

# Laborationsrapport i TSKS10 *Signaler, Information och Kommunikation*

Rolf Sievert  
rolsi701, 199604128976

2018-05-18

## 1 Inledning

Denna laborations syfte var att demodulera en I/Q-modulerad signal, samt bestämma ett antal värden. Signalen hade även behandlats av ett filter. Utseendet för signalen  $y(t)$  såg ut som följande:

$$y(t) = x(t - \tau_1) + 0,9x(t - \tau_2)$$

Där  $x(t)$  gavs av

$$x(t) = x_I(t) \cos(2\pi f_c t) - x_Q(t) \sin(2\pi f_c t) + w(t) + z(t)$$

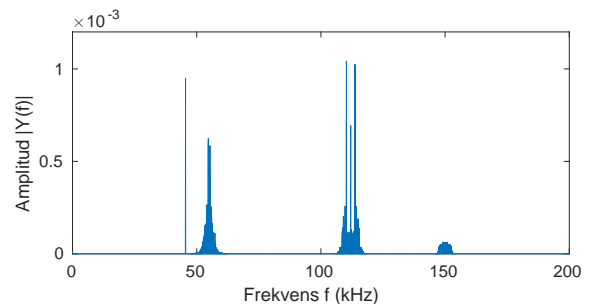
Där  $f_c$  är bärfrekvensen,  $x_Q$  och  $x_I$  innehåller en melodi samt ett ordspråk,  $w(t) = 0.001(\cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t))$ , och  $z(t)$  som är en summa av I/Q-modulerade signalen på andra bärfrekvenser.

$f$  var någon av frekvenserna 17, 36, 55, 74, 93, 112, 131, 150 kHz.  $f_1$  och  $f_2$  är multiplar av 1 Hz och är inte närliggande till någon av de tillåtna bärfrekvenserna.  $\tau_2$  är större än  $\tau_1$  och  $\tau_2 - \tau_1 < 500$  ms och  $\tau_2 - \tau_1$  är en multipel av 1 ms. Bestäm ordspråken från den I/Q-modulerade signalen samt fasvridningen som uppstår.

## 2 Metod

### 2.1 Bärfrekvens

För att ta reda på bärfrekvensen testades varje möjlig bärfrekvens given från uppgiften. Detta gjordes genom att bandpassfiltrera signalen  $y(t)$  vid de olika frekvenserna och sedan lyssna på den filtrerade signalen. Bärfrekvensen vid 55 Hz visade sig innehålla en melodi följt av tal. Se Figur 1 för amplitudspektrat av  $Y(f)$ .



Figur 1: Amplitudspektrum för signalen  $y(t)$  i frekvensdomän

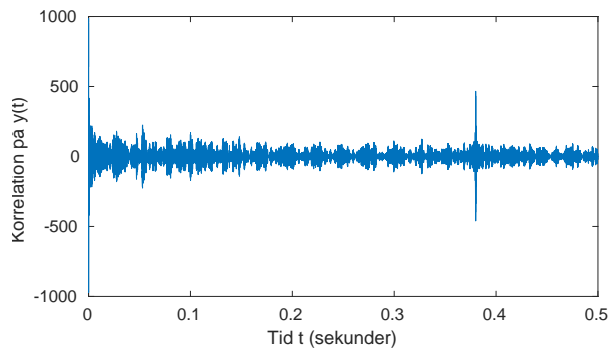
### 2.2 Hitta $f_1$ och $f_2$

Signalen  $w(t)$  var konstruerad med två cosinusvågor. Dessa är dirac-pulser i frekvensdomän. För att hitta dessa frekvenser söktes två närliggande (avstånd 1 Hz) dirac-pulser i grafen för frekvensdomänen hos  $y(t)$ . Dessa hade frekvenserna 45500 Hz och 45501 Hz.

### 2.3 Eko

För att hitta  $\tau_2 - \tau_1$  beräknades korrelationen av  $y(t)$  till sig självt. Eftersom signalen innehöll ett eko betydde det att den hade åtminstone två maxpunkter i intervallet 0 till 0.5 sekunder (0.5 sekunder eftersom  $\tau_2 - \tau_1 < 500$  ms). Den första maxpunkten var vid 0 sekunder eftersom då överlappar signalen sig självt till 100%. Den andra maxpunkten befann sig vid ekotiden (0.38 sekunder) därför att

vid den tidpunkten var signalen ganska lik sig själv vid förskjutning 0.38 sekunder. Se Figur 2 för grafen bildad från korrelationen på  $y(t)$ .



Figur 2: Amplitudspektrum för utsignalen  $y(t)$

För att bli av med ekot användes delen av signalen som var opåverkad, d.v.s innan 0.38 sekunder. Eftersom signalen hade eko med styrka 0.9 av  $x(t)$  vid tiden  $t+0.38$  kunde värdet av  $0.9y(t)$  subtraheras från  $y$  vid tiden  $t+0.38$ . När denna metod hade utförts vid alla tidpunkter innehållande eko, kunde signalen åhöras utan eko.

## 2.4 Demodulation

För att kunna höra meddelandet behövdes signalen demoduleras. Detta gjordes med hjälp utav formeln på sida 28 i *Signals, Information and Communications*, skriven av Erik G. Larsson:

$$X_I(t) = H_{B/2}^{LP}\{2x(t) \cos(2\pi f_c t)\}$$

$$X_Q(t) = -H_{B/2}^{LP}\{2x(t) \sin(2\pi f_c t)\}$$

Där  $X_I(t)$  och  $X_Q(t)$  är I- respektive Q-delen i den demodulerade signalen.  $H_{B/2}^{LP}$  står för ett lågpasfilter med skärfrekvens  $B/2$ .

På grund av tidsskillnaden hos  $x(t)$  relativt  $y(t)$  bildades en fasvridning. Denna var given i uppgiften att vara mellan 0 och  $\pi/2$ . Detta värde testades fram genom att lyssna på signalen. När signalen lät bra kunde det antas att fasvridningen var funnen. Därefter kunde innehållet från  $X_I$  och  $X_Q$

## 3 Resultat

Den sökta informationen är:

- Bärfrekvensen för nyttosignalen är  $f_c = 55kHz$
- $f_1 = 45500$  Hz och  $f_2 = 45501$  Hz
- $\tau_1 - \tau_2$  är 0.38 sekunder
- Fasförskjutningen är  $\pi/4$ .
- Ordspråk från  $X_I$ : Friskt kopplat är hälften brunnet
- Ordspråk från  $X_Q$ : Små grytor har också öron

## Min Matlab-kod:

```
%% Load and plot signal
filename = 'signal-rolsi701.wav';
[y, Fs] = audioread(filename);

L = length(y);
T = 1/Fs;

% Plot in time domain
t = (0:L-1)*T;
plot(t, y);
xlabel('t(s)');
ylabel('y(t)');

%% Transform and plot
Y = fft(y);
Y_shift = fftshift(Y);
Y_abs = abs(Y_shift/L);

f1 = 45500;
f2 = 45501;

f = 10^-3 * Fs*(1:L/2)/L;
plot(f, Y_abs(L/2+1:end));
xlabel('Frekvens_f(kHz)');
ylabel('Amplitud_|Y(f)|');

%% Apply filter to signal and plot
carry_f = 55*10^3;
B=10000;
cutoff = [carry_f - ...
          B/2 carry_f + ...
          B/2] / ...
          (Fs/2);
[b, a] = butter(3, cutoff, 'bandpass');
IQ = filter(b, a, y);

t = (0:L-1)*T;
plot(t, IQ);
xlabel('t(s)');
ylabel('y(t)');

%% Remove eco
[corr, lags] = xcorr(IQ);
```

```
% Times T because xcorr returns samples
plot(lags*T, corr);
xlim([0 0.5]);
xlabel('Tid_t(sekunder)');
ylabel('Korrelation_pay(t)');

eco_t = 0.38;
eco_s = eco_t*Fs;

for index = (1:L-1 - eco_s)
    IQ(index + eco_s) = ...
        IQ(index + eco_s) - ...
        0.9*IQ(index);
end

%% IQ
% Bandwidth in samples
B_s = B/Fs;
[b, a] = butter(3, B_s, 'low');
phase_shift = pi/4;
I = filter(b, a, 2*IQ.* ...
          cos(2*pi*carry_f*t' + ...
          phase_shift));
Q = -filter(b, a, 2*IQ.* ...
          sin(2*pi*carry_f*t' + ...
          phase_shift));

%% Sample down and play
scale = 43;
Q_sound = downsample(Q, scale);
I_sound = downsample(I, scale);
%%
soundsc(Q_sound, Fs/scale);
%%
soundsc(I_sound, Fs/scale);
```