

Pavel Pechač

MODEL Y ŠÍŘENÍ VLN V ZÁSTAVBĚ

Praha 2005



Monografie poskytuje v přehledné a praktické formě znalosti a výpočetní nástroje pro modelování šíření rádiových vln v zástavbě, tedy vně i uvnitř budov v městském prostředí, a plánování bezdrátových komunikačních sítí. Jsou zde popsány konkrétní modely šíření elektromagnetické vlny (signálu) k predikci prostorového rozložení úrovně signálu pro potřeby implementace rádiové buňkové sítě v dané lokalitě, tedy pro plánování pokrytí, určení interferencí atd.

Výběr modelů a některé jejich modifikace, parametry a způsoby implementace vycházejí ze zkušeností a vědeckovýzkumné činnosti autora a jeho kolegů na ČVUT FEL v Praze, katedře elektromagnetického pole.

Vydání podpořil

T · · Mobile · · ·

Tímto děkujeme firmě T-Mobile Czech Republic a.s. za odbornou pomoc při zpracování této publikace.

Naše poděkování si zaslouží i Ing. Miroslav Procházka, CSc. za přínosný lektorský posudek.

Pavel Pechač

Modely šíření vln v zástavbě

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autor a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena

© Doc. Ing. Pavel Pechač, Ph.D., Praha 2005

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Pavel Pechač: Modely šíření vln v zástavbě

BEN – technická literatura, Praha 2005

1. vydání

ISBN 80-7300-186-1

Obsah

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | ÚVOD | 7 |
| 2 | ŠÍŘENÍ VLN V ZÁSTAVBĚ PRO MOBILNÍ BUŇKOVÉ SYSTÉMY | 9 |
| 2.1 | Šíření vln v pásmu UHF | 10 |
| 2.2 | Mobilní spoj | 13 |
| 2.3 | Šíření v poloprostoru | 16 |
| 2.4 | Mechanismy šíření vlny v zástavbě | 18 |
| 2.5 | Modelování šíření vln v zástavbě | 21 |
| 2.6 | Klasifikace modelů šíření vln v zástavbě | 24 |
| 2.7 | Přehled modelů | 26 |
| 2.8 | Příklad výpočtu pokrytí | 27 |
| 3 | ZÁKLADNÍ EMPIRICKÝ MODEL | 31 |
| 3.1 | Použití | 32 |
| 3.2 | Výpočet | 32 |
| 3.3 | Volba parametrů | 33 |
| 3.4 | Poznámky | 34 |
| 4 | ONE-SLOPE MODEL | 37 |
| 4.1 | Použití | 38 |
| 4.2 | Výpočet | 38 |
| 4.3 | Volba parametrů | 40 |
| 5 | MODEL ITU-R P.1238 | 43 |
| 5.1 | Použití | 44 |
| 5.2 | Výpočet | 44 |
| 6 | MULTI-WALL MODEL | 47 |
| 6.1 | Použití | 48 |
| 6.2 | Výpočet | 48 |
| 6.3 | Volba parametrů | 50 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 7 | DUAL-SLOPE MODEL | 53 |
| 7.1 | Použití | 54 |
| 7.2 | Výpočet..... | 54 |
| 8 | MODEL ITU-R P.1411 PRO MIKROBUŇKY | 65 |
| 8.1 | Použití | 66 |
| 8.2 | Výpočet pro přímou viditelnost | 66 |
| 8.3 | Výpočet při zastínění | 67 |
| 9 | BERGŮV REKURZIVNÍ MODEL | 69 |
| 9.1 | Použití | 70 |
| 9.2 | Výpočet..... | 70 |
| 10 | HATŮV MODEL | 73 |
| 10.1 | Použití | 74 |
| 10.2 | Výpočet..... | 74 |
| 11 | LEE MODEL | 77 |
| 11.1 | Použití | 78 |
| 11.2 | Výpočet pro přímou viditelnost | 78 |
| 11.3 | Výpočet při zastínění | 81 |
| 12 | WALFISH-IKEGAMI MODEL | 83 |
| 12.1 | Použití | 84 |
| 12.2 | Výpočet..... | 84 |
| 13 | OPTICKÉ MODELY | 87 |
| 13.1 | Použití | 88 |
| 13.2 | Princip..... | 88 |
| 13.3 | Výpočet – geometrická část | 89 |
| 13.4 | Výpočet – elektromagnetická část | 92 |
| 13.5 | Semi-deterministické varianty | 94 |

| | |
|---|------------|
| 14 COST231 MODELY PENETRACE SIGNÁLU DO BUDOV | 97 |
| 14.1 Použití | 98 |
| 14.2 Výpočet..... | 98 |
| 14.3 Výpočet pro přímou viditelnost | 99 |
| 14.4 Výpočet při zastínění | 100 |
| ZÁVĚR..... | 103 |
| LITERATURA | 105 |
| BAREVNÁ PŘÍLOHA | |
| 1 Příklad výstupů plánovacího softwaru I-Prop pro pikobuňky ... | 57 |
| 2, 3 Srovnání predikce pomocí One-Slope Modelu a Multi-Wall Modelu s výsledky testovacích měření | 58 |
| 4 Příklady predikce šíření v pikobuňce pomocí fyzikálního modelu Motif Model | 60 |
| 5 Srovnání empirického, semi-empirického a deterministického přístupu k modelování šíření vln v pikobuňce | 61 |
| 6 Příklady predikce pokrytí v mikrobuňce pomocí Bergova rekurzivního modelu | 62 |
| 7 Příklad výstupů profesionálního plánovacího softwaru EDX pro mikrobuňku | 63 |
| 8 Příklad výstupů profesionálního plánovacího softwaru pro GSM | 64 |
| ADRESY PRODEJEN TECHNICKÉ LITERATURY | 111 |
| PÁR SLOV O NAKLADATELSTVÍ..... | 112 |

PŘEDMLUVA

Mobilní radiokomunikační služby jsou bezesporu v současnosti jednou z nejrychleji se rozvíjejících oblastí tak zvaných informačních technologií a v nejrůznějších podobách dramaticky mění životní styl. Asi nikdo si již neumí představit život nejenom bez mobilního telefonu, ale dnes již také bez všude dosažitelného internetu a dalších služeb se stále mohutnější kapacitou přenosu. To vše již v libovolném místě. Prostředníkem, který ochotně slouží a transportuje informace prostorem, jsou elektromagnetické vlny. Jsou schopny zabezpečovat bezdrátovou komunikaci v nejrůznějších prostředích, kde se zrovna nacházíme. Vybudovat příslušnou síť a naplánovat její optimální kmitočtové i prostorové rozložení je proto velmi komplexní otázkou zahrnující v sobě legislativu, technické i ekonomické parametry. Právě problematika šíření elektromagnetických vln je v tomto pohledu nesmírně důležitou částí. Její pojetí pro mobilní služby je zcela odlišné od klasických spojů.

Publikace, kterou máte v rukou, vznikla na základě mnohaleté práce autora jak na vědecké bázi, tak praktickým řešením konkrétních problémů pro provozovatele i uživatele mobilních sítí i při přenášení poznatků mezi studenty. Věnuje se přehledně jedné konkrétní třídě služeb a situaci, a to mobilním sítím ve složitých podmínkách různorodé městské zástavby. Je postavena jak na zkušenostech z řešení vědeckých projektů vysokoškolského pracoviště, katedry elektromagnetického pole ČVUT v Praze, tak na velmi široké, různorodé a dlouhodobé spolupráci tohoto pracoviště s mobilním operátorem T-Mobile. Tato spolupráce podstatným způsobem ovlivňuje interpretaci výsledků tvůrčí práce. Zde pomohla připravit pojetí uplatnitelné jak pro zájemce o teoretickou práci s různými modely pro přenosy v městských aglomeracích, tak pro ty, co chtějí zcela prakticky navrhnout takový systém pro potřeby své lokální sítě či individuálního připojení.

Publikace vznikla i na základě pedagogické práce autora, kdy teoretické poznatky předávané studentům byly konfrontovány s přednáškami významných odborníků firmy T-Mobile. Věříme, že z této spolupráce vznikla skutečně zajímavá a pojetím přitažlivá publikace, která najde řadu zájemců pro studium i pro zcela konkrétní praktické využití.

Miloš Mazánek,

vedoucí katedry elektromagnetického pole ČVUT FEL v Praze

Zdeněk Vrba,

specialista pro spolupráci s univerzitami, T-Mobile Czech Republic a.s.