



VISUAALISTEN TRANSFORMERIEN LIIKEPERUSTAINEN TILANNEÄLY

Professori Laura Ruotsalainen,
tietojenkäsittelytiede, Helsingin yliopisto
Suomen tekoälykeskus FCAI

SPATIOTEMPORAL DATA ANALYSIS FOR SUSTAINABILITY SCIENCE

- Tietojenkäsittelytieteen professori
- Suomen tekoälykeskuksen (Finnish Center for Artificial Intelligence FCAI) ohjausryhmän jäsen, tekoäly ja kestävyys
- Helsingin kestävyystieteen instituutin (Helsus) professori

MIKSI

Älykaupungit
Liikkuminen,
automaattijärjestelmät

MITÄ

Tietoa tarkasta
navigointidatasta

MITEN

Syväoppimis-
algoritmien kehitys



PROJEKTIN TIEDOT

VISUAALISTEN TRANSFORMERIEN AVULLA
LÄMPÖKAMERAN KUVISTA LIIKEPERUSTASEEN
TILANNEÄLYYN

*Thermal Visual Transformer for Motion Induced
Situational Intelligence (THERMORFER)*

Toteuttaja: Helsingin yliopisto, tietojenkäsittelytieteen osasto

MATINE-rahoitus 154 628€

Hankkeen kesto 2 vuotta, käynnissä 1. tutkimusvuosi



Taistelijan sijainti, ympäristössä havaittujen
kohteiden tunnistaminen ja etäisyyden määrittäminen



TUTKIMUKSEN PÄÄMÄÄRÄ JA TUTKIMUSSUUNNITELMA 1



ViT-menetelmään perustuva
semanttinen hahmontunnistus

semanttisen kartoituksen, eli tyypin
selvityksen, perusteella voidaan saada
likimääräinen tieto kohteen koosta



Inertiasensori- ja konenäköfuusio
syväneuroverkoilla

havainnoijan paikka ja liike



Kahteen edelliseen perustuva
kohteen etäisyyden määrittäminen

kohdetta seuraamalla ajan kuluessa voidaan
havainnointiin lisätä sen liiketieto => kohteen
etäisyys ja nopeus sekä tarkennettu arvio
sen koosta



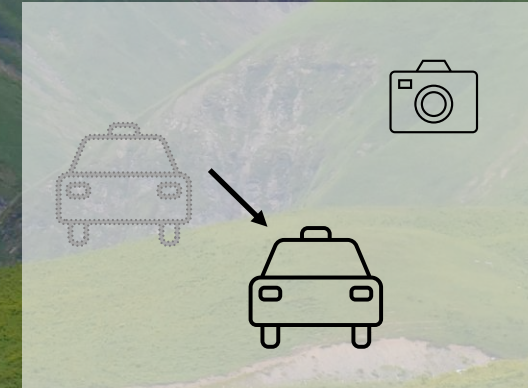
MERKITYS PUOLUSTUSTOIMILLE

- Droonin tai taistelijan sijainti
- Hahmon tunnistus
- Hahmon etäisyys omaan sijaintiin
- Hahmon nopeus

Drooni



Kuvasekvenssi → liike → etäisyys



Mikä hahmo on?



Jalankulkija



TUTKIMUKSEN PÄÄMÄÄRÄ JA TUTKIMUSSUUNNITELMA 2

- Sijainnin määrittäminen kameran ja inertiasensorin mittausten fuusiolla
 - Lämpökamera Infraray E6+ V3.0, Hinta 3k€, koko 188x65x64 mm
 - Analog Devices Inc:n suhteellisen edullinen ja pieni taktisen tason IMU
- Alustoina droni sekä jalan kulkeva taistelija



Konenäön tehtäviin kehitetään menetelmiä perustuen viimeisimpiin syväoppimisen arkkitehtuureihin => **Vision Transformers (ViT)**



3D HAHMONTUNNISTUS

- Mitä hahmot ovat ja missä havaitseen nähden?
 - Objektin tunnistus / segmentointi
 - Yksilinjainen kamera ei kerro kohteen etäisyyttä
 - Hankala katselukulma (drooni) hankaloittaa tehtävää
 - Lämpökameran kuvat



Neuroverkkojen
opettamiseen
tarvitaan omat kuvat

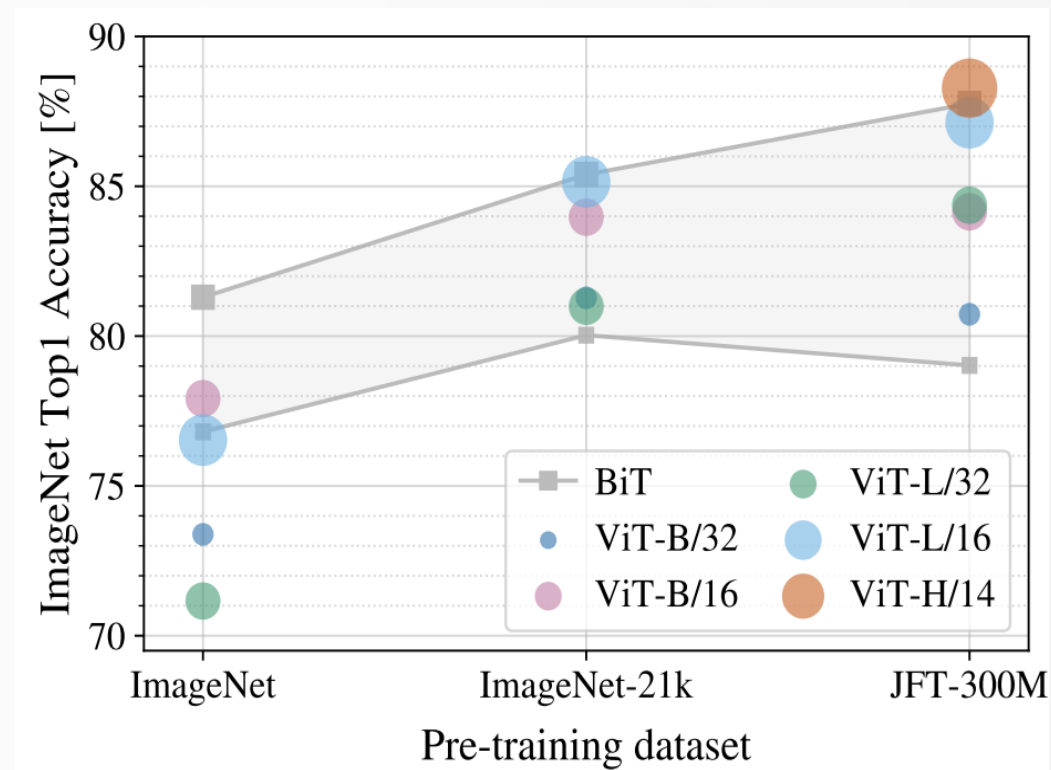


Leinonen M. (2021), Monocular 3D Object Detection And Tracking in Industrial Settings, MSc thesis



HEIKOSTI OHJATTU OPPIMINEN

- Enemmän data => parempi malli
- Malli paranee lineaarisesti 300 miljoonaan kuvaan asti
- Opetusdatan valmistaminen per kuva
 - Luokittelu 20 s
 - Hahmontunnistus 38.1 s
 - Segmentointi 4 min
- **Heikosti ohjattu oppiminen tuottaa opetusmateriaalia pienemällä työllä**



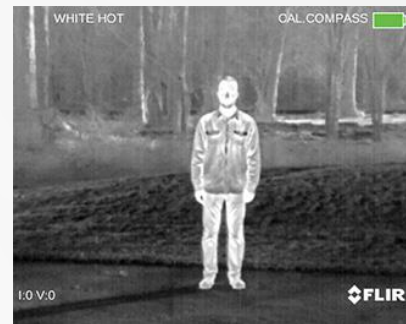
An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale, Kolesnikov et al. ICLR 2021

Universaali heikosti ohjattu segmentointikehys BOON => manuaalisesti tehdään vain laatikkomerkinnyt, pikselit opitaan



RGB VS. LÄMPÖKAMERAN KUVA

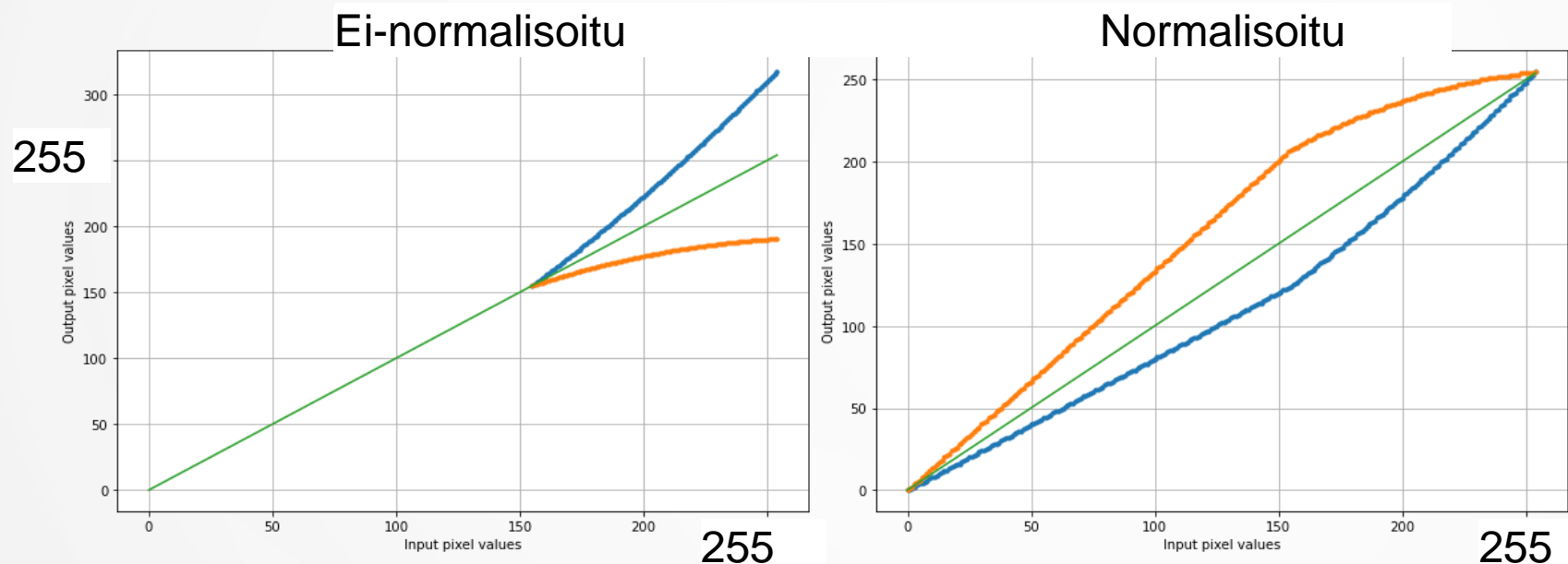
- Syväoppimisen menetelmät on kehitetty tavallisille värikuville (RGB)
- RGB-kuvassa on 3 kanavaa, lämpökameran kuvassa 1 (white-hot / black-hot)
 - Voidaan kopioida samat mittaukset kaikille kolmelle kanavalle => ei vaadi muutoksia neuroverkkojen arkkitehtuuriin
- Muut RGB-kuvien augmentointimenetelmät toimivat lämpökameran kuville paitsi lämpötilamuuttumattomuus
- Mallin tulisi tunnistaa kohde lämpötilasta huolimatta





THERMALSHIFT: LÄMPÖKAMERAN HAHMOJEN LÄMPÖTILAN AUGMENTOINTI

- Manipuloidaan kuvan lämpimien objektien lämpötilaa

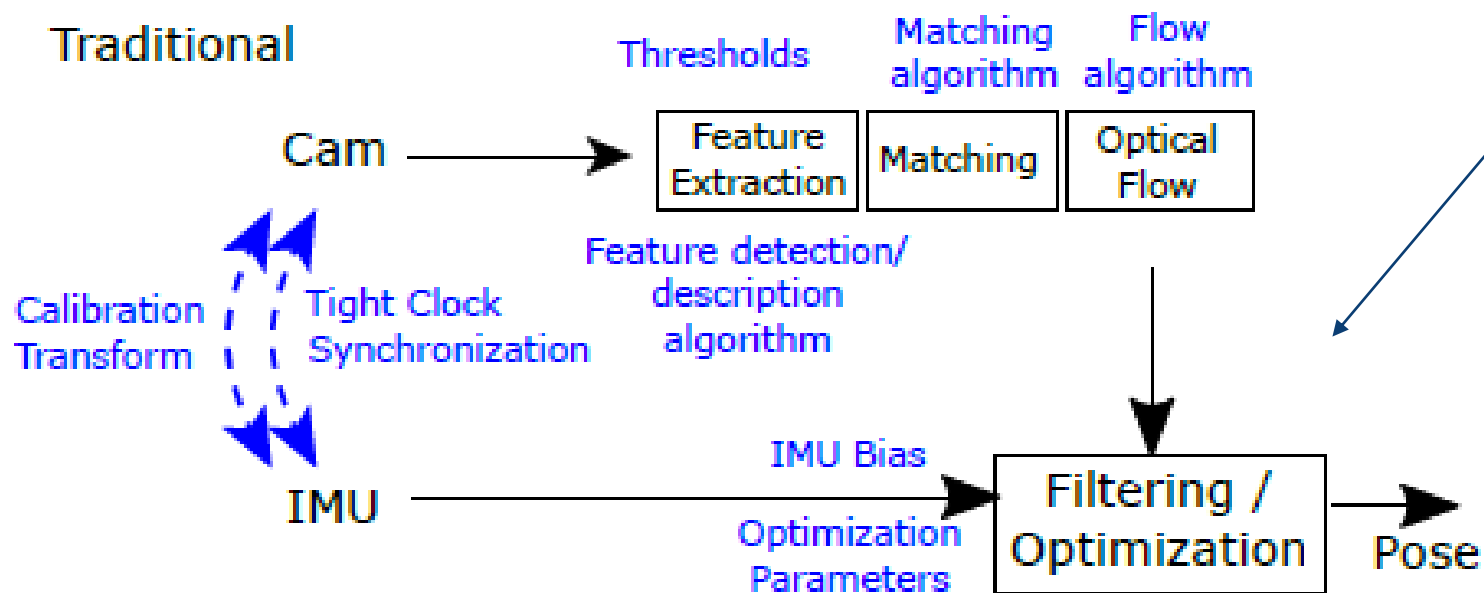


- Manipuloidaan kuumia kohteita lineaarisesti
- Jokaista kuvaa käytetään opetuksessa useita kertoja => käsitellään lämpimiä esineitä kuumemmiksi tai kylmemmiksi
- Malli ei ole herkkä tarkalle lämpötilalle





PERINTEISET SENSORIFUUSIOMENETELMÄT



Kamera ja inertiasensori

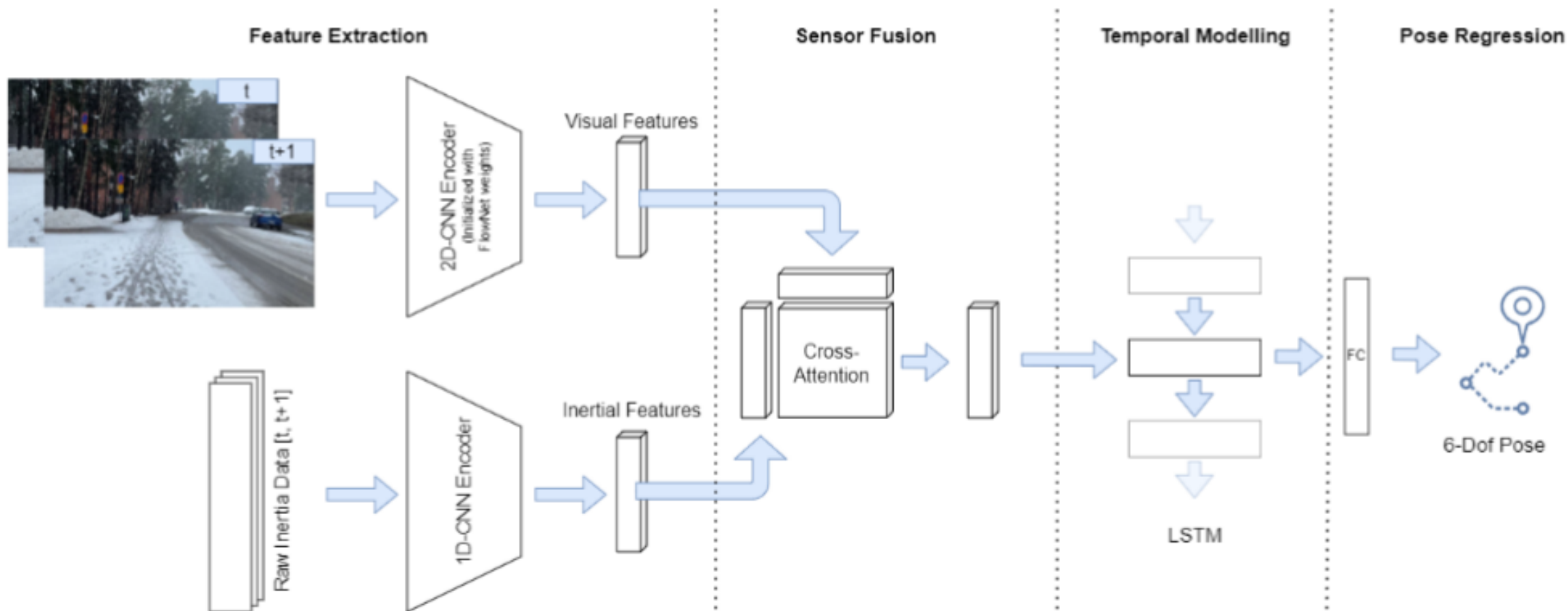
Ongelmia sensorien keskinäisen kalibroinnin ja aikasynkronoinnin kanssa

- Syväoppimiseen perustuvilla fuusiomenetelmillä vähemmän kalibrointi- ja synkronointiongelmia
- Vähemmän virhettä sijainnissa

Clark et al. 2017, VINet: Visual-Inertial Odometry as a Sequence-to-Sequence Learning Problem, *Proceedings of the AAAI*



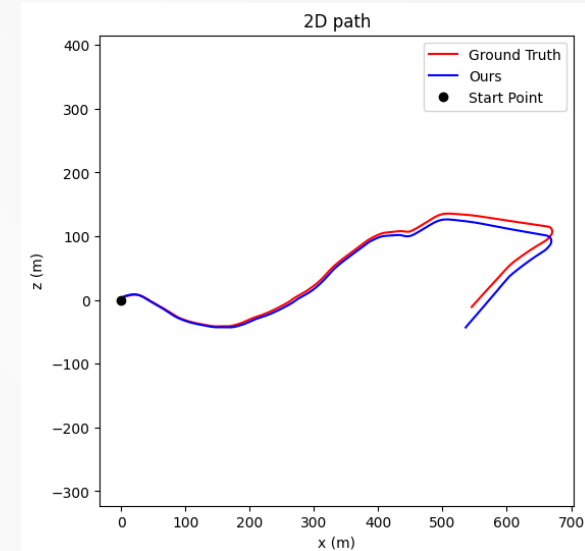
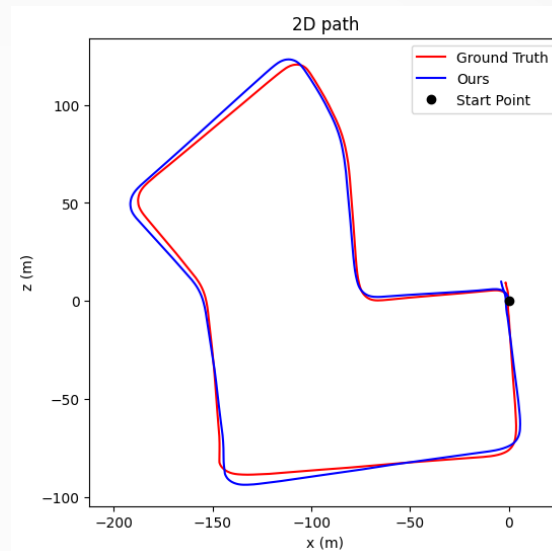
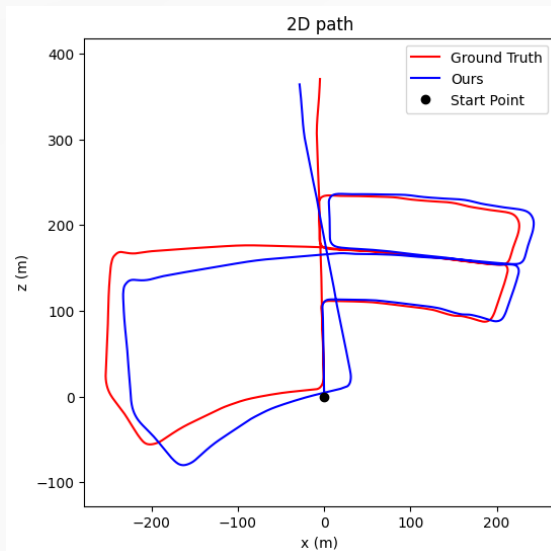
SYVÄOPPIMISEEN PERUSTUVA FUUSIO



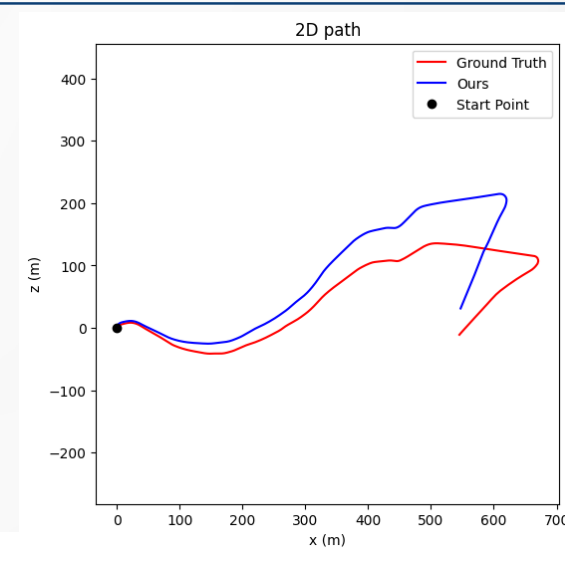
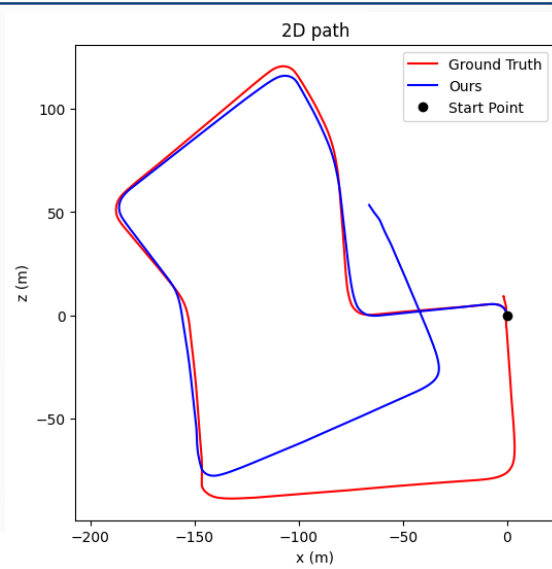
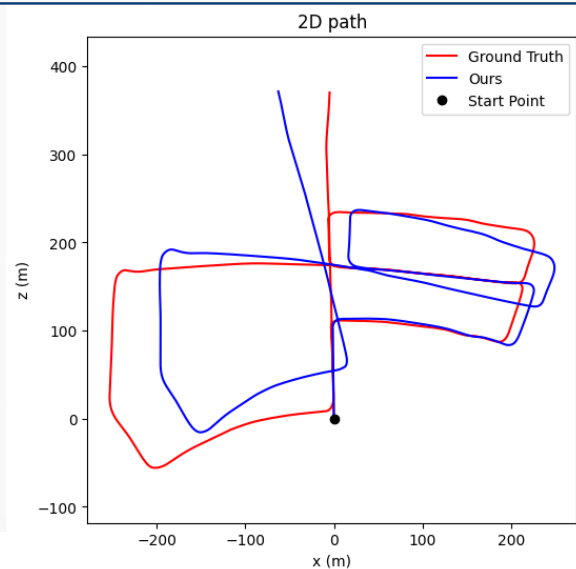


VERTAILU AJONEUVODATAA KÄYTTÄEN

Visual-Selective VIO



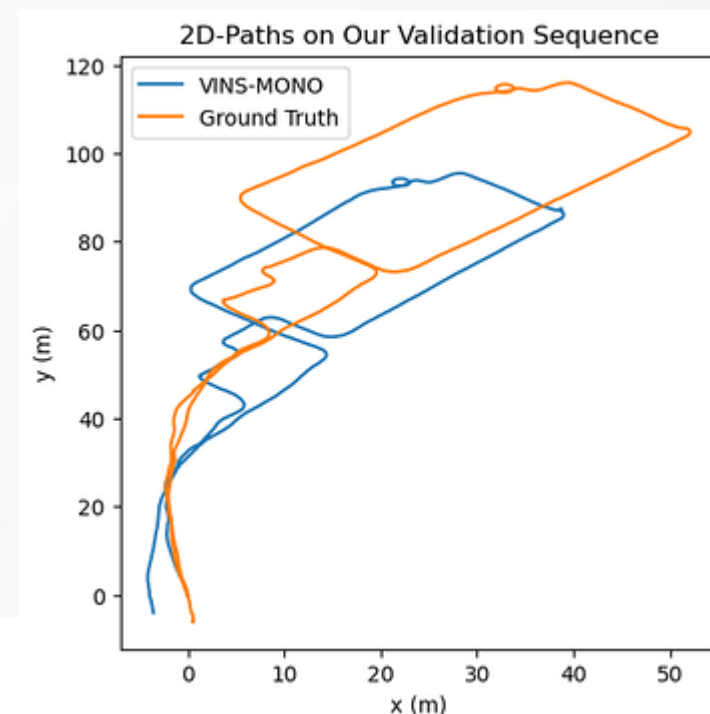
Ours (Cross-Fusion)





TESTIT OIKEALLA DATALLA

- 50 minuuttia dataa pienellä sensorilaatikolla
- Haastavia ympäristöjä, jalankulkijan haastavia liikkeitä
- Data verifioidusti hyvää
- Fuusiossa käytettiin konenäön osalta optical flow- mentelmää, joka ei sovi jalankulkijan liikkeille => vaihdamme konenäön piirreperhjaiseksi





JULKAISUT

- Saukkoriipi, Ruotsalainen (2023). BOON: Universal Weakly Supervised Instance Segmentation Framework, to be submitted.
- Pajula, Joswig, Morrison, Sokolova, Ruotsalainen (2023). Attention-based Visual-Inertial Fusion, to be submitted to IEEE Journal of Indoor and Seamless Positioning.

THE PRESENT AND FUTURE OF INDOOR NAVIGATION

Laura Ruotsalainen
Martti Kirkko-Jaakkola
Jukka Talvitie

The Present and Future of Indoor Navigation

Hardcover

Copyright: 2023

Pages: 300pp

ISBN: 978-1-63081-967-5

List Price: \$149

EXCLUSIVE 25% OFF

USE PROMO CODE: **RUOTSALAINEN25**

*Cannot be combined with other discounts. Offer expires 12-30-2023

The Present and Future of Indoor Navigation provides a complete overview of the latest indoor navigation technologies, algorithms, and systems. It begins by discussing various types of sensors that can be used for indoor navigation, such as accelerometers, gyroscopes, barometers, magnetometers, and cameras. It covers the numerous algorithms that can be used to compute the navigation solution, including Kalman filtering, particle filtering, and machine learning. Also, it discusses the system implementation considerations for indoor navigation, such as infrastructure, data fusion, and security.

The book's focus is on present technologies and algorithms, as well as providing a look into the future possibilities for indoor navigation, making it a great resource for a wide audience. This includes researchers, engineers, and students who are interested in indoor navigation. It is also a valuable resource for anyone who wants to learn more about the latest technologies and algorithms for indoor navigation.

