**东南大学**

**《协作通信与网络》**

**实验报告**

**论文题目： 三种路径损耗模型路径损耗与**

**距离的关系**

**姓 名 学号： 61516328 朱鹏程 61516231 魏帅鹏**

**04216744 强科**

**学院名称： 信息科学与工程学院、吴健雄学院**

**2018年10月**

## 一、实验目的

实验工具：Matlab R2017b

实验目的：了解三种路径损耗模型中路径损耗与距离的关系，熟练操作matlab软件

## 二、实验要求

1、根据公式(1.2)、（1.3）及（1.5）给出的数学表达式编写程序，得到需要的关系曲线。

2、列出上机的调试程序。

3、进行实验结果的分析和讨论。

4、简述实验心得体会及其他。

## 三、实验内容

（一）自由空间传播模型

1.实验原理

自由空间传播模型用于预测视距(Line-of-sight，LOS)环境（发射机和接收机之间没有障碍物）中接收信号的强度。卫星通信系统中经常采用这个模型。令d表示发射机和接收机之间的距离（单位：m）。当使用各向异性的天线时，发射天线的增益为Gt，接收天线的增益为Gr，则距离为d的接收信号功率Pr(d)，可以由著名的Friis公式[1]表示为

 （1.1）

其中，Pt为发射功率（单位：W）, 为发射波长（单位：m），L为传播环境无关的系统损耗系数。系统损耗系数表示实际硬件系统中的总体衰减或损耗，包括传输线、滤波器和天线。总的来说，L>1，但是如果假设系统硬件没有损耗，则L=1。从式（1.1）可以明细看到接收功率随距离d呈指数规律衰减。对于没有任何系统损耗的自由空间路径损耗PLF(d)，可以在式（1.1）中取L=1直接得到，即

 （1.2）

没有天线增益（即Gt=Gr=1）时，式（1.2）简化为

 （1.3）

与前面提到的自由空间路径损耗一样，在所有其他的实际环境中，平均接收信号功率随距离d呈对数方式减小。通过引入随着环境而改变的路径损耗指数n，可以修正自由空间路径损耗模型，从而构造出一个更为普遍的路径衰落模型。这就是所熟知的对数距离路径损耗模型：

 （1.4）

其中，d0是一个参考距离。在参考距离或者接近参考距离的位置，路径损耗具有式（1.2）中自由空间损耗的特点。如表1.1所示，路径损耗指数主要由传播环境决定，其变化范围为2~6，其中n=2对应用自由空间的情况。此外，当障碍物很多时，n会增大。对于不同的传播环境必须确定合适的参考距离d0。例如，在大覆盖范围的蜂窝系统（即半径大于10km的蜂窝系统）中，通常会设置d0为1km。然而，对于小区半径为1km的宏峰窝系统或者具有极小半径的微蜂窝系统，可以分别设置参考距离为100m或1m[2]。

表1.1 路径损耗指数[3]

|  |  |
| --- | --- |
| 环境 | 路径损耗指数（n） |
| 自由空间 | 2 |
| 市区蜂窝 | 2.7~3.5 |
| 市区蜂窝阴影 | 3~5 |
| 建筑物内视距传输 | 1.6~1.8 |
| 建筑物内障碍物阻挡 | 4~6 |
| 工厂内障碍物阻挡 | 2~3 |

由于周围环境会随着接收机的实际位置不同而改变，即使发射机到接收机之间的距离相同，每条路径也将具有不同的路径损耗。然而，上述提到的所有路径损耗模型并没有将这种特殊情况考虑在内。因此涉及更加真实的环境时，对数正态阴影模型将更为实用。令表示均值为0，标准差为的高斯随机变量。对数正态阴影衰落模型为

 （1.5）

换句话说，该模型允许在相同距离d处的接收机具有不同的路径损耗，并且随着随机阴影变化量而变化。

文献：

[1] Friis, H.T. A note on a simple transmission formula. Proc.IRE,1946,34(5):254-256.

[2] Lee, W.C.Y. Mobile Communications Engineering. McGraw Hill, New York,1985.

[3] Rappaport, T.S. Wireless Communications: Principles and Practice 2/E. Prentice Hall,2001.

2.实验程序

Matlab调试程序：

程序1.1“plot\_PL\_general.m”,绘制不同的路径损耗模型

%Guilu Wu

%National Mobile Communications Research Laboratory \* Southeast University

%2018.10.11

%plot\_PL\_general.m

clear all

clf

clc

fc=1.5e9;

d0=100;

sigma=3;

distance=[1:2:31].^2;

Gt=[1 1 0.5];

Gr=[1 0.5 0.5];

Exp=[2 3 6];

for k=1:3

y\_Free(k,:)=PL\_free(fc,distance,Gt(k),Gr(k));

y\_logdist(k,:)=PL\_logdist\_or\_norm(fc,distance,d0,Exp(k));

y\_lognorm(k,:)=PL\_logdist\_or\_norm(fc,distance,d0,Exp(1),sigma);

end

%subplot(131)

figure(1)

semilogx(distance,y\_Free(1,:),'k-o',distance,y\_Free(2,:),'k-^',distance,y\_Free(3,:),'k-s')

grid on,axis([1 1000 40 110])

title(['Free PL-loss Model,f\_c=',num2str(fc/1e6),'MHz'])

xlabel('Distance[m]'),ylabel('Path loss[dB]')

legend('G\_t=1,G\_r=1','G\_t=1,G\_r=0.5','G\_t=0.5,G\_r=0.5')

hold on

%subplot(132)

figure(2)

semilogx(distance,y\_logdist(1,:),'k-o',distance,y\_logdist(2,:),'k-^',distance,y\_logdist(3,:),'k-s')

grid on,axis([1 1000 40 110])

title(['Log-distance Path-loss Model,f\_c=',num2str(fc/1e6),'MHz'])

xlabel('Distance[m]'),ylabel('Path loss[dB]')

legend('n=2','n=3','n=6')

hold on

%subplot(133)

figure(3)

semilogx(distance,y\_lognorm(1,:),'k-o',distance,y\_lognorm(2,:),'k-^',distance,y\_lognorm(3,:),'k-s')

grid on,axis([1 1000 40 110])

title(['Log-normal Path-loss Model,f\_c=',num2str(fc/1e6),'MHz,','\sigma=',num2str(sigma),'dB'])

xlabel('Distance[m]'),ylabel('Path loss[dB]')

legend('path 1','path 2','path 3')

程序1.2 “PL\_free”，自由空间的路径损耗模型

function PL=PL\_free(fc,dist,Gt,Gr)

%自由空间路径损耗模型

%输入

% fc：载波频率[Hz]

% dist：基站和移动台之间的距离[m]

% Gt：发射机天线增益

% Gr：接收机天线增益

%输出

% PL：路径损耗[dB]

lamda=3e8/fc;

tmp=lamda./(4\*pi\*dist);

if nargin>2,tmp=tmp\*sqrt(Gt);end

if nargin>3,tmp=tmp\*sqrt(Gr);end

PL=-20\*log10(tmp);%Ê½(1.2)/(1.3)

程序1.3 “PL\_logdist\_or\_norm”，对数距离/正态阴影路径损耗模型

function PL=PL\_logdist\_or\_norm(fc,d,d0,n,sigma)

%对数距离或对数阴影路径损耗模型

%输入

% fc：载波频率[Hz]

% d：基站和移动台之间的距离[m]

% d0：参考距离[m]

% n：路径损耗指数

% sigma：方差[dB]

%输出

% PL：路径损耗[dB]

lamda=3e8/fc;

PL=-20\*log10(lamda/(4\*pi\*d0))+10\*n\*log10(d/d0);%Ê½(1.4)

if nargin>4

PL=PL+sigma\*randn(size(d));%Ê½(1.5)

end

## 3.实验结果



图1.1自由空间路径损耗模型



图1.2 对数距离路径损耗模型



图1.3 对数正态阴影路径损耗模型

4.实验总结

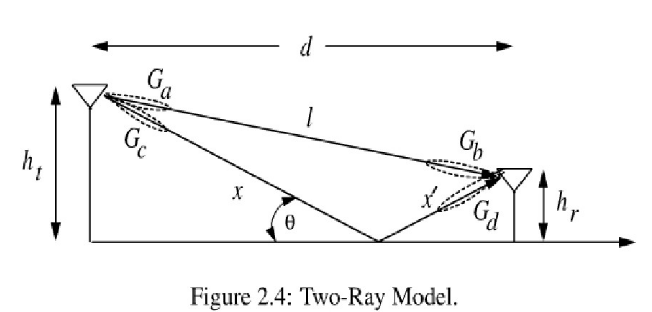
图1.1显示了在不同天线增益的情况下，自由空间的路径损耗随距离而变化的曲线图，其中载波频率fc=1.5GHz。很明显，天线增益减小时，路径损耗增加。

图1.2所示为式（1.4）在载波频率fc=1.5GHz的对数距离路径损耗。从图中可以清楚地看到，路径损耗随着路径损耗指数n的增大而增大。

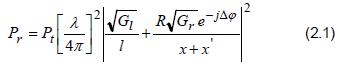
图1.3所示为服从对数正态阴影模型的路径损耗，其中fc=1.5GHz，=3dB，n=2。从图中可以清楚地看到，在确定性地对数路径损耗模型上叠加了阴影产生地随机效应。

（二）两径损耗模型

1.实验原理



1. 根据两径模型中，窄带信号的接收功率公式为：



其中，Δϕ**=** 2π (x + x' - l) /l 是直射信号和反射信号的相位差。d表示收发天线的水平距离，ht 表示发送天线高度，hr 表示接收天线高度。由几何关系有下式：



当Δϕ **=**π时，可近似得到临界距离为dc **=** 4ht\*hr /l 。

1. 实验程序

设置两径模型的参数为f **=** 900MHz、R**=**-1、ht **=**50m、hr **=**2m，Gl **=**1，对不同的接收天线增益Gr值，Gr **=**1，Gr **=**0.3、Gr =0.1、Gr =0.01时，画出d=1m到100km内分贝接收功率和对数距离的关系曲线。计算出临界距离dc = 4ht\*hr /l ，并标注在关系曲线中。将图的起点归一化为0dB。

Matlab调试程序：

%PengCheng Zhu

%SEU

%2018-10-22

%twoway

clear all

clc

Clf

f=900000000;

c=300000000; %光速

r=c/f; %波长

R=-1;

ht=50; %发送天线高度

hr=2; %接收天线高度

Gl=1;

%Gr=[1, 0.3, 0.1, 0.01];

Pt=0; %发送功率 自定义为0dB

d=[1:0.5:100000]; %收发天线的水平距离

x = sqrt( (ht + hr)^2 + d.^2 ); %x+x'

l = sqrt( (ht - hr)^2 + d.^2 );

a=2\*pi\*(x-l)/r; %直射信号和反射信号的相位差

dc=4\*ht\*hr/r

Gr=1; %画出Gr=1时，d=1m到100km内分贝接收功率和对数距离的关系

Pr1 = Pt + 20\*log10(r/(4\*pi)) + 20\*log10( abs( sqrt(Gl)./l + R\*sqrt(Gr)\*exp(-1i.\*a)./x ) );

plot(log10(d), Pr1-Pr1(1), 'r' )

grid on;

hold on;

Gr=0.3; %画出Gr=0.3时，d=1m到100km内分贝接收功率和对数距离的关系

Pr2 = Pt + 20\*log10(r/(4\*pi)) + 20\*log10( abs( sqrt(Gl)./l + R\*sqrt(Gr)\*exp(-1i\*a)./x ) );

plot(log10(d),Pr2-Pr2(1) , 'g')

hold on;

Gr=0.1; %画出Gr=0.1时，d=1m到100km内分贝接收功率和对数距离的关系

Pr3 = Pt + 20\*log10(r/(4\*pi)) + 20\*log10( abs( sqrt(Gl)./l + R\*sqrt(Gr)\*exp(-1i\*a)./x ) );

plot(log10(d),Pr3-Pr3(1) , 'b')

hold on;

Gr=0.01; %画出Gr=0.01时，d=1m到100km内分贝接收功率和对数距离的关系

Pr4 = Pt + 20\*log10(r/(4\*pi)) + 20\*log10( abs( sqrt(Gl)./l + R\*sqrt(Gr)\*exp(-1i\*a)./x ) );

plot(log10(d),Pr4-Pr4(1) , 'y')

plot([log10(dc) log10(dc)],[-100 40], '--b')

legend('Gr=1', 'Gr=0.3', 'Gr=0.1', 'Gr=0.01', 'dc')

xlabel('log10(d)');

ylabel('接收功率logPr ,dB,');

title('两径模型，接收信号功率');

1. 实验结果



4.实验总结

本实验研究两径模型中天线间的斜线距离保持不变，以及发射天线增益不变的情况下，研究对于不同接收天线的增益时，所对应的功率与距离的关系。

曲线可分为三段:当距离较小,d<ht,时，两个路径分量正向相加，接收功率随距离缓慢增加，此时发送端与接收端的距离为l,当ht<d<dc时，两路信号的干涉形成了一系列极大极小值，此时称之为小尺度衰落或多径衰落,曲线在临界距离dc处达到最后一个极大值，此时信号功率随距离下降，这是因为d>dc时，两个路径上信号分量的相位差大约为π，只存在反向叠加。三段折线模型中，第一段功率恒定并正比于1/ht2，对于第二段，每10倍距离功率下降20dB，对于第三段，每10倍距离功率下降40dB。

（三）一般路径损耗模型

1.实验原理

路径损耗的定义：



其中，为发射机功率，为接收机功率

用分贝来表示，即：



自由空间传播模型中接收信号强度的表达式：



d是发射机和接收机之间的地理距离，是参考距离；是一个与天线增益和平均信道衰减相关的常数，一般从参考距离处接受功率的经验平均获得；是路径损耗指数。

综合两公式可得：



即

1. 实验程序

%PengCheng Zhu

%Southeast University

%2018.10.30

%plot\_PL\_general.m

clear all

clf

clc

distance=[1:2:31].^2;

d0=100;

k=1,a=1;

PL1=10\*a\*log10(distance/d0)-k;

plot(distance, PL1-PL1(1), 'r' )

grid on;

hold on;

k=1,a=2;

PL2=10\*a\*log10(distance/d0)-k;

plot(distance, PL2-PL2(2), 'y' )

grid on;

hold on;

k=2,a=1;

PL3=10\*a\*log10(distance/d0)-k;

plot(distance, PL3-PL3(3), 'b' )

grid on;

hold on;

k=2,a=2;

PL4=10\*a\*log10(distance/d0)-k;

plot(distance, PL4-PL4(4), 'g' )

legend('k=1,a=1', 'k=1,a=2', 'k=2,a=1', 'k=2,a=2')

title(['一般路径损耗模型'])

xlabel('Distance[m]'),ylabel('Path loss[dB]')

3.实验结果（一般路径损耗模型）



1. 实验总结

在一般路径损耗模型中，路径损耗与距离成对数关系，随着k和a的增加，路径损耗变得更多。

通过这次仿真实验，我们理解了三种路径损耗模型的原理，也能够更加熟练的使用MATLAB这个工具。