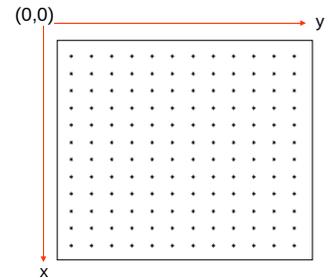


INF2310 26. januar 2010 – Ukens temaer (Kap 2.3-2.4 med drypp fra kap. 4. i DIP)

- Romlig oppløsning og sampling av bilder
- Kvantisering

Sampling av bilder

- Naturen er kontinuerlig
 - Et bilde er en kontinuerlig funksjon av to variable
- Et *digitalt* bilde består (oftest) av bildeverdier på et endelig 2D punktnett
- Sampling: Prosessen som plukker ut punkter fra et kontinuerlig bilde til et 2D punktnett



For en viss **romlig oppløsning**, hvor tett må punktene i rutenettet ligge?
(Hvor mange piksler pr. arealenhet?)

Romlig oppløsning, eksempler



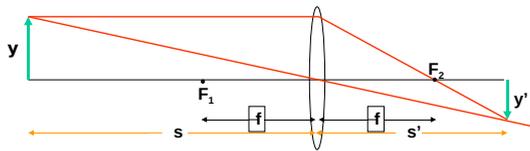
(Hvert bildeelement / tall i matrisen er her opptegnet som et kvadrat)

Romlig oppløsning sier noe om graden av fine detaljer som kan representeres i bildet

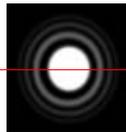


Forskjellig antall piksler, men lik romlig oppløsning

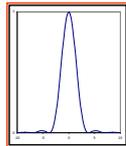
Optisk avbildning



Et punkt =>

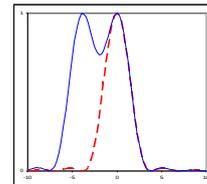


(Punktspredningsfunksjon)
(PSF)



Mer om romlig oppløsning

- Romlig oppløsning oppgis ofte som hvor langt fra hverandre to punktkilder må være for å kunne skille dem

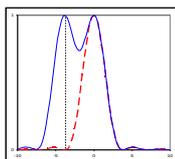


Rayleigh-kriteriet

- Anta en "perfekt" linse med diameter D , og at lysets bølgelengde er λ . Kun diffraksjon spiller inn.
- To punkter i et objekt kan akkurat adskilles i bildet hvis vinkelen mellom dem, θ , tilfredstiller:

$$\sin \theta = 1.22 \lambda / D \text{ radianer.}$$

- Dette er "Rayleigh-kriteriet".



Rayleigh-kriteriet, eksempel

$$y' = \frac{yf}{s-f}$$

$$\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$$

$$\begin{aligned} f &= 35 \text{ mm og } D = 10 \text{ mm} \\ s &= 5 \text{ m} \\ \lambda &= 500 \cdot 10^{-9} \text{ meter} \end{aligned}$$

(Tilnærmet vanlig kamera)
(Avstanden til det som avbildes)
(Grønt lys)

$$\tan \theta \approx \sin \theta = 1.22 \lambda / D = 6.1 \cdot 10^{-5}$$

(Rayleigh)

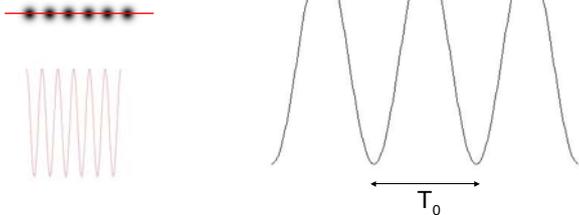
$$y = \tan \theta \cdot s \approx 3.05 \cdot 10^{-4} \text{ m} \approx 0.3 \text{ mm}$$

(I objektplanet)

$$y' = 0.3 \text{ mm} \cdot 35 / (5000 - 35) \approx 2.1 \mu \text{ m}$$

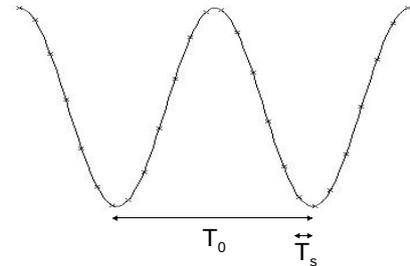
(I bildeplanet)

Romlig frekvens



- Periode T_0 (f.eks. i mm eller μm)
- Frekvens $f_0 = 1/T_0$

Sampling av kontinuerlige signaler



- Samplingsperiode T_s
- Samplingsfrekvens $f_s = 1/T_s$ (også kalt samplingsrate)
- Hvor ofte må man sample for å kunne rekonstruere signalet?

Samplingsteoremet (Shannon/Nyquist)

- Anta at det kontinuerlige bildet er båndbegrenset, dvs. det inneholder ikke høyere frekvenser enn f_{max}
- Det kontinuerlige bildet kan rekonstrueres fra det digitale bildet dersom samplingsraten $f_s = 1/T_s$ er større enn $2 f_{\text{max}}$ (altså $T_s < \frac{1}{2}T_0$)
- $2 f_{\text{max}}$ kalles Nyquist-raten
- I praksis oversampler vi med en viss faktor for å kunne få god rekonstruksjon

Hva er T_0 , og hvilket krav til T_s bør vi ha, i Rayleigh-kriteriet-eksempelet på lysark 8?

Undersampling/aliasing

- Undersampling (sample med lavere samplingsrate enn Nyquist-kriteriet) medfører **aliasing**
- Ved undersampling «forvrenses» frekvensinnholdet og det digitale bildet inneholder ikke de samme frekvenser som det kontinuerlige bildet

1D aliasing-eksempel

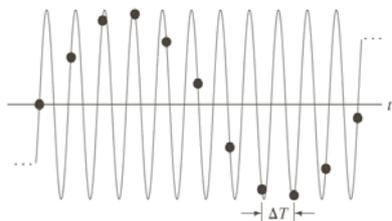
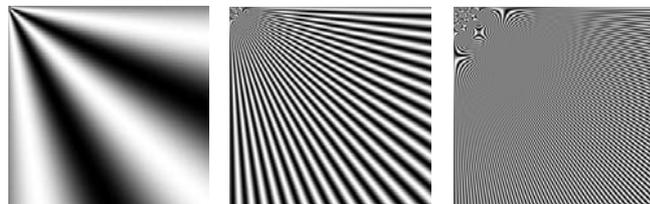


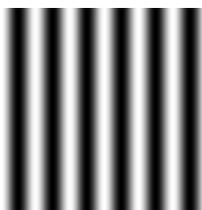
FIGURE 4.10 Illustration of aliasing. The under-sampled function (black dots) looks like a sine wave having a frequency much lower than the frequency of the continuous signal.

(Figur 4.10 s. 219 i DIP)

Aliasing-eksempel



Oppgave



12 cm

- Du tar bilde av et gjerde som består av gjerdestolper som er 6 cm brede og mellomrom som er 6 cm
- Bildet dekker 30 m av gjerdet
- Bildet er på 256x256 piksler
- Går dette bra?
- Hva er perioden i bildet og hva er samplingsperioden?

Mer reell sampling av bilder

- Når et kamera tar bilde av et objekt, vil hvert piksel i bildet inneholde lys målt fra hele det området som pikselen dekker
- Eksempel: La oss si at et piksel dekker det området som er vist til høyre, og at dette lille området inneholder noe finstruktur:
- Dette representeres etter samplingen ved gjennomsnittlig lysstyrke i området:
- Vi har målt en middelvei over et areal
 - Implisitt fjernet høyfrekvent bidrag
 - "Anti-aliasing"



Rekonstruksjon og anti-aliasing



Samplingsmønster / skanningsmønster

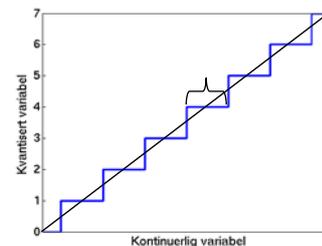
- Vanligvis rektangulært grid
 - Konnektivitets-problemer (Merk: avstanden mellom diagonale punkter)
 - Avstandsmål
 - Mer om dette i morfologi-forelesningen
- Andre eksempler:
 - Hexagonalt
 - Varierende tetthet (netthinnen)
 - Polarkoordinater (f.eks ultralyd)

Kvantisering

- $f(x,y)$ er intensitet/lysstyrke i (x,y) og er i «naturen» en *kontinuerlig* variabel
- Når bildet, f , skal lagres digitalt må man velge et *visst antall nivåer* (og hvor nivåene skal ligge)
- **Kvantisering**: Prosessen som transformerer et kontinuerlig sampel $f(x,y)$ til et diskret sampel $f_{\text{digital}}(x,y)$

Kvantisering, forts.

- Hvert piksel lagres vha. n bit
- Pikelet kan da inneholde heltallsverdier fra 0 til 2^n-1
- Eks 3bit:



Kvantiseringsfeil

- Kvantiseringsfeil
 - Summen av hver piksels avrundingsfeil
- Ikke-uniform fordeling av kvantiseringsnivåer
- Sentrale stikkord:
 - Lagringsplass
 - Behov for presisjon/akseptabelt informasjonstap
 - Hardware-kompleksitet, eller fysiske begrensninger
- Merk: Fremvisning og videre analyse av det kvantiserte bildet stiller ulike krav til presisjon

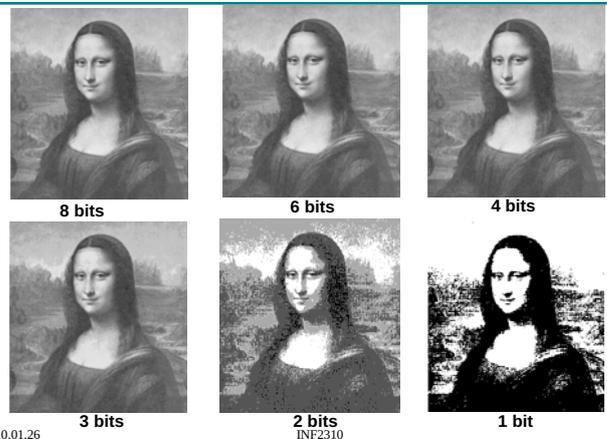
Eksempel: Plassbehov

- Typisk kamera (6 megapiksel)
 - $3264 \times 1832 = 5,979,648$ piksler
 - RGB $\rightarrow 3 * 5,979,648 * 8 \text{ bit} \approx 144 \text{ Mbit} \approx \mathbf{18 \text{ MB}}$
- Radarbilde fra ERS-satellitten:
 - Overføring fra satellitt kostbart
 - Dekker $100 \times 100 \text{ km}$
 - Pikseldekning $20 \times 20 \text{ m}$
 - 5000×5000 piksler
 - 8 bit: **25 MB**
 - 16 bit: **50 MB**
 - 32 bit: **100 MB**

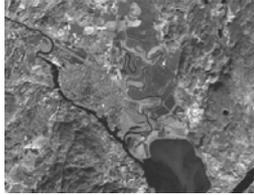
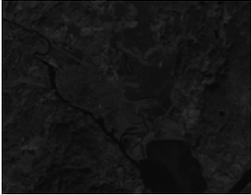
Krav til kvantiseringsnivåer

- Vi oppfatter kun noen titalls gråtoner samtidig, så trenger vi mer enn 256 nivåer (1 byte) pr. piksel?
- Tilfeller hvor *input*-intensitetsnivå varierer (for eksempel lysnivå ute og innendørs)
- For videre bildeanalyse trenger vi ofte høyere antall kvantiseringsnivåer
- Eksempler på datatyper som ulike sensorer leverer:
 - Byte (0-255): Mest vanlig
 - Unsigned short(16 bit): ERS SAR radarbilder vanlig format
 - 10bit: MR-bilder (Magnetisk Resonnans)
 - 64bit complex: ERS single look complex radarbilder (rådata) med amplitude og faseinformasjon

Eksempler - antall bit pr. piksel



Eksempel – varierende belysning



Sentrale temaer i dag

- Romlig oppløsning
 - PSF
 - Rayleigh
- Sampling
 - Samplingsteoremet (Shannon/Nyquist)
 - Aliasing
 - Anti-aliasing
- Kvantisering
 - Kvantiseringsfeil
 - Ikke-uniform fordeling av nivåer