



تمرین کامپیوتری «مخابرات دیجیتال»

تهیه کننده: حامد شریفی، استاد درس: دکتر مهدی مهدوی - نیم سال 4032

مباحث پژوهه: ارسال داده از کانال شبیه سازی شده

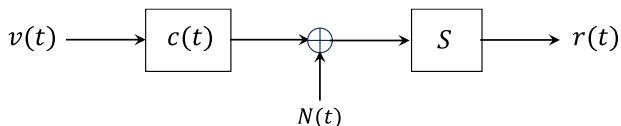
هدف این پژوهه، کامل کردن مباحث تئوری با تجربه واقعی است. آنچه در این پژوهه انجام می دهیم، شباهت زیادی با آنچه یک مهندس مخابرات برای شبیه سازی کامل یک سیستم انجام می دهد، دارد.

مراحل کلی

یک فایل text که حاوی یک جمله است در اختیار شما قرار می گیرد. شما باید این جمله را در بخش فرستنده به یک سیگنال تبدیل کنید. سیگنال را از تابعی که رفتار کانال را شبیه سازی می کند، عبور داده و سپس در گیرنده، سیگنال دریافتی را به فایل text تبدیل کنید.

مدل کانال و اثرات آن

سیگنال خروجی کانال، $(t) r$ ، مطابق بلوك دیاگرام زیر به سیگنال ورودی مرتبط می شود.



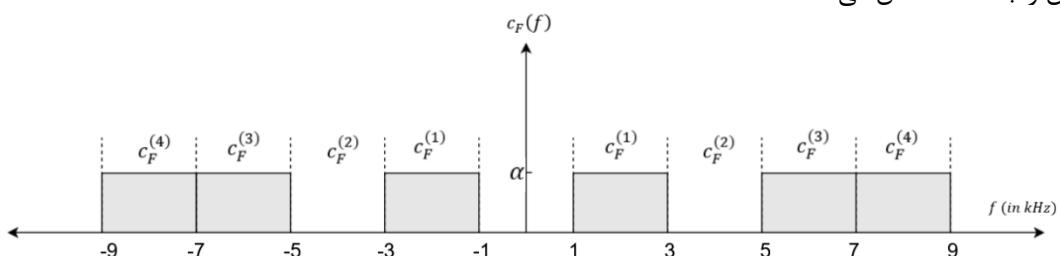
که c یک فیلتر می انگذر علی (causal passband filter) می باشد. ضمنا $N(t) \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$

همچنین فرض می کیم که c به صورت زیر تصادفی است: هر زمان که شما داده ای را به صورت کامل به کانال ارسال می کنید، فرم زیر را می گیرد:

$$C(f) = \left[\sum_{k=1}^4 C^k(f) \right] - C^i(f)$$

$$C^k(f) = \begin{cases} \alpha & |f - 2000k| \leq 1000 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

که α به صورت تصادفی و با احتمال یکسان از مجموعه $\{1, 2, 3, 4\}$ انتخاب می شود. $\alpha \in [0, 1]$ ثابت است. شکل زیر یک فیلتر ممکن را با $i = 2$ نشان می دهد:



تابع $S(x)$ نیز خروجی را به صورت زیر برش می‌دهد:

$$S(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 1 \\ x & -1 < x < 1 \\ -1 & x \leq -1 \end{cases}$$

کد مربوط به پیاده‌سازی کانال برای راحتی شما به همراه فایل پروژه در سامانه درس با عنوان `simulate_channel_project.m` قرار داده شده است ولی بهتر است به طور دقیق آن را بررسی کنید تا در طراحی گیرنده و فرستنده دچار مشکل نشوید. دقت کنید که در تمام مراحل پروژه، بجز قسمت اختیاری ۵ مربوط به پرسش‌های زیر، شما مجاز به تغییر کد متلب مربوط به کانال نیستید.

پرسش‌های مربوط به پیاده‌سازی کانال:

- (1) در کدام قسمت، یکی از چهار بند به صورت تصادفی انتخاب و حذف می‌شود؟ به نظر شما، چگونه می‌توان با این اثر کانال در فرستنده و گیرنده مقابله کرد؟ (راهنمایی: می‌توانید پیام را در فرستنده، در چند بند مختلف ارسال کنید)
- (2) در کدام قسمت، باند بالا نیز به دلیل حفظ تقارن سیگنال ورودی به کانال حذف می‌شود؟
- (3) در کدام قسمت، ناهمزمانی (asynchrony) یا عدم تطابق سمپلینگ زمانی بین فرستنده و گیرنده پیاده‌سازی شده است؟ تاثیر اضافه کردن این خاصیت به کانال در حوزه زمان و فرکانس سیگنال خروجی کانال چیست؟ راه حل پیشنهادی شما برای مقابله با این اثر کانال چیست؟
- (4) در کدام قسمت، کانال سیگنال خروجی را برش (clip) می‌دهد؟
- (5) (اختیاری) می‌خواهیم یک محدودیت جدید بر روی انرژی متوسط سیگنال ورودی به کانال اضافه کنیم. چنانچه سیگنال ورودی $v(t)$ باشد، و انرژی متوسط آن E_{avr} باشد، کد کانال را به نحوی تغییر بدھید که اگر $E_{avr} > 1$ باشد، آنگاه دامنه سیگنال ورودی $v(t)$ بدون تغییر باقی بماند و اگر $E_{avr} < 1$ باشد، دامنه سیگنال ورودی $v(t)$ برابر شود و به عبارتی نوبیز $N(t)$ به اندازه \sqrt{s} اسکیل پیدا کند. این کار برای حفظ نسبت SNR انجام می‌شود. شما باید مقدار مناسب \sqrt{s} را با تابع مناسب در متلب بیایید.

طراحی فرستنده و گیرنده برای این کانال

مرحله اول: شما باید فرستنده ای را پیاده‌سازی کنید که فایل `target.txt` را بخواند. برای خواندن فایل `text` و تبدیل محتوا به کد اسکی، می‌توانید پس از باز کردن آدرس مورد نظر با دستور `fopen()` در متلب، از دستور `[1 info], "uint8"` استفاده بکنید تا متلب، محتوای فایل را به صورت اعداد اسکی در یک متغیر ذخیره کند و در انتهای دستور `fclose()`، فایل را ببندید. اکنون می‌توانید اعداد اسکی را با استفاده از توابع `reshape` و `dec2bin` به اعداد باینری تبدیل کنید.

مرحله دوم (اختیاری): سپس باید متن باینری به دست آمده از مراحل قبل را توسط کدینگ منبع هافمن (Huffman Source Encoding) استفاده بکنید. برای آماده ارسال به بلوک کدینگ کانال کنید. برای آشنایی با نحوه کدنویسی در کدینگ huffmanenco و huffmandict در متلب، استفاده کنید.

مرحله سوم: روش‌های Error Correction و Error Detection، به دو قسمت Channel Coding تقسیم می‌شوند. برای تشخیص خطأ در گیرنده می‌توانید از روش کدینگ همینگ (Hamming Code) استفاده کنید. توضیحات این لینک می‌توانید در مورد تصحیح خطأ مفید باشد. ماتریس G را به صورت دلخواه و مناسب، اختیار کنید. در سایت [github](#) نیز می‌توانید نمونه‌هایی از کدینگ همینگ را مشاهده کنید. (برای مطالعه بیشتر با روش‌های تشخیص خطأ در گیرنده، می‌توانید به لینک‌های [Parity Bit](#), [Checksum](#) یا [CRC](#) مراجعه کنید).

مرحله چهارم: حال دنباله بدست آمده ارسال بر روی کanal می‌کنیم. ابتدا با استفاده از فیلتر کسینوسی افزایش یافته (Raised Cosine Filter)، پهنهای باند سیگنال را محدود و مقاوم به رخدادن ISI احتمالی کنید. نرخ ارسال را به عنوان ورودی در نظر بگیرید(چگونه اینکار را انجام می‌دهید؟). در این قسمت، می‌توانید از مدولاسیون های QAM یا PSK یا FSK با درجه دلخواه M استفاده نمایید. سایر پارامتر های مدولاسیون را به نحوی انتخاب کنید که در نرم افزار متلب قابل پیاده سازی باشد. (مثلًا حافظه سریع پر نشود یا متلب هنگ نکند).

تذکر 1) همانطور که در بخش مدل سازی کanal بیان شد، کanal به صورت تصادفی یکی از چهاربند در دسترس را حذف می‌کند. فرستنده را طوری طراحی کنید که به این اثر کanal مقاوم باشد و مطمئن باشیم سیگنال پیام ما به دست گیرنده خواهد رسید.

تذکر 2) مطابق مدل کanal ارائه شده، مدولاسیون شما باید در محدوده فرکانسی 1 kHz تا 9 kHz باشد تا بتوانند به درستی از کanal عبور کنند.

تذکر 3) با توجه به نا همزمانی (asynchrony) یا تاخیر زمانی نامشخص بین ورودی و خروجی کanal، راه حل خود را برای مقابله با این تاخیر تصادفی کanal بیان کنید. **راه حل پیشنهادی:** دو دنباله قراردادی را به عنوان سیگنال پایلوت به اندازه کافی بزرگ در فرستنده و گیرنده به نام های pilot_end و pilot_strat تعریف کنید. این دو سیگنال قبل از ارسال به کanal، باید به ابتدا و انتهای سیگنال ارسالی به کanal چسبانده شوند. در گیرنده، هنگامی که سیگنال خروجی از کanal بیشترین شباهت را به سیگنال pilot_strat پیدا کرد، این لحظه همان لحظه شروع سیگنال pilot_strat است و می‌فهمیم در ادامه آن، سیگنال پیام قرار دارد و سپس pilot_end قابل مشاهده است. بررسی میزان شباهت دو سیگنال را می‌توانید با استفاده از محاسبه همبستگی متقابل دو سیگنال بدست آورید.

مرحله پنجم: اکنون سیگنال خروجی فرستنده را به تابع simulate_channel_project بدهید تا سیگنال از کanal عبور کند و خروجی کanal را به گیرنده بدهید.

مرحله ششم: حال در گیرنده، ابتدا باید تاخیر ایجاد شده در ابتدا و انتهای سیگنال ارسالی را با دانستن pilot_strat و pilot_end در گیرنده، تخمین بزنید. سپس سیگنال مدوله شده را از pilot_end و pilot_strat جدا کنید. چنانچه پیام خود را در چند باند مختلف ارسال کرده‌اید، بررسی کنید در کدام باندها سیگنال از دست رفته و در کدام باندها، سیگنال همچنان وجود دارد. حال مدولاسیون را بر روی باندی از پیام که همچنان سیگنال در آن وجود دارد، انجام بدهید تا سیگنال در باند پایه قرار بگیرد.

(اختیاری): چنانچه روش پیاده‌سازی مدولاسیون انتخاب شده نیاز به PLL در گیرنده دارد، می‌توانید PLL مورد نیاز را به صورت کد متلب در لپتاپ گیرنده پیاده سازی کنید.)

مرحله هفتم: پس از دمودولاسیون، بلوک مورد نیاز برای Detection بیت های دریافت شده را که با نویز جمع شده اند، به صورت کد متلب پیاده سازی کنید.

مرحله هشتم: طبق روش Channel Decoding استفاده شده در مرحله سوم، خطاهای ایجاد شده را تشخیص یا تصحیح بکنید. می‌توانید از روش Hard – Decision Decoding استفاده کنید.

مرحله نهم(اختیاری): با استفاده از دیکدینگ منبع هافمن (Huffman Source Decoding) که در مرحله دوم کد شده بود، و استفاده از تابع آمده huffmandeco در متلب، رشته باینری را دیکد کنید تا آمده تبدیل به متن شود.

مرحله دهم: در انتهای رشته باینری را به کد اسکی و سپس اعداد دسیمال اسکی را با استفاده از دستور (char) به متن تبدیل کرده و فایل txt . را مجدداً تولید کرده و با فایل ارسالی در فرستنده مقایسه کنید.

خروجی پروژه:

الف) سیگنال خروجی کانال در زمان، سیگنال خروجی کانال بعد از حذف پایلوت‌ها در زمان و فرکانس، سیگنال دمدوله شده در زمان و فرکانس، و دنباله باینری قبل از تبدیل شدن به متن در گیرنده (خروجی مرحله نهم و اول) را رسم کنید.

ب) منحنی خطای بر حسب نرخ ارسال را رسم کنید. برای محاسبه خطای می‌توانید تعداد بیت دارای خطای کل بیت ارسال، تقسیم کنید. برای این منظور محور افقی را نرخ ارسال (bps) قرار بدهید و آن را تغییر دهید. همچنین این منحنی را برای هنگامی که کدینگ کانال انجام نمی‌شود رسم کنید. هر دو منحنی را یکجا رسم نمایید.

پ) با تغییر پارامتر alpha به عنوان میزان تضعیف کانال در باندهای گذر، مقدار SNR را می‌توان تغییر داد. تأثیر alpha را بر روی SNR بدست بیاورید.

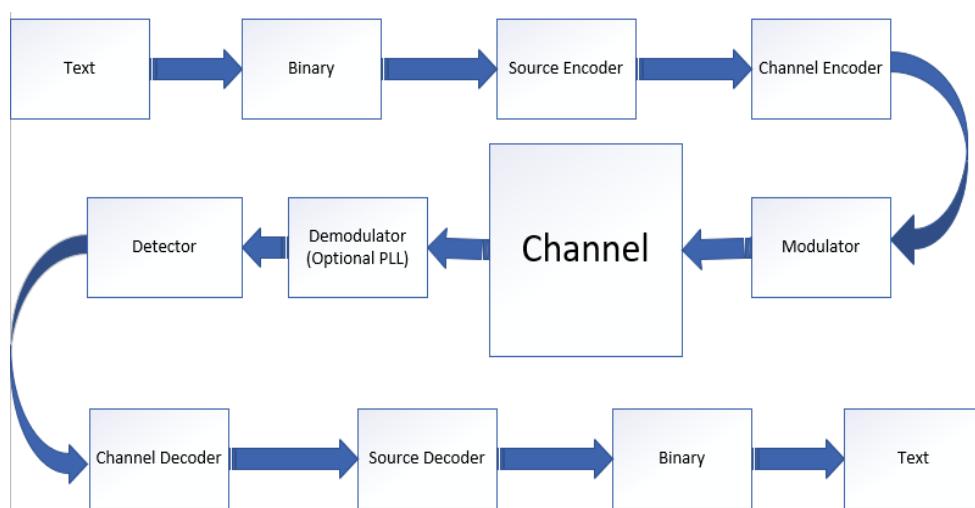
ت) با تغییر پارامتر sigma به عنوان انحراف معیار نویز در کانال، SNR سیگنال خروجی کانال در گیرنده تغییر می‌کند. نمودار میزان خطای را بر حسب sigma رسم کنید. (برای محاسبه خطای می‌توانید اختلاف اعداد دسیمال اسکی متن اصلی و متن دریافت شده را محاسبه کرده و یا خطای ای دیگر تعریف کنید). واضح است ارسال صحیح متن با sigma بیشتر، نشان از عملکرد بهتر سیستم در قسمت‌های Data Rate، Channel Coding، Source Coding، Modulation است.

ث) (اختیاری) راهکاری پیشنهاد بدهید که بتوان ظرفیت کانال را بطور عملی تخمین زد.

نکات:

این پروژه در گروه‌ها دو تا سه نفره قابل انجام است.

تمام کد‌ها در این پروژه باید در محیط متلب نوشته شود.



بلوک دیاگرام پروژه

گزارش نهایی:

متن گزارش نهایی باید فایل pdf و word شامل نام و نام خانوادگی و شماره‌ی دانشجویی اعضای گروه، توضیح مختصر درمورد پیاده سازی‌های انجام شده، شکل‌های خواسته شده (ذخیره شده در فایل word گزارش) و پاسخ به سوالات خواسته شده به همراه کد‌های استفاده شده باشد. گزارش نوشته شده را به همراه فایل‌های اجرایی مربوطه به صورت یک فایل zip. ارسال نمایید. جلسه ارائه نیز اطلاع رسانی خواهد شد.

♥ موفق باشید ♥