

TSKS10 - Laborationsrapport  
*Signaler, Information och Kommunikation*

Niklas Pettersson  
nikpe353@student.liu.se  
930921-9211

13 maj 2016

# 1 Inledning

Syftet med denna rapport var att, med hjälp av IQ-demodulering, demodulera en signal som en radiostation sänt ut. Signalen var sig en ljudfil som skulle representera denna radiostation. Efter att demodulering skett så skulle det ljud som signalen innehöll lyssnas på för att urskilja de två olika melodierna, ordspråken och det vita bruset. Utöver detta skulle även bärfrekvensen bestämmas samt hur stor tidsfördröjningen för ekot var.

Följande information är given sedan innan:

- Signalen som sänds ut från radiostationen är  $x(t) = x_I(t)\cos(2\pi f_c t) - x_Q(t)\sin(2\pi f_c t) + z(t)$ .  $f_c$  är bärfrekvensen för signalen,  $z(t)$  är en signal ämnad åt någon annan och  $x_I$  samt  $x_Q$  är de intressanta signalerna.
- Signalen som tas emot är  $y(t) = x(t - \tau_1) + 0.9x(t - \tau_2)$ . Detta beror på eko effekter enligt figur (ref).
- Signalens bärfrekvens  $f_c$  är en multipel av 19 kHz.
- Sampelfrekvensen för den mottagna signalen är  $f_s = 400000$  Hz.

Problemet löstes med hjälp av verktyget MATLAB.

## 2 Metod

### 2.1 Filtrering av signaler och bärfrekvens

För att få ut bärfrekvens  $f_c$  tas signalens fouriertransform först fram. Genom att rita ut denna, se figur 1, så kan ett antal olika bärfrekvenser utläsas.

Dessa bärfrekvenser, som är en multipel av 19 kHz, är:

- $f_{c1} = 76$  kHz.
- $f_{c1} = 114$  kHz.
- $f_{c1} = 152$  kHz.

Vid dessa frekvenser (se figur 1) finns signaler som filtreras ut med hjälp utav ett bandpassfilter. Övre och undre gränserna för detta filter tas fram genom att, återigen, läsa av frekvensen där signalen börjar respektive slutar.

Vad som kan utläsas i figur 2, som visar de utfiltrerade signalerna i tidsdomänen, är att signal 2 och 3, kallade *filtered<sub>2</sub>* och *filtered<sub>3</sub>* i koden (rubrik 4), är vitt brus respektive brus. Signalen *filtered<sub>1</sub>* ser ut att innehålla någon

form av information, något som skulle kunna vara en melodi, tal och slutligen brus.

### 2.2 Ekoreducering

Då signalen innehåller eko så behövs detta reduceras för att innehållet skall gå att urskilja. För att göra detta behövs tidsfördröjningen på ekot tas fram. Detta görs genom att använda sig av korskorrelation på signalen. Då *filtered<sub>2</sub>*, signalen med vitt brus, är en vågform som lämpar sig bra för detta så används denna signal vid korskorrelationen.

Figur 3 visar hur huvud- och sidtoppen hos signalen ligger vid  $t = 0$  respektive  $t = 0.410$  sekunder. Detta betyder alltså att tidsfördröjningen för ekot är  $\tau = \tau_1 - \tau_2 = 0.410$  sekunder. Med denna information kan ekot nu reduceras.

Signalen *filtered<sub>1</sub>* används för att få fram signalen utan eko,  $y'$ . Detta görs med formeln  $y'(t) = y(t) - 0.9y'(t - \tau)$  där  $y = \text{filtered}_1$ . Genom att subtrahera 90% av elementet vid index 0 för elementet vid index  $f_s * \tau = 164000$  så elimineras ekot. Detta utförs sedan på alla element tills ekot inte längre finns i en loop (se avsnitt 4).

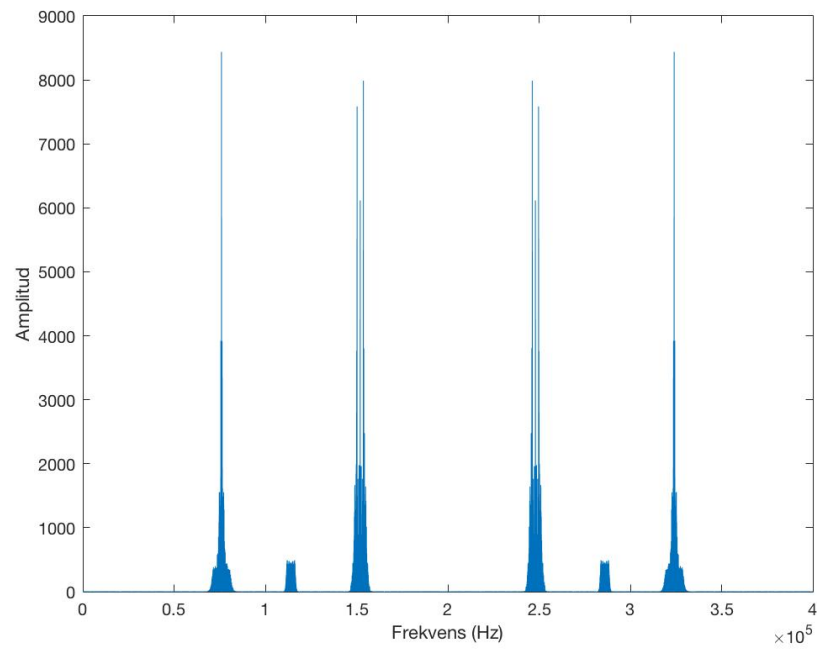
### 2.3 IQ-demodulering

Efter att vi tagit fram bärfrekvensen och reducerat ekot från signalen kan vi nu IQ-demodulera den för att lyssna efter relevant information. Detta görs med hjälp utav formlerna  $x_I(t) = H_{B/2}^{LP}\{2x(t)\cos(2\pi f_c t)\}$  och  $x_Q(t) = -H_{B/2}^{LP}\{2x(t)\sin(2\pi f_c t)\}$ .  $x(t)$  är, i vårt fall,  $y'$  och  $f_c$  bärfrekvensen för *filtered<sub>1</sub>*, vilket är  $f_c = f_{c1} = 76$  kHz.  $B$  är i ekvationen 18 kHz. Signalerna  $x_I(t)$  och  $x_Q(t)$  är nu filtrerade och innehåller hörbart ljud. Efter en snabb ljustering av faser, för att tydligare höra på de båda så kan en melodi, ett talespråk och ett brus höras.

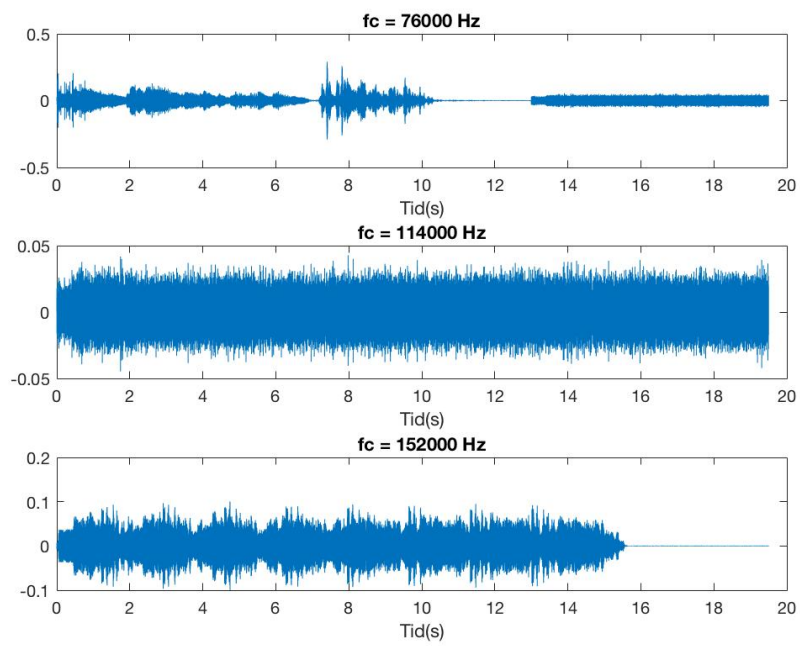
## 3 Resultat

Informationen som utläses i figurer, kod och ljudfiler resulterade i följande:

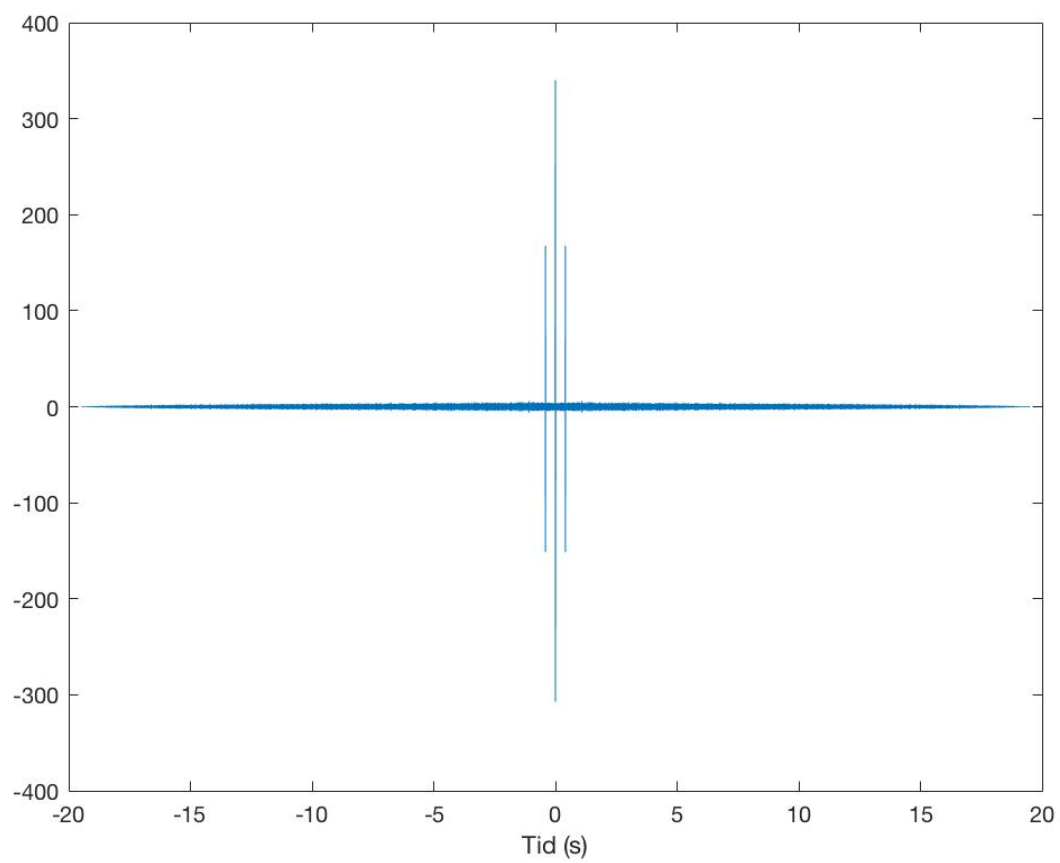
1. Den sökta signalens bärfrekvens är  $f_c = 76000$  Hz.
2. Fördröjningstiden för ekot,  $(\tau_2 - \tau_1)$ , är 0.410 s
3. Ordspråken som nämns i respektive signaler är "Den som ger sig in i leken får leken tåla" ( $x_I$ ) och "I krig och kärlek är allt tillåtet" ( $x_Q$ ).



Figur 1: Amplitudspektrum



Figur 2: Signalerna i tidsdomänen



Figur 3: Korskorrelation

## 4 Kod

```
filename = 'signal-nikpe353.wav';
[data, fs] = audioread(filename);
DATA = fft(data);
absDATA = abs(DATA);
l = length(data);
fAxis=((0:fs/l:(fs)-(fs/l)));
figure(1);
plot(fAxis, absDATA);
xlabel('Frekvens (Hz)');
ylabel('Amplitud');

% läs ut frekvenserna i figuren
cut1_left = 72000;
cut1_right = 80000;
cut2_left = 110000;
cut2_right = 118000;
cut3_left = 148000;
cut3_right = 156000;

fc_1 = 76000;
fc_2 = 114000;
fc_3 = 152000;

t_axis = linspace(0, 19.5, l);
[B,A] = butter(2,[cut1_left/(fs/2),
cut1_right/(fs/2)]);
[D,C] = butter(2,[cut2_left/(fs/2),
cut2_right/(fs/2)]);
[F,E] = butter(2,[cut3_left/(fs/2),
cut3_right/(fs/2)]);
filtered_1 = filter(B,A,data);
filtered_2 = filter(D,C,data);
filtered_3 = filter(F,E,data);
figure(2);
subplot(3,1,1);
plot(t_axis, filtered_1);
title('fc = 76000 Hz');
xlabel('Tid(s)');
subplot(3,1,2);
plot(t_axis, filtered_2);
```

```
title('fc = 114000 Hz');
xlabel('Tid(s)');
subplot(3,1,3);
plot(t_axis, filtered_3);
title('fc = 152000 Hz');
xlabel('Tid(s)');

% hitta delay med hjälp av cross-correlation
av vitt brus
[ccorr, lagg] = xcorr(filtered_2);
figure(5);
plot(lagg/fs, ccorr);
xlabel('Tid (s)');

tau = 0.41; % läst från figuren, tau
är 0.41s
difference = tau * fs; % sampel differens
bw = 18000; % bandbredd utläst från
signal

y = zeros(size(filtered_1));
echo_samples = (fs * tau);
y(1:echo_samples) = filtered_1(1:echo_samples);

for n = (echo_samples+1:l)
    y(n) = filtered_1(n) - 0.9*y(n -
echo_samples);
end

[B, A] = butter(10, bw/(fs/2), 'low');
i_c = cos(2*pi*fc_1*t_axis + 0.4)';
q_c = sin(2*pi*fc_1*t_axis + 0.4)';

yi = filter(B,A, 2*y.*i_c);
yq = -filter(B,A, 2*y.*q_c);

i = decimate(yi, 4); % "den som ger
sig in i leken får leken tåla"
q = decimate(yq, 4); % "i krig och
kärlek är allt tillåtet"
```