



**UNIVERSITY OF APPLIED
SCIENCES AND ARTS**

Stageportfolio

PXL-Digital

Expertisecentrum PXL Smart ICT

Student: **Bavo Knaeps**
Bedrijfspromotor: **Tim Dupont**
Hogeschoolpromotor: **Tim Dupont**

Hogeschool PXL
Elfde Liniestraat 24
B-3500 Hasselt

www.pxl.be

Contents

1 Informatiefiche

Student: **Bavo Knaeps**

bknaeps@gmail.com
+32 493 76 70 83
AON - AI & Robotics

Bedrijf stageplek: **Expertisecentrum PXL Smart ICT**

Elfde-liniestraat 24
B-3500 Hasselt

Bedrijfspromotor: **Dhr. Tim Dupont**

+32 495 46 55 25
tim.dupont@pxl.be

Hogeschoolpromotor: **Dhr. Tim Dupont**

Stageproject: Navigating Multi Agent UAV systems in dynamic environments

A single drone isn't able to accomplish much on a large scale. Compare this to a bee trying to harvest a field of flowers, an impossible task for just a single bee. Nature solves this problem using swarm intelligence, using a colony of bees working together to solve a bigger problem. This phenomenon is not only perceived in bees. Birds flocking, hawks hunting, animal herding, bacterial growth, fish schooling and microbial intelligence are all examples of swarm intelligence in nature. Multi agent UAV systems are based on swarm intelligence, using multiple UAVs (aka drones) to solve more complex and bigger problems that are impossible for just a single drone to solve.

This research is conducted by PXL Smart ICT, the IT Electronics center of expertise and part of the research department at PXL university of applied Sciences and Arts. The goal of the project is to enable IT-companies to implement UAV projects via rapid robot prototyping.

The internship provides a MAS architecture that supports homogeneous as well as heterogeneous structures. Each drone is an agent that processes data on its own and shares its findings with the other agents. The agent organization can handle hierarchical, hologenic and coalition teams. Different types of organizations will be compared regarding task completion time, computational time and accuracy of the completed task. A blackboard system takes care of knowledge sharing between agents, with the option of working over multiple computers.

ROS (Robotic Operating System) is used to control the drone, a PX4 autopilot. It's a set of software libraries and tools that help you build robot applications. The PX4 autopilot uses MAVLink, a very lightweight messaging protocol for communicating with drones. MAVROS, an implementation of MAVLink in ROS, is a component that can convert ROS topics and MAVLink messages allowing ArduPilot vehicles to communicate with ROS. This provides easy control of the UAVs. By gathering information from the UAV components the agents can analyze data. For example, the agent receives images from the camera and can detect if an object is a car using OpenCV, person or something else.

The goal of this internship is to create a flexible multi-agent system (MAS) architecture including a few exemplary demonstrators. In these examples, it's made clear how each UAV makes decisions and how data is shared.

2 Plan van aanpak

2.1 Situatieschets stagebedrijf + motivatie

The Internship company, the expertise center PXL smart ICT, develops all kinds of smart applications of emerging technologies and combines practical research and services at the intersection of IT and electronics. It's located in Corda campus – Hasselt, central Limburg, Belgium.

Next to the smart ICT department PXL university also has a research team that yearly develop multiple projects. PXL university offers a wide variety of courses for students.

The purpose of next semester is to set up a multi agent UAV system for businesses/ people so that they have a solid start base to develop their own prototypes applications.

2.2 Probleemstelling(en)

Currently there is no framework available to easily prototype multi agent UAV systems in a simple environment. In case a company/person would like to develop such technologies they would need to start of from nothing which would mean they would first need to invest time/money into developing such environments.

The current state of the project is a proof of concept with a single UAV. Developed for firefighters to give live feedback from the air, scanning the area for possible dangerous chemicals.

2.3 Doelstelling(en)

A flexible multi computer MAS architecture for robots. An implementation of the multi computer MAS architecture including a few exemplary demonstrators and a hierarchical state machine feature to make decisions.

For further research of the architectures there needs to be an in-depth comparison and analysis of different multi-agent decision-making systems.

2.4 Randvoorwaarden

- **Beslissingen:**

Er worden veel technologieën uitgetest, in het resultaat wordt gekeken naar de snelheid hiervan, de robuustheid en de nauwkeurigheid. Met al deze resultaten in rekening gehouden gaat dan de beste gekozen worden voor verder gebruikt in het project

- **Beperkingen:**

Vrije tijd is een beperkende factor. Naast stage werk ik ook nog als jobstudent bij practinet. Daarnaast heb ik ook nog een extra opdracht voor I-Talent om wat uren in te halen die ik heb gemist omdat ik op Erasmus was.

- **Kritische succesfactoren:**

een workstation is een must bij deze opdracht. Er worden 5-10 UAVs gesimuleerd en hebben elk wel wat reken vermogen nodig. Op een gewone laptop zou dit onmogelijk zijn.

- **Onzekerheden:**

Het systeem werkende krijgen over meerdere computers. Dit is moeilijk te testen zonder meerdere computers ter beschikking. Meerdere architecturen ten volle kunnen testen.

- **Afspraken:**

- Studenten houden zich aan de glijdende werkuren van Expertisecentrum PXL Smart ICT (I.e. 38u per week, starten ≤ 9 am, minimaal 30 min middagpauze)
- Alles wordt ontwikkeld op eigen laptop of op de voorziene workstations, tijdens de werkuren pushen naar een met de begeleider afgesproken repository
 - * Version Control verplicht te gebruiken voor Smart-ICT
 - * Github repo te voorzien door begeleider
- Voortgang bewaken door frequent stand-up meeting te doen
 - * Dagelijks invullen in #standup kanaal op Slack workspace vóór 09u15
 - * Fysieke stand-up met alle stagairs → 1x per week op vrijdag
- 1x per sprint presentatie van resultaten naar de begeleider toe (sprint planning)
- Insturingen
 - * Portfolio's en andere communicatie steeds via EPOS naar begeleider PXL
 - * Deadlines voor teksten op EPOS respecteren!
 - * **Geel markeren wat nieuw of aangepast is**
- Solliciteren tijdens stageperiode
 - * Flexibel
 - * Afstemmen met begeleiders en team
 - * Tijd inhalen
 - * Andere afspraken uit PPT stagebegeleiding
- Geen shenanigans
 - * Geen speeltuin
 - * Geen boksring
 - * etc.

2.5 Tijdsplanning

2.6 Bronnen

3 Rapportage

3.1 Wekelijkse rapportage

Datum:	24/02/2020 - 28/02/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none">• installatie workstations• opzetten dockerfiles• simulatie runnen met meerdere drones• klaarzetten voor implementaties• onderzoek voeren
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none">• dockerfiles + simumatie werken• meerdere drones tegelijk aansturen
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none">• generieke oplossing zoeken voor implementatie• zoeken naar generieke oplossing om resulaten te vergelijken• pycharm werkt niet
Oplossingen:	VS code aan het gebruiken.
Persoonlijke reflectie:	de installatie verliep vlot dankzij Borcherd en Vic. Paar Roadblocks al overkomen
Planning volgende week:	de knelpunten oplossen

Datum:	02/03/2020 - 06/03/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none"> • multithreading agents • methodes uitschrijven voor oppervlakte verkenning • controller voor makkelijke aansturing drones • blackboard node opzetten • custom messages • classe voor agents • hologenic structure
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none"> • classe agents • controller werkt • methodes zijn uitgeschreven • blackboard node werkt • hologenic structure
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none"> • aansturing van de drones • generieke oplossing voor een makkelijke controller • uitschrijven methodes om oppervlaktes te verkennen • te grote foutmarge op global gps • aanpassen van gps coordinates van global naar local
Oplossingen:	<ul style="list-style-type: none"> • Issues gepost en oplossing gekregen • multithreading opzoeken voor controller
Persoonlijke reflectie:	Te lang blijven hangen op domme fout bij de aansturing van de drones
Planning volgende week:	drones zelf laten vliegen, hard gecodeerd op een gebied

Datum:	09/03/2020 - 13/03/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none"> • drone paden laten afvliegen • methodes uittesten van agent om zelf punten te genereren • camera implementatie • snelheid van drones aanpassen • slam implementatie
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none"> • slam werkt maar overlapt → geen translatie op odom topic • UAVs vliegen op rustige snelheid • UAVs genereren zelf punten om af te vliegen • communicatie tussen agents, enkel coördinaten voorlopig
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none"> • aanpassen snelheid drones • communicatie tussen drones • zelf genereren van punten op map voor elke drone apart • drone die niks deed op publishen van een punt
Oplossingen:	<ul style="list-style-type: none"> • bug fix in de code
Persoonlijke reflectie:	Goede omvorming van code, onderzoek verliep vlot. Bronnen niet goed genoeg bijgehouden
Planning volgende week:	aanpassen algoritme zelf te vliegen. Meer gebieden dan drones zodat drones communiceren welk gebied verkend moet worden

Datum:	16/03/2020 - 20/03/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none"> • ombouwen vlieg algoritme • alle communicatie via blackboard node • drones communiceren om gebied te verkennen, geen overlap • custom messages met flags voor acties op gebieden • rtab implementeren • van xarco files naar sdf files
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none"> • communicatie via blackboard node • dynamische toekenning gebieden aan drones • custom messages met flags voor acties op gebieden • van xarco files naar sdf files
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none"> • rtab implementeren • van xarco files naar sdf files - \dot{z} kan geen meerdere drones aansturen
Oplossingen:	<ul style="list-style-type: none"> • terug naar xarco files • issue gepost maar geen reactie
Persoonlijke reflectie:	Veel te lang blijven hangen op bug in sdf files, issue gepost maar geen reactie
Planning volgende week:	object detection met opencv

Datum:	23/03/2020 - 27/03/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none"> • projectomschrijving feedback verwerken • portfolio verder aanvullen • opencv object detection (mensen en autos) • onderzoek betere object detectors (huidige : HOG, opencv haar) • bugfixes (opencv window crash) • nieuwe rtab map implementatie • teamcontroller
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none"> • Opendv geïmplementeerd • window crash na 1ste keer runnen controller → volledige restart voor nog eens te runnen ? • sdf terug naar xarco files voor de simulatie • translatie error op de rtab algoritme → mappen overlappen niet van verschillende drones
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none"> • translatie error op de rtab algoritme • xml files zijn niet goed • teamcontroller werkt nog niet , heeft veel userinput nodig
Oplossingen:	<ul style="list-style-type: none"> • andere classifier zoeken / color detection • research naar smash
Persoonlijke reflectie:	Het schrijven kan veel beter
Planning volgende week:	<ul style="list-style-type: none"> • object detection verfijnen • bugfixes • teamcontroller implementatie

Datum:	30/03/2020 - 03/04/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none"> • opencv object detection, haarclassifier, HOG experimenten • YoloV3, tinyYoloV3 • aanpassen dockerfiles • extra flags op gebieden voor meerdere mogelijke acties • tiny-yoloV3 optimaliseren
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none"> • opencv object detection, haarclassifier, HOG werken niet geweldig • YoloV3 te zwaar om te runnen • tinyYoloV3 werkt • extra flags op gebieden voor meerdere mogelijke acties
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none"> • tiny-yolo classified niet geweldig
Oplossingen:	<ul style="list-style-type: none"> • nog een andere classifier zoeken ? • stap terug zetten en verder kijken naar communicatie
Persoonlijke reflectie:	veel bijgeleerd over YoloV3, toch wel content over de vooruitgang van de code
Planning volgende week:	<ul style="list-style-type: none"> • gedurende vakantie uitrusten (aan I-talent werken) • volgende werkweek projectomschrijving feedback van taal verwerken • paper schrijven + latex project aanmaken

Datum:	20/04/2020 - 24/04/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none"> • Aan paper werken • taal feedback verwerken projectomschrijving • uitschrijven showcase
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none"> • eerste draft paper is af • paper staat in latex project • taalfeedback verwerkt voor projectomschrijving • showcase uitgeschreven , nu nog programmeren
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none"> • paper schrijven was even puffen
Oplossingen:	<ul style="list-style-type: none"> • tanden bijten
Persoonlijke reflectie:	aan de paper werken was vermoeiender dan verwacht
Planning volgende week:	<ul style="list-style-type: none"> • showcase programmeren

Datum:	27/04/2020 - 01/05/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none"> • final touches paper • taalversie afwerken • showcases programmeren • vliegen op velocity
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none"> • taalversie paper is af • search functie bugs • grote uitlijning voor de showcases ligt er
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none"> • veel bugs geschreven en terug gevonden. Code was niet generiek genoeg.
Oplossingen:	<ul style="list-style-type: none"> • Veel onderzoekwerk en nieuwe codeertechnieken gebruiken om de code te verbeteren.
Persoonlijke reflectie:	De oude code verbeteren verloopt wat trager omdat het heet generiek moet zijn.
Planning volgende week:	<ul style="list-style-type: none"> • ombouwen naar vliegen op velocity • afwerken search functie

Datum:	04/05/2020 - 08/05/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none"> • showcase afmaken • vliegen op velocity ipv points • upgrade yolo • coalitions uitbouwen • blackboard node upgrade voor object detection sharing knowledge • object tracking
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none"> • teams showcase is af • vliegen op velocity werkt • yolov4 werkt maar op CPU • coalitions werken nog niet
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none"> • OpenCV bug met yolo, detectie werkt enkel op CPU, dit is niet performant genoeg. Er staat ook een delay op (gevolge van performantie)
Oplossingen:	<ul style="list-style-type: none"> • onderzoek naar OpenCV builden van source
Persoonlijke reflectie:	Goede vooruitgang geboekt. Code is generieker en makkelijker uitbreiden
Planning volgende week:	<ul style="list-style-type: none"> • Coalitions verder uitbouwen • aan paper schrijven, feedback verwerken • data plotten

Datum:	11/05/2020 - 15/05/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none"> • Docker containers aanpassen • Collision detection met andere drones • smoothing van het vliegen • live plotting van data
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none"> • Live plotten van data werkt • collision detection op andere thread • paper feedback verwerkt
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none"> • Live plotten van data zorgt voor interference met het systeem • Collision detection is een zware thread, manier zoeken om dit wat te verlichten.
Oplossingen:	<ul style="list-style-type: none"> • Plotten van data naderhand laten gebeuren, met rosbag of ander medium.
Persoonlijke reflectie:	Goede vooruitgang paper geboekt, veel nieuwe kennis opgedaan
Planning volgende week:	<ul style="list-style-type: none"> • coalition afwerken en testen • bespreken paper • blackboard node updaten voor generieke manier toevoegen van taken voor agents

Datum:	18/05/2020 - 22/05/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none"> • coalition afwerken • coalition tests • code refactoring • bug fixes • blackboard node updaten voor generieke manier toevoegen van taken voor agents
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none"> • blackboard node updaten voor generieke manier toevoegen van taken voor agents werkt • coalition af, niet getest • veel code herschreven
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none"> • coalition nog niet fatsoenlijk kunnen testen vanwege andere bugs
Oplossingen:	<ul style="list-style-type: none"> • code refactoring • bug fixes
Persoonlijke reflectie:	veel bugs gevonden, nieuwe feature (generic task adding) is goed gelukt
Planning volgende week:	<ul style="list-style-type: none"> • coalition tests • performance tests • nieuwe docker image voor object detection on GPU

Datum:	25/05/2020 - 29/05/2020
Geplande taken:	<ul style="list-style-type: none"> • nieuwe docker image voor object detection on GPU • performance tests • coalition tests • team tests • hologenic tests
Stand van zaken:	<ul style="list-style-type: none"> • nieuwe docker image aangemaakt • OpenCV 4.3 van source gebuild • hologenic test met 10 drones
Problemen en knelpunten:	<ul style="list-style-type: none"> • bug in openCV gevonden • met 10 drones moet de stepsize worden aangepast van de physics in de wereld, dit zorgt voor 'jiggling' drones
Oplossingen:	<ul style="list-style-type: none"> • minder drones • over meerdere computers programma runnen • issue posten naar openCV
Persoonlijke reflectie:	Heel veel onderzoek gedaan naar openCV en heel veel bijgeleerd over builden van source.
Planning volgende week:	<ul style="list-style-type: none"> • afwerken tests • opnemen demos • data plots opslaan

3.2 Eindrapportage

4 Terugkoppelingsformulieren

4.1 Stagebespreking