



دانشکده فنی دانشگاه تهران

دانشکده برق و کامپیوتر

پروژه ۱ اصول سیستم های مخابراتی

Fourier transform, correlation and spectral density

رایانامه

yasaman.parhizkar@gmail.com

طراح

یاسمن پرهیزکار

نیم سال اول ۱۳۹۹-۱۴۰۰

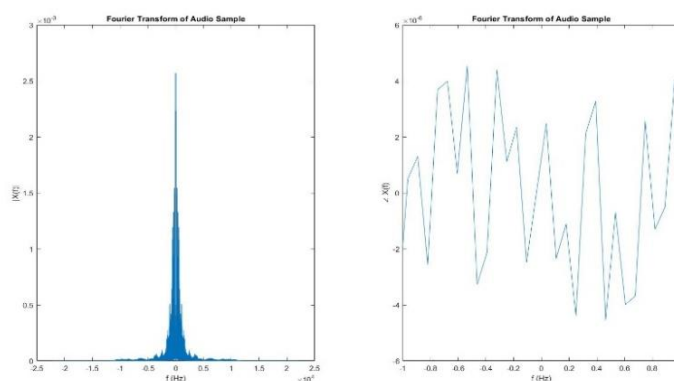
دانشجویان عزیز، قبل از پاسخگویی به سوالات به نکات زیر توجه کنید:

۱. شما باید کدها و گزارش خود را با الگوی CA1_StudentNumber.zip در محل تعیین شده آپلود کنید.
۲. گزارش کار شما جزو معیار های ارزیابی خواهد بود؛ در نتیجه زمان کافی برای تکمیل آن اختصاص دهید.
۳. لطفا گزارش خود را در قالب قرار داده شده در صفحه درس بنویسید.
۴. قسمت اصلی کد شما باید در محیط Matlab live editor نوشته شود و نمودار ها علاوه بر گزارش کار باید در کد اصلی نیز قرار داشته باشند.
۵. شما می توانید سوالات خود را از طریق گروه واتساپ کلاس یا ایمیل yasaman.parhizkar@gmail.com بپرسید.

در این تکلیف کامپیوتری، با یک پردازش صوت ساده مفاهیم تابع تبدیل سیستم و همبستگی را مرور می کنیم؛ همچنین، رابطه ی بین چگالی طیف ورودی و خروجی یک سیستم را درستی سنجی می کنیم. برای این پردازش، به یک فایل صوتی پژواک (echo) اضافه می کنیم؛ سپس، تابع همبستگی سیگنال خروجی و ورودی را به دست آورده و مزیت تابع همبستگی در پیدا کردن شباهت بین دو سیگنال را در عمل مشاهده می کنیم..

۱- فایل صوتی sample.wav را با دستور audioread بخوانید و آن را x بنامید. نمودار اندازه و فاز تبدیل فوریه x را رسم کنید.

- دقت کنید که حتما متغیر Fs را نیز از دستور audioread دریافت کنید؛ زیرا در بخش های بعدی به آن نیاز خواهید داشت.
- برای محاسبه ی تبدیل فوریه سیگنال به دست آمده، می توانید از دستور fft استفاده کنید.
- برای زیباتر شدن نمودار، می توانید با استفاده از دستور fftshift فرکانس صفر را به وسط نمودار منتقل کنید.



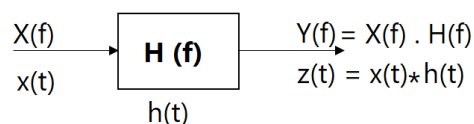
شکل ۱- نمودار مثالی اندازه و فاز تبدیل فوریه سیگنال صوتی

۲- سیستمی با پاسخ فرکانسی زیر را در نظر بگیرید:

$$H(f) = 0.5 e^{-j 2\pi f \frac{1}{5}}$$

اندازه و فاز $H(f)$ را رسم کنید. اگر سیگنال صوتی داده شده از این سیستم عبور کند، چه نوع اعوجاجی در آن اتفاق می افتد؟

۳- سیگنال صوتی بخش اول را از سیستم زیر عبور دهید و $Y(f)$ را بیابید. برای به دست آوردن $Y(f)$ ، کافی است که تبدیل فوریه ی ورودی را در پاسخ فرکانسی سیستم ضرب کنید تا $Y(f)$ به دست آید.



$$H(f) = 1 + 0.5 e^{-j 2\pi f \frac{1}{5}}$$

حال، با استفاده از دستور `ifft` سیگنال $Y(f)$ را به حوزه زمان منتقل کرده و با استفاده از دستور `sound` به آن گوش دهید. چه تفاوتی در صوت ایجاد شده است؟ با نوشتن معادله ی $y(t)$ بر حسب $x(t)$ ، این تغییر را توضیح دهید.
دقت کنید که برای گوش دادن به صوت، باید بخش حقیقی سیگنال y را به دستور `sound` بدهید.

۴- عکس تبدیل فوری $H(f)$ را با دستور `ifft` محاسبه کنید و آن را h بنامید. نمودار بخش حقیقی h را رسم کنید. عکس تبدیل فوری $H(f)$ را به صورت دستی هم محاسبه کنید و با نمودار کشیده شده مقایسه کنید. آیا نتیجه طبق انتظار است؟
حال، سیگنال x را در حوزه زمان با h کانالو کنید (می توانید از دستور `conv` استفاده کنید) و خروجی سیستم را در حوزه زمان بیابید و آن را z بنامید. سیگنال z را با y مقایسه کنید.

۵- همبستگی، روشی برای سنجش شباهت دو سیگنال به هم بر حسب یک شیفت زمانی است. با استفاده از دستور `xcorr` خود-همبستگی سیگنال x (R_x) را محاسبه کرده و در یک نمودار رسم کنید. این نمودار در یک نقطه پیک دارد. علت وجود این پیک را توضیح دهید.

حال، همبستگی سیگنال y به x (R_{yx}) را محاسبه کرده و در یک نمودار رسم کنید. نمودار R_{yx} چه تفاوت قابل توجهی با R_x دارد؟ علت این تفاوت را توضیح دهید.

۶- می خواهیم درستی رابطه های (a) و (b) را مشاهده کنیم:

$$(a) R_{yx}(\tau) = R_x(\tau) * h(\tau) \quad , \quad (b) G_y(f) = G_x(f) \cdot |H(f)|^2$$

برای این منظور، ابتدا حاصل $R_x(\tau) * h(\tau)$ را محاسبه کرده و نمودار آن را بکشید و با نمودار کشیده شده در بخش ۵ مقایسه کنید. میانگین مجذور خطای حاصل کانالو با R_{yx} ای که در بخش ۵ بدست آوردید، را نیز محاسبه کنید.

حال، $R_y(\tau)$ را محاسبه کرده و از آن تبدیل فوری بگیرید تا $G_y(f)$ به دست آید. به همین ترتیب، $G_x(f)$ را به دست آورده و در $|H(f)|^2$ ضرب کنید. نمودار حاصل ضرب را در کنار نمودار $G_y(f)$ بکشید و با هم مقایسه کنید. همچنین، میانگین مجذور خطای این دو را محاسبه کنید.

۷- یک سیستم طراحی کنید که یک پژواک دیگر به صوت اضافه کند. صوت حاصل را (که شامل دو پژواک است) با نام `echoed.wav` ذخیره کنید (می توانید از دستور `audiowrite` استفاده کنید) و همراه کدها و گزارش خود بفرستید.
همچنین، نمودار همبستگی صوت حاصل در این بخش به صوت اصلی (R_{yx}) را رسم کنید.

موفق باشید !: