

Infrastruktuurista riippumaton taistelijan tilannetietoisuus INTACT

Laura Ruotsalainen

Paikkatietokeskus FGI, MML

Matinen rahoitus: 77 531 €



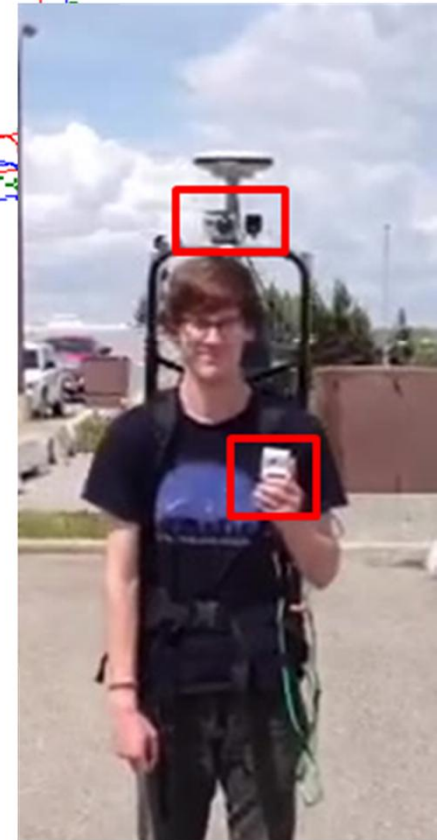
INTACT – tarve

- Taistelijan tilannetietoisuus rakennetuissa ympäristöissä, erityisesti sisätiloissa
 - Kartta tuntemattomasta alueesta
 - Tarkka paikka- ja navigointitieto
 - Liike- ja kontekstietoisuus
- Paikka usein ennalta tuntematon, paikannuksessa ei voida tukeutua olemassa olevaan infrastruktuuriin



INTACT – päämäärä

- Tarkka sisätilapaikannus
 - Kartta tuntemattomasta alueesta => Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)
 - Kontekstintunnistus (juoksee, ryömii, makaa)
- Vain taistelijan varusteissa olevilla laitteilla



INTACT – haasteet

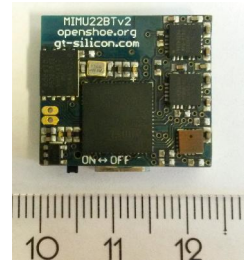
- Toteutetaan taistelijan varusteisiin kiinnitettävillä laitteilla
 - Koko, hinta
- MEMS (micro-electro-mechanical sensors), suuria mittausvirheitä
- Yhden kameran käytön aiheuttama mittakaavaongelma
- Monimutkaiset kontekstit, esim. ryömiminen
- Absoluuttinen sijainti



INTACT – ratkaisu

- Useamman sensorin mittausten integrointi
 - 3 IMU:a (Inertial Measurement Unit)
 - barometri
 - Etäisyysmittaukset (ultraääni...)
- Innovatiiviset algoritmit SLAM-tekniikkaan
- Innovatiiviset algoritmit kontekstin ratkaisemiseen
- Digitaalinen TV absoluuttisen sijainnin ratkaisemiseen

Projektin sovellusympäristöksi on valittu sisätila, sillä se on haastava tilannetietoisuuden muodostamiseen. Kaikki kehitetyt menetelmät toimivat kuitenkin myös ulkona kaupunkiympäristössä.



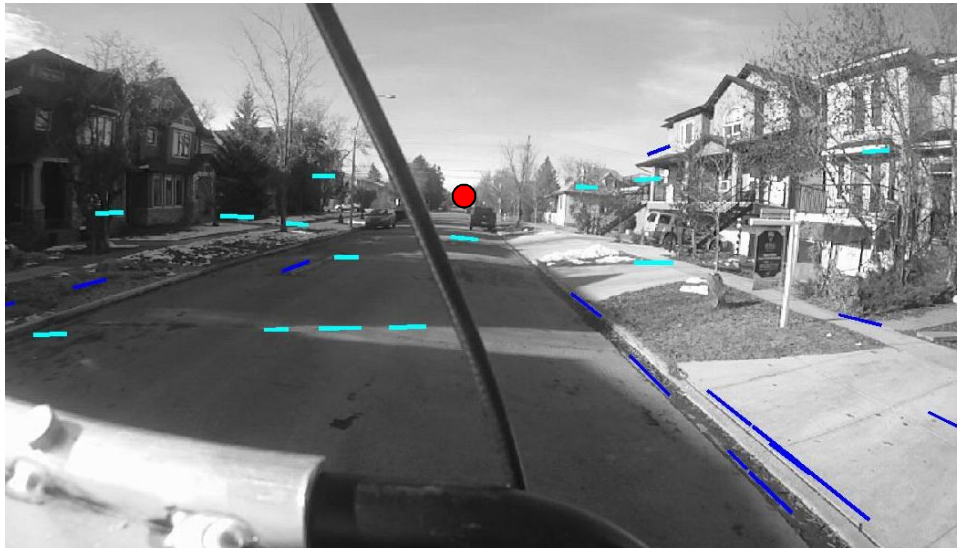
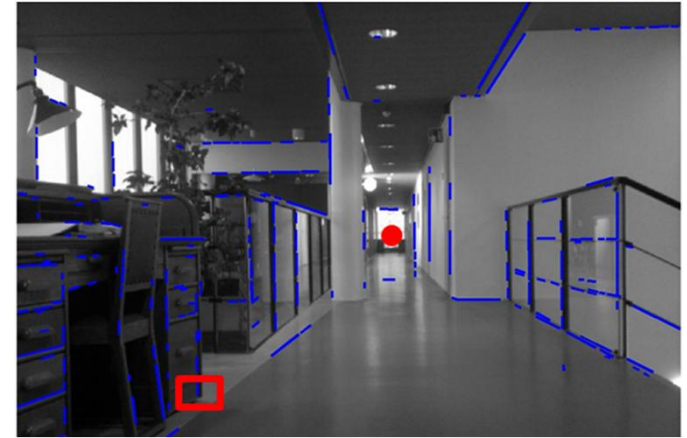
MIMU22BT



Visuaalisensorit navigoinnissa

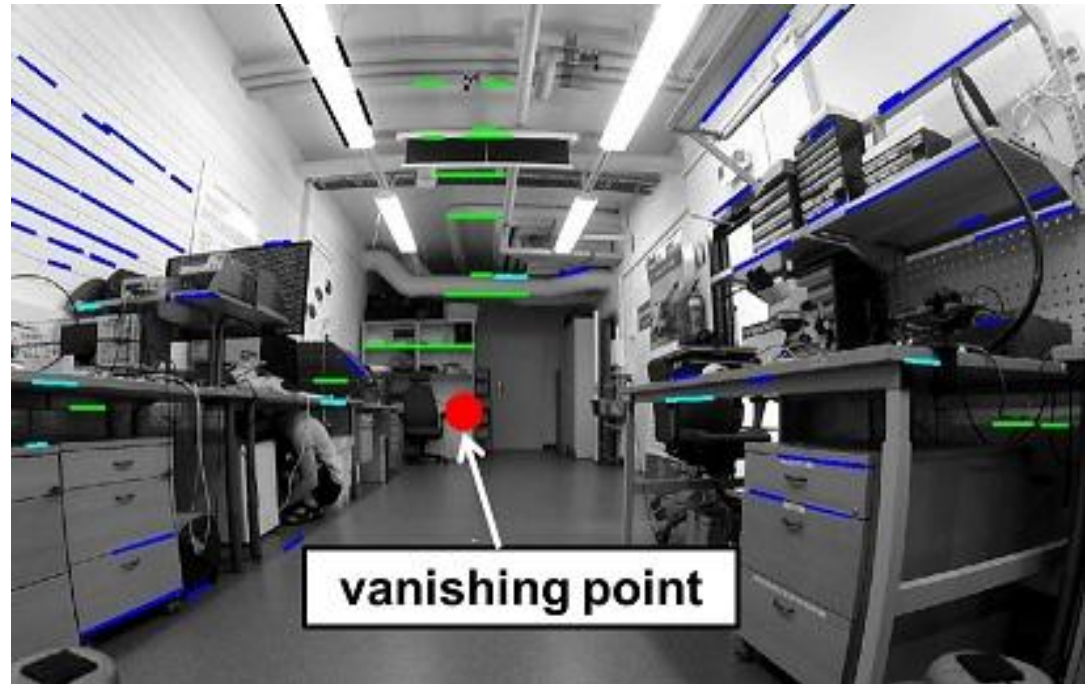
- Inertiasensoreiden virheiden korjaus
- SLAM yhdellä kameralla
- ”Visuaalinen gyroskooppi”
- ”Visuaalinen odometri”

(Ruotsalainen, Vision-Aided Pedestrian Navigation for Challenging GNSS Environments, Doctoral Dissertation, 2013, TUT)



Visuaalinen gyroskooppi

- Kulkusuunta ja siirtymä peräkkäisten kuvien avulla
- Pakopiste (vanishing point) on piste, jossa **yhdensuuntaiset** viivat näyttävät **leikkaavan**
- Pakopisteiden paikat riippuvat
 - Kameran parametreista (matriisi **K**)
 - Kameran asennosta (matriisi **R**)



$$[v_x \ v_y \ v_z] = KR$$

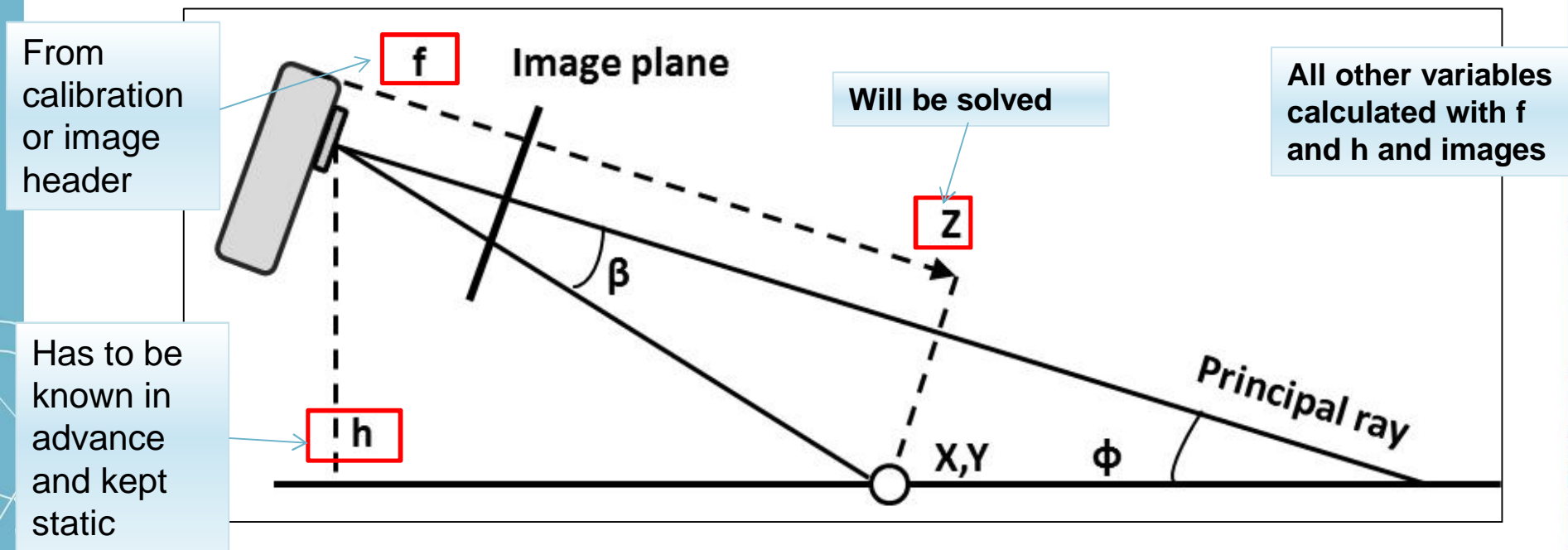
Visuaalinen odometri

- Peräkkäisten kuvien samaa objektia esittävät pisteet x ja x' riippuvat toisistaan

$$x' = K'RK^{-1}x + K't/Z$$

K ja R kuten edellisessä kalvossa
 t kameran siirtymä

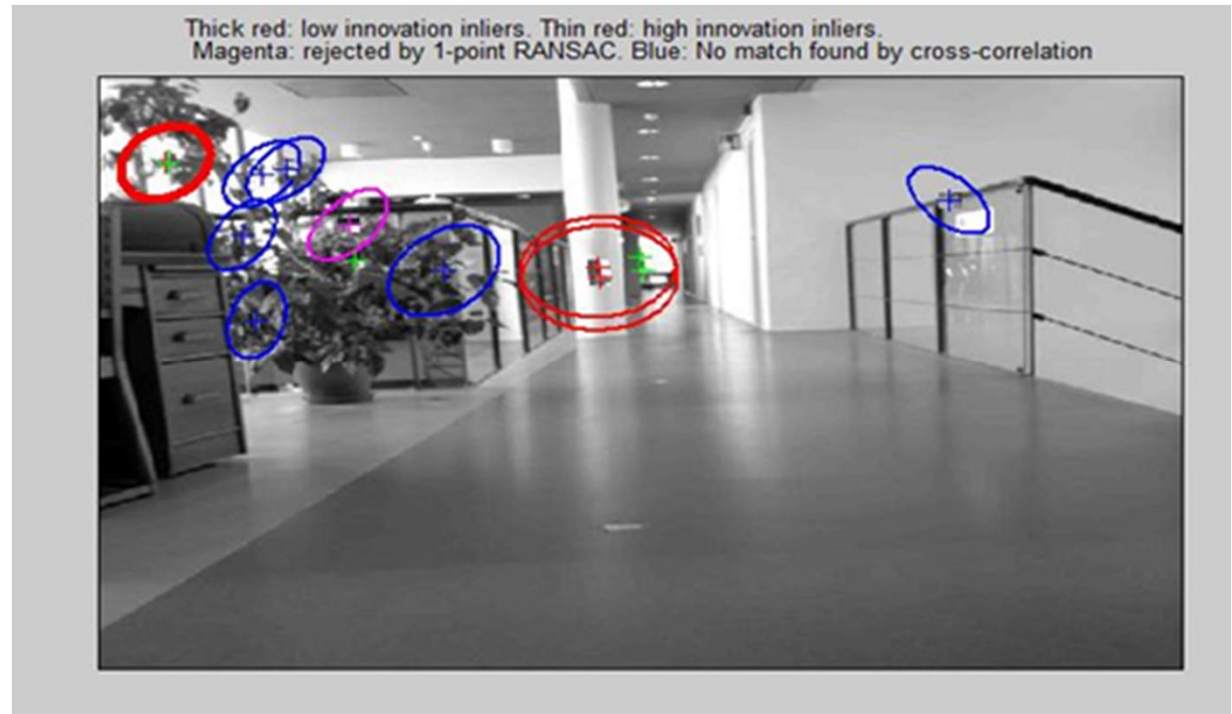
Z etäisyys objektista (?)



Yhden kameran SLAM 1/2

- Integroinnin pohjana Civera et al. 1-Point RANSAC SLAM
- Vahvuutena nopeus = tehostettu virheiden poisto
- Mittakaavan ratkaisuun käytetään menetelmää, joka ei toimi sisätiloissa, joissa vähän esineitä (esim. toimistot, käytävät)

- Yhdistetään omat visuaalialgoritmit



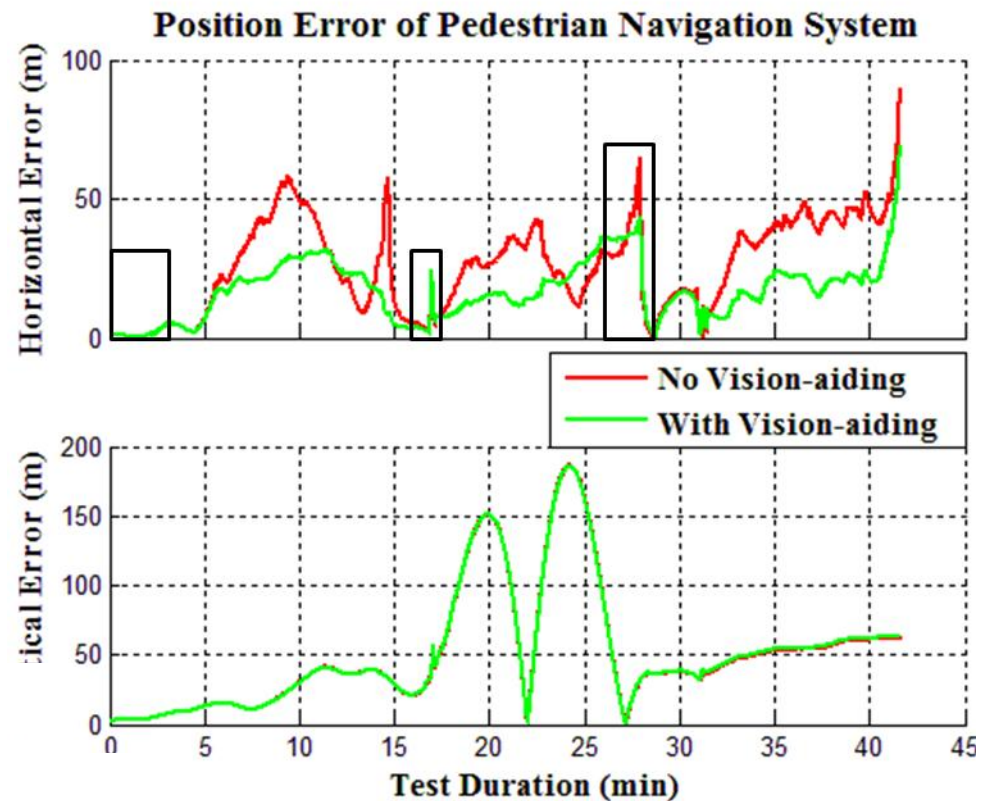
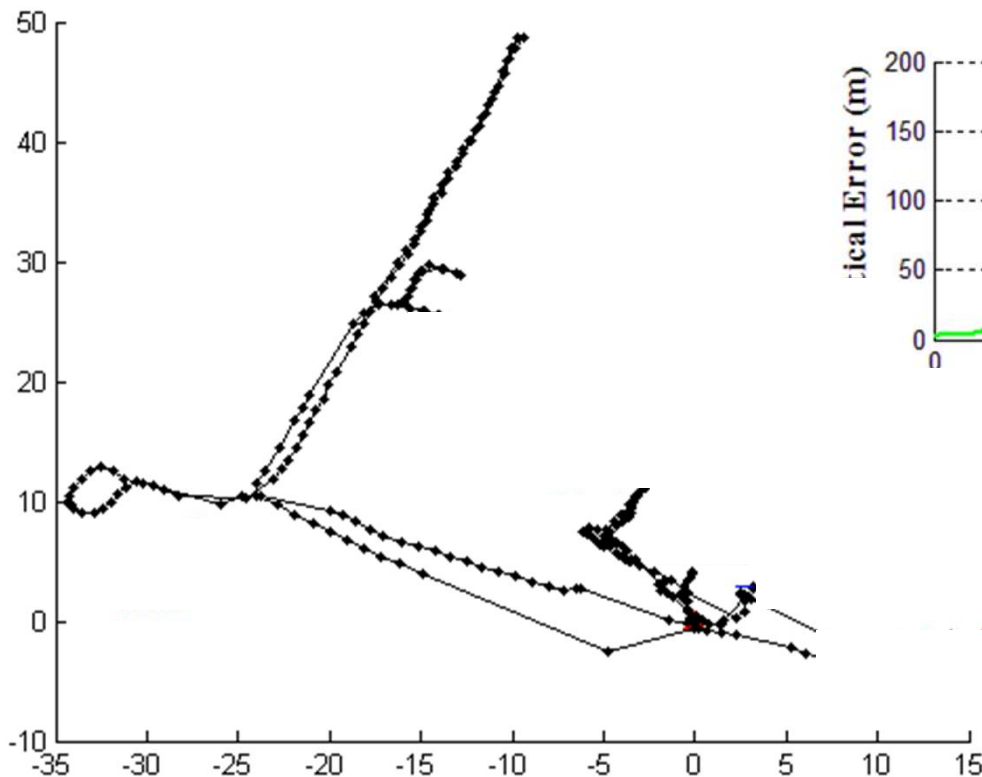
Yhden kameran SLAM 2/2

- Yksinkertainen "SLAM" FGI:n algoritmeilla, paikannustarkkuus 1.8 m
- Käännöksissä tarvitaan muiden sensorien mittauksia
- Tässä ratkaisussa vain yksinkertainen integrointi kuvista saaduille liike-mittauksille
 - Muiden sensorien integrointi
 - Sonarilla apua kameran korkeuden määrittämiseen?



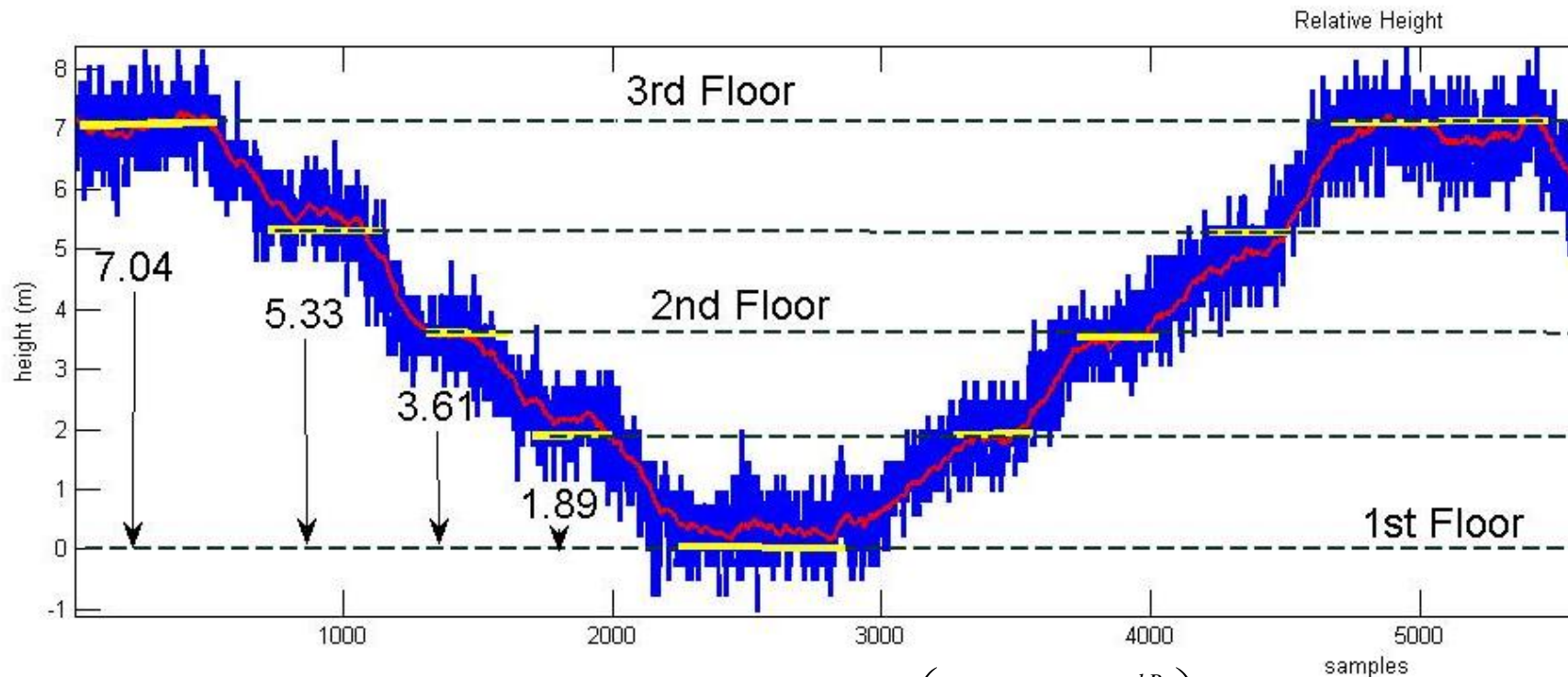
Perinteinen inertianavigointi

- Inertianavigointi vartaloon kiinnitetyillä sensoreilla ilman avusteita => virheet kasvavat nopeasti



Jalkaan kiinnitetyillä sensoreilla saadaan huomattavasti parempia tuloksia

Korkeustieto barometrilla

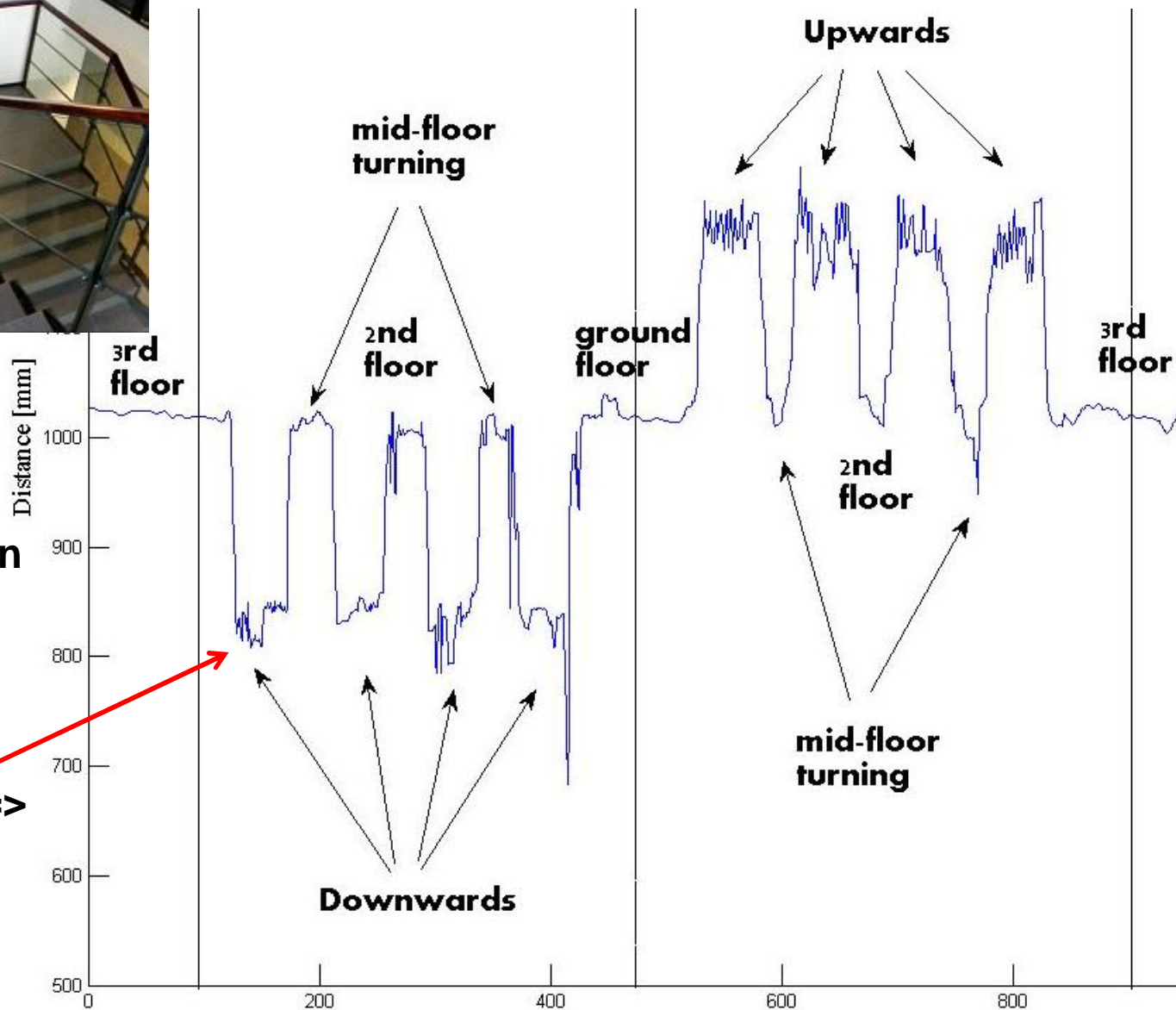


- Korkeus mitatun paineen avulla

$$h = \frac{T_0}{k} \left(1 - \left(\frac{p(h)}{p_0} \right)^{\frac{kR}{g}} \right)$$

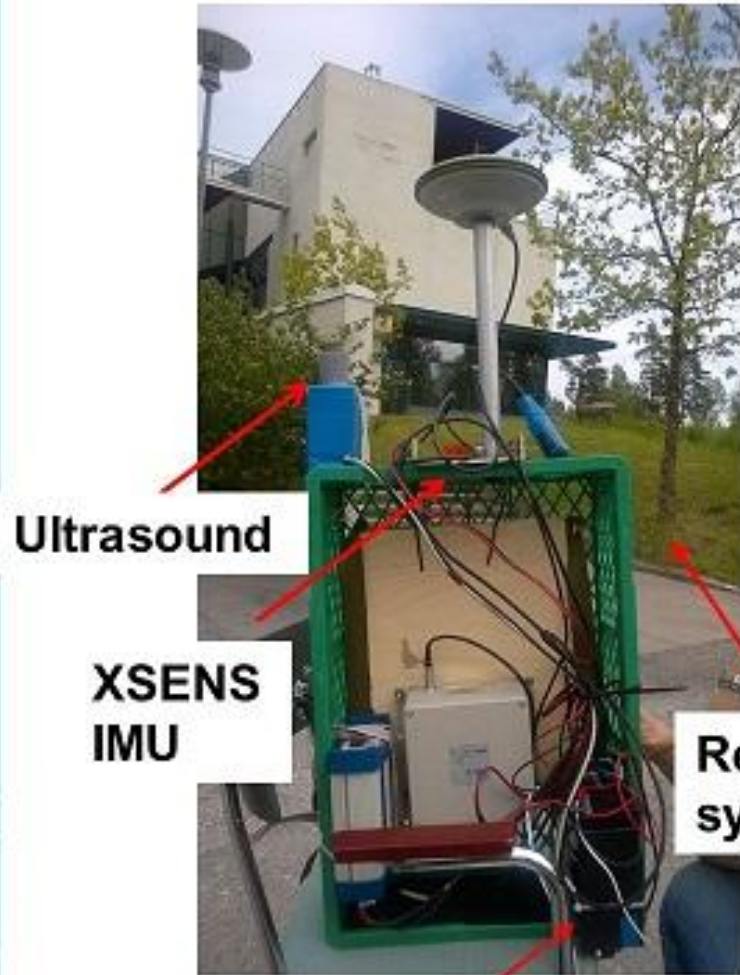
- Tarkkuus hyvä, kun ollaan samassa tilassa, eikä lämpötilan tai paineen muutoksia
- Jo ikkunan avaaminen aiheuttaa suuren virheen

Korkeustieto ultraäänen avulla



Mittauksista voidaan erottaa portaat, jos se saadaan luotettavaksi ja portaan korkeus voidaan määrittää => korkeus

Testikampanja kesällä 2015



Ultrasound

XSENS
IMU

Reference
system

Ultrasound

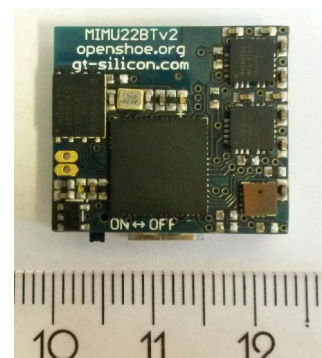


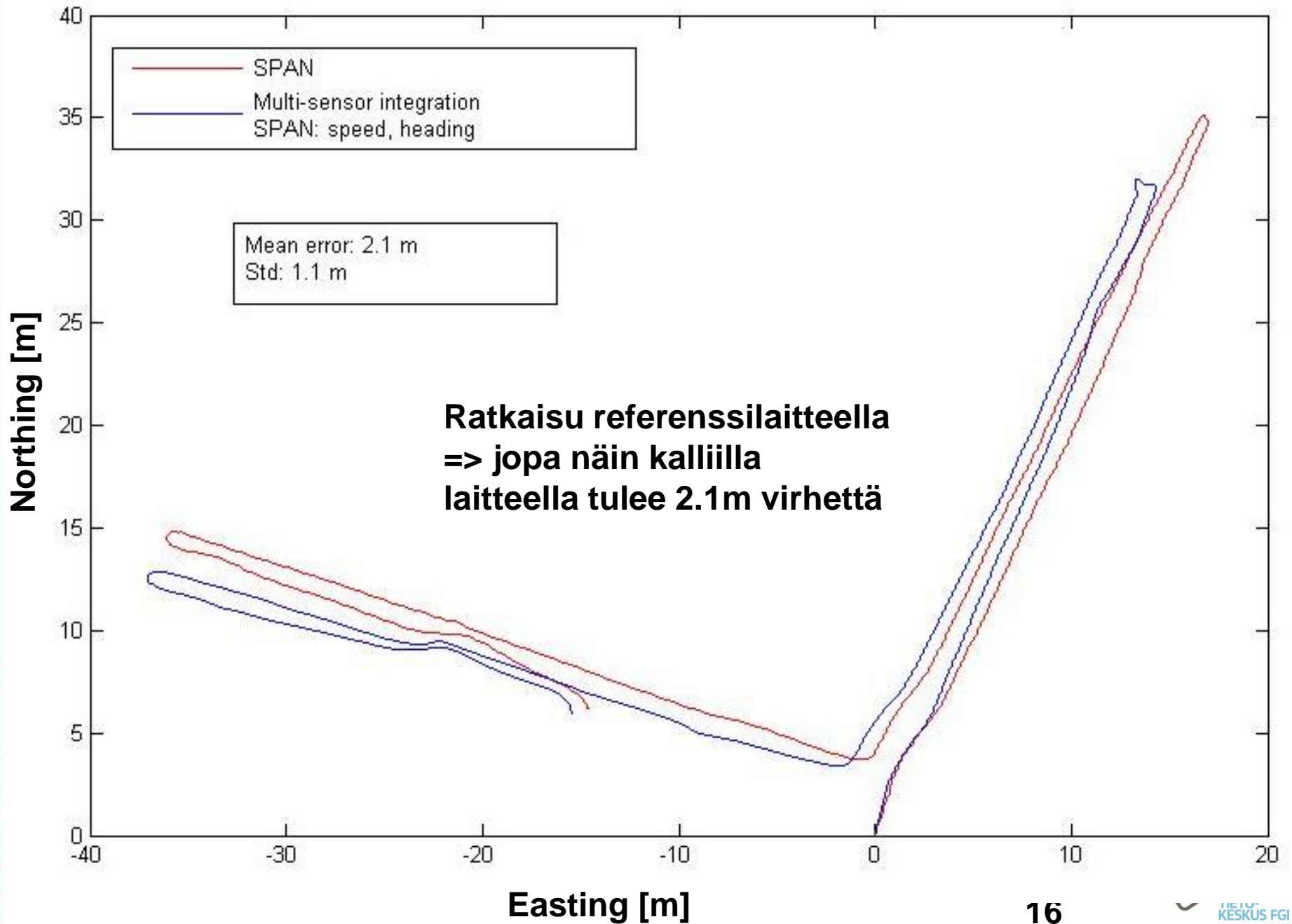
GOPRO
camera

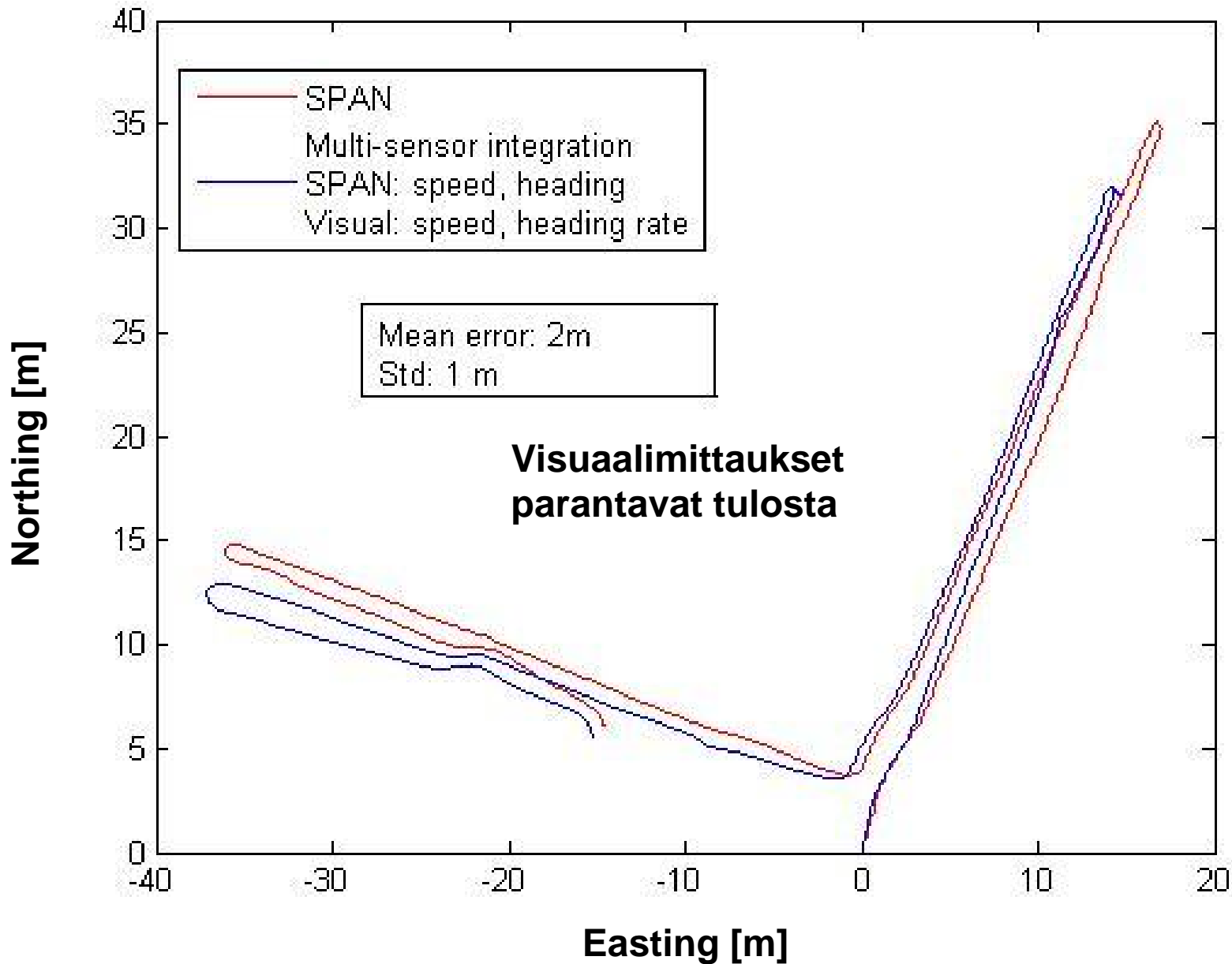
IMU

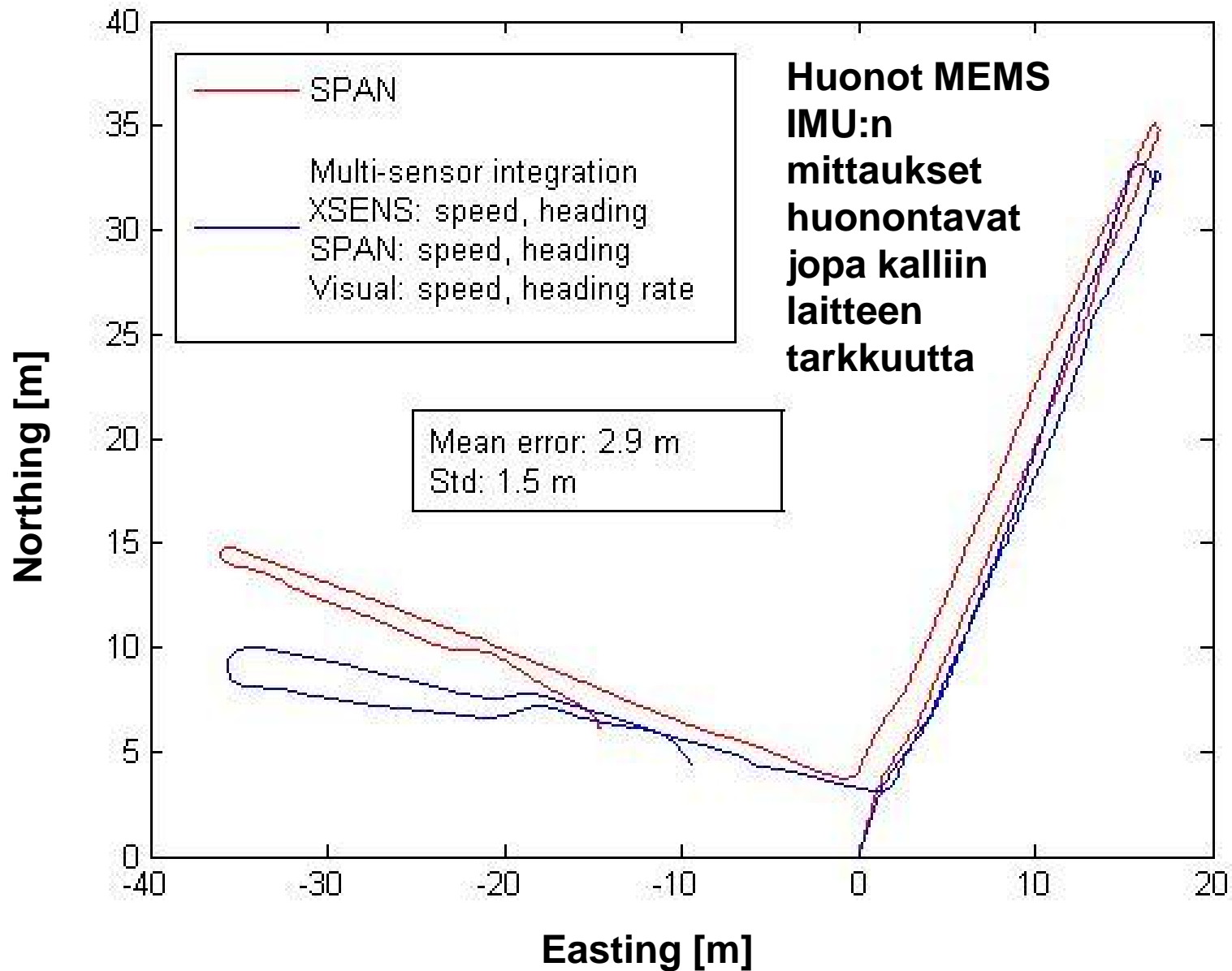
Käytetyt laitteet ja mittaukset

- SPAN Novatel IMU (Inertial Measurement Unit)
 - Kiihtyvyyssanturi, gyroskooppi
 - Tactical grade, erittäin tarkka
 - Hinta ~30k€
- XSENS MEMS INS (Inertial Navigation System)
 - Kiihtyvyyssanturi, (gyroskooppi)
 - Kompassi
 - Barometri
- GoPro-kamera
 - Kuvat 6 Hz



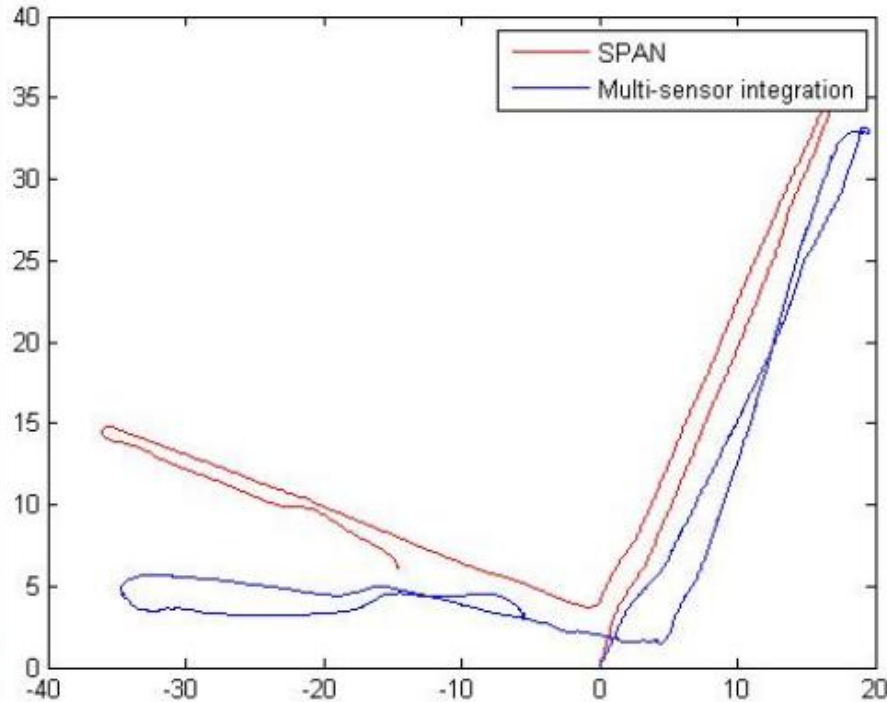




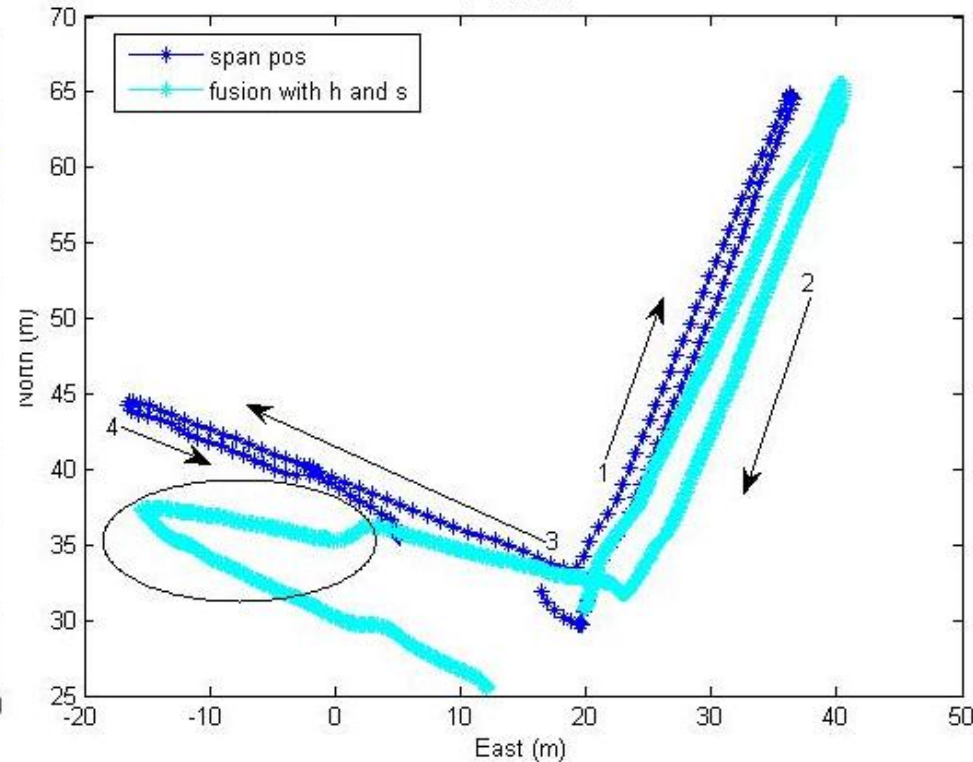


Integrointialgoritmien vertailua

Kalman-filtteri



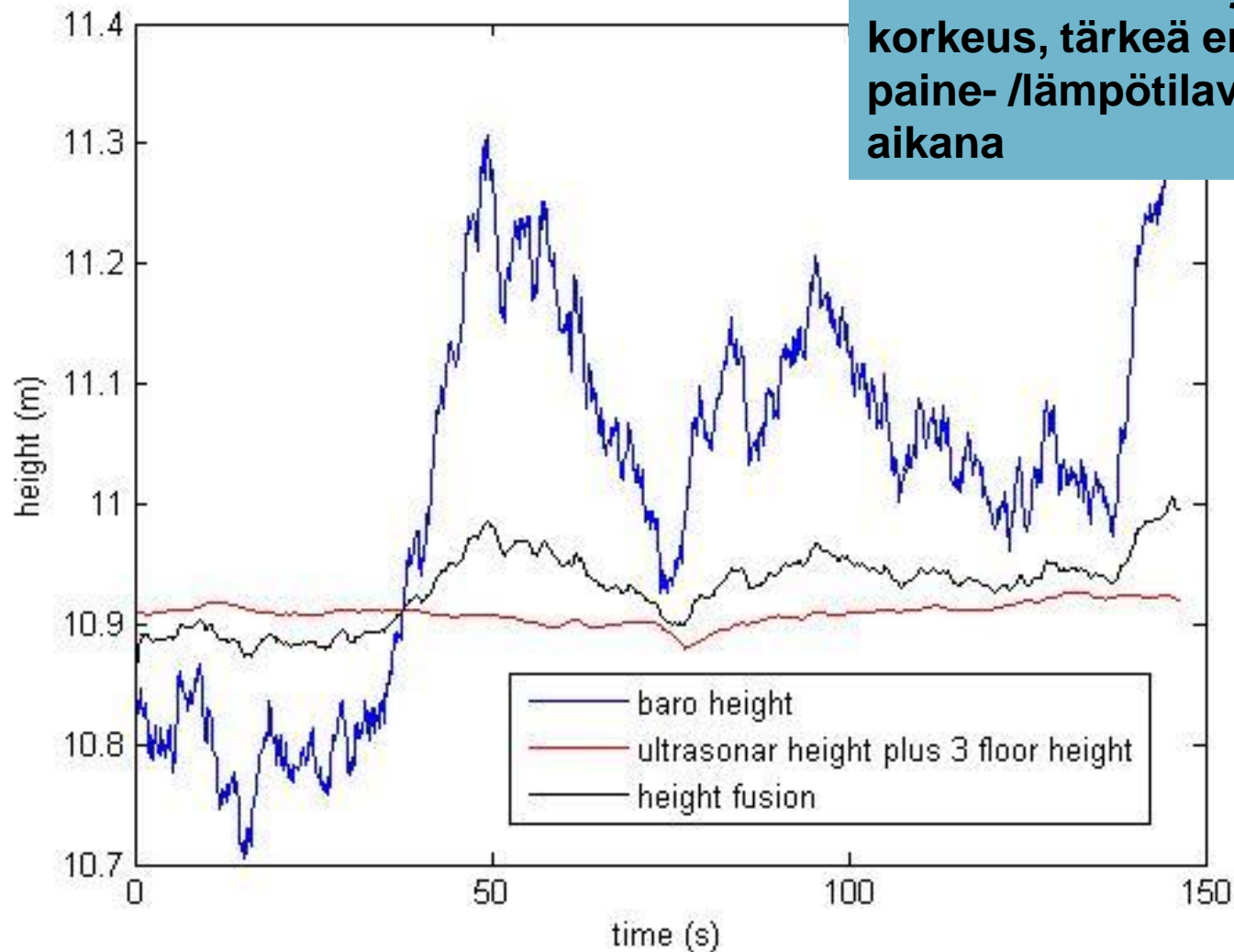
Partikkelifiltteri



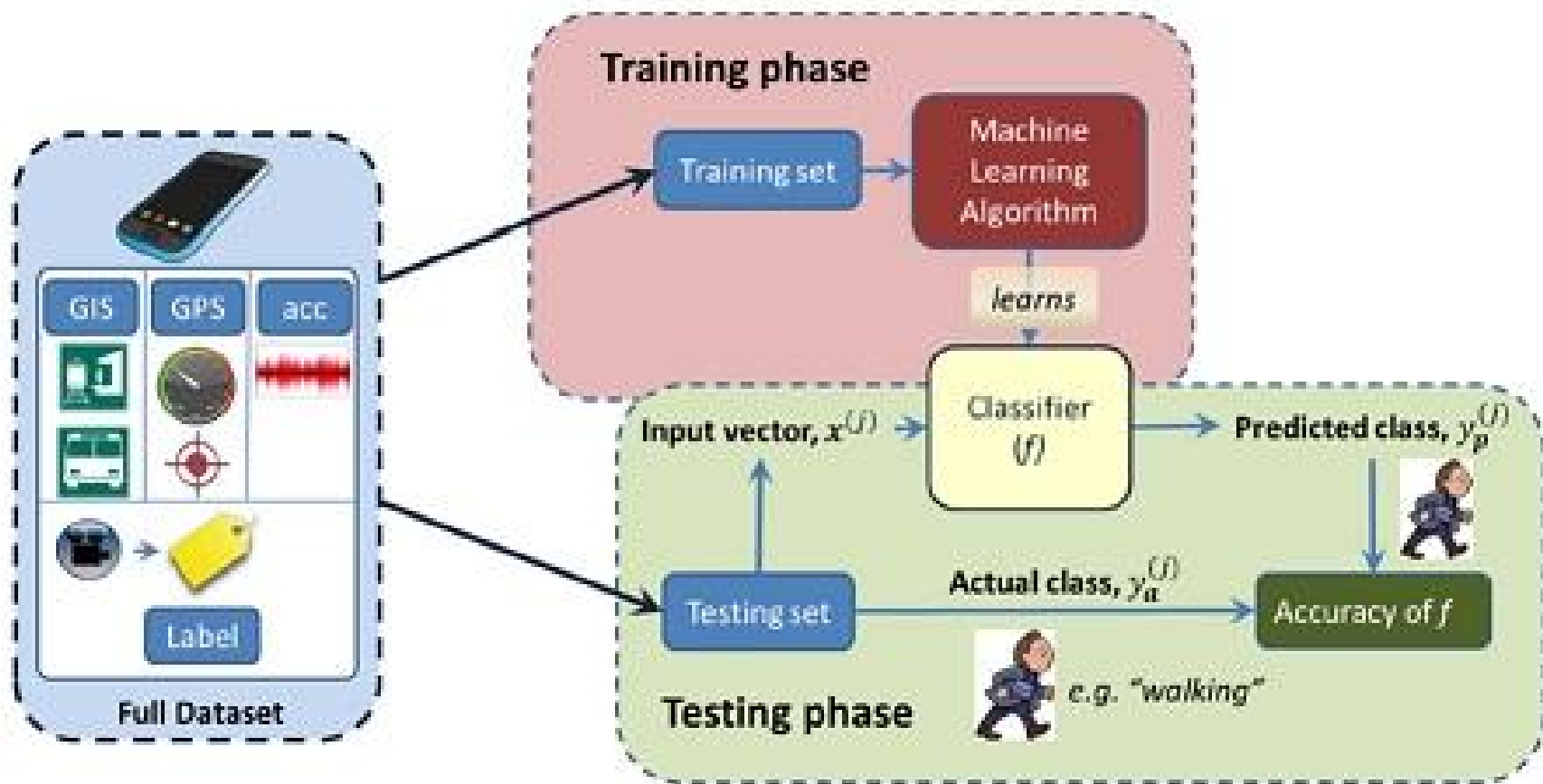
- Integrointialgoritmin valinnalla ja suunnittelulla on suuri vaikutus lopputulokseen
- virheet tulee mallintaa huolella

Korkeus

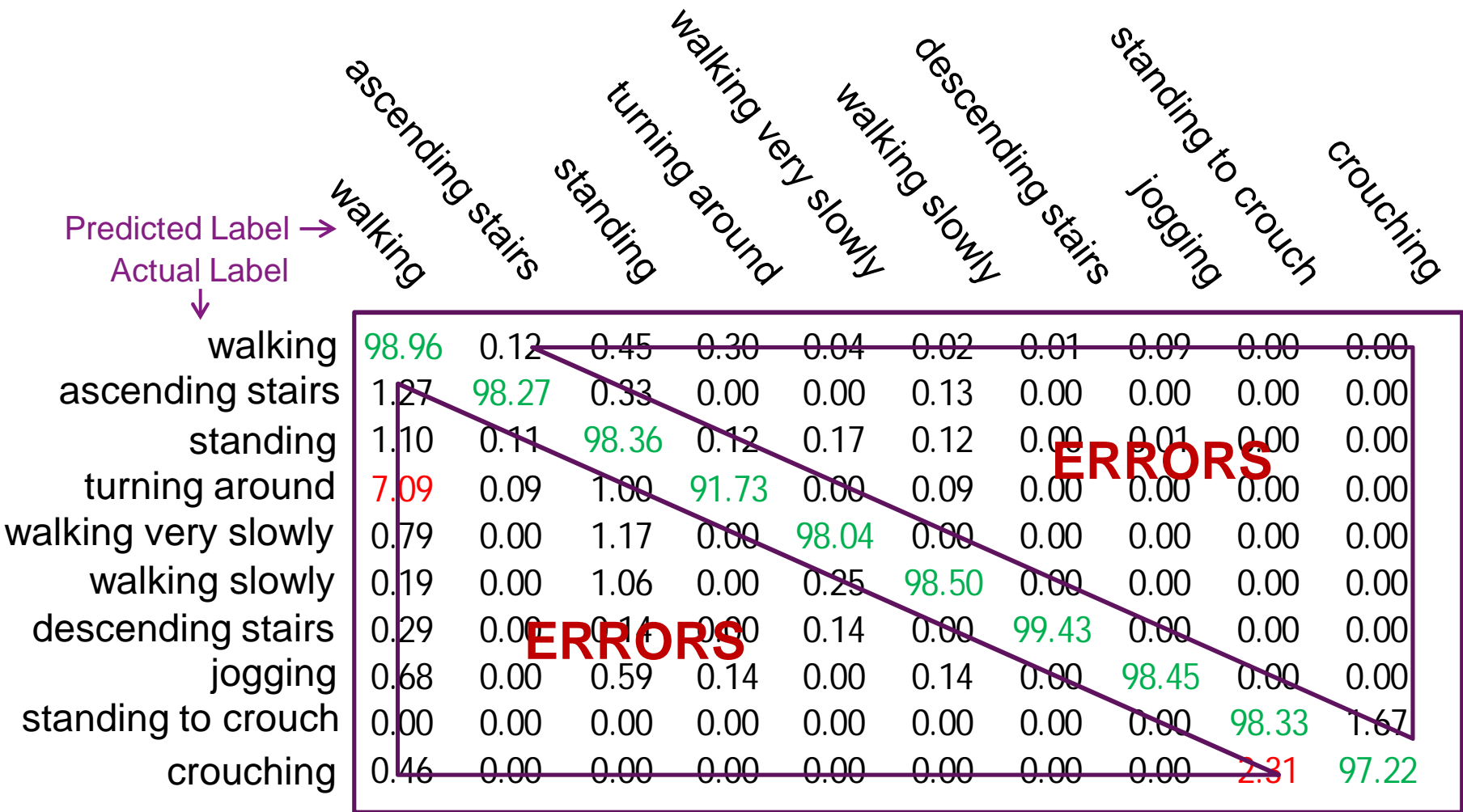
Ultrasonarilla korjattu korkeus, tärkeä erityisesti paine- /lämpötilavaihtelujen aikana



Kontekstintunnistus



Analysi: Confusion Matrix

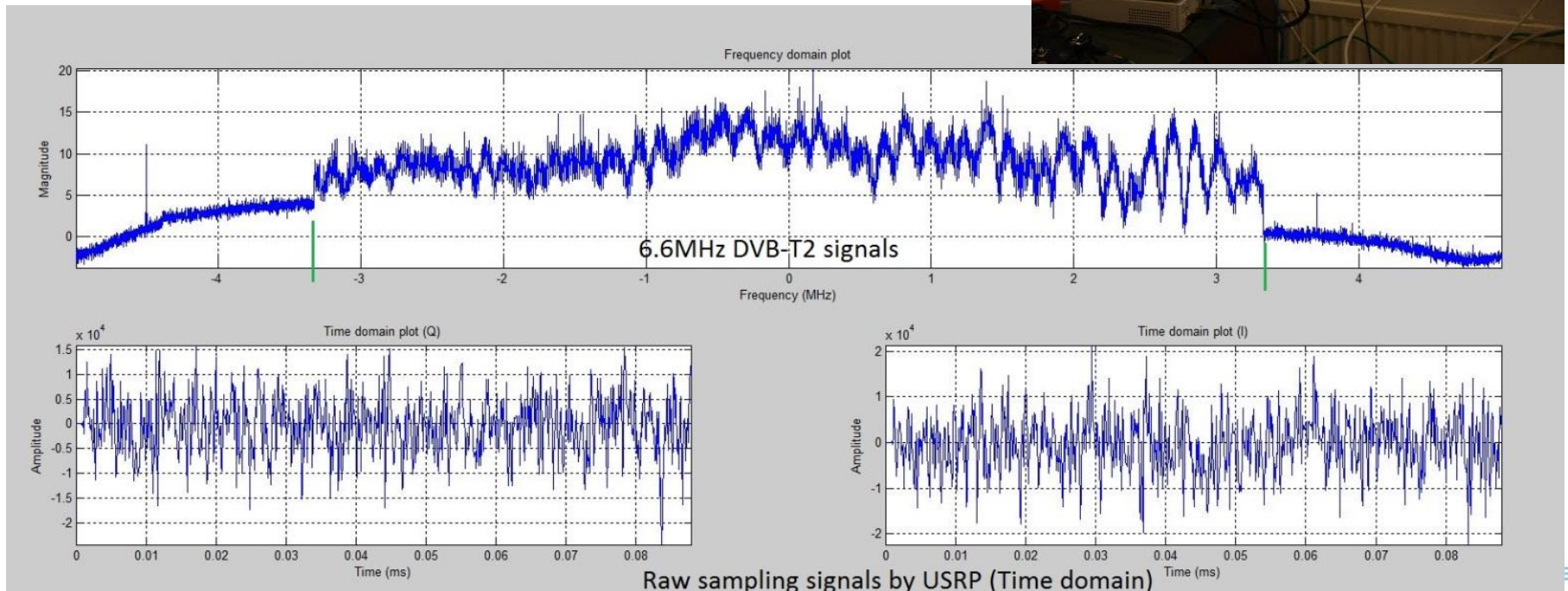
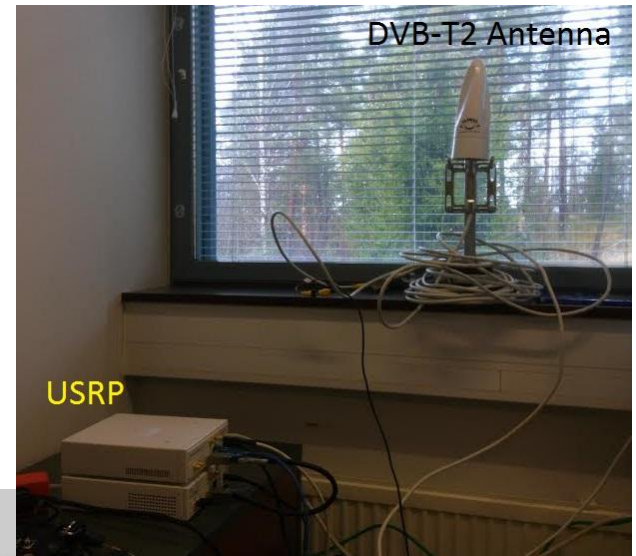


(All values are percentage of total in-class samples)

XSENS data (kiihtyvyyys, asento, suunta, ilmanpaine)

Digitaalinen TV sisätiloissa

- Digitaalinen TV-signaali sisätiloissa
- Jatkossa tutkitaan signaalin kulku-aikaan (TOA) perustuvan paikannusratkaisun laatua



Intact – tulosten hyödyntäminen

- Menetelmät soveltuvat taistelijoille kaupunkiolosuhteisiin sekä pelastus- ja poliisitoimen tarpeisiin
- Tieteelliset julkaisut
 - *Ruotsalainen et al. “Monocular Visual SLAM for Tactical Situational Awareness”, IPIN 2015*
 - *Ruotsalainen et al. ” Multi-sensor SLAM for Tactical Situational Awareness”, ION ITM 2016*
- Seuraavat tärkeät tutkimusaiheet
 - Sensorien virheiden mallinnus
 - Adaptiivisuus
 - Kontekstintunnistuksen jatkokehitys
 - SLAM



INTO 2015

seminar on Indoor Navigation



Friday 27.11.2015, 8.30 – 16.00
Pasilan virastokeskus
Opastinsilta 12, Helsinki
Iso Auditorio

