

Pitkän kantaman aktiivinen hyperspektraalinen laserkeilaus

MATINE:n Tutkimusseminaari, 18.11.2015 Helsinki

**Sanna Kaasalainen, Olli Nevalainen, Teemu Hakala
Paikkatietokeskus**



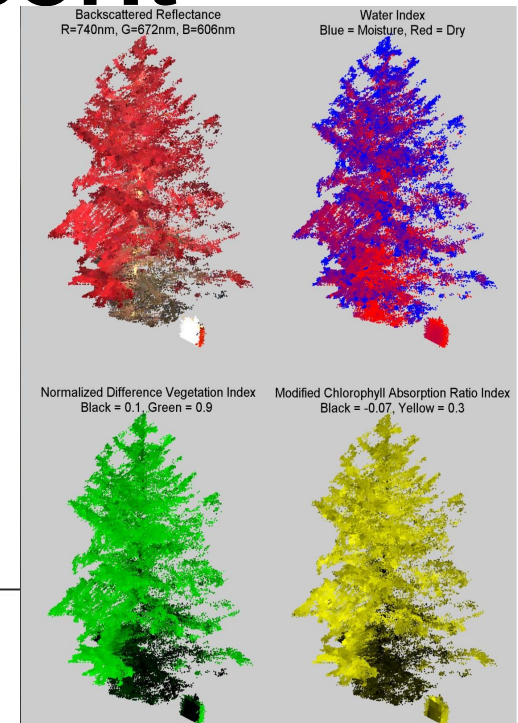
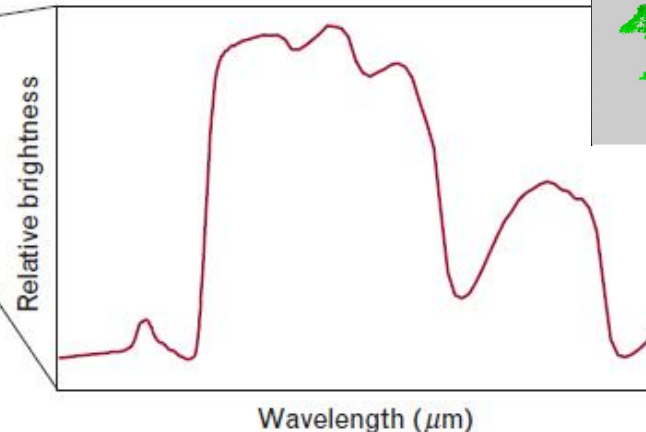
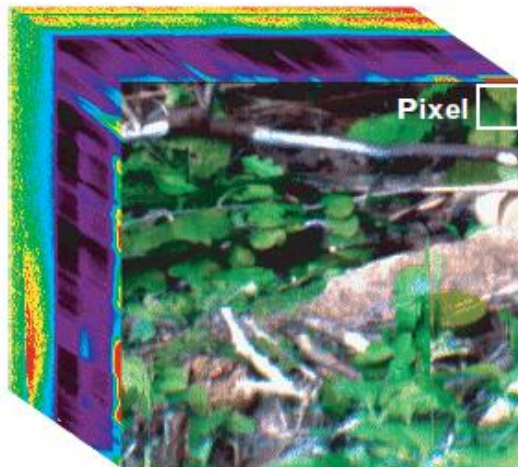
Sisälllys

- Taustaa
 - Multispektraaliset ja hyperspektraaliset sensorit
 - FGI HSL
 - Aikaisempi tutkimus
- Vuoden 2015 hankkeen tavoitteet
- 2015 tuloksia
 - Uusi sensori
 - Fokuksen vaikutus
 - Valomonistimen kokeilu
 - Kohteentunnistus
- Johtopäätökset



Aktiiviset Multi/ Hyperspektraaliset sensorit

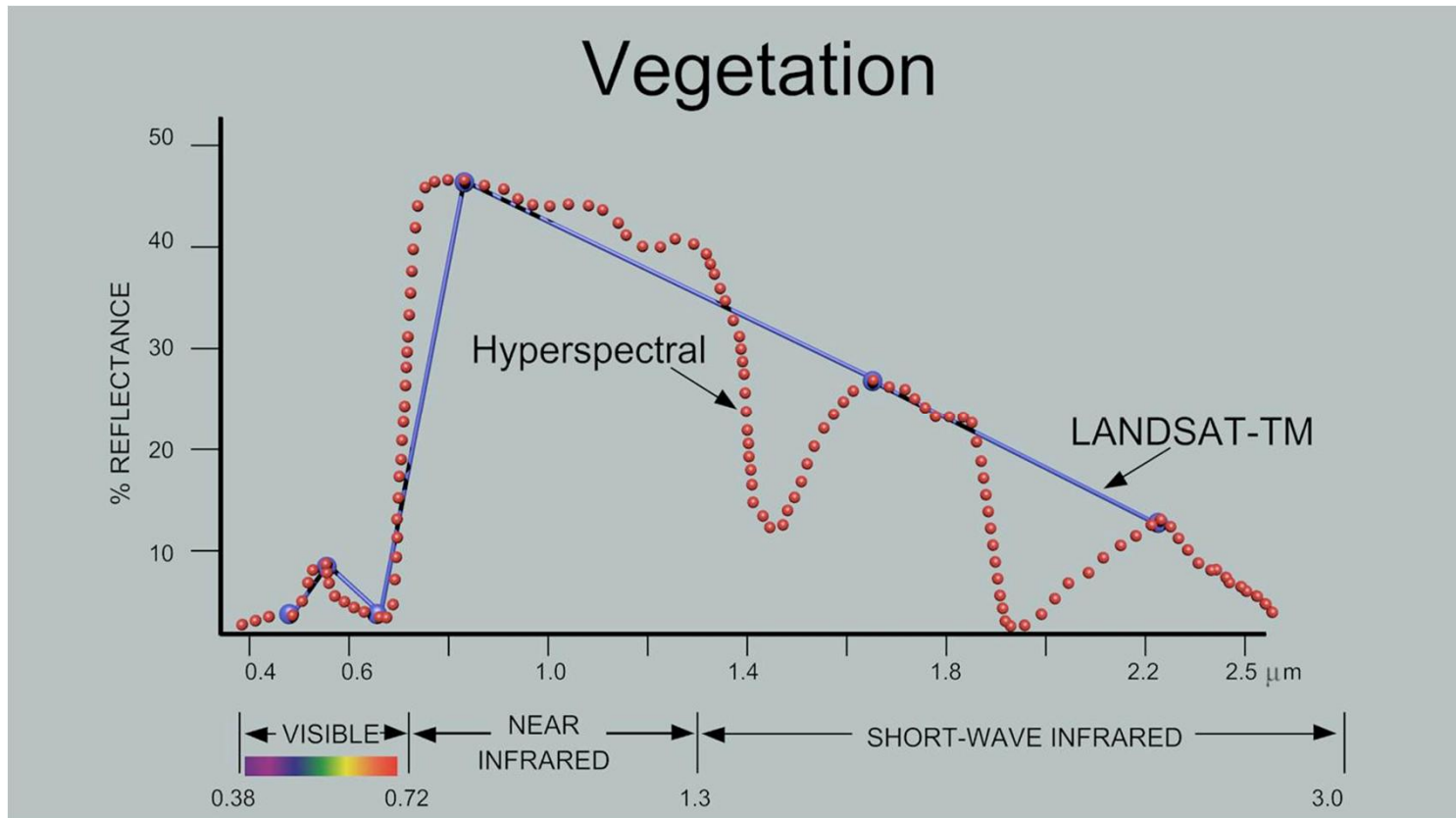
- Aktiivinen hyperspektraalinen kuvaus: jokaista kuvan pikseliä vastaa spektri
- Multi/hyperspektraalinen laserkeilaus: hyperspektraalinen 3-ulotteinen pistepilvi



Teemu Hakala, FGI

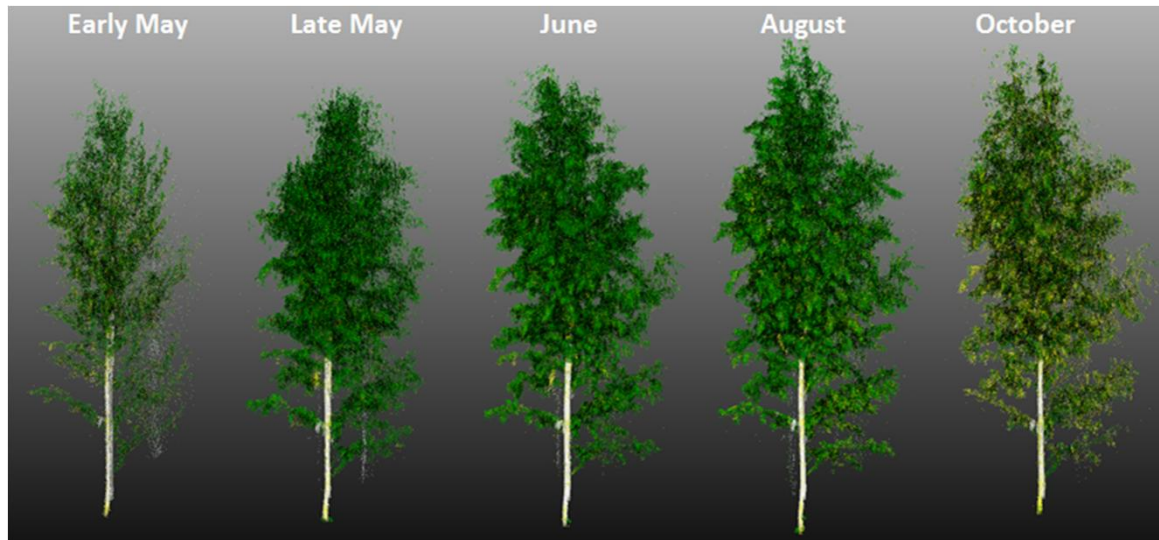
Nischan et al., 2007: three-dimensional hyperspectral image cube. Two dimensions are spatial, and one spectral

Hyperspektraalinen vs. multispektraalinen



FGI:n hyperspektrilidar (HSL)

- Superjatkumolaser ja keilausjärjestelmä
- Tuottaa 3-ulotteisia spektraalisia pistepilviä
- Mittausetäisyys alunperin n ~20m, pulssitaajuus 5 kHz
- Tallentaa 8 spektrikanavaa (500-1000 nm, ~20nm FWHM)
- Skannausnopeus max 60° /s pystysuunnassa
- Vaakaresoluutio valittavissa



HSL: optinen järjestely

Punainen: Valkoinen laser

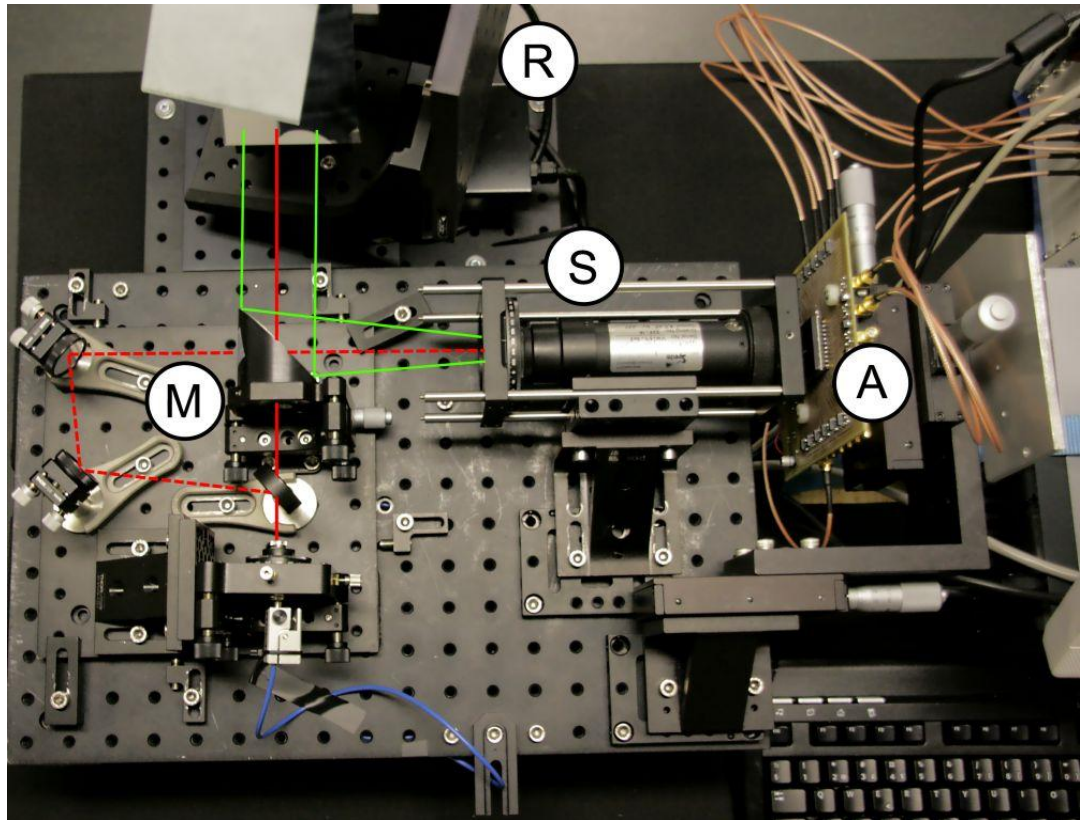
R: 2D skanneri

M: Off-axis parabolipeili

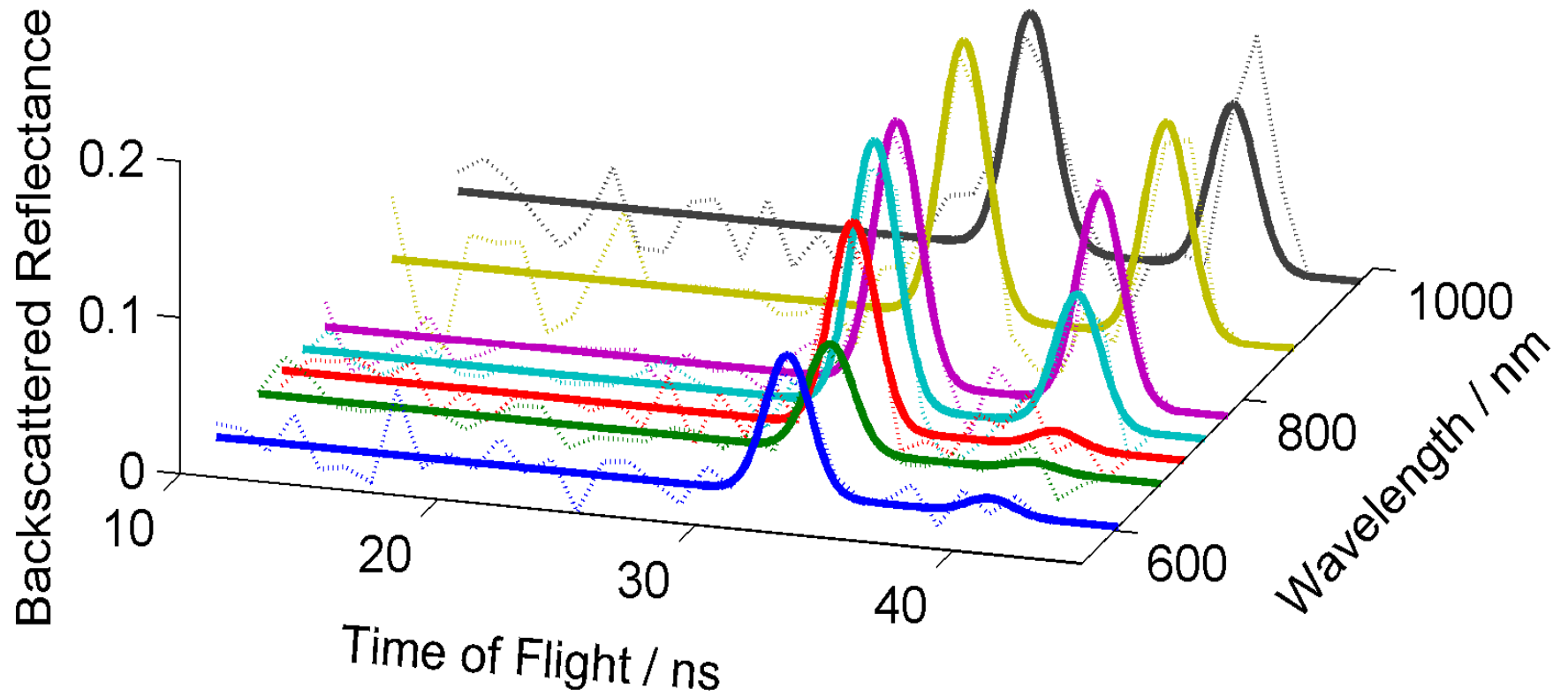
S: Spektrografi

A: 16 elementin
vyöryfotodimatriisi

- 8 kanavan 1GHz digitointikortti ja PC

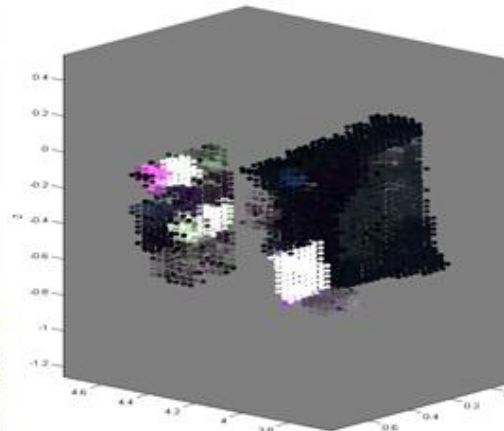


Data



Tausta: Hyperspektrilidar kohteen- tunnistuksessa, aikaisempi tutkimus

- Testatut esimerkkikohteet ovat erotettavissa taustastaan spektrinsä perusteella: luotettava kohdemateriaalien tunnistus
- Erottuminen oli selvintä infrapuna-aallonpituuksilla (>780 nm)
- Etuja tavalliseen hyperspektraalikuvaamiseen verrattaessa:
 - Parempi kyky havaita varjossa sijaitsevia kohteita
 - Laserkeilaindatan 3-ulotteisuus auttaa rajaamaan kohteiden 3D muodon → kätkeminen luonnolliseen taustaan vaikeutuu
- Julkaisu: Puttonen et al., 2015. Optical Engineering, 54(1), 013105.
<http://dx.doi.org/10.1117/1.OE.54.1.013105>



Aikaisempi tutkimus

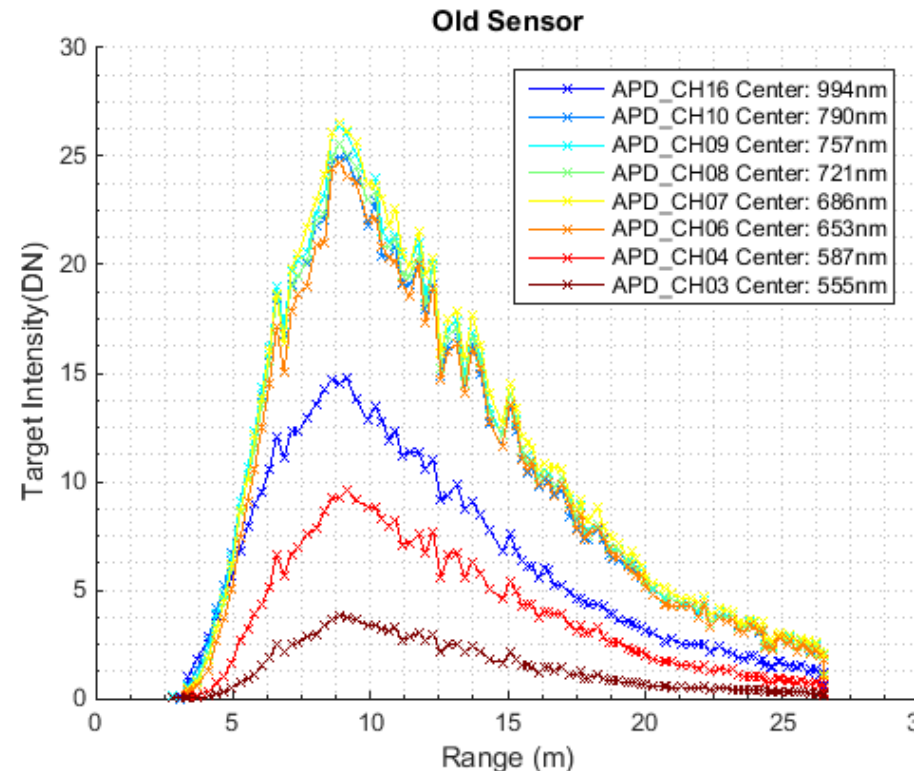
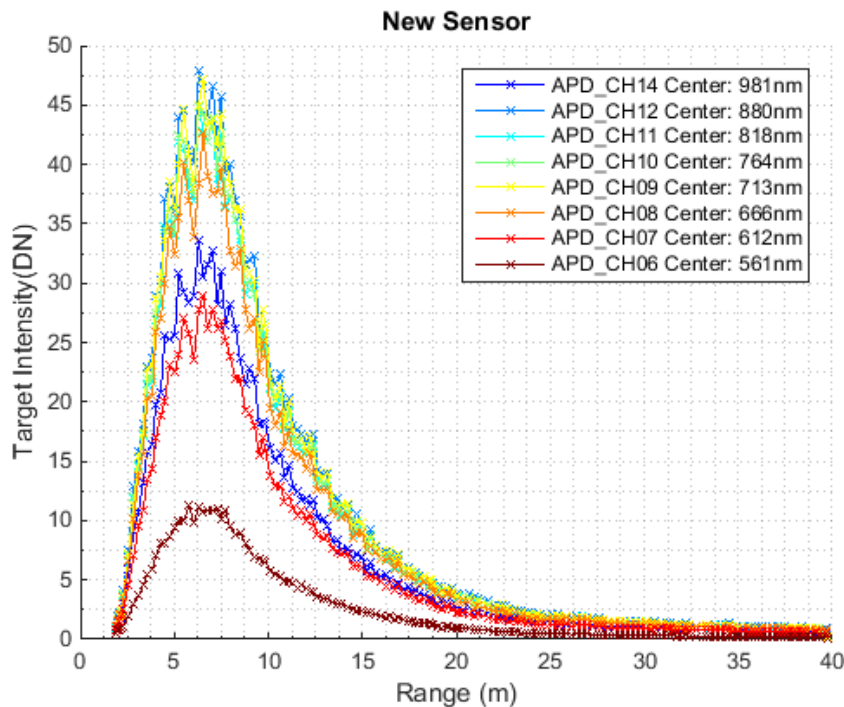
- Vuoden 2014 MATINE-hanke: Aktiivinen hyperspektraalinen etäkuvantamisteknologia: pitkän kantaman sovellus hahmontunnistukseen
- Yhteistyössä GL (Paikkatietokeskus) ja MIKES (nyk. VTT)
- Tavoitteena oli laajentaa HSL:n sovellettavuutta edelleen hahmontunnistuksen suuntaan. Tulosten yhdistäminen VTT:n kanssa.
- Keskeiset tulokset:
 - Haasteita optiikan parantamisessa
 - Spektrografin korvaaminen hilalla tuotti alustavia tuloksia 50m kantamalla
 - Uusi kuitu: lisätutkimusta kantaman edelleen pidentämiseksi
 - Kehitetty hahmontunnistusalgoritmi kohteiden automaattiseen tunnistukseen
 - Algoritmi soveltuu suoraan myös pidemmän kantaman dataan

Vuoden 2015 hankkeen tavoitteet

1. Kehittää demonstraatio (proof-of-concept) pitkän kantaman keilausteknologiasta ja tuottaa ensimmäiset pitkän kantaman pistepilvet sekä konsepti spektri-informaation kalibroinnista
2. Jatkokehittää datankäsittely- ja kohteentunnistusalgoritmejä pitkän kantaman sovelluksille
3. Tuottaa ensimmäiset tulokset kohteiden erottamisesta pitkän kantaman pintamittauksessa (naamioverkko vs. luonnonkohteet) sekä suositukset ja tekninen suunnitelma laitteen jatkokehitykselle

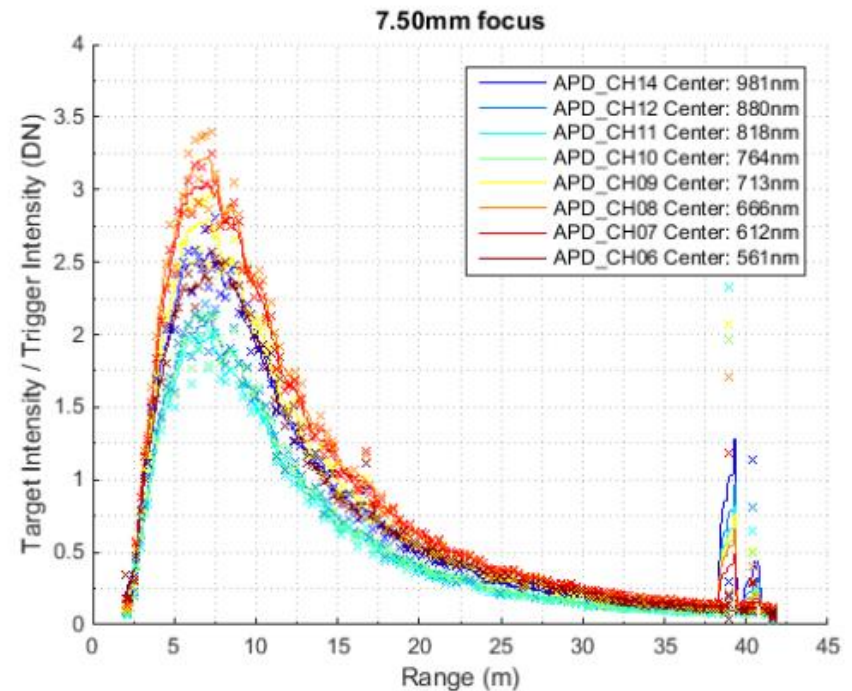
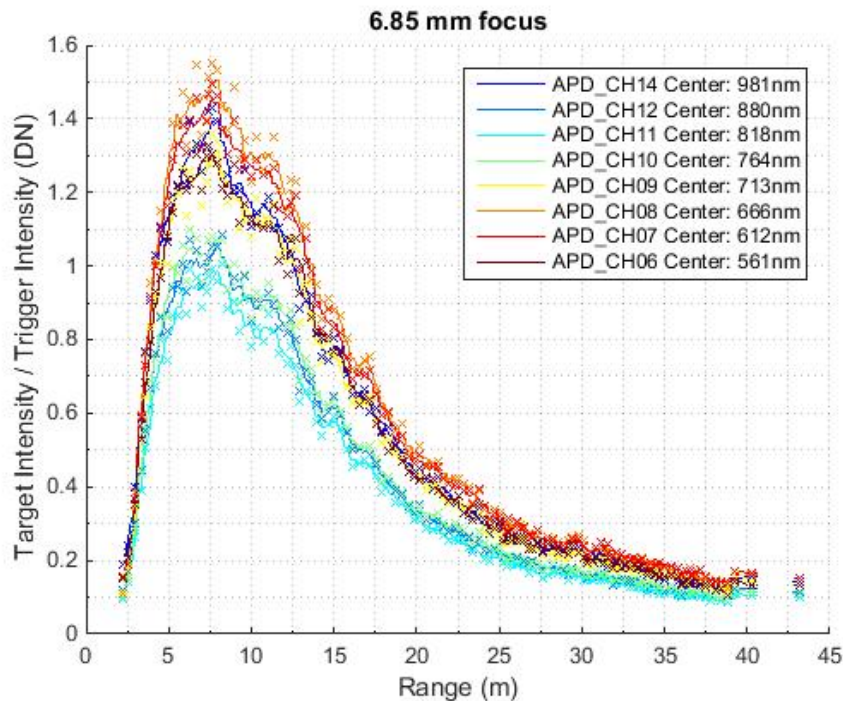


2015 Tuloksia: kantaman pidenttymisen kokeilu



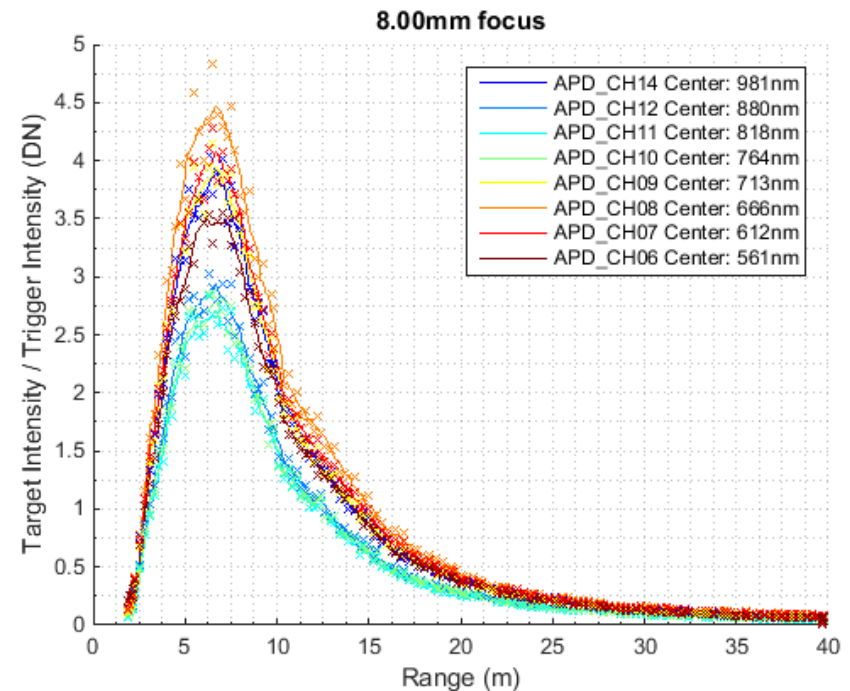
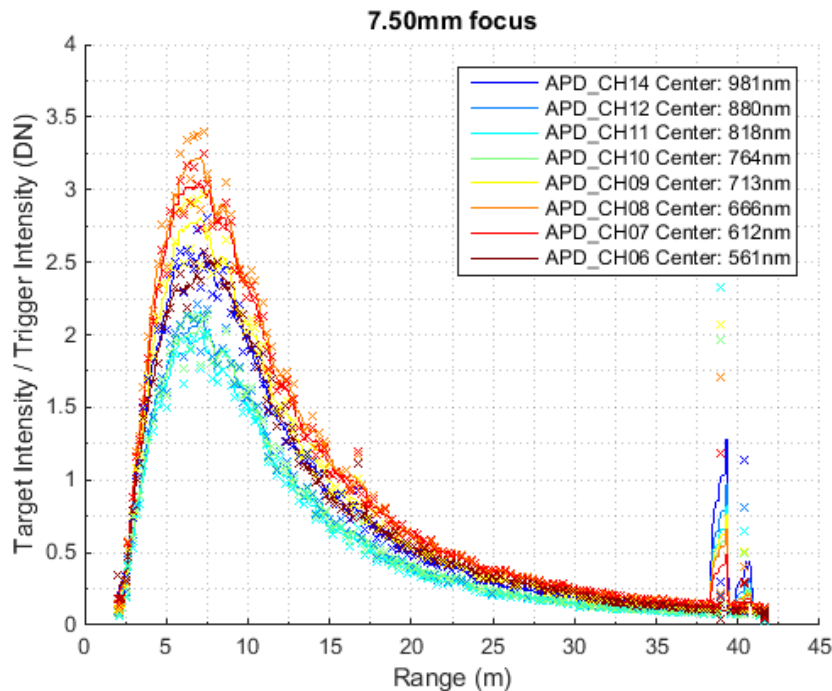
Uuden herkemmän vyöryfotodiodin (First sensor MOD501568) ja vanhan sensorin etäisyyskalibrointi: signaaliero Spectralonista tulleille paluupulsseille samanlaisilla fokuksilla.

2015 Tuloksia: fokuksen vaikutus ja etäisyyskalibrointi 1



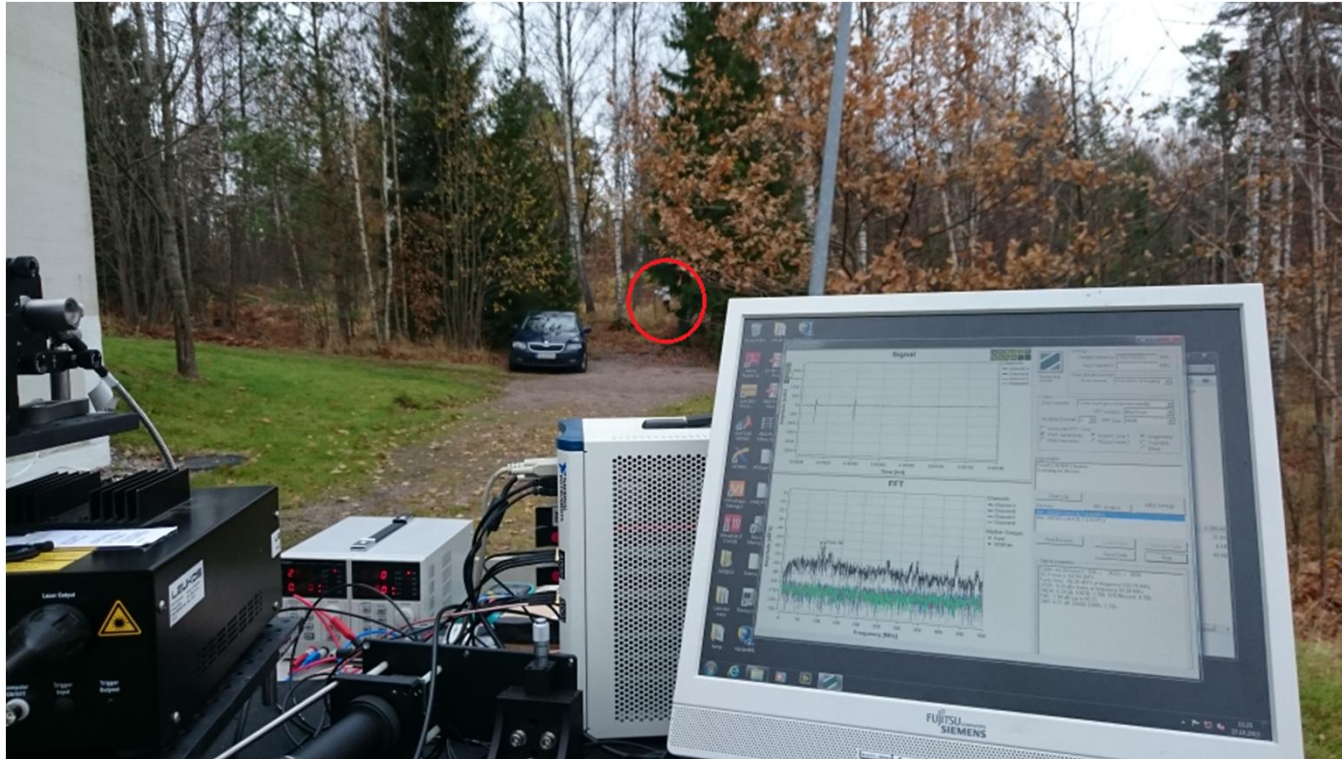
Signaaliero spectralonista tulleille paluupulsseille eri fokuksilla.

2015 Tuloksia: fokuksen vaikutus ja etäisyyskalibrointi 2



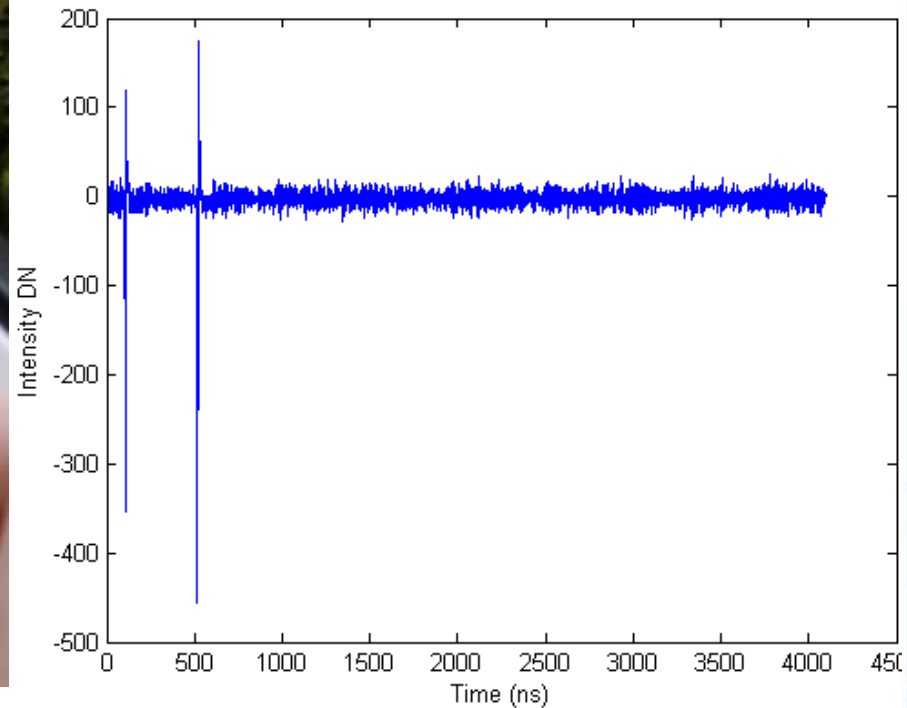
Signaaliero spectralonista tulleille paluupulsseille eri fokuksilla. 8 metrissä n. 3-kertainen signaali verrattuna 6.85 m fokuointiin.

2015 Tuloksia: valomonistin



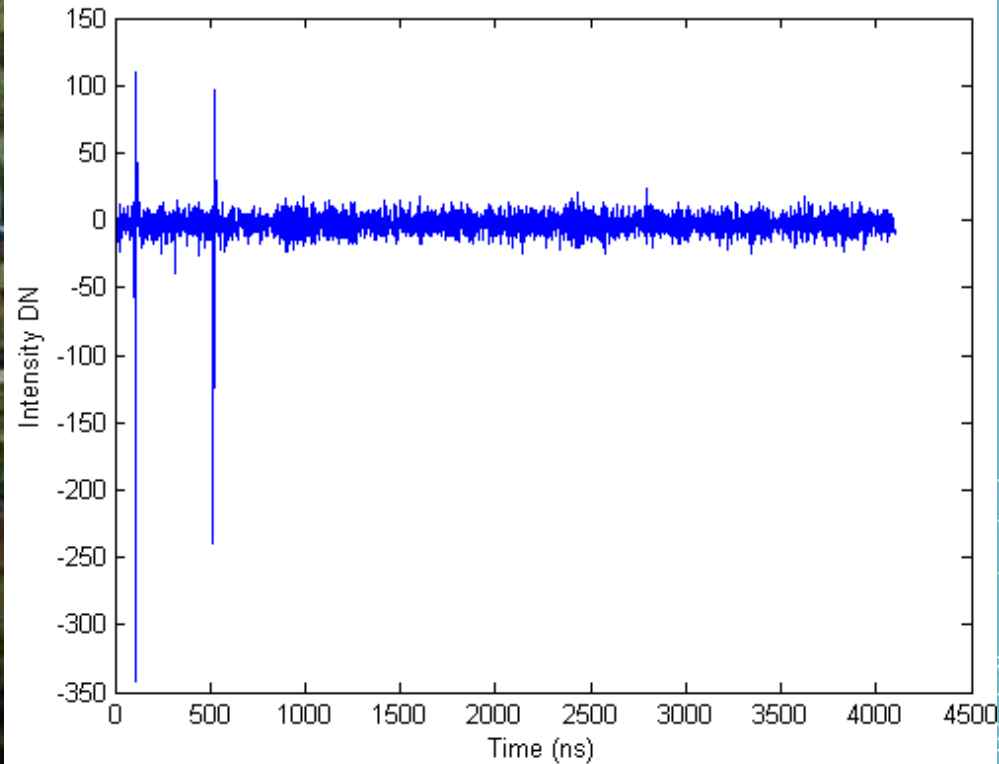
- Micro FM SMA-3005 nopea ja herkkä valomonistinmatriisi (SiPM)
- Detektorimatriisin jokainen elementti havaitsee jopa 1 fotonin
- Suodatin Thorlabs FB600 (FWHM 40 nm) korvasi spektrografin

2015 Tuloksia: valomonistin



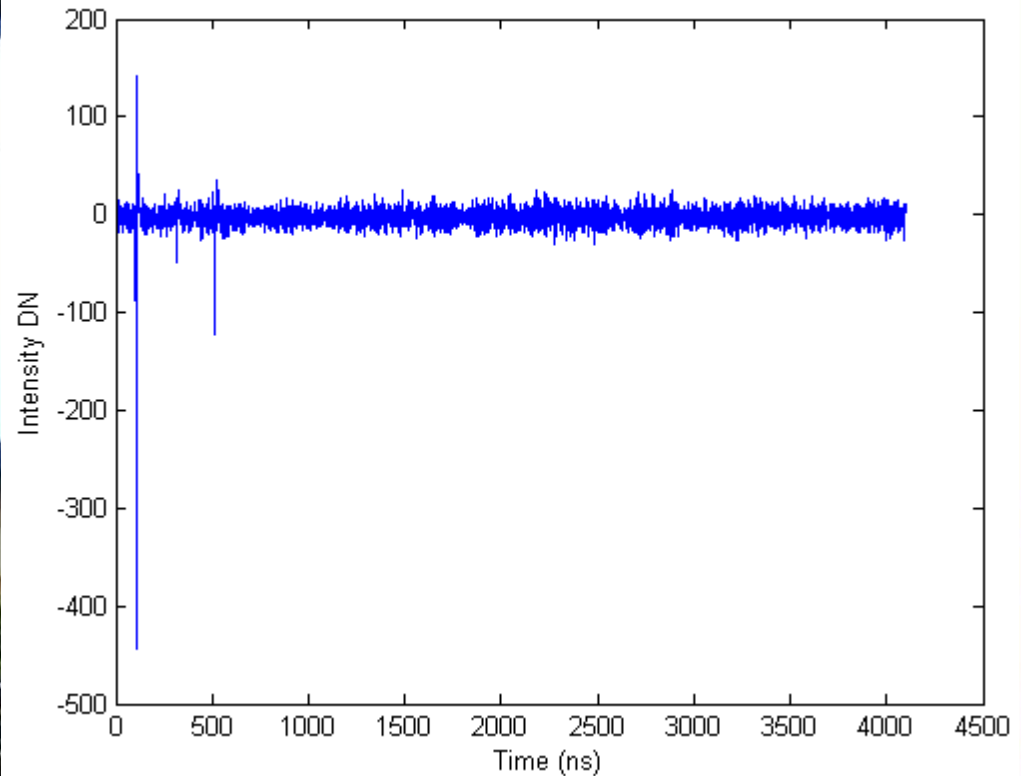
Spectralon-levyn antama signaali n. 62 m etäisyydellä. (Huom. että detektori toimii negatiivisella kiihdytysjännitteellä, jolloin signaalit on negatiivisia.)

2015 Tuloksia: valomonistin



Vihreän lehden antama signaali n. 62 m etäisyydellä.

2015 Tuloksia: valomonistin



Sammalen antama signaali n. 62 m etäisyydellä.

Kantaman pidentys: johtopäätökset

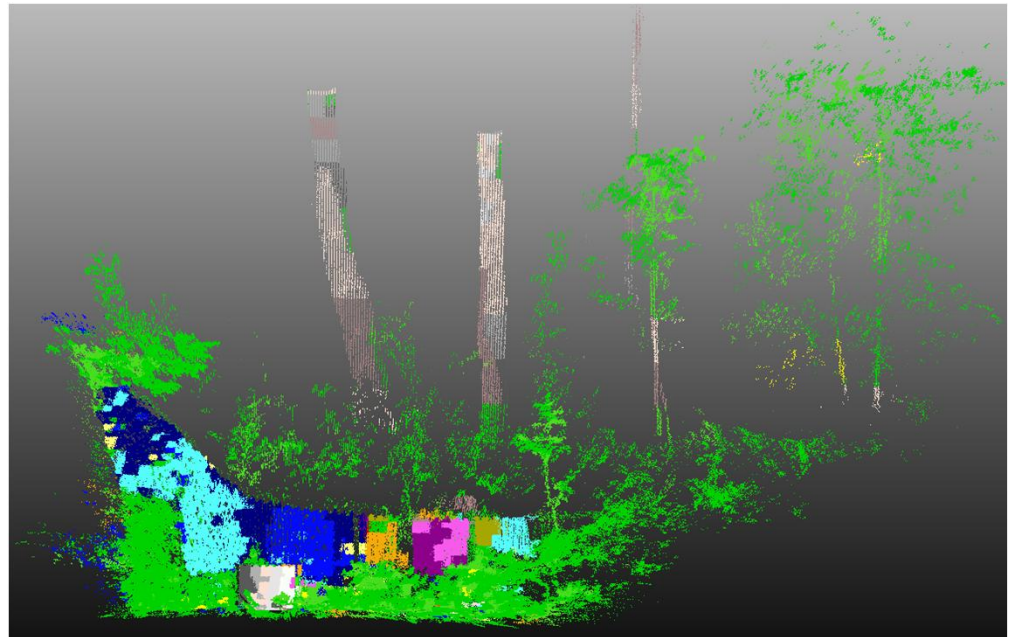
- Herkemmällä vyöryfotodiodilla maksimi signaali parantui fokusointietäisyydellä jopa 75%
- Valomonistin antaa paremman signaalin kuin tähänastiset kokeilut n. 62 metrin päästä
- Kantamaa voi pidentää edelleen mm.
 - Tehostamalla optiikkaa
 - Suuritehoisemmalla laserilla
 - Suodattamalla pois spektrialueita, joilla mittauksia ei haluta tehdä
 - Jäähdyttämällä sensoria ja lisäämällä vahvistusta
- Kokeiltiin myös vahvistinta, mutta havaittiin myös kohinan kasvavan, jolloin signaalikohinasuhde ei parantunut

2015 kohteentunnistus:

- Spektrikirjaston ('opetusdatan') luominen
- Eriolaisten piirteiden (spektritieto ja kohteenmuoto) testaaminen luokittelussa
- Eri luokittelu algoritmien testaaminen opetusdatan avulla
 - mm. Knn (k-Nearest Neighbours), luokittelupuu, neuroverkko
- Pistekohtaisen luokittelun (piste kerrallaan) vertailu aluekohtaiseen luokitteluun (pistepilven vokselointi)

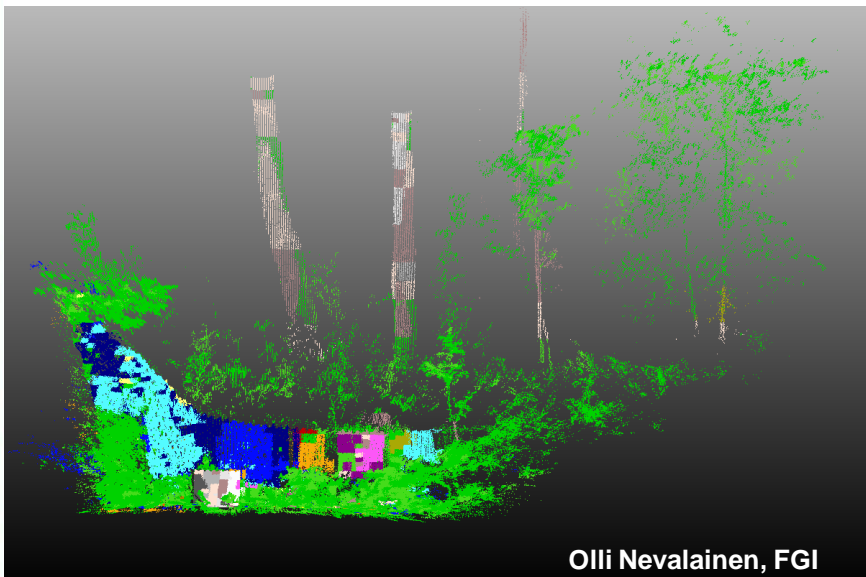
2015 tuloksia: kohteentunnistus

- Kohteiden automaattinen luokittelu tunnettuihin spektrikirjaston kohteisiin: K nearest neighbors (KNN) – luokittelu.
- Luokittelijan on opettamiseen on käytetty dataa useammasta eri mittauksesta.
- 940 000 pisteen luokittelu 30.8s (1 CPU: 3.4 Ghz)

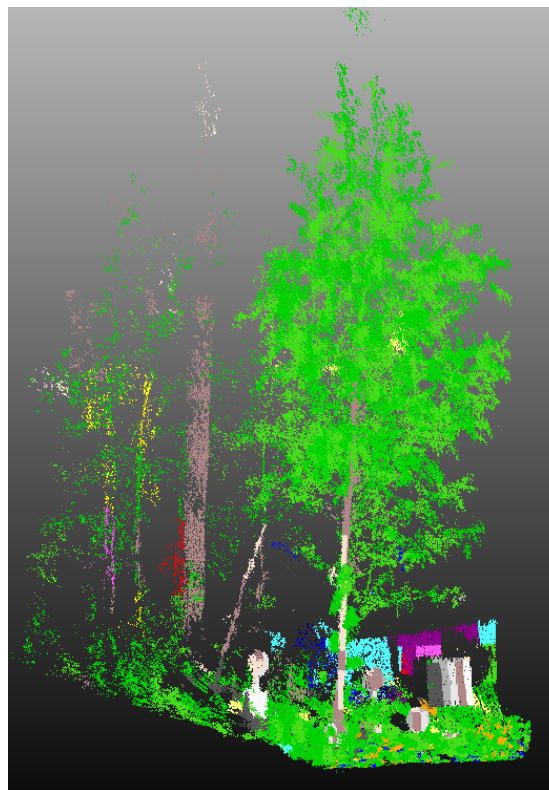


2015 tuloksia: kohteentunnistus

Kohteiden automaattinen
luokittelu tunnettuihin
spektrikirjaston kohteisiin:
luokittelupuu

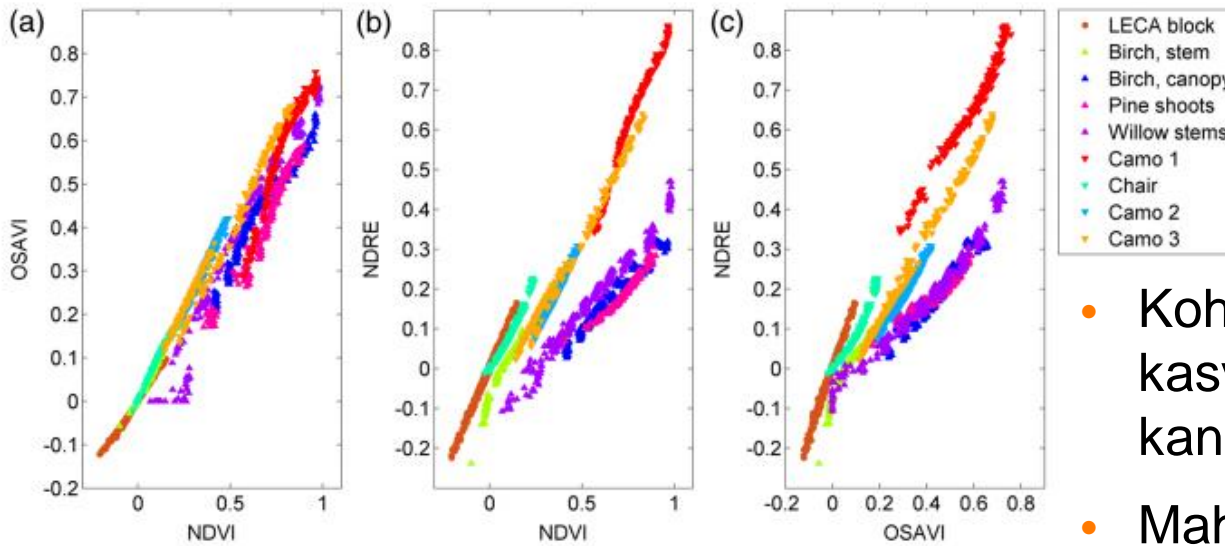


Olli Nevalainen, FGI



	'Sample1_vaalean_vihrea'
	'Sample1_tumman_vihrea'
	'Sample1_ruskea'
	'Sample5_tiheä'
	'Sample5_harva'
	'Sample3_musta'
	'Sample3_vaalean_vihrea'
	'Sample3_ruskea'
	'Sample3_tumman_vihrea'
	'Sample4_vaalean_vihrea'
	'Sample4_musta'
	'Sample4_tumman_vihrea'
	'spectralon'
	kasvillisuus1
	kasvillisuus2
	'koivunrunko'
	'spectralon12'
	'spectralon25'
	'spectralon50'
	'koivunrunko2'

2015 tuloksia: kohteentunnistus



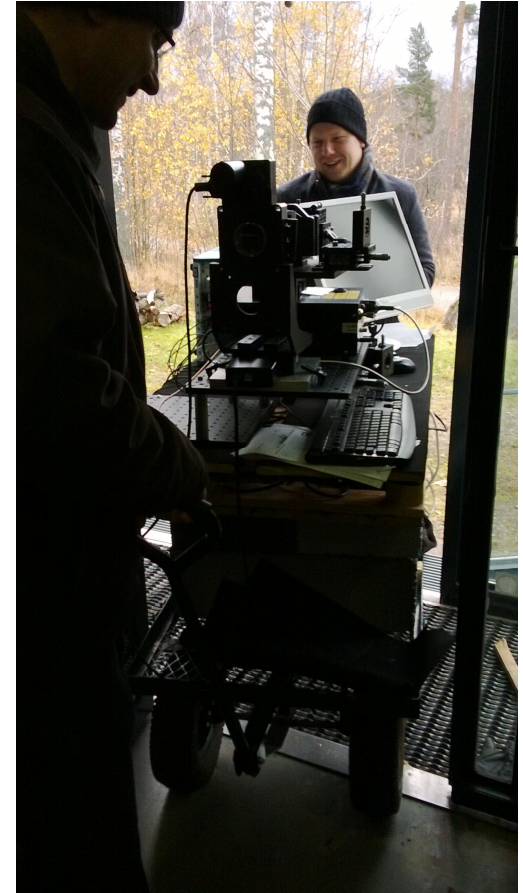
- Kuvat & tulokset: Eetu Puttonen (Puttonen et al., 2015)

- Kohteiden erottuminen eri kasvillisuusindeksien ja kanavien yhdistelmillä
- Mahdollistaa multi-spektraalisen laserin käyttämisen kantaman edelleen pidentämiseksi
- Lisäksi selvitetty eri vaihtoehtoja nopeamman digitoinnin saavuttamiseksi

Features	Cross-validation		CV + spatial aggregation, 5 cm	
	Overall (%)	Kappa	Overall (%)	Kappa
4 Channels	80.9	0.56	92.3	0.78
7 Channels	83.1	0.60	92.6	0.78
4 VIs	78.9	0.52	91.0	0.73
8 VIs	74.9	0.45	89.3	0.68
4 Channels + 4VIs	81.1	0.56	92.0	0.76
7 Channels + 8 VIs	76.0	0.46	89.5	0.68

2015 johtopäätökset:

- Kehitettiin automaattinen kohteentunnistus ja luokittelu hyperspektraalisille pistepilville
- Etukäteen luodon spektrikirjaston avulla reaaliaikainen tunnistus on mahdollista
- Saatiin hyvä signaali n. 62 metrin kantamalla olemassaolevalla valonlähteellä (100mW superjatkumolaser)
- Tutkittiin eri vaihtoehtoja kantaman edelleen pidentämiseksi, vaatii suurempia muutoksia kuin tässä hankkeessa oli mahdollista
- Etäisyyskalibroinnista ja hahmontunnistuksesta on tekeillä 2 julkaisua tieteellisiin lehtiin, lisäksi kirjoitetaan suositukset jatkokehitykselle



Yhteistyö

Top Downloads from SPIE Journals and Proceedings for October 2015

Astronomy

All-sky survey mission observing scenario strategy (*J. Astron. Telesc. Instrum. Syst.*; 2015)  Open Access

SALSA: a tool to estimate the stray light contamination for low-Earth orbit observatories (*Proceedings of SPIE*; 2014)

Biomedical Optics & Medical Imaging

Prediction of clinical phenotypes in invasive breast carcinomas from the integration of radiomics and genomics data (*J. Medical Imaging*; 2015)  Open Access

Folate receptor-mediated tumor-targeted upconversion nanocomplex for photodynamic therapy triggered by near-infrared light (*Proceedings of SPIE*; 2013)

Communications & Information Technology

Review on recent developments in hybrid optical amplifier for dense wavelength division multiplexed system (*Optical Engineering*; 2015)  Open Access

NASA's optical communications program for 2015 and beyond (*Proceedings of SPIE*; 2015)

 Open Access

Defense & Security

Artificial target detection with a hyperspectral LiDAR over 26-h measurement (*Optical Engineering*; 2015)  Open Access

Deep convolutional neural networks for ATR from SAR imagery (*Proceedings of SPIE*; 2015)

Electronic Imaging & Signal Processing

Computational method for calligraphic style representation and classification (*J. Electronic Imaging*; 2015)  Open Access

An overview of new video coding tools under consideration for VP10: the successor to VP9 (*Proceedings of SPIE*; 2015)

Energy

Perovskites: transforming photovoltaics, a mini-review (*J. Photonics for Energy*; 2015)  Open Access

Toulouse, France

For more conferences, please click [here](#)

Featured Video



SPIE TV ▶ 00:00 / 07:21 | 🔊 SHARE

Watch the video "Andrea Armani lab: Whispering gallery mode lasers characterize DNA" and read a recent article "Nonlinear image alterations elicited by electric fields" by Armani.

Announcement

- SPIE Spotlights *SPIE Spotlights* a 20-60 pages of content material that either or highlight a specific audience, these go straight to the page important aspects first Spotlight eB
- FGI: Kaukokartoituksen ja Fotogrammetrian osasto
- PVTUTKL

Most Cited Proceedings Articles

Proceedings of SPIE offer access to the latest innovations in research and technology and are among the most cited sources in the

VTT (ent. MIKES)

FGI:
Kaukokartoituksen ja
Fotogrammetrian
osasto

PVTUTKL