



گزارش 7 آزمایشگاه مخابرات دیجیتال

دانشگاه خلیج فارس

شماره دانشجویی: 990291614

نام: محمد صالح رایانی

هدف: شبیه‌سازی رابطه‌ی نرخ خطای سمبل و SNR در مدولاسیون FSK

نرخ خطای سمبل (SE_R) معیاری است که برای ارزیابی عملکرد سیستم های ارتباطی دیجیتال استفاده می شود. این کمیت، احتمال تشخیص یا رمزگشایی نادرست سمبل های ارسالی در حضور نویز، تداخل و اختلالات کانال را نشان می دهد. در ارتباطات دیجیتال، اطلاعات معمولاً به عنوان سمبل های مجزا از یک الفبای محدود، مانند سمبل های باینری (0ها و 1ها) یا سیستم های مدولاسیون مرتبه بالاتر مانند مدولاسیون دامنه تربیعی (QAM) منتقل می شوند. سمبل های 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 سمبل های ارسالی است که امکان بازیابی اطلاعات اصلی را فراهم می کند. اما به دلیل وجود نویز و سایر اختلالات، ممکن است در سمبل های دریافتی خطا رخ دهد. SE_R احتمال این خطاهای سمبل را اندازه گیری می کند.

به طور ریاضی، SE_R به عنوان نسبت تعداد خطاهای سمبل به تعداد کل سمبل های ارسالی تعریف می شود و معمولاً به صورت کسری یا درصدی بیان می شود. فرمول محاسبه SE_R به صورت زیر است:

$$SE_R = \text{تعداد خطاهای سمبل} / \text{تعداد کل سمبل های ارسالی}$$

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

SE_R 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 SE_R ، SNR کاهش می یابد که نشان دهنده عملکرد بهتر است.

مدولاسیون FSK (Frequency Shift Keying) یک روش مدولاسیون دیجیتال در سیستم های فرستنده و گیرنده رادیویی است. در این روش، اطلاعات دیجیتال به صورت دنباله ای از بیت ها (صفر و یک) تمثیل می شوند و با استفاده از تغییر فرکانس در موج حامل رادیویی ارسال می شوند. در فرستنده FSK، سیگنال ورودی (بیت های دیجیتال) به سیگنال بیتهای تبدیل می شود که برای هر بیت یک دوره زمانی مشخص دارد. در صورت وجود بیت یک، سیگنال بیتهای برای آن دوره زمانی به فرکانس مدولاسیون یک می رسد؛ و در صورت وجود بیت صفر، سیگنال بیتهای برای آن دوره زمانی به فرکانس مدولاسیون دیگری می رسد. به عبارت دیگر، فرکانس موج حامل در هر دوره زمانی برای نمایش بیت های دیجیتال تغییر می کند.

کد متلب:

```
clc;clear;close all;
syms q

gamma_s = -4:0.5:14;
gamma_lin = 10.^(gamma_s./10);
markers = 'sxvpo';
```

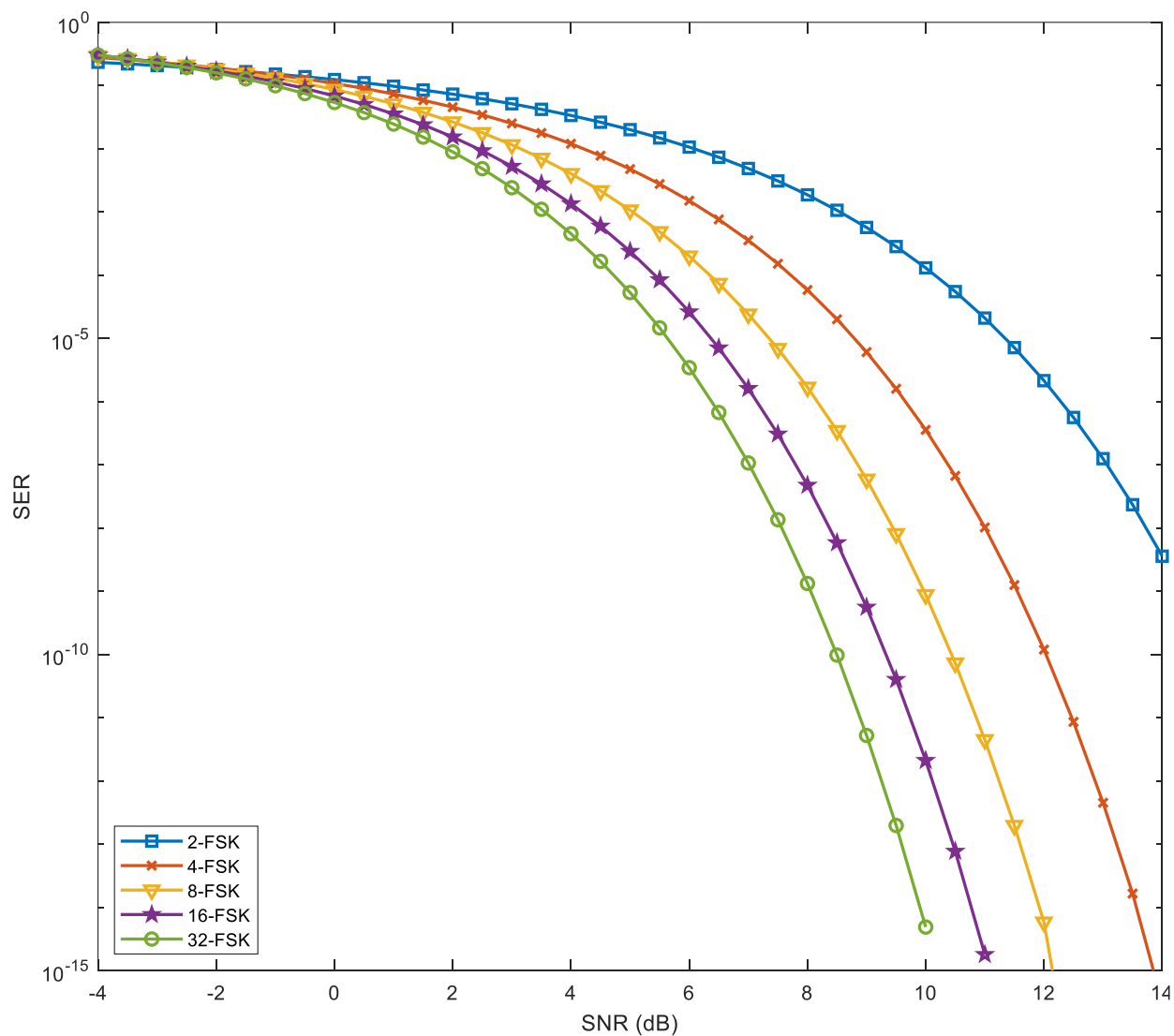
دستور syms برای اعلام متغیر سمبولیک q نوشته می‌شود. γ_s را با واحد dB تعریف می‌کنیم. سپس آن را به واحد خطی تبدیل می‌کنیم و در γ_{lin} ذخیره می‌کنیم. در متغیر markers نام چند حرف را ذخیره می‌کنیم تا بعداً در نحوه کشیدن خطوط نمودار کمک کنند.

```
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 γ_{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 نمودارها را در پایین سمت چپ نوشته می‌شوند، سپس محدوده محور SER و نام محورها 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 تقریباً در هر تعداد سمبل برابر است.