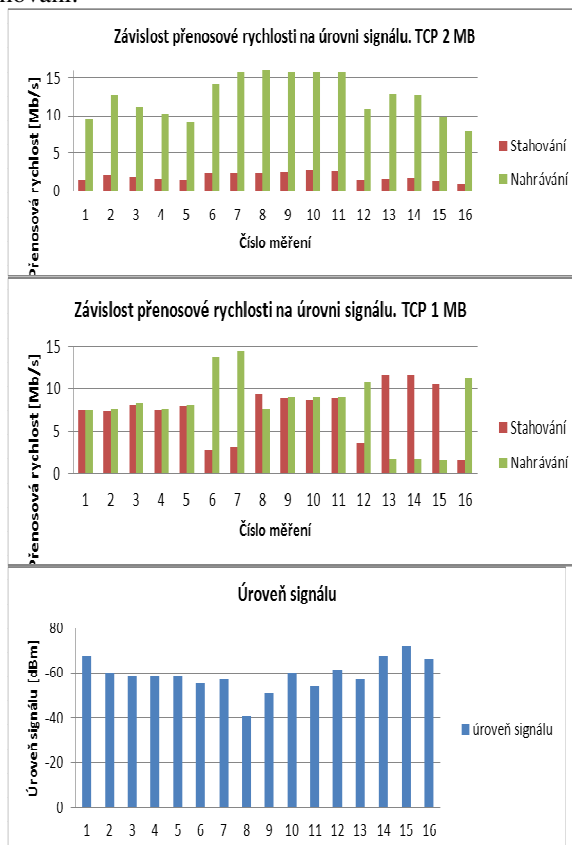
```
[iperf -s -l 1M -w 1M -p20 -d]
```

```
[iperf -c 158.196.216.86 -l 1M -w 1M -i 10 -t 60 -p 20 -d]
```

2.4.1 Přenosová rychlost přízemí

Z grafů přenosových rychlostí vyplývá obr. 18, že přenosová rychlost je závislá na úrovni signálu a také na interferenci.

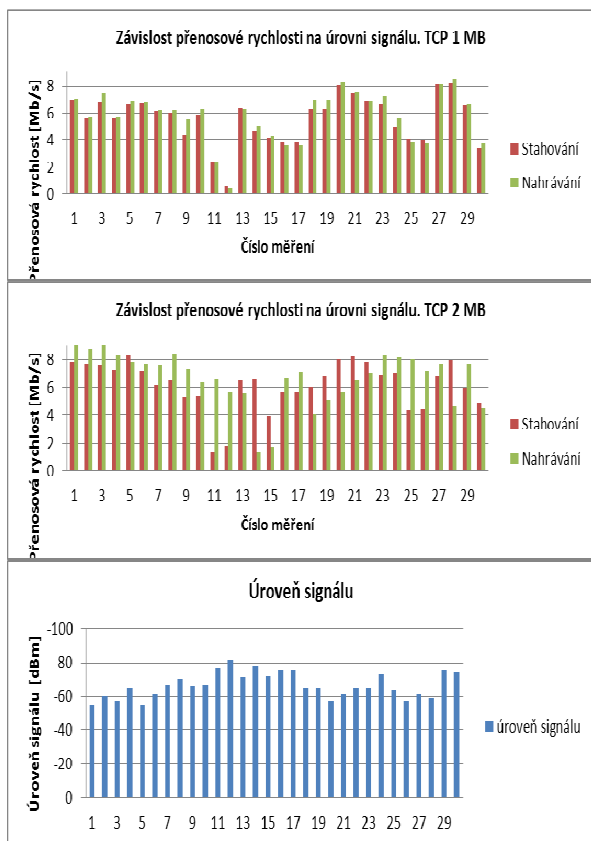
V prostorách přízemí, kde se nacházejí učebny a kanceláře, je rychlost dostatečná, protože se úroveň signálu pohybuje nad -70 dBm a použitá zařízení mají maximální přenosovou rychlost do úrovně signálu -71 dBm Wi-Fi karta a -72 dBm AP. Při zvětšení TCP okna z 1 MB na 2 MB došlo k celkovému zvýšení přenosové rychlosti, ale nahrávání se zvýšilo na úkor stahování.



Obrázek 18: Dosažitelná přenosová rychlost v přízemí pro TCP 1, 2 MB a vliv úrovně signálu na přenos

2.4.2 Přenosová rychlost 1. patra

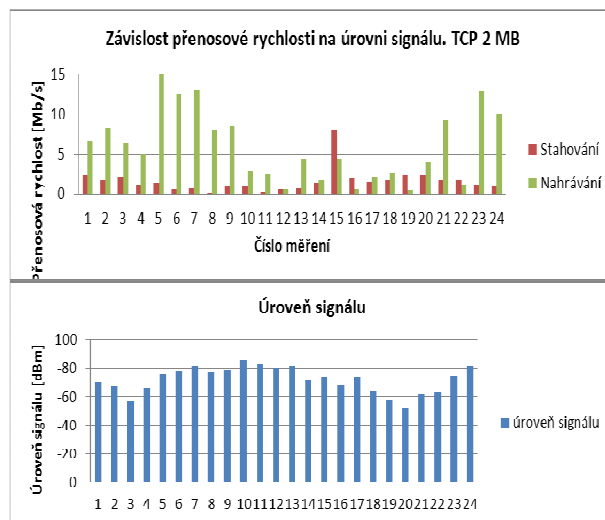
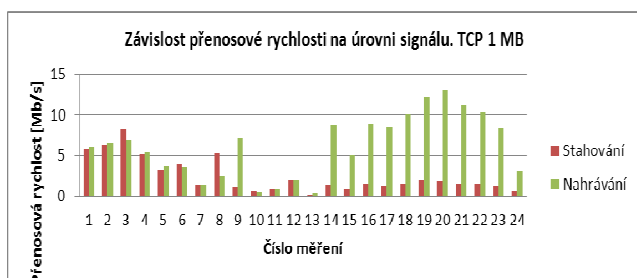
V prostorách 1. patra, se vyskytují místa, která nejsou dobře pokryta a už při úrovni signálu pod -72 dBm, klesá přenosová rychlost. Pod úrovní -80 dBm je rychlost již nedostatečná. Při zvětšení TCP okna z 1 MB na 2 MB došlo k celkovému zvýšení přenosové rychlosti nejvíce u nahrávání, lze vidět na obrázku 19 spolu se závislostí úrovně signálu na tento přenos.



Obrázek 19: Dosažitelná přenosová rychlost v 1. patře

2.4.3 Přenosová rychlost 2. patro

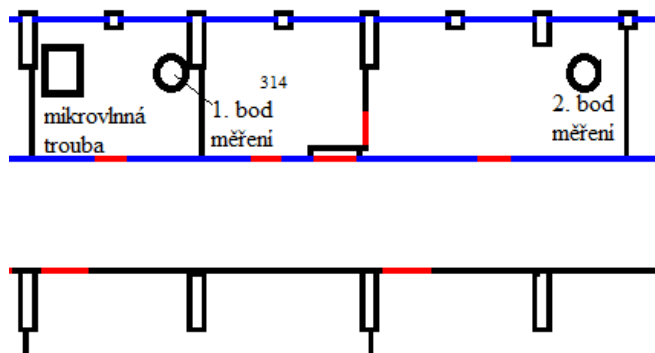
Druhé patro je pokryto nejméně, úroveň signálu se zde pohybuje z velké části pod -70 dBm, proto zde není dosaženo maximálních rychlostí. Ve vzdálených místech od AP se úroveň signálu pohybuje pod -80 dBm, kde již přenosová rychlost strmě klesá, viz obr. 20. Při zvětšení TCP okna došlo ke zvýšení přenosové rychlosti nahrávání na úkor stahování viz obr. 20.



Obrázek 20: Dosažitelná přenosová rychlost ve 2. patře

2.5 Měření rušení a spektra pomocí MetaGeek Wi-Spy

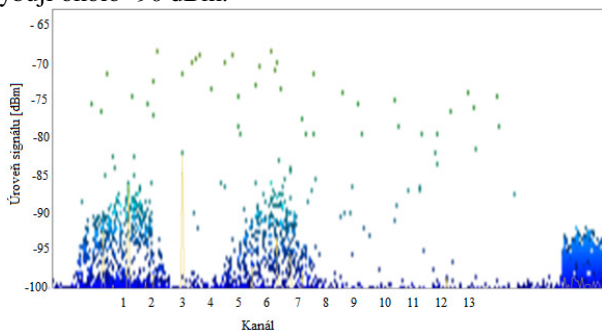
Wi-Spy je přenosný USB spektrální analyzátor, který má velké rozlišení i rozsah amplitud. Umožňuje měřit rušení v pásmu 900 MHz, 2,4 GHz i 5 GHz. Pomocí něj můžeme určit, na kterých kanálech budou naše zařízení pracovat bez rušení od okolních přístrojů. Pro měření byl použit analyzátor Wi-Spy DBX s frekvenčním rozsahem 2,400 - 2495 GHz a 5,150 - 5,850 GHz s rozsahem amplitudy -100 až -6,6 dBm a rozlišením 0,5 dBm. K analýze byl použit software Chanalyzer Pro 2,400 - 2,495 GHz. Analýza proběhla na každém patře v předem vybraných 4 místech, na kterých se signály přístupových bodů překrývaly. Pomocí analyzátoru bylo také změněno rušení od mikrovlnné trouby, která se v budově nachází. K zobrazení byl použit typ grafu Densinty View Maps, který zobrazuje body rušení, s určitou frekvencí a amplitudou ve vztahu, jak často je používána. Mikrovlnná trouba byla umístěna v místnosti 313, kde proběhlo měření bez spuštění mikrovlnné trouby a se spuštěnou mikrovlnnou troubou. 1. bod měření byl umístěn 2 m od zdroje rušení a 2. bod byl umístěn přes 2 stěny 12 m od zdroje rušení. Situační schéma je naznačeno na obrázku 21.



Obrázek 21: Měření body pro závislost mikrovlnného rušení od trouby na bezdrátový signál v budově Krásné pole

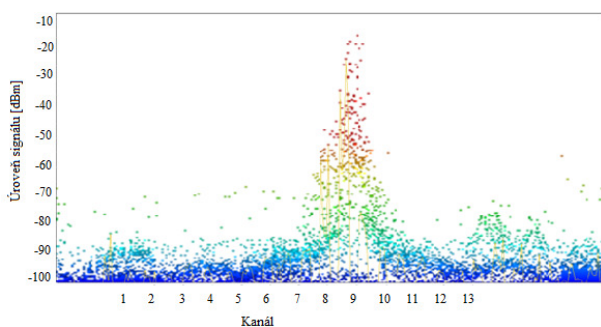
Na obrázku 22 je vidět vztah rušení s určitou amplitudou [dBm] ve frekvenčním pásmu 2,4 GHz, kdy je frekvence vyjádřena v kanálech. Na 1. kanále vysílá jeden přístupový bod

a na 6. kanále druhý přístupový bod. Jejich úroveň signálů se pohybují okolo -90 dBm.



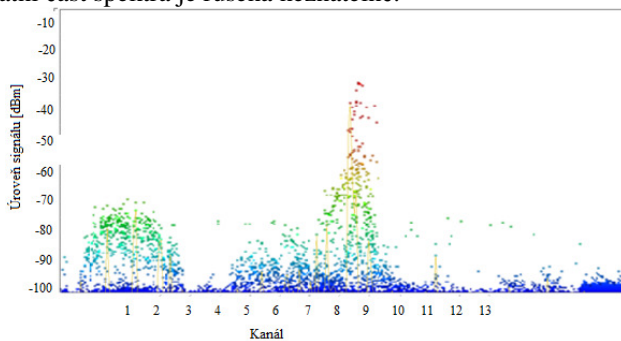
Obrázek 22: Density View Maps bez rušení

Na obrázku 23 je vidět, jak se mikrovlnná trouba podílí na rušení. Nejvíce je rušen 8. a 9. kanál, ostatní kanály jsou rušeny mnohem méně. Rušení zde dosahuje až -20 dBm.



Obrázek 23: Rušení od mikrovlnné trouby na vzdálenost 2 metry

Ve vzdálenosti 11 m a 3 příčky od zdroje rušení je stále rušení zřetelné na 8. a 9. kanále, vše je znázorněno na obrázku 24. Ostatní část spektra je rušena neznatelně.



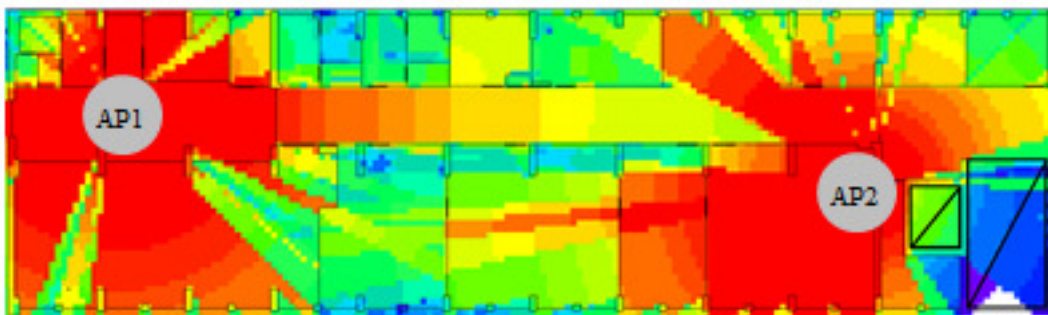
Obrázek 24: Rušení od mikrovlnné trouby na vzdálenost 11 metry

Z toho vyplývá, že mikrovlnné trouby jsou podstatným zdrojem rušení na 8. a 9. kanále, proto by se tyto kanály neměly používat jako střední frekvence. Toto rušení může zapříčinit neustálé změny kanálů u technologie WLC, která si mění automaticky vysílací kanály na přístupových bodech.

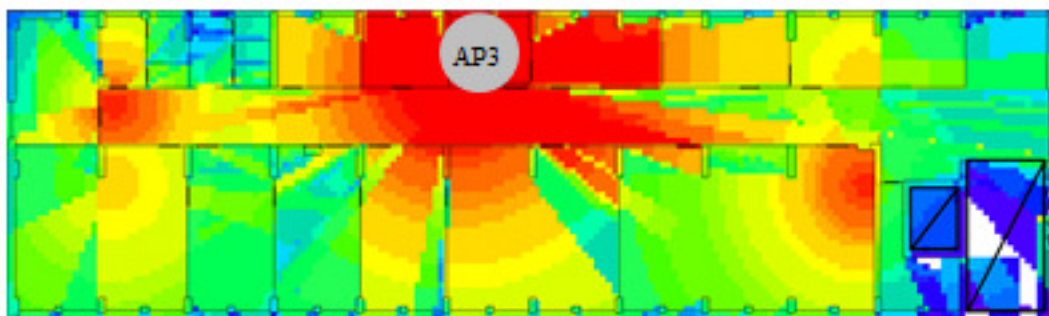
3 Simulace návrhu nového rozmístění přístupových bodů

Jelikož pokrytí 1. a 2. patra bylo nedostatečné, bylo navrženo přemístění a přidání přístupových bodů. Rozmístěním přístupových bodů se počítalo s mezi podlažním pokrytím, nastavení simulačního programu bylo stejné, jako při simulaci původního stavu. V simulaci byly použity přístupové body s vysílacím výkonem EIRP = 20 dBm a se všesměrovou anténou. Jelikož jsou v pásmu 2,4 GHz pouze 3 samostatné kanály a to 1.; 6. a 11., byly voleny kanály tak, aby nedocházelo k překrývání stejných kanálů. Při překrytí stejného kanálu se stejným SSID dochází k rušení, také by mohlo dojít k tomu, že se klient k žádnému přístupovému bodu nepřipojí. Při rozmístění přístupových bodů byl brán zřetel na jejich bezpečnost, proto byly umístěny do učeben nebo kanceláří. Na dlouhou rovnou chodbu nebyly umístěny kvůli vlnovodnému efektu. Díky novému rozmístění přístupových bodů by mělo dojít k dosažitelnému Wi-Fi připojení v celé budově s dostatečnou rychlostí. V přízemí byly rozmístěny 2 přístupové body, podle obrázku 25 ve výšce 2,8 m, aby pokrývaly také 1. patro. AP1 bylo nastaveno na 1. vysílací kanál a AP2 na 11. vysílací kanál, ale byla méně pokryta střední část budovy.

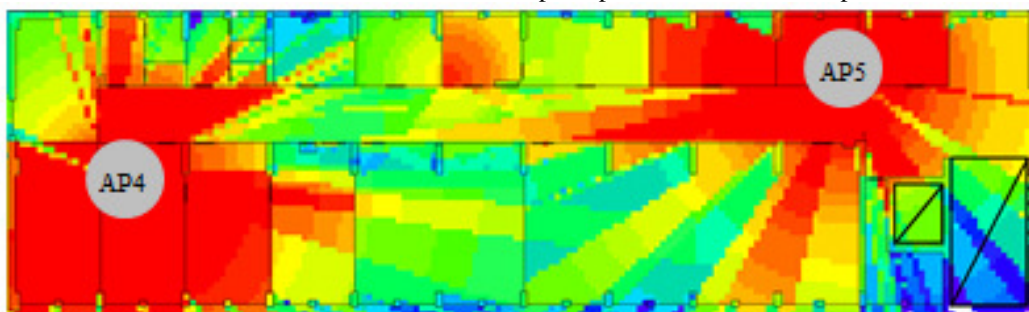
1. patro bylo pokryto od níže umístěných AP1 a AP2, střed tohoto patra nebyl pokryt, proto zde bylo nutné umístit další přístupový bod, což je vidět na obrázku 26 a aby nerušil již umístěné přístupové body na 1. a 11. kanále, AP3 se nastavilo na 6. kanál. Tím se také vyřešilo pokrytí střední části přízemí. Aby došlo k lepšímu pokrytí 2. patra, AP3 se umístilo ve výšce 2,8 m. Střed 2. patra pokrývalo AP3 umístěné v 1. patře, proto se zde umístily 2 AP, aby pokrývaly pravou i levou část budovy. Protože AP3 pokrývalo patro na 6. kanále, tak pro další AP zbyl 1. a 11. kanál. Zároveň, aby nedocházelo k rušení mezi AP umístěnými v přízemí a 2. patře, bylo AP4 nastaveno na 11. kanál a AP5 na 1. kanál. Umístění těchto AP lze vidět na obrázku 27.



Obrázek 25: Rozmístění AP v přízemí pomocí softwaru I-Prop



Obrázek 26: Rozmístění AP v 1. patře pomocí softwaru I-Prop



Obrázek 27: Rozmístění AP v 2. patře pomocí softwaru I-Prop

4 Závěr

V tomto druhém článku jsou pomocí aplikace I-Prop navrženy možnosti lepšího pokrytí bezdrátovou technologií IEEE 802.11bg neboli Wifi v budově Krásné pole v Ostravě. Z analýzy budovy pomocí spektrálního analyzátoru vyplynulo, že rušení pásma 2,4 GHz od okolních sítí je minimální, ale na rušení se podílí zařízení umístěná uvnitř budovy, jako jsou mikrovlnné trouby a Bluetooth zařízení, která pracují také v pásmu 2,4 GHz. Díky simulaci v programu je navrženo takové řešení, které uspokojí všechny dotčené z pohledu požadavky po kvalitním signálu k tomu, aby mohly využívat internetového připojení skrze tyto nové přístupové body. Dále je v článku proměřeno chování mikrovlnného záření na vysílání signálu po budově. Článek rovněž popsal rozdíly mezi simulovanými daty a reálné naměřenými. V příští práci se budeme zabývat novým rozmístěním přístupových bodů v budově podle již vytvořeného návrhu, a tím rozšířit kvalitní pokrytí po celé budově. Dále se chceme pokusit v této síti nastavit QoS (Quality of Service) a následně se zabývat jeho testováním.

Poděkování

Článek vznikl za přispění Grantové agentury České republiky s číslem GA102/09/0550 „Studium optických svazků pro atmosférické statické a mobilní komunikace“ a Studentské grantové soutěži - Specifický vysokoškolský výzkum SP2011/47, FR CESNET 429/2011.

Literatura

- [1] ZANDL, Patrick. *Bezdrátové sítě Wi-Fi : Praktický průvodce*. Vydání první. Nám. 28. dubna 48, 635 00 Brno: Computer press, 2003. 197 s. ISBN 80-7226-632-2.
- [2] [Http://www.earchiv.cz](http://www.earchiv.cz) [online]. 2002 [cit. 2011-04-13]. *Vyznáte se ve standardech*. Dostupné z WWW: <<http://www.earchiv.cz/b02/b0900010.php3>>.
- [3] ŘEHÁK, Jan. [Http://hw.cz](http://hw.cz) [online]. 21.6.2003 [cit. 2011-04-15]. *Co je to Wi-Fi - úvod do technologie*. Do-

- stupné z WWW:
<http://hw.cz/ethernet/wifi/wifi_co_to_je.html>.
- [4] HRÁČEK, Jiří. [Http://www.intelek.cz](http://www.intelek.cz) [online]. 3.2.2009 [cit. 2011-04-15]. *Intelek - článek - IEEE 802.11n - Zrychlete a rozšířte svou bezdrátovou síť.* Dostupné z WWW: <http://www.intelek.cz/art_doc-5C56A0147621A13AC12575510053AE3E.html>.
- [5] [Www.ctu.cz](http://www.ctu.cz) [online]. 12-09-2010 [cit. 2011-04-04]. *Všeobecné oprávnění č. VO-R/12/09.2010-12 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení pro širokopásmový přenos dat v pásmech 2,4 GHz až 66 GHz.* Dostupné z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/oop/rok_2010/vo-r_12-09_2010-12.pdf>.
- [6] PECHAČ, Pavel. *Šíření vln v zástavbě: modely pro plánování mobilních radiových systémů.* 1. vydání. Praha: BEN, 2005. 108 s. ISBN 80-7300-186-1.
- [7] Metageek [online]. 2011-04-27 [cit. 2011-04-27]. Wi-spy. Dostupné z WWW: <<http://www.metageek.net/products/wi-spy/>>.
- [8] I-Prop. [online]. 2011-05-04 [cit. 2011-05-04]. I-prop. Dostupné z WWW: <<http://www.i-prop.cz/main.php?wp=features>>.
- [9] 3COM – IEEE 802.11b Wireless LANs [online]. 2000 [cit. 2011-05-25]. Dostupný z WWW: <http://www.3com.com/other/pdfs/infra/corpinfo/en_US/50307201.pdf>.
- [10] SKARICA, C., BROADBAND, L., BUSCH, C. – Metro Wi-Fi [online]. 2007 [cit. 2011-05-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.cable360.net/ct/strategy/emergingtech/25375.html>>.
- [11] CARNEY, W. – IEEE 802.11g New Draft Standard Clarifies Future of Wireless LAN [online]. 2002 [cit. 2011-05-25]. Dostupný z WWW: <http://sssmag.com/pdf/802_11g_whitepaper.pdf>.