

微小区环境下角度扩散特性的仿真结果

孙继先, 魏庆新, 龚克

(清华大学微波与数字通信国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 智能天线及其他空间滤波技术的研究与应用为无线信道的研究提出了新的课题 - 需要对无线信道的时空联合扩散特性进行全面地分析和研究. 本文利用射线跟踪技术对典型微小区下信道的时域扩散和角度扩散特性进行了大量仿真. 作者按照时域扩散的研究方法, 利用角度扩散的一阶矩和二阶中心矩来说明问题. 通过典型环境下的仿真, 得到了存在直达信号和无直达信号两种接收条件下的角度扩散结果.

关键词: 时域扩散; 角度扩散; 射线跟踪; 扩散信道; 直达信号; 非直达信号

中图分类号: TN92 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2001) 09-1269-03

Simulation Results of Angular Spread Characteristics in Microcell Environment

SUN Ji-xian, WEI Qing-xin, GONG Ke

(State Key Lab on Microwave and Digital Communications, Beijing 100084, China)

Abstract: Smart antenna and other spatial filtering technologies provide promising improvement to the future wireless communication systems. The successful implement of these technologies demands detailed research and analysis of the temporal and angular characteristics of the wireless channels. This paper introduces some simulation work about the temporal and angular spread characteristics in typical microcell environment using ray tracing technique. The simulation results are divided into two parts: Line of Sight (LOS)'s and Non-line of Sight (NLOS)'s. According to the temporal research method, the author uses average angular spread and rms angular spread to describe the characteristics of angular spread. The detailed descriptions of angular spread in typical microcell environment are given finally.

Key words: temporal spread; angular spread; ray tracing; dispersive channel; line of sight; non line of sight

1 引言

二十世纪九十年代后期, 智能天线和自适应天线技术被应用于移动通信系统中. 定向地发射和接收无线信号在增强有用信号的同时, 又起到了抑制干扰的目的, 使得通信系统的性能得到进一步地改善和提高. 为了有效地利用这些技术, 需要对无线信道在空间角度域(尤其是方位角)上的扩散特性进行深入细致地研究, 而这部分研究是传统的无线信道研究中所欠缺的.

已有的一些有关信道角度扩散的模型大都是以大区传播环境为背景的统计模型, 比如: 椭圆模型、高斯宽平稳散射模型等^[1]. 在微小区传播条件下, 由于地形地物的复杂性和多样性, 统计平均意义下的预测结果基本上是失效的. 因此, 对于微小区环境下角度扩散特性的研究同样需要建立特定环境下 (site specific) 的信道预测工具^[2].

利用射线跟踪技术建立微小区下的信道模型被认为是十分有效的. 尽管用它预测的结果通常都需要用实测来校正, 但是校正后的模型可以应用于其它环境, 因此工作效率非常高.

二十世纪八十年就已经有文献介绍利用射线法进行传播

预测, 但由于当时计算机硬件水平的限制, 且缺少数字化地理信息系统 (Geographic Information System), 复杂环境下的仿真工作难以开展. 进入九十年代后, 随着计算机硬件水平的飞速发展和可视化技术的应用, 射线法成为了国内外众多研究机构关注的热点. 多项研究成果在杂志和会议上发表, 其中比较成功的算法有文献[2, 3]. 直到今天, 关于射线法的讨论仍在继续^[4, 5]. 研究表明利用更加复杂的数据结构可以使算法的执行效率进一步提高, 以充分发挥射线法的应用价值.

本文利用射线跟踪技术能够记录传播路径信息的特点, 对微小区环境下信道的角度扩散特性进行了大量仿真研究. 根据移动台相对于基站的位置关系, 可以将所研究的环境分为有直达路径区域 (LOS) 和非直达路径区域 (NLOS) 两类. 众多信道研究的结果表明, 这两种环境下的传播特性有着明显的区别. 因此本文在分析角度扩散特性时, 始终围绕着这两类环境进行对比.

为了定量的描述角度扩散的大小, 作者参照时延扩散的研究方法制定了平均角度扩散 ($\bar{\theta}$) 和角度扩散均方差 (σ_{θ}) 两个参数. 角度的计算以发射和接收天线的连线方向为参考方

收稿日期: 2000-08-10; 修回日期: 2001-01-09

基金项目: 国家自然科学基金 (No. 69972022)

向,两参数定义如下:

$$\bar{\theta} = \left| \frac{\sum_k P(\theta_k) \cdot \theta_k}{\sum_k P(\theta_k)} \right| \quad (1)$$

$$\sigma_\theta = \sqrt{|\bar{\theta}^2 - (\bar{\theta})^2|} \quad (2)$$

其中:

$$\bar{\theta}^2 = \frac{\sum_k P(\theta_k) \cdot \theta_k^2}{\sum_k P(\theta_k)} \quad (3)$$

本文在第二部分中将详细介绍仿真的结果,除角度扩散特性外还包括了信道的功率衰耗特性和时延扩展特性的结果.第三部分中对仿真的结果进行分析和总结.第四部分为结论.

2 典型微小区中的仿真结果

如图 1 所示,仿真环境中建筑物外形多样且分区排列,建筑物的平均高度高于发射天线的高度,这是典型的微小区传播环境.建筑物的电磁特性参数来源于已经发表的文献或直接测量^[6].

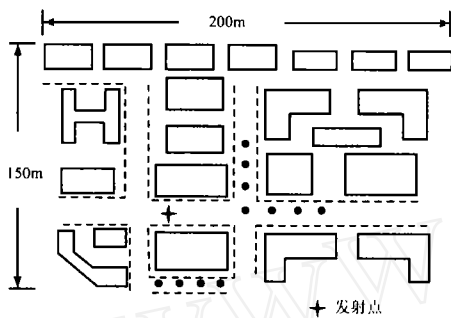


图 1 仿真小区的地形平面图

2.1 路径损耗特性

为了适应第三代移动通信系统的要求,仿真中发射频率

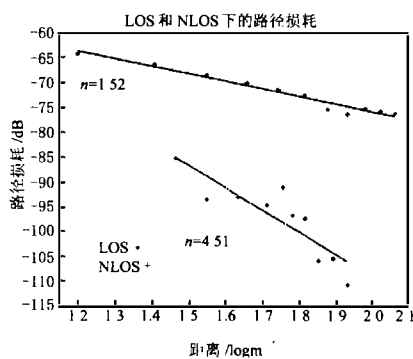


图 2 路径衰耗指数的仿真结果

通过图 3,LOS 与 NLOS 以及上行和下行角度扩散的差别变得更加清晰.

3 分析

从图 3 和表 2 的统计数据可以看出,在 LOS 情况下,上行和下行的角度扩散虽然不同,但扩散都不严重,绝大部分能量

设为 2000MHz.发射天线的高度为 13.5m,接收天线的高度为 1.5m.收发天线的类型均为全向垂直极化天线.其测试场景和文献[7]中的地形相似.从表 1 的对比结果中可以看出预测值线性拟合结果和文献[7]测量值线性拟合结果非常接近.

表 1 衰耗指数的仿真和测量结果对比

	仿真结果		文献[7](旧金山市中心)	
	LOS	Non LOS	LOS	NLOS (Zig-zag lateral case)
线性拟合斜率	1.52	4.51	1.4	4.5

2.2 LOS 和 NLOS 情况下的时延和角度扩散对比

表 2 时延扩散和角度扩散的仿真统计结果

(a) LOS 下的时延和角度扩散

	$\bar{\tau}$ (ns)	σ_τ (ns)	下行		上行	
			$\bar{\theta}$ (°)	σ_θ (°)	$\bar{\theta}$ (°)	σ_θ (°)
			均值	2.16	9.83	4.99

(b) NLOS 下的时延和角度扩散

	$\bar{\tau}$ (ns)	σ_τ (ns)	下行		上行	
			$\bar{\theta}$ (°)	σ_θ (°)	$\bar{\theta}$ (°)	σ_θ (°)
			均值	34.1	37.3	24.0

表 2 为 LOS 和 NLOS 情况下的仿真结果对比,表中所示的“上行”和“下行”分别代表基站和移动台处的扩散情况.从表中各项扩散参数可以发现,由于基站天线的高度较移动台高,因此环境对信号的阻碍作用较弱,相应的角度扩散参数也较小.

2.3 LOS 和 NLOS 情况下到达角和接收角的累积概率分布

将所有处于 LOS(NLOS)情况下的接收点的所有接收路径进行统计分析可得特定传播环境下角度扩散的统计特性,累积概率定义如下:

$$P(\theta < \theta) = \frac{\text{到达(或接收)角度小于 } \theta \text{ 的所有路径的功率和}}{\text{所有路径的功率和}} \quad (4)$$

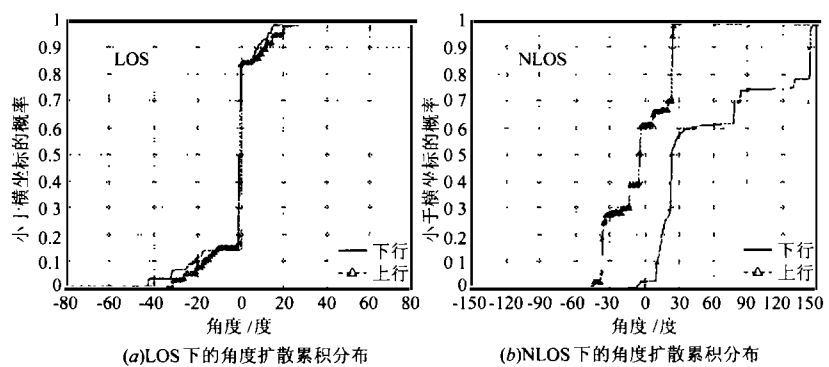


图 3 角度累积概率密度分布的比较

(约 90%)均集中在 20°的角度范围内.能量集中在这样一个有限的角度内,在进行定向接收时既可以保证有效地汇聚能量,又可以起到滤除干扰的目的.因此在这种情况下应用智能天线技术将对系统的性能有明显的改善.在 NLOS 情况下,角度扩散有所恶化.这样的结果一方面会影响 DOA(Direction Of Arrival)的估计;另一方面为了得到足够多的能量,天线的波瓣

应该相对较宽,这对抑制干扰信号是不利的。

另外上下行的角度扩散的结果出现了差异,尤其是在 NLOS 情况下。由于基站天线相对较高,所以上行角度扩散的 σ_θ 较小,这说明对于角度扩散特性来说发射和接收是不互易的。尽管下行的角度扩散比较严重,但其能量并非均匀分布。

值得一提的是在 NLOS 情况下,街道拐角对接收的影响很大。其原因是在微小区环境中,基站天线通常低于小区建筑物的平均高度,所以通过房檐到达移动台的信号需要两次或三次的绕射才能到达,而两次以上的绕射对于接收来说影响很小,可以忽略。因此,通过反射然后利用建筑物的侧棱产生的绕射信号,是 NLOS 下接收的主要信号。

4 结论

本文对微小区环境下的角度扩散特性进行了大量细致的仿真,得到了如下结论:

(1) 基站和移动台经历的角度扩散不一致,在 NLOS 情况下更为明显。

(2) LOS 的情况下,90% 的能量集中在 20° 的范围之内。

(3) NLOS 的情况下,移动台角度扩散比 LOS 下的严重,同时在基站天线低于周围建筑高度的情况下,建筑物的垂直侧棱对电波的绕射作用比建筑物房檐的作用要大。

参考文献:

- [1] Ertel R B, Cardieri P, Rappaport T S. Overview of spatial channel models for antenna array communication systems [J]. IEEE Personal Comm., 1998, Feb: 10 - 22.
- [2] Schaybach K R, Dacic N J IV, Rappaport T S. A ray tracing method for predicting path loss and delay spread in microcellular environment [A]. Proc. of IEEE VTC [C], 1992: 932 - 935.

- [3] Gong K, Xu R. Modeling of 3D in-building propagation effects by ray tracing technique [J]. 通信学报, 1995, 5.
- [4] Zhang Z J, Yun Z, Iskander M F. Ray tracing method for propagation models in wireless communication systems [J]. Electronics Letters, 2000, 36(5): 464 - 465.
- [5] Conde O M, Perez J, Catoda M F. Efficient ray-tracing techniques for three-dimensional analyses of propagation in mobile communications: application to picocell and microcell scenarios [J]. IEEE AP Magazine, 1998, 40(2): 15 - 28.
- [6] 王映洲, 李利军, 龚克. 毫米波室内传播特性的研究 [J]. 电子学报, 1999, 27(3): 89 - 93.
- [7] Xia H, Bertoni H L. Microcellular propagation characteristics for personal communications in urban and suburban [J]. IEEE Trans. Vehi. Tech., 1994, 43: 734 - 752.

作者简介:



孙继先 男, 1975 年 9 月出生于江苏怀阴, 1993 年 9 月进入清华大学电子工程系学习, 并于 1998 年 7 月获得工学学士学位。1998 年 9 月, 在清华大学微波与数字通信国家重点实验室攻读硕士学位, 现在主要从事射线跟踪算法和无线信道传播特性方面的研究。

魏庆新 男, 1974 年 2 月出生于广州, 1991 年 9 月进入清华大学电子工程系学习, 于 1996 年 7 月获得工学学士学位。1996 年 9 月在清华大学微波与数字通信国家重点实验室攻读博士学位, 主要从事无线信道特性预测方面的研究。