



دانشکده فنی دانشگاه تهران

دانشکده برق و کامپیوتر

پروژه 1 اصول سیستم های مخابراتی

Fourier transform, correlation and spectral density

✍ Design by: *Mohammad Heydari*

✉ *Muhammed.Heydariiii@gmail.com*

Fall 2021

-
- شما باید کدها و گزارش خود را با الگوی CA1_StudentNumber.zip در محل تعیین شده آپلود کنید.
 - گزارش کار شما جزو مهم ترین معیار های ارزیابی خواهد بود ؛ در نتیجه زمان کافی برای تکمیل آن اختصاص دهید.
 - لطفا گزارش خود را در قالب قرار داده شده در صفحه درس بنویسید.
 - 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.
 - شما میتوانید سوالات خود را از طریق گروه واتسپ کلاس یا ایمیل بپرسید.
-

در این پروژه قصد داریم در طول یک پردازش صوت به پیاده سازی و بررسی روابط ریاضی مباحث سیگنال و سیستم و هم بستگی سیگنال های غیر احتمالاتی پردازیم در انتها نیز به صحت سنجی روابط همبستگی ورودی-خروجی سیستم های LTI خواهیم پرداخت.

1- فایل صوتی `data.wav` را با دستور `audioread()` بخوانید و نمودار فاز و اندازه تبدیل فوریه آن را رسم کنید.

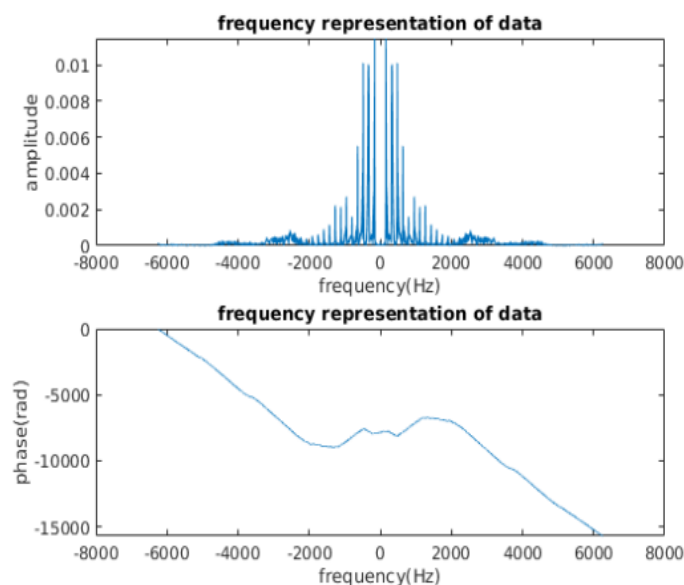
-همانطور که در درس های گذشته با تابع `fft` آشنا شده اید. در اینجا نیز برای محاسبه ی تبدیل فوریه از این دستور استفاده خواهیم کرد.

-توجه کنید که تابع `fft` تناظر یک به یک درستی بین فرکانس و اندازه و فاز تبدیل فوریه به دست نمی دهد لذا می بایست خودتان بازه ی درستی را متناسب با فرکانس نمونه برداری صوت، برای فرکانس تعریف کنید و ترسیم نمودارها را برحسب آن انجام دهید.

-همچنین از دستور `fftshift()` برای انتقال فرکانس صفر به وسط نمودار استفاده کنید.

- همچنین دستور `fft()` اندازه تبدیل فوریه را نیز نسبت به تحلیل تئوری با یک ضریب خطا بدست می دهد با تحقیق در مورد این تابع این ضریب را پیدا کرده و در ترسیم منحنی های خود لحاظ کنید.

* برای رسم نمودارها و اسکیل بندی مناسب میتوانید از دستور `axis` در متلب استفاده نمایید.



$$y(t) = x(t) + ax(t - k_1) + \beta x(t - k_2)$$

سیستم بالا را در نظر بگیرید همانطور که مشاهده می کنید این سیستم یک سیستم اکو است. این سیستم نشان می دهد که سیگنال خروجی، از جمع شدن سیگنال ورودی و نسخه های تضعیف شده و شیفت زمانی یافته ی آن حاصل می شود. در ادامه قصد داریم با استفاده از مفاهیم مطرح شده در درس سیستم بالا را مورد پردازش قرار دهیم.

2- سیگنال y.wav را در محیط متلب import کنید و فرکانس نمونه برداری ارائه شده ی آن را گزارش کنید. (توجه شود که سیگنال y.wav خروجی سیستم اکوی بالا میباشد).

3- همانطور که می دانیم همبستگی، روشی برای سنجش شباهت دو سیگنال برحسب یک شیفت زمانی است. با استفاده از دستور xcorr که همبستگی دو سیگنال را بدست می دهد، روشی ارائه دهید که بتوان به وسیله آن ضرایب a, β و همچنین تاخیرهای k_1, k_2 را از سیستم بالا بدست آورد.

* روش ارائه شده به همراه محاسبات تئوری و ریاضیات مربوطه را در گزارش کار توضیح دهید.

4- مقادیر a, β, k_1, k_2 بدست آمده از قسمت قبل را گزارش کنید و سپس پاسخ ضربه سیستم اکو را در حوزه فرکانس به دست آورید. و با استفاده از مفهوم تاخیر گروه بیان کنید که سیستم مفروض اعوجاج از نوع فازی را در فرستادن اطلاعات ایجادخواهد کرد یا خیر.

$$\tau_g = \frac{-1}{2\pi} \frac{d \text{phase}[H(f)]}{df}$$

5- در محیط متلب پاسخ ضربه در حوزه فرکانس را بصورت دستی و در فضای گسسته با فرکانس نمونه برداری مناسب وارد کنید و با استفاده از دستور ifft پاسخ ضربه حوزه زمان سیستم اکو را ترسیم کنید و با پاسخ ضربه حوزه زمان ناشی از محاسبات دستی مقایسه کنید. آیا نتیجه قابل انتظار خواهد بود؟

* توجه شود که می بایست قسمت حقیقی $h(t)$ ترسیم گردد.

6- در این قسمت قصد داریم سیگنال $x(t)$ را بدست آوریم. در محیط متلب و با استفاده از دستور filter() با در دست داشتن سیگنال حوزه زمان $y(t)$ و پاسخ ضربه سیستم سیگنال ورودی را بدست آورید.

* در این قسمت توجه داشته باشید که پردازش از انتها به ابتدا صورت میگیرد باین صورت که سیگنال خروجی در نقش ورودی ظاهر خواهد گشت.

7- پس از بدست آمدن سیگنال $x(t)$ با استفاده از دستور sound در متلب به آن گوش دهید. چه تفاوتی در صوت ایجاد شده است توضیح دهید. سپس به کمک دستور audiowrite آن را با نام x.wav ذخیره کنید.

* در این قسمت توجه کنید که قسمت حقیقی سیگنال $x(t)$ می بایست به ورودی تابع sound اعمال شود. همچنین به فرکانس نمونه برداری نیز در این قسمت از پردازش دقت داشته باشید!

8- با در دست داشتن سیگنال $x(t)$ و پاسخ ضربه سیستم اکو با استفاده از دستور conv در متلب پاسخ سیستم را بدست آورده و آن را Z بنامید و در یک نمودار هر دو سیگنال Z, y را ترسیم کرده و در مورد تفاوت ها و شباهت های آن ها توضیح دهید.

9- در این قسمت قصد داریم فرایند ایجاد پژواک را روی صوت به صورت کامل در طی مراحل زیر انجام دهیم.

- یک فایل صوتی 10 ثانیه ای از صدای خودتان را ضبط کرده و در محیط متلب import کنید.

- با استفاده از مفاهیمی که در قسمت های قبل آموختید 2 پژواک را به صدای خودتان اضافه کنید.

* ترجیحا پژواک دوم دارای ضریب تضعیف کمتر باشد تا بتوانید اثر آن را به صورت محسوس روی صوت خروجی مشاهده کنید.

- در مرحله آخر با استفاده از دستور sound به صوت خروجی که دارای 2 پژواک میباشد گوش دهید و در صورتی که خواسته های سوال را برآورده می کند آن را با استفاده از دستور audiowrite با نام my_voice.wav در دایرکتوری مربوطه ذخیره کرده و به همراه کد ها و گزارشکار ارسال نمایید.

10- در این قسمت قصد داریم با استفاده از نرم افزار متلب دو رابطه ی مربوط به همبستگی در طول عبور از یک سیستم LTI را بررسی کنیم و در طول یک پردازش عددی درک بهتری نسبت به درستی و مفاهیم آن ها پیدا کنیم.

$$H(f) = 1 + 0.5 e^{-j2\pi f 0.2}$$

- توجه شود که سیگنال x همان سیگنال بدست آمده در قسمت 6 میباشد اما در این قسمت از تابع تبدیل بالا برای پردازش های خود استفاده میکنیم. (برای سادگی کار)

$$(a) R_{yx}(\tau) = R_x(\tau) * h(\tau)$$

$$(b) G_y(f) = G_x(f) \cdot |H(f)|^2$$

- طرفین دو رابطه ی بالا را با استفاده از متلب بدست آورید و نمودارهای آنها را ترسیم کنید و نتایج را مقایسه کنید.

* توجه شود که برای بدست آوردن سیگنال های G_x, G_y می بایست با استفاده از دستور fft از توابع خودهمبستگی متناظر آن ها تبدیل فوریه بگیرید.

* همچنین توجه کنید که متلب ابزاری برای پردازش های عددی است لذا در محاسبه طرفین تساوی های فوق از اپراتورهای متلب به صورت عددی استفاده کنید!

- پس از ترسیم نمودارهای فوق برای هر دو قسمت a,b میانگین مجذور خطای دوطرف تساوی را برای هر دو حالت محاسبه کنید و در گزارشکار خود بیاورید.

* برای این قسمت هم میتوانید از دستور immse در متلب استفاده نمایید و هم طبق تعریف میانگین مجذور خطا عمل نمایید.

Good luck ;)