

Laboration i TSKS10

VT-2018

Den här laborationen går ut på att demodulera en smalbandig, I/Q-modulerad signal som har passerat ett delvis okänt filter. Signalen, när den är korrekt demodulerad, innehåller hörbara signaler. Uppgiften är att ta reda på filterparametrarna, inversfiltrera och demodulera signalen.

Scenario

Du lyssnar på en radiostation som sänder ut signalen

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

där de ingående variablerna har följande innebörd:

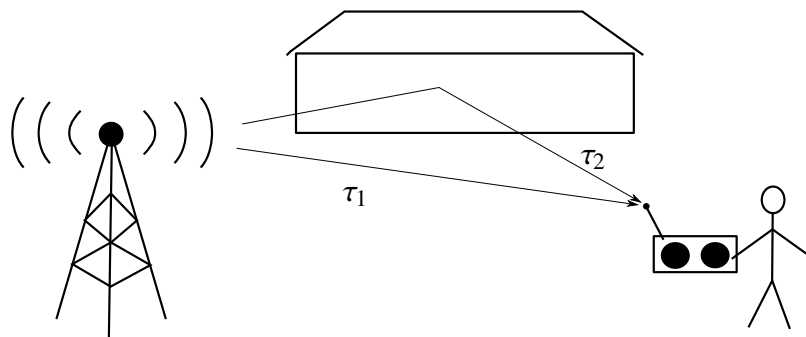
- f_c är en bärfrekvens.
- $x_I(t)$ och $x_Q(t)$ är meddelanden som Du är intresserad av. De innehåller ljud enligt följande:
 - den första halvan av $x_I(t)$ och $x_Q(t)$ innehåller två olika (och något olika långa) melodier,
 - den andra halvan av $x_I(t)$ och $x_Q(t)$ innehåller två olika ordspråk.
- $w(t) = 0.001(\cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t))$ är avsedd för att bestämma $\tau_2 - \tau_1$ som beskrivs nedan. De två frekvenserna f_1 och f_2 är närliggande.
- $z(t)$ är en summa av I/Q-modulerade signaler som radiostationen sänder ut samtidigt på andra bärfrekvenser, och som är ämnade åt någon annan.

Ekoeffekter i radioutbredningsmiljön (som vi kommer att behandla mer i detalj senare i kursen) gör att Du tar emot signalen

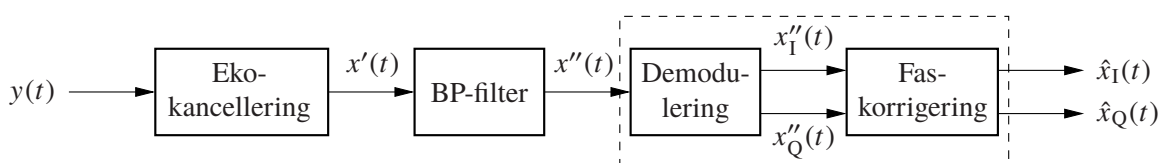
$$y(t) = x(t - \tau_1) + 0,9x(t - \tau_2),$$

där τ_1 och τ_2 är två konstanter. Det skulle kunna se ut som i Figur 1, där mottagaren hör en signal som har gått raka vägen från sändaren och en överlagrad signal som tagit en lite längre väg, eftersom den har reflekterats mot en husvägg. Du har spelat in signalen $y(t)$,

först låpassfilterat med ett idealt låpassfilter så att viking undviks och sedan samplat med samplingsfrekvens 400 kHz, och sparat den i formatet wav. Det är en sådan fil du har att utgå ifrån i denna laboration.



Figur 1: Scenario.



Figur 2: Lämplig mottagarstruktur.

Uppgift

En lämplig mottagarstruktur ser du i figur 2. Eventuellt kan faskorrigeringen ske i själva demoduleringen. I de olika blocken behöver du använda dig av olika parametrar. Därför behöver du utifrån $y(t)$ göra följande:

1. Ta reda på bärfrekvensen f_c . Denna är initialt okänd, men är någon av följande frekvenser: 17, 36, 55, 74, 93, 112, 131, 150 kHz.
2. Ta reda på frekvenserna f_1 och f_2 i delsignalen $w(t)$. De är båda multiplar av 1 Hz, och ligger inte i närheten av någon av de tillåtna bärfrekvenserna.
3. Ta reda på differensen $\tau_2 - \tau_1$. Tidsfördröjningarna τ_1 och τ_2 är initialt helt okända. Det är dock känt att $\tau_2 > \tau_1$, att $\tau_2 - \tau_1 < 500$ ms samt att $\tau_2 - \tau_1$ är en multipel av 1 ms. Differensen $\tau_2 - \tau_1$ ska identifieras med denna precision.
4. I/Q-demodulera signalen, lyssna på ordspråken och skriva ner dem. (Melodierna behöver inte identifieras.) I samband med detta kommer du att behöva filtrera signalen, samt korrigera för en faszvridning. *Varför blir det en faszvridning?*

Genomförande och redovisning av laborationen

- Godkänd laboration ger 1 högskolepoäng.
- Det går bra att diskutera och arbeta med uppgiften parvis eller i små grupper, men programkod och rapport skrivs och lämnas in **individuellt**. Kopiering av text, figurer eller programkod från Internet, andra källor eller andra studenter är inte tillåtet.
- Varje kursdeltagare får en unik ljudfil, `signal-LiU-ID.wav`, som hämtas från mappen labfiler i kursrummet.
- Valfri mjukvara (t.ex. Matlab, Octave, Python, C++) får användas för att lösa uppgiften. Matlab eller Octave rekommenderas speciellt. Vi kräver att uppgiften är löst i ett programmeringsspråk som kan läsas av en vanlig människa.

- Skriv en rapport som berättar kortfattat hur Du har tänkt och gått tillväga för att lösa uppgiften och vad Du har kommit fram till. Rapporten måste presentera och förklara relevanta samband som Du har använt. Använd gärna ekvationer. Skriv koncist och noggrant, så att en tilltänkt läsare som tillgodogjort sig kapitlen 2–5 i *Signals, Information and Communications* kan förstå innehållet och reproducera resultatet utifrån Din beskrivning. Inkludera gärna illustrationer eller plottar av relevanta signaler.

Rapporten ska vara fristående från labb-handledningen. Det vill säga rapporten ska kunna förstås av någon som inte har sett labb-handledningen.

Rapporten ska skrivas på svenska. Adekvat terminologi ska användas, ingen "svengelska" accepteras. Till exempel heter det ett *sampel*, flera *sampel*.

Rapporten ska vara på maximalt två sidor (dubbelspaltigt format, 10pt typsnitt), inklusive figurer. Valfri ordbehandlare kan användas. En mall i \LaTeX finns att hämta i mappen lab-PM i kursrummet.

Programkoden Du har skrivit ska bifogas rapporten i ett appendix. (Detta inräknas inte i de två sidorna.)

- Rapporten kommer att bedömas enligt den rättningsmall som finns att hämta i mappen lab-PM i kursrummet. Denna rättningsmall ger en del tips om vanliga fel som enkelt kan undvikas. Rättningsmallen ska också fungera som försättsblad när Du lämnar in rapporten. Observera, att alla punkter måste bedömas med "ja" på rättningsmallen för att rapporten ska godkännas.
- Rapporten ska dels lämnas in i **pappersformat** och dels **skickas in elektroniskt via Urkund**:
 1. Skriv ut (i) försättsbladet, (ii) rapporten, och (iii) Din programkod. Häfta ihop dessa tre dokument, signera försättsbladet och lägg alltihop i inlämningsfacket "TSKS10 labrapporter" i B-huset, ingång 27, D-korridoren, bottenvåningen.

2. Skicka rapporten som PDF-fil med e-post till examinerskonto på Urkund, `miko192.liu@analys.urkund.se`. Notera att femte tecknet inte är en etta utan bokstaven l. Skicka detta från Ditt studentkonto, `LiU-ID@student.liu.se`, så att det tydligt framgår vem som är avsändare. Lägg programkoden på en egen sida, sist i samma fil. Låt både kurskoden (TSKS10) och ditt student-ID ingå i filnamnet.
- Skulle Du ha lämnat Linköping för sommaren och inte ha tillgång till inlämningsfaciliter, så skicka pappersversionen av rapporten per post till Mikael Olofsson, Linköpings universitet, ISY, 581 83 Linköping.
 - Sista dag för inlämning av betaversion av rapporten är **fredagen den 18 maj 2018 kl. 17.00**. Vi medger inga undantag från detta. Börja därför arbetet i god tid!
Denna inlämning är avsedd för att du ska få återkoppling på din rapport, innan du senare lämnar in din slutgiltiga rapport för bedömning. Rapporten läses av kursens assistenter/examinator, som ger både skriftlig och muntlig återkoppling.
Din slutgiltiga rapport lämnar du in på samma sätt som din betaversion. Deadline för detta är **fredagen den 8 juni 2018 kl. 17.00**. I din slutgiltiga rapport ska alla kommentarer på betaversionen ha adresserats och eventuella fel åtgärdats. För att underlätta bedömningen av den slutgiltiga rapporten, ska betaversionen av rapporten samt dess rättningsmall (med kommentarer) bifogas ihop med den slutgiltiga rapporten i pappersversionen av inlämningen. Den slutgiltiga versionen skickar du även till Urkund, men där behöver inte betaversionen bifogas.
 - Så snart rapporterna är bedömda, så lämnar vi tillbaka rapporterna vid en individuell återkopplings-session. Anmälan till återkopplings-sessionen är obligatorisk och görs via menyvalet Anmälan i kursrummet. Vi strävar efter att kunna göra det senast en vecka efter respektive deadline.
 - I den händelse att den slutgiltiga rapporten skulle underkännas, så ges möjlighet till ett nytt examinationstillfälle då man får göra om laborationen (samma uppgift men med en ny datafil) och att lämna in en ny rapport under HT-2018. Observera att i detta fall kommer rapporten inte att bedömas som en komplettering, utan en ny, oberoende bedömning av rapporten görs. (Exakt information om datum kommer senare, i förekommande fall.)
 - Laborationssalarna Asgård, Olympen, Egypten och Southfork i B-huset används och du bokar dig på upp till två stycken tvåtimmarspass via kurswebben.
Närvaro på labb-passen är inte obligatorisk men vi rekommenderar att Du åtminstone kommer på ett schemalagt pass.
Observera att **anmälan till laborationen måste göras via menyvalet Anmälan i kursrummet**. Labbpassen släpps för anmälan allteftersom de fylls för att vi ska

kunna använda labassistentresurserna så effektivt som möjligt. Om du aver att inte gå på ett pass som du anmält dig till, så ber vi att du avanmäler dig från det passet av samma anledning.

- Det går utmärkt att genomföra laborationen på en egen, personlig dator. Enda systemkravet är att datorn har ett fungerande ljudkort och tillgång till lämpligt programspråk. LiU tillhandahåller en studentversion av Matlab. Octave finns inkluderat i de flesta moderna Linux-distributioner.

Några tips

- Kapitel 2–5 i *Signals, Information and Communications* behandlar relevant teori.
- Innan Du börjar arbeta med laborationen, lös lektionsuppgifter om I/Q-(de)modulation och tidsbestämning.
- I Matlab och Octave kan wav-filer läsas och skrivas med funktionerna `audioread` och `audiowrite`. I äldre versioner av Matlab och Octave finns funktionerna `wavread` och `wavwrite` för samma syften. För att lyssna på innehållet i en wav-fil kan man göra på något av följande sätt:
 - i Linux, skriv `aplay xxx.wav` på kommandoraden.
 - I Matlab, använd kommandot `soundsc`. Din datafil använder samplingsfrekvensen 400 kHz. Lämpligen samplar du ner din resulterande audiosignal med faktorn 10 till 40 kHz innan du spelar upp den. Det finns gränser för vad datorns ljudkort klarar av.
 - I Windows eller Mac OS, klicka på filen för att spela upp.

Några vanliga fel och hur de undviks

Reproducerbarhet. Kravet på att rapporten ska vara reproducerbar innebär att någon annan ska kunna lösa uppgiften utgående ifrån Din rapport. Det är t.ex. inte acceptabelt att skriva något i stil med “Jag testade de olika frekvenserna och hittade vilken som var rätt”. För att resultaten ska anses vara reproducerbara, vill vi att Du beskriver hur sagda test gick till. Detta gäller alla parametrar, som Du har testat Dig fram till.

Stavfel. Stavfel är aldrig acceptabla. Enda sättet att helt undvika dem är att korrekturläsa den text Du har skrivit. Detta gäller alltid, även om ordbehandlingsprogrammet Du använder har rättstavningskontroll. Tänk på att det är möjligt att stava fel men ändå få ett ”korrekt” ord. Om Du är osäker på stavningen av något ord, bör Du slå upp det i en ordlista. Svenska Akademiens ordlista (SAOL) är utmärkt. SAOL finns tillgänglig gratis både på Internet och i applikationer för smarta mobiltelefoner. Som ingenjör förväntas du kunna kommunicera väl i tal och skrift, vilket bland annat handlar om att kunna stava.

Typsättning. Tabell 1 visar några vanligt förekommande fel i typsättningen. Om Du skriver rapporten i Microsoft Word, LibreOffice Writer eller liknande så bör Microsoft Equation Editor, LibreOffice Formula Editor eller liknande verktyg användas för att få till en proper typsättning.

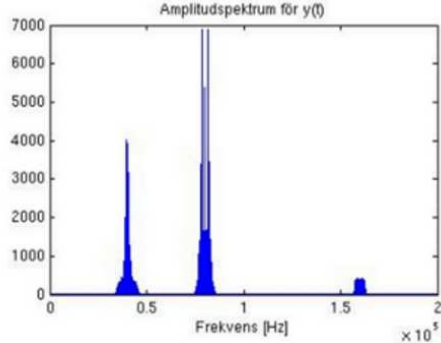
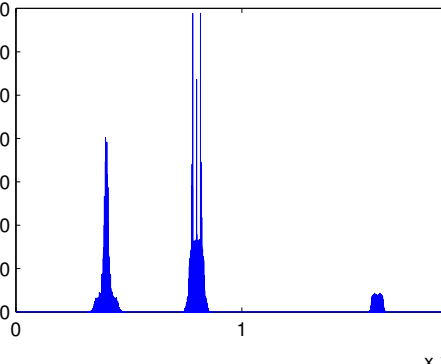
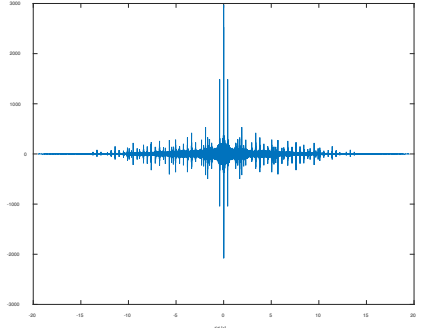
Variabeldefinition. Variabler ska definieras före eller i direkt anslutning till det ställe, där de används. Ett undatag är vedertagen notation, till exempel \sin , \log , π , som kan användas utan definition. Samma variabel får ej användas till olika storheter. Eftersom rapporten är fristående från labb-handledningen, måste eventuell notation från labb-handledningen definieras i rapporten.

Kod. Läsaren av rapporten ska kunna använda Din rapport när hon löser liknande problem med godtyckligt programmeringsspråk. Rapporten ska därför inte innehålla programmeringsspråksspecifika beskrivningar. Förklara lösningsgången med hjälp av matematiska samband istället.

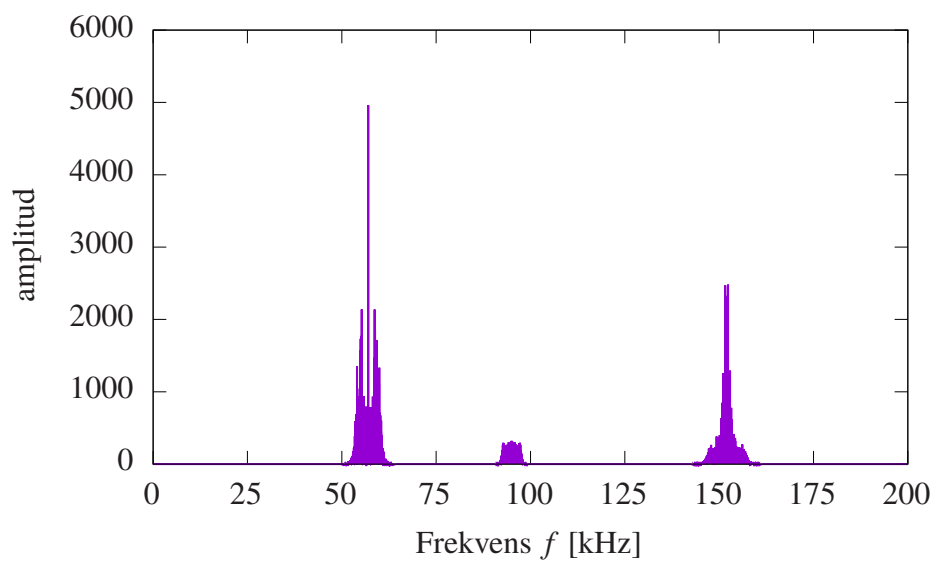
Figurer. Figurer ritas lämpligen i Matlab, Octave, GnuPlot eller liknande program. Tabell 2 visar några vanligt förekommande fel i figurerna. Figur 3 visar hur en korrekt formaterad figur kan se ut.

Vad?	Ej OK	OK	Gör så här (om Du använder L ^A T _E X)
Funktioner ej korrekt typsatta	$\cos(x), \sin(x)$	$\cos(x), \sin(x)$	$\backslash\cos(x)$ och $\backslash\sin(x)$. Notera att det samma gäller för exempelvis max, min och log.
Nedsänkta tecken är inte korrekt typsatta	$xI(t)$	$x_I(t)$	$\backslash x_I(t)$
Fel typsättning av matematisk notation	$fc=100$ Hz	$f_c = 100$ Hz	$\backslash f_c=100\backslash\text{Hz}$, $\backslash f_c=100$ Hz
Enheter (Hz, sekunder m.m.) typsatta som matematisk notation	$100Hz$	100 Hz	$\backslash 100\backslash\text{Hz}$
Okonventionella multiplikationstecken.	$2 * \pi * f_c * t$	$2\pi f_c t$	$2\backslash\pi f_c t$. Vi använder * för faltning. Notera att vid korrekt typsättning behövs inget tecken för multiplikation. Om du trots det vill ha ett multiplikationstecken, så kan du använda $\backslash\cdot$.
Allt kursiverat.	$y(t) = 2x(t)$	$y(t) = 2x(t)$	$\backslash y(t) = 2x(t)$. Använd Equation Editor även i löpande text.

Tabell 1: Exempel på vanliga fel i typsättningen.

Fel	Ej OK	Lösning
<p>Figurer inklippta som bitmappar (ex. .bmp och .jpg), vilket gör att de ser gryniga ut.</p>	 <p>Amplitudspektrum för y(t)</p> <p>7000 6000 5000 4000 3000 2000 1000 0</p> <p>0 0.5 1 1.5 2 Frekvens [Hz] $\times 10^5$</p>	<p>Använd pdf, eps eller möjligtvis png med hög upplösning</p>
<p>Axlar saknar gradering eller storhet och enhet</p>	 <p>7000 6000 5000 4000 3000 2000 1000 0</p> <p>0 1 2 $\times 10^5$</p>	<p>I Matlab, lägg till figurtitel och text på axlar med kommandona <code>title</code> respektive <code>xlabel</code> och <code>ylabel</code>. För att ändra graderingen på den horisontella axeln på aktiv figur (klicka på figuren för att göra den aktiv), skriv in <code>set(gca,'xTick',gradering)</code> där vektorn <code>gradering</code> innehåller de värden som ska markeras. Använd <code>'yTick'</code> för den vertikala axeln.</p>
<p>Oläsbart liten text eller en figur som är så utzoomad att det är svårt att utläsa relevant information</p>	 <p>3000 2000 1000 0 -1000 -2000 -3000</p> <p>20 15 10 5 0 5 10 15 20</p>	<p>När figuren sparas i Matlab, ska det aktuella fönstret inte vara för stort. När fönstret skalas upp, så är det bara grafen och inte texten som skalas. Därför blir texten relativt sett mindre.</p>

Tabell 2: Exempel på vanliga fel i figurer.



Figur 3: Exempel på korrekt formatterad figur.