

东南大学

《协作通信与网络》

实验报告

论文题目： 一般路径损耗模型路径损耗与距离的关系

姓 名： 季雅惠&邓雨薇

学 号： 61516216&61516405

专业班级： 615162&615164

学院名称： 吴健雄学院

2018 年 10 月

一、实验目的

实验工具：MATLAB R2015b



实验目的：①了解一般路径损耗模型中路径损耗与距离的关系

②熟练操作 MATLAB 软件

二、实验要求

1. 根据公式(1)(3)(4) 给出的数学表达式编写程序，并上机调试程序，得到需要的关系曲线。
2. 进行实验结果的分析讨论。
3. 简述实验心得体会及其他。

三、实验内容

1. 实验原理

路径损耗模型I——自由空间路径损耗模型

$$PL_F(d)[dB] = 10 \log_{10} \left(\frac{(4\pi)^2 d^2}{G_t G_r \lambda^2} \right) \quad (1)$$

式中， PL_F 表示自由空间路径损耗(单位：dB)， d 为发射机和接收机之间的距离(单位：m)， λ 为发射波长(单位：m)， G_t 为发射天线增益， G_r 为接收天线增益。

当没有天线增益时，即 $G_t = G_r = 1$ ，式(1)可简化为

$$PL_F(d)[dB] = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad (2)$$

路径损耗模型II——对数距离路径损耗模型

$$PL_{LD}(d)[dB] = PL_F(d_0) + 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad (3)$$

式中， PL_{LD} 表示对数距离路径损耗(单位：dB)， d_0 为一个参考距离(单位：m)，

表示在参考距离或者接近参考距离的位置，路径损耗具有式(1)中自由空间损耗的特点。对不同传播环境必须确定合适的参考距离 d_0 ，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 d_0 为1km；对于小区半径为1km的宏蜂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[1]。 n 为路径损耗指数，主要由传播环境决定，变化范围为2~6，其中 $n = 2$ 对应于自由空间的情况，表 1 给出了不同传播环境中 n 的取值，且当障碍物增多时， n 的值会变大。

表 1 路径损耗指数取值[2]

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

路径损耗模型III——对数正态阴影衰落路径损耗模型

$$PL_{LN}(d)[dB] = PL_{LD}(d) + X_{\sigma} = PL_F(d_0) + 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_{\sigma} \quad (4)$$

式中， PL_{LN} 表示对数正态阴影衰落路径损耗(单位：dB)， X_{σ} 为阴影随机变量，服从均值为 0，标准差为 σ 的高斯分布。

参考文献

[1] Lee, William C. Y. *Mobile Communications Engineering: Theory and Applications*. McGraw-Hill, 1982.

[2] Rappaport, and Theodore. "Wireless Communications: Principles and Practice." 8.1(2002):33-8.

2. 实验程序

程序 1 “plot_PL_general.m”, 绘制不同的路径损耗模型

```
%plot_PL_general.m
%coded via Yahui Ji, adapted from Dr. Wu
%Chien-Shiung Wu College, Southeast University
%2018.10.30
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
clear all
clf
clc
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%参数设定
fc=1.5e9; %电磁波频率为1500MHz
d0=100; %参考距离为100m
sigma=3; %阴影随机变量标准差为3
distance=[1:2:31].^2; %仿真距离
Gt=[1 1 0.5]; %发射天线增益
Gr=[1 0.5 0.5]; %接受天线增益
Exp=[2 3 6]; %路径损耗指数
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%主程序
for k=1:3
    y_free(k,:)=PL_free(fc,distance,Gt(k),Gr(k)); %自由空间路径损耗 随 发射接收天线
    增益 的变化
    y_logdist(k,:)=PL_logdist_or_norm(fc,distance,d0,Exp(k)); %对数距离路径损耗 随
    路径损耗指数 的变化
    y_lognorm(k,:)=PL_logdist_or_norm(fc,distance,d0,Exp(1),sigma); %对数正态阴影衰
    落路径损耗 随 不同阴影随机变量取值 的变化
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%画图
figure(1)
semilogplot = semilogx(...
distance,y_free(1,:),'.-',...
distance,y_free(2,:),'.-',...
distance,y_free(3,:),'.-',...
'LineWidth',1.0, 'MarkerSize',7);
set(semilogplot(1),'Color',[61, 89, 171]/256); %蓝色
set(semilogplot(2),'Color',[0.850980401039124,0.325490206480026,0.0980392172932625]);
%橙色
set(semilogplot(3),'Color',[0.929411768913269,0.694117665290833,0.125490203499794]);
%黄色
grid on;
```

```

strLegend = {'$G_t=1$, $G_r=1$', ...
'$G_t=1$, $G_r=0.5$', ...
'$G_t=0.5$, $G_r=0.5$'};
legend_handle = legend(strLegend);
set(legend_handle, 'Interpreter', 'latex')
title(['Free Path-loss Model, {\itf_c}= ', num2str(fc/1e6), 'MHz'])
xlabel('Distance [m]'); ylabel('Path-loss [dB]');
hold on

figure(2)
semilogx(...
distance, y_logdist(1, :), '.-', ...
distance, y_logdist(2, :), '.-', ...
distance, y_logdist(3, :), '.-', ...
'LineWidth', 1.0, 'MarkerSize', 7);
set(semilogx(1), 'Color', [61, 89, 171]/256); %蓝色
set(semilogx(2), 'Color', [0.850980401039124, 0.325490206480026, 0.0980392172932625]);
%橙色
set(semilogx(3), 'Color', [0.929411768913269, 0.694117665290833, 0.125490203499794]);
%黄色
grid on;
strLegend = {'$n=2$', ...
'$n=3$', ...
'$n=6$'};
legend_handle = legend(strLegend);
set(legend_handle, 'Interpreter', 'latex')
title(['Log-distance Path-loss Model, {\itf_c}= ', num2str(fc/1e6), 'MHz'])
xlabel('Distance [m]'); ylabel('Path-loss [dB]');
hold on

figure(3)
semilogx(...
distance, y_lognorm(1, :), '.-', ...
distance, y_lognorm(2, :), '.-', ...
distance, y_lognorm(3, :), '.-', ...
distance, y_logdist(1, :), '.-', ...
'LineWidth', 1.0, 'MarkerSize', 7);
set(semilogx(1), 'Color', [61, 89, 171]/256); %蓝色
set(semilogx(2), 'Color', [0.850980401039124, 0.325490206480026, 0.0980392172932625]);
%橙色
set(semilogx(3), 'Color', [0.929411768913269, 0.694117665290833, 0.125490203499794]);
%黄色
set(semilogx(4), 'Color', [0 0 0]); %黑色
grid on;

```

```

strLegend = {'path$1$',...
'path$2$',...
'path$3$',...
'no shadow random variable'};
legend_handle = legend(strLegend);
set(legend_handle,'Interpreter','latex')
title(['Log-normal Path-loss
Model, {\itf_c}=', num2str(fc/1e6), 'MHz, \sigma=', num2str(sigma), 'dB'])
xlabel('Distance [m]'); ylabel('Path-loss [dB]');
hold on
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

程序 2 “PL_free”，自由空间的路径损耗模型

```

%open source from Dr. Wu
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);%式(1.2)/(1.3)

```

程序 3 “PL_logdist_or_norm”，对数距离/正态阴影路径损耗模型

```

%open source from Dr. Wu
function PL=PL_logdist_or_norm(fc,d,d0,n,sigma)
%对数距离或对数阴影衰落路径损耗模型
%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);%式(1.4)
if nargin>4
    PL=PL+sigma*randn(size(d));%式(1.5)
end

```

四、实验结果及分析

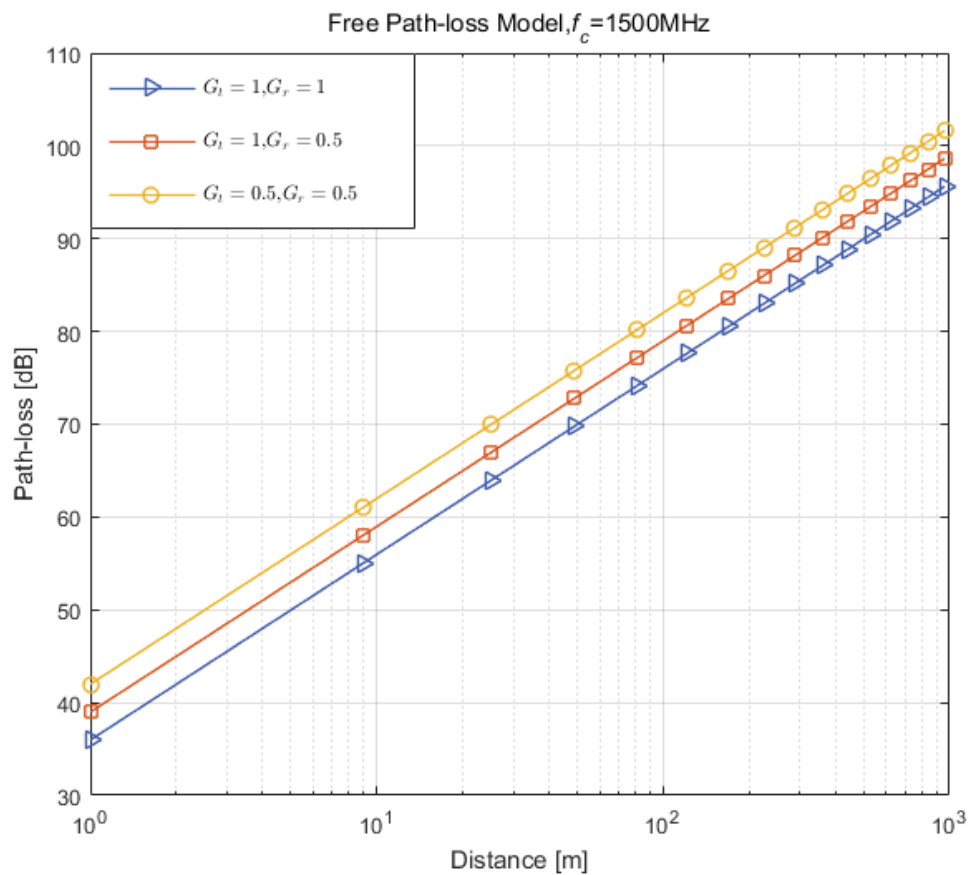


图 1 自由空间路径损耗模型

结果分析: 图 1 显示了自由空间的路径损耗随距离变化的曲线,可以看出路径损耗[dB]与距离的对数呈线性关系,且两端天线增益越小,路径损耗越大。

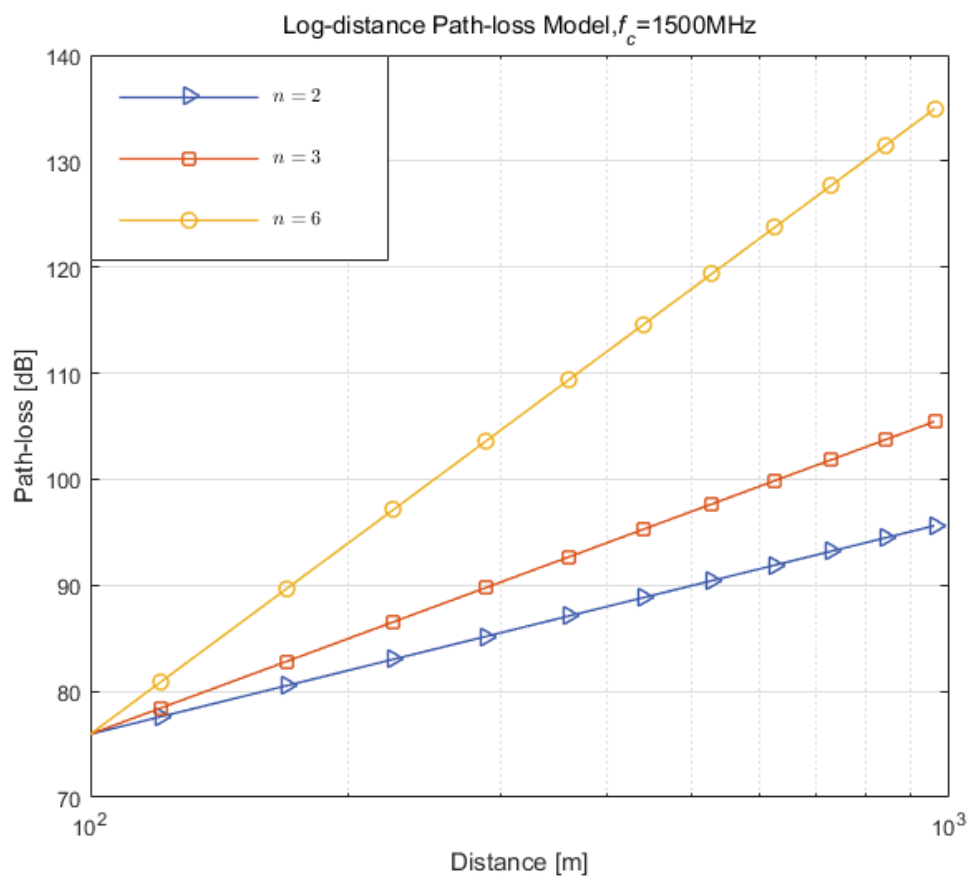


图 2 对数距离路径损耗模型

结果分析：图 2 显示了对数距离路径损耗随路径损耗指数变化的曲线，注意此时距离应大于参考距离 d_0 才有意义，可以看出，路径损耗随路径损耗指数的增大而增大。

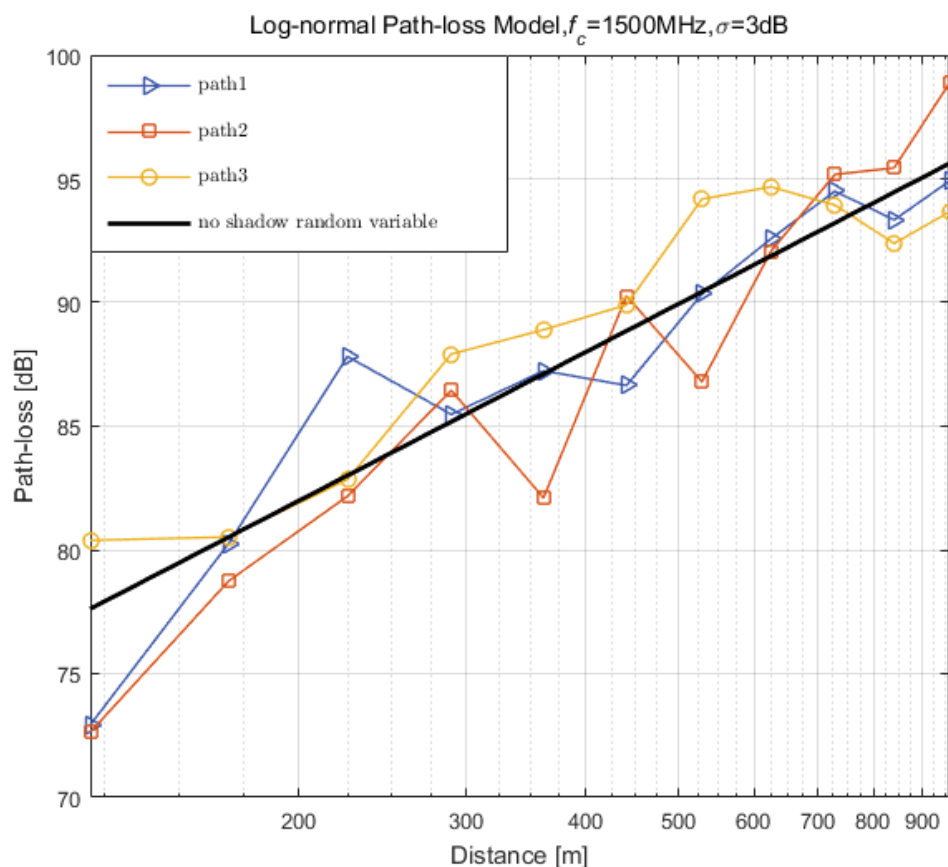


图 3 对数正态阴影衰落路径损耗模型

结果分析: 图 3 显示了对数正态阴影衰落路径损耗, 同样此时距离应大于参考距离 d_0 才有意义, 可以看出, 正态阴影衰落在确定性的对数距离路径损耗上叠加了随机效应。

五、实验总结

1. 通过本次实验, 我们掌握了三种常用的路径损耗模型及其编程表示, 对电磁波在空间传播时的路径损耗有了深入的认识。
2. 重新回顾 MATLAB 的使用, 包括编写代码、绘制图像、修改图像、存储图像 (.fig 与 .bmp 格式)。
3. 跟武博士学习了一些很好的编程习惯, 如为 .m 文件添加代码编写信息(编程者, 所在单位, 日期, 改编自或开源自), 合理地给代码添加必要的注释等。