FRI-2G.302-1-CSNT-05

OPTIMAL PLANNING OF AN URBAN WI-FI NETWORK

Nikolay D.Tashkov

Member of the Department Communication Engineering and Technologies
Technical University of Gabrovo, Bulgaria
e-mail: tashkov@yahoo.com

Rosen I.Tsvetkov

PhD Student at Technical University of Gabrovo
Technical University of Gabrovo, Bulgaria
e-mail: rosensoft@abv.bg

Abstract: The paper reviews methods of Wi-Fi network planning in an urban scenario.For this purpose they are three different antenna sites working in an densely built environment. A study is performed by a simulation planning using three different locations 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 sites and choice the best posibele location for the antenas. On the basis of the results was achieved solution for Wi-Fi network planning in a large-scale city environment.

Keywords: Urban scenario, Efficiency, Radio propagation, Mathematical models, Wireless communication, WinProp

ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящата работа са изследвани методи за радиочестотно планиране в гъсто застроена градска среда. Това дава възможност за определяне на оптималното разположение на антените за реализиране на безжична комуникация (Wi-Fi, WPAN и др.) и да се определят нивата на сигнала, достигнал до всеки краен потребител в района на обслужването. Това ще даде по-качествена оценка за зоните на покритие при изграждането и проектирането на комуникационни мрежи от такъв тип и същевременно ще се подобри електромагнитната обстановка в дадена градска среда.

Използвана е реално съществуваща градска планировка като основа за изследването. Цифровата подложка е с размери: дължина 1250 m и ширина 1450 m (1.81 km^2) и сгради, вариращи във височина от 6 m до 55 m. Широчината на улиците варират от 11 m до 37 m.. Това дава възможност да се направи сравнителна оценка и сравнителен анализ за различните места, на които могат да бъдат монтирани антени за външно (Wi-Fi) разпръскване в сложна архитектурна среда.

Направено е симулационно изследване с помощта на софтуерния продукт WinProp на фирмата AWE-Communications. За целта са използвани няколко различни местоположения на антени като стълбове на улично осветление, светофарни уредби и покриви на сгради .

На изследваната реална градска подложка могат да бъдат направени редица измервания както и да бъдат визуализирани резултатите в 3-D координатна система. Направени са три симулации, като предмет на изследване са оптималните местата за разположение на антените при равни други условия. В няколко референтни точки са измерени показателите: интензитет на електричното поле в $dB\mu V/m$ и мощност на сигнала в dBm. Това дава възможност да се определят загубите от затихване в сложна градска среда при наличие и

липса на пряка видимост между точката за достъп и крайният потребител. Използвана е честота f=5000 MHz като са извършени три симулациони експеримента с различна мошност. Явленията, които влияят върху разпространението на радиовълните в сложна архитектурна среда могат да се обобщят като четири основни: отражение (reflection), дифракция (diffraction), проникване (penetration) и разсейване (scattering) .

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изчисляване на загубите от разпространение на сигнала в сложна градска среда

При сложна градска среда обикновено предавателната и приемни антени на радио комуникационните линии са на сравнително малка височина и при наличие на пряка видимост се получава частично засенчване на първа Френелова зона. Разстоянието, при което първа Френелова зона ще докосне земята, се определя като :

$$R\text{тп} = \frac{4h_1h_2}{n\lambda}\sqrt{1-\frac{n^2}{16}\left(\frac{\lambda}{h_1}\right)^2-\frac{n^2}{16}\left(\frac{\lambda}{h_2}\right)^2+\frac{n^4}{256}\left(\frac{\lambda^2}{h_1h_2}\right)^2} \quad ,$$

където

n е номера на Френеловата зона.

h_1 - височината на антената на точката за достъп,

h_2 - височината на антената в точката на приемане,

λ - дължината на вълната в m.

Това разстояние гарантира свободна първа Френелова зона при разпространение на радио сигнала и се явява точка на пречупване на модела, които отчита загубите от разпространение при тези условия и се нарича модел с двойна стръмност (Dual slope model). До точката на пречупване се приема коефициента на затихване равен на 2.5, тъй като по краткото разстояние води до по слабо засенчване .

При високи честоти това разстояние приблизително може да се изчисли, използвайки следния аналитичен израз:

$$R_{TП} \approx \frac{4h_1h_2}{\lambda} \quad , \qquad (2)$$

където

$R_{TП}$ - точка на пречупване в m.

Долната граница на загубите от разпространение на сигнала в градска среда при наличието на пряка видимост се определят като :

(3)
$$L_{LoS,l} = L_{TII} + \begin{cases} 20\log_{10}\left(\dfrac{r}{R_{TII}}\right) & \text{for} \quad r \le R_{TII} \\ 40\log_{10}\left(\dfrac{r}{R_{TII}}\right) & \text{for} \quad r > R_{TII} \end{cases},$$

Приблизително горната граница на загубите, вследствие разпространението на радио сигнала при наличие на пряка видимост се определят като:

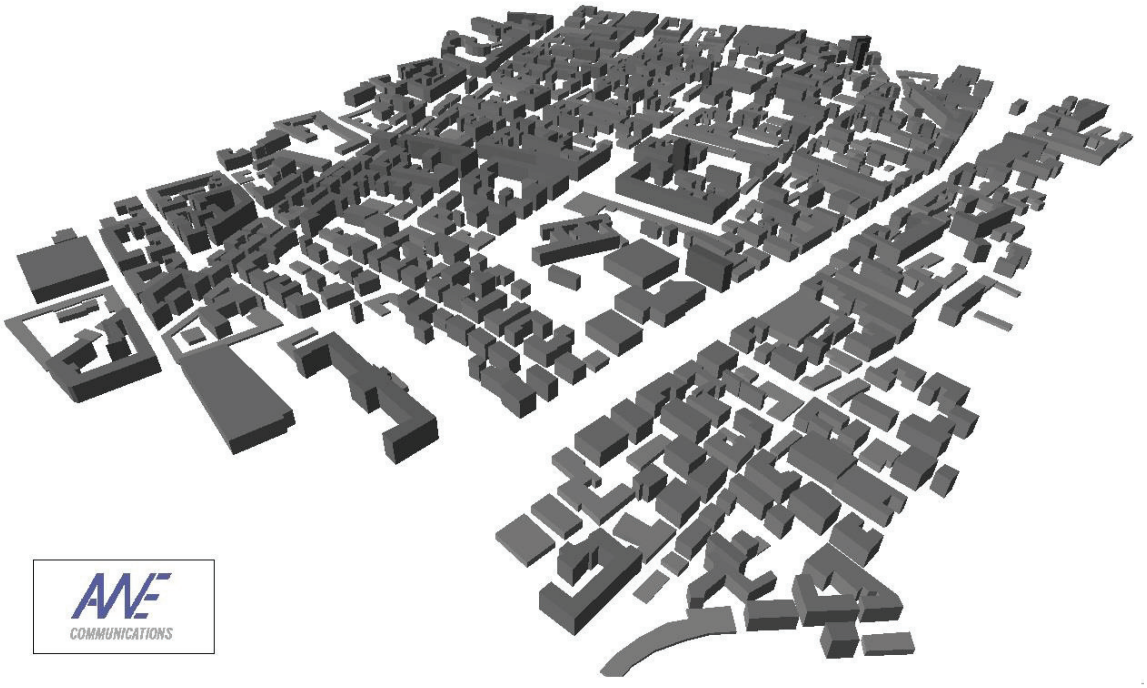
(4)
$$L_{LoS,u} = L_{TII} + 20 + \begin{cases} 25\log_{10}\left(\dfrac{r}{R_{TII}}\right) & \text{for} \quad r \le R_{TP} \\ 40\log_{10}\left(\dfrac{r}{R_{TII}}\right) & \text{for} \quad r > R_{TP} \end{cases},$$

От аналитичните изрази се вижда, че максималните загуби превишават минималните с 20 dB. И в двата случая предварително се определят загубите вследствие разпространение на радио сигнала в точката на пречупване:

(5)
$$L_{TII} = \left| 20\log_{10}\left(\frac{\lambda^2}{8\pi h_1 h_2}\right) \right| \quad ..$$

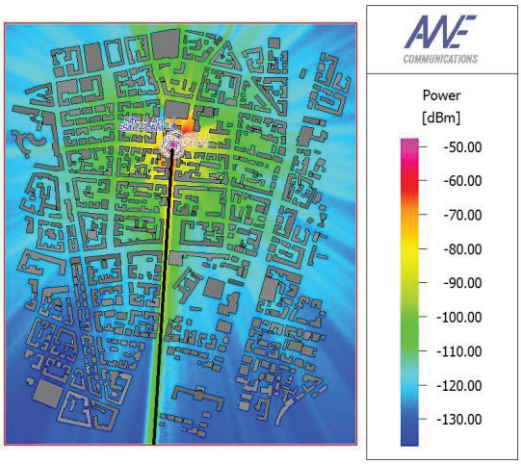
Симулационни изследвания в сложна архитектурна среда

Като основа на симулационото изследване е използвана кадастрална карта на реално съществуваща градска архитектурна среда (Фиг. 1). За целта на симулацията е избрана улица с широчина 23 m, като антените ще бъдат разположени на три различни места в началото на улицата, за да се оцени затихването на радио сигнала. Измерването на мощността се реализира при равни други условия в уличния каньон, като за целта са избрани 12 референтни точки през 100 m една от друга. Максималното разстояние от точката за достъп, за които ще бъдат снети стойностите на мощността е 1150 m. Експериментът се реализира при три различни височини на точката за достъп (30 m, 6 m и 4 m). На фиг.2, фиг.4 и фиг.6 са показани резултатите от симулационите изследвания за трите случая в цветна мощностна скала. На фиг. 2 е показана наситеността с радио сигнал на градската среда, в следствие разположението на предавателната точка на сграда с височина 30 m.

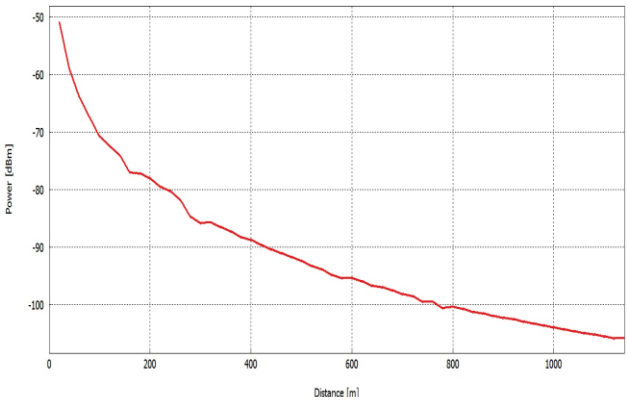


Фиг. 1. Кадастрална карта на реално съществуваща градска архитектурна среда

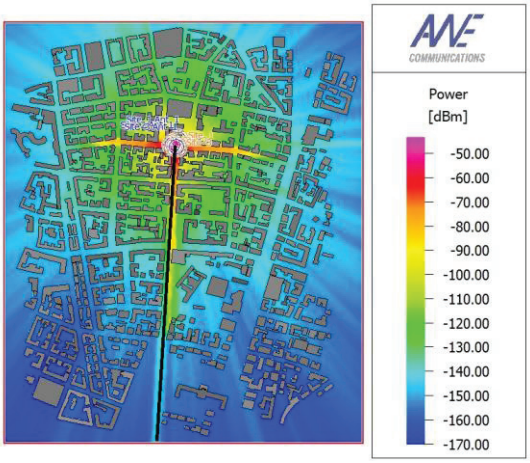
На фиг. 4 е илюстрирана работата на антена, монтирана на светофарна уредба с височина 6 m, а на фиг. 6 е показана работата на антената, поставена на стълб за улично осветление с височина на монтиране 4 m. За трите симулационни ситуации са показани графични зависимости на фиг.3, фиг.5 и фиг.7, като се визуализира връзката между приемната мощност в dBm и разстоянието в m.



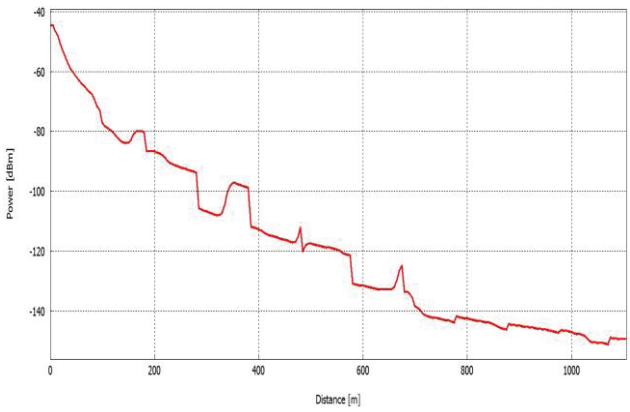
Фиг.2. Антена, разположена върху сграда на 30 m височина



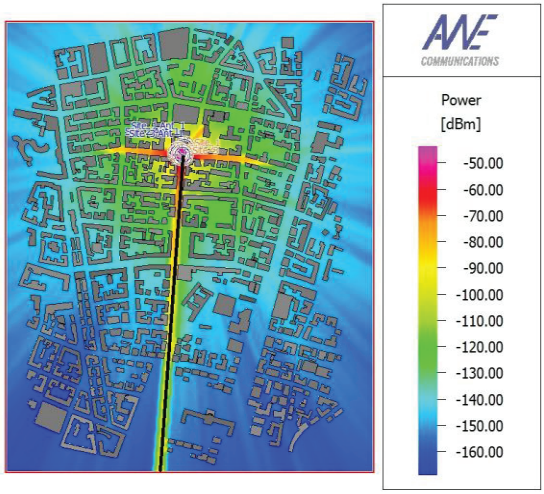
Фиг.3.Мощност в точката на приемане при антена на 30 m височина



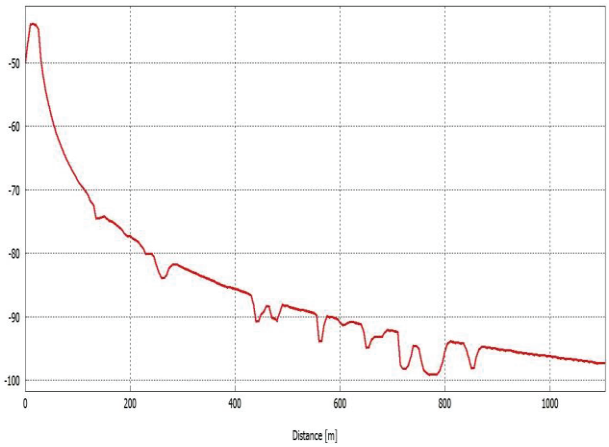
Фиг.4. Антената разположена върху сфетофарна уредба на 6 m височина



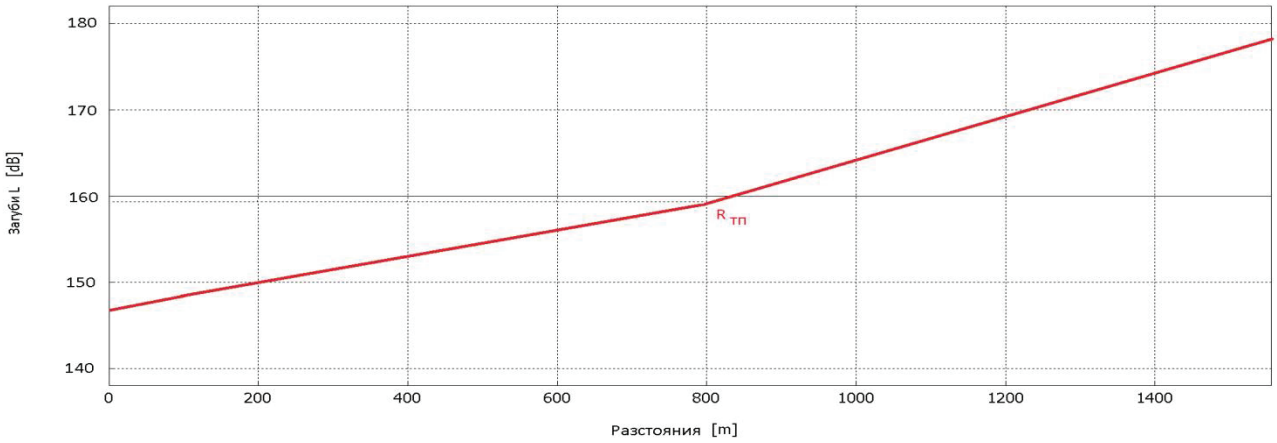
Фиг.5. Мощност в точката на приемане при антена на 6 m височина



Фиг.6. Антената разположена върху стълб за улично осветление на 4 m височина



Фиг.7. Мощност в точката на приемане при антена на 4 m височина



Фиг.8. Графичната зависимост на загубите на радио сигнала

Съгласно математичния модел за разпространение на радио сигналите при наличие на пряка видимост (Dual slope model) затихването вследствие разпространението е показано в графичен вид на фиг.8, като точката на пречупване е на разстояние 800 m от предавателната антена, което дава основание за сравнителен анализ между симулационното проектиране и резултатите от идеализирания математичен модел.

ИЗВОДИ

В настоящата работа е изследвано разпространението на радиосигнали в сложна градска среда при наличието на пряка видимост в сложна архитектурна среда.

Табл.1 Сравнение между теоретични и симулационни резултати, измерени в референтни точки

Разстояние (m)	50	150	250	350	450	550	650	750	850	950	1050	1150
Трансферна скорост (Mbps)	54	48	36	24	18	12	11	9	6	5.5	2	1
Мощност, (dBm) (съгласно теоретичния модел)	-71	-75	-80	-84	-86	-87	-88	-89	-90	-92	-93	-94
Мощност$_1$, (dBm) (при височина на антената 30 m)	-60	-70	-80	-88	-92	-95	-97	-99	-101	-105	-106	-108
Мощност$_2$, (dBm) (при височина на антената 6 m)	-50	-72	-81	-85	-90	-92	-94	-95	-97	-99	-100	-101
Мощност$_3$, (dBm) (при височина на антената 4 m)	-48	-80	-90	-100	-110	-120	-130	-135	-137	-140	-142	-145

В табл.1 са дадени разстоянията на комуникация в зависимост от приемната мощност на мобилният терминал в dBm, при реализиране на пряка видимост, както и реализираната трансферна скорост в Mbps. Изследването е направено за три случая на разположение на антените, като данните за приемна мощност са получени за 12 референтни точки. Това дава възможност да се определи височината, на която се монтира точката за достъп, за да се постигне максимално ефективна комуникация, т.е да се освободи 55% от първа Френелова зона. Имайки предвид, че чувствителността на съвремените приемни комуникациони терминали е от порядъка на -95 dBm, използвайки резултатите от табл.1 и при зададени трансферни скорости може да се определи разстоянието на комуникацията при която се реализира надеждна връзка.

REFERENCES

ITU-R Recommendation P.1238-7 , 02/2012

ITU-R Recommendation P.1406-1 ,08/2008

Iliev, I., (2014). Mobilni komunikacii, TU-Sofia. (***Оригинално заглавие:*** *Илиев, И., 2014. Мобилни Комуникации, ТУ-София.)*

Blaunstein, N., Christodoulou, C. G. (2014). *Radio Propagation and Adaptive Antennas for Wireless Communication Networks*, 2nd Edition, Wiley.

WinProp (2009). *Manuals for WallMan and ProMan*, software product of AWEComunications.