

## INF3460/4460

# Prosjekt i digital signalbehandling og akustikk

## Våren 2010

DSB-gruppen har to lab-er som det kan gjøres prosjekt i:

1. DSB-lab (3. etasje)
2. Sonar/ultralyd-lab (<http://www.ifi.uio.no/research/centres/sfa/laboratory.html>) som for tiden er i kjelleren på SINTEFs MINA-lab

I år har vi for første gang også oppgaver i samarbeid med ROBIN-gruppen som samarbeider med Institutt for musikkvitenskap:

3. fourMs - Music, Mind, Motion, Machines (<http://www.fourms.uio.no/>)

## 1. Prosjekter i DSB-lab

### 1.1. Analyse av ordmelodier i tale ("bønder – bøkker")

Norsk er et av de få språkene i Europa som bruker forskjeller i tonefall (tonelag eller tonem) til å skille ord. Selv om tonelagene er en viktig del av hvordan norsk høres ut, så er det bare noen få ord der dette er vesentlig for å skille mellom forskjellige betydninger. Eksempler der også stavemåten er forskjellig er bøkker – bønder, lamme – lammet, låven – loven, lyne – lynet. Ellers er dette mest kjent fra språk som kinesisk og vietnamesisk der det er helt vesentlig.

Effekten går ut på at pitch-frekvensen (tonen som genereres av stemmebåndene) endres på spesielle måter gjennom ordet. På østnorsk går tonen i tonelag 1 fra lav til høy ('bøkker', 'lamme'), mens den i tonelag 2 starter høyt, faller og ender til slutt høyt ('bønder', 'lammet'). Dette er forskjellig i andre norsk dialekter. Oppgaven går ut på å lage et program for å vise spektrogram i f.eks Java eller C (det finnes nærmest ferdig i Matlab), gjerne med et tilpasset brukergrensesnitt. Det skal ta inn stemmer fra mikrofon og fil og zoome inn på tid-frekvens konturen, og gjerne karakterisere flere dialekter og evt øst-asiatiske språk også.

- Wikipedia, artikkel om tonelag, <http://no.wikipedia.org/wiki/Tonem>
- Tonelag i norsk, [http://www.ling.hf.ntnu.no/ipa/no/tema\\_008.html](http://www.ling.hf.ntnu.no/ipa/no/tema_008.html) har figurer med pitch-konturer
- Ordmelodier i norsk med lydeksempler, <http://elmer.uib.no/cgi-bin/xml/tonem>
- Oppenheim & Schaffer with Buck, Discrete-Time Signal Processing, Prentice Hall, 1999, kapittel 10, Fourier analysis of signals using the DFT

## 1.2. Lydeffekter

Lag programvare som skaper lydeffekter som gitarvreg i rørforsterker eller lignende. Det kan lages som et frittstående program i MATLAB eller som en plug-in til f.eks Audacity (<http://audacity.sourceforge.net/>). Passer for gitarister og/eller rørentusiaster.

- Hanssen, S. Holm, Y. Birkelund, H. Hindberg and T. A. Øigård, "The sound of rock'n'roll: Analysis and modeling of valve amplifier distortion for electric guitar," 7th IMA Int, Math, in Sign, Proc., Cirencester, UK, Dec. 2006.

## 1.3. Lydresteraurering

Lag programvare som restaurerer lyd med masse støy og spraking (f.eks fra 78-plater), ... Det kan lages som et frittstående program i MATLAB eller som en plug-in til f.eks Audacity.

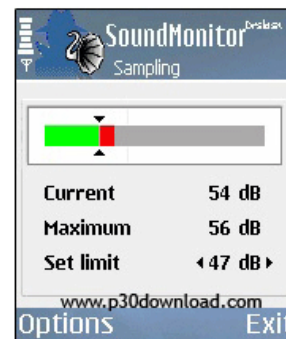
- Simon J. Godsill; Patrick J. Wolfe; William N. W. Fong, Statistical Model-Based Approaches to Audio Restoration and Analysis, Journal of New Music Research, 2001, vol:30, pg:323

## 1.4. Lage 'gammel' lyd

I dette prosjektet skal man ta et moderne lydklipp og lage et program som legger til slike effekter som skal til for å få det til å virke gammelt. Effektene kan være båndbregrensning, resonanser, distorsjon, støy, knitring osv. En viktig del av prosjektet blir å karakterisere lyd fra forskjellige tiår: 20-tallet, 30-tallet osv.

## 1.5. Lydanalyse med mobiltelefon/Iphone

Lag et program for mobiltelefon som analyserer lyd. Et forslag er å lage en gitarstemmer som tar inn lyd fra mikrofonen, et annet kan være å lage en lydnivåmåler (slik som det er i noen Nokia-telefoner: bl.a. 3250, 5100 og 6250), kanskje med filtre for A-, B- og C-veing. Et annet alternativ er en sanntids spektralanalysator som det allerde finnes flere av for iPhone. (Bare for studenter som har programmert slikt før i Symbian, Iphone e.l)



## 1.6. Syntetisering av 3D lyd

Ved hjelp av våre to ører er vi i stand til å bestemme retning, både horisontalt og vertikalt, til lydkilder i 3D. Bakgrunnen for at vi klarer dette er ørets utforming og plassering som gjør at hvert punkt i rommet har sin egen frekvens- og amplitude-signatur (dvs en impulsrespons; Head related impulse response).

I dette prosjektet skal man syntetisere lyd i 3D fra enkle monosignaler. Den romlige signaturen til hvert punkt skal hentes fra biblioteker tilgjengelig på nettet. Matlab er et naturlig arbeidsverktøy for denne oppgaven.

- <http://sound.media.mit.edu/resources/KEMAR.html>
- Demoer med mer på <http://interface.idav.ucdavis.edu/>
- T. Dahl, B. C. Syversrud, S. Holm, "Source enhancement and suppression with binaural head related impulse response functions," in Proc, IEEE Nordic Signal Proc. Conf, NORSIG 2006, Iceland, June 2006.

## 1.7. Måling av resonans i rør

Alle rør vil gi opphav til en stående bølge og dermed en resonans. I høyttalere som lages med rør i stedet for rektangulære kasser er dette fremtredende og slike resonanser må dempes, se f.eks Pluto-høyttaleren fra Linkwitzlab. I denne oppgaven skal man lage et program som påtrykker en varierende frekvens til et 10 cm rør av lengde ca 80 cm som enten er åpnet eller lukket i enden, måle responsen med en mikrofon, og karakterisere røret både i teori og med måling. Så skal effekten av akustisk demping måles. Passer for høyttaler/audio-interesserte.

- <http://www.linkwitzlab.com/Pluto/Pluto-2.1.htm>
- For beskrivelse av demping, se <http://www.linkwitzlab.com/Pluto/construction.htm>



## 1.8. Akustisk kommunikasjon i en vanskelig kanal

Både i undervannsakustikk og i mobiltelefon har kanalen mye etterklang eller flerveistransmisjon. For å etterligne dette skal det lages et akustisk kommunikasjonssystem som går gjennom flere meter med rør (f.eks som i oppgaven over), gjerne med 90 graders bend. Senderen skal være en høyttaler og mottakeren en PC-mikrofon. Utfordringen er å tilpasse modulasjon og signaleringsrate slik at båndbredden utnyttes fullt ut og dataratene maksimaliseres. Denne oppgaven krever kurset INF4170 Digital Kommunikasjon og gjerne at UNIK4180 Digital kommunikasjon II tas parallellt.

### 1.9. Måling av Dopplerspredning

I dette prosjektet skal det gjøres et eksperiment med en 40 kHz ultralydekkolodd i luft (ryggesensor for bil). Først skal det lages et ordinært pulsekksystem med lydkort (her kan kode etc gjenbrukes fra tidligere prosjekt). Så skal det brukes til å måle på et vibrerende objekt (tenk på en linjal som settes i svingninger på kanten av et bord) ved å måle Dopplerskift. Da det er mange frekvenser til stede blir det en måling av Dopplerspredning. Dette vil si noe om det vibrerende objektet. Et lignende prinsipp brukes for å karakterisere objekter som er så forskjellige som en vibrerende insektvinge, en flyvinge som sees med radar – og som dermed kan avsløre flytype, og måling av Dopplerspredning fra strømmende blod i en blodåre – og som sier noe om blodstrømmen er turbulent eller ikke.

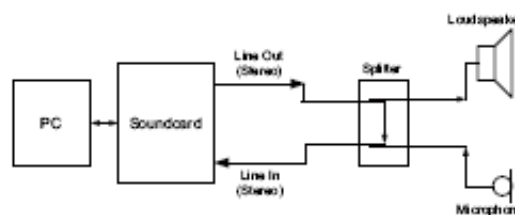
### 1.10. Beregning av retning for lyd

Med to eller flere mikrofoner plassert litt fra hverandre er det mulig å beregne hvor en transient lyd kommer fra ved hjelp av måling av ankomsttid med peak-deteksjon eller korrelasjon. I denne oppgaven skal et slikt system lages med minst to mikrofoner og et lydkort. Forskjellige algoritmer skal prøves ut. Som en del 2 kan en bruke denne informasjonen på en intelligent måte, f.eks til å styre en robot så den orienterer seg mot lydkilden, se Youtube video. (Denne oppgaven kan sees i sammenheng med oppgave 3.4 lyddør)

- YouTube video: Localizing sound in space:  
<http://www.youtube.com/watch?v=tIITmNS2thw>

### 1.11. Ultrawideband demonstrasjon med audio

Ved nano-gruppen er det mye aktivitet på UWB-radar. Hørbar lyd har endel likheter med UWB i og med at båndbredden er stor i forhold til senterfrekvensen. Det gjør at en kan demonstrere en del egenskaper ved UWB ved hjelp av lyd og systemet som er vist i figuren. I denne oppgaven skal et enkelt posisjonerings-system som bruker pulskoding lages og testes.



- Bellusci, G. and Yan, J. and Janssen, GJM and Tiberius, CCJ: “An ultra-wideband positioning demonstrator using audio signals”, 4th Workshop on Positioning, Navigation and Communication, 2007. WPNC'07, pp. 71-76, 2007.

### 1.12. Måle likhet mellom musikkstykker

I mange sammenhenger er det interessant å forsøke å få et likhetsmål mellom to musikkstykker. Dette brukes bl.a. i tjenesten Shazam på Iphone. I denne oppgaven skal et enkelt slikt system implementeres i f.eks Matlab.

- Aucouturier, J.J. and Pachet, F., “Music similarity measures: What’s the use?” Proceedings of the ISMIR, pp. 157-163, 2002

### 1.13. Intelligent PC-omgivelse: Lydbasert aktivitetsmåler

I artikkelen under brukes et lydkort med høyttaler og mikrofon sammen med høyfrekvent lyd til å detektere om det er en person foran en PC og personens aktivitetsnivå. De kunne ut fra dette klassifisere i fem aktivitetsnivåer: Aktiv, passivt engasjert, uengasjert, opptatt i telefon, fjern, opptatt med en annen oppgave, eller ikke tilstede. I denne oppgaven skal dette systemet lages ved å bruke lyd i området 15-22 kHz.

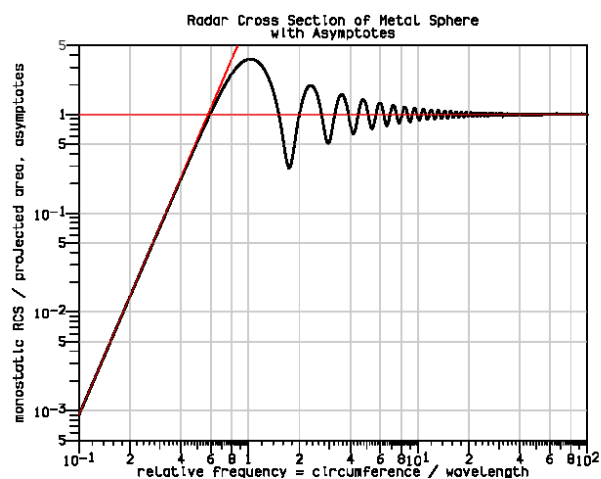
- Tarzia, S.P. and Dick, R.P. and Dinda, P.A. and Memik, G., Sonar-based measurement of user presence and attention, Proc. 11th int. conf. Ubiquitous computing, pp. 89—92, ACM, 2009

## 2. Prosjekt i sonar/ultralyd-lab

### 2.1. Karakterisering av fisk ved multifrekvensmåling

En måte å artsbestemme fisk på med ekkolodd og sonar er å sende og motta på flere frekvenser. I denne oppgaven skal dette gjøres litt enklere ved at en bruker metallkuler av forskjellig størrelse i stedet. Så skal transducere, oscilloskop og spektralanalyse brukes til å måle ekkostyrke som funksjon av frekvens og dermed finne størrelsen på kula.

- Wikipedia artikler om Rayleigh og Mie spredning:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Rayleigh\\_scattering](http://en.wikipedia.org/wiki/Rayleigh_scattering)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Mie\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/Mie_theory)



## 2.2. Ultralydmåling av radius til kuler

Når man belyser en reflekterende kule med ultralyd, får man ekko tilbake fra det (nærmeste) punktet som vender mot sender/mottaker. I tillegg til å bli reflektert vil lyden på grunn av diffraksjon også følge overflaten på kula. Denne lyden vil gå rundt til baksiden og deretter komme rundt til forsiden av kula igjen. Lyden som brer seg rundt kula som følge av diffraksjon vil hele tiden "lekke ut" til omgivelsene. De enkleste stedene å måle denne lyden på er på fram og bakside der amplituden vil være størst

I dette prosjektet skal man estimere radius til kuler ved å observere det direkte ekkoet og ekkoet som oppstår som en følge av diffraksjon av lyd som har bredt seg rundt kula. Matlab er et naturlig arbeidsverktøy for denne oppgaven. Programmet skal lages slik at det kan brukes til demoformål i lab-en.

## 2.3. Ultralyd dopplermåling av strømningshastighet

Dopplermålinger benyttes innen medisinsk ultralyd for å måle blodets strømningshastighet. To forskjellige prinsipper benyttes, kontinuerlig doppler og pulset doppler.

I dette prosjektet skal man vurdere forskjellige måter å implementere dopplermålinger ved hjelp av utstyret vi har på lab-en og deretter implementere metodene og verifisere disse på et strømningsfantom (snor som drives av en motor). Matlab er et naturlig arbeidsverktøy for denne oppgaven. Programmet skal lages slik at det kan brukes til demoformål i lab'en.

- <http://www.echoincontext.com/basicDoppler.asp>

## 2.4. Karakterisering av propellstøy

I denne oppgaven skal en bruke en eller flere elektriske modellbåter som skal kjøre i vår tank (1.5 x 2 m). Ved hjelp av en eller flere transducere, oscilloskop og spektralanalyse skal støyen karakteriseres slik at en kan kjenne igjen en båttype fra en annen.

- Referanse: Robert J. Urick, Principles of Underwater Sound.

### 3. Prosjekt i fourMs - lab

#### 3.1. Gumstix

Lag et program for enkel lydanalyse/syntese på en liten Linux-drevet Gumstix (<http://www.gumstix.com>). Bruk evt. også sensordata for å kontrollere syntesen.

#### 3.2. Kontaktmikrofonsensor

Lag en multidimensjonal håndkontroller basert på kontaktmikrofoner. Legg 8 stk kontaktmikrofoner (piezo-elementer) rundt en kjerne av f.eks. stålull, og kle den deretter med et mykt materiale som kan klemmes på. Mikrofonene kobles på et multikanalslydkort slik at hvert signal er tilgjengelig for analyse. Lag et program som analyserer signalene, og som kan kontrollere en lydmodell basert på subtraktiv syntese.

#### 3.3. Shake

Les inn posisjons/rotasjonsdata fra den lille trådløse håndholdte kontrolleren Shake, og bruk disse til å styre en lydmodell, f.eks. den fysiske modellen shakers fra STK:

<https://ccrma.stanford.edu/software/stk/>

<http://code.google.com/p/shake-drivers/>

<http://shake->

<drivers.googlecode.com/files/SHAKE%20SK7%20User%20Manual%20Rev%202005.pdf>

#### 3.4. Lyddør

Fest tre (eller flere) kontaktmikrofoner på en dør, og bruk triangulering for å finne posisjonen til en finger som tapper eller skrapet på døren. Bruk dette til å spille av ulike samples samt evt. også styre panoreringen av lyden mellom hjørnene (med f.eks. VBAP).

<http://www.acoustics.hut.fi/research/cat/vbap/>

#### 3.5. Kontrabassens snerring

Oppgave fra Prof. Rolf Inge Godøy, Institutt for musikkvitenskap

De fleste vil vel være enige i at utholdte kontrabasstoner (dvs. frambragt med strykebu) oppleves som å ha en snerrende eller knirkende karakter. Andre instrumenter, f.eks.

fagotter og visse messinginstrumenter, kan også oppleves å i varierende grad ha en slik snerrende framtoning. Det interessante for oss nå er følgende:

- Denne snerringen har å gjøre med fluktuasjoner i signalet (den ligner på resultatet av en amplitudemodulasjon), men hvordan kan man i såfall få en representasjon av den/de element(er) i signalet som fluktuerer og av de elementene i genereringen av lyden som vi kan anta forårsaker denne snerringen?
- Kan man gjennom en analyse-manipulasjon-resyntese event. regulere graden av snerring, f.eks. i retning av minimal eller ingen snerring og motsatt, i retning av

overdrevet snerring?

Den vedlagte basslyden kan brukes i denne oppgaven. Slike fluktuasjoner er generelt interessante for opplevelsen av timbre, og kan (subjektivt) finnes i andre sammenhenger også. Pierre Schaeffer kalte dette for "grain", og denne kontrabassoppgaven kan evt. utvides til å omfatte andre lyder også.

Lyder:

- <http://www.ifi.uio.no/~inf3460/2010V/bass.wav>
- [http://www.ifi.uio.no/~inf3460/2010V/Iterative\\_sounds.wav](http://www.ifi.uio.no/~inf3460/2010V/Iterative_sounds.wav)

Litteratur:

- Kronland-Martinet, Guillemain, Ystad, Modelling of natural sounds by time–frequency and wavelet representations, Organised Sound (1997), 2:3:179-191 Cambridge University Press.  
<http://journals.cambridge.org/action/displayFulltext?type=1&fid=71086&jid=OSO&volumeId=2&issueId=03&aid=71085>

### 3.6. Spektral sentroide i filtrert hvit støy

Oppgave fra Prof. Rolf Inge Godøy, Institutt for musikkvitenskap  
Kristian Nymoen har syntetisert et sett med 10 lyder som han har brukt i bevegelsesregistreringer, dvs. lyttere har beveget en stav med reflekterende markører til disse lydene. Lydene framtoner som filtrert hvit støy der midtfrekvensområdet synes å bevege seg. Det som hadde vært interessant for oss er å finne ut om man kan trekke ut spektral sentroide informasjon fra disse lydene og få avtegnet denne informasjonen som bevegelseskurver som etterpå kan sammenlignes med kurvene til lytternes spontane bevegelser til disse lydene. Lydene ligger nedlastbare.

Lyder:

- [http://www.ifi.uio.no/~inf3460/2010V/Spectral\\_Centroid\\_Sounds](http://www.ifi.uio.no/~inf3460/2010V/Spectral_Centroid_Sounds)

Litteratur og referanser:

- Wikipedia-artikkel som igjen har noen referanser:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Spectral\\_centroid](http://en.wikipedia.org/wiki/Spectral_centroid)
  - Schubert, E., Wolfe, J. and Tarnopolsky, A. (2004) Spectral centroid and timbre in complex, multiple instrumental textures, in Proc. Int. Conf. Music Perception and Cognition, North Western University, Illinois
- G. Peeters, A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the CUIADADO project, 2004  
[http://recherche.ircam.fr/equipes/analyse-synthese/peeters/ARTICLES/Peeters\\_2003\\_cuidadoaudiofeatures.pdf](http://recherche.ircam.fr/equipes/analyse-synthese/peeters/ARTICLES/Peeters_2003_cuidadoaudiofeatures.pdf)

## 4. Selvvalgt oppgave

Oppgave som omfatter analoge data som går inn eller ut av en PC, mikrokontroller eller FPGA og som omhandler signalbehandling eller akustikk.