

Projectboek

Project Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Mechatronica Hoofdfase 2 blok 2 (MeH2.2)

Cursusjaar: 2014-2015



Foto: Aeryon Scout Micro VTOL UAV with gyro stabilized camera payload
(Bron: <http://en.wikipedia.org>)

Auteurs:	P.R. Fraanje E. Kouwe A. Noroozi D. van Teylingen
Datum:	28/04/15
Versie:	3.0

Inhoudsopgave

1 Inleiding.....	3
2 Casus en opdrachtbeschrijving.....	3
2.1 Casus.....	3
3 Leerdoelen en toetsing.....	5
3.1 Leerdoelen.....	5
3.2 Toetsing.....	7
4 Project organisatie en flankerend onderwijs.....	8
4.1 Project organisatie.....	8
4.2 Flankerend onderwijs.....	9

1 Inleiding

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) zijn, zoals de naam al zegt, vliegtuigen zonder bemanning. Omdat een UAV geen bemanning hoeft te vervoeren kan deze veel *kleiner* worden uitgevoerd dan andere vliegtuigen. Hierdoor is de UAV niet alleen relatief veel goedkoper in aanschaf en gebruik, maar ook veel minder opvallend dan gewone vliegtuigen. Een ander belangrijk voordeel is, dat hoe kleiner “aerial vehicles” worden, hoe *wendbaarder* ze zijn, zie bijv. het artikel van Prof. Vijay Kumar [1], of zijn lezing op TED [2] of zijn lezing tijdens de SolidWorks World 2013 [3].

Vanwege deze voordelen worden UAV's, ook wel drones genoemd, al geruime tijd gebruikt voor militaire toepassingen, vooral om informatie te verkrijgen maar soms ook om gevechtsacties uit te voeren, zie onder andere het artikel [4]. Sinds een paar jaar zijn drones op de markt die ook voor (kleine) bedrijven en consumenten betaalbaar zijn, zo is de AR Drone 2.0 [8] welke in dit project gebruikt zal worden, al voor een bedrag van €300,- te verkrijgen. De daling in aanschafprijs en gebruik van UAV's opent mogelijkheden voor gebruik in veel meer toepassingen, waaronder surveillance van verkeer, het bezorgen van pakketjes, de monitoring van grote groepen mensen tijdens evenementen, inzet tijdens calamiteiten bijv. om schadelijke stoffen te detecteren of om de intensiteit van radioactieve straling te meten, om een aantal toepassingen te noemen, zie [9,10].

Het doel van dit project is om op basis van de AR Drone 2.0 een toepassing te ontwikkelen waarmee de mogelijkheden van de drone worden gedemonstreerd. De opdracht wordt in hoofdstuk 2 nader toegelicht. Om een drone goed te kunnen besturen heb je kennis nodig van positiebepaling en regeltechniek. Deze kennis zal voor een deel behandeld worden in de colleges positiebepaling en regeltechniek, voor een deel in tutorials, maar ook voor een deel via zelfstudie. Soms zul je merken dat het handig is om sommige kennis, zoals bijvoorbeeld over IMU's of over PID control, al te beheersen voordat dit behandeld wordt in colleges. Dan is het slim om al eerder die kennis op te doen, bijvoorbeeld aan de hand van bronnen op internet. De docenten kunnen je hierbij adviseren.

Dit projectboek is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de casus. Hoofdstuk 3 geeft de leerdoelen en de toetsing van het project. Hoofdstuk 4 beschrijft de organisatie van het project en gaat in op de relatie met het overige onderwijs in dit blok.

2 Casus en opdrachtbeschrijving

Met je projectteam heb je een drone ontwikkeld, laten we zeggen de AR.Drone 2.0. Jullie willen deze nu op de markt brengen. Binnenkort staan jullie op een grote internationale verkoopbeurs, en willen daar aandacht trekken met een voorbeeld toepassing waarmee de mogelijkheden van de drone worden gedemonstreerd.

De opdracht luidt dan ook: ontwikkel en demonstreer een toepassing voor de AR.Drone 2.0. Deze moet voldoen aan de volgende eisen:

- er moet een operatiemodus zijn waarin de drone zich verplaatst naar een opgegeven positie;
- er moet een operatiemodus zijn waarin de drone een ander object (op de grond of in de lucht) volgt;
- de toepassing dient veilig te zijn voor
 - mensen (zoals omstanders en de bestuurder)
 - dieren (zoals vogels)
 - het milieu
 - de drone zelf

en dient onder andere te beschermen tegen:

- bugs in de verschillende besturingsprogramma's van de drone
- hardware defecten
- plotseling opsteken van wind
- hackers die de controle over de drone willen overnemen

Van de toepassing en de demonstratie dient een filmpje gemaakt te worden, die op de website van het bedrijf en bijvoorbeeld op beurzen getoond kan worden. Verder dient het ontwerp, de realisatie en de test van de toepassing systematisch beschreven te worden in een projectverslag. In het ontwerp verslag moeten minimaal drie mogelijke toepassingen worden voorgesteld. Deze moeten voorgestelde toepassingen worden afgewogen door criteria die door de projectgroep zelf worden opgesteld. De gekozen toepassing zal verder worden uitgewerkt, en in detail worden beschreven in het projectverslag. Hierbij dient er gebruikt te worden gemaakt van het V-model, waarbij de diverse subsystemen en hun functies beschreven te worden, deze afzonderlijk worden getest en tenslotte worden geïntegreerd tot het complete systeem welke ook weer wordt getest op basis van een vooraf opgesteld testprotocol.

Elke projectgroep krijgt de beschikking over een AR.Drone 2.0. Voor dit type drone is een flexibele software development kit (SDK) en er zijn inmiddels diverse (onderzoeks) projecten waarbij deze drone is gebruikt. Van bestaande resultaten kan gebruik worden gemaakt, er dient dan uiteraard wel naar verwezen te worden.

3 Leerdoelen en toetsing

3.1 Leerdoelen

De leerdoelen van deze cursus zijn opgedeeld in leerdoelen met betrekking tot een zestal domeinen:

- Projectmanagement
- Quadcopter UAV technologie
- Positiebepaling
- Regeltechniek
- Ethiek
- Algemene ingenieurs vaardigheden

Voor de domeinen Quadcopter UAV technologie, Positiebepaling en Regeltechniek staan de leerdoelen in volgorde van toenemend beheersingsniveau. De leerdoelen over Positiebepaling en Regeltechniek overlappen gedeeltelijk met de leerdoelen van de vakken Positiebepaling en Regeltechniek.

Van HBO ingenieurs wordt verwacht dat ze recente technologie (en wetenschappelijke resultaten) kennen en kunnen toepassen in verschillende situaties, en internationale ontwikkelingen op hun terrein kunnen volgen en op in kunnen spelen. Binnen de domeinen Quadcopter UAV technologie, Positiebepaling en Regeltechniek ga je werken met (recente) technologieën en zul je je ontwikkelen op de HBO engineering competenties van onderzoeken, ontwerpen, en professionalisering.

Een andere HBO competentie waarin je je zult ontwikkelen, is het besef van maatschappelijke verantwoordelijkheid. Binnen de SLB opdrachten zul je werken aan begrip van en betrokkenheid bij ethische, normatieve en maatschappelijke vragen in de beroepspraktijk, waarbij de casus van het gebruik van UAV's het uitgangspunt zal zijn.

Verder zul je ook in dit project je verder ontwikkelen in de competentie van probleemgericht werken. Dit houdt in dat je onder begeleiding complexe probleemsituaties kan definiëren en analyseren, en op basis van relevante kennis (Quadcopter UAV technologie, Positiebepaling en Regeltechniek) in staat bent het probleem op te lossen en de effectiviteit van de oplossing te beoordelen.

Deze competenties ga je (verder) ontwikkelen door te werken aan de onderstaande leerdoelen. Bij een eerste lezing zullen een heel aantal leerdoelen nog niet direct duidelijk zijn. Lees gewoon verder, maar herlees de leerdoelen geregeld tijdens het verloop van het project en ga na in welke mate je de doelen hebt behaald en waaruit dit blijkt.

Na succesvolle uitvoering van dit project kun je:

- **Projectmanagement:**
 - een projectplan kunnen schrijven met daarin een heldere omschrijving van het doel van het project en de afbakening van grenzen (wat wel, wat niet), en een logische en complete opdeling van taken/werkpakketten met een bijbehorende evenwichtige planning en milestones;
 - gestructureerd en planmatig kunnen werken, hier op kunnen reflecteren en zonodig tijdig voorstellen kunnen doen voor aanpassing van de planning, die in overleg met de begeleider kunnen worden doorgevoerd;
 - heldere verantwoording van het gerealiseerde product en evaluatie aan de hand van de ontwerpeisen;
 - tijdens en achteraf kunnen reflecteren op het verloop van het project.
- **Quadcopter UAV technologie:**
 - het dynamische gedrag van een quadcopter kunnen uitleggen, de betekenis van de termen pitch, roll, yaw en thrust uitleggen, en aangeven hoe deze soorten bewegingen gegenereerd worden;
 - een technische beschrijving geven van de AR Drone 2.0, aan de hand van een SysML Block Definition Diagram, met daarin specificaties van de diverse sensoren, actuatoren, besturingshardware en software;
 - ken je de AT commando's van de Application Program Interface (API) en kun je de werking hiervan uitleggen, vergelijk Hst. 6 in [11];
 - ken je de werking van *sockets*, en kun je vanuit Python (of C, C++ of een andere programmeertaal) via sockets AT commando's sturen naar de AR Drone om navigatie data (positie, oriëntatie, video) op te vragen en de Drone aan te sturen (zie [11] en vergelijk ook [17,18]);
- **Positiebepaling:**
 - kun je de werking van een Inertial Measurement Unit (IMU) uitleggen, en aangeven waaruit de IMU in de AR Drone 2.0 bestaat;
 - kun je de positie van de AR Drone 2.0 bepalen aan de hand van sensoren bevestigd aan de quadcopter;
 - ken je de beperkingen van een IMU voor het bepalen van de quadcopter positie;
 - kun je uitleggen hoe een indoor positie systeem werkt;
- **Regeltechniek:**
 - kun je de functies van de regelaar die geïmplementeerd is op de AR Drone 2.0 uitleggen, namelijk automatisch stabiliseren en vereenvoudigen van de besturing (besturing in termen van pitch, roll, yaw en thrust ipv. het toerental en de richting van de 4 DC motors);
 - kun je uitleggen hoe de quadcopter een baan kan volgen met behulp van een feedforward regelaar en met behulp van een feedback regelaar en wat de voor- en nadelen van beide benaderingen zijn;
 - ken je de betekenis van de regelparameters Kp (proportionele versterking), Ki (integrerende versterking) en Kd (differentiërende versterking);

- kun je de regel parameters van de quadcopter instellen met behulp van tuning regels;
 - kun je een regelaar ontwerpen, implementeren en testen, om de quadcopter zo nauwkeurig en zo snel mogelijk een bepaalde baan te laten afleggen;
- **Ethiek (onderdeel van studieloopbaanbegeleiding):**
 - kun je reflecteren op de ethische aspecten ten aanzien van het gebruik van UAV's in militaire en civiele toepassingen;
 - ben je op de hoogte van de regelgeving met betrekking tot het gebruik van UAV's;
 - kun je voorbeelden geven van de ontwikkeling van UAV's door bedrijven en de beoogde toepassing(en);
- **Netwerken (onderdeel van studieloopbaanbegeleiding):**
 - kun je je persoonlijke netwerk (online en offline) onderhouden, uitbreiden en effectief inzetten bij het behalen van je doelen;
 - jezelf presenteren in een elevator pitch;
- **Algemene ingenieurs vaardigheden:**
 - kun je zelfstandig relevante technische en wetenschappelijke literatuur vinden met behulp van zoekmachines zoals Google Scholar (<http://scholar.google.com>) en/of Research Gate (<http://www.researchgate.net>);
 - kun je deze literatuur kritisch beoordelen en op waarde schatten;
 - kun je basisoperaties uitvoeren in het besturingssysteem Linux (veel gebruikt in embedded regelsystemen, robotbesturingen, etc.), waaronder het werken in een terminal (de commando's: ls, cd, cp, mv, rm, mkdir, rmdir), het installeren van packages/apps en het werken met een editor (geany, vim of emacs) en de Python interpreter ipython of een geïntegreerde ontwikkelomgeving zoals spyder (zie evt. <http://wiki.python.org/moin/IntegratedDevelopmentEnvironments>);
 - kun je werken met een softwareversiebeheersysteem zoals git.

3.2 Toetsing

De toetsing is erop gericht om te bepalen in hoeverre je bovenstaande leerdoelen hebt behaald, en wordt bepaald door de volgende onderdelen:

Omschrijving	Code	Beoordelingsschaal
Project UAV	UAV-X1	cijfer 1-10 (bodempijfer: 5.5)
Tutorials (versiebeheer, positiebepaling, regeltechniek)	UAVTUT-X1	Voldoende/Onvoldoende (bodembecoordeling: V)
Studieloopbaanbegeleiding (ethiek en netwerken)	UAVSLB-X1	Voldoende/Onvoldoende (bodembecoordeling: V)

Het cijfer voor Project UAV (UAV-X1) wordt als volgt bepaald:

Cijfer presentatie	20%
Cijfer eindverslag	30%
Cijfer technische realisatie	50%

In de beoordeling wordt onder andere geled op:

- onderbouwing van ontwerpkeuzes
- voldaan aan de gestelde eisen
- systematisch gewerkt volgens V-model

- originaliteit
- kwaliteit van afwerking

De tutorials bieden extra ondersteuning bij de uitvoering van het project, en zullen de volgende onderwerpen behandelen:

- versiebeheer (Git) (UAVVB)
- regeltechniek voor UAV's (UAVREG)
- positiebepaling van UAV's (UAVPB)

De inhoud en de opdrachten bij deze tutorials zullen bekend gemaakt worden tijdens de lessen.

4 Project organisatie en flankerend onderwijs

4.1 Project organisatie

Elke projectgroep komt minimaal wekelijks bijeen om de voortgang te bespreken, tijdens deze bijeenkomst zal in de regel ook de projectbegeleider aanwezig zijn. In week 1 zullen de tijdstippen en locatie van deze bijeenkomsten, in overleg met de begeleider, worden vastgesteld en in het samenwerkingscontract opgenomen. Op de agenda van deze wekelijkse begeleidingsmeetings zullen in ieder geval de volgende punten worden besproken (vgl. de scrum ontwikkelmethode):

- wat heeft het projectteam afgelopen week bereikt?
- wat zal het projectteam voor de volgende meeting gereed hebben?
- is er iets waardoor het projectteam vertraagd wordt?

Naast de wekelijkse begeleidingsbijeenkomsten zal de projectgroep regelmatig bijeenkomen om te overleggen en samen aan het project te werken, bij voorkeur allen op dezelfde locatie. Alle projectleden dienen aan het eind van elke week hun logboek en urenverantwoording bijgewerkt te hebben. Bij nalatigheid hierin zal eerst gewaarschuwd worden, maar kan daarna resulteren in ontslag uit de projectgroep.

Een aantal deelproducten zal in het verloop van het project opgeleverd moeten worden:

Week:	Deadline:	Beschrijving:	Inleveren bij:
1	Vrijdag 1/5	Samenwerkingsovereenkomst met daarin data en tijdstippen en locaties van de wekelijkse projectbijeenkomsten	Begeleider
1	Vrijdag 1/5	Plan van aanpak (met daarin globale planning en werkpakketten)	Begeleider
2	Vrijdag 8/5	Minimaal drie mogelijke toepassingen	Begeleider
2	Vrijdag 8/5	Demonstreren hoe de AR.Drone 2.0 aangestuurd kan worden via sockets, SDK, ROS, etc.	Begeleider
3	Vrijdag 15/5	Onderbouwde keuze van de toepassing die ontwikkeld gaat worden	Begeleider
4	Vrijdag 22/5	Concept inhoudsopgave + wie schrijft wat	Begeleider
7/8	Maandag 15/6 voor 17.00h	Papieren en Digitale versie eindrapport inclusief verslag 360 graden feedback	alle begeleiders Fraanje, Kouwe, Teylingen
9	Wordt nog meegedeeld	Eindpresentatie en demonstratie (voor: Fraanje, Kouwe en Teylingen)	

4.2 Flankerend onderwijs

In de tutorials zul je aan de hand van opdrachten werken aan onderdelen die je kunt gebruiken in je project. De opdrachten worden echter apart beoordeeld.

Ook de stof van de colleges Regeltechniek en Plaatsbepaling zul je in dit project dienen te gebruiken. Daarnaast is het soms nodig, zelfstandig onderzoek te doen. Hierbij kunnen de docenten adviseren.

Referenties

- [1] V. Kumar en N. Michael, Opportunities and challenges with autonomous micro aerial vehicles, Int. Journal of Robotics Research, vol. 31, no. 11, pp. 1279-1291, 2012. [Online] http://www.isrr-2011.org/ISRR-2011/Program_files/Papers/kumar-ISRR-2011.pdf (Apr. 24, 2013)
- [2] V. Kumar, Autonomous Agile Aerial Robots, TED Talks, Mar. 1, 2012 [Online] http://www.youtube.com/watch?v=4ErEBkj_3PY (Apr. 25, 2013).
- [3] V. Kumar, SolidWorks World 2013 Day 2, <http://www.youtube.com/watch?v=26hcgH4eW5s> (Apr. 24, 2013)
- [4] R. Kumar, Tactical Reconnaissance: UAV's versus Manned Aircraft, Air command and staff college, 1997.
- [5] AR Drone 2.0, Parrot company, [Online] <http://ardrone2.parrot.com> (Apr. 25, 2013).
- [6] Z. Sarris, "Survey of UAV applications in civil markets", The 9th IEEE Mediterranean Conference on Control and Automation (MED'01), 2001.
- [7] A. Puri, "A survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Traffic Surveillance", Department of Computer Science and Engineering, University of South Florida, 2005, [Online] <http://www.csee.usf.edu/~apuri/techreport.pdf> (Apr. 24, 2013)
- [8*] AR Drone Developer Guide 2.0, [Online] <https://projects.ardrone.org> (Apr. 25, 2013).

- [9*] S. Gupte, P.I.T. Mohandas, J.M. Conrad, "A survey of quadrotor Unmanned Aerial Vehicles", Proceedings of IEEE Southeastcon, page 1-6, 2012. [Online] <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6196930> (Apr. 25, 2013)
- [10] S. Lupashin, A. Schollig, M. Hehn en R. D'Andrea, "The Flying Machine Arena as of 2010 ", Proceedings of IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, Shanghai, China, May 2011. [Online] <http://tiny.cc/fma2010> (Apr. 24, 2013).
- [11] M. Hehn en R. D'Andrea, "A flying inverted pendulum", Robotics and Automation (ICRA), IEEE International Conference on, page 763 - 770, 2011.
- [12] Cooperative Quadcopter Ball Throwing and Catching - IDSC - ETH Zurich, [Online] <http://www.youtube.com/watch?v=hyGJBV1xnJI> (Apr. 24, 2013)
- [13] N. Michael, D. Mellinger, Q. Lindsey en V. Kumar, "The GRASP Multiple Micro UAV Testbed", IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 17, no. 3, pp. 56-65, 2010.
- [14*] B. Venthur, Python-ardrone, [Online] <https://github.com/venthur/python-ardrone> (Apr. 25, 2013).
- [15*] B. Venthur, Introducing Python-ardrone, [Online] <https://projects.ardrone.org/boards/1/topics/show/2952> (Apr. 25, 2013)
- [16] mplot3d module tutorial, [Online] http://matplotlib.org/mpl_toolkits/mplot3d/tutorial.html (Mei 8, 2013).
- [17] Python visual module, Reference manual, [Online] <http://www.vpython.org/webdoc/visual/index.html> (Mei 8, 2013)
- [18] Python Open Dynamics Engine, [Online] <http://pyode.sourceforge.net/> (Apr. 28, 2014)