

مخابرات دیجیتال

تمرین کامپیوتری شماره ۲

مهلت تحویل: چهارشنبه ۶ دی ۱۴۰۲، ساعت ۲۳:۵۵

استاد: دکتر سید محمد کرباسی

۱ ارسال دیجیتال بر روی کانال نویز جمع‌شونده

۱.۱ تولید پالس Raised-Cosine

در ابتدا می‌خواهیم پالس raised-cosine را برای $\beta = 0.5$ و $T = 1$ در بازه‌ای به طول $12T$ و با فواصل زمانی $\Delta t = \frac{T}{F_s}$ محاسبه کنیم که در آن $F_s = 10$ است. برای مشخص شدن تاثیر خطای زمانی نمونه‌برداری بر احتمال خطا، پالس را در سه سناریوی مختلف تولید می‌کنیم. در سناریوی اول زمان پالس را به صورت ایده‌آل و در بازه $[-6T, 6T]$ ، در سناریوی دوم زمان پالس را با خطای $\epsilon = 0.1T$ و در بازه $[-6.1T, 5.9T]$ و در سناریوی سوم با خطای $\epsilon = 0.2T$ و در بازه $[-6.2T, 5.8T]$ در نظر می‌گیریم. دقت کنید که مقادیر پالس در لحظات $t = \pm \frac{T}{2\beta}$ برابر $\frac{\pi}{4} \text{sinc}(\frac{1}{2\beta})$ است که باید به صورت جداگانه تعریف شود. همچنین از آنجا که نمونه‌برداری در لحظات $kT - \epsilon$ صورت می‌گیرد، در صورتی که $\epsilon \neq 0$ باشد ISI خواهیم داشت. شکل پالس‌های تولید شده را رسم کنید.

۲.۱ تولید سیگنال ارسالی

به کمک تابع randi برداری به طول $N = 10^5$ از صفرها و یک‌ها تولید کنید و آن را bits بنامید. در ادامه با توجه به بردار bits، بردار modulated_symbols را طوری به دست آورید که به ازای هر صفر در بردار bits عدد ۱- و به ازای هر یک در بردار bits عدد ۱ در بردار modulated_symbols قرار گیرد. در ادامه می‌خواهیم سیگنال ارسالی را با استفاده از پالس raised-cosine و سمبل‌های مدوله‌شده تولید کنیم. برای این کار ابتدا باید بین هر دو سمبل متوالی در بردار modulated_symbols به تعداد $L = T \times F_s$ ، $L - 1$ صفر اضافه کنیم. سپس باید بردار جدید را با pulse کانالو کنیم. به این ترتیب سیگنال ارسالی transmitted_signal حاصل می‌شود.

۳.۱ مدل‌سازی کانال AWGN

در این مرحله می‌خواهیم احتمال خطای آشکارسازی مدولاسیون PAM باینری را در یک کانال AWGN برای مقادیر $SNR(dB) = 0, 1, \dots, 10dB$ با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری به دست آوریم. برای هر درایه از بردار $SNR(dB)$ ابتدا باید توان نویز را محاسبه کنیم. به این منظور فرض می‌کنیم که انرژی مصرفی به ازای هر بیت یعنی E_b برابر با یک باشد. در این صورت $SNR = \frac{E_b}{\eta}$ است که در آن مقدار SNR به صورت خطی قرار داده شده است (بر حسب dB نیست). برای تولید نویز نرمال از دستور randn به نحوی استفاده کنید که توان‌های مورد نظر حاصل گردد. بردار نویز را با بردار transmitted_signal جمع کنید و بردار حاصل را received_signal بنامید.

۴.۱ آشکارسازی سمبل‌ها

حال می‌خواهیم سمبل‌های ارسالی را با توجه به سیگنال دریافتی آشکار کنیم. برای این کار باید از سیگنال دریافتی در زمان‌های مشخص $samples = (N + 6 - 1) * L + 1 : L * 6 + 1$ نمونه‌برداری کنیم. در این مرحله تک تک درایه‌های بردار detected_symbols که حاوی مقادیر آشکار شده است، بدست می‌آید.

۵.۱ محاسبه احتمال خطا

برای محاسبه احتمال خطا مقادیر بردارهای detected_symbols و modulated_symbols را با یکدیگر مقایسه کنید. احتمال خطا را برای مقادیر مختلف $SNR(dB)$ و مقادیر مختلف خطای نمونه‌برداری در یک نمودار رسم کنید. برای رسم نمودار محور عمودی را لگاریتمی

قرار دهید. تمامی مراحل بالا را برای $\beta = 0$ و $\beta = 1$ تکرار کنید و نتایج را با یکدیگر مقایسه کنید. به ازای کدام مقدار β حساسیت به خطای نمونه‌برداری کمتر است؟

۶.۱ تولید و ارسال سمبل‌ها با استفاده از مدولاسیون 4-PAM

در این بخش می‌خواهیم با استفاده از مدولاسیون 4-PAM سمبل‌های A, B, C و D را با احتمال‌های به ترتیب (0.1, 0.4, 0.4, 0.1) ارسال کنیم به گونه‌ای که دامنه پالس برای سمبل‌های A, B, C و D به ترتیب (3, 1, -1, -3) باشد. در این بخش از یک پالس raised-cosine با مقادیر $\beta = 0$, $T_s = 1$ و $F_s = 10$ در بازه $[-6T, 6T]$ استفاده می‌شود. ابتدا با استفاده از برداری از اعداد تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه صفر تا یک بردار `modulated_symbols` را ایجاد کرده و منطق آن را توضیح دهید. سپس مطابق بخش‌های قبل، بردار `transmitted_signal` را ایجاد کنید. در ادامه مقدار انرژی صرف‌شده برای ارسال هر سمبل E_s را محاسبه کنید و به ازای هر مقدار خطی SNR توان نویز را محاسبه کنید تا بردار `received_signal` ایجاد شود.

۷.۱ آشکارسازی سمبل‌ها با استفاده از گیرنده‌های MAP و ML

با نمونه‌برداری از `received_signal` مشابه بخش‌های قبل بردار `samples` را ایجاد کنید. حال برای هر دو گیرنده MAP و ML از طریق محاسبات تحلیلی سطوح آستانه تصمیم‌گیری را محاسبه کنید. به این ترتیب برای هر دو گیرنده احتمال خطا را محاسبه کرده و به ازای مقادیر مختلف $SNR(dB)$ رسم کنید.

۲ نگارش گزارش و توضیحات

در انجام تمرین و نگارش گزارش به موارد زیر دقت کنید:

۱. فایل فشرده نهایی و تمامی فایل‌های خود را به صورت انگلیسی نام‌گذاری کنید.
۲. فایل‌های خود را در پوشه‌ای که با شماره دانشجویی شما نام‌گذاری شده است قرار دهید و در قالب zip در سامانه درس بارگذاری کنید.
۳. این تمرین تحویل حضوری ندارد. بنابراین سعی کنید گزارش خود را کامل بنویسید.
۴. سوالات خود را از طریق ایمیل روبرو بپرسید: a.aghaei.s@gmail.com

موفق و سلامت باشید