

AARHUS UNIVERSITY SCHOOL OF ENGINEERING

AUTONOM FORFØLGELSESDRONE MED SMARTPHONE APPLIKATION

BACHELORPROJEKT
ELEKTROINGENIØR

Analyse

Projekt nr: 16114

Jonas Risager Nielsen - 201270337

Benedikt Wiese - 201310362

Mathias Poulsen - 201370945

Vejleder

Torben Gregersen

Aarhus University School of Engineering

15. december 2016

Versionshistorie for Analyse

Version	Dato	Beskrivelse
0.0	31.08.2016	Opsætning af dokumentet.
0.1.0	01.09.2016	Tilføjet: Drone, Drone kontroller.
0.1.1	02.09.2016	Tilføjet: Afstandssensor, App, Fjernbetjening, GPS, IDE og sprog, Kamera, Kommunikation, Server, stepmotor.
0.1.2	05.09.2016	Tilføjet: 3G modul, Kamerastyring og Applikation.
0.1.3	07.09.2016	Tilføjet: Batteri og strømforbrug.
0.1.4	09.09.2016	Tilføjet: Batteri Monitor, og spændingsregulator.
0.2.0	12.09.2016	Revideret.
0.2.1	12.09.2016	Tilføjet: Arduino Nano.
0.3.0	24.11.2016	Revideret.
0.3.1	07.12.2016	Ordforklaring tilføjet.
0.4	13.12.2016	Revideret.
1.0	15.12.2016	Aflevering.

Ordforklaring

Forkortelse	Forklaring
3G	3. Generations mobilnetværk.
3S	3-cellet batteri.
A	Ampere.
ADC - A/D	Analog to Digital Convertor.
ARM	Advanced RISC Machine.
Bluetooth 4.1 LE	Bluetooth 4.1 Low Energy.
CPU	Central Processing Unit.
DDR3 RAM	Double Data-Rate Random-Access Memory.
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution.
ESC	Electronic Speed Controller.
GPIO	General-purpose input output.
GPS	Global Positioning System.
GPU	Graphics Processing Unit.
GSM	Global System for Mobile Communications.
HDMI	High-Definition Multimedia Interface.
HSPA+	Evolved High-Speed Packet Access.
I2C	Inter-Integrated Circuit.
IDE	integrated development environment.
iOS	iPhone Operating System.
LAN	local area network.
LCD	liquid crystal display.
LiPo	Lithium Polymer Battery.
mA	milliampere.
mAh	milliampere timer.

NiCd	Nickel-Cadmium.
NiMH	Nickel-Metal Hydride.
PC	Personal Computer.
PWM	Pulse-width modulation.
RAM	Random-access memory.
RF	Radio frequency.
RPi	Raspberry Pi 3 Model B.
SBC	Single Board Computer.
SDKort	Secure Digital Kort.
Shadow BAC-X1	Navnet på dronen, der udvikles i dette projekt.
SoC	System on chip.
SPI	Serial Peripheral Interface.
SQL	Structured Query Language.
TCP	Transmission Control Protocol.
UART	universal asynchronous receiver/transmitter.
UDP	User Datagram Protocol.
USB	Universal serial bus.
V	Volt.

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1	Foranalyse - Shadow BAC-X1	1
1.1	Indledning til analysen	1
1.2	Drone	1
1.3	Batteri	1
1.4	Batteri Monitor	3
1.5	Fjernbetjening og modtager	3
1.6	DroneControllerUnit	3
1.6.1	Arduino	4
1.6.2	Raspberry Pi	4
1.6.3	Beaglebone	4
1.6.4	Spændingsregulator	6
1.6.5	Arduino Nano	6
1.7	3G modul	7
1.8	Afstandssensor	7
1.8.1	Sonarsensor	7
1.8.2	Infrarød sensor	8
1.8.3	Resultat	8
1.9	GPS-modul	8
1.9.1	Resultat	9
1.10	Kamera og kamerastyring	9
1.10.1	Kameraresultat	9
1.10.2	Kamerastyringresultat	10
1.11	Strømforbrug	10
1.11.1	Resultat	11
1.12	Kommunikation mellem applikation og drone	11
1.13	Applikation	12
1.13.1	Styresystem	13
1.13.2	Android version	13
1.14	Server	14
1.15	IDEs og programmeringssprog	15
1.15.1	Applikation	15
1.15.2	Raspberry Pi	15
1.15.3	Server	15

Foranalyse - Shadow

BAC-X1

1

1.1 Indledning til analysen

I denne sektion vil der være en beskrivelse af de overvejelser, der blev gjort i forhold til valg af hardware og software.

1.2 Drone

Gennem skolen er et "AeroQuad Cyclone ARF Kit"[1] tilgængeligt. Dette gør denne drone til det oplagte valg. Der blev derfor valgt ikke at undersøge andre droner. Dette kit kommer med en FlightController af typen "AeroQuad 32 v2"[2], electronic speed controllers (ESC's), et stel, motorer og tilhørende propeller. Da dette kit er indkøbt tidligere har skolen tidligere brugt den tilhørende FlightController. AeroQuad er nu gået over til en Arduino Mega 2560 med et udviklet shield fra AeroQuad [3]. Dette shield indeholder følgende sensorer:

- Sparkfun 9DOF Sensor Board
 - ITG 3200 triple axis gyro
 - ADXL 345 triple axis accelerometer
 - HMC 5883L triple axis magnetometer
- BMP 085 Barometer

Da skolen allerede ligger inde med dette shield, blev der valgt at investere i en Arduino Mega 2560. Der kunne denne type af FlightController til systemet afprøves. Arduino Mega 2560 virker også nemmere at interface med, da der er adgang til alle pins på boardet. Det er der ikke, hvis der benyttes "AeroQuad 32 v2" controlleren. Da sensorene på FlightController'en skal kunne aflæses af DroneControllerUnit'en, blev der valgt at benytte en Arduino Mega 2560. AeroQuad tilbyder en open source softwarepakke til brug med en Arduino Mega 2560 og deres shield. Denne pakke indeholder en PC-applikation til opsætningen af dronen (AeroQuad Configurator), samt kode til styring af dronen. Da alt dette er open source kan koden modificeres efter ønske og behov.

1.3 Batteri

Der findes flere forskellige typer af batterier til radiostyret enheder. Heriblandt er der:

- Lithium Polymer batteries (LiPo)
- Nickel-Cadmium (NiCd)
- Nickel-Metal Hydride (NiMH)

LiPo batterier er begyndt, at være det fortrukne valg inden for radiostyret enheder. Det er der flere grunde til. En sammenligning af LiPo batterier mod NiCd og NiMH viser fordele og ulemper.

Fordele:

- LiPo batterier vejer meget mindre og kan laves i alle størrelser og former.
- LiPo batterier kan tilbyde meget højere kapaciteter.
- LiPo batterier tilbyder meget højere afladningsrater.

Ulemper:

- LiPo batterier har en korte levetid kontra både NiCd og NiMH.
- Den kemiske sammensætning i LiPo kan føre til brande, hvis der går hul i batteriet.
- LiPo batterier har brug for ekstra opmærksomhed omkring opladning, afladning, og opbevaring.

Generelt kræver LiPo batterier mere vedligeholdelse, dog har de også en væsentligt forbedring i den power, som de kan levere til den radiostyrede enhed. Det er valgt, at bruge LiPo batterier i dette projekt, da de har en bedre ydeevne end NiCd og NiMH. Skolen ligger allerede inde med forskellige LiPo batterier og en oplader/aflader til disse. Det er valgt, at benytte skolens allerede indkøbte batterier, da det vurderes, at disse stadig fungerer optimalt og tidligere har været brugt med skolens droner.[4]

Skolen ligger inde med følgende batterier:

- Vant Battery, 4200mAh, LiPo, 3S
- KyPOM , 3500mAh, LiPo, 3S
- Power Pack, 3500mAh, LiPo, 3S

Et 3-cellet LiPo batteri har en nominel spænding på 11.1V. Denne er beregnet ud fra, at hver celle har en nominel spænding på 3.7V.

$$3.7V * 3 = 11.1V$$

Den nominelle spænding er den spænding som batteriet skal have når det opbevares uden at blive brugt. En fuldt opladet LiPo battericelle har en spænding på 4.2V. Dette betyder, at et 3-cellet LiPo batteri har en spænding på 12.6V, når det er fuldt opladet.

$$4.2V * 3 = 12.6V$$

En LiPo battericelle må ikke komme under 3V. Dette vil sige, at et 3-cellet LiPo batteri ikke må have en spænding på under 9V.

$$3V * 3 = 9V$$

Det er derfor vigtigt, at monitorere spændingen på LiPo batteriet hele tiden, når det er i brug.[4]

1.4 Batteri Monitor

I open source koden fra AeroQuad findes der funktioner til at monitorere dronens batterispænding [5]. Shield'et som er valgt, har allerede en implementeret spændingsdel og denne er forbundet til en af Arduinoens ADC'er. På denne måde bliver spændingen fra batteriet delt ned til 3.7V, som Arduionen kan aflæse og benytte i koden til at advare brugeren omkring lav batterispænding.

1.5 Fjernbetjening og modtager

Da dronen primært i projektet skal kunne flyve autonomt og ikke have en tilknyttet fjernbetjening, er dette ikke et krav til systemet. Dog til test er det nødvendigt med en fjernbetjening, da visse ting skal testes før den autonome styring benyttes. En fjernbetjening til kontrol af droner eller andre fjernstyrede enheder har typisk et antal forskellige kanaler. Jo flere kanaler jo flere funktioner kan der styres fra fjernbetjeningen. Minimum antal kanaler til en drone er 4, da vi skal kunne styre følgende ting; pitch, roll, throttle og yaw til navigation af dronen.

Skolen har allerede en tidligere indkøbt fjernbetjening med tilhørende modtager til rådighed. Det ønskes ikke, at benytte projektets midler på en anden fjernbetjening, da skolens er tilstrækkelig. Denne har også 5 kanaler hvilket vil gøre det muligt, at kunne aktivere/deaktivere autonom flyvning for at overtage kontrollen med dronen.

1.6 DroneControllerUnit

Der er valgt at bruge en Single Board Computer som DroneControllerUnit. Fremover vil der blive brugt forkortelsen, SBC, for Single Board Computer. Der skal vælges hvilken (SBC), der skal bruges til at styre den trådløse kommunikation imellem serveren og dronen. Den skal kunne håndtere styring af en step motor, udlæse værdier fra en sonarsensor, forbinde

til GPS og til 3G. Derudover skal den kunne udlæse værdier fra sensorer, der er koblet til en Arduino 2560.

Der er mange forskellige SBC'er. Fælles for SBC'erne er, at de er på størrelse med et kreditkort og at de er relativt billige og nemme at få fat på. Her er det valgt at kigge på de tre mest kendte mærker af SBC'er, Raspberry Pi, Arduino og Beaglebone.

1.6.1 Arduino

Der er forskellige typer Arduino's, men fælles for dem alle er, at de er udviklet til at gøre det lettere for studerende, at lære om programmering. De er alle sammen udstyret med en større eller mindre mikroprocessor, hvor det enkelte Arduinoboard gør det muligt at tilslutte forskelligt "easy-to-use" hardware.[6]

1.6.2 Raspberry Pi

Raspberry Pi er ligesom Arduino startet som et læringsværktøj til studerende, der skulle lære om programmering og elektronik. Raspberry Pi har hen over de seneste par år udviklet forskellige typer af boards. Den største forskel imellem Arduino og Raspberry Pi er at Raspberry Pi bruger styresystemet, Linux, hvorimod Arduinoen ikke har noget styresystem, men blot bliver programmeret. Derudover har Raspberry Pi den egenskab, at der kan kobles skærm, tastatur og mus til. Dermed kan den fungere som en computer. En anden stor forskel på Arduino og Raspberry Pi er også at Raspberry Pi'en benytter et SDkort som harddisk, hvor styresystemet ligger på.[7]

1.6.3 Beaglebone

Beaglebone har ligeledes flere forskellige boards. Beaglebone boards minder på mange måder om en Raspberry Pi, da disse også understøtter tilslutning af en skærm. Ligeledes kan der kobles et SDkort til boardet.[8]

De tre ovennævnte mærker af SBCs har hver især flere forskellige boards. Der er derfor valgt et board ud fra hvert mærke og sammenlignet dem med hinanden i tabel 1.1.

	Beaglebone[9]	Arduino Mega 2560[10]	Raspberry Pi 3 Model B[11]
SoC	AM3358/9	Ingen	Broadcom BCM2837
CPU	1GHz ARM Cortex-A8	Microcontroller: ATmega2560 R3	1.2 GHz 64-bit quad-core ARM Cortex-A53
GPU	PowerVR SGX530	Ingen	Broadcom VideoCore IV
RAM	512 MB DDR3	Ingen	1GB LPDDR2 (900 MHz)
Networking	10/100 Ethernet	Ingen	10/100 Ethernet, 2.4 GHz 802.11n wireless
Bluetooth	Ingen	Ingen	Bluetooth 4.1 Classic, Bluetooth Low Energy
Storage	4 GB on-board storage, MicroSD port	256 KB, hvoraf 8 KB er til bootlo- ader (Flash Me- mory)	MicroSD port
GPIO	(2x 46 pin headers (65 digital I/O))	70 pins(16 analo- ge pins, 54 digi- tale pins - hvoraf 15 har PWM ud- gang)	40-pin, popula- ted, (26 digital I/O)
Ports	Micro-HDMI, 1x USB	USB A	HDMI, 3.5mm analog audio- video jack, 4x USB 2.0, Ether- net, Camera Seri- al Interface (CSI), Display Serial Interface(DSI)
Low-level perip- herals	4xUART, 8x PWM, LCD, GPMC, MMC1, 2x SPI, 2x I ² C, A/D Konverter, 2x CAN bus, 4 Timers	SPI, UART, I ² C, A/D konverter	UART, I ² C bus, SPI bus with two chip selects, I ² S audio +3.3 V, +5 V, ground.
Strømforbrug	320 mA	80 mA	600-800 mA

Tabel 1.1: Sammenligning af specifikationer for SBC

Det kan ses, at Arduino Mega 2560 er en helt anden type board. Boardet er som sådan kun et interface til microcontrolleren, der sidder på boardet. Boardet kan ikke mere end microcontrolleren kan. Der er valgt ikke at bruge dette board, da gruppen mener at de andre boards er bedre til at løse de ønskede opgaver.

Ud fra de sammenlignelige specifikationer for de tre forskellige SBC'er har vi valgt at benytte en Raspberry Pi 3 model B. Raspberry Pi 3 model B benytter en quad-core processor, hvilket gør det muligt at lave multitrådet programmering. Derudover har Raspberry Pi 3 model B en indbygget Bluetooth enhed. Da der skal benyttes Bluetooth i systemet, er det derfor et plus. En ulempe ved Raspberry Pi 3 model B er, at den ikke indeholder en A/D konverter eller PWM udgange. Dette gør Beaglebone Black og Arduino Mega 2560 derimod. Der er valgt en kombinationsløsning, hvor der bruges en Arduino Nano sammen med Raspberry Pi 3 model B. På denne måde får Raspberry Pi 3 model B A/D konvertere og PWM udgange igennem Arduino Nano'en. Sammen med denne er det valgt at benytte en USB til UART chip for få yderligere en UART forbindelse. Dette valg er grundet, det valgte GPS modul. Se afsnit 1.9 GPS modul

En anden væsentlig begrundelse for, at det er Raspberry Pi 3 model B som er valgt, er at der er forumer og diskussionssider på internettet, som beskæftiger sig med Raspberry Pi's. Da Raspberry Pi'en er et populært produkt vil der være større mulighed for at hente hjælp på internettet for mulige løsninger på problemer.

1.6.4 Spændingsregulator

Raspberry Pi 3 Model B skal forsynes med 5V. Dette gør sig også gældende for afstandssensoren og kameramotoren i systemet. Se afsnit 1.10 og 1.8.

Da batteriet leverer 11.1V til systemet, er det nødvendigt at benytte en spændingsregulator til at nedregulere spændingen.

Der har været kigget på to forskellige spændingsregulatorer:

	LM7805CT	L78S05CV	DC-DC Step-Down [12]	Unit
Input Voltage	35	35	4.5V - 28V	V
Output Voltage	5	5	0.8-20V	V
Output Current	1	2	2 (rated) 3 (max)	A

Tabel 1.2: Sammenligning af spændingsregulatorer

Valget er blev L78S05CV. Dette er fordi, den kan leverer 2A. Raspberry Pi 3 Model B alene trækker 800 mA, se tabel 1.1, derudover skal der også kobles en kameramotor på 5V forsyning. På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at angive, hvor meget strøm kameramotoren præcist trækker. Det er derfor, valgt at gå ud fra at 1 A ikke er nok, men at 3A er for meget.

1.6.5 Arduino Nano

Da Raspberry Pi'en, som også tidligere nævnt kommer til at stå for at styre selve dronen, er det valgt at benytte en Arduino Nano til at generer signalerne til FlightController, som normalt ville komme fra fjernbetjeningens modtager. Arduino Nano'en er valgt, da denne har en lav vægt (9g) og har masser af pin udgange samt muligheden for seriel kommunikation. Da Nano'en benytter en mini USB, som spændingsforsyning kan denne forbindes direkte til en af Raspberry Pi'ens USB udgange. Dette giver en nem mulighed for at forsyne Arduino Nano'en, samtidig med at der kan køres seriel kommunikation gennem USB kablet. Arduino'en har også et færdigudviklet bibliotek til styring af servomotorer,

hvilket er hvad vores FlightController forventer på sin indgang. Dette gør udviklingen af kode til Arduino Nano'en utrolig simple. [13] [14]

1.7 3G modul

Der skal monteres et 3G-modul på dronen. Dette skal gøre det muligt, at forbinde dronen til 3G-netværket. Da vi har valgt en Raspberry Pi 3 model B som DroneControllerUnit, skal 3G-modulet kunne forbindes til RPi'en (Raspberry Pi'en).

Der er kigget på både 3G-moduler og på USB 3G-modems. USB 3G-modems vil være en fordel, da Raspberry Pi 3 model B har fire USB indgange. Derved undgås det, at optage for mange af de sparsomme GPIO'er på RPi'en.

Det er blevet undersøgt hvilke USB 3G-modems andre har brugt med en Raspberry Pi 3 Model B. Især hvilke der er kompatible med Raspberry Pi 3 Model B [15] Det er valgt, at undersøge to dongles fra fabrikanten Huawei; E1750 og E3533.

	Huawei E1750 [16]	Huawei E3533 [17] [18]
Interface	USB	USB
Support	2000,XP,Vista, Mac	XP,Vista,Windows 7/8 Mac
Teknologi Support	GSM,GPS,EDGE,HSPA	GSM,GPS,EDGE,HSPA+
Maks download/upload	7.2/5.76Mbps	21Mbps/XX
Weight	30g	<30g

Tabel 1.3: Sammenligning af specifikationer for 3G-modems

Valget blev en Huawei E3533 [17]. Dette er en nyere model, som har en højere download hastighed og en lidt mindre vægt. Denne er også brugt af flere brugere på internettet, som oplyser at den er kompatible med Raspberry Pi's. Den er f.eks brugt i en projekt omkring et mediacenter til bilen [19].

1.8 Afstandssensor

Da der er en sammenhæng imellem lufttrykket og højden over havets overflade [20] kan dette bruges på dronen, da den er udstyret med et barometer. Da højden har nulpunkt ved havets overflade, er vi dog nød til at kunne kalibrere barometeret. Dette gøres ved hjælp af en afstandssensor. Afstandssensoren skal derfor virke i samspil med det barometer. Der findes flere forskellige afstandssensorer. Der er her taget udgangspunkt i sonarsensorer og infrarøde sensorer.

1.8.1 Sonarsensor

En sonarsenor benytter ultralyd til at måle en afstand. Ultralyden bliver sendt ud og rammer et objekt og bliver kastet tilbage. Sonarsensoren kan så udregne en afstand til objektet ud fra tiden der er gået fra at ultralyden blev sendt ud og til at den er tilbage ved sonarsensoren igen.

1.8.2 Infrarød sensor

En infrarød sensor benytter lys fra det infrarøde spektrum til at måle afstand. Det infrarøde lys er ikke synligt for det menneskelige øje. Sensoren er udstyret med en lyssensor, som kan opfange det infrarøde lys. Når det infrarøde lys sendes ud fra den infrarøde sensor og rammer et objekt, kastes det tilbage og opfanges af en lyssensor på den infrarøde sensor. Lyssensoren kan detektere intensiteten af det infrarøde lys og bestemme en afstand til objektet.

1.8.3 Resultat

	I2CXL-MaxSonar®-series[21]	Ultrasonic Module HC-SR04 Arduino[22]	Infrared Proximity Sensor Long Range - Sharp GP2Y0A02YK0F[23]
Type	Ultralyd	Ultralyd	Infrarød
Afstand	25cm - 765 cm	2cm - 400cm	20cm - 150cm
Opløsning	1 cm	3mm	Ikke oplyst
Målevinkel	<90°	<15°	Ikke oplyst
Interface	I2C	Produktdefineret protokol	Produktdefineret protokol
Strømforbrug	4.4mA (5V)	15mA(5V)	33mA(4.5-5.5V)

Tabel 1.4: Sammenligning af specifikationer for Afstandssensorer

Ud fra sammenligningen af afstandssensorer er valget blevet en sensor fra I2CXL-MaxSonar®-series. Dette er på grund af rækkevidden og interfacet. Derudover har den også et mindre strømforbrug, hvilket er en nødvendighed at tænke på, da dronen flyver på batteri.

1.9 GPS-modul

Dronen skal udstyres med et GPS-modul, således at den kan finde sin egen lokation. GPS-systemet virker ved hjælp af satellitter. Der er opsat 27 navigationssatellitter med en afstand på 19.300km fra jorden. Disse er udstyret med en radiosender og et atom-ur. Atomuret er så præcist at det kan angive tiden helt nøjagtigt ned til tre milliardte dele af et sekund. De 27 navigationssatellitter har planlagte baner således at, uanset hvor du befinder dig på jorden, vil et GPS-modul altid kunne modtage radiosignaler fra fire satellitter. Ved hjælp af atom-uret kan navigationssatellitten bestemme GPS-modtagerens præcise afstand fra navigationssatellitten. Når GPS-modtageren får den præcise afstand den har fra fire navigationssatellitter, så kan den præcise lokation bestemmes.[24]

1.9.1 Resultat

	Arduino Ultimate GPS Breakout[25]	Adafruit Ultimate GPS Logger Shield[26]
Type	GPS-breakout	GPS-shield
Modul	Gtop013	GTPA013
Interface	Serial	I2C, Serial
Strømforbrug	20mA (5V)	20mA(5V)
Dimensioner	25.5mm x 35mm x 6.5mm	69mm x 53mm x 6.7mm

Tabel 1.5: Sammenligning af specifikationer for GPS-moduler

Det er valgt at bruge Arduino Ultimate GPS Breakout, da denne er mindre end Adafruit Ultimate GPS Logger Shield. Fordelen ved shield-boarded frem for breakout-boarded er at denne har I2C-interface, hvilket der i forvejen bruges af nogle de andre komponenter. Dette plus har dog ikke været stort nok til at kompensere for størrelsen.

Da det er valgt at benytte en Arduino Ultimate GPS Breakout skal der en seriel kommunikation mellem Raspberry Pi 3 Model B og denne. Da systemets Raspberry Pi 3 Model B kun har en seriel udgang og denne benyttes til kommunikationen med systemets FlightController skal der altså findes en mere. Dette kan gøres da Raspberry Pi 3 Model B har 4 USB udgange. Der findes et stort udvalg af USB to UART moduler, som netop giver denne mulighed. Da GPS modulet kan benytte både 3V og 5V [27] er dette ikke en bekymring, når der vælges konverter modul.

	Arduino-omformer, USB/seriel [27]	USB to RS232 UART Serial Converter PCB [18]
Type	UART til USB B	USB to RS232 UART
Chip	FT232RL	FT232RQ

Tabel 1.6: Sammenligning af specifikationer for konverter moduler

Det vælges at bruge Arduino omformeren. Der er ikke den store forskel på de to valgte moduler, dog er den primære forskel at skolen har den ene indkøbt allerede. Dette gør at der ikke skal ventes på at modulet bliver indkøbt.

1.10 Kamera og kamerastyring

Der skal sidde et kamera på dronen. Dette kamera skal kunne roteres om den vertikale akse af dronen. Dette er valgt for at kameraet altid kan vendes mod brugeren uanset placeringen af dronen. Dette betyder, at der skal installeres en motor på dronen, der kan rotere kameraet.

1.10.1 Kameraresultat

Da det er valgt at bruge en Raspberry Pi 3 model B, er det oplagt at overveje at bruge et Raspberry Pi Camera Board v2. Der kigges ligeledes på et GoPro kamera, da dette er udbredt blandt sportsudøvere.

	GoPro Hero4 silver [28]	Raspberry Pi Camera Board v2 [29]
Max opløsning	3840x2160	1080p30, 720p60, 640x480p90
Ready out-of-the-box	Ja	Nej
Hukommelse	MicroSD-Kort	Nej
Trådløs Kommunikation	Bluetooth, Wireless LAN	Nej

Tabel 1.7: Sammenligning af specifikationer for Kamera

Der er valgt at bruge et GoPro i projektet. Dette er gjort ud fra den tanke, at brugeren selv har et GoPro-kamera. Da det er valgt, at bruge GPS-koordinater til bestemmelse af lokation og forfølgelse, så vil der ikke blive brugt billed genkendelse eller lignende. Derfor er Raspberry Pi Camera Board V2 valgt fra. Det er muligt, at oprette forbindelse til GoPro'et imens dronen er i luften og derved få et preview af hvad GoPro'et filmer. Dette kan gøres gennem firmaets tilhørende applikationen. Derfor er det ideelt til en drone.

1.10.2 Kamerastyringresultat

Til kamerastyringen skal der bruges en motor. Denne motor skal dreje kameraet rundt således at dette bliver peger imod brugeren. Det er valgt at bruge en stepmotor, da dette gør det muligt at indstille motoren præcist til en bestemt position. Dette er ikke muligt på en DC-motor. Vi har valgt at bruge stepmotoren 28BYJ-48. Det er en 5V DC stepmotor og denne kan nemt forsynes af eksisterende strømforsyninger på dronen. Derudover var den tilgængelig under udviklingen.

1.11 Strømforbrug

Det er bestemt hvilken hardware, der skal sidde på dronen. Derfor er der lavet en undersøgelse af hvor stor en strøm der trækkes af de forskellige komponenter. Der er taget udgangspunkt i et gennemsnitligt strømforbrug. Dataene er hentet fra komponenternes respektive datablade. Der kan være en afvigelse fra de noterede værdier til de reelle værdier.

Komponent	Strøm	Enhed	Beskrivelse
Raspberry Pi 3 model B [30][11]	600-800	mA	
Arduino Nano [13]	200	mA	Hver digital pin på Nano'en kan trække op til 40mA. Dette betyder at strømforbruget afhænger af hvor mange pins der er i brug på Nano'en. Her antages det at der er 5 pins i brug der trækkes 40mA på hver.
Arduino Mega 2560 [31]	80	mA	Der kan maksimalt trækkes 50mA på hver pin. De 80mA er uden nogen pins i brug, men hvor der bliver kørt noget kode på mikrokontrolleren.
A2217-9 Brushless Outrunner Motor [32]	20	A	Hver motor har et strømtræk på max load på 18A og et strømtræk ved no load på 1A. Der er valgt at antage et strømtræk på 5A pr. motor.
Accelerometer [33]	145	uA	
Gyroskop [34]	6.5	mA	
Magnetometer [35]	100	uA	
Barometer [36]	12	uA	
GPS-modul [27]	20	mA	
MB1202 I2CXL-MaxSonar -EZ0 [21]	4.4	mA	
LED LH2640-PF [37]	15	mA	Hver LED trækker 15 mA.
28BYJ-48 step-motor [38]	100	mA	

Tabel 1.8: Komponenters strømforbrug

Total strømforbrug: 21283.1mA

1.11.1 Resultat

Ligges strømforbruget af alle delene sammen kan systemet udregnes til cirka at bruge 21.2A i snit. Med et batteri på 4200mAh, giver dette en flyvetid på cirka 11 minutter.

1.12 Kommunikation mellem applikation og drone

I det følge afsnit redegøres der for de beslutninger der tages angående kommunikationen mellem applikationen og dronen. Et krav er, at kommunikationen skulle være trådløs. De tre teknologier der bliver sammenlignet er Bluetooth 4.1 LE, 3G (HSPA+) og RF (433 MHz).

	Bluetooth 4.1 LE [39]	3G (HS-PA+) [40]	RF (433 MHz) [41][42]
Hastighed	1-3 Mbit/s	21.6 Mbit/s	Produkt afhængig
Rækkevidde	10 m (Class 2)	Ubegrænset	Op til 1000 m i frit terræn (afhængig af produkt)
Retransmission	Ja	Ja	Skal implementeres af brugeren
Ekstern hardware på brugeren	Nej	Nej	Ja
Løbende omkostninger for brugeren	Nej	Ja	Nej
Direkte forbindelse	Ja	Nej	Ja

Tabel 1.9: Sammenligning af trådløse teknologier

Hvis man ser på de overstående teknologier ses det at rækkevidden på Bluetooth er meget lavere end på de andre teknologier. 3G har fordelen, at dens rækkevidde er ubegrænset. Dens forbindelse er dog ikke direkte, så den er afhængig af dækningen og der skal bruges en ekstern server for at kommunikere. Det er ikke muligt at have en direkte forbindelse da IP adresser på 3G nettet bliver tildelt dynamisk og enheder løbende skifter adresser. RF derimod har en tilstrækkelig rækkevidde og der er en direkte forbindelse mellem brugeren og dronen.

Et fokuspunkt af vores projekt er dog at brugeren kan styre dronen med sin mobiltelefon og ikke behøver at have ekstern hardware på sig. Derfor vælges det at lave en hybrid løsning mellem 3G og Bluetooth, hvor Bluetooth bruges, når der ikke er 3G dækning, eller brugeren ikke ønsker at have nogen løbende omkostninger. Når Bluetooth bruges, vil dronens funktionalitet dog være indskrænket

1.13 Applikation

I det følgende afsnit gøres der rede for beslutningerne truffet i forhold til applikationens styresystem og styresystemets version. Det blev valgt ikke at bruge programmer som Xamarin, der compiler en app til både Android og iOS, da disse kun har fordele, hvis applikationen er meget simpel. Ved mere komplekse applikationer, skal der skrives kode til hvert operativsystem enkeltvis.

1.13.1 Styresystem

	iOS	Android
Typisk programmeringssprog	Swift, Objective-C	Java
Udviklings platform	Mac OS	Windows, Linux, Mac OS
Release af app	99\$ om året.[43] Appen testes af en menneskelig tester før den bliver frigivet på app-storen. Appen kan blive afvist	25\$ engangsbetaling.[44] Appen bliver ikke testet af en menneskelig tester. Appen kan ikke blive afvist
Variation af enheder	Få forskellige enheder. Kun iPhones.	Mange forskellige enheder med forskellige skærmstørrelser, mærker og hardware
Markedsandel af styresystem på smartphones (2015)[45]	13.9%	82.8%

Tabel 1.10: Sammenligning af iOS og Android

Android og iOS er de to mest populære styresystemer til smartphones [45]. Der ses dog at Android har betydelige fordele i forhold til iOS i udviklingen af systemets applikation. Et vigtigt punkt er Androids markedsandel i forhold til iOS. Det ses at Androids markedsandel er betydeligt højere.

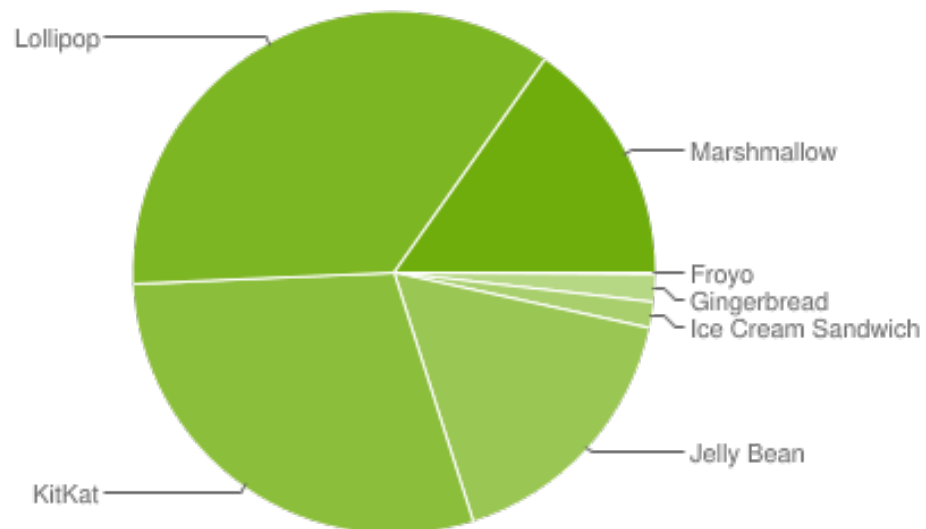
En fordel som iOS's appstore har i forhold til Android's play store, er at apps gennemsnitlig har en højere kvalitet, da hver app i appstoren bliver testet af en menneskelig tester. Dette er dog en større fordel for brugeren end for udvikleren. Det kan betyde at en app kan blive afvist af testeren, som fører til en længere udviklingstid.

Da der ikke er andre smartphones end iPhones, der benytter iOS, er der ikke så stor variation i enheder. Android systemet kører på mange forskellige smartphone mærker (Samsung, HTC, LG, osv.). Dette fører til at der findes mange forskellige smartphones med forskellige skærmstørrelser og hardware. Ikke alle enheder har de samme sensorer. Det er derfor ikke alle Android smartphones, der har adgang til applikationen.

Den mest betydende forskel er dog at iOS applikationer kun kan udvikles på en Mac computer. Det betyder at der skal gøres en stor investering for at starte med iOS udvikling hvis udvikleren ikke allerede har adgang til en Mac computer. Android derimod er mere åben, så der kan udvikles applikationer på både Windows, Linux og Mac systemer. Det blev derfor valgt at fokusere på Android styresystemet til applikationen.

1.13.2 Android version

Android applikationer er upward kompatibel. Det betyder, at hvis man udvikler en applikation til version 4.0, vil den også kunne køre på version 6.0. For at give flest mulige bruger adgang til ens applikation skal der altså vælges en tilstrækkelig lav version. Dette fører dog til at man ikke kan bruge features der først er kommet i de nyere versioner.



Figur 1.1: Oversigt over andel af Android versioner

Det ses at hvis applikationen kan køre på Jelly Bean (version 4.1.x), kan 96.6% [46] af Android smartphones køre appen. Da der ikke er kommet nye features i versionerne KitKat, Lollipop eller Marshmallow, som er essentielle for applikationens funktionalitet, udvikles appen, således at den højst nødvendige Android version som er: Jelly Bean.

1.14 Server

Kommunikationen mellem applikationen og dronen skal foregå igennem en server når 3G benyttes. Ved at benytte 3G har systemet ingen begrænsning i rækkevidden mellem dronen og applikationen. Dette stiller nogle krav til serveren fra starten. Denne skal kunne modtage beskeder og gemme disse beskeder i en eventuel log. Til at sende data mellem enhederne og server skal der benyttes en transportprotokol. Der skal vælges imellem UDP[47] og TCP[48]. UDP er en "ikke pålidelig" protokol. Det betyder at der er ingen garanti for at pakkerne kommer frem til destinationen. UDP er derfor ofte brugt til streaming eller andre tjenester, hvor man er mere bekymret for at opretholde en konstant hastighed i data overførelsen, end pakketab. Protokollen er dog mere simple end TCP. Det vælges dog at bruge TCP da denne er pålidelig. Det betyder at pakkerne altid når frem og dette er en krav i vores system da dronen flyver efter brugerens GPS koordinat. Hvis ikke koordinaterne kommer frem, følger dronen ikke brugeren. TCP benytter flere forskellige metoder til at sikre at pakkerne komme frem, en af disse er f.eks Acknowledgment. Dette betyder at når en pakke når sikkert frem sendes en besked til afsenderen om at pakken er nået frem.

Systemets serverarkitektur kommer til at ligne en filserverarkitektur. Denne skal kunne modtage data og gøre data tilgængeligt for klienter. Klienter skal altså kunne både sende og modtage data fra serveren. Da ingen af gruppens medlemmer har erfaring med at lave en server eller database vælges programmer, som er vidt tilgængelige og som har et stort fællesskab med diskussionssider. Til at oprette en database bruges Microsoft SQL Server 2014 [49]. Koden til serveren skrives i Visual Studio 2015[50] da denne nemt kan arbejde sammen med SQL.

1.15 IDEs og programmeringssprog

I det efterfølgende afsnit gøres rede for de programmer og programmeringssprog der bruges under udviklingen af systemet.

1.15.1 Applikation

Da det blev valgt at bruge Android som platform er det oplagt at bruge Android's egen IDE Android Studio[51]. Ved at bruge Android's IDE er det sikret at der er god support fra officielle kilder under udviklingen. Man kan derudover være sikker på at IDE'et understøtter og har adgang til alle funktionaliteter, der skal implementeres under udviklingen. Android Studio er bygget på IntelliJ og understøtter både debugging i emulatoren og på hardware. Dette gøre fejlfinding i løbet af udviklingen meget nemmere. Applikationer i Android Studio bliver skrevet i programmeringssproget Java.

1.15.2 Raspberry Pi

For at programmere Raspberry Pi'en bliver der brugt NetBeans[52] som er et gratis og open source IDE. NetBeans opfylder kravene om at der kan skrives kode i C/C++ og at Raspberry Pi'en kan programmeres fra en computer. Dertil vil det være muligt at lave Python scripts i Netbeans som kan kaldes fra koden eller ved Raspberry Pi'ens opstart.

1.15.3 Server

For at programmere serveren bliver der brugt Visual Studio [50] og Microsoft SQL Server 2014 [49]. Koden til serveren bliver skrevet i C#.

References

- [1] AeroQuad. *AeroQuad Cyclone ARF Kit (with v2.2 Kit)*. URL: http://www.aeroquadstore.com/AeroQuad_Cyclone_ARF_Kit_p/aqarf-001b.htm.
- [2] AeroQuad. *AeroQuad 32 Flight Control Board (Version 2)*. URL: http://www.aeroquadstore.com/AeroQuad_32_Flight_Control_Board_Version_2_p/aq32-001.htm.
- [3] AeroQuad. *AeroQuad v2.2 Kit*. URL: http://www.aeroquadstore.com/AeroQuad_Shield_v2_2_Kit_p/aq2-111.htm.
- [4] Brian Schneider. *A Guide to Understanding LiPo Batteries*. Sep. 2016. URL: <http://rogershobbycenter.com/lipoguide/>.
- [5] Aeroquad. *BatteryMonitor.h v2*. Feb. 2012. URL: <http://aeroquad.com/showwiki.php?title=BatteryMonitor-h-v2>.
- [6] Arduino. *What is Arduino*. URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.
- [7] Opensource.com. *What is Raspberry Pi*. URL: <https://opensource.com/resources/what-raspberry-pi>.
- [8] ALEX CASTLE. *Everything You Need to Know about The Beaglebone Black*. Dec. 2013. URL: <http://www.tested.com/art/makers/459278-everything-you-need-know-about-beaglebone-black/>.
- [9] BeagleBone. *BeagleBone Specifications*. Mar. 2016. URL: <http://beagleboard.org/bone>.
- [10] Arduino. *Arduino Mega 2560*. Sep. 2016. URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>.
- [11] Wikipedia. *Raspberry Pi*. Sep. 2016. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#Specifications.
- [12] Banggood. *Mini DC-DC Converter Step Down Module Adjustable Power Supply*. Nov. 2016. URL: <http://www.banggood.com/Mini-DC-DC-Converter-Step-Down-Module-Adjustable-Power-Supply-p-920327.html?rmmds=search>.
- [13] Arduino. *Arduino Nano*. Okt. 2016. URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>.
- [14] Arduino. *The Software Servo Library*. Okt. 2016. URL: <http://playground.arduino.cc/ComponentLib/Servo>.
- [15] elinux.org. *RPi VerifiedPeripherals*. Nov. 2016. URL: http://elinux.org/RPi_VerifiedPeripherals#USB_3G_Dongles.
- [16] JA. *E1750*. Sep. 2016. URL: <http://www.3gmodem.com.hk/Huawei/E1750.html>.
- [17] Huawei. *Huawei E3533 3G Modem*. Sep. 2016. URL: <http://consumer.huawei.com/en/mobile-broadband/dongles/features/e3533.htm>.
- [18] RS. *USB to RS232 UART Serial Converter PCB*. Sep. 2016. URL: <http://dk.rs-online.com/web/p/interface-udviklingssaet/6877825/>.

- [19] Gavin Cameron. *Raspberry Pi Car Media Server*. Sep. 2016. URL: http://www.gavsworld.net/?page=Raspberry+Pi+Car+Media+Server#used_to_do.
- [20] Wikipedia. *Barometrisk højdeformel*. Mar. 2015. URL: https://da.wikipedia.org/wiki/Barometrisk_h%C3%B8jdeformel.
- [21] Maxbotix. *MB1202 I2CXL-MaxSonar-EZ0*. Sep. 2016. URL: http://www.maxbotix.com/Ultrasonic_Sensors/MB1202.htm.
- [22] Elec Freaks. *Ultrasonic Ranging Module HC - SR04*. Sep. 2016. URL: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>.
- [23] Sharp. *Infrared Proximity Sensor Long Range - SharpGP2Y0A02YK0F datasheet*. Dec. 2006. URL: https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Infrared/gp2y0a02yk_e.pdf.
- [24] Illustreret Videnskab. *Hvordan fungerer gps-systemet?* Jan. 2011. URL: <http://illvid.dk/teknologi/hvordan-fungerer-gps-systemet>.
- [25] Elfa Distrelec. *Arduino-omformer, USB/seriel A000014, A000014, Arduino*. Sep. 2016. URL: <http://www.elfadistrelec.dk/da/arduino-omformer-usb-seriel-a000014-arduino-a000014/p/11038912>.
- [26] Adafruit. *ADAFRUIT ULTIMATE GPS LOGGER SHIELD*. Jan. 2014. URL: <https://www.adafruit.com/products/1272>.
- [27] Adafruit. *ADAFRUIT ULTIMATE GPS BREAKOUT - 66 CHANNEL W/10 HZ UPDATES*. Jan. 2014. URL: <https://www.adafruit.com/products/746#Description>.
- [28] CNET. *GoPro Hero4 Silver Specifications*. URL: <http://www.cnet.com/products/gopro-hero4-silver/specs/>.
- [29] Adafruit. *RASPBERRY PI CAMERA BOARD V2 - 8 MEGAPIXELS*. URL: <https://www.adafruit.com/products/3099>.
- [30] The MagPi. *Raspberry Pi 3 Specs and Benchmark*. Mar. 2016. URL: <https://www.raspberrypi.org/magpi/raspberry-pi-3-specs-benchmarks/>.
- [31] THOMAS LEXTRAIT. *Arduino: Power Consumption Compared*. Maj 2016. URL: <https://tlextrait.svbtle.com/arduino-power-consumption-compared>.
- [32] AeroQuad. *A2217-9 Brushless Outrunner Motor*. Sep. 2016. URL: http://www.aeroquadstore.com/BP_A2217_9_Brushless_Outrunner_Motor_p/motor-a2217-9.htm.
- [33] Analog Devices. *Analog Devices Accelerometer*. 2009.
- [34] InvenSense. *3-Axis Digital Compass IC*. Mar. 2010.
- [35] Honeywell. *3-Axis Digital Compass IC*. Maj 2011.
- [36] Bosch. *Digital pressure sensor*. Okt. 2009.
- [37] LIGITEK. *Round Type LED Lamps*. Okt. 2005.
- [38] Kiatronics. *28BYJ-48 - 5V Stepper Motor*. Sep. 2016. URL: <http://robocraft.ru/files/datasheet/28BYJ-48.pdf>.
- [39] Wikipedia. *Bluetooth Technical Details*. Aug. 2016. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_low_energy#Technical_details.
- [40] Wikipedia. *3G Overview*. Aug. 2016. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/3G>.

- [41] LightInTheBox Ltd. *Produktbeskrivelse NRF905 - 433MHz modul*. Sep. 2016. URL: http://www.miniinthebox.com/da/nrf905-433-868-915mhz-wireless-module-w-antenne-til-arduino-arbejder-med-officielle-arduino-boards-2-7-3-3v_p1141495.html?.
- [42] Conrad. *433 MHz-radiomoduler TRL Funksysteme 433 MHz 1000 m*. Sep. 2016. URL: https://www.conradelektronik.dk/?websale8=conrad-dk&pi=191405&ws_tp1=cp&ref=PLA_Komponenter&subref=191405&utm_source=PLA_Komponenter&utm_medium=PLAfeed&utm_campaign=PLA_Komponenter_feed&utm_content=191405&gclid=Cj0KEQjwxqS-BRDRgPLp0q2t0IUBEiQAgfMXRMm9m-IT44nm5BPBHnwDlUGHFvTkrq7BbQJ9sSgEsJIaAlvA8P8HAQ.
- [43] Apple Inc. *Apple Developer Memberships*. Sep. 2016. URL: <https://developer.apple.com/support/compare-memberships/>.
- [44] Android. *Get Started with Publishing*. Sep. 2016. URL: <https://developer.android.com/distribute/googleplay/start.html>.
- [45] Inc. IDC Research. *Smartphone OS Market Share, 2015 Q2*. Aug. 2015. URL: <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>.
- [46] Android. *Android Platform Versions*. Aug. 2016. URL: <https://developer.android.com/about/dashboards/index.html>.
- [47] Wikipedia. *User Datagram Protocol*. Sep. 2016. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol.
- [48] Wikipedia. *Transmission Control Protocol*. Sep. 2016. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol.
- [49] Wikipedia. *Microsoft SQL Server*. Aug. 2016. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_SQL_Server.
- [50] Microsoft. *Microsoft Visual Studio*. Aug. 2016. URL: <https://www.visualstudio.com/>.
- [51] Android. *Android Studio Overview*. Sep. 2016. URL: <https://developer.android.com/studio/index.html>.
- [52] NetBeans. *NetBeans IDE 8.1 Information*. Sep. 2016. URL: <https://netbeans.org/community/releases/81/>.