

TSKS10 - Laborationsrapport
Signaler, Information och Kommunikation

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

2 juni 2016

1 Inledning

Syftet med denna laboration var att, med hjälp av I/Q-demodulering, demodulera en signal som en radiostation sänt ut. Signalen var en ljudfil som skulle representera denna radiostation och efter att demodulering skett så skulle det ljudet, som signalen innehöll, lyssnas på för att urskilja de två olika melodierna, ordspråken och vitt brus. Utöver detta skulle även bärfrekvensen bestämmas samt hur stor tidsfördröjningen för ekot var.

Följande information var given sedan innan:

- Signalen som sändes ut från radiostationen var $x(t) = x_I(t)\cos(2\pi f_c t) - x_Q(t)\sin(2\pi f_c t) + z(t)$. f_c var bärfrekvensen för signalen, $z(t)$ var en signal ämnad åt någon annan och x_I samt x_Q var de intressanta signalerna.
- Signalen som togs emot var $y(t) = x(t - \tau_1) + 0,9x(t - \tau_2)$.
- Signalens bärfrekvens f_c var en multipel av 19 kHz.
- Sampelfrekvensen för den mottagna signalen var $f_s = 400000$ Hz.

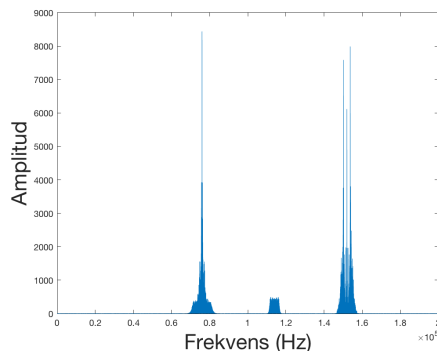
Problemet löstes med hjälp av verktyget MATLAB.

2 Metod

2.1 Framtagning av bärfrekvens och filtrering av signaler

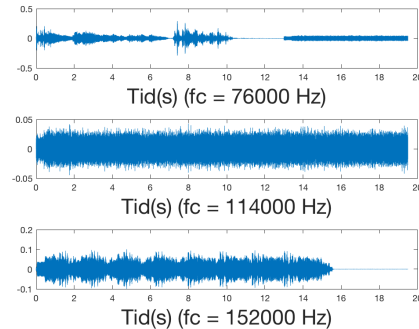
För att få ut bärfrekvens f_c togs signalens fouriertransform först fram. Genom att rita ut denna, se figur 1, så kunde ett antal olika bärfrekvenser utläsas. Dessa bärfrekvenser var:

- $f_{c1} = 76$ kHz.
- $f_{c2} = 114$ kHz.
- $f_{c3} = 152$ kHz.



Figur 1: Amplitudspektrum

Vid dessa frekvenser (se figur 1) fanns signaler som filtrerades ut med hjälp utav ett bandpassfilter. Övre och undre gränserna för detta filter togs fram genom att, återigen, läsa av frekvensen där signalen började respektive slutade.

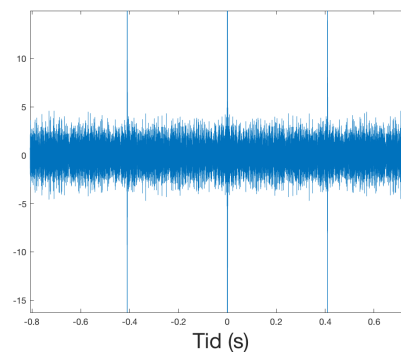


Figur 2: Signalerna i tidsdomänen

Vad som kunde utläsas i figur 2, som visar de utfiltrerade signalerna i tidsdomänen, var att signal 2 och 3, kallade s_2 och s_3 i koden (rubrik 4), inte innehöll någon relevant information. Signalen s_1 såg dock ut att innehålla någon form av information, något som skulle kunna vara en melodi, tal och slutligen brus.

2.2 Ekoreducering

Då signalen innehöll eko så behövdes detta reduceras för att innehållet skulle gå att urskilja. För att göra detta behövdes tidsfördröjningen på ekot tas fram, vilket gjordes genom att använda sig av autokorrelation på signalen. Då s_2 var en vågform som lämpade sig bra för detta så användes denna signal vid autokorrelationen.



Figur 3: Autokorrelation

Figur 3 visar hur huvud- och sidtoppen hos signalen låg vid $t = 0$ respektive $t = 0,410$ sekunder. Detta betydde alltså att tidsfördröjningen för ekot var $\tau = \tau_2 - \tau_1 = 0,410$ sekunder. Med denna information kunde ekot nu reduceras.

Signalen s_1 användes för att få fram signalen utan eko, y' . Detta gjordes med formeln $y'(t) = y(t) - 0,9y'(t - \tau)$ där $y = s_1$. Genom att subtrahera 90% av elementet vid index 0 till elementet vid index $f_s \tau = 164000$ så reducerades ekot vid det elementet. Detta utfördes sedan på alla element i en följd så att 90% av elementet vid $0 + i$ subtraherades ifrån elementet vid index $164000 + i$ (där $i = 0, \dots, 7636000$, se avsnitt 4).

2.3 IQ-demodulering

Efter att bärfrekvensen hade tagits fram, och ekot reducerats, kunde nu signalen IQ-demoduleras för att lyssnas på och därmed ta fram den sökta informationen. Detta gjordes med hjälp utav formeln $x_I(t) = H_{B/2}^{LP}\{2y' \cos(2\pi f_c t + \delta)\}$ och $x_Q(t) = -H_{B/2}^{LP}\{2y' \sin(2\pi f_c t + \delta)\}$. f_c var bärfrekvensen för s_1 , vilket var $f_c = f_{c1} = 76$ kHz och B var 18 kHz. I formeln var δ den fasförskjutning som lades till för att ljudet skulle bli hörbart, eftersom att fördröjningen τ_1 resulterade i en fasvridning. Värdet på detta δ testades fram ur intervallet $0 < \delta < \pi/2$ tills informationen i signalen kunde urskiljas.

3 Resultat

Informationen som kunde urskiljas i figurer, kod och ljudfiler resulterade i följande:

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

4 Kod

```
filename = 'signal-nikpe353.wav';
[data, fs] = audioread(filename);
DATA = fft(data); %DTF for data
absDATA = abs(DATA);
l = length(data);
fAxis=(0:fs/l:(fs)-(fs/l)); %skalar
x-axeln efter sampellängd
figure(1); %skapar figur 1
plot(fAxis(1:length(fAxis)/2),
absDATA(1:length(absDATA)/2));
xlabel('Frekvens (Hz)', 'fontsize', 24);
ylabel('Amplitud', 'fontsize', 24);

cut1_left = 72000;
cut1_right = 80000;
```

```
cut2_left = 110000;
cut2_right = 118000;
cut3_left = 148000;
cut3_right = 156000;
fc_1 = 76000; %utlästa i figuren
fc_2 = 114000;
fc_3 = 152000;

t_axis = linspace(0, 19.5, 1);
[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)]);
s_1 = filter(B,A,data);
s_2 = filter(D,C,data);
s_3 = filter(F,E,data);
figure(2);
subplot(3,1,1);
plot(t_axis, s_1);
xlabel('Tid(s) (fc = 76000 Hz)', 'fontsize', 24);
subplot(3,1,2);
plot(t_axis, s_2);
xlabel('Tid(s) (fc = 114000 Hz)', 'fontsize', 24);
subplot(3,1,3);
plot(t_axis, s_3);
xlabel('Tid(s) (fc = 152000 Hz)', 'fontsize', 24);

[acorr, lagg] = xcorr(s_2);
figure(3);
plot(lagg/fs, acorr);
xlabel('Tid (s)', 'fontsize', 24);

tau = 0.41; % 1?st fr?n figuren, tau
?r 0.41s
difference = tau * fs; % sampel differens
bw = 18000; % bandbredd utl?st fr?n
signal

y = zeros(size(s_1));
echo_samples = (fs * tau);
y(1:echo_samples) = s_1(1:echo_samples);
for n = (echo_samples+1:l)
    y(n) = s_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 + 0.8);
q_c = sin(2*pi*fc_1*t_axis + 0.8);
yi = filter(B,A, 2*y.*i_c);
yq = -filter(B,A, 2*y.*q_c);
i = decimate(yi, 4);
q = decimate(yq, 4);
```