

# 利用时间相关特性模拟移动衰落信道

张永生 李道本

(北京邮电大学 100088)

**摘要** 主要分析了移动衰落信道的时间相关特性,综合考虑了路径损耗、阴影慢衰落和瑞利快衰落的影响,建立了移动衰落信道的时变模型,并对其进行了计算机模拟。

**关键词** 移动衰落信道 路径损耗 阴影慢衰落 瑞利快衰落

## 引言

众所周知,移动信道是时变衰落信道。信号经过移动信道,不仅会产生幅度上的起伏,而且其相位也将随机改变。这种随机性的衰落将对移动通信系统的性能造成严重的恶化。在对移动通信系统的研究中,如何建立合理的信道模型,是一个非常重要的问题。本文首先对移动信道的时间相关特性进行讨论,并在此基础上,进行了计算机模拟。

## 1 移动信道的时间相关特性

信号经过移动信道,到达接收机前端,其功率电平可以表示为如下的三项乘积

$$P_r = P \times S \times R \quad (1)$$

其中,  $P$  表示路径损耗,  $S$  表示阴影慢衰落,  $R$  表示瑞利快衰落。

### 1.1 路径损耗

路径损耗是由于信号经过空间传播造成的,它与空间距离成正比。假定信号的发射功率为  $P_t$ , 距离为  $d$ , 则

$$P = \frac{P_t}{d^\alpha} \quad (2)$$

式中  $\alpha$  为  $2 \sim 5.5$  之间的常数,一般取为 4。

当考虑移动台沿径向移动时,距离  $d$  将会随时间变化,因而  $P$  是速度与时间的函数。

### 1.2 阴影慢衰落

信号在传播过程中遇到障碍物,将会产生阴影效应,使接收信号的幅度缓慢地变化,也称为慢衰落。这种衰落服从对数正态分布,则  $S_L = \ln S$  服从

正态分布。设  $S$  为归一化慢衰落功率,即  $S_L$  的均值为零,那么

$$f(S) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_s} \exp\left\{-\frac{\ln^2 S}{2\sigma_s^2}\right\} \quad (3)$$

式中  $\sigma_s$  为表示阴影衰落程度的方差,一般为 8dB。

根据 Gudmundson 的模型<sup>[1]</sup>,阴影慢衰落信号的时间相关函数为:

$$R_{S_L}(\tau) = \sigma_s^2 \exp(-V|\tau|/D_c) \quad (4)$$

式中  $V$  是移动台相对于基站的移动速度;  $D_c$  是阴影衰落的有效相关距离,在郊区为几百米,而在市区为十米左右。

### 1.3 瑞利快衰落

多径效应是移动衰落信道中最有特点的一种现象。经过不同传播路径的信号在接收点叠加在一起,使得接收信号的幅度与相位呈现较为快速的变化,通常称为瑞利快衰落。设第  $i$  条多径分支的接收信号为  $E^i(t)$ , ( $i = 1, 2, \dots, M$ ), 则可以将其描述为如下式的窄带高斯信号<sup>[2][3]</sup>

$$E^i(t) = X_c^i(t) \cos \omega_c t - X_s^i(t) \sin \omega_c t \quad (5)$$

其中,  $X_c^i(t)$ 、 $X_s^i(t)$  为零均值高斯随机变量,并且

$$\begin{cases} \langle X_c^i(t) X_c^i(t+\tau) \rangle = \langle X_s^i(t) X_s^i(t+\tau) \rangle = E_0 J_0(2\pi V\tau/\lambda) \\ \langle X_c^i(t) X_s^i(t+\tau) \rangle = \langle X_s^i(t) X_c^i(t+\tau) \rangle = 0 \end{cases} \quad (6)$$

式中  $J_0(x)$  为零阶 Bessel 函数,  $\lambda$  为波长,  $E_0 = \langle R_i \rangle$  为第  $i$  分支的平均功率,对  $M$  条多径分支而言,每条分支都是独立的瑞利衰落,并且有  $\sum_{i=1}^M \langle R_i \rangle = \langle R \rangle = 1$ 。当多径时延为等间隔时,可以认为各条分支的功率分配服从指数规律。

## 2 移动衰落信道的计算机模拟

综合考虑路径损耗、阴影慢衰落和多径快衰落の時变移动信道,可以采用如图 1 所示的方案进行计算机模拟。

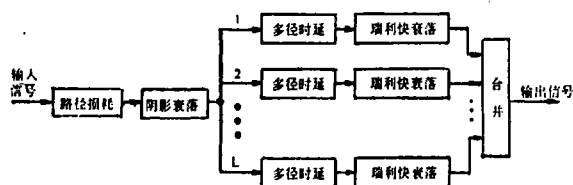


图 1 移动信道的计算机模拟

### 2.1 阴影慢衰落的模拟

根据式(3)与式(4),可以构造一阶 AR 模型来产生阴影慢衰落信号。设抽样时间间隔为  $T_s$ , 则

$$S_L(n) = bS_L(n-1) + w(n) \quad (7)$$

其中  $w(n)$  为零均值高斯白噪声, 且与  $S_L(n-1)$  不相关。令  $b = e^{-VT_s/D_c}$ , 当  $n$  充分大时, 序列趋于平稳, 即可得到满足所要求的时间相关特性的高斯随机过程。

### 2.2 瑞利快衰落的模拟

由式(6)可以得到第  $i$  条多径分支的瑞利谱为:

$$S_i(f) = \begin{cases} \frac{E_0}{\pi f_d} [1 - (f/f_d)^2]^{-1/2} & |f| \leq f_d \\ 0 & |f| > f_d \end{cases} \quad (8)$$

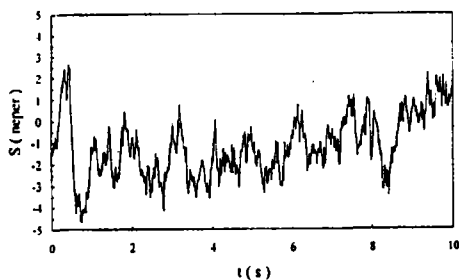


图 2(a) 阴影衰落的变化曲线

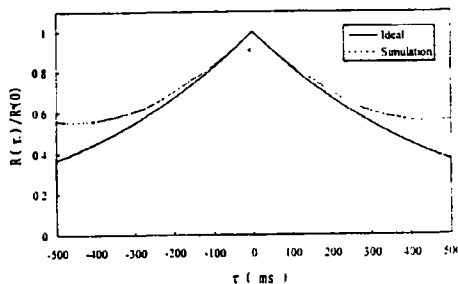


图 2(b) 阴影衰落的相关函数曲线

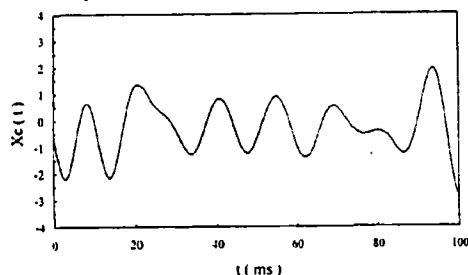


图 3(a) 瑞利衰落正交分量的变化曲线

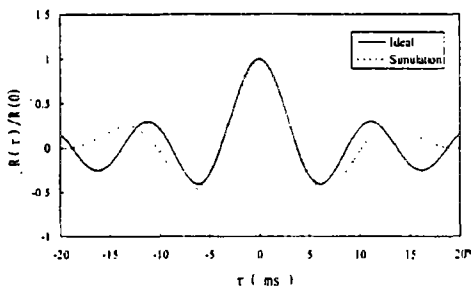


图 3(b) 瑞利衰落正交分量的相关函数曲线

式中  $f_d = V/\lambda$  为最大 Doppler 频移。

因为功率谱不是有理谱, 所以无法进行分解, 故首先采用直接求积分的方法计算成形滤波器的时域脉冲响应  $h(t)$ 。设成形谱为  $H(f)$ , 则  $H(f)H^*(f) = S_i(f)$ 。为保证  $h(t)$  为实数, 要求  $H(f)$  满足 Hermite 对称性,  $H(f) = H^*(-f)$ 。忽略相频特性, 假定  $H(f) = \sqrt{S_i(f)}$ , 得

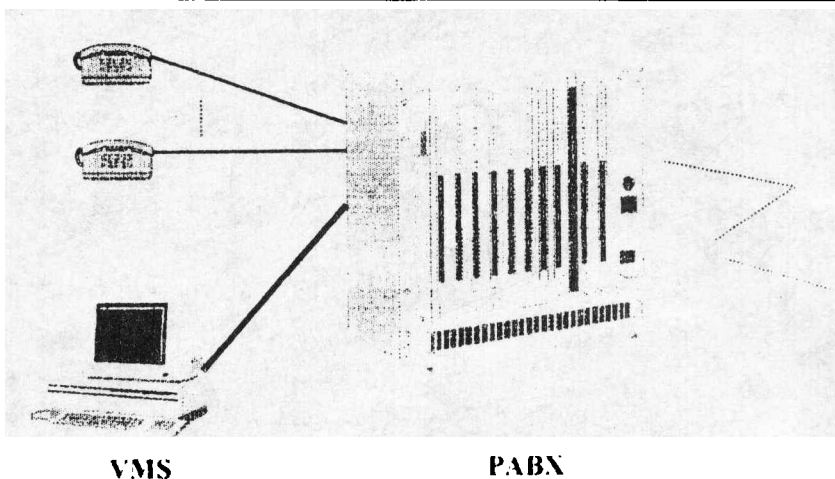
$$h(t) = \int_{-f_d}^{f_d} H(f) e^{j2\pi ft} df = \int_{-f_d}^{f_d} \sqrt{S_i(f)} \cos 2\pi ft df \quad (9)$$

然后利用卷积计算得到成形的高斯随机过程。每条多径分支需要产生两组数据 ( $X_c(t)$  与  $X_s(t)$ ), 因此  $M$  条多径分支共需要产生  $2M$  组数据。

## 3 计算机模拟结果

假定一组参数如下:  $V = 30 \text{ m/s}$ ,  $f = 1 \text{ GHz}$ ,  $\lambda = c/f = 0.3 \text{ m}$ ,  $f_d = V/\lambda = 100 \text{ Hz}$ ,  $T_s = 0.01 \text{ ms}$ 。按照上述方法进行计算机模拟。在图 2(a) 中, 绘出了阴影慢衰落的模拟结果, 在图 2(b) 中, 绘出了模拟结果的相关曲线与理论曲线的比较, 实线表示理论曲线, 虚线表示模拟曲线。在图 3(a) 中, 绘出了瑞利快衰落的模拟结果, 在图 3(b) 中, 绘出了模拟结果的相关曲线与理论曲线的比较, 实线表示理论曲线, 虚线表示模拟曲线。

(下转第 60 页)



外线主叫

附图 H20—20PABX 与 VMS 的连接

②一旦检测到留言端口摘机信号,交换机立即将被叫分机号码、状态是忙或是无人应答等信息以DTMF码向VMS自动发送过来,同时接通外线与VMS,不需要外线主叫再拨分机号或信箱号码,这给使用者带来方便。

③VMS接收到这些信息,即可作出判断,提示外线相应的信息,为外线提供留言等服务。

整个过程中,被叫分机状态由交换机判断,所以完全可靠。外线主叫得到的是一系列流畅的服务,中间没有停顿、阻塞和重复输入的情况。而且端口处理时间短,语音信箱本身的效率也将大大提高。相对上述连接方式来说,这种方式无疑要优越得多。

#### 4 交换机自配 VMS 方式

由于VMS日益为广大用户所接受并提出这种要求,很多交换机厂商已经将VMS作为交换机的一部分来实现,将时隙交换、语音提示等都做在交换

机总线的插板上,并配备相应的语音存储硬盘。由于在总线上交换各种信号,VMS与交换机无任何信令不通的问题。PABX自身带的VMS一般都没有实现语音信箱中信息台、FAX信箱等功能,与外配的VMS相比,在功能、容量、灵活性方面都要差一些。

#### 5 结束语

当前交换机的机型很多,目前多数程控交换机在需要时都是外配VMS。VMS与交换机的连接是一个双方配合的问题,VMS很多新功能的开发应用也是基于这个基础上的,如在星级宾馆中随客人的入住和结帐自动分配和删除信箱、实现小酒吧功能等。所以说能否充分发挥VMS的作用与程控交换机性能有密切关系。在现场安装调试时,双方的工作人员需紧密配合才能使整个系统运行可靠。

(上接第55页)

从图中可以看出,模拟结果与理论曲线相当吻合。由于取样点数的限制,使得在较大时间偏差时,模拟结果与理论曲线差别稍大。

#### 4 结束语

本文提出了一种对时变移动衰落信道进行模拟的方法,其依据是信道衰落的时间相关特性。利用此模型,可以对移动通信系统进行合理的模拟。

#### 参考文献

- 1 M. Gudmundson. Correlation Model for Shadow Fading in Mobile Radio System. Electron. Lett. Vol. 27 No. 23, 1991.11
- 2 William C. Y. Lee. Mobile Communication Engineering. McGraw-Hill Book Company, 1982
- 3 William C. Jakes. Microwave Mobile Communication. IEEE PRESS, 1974