

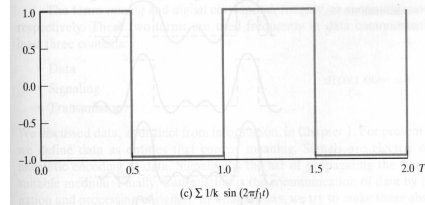
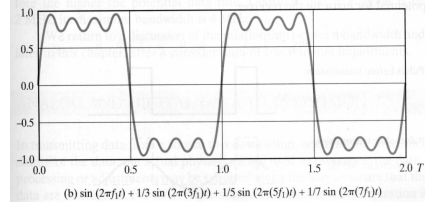
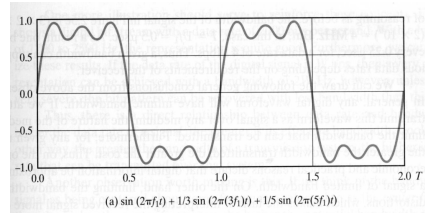
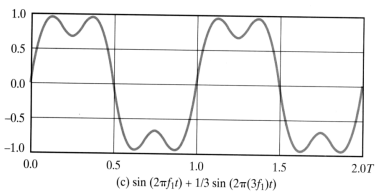
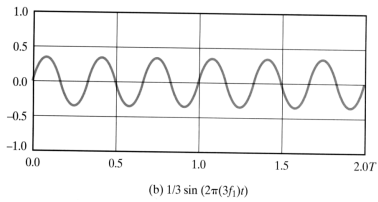
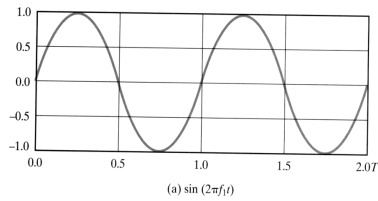
Fysisk Lag

Olav Lysne
med bidrag fra Kjell Åge Bringsrud
og Pål Spilling

Overføringskapasitet

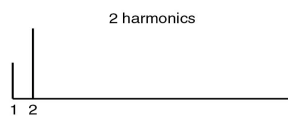
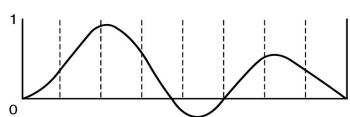
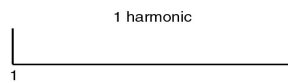
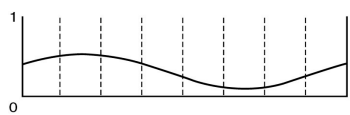
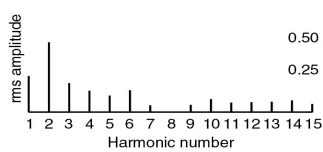
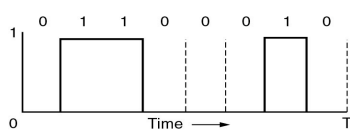
- Faktorer som påvirker kvalitet og kapasitet:
 - Forvrengning av signal gjennom mediet
 - Samplingsrate hos mottaker
 - Støy

Dekomponering av et signal



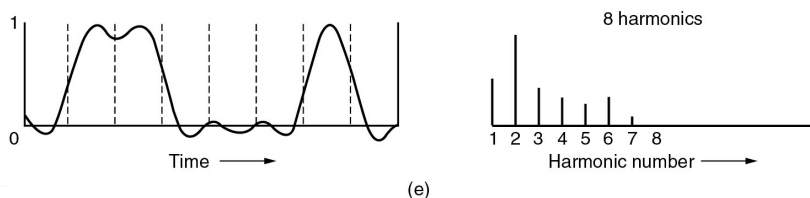
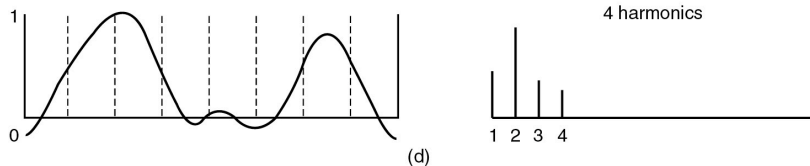
Fourieranalyse (1)

Et binært signal og dets Fourier Analyse



Fourieranalyse (2)

Ethvert signal kan skrives som en summen av en (muligens uendlig) rekke av "harmoniske signaler"



Hva har dette med data-kommunikasjon å gjøre?

- Alle media svekker signalstyrken.
- De forskjellige harmoniske signalene (frekvensene) svekkes forskjellig - høyere frekvenser har høyere svekkelse
- Den delen av spekteret som ikke svekkes vesentlig kalles mediets båndbredde.
 - Denne delen går typisk fra 0 og opp til en øvre grense.
 - Denne øvre grensen er ikke skarp.
- Jo flere bit du forsøker å sende i sekundet, jo færre harmoniske signaler får du plass til før du kommer utenom båndbreddespekteret.
- Dette betyr at jo flere bit du forsøker å sende, jo vanskeligere blir det å lese signalet hos mottaker.

Eksempler fra en telefonlinje

Bps	T (msec)	First harmonic (Hz)	# Harmonics sent
300	26.67	37.5	80
600	13.33	75	40
1200	6.67	150	20
2400	3.33	300	10
4800	1.67	600	5
9600	0.83	1200	2
19200	0.42	2400	1
38400	0.21	4800	0

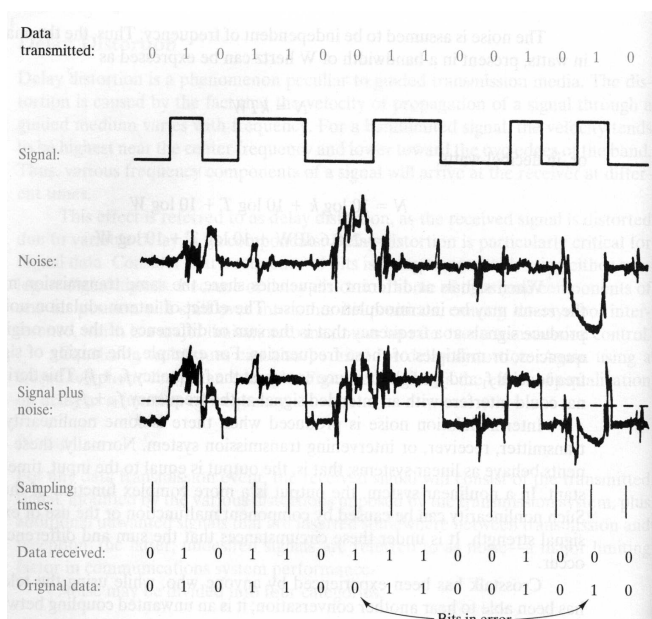
Nyquists teorem (1)

- Nyquist studerte hvordan du kunne lese signalet når det kom frem:
- "Dersom øvre grense i båndbredden er H , holder det å lese av ("sample") med frekvens $2H$ for å avlese det innkommende signalet feilfritt hos mottaker".
- Av dette kan man avlede at dersom kanalen er "perfekt" fra frekvensen H og nedover, kan man maksimalt overføre $2H \cdot \log_2 V$ bit per sekund over kanalen.
 - V er her antall diskrete nivåer i signalet.
 - Husk at selv om det er bits som overføres, kan det være flere en to nivåer som avleses. Ved fire nivåer avleses ved hvert sampel et tall mellom 0 og 3, som så kan oversettes til to bit.

Nyquists teorem (2)

- Nyquists satte en øvre grense på $2H \cdot \log_2 V$ bit per sekund i en perfekt kanal.
- Med andre ord, en binær kanal (hvor $V=2$) på 3000 Hz kunne maksimalt overføre 6000 bit per sekund.
- ...men bare ved å sette V høyt nok, synes det som om vi kan overføre så mange bps man vil...?

Effekten av støy - Shannons teorem



Fra
 $2H \cdot \log_2 V$ bps

til
 $H \cdot \log_2(1+S/N)$ bps

Hvor S/N er
signal/støyforholdet

Oppsummering (1)

- Fourier: Det er bare et visst antall frekvenser som kommer "relativt uhindret" gjennom kanalen, og det beskriver forvrengningen gjennom kanalen
- Nyquist: Ja, men du kan likevel få igjennom mer data ved å avlese mange nivåer dersom kanalen er perfekt innenfor de frekvensene som faktisk virker.
- Shannon: Ja, men det vil alltid være et signal/støyforhold, som i siste instans setter grenser for hvor mye data som kommer feilfritt frem.

Oppsummering (2)

- Fourier, Nyquist og Shannon har relevans for alle kjente transmisjonsteknikker:
 - Magnetiske media
 - Kobberkabler
 - Optiske kabler
 - Infrarøde signaler
 - Radiosignaler
- For enhver teknologi vil slike ting som rekkevidde, maks kabellengde, og maks bitrate henge sammen på en måte som i siste instans er bestemt av deres lover.