

Laborationsrapport i TSKS10 *Signaler, Information och Kommunikation*

David Wiman
davwi279, 000120-8495

5 juni 2022

1 Inledning

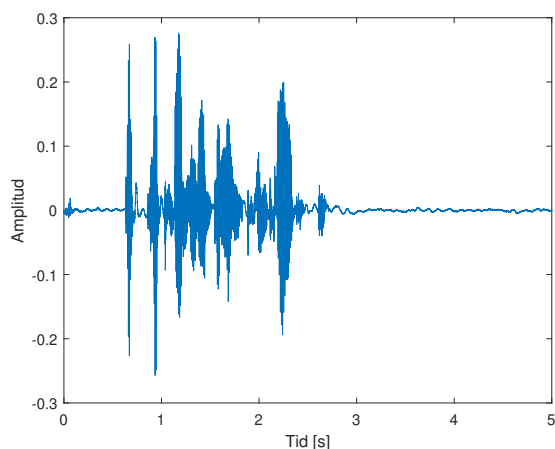
Denna laboration gick ut på att förmedla två ljudfiler över en given kanal, från en sändare till en mottagare, via I/Q-modulering. Förutom den givna kanalen gavs även specifikationer på vilket frekvensband som kommunikationen skulle ske på. Målet med laborationen var dels att de mottagna signalerna skulle vara väsentligen lika de skickade, trots att kanalen introducerade både en tidsfördröjning och skalning, och dels att bestämma tidsfördröjningen och skalningen. De givna variablerna var;

- $f_1 = 75$ kHz
- $f_2 = 95$ kHz
- $B = 5$ kHz

där f_1 och f_2 är undre respektive övre gränshänsfrekvens i det givna frekvensbandet och B är den ungefärliga bandbredden hos de signaler som ska skickas.

2 Metod

Uppgiften löstes genom att först läsa in de två ljudfilerna och spara dessa i vektorer, $x_I(t)$ och $x_Q(t)$. $x_Q(t)$ kan ses plottad i figur 1.

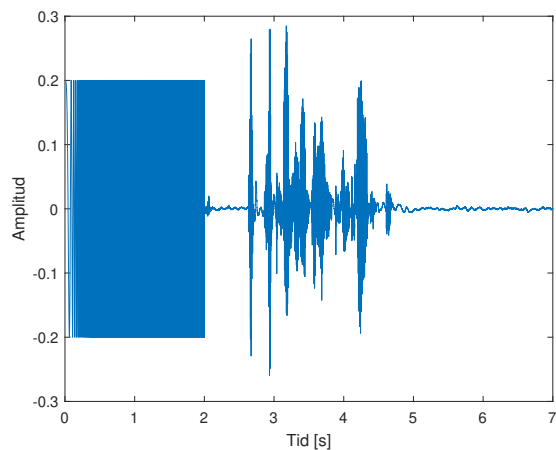


Figur 1: $x_Q(t)$ plottad mot tid.

När filerna lästes sparades även samplingsfrekvensen $f_s = 20$ kHz. Signalerna $x_I(t)$ och $x_Q(t)$ upsamplas sedan till 400 kHz. Lågpasfilter som användes för att

undvika vikning var ett FIR-filter av ordning 200 med gränshänsfrekvens 9,17 kHz. Gränshänsfrekvensen hittades genom att utgå från dubbla bandbredden (10 kHz) och sedan minska tills dess att den skickade signalen inte störde några andra frekvensband än det tilldelade. Ett FIR-filter introducerar också en fördröjning motsvarande halva ordningstalet sampel, alltså behövde signalerna förskjutas 100 sampel efter filtreringen. Detta gjordes efter alla filtreringar i laborationen.

För att senare kunna avgöra fördröjning och skalning lades en känd pulsform, en chirp, till i början på den ena signalen, $x_Q(t)$, samtidigt som den andra görs lika lång fast med nollor. En chirp är en sinusvåg vars frekvens ökar med tiden. Chirpen gjordes två sekunder (40000 sampel) lång med en slutfrekvens på 500 Hz och amplitud 0,2. $x_Q(t)$ med chirp kan ses i figur 2.



Figur 2: $x_Q(t)$ med initial chirp.

Därefter kunde $x_I(t)$ och $x_Q(t)$ moduleras med bärfrekvensen f_c , som definierades som mittpunkten i det givna frekvensbandet, alltså 85 kHz, och bilda signalen $x(t)$, enligt

$$x(t) = x_I(t) \cos(2\pi f_c t) - x_Q(t) \sin(2\pi f_c t).$$

Signalen $x(t)$ passerade sedan genom den givna kanalen där den tidsfördröjdes och skalades. Utsignalen från kanalen, $y(t)$, bandpassfilterades sedan från det givna frekvensbandet. Detta inkluderade att kompensera för fördröjningen filtert introducerade. Bandpassfiltert som användes var också ett FIR-filter av ordning 200

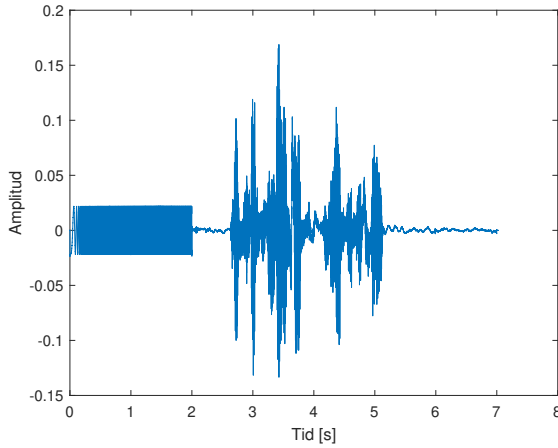
men med gränsfrekvenserna f_1 och f_2 . Därefter demodulerades $y(t)$, enligt

$$z_I(t) = \mathcal{H}_{20\text{ kHz}}^{LP}\{2y(t) \cos(2\pi f_c t)\}$$

och

$$z_Q(t) = \mathcal{H}_{20\text{ kHz}}^{LP}\{-2y(t) \sin(2\pi f_c t)\}.$$

Till demoduleringen användes samma bärvåg som användes till att modulera x_I och x_Q och ett lågpasfilter av FIR-typ. Filterordningen var 200 och gränsfrekvensen 20 kHz. Detta filter betecknas med $\mathcal{H}_{20\text{ kHz}}^{LP}$. Gränsfrekvensen hittades genom upprepade tester. $z_Q(t)$ kan ses i figur 3.



Figur 3: $z_Q(t)$ före tidskompensering och skalning.

Efter detta räknades korrelationen mellan $z_I(t)$ och chirpen samt $z_Q(t)$ och chirpen ut. Utifrån detta hittades det sampel där korrelationen var som störst. Detta sampels index tillsammans med den kända tiden mellan varje sampel ($2,5 \mu\text{s}$) gav tidsförskjutningen τ . När τ var bestämd så komparerades $y(t)$ för tidsförskjutningen för att sedan demoduleras på samma sätt som tidigare.

Därefter beräknades skalningen A genom att bestämma korrelationen mellan den delen av $z_Q(t)$ som innehöll chirpen och den oskalade chirpen samt autokorrelationen av den oskalade chirpen. Sedan dividerades det till beloppet största värdet av den förstnämnde med det till beloppet största värdet av den sistnämnde för att bestämma A. Detta enligt definitionerna av korskorrelation $r_{x,y}(\tau)$ och autokorrelation $r_x(\lambda)$,

$$r_{x,y}(\tau) = A \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t - \tau) dt$$

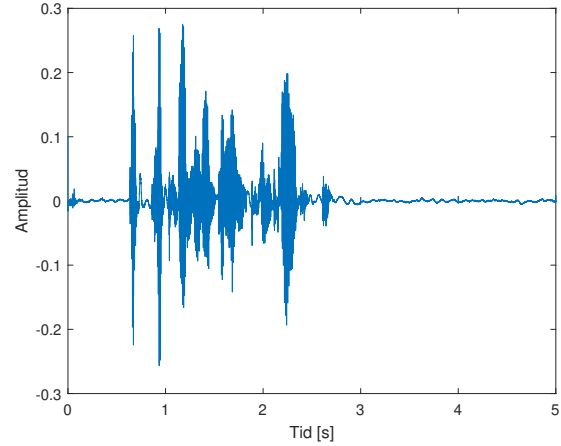
och

$$r_x(\lambda) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t - \lambda)x(t) dt,$$

där $x(t)$ är den sända signalen och $y(t)$ är den mottagna signalen. Sedan skalades $z_I(t)$ och $z_Q(t)$ med inversen av A och de inledande nollorna respektive chirpen togs bort. Till sist nedsamplades $z_I(t)$ och $z_Q(t)$ med samma

faktor som de uppsamplades med, 20, och begränsades till samma längd som signalerna $x_I(t)$ och $x_Q(t)$. $z_Q(t)$ såg då ut som i figur 4. För att avgöra om $z_I(t)$ och $z_Q(t)$ var väsentligen lika $x_I(t)$ och $x_Q(t)$ så räknades respektive signal-brus-förhållande i dB ut, SNR_{z_I} och SNR_{z_Q} . Dessa skulle enligt specifikation vara över 25 dB.

$$SNR_{z_I} = 20 \log_{10} \left(\frac{\|x_I(t)\|}{\|z_I(t) - x_I(t)\|} \right)$$



Figur 4: $z_Q(t)$ efter tidskompensering och skalning.

3 Resultat

De mottagna signalerna var väsentligen lika de skickade, SNR_{z_I} och SNR_{z_Q} var 37,82 respektive 32,75 dB, och endast det tillåtna frekvensbandet användes. Dessutom bestämde mottagaren både tidsfördröjningen och skalningen som kanalen gav upphov till.

Den sökta informationen:

- Kanals tidsfördröjning var $\tau = 185,00 \mu\text{s}$
- Kanals skalning var $A = 0,7$