

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

ANALÝZA BEZDRÁTOVÉHO PROSTŘEDÍ POMOCÍ
EKAHAU A MOŽNOSTI SPOLUPRÁCE S DALŠÍMI
SYSTÉMY

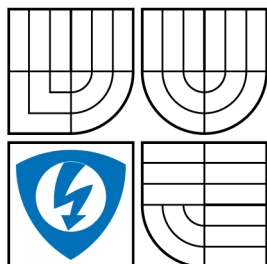
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ZDENĚK TINKA



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

ANALÝZA BEZDRÁTOVÉHO PROSTŘEDÍ POMOCÍ EKAHAU A MOŽNOSTI SPOLUPRÁCE S DALŠÍMI SYSTÉMY

ANALYSIS OF THE WIRELESS ENVIRONMENT USING EKAHAU AND
INTEROPERABILITY WITH OTHER SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ZDENĚK TINKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ HOŠEK

BRNO 2012



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Zdeněk Tinka

ID: 125672

Ročník: 3

Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Analýza bezdrátového prostředí pomocí Ekahau a možnosti spolupráce s dalšími systémy

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

V rámci řešení bakalářské práce se seznámte se zařízením Ekahau určeným pro analýzu a lokalizaci v bezdrátových sítích. Následně implementujte do systému Ekahau podkladovou mapu analyzovaného prostředí a proveďte analýzu vybrané bezdrátové sítě se zaměřením zejména na intenzitu a kvalitu signálu dané sítě. Výsledky získané z analýzy zapracujte do podkladové mapy tak, aby byl jasně definovaný dosah jednotlivých bezdrátových prvků v daném prostředí. Na základě získaných výsledků navrhnete optimalizaci rozmístění a výkonnosti bezdrátových prvků. V další části práce analyzujte možnosti rozšíření systému Ekahau o funkci lokalizace mobilní stanice při jejím pohybu mezi jednotlivými přístupovými body. Navrhnete praktické řešení této lokalizační funkce a poté se je také pokuste realizovat. Všechny dosažené výsledky zpracujte do podoby závěrečné práce.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] GAST, M.: 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide, Second Edition. Sebastopol: O'Reilly Media, 2005, ISBN: 978-0596100520.
- [2] MAO, G., FIDAN, B., ANDERSON, B.: Wireless sensor network localization techniques, Computer Networks, Volume 51, Issue 10, 11 July 2007, Pages 2529-2553, ISSN 1389-1286.
- [3] PRASAD, N., PRASAD, A.: 802.11 WLANs and IP Networking: Security, QoS, and Mobility. London: Artech House Publishers, 2005, ISBN: 1580537898.

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 31.5.2012

Vedoucí práce: Ing. Jiří Hošek, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

Předseda oborové rady

ABSTRAKT

Práce se dělí do dvou částí. Nejprve se zabývá měřením a analýzou bezdrátového prostředí. Obsahuje seznámení s analyzátozem Ekahau Site Survey, dále implementaci map a následné proměřování kvality sítí. Na závěr obsahuje zhodnocení výsledků a optimalizaci. Ve druhé části je popsána lokalizace objektů systémem AeroScout pomocí bezdrátového prostředí. Vyskytuje se v ní teoretický popis topologie a zařízení nutných ke správné funkci a dále praktický postup práce a zhodnocení druhé části.

KLÍČOVÁ SLOVA

Wi-Fi, Analýza, Měření, 802.11, Ekahau, Optimalizace, Lokalizace, AeroScout, RSSI, TDoA, tagy, Location receiver

ABSTRACT

The work is divided into two parts. First of all deals with surveying and analysis of wireless environment. It contains familiar with analyzator Ekahau Site Survey. Below are implementation of the map and then surveying of quality of networks. Finally describes the evaluation results and optimization of networks. The second part describes the localization of objects by AeroScout system using a wireless environment. It occurs in the theoretical description of the topology and equipment necessary for proper operation and practical work progress and evaluate the second part.

KEYWORDS

Wi-Fi, Analysis, Surveying, 802.11, Ekahau, Optimization, Localization, AeroScout, RSSI, TDoA, tags, Location receiver

TINKA, Zdeněk *Analýza bezdrátového prostředí pomocí Ekahau a možnosti spolupráce s dalšími systémy*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2012. 58 s. Vedoucí práce byl Ing. Jiří Hošek

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Analýza bezdrátového prostředí pomocí Ekahau a možnosti spolupráce s dalšími systémy“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Brno

.....

(podpis autora)

Rád bych touto cestou poděkoval všem, co mi pomáhali při vypracování bakalářské práce. Jmenovitě bych rád poděkoval Ing. Lukáši Růčkovi, Ing. Jiřímu Hoškovi, Ph.D. a doc. Ing. Karolu Molnárovi, Ph.D.

OBSAH

Úvod	10
1 Bezdrátové sítě	11
1.1 Wi-Fi	11
1.1.1 Struktura bezdrátové sítě	11
1.1.2 Infrastrukturní sítě	12
1.1.3 Přehled standartů 802.11	12
2 Ekahau Site Survey	13
2.1 Funkce ESS	13
2.2 Systémové požadavky	13
2.3 Podporované Wi-Fi adaptéry	14
2.4 Popis prostředí ESS	15
2.5 Pohled na mapu	16
2.5.1 Pohyb po mapě	16
2.5.2 Práce s mapou	17
2.6 Postup vložení nové mapy	19
2.7 Vliv účinku zdí na měření	21
2.7.1 Editace a kreslení zdí	21
2.7.2 Vlastní návrh materiálu zdí	21
2.7.3 Návrh Wi-Fi sítí ve více podlažní budově	22
2.7.4 Definování více patrové budovy	23
2.7.5 Srovnání měření před započtením vlivu zdí a po jeho započtení	24
3 Návrh a úprava přístupových bodů v jednotlivých patrech	26
3.1 Zajištění maximálního pokrytí budovy optimálním počtem AP	26
3.2 Návrh optimalizace pokrytí v budově Purkyňova 01	26
4 Lokalizace objektů pomocí systému AeroScout	29
4.1 AeroScout Tag manager	29
4.1.1 Detekce tagů	29
4.1.2 Postup při detekci	30
4.1.3 Konfigurace	31
4.2 AeroScout Engine	34
4.2.1 Hlavní funkce	35
4.2.2 Obecný postup při nastavování jednotlivých kroků	35
4.2.3 Systémové požadavky	37
4.3 Kompatibilní hardware	37

4.3.1	Location Receiver	37
4.3.2	AeroScout Exciter	38
4.3.3	Tagy	38
4.3.4	Tag activator	39
4.4	Metody pozičních algoritmů	39
4.4.1	TDoA (Time difference of Arrival)	40
4.4.2	RSSI (Received Signal Strength Indicator)	40
5	Lokalizace objektů v budově VUT Purkyňova	42
5.1	Sestavení topologie	42
5.2	Postup konfigurace v Tag manageru	43
5.3	Práce v AeroScout Enginu	45
5.3.1	Vložení podkladové mapy	45
5.4	Naměřené výsledky a vyhodnocení	47
6	Závěr	50
	Literatura	51
	Seznam příloh	53
A	Odměřená a navrhnutá patra	54
A.1	Patra před zakreslením zdí	54
A.2	Patra po zakreslení zdí	55
A.3	Návrh pater	57

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Druhy počítačových sítí	11
2.1	Uživatelské rozhraní ESS	15
2.2	Pohled na mapu	16
2.3	Nový projekt	19
2.4	Signálové úrovně 4. patra budovy PA	20
2.5	Naměřené sítě	21
2.6	Popis tlačítek a parametrů budovy	23
2.7	2. patro před započtením vlivu zdí	25
2.8	2. patro po započtení vlivu zdí	25
3.1	Návrh umístění přístupových bodů	28
4.1	Prostředí Tag manageru	30
4.2	Detekované tagy	31
4.3	Konfigurační menu	32
4.4	Základní prostředí programu Engine	34
4.5	Základní topologie	36
4.6	Location receiver	38
4.7	Exciter EX-3210	39
4.8	Použité tagy	40
4.9	Tag activator	41
5.1	Navržená topologie	44
5.2	Nahraná mapa	46
5.3	Rozvržení částí	47
5.4	Naměřené tagy	48
A.1	3. patro před zakreslením zdi	54
A.2	4. patro před zakreslením zdi	55
A.3	3. patro po zakreslení zdi	56
A.4	4. po zakreslení zdi	56
A.5	Návrh 3. patra	57
A.6	Návrh 4. patra	58

SEZNAM TABULEK

1.1	Přehled standartů 802.11	12
2.1	Nástroje pro pohyb v prostředí	17
2.2	Ikony v záložce planing tab	17
2.3	Ikony v záložce survey tab	18
2.4	Výrazy a jejich popis v souboru <i>wallTypes.xml</i>	22
3.1	Přijímané citlivosti	27
5.1	Parametry jednotlivých částí topologie	42
5.2	Tabulka verzí a MAC adres tagů	43
5.3	Popis formátů zpráv	45

ÚVOD

Bezdrátové sítě obecně jsou v dnešní době velice oblíbené díky jednoduchosti zapojení a velké přenosové rychlosti (poslední verze dosahují rychlosti až 600 Mbit/s). Jednoduchost je vykoupena složitou vnitřní strukturou, náchylností k rušení, vícecestným šířením signálu, sdíleným přístupem k bezdrátovému přenosovému kanálu atd. V souvislosti s bezdrátovými sítěmi se v poslední době hojně skloňuje pojem standard 802.11. Charakteristický prvek takového standardu je přístupový bod, neboli *Access point*, který dokáže pokrýt různě velké oblasti Wi-Fi signálem. Tato práce zahrnuje vyjmenované pojmy a v první části se zabývá pokrytím signálu budovy Purkyňova 01. K vyhodnocení slabých míst, pokrytých nedostatečně silným signálem je využit software Ekahau Sie Survey, který dokáže proměřit sílu signálu v libovolných lokalitách a jeho algoritmy ve svých výpočtech kalkulují s útlumem. Lze v něm připravit návrh optimalizace pokrytí díky jeho prediktivním výpočtům.

Na práci v bezdrátovém prostředí Wi-Fi navazuje i další druhá, která se zabývá lokalizováním objektů či lidí. K těmto účelům byly vymyšleny dvě různé pracující metody, které se liší v principech vyhodnocování výsledků. Jedná se o systémy, které se opírají o práci s časem (TDoA) anebo o výkon přijímaného signálu (RSSI). V praxi se spíše využívá metody TDoA, která je přesnější a funguje na principu vysílání očíslovaných paketů, kdy stěžejním prvkem pro výpočet je odezva tohoto paketu. Systémy RSSI naopak fungují na principu vyhodnocování přijímané síly signálu. Zde je předpoklad, že čím vyšší výkon byl naměřen, tím blíže se sledovaný objekt nachází. K účelům této práce byl využit hardwarově-sofwarový lokalizační systém společnosti AeroScout.

1 BEZDRÁTOVÉ SÍTĚ

Je to typ počítačové sítě, ve které je spojení mezi jednotlivými účastníky sítě uskutečňováno pomocí bezdrátové komunikace, nejčastěji elektromagnetických vln (Wi-Fi, bluetooth atd.).

- Wireless Personal Area Network (PAN)
- Wireless Local Area Network (LAN)
- Wireless Metropolitan Area Network (MAN)
- Wireless Wide Area Network (WAN)



Obr. 1.1: Druhy počítačových sítí

1.1 Wi-Fi

Wi-Fi (nebo také Wi-fi, Wi-Fi, Wifi, wi-fi, wifi) je v informatice označení pro několik standardů IEEE 802.11 popisujících bezdrátovou komunikaci v počítačových sítích (též *Wireless LAN*, *WLAN*). Samotný název Wi-Fi vytvořilo **Wireless Ethernet Compatibility Alliance**. Tato technologie využívá bezlicenčního frekvenčního pásma, proto je ideální pro budování levné, ale výkonné sítě bez nutnosti pokládky kabelů. Název původně neměl znamenat nic, ale časem se z něj stala slovní hříčka *wireless fidelity* (bezdrátová věrnost) analogicky k Hi-Fi (*high fidelity* – vysoká věrnost).

1.1.1 Struktura bezdrátové sítě

Bezdrátová síť může být vybudována různými způsoby v závislosti na požadované funkci. Ve všech případech hraje klíčovou roli identifikátor SSID (Service Set Identifier), což je řetězec až 32 ASCII znaků, kterými se jednotlivé sítě rozlišují. SSID

identifikátor je v pravidelných intervalech vysílán jako všesměrové vysílání, takže všichni potenciální klienti si mohou snadno zobrazit dostupné bezdrátové sítě, ke kterým je možné se připojit (tzv. asociovat se s přístupovým bodem).

Aby mezi sebou mohla komunikovat zařízení různých výrobců i různých platforem, existují mezinárodní standardy. Jejich specifikací se zabývá institut IEEE (z angl. **Institute of Electrical and Electronic Engineers**) – specifikace standardů bezdrátových lokálních sítí jsou publikovány pod číslem 802.11. Tento dokument dále obsahuje užší specifikace rozlišené revizními písmeny: např. 802.11b a 802.11g viz 1.1. Oba tyto nejčastěji se vyskytující standardy definují bezdrátové sítě pracující ve volném pásmu 2,4 GHz, liší se maximální dosažitelnou rychlostí (u standardu 802.11b je nejvyšší dosažitelnou rychlostí 11 Mb/s, u 802.11g je to až 54 Mb/s).

Nejjednodušším způsobem, jak bezdrátovou síť skrýt, je zamezit vysílání SSID. Připojující se klient pak musí SSID předem znát, jinak se nedokáže k druhé straně připojit. Protože je však SSID při připojování klienta přenášeno v čitelné podobě, lze ho snadno zachytit a skrytou síť odhalit.

1.1.2 Infrastrukturní síť

Typická infrastrukturní bezdrátová síť obsahuje jeden nebo více přístupových bodů (AP – Access Point), které vysílají své SSID. Klient si podle názvů sítí vybere, ke které se připojí. Několik přístupových bodů může mít stejný SSID identifikátor a je plně záležitostí klienta, ke kterému se připojí. Může se například přepojovat v závislosti na síle signálu a umožňovat tak klientovi volný pohyb ve větší síti (tzv. roaming).

1.1.3 Přehled standartů 802.11

Tab. 1.1: Přehled standartů 802.11

Standart	Pásmo [GHz]	Max. rychlost [Mbit/s]	Fyzická vrstva
Původní IEEE	2,4	2	DSSS
IEEE 802.11a	5	54	OFDM
IEEE 802.11b	2,4	11	DSSS
IEEE 802.11g	2,4	54	OFDM
IEEE 802.11n	2,4 nebo 5	600	OFDM,MIMO

2 EKAHAU SITE SURVEY

Ekahau Site Survey (ESS) je nástroj pro rozmístění a údržbu vysokofrekvenčních 802.11 Wi-Fi sítí. Tento program poslouží k dosažení maximální výkonnosti a optimalizace zvolené bezdrátové sítě. K potřebám této práce byla zvolena verze 4.5.11 build 34126. Pro pochopení, v čem je síla ESS, je potřeba zvážit několik faktorů:

- Wi-Fi nelze vidět a proto je těžké odhadnout, kam až sahají hranice pokrytí a jak bude pracovat v různých prostředích.
- Wi-Fi je nevyzpytatelná a proměnlivá – na rozdíl od kabelových sítí, které můžou být předvídatelné, bezdrátové připojení může pracovat rozdílně v každém okamžiku a navíc je závislé na prostředí.
- Wi-Fi je všude – na rozdíl od kabelové sítě, která má omezený počet přípoju (hostů), může mít bezdrátová síť mnoho současně připojených uživatelů, a to i na větší vzdálenosti.

2.1 Funkce ESS

Klíčové funkce jsou:

- Plánování: dokáže určit ideální počet a fyzické umístění přístupových bodů.
- Ověřování: provádí u vnitřních a vnějších GPS asistovaných prostředí měření pokrytí a jeho výkonnost.
- Analýza a optimalizace: zviditelní pokrytí sítě a výkonnost, s jeho pomocí dokáže doladit a následně simulovat změny v pracovním prostředí.
- Řešení problémů: dokáže vyřešit rozmanité množství problémů.
- Zprávy: generuje zprávy o pokrytí Wi-Fi a její výkonnosti (jenom verze *Ekahau Site Survey Pro*).

2.2 Systémové požadavky

Hardware a operační systém vyžadované pro správný běh programu:

- Windows XP, 2000 nebo Vista Operating System 1GB RAM (2GB nebo více doporučováno pro projekty větší než na 91 440 metrů čtverečních).
- 1GB volného prostoru na disku.
- Podporované Wi-Fi zařízení, viz níže.
- Laptop (k záznamu měření).
- Minimální rozlišení 1024 x 768, minimálně 32-bitová barevná hloubka.

Softwarová omezení:

- Software se stane nestabilním, pokud projekt přesáhne 5000 MAC adres přístupových bodů.
- Software se stane nestabilním, pokud projekt bude obsahovat obrázky s rozlišením 5000 x 5000 pixelů a více (maximální rozlišení je 2500 x 2500 pixelů).
- Software se stane nestabilním, pokud bude v jednom projektu doba zaznamenávání dat vyšší než 50 hodin.

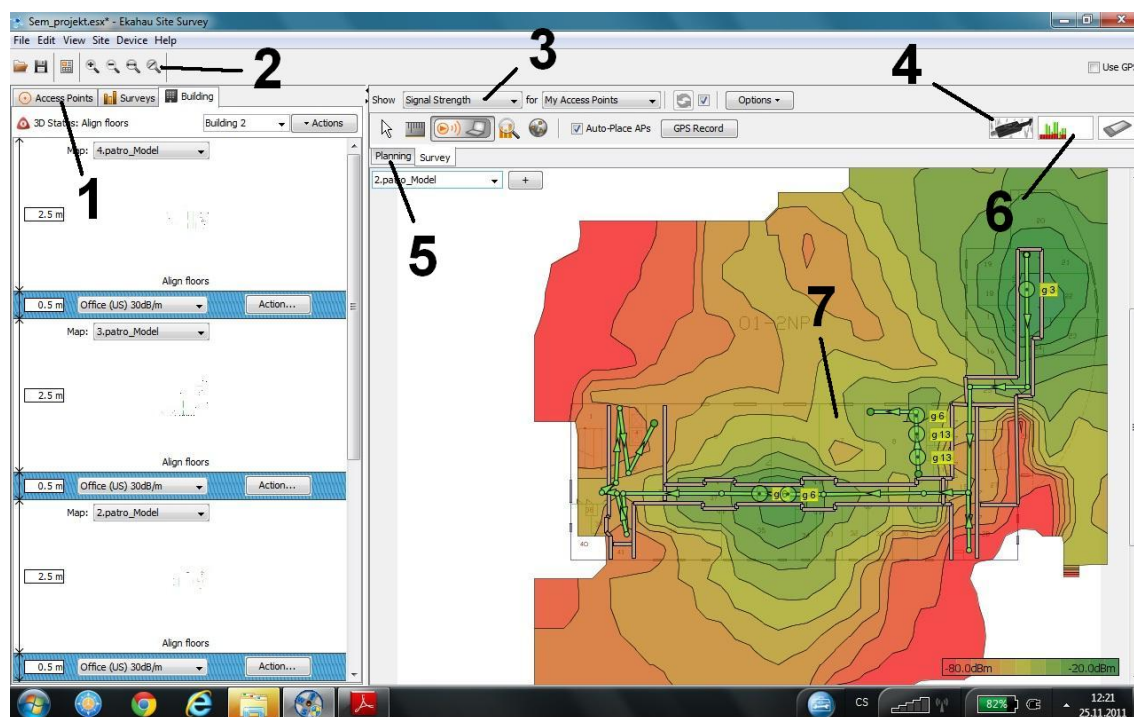
2.3 Podporované Wi-Fi adaptéry

ESS podporuje nejběžnější typy 802.11 Wi-Fi adaptérů. Adaptér není potřeba, pokud nechceme zaznamenávat měření. Podporované typy:

- Ekahau NIC-54,300
- 3COM 3CRPAG175B, 3CRWE15A72, 3CRXJK10075
- Belkin F6D3010
- Cisco CB-21AG
- D-Link DWL-AG650, AG660, DWA-AG650, AG660, DWA-642, 643, 645, 652, DWL-G650 Revisions B5, C3, C4
- Fluke Net-works FNET-WCARD Wireless Network Adapter, 802.11 a/b/g/n Wireless Network Analyzer
- IO-DATA WN-WAG/CBH
- LANCOM AirLancer MC-54ag
- Linksys WPC55AG, v1.1, v1.3
- NEC Aterm WL300NC, Aterm WL54SC
- NetGer WAG511, WAG511v2, WAG511U
- Nortel Net-works 2202
- Proxim Orinoco 8480
- Ubiquiti SRX, SRC

2.4 Popis prostředí ESS

Ekahau Site Survey je velice jednoduchý na ovládání. Nejdůležitější položky pro práci jsou záložky *planning* a *survey*. Základní části programu jsou znázorněny na obrázku 2.1



Obr. 2.1: Uživatelské rozhraní ESS

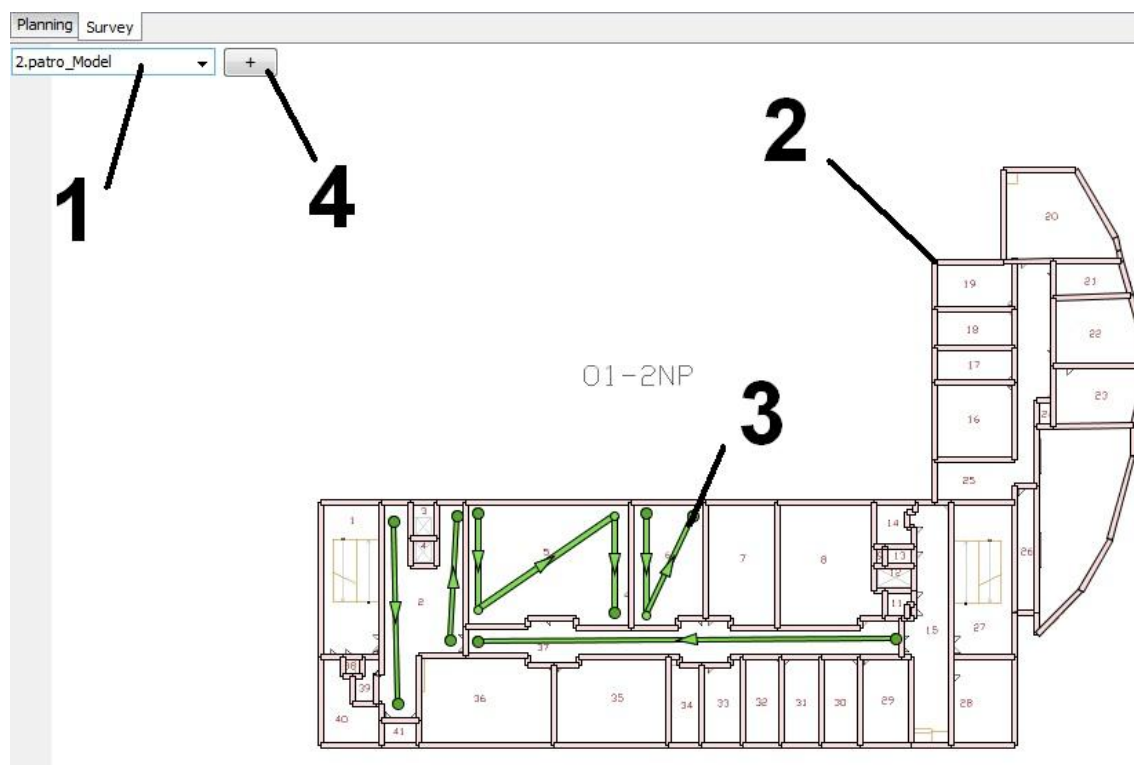
1. Záložky přístupový bod, měření a pohled na budovu
2. Panel Nástrojů
3. Možnosti vizualizace
4. Tlačítko rychlá analýza spektra
5. Záložka plánu a měření
6. Minimalizovaný pohled na signál
7. Mapa a pokrytí signálem

2.5 Pohled na mapu

Pohled na mapu je všeobecně nejpoužívanějším pohledem v ESS (viz [2.2]).

Využívá se pro:

- Tvorbu síťových plánek.
- Plošné měření.
- Rozmístění a pohyb s přístupovými body.
- Analyzování a optimalizaci pokrytí a výkonnosti.







Obr. 2.2: Pohled na mapu

1. Výběr mapy
2. Nákres zdí (slouží pro lepší propoččet a modelaci)
3. Trasa měření (šipka ukazuje směr pohybu)
4. Vložení nové mapy

2.5.1 Pohyb po mapě

Bylo vytvořeno několik nástrojů pro pohyb a ovládání mapy. V tabulce 2.1 je jejich výčet.

Tab. 2.1: Nástroje pro pohyb v prostředí

Ikona	Jméno	Popis
	Přiblížení	Přiblížení oblasti pro znázornění detailů
	Oddálení	Oddálení oblasti pro znázornění detailů
	Přizpůsobení na obrazovku	Zeštíhlení mapy, tak aby se vešla na obrazovku
	Měřítko 1:1	Zobrazení mapy ve výchozím rozlišení




2.5.2 Práce s mapou

V tomto bodu jde o seznámení s jednotlivými funkcemi a jejich propojeními s mapou. Jedná se o záložky plánu (planning tab) a měření (survey tab). Níže v tabulkách je jejich výčet.

Záložka planning

Je záložka pro práci s prediktivním vzhledem Wi-Fi sítě.








Tab. 2.2: Ikony v záložce planing tab

Ikona	Jméno	Popis
	Sim. přístupový bod	Umístění simulovaného příst. bodu do mapy.
	Zarovnání podlahy	Umístí bod zarovnání pohlahy. Zarovná podlahu se sousedící. Je potřebná jenom v případě využití 3D plánovače.
	Zed'	Kreslí zdi. Je potřebná jenom v případě využití 3D plánovače.

Záložka survey

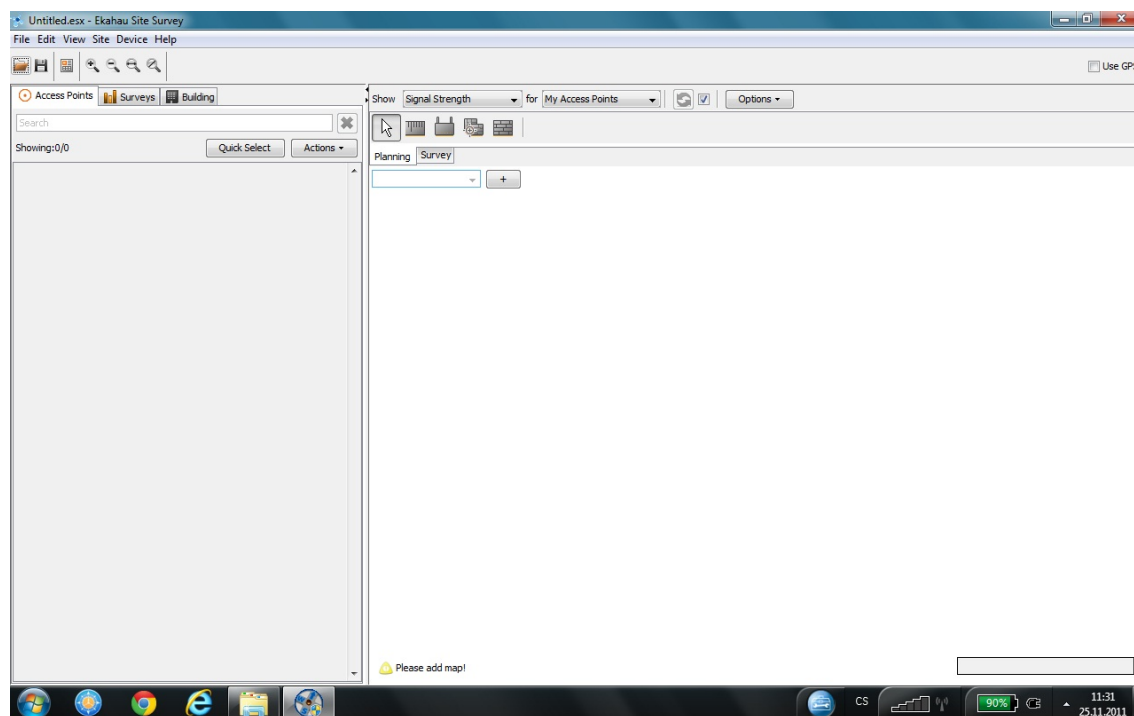
Měření – záložky potřebné k výkonu měření v pracovním prostředí nebo k řešení problému.

Tab. 2.3: Ikony v záložce survey tab

Ikona	Jméno	Popis
	Editace	Vkládá položky do mapy. Ovládá rozmanitou škálu možností jako mazání nebo pohyb.
	Měřítko	Nastavuje měřítko. Může být použito i jako nástroj měření délky.
	Nahrávání měření	Výkon měření: Nahrává měřené signály okolí. Při kliknutí je možné vytyčit na mapě cestu měření, kde je vytyčen začátek a konec. Po zastavení se přesuneme do cílového bodu. Pokud jsme nastavili automatické umísťování přístupových bodů, příst. bod bude automaticky umístěn v mapě.
	Inspektor měření	Kontrola měření dat v detailu. Kliknutím na záložku se zobrazí změřená data v mapě. Dvojitým klikem se zobrazí detail.
	Vložení GPS referenčního bodu	Umístí GPS poznámku do mapy. Bez vložení GPS ref. bodu souřadnice nemohou být zkonvertovány do souřadnice mapy, tedy nemohou být zobrazeny v mapě.
	Minigraf signálu	Zobrazuje sílu(zeleně) a šum(červeně) právě měřených sítí.
	Nastavení síť. adaptéru	Při kliknutí mění nastavení adaptéru.

2.6 Postup vložení nové mapy

Po spuštění Ekahau Site Survey klikneme na záložku v menu *File*, po rozložení vybereme nabídku *New*, čímž založíme nový projekt viz 2.3.



Obr. 2.3: Nový projekt

Nyní vidíme 3 záložky v levé části programu *Access points*, *Surveys* a *Building*, kterým se bude věnováno později.

Pro vložení nové mapy je potřeba obrázek převést do jednoho z následujících formátů:

- BMP, WBMP
- JPG, JPEG
- PNG
- GIF

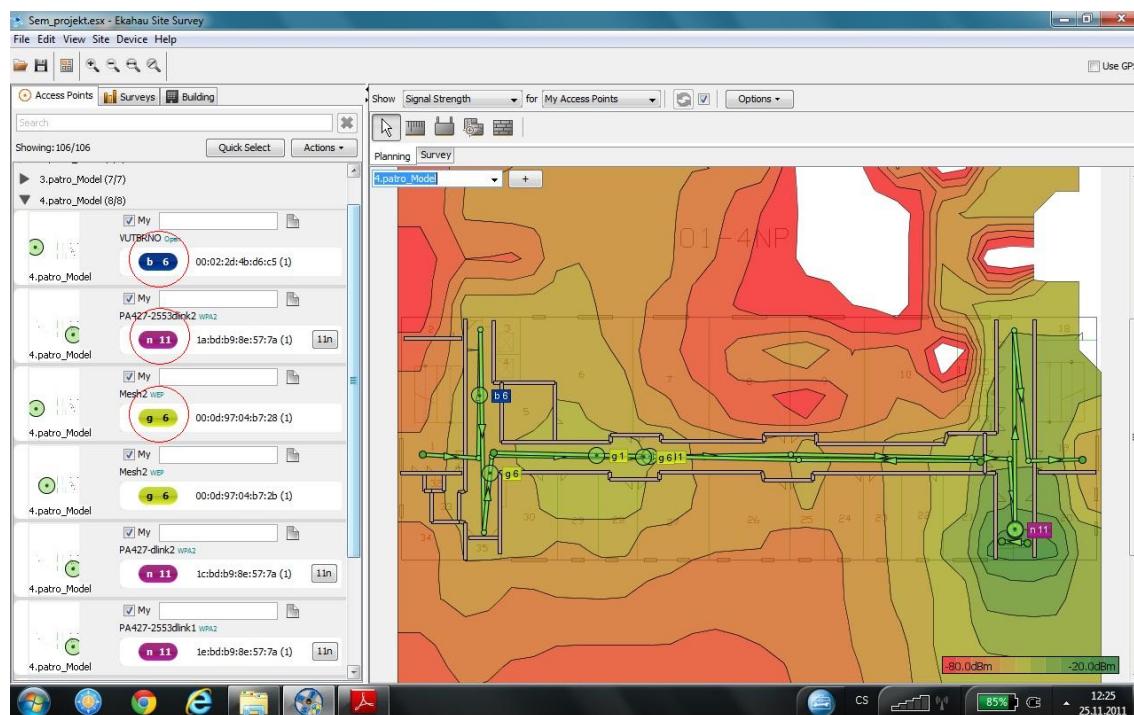
Vložení nové mapy je dosaženo kliknutím na záložku *Planning* v pravé části programu a na tlačítko *+*. Tímto způsobem je vloženo celkem 5 map, postupně podlaží číslo 1, 2, 3, 4 a 1. patro mezipatro. Přepnutím do záložky *Survey* a použitím tlačítka *Scale* je nastaveno měřítko jednotlivých map. Bylo tak dosaženo měřítko 16,2px/1m. Pro přesnější simulaci slouží tlačítko *Wall*. Slouží k vykreslení zdí v jednotlivých mapách, kdy je možno nastavit druh zdi (cihlová, betonová atd.), pro zlepšení výpočtu parametrů při simulaci. Pro podrobnější popis tohoto nástroje je věnován odstavec níže.

Pro samostatné vyměření již slouží tlačítko *Record Survey* v záložce *Planning*. Klepnutím na něj se aktivuje a dalším klepnutím levého tlačítka je v mapě možno zvolit identifikaci umístění. Proběhne mezi výpočet síly signálů a nyní je nutno přesunout se na libovolné jiné místo. Toto místo taktéž označíme kliknutím do mapy. Klepnutím pravého tlačítka myši proběhne výpočet a simulace signálových úrovní, které se následně zobrazí v již proměřených místech. Nejvyšší úroveň signálu je označena tmavě zelenou barvou (-20 dBm), nejslabší tmavě červenou (-80 dBm).

Z barevných hladin v obrázku je patrné, kde se nachází přístupové body. Červené kruhy v mapě značí jednotlivé přístupové body sítě 802.11, které jsou barevně rozlišeny. Na barevné rozlišení síly signálu i jednotlivé druhy sítí 802.11 odkazuje obrázek 2.4 .

Barevné rozlišení sítí 802.11:

- 802.11n fialová
- 802.11g zelená
- 802.11a oranžová
- 802.11b modrá



Obr. 2.4: Signálové úrovně 4. patra budovy PA

U každého přístupového bodu je znázorněná jeho MAC adresa a SSID (číslo v závorce). U obrázku 2.5 můžeme vidět jednotlivé naměřené sítě. MAC značí adresu přístupových bodů, SSID jméno sítě, channel využití kanálů, signal sílu signálu, noise velikost šumu a předposlední kolonka maximální datový tok.

MAC	SSID	Channel	Signal	Noise	SGI	Greenfield	Max supported data rate	Max Spatial Streams
00:11:6b:42:e2:f2	Webkomplet	8-4	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	6.7 Mbps	1
00:11:6b:42:e2:f3	Webkomplet2	8-4	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	6.7 Mbps	1
00:15:6d:a0:bd:ee	Cz.Free-Rencova23	3	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	130.0 Mbps	2
00:1d:0f:fb:17:0c	TP-LINK_FB170A	6-2	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	300.0 Mbps	2
00:21:91:ea:96:97	PA-278-wifi	13	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	130.0 Mbps	2
00:23:69:12:8e:3b	Tednospark	9	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	144.4 Mbps	2
00:30:bf:84:12:70	VIC230N	6-2	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	6.7 Mbps	1
14:d6:4d:ff:58:30	DDCOM	13	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	144.4 Mbps	2
1a:bd:b9:8e:57:7a	PA427-2553dlink2	11	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	130.0 Mbps	2
1c:bd:b9:8e:57:7a	PA427-dlink2	11	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	130.0 Mbps	2
1e:bd:b9:8e:57:7a	PA427-2553dlink1	11	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	130.0 Mbps	2
50:67:f0:22:f4:88	kancelar-380	6-2	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	6.7 Mbps	1
74:ea:3a:c7:80:90	Hart	4-8	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	150.0 Mbps	1
c8:3a:35:55:75:80	Her_14_75	4-8	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	6.7 Mbps	1
d8:5d:4c:a8:3e:da	ABC2	13-9	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	300.0 Mbps	2
e0:cb:4e:0f:70:aa	networld	1-5	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	6.7 Mbps	1
f0:7d:68:59:bc:d6	wifi-expert2	6-2	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	6.7 Mbps	1
f4:ec:38:b8:2b:a2	gregorovi	4-8	N/A	N/A	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	150.0 Mbps	1

Obr. 2.5: Naměřené sítě

2.7 Vliv účinku zdí na měření

2.7.1 Editace a kreslení zdí

Pro kreslení zdí klikněte na záložku *Planning* a následně zde vybrat nástroj *Wall*. Jako první bod je důležité vybrat, který materiál se nejvíce shoduje se zdí, kterou chceme nakreslit. Na výběr je několik druhů zdí, např. cihlová, betonová aj.

Nakreslení zdi je velice jednoduché, po kliknutí na nástroj *Wall* kliknutím levého tlačítka označím místo počátku zdi a táhnu až na místo, kde zeď končí a klikem pravého tlačítka myši dokončím kreslení. Takovým způsobem vyznačím zdi po celé mapě.

Pro úpravu nejprve zvolím nástroj *Edit* a poté klikneme na zeď, kterou chceme upravit. Lze také upravovat více zdí najednou držením klávesy CTRL a klepáním na jednotlivé zdi. Můžeme měnit i materiál zdí a to klepnutím pravého tlačítka na zeď a zvolením možnosti *Change Wall Type*.

2.7.2 Vlastní návrh materiálu zdí

Pokud chceme navrhnout vlastní materiál, je nutná znalost XML a HTML a jednoduchý textový editor. Materiály zdí jsou specifikovány v souboru *wallTypes.xml*,

umístěném ve složce *conf* instalační složky produktu. Pro úpravu materiálu je potřeba otevřít soubor *wallTypes.xml* v textovém editoru (např. poznámkový blok) a přidat, vymazat nebo upravit jednotlivé materiály. Výrazy jsou vysvětleny v tabulce 2.4.

Tab. 2.4: Výrazy a jejich popis v souboru *wallTypes.xml*

Výraz	Popis
id	Identifikace materiálu. Pro každý materiál musí být jedinečná.
name	Jméno materiálu zobrazené v uživatelském rozhraní.
width	Šířka materiálu zdi.
absorption	Faktor vstřebávání v dBm.
color	Barva materiálu. Pro více informací navštivte http://en.wikipedia.org/wiki/Web_colors .

Po vložení zdi je potřeba proměřit sílu signálu na obou stranách zdi, před ní i za ní. Odečteme sílu signálu za zdí od síly před zdí a dostaneme útlum signálu v dB. Poté změříme tloušťku zdi a spočítáme faktor vstřebávání pomocí útlumu signálu a šířky zdi v metrech.

Následně vložíme nový materiál zdi do souboru *conf*, uložíme ho a restartujeme ESS.

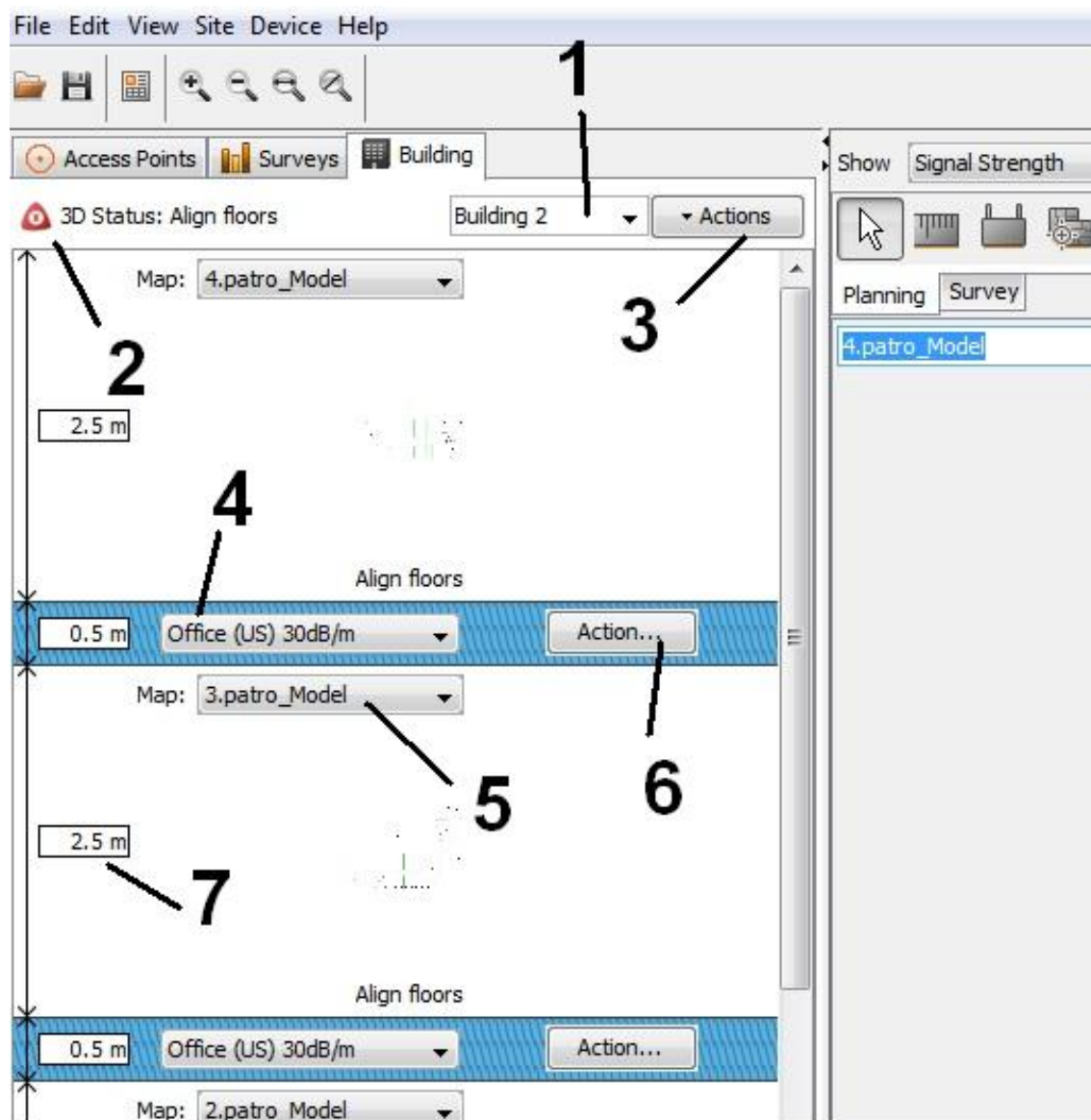
2.7.3 Návrh Wi-Fi sítí ve více podlažní budově

Signál má vlastnost prostupnosti skrz pevné materiály a to je potřeba brát v úvahu i při návrhu sítě. Může tedy procházet skrz stropy i zdi. Každý materiál má jiný útlum signálu. Propustnost signálu může pozitivně ovlivňovat signál v mezipatrech, kdy lze dosáhnout lepšího pokrytí. Ve více patrové budově lze tedy navrhovat méně přístupových bodů, než by tomu bylo v případě samotného patra.

Na druhou stranu může mít propustnost i negativní vlastnosti. Má to za následek interference dvou a více přístupových bodů, které se tak mohou vzájemně negativně ovlivňovat. Je potřeba s tím tedy v návrhu počítat.

K simulaci musí být definován počet pater budovy, výška jednotlivých pater a také materiál podlaží.

2.7.4 Definování více patrové budovy



Obr. 2.6: Popis tlačítek a parametrů budovy

1. Výběr budovy
2. Ukazatel statutu 3D plánu
3. Přidat/odebrat budovu
4. Materiál podlaží
5. Obrázek mapy
6. Přidat/odebrat podlaží
7. Výška podlaží

Pro nastavení budovy běžte do prostředí v záložce *Buidling*.

1. **Přiřazení obrázku mapy k odpovídajícímu podlaží**– Probíhá přiřazením mapy z obrázku ke každému podlaží zvlášť. Je nutné si všimnout, že nejnižší podlaží je seřazeno úplně dole v zobrazení budovy. Pro každé patro může být přiřazen **pouze** jeden obrázek.

2. **Výběr materiálu budovy** – Vybírá se vždy druh materiálu, který nejvíce odpovídá materiálu podlaží.

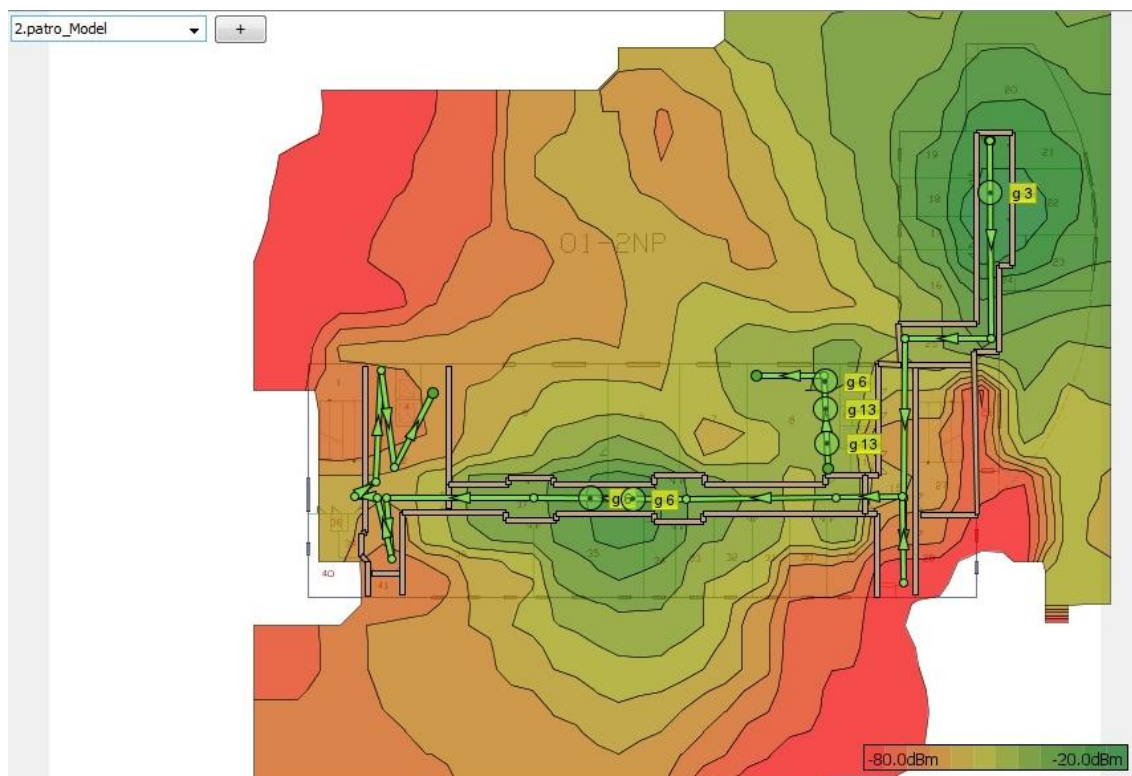
3. **Nastavení výšky podlaží** – Změřením výšky patra od podlaží po strop lze do této kolonky naměřenou hodnotu zapsat.

Ukazatel statutu nahoře na obrázku pomůže definovat podlaží budovy. Pokud je ukazatel nastaven na hodnotu OK, je možné vidět simulované přístupové body pronikající skrz podlaží.

2.7.5 Srovnání měření před započtením vlivu zdí a po jeho započtení

Měření bylo započato pouhým průchodem chodbami 2., 3. a 4. patra. Jak je vidět z obrázku 2.7, byl do mapy zabudován pouze obrys stěn na chodbě a mapa síly signálu tím byla značně zkreslena. Tmavě zelenou barvou je vyznačena nejsilnější oblast signálu o síle -40 dBm. Automatický simulátor znázornil pokrytí jako téměř kruhové.

Na obrázku 2.8 je již vidět úplný obrys zdí a jeho započtení do celkové mapy síly signálu. Jelikož ve stavebním plánu nebyl popis materiálu zdí, byl zvolen jako *unknown*, tedy neznámý. Pro vysokou přesnost byla proměřena většina z učeben 2. patra. Z výsledku bylo odvozeno, že zdi jsou cihlové a to z důvodu rozdílu síly signálu před a za zdí, kdy rozdíl byl -10 dBm. V obrázku je to znázorněno různými odstíny barev, např. odstín zelené. V návrhu s tím tedy je počítáno.



Obr. 2.7: 2. patro před započtením vlivu zdí



Obr. 2.8: 2. patro po započtení vlivu zdí

3 NÁVRH A ÚPRAVA PŘÍSTUPOVÝCH BODŮ V JEDNOTLIVÝCH PATRECH

3.1 Zajištění maximálního pokrytí budovy optimálním počtem AP

Při návrhu sítě je několik zásad, jak navrhnout ideální počet přístupových bodů k požadovanému pokrytí a jejich rozmístění v rámci mapy. Níže je jejich výčet v podobě bodů:

1. Zvolení map, nastavení jejich měřítek, nastavení materiálu zdí a logické uspořádání pater tak, jak jsou rozmístěny ve skutečnosti.
2. Výběr možnosti *Network Health for My APs* a nastavení odpovídajících požadavků.
3. Nyní lze umísťovat přístupové body, je doporučeno je současně i nakonfigurovat. Zobrazením možnosti *Network Health* se zjistí, zda síť splňuje požadované parametry. Pokud tomu tak není, lze využít volbu *Network Issues* a zjistit tak, v čem je problém. V případě nízkého signálu je vhodné přístupové body přemístit na jiné místo, případně přidat nové. Pokud je zjištěna nízká rychlost toku dat, problém může být ve vzájemném ovlivňování přístupových bodů – interferenci. Řešení spočívá v úpravě využití kanálů přístupových bodů. Pro 802.11b/g je ideální zvolit využití kanálů v kombinaci 1-6-11, 1-4-8-11, 1-5-9-13 nebo 1-7-13.

3.2 Návrh optimalizace pokrytí v budově Purkyňova 01

Dosah jakéhokoli rádiového spojení je založen v podstatě na jediné věci: úroveň signálu, který vyjde z výstupu vysílače, může po cestě poklesnout jen natolik, aby byla na vstupu přijímače vyšší, než je jeho citlivost (tedy schopnost ho ještě zpracovat). Ve Wi-Fi jsme navíc omezeni ještě něčím: úroveň vysílaného signálu na výstupu z antény nesmí přesáhnout určitou maximální hodnotu (+20 dBm pro 2 antény, +17 dBm pro jednu). Ta je stanovena Českým telekomunikačním úřadem (ČTÚ) v tzv. Generální licenci č. GL-12/R/2000.

Jako modelační přístupový bod jsem zvolil Cisco AP1250. Níže v tabulce 3.1 výrobce uvádí přijímací citlivosti. MCx značí číslo daného kanálu. Anténa byla zvolena pro konektory 2.4-GHz: 3 RP-TNC.

Tab. 3.1: Přijímané citlivosti

2.4-GHz 802.11n
-86 dBm @ MC0
-85 dBm @ MC1
-84 dBm @ MC2
-83 dBm @ MC3
-80 dBm @ MC4
-75 dBm @ MC5
-74 dBm @ MC6
-73 dBm @ MC7
-86 dBm @ MC8
-85 dBm @ MC9
-84 dBm @ MC10
-83 dBm @ MC11
-80 dBm @ MC12
-75 dBm @ MC13
-74 dBm @ MC14
-73 dBm @ MC15

Z výše uvedeného je patrné, že úroveň pokrytí nesmí být nižší, než -86 dBm. Při nižších velikostech signálu dochází k vypadávání sítě a dlouhé odezvy k přístupovým bodům.

Jsou dvě možnosti, jakým způsobem vytvořit návrh pokrytí. Z ekonomického hlediska je ideální varianta s rozmístěním AP na místa, která jsou nejčastěji využívána k připojení k síti. Obvykle jsou to lavičky, případně učebny, ve kterých nevede kabeláž.

Další možností je úplné pokrytí pater a navrhnutí optimálního počtu přístupových bodů. Tato možnost je ovšem finančně nákladnější.

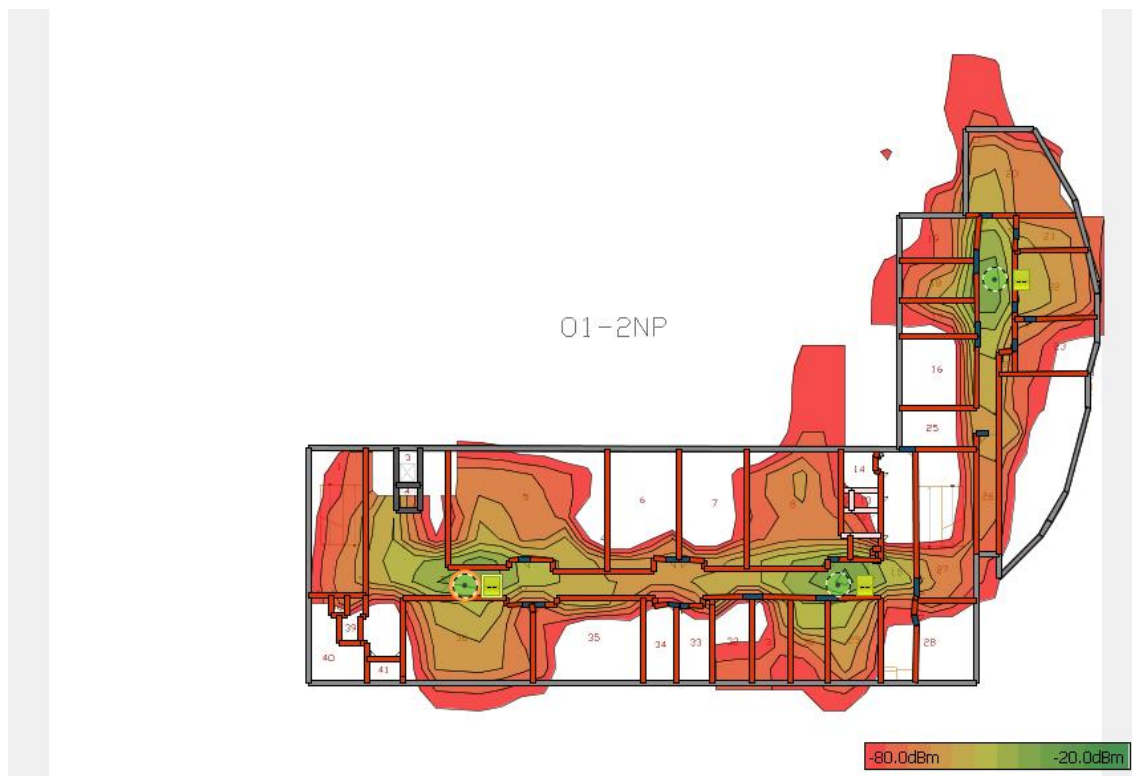
I přes nevýhodu druhé možnosti je na obrázku 3.1 zvolena varianta úplného pokrytí. Do návrhu byly započteny předpokládané materiály zdí. V obrázku je jejich barevné rozdělení následující:

- šedá–beton s útlumem 12 dB
- tmavě šedá–výtahová šachta s útlumem 30 dB
- červená–cihlová zeď s útlumem 10 dB
- modrá–dveře s útlumem 3 dB

Útlum značí pokles signálu při průchodu daným typem materiálu.

Pro patro 3 byla zvolena stejná varianta se třemi přístupovými body Cisco 1250

pro každé patro. Pro patro 4 byly zvoleny přístupové body 2. V návrhu není brán v úvahu průnik signálu skrz patra z důvodu předpokladu silného betonu, jako materiálu podlaží. Tato patra lze najít v příloze A.5 a A.6.



Obr. 3.1: Návrh umístění přístupových bodů

4 LOKALIZACE OBJEKTŮ POMOCÍ SYSTÉMU AEROScout

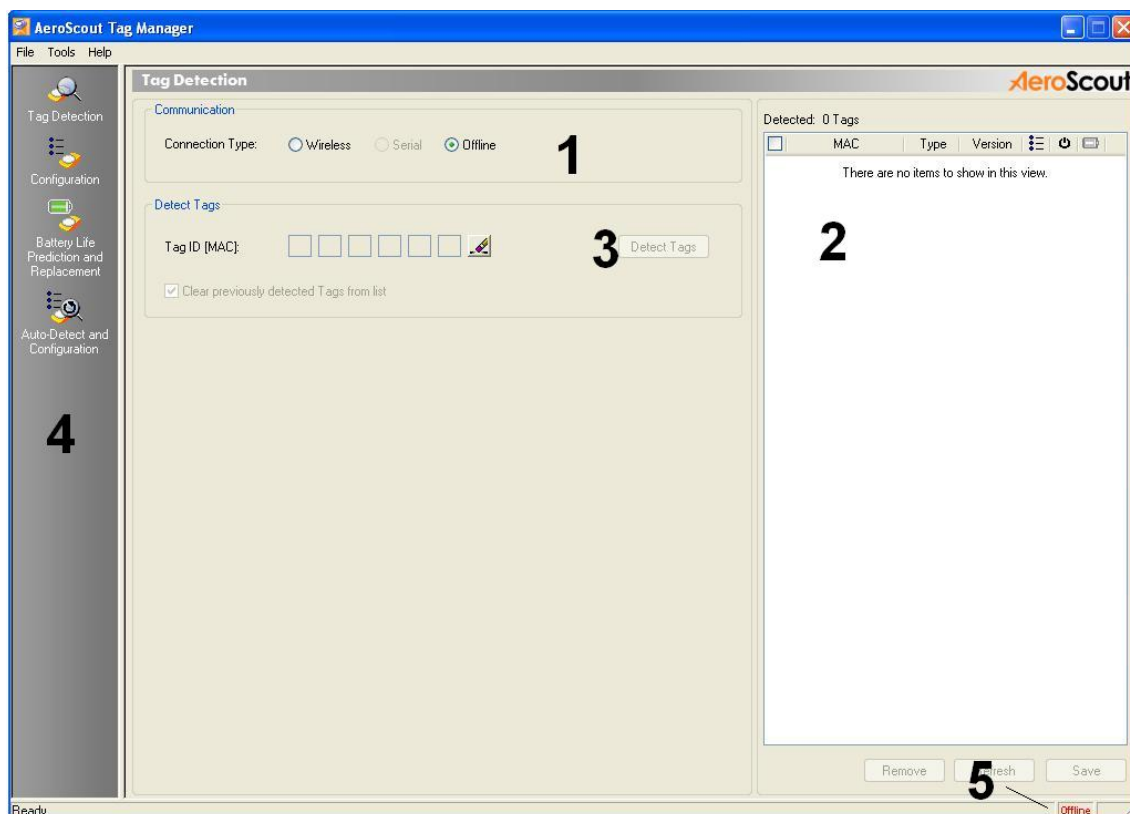
Společnost AeroScout se zabývá spoluprací objektů pracujících na základě Wi-Fi a vyhodnocujících zařízení, které slouží k rozpoznání těchto objektů a následným výpočtům k určení pozice v dané oblasti. Takovým systémem lze sledovat stav a pohyb objektů v dané síti na dálku. K tomuto účelu se využívá systém zvaný Real-time Location – tedy systém lokalizace pracující v reálném čase, který ke své funkci využívá množství programů. Jedními z hlavních jsou AeroScout Tag manager, který slouží k nastavování lokalizovaných objektů a dále AeroScout Engine, jehož hlavní činností je již samostatná lokalizace a grafické zobrazení v podkladové mapě.

4.1 AeroScout Tag manager

Základní vlastností tohoto softwaru jsou aktivace a nastavení tagů. Další důležitou činností je aktivace nebo deaktivace tagů a vytváření a ukládání zpráv, které se dají do tagů nahrávat. Pro účely této práce byly k dispozici tagy verzí T2, T3, T4 a T5. Program je umožňuje detekovat a následně s nimi dokáže pracovat.

4.1.1 Detekce tagů

K tomu, aby bylo možné s tagy vůbec komunikovat je potřeba zařízení jménem Tag Activator. Konfigurační data jsou z něj vysílána směrem k počítači, kde je nainstalován Tag manager. Před tím než mohou být tato data vysílána, musí být provedena detekce tagů, které se nacházejí v blízkosti Tag Activatoru. Základní pohled na tento program je na obrázku 4.1.



Obr. 4.1: Prostředí Tag manageru

1. Panel pro zvolení typu připojení tagů.
2. Pole detekovaných tagů, objevují se zde informace o MAC adrese, typu tagů, verze, statutu, aktivace/deaktivace a stavu baterie.
3. Zvolení detekce, vlevo pole pro ruční výběr tagů, vpravo tlačítko pro automatickou detekci.
4. Hlavní panel nástrojů.
5. Stav připojení (offline / online).

4.1.2 Postup při detekci

1. Základním požadavkem je instalace softwaru Tag manager. Jako hardware pro detekci slouží Tag activator. Následně se propojí Tag activator se síťovou zásuvkou a pomocí křížového kabelu propojit buď s PC anebo s přístupovým bodem. Je důležité, aby se v tomto případě activator nacházel ve stejné podsíti. Defaultní IP adresa activatoru je 192.168.1.235, lze změnit adresu IP activatoru nebo přizpůsobit přístupový bod na IP adresu 192.168.1.X . Podobně provedeme při zapojení přímo do PC, kdy nastavíme IP adresu počítače do stejné podsítě.

Detected: 6 Tags

<input checked="" type="checkbox"/>	MAC	Type	Version			
<input checked="" type="checkbox"/>	000CCC510D71	T2	0x49A	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	000CCC52FD42	T2	0x49A	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	000CCC53176D	T5a	0x49A	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	000CCC532663	T2	0x49A	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	000CCC74413B	T3	0x49A	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	000CCC74414D	T3	0x49A	<input checked="" type="checkbox"/>		

Obr. 4.2: Detekované tagy

- Skupina tagů musí být umístěna v okolí aktivatoru. Je důležité, aby byly ve vzdálenosti 10 cm až 1 m od aktivatoru. Aktivator pro komunikaci s tagy využívá nízkofrekvenční vlny a proto by měly být mimo dosah CRT obrazovek a LCD monitorů (aspoň 1,5 m), aby se předcházelo rušení.
- V manageru se v levém panelu Tag detection vybere a následně zatrhne radio-button *Wireless*. Pokud je aktivator a PC v jedné podsíti, odemkne se tlačítko *Detect tags*, které je následně použito. Tagy, které se nacházejí v blízkosti jsou tímto automaticky detekovány a lze je konfigurovat. Detekované tagy jsou na obrázku 4.2. Další možností je detekce přímá, kdy se zadává konkrétní MAC adresa tagů, této metody ale využito nebylo.
- K tomu, aby mohl tag komunikovat s okolním prostředím je nutné ho aktivovat. V defaultním režimu je tag neaktivní, což znamená, že nepřijímá zbytečné signály, nekomunikuje a reaguje pouze na detekční data vysílána pomocí tag aktivatoru. Je tedy nutné převést tagy do aktivního módu, což se provede v záložce *Configuration*, zaškrtnutím možnosti *Activate*, výběrem tagu, který má být aktivován a potvrzením tlačítkem *Apply*.

4.1.3 Konfigurace

Nastavení tagů se provádí v hlavním panelu po kliknutí na tlačítko *configuration*. Následně se objeví okno s různými záložkami viz 4.3. V dalším textu budou popsány jenom využitě funkce.

Záložka General:

Messages

Wi-Fi Connectivity

IP Settings

Operating Modes

GPS

Ultrasound

General

Transmission

Call Buttons

Supplementary

Motion

Temperature & Humidity

Tamper

Channel Selection:

☒ 1
☐ 2
☐ 3
☐ 4
☐ 5
☐ 6
☒ 7

☐ 8
☐ 9
☐ 10
☐ 11
☐ 12
☒ 13

LED(s) Indication:

☒ On
☐ Off

Transmission Interval

☒ Normal:

0

▼

hours

5

▼

minutes

0

▼

seconds

☐ Fine:

64

▼

msec

Tag Group

Set Group ID:

No Change

▼

Select Configurations to Apply

Select All

☐ General
☐ Supplementary
☐ Motion

☐ Transmission
☐ Messages
☐ Temperature & Humidity

Primary

Secondary

☐ Wi-Fi Connectivity
☐ Tamper
☐ Activate

☐ Short Clicks
☐ Short Clicks
☐ IP Settings
☐ GPS
☐ Deactivate

☐ Long Click
☐ Long Click
☐ Operating Modes
☐ Ultrasound

Apply

Open...

Save...

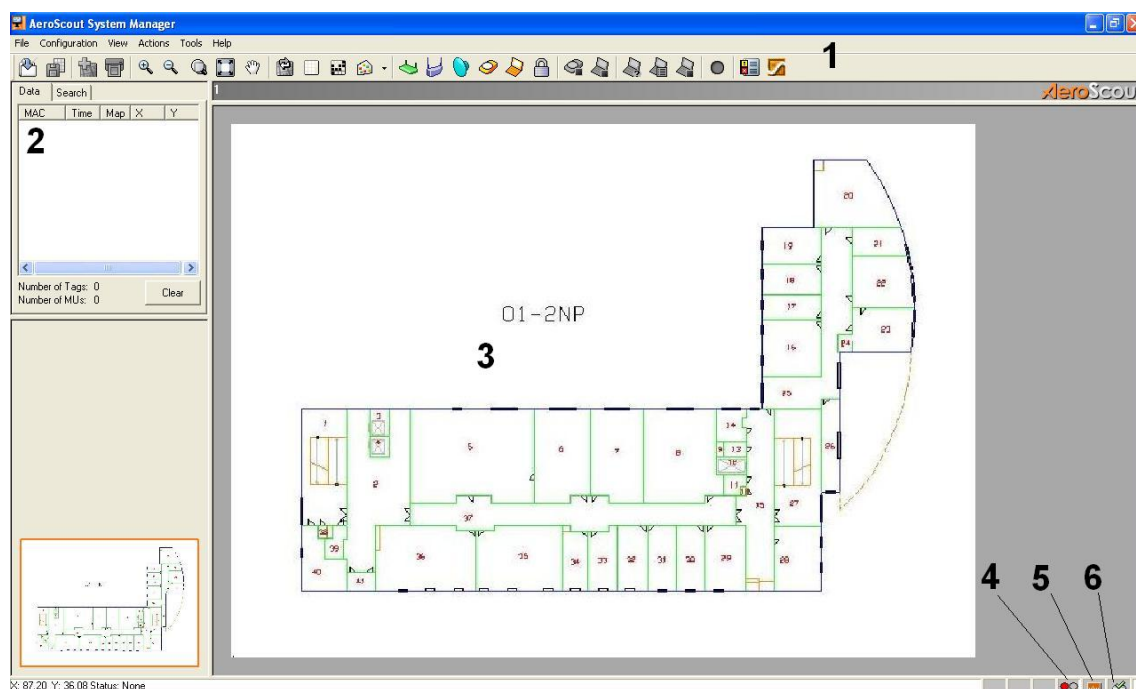
Export...

Obr. 4.3: Konfigurační menu

- Channel selection – Umožňuje výběr kanálů, přes které se budou vysílat lokalizační data.
- Led's indication – V momentě, kdy bude tag vysílat data, bude led dioda tento přenos signalizovat pomocí blikání.
- Transmission interval - Nastaví, jak často bude tag vysílat data o svojí pozici. V tomto případě bylo využito zasílání dat každých 30 sekund.

Záložka Transmission:

- Destination address for the transmission of Tag location messages – U funkce Data frame format byl zvolen druh zprávy *IBSS* a následná předvolba MAC adresy musela být zvolena ve tvaru 00 0C CC xx xx xx, jelikož první šestičíslí tagů je definováno tímto způsobem.



Obr. 4.4: Základní prostředí programu Engine

4.2 AeroScout Engine

Je software, který slouží ke grafickému znázornění tagů a pro potřeby této práce byla zvolena verze 3.2d. Figuruje zde velká sada nástrojů pro práci s lokalizací v bezdrátové síti. Hlavním bodem je nahrání podkladové mapy, v tomto případě patra, ve kterém se mají lokalizační prvky nacházet. Prostředí programu je možno prohlédnout na obrázku 4.4.

1. **Panel nástrojů** – Obsahuje funkce ke správě podkladové mapy. Výběrem položky je možné povolit/zakázat zobrazení zařízení, zapnout/vypnout lokalizaci a komponenty k práci s mapou – zvětšení, zmenšení, posun atd.
2. **Pole**, ve kterém jsou vypsány lokalizované objekty. Obsahuje Mac adresu zařízení, čas odezvy, číslo mapy a pozici xy.
3. **Podkladová mapa**, která je základním prvkem práce s Enginem. Jejím vložením zobrazuje patro, ve kterém jsou objekty lokalizovány.
4. **Synchronizační status**. Zobrazuje synchronizaci lokalizačních přijímačů.
5. **Dokončení kalibrace**. Při vložení mapy je nutné nastavit měřítko vzdáleností na mapě. Při jejím správném nastavení se zobrazí stejně jako na obrázku 4.4.
6. **Spojení s pozičním serverem**. Pokud program komunikuje s pozičním serverem, je tento stav znázorněn zeleným symbolem.

4.2.1 Hlavní funkce

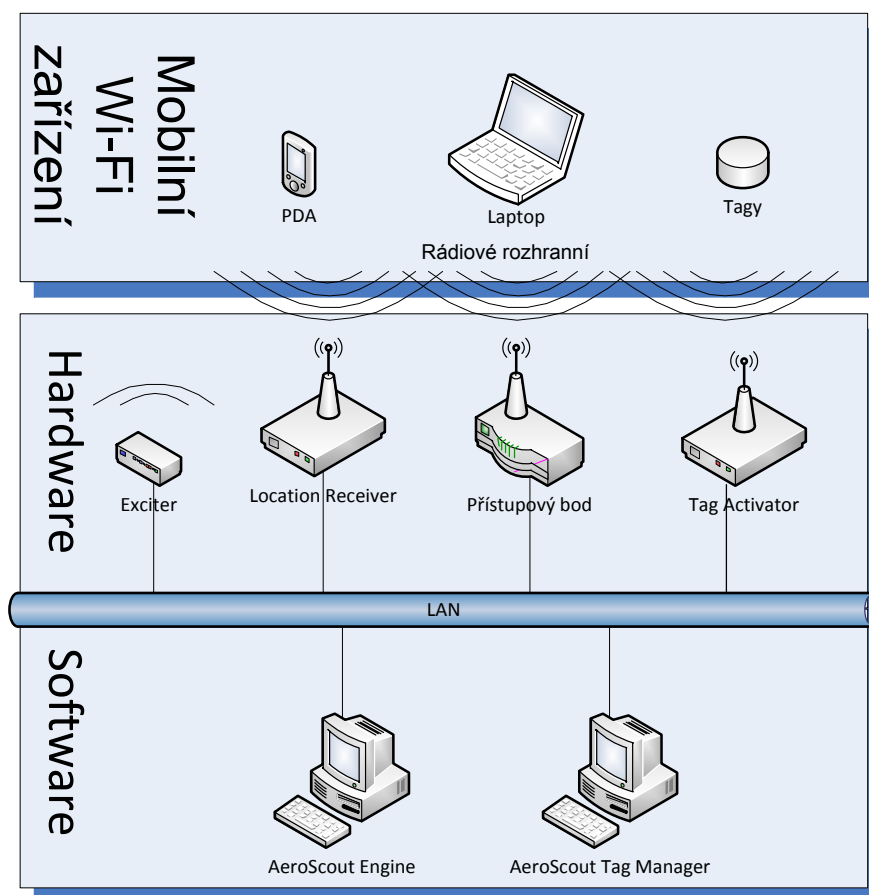
AeroScout Engine umožňuje lokaci malých tagů, které jsou napájeny bateriemi. Tyto tagy mohou být použity pro sledování větších objektů, vybavení anebo i lidí. Dále umožňuje lokaci zařízení, pracujících na základě Wi-Fi standartů jako jsou laptopy, tablety, bezdrátové kopírky a jiné bezdrátově fungující zařízení. Engine shromažďuje a zpracovává data o poloze v řadě prostředí a využívá ke své práci různé metody včetně zpracovaných algoritmů TDoA (Time Difference of Arrival) a RSSI (Received Signal Strength Indication). Tento software může přijímat data dvojím způsobem, jednou z možností je využití kompatibilních přístupových bodů, další je pak příjem dat z tagů, které zpracovává přijímač (Location Receiver). Důležitým je pak AeroScout Positioning Server. Je navržený tak, aby dokázal na základě algoritmů TDoA a RSSI určit přesnou polohu objektu. Poslední součástí je AeroScout System Manager, který slouží ke konfiguracím a administrativním činnostem jako jsou reporty, k práci a řízení podkladových map a také je zde možné nakonfigurovat topologii sítě a dále s ní pracovat. Základní topologie je na obrázku 4.5.

4.2.2 Obecný postup při nastavování jednotlivých kroků

Před samotným nastavováním v programu je podstatné správně zapojit topologii sítě. Ta by se měla skládat z přístupového bodu a zařízení kompatibilních se softwaru firmy AeroScout. Patří mezi ně Location receiver (přijímač lokalizace), exciter, tag activator a samozřejmě samotné tagy. Dalším bodem je instalace potřebných programů a zapojení počítače, na kterém jsou umístěny, do sítě. Zařízení spolu budou komunikovat za předpokladu, že jsou umístěny v jedné podsíti. Pokud je například IP adresa AP 192.168.10.1 a IP adresa Location Receiveru 192.168.20.xx, tyto zařízení spolu nebudou komunikovat. Platí to za předpokladu využití masky /24.

Následným krokem je instalace programů Tag Manager a AeroScout Engine. Tag managerem se provede detekce tagů a také jejich nastavení. V programu Engine se již uskutečňuje podstata celé topologie a to lokalizace objektů. Před tím je ale potřeba konfigurace určitých parametrů. Nejdůležitější částí je nahrání podkladové mapy a její kalibrace—tedy nastavení měřítko. Hardware, který se nachází v zapojení topologie, je ve stejné podobě přenesen na popředí mapy. Je nutné správně nastavit IP adresy jednotlivých zařízení a systém již následně sám ověří jejich odezvu. Pokud odezva neexistuje, zařízení je na mapě označeno červenou barvou.

Posledním bodem je už samostatné proměření tagů a zařízení pracujících na standardu 802.11. V Enginu je tedy spuštěna lokalizace. Pokud se v dosahu nachází některé z Wi-Fi zařízení, je zobrazeno na mapě a její parametry (MAC adresa, čas odezvy atd.) se zapíší do pole 2 na obrázku 4.4.



Obr. 4.5: Základní topologie

4.2.3 Systémové požadavky

Minimální hardwarové a softwarové požadavky záleží na typu instalace, pro demo, beta verze a práci v malých sítích s nízkým počtem tagů a zařízení pracujících se standardem Wi-Fi je vyžadováno následující:

- Pentium IV 2 GHz CPU a výkonnější
- 1GB RAM a více
- Windows XP nebo Windows 2003 Server
- Standardní konektor pro Ethernet přípojku
- Microsoft DirectX v9.0 a vyšší

Pokud topologie přesáhne 300 tagů, 30 přístupových bodů, 10 přijímačů pracujících s algoritmem TDoA nebo 30 přijímačů pracujících s algoritmem RSSI a přesáhne oblast pokrytou signálem o velikosti 10 km², potom jsou požadavky následující:

- Intel Core 2 Duo 2GHz procesor a výkonnější
- 2GB RAM a více
- Windows 2003 Server
- Standardní konektor pro Ethernet přípojku
- Microsoft DirectX v9.0 a vyšší

4.3 Kompatibilní hardware

Systémy AeroScout používají k lokalizaci hardwaru různých verzí. V následujícím textu je popsán hardware, využitý v reálné topologii.

4.3.1 Location Receiver

Receiver je hardwarová komponenta, která umožňuje práci v lokalizovaném prostředí. Slouží ke komunikaci a určení pozice měřených zařízení na základě algoritmu RSSI nebo TDoA. Receiver spolupracuje se standardem 802.11b a provádí měření rádiového signálu, umožňující softwaru AeroScout Engine přesně vypočítat pozici tagů a zařízení, které pracují na základě Wi-Fi.

Všechny úkony jsou vykonávány za pomoci programu AeroScout Engine's System Manageru, který nahrává pozici Receiveru pouhým stiskem tlačítka myši, není tedy potřeba cokoli instalovat.

Základní vlastností je přijímání informací o pozici z tagů, které mohou být přinuty k lidem nebo k jakémukoli vybavení. Může ovšem lokalizovat i zařízení pracující s Wi-Fi standardem jako jsou laptopy, PDA (Personal Digital Assistant neboli kapesní počítač) a jiné. Je kompatibilní se standardem 802.11b. Podoba receiveru je na obrázku 4.6.



Obr. 4.6: Location receiver

4.3.2 AeroScout Exciter

Provádí detekci tagů a identifikaci majetku, dále pak indikaci sledovaného majetku a pozici osob. Exciter dokáže vytvořit virtuální hranici oblasti, při níž při průchodu tagu dostane upozornění (chokepoint notification).

Excitery využívají nízkofrekvenční signály k testování živosti tagu uvnitř vytvořené oblasti. Tag přenáší zprávu, která je zachytávána buď standartním přístupovým bodem nebo Receiverem. Ta poskytne automatické oznámení při průchodu bránou, vchodem nebo jinou přesně definovanou hranicí. Může taktéž pomoci identifikovat konkrétní pozici objektu uvnitř pracovního prostředí. Exciter může být nastaven i tak, kdy při označení daného objektu, který má svou pevnou pozici, se při jeho manipulaci a následným přemístěním může spustit poplach. Je vhodný pro detekci na delší vzdálenosti a taktéž pro identifikaci objektu, který prochází bránou. Spolupracuje se standardy 802.11a/b/g. Příklad exciteru je na obrázku 4.7.

4.3.3 Tagy

Tag je zařízení, které vysílá informace o své pozici. Tento bateriemi napájený přístroj může být připojen jak k lidem, tak k různým zařízením. Tímto je dosaženo



Obr. 4.7: Exciter EX-3210

určení přesné pozice označeného objektu ve sledované síti. Tagy se můžou využít pro spouštění poplachů v případě opuštění stanoveného území. Zajišťuje to spolupráce s exciterem.

Zprávy tagů jsou zachyceny buď standardními přístupovými body nebo receivey. Jejich komunikace je zaručena pomocí nízkovýkonových zpráv beacon. Na obrázku 4.8 jsou tagy využívány pro potřeby této práce.

4.3.4 Tag activator

Je ethernetové zařízení, které umožňuje komunikaci s tagy. Využívá k tomu magnetický signalizační vysílač v kombinaci s přijímačem pracujícím na základě standardu 802.11b. Je navržený tak, aby mohl spolupracovat s programem Tag manager v operačním systému Windows.

Tagy přijímají příkazy a data od activatoru, odpovídají na ně prostřednictvím rozhraní 802.11b, kdy je signál z tagu vyslán zpět do přijímače activatoru a ten následně vyšle data do aplikačního prostředí Tag manageru.

Activator dále slouží k aktivaci a deaktivaci tagů. V základním stavu je tag v módu deaktivace, což znamená, že nepřijímá zbytečný signál a tím šetří energii baterie. Aktivovat lze prostřednictvím Tag manageru. V aktivním módu je tag nastaven pro příjem komunikace. Před každým měřením je nutné nastavit tag do aktivního módu! Tag activator je na obrázku 4.9.

4.4 Metody pozičních algoritmů

Pozice sledovaných objektů mohou být určovány podle dvou metod a to metody TDoA a RSSI.



Obr. 4.8: Použité tagy

4.4.1 TDoA (Time difference of Arrival)

Lokalizace pomocí TDoA se opírá metodu TOA (Time Of Arrival), díky které jsou vysílána data z minimálně 3 Location receiverů. Při určování polohy pomocí algoritmu TDoA jsou přístupový bod a Location receivery synchronizovány pomocí vnitřních hodin receiveru. Princip činnosti je následující. Vysílač odešle přes Wi-Fi očíslovaný paket s časem odeslání k tagu. Dobou odezvy tagu se stanoví vzdálenost mezi přístupovým bodem a klientem.

4.4.2 RSSI (Received Signal Strength Indicator)

V místech, kde není možné použít algoritmus TDoA nebo není přímo vyžadován, se provádí určování pozice pomocí RSSI. Tato metoda spočívá ve vyhodnocování síly signálu, kterým Location receiver přijme data od tagu. Receiver proměřuje sílu signálu tagů a jejich hodnoty odesílá do programu – tedy AeroScout Engine. Engine následně vypočítá, v které oblasti se klient nachází. Platí zde pravidlo, čím více receiverů, tím přesnější bude výpočet pozice.



Obr. 4.9: Tag activator

5 LOKALIZACE OBJEKTŮ V BUDOVĚ VUT PURKYŇOVA

Cílem bylo určit pozici jednotlivých tagů, které se nacházely ve 2. patře budovy. Ta byla kalkulována v popředí podkladové mapy, kterou bylo nejprve nutné vložit a nakalibrovat. Úkolem bylo zjistit základní principy, vytvořit funkční topologii a následně vyzkoušet metody lokalizování. V následujícím textu je blíže popsán pracovní postup.

5.1 Sestavení topologie

Před samotným měřením bylo nutné sestavit vlastní topologii sítě, která zajišťovala optimální funkčnost přenosu dat a komunikace všech částí. Pro tyto potřeby byla zvolena základní síť s jedním přístupovým bodem, jedním Location receiverem, Tag aktivátorem, Exciterem a samozřejmě lokalizovatelnými tagy. Vzhledem k funkčním podmínkám bylo nutné všechny části vložit do jedné podsítě. Jako přístupový bod byl zvolen CISCO 800series, jeho IP adresa brány byla 192.168.1.1 a maska podsítě 255.255.255.0. Jelikož jednotlivé zařízení pracují na bázi Ethernetu, jejich konektory tedy byly zasunuty do AP. Dalším z rozlišujících ukazatelů těchto zařízení je taktéž port, přes který zařízení komunikuje a MAC adresa přístroje. Díky ní lze například odlišit různé Location receivery. Parametry specifických částí systému jsou v tabulce 5.1. V buňkách s poznámkou *nezjištěno* tyto parametry nebyly zjišťovány záměrně a to z důvodu nedůležitosti informace.

Tab. 5.1: Parametry jednotlivých částí topologie

Zařízení	IP adresa v podsíti	MAC adresa	Port
AP CISCO 800	192.168.1.1	nezjištěno	4 porty 10/100 Mbps
Location receiver	192.168.1.175	000CCC0030F5	1511
Exciter	192.168.1.178	000CCC60A080	1511
Tag activator	192.168.1.235	nezjištěno	nezjištěno
PC s programy	192.168.1.231	001F3C34CBB8	nezjištěno

U tagů je důležitá jejich MAC adresa. Pokud tag reaguje na vysílání receiveru, do jím vyslaného paketu přidává informace o své MAC adrese. Tím je zajištěna jedinečná identifikace každého tagu. V tabulce 5.2 jsou informace o MAC adresách a verzích využívaných tagů.

Tab. 5.2: Tabulka verzí a MAC adres tagů

Verze tagu	MAC adresa
T2	000CCC510D71
T2	000CCC532663
T2u	000CCC52FD42
T3	000CCC74413B
T3	000CCC74414D
T5a	000CCC53176D

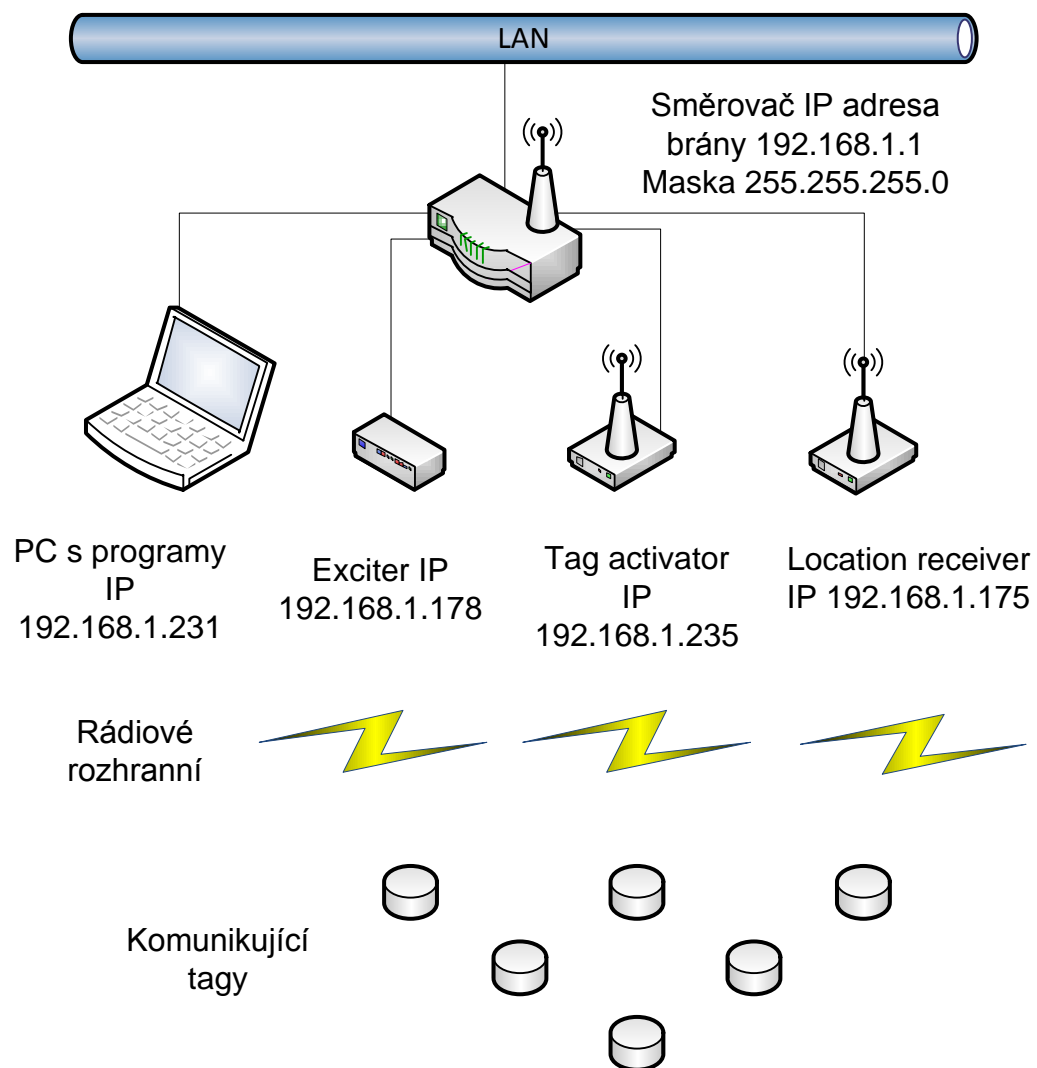
Navržená reálná topologie sítě je zobrazena na obrázku 5.1. V ideálním případě by se v jedné podsíti mělo vyskytovat větší množství Location receiverů nezávisle na metodě lokalizace, v reálném návrhu byl ale nedostatek Location receiverů, takže přesných lokalizačních výsledků dosaženo nebylo. V případě více receiverů by se do topologie dále musel přiřadit přepínač.

5.2 Postup konfigurace v Tag manageru

K tomu, aby tagy mohly komunikovat je nutné je nejdříve přivést do aktivního režimu. Po provedení tohoto kroku již byly tagy schopné komunikovat a mohla být uskutečněna konfigurace jednotlivých bodů.

V záložce General a nabídce Channel Selection, byly vybrány kanály tak, aby se vzájemně nepřekrývaly a nezpůsobovaly si vzájemně rušení. Využity byly kanály 1,7 a 13. Pro výraznější znázornění komunikace byla dále zatržena možnost indikace pomocí led diod LED's indication, kdy tag při vysílání dat toto znázorňoval blikajícími diodami. Následně byl zvolen interval vysílání lokalizačních dat tagů, který se nastavil na každých 30 sekund.

Další podstatnou částí konfigurace bylo zvolit formát vysílací zprávy. V záložce Transmission a nabídce Data Frame Format bylo nutné zvolit formát lokalizačních zpráv zasílaných na cílové adresy tagů. Jako možnosti se jevily formáty CCX (Cisco Compatible Extensions), WDS (Wireless Distribution System) a IBSS (Independent Basic Service Set nebo také ad-hoc), případně kombinace IBSS+CCX nebo IBSS+WDS. Popis jednotlivých datových zpráv je v tabulce 5.3. Pro naše účely posílání zpráv byl vybrán formát IBSS s předvolbou MAC adresy 000CCC.



Obr. 5.1: Navržená topologie

Tab. 5.3: Popis formátů zpráv

Formát zprávy	Popis
IBSS	Umožňuje přímou komunikaci dvou uzlů. To DS=0 (příjemcem zprávy je Distribuční Systém, nikoli AP), From DS=0 (odesílatelem je DS, nikoli AP). Lze aplikovat na všechny druhy tagů.
WDS	Data si fyzicky předávají přístupové body. To DS=1 (příjemcem je AP/DS, nikoli uzel), From DS=1 (odesílatelem je AP/DS, nikoli uzel). Lze aplikovat na všechny druhy tagů.
CCX	To DS=1, From DS=1, je určen pro tagy podporující formát zpráv CCX. Lze použít na všechny tagy, vyjma verze T2 nižší než 4.3.
IBSS+CCX	Lze aplikovat na všechny tagy, vyjma verze T2 4.3 a nižší.
IBSS+WDS	Lze aplikovat na tagy verze T2 4.3 a nižší.

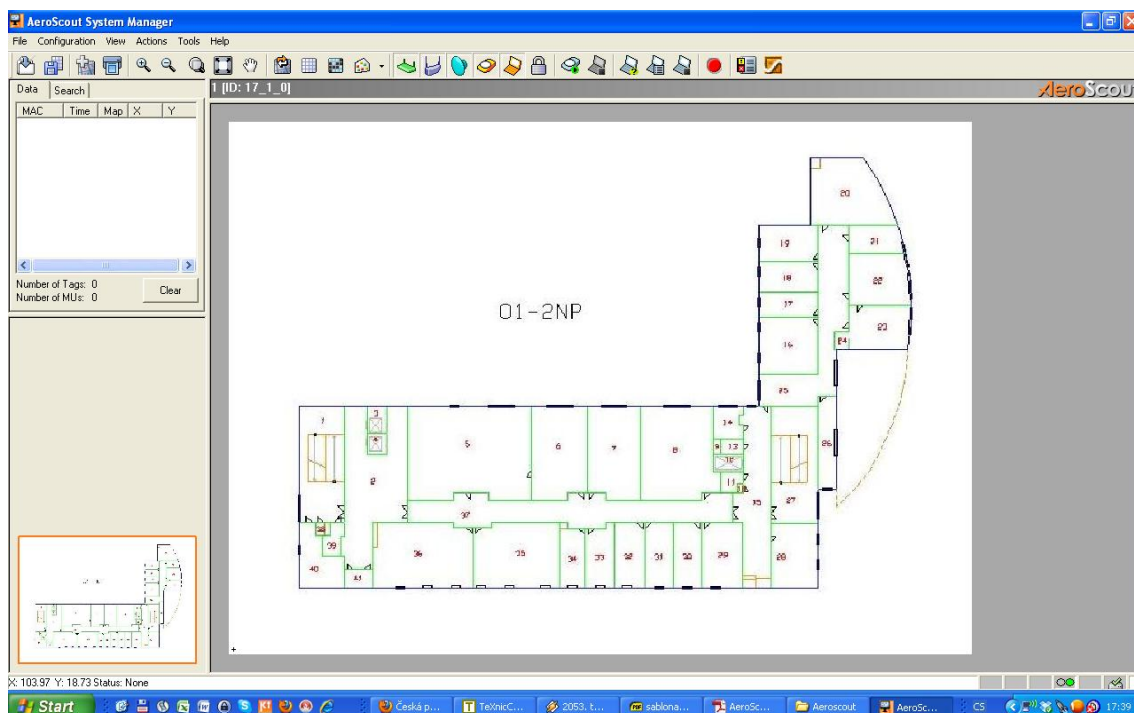
5.3 Práce v AeroScout Enginu

Funkce Enginu již byla popsána dříve, tento text je tedy spíše zaměřen na praktickou část a konkrétní postupy. Obecně se dá říci, že tento program slouží ke kalkulacím a grafickému zobrazení vyhodnocených výsledků. Lze jím kontrolovat sledované objekty, které se, jak už bylo několikrát řečeno, zobrazí na podkladové mapě.

5.3.1 Vložení podkladové mapy

Podkladová mapa je druh obrázkového souboru, který slouží jako pozadí pro zobrazení vyhodnocených výsledků proměřované oblasti. Engine spolupracuje s obrázkovými formáty typu *bmp*, *jpeg* a *gif*. Obecný postup vložení mapy a její konfigurace je následující:

1. Mapa se do programu vloží pomocí záložky *Configuration, maps, add*. Pokud ještě na pozadí není žádná mapa, lze ji alternativně vložit pouhým stisknutím pravého tlačítka myši na ploše programu a výběrem možnosti *Add map*.
2. Vyskočí okno s nabídkou zadání jména mapy. Výběr se potvrdí tlačítkem *ok*. Následně se objeví okno s domovským adresářem. Výběrem mapy a potvrzením tlačítkem *ok* se na pozadí nahraje vybraná mapa. Nahraná mapa je na obrázku 5.2. V práci byla použita mapa druhého patra budovy Purkyňova a měření se provádělo v místnosti PA-249.

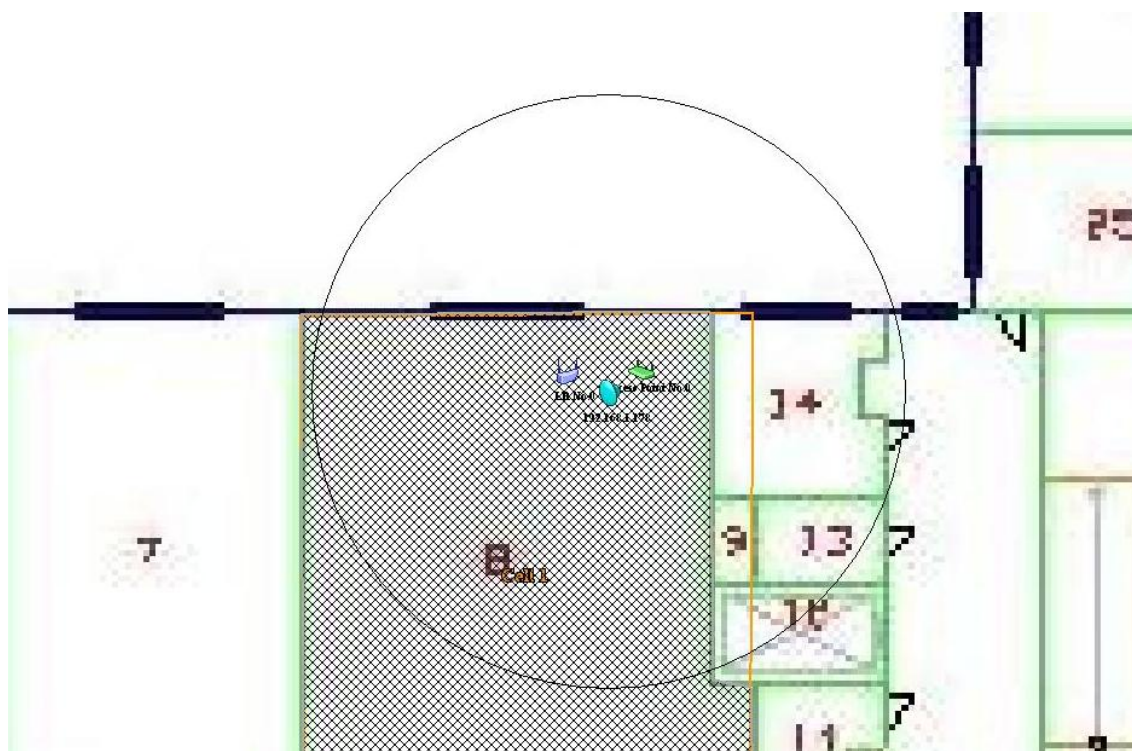


Obr. 5.2: Nahraná mapa

3. Dalším krokem se stává kalibrace. Slouží k nastavení reálných vzdáleností v proměřovaném prostředí a dokud toto není provedeno, systém se nachází v tzv. kalibračním módu, není tedy možno přistoupit k fyzickému lokalizování. Nejdříve se musí nastavit tzv. nulový neboli referenční bod, který slouží k určení počátku souřadnicového systému. Standardně se tento bod nastavuje v levém dolním rohu.
4. Samotná kalibrace se provede kliknutím pravého tlačítka na mapu a zvolením možnosti *Calibration*, *Calibrate Distance*. Ukazatel myši se změní na křížek a v tuto chvíli je možné zvolit tahem myši po mapě libovolnou vzdálenost. Pustěním tlačítka se zobrazí okno, do kterého se zapíše vzdálenost odpovídající té skutečné v metrech. Tímto je kalibrace dokončena a zbývá pouze potvrdit tato nastavení pomocí tlačítka dokončení kalibrace, viz obrázek 4.4.

Potvrzením kalibračních dat se program přepne do klasického pracovního módu. Dalším krokem je sestavení reálné topologie. Je nutné, aby umístění hardwaru na mapě odpovídalo umístění ve skutečné topologii. Pro vkládání kompatibilního hardwaru je postup následující:

1. Stisknutím pravého tlačítka myši na mapu se objevuje nabídka. V ní lze vybrat 4 různé zařízení – *Add Location receiver*, *Add Access point*, *Add Exciter* a *Add Compact exciter*.



Obr. 5.3: Rozvržení částí

2. Označením jedné z eventualit se objeví nové okno s možností úpravy parametrů daného zařízení. Nejdůležitější z nich je zápis IP adresy, která se musí shodovat se skutečnou adresou v síti. Dalším parametrem je nastavení pozice v systému pomocí souřadnic X a Y. U location receiveru je to také výběr algoritmu lokalizování TDoA nebo RSSI.
3. Po umístění zařízení do mapy systém automaticky vyzkouší odezvu. Pokud bylo všechno zadáno správně, zařízení je vyznačeno barevně. Hotové rozvržení částí je zobrazeno na obrázku 5.3. Kruh se středem v exciteru značí jeho maximální dosah.
4. Vyhodnocení lokalizačních dat bylo uskutečněno pomocí tlačítka v horním panelu *Start/stop Tag positioning* následkem čehož se na mapě zobrazí tagy v dosahu receiveru.

5.4 Naměřené výsledky a vyhodnocení

Z výsledků je patrné, že nebyla odměřená přesná lokalizace. Bylo to způsobeno nedostatkem hardwaru–respektive nedostatkem Location receiverů. K dispozici byl pouze jeden, výsledkem bylo tedy spíše ověření komunikace mezi receiverem a tagem a taktéž následný přenos dat k programu Engine. Program dokáže vyhodnocovat



Obr. 5.4: Naměřené tagy

data i z jednoho receiveru. Nedokáže ovšem určit přesnou pozici, tag na mapě pouze zobrazí a je jedno, jestli byla použita metoda TDoA nebo RSSI. Získané výsledky jsou na obrázku 5.4.

V případě více receiverů by byl systém schopen určit pomocí výpočtů přesnou pozici. Díky možnosti výběru vysílacího intervalu o své pozici by tagy v reálném čase byly schopny vyslat informace k Enginu, který by jednotlivé změny v pozicích byl schopen detekovat a následně vykreslovat do mapy. Čím častější by bylo vysílání, tím rychlejší by byla reakce na změnu, ovšem tím by se i rychleji vybíjela napájecí baterie tagů.

Lokalizace v bezdrátové síti má využití v řadě odvětví již dnes. Díky propracovanému systému zobrazování se systémy využívají jak pro vnější, tak pro vnitřní

prostory. V případě skladů se takový systém dá využít jako ochrana proti krádeži či ke sledování práceschopnosti zaměstnanců. Důležitým faktorem je zrychlení výrobních procesů u různých továrních společností na základě viditelnosti jednotlivých činností. Uplatnění lze najít také například v medicínském prostředí. V případě naléhavosti může systém vyhledat libovolné osoby, lékařské nástroje a také důležité přístroje.

Z hlediska využití pro potřeby VUT by systém vytvořený z prvků AeroScout mohl pracovat obdobným způsobem. Dalo by se tímto využít sledování lidí či různých předmětů. Za zmínku stojí lokalizování různých laptopů, které jsou hojně využívány více lidmi. Systémy AeroScout se obecně nejvíce hodí do prostředí, kde je potřeba vysoká efektivita práce a jakékoli zdržení by mohlo znamenat překážku nebo tam, kde je potřeba zvýšit bezpečnost zaměstnanců. Ta může být ohrožena například nedostatkem informací o pohybu lidí a vozidel na pracovišti, což může zapříčinit nehodu. Sledováním takových jevů se může nebezpečím předcházet.

6 ZÁVĚR

Cíle bakalářské práce byly rozděleny do dvou částí. První se zabývala analýzou pokrytí signálu a následnou optimalizací na základě naměřených výsledků. Úkolem druhé části bylo seznámení se s lokalizačními protokoly a následné vytvoření funkční topologie, která by zaručovala sledování objektů v síti.

Analýza obsahovala seznámení se s Ekahau Site Survey, provedení analýzy bezdrátového prostředí, tedy pater 2,3,4 a následný návrh optimalizace pokrytí signálem těchto podlaží. Bylo zjištěno, že pokrytí není ideální a v určitých místech podlaží jsou oblasti se slabším signálem, místy se vyskytovaly lokality s nulovým pokrytím. Síla signálu se s rostoucí vzdáleností od AP snižovala a typická hodnota se v odstupu 20 metrů od přístupového bodu pohybovala v rozmezí od -60 dBm do -70 dBm. Z tohoto důvodu tedy bylo potřeba navrhnout takové pokrytí, které by splňovalo požadavek připojení se z kteréhokoli místa v patře.

Pro přesný návrh bylo třeba zjistit rozdíly mezi signálem při kalkulaci různých vlivů útlumů jednotlivých signálů. Z tohoto důvodu proběhly měření dvě, jedno s kalkulací vlivu zdí a jedno bez uvážení tohoto vlivu. Porovnáním rozdílů měření se stanovilo, že zdi jsou cihlové, jelikož hodnota poklesu signálu za zdi byla 10 dB.

Ideální možností se ukázalo pokrytí přístupovými body Cisco AP1250, pracujícími na frekvenci 2,4 GHz standardu 802.11n. V patrech 2 a 3 by se použily 3 kusy AP, kdy by každé bylo od vedlejšího vzdáleno 20 m. V patře číslo 4 by stačily přístupové body 2.

V části lokalizačních metod bylo cílem navrhnout a ověřit funkčnost sledovaných objektů rozšířením programu ESS. Tento program danou nadstavbu implementování neměl, použil se tedy lokalizační systém AeroScout. Výsledkem byla navržená lokalizovaná podsít s IP adresou 192.168.1.xx a maskou 255.255.255.0, skládající se z Location receiveru, exciteru a Tag activatoru. Vzhledem k nedostatku receiverů nebylo dosaženo přesné lokalizace. Využitím metody RSSI se ověřily komunikační vlastnosti mezi receiverem a tagy, přesná pozice v podkladové mapě ovšem zobrazena nebyla. Bylo to způsobeno podmínkou minimálního počtu tří receiverů v jedné podsíti, které by byly zárukou přesného výpočtu a tedy i přesným zobrazením pozice jednotlivých tagů v reálném čase.

LITERATURA

- [1] AEROScout. *AeroScout Engine: User Guide*. 19.6.2009. 2009, 149 s. ISBN 190609-1. Dostupné z: <https://docs.google.com/open?id=0B_K1S487hooeczNqWUszQ3gtWjQ>
- [2] AEROScout. *AeroScout Exciter*. 2010, 2 s. Dostupné z: <<http://img.en25.com/Web/AeroScout/AeroScout-Exciter-Data-Sheet.pdf>>
- [3] AEROScout. *AeroScout Location Receiver*. 2. vyd. 2008, 2 s. Dostupné z: <<http://img.en25.com/Web/AeroScout/AeroScout-Exciter-Data-Sheet.pdf>>
- [4] CISCO. *Wi-Fi Location-Based Services—Design and Deployment Considerations*. 20.9.2006. San Jose, 2006. Dostupné z: <https://learningnetwork.cisco.com/servlet/JiveServlet/previewBody/3418-102-1-9429/ccmigration_09186a008073ce3a.pdf>
- [5] Česká republika. Generální licence č. GL - 12/R/2000. In: § 49 odst. 1 zákona č. 151/2000 Sb. Praha: Český telekomunikační úřad, 2003, 2. Dostupné z: <http://www.ctu.cz/1/download/zmena-c2-generalni-licence-cGL-12R2000_1114524648.pdf>
- [6] Ekahau. *Ekahau Site Survey* [online]. Saratoga : Ekahau, 19.1.2009, 19.1.2009 [cit. 2011-11-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.sitesurvey.de/downloads/ess-user-guide.pdf>>
- [7] LASEK, Petr. *Svět sítí* [online]. 23. července 2001 [cit. 2011-12-14]. Bezdrátové sítě – standard 802.11. Dostupné z WWW: <<http://www.svetsiti.cz/clanek.asp?cid=2444>>
- [8] NOVOTNÝ, Vít. *Architektura sítí* [online]. Brno : VUT Brno, 21.09.2002 [cit. 2011-12-14]. Dostupné z WWW: <https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=23578>
- [9] Plexo. *PC Tuning* [online]. 27.6.2008 [cit. 2011-12-14]. Wi-Fi sítě - vše co jste kdy chtěli vědět. Dostupné z WWW: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/site-a-internet/11138-wi-fi-site-vse_co_jste_kdy_chteli_vedet_12?start=1>
- [10] Plexo. *PC Tuning* [online]. 27.6.2008 [cit. 2011-12-14]. Wi-Fi sítě - vše co jste kdy chtěli vědět. Dostupné z WWW: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/site-a-internet/11138-wi-fi-site-vse_co_jste_kdy_chteli_vedet_12?start=4>

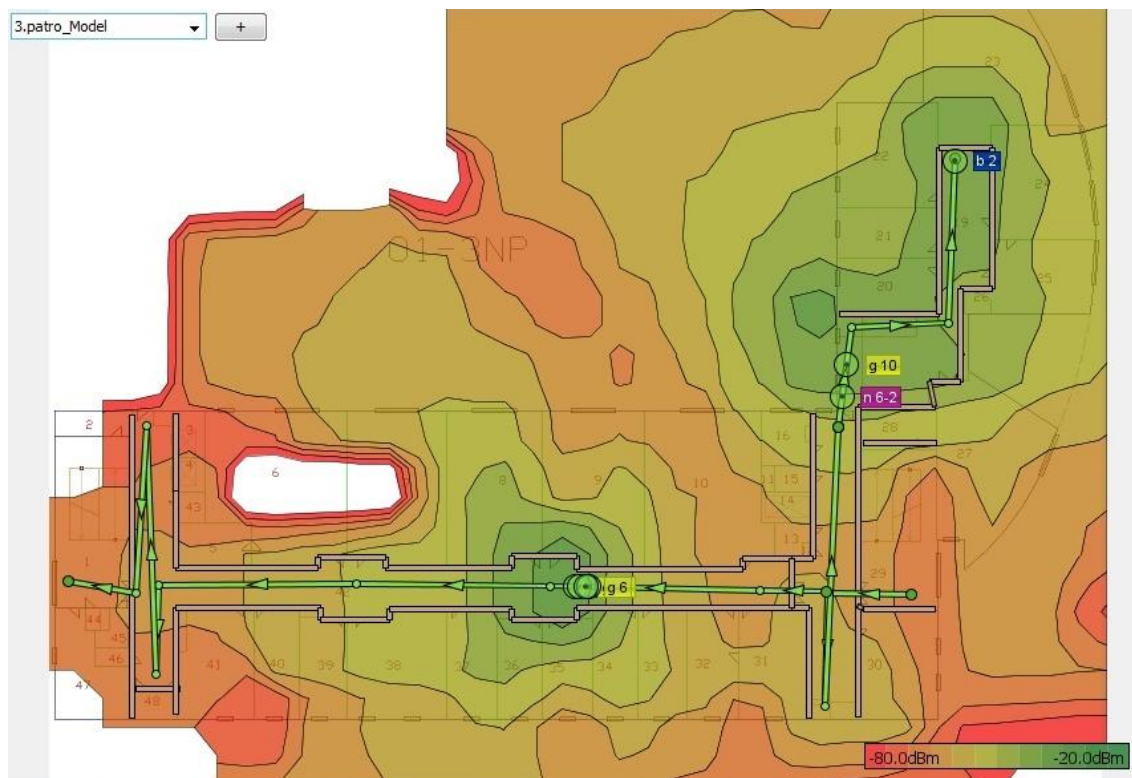
- [11] AEROScout. *Tag Manager Standard Edition: User Guide*. 30.3.2011. 2011, 82 s. ISBN 1502211-1. Dostupné z: <https://docs.google.com/open?id=0B_K1S487hooeMHJaZENnQWMxNFk>
- [12] PETERKA, Jiří. *KATEDRA SOFTWAREHO INŽENÝRSTVÍ, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Praha. Bezdrátový Ethernet (IEEE 802.11)*. 24.2.2011. Praha, 2011. Dostupné z: <<http://www.earchiv.cz/1222/gifs/S3517.pdf>>

SEZNAM PŘÍLOH

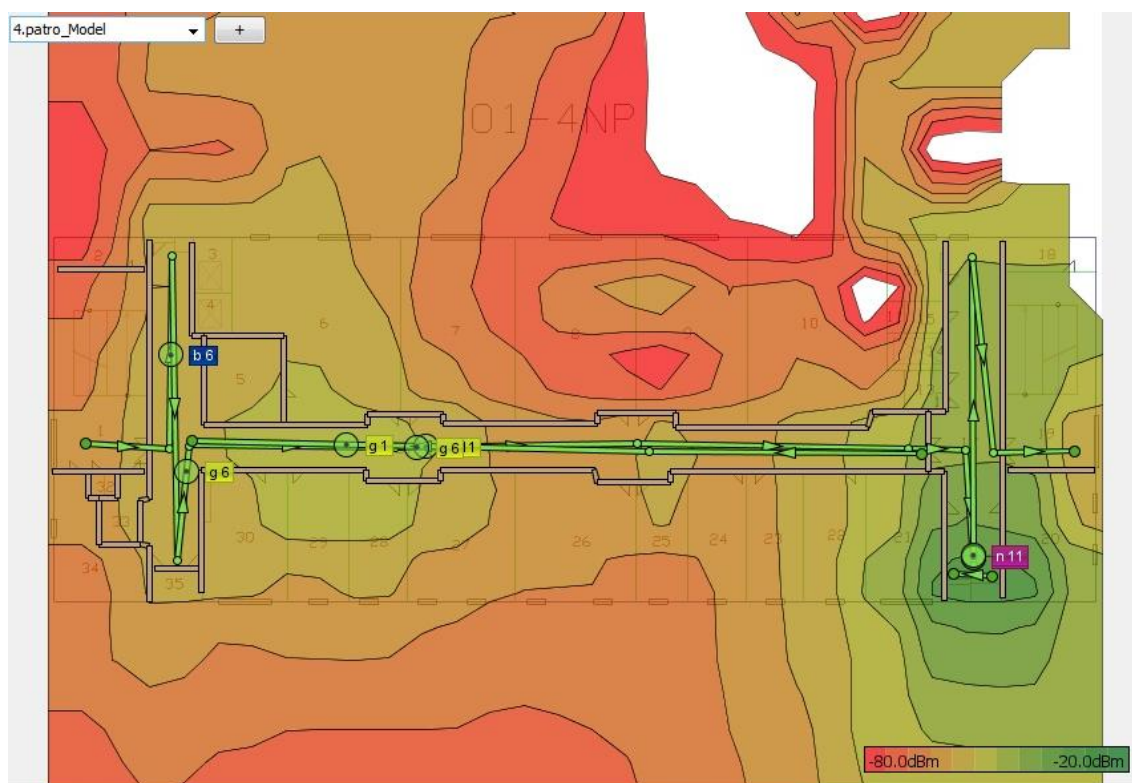
A	Odměřená a navrhnutá patra	54
A.1	Patra před zakreslením zdí	54
A.2	Patra po zakreslení zdí	55
A.3	Návrh pater	57

A ODMĚŘENÁ A NAVRHNUTÁ PATRA

A.1 Patra před zakreslením zdí

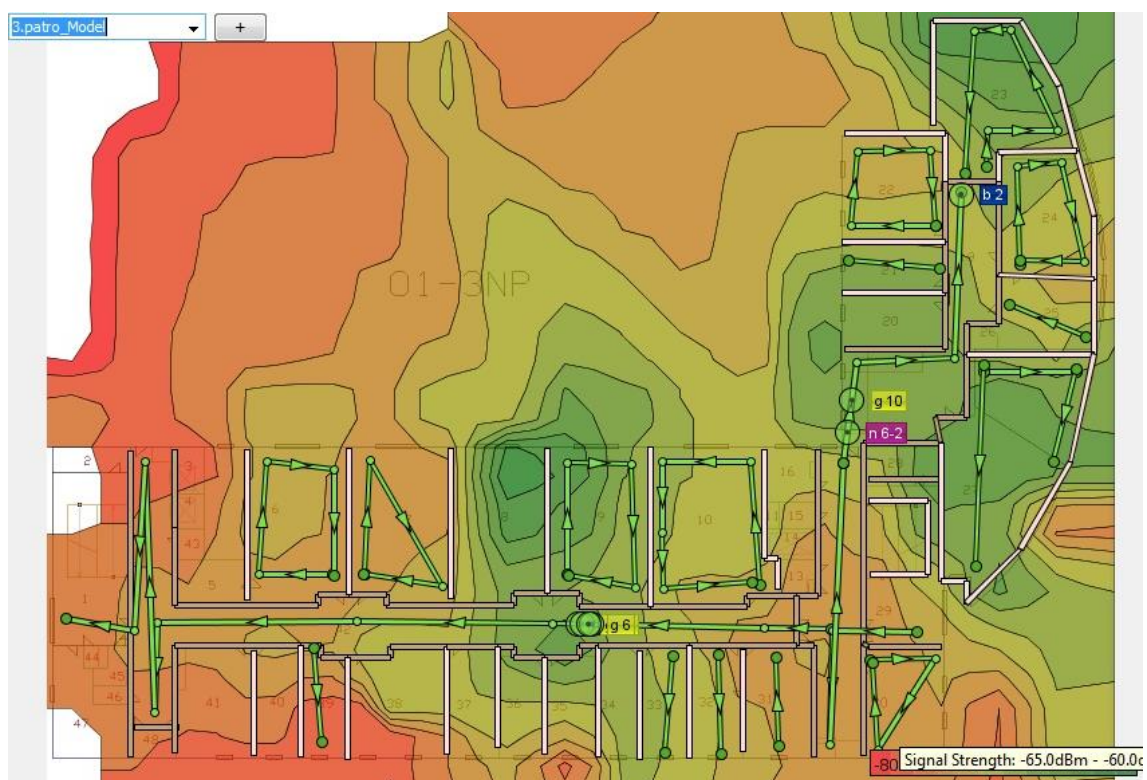


Obr. A.1: 3. patro před zakreslením zdí



Obr. A.2: 4. patro před zakreslením zdí

A.2 Patra po zakreslení zdí

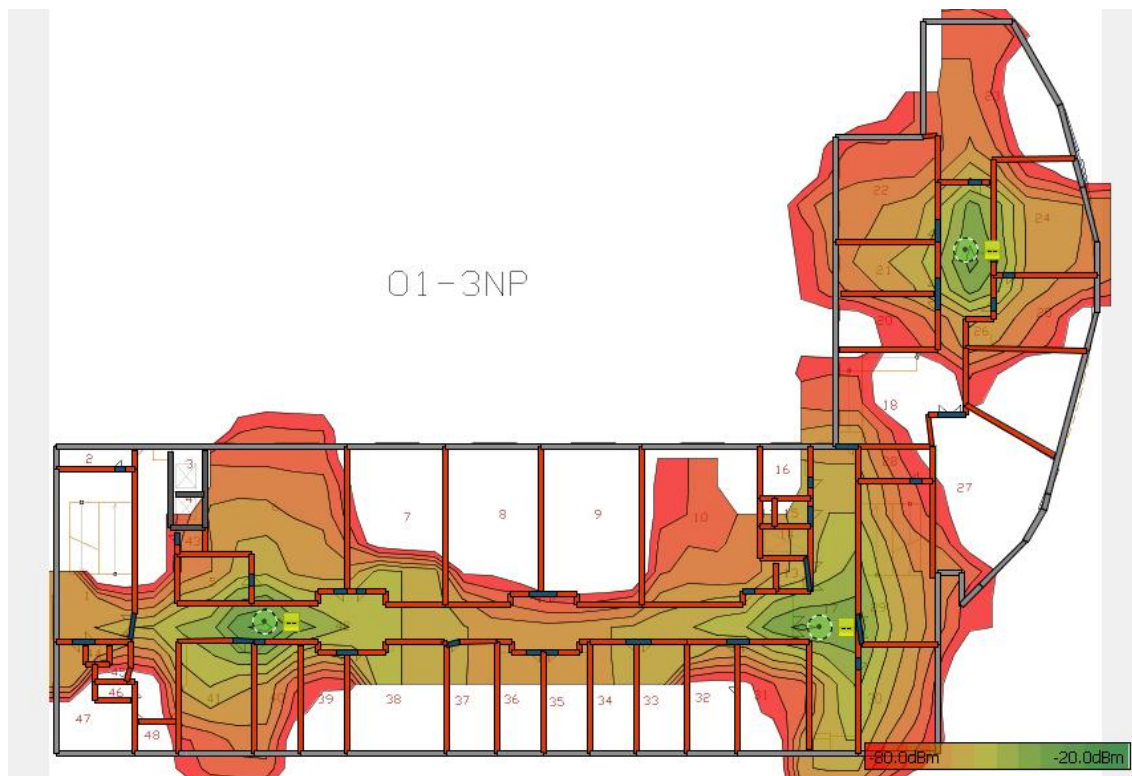


Obr. A.3: 3. patro po zakreslení zdi

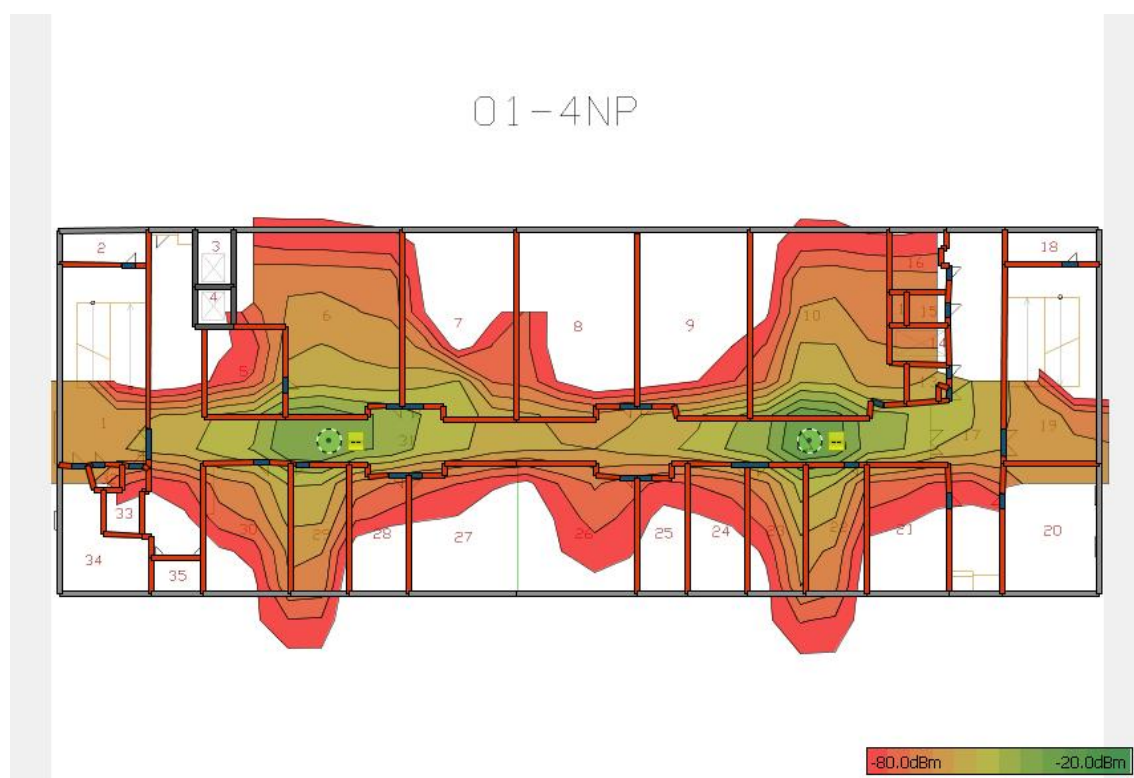


Obr. A.4: 4. po zakreslení zdi

A.3 Návrh pater



Obr. A.5: Návrh 3. patra



Obr. A.6: Návrh 4. patra