

基于 MATLAB 语言的电波传播路径损耗的仿真^{*}

龙云亮, 黄 明, 王兴玮, 王 泳
(中山大学无线电电子学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 根据几何绕射理论的建模思想, 利用 MATLAB 语言, 对自由空间的电波在高层建筑物后的传播路径损耗和场强的分布进行了仿真和计算, 并用图形和不同的颜色来表示场强的强弱分布, 对无线电站的选址定位起到了很好的辅助效果.

关键词: MATLAB; 几何绕射理论; 路径损耗; 计算机仿真

中图分类号: TN925 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2001) 02-0031-03

计算机仿真技术是利用计算机对研究对象的数学模型进行仿真研究. 仿真时首先建立应用系统的仿真模型, 然后利用计算机去求解, 因而较其它方法容易、快捷、经济, 针对不同的系统有时只需要更改参数即可, 这是其它方法 (实物试验) 无法相比的; 同时由于计算机本身运行的安全性, 无论仿真模型多么复杂, 仿真都是安全的, 因此计算机仿真技术作为强有力的研究工具, 获得了广泛的应用. 如何利用计算机对系统进行仿真, 分析, 研究, 关键在于仿真模型的构造, 模型的准确与否将会直接影响到仿真结果的可靠性. 在近十几年来, 对于预测建筑物后阴影部分的场强分布和传输路径损耗, 提出了基于 GTD 的模型, 本文利用 MATLAB 语言对电磁波在自由空间的传播路径损耗和建筑物后的场强分布进行了仿真模拟和计算, 并给出了仿真结果. 通过对仿真结果的比较、分析, 可用于指导实际系统的设计.

MATLAB 是一种用于进行科学和工程计算的交互式软件, 它的基本单元是矩阵. 解决同样的数值问题, 使用 MATLAB 语言比 FORTRAN 和 C 语言编程效率要高好几倍, 而且 MATLAB 对于问题的表达方式和问题的数学表达形式完全一致. MATLAB 所提供的图形交互式的模型输入计算机仿真环境 SIMULINK 已成为计算机仿真领域最受欢迎的仿真软件环境. 除了传统的交互式编程外, 还提供了可靠的矩阵运算, 图形绘制, 数据处理等工具^[1].

1 基于 GTD 的数学模型

图 1 是电磁波发射和接收模型. 其中, H_T 是发射天线的高度、 H_B 是建筑物的高度、 H_R 是接收机的高度、 D_T 是发射天线距建筑物的距离、 d 是建筑物的间距.

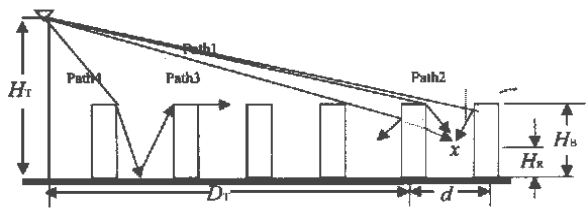


图 1 基于 GTD 的电磁波发射和接收模型
Fig 1 The model of electromagnetic wave transmit and receive based on GTD

几何绕射的公式^[2]

$$E_{GTD} = E_0 D \cdot \exp(-jks) / \sqrt{s} \tag{1}$$

其中, E_0 为绕射点的场强, D 为绕射系数. 对 UTD, 其绕射系数为

$$D = \frac{-\exp(-j\pi/4)}{2n \sqrt{2\pi k}} \cdot \left\{ \begin{aligned} &\cot\left[\frac{\pi + (\Phi - \Phi')}{2n}\right] F(ksa^+(\Phi - \Phi')) + \\ &\cot\left[\frac{\pi - (\Phi - \Phi')}{2n}\right] F(ksa^-(\Phi - \Phi')) + (2) \\ &R_0 \cot\left[\frac{\pi - (\Phi + \Phi')}{2n}\right] F(ksa^-(\Phi + \Phi')) + \\ &R_n \cot\left[\frac{\pi + (\Phi + \Phi')}{2n}\right] F(ksa^+(\Phi + \Phi')) \end{aligned} \right\}$$

^{*} 基金项目: 教育部高等学校骨干教师资助计划项目; 广东省“千百十工程”优秀人才培养基金项目

收稿日期: 2000-07-18; 作者简介: 龙云亮 (1963—), 男, 教授.

其中, Φ 和 Φ' 是入射角和绕射角, s 是绕射点到场点的距离, k 是自由空间的波数, R_0, R_n 分别是入射面的反射系数和绕射面的反射系数, $F(x)$ 是非涅尔积分,

$$F(x) = 2j\sqrt{x}\exp(jx)\int_{\sqrt{x}}^{\infty}\exp(-j\tau^2)d\tau \quad (3)$$

其中, $x = ksa^{\pm}(\beta)$, 而

$$a^{\pm}(\beta) = 2\cos^2\left(\frac{2\pi N^{\pm}-\beta}{2}\right), \beta = \Phi \pm \Phi' \quad (4)$$

$N^{\pm}$ 是最接近下面 2 个表达式的整数:

$$2\pi nN^{+}(\beta) = \pi, \quad 2\pi nN^{-}(\beta) = -\pi \quad (5)$$

2 仿真结果

电波传播路径损耗仿真系统具有友好的人机界面, 通过所提供的界面, 可以很方便地进行参数的设置和模式的选择, 仿真系统界面如图 2 所示.

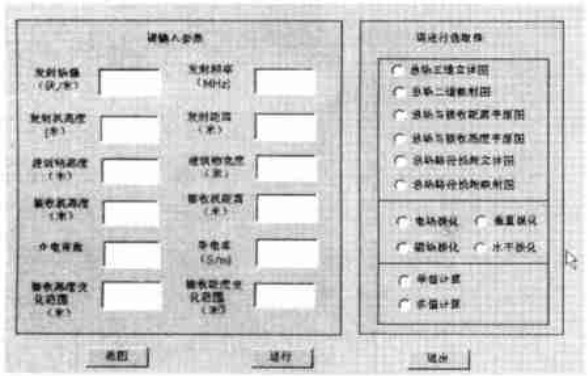


图 2 仿真参数输入界面

Fig 2 The input interface of simulative parameters

仿真图形是系统对各参数进行数据处理后所得到的结果: 本系统的仿真图形不仅可以是三维的图形, 而且可以是二维映射图形, 或者单参数的二维曲线图. 仿真图形的模式输出可以由用户自行选择, 本仿真系统不仅可以仿真建筑物后低于建筑物高度的场强分布和路径损耗, 而且可以仿真高于建筑物高度的场强分布和路径损耗. 图 3 是在不同参数下的仿真结果, 从仿真图形的颜色上能一目了然地知道场强的强弱分布情况.

仿真参数输入为: 发射场强是 100 V/m, 发射频率是 300 MHz, 介电常数是 1, 导电率是 0.1 S/m, 发射距离为 400 m, 建筑物高度为 60 m, 建筑物宽度为 4 m. 图 3 是不同发射高度、接收高度的仿真图.

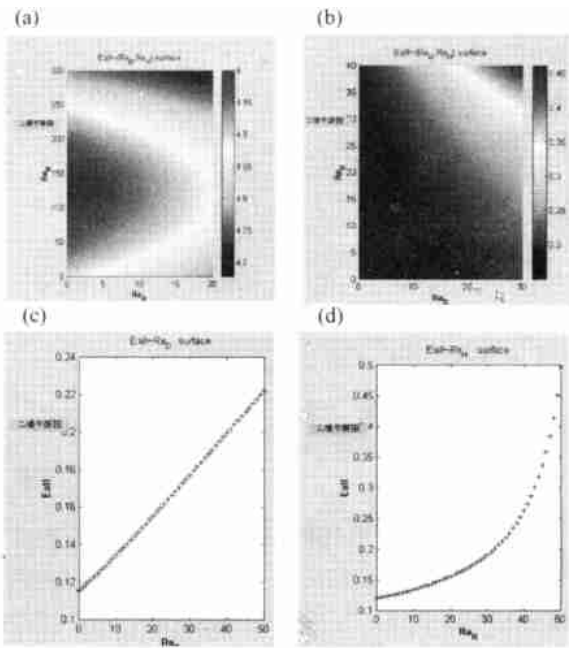


图 3 发射高度、接收高度和距离的仿真图

Fig 3 The field strength varies with height and distance of receiver

	发射高度/m	接收高度/m	与建筑物的距离/m
a	120	0~300	0~20
b	40	0~40	0~30
c	120	10	0~50
d	120	0~50	10

图 3a, b 中直方条表示的路径损耗的数值从大到小所对应的颜色依次为: 深红、红、黄、绿、浅蓝、深蓝. 图 3a 表示在接收高度为 120 m 时场强最大, 然后成波浪状逐渐减少. 图 3b 表示从左下角到右上角场强逐渐增大.

MATLAB 语言具有很强的数值运算和图像处理能力, 当数据运算结束后, 对于图 3a, b, 只需要以下几条语句就可以进行图像处理:

```
surf(Re D, Re H, abs(Eall));
view(0, 90);
colorbar('vert');
xlabel('Re D', 'Fontweight', 'bold');
ylabel('Re H', 'Fontweight', 'bold');
zlabel('Eall', 'Fontweight', 'bold');
title('Eall(Re D, Re H) surface')
```

对于图 3c, d, 也只需要几条语句:

```
plot(Re D, abs(Eall), 'r *');
xlabel('Re D', 'Fontweight', 'bold');
ylabel('Eall', 'Fontweight', 'bold');
title('Eall(Re D) surface')
```

3 结 论

从以上的仿真图可以看出，该仿真软件可以很方便地模拟出电波在空间及建筑物后的场强分布，而且仿真结果反映的趋势和实际电波传播的趋势是一致的。因此，电波传播路径损耗的仿真系统对于电磁波在建筑物后的分布和路径损耗的分析预测有很大的辅助作用，成为城市中无线电基站进行选址定位的有力工具。本仿真系统的模型对于实际环境中的一些因素没有考虑进去（如

雨衰、散射、树木和建筑物的不同构造），这些对电波的传播和分布都有影响，因此本系统还有待于完善，将以上因素考虑进去，将为今后的系统提供更加完美的仿真环境。

参考文献：

[1] 程卫国,冯峰,姚东,等. MATLAB 5.3 应用指南[M]. 北京:人民邮电出版社,1999. 11.
[2] KELLER J B. Geometrical theory of diffraction[J]. J Opt Soc Amer, 1962, 52: 116— 130.

Simulation of the Path Loss for Radio Wave Propagation Based on MATLAB Language

LONG Yun-liang, HUANG Ming, WANG Xing-wei, WANG Yong

(Department of Radio and Electronics, Zhongshan university, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Based on the model of geometrical diffraction, with the MATLAB language, the path loss of radio wave during propagation behind the high buildings is simulated. The distribution of field strength is displayed with different color. This is helpful for selecting location of radio bases.

Keywords: MATLAB; GTD; path loss; simulation of computer

·简 讯·

中山大学召开学报编委联席会议

2001 年 3 月 12 日，中山大学召开了学报自然科学版、社会科学版编委联席会议，两版编委、教师代表、学报编辑人员出席会议，学报主管李萍副校长主持会议。与会人员对我校学报近年的工作给予了肯定，并为进一步办好中山大学学报提出了许多有益的建议。

根据会上意见和编辑部商议，近期将对本刊工作作如下改进和调整：

- (1) 目次页文章作者署名将全部列入；
- (2) 文章首页地脚处加注通讯联系人（必要时）；
- (3) 为方便交流，英文摘要可适当加长；
- (4) 约请重点学科、重点项目带头人撰写科研进展、综述、评论。
- (5) 优稿优稿，第一作者为博士导师的，稿酬增加 50%。

(张 文)