

Systemskiss

Autonom målföljning med quadcopter

Version 1.1

Robo Ptarmigan
30 november 2015



Status

Granskad	GN, KL	2015-09-25
Godkänd		

Projektidentitet

Gruppmail: karlo343@student.liu.se
Hemsida: <http://www.isy.liu.se/edu/projekt/tsrt10/2015/quadcopter/>
Beställare: Christian A. Naesseth, Linköpings Universitet
Telefon: +46 13 281087, **Mail:** christian.a.naesseth@liu.se

Kund: Maria Andersson, FOI
Mail: maria.andersson@foi.se

Kursansvarig: Daniel Axehill, Linköping University
Telefon: +46 13 284042, **Mail:** daniel@isy.liu.se

Projektledare: Karin Lockowandt

Handledare: Clas Veibäck, Linköping Universitet
Telefon: +46 13 281890, **Mail:** clas.veiback@liu.se

Gruppmedlemmar

Befattning	Namn	Telefon	Mail
Karin Lockowandt	Projektledare	0734010719	karlo343
Albin Flodell	Testansvarig	0704136541	albf1803
Hampus Carlborg	Dokumentansvarig	0709595833	hamca089
Cornelis Christensson	Mjukvaruansvarig	0703943679	corch348
Anders Brändström	Integrationsansvarig	0702239355	andbr957
Niklas Ericson	Designansvarig	0730522705	niker917
Gustav Norin	Informationsansvarig	0706998676	gusno119

Dokumenthistorik

Version	Datum	Ändringar	Signatur	Granskare
1.1	2015-09-25	Andra versionen	Robo Ptarmigan	GN, KL
1.0	2015-09-22	Första versionen	Robo Ptarmigan	CC, HC
0.2	2015-09-17	Andra utkastet	Robo Ptarmigan	AB, NE
0.1	2015-09-15	Första utkastet	Robo Ptarmigan	KL,CC

Innehåll

1 Inledning	1
1.1 Parter	1
1.2 Projektets bakgrund	1
1.3 Syfte och mål	1
1.4 Användning	1
1.5 Hårdvara	2
1.6 Definitioner	2
2 Översikt av systemet	3
2.1 Grov beskrivning av produkten	3
2.2 Ingående delsystem	3
2.3 Hårdvara	4
3 Huvudbuss	5
4 Moduler	6
4.1 Kommunikationsmodul	6
4.2 Bildbehandlingsmodul	6
4.3 GUI	7
4.4 Positioneringsmodul	7
4.4.1 Association av billdata till kända positionsmarkörer	8
4.4.2 Skattning av position	8
4.5 Målföljningsmodul	8
4.6 Planeringsmodul	8
4.7 Huvudbuss	9
4.8 Lagringsmodul	9
5 Kommunikationsmodul	10



1 Inledning

Detta dokument är en systemskiss för CDIO-projektet Autonom målföljning med quadcopter. Projektet är en del i kursen TSRT10 - Reglerteknisk projektkurs som ges vid Linköpings universitet. Systemskissen är tänkt att på ett överskådligt sätt förklara hur systemet ska konstrueras för att uppfylla kraven i kravspecifikationen. Bland annat beskrivs vilka de ingående delsystemen är och hur de interagerar med varandra.

1.1 Parter

I projektet finns följande parter

- Kund: Maria Andersson, FOI
- Beställare: Christian A. Naeseth, ISY
- Handledare: Clas Veibäck, ISY
- Examinator: Daniel Axehill, ISY
- Projektgrupp: Robo Ptarmigan

1.2 Projektets bakgrund

Det finns idag ett ökande intresse för autonoma och obemannade farkoster (UAV:er). Användningsområdena för UAV:er är stort då de kan användas på ställen som är farliga eller på andra sätt olämpliga för människor. UAV:er kan användas vid naturkatastrofer och nödsituationer för att samla in information med hjälp utav deras sensorer. För att vara effektiva hjälpmedel och fungera så självständigt som möjligt måste UAV:erna ha korrekt information om sin egen och andra föremåls positioner.

1.3 Syfte och mål

Syftet med projektet är att projektgruppen ska få tillämpa inhämtad kunskap i praktiken och arbeta på ett sätt som liknar arbetslivet. Målet med projektet är att vidareutveckla fjolårets quadcopter till att kunna köra inomhus utan GPS-signal men med en karta tillgänglig. Dessutom är tanken att systemet ska få utökad funktionalitet för multimålföljning samt kunna följa efter ett enskilt mål som rör sig.

1.4 Användning

Tanken är att quadcoptern ska kunna användas för att avsöka områden som är farliga för människor att beträda men man ändå vill ha uppsyn över. Det kan till exempel vara en industrilokal där det brinner eller ett krigsscenario där man vill undersöka en fiendes rörelser inom ett område. Det långsiktiga målet för projektet är att skapa en bas för en FOI-demonstrator som kan visa nyttan och användningsområden för UAV:er, samt hur dessa kan användas för att spara liv och öka säkerheten.



1.5 Hårdvara

I systemet ingår en quadcopter av typen "Parrot AR-Drone 2.0" med tillhörande batterier, samt en dator. Quadcoptern innehåller förutom sitt interna drivpaket och regulatorer även ett antal sensorer, såsom en videokamera, en GPS, ett gyro, accelerometrar och en ultraljudssensor som används för att mäta höjden. GPS:en kommer dock inte att användas i detta projekt.

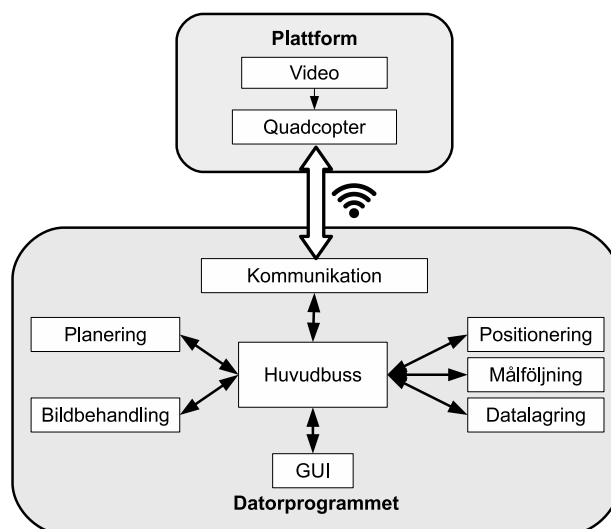
1.6 Definitioner

Nedan följer ett antal definitioner på ordval som används i denna rapport.

- **Standardmål:** Objekt som skiljer sig markant från omgivningen och känns igen av bildbehandlingsmodulen.
- **Positionsmarkör:** Ett objekt som används för att öka precisionen på plattformens positionering. En positionsmarkör är en typ av standardmål, och har storleken 20x20 cm. Utseendet på en positionsmarkör beror på om den ligger i ett hörn, på en kant, eller i mitten av en bana.
- **Bana:** Ett rektangulärt område markerat med positionsmarkörer i ett rutnät med 2 m mellanrum.
- **Plattform:** Med detta menas quadcoptern.
- **Program:** Datorprogrammet som kommunicerar med plattformen, analyserar data samt skickar styrsignaler till plattformen.

2 Översikt av systemet

Produkten utgörs av mjukvara samt dokumentation. Mjukvaran kommer att köras på en dator som kommunicerar med plattformen via Wi-Fi. Figur 1 visar systemets olika moduler samt hur information skickas mellan dessa. Den befintliga koden är skriven i programmeringsspråket Java, varför större delen av den nyutvecklade koden också kommer skrivas i detta språk.



Figur 1: Projektets modulstruktur.

2.1 Grov beskrivning av produkten

Produkten består av en plattform med tillhörande datorprogram. Dessa kommunicerar med varandra över trådlöst nätverk som plattformen tillhandahåller. Produkten är tänkt att agera som demonstrator av målföljning vid spaning. Produkten kommer att ha tre olika styrmoder: manuell styrning, autonom avsökning av banan och autonomt följa efter ett valt mål. Användaren väljer styrmod i datorprogrammets användargränssnitt. Data som skickas över det trådlösa nätverket är sensorinformation ifrån plattformen till datorprogrammet och styrsignaler i den omvända riktningen.

Datorprogrammet är inte beroende av att kopplas till en specifik quadcopter, istället är det enda kravet att denna är av typen "Parrot AR-Drone 2.0". Datorprogrammet lagrar sensordata som är nödvändig för att utföra beräkningar.

2.2 Ingående delsystem

Produkten utgörs främst av mjukvara som är uppdelad i åtta olika moduler. Dessa är

- **Bildbehandlingsmodul:** Denna modul har till uppgift att hitta standardmål och positionsmarkörer i bilderna samt positionerar dessa i pixelkoordinater.
- **Målföljningsmodul:** Denna modul ska hålla reda på de detekterade målen samt skatta tillstånden (ex. position och hastighet) för respektive mål.



- **Planeringsmodul:** Denna modul ska innehålla tre olika styrmoder. Dessa är manuell styrning, avsökning av bana samt följning av mål. Det är denna modul som planerar hur plattformen ska åka och genererar styr signaler för att uppfylla detta.
- **Positioneringsmodul:** Denna modul har till uppgift att utifrån observerade positionsmarkörer och sensordata skatta plattformens position.
- **Huvudbuss:** Denna modul har till uppgift att hantera den interna kommunikationen genom att vara ett gränssnitt mellan alla moduler.
- **Kommunikationsmodul:** Denna modul har till uppgift att hantera den trådlösa kommunikationen via Wi-Fi.
- **Lagringsmodul:** Denna modul har till uppgift att hantera lagring av data, som kan analyseras för att utveckla programmet ytterligare.
- **GUI:** Denna modul visar data ifrån körning, videoström ifrån plattformen samt detekterade positionsmarkörer och mål. Det är även här som operatören väljer vilken styrmod som planeringsmodulen ska använda.

2.3 Hårdvara

Datorprogrammet ska kunna köras på en dator med JVM (Java Virtual Machine) installerat. Kommunikationen mellan plattform och datorprogrammet sker över trådlöst nätverk tillhandahållen av plattformen. Plattformen innehåller följande sensorer: accelerometrar, gyron, barometer samt avståndsmätare. Plattformen behandlar rådata från dessa sensorer för att skapa skattningar av höjd, hastighet i xyz-riktningar samt attityd-vinklar. Det finns även en videokamera från vilken video strömmas till datorprogrammet. Det är videon och den skattade datan som skickas till datorprogrammet som sedan använder dessa för att positionera plattformen, detektera samt följa mål.



3 Huvudbuss

Denna modul utgör huvudtråden i programmet och ansvarar för den interna kommunikationen mellan de olika modulerna. Den sköter lagring av gemensamma variabler och gör på så sätt att systemet blir mer modulärt. Vid anrop startar denna modul resterande moduler, så som planeringsmodul, positioneringsmodul och GUI. Tabell 8 nedan visar in- och utsignaler för modulen.

Insignal:	Data från övriga moduler
Utsignal:	Data till övriga moduler Gemensamma variabler

Tabell 1: In- och utsignaler för huvudbussen.



4 Moduler

Systemet byggs upp av moduler som är tänkta att i princip kunna arbeta oberoende av varandra. Detta för att underlätta parallellt arbete under projektet. Ytterligare en fördel är att det möjliggör smidig vidareutveckling med exempelvis tillägg av ny funktionalitet i befintliga moduler. Detta ställer dock stora krav på gränssnittet mellan modulerna och därför kommer vikt läggas på planering och dokumentation av detta.

4.1 Kommunikationsmodul

Kommunikationsmodulen sköter kommunikationen mellan plattformen och datorn. Den ansvarar för att video och sensorvärden strömmas från plattformen, och att styrkommandon överförs till plattformen. All kommunikation mellan plattform och datorprogram kommer att ske över det trådlösa nätverk (Wi-Fi) som plattformen tillhandahåller. Denna funktionalitet ska redan finnas från föregående års projekt. Det som behöver göras är att kontrollera att allting fungerar utan problem. Tabell 10 visar in- och utdata för modulen. Mottagning visar data som har/ska tas emot över Wi-Fi kommunikationen. Motsvarande gäller för sändning.

Insignal:	Mottagning: Wi-Fi Sändning: Styrsignaler
Utsignal:	Mottagning: Sensordata Skattade tillstånd Videoström Sändning: Wi-Fi

Tabell 2: In- och utsignaler för kommunikationsmodulen.

4.2 Bildbehandlingsmodul

Denna modul behandlar och analyserar data från plattformens videokamera. Uppgifterna inkluderar detektering av standardmål, positionsmarkörer samt att på kommando returnera pixelkoordinater för detekterade objekt i den senaste bilden. Främst kommer lösningar från förra året användas och anpassas till de nya problemen, men det kommer även tillkomma en del ny funktionalitet. Bildbehandlingen kommer även fortsättningsvis att ske med hjälp av OpenCV. Modulen ska kunna upptäcka mål med olika form och färg. Även multipla mål i en bild ska kunna upptäckas. En viktig aspekt som tillkommer är positionsmarkörer som bildbehandlingsmodulen måste kunna särskilja från andra objekt. En del brus kommer att filtreras bort redan i bildbehandlingsmodulen, men även målföljningsmodulen kommer ha till uppgift att särskilja falsklarm från faktiska objekt. Tabell 3 visar in- och utdata för modulen.

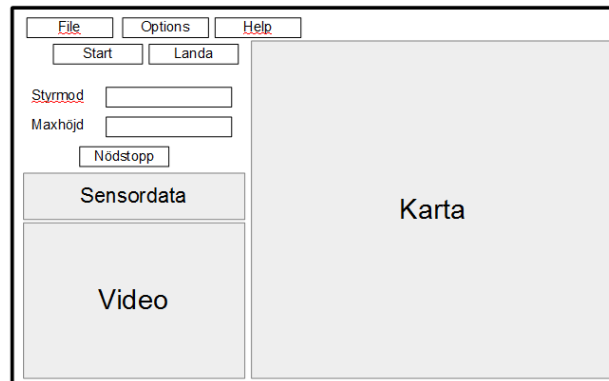
Insignal:	Videoström
Utsignal:	Detekterade standardmål Videoström

Tabell 3: In- och utsignaler för bildbehandlingsmodulen.



4.3 GUI

Denna modul sköter gränssnittet mot operatören. Mycket av funktionaliteten som ska implementeras finns redan sedan föregående års projekt. Dock kommer mindre förändringar att krävas för att använda en fördefinierad karta istället för att ladda ner denna från Google Maps. Det tillkommer även funktionalitet i form av att styrmod ska kunna väljas av operatören. Detekterade objekt ska ritas ut på kartan tillsammans med plattformens skattade position. Det ska även gå att välja maximal höjd för plattformen för att undvika att denna flyger in i tak då inomhusflygning ska klaras av. I Figur 2 visas ett exempel på hur GUI:t skulle kunna se ut.



Figur 2: Ett exempel på hur GUI:t skulle kunna se ut. De viktigaste funktionerna syns direkt i fönstret, och mer avancerade funktioner hittas i menyerna högst upp.

Tabell 4 visar in- och utsignaler för GUI.

Insignal:	Digitalt:	Videoström Plattformens tillstånd Tillstånd hos detekterade mål Skattad position för plattformen
	HMI:	Kommandon från operatör
Utsignal:	Digitalt:	Styrkommandon Aktiv styrmod
	HMI:	Grafik

Tabell 4: In- och utsignaler för GUI:t.

4.4 Positioneringsmodul

Positioneringsmodulens uppgift är att skatta plattformens position. För att göra detta används pixelkoordinater för de detekterade positionsmarkörerna samt skattade tillstånd för plattformen. Med skattade tillstånd för plattformen menas riktning, höjd och hastighet vilka alla skattas i plattformen. För att skatta plattformens position måste först en omvandling av pixelkoordinater till rumskoordinater för de detekterade positionsmarkörerna i bild ske. För detta används höjden hos plattformen samt videokamerans bildvinkel. Nästa steg är att detekterade positionsmarkörer från bilden associeras med tidigare kända positionsmarkörer. Först därefter kan positionen skattas genom att använda ett filter. Positioneringsmodulen ska klara av att plattformen startar på en okänd position. Genom



att åka runt i banan ska skattningen ändå konvergera mot ett värde genom att kanter och hörn kan ses. Tabell 5 visar in- och ut signaler för modellen.

Insignal:	Skattade tillstånd från plattformen Pixelkoordinater för detekterade positionsmarkörer
Utsignal:	Skattad position för plattformen

Tabell 5: In- och ut signaler för positioneringsmodulen.

4.4.1 Association av bilddata till kända positionsmarkörer

Det uppkommer ett associationsproblem då detekterade positionsmarkörer från bilden ska associeras med redan kända positionsmarkörer. För detta kommer nearest neighbor algoritmen att användas där till den redan kända positionsmarkören, närmast observerade positionsmarkör associeras. Detta gäller endast om positionsmarkörerna är av samma typ, dvs. hörn, kant eller mitten.

4.4.2 Skattning av position

För att skatta positionen hos plattformen kommer ett partikelfilter att användas. Rörelsemodellen för plattformen är ännu ej bestämd men man kan tänka sig att använda antingen en constant velocity eller constant position modell. Ett alternativ till partikelfiltret är att använda EKF.

4.5 Målföljningsmodul

Målföljningsmodulen ansvarar för att analysera och behandla data gällande mål som skickas från bildbehandlingsmodulen. Första steget är att omvandla målens position från pixelkoordinater till rumskoordinater genom att använda plattformens höjd och videokamerans bildvinkel. Eftersom nya observationer måste associeras med befintliga mål för att kunna skatta hastighet och trajektorier. Nearest neighbour ska användas för att associera målen och särskilja dem från varandra. För att få bättre skattningar av trajektorier och hastighet hos målen kommer till exempel ett EKF-filter med constant velocity-modell att användas.

Modulen ska även spara data om målens rörelsebanor, hastighet och riktning, för att vid lämpligt tillfälle kunna skicka dessa data till GUI:t, samt på kommando kunna slås av och på. Tabell 6 visar in- och ut signaler för modulen.

Insignal:	Pixelkoordinater för detekterade mål Skattad position för plattformen On/Off signal
Utsignal:	Målets skattade tillstånd Osäkerheten på målets skattade tillstånd

Tabell 6: In- och ut signaler för målföljningsmodulen.

4.6 Planeringsmodul

Planeringsmodulen skickar styrkommandon till plattformen via kommunikationsmodulen. Planeringsmodulen kan befinna sig i tre olika styrmoder: manuell styrning, avsökning av banan och följa efter ett av operatören givet mål. I den manuella styrningen tar



planeringsmodulen in styrkommandon från GUI:t. Den manuella styrningen kommer att baseras på den funktionalitet som togs fram i fjolårets projektet. I avsökningen av banan kommer planeringsmodulen autonomt att planera en rut så att plattformen undersöker hela banan. Även här finns mycket funktionalitet från förra årets projekt som kan återanvändas för att planera och följa en rutt. Det kommer dock att krävas en modifikation så att denna fungerar utan koordinater från GPS. Funktionalitet för att följa efter ett givet mål kommer att baseras på att hålla målet i mitten av bilden. Dessutom ska det vara möjligt att växla mellan de olika styrmoderna. Tabell 7 nedan visar in- och utsignaler för modulen.

Insignal:	Skattade tillstånd för målet Skattad position för plattformen Styrmod
Utsignal:	Styrsignaler

Tabell 7: In- och utsignaler för planeringsmodulen.

4.7 Huvudbuss

Denna modul utgör huvudtråden i programmet och ansvarar för den interna kommunikationen mellan de olika modulerna. Den sköter lagring av gemensamma variabler och gör på så sätt att systemet blir mer modulärt. Vid anrop startar denna modul resterande moduler, så som planeringsmodul, positioneringsmodul och GUI. Tabell 8 nedan visar in- och utsignaler för modulen.

Insignal:	Data från övriga moduler
Utsignal:	Data till övriga moduler Gemensamma variabler

Tabell 8: In- och utsignaler för huvudbussen.

4.8 Lagringsmodul

Denna modul hanterar lagring av data som kan användas för felsökning och optimering av programvaran. Övriga moduler anropar denna modul när data finns tillgängligt. Lagringsmodulen sparar då undan datan tillsammans med en tidsstämpel för att möjliggöra senare analys av uppdrag. Tabell 9 nedan visar in- och utsignaler för modulen.

Insignal:	Data från huvudbussen
Utsignal:	Data till fil

Tabell 9: In- och utsignaler för lagringsmodulen.



5 Kommunikationsmodul

Kommunikationsmodulen sköter kommunikationen mellan plattformen och datorn. Den ansvarar för att video och sensorvärden strömmas från plattformen, och att styrkommandon överförs till plattformen. All kommunikation mellan plattform och datorprogram kommer att ske över det trådlösa nätverk (Wi-Fi) som plattformen tillhandahåller. Denna funktionalitet ska redan finnas från föregående års projekt. Det som behöver göras är att kontrollera att allting fungerar utan problem. Tabell 10 visar in- och utdata för modulen. Mottagning visar data som har/ska tas emot över Wi-Fi kommunikationen. Motsvarande gäller för sändning.

Insignal:	Mottagning:	Styrsignaler
	Sändning:	Wi-Fi
Utsignal:	Mottagning:	Sensordata Skattade tillstånd Videoström
	Sändning:	Wi-Fi

Tabell 10: In- och ut signaler för kommunikationsmodulen.