



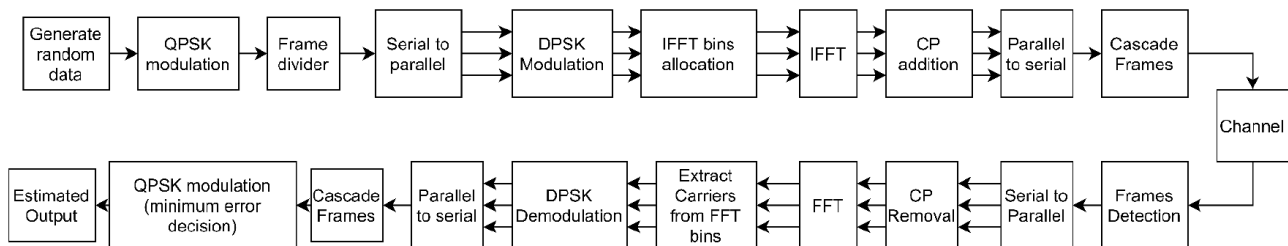
تمرین کامپیوتری دوم

مخابرات بیسیم
بهار ۱۴۰۴

استاد: دکتر صباغیان
تهیه و تنظیم: دستیاران آموزشی
مهلت تحویل: ۳۱ خرداد ۱۴۰۴

مقدمه

شکل ۱ بلوک دیاگرام یک سیستم *OFDM* رایج در عمل را نشان می دهد. با استفاده از این سیستم می خواهیم اطلاعات یک پیام باینری که شامل 10^7 بیت می باشد را ارسال کنیم. در این پروژه ابتدا این پیام به صورت رندوم تولید می شود. سپس توسط مدولاسیون *QPSK* مدوله می شود. در مرحله بعد سمبل های ایجاد شده توسط فرستنده *OFDM* به شماری فریم^۱ تقسیم بندی می شود که طول هر فریم بر اساس تعداد حامل ها، طول پیشوند گردش و طول *IFFT* مشخص می شود. این فریم ها توسط فرستنده *OFDM* در کانال ارسال می شود. مدل کانال در ابتدا یک کانال *AWGN* در نظر گرفته می شود. فریم های مدوله شده همراه با *cp* و *header* ها به فرستنده ارسال می شوند.

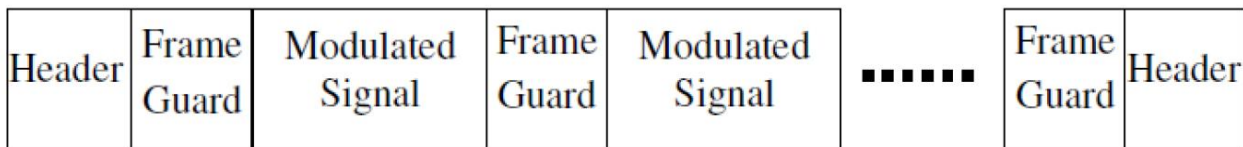


شکل ۱: بلوک دیاگرامی سیستم *OFDM*

فرستنده

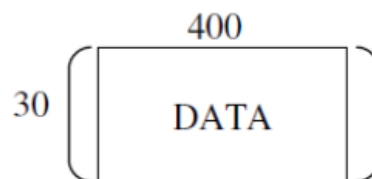
فرض کنید *sfc* تعداد سمبل ها در هر فریم در هر حامل باشد، یا به عبارتی دیگر *symbol/frame/carrier*. در این پروژه اگر n_c تعداد کل حامل ها باشد، *sfc* را به صورت $sfc = \left\lceil \frac{2^{13}}{n_c} \right\rceil$ تعریف می کنیم.

مطابق شکل ۲، یک فریم محافظ^۲ بین هر دو فریم متوالی اضافه می شود. همچنین در ابتدای فریم اول و همچنین در انتها فریم آخر، یک header با طول ۸ برابر یک فریم اضافه می شود. هدف از اضافه کردن این نباله بیت ها، تشخیص ابتدای سیگنال اصلی در گیرنده می باشد (در صورتی که سیگنال دریافتی ناهمدوس^۳ باشد).



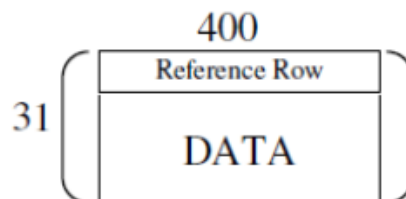
شکل ۲: فریم ها

اگر تعداد داده ها بر n_c بخش پذیر نباشد، به آخر داده ها تعدادی صفر اضافه می شود تا بر n_c بخش پذیر شود. به عنوان مثال اگر بخواهیم ۱۱۵۰۰ سمبل را با استفاده از ۴۰۰ حامل که ظرفیت هر حامل ۳۰ سمبل است را بفروستیم، تعداد $500 = 11500 - 400 \times 30$ صفر به انتهای داده ها اضافه می شود تا داده ها را بتوان به صورت شکل ۳ در یک ماتریس 30×400 قرار داد. هر ستون این ماتریس مشخص کننده یک حامل می باشد.



شکل ۳

در مرحله بعد، قبل از اعمال مدولاسیون DPSK روی این ماتریس داده، یک سطر به ابتدای این ماتریس که درایه های تصادفی (با استفاده از مدولاسیون QPSK) هستند، اضافه می شود تا ماتریس زیر حاصل شود:



شکل ۴

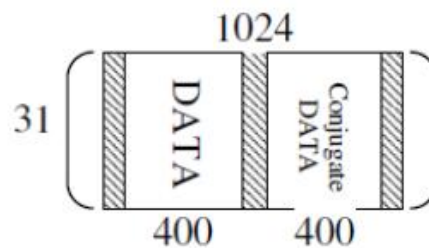
سپس مدولاسیون DPSK اعمال می شود. به این صورت که برای هر ستون با شروع از سطر دوم، هر درایه، با باقی مانده تقسیم مجموع همان درایه و درایه سطر قبل خود بر سباز مدولاسیون (برای مدولاسیون QPSK برابر ۴

^۲ Frame Guard^۳ Non-coherent

است) جایگزین می شود. سپس هر کدام از درایه ها که عددی صحیح در مجموعه $\{0, 1, 2, 3\}$ هستند با عدد مختلط $e^{j\phi}$ مربوطه جایگزین می شوند. به عنوان مثال برای بردار زیر، فاز ϕ برای درایه های آن به صورت سمت راست بدست می آید:

$$[2 \ 1 \ 3 \ 0]^T \rightarrow [180^\circ \ 90^\circ \ 270^\circ \ 0^\circ]^T$$

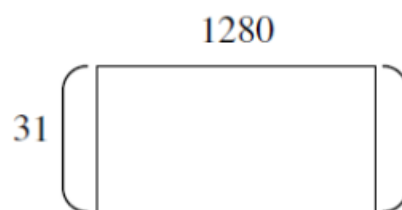
در مرحله بعد ماتریس بدست آمده با توجه به طول IFFT گسترش می یابد. به عنوان مثال، اگر طول IFFT برابر ۱۰۲۴ باشد، ماتریس شکل ۴ به ماتریس شکل ۵ تبدیل می شود:



شکل ۵

توجه داشته باشید در شکل ۵، ماتریس 31×400 سمت چپ، ماتریس DPSK بدست آمده در مرحله قبل و ماتریس 31×400 سمت راست، مزدوج همان ماتریس می باشد. بقیه ستون های ماتریس 31×1024 ، صفر قرار داده می شود. سپس از این ماتریس IFFT گرفته می شود و فقط قسمت حقیقی خروجی ذخیره می شود.

در مرحله بعد پیشوند گردشی اضافه خواهد شد. بدین منظور، ۲۵٪ ستون های آخر ماتریس (۲۵٪ طول IFFT) به ابتدای آن اضافه می شود تا ماتریس شکل ۶ حاصل شود:



شکل ۶

در آخر، با تبدیل این ماتریس به یک دنباله (فرم serial ماتریس)، یک فریم از داده ها آماده ارسال می شود.

گیرنده

گیرنده ی سیستم، رفتاری دقیقاً معکوس فرستنده دارد. همه مراحل به صورت معکوس انجام خواهد شد.

خواسته های پروژه

-الف-

مدل کانال را AWGN فرض کنید. میانگین نویز برابر صفر و واریانس آن به صورت $\sigma = \frac{\sigma_s}{\sqrt{SNR}}$ است که در آن، σ_s واریانس سیگنال است و SNR نسبت توان سیگنال به توان نویز است که مقدار دلخواهی می تواند باشد (در واقع، با تغییر نویز، مقدار SNR را تغییر می دهیم). برنامه خود را بر اساس مقادیر زیر اجرا نمایید.

$$SNR = 20 \text{ dB}, \quad \text{IFFT Length} = 1024, \quad n_c = 400$$

مقدار احتمال خطای بیت را بیابید و تعداد فریم ها را نیز گزارش کنید. نحوه عملکرد بلوک های گیرنده OFDM را، که در شکل ۱ آمده است، به طور خلاصه توضیح دهید.

-ب-

برای مدل کانال AWGN نمودار احتمال خطا را بر حسب SNR رسم کنید. بقیه پارامتر ها را همانند قسمت قبل فرض کنید.

-ج-

مدل کانال را ریلی^۴ با واریانس واحد فرض کنید و با تغییر SNR نمودار احتمال خطا را رسم کنید.

-د (امتیازی)-

در صورتی که سیگنال دریافتی سنکرون دریافت نشود و ابتدای سیگنال را ندانیم (به عبارتی، تاخیر در دریافت داشته باشیم)، در آخرین مرحله فرستنده، برای مدل سازی تاخیر، به صورت رندوم تعدادی داده تصادفی قبل از Header اضافه کنید و سپس سیگنال را ارسال کنید. در گیرنده با فرض اینکه مقدار تاخیر را نمی دانید، ابتدا بلوکب در ابتدای گیرنده طراحی کنید که قسمت header را آشکارسازی کرده و سپس قسمت الف را تکرار کنید.

^۴ Rayleigh

نکات کلی درباره تمرین

- در صورت وجود هرگونه سوال و ابهام، با دستیاران آموزشی از طریق [ایمیل](#) در ارتباط باشید. دستیاران آموزشی موظف به پاسخگویی از راه‌های ارتباطی دیگر نیستند.
- مطابق قوانین اعلام شده در ابتدای ترم عمل کنید.
- فایل‌های کد و فایل گزارشکار به فرمت pdf را در پوشه‌ای zip ذخیره نمایید و تا پایان روز ۳۱ خرداد به [ایمیل](#) درس ارسال نمایید.
- مشورت کردن، کمک به یکدیگر و هم‌فکری بسیار درست و سازنده است؛ به شرط آن که به یادگیری کمک کند. بنابراین مشورت در راستای فهم دقیق مسائل مانعی ندارد.