**《无线信道建模与仿真》**

**实 验 指 导 书**

**（16学时）**

**2016-03**

目 录

[1. 陆地蜂窝移动通信系统的传播模型与仿真 3](#_Toc448588461)

[2. 无线信道的小尺度衰落仿真与建模 6](#_Toc448588462)

[3. MIMO信道的建模与仿真 9](#_Toc448588463)

[4. 卫星信道的建模与仿真 12](#_Toc448588464)

# 陆地蜂窝移动通信系统的传播模型与仿真

**一、实验目的：**

1. 掌握陆地蜂窝移动通信系统中Okumura-Hata模型的建模与仿真方法；
2. 掌握陆地蜂窝移动通信系统中阴影衰落的建模与仿真方法。

**二、实验内容：**

1. 按照Okumura-Hata模型的建模方法，以及给定的参数，具体的建模步骤用Matlab对模型进行仿真，并画出特定参数条件下的三维衰落分布图。
2. 按照阴影衰落的数学分布模型，用Matlab对其进行仿真，并画出特定参数条件下的二维衰落分布图。

**三、实验步骤**

1. Okumura-Hata模型
2. 确定Okumra-Hat模型的经验公式如下：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | |  | (1.1) | |  |

式中，*f*是载波频率；是发射天线有效高度；是接收天线有效高度；*d*是发射机与接收机之间的距离；是移动天线修正因子，其数值取决于环境。

1. 根据具体应用场景，对公式进行简化。在GSM系统中，取频率，式(1.1)可简化为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.2) |

对于中小城市有

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.3) |

对于大城市有

|  |  |
| --- | --- |
| () | (1.4) |
| () | (1.5) |

在郊区，Okumra-Hata经验公式修正为

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.6) |

在农村，Okumra-Hata经验公式修正为

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.7) |

图1.1显示了不同地区采用Okumra-Hata模型计算得到的不同路径损耗值。



图1.1 Okumra-Hata模型中不同地区的路径损耗

1. 根据天线的安装位置不同，确定穿透衰减分成：

表1.1 天线安装情况的不同对的修正

|  |  |
| --- | --- |
| 天线安装位置 | 修正值（dB） |
| 室内（非窗户旁） | -15 |
| 窗户旁 | -3 |
| 室外 | 0 |

1. 根据地形修正传输损耗：

表1.2 地形不同对的修正

|  |  |
| --- | --- |
| 地形 | 修正值（dB） |
| 丘陵地区 | 10 |
| 开阔区 | 25 |

1. 根据传播环境种类，确定余量储备修正：

表1.3 衰落类型不同对的修正

|  |  |
| --- | --- |
| 衰落类型 | 余量储备（dB） |
| 瑞利衰落 | 0~8 |
| 正态衰落 | 6 |

1. 根据上述参数和公式，用Matlab绘出Okumra-Hata模型在位置空间上的三维分布。
2. 阴影衰落的数学模型
3. 将阴影衰落确定为一个服从对数正态分布的随机变量：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.8) |

1. 确定上述公式中的参数。即：，和分别是是的均值和标准差。为路径损耗。
2. 根据上述参数和公式，用Matlab绘出阴影衰落在位置空间上的二维分布。

**四、实验思考题**

1、为什么Okumura-Hata模型适用于大区制移动系统，但是不适合覆盖距离不到1km的个人通信系统？

2、阴影衰落产生的原因是什么？

3、对路径损耗和阴影衰落进行建模仿真的工程意义是什么？

**五、实验注意事项**

1、 Okumura-Hata模型中公式内的参数要根据具体应用场景认真查表和计算获得。

2、 阴影衰落的相关性统计特性是与地理位置有关的。

3、 要注意衰落和路径损耗的单位，以及两者综合考虑时的计算式。

# 无线信道的小尺度衰落仿真与建模

**一、实验目的**

1. 理解瑞利衰落模型下信号包络的统计特性。
2. 掌握基于Jacks模拟器的多径衰落信道的建模和仿真方法。

**二、实验内容**

1. 根据Jacks模拟器建模方法，以及给定的参数，具体的建模步骤用Matlab对模型进行仿真，并画出特定参数条件下信号的包络和包络统计图。
2. 根据多径信道的功率延迟分布，确定各个径信号的平均功率和延迟，并统计它们各自的相关性，画出仿真图。

**三、实验步骤**

1. 理解Jacks模拟器的结构，其结构如下：



图2.1 由个低频振荡器组成的Jakes仿真器模型

1. 理解Jacks模拟器参数的定义方法。上图中

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1) |
|  | (2.2) |
|  | (2.3) |

式中

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.4) |
|  | (2.5) |
|  | (2.6) |
|  | (2.7) |

的选择是为了使相位在内近似为均匀分布。

1. 确定各个径的功率延迟分布：

功率延迟分布一般服从指数分布（如图2.1所示），即

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.8) |

式中，是常数，它是多径时延的平均值。



图2.2 功率延迟分布示意图

从图2.2中可以看出，这里假设了路径的功率随时延增加而减小（呈负指数规律）。可推导出平均附加时延：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.9) |

可计算rms时延扩展，即：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.10) |

平均附加时延和rms时延扩展都与平均值相等，且多径时延主要分布在的范围内。

1. 根据上述描述，对各个多径信号进行仿真，包括确定各个径的包络、时延、平均功率。对结果进行统计。

**四、实验思考题**

1、为什么小尺度衰落包络的模值服从瑞利分布？

2、多径效应产生的原因是什么？

3、对小尺度衰落进行建模仿真的工程意义是什么？

**五、实验注意事项**

1、 Jacks模拟器中公式内的参数要根据具体公式计算获得。

2、 多径衰落的仿真中要注意各个径的独立性。

3、 要注意多径衰落中各个径包络平均功率和延迟的对应关系。

# MIMO信道的建模与仿真

**一、实验目的**

1. 理解空间信道的仿真过程。
2. 掌握MIMO信道各个参数的定义方法。
3. 理解MIMO信道的各项统计特征。

**二、实验内容**

1. 根据空间信道的仿真过程，结合MIMO信道的各个参数定义方法，实现对MIMO信道的仿真和模拟。
2. 完成MIMO信道特征的统计。
3. 完成MIMO信道与SISO信道容量的仿真对比。

**三、实验步骤**

1. 确定空间信道仿真过程，其流程图如下：



图3.1 空间信道仿真过程图

1. 确定每径的空间参数

每一可分辨径都有独立的空间特性参数：角度扩展（AS，Azimuth Spread）、到达角度(AOA，Angle-of-Arrival)、离开角（AOD，Angle-of-Departure）、角度功率谱（PAS，Power-Azimuth-Spectrum），且假设所有可分辨径之间都假设是独立的。

1. 确定BS和MS的天线阵列结构

所搭建的信道模型应该支持各种天线结构。在MS侧，天线间距的参考值为0.5λ。在BS侧，天线间距的参考值为0.5λ，4λ和10λ。

1. 确定BS侧的空间参数
2. BS每径的角度扩展和到达角度

基站处每一径的角度扩展定义为基站接收径的角度的均方根(RMS，Root Mean Square)。3GPP对应于不同的到达角(AOA), 定义了两个角度扩展的取值：

* AS=2度，当AOA为50度
* AS=5度，当AOA为20度

1. BS每径的角度功率谱（PAS）

BS每径的角度功率谱定义为拉普拉斯分布。给定到达角度AOA的取值和角度扩展的均方根σ，基站的角度功率谱可以表示为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.1) |

式中，是基站天线的角度增益，与天线结构有关。的引入是为了保证功率归一化，所以

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2) |

1. 确定MS侧的空间参数
2. 移动台侧的天线方向图
3. 移动台侧的天线假设为全向天线，天线增益为-1dBi。
4. 确定MS侧每一径的角度扩展和到达角度
5. 角度扩展

角度扩展定义为移动台接收信号到达角的均方根。3GPP定义了两种角度扩展的取值。

* AS=104度，当PAS均匀分布在0－360度之间时；
* AS=35度，当PAS在某一到达角里服从为拉普拉斯分布。

1. 到达角度

每径的到达角度定义为入射功率的平均到达角和天线阵列最大增益方向的相对角度，如图3.2所示：



图3.2 空间到达角度示意图

针对于非均匀分布的角度功率谱(PAS)定义了三个到达角度的取值：

* AOA=-67.5度(对应于角度扩展的RMS值为35度的情况)
* AOA=+67.5度(对应于角度扩展的RMS值为35度的情况)
* AOA=+22.5度(对应于角度扩展的RMS值为35度，或者有直达路径分量)

1. 完成MIMO信道特征的统计，以及MIMO信道与SISO信道容量的仿真对比。

**四、实验思考题**

1. 矢量信道建模的研究主要包含了两大方面？
2. 时变矢量信道模型有什么特点？
3. 3GPP推荐的MIMO信道模型有什么特点？

**五、实验注意事项**

1. 需要指出的是，对链路级的结果进行性能比较时，应该注意角度扩展和到达角度参数，这是因为对于某些天线阵列，不同角度的天线增益是不同的。
2. 每径的多普勒频谱由发送角度和移动台处每径的PAS和AOA所确定，它决定了信道的时域衰落特性。根据参数定义。

# 卫星信道的建模与仿真

1. **实验目的**
2. 理解Ka频段卫星通信信道的传输特性。
3. 理解Ka频段卫星通信信道统计模型的特性。
4. **实验内容：**
5. 根据ITU推荐的总衰落值计算方法，以及不同天气条件下各个参数的定义，对Ka频段卫星通信信道的传输特性进行模拟仿真。
6. 根据定义好的Ka频段卫星通信信道统计模型，对模型进行仿真。
7. 绘出仿真图形并对结果进行分析。
8. **实验步骤**
9. 在包括了雨、水蒸气、云雾、氧和闪烁带来的各种额外衰减后，卫星通信中的自由空间传播公式应该作如下修正，即

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.1) |

式中和分别表示接收和发送载波平均功率，为载波频率，为卫星至地球站终端的距离，为真空中的光速，和分别为接收和发射天线的有效面积，为链路总衰减，为系统不可用率。

1. 上式中，根据ITU-R建议，总衰落值用下式进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2) |

1. 雨衰由于降雨而引起的信号衰落是Ka频段卫星通信所经受的最严重的传播损耗。雨衰是载波频率和系统可行性的函数。在大仰角情况下，!0可用下式表示［.］

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.3) |

式中为载波频率，，，和是系统可行性的函数。在仰角较小时（例如小于10度），可用下述转换公式进行换算得到

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.4) |

式中为地球站仰角，为参考仰角。

1. 大气吸收主要是氧气和水蒸汽吸收损耗。其中氧气的吸收损耗与温度和气压有关。ITU-R给出了倾斜路径下氧气吸收损耗的表达式：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.5) |

式中表示氧气损耗系数，为干燥空气的有效高度，为仰角。

1. 水蒸汽的吸收损耗主要与温度有关。ITU-R给出了相应的水蒸汽吸收损耗表达式：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.6) |

式表示水蒸汽损耗系数，为水蒸汽的有效高度，为仰角。测量数据表明：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.7) |

1. 云雾衰落在Ka频段上，沿着传播路径的云雾将使信号受到衰落，该衰落量的大小与液体水的含量及温度有关。ITU-R给出的云雾衰落表达式为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.8) |

式中为云雾厚度，和分别为水的介电常数的实部和虚部，为载波频率，为仰角。

1. 大气层闪烁由于大气层折射率的时变性引起的衰落，它将使传输信号幅度和相位迅速波动。
2. Ka频段固定卫星通信信道统计模型，如下图所示，在此模型中，用表示信道乘性干扰矢量，表示加性白高斯噪声。



图4.1 Ka频段固定卫星通信信道统计模型

1. 绘出仿真图形并对结果进行分析。

**四、实验思考题**

1、为什么天气因素会对Ka频段卫星通信信道的传输特性有影响？

2、与较低频率的C频段和Ku频段相比，Ka频段的卫星通信具有哪些优势和劣势？

3、为什么Ka频段卫星通信信道总衰落可以认为是非频率选择性衰落？

**五、实验注意事项**

1、 总衰落值计算方法中的各个参数要根据不同天气条件下具体公式计算获得。

2、 Ka频段的信道衰落随时间变化非常缓慢，信道衰落过程至少在一个符号间隔内可以看作为一个常数。

3、 要注意陆地蜂窝移动通信系统的信道模型与卫星信道模型的区别。