



Kandidatavhandling

Kandidatprogrammet i Datavetenskap

# Visuell lokalisering och kartläggning av drönaren

Sebastian Sergelius

7.10.2020

MATEMATISK-NATURVETENSKAPLIGA FAKULTETEN

HELSINGFORS UNIVERSITETET

**Handledare**

Jeremias Berg

**Examinatorer**

Patrik Floréen

**Kontaktinformation**

PB 68 (Pietari Kalm gata 5)  
00014 Helsingfors universitetet, Finland

E-postadress:: [info@cs.helsinki.fi](mailto:info@cs.helsinki.fi)

URL: <http://www.cs.helsinki.fi/>

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Tiedekunta — Fakultet — Faculty   |  | Koulutusohjelma — Utbildningsprogram — Study programme |   |
| Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten  |  | Kandidatprogrammet i Datavetenskap                     |   |
| Tekijä — Författare — Author  |  |  |   |
| Sebastian Sergelius   |  |  |   |
| Työn nimi — Arbetets titel — Title  |  |  |   |
| Visuell lokalisering och kartläggning av drönaren   |  |  |   |
| Ohjaajat — Handledare — Supervisors   |  |  |   |
| Jeremias Berg   |  |  |   |
| Työn laji — Arbetets art — Level  |  | Aika — Datum — Month and year                          | Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages |
| Kandidatavhandling  |  | 7.10.2020  | 9 sidor                                 |
| Tiivistelmä — Referat — Abstract  |  |  |   |
| <p>Tämä dokumentti on tarkoitettu Helsingin yliopiston tietojenkäsittelytieteen osaston opinnäyt-<br/>teiden ja harjoitustöiden ulkoasun ohjeeksi ja mallipohjaksi. Ohje soveltuu kandidutkielmiin,<br/>ohjelmistotuotantoprojekteihin, seminaareihin ja maisterintutkielmiin. Tämän ohjeen lisäksi on<br/>seurattava niitä ohjeita, jotka opastavat valitsemaan kuhunkin osioon tieteellisesti kiinnostavaa,<br/>syvällisesti pohdittua sisältöä.</p> <p>Työn aihe luokitellaan ACM Computing Classification System (CCS) mukaisesti, ks. <a href="https://www.acm.org/about-acm/class">https://www.acm.org/about-acm/class</a>, käyttäen komentoa <code>\classification{}</code>. Käytä muutamaa<br/>termipolkua (1-3), jotka alkavat juuritermistä ja joissa polun tarkentuvat luokat erotetaan<br/>toisistaan oikealle osoittavalla nuolella.</p> |  |  |   |
| <p><b>ACM Computing Classification System (CCS)</b><br/>General and reference → Document types → Surveys and overviews<br/>Applied computing → Document management and text processing → Document management<br/>→ Text editing</p>   |  |  |   |
| Avainsanat — Nyckelord — Keywords   |  |  |   |
| ulkoasu, tiivistelmä, lähdeluettelo   |  |  |   |
| Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited   |  |  |   |
| Helsingfors universitets bibliotek  |  |  |   |
| Muita tietoja — Övriga uppgifter — Additional information   |  |  |   |
|   |  |  |   |

# Innehåll

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Inledning</b>                              | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Bakgrund</b>                               | <b>2</b> |
| 2.1      | Navigation . . . . .                          | 2        |
| 2.1.1    | Vision baserad navigation . . . . .           | 2        |
| 2.2      | Kartläggning . . . . .                        | 2        |
| 2.3      | Lokalisering . . . . .                        | 3        |
| <b>3</b> | <b>Samtidig lokalisering och kartläggning</b> | <b>4</b> |
| 3.1      | Kartlösa system . . . . .                     | 4        |
| 3.1.1    | Optisk flöde . . . . .                        | 4        |
| 3.1.2    | Spåring av egenskaper . . . . .               | 5        |
| 3.2      | Kartbaserade system . . . . .                 | 5        |
| 3.3      | Kartbyggande system . . . . .                 | 5        |
| 3.3.1    | Indirekta metoder . . . . .                   | 6        |
| 3.3.2    | Direkta metoder . . . . .                     | 6        |
| <b>4</b> | <b>Analys</b>                                 | <b>7</b> |
| <b>5</b> | <b>Sammanfattning</b>                         | <b>8</b> |
|          | <b>Referenser</b>                             | <b>9</b> |

# 1 Inledning

Drönare är ett obemannat luftfordon som kan styras med hjälp av vision baserad, tröghets eller satellitnavigation (Lu m. fl., 2018). För att roboter eller drönaren skulle kunna navigera autonomiskt måste den vara medveten om sitt läge, hastighet, kursriktning samt start- och slutplats. Andra faktorer som borde beaktas för att flyga från start till slutplatsen är hur drönaren kan behandla data från inbyggda sensorer i sig, det vill säga kartlägga miljön och egen position i denna miljö samt hur man planerar vägen utan att kollidera med hinder under flygningen. Mest lovande forskning är inom vision baserad navigering med hjälp av datorseende.

Redan för många årtionde har robot navigering med datorseende varit i stort popularitet i det vetenskapliga samfundet. <kårt om historia>

<användningsfall av drönaren eller possible användningsfall?>

Avhandlingen kommer att fokusera på vilka metoder det finns för att kartlägga miljön och lokalisera sig själv med hjälp av datorseende, som refereras också som samtidig lokalisering och kartläggning med datorseende (VSLAM, Visual Simultaneous Localization and Mapping). Avhandlingen kommer att innehålla ett sammandrag av metoder som används med drönaren. Några frågor vi provar att svara på är varför används vision baserad navigation istället för andra metoder? Vad är för och nackdelar med vision baserad navigation när det kommer till drönaren?

Avhandlingens struktur är följande, i kapitell 2 så öppnar vi bakgrun bakom navigering, kartläggning och lokalisering, kapitell 3 innehåller information om samtidig lokalisering och kartläggning och hur kartläggning kan grupperas samt vilka metoder används i olika grupper.

## 2 Bakgrund

### 2.1 Navigation

Navigation eller navigering för drönaren är en metod där drönaren planerar och utför en rutt från start plats till målet (Lu m.fl., 2018). För att kunna navigera till målet måste den vara medveten om sitt läge, miljö, kursriktning och hastighet. För att drönaren skulle kunna navigera autonomiskt måste den under navigeringen kunna undvika hinder, planera sin rutt samt ta omvägar vid behov. Med traditionella navigeringsmetoder såsom satellit, som använder GPS (Global Positioning System), och tröghetsnavigering (INS, Inertial Navigation System), som använder accelerometer och gyroskop, kan man inte få en visuell information om omgivningen. Laser eller ultraljud kan användas för att navigera med drönaren, men för att drönaren byggs mindre än förr och de har begränsad kapacitet med batteri så har dessa sensorer uteslutnas (Fraundorfer m.fl., 2012). Med hjälp av vision baserad navigering, som använder kameror, kan man få rikligt med information om omgivningen.

#### 2.1.1 Vision baserad navigation

I vision baserad navigering används visuella sensorer för att få bilder som indata som sedan kan behandlas med algoritmer för att få en representation av miljön (Lu m.fl., 2018). Visuella sensorer som används är monokulära, stereo, RGB-D och fisheye kameror samt kombinationer av dessa. Med kamerasensorer kan man uppfatta färg, textur och former. Kameror är billigare att operera och de kan inte bli störda av utomstående signaler eller upptäckas av utomstående entitet för att de är passiva. Vision baserad navigering är för tillfället det mest lovande forskningsområde när det kommer till navigering av drönaren.

### 2.2 Kartläggning

En karta om miljön kan representeras i två (2D) eller tre (3D) dimensioner (Lu m.fl., 2018). Med en monokulär kamera går det inte att bygga en 3D karta av omgivningen (Rogers och Graham, 1979), för detta behövs en stereokamera. Kartor kan sparas i olika format, såsom datorstödd konstruktion (CAD, Computer-aided design), rutnät beläggning (Occupancy Grid) eller topologisk karta (Desouza och Kak, 2002). Kartan kan vara färdigt sparad för drönaren

eller så kan man också kartlägga miljön från bilderna av sensorerna då den flyger (Lu m. fl., 2018).

## **2.3 Lokalisering**

När man har en uppfattning om miljön, det vill säga en karta så kan en drönare lokalisera sig själv med att ge dem landmärken som den hittar då den navigerar (Desouza och Kak, 2002). Från bilderna ur drönarens kameror identifieras landmärken och sedan kan drönaren lokalisera sig själv genom att matcha bilderna med kartan som den har.

# 3 Samtidig lokalisering och kartläggning

Samtidig lokalisering och kartläggning är ett av de grundläggande problem i robot navigering (Aulinas m. fl., 2008). För autonomisk navigation behöver en robot veta sitt läge i miljön (Lu m. fl., 2018). Med hjälp av kameror och bildbearbetning kan miljön kartläggas och drönaren lokalisera sig själv, detta kallas också för visuell samtidig lokalisering och kartläggning (VSLAM). VSLAM kan delas i tre kategorier, som är kartlösa (mapless), kartbaserade (map-based) och kartbyggande (map-building) system.

## 3.1 Kartlösa system

I system utan karta navigerar drönaren bara med hjälp av att observera tydliga egenskaper i miljön (Desouza och Kak, 2002). Dessa kan vara till exempel väggar, dörrar eller möbler. De mest använda metoder inom kartlösa system är optisk flöde (Optical flow) och spårning av egenskaper (Feature tracking).

### 3.1.1 Optisk flöde

Santos-Victor et. al har använt optisk flöde i en robot för att imitera bin (Santos-Victor m. fl., 1993). De placerade två kameror på varsin sida av en robot och beräknade hastigheten från bilderna av båda kamerorna med att ta fem bilder som utjämnas med gaussisk oskräpa och sedan de två sista utjämnade bilder används för att räkna medeltalet av optisk flödesvektorer. Om optiska flöden var samma på båda sidorna så for roboten rakt framåt, annars så far den mot den sida vilkens hastighet är mindre. Metoden som Santos-Victor använde för roboten fungerar bara om båda kamerorna är symmetriskt riktade från varandra när man tar i beaktande rörelseriktningen (Desouza och Kak, 2002). Denna teknik fungerar inte heller i texturlösa miljöer och det går inte att byta rörelseriktningen. Sedan detta har användning av optiska flödesmetoder forskats mera och forskaren har fått drönaren att uppskatta avstånd, hålla sin altitud, undvika hinder, beräkna hastighet och landa på en plattform som rör på sig (Chao m. fl., 2013).



### 3.1.2 Spåring av egenskaper

Spåring av egenskaper (Feature tracking) används för att skaffa information om föremål, så som linjer, hörn och olika former som inte ändras (Lu m. fl., 2018). Med hjälp av dessa och föremålets relativa rörelse i sekventiella bilder kan man bestämma föremålets rörelse. Då drönaren navigerar i området, så kommer den troligtvis att se dessa föremål från olika perspektiv, som hjälper drönaren att navigera.

<om feature tracking algoritmer (Latif och Saddik, 2019)>?

## 3.2 Kartbaserade system

Med kartbaserade system har drönaren en färdig vetskap om miljön i form av geometriska modell eller topologiska kartor (Desouza och Kak, 2002). Idén är att då roboten navigerar prövar den hitta landmärken från kameras bilder som är ekvivalenta till de landmärken som har getts åt roboten. När den hittat dessa så kan roboten kalkylera sin position i miljön. Med hjälp av kartan kan drönaren planera sin rörelse i förhand och ta omvägar där det behövs (Lu m. fl., 2018).

Det finns olika sätt att skapa 3D modell av miljön, som till exempel med 3D volymetriska sensorer kan man konstruera en 3D modell och spara denna information i en Octree struktur (Lu m. fl., 2018). Med strukturen kan data om miljön packas i mindre format utan att tappa möjligheten att uppdatera informationen vid behov. En annan metod som tas upp är med stereovision sensorer göra en djuphetskarta och behandla data till plana ytor som minskar på missvisning som uppstår med användning av stereovision algoritmer när man bygger upp djuphetskartan.

<mer djupare om kartbaserade användning?>

## 3.3 Kartbyggande system

Kartbyggande system kan användas då det är svårt att navigera med en existerande karta om omgivningen eller om kartan inte finns, som i katastrofområden (Lu m. fl., 2018). Kartbyggande systems bildbearbetning kan delas tre kategorier, som är indirekt, direkt och hybrid metoder.

### 3.3.1 Indirekta metoder

I bildbearbetning där används indirekta metoder tar man kännetecken ur bilden som är invarianta för rotation, synvinkeländringar och rörelseoskräpa, dessa ges som indata i rörelseuppfattning och lokalisering (Lu m. fl., 2018). Indirekta metoder fungerar inte så bra i strukturlösa miljön, så därför behövs direkta metoder.

### 3.3.2 Direkta metoder

I direkta metoder används geometriska egenskaper och intensitets information av bilder (Lu m. fl., 2018). Med hjälp av dessa så kan man hitta täta korrespondenser och konstruera en karta.

## 4 Analys

## 5 Sammafattning

# Referenser

- Aulinas, J., Petillot, Y., Salvi, J. och Llado, X. (jan. 2008). "The SLAM problem: a survey". I: vol. 184, s. 363–371. DOI: [10.3233/978-1-58603-925-7-363](https://doi.org/10.3233/978-1-58603-925-7-363).
- Chao, H., Gu, Y. och Napolitano, M. (2013). "A survey of optical flow techniques for UAV navigation applications". I: *2013 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, s. 710–716. DOI: [10.1109/ICUAS.2013.6564752](https://doi.org/10.1109/ICUAS.2013.6564752).
- Desouza, G. N. och Kak, A. C. (2002). "Vision for mobile robot navigation: a survey". I: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 24.2, s. 237–267. DOI: [10.1109/34.982903](https://doi.org/10.1109/34.982903).
- Fraundorfer, F., Heng, L., Honegger, D., Lee, G. H., Meier, L., Tanskanen, P. och Pollefeys, M. (2012). "Vision-based autonomous mapping and exploration using a quadrotor MAV". I: *2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, s. 4557–4564. DOI: [10.1109/IRoS.2012.6385934](https://doi.org/10.1109/IRoS.2012.6385934).
- Latif, R. och Saddik, A. (2019). "SLAM algorithms implementation in a UAV, based on a heterogeneous system: A survey". I: *2019 4th World Conference on Complex Systems (WCCS)*, s. 1–6. DOI: [10.1109/ICoCS.2019.8930783](https://doi.org/10.1109/ICoCS.2019.8930783).
- Lu, Y., Xue, Z., Xia, G.-S. och Zhang, L. (2018). "A survey on vision-based UAV navigation". I: *Geo-spatial Information Science* 21.1, s. 21–32. DOI: [10.1080/10095020.2017.1420509](https://doi.org/10.1080/10095020.2017.1420509).
- Rogers, B. och Graham, M. (febr. 1979). "Motion parallax as an independent cue for depth perception". I: *Perception* 8, s. 125–34. DOI: [10.1068/p080125](https://doi.org/10.1068/p080125).
- Santos-Victor, J., Sandini, G., Curotto, F. och Garibaldi, S. (1993). "Divergent stereo for robot navigation: learning from bees". I: *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, s. 434–439. DOI: [10.1109/CVPR.1993.341094](https://doi.org/10.1109/CVPR.1993.341094).