

به نام خدا

پروژه رادیو دیجیتال
درس سیگنال‌ها و سیستم‌ها
استاد راهنما: دکتر محمدی

مهسا انوریان
شماره دانشجویی: ۹۵۵۲۱۰۵۴
آرش مشیرنیا
شماره دانشجویی: ۹۵۵۲۱۴۳۲

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۷-۹۸

رادیو همواره یکی از مهم‌ترین اختراعات بشر در زمینه‌ی ارتباطات به‌شمار می‌رود. از زمان ساخت اولین مدل این دستگاه زمان بسیار زیادی گذشته و با پیشرفت تکنولوژی، رادیوهای ساخته‌شده هم پیشرفت کرده و مدرن‌تر شده‌اند اما نحوه عملکرد آن‌ها دچار تغییر چندانی نشده‌است.

در این پروژه قصد داریم یک رادیوی دیجیتال را پیاده‌سازی کنیم. داده‌ی ما برای انجام این کار، یک فایل متنی است که شامل مقادیر ۱۰ ثانیه از سیگنالی است که با فرکانس ۴۸۰ کیلوهرتز نمونه‌برداری شده است.

هر سیگنال متشکل از تعدادی موج سینوسی است که هر یک فرکانس منحصر به فرد خود را دارند. پس برای شنیدن صداها، یک شبکه‌ی مخصوص، باید فرکانس مربوط به آن را به محدوده‌ی شنوایی انسان (۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز) منتقل کنیم. برای این انتقال از قاعده‌ی شیف‌ت فرکانسی استفاده می‌کنیم. در این قاعده اثبات می‌شود که اگر سیگنال ورودی (در حوزه‌ی زمان) را در $\cos(j\omega_0 n)$ ضرب کنیم، سیگنال در حوزه‌ی فرکانس به اندازه‌ی ω_0 شیف‌ت می‌یابد. به بیان دقیق‌تر، تمامی مقادیر سیگنال ورودی را در عبارت زیر ضرب می‌کنیم:

$$\cos(j\omega_0 * \frac{2\pi}{N} * i)$$

که ω_0 فرکانس شبکه‌ی رادیویی موردنظر، N نرخ نمونه‌برداری و i اندیس آن مقداری (در آرایه‌ی سیگنال ورودی) است که در این کسینوس ضرب می‌گردد. همچنین به دلیل محدودیت‌های مربوط به سائز داده‌ها و جلوگیری از سرریز (Overflow) مقادیر، به جای استفاده‌ی مستقیم از این کسینوس، از معادل نمایی آن استفاده کردیم. معادل نمایی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\cos \theta = \frac{1}{2}(e^{i\theta} + e^{-i\theta})$$

پس از اعمال شیفت فرکانسی، از سیگنال حاصل تبدیل فوریه می‌گیریم. در صورت نمایش سیگنال در حوزه‌ی فرکانس به راحتی قابل تشخیص است که بخش مربوط به فرکانس مورد نظر ما شیفت یافته و به نقطه‌ی صفر منتقل شده است. حال فرکانس‌های ناخواسته و خارج از محدوده‌ی شنوایی انسان را صفر می‌کنیم تا روی سیگنال مورد نظر تاثیر نامطلوب نگذارد. همچنین برای تقویت بلندی سیگنال خروجی، مقادیر تبدیل فوریه را در یک فاکتور تقویت ضرب می‌کنیم.

در نهایت از سیگنال حاصل، تبدیل فوریه‌ی معکوس می‌گیریم تا بتوانیم در حوزه‌ی زمان آن را بشنویم. برای شنیدن سیگنال نیز کافی است سیگنال حاصل از تبدیل فوریه‌ی معکوس را در یک فایل wav ذخیره کنیم. لازم به ذکر است که هنگام ذخیره‌سازی، داده‌های سیگنال را به نوع «i2» در آرایه‌ی Numpy تبدیل می‌کنیم که به معنی Signed 2-byte Integer است.

و در نهایت نیز پس از ذخیره‌سازی، فایل خروجی که محتوای مربوط به شبکه‌ی انتخاب شده است پخش می‌شود.

کد برنامه

زبان پیاده سازی: پایتون ۳

کتابخانه‌های استفاده شده: `scipy.io` ، `matplotlib` ، `numpy` و `playsound`

ابتدا سیگنال ورودی در متغیر `data` بارگذاری می‌شود. سپس فرکانس مربوط به شبکه‌ی رادیویی مورد نظر از کاربر دریافت می‌شود. در ادامه پردازش‌های ذکر شده در بخش پیش، روی سیگنال انجام شده و خروجی در فایلی به فرمت «mt+Cnt» ذخیره و پخش می‌شود.

کد برنامه در ادامه قابل مشاهده است:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.io import wavfile as wav
from playsound import playsound

print("Reading Signal. Please wait...")
path = "input/input.txt"
data = np.loadtxt(path)
print("Reading Finished")
amplification_factor = 4
cnt = 0
while True:
    w0 = int(input("Please select a frequency (96k,144k,288k,240k) : \n"))
    print("Processing...")
    N = 480000 #sampling_rate
    cosine_values = 0.5 * (np.exp(np.array([1j*i*w0*2*np.pi/N for i in range(len(data))])) +
                            np.exp(np.array([-1j*i*w0*2*np.pi/N for i in range(len(data))])))
    f = np.multiply(data,cosine_values)
    f = np.fft.fft(f)
    f *= amplification_factor

    for i in range(20000,len(f)-20000):
        f[i] = 0

    f = np.fft.ifft(f)
    file_name = 'mt' + str(cnt)+ '.wav'
    wav.write(file_name, N, f.astype(np.dtype('i2')))
    print("Done. Playing...")
    playsound(file_name)
    cnt += 1
    f = None
```

همچنین فرکانس‌های ذکر شده مربوط به شبکه‌های زیر است:

شبکه رادیویی	فرکانس (kHz)
آوا	۹۶
اقتصاد	۱۴۴
گفتگو	۲۸۸
فرهنگ	۲۴۰