

Prosjektoppgave i kurset FYS2130 våren 2011

Generelt

Oppgaven består av to helt forskjellige deler:

1. Beregninger av elektromagnetiske bølger (“stråling”) fra mobiltelefoniantenner, og
2. Waveletanalyse av tidsavhengige signaler (enten lyd eller signaler fra målinger av elektriske eller magnetiske felt som del av nordlysforskningen).

Oppgaveteksten for oppgave 1 begynner side 2, mens oppgaveteksten for oppgave 2 starter på side 6.

Prosjektoppgaven teller med på karakteren i FYS2130 (se kurswebsiden om detaljer). Det er mulig å få dobbelt så mange poeng på oppgave 2 som på oppgave 1. Dette har sammenheng med forventet arbeidsmengde.

Oppgavene ble lagt ut mandag 2. mai kl 0800, og besvarelsene må være levert senest mandag 9. mai kl 11.00. Besvarelsene må leveres i papirformat på ekspedisjonskontoret, og du må signere på en liste ved innlevering. Ikke vent til siste timen med innlevering, da kan det bli trangt om plassen.

Det blir veiledning på dataklasserommet FV329 mandag til og med fredag, de fleste dagene i tiden kl 1000 - 1700. Torsdag blir det fra kl 0800 - 1400. Det kan bli andre endringer også, til og med i deler av oppgaveteksten, så følg jevnlig med på “beskjeder” på kursets webside.

Du kan bruke Matlab eller Python i programmeringen, men vi anbefaler Matlab, av to grunner. De fleste lærerne på kurset vil normalt ikke kunne gi veiledning i Python-programmering. Dessuten viste det seg et tidligere år at det lett ble problemer med plottingen av waveletanalysediagrammene i Python. Det er likevel gjennomførbart å bruke Python dersom du absolutt ønsker å bruke dette programmeringsspråket, men i så fall må du ta et betydelig ansvar *selv* for å finne ut av eventuelle problemer.

På ukesamlingen i Store fysiske auditorium onsdag kl 0915 - 1100 blir det gitt tips til arbeidet og det svares på spørsmål som er kommet inn. Vi holder ikke på helt fram til kl 11 dersom det ikke synes å være behov for dette.

Vi minner om at besvarelsene skal være uten navn, men med kandidatnummer. Det er lovlig, og kanskje til og med lurt, å jobbe sammen med andre om prosjektoppgaven, men bare dersom samarbeidet er reelt (at alle parter deltar med omtrent like mye arbeid hver). Dersom man samarbeider på en slik måte at noe av teksten og noen av figurene blir brukt av flere, skal det nevnes innledningsvis hvem man har samarbeidet med (kandidatnumre) og det skal angis hvilke deler av teksten og figurene som brukes av flere, og hvem som laget hver enkelt av disse delene.

Vi oppfordrer meget sterkt til at prosjektoppgaven skrives i LaTeX, Word, OpenOffice, FrameMaker eller liknede. Vi vil med andre ord helst ikke ha håndskrevne innleveringer.

Hver enkelt skal levere sin egen besvarelse. I tilefelle vi får mistanke om at noen er "blindpassasjerer", vil vi kunne innkalle noen studenter til en samtale for å forvise oss om at hver enkelt kjenner hver eneste detalj i besvarelsen sin (ellers vil det bli registrert som juks).

Vi håper arbeidet med prosjektoppgaven blir en hyggelig opplevelse for de fleste, og ønsker LYKKE TIL!

.... så følger oppgavetekstene:

1: Elektromagnetiske bølger fra mobiltelefoniantenner

Figur 1 viser en basestasjon for mobiltelefoni på nordøstveggen av et industribygg like ved Ensjø T-banestasjon i Oslo. Det er to størrelser på antennene: Noen er 2.6 m lange og brukes for 900 MHz, og noen er 1.3 m lange og brukes for 1.8 GHz kommunikasjon. Allerede ut fra disse opplysningene kan vi gjette oss til en omtrentlig intensitetsprofil for de elektromagnetiske bølgene som sendes ut fra antennene.

1a)

Beregn og plott et antennediagram (for 900 MHz, i et vertikalt snitt) som kunne forventes dersom antennen var laget på aller enkleste måte. Fortell hvordan du resonnerer. Antennediagrammet skal plottes i et polardiagram, og ha et dynamisk område på 40 dB (forskjell mellom maksimal og minimal effekt som fremkommer i diagrammet skal være 40 dB).

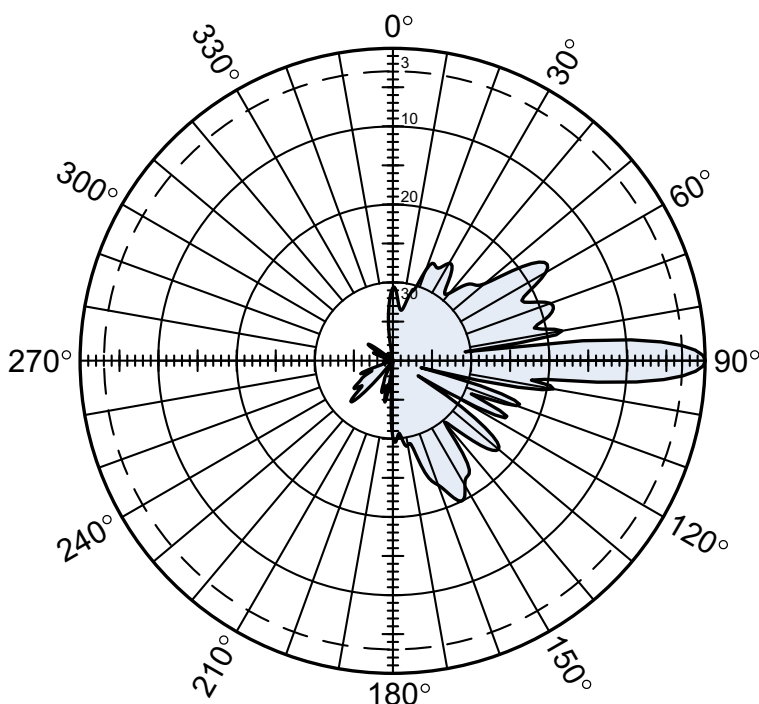


Figur 1: Basestasjon for mobiltelefoni på industribygg ved Ensjø T-banestasjon. To ulike antenntyper er i bruk, for to ulike frekvensområder. Legg merke til tiltingen litt oppover for antennene (kommer lettest til syne i antennen helt til høyre i det øvre bildet).

Figur 2 viser et polardiagram av en virkelig og vanlig 900 MHz antenne for mobiltelefoni. Det kan godt hende at de største antennene på veggen ved Ensjø er av denne typen.

1b)

Påpek likheter og forskjeller mellom ditt diagram (beregninger basert på en enklest mulig antenne), og den virkelige antennens diagram i figur 2.



Figur 2: Antennediagram i et vertikalplan i stråleretningen for en svært vanlig antenne for GSM 900. Antennens er en Kathrein 80010621 antenne. Datablad er tilgjengelig fra kursets websider. Figuren kan hentes ned i stort format fra kurswebsidene (letter sammenligning med eget diagram).

1c)

Beregn relativ intensitet på bakken i antennens “stråleretning” for en del velvalgte punkter i avstand 10 m til 2 km vekk fra veggen der antennene er plassert. Antennenes høyde over bakken kan du estimere ved å bruke figur 1. Du velger selv hvilke avstander du vil gjøre beregninger i. Anta at terrenget er horisontalt i den angitte retningen. Du kan velge om du vil bruke data fra dine beregninger basert på din forenklede modell av antennen,

eller om du vil bruke dataene fra det virkelige antennerdiagrammet i figur 2 (eventuelt en kombinasjon mellom disse dersom du mener det kan være formålstjenlig).

1d)

Som du kanskje ser fra fotografiet fra Ensjø, er antennene ofte montert slik at de vippest litt ut fra veggen nederst sammenlignet med øverst. Ofte er antennene vippest opp ca 5 grader i forhold til loddlinjen. Iblant vippest de også nedover. Hva tror du grunnen kan være? (Hint: Bruk resultatene fra forrige deloppgave, men du behøver ikke gjøre detaljerte beregninger nå.)

Det har vært en del debatt om basestasjoner for mobiltelefoni i samfunnet vårt. Det er ofte sivilingeniører fra NTNU som står for planlegging av antenneplassering. Disse sivilingeniørene har en utdanning som svarer til den vi gir ved UiO, bare med litt mer teknisk vinkling.

1d)

Kan du forstå sivilingeniørenes frustrasjon når enkelte personer reagerer sterkt på at basestasjoner settes opp for eksempel på høye master like i nærheten av idrettsbaner eller lekeplasser og mener at antennene burde vært plassert lengre unna? Eller synes du sivilingeniørene faktisk burde lære seg fysikken vi har vært gjennom i denne oppgaven bedre slik at de gjorde klokere valg? Drøft denne problematikken ut fra resultatene du har kommet fram til.

1e)

Antennene brukt ved 900 MHz er ca 2.6 m lange (vertikalt). Ville antenner som for eksempel var bare fjerdeparten så lange kunne egne seg like bra? Hva med antenner som var fire ganger så lange som de som nå brukes? (Det forutsettes at vi i begge tilfeller antar at frekvensen er uforandret.)

I denne oppgaven har vi hittil konsentrert oss om relative intensiteter langs bakken i punkter med ulike avstander fra antennene. I virkeligheten er det den absolutte intensiteten som betyr noe for kommunikasjonen.

1f)

I bystrøk er de høyeste intensitetene vi i praksis finner ofte betydelig lavere enn de høyeste intensitetene vi finner i grisgrent strøk. I praksis ligger vi derfor i bystrøk på en effekt som er betydelig lavere enn foreslåtte grenseverdier. Forsøk å forklare forskjellen mellom bystrøk og grisgrent strøk. (Noen momenter som kanskje kan være nyttige i denne sammenheng: Antall samtidige samtaler, begrenset kapasitet i frekvensbåndet, antall basestasjoner, minimal effekt som må til for å gi “dekning”.)

2: Waveletanalyse

I denne oppgaven legger vi til rette for mer selvstendighet i hvordan deloppgavene skal løses enn det som har vært vanlig tidligere.

2a

En Morlet wavelet kan gis på følgende måte:

$$\Psi_{(f_a, t', K)}(t) = C_1 e^{i2\pi f_a(t-t')} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi f_a(t-t')}{K}\right)^2} \quad (1)$$

Her er f_a frekvensen vi ønsker å analysere signalet for (med akkurat denne waveleten). Morlet-waveleten beskrives som en funksjon av tiden t , og midtpunktet for waveleten finnes ved tiden t' . K er en “bølgetalls-parameter” som angir omtrentlig antall periodetider det er plass til innenfor omhyllingskurven for waveleten (bedømt med visuell inspeksjon).

Konstanten C_1 kan gis på mange ulike måter, for eksempel slik:

$$C_1 = \sqrt{\frac{\sqrt{2\pi} f_a}{K f_s}} \quad (2)$$

Her er f_a som ovenfor. Parameteren f_s er samplingsfrekvensen når vi gjør beregninger på et konkret signal, og signalet er samplet med denne frekvensen. Waveleten må da beskrives i samme tidsoppløsning som det samplede signalet.

Undersøk om fourierspekteret til waveleten endrer seg med posisjonen t' for midtpunktet. (Sjekk realdel, imaginærdel og absoluttverdien i frekvensspekteret.)

Sjekk også om absoluttverdien til den fourieromvendte waveleten svarer til det matematiske uttrykket for den fourieromvendte av en Morlet-wavelet, gitt ved:

$$\hat{\Psi} = C_2 e^{-\frac{1}{2}(K-\eta)^2} \quad (3)$$

hvor $C_2 = 1/C_1$ der

$$\eta_n = \frac{K f_s}{(N+1) f_a} \cdot (n-1) \quad (4)$$

er det n -te elementet i arrayen η . ($n = 1, 2, \dots, N$)

2b

En wavelettransformasjon kan gjennomføres med “brute force” etter følgende formel:

$$W_K(t', f_a) = \sum_{t=0}^T g(t) \Psi_{(f_a, t', K)}(t) \quad (5)$$

Hvor $g(t)$ er signalet som skal analyseres.

Alternativt kan wavelettransformasjonen gjennomføres ved å først fourieromvende g slik at vi får et frekvensspekter \hat{g} (beholder dette som komplekse tall!), multiplisere dette med den fourieromvendte til waveleten, gitt ved ligning (3), og man foretar til slutt en invers fast fourier transform av produktet og tar absoluttverdien av resultatet.

Undersøk hvorvidt disse to metodene gir samme analyseresultat. Bruk signalet gitt i datafil testdata1.txt, samplet ved 10000 Hz ($2^{13} = 8192$ punkter).

Det holder i denne omgang å velge én analysefrekvens (bare den velges korrekt). *Er det forskjell i tidsforbruket på de to metodene?*

2c

Utvid programmet basert på den sistnevnte metoden i forrige deloppgave, slik at du får et generelt program for waveletanalyse der vi kan angi hvilket frekvensområde som skal analyseres, hvor mange frekvenser som skal analyseres innenfor dette området, samt antall perioder innenfor omhyllingskurven (tenk da på parameteren K).

Programmet må kunne lese inn en datafil (en stereolydfil i wav-format dersom du ønsker å analysere lydfiler siden, eller datafiler i tekst-format i tilfelle du foretrekker det).

Analyseresultatene bør presenteres i tre ulike diagrammer, tilsvarende det som er gjort i figur 13.10 i læreboka.

Bruk gjerne å beregne kvadratroten til absoluttverdien til waveletanalyseresultatene for å få flere detaljer i de svake partiene i plottene. Velg signalet i filen gjok.wav ((eller NordlysData4.txt)) som et eksempel på at programmet fungerer tilfredsstillende.

MERK: Det blir fort store datamengder i en kontinuerlig wavelettransformasjon, og det har vist seg at datamaskinene på FV329 ikke har stor nok kapasitet (antakelig i grafikkortet) til å kunne plote waveletdiagrammer med en del datapunkter. Det vi har sett er at maskinene rebooter av seg selv dersom de ikke mestrer å plote diagrammene våre. Opplever du dette, anbefaler vi at du logger deg inn på en maskin med bedre kapasitet. Du kan f.eks. koble deg opp mot en av ifi's maskiner ved hjelp av en ssh, det vil si at du f.eks. skriver

```
ssh -Y diamant.ifi.uio.no
```

før du starter Matlab. Da får du en vesentlig bedre kapasitet mhp å plote waveletdiagrammer ved hjelp av Matlab-funksjonen `imagesc()`. Men selv disse maskinene har begrenset kapasitet. Vi anbefaler sterkt at du downsampler signalet betydelig i tid dersom du har med lydfiler å gjøre (samplingsfrekvensen er jo så høy at du har mye å gå på). Downsamplingen kan f.eks. gjøres slik:

```
% Anta at waveletdiagrammet finnes i en array A(M,N)
% der f.eks.\ M=100 og N=2^17=65536 punkter, og at
% vi bare vil plukke ut hvert 64.\ datapunkt i hver rad.
% Da kan det gjøres slik:

A = A(:,1:64:N);

% Deretter kan du plote waveletanalyse-diagrammet
imagesc(.....);

% Pass på å downsample f.eks.\ tidsstrengen du bruker
% for x-akse-markeringene også.
```

Downsamplingen må altså skje før man plotter resultatene ved hjelp av `imagesc()`-kommandoen. En test viste at maksimalt antall punkter som kunne plottes var 1024 x 100 punkter, det vil si f.eks. en tidsstreng på $2^{16} = 65536$ punkter der vi plukker ut hvert 64. punkt i hver linje før vi plotter. Vi takker Andreas Våvang Solbrå som gjorde oss oppmerksom på problemene på datamaskinene på rom FV329, og han hjalp i tillegg til å finne den ovenfornevnte måten å omgå problemet på.

2d

Bruk programmet i forrige deloppgave på filen `Bokfink4.wav`. Jobb deg fram til en optimalisert analyse av signalet med hensyn til frekvensområde og parameteren K . Forklar hvordan du har gått fram ved optimaliseringen.

2e

Analyser en vedvarende lyd fra trompet (`trompet3.wav`), klarinett (`klarinet2.wav`) eller fiolin (`fiolin4.wav`). Gir waveletanalysen informasjon som ikke fourierspekteret gir, eller omvendt? Drøft fordeler og ulemper for såvel fouriertransformasjon og på wavelettransformasjon ved analyse av steady state signaler som i dette tilfellet.

2f

På kursets websider under “Prosjektoppgaven”, finner du en rekke filer, både lydfiler og filer med eksperimentelle data. Det er også en generell fil med litt info om samplingsfrekvens og antall datapunkter for alle datafilene. Det er også gitt noen kommentarer som kan være av interesse.

Plukk ut en til tre signalbiter fra disse filene (eller velg selv helt andre datafiler) der waveletdiagrammet har interessante detaljer du antakelig ikke ville ha funnet så lett med andre analysemetoder.

Dersom du analyserer lydfiler fra fuglesang fra enkelte fugler, vil du kanskje oppdage detaljer i fuglesangen (detaljer du ser ved hjelp av waveletanalyse når den er rimelig optimalisert) som øret ditt overhodet ikke er i stand til å oppfange. Hva kan grunnen være til at vi ikke oppfatter detaljer som ifølge waveletdiagrammet faktisk finnes i lyden?

Dersom du heller velger å analysere eksperimentelle data er utfordringen å vurdere om waveletanalysen overhodet gir oss interessante detaljer ut over det vi kunne fått fra tidsbildet og frekvensbildet hver for seg. I en del fysiske sammenhenger er det slik at tids- og frekvensbildene hver for seg eller sammen er tilstrekkelig for å beskrive prosesser som skjer. I så fall har det ingen hensikt å bruke wavelets hvis metoden ikke tilfører noe nytt. Det er essensielt for en fysiker å velge riktig metode på riktig sted, og ikke tro at noen metoder duger til alt (for det gjør de slett ikke!).

Finner du/dere noen virkelig artige detaljer i dataene du analyserer, kan det hende at vi kan hjelpe deg/dere med å skrive en vitenskapelig eller populærvitenskapelig artikkel om emnet. Det gjorde vi for noen studenter for få år siden (Amundsen, Kirkemo, Nakkerud, Trømborg, Vistnes, **Am.J.Phys.** 77 (2009) 274). Det kan ha en gunstig virkning for din/deres karriere, og uansett gi en viss innføring i hvordan publisering av artikler foregår.