

Systemskiss

Autonom spaning med quadcopter

Version 1.0

Projektgrupp: KvaddaKopter
Datum: 2014-09-25



Status

Granskad	TH, OL, AN, MP	2014-09-25
Godkänd	Christian A. Naesseth	2014-09-25

Projektidentitet

E-post: KvaddaKopter@gmail.com
Hemsida: <http://www.isy.liu.se/edu/projekt/tsrt10/2014/quadcopter/>
Beställare: Christian A. Naeseth, ISY, Linköping University
Tel.: +46 13 281087, **E-post:** christian.a.naeseth@liu.se
Kund: Maria Andersson, FOI
E-post: maria.andersson@foi.se
Kursansvarig: Daniel Axehill, Linköpings universitet
Tel.: +46 13 284042, **E-post:** daniel@isy.liu.se
Handledare: Clas Veibäck, Linköpings universitet
Tel.: +46 13 281890 , **E-post:** clas.veiback@liu.se

Gruppmedlemmar

Namn	Ansvar	Telefon	E-post (@student.liu.se)
Magnus Blomberg	Designansvarig	073-929 54 57	magbl113
Tobias Hammarling	Testansvarig	070-425 55 32	tobha614
Teodor Johnsson		073-080 74 38	teoyo382
Emil Klinga	Projektledare	070-130 23 49	emikl364
Oliver Larsson		076-273 41 82	olila044
Anton Niglis		070-360 53 01	antni601
Martin Pettersson	Dokumentansvarig	070-347 78 90	marpe238
Per Öberg		070-494 82 45	perob757

Dokumenthistorik

Version	Datum	Utförda ändringar	Utförda av	Granskad
1.0	140925	Ändringar efter kommentarer från handledare	TH	EK
0.3	140923	Ändringar efter kommentarer från handledare	MP	TH
0.2	140919	Ändringar efter kommentarer från handledare	TH, OL, AN	TH, OL, PÖ
0.1	140916	Första utkast	KvaddaKopter	TH, OL, MB, AN

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Parter	1
1.2	Projektets bakgrund	1
1.3	Syfte och mål	1
1.3.1	Kortsiktigt mål	1
1.3.2	Långsiktigt mål	2
1.4	Användning	2
1.5	Definitioner	2
2	Översikt av systemet	3
3	Hårdvara	4
4	Moduler	4
4.1	Huvudbuss	4
4.1.1	Lagring	4
4.2	GUI/HMI	5
4.3	Bildbehandling	6
4.4	Uppdragsplanering	7
4.5	Uppdragsföljning	8
4.6	Signalbehandling	9
4.7	Kommunikation	10
4.8	Plattform	11
5	Säkerhetåtgärder	12

1 Inledning

Detta dokument är en systemskiss upprättad för projektet ”Autonom spaning med quadcopter” som bedrivs som ett examinerande moment i kursen TSRT10 - Reglerteknisk projektkurs. Kursen tillhandahålls av ISY vid Linköpings universitet och projektbeställare är avdelningen för Reglerteknik. Systemskissen är menad att på ett grovt och övergripande sätt illustrera samt förklara hur systemet kan förväntas vara uppbyggt och fungera. Systemskissen uppvisar även vilka moduler som kommer att finnas och hur kommunikationen mellan dessa ska ske. Vidare finns varje modul kort beskriven utifrån vilken funktion den har samt vilka in- och utsignaler som krävs. Önskas mer ingående information om de krav som ställs på de olika delsystemen hänvisas läsaren till Kravspecifikationen [1].

1.1 Parter

De delaktiga parterna i projektet är som följande:

- Kund: Maria Andersson, FOI
- Beställare: Christian A. Naesseth, ISY
- Handledare: Clas Veibäck, ISY
- Examinator: Daniel Axehill, ISY
- Projektgrupp: KvaddaKopter

1.2 Projektets bakgrund

Intresset för autonoma och obemannade farkoster (UAV:er) har på senare tid vuxit enormt. Möjligheterna som lockar är att kunna utföra speciella typer av uppdrag som är för farliga, eller av annan anledning, olämpliga för människor. Den kanske vanligaste typen av uppdrag är spaning. UAV:n är då utrustad med olika sensorer för att samla in data för den specifika tillämpningen. Detta skulle till exempel kunna vara övervakning av kritisk infrastruktur eller överblicksbilder vid nödsituationer. Farkosten skulle i dessa fall vara en välkommet inslag för att minska mänskliga fel och målet är att den fungerar så väl att den frigör operatören till att göra annat.

1.3 Syfte och mål

Syftet med projektet är att tillämpa inhämtade kunskaper för att skapa en produkt på ett tillvägagångsätt liknande hur arbetet sker i arbetslivet. Projektet ska användas för att ge projektets medlemmar en chans att lära sig mer om hur projektarbete går till samtidigt som kunden får en produkt som har reella användningsområden. Projektets mål kan delas upp i kortsiktiga och långsiktiga mål.

1.3.1 Kortsiktigt mål

Det kortsiktiga målet med detta projekt är att utveckla en demonstrator för enklare högnivåautonomi. Plattformen ska vara baserad på en quadcopter med tillgång till GPS- och strömmad videodata i realtid.

Projektet består i att utveckla och implementera funktionalitet, baserat på en quadcopter-plattform, för:

- Att planera ett autonomt uppdrag där plattformen söker av ett område runt en given koordinat efter mål.
- Att planera ett autonomt uppdrag där plattformen övervakar och detekterar mål längs en given sträcka eller i ett givet område.
- Att utföra planerade uppdrag.
- Att detektera mål i sensordata som levereras från plattformen då den utför ett uppdrag.
- Att i mån av behov utföra enkel målföljning av detekterat mål.

1.3.2 Långsiktigt mål

Det långsiktiga målet med projektet är att skapa en bas för en FOI-demonstrator som kan användas för att visa på möjligheterna och nyttan med olika typer av autonom UAV-funktionalitet. Plattformen och den struktur som byggs upp kan även användas för att utveckla och testa nya typer av autonoma funktioner, algoritmer för måldetektion och algoritmer för målföljning eller flera samverkande plattformar.

1.4 Användning

Slutprodukten kommer att användas för att demonstrera användningsområden inom autonom spaning med en UAV i form av en quadcopter. Tanken är att FOI efter projektets avslutande ska kunna använda produkten som demonstrator samt som en bas för vidareutveckling. Med anledning av detta kommer mjukvaran skrivas så att detta blir så enkelt som möjligt.

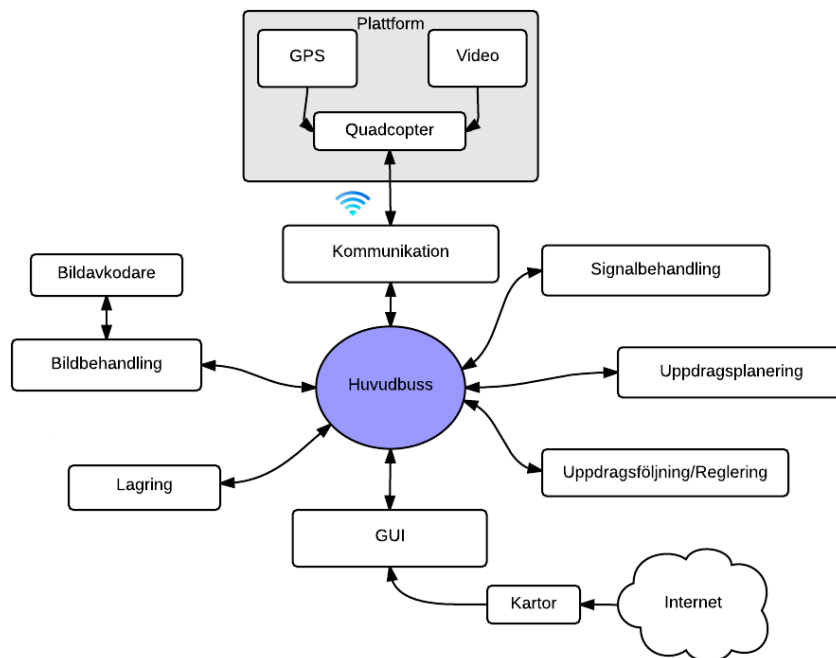
1.5 Definitioner

I dokumentationen av projektet kommer flertalet områdesspecifika begrepp att användas. Dessa är punktade nedan med tillhörande beskrivning.

Plattform:	Med plattform avses quadcoptern sammanlänkad med GPS och videokamera som en enhet.
Trajektoria:	Den kurva som plattformen har som mål att följa vid autonom styrning.
Standardmål:	Enkla geometrier som bildbehandlingsmodulen klarar av att känna igen.
Täckningsgrad:	Andelen av en yta som blivit avsökta.

2 Översikt av systemet

Systemet är designat för att vara modulärt mellan de olika delsystemen: plattform, kommunikation, bildbehandling, signalbehandling, uppdragsplanering, uppdragsföljning och GUI. Var och en av dessa moduler har en egen specifik uppgift och kommunicerar med huvudbussen som agerar nätverksväxel och distribuerar ut den data som har erhållits från modulerna och sparats i lagringsenheten.



Figur 1: Översikt av systemet.

3 Hårdvara

Större delen av arbetet omfattas av mjukvaruutveckling och all den hårdvara som kommer att användas är inköpt. Med hårdvara avses den dator som systemet ska köras på samt plattformen.

4 Moduler

Med den valda modulindelningen blir systemet både överskådligt och lätt att konstruera eftersom flera delsystem kan utvecklas parallellt. Genom att implementera funktionalitet som kan avaktivera varje modul separat via ett styrkommando från GUI:t blir det väldigt lätt att bygga upp olika flygmoder. Som exempelvis en mod för inomhusflygning där GPS:en kan ställa till problem genom dålig satellitkontakt, eller andra former av testmoder som kan komma att bli användbara vid testfasen.

4.1 Huvudbuss

Huvudbussen är systemets kärna som exekverar alla moduler samt hanterar all kommunikation mellan dem.

4.1.1 Lagring

För att underlätta delningen av data har huvudbussen även en buffert där den senaste datan lagras, så att all nödvändig information alltid finns tillgänglig. Detta hanteras i undermodulen lagring.

Insignal	Data
Utsignal	Lagrad Data

Tabell 1: Signallöde Lagring

4.2 GUI/HMI

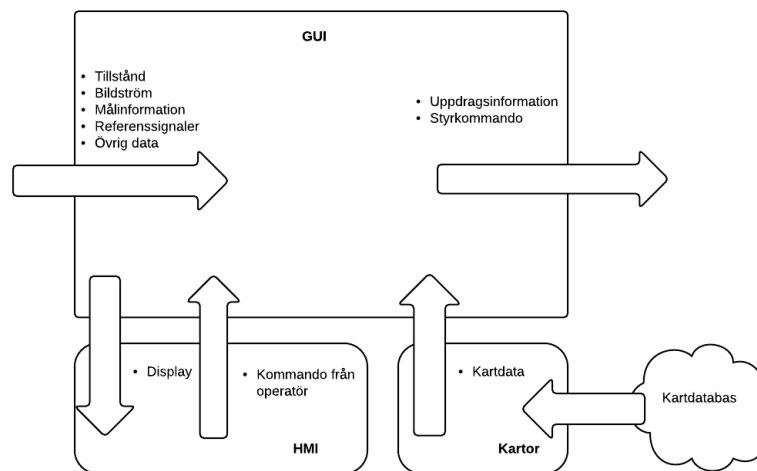
I GUI:t kommer quadcopterns position att visas på en kartbild. Vid detektion av ett mål kommer även detta att visas på kartbilden. Användaren ska kunna ta del av utvald data som till exempel referenssignaler och annat som kan tänkas vara värdefullt i debug- och utvecklingssyfte. Videoströmmen från quadcopterns kamera kommer att visas i GUI:t.

Användaren kommer att kunna specificera sitt uppdrag genom att sätta ut koordinater på kartan, dessa kan antingen bilda en linje eller omringa ett sökområde.

I samband med detta delsystem kommer även ett undersystem att verka för att hantera kartor. Detta kommer att se till att hämta kartdata kring quadcopterns nuvarande position och leverera denna till GUI:t för presentation.

Insignal	Digitala:	Tillstånd Bildström Målinformation Referenssignaler Övrig data
	HMI:	Kommandon från operatör
Utsignal	Digitala:	Uppdragsinformation Styrkommandon
	HMI:	Grafisk presentation

Tabell 2: Signalflöde GUI



Figur 2: GUI - Systemskiss

4.3 Bildbehandling

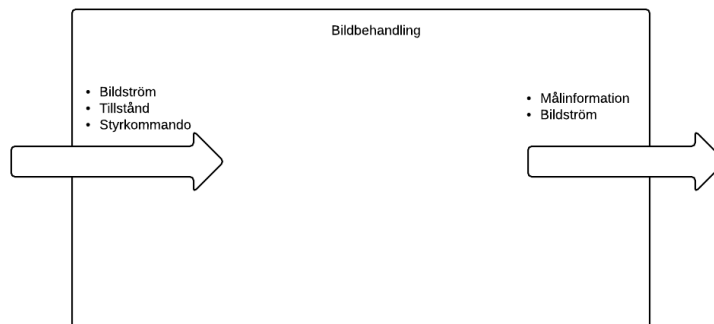
Bildbehandlingsmodulen kommer i grunden att bygga på ett externt bildbehandlingsbibliotek, till exempel OpenCV.

Modulens uppgift är att kunna urskilja ett eftersökt objekt i en färgbild. För att åstadkomma detta kommer en uppsättning bildbehandlingssalgoritmer att implementeras. Förslag på lämpliga algoritmer är kantmatchning vid sökning efter ett objekt med specifik form. Då modulen ska finna objekt med en viss färg kan till exempel en färgmask användas.

Bildbehandlingsmodulen ska även kunna översätta målets bildkoordinat till en GPS-koordinat. Bilddatans kvalitet ska förslagsvis även kunna utvärderas med avseende på bildens dynamiska omfång, skärpa eller brusnivåer. Om kvaliteten är undermålig kommer ett meddelande att skickas via huvudbussen till bland annat uppdragsplaneraren. När modulens uppgift är slutförd kommer resultatet i form av målinformation och bilddata att leveras ut på det externa gränssnittet.

Insignal	Bildström Tillstånd Styrkommando
Utsignal	Målinformation Bildström

Tabell 3: Signalflöde Uppdragsföljning



Figur 3: Bildbehandling - Systemskiss

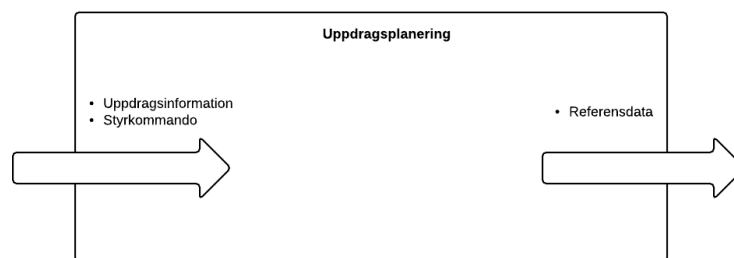
4.4 Uppdragsplanering

Uppdragsplaneringsmodulens uppgift är att bestämma plattformens trajektorier vid avsökning av en yta eller längs en förutbestämd sträcka. Trajektorien beräknas av en algoritm som har tillgång till ett antal givna GPS-punkter, vilka bildar ett område alternativt en sträcka. Utsignal från uppdragsplaneringsmodulen är referensdata i form av koordinater som beskriver den beräknade trajektorien. Modulen är menad att köras innan uppdraget initieras och generera referensdata som sedan används under hela uppdraget.

I mån av tid kommer uppdragsplaneringen konstrueras sådan att den inte endast ska köras innan initiering av uppdrag, utan även ha möjlighet att korrigera för eventuella nytillkomna situationer. Modulen kommer på så sätt köras kontinuerligt under uppdraget och generera ny referensdata. Referensdatan blir därför dynamisk och hänsyn kan tas till att ett nytt förbjudet område upptäcks alternativt att avsökningen misslyckats och behöver göras om i ett område. I samband med detta behöver algoritmen även beräkna och spara den yta som avsökts för eventuell åtgärd då bildbehandlingen eller uppdragsföljningen misslyckats.

Insignal	Uppdragsinformation Styrkommando
Utsignal	Referensdata

Tabell 4: Signallöpe uppdragsplanering



Figur 4: Uppdragsplanering - Systemskiss

4.5 Uppdragsföljning

Uppdragsföljningsmodulens uppgift är att följa den givna trajektorian så väl som möjligt.

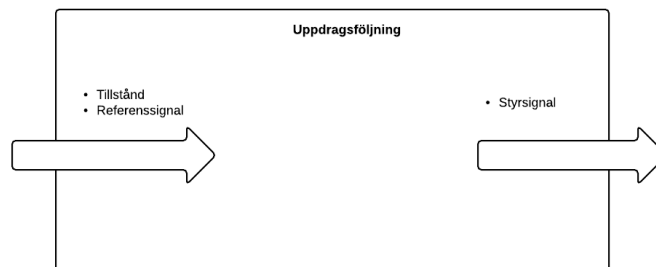
Modulen består av en regulatorkrets. Denna tar emot referensdata i form av koordinater ifrån uppdragsplaneringsmodulen via huvudbussen. Vid målföljning erhålls istället koordinater från bildbehandlingsmodulen via huvudbussen. Reglerkretsen blir därför oberoende av vilket uppdrag som utförs och följer endast de koordinater som skickas av huvudbussen. Återkopplingen sker genom det tillstånd som erhålls av signalbehandlingsmodulen via huvudbussen. Utsignaler från reglerkretsen (och uppdragsföljningsmodulen) är styrsignaler till plattformen.

För reglerkretsen är modellbaserad reglering av största intresse för att erhålla bra referensföljning. Om det inte är möjligt implementeras någon enklare variant, vilken inte kräver en modell. Eftersom informationsflödet är oberoende av regulatorstruktur kan detta beslut avvaktas.

Vid test av övriga system ska uppdragsföljningsmodulen kunna ersättas med manuell styrning.

Insignal	Tillstånd Referensdata
Utsignal	Styrsignaler

Tabell 5: Signalflöde Uppdragsföljning



Figur 5: Uppdragsföljning - Systemskiss

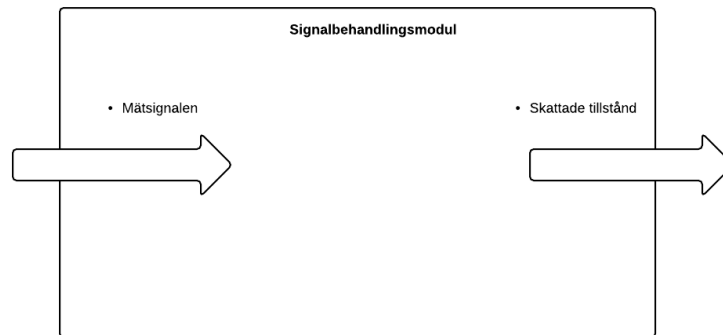
4.6 Signalbehandling

Signalbehandlingens mening är att ha möjlighet till en extra förbehandling av data och på så sätt minska osäkerheter. Modulen är därför inte menat att vara en kritisk del av systemet utan en möjlighet till bättre reglering. Vid utveckling och tester ska systemet därför fungera även utan signalbehandlingsmodulen.

Signalbehandlingsmodulen kommer bestå utav ett eller flera filter vilka tar in data som kan innehålla osäkerheter och behandlar denna. Troligtvis kommer vissa av plattformens tillstånd att estimeras med ett Kalmanfilter, för att på så sätt ge bättre underlag till uppdragsföljningsmodulen.

Insignal	Mät signaler
Utsignal	Skattade tillstånd

Tabell 6: Signalflöde signalbehandling



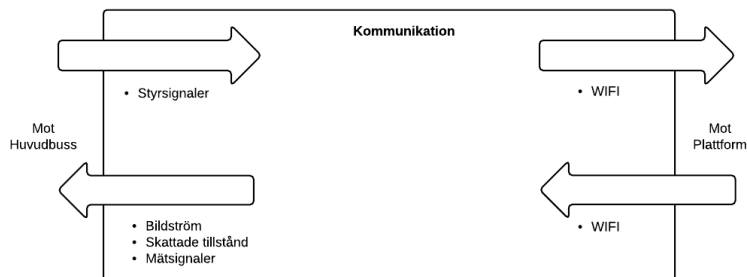
Figur 6: Signalbehandling - Systemskiss

4.7 Kommunikation

Kommunikationsmodulen har som huvuduppgift att kommunicera data mellan plattformen och huvudbussen, det vill säga med resten av systemet. Denna dataöverföring kommer att hanteras via en WIFI-länk. Genom att använda sig av denna separata modul frikopplas hanteringen av kommunikationen ifrån systemet och gör det därmed lätt att byta ut länken mot exempelvis Bluetooth eller radio.

Insignal	Mottagning: Sändning:	WIFI Styrsignaler
Utsignal	Motagning: Sändning	Bildström Skattade tillstånd Mätsignaler WIFI

Tabell 7: Signalflöde Plattform



Figur 7: Kommunikation - Systemskiss

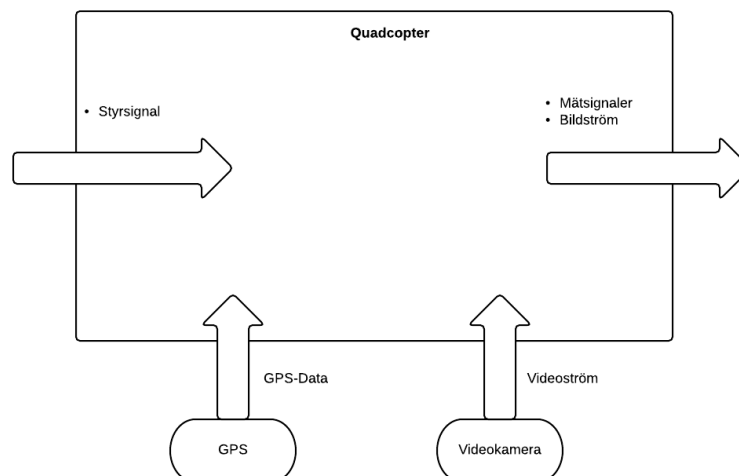
4.8 Plattform

Plattformen består av tre delkomponenter; GPS, quadcopter och en videokamera. Dessa bildar tillsammans ett färdigt delsystem som är utvecklat av en utomstående part. Dess komplexitet är omfattande men till stor del irrelevant för projektet.

Quadcoptern kan ta emot styrsignaler och förflytta sig i enlighet med dessa samt att den tillhandahåller en mängd data. Som bland annat en skattning av dess fysikaliska tillstånd, GPS-information, en bildström och diverse andra mätsignaler. Dessa data överförs via en WIFI-länk till kommunikationsmodulen.

Insignal	Styrsignaler
Utsignal	Bildström Skattade tillstånd Mätsignaler

Tabell 8: Signalflöde Plattform



Figur 8: Plattform - Systemskiss

5 Säkerhetsåtgärder

Med hänsyn till de långsiktiga målen gällande att utveckla en demonstrator som ska kunna flyga autonomt i en miljö där området kan förändras ifrån det att uppdraget planerats måste uppdraget kunna avbrytas. Detta kommer att hanteras genom en funktionalitet i GUI:t där operatören genom ett nödstopp stänger av de moduler som styr plattformen.

Om det beslutas att hela systemet ska flyttas över på plattformen kommer eventuellt en mjukvarubaserad strömbrytare att implementeras som slår av samtliga motorer. Som en sista åtgärd om plattformen inte svarar på kommando.

Som tidigare nämnt kommer även alla moduler att förses med en funktionalitet för direkt inaktivering så att enbart de moduler som inte svarar kan slås av. Med detta ökar man chanserna att kunna fortskrida ett uppdrag trots att någon modul inte betar sig i enlighet med funktionalitetsbeskrivningen.

En annan säkerhetsåtgärd är att ta till vara på WIFI-länkens kondition och meddela operatören när denna börjar tappa styrka. Vid bruten WIFI-länk kommer plattformen automatiskt att genomföra en landning.

Tillstånd för att flyga kräver att dessa säkerhetsåtgärder implementeras.

Referenser

- [1] KvaddaKopter, "Autonom spaning med quadcopter" *Kravspecifikation*, September 2014.