

Research of radio frequency models in indoor scenario

Nikolay Tashkov, Rosen Tsvetkov

Изследване на радиочестотни модели за вътрешно разпространение на сигналите

Николай Ташков, Росен Цветков

Abstract: *This article examines propagation of radio signals in a sophisticated indoor scenario. For this purpose we use appropriate mathematical models that take into account attenuation of radio signals. A study is performed by a simulation planning using omnidirectional antenna in an automated environment with the software product WinProp of the AWE-Communications company. The purpose is to make a comparative analysis of the parameters of the radio signals in the indoor scenario with the implementation of three mathematical prediction models*

Key words: *Indoor scenario, Radio propagation, Mathematical models, Wireless communication, WinProp.*

ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящата работа са изследвани радиочестотни математични модели, използвани за вътрешно разпространение на сигналите. Това дава възможност за определяне на оптималните стойности на сигнала (Wi-Fi, WPAN и др.) достигнал до всеки краен потребител в офисна, жилищна и др. среди. Това ще доведе до качествена безжична комуникация на устройства, работещи в близки честотни диапазони и същевременно ще се подобри електромагнитната обстановка в дадената среда.

Използвани са данни за етаж от училищна сграда, като са зададени точните строителни материали, от които е изградена съществуващата сграда. Цифровата подложка е с размери: дължина 50 m, ширина 22 m и височина 3 m. В използваната симулационна подложка са нанесени и различни по вид интериорни мебели като маси, столове и др. изработени от различни материали. Това дава възможност да се направи сравнителна оценка на възможностите на различните модели за разпространение на сигналите в сложна архитектурна среда.

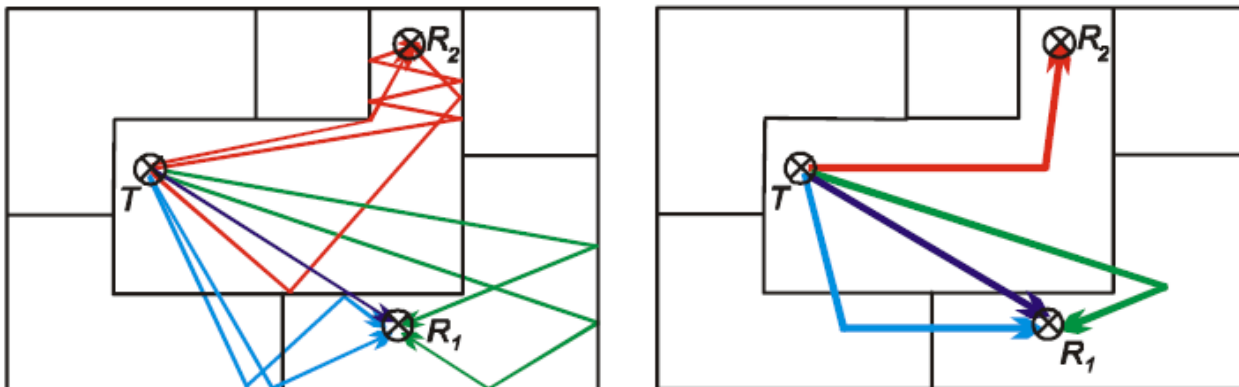
Реализирано е симулационно изследване с помощта на софтуерния продукт WinProp на фирмата AWE-Communications. Използвани са различни математични модели за разпространение на радиосигнала, които отчитат не само загубите от разпространение на директния лъч, но и от отразени и дифрактирани лъчи.

С помощта на реален архитектурен план на сградата е направена 3-D подложка, чрез която може да бъде напълно визуализирано всяко едно изследване. Направени са три стимулации, като предмет на изследване са параметрите: интензитет на електричното поле $dB\mu V/m$, мощност на сигнала dBm и загуби от разпространението dB . Използвана е честота $f=2400$ MHz като са извършени три симулационни експеримента с различни модели за разпространение на радиосигналите. Явленията, които влияят върху разпространението на радиовълните може да се обобщят като четири основни механизма: отражение (reflection), дифракция (diffraction), проникване (penetration) и разсейване (scattering) [2,3]. Тези механизми на разпространение са използвани в различните математични модели в различна степен. Процесът на проектиране изисква многоетапно моделиране и редица симулационни изследвания.

РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА РАДИОСИГНАЛИТЕ ВЪВ ВЪТРЕШНОТО ПРОСТРАНСТВО

Моделите, определящи загубите при разпространение на радиосигналите

позволяват да се определи нивото на приетия сигнал във функция от разстоянието, а от там да се прогнозира отношение сигнал/шум на входа на приемниците.



Фиг. 1. Многопътно разпространение на радиосигналите в офисна или жилищна сграда

Разпространението при използване на вътрешни радиосистеми се различава в някои отношения от това в свободното пространство. Крайните цели, както на открито, са да се осигури ефективно покритие на необходимата площ (или да се осигури надежден път, в случай на системи от типа точка до точка). На фиг. 1 е показана типична офисна или жилищна сграда, в която се разпространяват радиосигналите, като са дадени доминантните пътища [1].

Измененията в разпространението на радиосигналите в закрити помещения най-често са причинени от:

- Отражение или дифракция около предмети (включително стени и подове) в помещението;
- Загуба от разпространението при преминаване през стени, подове и други препятствия;
- Насочване на голяма част от високочестотната енергия в коридорите;
- Движение на лица и предмети в помещението, което може доведе до загуби от разпространение;

Вследствие на тези нарушения се предизвикват:

- Времени и пространствени вариации на загуба по пътя на разпространението на сигнала;
- Многопътни ефекти, предизвикани от отразени и дифрактирани компоненти на радиовълната;
- Изменение на поляризацията на електромагнитната вълна.

Табл. 1. Електрични параметри на строителните материали

Материал	Диелектрична проницаемост	Проводимост		Честотен диапазон (GHz)
		<i>c</i>	<i>d</i>	
Бетон	5.31	0.0326	0.8095	1-100
Тухла	3.75	0.038	0.0	1-10
Гипсокартон	2.94	0.0116	0.7076	1-100
Дърво	1.99	0.0047	1.0718	0.001-100
Съкло	6.27	0.0043	1.1925	0.1-100
Окачен таван	1.50	0.0005	1.1634	1-100
Паркет	2.58	0.0217	0.7800	1-100
Ламинат	3.66	0.0044	1.3515	50-100
Метал	1	10 ⁷	0.0	1-100

В таблица 1 са дадени стойностите на специфичната проводимост и относителната диелектрична проникваемост за различни честоти на някои от най-често използваните материали в строителството на една сграда [1]. Тези данни са използвани в процеса на симулация в автоматизираната среда на WinProp при определяне на загубите от затихване на радиосигналите в затворени помещения, особено при преминаване на сигнала от едно помещение в друго и от един етаж на друг [5]. Това дава възможност на проектанта да оцени предварително загубите от разпространение във всяка точка, което ще даде възможност за определяне на оптималната мощност на сигнала за реализиране на качествена комуникация при достатъчно високи трансферни скорости.

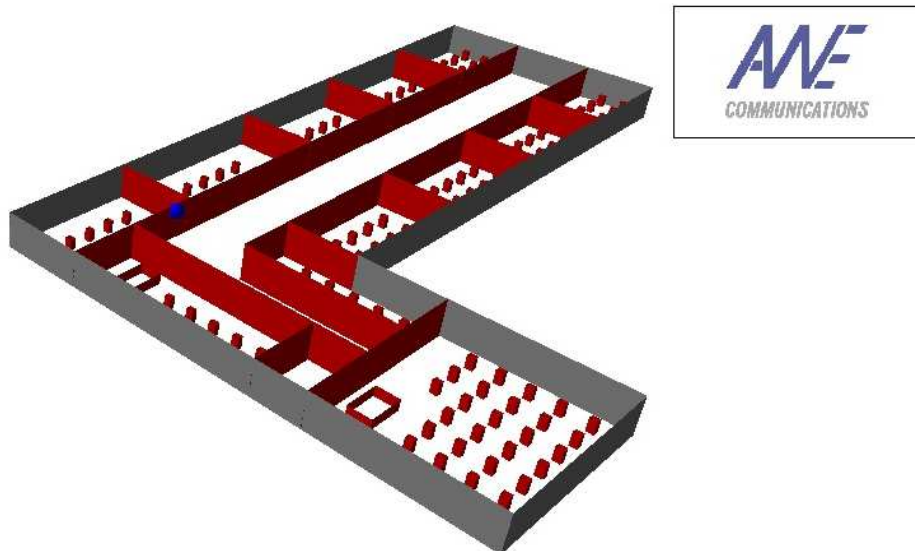
ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА РАДИОСИГНАЛИ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ВИРТУАЛНА СРЕДА

Проектиране на виртуална основа

Виртуалната основа е база данни, чрез която се създава виртуална среда за разпространение на радиосигнали и изчисляване на покритието на определени вътрешни зони чрез използване на математични модели за разпространение.

Посредством модула WallMan на WinProp за създаване на такава среда се зарежда готова база данни или се проектира нова [5]. Според изискванията на симулацията може да се съдържат данни за мебели и материали, намиращи се вътре в сградата и в частност в помещенията.

В настоящия симулационен експеримент се внася реална сградна подложка от етаж на училищен корпус. Височина, дължина и широчина на сградата са точно зададени като съответстват на архитектурния план на сградата. На фиг. 2 е показана готовата виртуалната подложка, след направеното в модула WallMan прецизно проектиране.

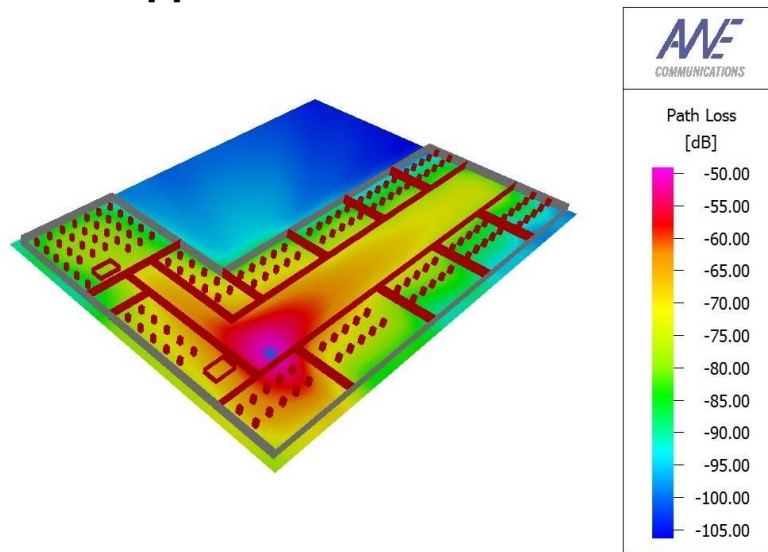


Фиг. 2. 3-D визуализация на етаж от училищна сграда

Триизмерният вид на сградата спомага за по-добрата визуализация на височините на интериора вътре в помещенията, вследствие на което могат да се вземат решения за подходящите места за разполагане на съответното комуникационно оборудване.

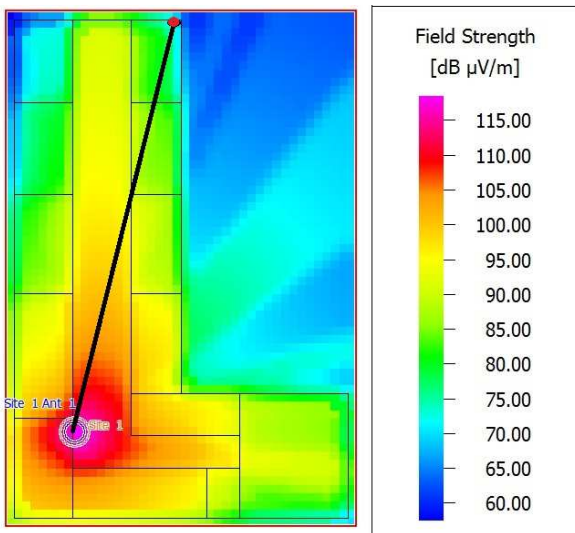
Симулационното изследване сравнява данните, получени при използването на три от математичните модели за разпространение на радиосигнали във вътрешна среда. Изследването е реализирано с ненасочена антена (omni directional antenna)

при честота 2400 MHz и максимална еквивалентна изотропно излъчена мощност 100 mW. Използвайки подходящи математични модели за вътрешно разпространение, изследването започва с разполагането на една ненасочена антена в коридора на сградата на височина 2 m [4].

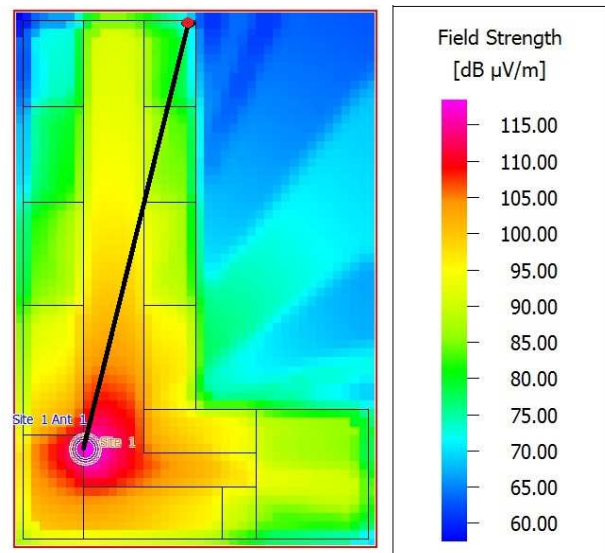


Фиг. 3. Разпространение на радиосигнала в триизмерен вид

Направени са симулационни изследвания с три различни математични модели на разпространение на радио сигналите. При първият случай е използван модел с доминантен лъч, при втория - е използван емпиричен модел, базиран на (Multi-Wall Model COST 231), при третия - емпиричен модел с двойна стръмност (One Slope Model). На фиг. 3 в триизмерен вид е показана виртуалната подложка и работата на точка за достъп, поставена в коридора на сградата след реализиране на симулационния експеримент.



Фиг. 4. Интензитет на електричното поле при модел на разпространение с доминантен лъч



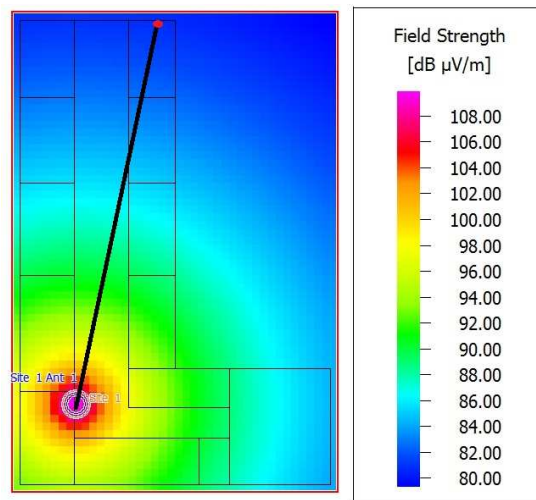
Фиг. 5. Интензитет на електричното поле при емпиричен модел (Multi-Wall Model COST 231)

На фиг. 4, фиг. 5 и фиг. 6 в двуизмерен вид са визуализирани резултатите от трите изследвания, като са показани стойностите на параметрите на интензитета на електричното поле в $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$.

Направен е сравнителен анализ на параметрите: интензитет на електричното

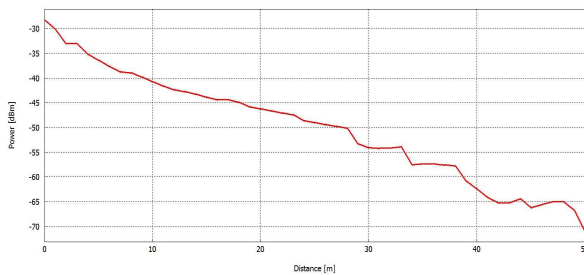
поле ($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$), мощност на радиосигнала dBm и загубите от затихване на сигналите вследствие разпространението dB .

Избрана е еднаква и за трите изследвания крайна точка в сградата, разположена на разстояние 35 m от точката на излъчване.

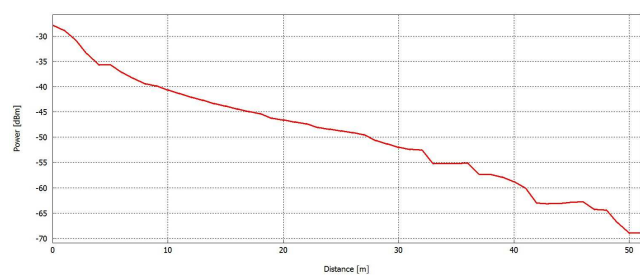


Фиг. 6. Интензитет на електричното поле при емпиричен модел с (One Slope Model)

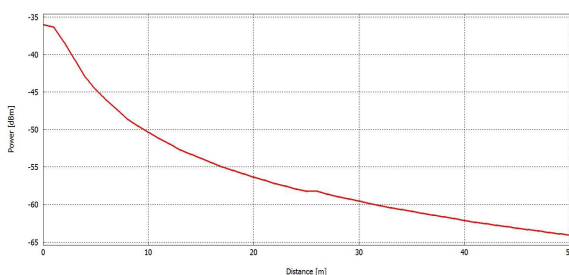
Получени са графични зависимости, използвайки и трите математични модела на разпространение, като графиките дават връзката между мощността и загубите от затихване на сигналите във функция от разстоянието до точката за достъп. На фиг. 7, фиг. 8 и фиг. 9 са показани графики на мощността на сигнала във функция от разстоянието. На фиг. 10, фиг. 11 и фиг. 12 са показани графични зависимости на затихването на сигналите вследствие на разпространението във функция от разстоянието. Приемната точка и направлението, по което са снети графичните зависимости са показани на фиг. 4, фиг. 5 и фиг. 6.



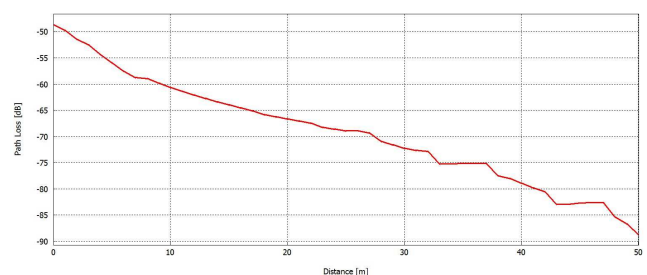
Фиг. 7. Графична зависимост на мощността във функция от разстоянието при използване на модел с доминантен лъч



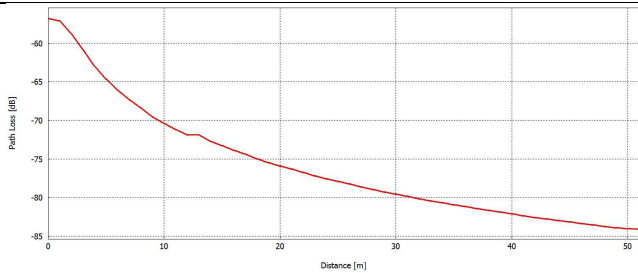
Фиг. 8. Графична зависимост на мощността и разстоянието при симулация с емпиричен модел (MultiWall COST 231)



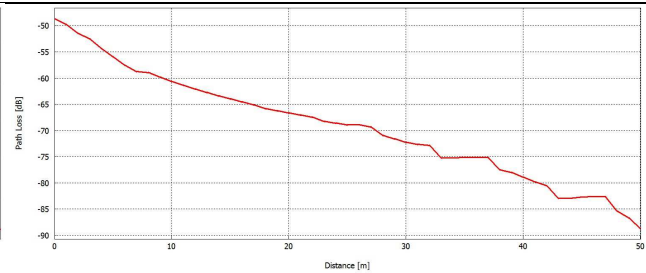
Фиг. 9. Графична зависимост на мощността във функция от разстоянието при симулация с емпиричен модел (One Slope Model)



Фиг. 10. Графична зависимост на загубите от разпространение при симулация с модел с доминантен лъч



Фиг. 11. Графична зависимост на загубите от разпространение при симулация с емпиричен модел (Multi-Wall Model), базиран на стандарта COST 231



Фиг. 12. Графична зависимост на загубите от разпространение във функция от разстоянието при симулация с емпиричен модел (One Slope Model)

От анализа на получените резултати се вижда, че използването на емпиричен модел (Multi-Wall Model COST 231) е най-оптимално за сграда от такъв тип. При този начин на разположение на излъчващата точка е подходящ за използване и модела с доминантен лъч. При използване на емпиричен модел с двойна стръмност (One Slope Model) се наблюдават големи не добре покрити зони в сградата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа е изследвано разпространението на радиосигнали в сграда по реален архитектурен план в софтуерната среда на WinProp на фирмата AWE Comuncations. Дадени са резултатите в триизмерен, двуизмерен и в графичен вид на радиочестотното планиране, което позволява изследване поведението на математичните модели в сграда, отчитайки влиянието на материалите, от които е изградена сградата. Това е необходимо за постигане на достатъчно висока точност на разполагане на излъчващите точки, осигуряващи радиосигнал на потребителите на мобилни услуги. При използване на математичен модел с доминантен лъч се вижда, че има зони без достатъчно покритие в сградата и прилежащите площи, тъй като този модел не отчита отразените и дифрактиралите лъчи от стени, подове и тавани. При използване на емпиричен модел (Multi-Wall Mode, COST 231) покриването с радиосигнал на сградата е най-оптимално. В направената симулация сигналът в точката на приемане при емпиричния модел (Multi-Wall Model) е -70 dBm, което е напълно достатъчно за реализиране на качествена комуникация.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ITU-R Recommendation P.1238-7 , 02/2012
- [2] ITU-R Recommendation P.1406-1 ,08/2008
- [3] Илия Илиев, Мобилни Комуникации, ТУ-София, 2014
- [4] Nathan Blaunstein, Christos G. Christodoulou, Radio Propagation and Adaptive Antennas for Wireless Communication Networks, 2nd Edition, Wiley, 2014
- [5] WinProp, Manuals for WallMan and ProMan, software product of AWE-Comuncations, 2009

За контакти:

доц. д-р Николай Ташков, Катедра „Мобилни и сателитни комуникации”, Технически университет Габрово, тел.: +359 66 827 210, e-mail: tashkov@yahoo.com
инж. Росен Цветков, докторант, Катедра „Мобилни и сателитни комуникации”, Технически университет Габрово, тел.: +359 887 31 67 31, e-mail: rosensoft@abv.bg