

An Improved COST231-WI Model

YANG Yihuai, XIE Yonggang

The Academy of telecommunication Engineering of Kunming University, Kunming City, China

e-mail: yyh0128@sina.com

Abstract: An extension model is proposed by combination of the statistical method with the COST231-WI radio model. It is assumed that the building height h_B , widths of roads w and the building separation b are not deterministic variable like those in theory propagation models, but a statistical variable. The performance of the model is studied by simulating probability density functions (PDF), cumulative distribution functions (CDF), level cross rate (LCR) and average fade duration (AFD). Finally, we emphasize the proposed model by the marginal communication probability and the rate of the valid service area.

Keywords: radio wave propagation; mobile communications; COST231-WI mode; Gaussian distribution

一种改进型 COST231-WI 模型

杨怡怀, 解永刚

昆明学院, 昆明, 中国

e-mail: yyh0128@sina.com

【摘 要】 COST231-WI 模型的不足之处主要表现在: 对影响路径损耗的主要三参数: 建筑物高度、街道宽度、建筑物之间的间隔视为一致, 不符合大多数实际环境的应用。改进的模型用统计的方法对三参数进行估计, 仿真了改进模型路径损耗的概率密度函数 (PDF)、累积分布函数 (CDF)、电平通过率 (LCR) 和衰落持续时间 (ADF), 并对边缘通信概率和有效服务区域的百分比进行了仿真计算。

【关键词】 电波传播; 移动通信; COST231-WI 模型; 高斯分布

1 引言

建立信道模型, 研究电波在信道中的传播特性, 对 3G 移动通信系统的网络规划, 移动通信系统的设计起着重要的指导作用。关于移动通信系统中电波传播路径损耗预测模型有许多^[1-4], 可用来预测不规则地区的路径损耗。但严格地讲, 各地的传播环境和条件不可能完全相同。将这些模型应用在其它区域, 具有一定的局限性。因此, 在人口密集的大城市环境中, 从统计意义上进行传播预测模型的研究, 并建立相关的数据资料以使其获得更为广泛的应用范围是一项具有重要意义的工作。

关于这项工作, Saunders 等^[5, 6]结合统计模型的精确性和物理模型易于使用的优点, 提出了卫星移动通信物理统计模型, 避免了诸如两状态或多状态模型状态间突变的缺点, 提供了一种连续电平预测的方法。这种模型仅需要简单的数据输入(例如: 建筑物高度的均值、方差), 对参数分布的预处理大大降低了运算量。

本课题得到昆明学院科学研究基金(项目编号: 2009G006)资助

本文在前人研究的基础上, 把统计的分析方法与 COST231-WI 模型相结合, 对建筑物高度进行统计分析, 从一阶、二阶特性上对改进的模型进行仿真, 并计算了改进模型的边缘通信概率和有效服务区域百分比, 提高了模型的实用性。

2 模型描述

2.1 COST-WI 模型

COST231-WI 模型^[7-9]是基于 Walfisch-Bertoni 模型和 Ikegami 模型得到的, 它广泛用于建筑物高度近似一致的郊区和城区环境。在使用高基站天线时模型采用理论的 Walfisch-Bertoni 模型计算多屏绕射损耗; 在使用低基站天线时采用测试数据。该模型也考虑了自由空间损耗、从建筑物顶到街面的损耗以及街道方向的影响。COST231-WI 模型适用的范围为: $800\text{MHz} \leq f \leq 2000\text{MHz}$, $0.02\text{km} \leq d \leq 5\text{km}$, $4\text{m} \leq h_r \leq 50\text{m}$ 。

COST231-WI 模型分视距传播 (LOS) 和非视距传播 (NLOS) 两种情况计算路径损耗。

对于视距 (LOS) 传播环境, 其路径损耗为:

$$L_{LOS} = 42.64 + 20 \lg f + 26 \lg d \quad (1)$$

式中, f 的单位为 MHz , d 的单位为 km 。

非视距 (NLOS) 环境的参数如图 1 所示:

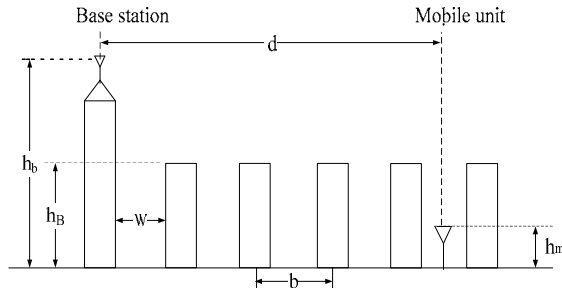


图 1. COST-WI 模型应用环境示意图

图中, h_b 为基站天线高出地面的高度, 单位为 m ($4 \sim 50 \text{ m}$); h_m 为移动台天线高度, 单位为 m ($1 \sim 3 \text{ m}$); h_B 为建筑物屋顶高度, 单位为 m ; $\Delta h_b = h_b - h_B$ 为基站天线高出建筑物屋顶的高度, 单位为 m ; $\Delta h_m = h_B - h_m$ 为移动台天线低于建筑物屋顶的高度, 单位为 m ; b 为建筑物间隔, 单位为 m ; w 为街道宽度, 单位为 m ; j 为街区轴线和发射机天线与接收机天线连线的夹角。

基于以上参数, 模型给出了各种情况下路径损耗的计算公式。

在视距传播的情况下, 有

$$L_{LOS} = 42.6 + 26 \lg d + 20 \lg f \quad (2)$$

式中, d 的单位为 km , f 的单位为 MHz 。

在非视距传播的情况下, 有

$$L_{NLOS} = \begin{cases} L_{fs} + L_{rts} + L_{msd} & (L_{rts} + L_{msd} \geq 0) \\ L_{fs} & (L_{rts} + L_{msd} \leq 0) \end{cases} \quad (3)$$

式中, L_{fs} 为自由空间路径损耗:

$$L_{fs} = 32.44 + 20 \lg f + 20 \lg r \quad (5)$$

式中, f 的单位为 MHz , r 的单位为 km ; L_{rts} 为从屋顶到街面的衍射和散射损耗; L_{msd} 为多遮蔽物衍射损耗。

L_{rts} 由式(5)给出:

$$L_{rts} = -16.9 - 10 \lg w + 10 \lg f + 20 \lg \Delta h_m + L_{ori} \quad (5)$$

L_{ori} 为定向损耗, 由式(6)给出

$$L_{ori} = \begin{cases} -10 + 0.354j & 0^\circ \leq j \leq 35^\circ \\ 2.5 + 0.075(j - 35^\circ) & 35^\circ \leq j \leq 55^\circ \\ 4.0 - 0.114(j - 55^\circ) & 55^\circ \leq j \leq 90^\circ \end{cases} \quad (6)$$

L_{msd} 由式(9)给出

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \lg d + k_f \lg f - 9 \lg b \quad (7)$$

式中

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \lg(1 + \Delta h_b) & \Delta h_b > 0 \\ 0 & \Delta h_b \leq 0 \end{cases} \quad (8)$$

式中

$$k_a = \begin{cases} 54 & \Delta h_b > 0 \\ 54 - 0.8 \Delta h_b & \Delta h_b \leq 0 \text{ 且 } d \geq 0.5 \\ 54 - 1.6 d \Delta h_b & \Delta h_b \leq 0 \text{ 且 } d < 0.5 \end{cases} \quad (9)$$

$$k_d = \begin{cases} 18 & \Delta h_b > 0 \\ 18 - 15 \frac{\Delta h_b}{h_B} & \Delta h_b \leq 0 \end{cases} \quad (10)$$

$$k_f = -4 + \begin{cases} 0.7 \left(\frac{f}{925} - 1 \right) & \text{中等城市和郊区} \\ 1.5 \left(\frac{f}{925} - 1 \right) & \text{大城市} \end{cases} \quad (11)$$

2.2 COST231-WI 模型中的参数估计

COST231 模型是一个统计模型, 而不是确定性模型。因为它仅插入一个代表特性的值, 并没有考虑以建筑物为基础的地形数据。该模型还被限制用于平坦市区地形。当然, 这样通常会产生增加预测误差的后果。在这种情况下, COST231 工作委员会建议的两种模型: COST231-Hata 模型和 COST231-WI 模型在统计意义上是等价的, 不过个别结果并不会相等。另外, 由于模型中的参数 h_b 、 b 、 w 、 j 并没有按照对微蜂窝小区有实际意义的方法来考虑, 因此对微蜂窝的预测误差可以是相当大的。

为使 COST231-WI 模型更准确地应用在下一代微蜂窝移动通信网络规划中, 本论文在大城市非视距环境, 并且考虑一般情况: 基站天线高出建筑物屋顶的高度 ($\Delta h_b > 0$), 移动台天线低于建筑物屋顶的高度

($\Delta h_m > 0$) 的情况下对模型中的参数 h_B 、 b 、 w 、 j 进行理论估计。

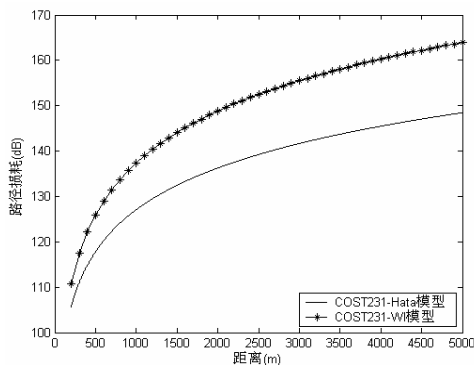


图 2. COST231-Hata 模型与 COST231-WI 模型的路径损耗

(1) 对建筑物高度 h_B 进行估计。假定存在一组建立在离散间隔 Δy 基础上, 高度为随机数的建筑物。 ΔH_B 为建筑物高度的变化范围, I 为 $\Delta H_B / \Delta y$ 的整数部分, I_n 是界于 0 和 I 之间的一系列随机整数 ($n=1,2,3,\dots$)。因此, 建筑物的高度可以表示为 $h_n = I_n \Delta y$ 。

(2) 对建筑物间隔 b 进行估计。把 h_B 视为随机变量用高斯分布来调校。之所以用高斯分布来进行统计, 是因为经过大量统计得出, 建筑物间隔本身呈现出了这种分布的特点。

(3) 对街道宽度 w 取默认值 $b/2$, 即街道宽度也服从高斯分布; 对街区轴线和发射机天线与接收机天线连线的夹角 j 取默认值为 90° 。

3 数值结果

城市特征参数 h_B 被视为服从均值和方差分别为 15 m 和 3 m 的高斯分布, 并假设移动台行驶速度为 $v = 20\text{ m/s}$ 。分别在收发天线间水平距离 d 为 1000 m 、 1500 m 、 2000 m 和 2500 m 四种情况下进行仿真, 研究基于统计的 COST231-WI 模型路径损耗 $L_B(\text{dB})$ 的一阶特性: 概率密度函数(PDF)和累积分布函数(CDF), 并使用上述相同的参数值, 且假设发射功率为 25 瓦 的情况下, 研究接收信号的二阶统计特性曲线: 电平通过率(LCR)和衰落持续时间(ADF)。其它参数如频率 f 取 1800 MHz 、移动台天线高度 h_m 为 1.5 m ; 基站天线高度为 30 m 。

利用统计的方法仿真计算 COST231-WI 模型的边缘通信概率和有效服务区域的百分比。其中, 城市特

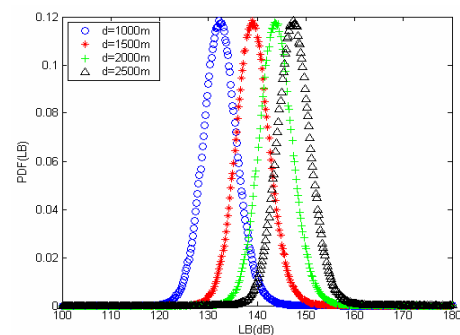


图 3. h_B 服从高斯分布时 L_B 的概率分布图

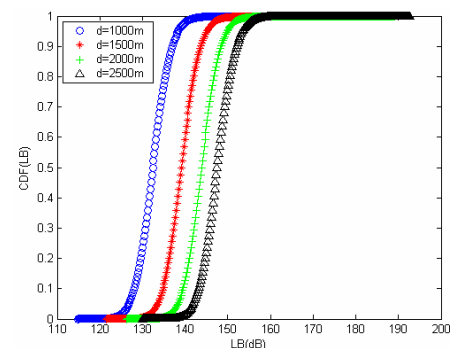


图 4. h_B 服从高斯分布时 L_B 的累积分布函数图

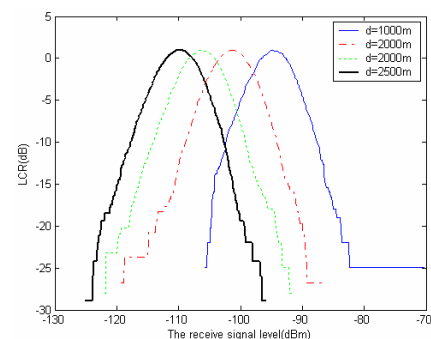


图 5. h_B 服从高斯分布时接收信号的 LCR

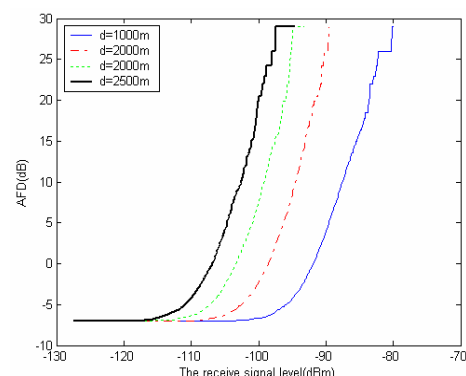


图 6. h_B 服从高斯分布时接收信号的 AFD

征参数 h_b 服从高斯分布、瑞利分布和对数正态分布，并假设基站的发射功率为 $25W$ ，手机在 50Ω 电阻上灵敏度为 $0.5 h_b mV$ ，发射天线和接收天线的增益均为 1，天线增益有效功率增加 $2dB$ 。

仿真结果显示：边缘通信概率都随着移动台到基站之间的水平距离 d 的增大而减小，覆盖半径约在 $8\sim 10 km$ 范围内。

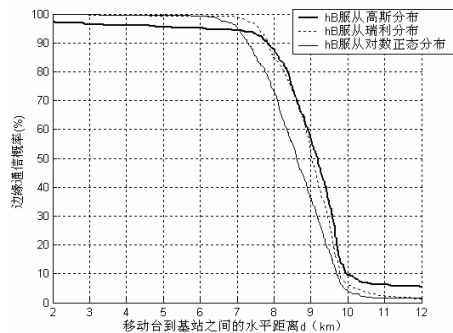


图 7. 边缘通信概率

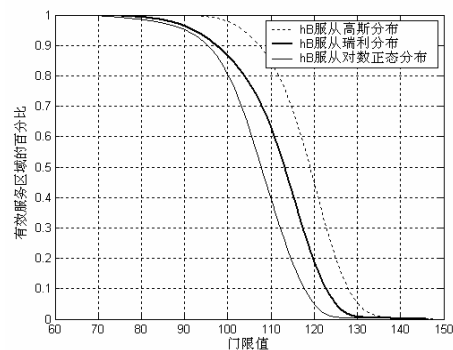


图 8. 有效服务区域百分比率

仿真结果显示：有效服务区域的百分比率都随着门限值的增大而减小。当门限值小于 70 时，有效服务区域百分比率趋于 100%，通信质量较好；当门限值大于 140 时，有效服务区域百分比率趋于零，通信几乎无法进行。

4 结论

本文利用物理统计的方法来处理 COST231-WI 模型，修正了现有模型建筑物高度一致、街道宽度一致等具有局限性的假设，对原 COST231-WI 模型有了进一步的改进。物理统计的方法可以应用于无法通过实测进行预测物理环境的情况，不同地区具有不同物理参数环境的预测，以及预测建造物高度 h_b 、建筑物间隔 b 以及街道宽度 w 等参数不相一致分布时的环境。值得注意的是：该方法可用于具有统计参数的不同模型中，因此具有重要意义的方法。

References (参考文献)

- [1] J.P. Rossi, A.J. Levy. A ray model for decimetric radiowave propagation in an urban area[J]. Radio Science, 1992,27(6): 971-979.
- [2] C. Oestges, d A. J. Paulraj. Physical model for broadband wireless channels[J]. Electron. Lett., 2001, 37(3): 1195-1197.
- [3] Chun. Loo. A Statistical Model for a Land Mobile Satellite Link[J]. IEEE Trans. Veh. Technol., 1985, 34(3): 275-281.
- [4] E. Lutz, D. Cygan, M. Dippold, F. Dolainsky, W. Papke. The land mobile satellite communication channel- Recording, statistics, and channel model[J]. IEEE Trans. Veh. Technol., 1991, 40(2): 375-386.
- [5] S.R. Saunders, B.G. Evans. A physical-statistical model for land mobile satellite propagation in built-up areas[J]. Proc. ICAP97 Edinburgh UK, 1997, 2: 44-2.47.
- [6] Cavdarih. A statistical approach to Bertoni-Walfisch Propagation Model for Mobile Radio Design in Urban Areas[J]. IEEE VTC 53rd., 2001, 1(3): 279-283.
- [7] European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research EURO-COST231, Urban Transmission LOSS Models for Mobile Radio in the 900 and 1800 MHz Bands, Revision 2, The Hague, September 1991.90-91.
- [8] Damosso, E., "Action COST 231: a commitment to the transition from GSM to UMTS," IEEE International Conference on Personal Wireless Communications, 18-19 Aug., 1994.
- [9] COST 231, "Urban transmission loss models for mobile radio in the 900- and 1,800 MHz bands (Revision 2)," COST 231 TD(90)119 Rev. 2, The Hague, The Netherlands, September 1991.
- [10] Dongya Shen, Yihuai Yang, et al. Physical-statistical Propagation Model on the Land Mobile Communications[C]. Proceedings of APMC2005, IEEE Press, Suzhou, China, Dec. 2005.
- [11] Dacheng Yang. The circumstances of mobile communication, Machinery Industry Publication[J], 2003, P74-91 (Ch). 杨大成等,《移动传播环境》,机械工业出版社,2003, P74-91.