**东南大学**

**《协作通信与网络》**

**实验报告**

**论文题目：协作通信放大转发模式的BER的仿真实验**

**姓 名 ： 邓雨薇**

**学 号 ： 61516405**

**专业班级： 4班**

**学院名称： 吴健雄学院**

**2018年10月**

## 一、实验目的

实验工具：MATLAB

实验目的： 探究放大转发模式下的误比特率，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。

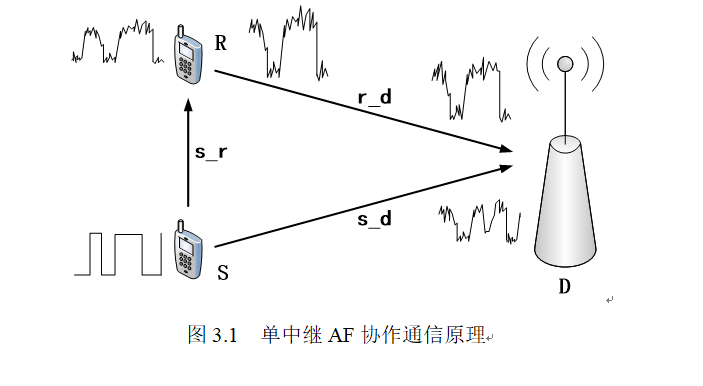
4、简述实验心得体会及其他。

## 三、实验内容

1、实验原理

无线通信系统利用协作传输技术，在接收节点通过合并来自多条独立衰落信道的数据样本，可以有效地抵抗信道衰落的影响，获取分集增益，提高系统的传输可靠性。目前，已经有许多协作传输协议被相继提出。其中，从协作中继节点的转发方式上区分，主要有两大类：放大转发（Amplify-and-Forward，AF）和译码重传（Decode-and-Forward，DF）。在此基础上，对这两类协作传输协议进行优化，提出了具有协作中继节点选择能力的协作传输协议、采用有效编码技术（空时编码、协作编码等）的协作传输协议以及增加有限反馈（增量中继等）的协作传输协议。本文旨在验证协作通信理论对系统性能的改善，故仅对最基础的AF与DF模式进行分析、仿真，对于其他协作协议，不作深入讨论。

放大转发模式（Amplify-and-Forward，AF），有文献中也称为前向放大、非再生中继。在AF协议下，中继采用模拟处理，不对接收的信号进行解调和解码，而是直接对接收到的带有噪声的信号进行放大，然后发送给接收端。图3.1所示为单中继AF协议的原理及其基本过程。



AF模式是最简单的一种中继方式，相比于直传方式，AF协作通信总能带来一定的信噪比增益，但是由于中继节点除了转发源节点的有用信息外，引入的噪声也同样被放大转发，因此，当源节点与中继节点之间的链路信道条件较差时，信号几乎淹没在噪声之中，因而转发的大部分为噪声，从而会降低目的节点的接收性能。

1．源端广播过程

源节点S以广播的方式向周围发送信号（在程序中表示为x\_s），其中一路直接发送到目的节点D，一路发送到中继节点R。经过信道后，则

中继节点R接收到的信号为（程序中表示为y\_sr）：

式(3-1-1)

目的节点D接收到的信号为（程序中表示为y\_sd）：

式(3-1-2)

其中，源发送的信号的功率为，为源节点与中继节点间信道噪声。

2．中继端放大转发过程

中继节点R直接将收到的来自源节点S的信号以系数*β*进行功率放大，然后转发给目的节点D（基站）。AF方式可以看成是具有两个发射端的重复码，唯一不同的是中继节点将自身接收到的噪声信号也放大并发送到目的节点。目的节点通过合并两路信号，对源节点的发送信号进行估计。

为保证中继节点功率受限，放大系数*β*应满足：

式(3-1-3)

可见*β*取决于信道的衰落系数、源发送的信号的功率和噪声功率。

那么，中继放大后的信号为（程序中表示为x\_AF）：

式(3-1-4)

目的节点接收的来自中继的信号为（程序中表示为y\_rd）：

式(3-1-5)

其中为中继节点发送的信号的功率。

3．目的端接收处理

目的节点将接收到的来自源节点的直传信号和来自中继节点的信号，按照MRC方案进行合并，得到信号*y*（程序中表示为y\_combine\_AF）：

式(3-1-6)

其中*、*分别为目的节点接收到的来自源、来自中继的信号的加权系数，为：

式(3-1-7)

式(3-1-8)

式中，和分别为协作情况下源节点和中继节点的发送功率，*、*和分别为源节点与目的节点、源节点与中继节点、中继节点与目的节点之间的瑞利衰落信道系数的复共轭，为噪声功率。

2、实验代码

clear all;%%Çå³ýÁËËùÓÐµÄ±äÁ¿£¬°üÀ¨È«¾Ö±äÁ¿global

datestr(now)%Éú³ÉÖ¸¶¨¸ñÊ½µÄÈÕÆÚºÍÊ±¼ä£¬now´ú±íµ±Ç°ÈÕÆÚ

%% original definition

MIN\_SNR\_dB = 0;

MAX\_SNR\_dB = 14;

INTERVAL = 0.5; % SNR interval

POW\_DIV = 1/2; % Power division factor,with cooperation, in order to guarantee a certain power of the total,

% respectively, the Source using the 1/2 of the power to send signals to the Relay and Destination

POW = 1; % without cooperation,Source send signals directly to the Restination with full power

Monte\_MAX=10^1; % the times of Monte Carlo,Limited to the computer configuration level, select the number to 10

%% (Signal Source) Generate a random binary data stream

M = 2; % number of symbols

N = 10000; % number of bits

x = randint(1,N,M); % Random binary data stream %²úÉúÒ»¸ö1\*NµÄ¾ØÕó£¬¾ØÕóÖÐÔªËØÈ¡Öµ·¶Î§Îª[0,(M-1)]

%% Modulate using bpsk

h = modem.pskmod(2);%²úÉú2pskµ÷ÖÆÆ÷

x\_s=modulate(h,x);%µ÷ÖÆ²úÉúÔ´ÐÅºÅ

%x\_s = modulate(modem.pskmod(M),x); % The signal 'x\_s' after bpsk modulation

%% Rayleigh Fading / Assumed to cross reference channel %²ÉÓÃºã²ÎµÄÈðÀûË¥ÂäÐÅµÀ£¬¼´Ò»´ÎÍ¨ÐÅ¹ý³ÌÖÐ£¬Ë¥ÂäÏµÊý±íÏÖÎªÒ»ºã¶¨¸´ÊýÐÎÊ½

H\_sd = RayleighCH( 1 ); % between Source and Destination

H\_sr = RayleighCH( 1 ); % between Source and Relay station

H\_rd = RayleighCH( 1 ); % between Relay station and Destination

%% In different SNR in dB

snrcount = 0;

for SNR\_dB=MIN\_SNR\_dB:INTERVAL:MAX\_SNR\_dB

snrcount = snrcount+1; % count for different BER under SNR\_dB

err\_num\_SD = 0; % Used to count the error bit

err\_num\_AF = 0;

err\_num\_DF = 0;

for tries=0:Monte\_MAX

sig = 10^(SNR\_dB/10); % SNR, said non-dB

POW\_S = POW\_DIV; % Signal power

POW\_N = POW\_S / sig; % Noise power

% 'x\_s' is transmitted from Source to Relay and Destination

% AWGN:ÔÚÄ³Ò»ÐÅºÅÖÐ¼ÓÈë¸ßË¹ÔëÉù

y\_sd = awgn( sqrt(POW\_DIV)\*H\_sd \* x\_s, SNR\_dB, 'measured'); % Destination received the signal 'y\_sd' from Source %'measured'±íÊ¾²â¶¨ÐÅºÅÇ¿¶È

y\_sr = awgn( sqrt(POW\_DIV)\*H\_sr \* x\_s, SNR\_dB, 'measured'); % Relay received the signal 'y\_sr' from Source

%y = awgn(x,SNR,SIGPOWER) Èç¹ûSIGPOWERÊÇÊýÖµ£¬ÔòÆä´ú±íÒÔdBWÎªµ¥Î»µÄÐÅºÅÇ¿¶È£»Èç¹ûSIGPOWERÎª'measured'£¬Ôòº¯Êý½«ÔÚ¼ÓÈëÔëÉùÖ®Ç°²â¶¨ÐÅºÅÇ¿¶È¡£

%01:Without Cooperation,Source node transmit the signal to Destination node directly

y\_SD = demodulate(modem.pskdemod(M),H\_sd'\*y\_sd);

err\_num\_SD = err\_num\_SD + Act\_ber(x,y\_SD); % wrong number of bits without Cooperation

%02:With Fixed Amplify-and-Forward relaying protocol

% beta: amplification factor

% x\_AF: Relaytransmit the AF signal 'x\_AF'

[beta,x\_AF] = AF(H\_sr,POW\_S,POW\_N,y\_sr);

y\_rd = awgn( sqrt(POW\_S)\*H\_rd \* x\_AF, SNR\_dB, 'measured'); % Destination received the signal 'y\_rd' from Relay

y\_combine\_AF = Mrc( H\_sd,H\_sr,H\_rd,beta,POW\_S,POW\_N,POW\_S,POW\_N,y\_sd,y\_rd); % MRC

y\_AF = demodulate(modem.pskdemod(M),y\_combine\_AF); % After demodulate, Destinationthe gains the signal 'y\_AF'

err\_num\_AF = err\_num\_AF + Act\_ber(x,y\_AF); % wrong number of bits with AF

%03:With Fixed Decode-and-Forward relaying protocol

x\_DF = DF(M,y\_sr,x);

y\_rd = awgn( sqrt(POW\_DIV)\*H\_rd \* x\_DF, SNR\_dB, 'measured');

y\_combine\_DF = Mrc( H\_sd,H\_rd,POW\_S,POW\_N,POW\_S,POW\_N,y\_sd,y\_rd);

y\_DF = demodulate(modem.pskdemod(M),y\_combine\_DF);

err\_num\_DF = err\_num\_DF + Act\_ber(x,y\_DF); % wrong number of bits with DF

end;% for tries=0:Monte\_MAX

% Calculated the actual BER for each SNR %Í¨¹ýÍ³¼ÆÃÉÌØ¿¨ÂÞµÄÎóÂëÊý£¬ÓëÈ«²¿±ÈÌØÊýÄ¿×÷¶Ô±È

ber\_SD(snrcount) = err\_num\_SD/(N\*Monte\_MAX);

ber\_AF(snrcount) = err\_num\_AF/(N\*Monte\_MAX);

ber\_DF(snrcount) = err\_num\_DF/(N\*Monte\_MAX);

% Calculated the theoretical BER for each SNR %µ÷ÓÃ×Ô¶¨Òåº¯ÊýµÃµ½

theo\_ber\_SD(snrcount) = Theo\_ber(SNR\_dB);

theo\_ber\_AF(snrcount) = Theo\_ber(H\_sd,H\_sr,H\_rd,POW\_S,POW\_N,POW\_S,POW\_N);

theo\_ber\_DF(snrcount) = Theo\_ber(H\_sd,H\_rd,POW\_S,POW\_N,POW\_S,POW\_N);

end; % for SNR\_dB=MIN\_SNR\_dB:INTERVAL:MAX\_SNR\_dB

%% draw BER curves

SNR\_dB = MIN\_SNR\_dB:INTERVAL:MAX\_SNR\_dB;

disp('theo\_ber\_SD=');disp(theo\_ber\_SD);%disp ¿ØÖÆÏÔÊ¾º¯Êý

disp('theo\_ber\_AF=');disp(theo\_ber\_AF);

disp('theo\_ber\_DF=');disp(theo\_ber\_DF);

figure(1) % the actual BER of Direct and AF,DF

semilogy(SNR\_dB,ber\_SD,'r-o',SNR\_dB,ber\_AF,'g-+');%semilogxÓÃ°ë¶ÔÊý×ø±ê»æÍ¼,xÖáÊÇlog10£¬yÊÇÏßÐÔµÄ£»semilogyÓÃ°ë¶ÔÊý×ø±ê»æÍ¼,yÖáÊÇlog10£¬xÊÇÏßÐÔµÄ

legend('Direct','AF');

grid on; %Ôö¼ÓÍø¸ñ

ylabel('The AVERAGE BER');

xlabel('SNR(dB)');

title('the actual BER of Direct and Direct AF');

axis([MIN\_SNR\_dB,MAX\_SNR\_dB,10^(-5),1]);

figure(2) % the theoretical BER of AF and DF

semilogy(SNR\_dB,theo\_ber\_SD,'r-o',SNR\_dB,theo\_ber\_AF,'g-+');

legend('Direct','AF');

grid on;

ylabel('The AVERAGE BER');

xlabel('SNR(dB)');

title('the theoretical BER of Direct AF');

axis([MIN\_SNR\_dB,MAX\_SNR\_dB,10^(-5),1]);

figure(3) % the actual / theoretical BER of AF and DF

%subplot(2,1,1)

semilogy(SNR\_dB,theo\_ber\_AF,'r-o',SNR\_dB,ber\_AF,'b-\*');

legend('theoretical BER','actual BER');

grid on;

ylabel('The AVERAGE BER');

xlabel('SNR(dB)');

title('the actual / theoretical BER of AF');

axis([MIN\_SNR\_dB,MAX\_SNR\_dB,10^(-5),1]);

D:\郭昌伟毕设\郭昌伟的毕业设计\论文中的插图\图4.2.1 AF策略流程图.emf

## 四、实验结果

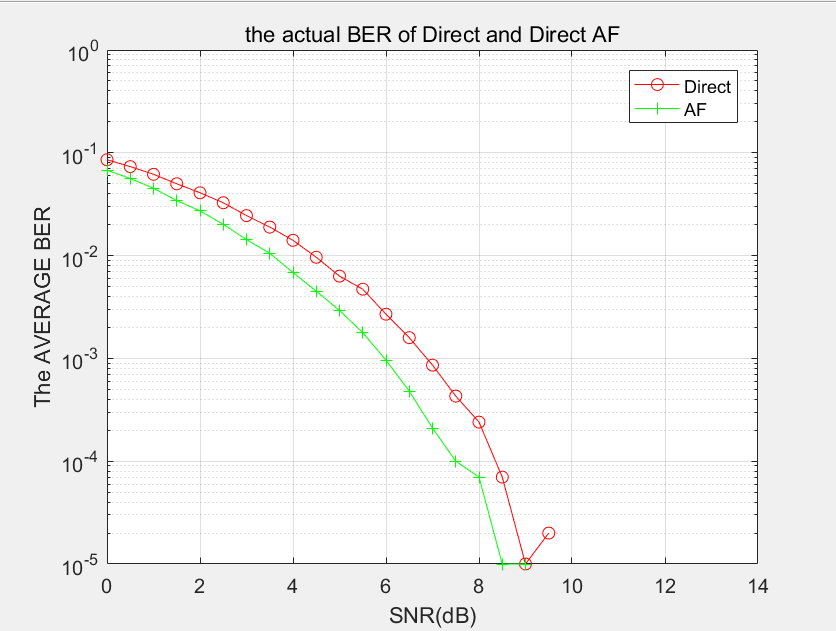


图1- 非协作系统与AF实际误码率曲线

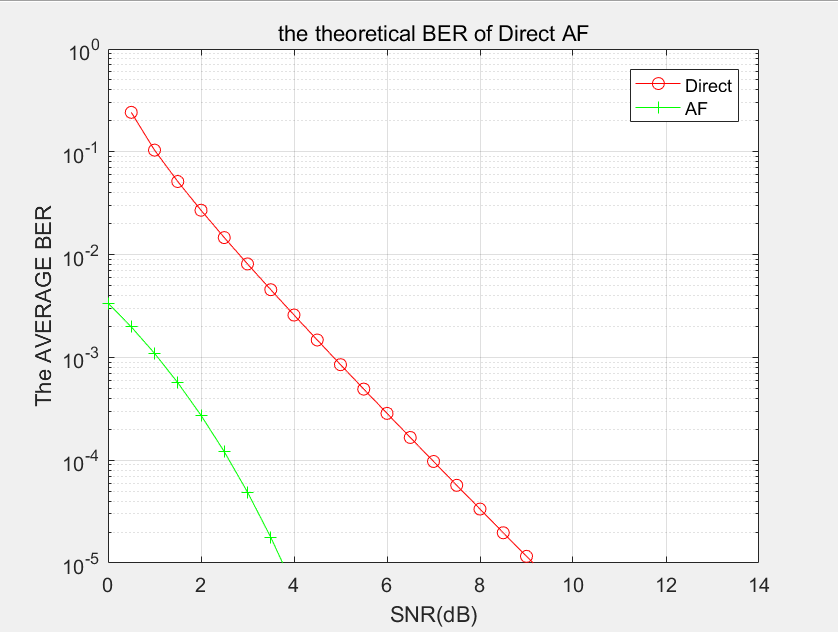


图2-非协作系统与AF的理论误码率曲线

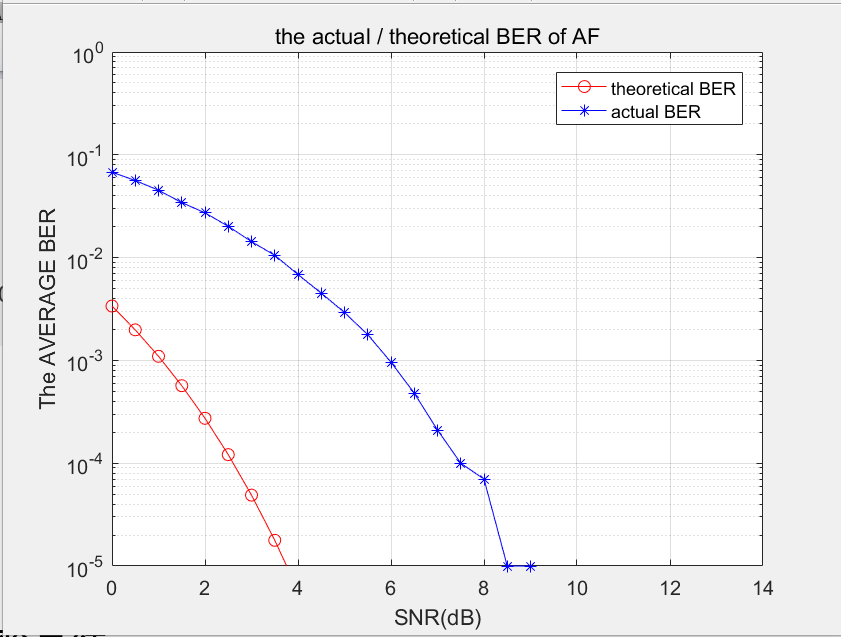


图3-AF理论/实际误码率曲线比较

## 五、实验总结

图1和图2分别是源与中继间信道状态较好的情况下的非协作系统与AF实际误码率曲线和理论误码率曲线图，图3是此时AF的实际与理论误码率比较图。图3是在源与中继间信道状态较差的非协作系统与AF的实际误码率曲线。从三张图片我们可以看出采用AF中继的协作通信系统，其误码率明显低于非协作系统。并且，在一定范围内，随着信噪比的提升，协作中继对系统性能的提升越明显，但是，当信噪比达到一定程度后，这种优势将不复存在。分集增益即误码率的斜率，相比于非协作系统，AF中继能够获得一定的分集增益。

通过本次实验，对于非协作系统以及AF、DF和MATLAB的使用都有了更加深刻的领悟，获益匪浅。