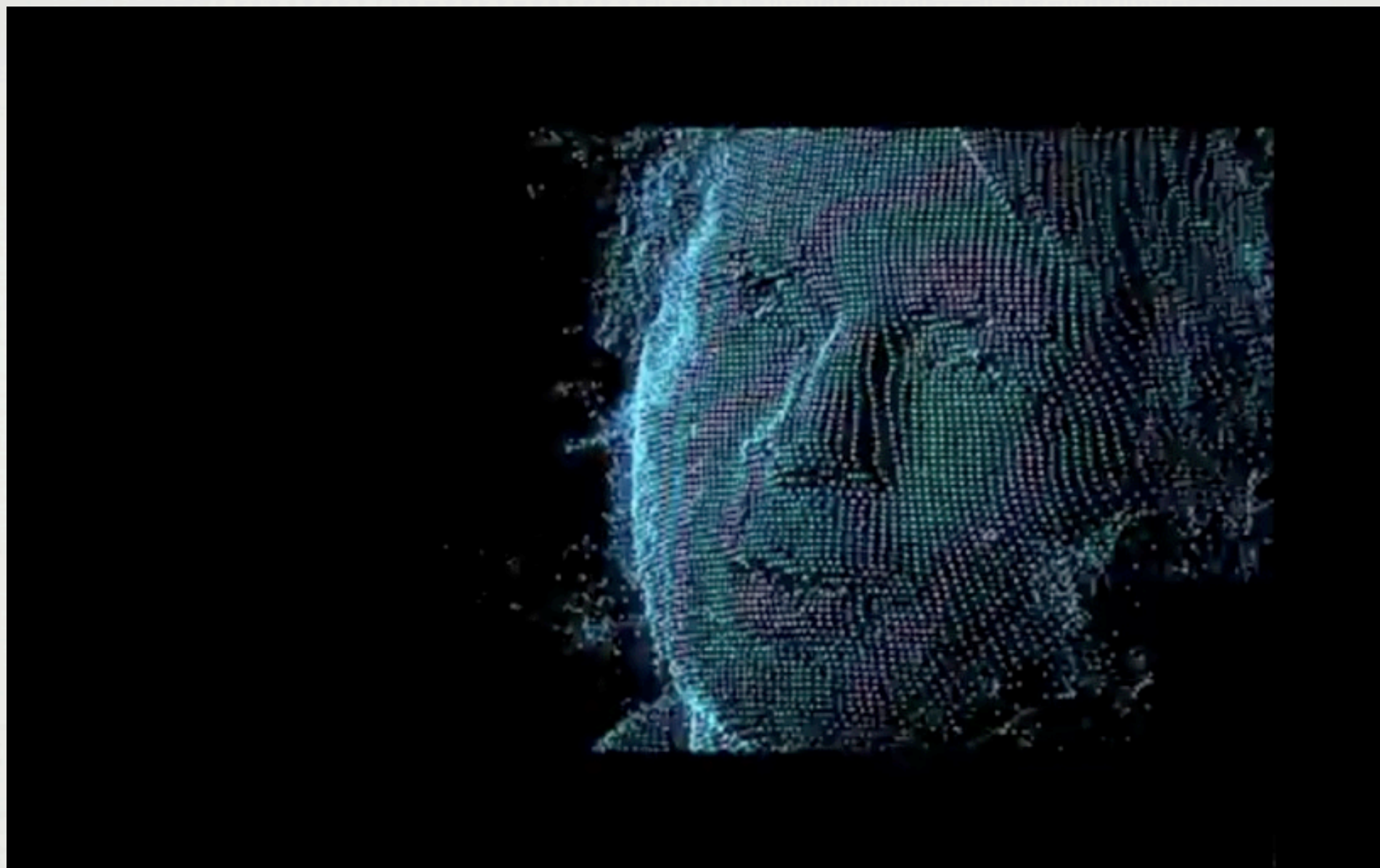




JOHDATUS TEKOÄLYYN

TEEMU ROOS



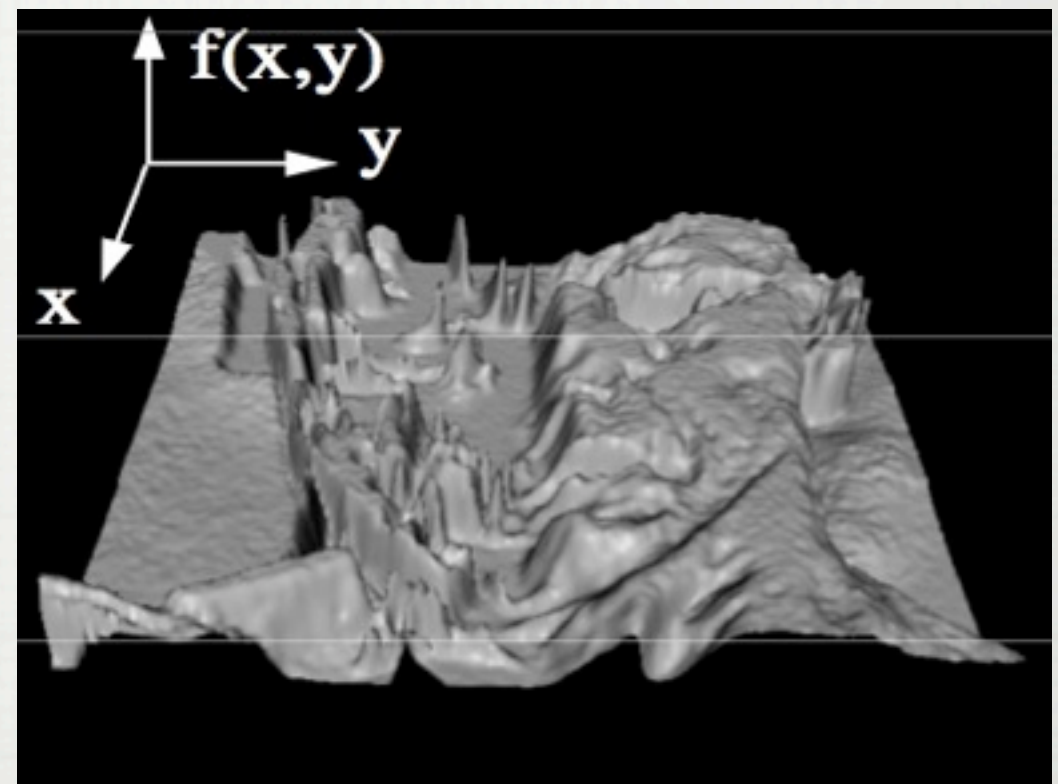
HELSINGIN YLIOPISTO



TERMINATOR SALVATION

SIGNAALINKÄSITTELY

- ✱ KUVA VOIDAAN TULKITA KOORDINAATTIEN (x,y) FUNKTIONA.

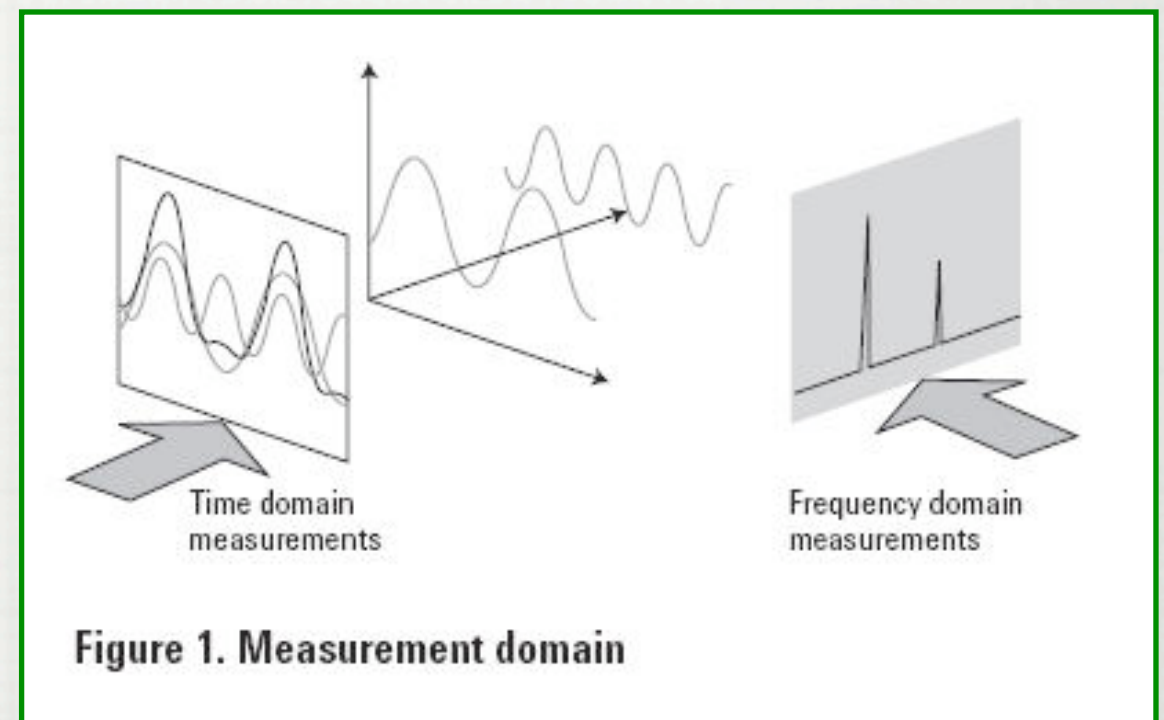
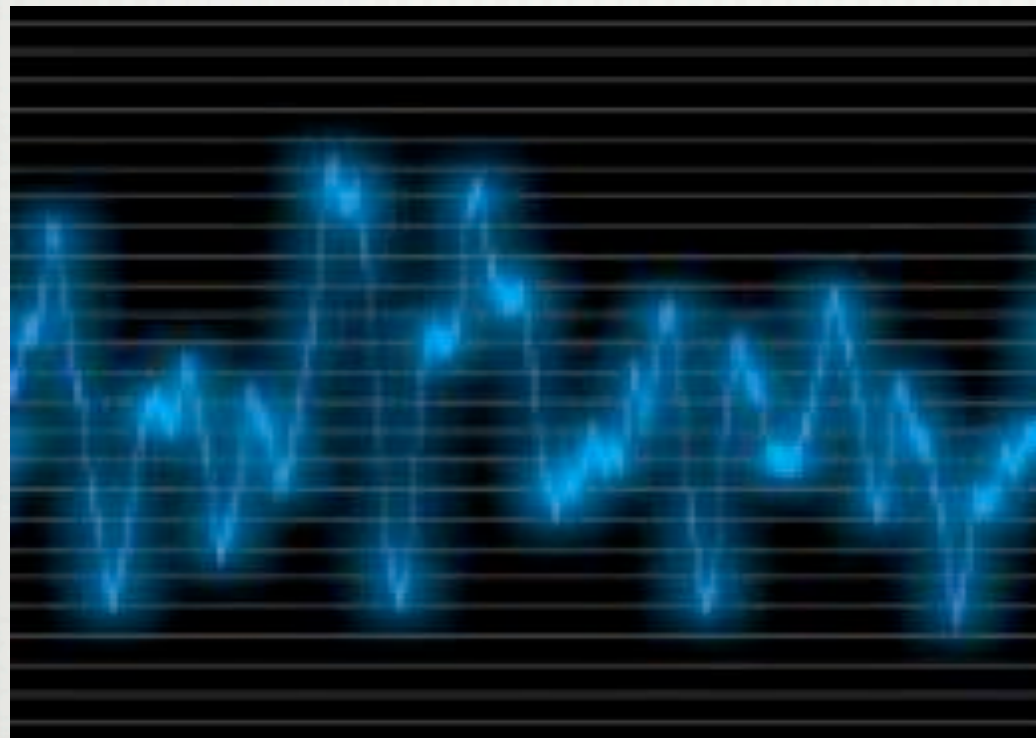


LÄHDE: S. SEITZ

- ✱ VÄRIKUVA KOOSTUU KOLMESTA KOMPONENTISTA (R, G, B).
- ✱ ÄÄNI VASTAAVASTI MUUTTUJAN t (AIKA) FUNKTIONA (TAI MUUTTUJAN f (TAAJUUS) $\Rightarrow$ "FREQUENCY DOMAIN")

SIGNAALINKÄSITTELY

- ✱ KUVA VOIDAAN TULKITA KOORDINAATTIEN (X,Y) FUNKTIONA.



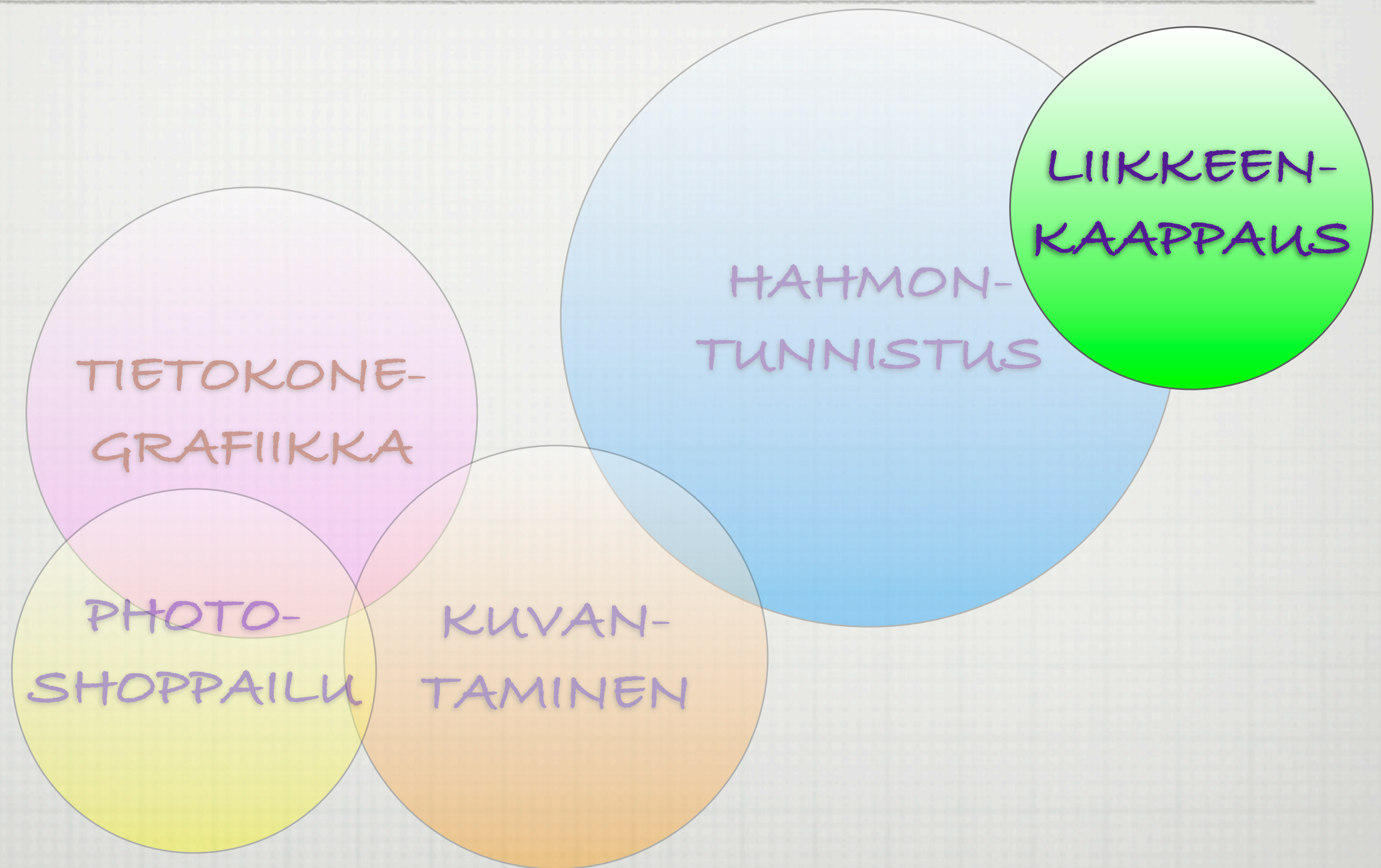
- ✱ VÄRIKUVA KOOSTUU KOLMESTA KOMPONENTISTA (R,G,B).
- ✱ ÄÄNI VASTAAVASTI MUUTTUJAN T (AIKA) FUNKTIONA (TAI MUUTTUJAN F (TAAJUUS) => "FREQUENCY DOMAIN")

SIGNAALINKÄSITTELY

- * KUVAN TAI ÄÄNITIEDOSTON **KOKO** ON USEIN SUURI:
ESIM. 1000×1000 PIKSELIÄ = 1 000 000 PIKSELIÄ
 - KUVA: **RESOLUUTIO** [DPI]
 - ÄÄNI: **NÄYTTEENOTTOTAAJUUS** [HZ]
- * **KOHINAA** ESIINTYY AINA LUONNOLLISISSA SIGNAALISSA
- * SIGNAALI RIIPPUU MYÖS **OLOSUHTEISTA**:
 - KUVAKULMA, VALAISTUS, ETÄISYYS, ...
 - KAIKU, MIKROFONI, TAUSTAHÄLY, ...
- * $\Rightarrow$ TUNNISTAMINEN TAI LUOKITTELU VAIKEAA



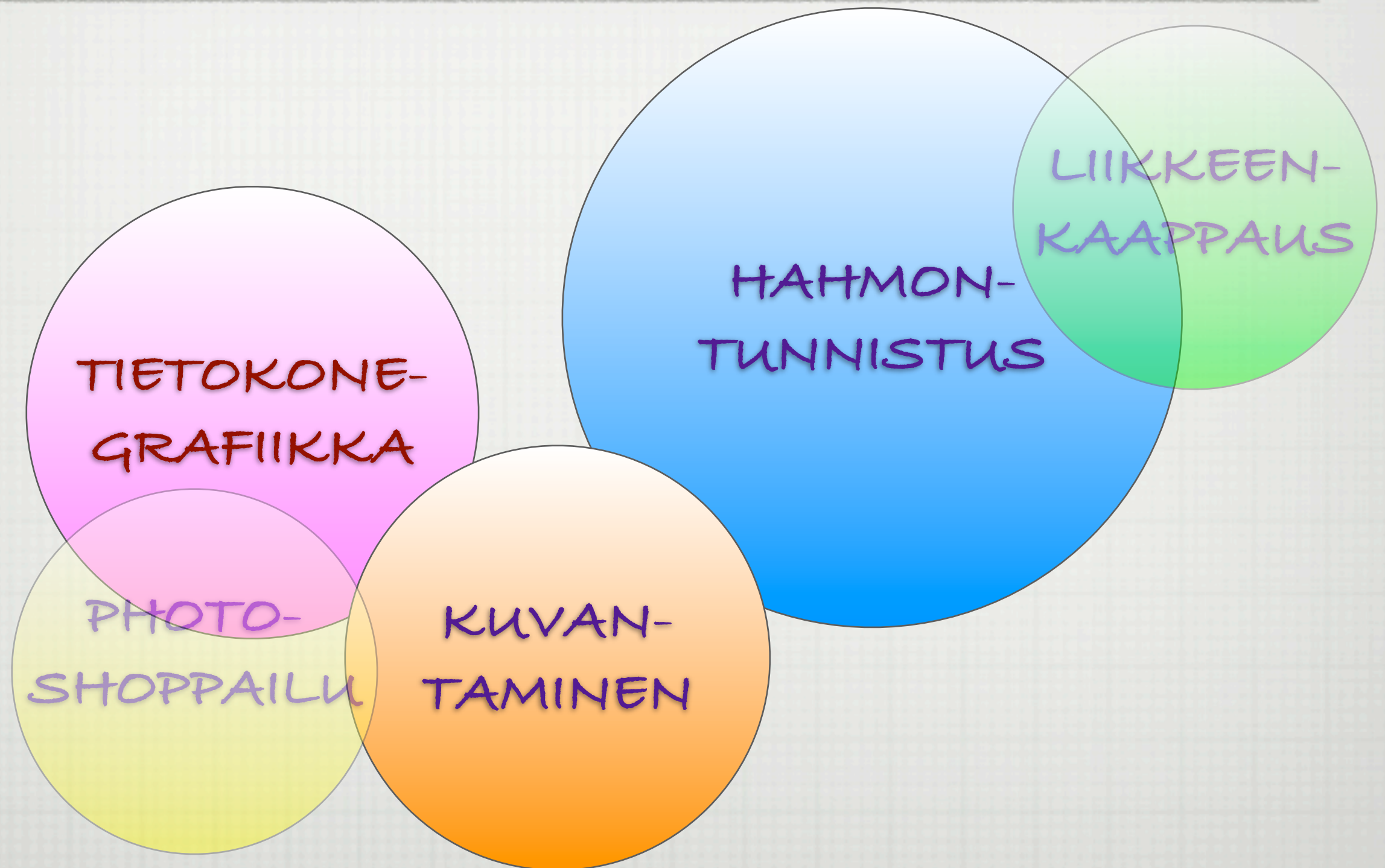
SIGNAALINKÄSITTELY



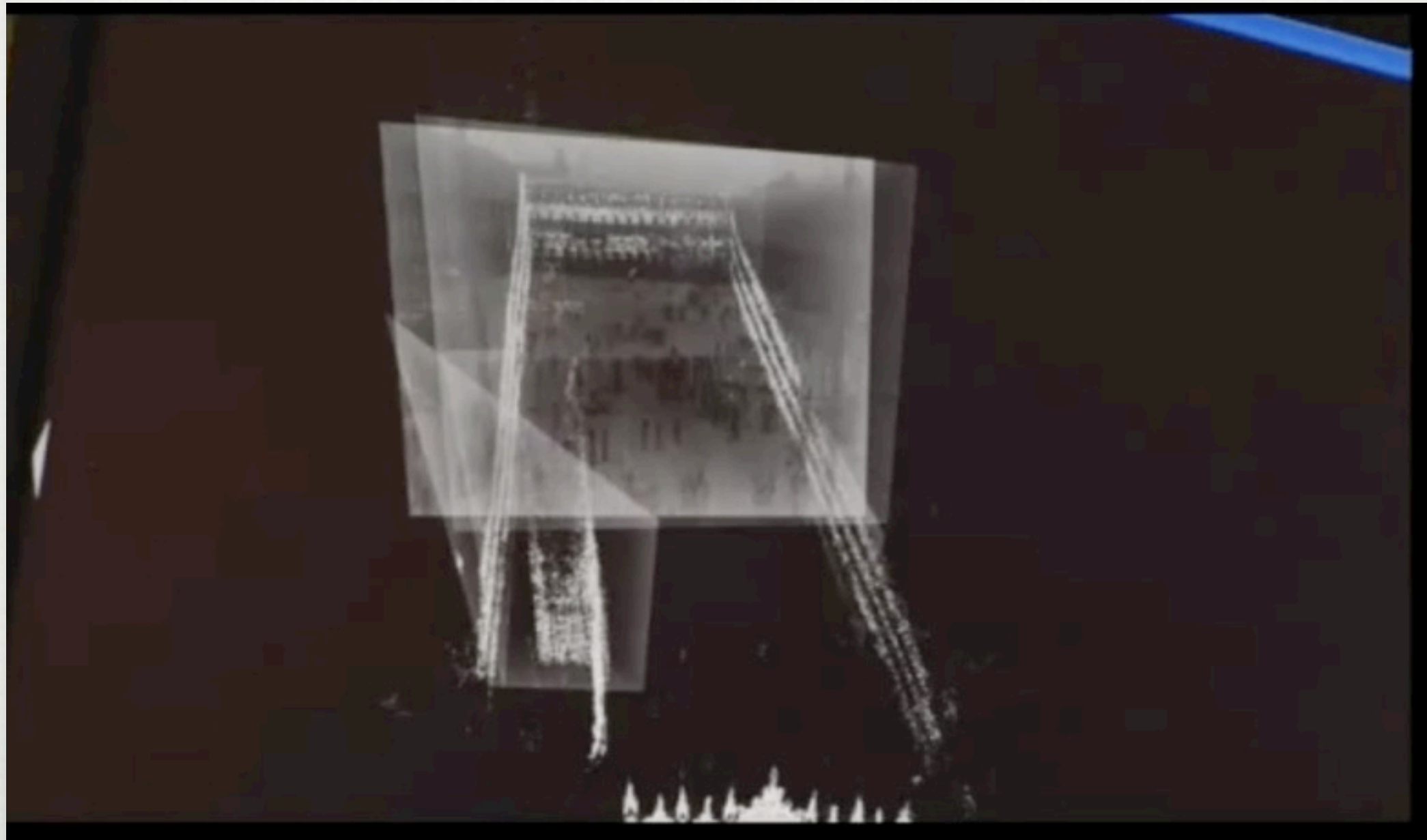
MOTION CAPTURE



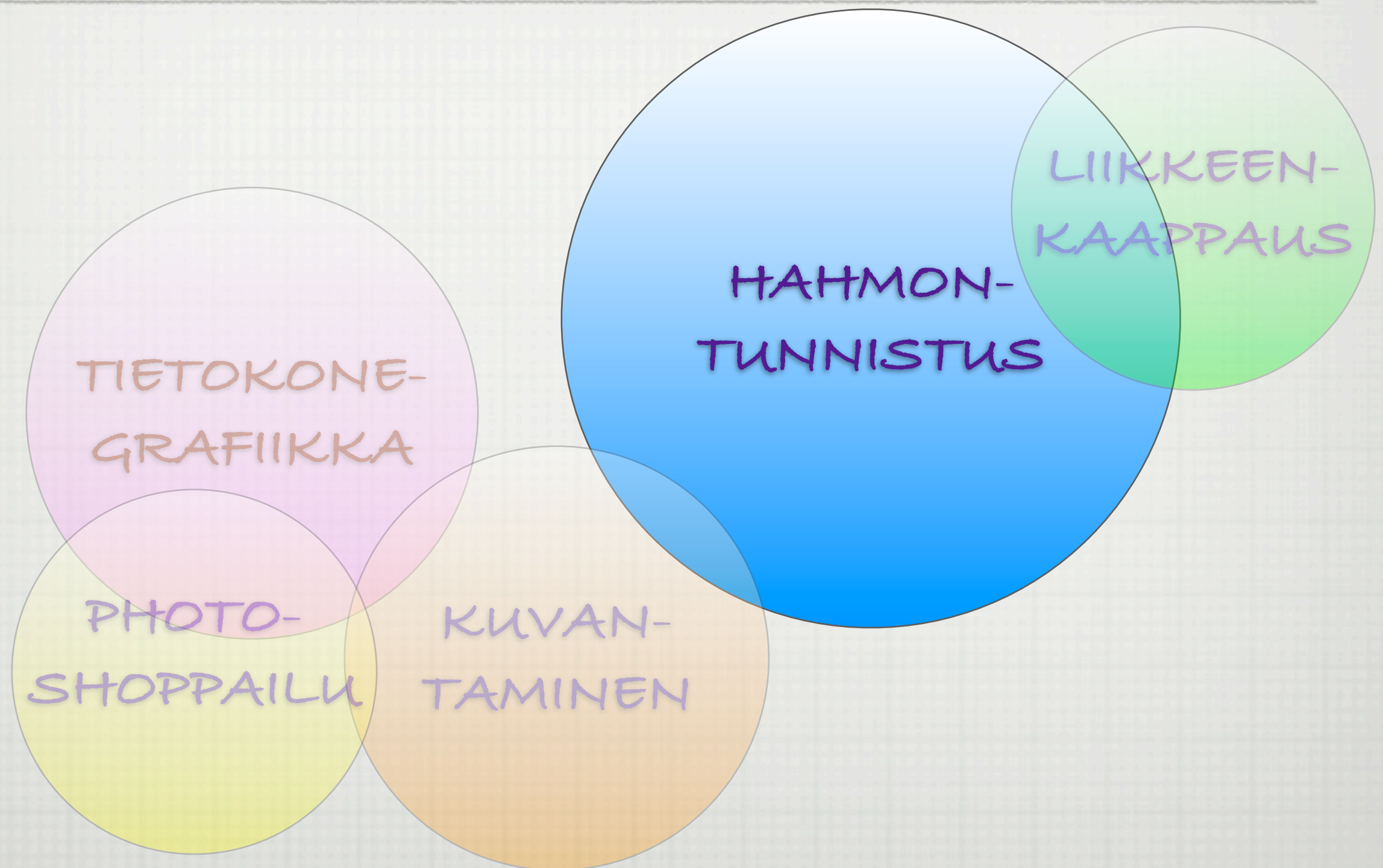
SIGNAALINKÄSITTELY



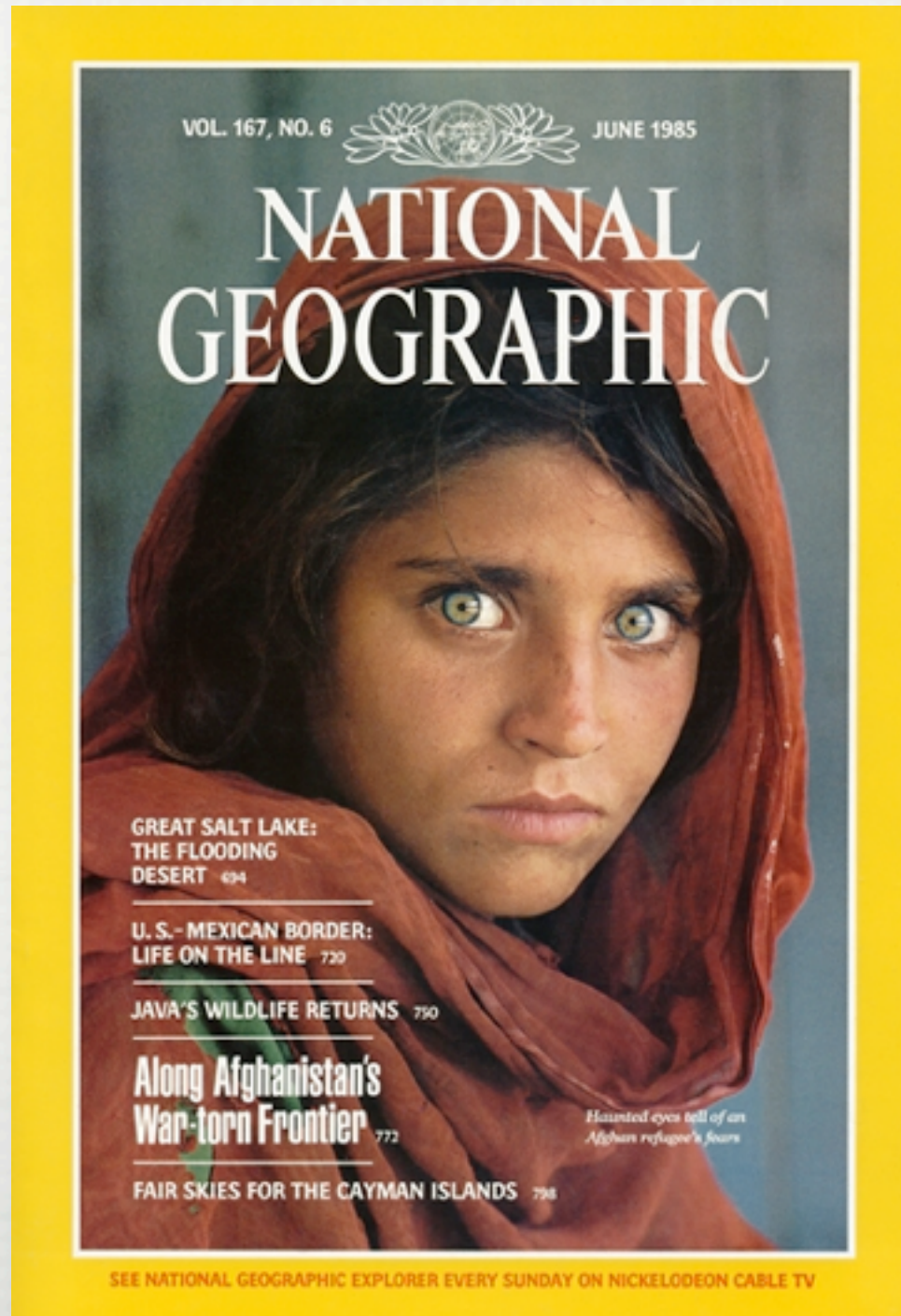
MICROSOFT PHOTOSYNTH



SIGNAALINKÄSITTELY



“AFGHAN GIRL”



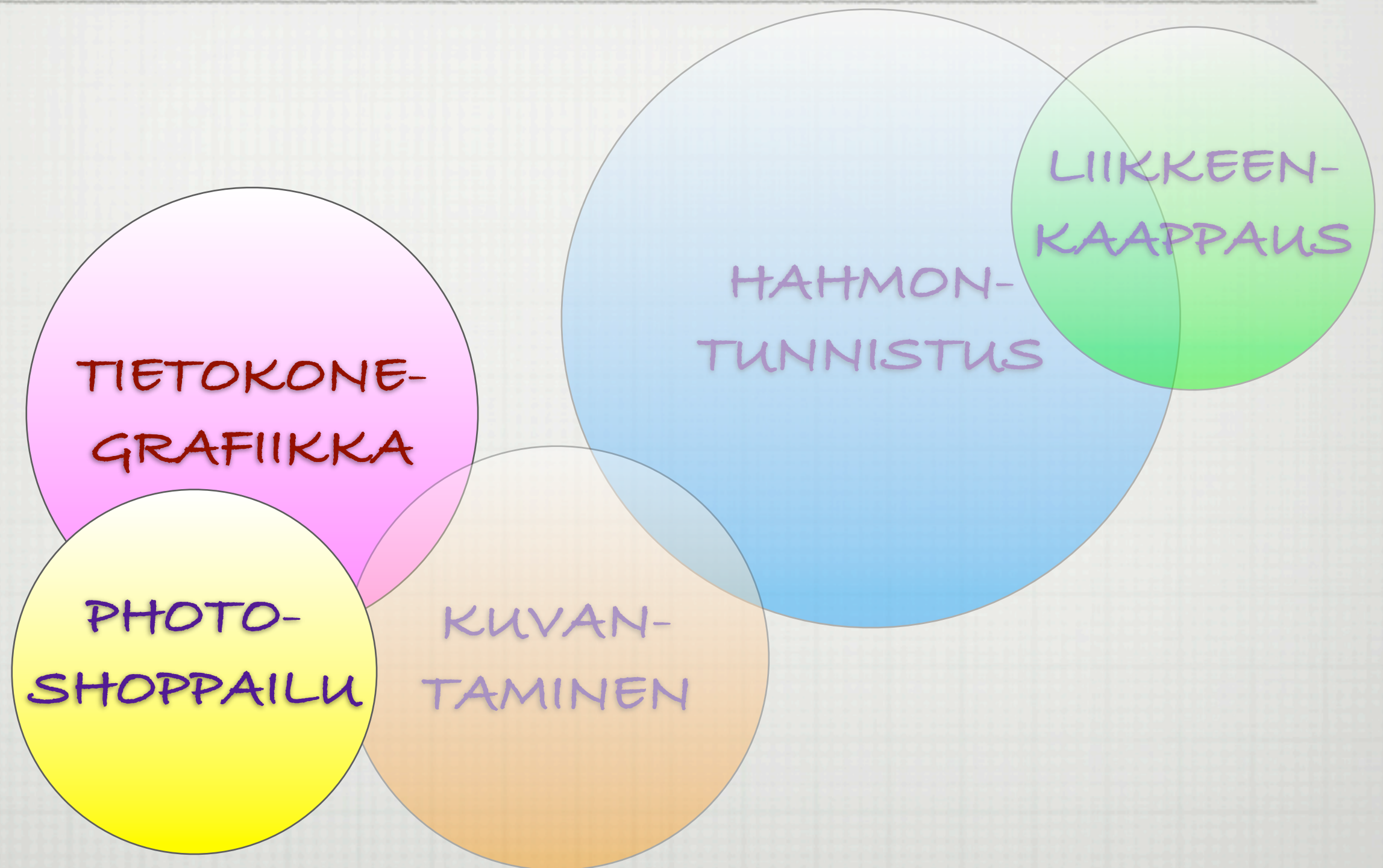
“AFGHAN GIRL”



“AFGHAN GIRL”



SIGNAALINKÄSITTELY



KOHINANPOISTO

Occam's Razor
MDL Principle
Universal Source Coding
MDL Principle (contd.)

Modern MDL
Histogram Density Estimation
Clustering
Linear Regression
Wavelet Denoising

Example: Denoising

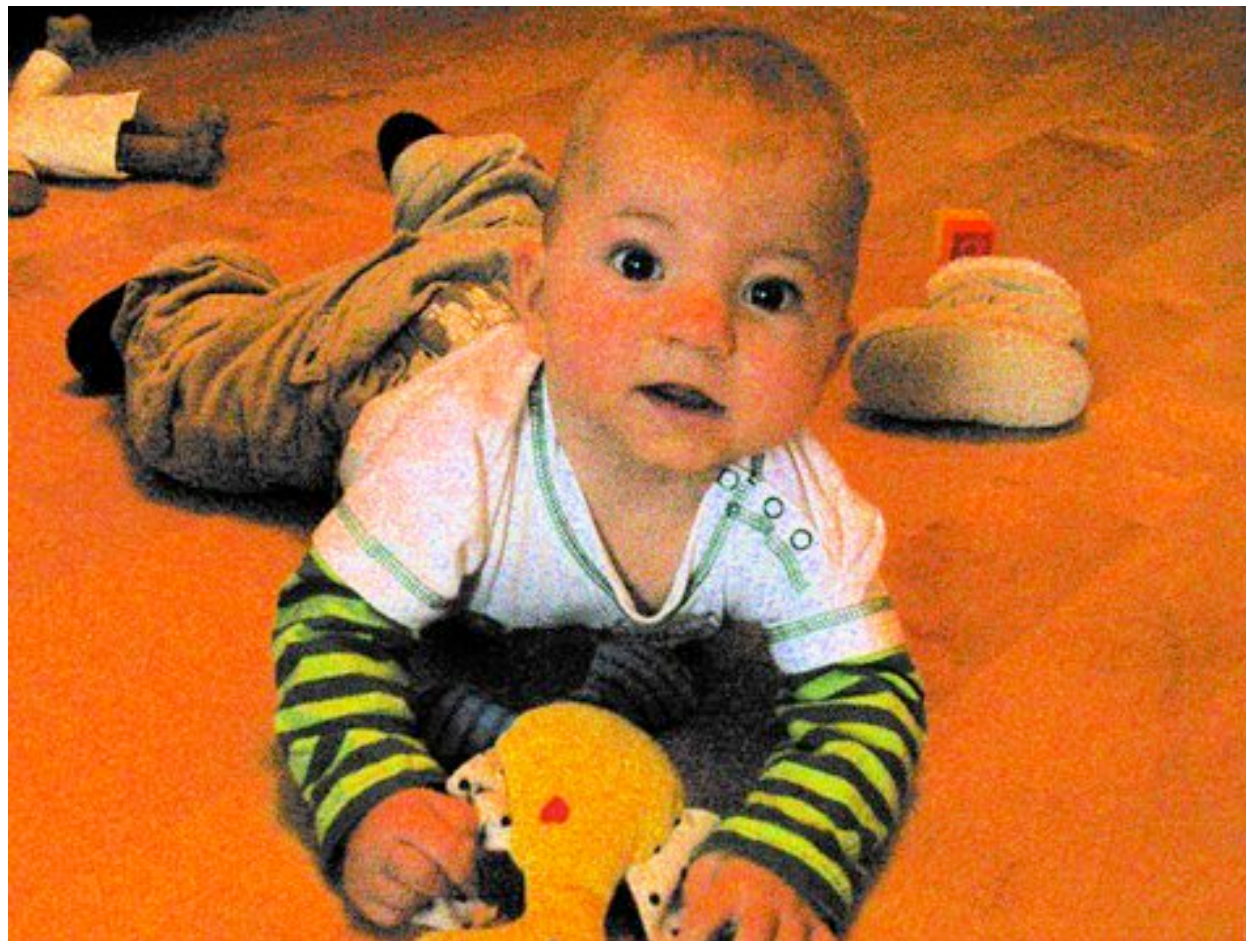


KOHINANPOISTO

Occam's Razor
MDL Principle
Universal Source Coding
MDL Principle (contd.)

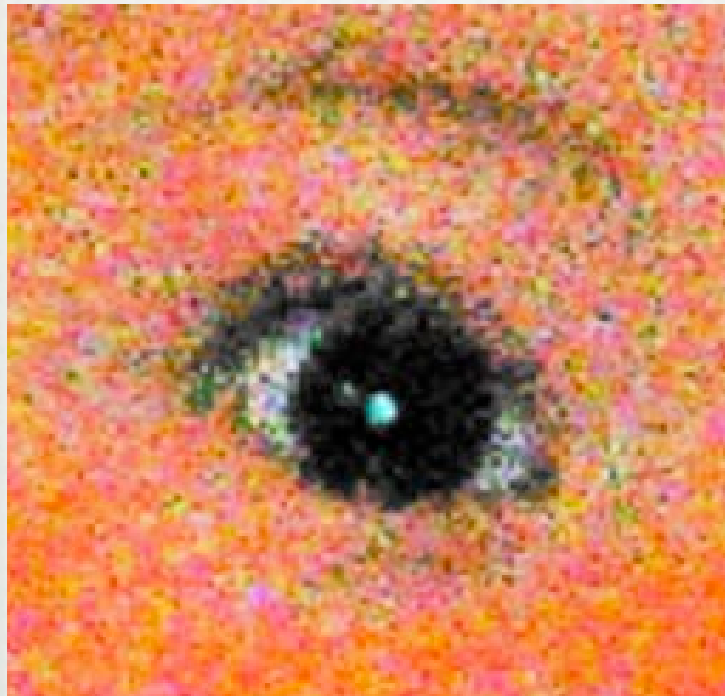
Modern MDL
Histogram Density Estimation
Clustering
Linear Regression
Wavelet Denoising

Example: Denoising

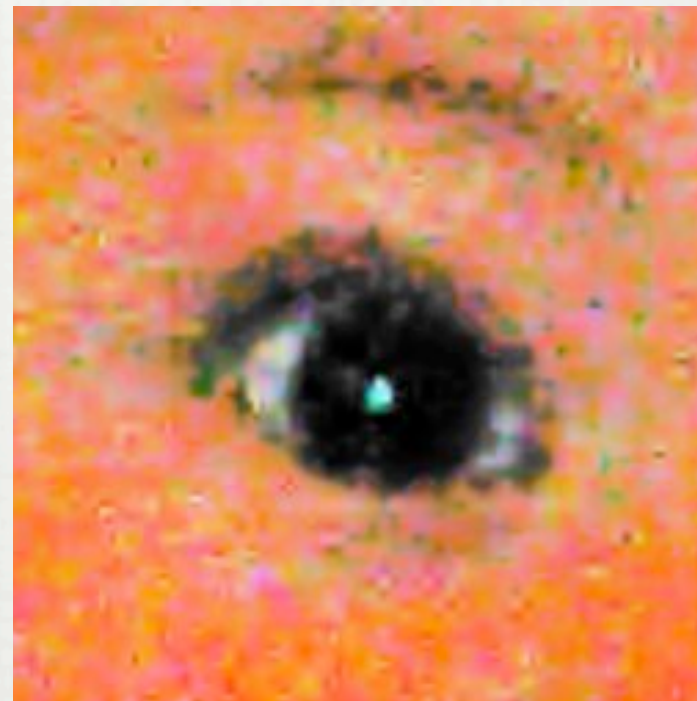


KOHINANPOISTO

ALKUPERÄINEN

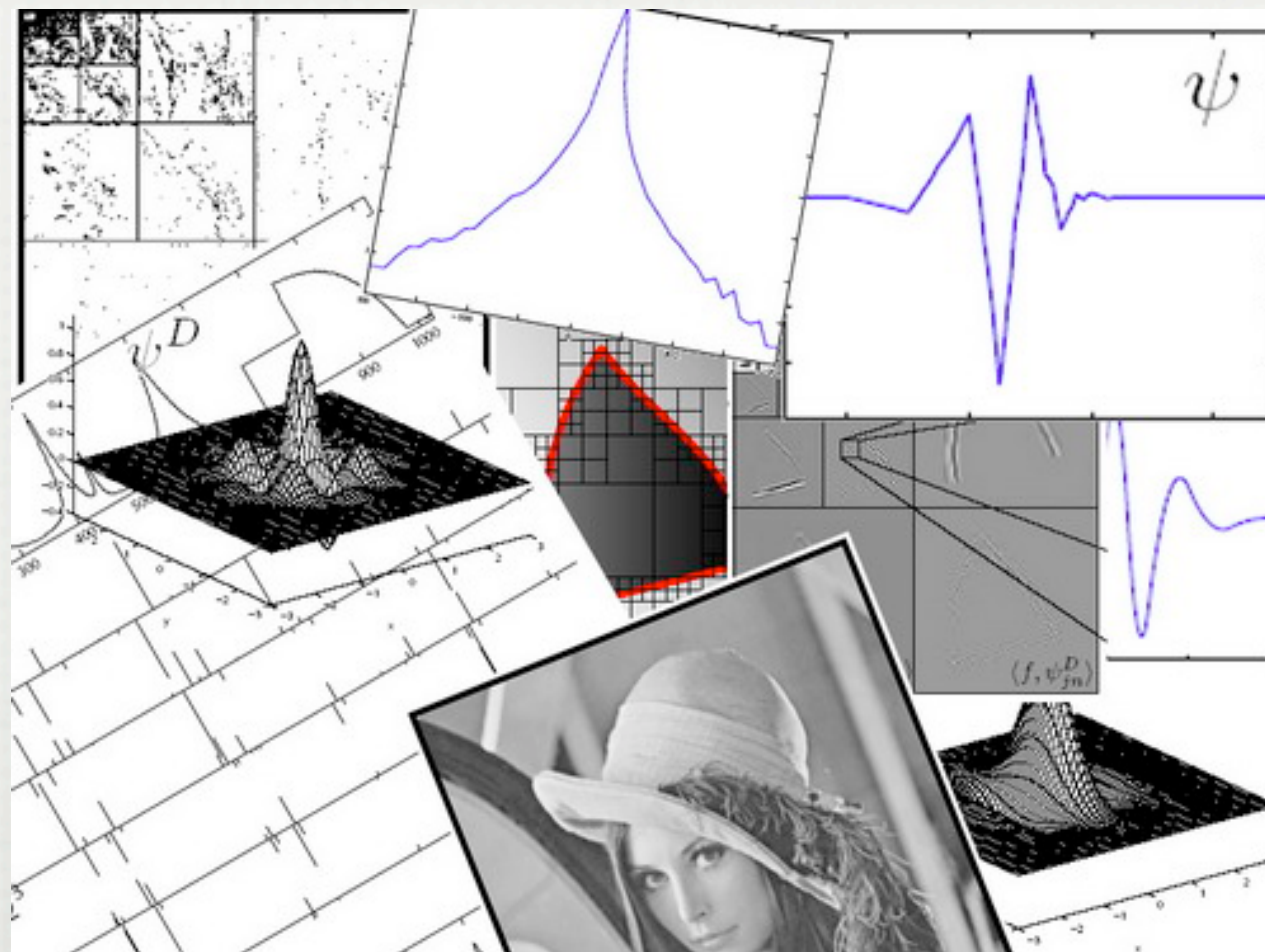


KÄSITELTY



KOHINANPOISTO

- * SIGNAALI (ÄÄNI TAI KUVA) ESITETÄÄN NIIN SANOTUSSA AALLOKEMUODOSSA (WAVELET)



- HIUKKAN KUIN TAAJUUS-
ESITYS ÄÄNELLÄ

- ## * KÄSITELLÄÄN SIGNAALIA VEKTORINA

KOHINANPOISTO

- ✱ AALLOKEMUODOSSA SIGNAALIN OLENNAINEN OSA KESKITTYNYT VAIN HARVOIHIN, ISOIHIN ELEMENTTEIHIN
 $[0, 0, 0, 45, -12, 0, 0, 0, 0, -2, 0, 0, -120, 0, 0, 0, \dots]$
- ✱ KOHINA JAKAUTUU TASAISESTI KAIKILLE ELEMENTEILLE
 $[\epsilon, \epsilon, \epsilon, 45 \pm \epsilon, -12 \pm \epsilon, \epsilon, \epsilon, \epsilon, \epsilon, -2 \pm \epsilon, \epsilon, \epsilon, -120 \pm \epsilon, \epsilon, \epsilon, \epsilon, \dots]$
- ✱ MENETELMÄ: ASETA NOLLAA LÄHELLÄ OLEVAT ELEMENTIT NOLLIKSI
 $[0, 0, 0, 45 \pm \epsilon, -12 \pm \epsilon, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -120 \pm \epsilon, 0, 0, 0, \dots]$
- ✱ TULOS:
 - SUURIN OSA KOHINASTA HÄVIÄÄ
 - VAIN PIENI OSA SIGNAALISTA HÄVIÄÄ

KOHINANPOISTO

- * AALLOKEMUODOSSA SIGNAALIN OLENNAINEN OSA KESKITTYNYT VAIN HARVOIHIN, ISOIHIN ELEMENTTEIHIN
 $[0, 0, 0, 45, -12, 0, 0, 0, 0, -2, 0, 0, -120, 0, 0, 0, \dots]$
- * KOHINA JAKAUTUU TASAISESTI KAIKILLE ELEMENTEILLE
 $[\epsilon, \epsilon, \epsilon, 45 \pm \epsilon, -12 \pm \epsilon, \epsilon, \epsilon, \epsilon, \epsilon, -2 \pm \epsilon, \epsilon, \epsilon, -120 \pm \epsilon, \epsilon, \epsilon, \epsilon, \dots]$
- * MENETELMÄ: ASETA NOLLAA LÄHELLÄ OLEVAT ELEMENTIT NOLLIKSI
 $[0, 0, 0, 45 \pm \epsilon, -12 \pm \epsilon, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -120 \pm \epsilon, 0, 0, 0, \dots]$
- * TULOS:
 - SUURIN OSA KOHINASTA HÄVIÄÄ
 - VAIN PIENI OSA SIGNAALISTA HÄVIÄÄ

KOHINANPOISTO

kohinanpoisto(x,t):

$n \leftarrow \text{length}(x)$

$c \leftarrow \text{dwt}(x)$ // discrete wavelet transform

for $i = 1, \dots, n$:

 if $|c[i]| < t$: $c[i] = 0$

end-for

$x \leftarrow \text{idwt}(c)$ // inverse wavelet transform

return x

KOHINANPOISTO

kohinanpoisto(x,t):

AALLOKEMUUNNOS

$n \leftarrow \text{length}(x)$

$c \leftarrow \text{dwt}(x)$ // discrete wavelet transform

for $i = 1, \dots, n$:

 if $|c[i]| < t$: $c[i] = 0$

end-for

$x \leftarrow \text{idwt}(c)$ // inverse wavelet transform

return x

KOHINANPOISTO

kohinanpoisto(x,t):

$n \leftarrow \text{length}(x)$

$c \leftarrow \text{dwt}(x)$ // discrete wavelet transform

for $i = 1, \dots, n$:

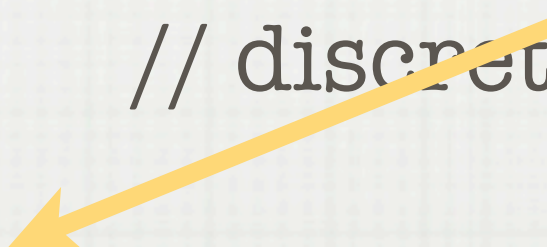
if $|c[i]| < t$: $c[i] = 0$

end-for

$x \leftarrow \text{idwt}(c)$ // inverse wavelet transform

return x

KYNNYSARVO t



KOHINANPOISTO

kohinanpoisto(x,t):

$n \leftarrow \text{length}(x)$

$c \leftarrow \text{dwt}(x)$ // discrete wavelet transform

for $i = 1, \dots, n$:

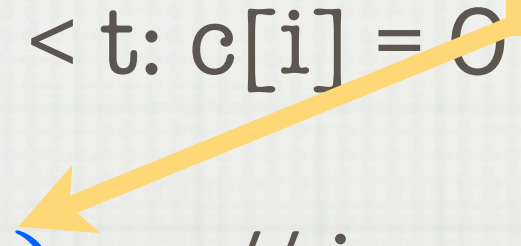
if $|c[i]| < t$: $c[i] = 0$

end-for

$x \leftarrow \text{idwt}(c)$ // inverse wavelet transform

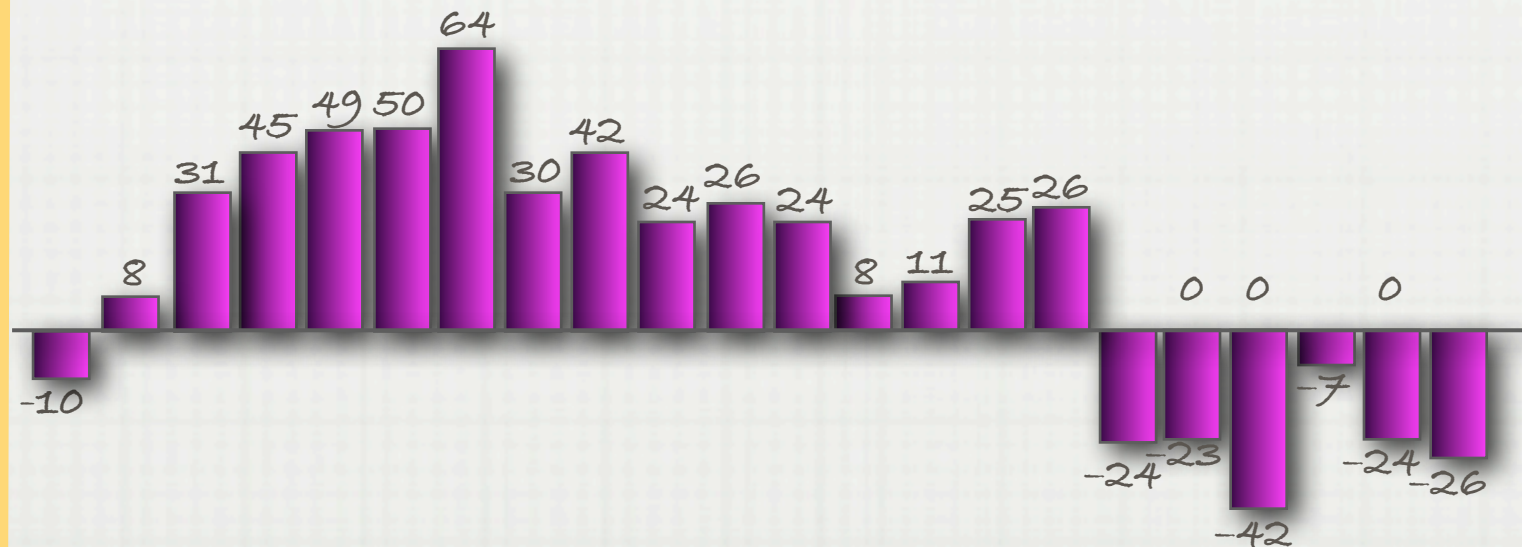
return x

KÄÄNTEISMUUNNOS



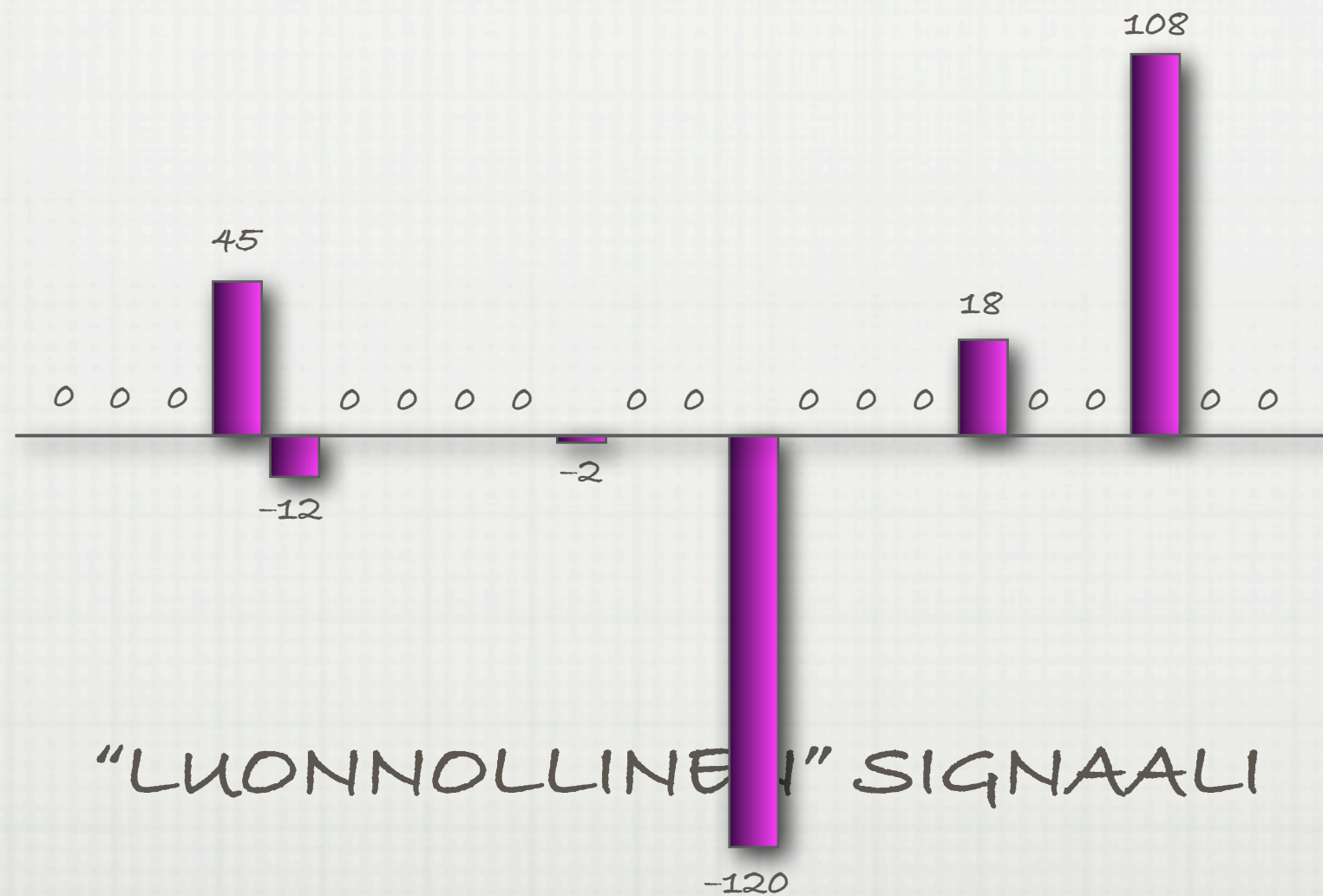
KOHINANPOISTO

AALLOKEMUUNNOS



"LUONNOLLINEN" SIGNAALI

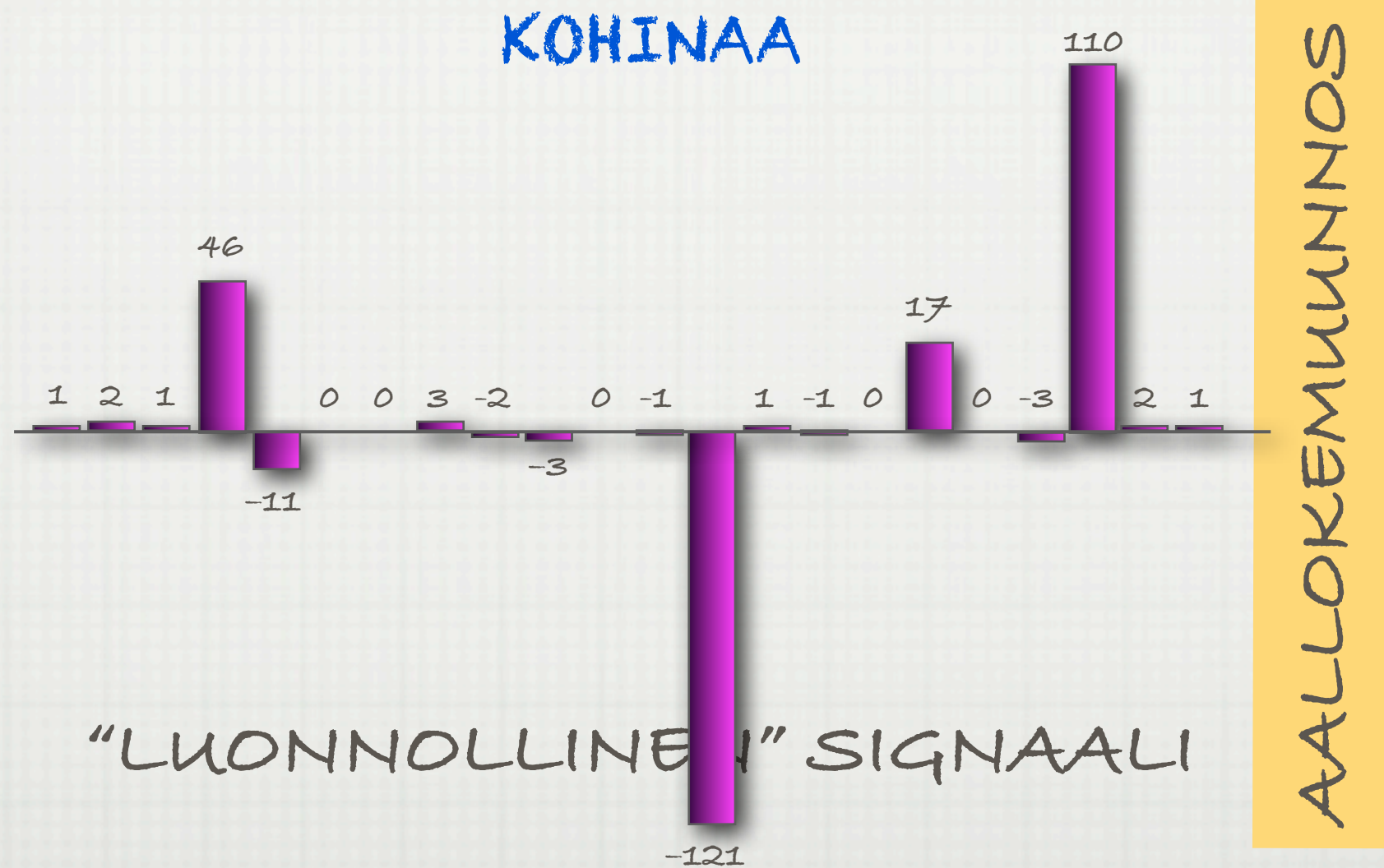
KOHINANPOISTO



"LUONNOLLINEN" SIGNAALI

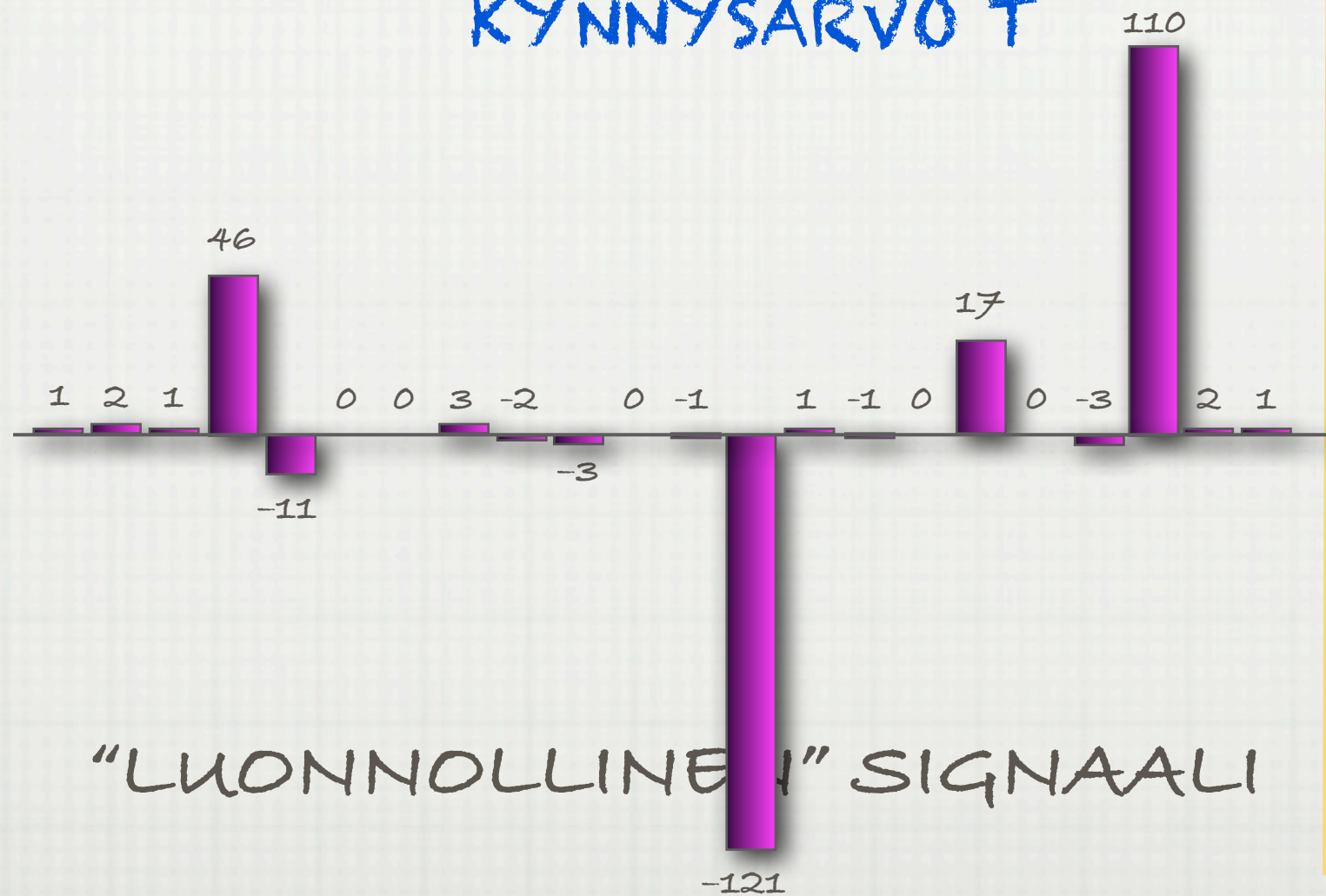
AALLOKEMUUNNOS

KOHINANPOISTO



KOHINANPOISTO

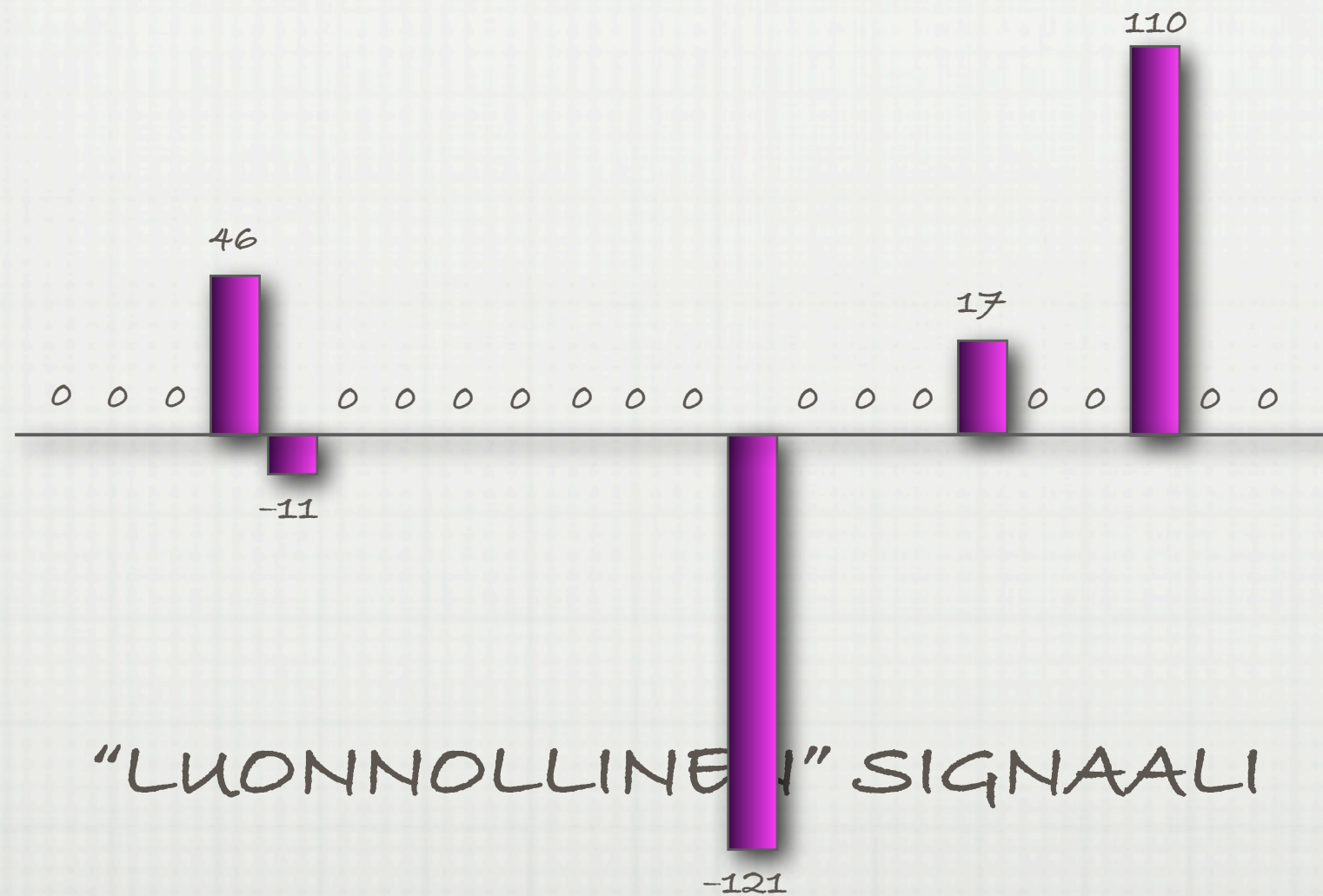
KYNNYSARVO T



"LUONNOLLINEN" SIGNAALI

AALLOKEMUUNNOS

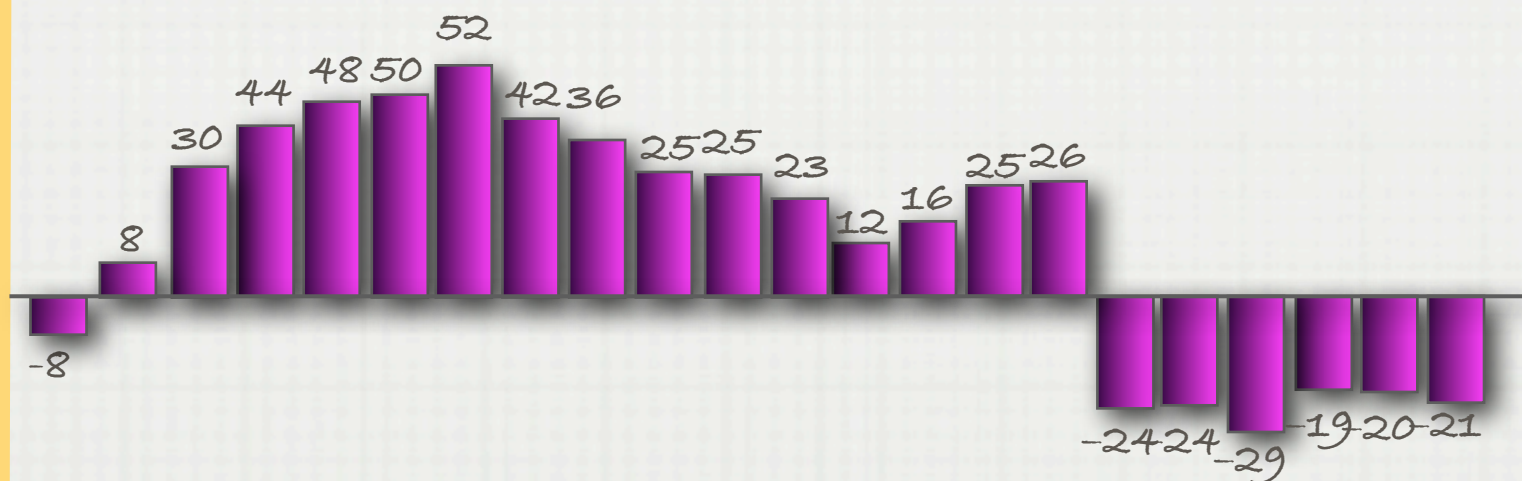
KOHINANPOISTO



KOHINANPOISTO

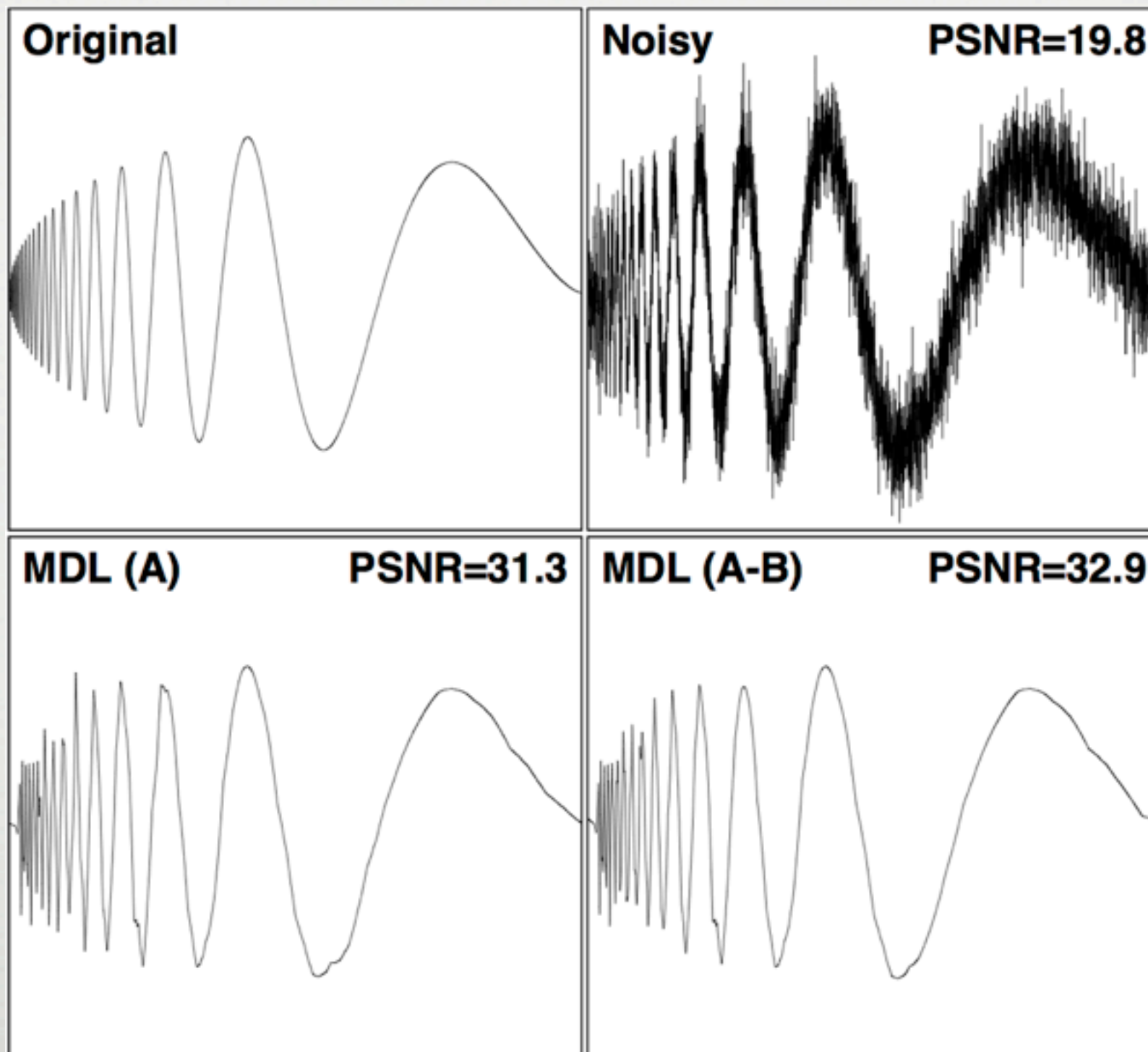
AALLOKEMUUNNOS

SIGNAALI "SILEÄMPI" KUIN ENNEN
JA VÄHEMMÄN KOHINAA

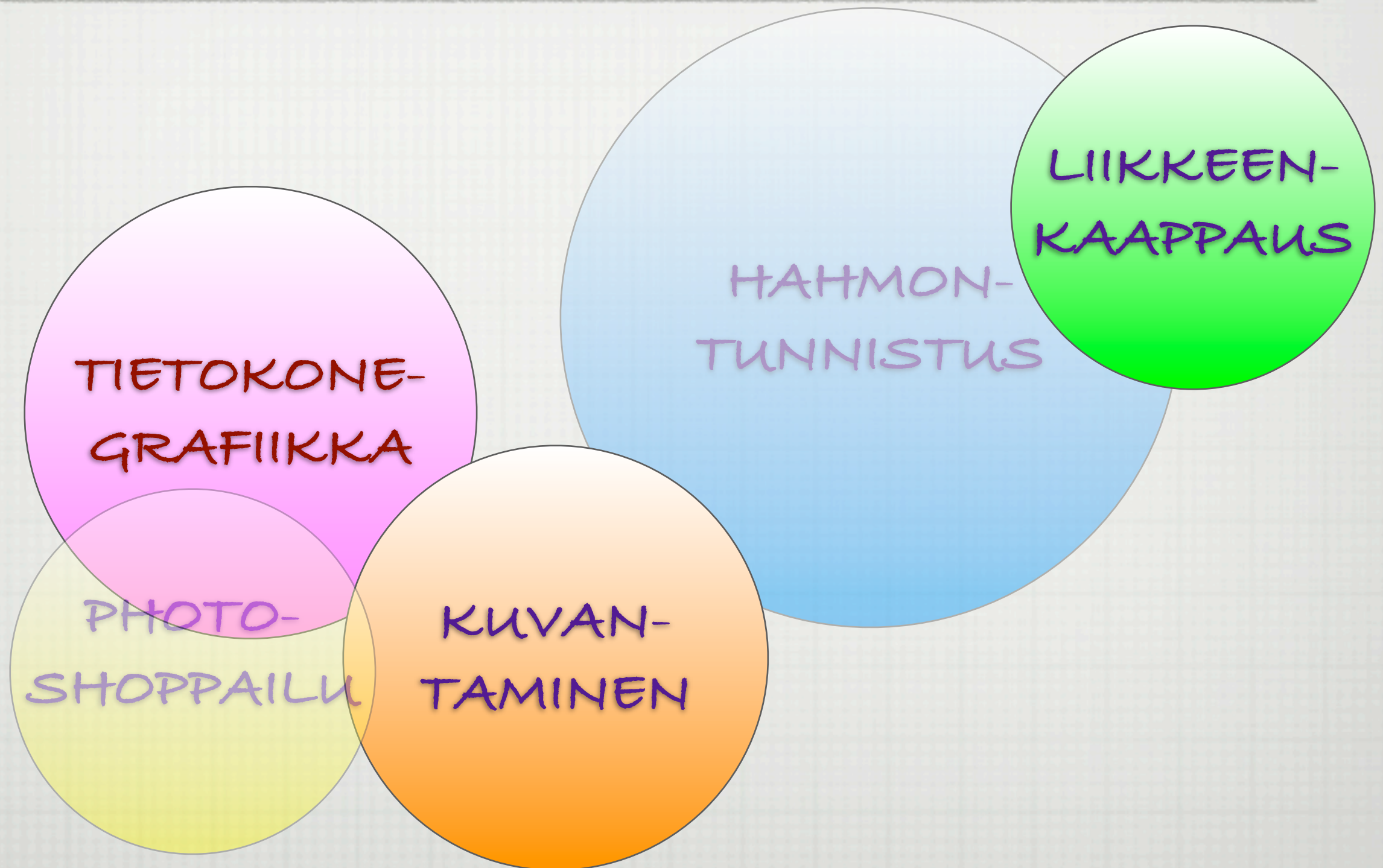


"LUONNOLLINEN" SIGNAALI

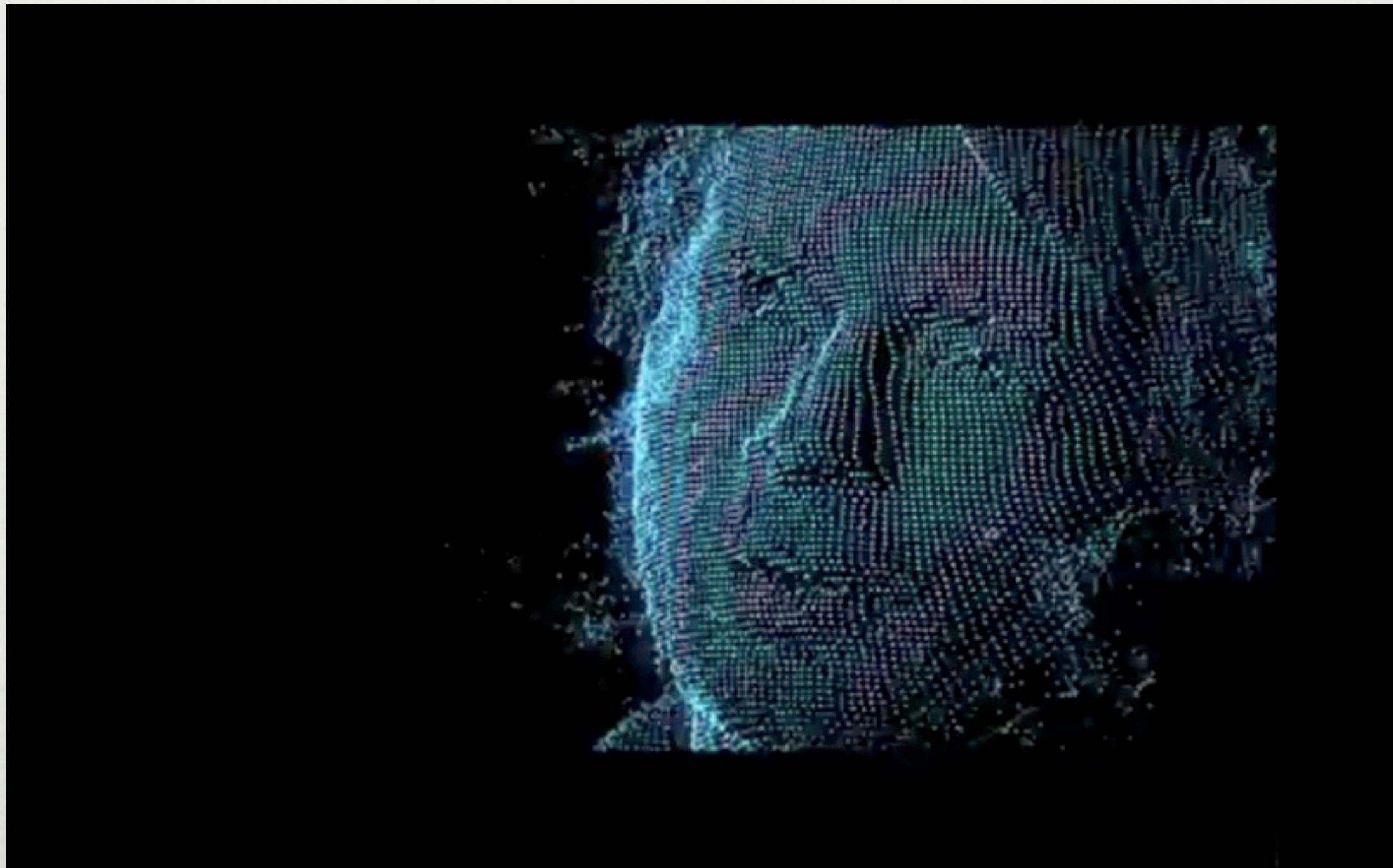
KOHINANPOISTO



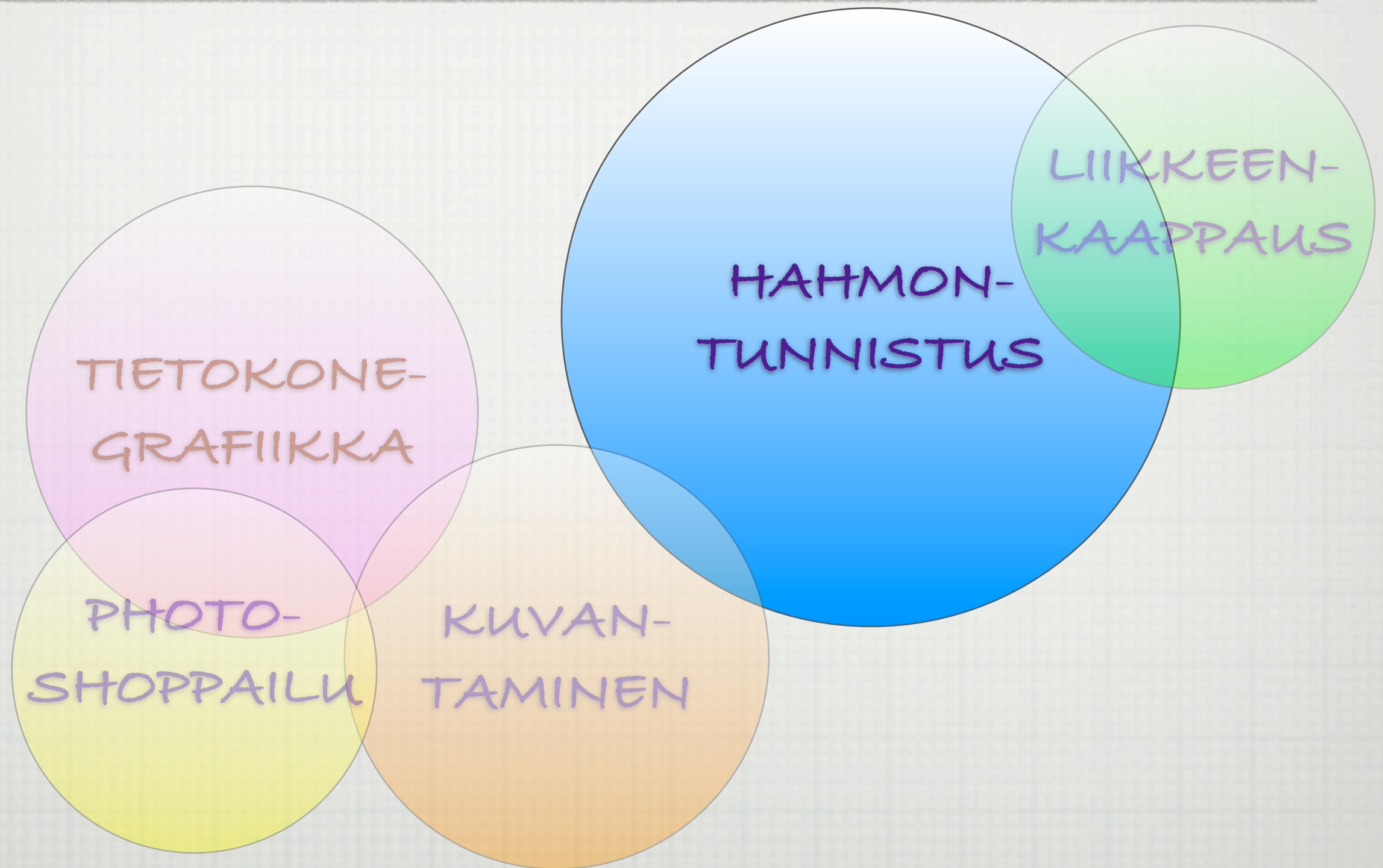
SIGNAALINKÄSITTELY



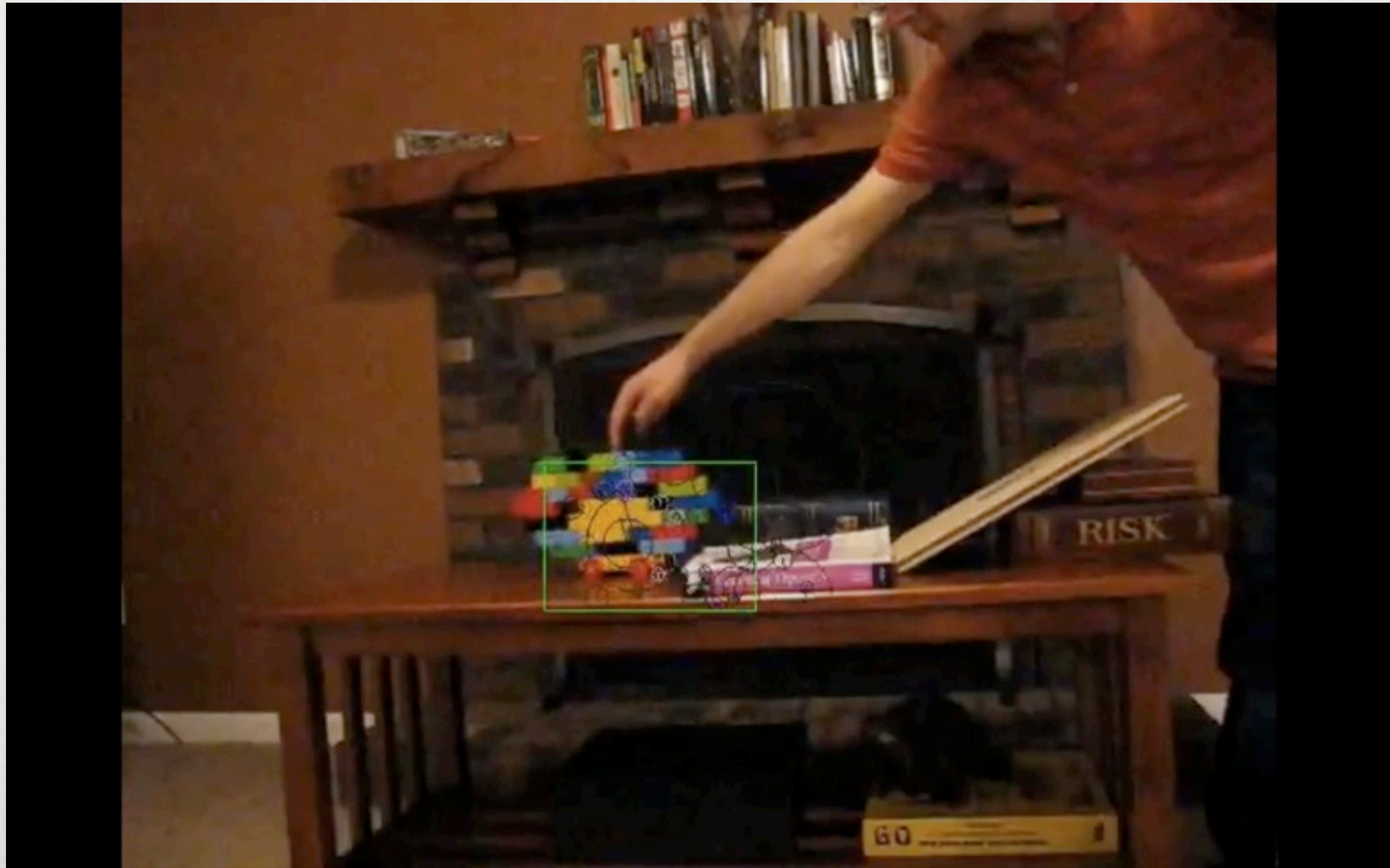
RADIOHEAD



SIGNAALINKÄSITTELY



SEURANTA (TRACKING)



HAHMONTUNNISTUS

- ✱ TAVOITE TUNNISTAMISESSA LÖYTÄÄ PIIRTEET, JOIDEN PERUSTEELLA VOIDAAN TUNNISTAA SAMA HAHMO ERI KUVISSA TAI ÄÄNINÄYTTEISSÄ
- ✱ KUVASSA TYYPILLISIÄ PIIRRETYYPPEJÄ:
 - REUNAT
 - KULMAT
- ✱ ÄÄNESSÄ:
 - TAAJUUS
 - TAAJUUDEN MUUTOKSET (YLÖS, ALAS, ...)
 - RYTMİ
 - ...

SURF

- ✱ HAHMONTUNNISTUKSESSA SUOSIOSSA "INVARIANTIT PIIRTEET", KUTEN **SIFT** (Scale Invariant Feature Transform) JA **SURF** (Speeded up Robust Features).
- ✱ H. Bay, T. Tuytelaars & L. van Gool. "SURF: Speeded up Robust Features", Computer Vision and Image Understanding (CVIU), vol. 110, No. 3, pp. 346-359, 2008
- ✱ IDEANA LÖYTÄÄ KUVASTAJOUKKO PIIRTEITÄ (FEATURE), JOTKA SÄILYVÄT SAMANA
 - ERI KOOSSA
 - ERI KULMASSAJA JOTKA VOI LASKEA
 - NOPEASTI.

INVARIANSSI

SURF

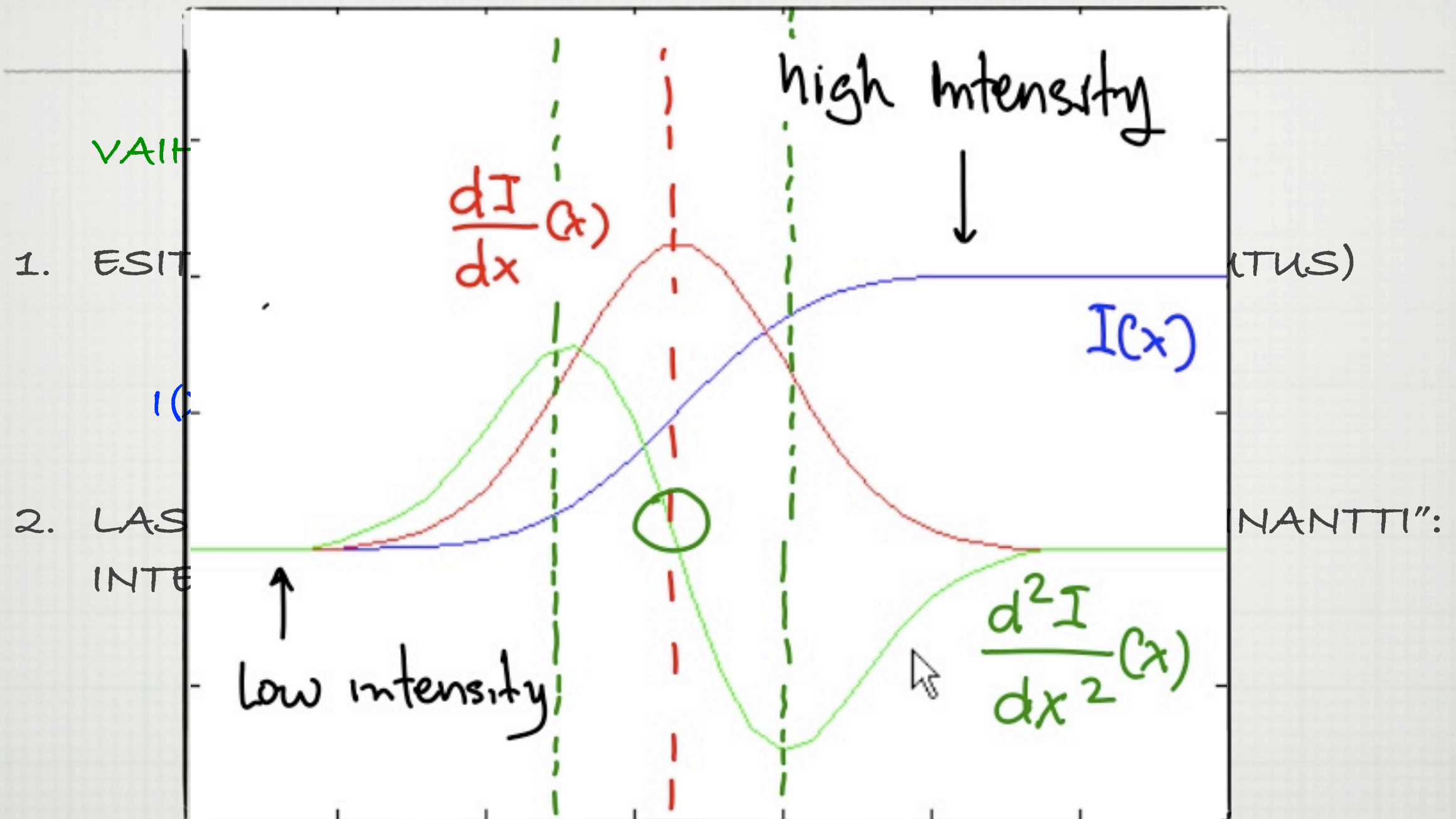
VAIHE 1: AVAINPISTEIDEN VALINTA:

1. ESITETÄ KUVA "INTEGRAALIMUODOSSA" (NOPEUTUS)

$$I(X,Y) = \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y F(i,j)$$

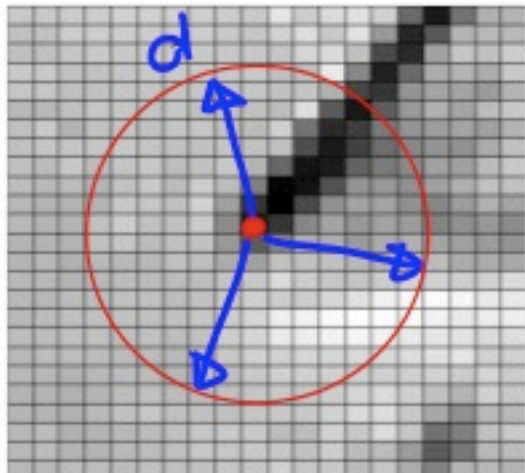
2. LASKE "HESSEN MATRIISIN (HESSIAN) DETERMINANTTI":
INTENSITEETIN 2. DERIVAATAT ERI SUUNTIIN

SURF



SURF

The Hessian matrix determines how $S(x,y)$ will change from a unit-length displacement d in a given direction



$$S(x,y) \approx$$

$$S(0,0) + \text{Hessian matrix } H$$

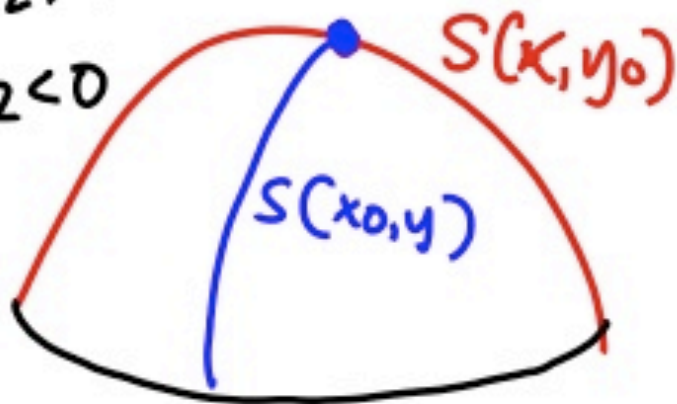
$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} x & y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 S}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 S}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

1":

SURF

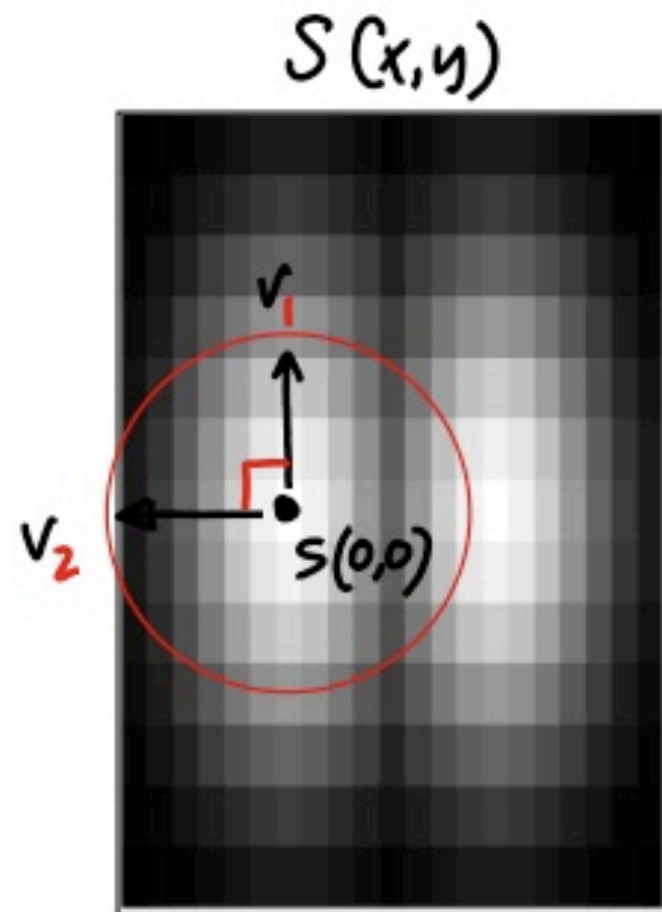
Cases A-C, B-D: (elliptical points)

or $\lambda_1, \lambda_2 > 0$
or $\lambda_1, \lambda_2 < 0$



$$\det(H) = \lambda_1 \cdot \lambda_2 > 0$$

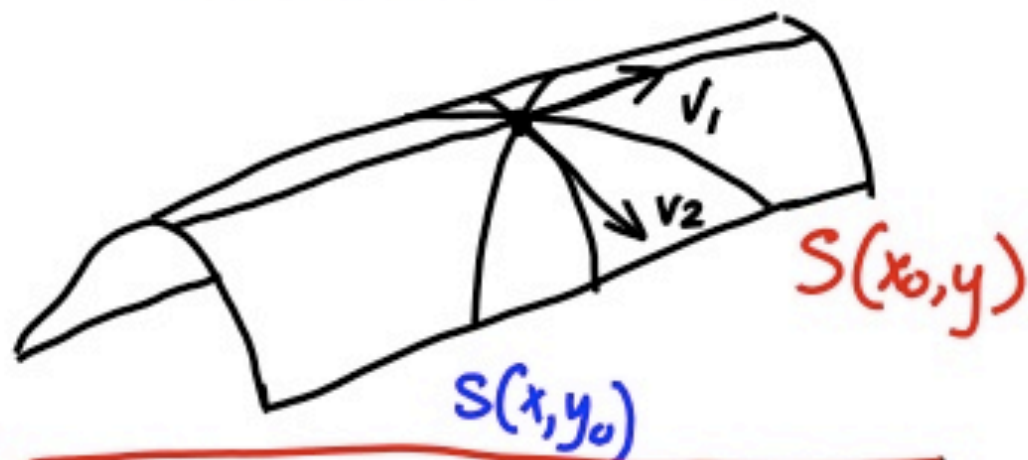
$$\text{tr}(H) = \begin{cases} > 0 & \text{case B-D} \\ < 0 & \text{case A-C} \end{cases}$$



v_1, v_2 are the eigenvectors of the Hessian H

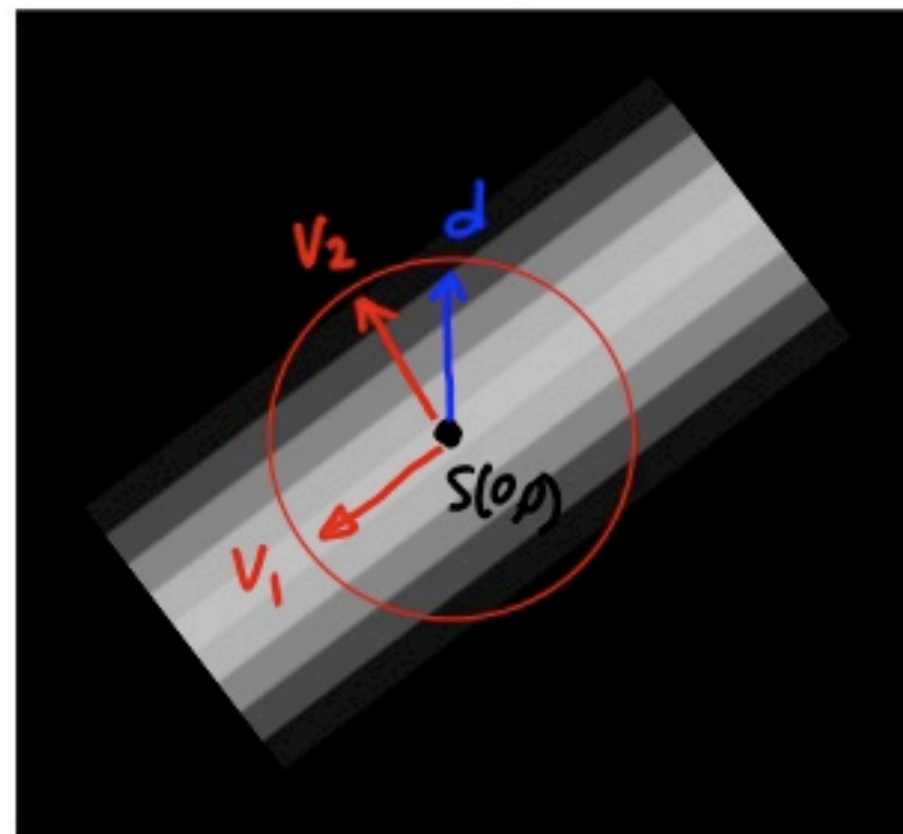
SURF

Cases $E-C, E-D, A-F, B-F$
(cylindrical points)



$$\det(H) = \lambda_1 \cdot \lambda_2 = 0$$

$$\text{tr}(H) = \begin{cases} > 0 & \text{case } E-D, F-B \\ < 0 & \text{case } E-C, F-A \end{cases}$$



v_1, v_2 are the eigenvectors of the Hessian H

SURF

VAIHE 1: AVAINPISTEIDEN VALINTA:

1. ESITETÄ KUVA "INTEGRAALIMUODOSSA" (NOPEUTUS)

$$I(X,Y) = \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y F(i,j)$$

2. LASKE "HESSEN MATRIISIN (HESSIAN) DETERMINANTTI":
INTENSITEETIN 2. DERIVAATAT ERI SUUNTIIN
3. TOISTA ERI SKAALAUKSILLA (SKAALAINVARIANTTI)
4. VALITSE $\det(H)$:N PAIKALLISET MAKSIMIT AVAINPISTEIKSI

VAIHE 1: A

1. ESITETÄ K

$$I(x,y) =$$

2. LASKE "H
INTENSITE

3. TOISTA ER

4. VALITSE d



NOPEUTUS)

TERMINANTTI":
TIIN

VARIANTTI)

AVAINPISTEIKSI

SURF

VAIHE II: PIIRTEIDEN KUVAUS:

1. TARKASTELE JOKAISEN AVAINPISTEEN YMPÄRISTÖÄ
2. LASKE ORIENTAATIO (INTENSITEETIN PERUSTEELLA)
3. KONSTRUOI INTENSITEETIN VAIHTELUN PERUSTEELLA KUVAAJAVEKTORI (SURFISSA 64-DIMENSIOINEN)

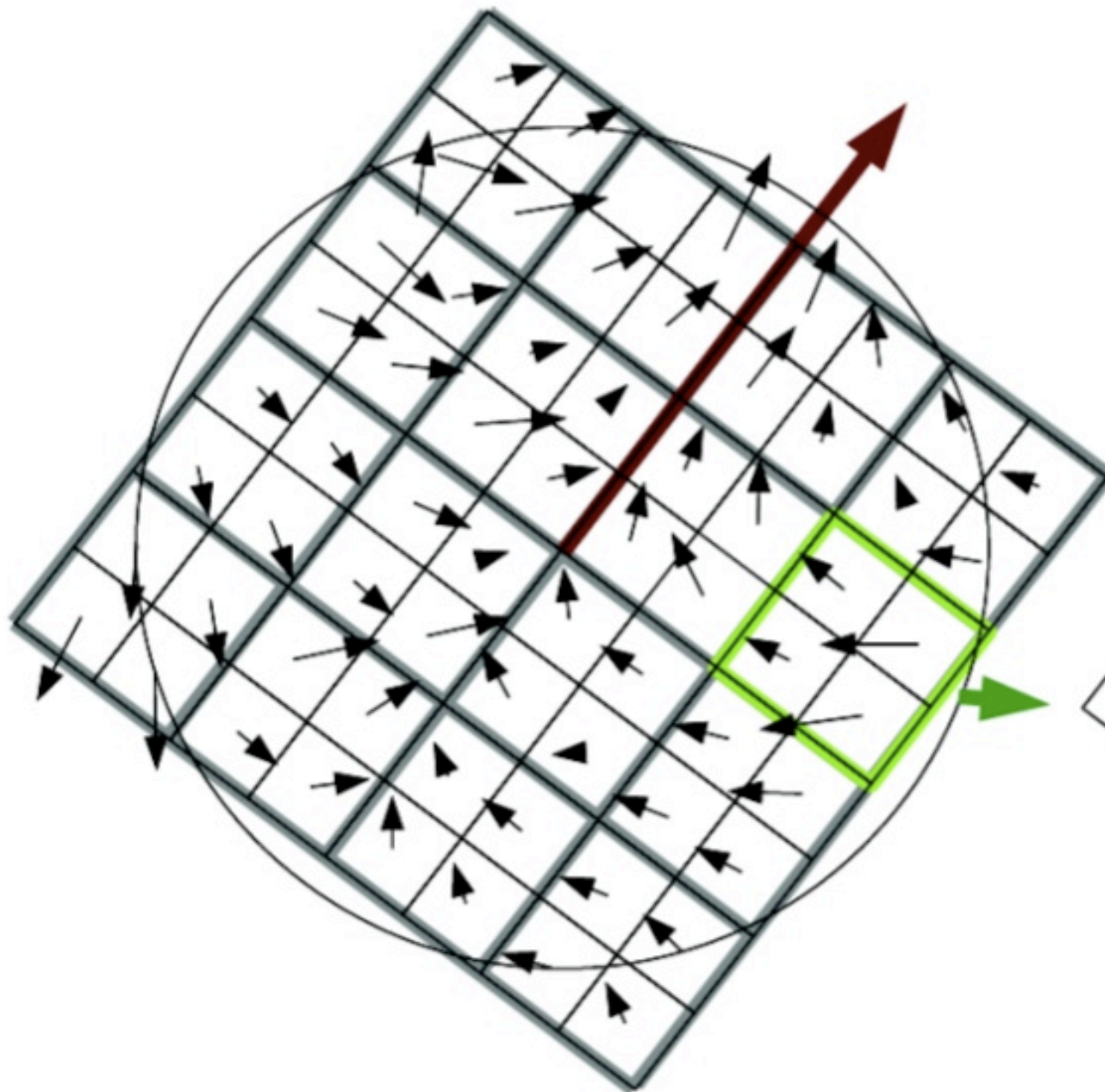
CLIDE

VAIH

1. TAR

2. LAS

3. KON
KUV



ÖÄ

LA)

ELLA



SURF

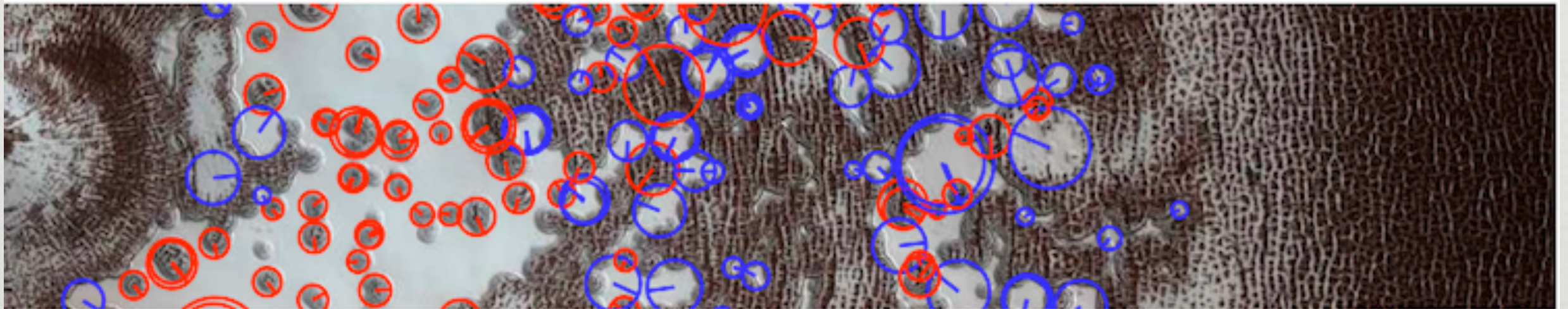
VAIHE II: PIIRTEIDEN KUVAUS:

1. TARKASTELEJOKAISEN AVAINPISTEEN YMPÄRISTÖÄ
2. LASKE ORIENTAATIO (INTENSITEETIN PERUSTEELLA)
3. KONSTRUOI INTENSITEETIN VAIHTELUN PERUSTEELLA KUVAAJAVEKTORI (SURFISSA 64-DIMENSIOINEN)

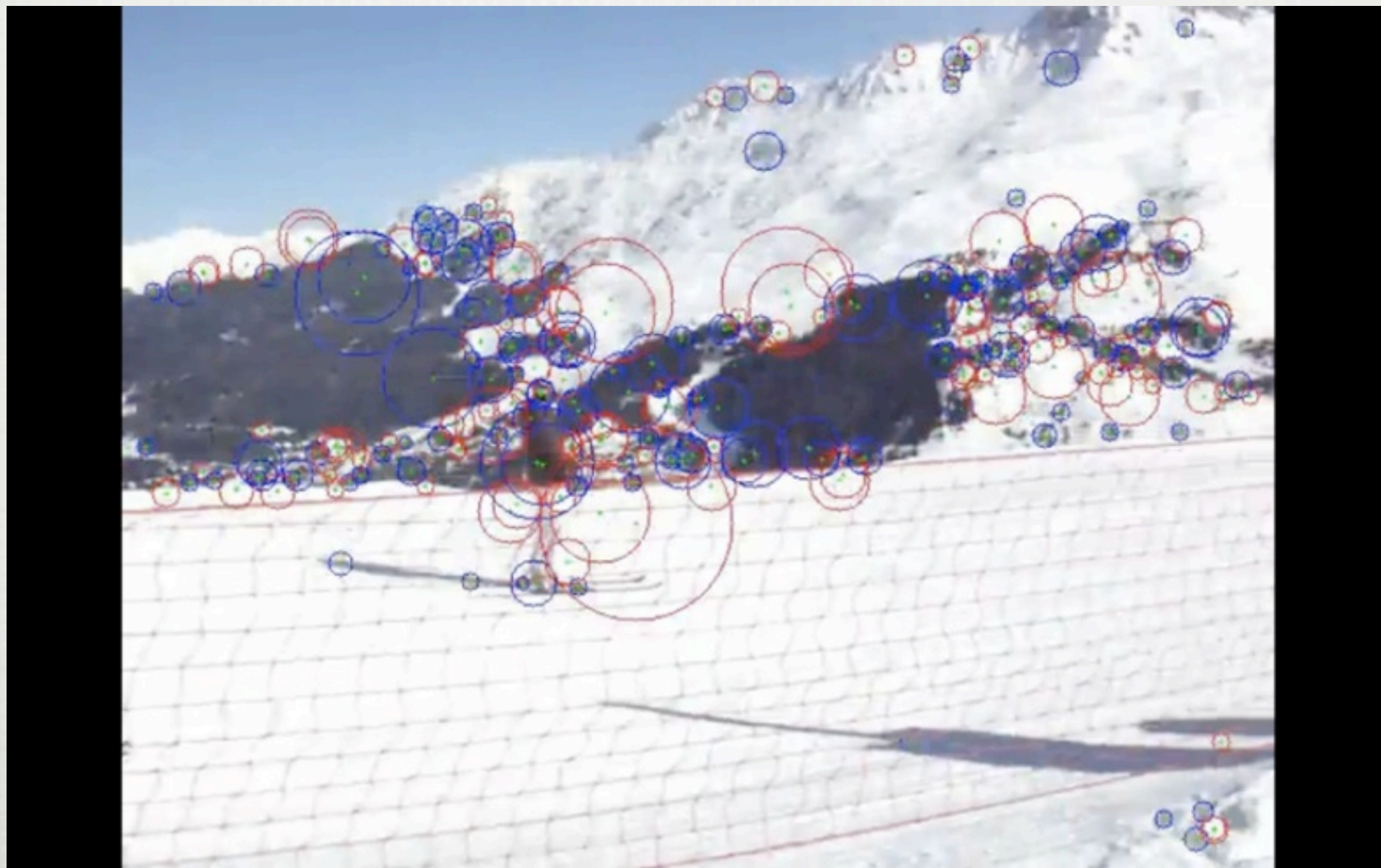
TULOKSENA PIIRREVEKTORI:

(X,Y,SKAALA,ORIENTAATIO,KUVAAJAVEKTORI)

SURF



SURF-ESIMERKKI

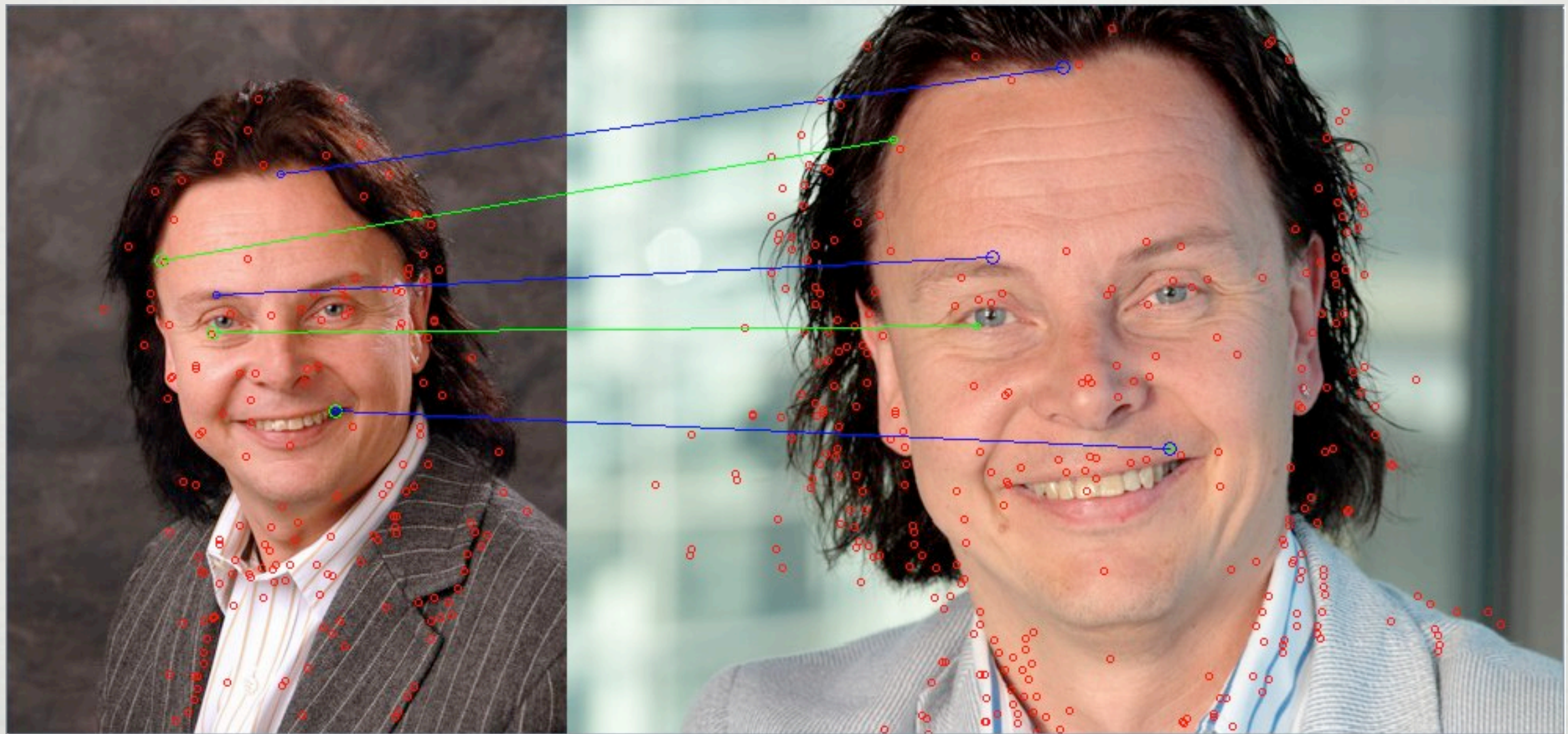


SURF

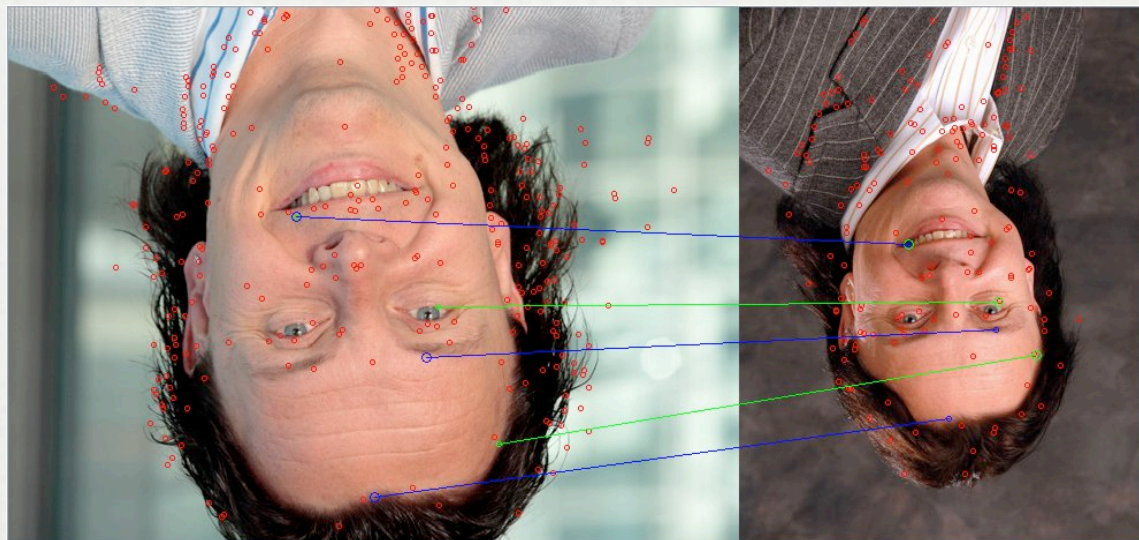
VAIHE III: HAHMONTUNNISTUS

1. ETSI PIIRTEET YHDESTÄ KUVASTA
2. ETSI PIIRTEET TOISESTA KUVASTA
3. ETSI ERI KUVISSA ESIINTYVIÄ PIIRREPAAREJA, JOTKA OVAT RIITTÄVÄN LÄHELLÄ TOISIAAN (EUKLIDINEN ETÄIYYYS)
4. VOI PARANTAA GEOMETRISILLA RAJOITTEILLA (KORVAT ERI PUOLELLA PÄÄTÄ, SILMÄT SIINÄ VÄLISSÄ, JNE.)

SURF



SURF



SURF



ENSI VIIKOSTA

- ☐ LEGOILLA "LEIKKIMISTÄ"
- ☐ LASKUHARJOITUSRYHMISSÄ PAJAMEININKIÄ
- ☐ LISÄRYHMIÄ PERUSTETAAN
- ☐ LISÄOHJEITA KURSSIN SIVULLA (MYÖHEMMIN)