

گزارش 7 آزمایشگاه مخابرات دیجیتال

دانشگاه خلیج فارس

نام: محمد صالح رایانی شماره دانشجویی: 990291614

هدف: شبیه‌سازی رابطه‌ی نرخ خطای سمبل‌ و SNRدر مدولاسیون FSK

نرخ خطای سمبل‌ (*SER*) معیاری است که برای ارزیابی عملکرد سیستم های ارتباطی دیجیتال استفاده می شود. این کمیت، احتمال تشخیص یا رمزگشایی نادرست سمبل‌‌های ارسالی در حضور نویز، تداخل و اختلالات کانال را نشان می‌دهد. در ارتباطات دیجیتال، اطلاعات معمولاً به عنوان سمبل‌های مجزا از یک الفبای محدود، مانند سمبل‌های باینری (0ها و 1ها) یا سیستم‌های مدولاسیون مرتبه بالاتر مانند مدولاسیون دامنه تربیعی (QAM) منتقل می‌شوند. سمبل‌های دریافتی ممکن است به دلیل عوامل مختلفی مانند نویز وارد شده در حین انتقال، فیدینگ یا محو شدن، تداخل سیگنال های دیگر و اعوجاج در کانال ارتباطی خراب شوند.

هدف یک گیرنده در یک سیستم ارتباطی دیجیتال شناسایی و رمزگشایی صحیح سمبل‌های ارسالی است که امکان بازیابی اطلاعات اصلی را فراهم می‌کند. اما به دلیل وجود نویز و سایر اختلالات، ممکن است در سمبل‌های دریافتی خطا رخ دهد. *SER* احتمال این خطاهای سمبل‌ را اندازه‌گیری می کند.

به طور ریاضی، *SER* به عنوان نسبت تعداد خطاهای سمبل‌ به تعداد کل سمبل‌های ارسالی تعریف می‌شود و معمولاً به صورت کسری یا درصدی بیان می‌شود. فرمول محاسبه *SER* به صورت زیر است:  
*SER* = تعداد خطاهای سمبل‌ / تعداد کل سمبل‌های ارسالی

برای تعیین *SER*، باید سمبل‌های دریافتی را با سمبل‌های مورد انتظار در گیرنده مقایسه کرد. سمبل‌های مورد انتظار شناخته شده اند زیرا فرستنده و گیرنده یک روش مدولاسیون از پیش تعریف شده و الگوریتم های رمزگذاری/رمزگشایی مشترک دارند. گیرنده سمبل‌های دریافتی را تشخیص داده و آنها را با سمبل‌های مورد انتظار مقایسه می کند تا خطاها را شناسایی کند. برای محاسبه دقیق *SER*، داشتن دانش از سمبل‌های ارسالی در گیرنده ضروری است.

*SER* تحت بستگی به عوامل متعددی دارد از جمله نسبت سیگنال به نویز (*SNR*)، سیستم مدولاسیون، شرایط کانال، طراحی گیرنده و وجود تداخل. به طور کلی، با افزایش *SNR*، *SER* کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده عملکرد بهتر است.

مدولاسیون FSK (Frequency Shift Keying) یک روش مدولاسیون دیجیتال در سیستم‌های فرستنده و گیرنده رادیویی است. در این روش، اطلاعات دیجیتال به صورت دنباله‌ای از بیت‌ها (صفر و یک) تمثیل می‌شوند و با استفاده از تغییر فرکانس در موج حامل رادیویی ارسال می‌شوند. در فرستنده FSK، سیگنال ورودی (بیت‌های دیجیتال) به سیگنال بیتی تبدیل می‌شود که برای هر بیت یک دوره زمانی مشخص دارد. در صورت وجود بیت یک، سیگنال بیتی برای آن دوره زمانی به فرکانس مدولاسیون یک می‌رسد؛ و در صورت وجود بیت صفر، سیگنال بیتی برای آن دوره زمانی به فرکانس مدولاسیون دیگری می‌رسد. به عبارت دیگر، فرکانس موج حامل در هر دوره زمانی برای نمایش بیت‌های دیجیتال تغییر می‌کند.

کد متلب:

clc;clear;close all;

syms q

gamma\_s = -4:0.5:14;

gamma\_lin = 10.^(gamma\_s./10);

markers = 'sxvpo';

دستور syms برای اعلام متغیر سمبولیک q نوشته می‌شود. *gamma\_s* را با واحد dB تعریف می‌کنیم. سپس آن را به واحد خطی تبدیل می‌کنیم و در *gamma\_lin* ذخیره می‌کنیم. در متغیر *markers* نام چند حرف را ذخیره می‌کنیم تا بعدا در نحوه کشیدن خطوط نمودار کمک کنند.

for n = 1:5

M = 2.^n;

x = log2(M).\*gamma\_lin;

for i=1:length(gamma\_lin)

f(q) = (1./2.\*erfc(-q - sqrt(x(i).\*2))).^(M-1)./(sqrt(2.\*pi)).\*exp(-q.^2./2);

SER(i) = 1- int(f, q, -inf, inf);

end

semilogy(gamma\_s, SER, 'DisplayName', [num2str(M) '-FSK'], LineWidth=1.5, Marker=markers(n))

hold on

end

حلقه for برای محاسبه *SER* برای مقادیر مختلف تعداد پیام *M* می‌نویسیم. متغیر *x* ورودی فرمول *SER* خواهد بود. حلقه for داخلی برای محاسبه مستقل *SER* در هر نقطه از *gamma\_lin* و ذخیره آن در *SER* نوشته شده است. فرمول *SER* طبق روابط از طریق تابع Q بدست می‌آید. برای محاسبه تابع Q از تابع erfc متلب استفاده می‌کنیم که به معنای complementary error function یا تابع خطای متمم است. تابع خطای متمم انتگرال از منفی بی‌نهایت تا عدد یک تابع گوسین با آرگومان درجه دو را محاسبه می‌کند. دستور semilogy محور عمودی نمودار را در مقیاس‌های 10 به توان اعداد صحیح رسم می‌کند. ویژگی DisplayName نام این نمودار را مشخص می‌کند و LineWidth و Markers ضخامت و فرم نمایش خط را مشخص می‌کنند. دستور hold on باعث می‌شود که نمودارهای بعدی روی این فیگر نمایش داده شوند و نمودار قبلی پاک نشود.

legend('Location','southwest')

ylim([10.^(-15) 1])

ylabel('SER')

xlabel('SNR (dB)')

با دستور legends اسم نمودار ها را در پایین سمت چپ نوشته می‌شوند، سپس محدوده محور *SER* و نام محور ها را مشخص می‌کنیم.



نتیجه‌گیری: با افزایش تعداد بیت و سمبل، احتمال خطا در سیستم مخابراتی افزایش می‌یابد و نیاز به انرژی بیشتری برای کاهش نرخ خطا خواهیم داشت. در SNR های پایین احتمال خطا تقریبا در هر تعداد سمبل برابر است.