

## Vježba 3. Frekvencijska analiza signala korištenjem DFT (3)

### Rezolucija

1. Dat je kontinualni signal  $x(t) = \cos 2\pi 800t + \cos 2\pi 888.8t + \cos 2\pi t 1600t$ . Odrediti diskretni signal dobijen diskretizacijom datog signala sa brzinom odmjera vanja  $F_s = 8\text{kHz}$ . Kolike su učestanosti dobijenog diskretnog signala?
2. Napisati program u MATLAB-u koji ćete koristiti za eksperimente sa uticajem različitih prozorskih funkcija na rezoluciju. Na početku definišite dužinu prozora, broj tačaka DFT i frekvencije komponenata signala.
3. Generisati 64 odmjerk a diskretnog signala i na osnovu njih nacrtati pseudorekonstrukciju kontinualnog signala, tj. nacrtati signal korištenjem naredbe `plot`. Vremensku osu označiti u sekundama.
4. Izračunati DFT dobijenog diskretnog signala bez dopunjavanja nulama. Nacrtati njegovu magnitudu korištenjem naredbe `plot`. Na apscisi označiti digitalnu frekvenciju (normalizovanu sa  $\pi$ ). Da li je moguće očekivati dobru aproksimaciju spektra diskretnog signala? Zašto? Da li dolazi do curenja spektra? Zašto? Da li je postignuta zadovoljavajuća rezolucija DFT?
5. Odrediti sada DFT istog diskretnog signala u 1024 i 2048 tačaka uz dopunjavanje nulama. Nacrtati amplitudni spektar datog signala (koristiti naredbu `plot`). Na apscisi označiti digitalnu frekvenciju (normalizovanu sa  $\pi$ ), a ordinata treba da bude u dB. Da li je moguće očekivati dobru aproksimaciju spektra diskretnog signala? Da li dolazi do curenja spektra? Zašto? Da li je postignuta zadovoljavajuća rezolucija DFT? Kako dopunjavanje nulama utiče na rezoluciju?
6. Zbog čega se javlja ograničena rezolucija DFT? Na koji način se rezolucija može povećati? Objasnjenja obrazložiti jednačinom za Furijeovu transformaciju diskretnog signala na koji je primijenjena prozorska funkcija. Kolika treba da bude minimalna dužina prozorske funkcije da bi se postigla zadovoljavajuća rezolucija?
7. Generisati sada 256 i 512 odmjerk a diskretnog signala i na osnovu njih nacrtati pseudorekonstrukciju kontinualnog signala, tj. nacrtati signal korištenjem naredbe `plot`. Vremensku osu označiti u sekundama.
8. Ponoviti tačke 4. i 5. za odmjerk e signala generisane u tački 7. Komentarisati uočene pojave.
9. Situacija opisana do sada može se posmatrati i kao primjena pravougaone prozorske funkcije na ulazni signal. U prethodnoj vježbi je pomenuto da se korištenjem drugih prozorskih funkcija može smanjiti uticaj curenja spektra. Ponoviti tačke 4-7 za Blekmenovu i Hemingovu prozorsku funkciju. Komentarisati uticaj prozorske funkcije na rezoluciju.

## **Spektralna analiza izgovorenog samoglasnika**

1. Korištenjem programa Sound Recorder (Start > Programs > Accessories > Entertainment > Sound Recorder) snimiti riječ SAT. Kreirati WAV fajl sa frekvencijom odmjeraanja od 8kHz i PCM kodovanjem korištenjem 16 bita.
2. Učitati snimljeni signal u MATLAB korištenjem funkcije `wavread`. Prikazati signal u vremenskom domenu korištenjem naredbe `plot`. Identifikovati intervale koji odgovaraju pojedinim glasovima. Formirati novi signal isijecanjem 512 odmjeraaka (64ms) samoglasnika A. Prikazati dobijeni signal u vremenskom domenu. Pošto se govorni signal za samoglasnike u prvoj aproksimaciji može modelirati izlazom iz filtra pobuđenog nizom impulsa, njegov talasni oblik je kvaziperiodičan sa periodom (fundamentalni – pitch period) od približno 10ms. Ova vrijednost je manja za ženske, a veća za muške glasove.
3. Uočiti kvaziperiodičnost dobijenog signala i približno odrediti njegov period u milisekundama.
4. Izračunati spektar ovog signala i prikazati njegov amplitudni spektar. Na apscisi treba da bude frekvencija u Hercima. Uočiti linijsku strukturu spektra sa izraženim vrhovima koja je posljedica kvaziperiodičnosti signala. Odrediti približan razmak između istaknutih vrhova u Hercima. Kakva je veza između ove vrijednosti i perioda iz tačke 3? FFT računati u 2048 tačaka uz dopunjavanje nulama.
5. Zadatak ponoviti za pravougaonu i Hemingovu prozorsku funkciju i uočiti razlike i sličnosti u rezultatima.
6. Rezonantne frekvencije vokalnog trakta nazivaju se formantne frekvencije ili formanti. Ove frekvencije, a time i spektralne karakteristike govornog signala zavise od oblika i dimenzija vokalnog trakta. Raspored formanata je jedinstven za svaki izgovoreni glas. U ovoj vježbi ilustrovaćemo raspored formanata za samoglasnik A. Formirati novi signal isijecanjem 64 odmjeraaka (8ms) samoglasnika A. Prikazati dobijeni signal u vremenskom domenu.
7. Izračunati spektar ovog signala i prikazati njegov amplitudni spektar. Na apscisi treba da bude frekvencija u Hercima. Koristiti Hemingovu prozorsku funkciju, a FFT računati u 2048 tačaka uz dopunjavanje nulama. Uočiti vrhove spektra koji odgovaraju rezonantnim (formantnim) frekvencijama.