COMP.SGN.100 Signaalinkäsittelyn perusteet,
Harjoitus 4, 24.-26.3.2021

1. (*Kynä & paperi*) Laske käsin lukujonon $x(n) = (5, 1, -1, 0)^T$ diskreetti Fourier-muunnos

2. (*Kynä & paperi*) Laske nopean Fourier-muunnoksen algoritmia jäljitellen jonon $x(n) = (-1, 3, 1, 0)$ diskreetti Fourier-muunnos. Voit käyttää hyväksi tietoa, että lukujonon $(-1, 1)$ DFT on $(0, -2)$ ja lukujonon $(3, 0)$ DFT on $(3, 3)$.

3. (*Matlab*) Generoi yhden sekunnin mittainen signaali, jonka taajuus on 2000 Hz, kun näytteenottotaajuus on 16000 Hz. Laske signaalin DFT Matlabin komennolla `fft` ja tulosta ruudulle sen itseisarvojen kuvaaja. (`help fft, help plot, help abs`). Kuviossa pitäisi erottua selvä piikki vaaka-akselin kahdessa kohdassa. Piikki vastaa taajuutta 2000 Hz.

4. (*Matlab*) Vertaillaan tässä ja seuraavassa tehtävässä DFT:n ja FFT:n laskenta-aikoja.

   (a) Toteuta funktio `dft(x)`, joka toimii kuten `fft(x)` mutta laskee tuloksen suoraan matriisikertolaskulla. Toteutuksessa on kaksi vaihetta: (1) muodosta Fourier- muunnosmatriisi ja (2) kerro syötevektori `x` sillä vasemmalta. Fourier-muunnoksen matriisin voi luoda komennolla

   ```
   F=exp(-2*pi*1i*(0:N-1)'*(0:N-1)/N);
   ```

   Muuttuja `N` tarkoittaa vektorin `x` dimensiota, jonka saat `length`-funktiolla.

   (b) Varmista että `dft` ja `fft` antavat saman tulokset esim. vektorilla $x = [1, 2, 3, 4]$.

5. (*Matlab*) Tutki kauanko näiden kahden funktion suorituksessa kuluu aikaa.

   (a) Testaa ensin molempia yksittäisellä 1024-dimensioisella vektorilla 1024 `x=rand(1024,1)`. Saat suoritusajan `tic/toc` -yhdistelmällä:

   ```
   tic(); % Käynnistää kellon
   X=dft(x); % Suorittaa laskennan
   elapsed_time=toc(); % Pysäyttää kellon
   ```

   (b) Laita laskenta `for`-silmukan sisään ja tee sama laskenta 100 kertaa paremman tarkkuuden saamiseksi.

   (c) Laita 100-kertainen laskenta edelleen toisen silmukan sisään, jossa teet testit dimensioille $N = 32, 64, 128, 256, 512, 1024$.

   (d) Piirrä kuvaajat ajankäytöstä fft:lle ja dft:lle.