协作通信实验

孟珺琪 04016603

**一．实验要求**

（1）本项题目旨在研究多中继环境下采用固定中继的协作系统在采用不同中继结构时的系统性能增益，分析BER及分集增益并通过仿真验证理论分析的正确性。

（2） 使用MATLAB工具建立搭建采用不同中继协议下的固定中继通信系统（可以采用简单的调制方式），通过信号发射与接收来验证中继选择的性能。

二．实验原理

### 1.AF模式基本原理及性能

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。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。

### 2.单中继AF协作通信过程

A.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(1-1-1)

目的节点D接收到的信号为（程序中表示为y\_sd）：

式(1-1-2)

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。

B.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(1-1-3)

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(1-1-4)

目的节点接收的来自中继的信号为（程序中表示为y\_rd）：

式(1-1-5)

其中为中继节点发送的信号的功率。

C.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(1-1-6)

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(1-1-7)

式(1-1-8)

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。

3.理论误码率性能

假定所传输的信号功率归一化，采用MRC合并方式，则此单中继模型下的AF协作通信系统的理论信噪比为：

其中，对于AF模式：

和

对于BPSK系统，当发送“1”符号和发送“0”符号概率相等时，最佳判决门限b\*=0，则系统的总误码率为：

式(1-3-6)

其中，为符号“0”被判为符号“1”的概率。

在大信噪比（）条件下，式(3-3-4)可近似表示为：

式(1-3-7)

可见，AF协作通信系统通过中继产生分集，其信噪比大于非协作通信系统信噪比（），因而其误码率得以降低。

1. 实验内容

POW\_DIV = 1/2;

POW = 1;

Monte\_MAX=10^1;

x = randi(1,10000,2);

h = modem.pskmod(2);

x\_s=modulate(h,x);

h\_sr = randn(1,1)+1i\*randn(1,1);

h\_rd = randn(1,1)+1i\*randn(1,1);

h\_sd = randn(1,1)+1i\*randn(1,1);

snrcount = 0;

for SNR\_dB=0:30

snrcount = snrcount+1;

err\_num\_AF = 0;

for tries=0:Monte\_MAX

sig = 10^(SNR\_dB/10);

POW\_S = POW\_DIV;

POW\_N = POW\_S / sig;

y\_sr = awgn( h\_sr\*(POW\_S)\*x\_s, SNR\_dB, 'measured');

y\_sd = awgn( h\_sd\*(POW\_S)\*x\_s, SNR\_dB, 'measured');

beta = sqrt( POW\_S/(POW\_S\*(h\_sr)^2 + POW\_N) );

y\_af = beta\*y\_sr;

y\_rd = awgn( h\_rd\*(POW\_S^0.5)\*y\_af, SNR\_dB, 'measured'); y\_combine\_AF = Mrc( h\_sd,h\_sr,h\_rd,beta,POW\_S1,POW\_N1,POW\_S2,POW\_N2,y\_sd,y\_rd);

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

err\_num\_AF = err\_num\_AF + Act\_ber(x,y\_AF);

end;

ber\_AF(snrcount) = err\_num\_AF/(1000\*Monte\_MAX);

theo\_ber\_AF(snrcount) = Theo\_ber(H\_sd,H\_sr,H\_rd,POW\_S1,POW\_N1,POW\_S2,POW\_N2);

end;

SNR\_dB = 0:0.5:30;

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

figure(1);

semilogy(SNR\_dB,theo\_AF,'green',SNR\_dB,ber\_AF,'blue');

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

grid on;

ylabel('The AVERAGE BER');

xlabel('SNR(dB)');

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

axis([0,30,10^(-5),1]);

function signal\_combine = Mrc( varargin )

CH\_sd = varargin{1};

CH\_sr = varargin{2};

CH\_rd = varargin{3};

beta = varargin{4};

POW\_S\_sd = varargin{5};

POW\_N\_sd = varargin{6};

POW\_S\_rd = varargin{7};

POW\_N\_rd = varargin{8};

signal\_sd = varargin{9};

signal\_rd = varargin{10};

a\_sd = CH\_sd' \* (POW\_S\_sd)^0.5 / POW\_N\_sd;

a\_rd = (beta \* (POW\_S\_rd)^0.5 \* CH\_sr' \* CH\_rd') / ( (beta^2\*(abs(CH\_rd))^2+1) \* POW\_N\_rd );

signal\_combine = a\_sd\*signal\_sd + a\_rd\*signal\_rd;

function number\_of\_errbits = Act\_ber(signal\_x,signal\_y)

[number,ratio] = biterr(signal\_x,signal\_y);

number\_of\_errbits = number;

function theoretical\_BER = Theo\_ber( varargin )

gamma\_sd = SNR\_SD;

gamma\_rd = 0;

CH\_sd = varargin{1};

CH\_sr = varargin{2};

CH\_rd = varargin{3};

POW\_S\_sd = varargin{4};

POW\_N\_sd = varargin{5};

POW\_S\_rd = varargin{6};

POW\_N\_rd = varargin{7};

gamma\_sd = ( POW\_S\_sd \* (abs(CH\_sd))^2 ) / POW\_N\_sd;

gamma\_rd=（（POW\_S\_rd)^2 \* (abs(CH\_sr))^2 \* (abs(CH\_rd))^2）/(POW\_S\_rd\*(abs(CH\_sr))^2+ POW\_S\_rd\*(abs(CH\_rd))^2+POW\_N\_rd ) \* POW\_N\_rd);

gamma = gamma\_sd + gamma\_rd;

theoretical\_BER = 1 / ( 2 \* (pi\*gamma)^0.5 \* exp(gamma) );

图是源与中继间信道状态较好情况下的非协作系统与AF的实际误码率曲线和理论误码率曲线，图采用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。

