



Faculteit Bedrijf en Organisatie

Bachelorproef-Houd de dief! (met een drone). Een zoektocht naar de optimale drone voor politiediensten.
Hardware, software en juridische factoren in rekening gebracht.

Wout Maes

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van
professionele bachelor in de toegepaste informatica

Promotor:

Jens Buysse

Co-promotor:

De Ridder Christiaan - Politie Westkust en Koen Henderickx - Easycopters

Instelling: —

Academiejaar: 2019-2020

Tweede examenperiode

Faculteit Bedrijf en Organisatie

Bachelorproef-Houd de dief! (met een drone). Een zoektocht naar de optimale drone voor politiediensten.
Hardware, software en juridische factoren in rekening gebracht.

Wout Maes

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van
professionele bachelor in de toegepaste informatica

Promotor:

Jens Buysse

Co-promotor:

De Ridder Christiaan - Politie Westkust en Koen Henderickx - Easycopters

Instelling: —

Academiejaar: 2019-2020

Tweede examenperiode

Woord vooraf

Initieel had ik nooit verwacht dat ik een opleiding Toegepaste Informatica ging volgen. In mijn eerste achttien levensjaren had ik niet echt veel opgestoken van informatica. Dat ik dan besliste om informatica te gaan studeren aan de Hogeschool van Gent was dan ook een verrassing voor velen, ook voor mezelf. Maar toch ben ik blij dat ik gekozen heb voor deze richting. Ik was altijd al geïnteresseerd in het maken van nieuwe oplossingen voor alledaagse problemen. Daarom denk ik dat ik diep van binnen eigenlijk altijd al een programmeur was. De keuze voor deze opleiding is dus een goede keuze geweest voor mij. En ik ben er van overtuigd dat ik nog een boeiende carrière tegemoet ga.

Deze bachelorproef is voor mij dan ook de afsluiter van een driejarige periode waarin ik veel plezier heb beleefd en waarin veel heb geleerd. Ik ben enorm te vreden dat ik gekozen heb voor dit onderwerp. In deze bachelorproef heb ik niet enkel mij mogen verdiepen in het theoretische luik maar ook in het praktische luik. Voor mij was het enorm leerrijk om te leren hoe je een drone kan programmeren en hier allerlei alledaagse problemen kan mee oplossen. Ik ben er dan ook van overtuigd dat er in de toekomst nog veel meer scripties rond dit thema zullen geschreven worden. Voor studenten die in de toekomst ook rond dit thema willen werken raad ik aan om zo snel mogelijk te beginnen met het maken van een prototype met je eigen drone. Door het maken van je eigen prototype leer je heel snel hoe je een drone kan programmeren en wat alle mogelijkheden en beperkingen zijn.

Op drie jaar tijd heb ik enorm veel geleerd. En door mij te verdiepen in de gegeven leerstof en 's avonds en in de vakantie zelf te experimenteren met de aangeleerde leerstof, kan ik zelf zeggen dat ik een nieuwe passie heb gevonden. Daarom wil ik eerst en vooral alle lectoren van de Hogeschool Gent bedanken voor de aangename periode die zei mij de afgelopen jaren hebben geschenken. Dankzij jullie inzet zullen de komende jaren nog heel wat jonge studenten hun passie verder kunnen ontwikkelen binnen de Hogeschool Gent.

Tevens wil ik van deze gelegenheid gebruik maken om een aantal mensen te bedanken want zonder hen zou dit nooit het eindresultaat geweest zijn.

In de eerste plaats wil ik mijn promotor dhr. Jens Buysse bedanken. Dhr. Jens Buysse is de persoon die mij in de juiste richting heeft gestuurd en steeds voor kritische bemerkingen en de nodige ondersteuning heeft gezorgd. Hij heeft mij de mogelijkheid gegeven om aan deze bachelorproef te werken en zonder hem zou deze bachelorproef niet tot standgekomen zijn. Ik dank hem voor de tijd die hij voor mij heeft vrijgemaakt gedurende deze drukke en stressvolle periode. Kortom dhr. Jens Buysse heeft voor mij een nieuwe passie gecreeerd en daarvoor verdient hij mijn dank en respect.

Ten tweede zou ik mijn twee co-promotoren willen bedanken. Dit zijn dhr. De Ridder Christiaan Commissaris en Directeur Interventie Drone team van de Politie Westkust en dhr. Koen Henderickx, zaakvoerder van Easycopters. Tijdens de coronacrisis was het niet mogelijk om fysiek met deze heren af te spreken. Toch hebben beide heren mij enorm geholpen bij het technische en juridische luik van deze bachelorproef. Daarom verdienen zij een hier een speciale vermelding in het voorwoord.

Wout Maes

Samenvatting

Deze bachelorproef richt zich op een zeer actueel thema in de IT-wereld. Drones komen steeds meer in opmars en de huidige generatie drones kan ongetwijfeld voor grote veranderingen zorgen in vele verschillende sectoren, gaande van verzekeringssector tot de agrarische sector. Met deze bachelorproef wensen wij dan ook bij te dragen aan de groeiende populariteit van drones in het dagelijkse leven. Maar specifiek wordt in deze scriptie een onderzoek gevoerd naar hoe politiediensten kunnen gebruik maken van drones of andere onbemande vliegende toestellen (voortaan wordt een UAV -Unmanned Aerial Vehicle- gebruikt als afkorting voor een onbemand vliegend toestel, als het specifiek gaat om de drone in de POC, dan wordt wel gewoon drone gebruikt) om een persoon te vatten die in overtreding is met de wet. Dit kan zowel betekenen dat deze persoon een misdrijf aan het plegen is of reeds een misdrijf heeft gepleegd in het verleden en daar nu voor wordt gezocht. Aangezien dit onderwerp nog redelijk nieuw is en politiediensten in België nog maar weinig gebruik maken van deze technologie bestaan er nog heel wat vragen.

Deze bachelorproef bestaat uit een theoretisch luik en een praktisch deel, ook wel de Proof Of Concept genoemd (voortaan afgekort als POC). Dit praktisch deel is te vinden op <https://github.com/WoutMaes/Bachelorproef-Houd-de-dief-Met-een-drone>. en wordt ook gepresenteerd op de verdediging van deze scriptie. De POC bevat computercode geschreven in Python om een Tello DJI drone te besturen en om ervoor te zorgen dat een persoon getraceerd kan worden met geautomatiseerde beeldverwerking tijdens de vlucht van het onbemande vliegtuig. Deze beelden worden doorgestuurd naar een intranetsite op de poort 5000 van uw lokale server. Het is dus niet meer nodig om zelf de drone te besturen.

Voor het theoretische deel van deze bachelorproef wordt er dieper ingegaan op enkel aspecten waaraan een UAV bij de politie moet voldoen. Wij denken hierbij bijvoorbeeld

aan de beveiliging van de camerabeelden die worden doorgestuurd van de UAV naar de server, maar ook aan het aspect van de levensduur van de batterijen. Tevens moeten we in acht nemen dat een UAV vaak in verschillende omstandigheden wordt gebruikt, zowel 's nachts als overdag. Of kunnen de camerabeelden om met schaduw? Deze vragen worden in deze bachelorproef onderzocht in de volgende volgorde: ten eerste gaan we kijken welke batterijen een UAV nodig heeft om goed te kunnen functioneren. Daarna gaan we dieper in op de beveiliging van een UAV. Ten derde wordt er onderzocht hoe je objecten kan detecteren en welke cameravereisten dat hiervoor nodig zijn. En ten slotte wordt er gekeken naar hoe UAV's gebruikt worden in groep, ook wel een zwerf genoemd (swarm in het Engels).

Na het onderzoek van het theoretische deel in de voorgaande paragraaf wordt er onderzocht welke drones er op de markt beschikbaar zijn die aan al deze vereisten voldoen. Ook wordt er een korte handleiding aangeboden om zelf een drone samen te stellen die aan al deze vereisten voldoen. Zo kunnen de politiediensten zelf de gewenste aanpassingen maken.

Niet vergeten verder aan te vullen in de laatste week Resultaat: wat was het resultaat? Conclusie: wat is/zijn de belangrijkste conclusie(s)? Perspectief: blijven er nog vragen open die in de toekomst nog kunnen onderzocht worden? Wat is een mogelijk vervolg voor jouw onderzoek?

Inhoudsopgave

1	Inleiding	13
1.1	Probleemstelling	14
1.2	Onderzoeksvraag	14
1.3	Onderzoeksdoelstelling	14
1.4	Opzet van deze bachelorproef	14
2	Stand van zaken	15
2.1	LiPo Batterijen	16
2.2	Communicatie	18
2.3	Object Detectie	20
2.4	Zwermen	20

3	Methodologie	21
3.1	Hoofdstuk 1	21
3.1.1	Tello DJI uitleggen, waarom heb ik dit gekocht en geen ander	21
3.1.2	OpenCV uitleggen	21
3.1.3	Ook eens de interface op de webpagina uitleggen	22
3.1.4	Waarom geen MavLink in de POC	22
3.1.5	Afsluiten	22
3.2	Hoofdstuk 2	22
3.2.1	LiPo	23
3.2.2	Camera	23
3.2.3	Objectdetectie software	23
3.2.4	Flight controller	23
3.2.5	Afsluiten	25
4	Conclusie	27
A	Onderzoeksvoorstel	29
A.1	Introductie	29
A.2	State-of-the-art	29
A.3	Methodologie	30
A.4	Verwachte resultaten	30
A.5	Verwachte conclusies	30
	Bibliografie	31

Lijst van figuren

Lijst van tabellen

1. Inleiding

Deze bachelorproef is door de auteur geschreven om de politiediensten op een gepaste manier te helpen met het detecteren van verdachte personen en is geenszins bedoeld om overheden of politiediensten te helpen met het beperken van de vrijheden van hun burgers. Deze bachelorproef moet dat ook zo gelezen worden dat dit enkel kan gebruikt worden conform het Koninklijk Besluit van 22 februari 2006 betreffende de installatie en de werking van bewakingscamera's in de voetbalstadions en de Camerawet van 21 maart 2007 en het Europees verdrag tot bescherming van de rechten van de mens en de fundamentele vrijheden (EVRM).

De inleiding moet de lezer net genoeg informatie verschaffen om het onderwerp te begrijpen en in te zien waarom de onderzoeksvraag de moeite waard is om te onderzoeken. In de inleiding ga je literatuurverwijzingen beperken, zodat de tekst vlot leesbaar blijft. Je kan de inleiding verder onderverdelen in secties als dit de tekst verduidelijkt. Zaken die aan bod kunnen komen in de inleiding (Pollefliet, 2011):

- context, achtergrond
- afbakenen van het onderwerp
- verantwoording van het onderwerp, methodologie
- probleemstelling
- onderzoeksdoelstelling
- onderzoeksvraag
- ...

1.1 Probleemstelling

Uit je probleemstelling moet duidelijk zijn dat je onderzoek een meerwaarde heeft voor een concrete doelgroep. De doelgroep moet goed gedefinieerd en afgelijnd zijn. Doelgroepen als “bedrijven,” “KMO’s,” systeembeheerders, enz. zijn nog te vaag. Als je een lijstje kan maken van de personen/organisaties die een meerwaarde zullen vinden in deze bachelorproef (dit is eigenlijk je steekproefkader), dan is dat een indicatie dat de doelgroep goed gedefinieerd is. Dit kan een enkel bedrijf zijn of zelfs één persoon (je co-promotor/opdrachtgever).

1.2 Onderzoeksvoraag

Wees zo concreet mogelijk bij het formuleren van je onderzoeksvoraag. Een onderzoeksvoraag is trouwens iets waar nog niemand op dit moment een antwoord heeft (voor zover je kan nagaan). Het opzoeken van bestaande informatie (bv. “welke tools bestaan er voor deze toepassing?”) is dus geen onderzoeksvoraag. Je kan de onderzoeksvoraag verder specifiëren in deelvragen. Bv. als je onderzoek gaat over performantiemetingen, dan

1.3 Onderzoeksdoelstelling

Wat is het beoogde resultaat van je bachelorproef? Wat zijn de criteria voor succes? Beschrijf die zo concreet mogelijk. Gaat het bv. om een proof-of-concept, een prototype, een verslag met aanbevelingen, een vergelijkende studie, enz.

1.4 Opzet van deze bachelorproef

De rest van deze bachelorproef is als volgt opgebouwd:

In Hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de stand van zaken binnen het onderzoeks domein, op basis van een literatuurstudie.

In Hoofdstuk 3 wordt de methodologie toegelicht en worden de gebruikte onderzoekstechnieken besproken om een antwoord te kunnen formuleren op de onderzoeks vragen.

In Hoofdstuk 4, tenslotte, wordt de conclusie gegeven en een antwoord geformuleerd op de onderzoeks vragen. Daarbij wordt ook een aanzet gegeven voor toekomstig onderzoek binnen dit domein.

2. Stand van zaken

In deze literatuurstudie gaan we dieper in op vier zaken. Ten eerste gaan we kijken wat de literatuur te zeggen heeft over de batterijen van UAV. Daarna gaan we dieper in op de beveiliging van een UAV. Ten derde wordt er onderzocht hoe je objecten kan detecteren. En ten slotte wordt er gekeken naar hoe UAV's gebruikt worden in groep, ook wel een zwerf genoemd (swarm in het Engels).

Ten eerste behandelen we dus het onderdeel over de batterijen van een UAV. Uit verschillende bronnen hebben we geleerd dat de meest gebruikte accu's voor drones LiPo (lithium-ion-polymer) batterijen zijn. Deze batterijen kunnen namelijk een zeer groot vermogen hebben per gewicht en ze kunnen bovendien zeer snel opladen. De reden dat deze batterijen een zeer groot vermogen hebben is omdat deze batterijen een lage interne weerstand hebben en hierdoor kunnen ze een hoge stroom afgeven. Dit zijn twee eigenschappen die zeer belangrijk zijn voor UAV. Het grote nadeel van een LiPo batterij is dat deze zeer ontvlambaar zijn. Deze batterijen moeten dus met grote zorg behandeld worden en correct opladen worden. In één studie van Moor, S. en Schneider, P. wordt zelf aangegeven dat de manier waarop de cellen van de batterijen in een LiPo batterij geordend zijn een voordeel geven ten opzichte van vele andere batterijtechnologieën. Het is dus zeker van belang om te kiezen voor een LiPo batterij bij het maken van een UAV.

Ten tweede is het van belang om een UAV goed te beveiligen tegen hacking. Een drone hacken is namelijk zeer makkelijk omdat de communicatie gebeurt via het draadloos communicatiekanaal (WIFI). Dit is een zeer kwetsbaar kanaal omdat er veel veiligheidsmaatregelen ontbreken. Enkel het WIFI-netwerk beveiligen is niet goed genoeg. Daarom wordt er vaak gebruik gemaakt van MAVLink. Dit is een protocol die alleen maar koptekstberichten (header-only) stuurt tussen UAV's en de server die de UAV aanstuurt. Om te verzekeren dat de berichten goed aankomen wordt er een cyclische redundantiecontrole

uitgevoerd op de laatste twee bytes van elk bericht dat verzonden wordt. Deze technologie gebruikt bovendien verschillende packages voor Python die het gebruik gemakkelijk maken.

Ten derde wordt er gekeken hoe men met behulp van een camera objecten kan detecteren zoals personen. Eens deze objecten zijn gedetecteerd moet deze uiteraard ook nog doorgestuurd worden. Voor de POC is er gebruik gemaakt van OpenCV om de objectdetectie af te handelen. Dit is een opensource project van Intel. OpenCV is software waarmee men gezichtsherkenningssystemen kan maken. OpenCV maakt gebruik van verschillende algoritmen om specifieke, onderscheidende details van iemands gezicht te herkennen. Deze details, zoals de afstand tussen de neus en de ogen of de vorm van de mond worden dan vergeleken met gegevens van andere gezichten. Door heel veel data (gezichten in dit geval) te gebruiken om dit algoritme te trainen kan je na verloop van tijd met deze software ook gezichten herkennen van personen die het algoritme nog nooit gezien heeft. Het is dus duidelijk dat OpenCV heel erg handig kan zijn voor deze bachelorproef. Maar dit wil nog niet zeggen dat het voor onze drone in de POC altijd mogelijk zal zijn om iemands gezicht te herkennen., want om iemands gezicht te herkennen heeft onze drone heldere beelden nodig om zijn algoritme op toe te passen. Dit is niet altijd het geval. Er zijn namelijk verschillende factoren die invloed hebben op de kwaliteit van de camerabeelden. Zo kan het zijn regen ...

Tenslotte wordt in deze bachelorproef gezocht naar hoe je één of meerdere UAV's kan laten samenwerken. Volgens de literatuur is het mogelijk om UAV's te laten samenwerken in zwerm. Met een zwerm wordt bedoeld dat er meerdere UAV's worden ingezet om samen te werken. Deze UAV's zijn zo op elkaar afgestemd dat ze elke een kleine taak vervullen om een gemeenschappelijk doel te bereiken. Deze UAV's moeten daarom vaak autonoom kunnen reageren op bijvoorbeeld koersveranderingen van de andere UAV's die mee helpen hetzelfde doel te bereiken. Hier zijn vaak complexe algoritmes voor nodig. Deze technologie wordt vooral ontwikkeld voor militaire doeleinden. Zo is het bijvoorbeeld efficiënter en veiliger om een zwerm van drone te gebruiken bij een bombardement dan om verschillende gevechtspiloten uit te sturen. Deze technologie is nog redelijk nieuw en hier moet nog veel onderzoek naar gebeuren. In de bachelorproef zal deze technologie dieper uitgewerkt worden.

2.1 LiPo Batterijen

Bij UAV's is het natuurlijk zeer belangrijk om de juiste batterij te selecteren. Er zijn enkele voorwaarden waaraan een batterij voor een UAV moet voldoen om geschikt te zijn voor politiediensten. Als men een UAV wilt inzetten om personen te identificeren en te volgden, dan kan men het zich niet permitteren dat de UAV na enkele minuten al zonder vermogen zit en terug opgeladen moet worden. Ook is zal een UAV van een politiedienst heel wat extra gewicht hebben ten opzichte van een voor recreatief gebruik. Er zullen onder een camera en een GPS gemonteerd worden op deze UAV. Dit zorgt voor extra gewicht die in de lucht moet worden gebracht. Een geschikte batterij zal dus genoeg vermogen moeten kunnen genereren om de UAV in de lucht te houden. Tevens is het belangrijk dat de batterij

lang genoeg vermogen kan genereren. Veel UAV's slagen er maar in om maximaal een half uur in de lucht te blijven. De keuze van de juiste batterij is dus cruciaal.

In de literatuur wordt vaak geopteerd voor Litium-Polymeer (LiPo Batterij). LiPo's zijn ongeveer hetzelfde als lithium-ion, maar worden anders verpakt. Lithium-ion batterijen zijn over het algemeen veel veiliger dan de lithium-polymeer batterijen en werden daarom vroeger vaak gebruikt, maar LiPo's hebben heel wat voordelen ten opzichte van Lithium-ion batterijen daardoor worden deze laatste steeds minder gebruikt.

Ten eerste hebben Lithium-ion batterijen als nadeel dat ze door hun cilindrische stalen vorm meer wegen en meer plaats in beslag nemen in vergelijking met LiPo's. LiPo batterijen kunnen dus gebruikt worden in kleine ruimtes en toch hebben ze een zeer grote vermogens- en energiedichtheid. De energiedichtheid is de hoeveelheid energie per massaeenheid wordt opgeslagen in de chemische stoffen van de batterij. De energiedichtheid wordt weergegeven als Wh/Kg. LiPo batterijen hebben doorgaans een energiedichtheid van 130 Wh/Kg, dit is lichtjes lager dan de 140 Wh/Kg van een Lithium-ion batterij, maar twee tot vier keer zo veel als andere batterijtypes (Pb, NiCd, NiMH, NiH2, LPF). Er zijn enkele types batterijen die evengoed of beter scoren op vlak van energiedichtheid, zoals NaS (Natriumzwavel) met 117 Wh/KG, maar dit is nog experimenteel en wordt nog niet toegepast. Lithium-zwavel batterijen zouden een energiedichtheid van 350 Wh/Kg hebben, maar deze batterijen worden in 2020 enkel nog maar in de luchtvaart gebruikt en zijn niet makkelijk verkrijgbaar. De vermogensdichtheid daarentegen is de maat voor de effectiviteit van de batterijen. Hoe hoger de vermogensdichtheid, hoe effectiever een batterij is. Dit wordt uitgedrukt in watt per kilogram (W/Kg). Hier zien we dat een Lithium-polymeer-batterij een vermogensdichtheid heeft van 300 W/Kg ten opzichte van 180 W/Kg voor een Lithium-ion-batterij. Dit grote verschil is te verklaren doordat een LiPo batterij geen stalen omhulsel heeft en een Lithium-ion-batterij wel. Daardoor weegt de LiPo-batterij veel minder en heeft deze een kleiner gewicht voor ongeveer hetzelfde vermogen. Hierdoor is de vermogensdichtheid van de LiPo-batterij veel groter en dit maakt een LiPo-batterij veel geschikter voor een UAV waar het gewicht een zeer belangrijke rol speelt. Dit alles zorgt ervoor dat Lithium-polymeer batterijen tot 4 keer meer energiecapaciteit afleveren dan oudere concurrenten zoals NiCd en NiMH batterijen en Lithium-ion-batterijen. Meerdere LiPo batterijen kunnen bovendien ook gemakkelijk parallel geconnecteerd worden met elkaar om hun energiecapaciteit nog te verhogen. Voor politiediensten is dit ideaal. Indien er na verloop van tijd blijkt dat er extra gewicht op de drone geplaatst moet worden voor extra functionaliteiten, dan kan je eventueel nog extra Lithium-polymeer-batterijen aansluiten. Dit kan de initiële kosten van een UAV drukken. Door hun zachte omhulsel kunnen LiPo's bovendien in zo goed als elke vorm gemaakt worden. Je kan deze batterijen zelfs zo produceren dat ze dunner zijn dan 1mm. Dit geeft heel wat vrijheid aan de ingenieurs die deze LiPo batterijen ontwikkelen. Daarom worden ze voor de nieuwste smartphones, laptops, elektrische wagens steeds vaker gebruikt. Deze batterij is volgens de literatuur dan ook ideaal UAV's.

Ten tweede hebben LiPo batterijen ook het voordeel dat ze snel kunnen opladen en LiPo batterijen ontladen niet zo snel. Normaal gezien is een LiPo-batterij opgeladen in zo'n 1 à 1,5 uur. Deze batterijen hebben ook maar een zelfontlading percentage van 5 procent per maand als je de batterij niet gebruikt. Bij NiCd-batterijen is dit 20 procent per maand

en bij NiMH-batterijen zelfs 30 procent. Je kan een LiPo batterij dus gerust een hele tijd ongebruikt laten liggen zonder te vrezen dat je batterij volledig leeggelopen is. Dit is een voordeel voor UAV's van politiediensten die misschien enkele weken niet gebruikt worden en dan plots in actie moeten schieten door een onverwachte gebeurtenis die zich voordoet.

Ten derde geen geheugeneffect bij batterijen zeer belangrijk. Dit is het effect dat optreedt bij accu's die worden opgeladen wanneer ze nog niet volledig leef zijn. Het gevolg van dit vroegtijdig opladen is dat de batterij de volgende keer niet meer volledig wilt opladen. LiPo-batterijen hebben hier geen last van. Dit is een enorm voordeel voor een UAV bij de politie. Wanneer een UAV er een opdracht heeft opzitten en terugvliegt naar zijn thuisbasis, dan kan deze UAV al opgeladen worden in de tussentijd. Het is dus niet nodig om te wachten tot de batterij volledig leeg is in tegenstelling tot oudere batterijen zoals NiCd en NiMH-batterijen. Tenslotte. Een bijkomend argument om te kiezen voor een LiPo batterij is de prijs. Doordat er geen hoge kosten zijn voor een robuste, mechanisch sterke behuizing zoals bij Lithium-ion batterijen zijn LiPo batterijen doorgaans goedkoper dan Lithium-ion batterijen.

Het grote nadeel van een LiPo batterij is dat deze zeer ontvlambaar zijn. Deze batterijen moeten dus met grote zorg behandeld worden en correct opgeladen worden. Indien dit niet het geval is kan deze explosief worden en kunnen de chemicaliën van de batterij tegen zeer hoge temperaturen als een vuurbal naar buiten gekatapulteerd worden. Daarom is het belangrijk om steeds de juiste oplader te gebruiken en men mag LiPo's ook nooit opladen aan hogere snelheden dan opgegeven op de batterij. Bovendien moet een LiPo batterij bij de minste vorm van vervorming of beschadiging ook steeds vervangen worde. Maar indien alles correct verloopt hoeft men zich geen zorgen over te maken over de veiligheid.

Algemeen kan men dus concluderen dat LiPo batterijen de voorkeur verdienen tegenover andere soorten batterijen. In deze scriptie worden er dan ook enkel nog UAV's onderzocht die over een LiPo batterij beschikken. Voor het samenstellen van onze eigen drone verderop in deze scriptie wordt er ook gebruik gemaakt van een Lithium-polymeer batterij.

2.2 Communicatie

Ten eerste is het belangrijk om te weten hoe je een drone kan aansturen. Om te communiceren met een UAV wordt er vaak gebruik gemaakt van het MAVLink protocol. Het Micro Air Vehicle Link protocol, of kortweg MavLink, standaardiseert de communicatie tussen de drone en het grondplatform. Zowel het versturen als het ontvangen van boodschappen tussen een Ground Control Station en de flight controller van de UAV is dan mogelijk. Concreet is MavLink een protocol dat alleen maar koptekstberichten (header-only) verstuurt tussen de flight controllers van de UAV en het grondplatform die de UAV aanstuurt. De berichten die verzonden worden bestaan uit twee soorten signalen, een heartbeat en een controleboodschap. De heartbeat wordt eens per seconde uitgezonden en laat hiermee eigenlijk weten aan het netwerk dat de UAV (of het grondplatform) bestaat. En hierdoor kunnen andere componenten die verbonden zijn met hetzelfde MavLink-netwerk ook van het bestaan van de UAV (of grondplatform) afweten en er mee communiceren. Een

component wordt dus enkel als verbonden beschouwd indien de heartbeat met regelmaat wordt ontvangen. Je kan dit dus vergelijken met de hartslag van een mens. Eens de hartslag van een persoon wegvalt kan je ook niet meer communiceren met die persoon. Het controle signaal duidt aan of een UAV autonoom (dus door de software volledig zelfstandig) of manueel wordt bestuurd. Deze signalen worden vervolgens geconverteerd door codegeneratoren zodat dit een flight controller deze boodschappen kan begrijpen. Om te verzekeren dat de berichten goed aankomen wordt er een cyclische redundantiecontrole uitgevoerd op de laatste twee bytes van elk bericht dat verzonden wordt. Hieronder vindt u in figuur 2 hoe een MavLink Frame typisch is opgesteld.

Ten tweede is het van belang om een UAV goed te beveiligen tegen hacking. Zeker voor een UAV bij de politie is dit van cruciaal belang. Politiediensten beschikken namelijk over gevoelige informatie. Men kan het zich niet permitteren dat derde partijen toegang hebben tot de camerabeelden van de UAV. Of nog erger dat een derde partij de UAV van de politiediensten kan onderscheppen en volledig kan overnemen. Daarom is het zeer belangrijk om een UAV goed te beschermen tegen hacking. Een drone hacken is namelijk zeer makkelijk omdat de communicatie gebeurt via het draadloos communicatiekanaal (WIFI). Dit is een zeer kwetsbaar kanaal omdat er veel veiligheidsmaatregelen ontbreken. Enkel het WIFI-netwerk beveiligen is niet goed genoeg. Op de markt zijn er zelfs toestellen die het mogelijk maken om de elektronische signalen van een voorbijvliegende UAV te monitoren en te analyseren om kritische informatie te verkrijgen. Eén van de toestellen die dit mogelijk maakt is de AeroScope van DJI. Dit toestel is bedoelt om gevoelige locaties zoals militaire basissen, gevangenissen en kerncentrales te beschermen tegen de overgrote meerderheid van de populaire drones. Daarmee geeft DJI dus eigenlijk zelf al aan dat het mogelijk is om de meeste drones makkelijk te haken. DJI is een bedrijf dat zijn reputatie hoog wilt houden, daarom verkopen zij deze toestellen enkel aan klanten die ze vertrouwen, zoals bepaalde overheden en gevoelige bedrijven. De auteur van deze scriptie geloofd dat DJI het beste voor heeft met de maatschappij, maar vindt tevens dat het lichtjes naïef is om te denken dat zo'n toestel nooit eens bij mensen met verkeerde bedoelingen terecht komt. Ook is het waarschijnlijk mogelijk om zo'n toestel na te maken. Daarom achten wij het in deze scriptie zeker nodig om altijd encryptie te voorzien. Dit houdt in dat de boodschappen die men wenst te versturen eerst worden geëncrypteerd en dan pas worden verzonden over het Wifi-netwerk. Ook is het aan te raden om gebruik te maken van een rsa-key en WPA2. Op die manier kan je de berichten die je verstuurd maximaal beveiligen.

Zelf MavLink-berichten schrijven kan zeer moeilijk worden, daarom wordt er vaak een mission planner gebruikt om de communicatie met een UAV te vereenvoudigen. De mission planner vormt een abstractielaag bovenop de MavLink berichten. Op die manier hoeft de gebruiker zich niet bezig te houden met alle technische aspecten hieromtrent. Zo kan de gebruiker gemakkelijk routes plannen, de drone laten opstijgen, landen en zo veel meer. Er zijn verschillende tools die mission planners incorporeren, zoals ArduPilot, Dronekit en QGroundControl. Deze drie tool gebruiken alle drie het MavLink protocol. In de onderstaande figuur wordt weergegeven hoe een mission planner zijn dienst bewijst tijdens een vlucht met een UAV. In deze figuur wordt er ook al rekening mee gehouden dat de berichten best beveiligd worden. De UAV zal tijdens de vlucht de geëncrypteerde berichten die hij ontvangt decrypteren om zo te weten te komen wat hij moet doen. Als de UAV zelf berichten wilt versturen via het MavLink protocol, dan worden deze eerst

geëncrypteerd om vervolgens door de ground control station gedecrypteerd te worden. Op die manier is de communicatie via UAV's veilig.

2.3 Object Detectie

2.4 Zwermen

3. Methodologie

In de methodologie wordt er in hoofdstuk 1 besproken hoe er te werk werd gegaan in het praktische gedeelte van deze scriptie. In hoofdstuk 2 wordt er gekeken hoe politiediensten zelf hun drone kunnen samenstellen. In dit hoofdstuk wordt vooral de nadruk gelegd op de batterijen, security/flight controllers, camera en de objectdetectiesoftware die nodig is om zelf een drone samen te stellen.

3.1 Hoofdstuk 1

Nog schrijven hoe ik zelf te werk ben gegaan bij de Tello DJI

3.1.1 Tello DJI uitleggen, waarom heb ik dit gekocht en geen ander

want deze kan je zelf programmeren en een goedkoop instap model Dit nog uitschrijven! Best ook een foto van je Tello DJI erbij. Zo hebben de lezers van mijn scriptie een idee hoe het er uit ziet.

3.1.2 OpenCV uitleggen

Dit nog uitschrijven, best ook screenshots tonen, zo is het makkelijk uit te leggen.

3.1.3 Ook eens de interface op de webpagina uitleggen

Steek er een screenshot bij voor mijn lezers

3.1.4 Waarom geen MavLink in de POC

De drone die voor het praktische gedeelte van deze scriptie is aangekocht, is de Tello DJI. DJI ontwerpt voor al hun drones hun eigen DJI flight controller. De DJI flight controller kan enkel aangestuurd worden door de DJI SDK. De flight controllers van DJI gebruiken dus hun eigen protocol, die verschilt van het MavLink-protocol. In het praktische gedeelte van deze scriptie is er dan ook geen gebruik gemaakt van het MavLink-protocol. Achteraf gezien was het ook niet zo erg dat er geen gebruik werd gemaakt van het MavLink-protocol. Na het erop naslaan van de literatuur leek handig om gebruik te maken van het MavLink-protocol, maar al snel bleek dat dit op korte termijn te hoog gegrepen was. Want voor elke boodschap die je moet versturen naar de UAV moet je een eigen MavLink bericht genereren daarenboven moet je deze berichten ook op het juiste moment versturen. Dit neemt veel tijd in beslag en bovendien is volgens veel reacties op stackoverflow.com de gegenereerde MavLink-code niet gemakkelijk te gebruiken en is de DJI SDK te verkiezen. Indien er een andere drone beschikbaar was, of indien er gekozen werd om volledig zelf een drone te maken, dan kon er uiteraard wel gekozen zijn om gebruik te maken van ArduPilot, Dronekit of QGroundControl. Maar doordat er enkel een Tello DJI beschikbaar is heeft de auteur van deze scriptie deze software niet kunnen uittesten.

In het volgende hoofdstuk wordt er ook uitgelegd hoe politiediensten hun UAV kunnen beschermen via de N3 flight controller van DJI.

3.1.5 Afsluiten

Hieruit hebben we geleerd dat het mogelijk is om personen te detecteren met een commerciële drone en opensource software. De nodige technologie is dus beschikbaar voor politiediensten. Dit praktische gedeelte was uiteraard maar een goedkope POC (proof of concept), deze opstelling is niet geschikt voor in echte situaties. Deze drone is iets te klein en de camera is niet geschikt voor in het donker en met grote schaduw te werken.

3.2 Hoofdstuk 2

Uit de literatuurstudie en het praktische gedeelte hebben we nu al veel geleerd. Nu wordt er gekeken hoe politiediensten zelf een UAV kunnen samenstellen. Indien je zelf een UAV in elkaar wilt steken dan moet je zoals eerder al is aangegeven met enkele zaken rekening houden. In dit hoofdstuk wordt er onder andere een antwoord gegeven op welke LiPo-batterijen, camera, objectdetectiesoftware en welke flight controller (voor de security) er nu geschikt is voor de politie. Na dit hoofdstuk gelezen te hebben zouden politiediensten in staat moeten zijn om zelf een UAV in elkaar te kunnen steken die geschikt is voor hun

politiewerk. Naar dit hoofdstuk hebben we opgebouwd en dit hoofdstuk vormt dan ook de kern van deze scriptie.

3.2.1 LiPo

Nog schrijven welke LiPo batterij er nu geschikt is.

3.2.2 Camera

Nog schrijven voor welke camera ze moeten kiezen. En hoeveel camera's

3.2.3 Objectdetectie software

Nog schrijven of je gebruik maakt van opencv of beter object detectiesoftware koopt

3.2.4 Flight controller

Als je een drone wilt aansturen dan moet je je vooral afvragen voor welke flight controller je kiest. De flight controller kan men beschouwen als het brein van de drone. Het is een printplaat waar allerlei sensoren zijn op gemonteerd. Zo goed als alle flight controllers hebben een gyroscoop, een versnellingsmeter, een barometer en een kompas. Deze sensoren kunnen de bewegingen van de drone detecteren, de lokaliseren en kunnen de commando's van de dronepiloot ontvangen. De flight controller zal deze data onder andere gebruiken om de drone te navigeren, beelden door te sturen, de motoren aan te sturen en nog veel meer. De flight controller is dus eigenlijk het belangrijkste onderdeel van een drone. Het kiezen van een flight controller is geen eenvoudige keuze. Er zijn veel verschillende flight controllers beschikbaar op de markt. Maar er zijn kort samengevat twee verschillende categorieën. Enerzijds kan je kiezen voor een flight controller van een groot bedrijf die allerlei extra's biedt (zoals de N3 flight controller van DJI) of je kan kiezen voor een meer generieke flight controller die je vooral zelf moet gaan instellen (zoals de Navio2) en die geen extra's aanbiedt. Wij gaan hieronder eerst bespreken hoe je een UAV kan samenstellen met een meer generieke flight controller, daarna wordt er dieper ingegaan op de N3 flight controller van DJI. Ten slotte wordt er een antwoord gegeven op de vraag welke flight controller te verkiezen is voor politiediensten.

Ten eerste kan men kiezen voor een generieke flight controller. Van deze flight controllers zijn er honderden verschillende keuzes op de markt. Om hier een flight controller te kiezen moet je eerst een hardware keuze maken, zo zijn er flight controllers in verschillende formaten, met meer of minder CPU en met verschillende extra opties, zoals wel of geen GPS, wel of geen sonar, ... Naast de keuze voor de hardware moet men hier ook een keuze maken in de firmware die men wenst te gebruiken. De producenten van deze flight controllers willen namelijk hun eigen firmware opdringen. Indien je deze firmware niet wenst te gebruiken kan je nog altijd gebruik maken van opensource firmware, zoals

Betaflight, FC Firmware of RaceFlight. Dit vormt volgens de auteur van deze scriptie het grootste struikelblok om te kiezen voor een generieke flight controller. De firmware die gebruikt wordt voor deze generieke oplossingen zijn vooral bedoeld voor hobbyisten en deze bevatten ook vaak bugs. Dit is dus geen ideale oplossing voor politiediensten, want die kan voor onvoorzien problemen zorgen. Eigenlijk is het kiezen van een generieke flight controller wat ons betreft nooit een ideale oplossing. Want na het kiezen van de hardware en de firmware moet er nog zelf gezorgd worden voor een SDK om te communiceren met de UAV. Zoals eerder al aangehaald kan je om te communiceren met een UAV gebruik maken van MavLink. Tijdens het erop naslaan van de literatuur leek het er op het eerste oog op dat MavLink een goede keuze was om berichten te versturen van en naar een UAV. Via de source code van MavLink op github (<https://github.com/mavlink/mavlink>) kan je zelf MavLink messages genereren. Maar dit bleek al snel een hele opgave te zijn. Voor elke boodschap die je moet versturen naar de UAV moet je een eigen MavLink bericht genereren daarenboven moet je deze berichten ook op het juiste moment versturen. Dit neemt veel tijd in beslag en bovendien is volgens veel reacties op stackoverflow.com de gegenereerde MavLink-code niet gemakkelijk te gebruiken en is een SDK zoals die van DJI te verkiezen. Uiteraard kan je er ook voor kiezen om gebruik te maken van mission planner zoals van ArduPilot, Dronekit of QGroundControl, maar zoals eerder vermeld zijn dit ook open source oplossingen die bugs bevatten. Kortom, in deze scriptie raden wij niet aan om gebruik te maken van een generieke flight controller. Deze flight controllers zijn vooral bedoelt voor hobbyisten, of voor bedrijven die het niet erg vinden dat er enkele bugs in hun UAV zitten. Voor politiediensten die met gevoelige informatie werken, zoals camerabeelden van een verdachte persoon, wordt er aangeraden om te kijken naar andere oplossingen.

Ten tweede kan kiezen voor een meer gesofisticeerde flight controller met extra opties. Deze flight controllers zijn veel gemakkelijker te gebruiken, maar kosten doorgaans wel een stuk meer. In deze paragraaf wordt er vooral gekeken naar de N3 flight controller van DJI. Deze is te koop voor ongeveer 350 euro. Voor het maken van deze scriptie waren er geen middelen beschikbaar om de N3 flight controller aan te schaffen. De bevindingen in deze bachelorseproef zijn dus ook louter gebaseerd op wat er in de literatuur wordt geschreven. Maar wij hebben geen reden om aan te nemen dat deze dure flight controller minder goed zou werken dan hun goedkope instapmodellen. De N3 flight controller wordt door tal van professionele gebruikers aangeschaft. Ook door buitenlandse politie-eenheden en overheden. In deze scriptie wordt dan ook geopteerd voor het aanschaffen van deze flight controller. Waarom zou je kiezen voor een flight controller waar je nog alles zelf moet doen en waarom veel open source code bij zit? Dit is zoals zelf je operating system schrijven. Voor hobbyisten en startups is het een mogelijkheid om te kiezen voor een generieke flight controller, maar voor politiediensten wordt in deze scriptie aangeraden om te opteren voor een flight controller met beveiliging van grote dronemakerbedrijven zoals DJI N3 flight controller. De N3 flight controller biedt tal van voordelen ten opzichte van de generieke flight controllers. Deze flight controller is makkelijk te gebruiken via de DJI SDK (zoals eerder beschreven, maakt deze geen gebruik van MavLink, DJI heeft een eigen berichtensysteem ontwikkeld). Deze SDK werd ook gebruikt in het praktische gedeelte van deze bachelorseproef. Ook beschikt deze flight controller over allerlei functies om het vliegproces te optimaliseren. Zo is er onder andere een dual IMU redundancy en

een ingebouwde black box. Het ingebouwde algoritme van DJI zal bij wanneer één van de IMU uitvalt automatisch overschakelen naar de ander IMU zodat het systeem rustig kan verder werken. De black box zal ervoor zorgen dat elk detail (van de motoren en sensoren) van de UAV zal opgeslagen worden. Deze black box maakt het makkelijk om de UAV in real-time te monitoren. Een bijkomend voordeel van deze flight controller is dat er heel wat software van DJI is die hierbij compatible is. Zo kan je onder ander gebruik maken van de DJI GO en DJI Assistant 2. Deze software laat toe om de videobeelden van je UAV live te volgen, de batterijstatus te controleren, en veel meer. Kortom, de N3 flight controller kan op het eerste zicht duur lijken in de aanschaf, maar je hebt wel het voordeel dat je niet zelf een SDK moet schrijven om je berichten te versturen en je moet ook geen open source software gebruiken die veel bugs bevat. De auteur van deze scriptie is er dan ook van overtuigd dat de N3 flight controller de beste keuze is voor politiediensten.

3.2.5 Afsluiten

4. Conclusie

A. Onderzoeksvoorstel

Het onderwerp van deze bachelorproef is gebaseerd op een onderzoeksvoorstel dat vooraf werd beoordeeld door de promotor. Dat voorstel is opgenomen in deze bijlage.

A.1 Introductie

Hier introduceer je werk. Je hoeft hier nog niet te technisch te gaan.

Je beschrijft zeker:

- de probleemstelling en context
- de motivatie en relevantie voor het onderzoek
- de doelstelling en onderzoeksraag/-vragen

A.2 State-of-the-art

Hier beschrijf je de *state-of-the-art* rondom je gekozen onderzoeks domein. Dit kan bijvoorbeeld een literatuurstudie zijn. Je mag de titel van deze sectie ook aanpassen (literatuurstudie, stand van zaken, enz.). Zijn er al gelijkaardige onderzoeken gevoerd? Wat concluderen ze? Wat is het verschil met jouw onderzoek? Wat is de relevantie met jouw onderzoek?

Verwijs bij elke introductie van een term of bewering over het domein naar de vakkunst, bijvoorbeeld (Doll & Hill, 1954)! Denk zeker goed na welke werken je refereert en

waarom.

Je mag gerust gebruik maken van subsecties in dit onderdeel.

A.3 Methodologie

Hier beschrijf je hoe je van plan bent het onderzoek te voeren. Welke onderzoekstechniek ga je toepassen om elk van je onderzoeks vragen te beantwoorden? Gebruik je hiervoor experimenten, vragenlijsten, simulaties? Je beschrijft ook al welke tools je denkt hiervoor te gebruiken of te ontwikkelen.

A.4 Verwachte resultaten

Hier beschrijf je welke resultaten je verwacht. Als je metingen en simulaties uitvoert, kan je hier al mock-ups maken van de grafieken samen met de verwachte conclusies. Benoem zeker al je assen en de stukken van de grafiek die je gaat gebruiken. Dit zorgt ervoor dat je concreet weet hoe je je data gaan moeten structureren.

A.5 Verwachte conclusies

Hier beschrijf je wat je verwacht uit je onderzoek, met de motivatie waarom. Het is **niet** erg indien uit je onderzoek andere resultaten en conclusies vloeien dan dat je hier beschrijft: het is dan juist interessant om te onderzoeken waarom jouw hypothesen niet overeenkomen met de resultaten.

Bibliografie

- Doll, R. & Hill, A. B. (1954). The mortality of doctors in relation to their smoking habits: a preliminary report. *British Medical Journal*, 328(7455), 1529–1533.
- Pollefliet, L. (2011). *Schrijven van verslag tot eindwerk: do's en don'ts*. Gent, Academia Press.