



KU Leuven

Departement Computerwetenschappen

# P&O: COMPUTERWETENSCHAPPEN

## Tussentijds verslag

*Team:*  
**Indigo**

WANDER BAVIN  
VINCE GOOSSENS  
DIMITRI JONCKERS  
SUNIL TANDAN  
WOUT VEKEMANS

Academiejaar 2013 – 2014

## Samenvatting

Dit rapport documenteert onze analyse en oplossing van het volgende probleem : de constructie en operatie van een zeppelin in wedstrijdverband. Navigatie gebeurt op basis van een op voorhand gekend grondplan dat wordt ingeladen in de software. De positie van de zeppelin wordt bepaald door een algoritme gebaseerd op beeldherkenning. Via het rooster dient de zeppelin sneller dan een andere zeppelin naar een bepaalde positie te vliegen, en een andere, nog onbekende opdracht uitvoeren. Beide zeppelins wisselen informatie uit met elkaar en met hun sturende pc via een server gebaseerd op RabbitMQ. Een GUI dient de toestand van het speelveld met beide zeppelins te visualiseren. Al deze functionaliteiten worden geïmplementeerd in Java.

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Beschrijving materiaal en bouw zeppelin</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Testen</b>	<b>4</b>
3.1	Afstandssensor . . . . .	4
3.2	Camera en image processing . . . . .	4
3.3	Motoren . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Algoritmes</b>	<b>4</b>
4.1	Verticale bewegingen . . . . .	4
4.2	Horizontale bewegingen . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Software</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Besluit</b>	<b>5</b>
<b>A</b>	<b>Beschrijving van het proces</b>	<b>6</b>
<b>B</b>	<b>Beschrijving van de werkverdeling</b>	<b>6</b>
<b>C</b>	<b>Kritische analyse</b>	<b>6</b>

# 1 Inleiding

Dit tweede deel van de bachelorproef draait nog steeds rond het aansturen van een zeppelin op basis van een Raspberry Pi.

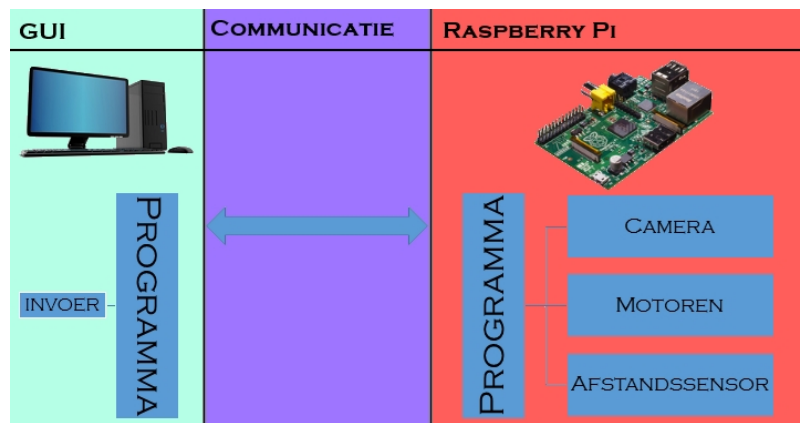
## Fysisch ontwerp

De zeppelin bestaat uit een houten frame waaraan 2 heliumballonnen ( $\varnothing 90$  cm) vastgemaakt zijn. Aan het frame zijn een camera en een afstandssensor vastgemaakt, die beiden naar beneden gericht zijn. Zowel de camera als de afstandssensor zijn verbonden met een Raspberry Pi die in het frame zit ingebed. Het geheel bevat drie propellers: twee voor horizontale bewegingen en één voor verticale bewegingen.

## Software ontwerp

De software die inwendig op de Pi draait en op de client-pc voor image processing en weergave van de GUI is geschreven in Java. De communicatie tussen de zeppelin en de client gebeurt via een server. (Zie figuur 1).

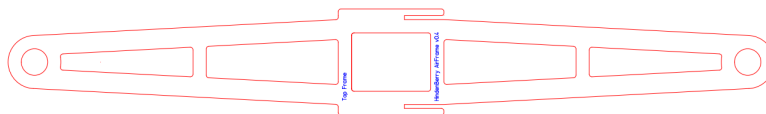
TODO !!!! schema figuur



Figuur 1: Architectuur

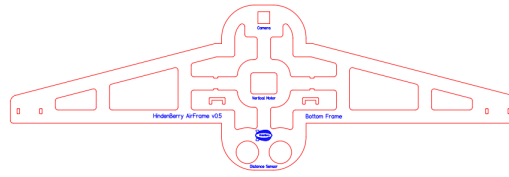
# 2 Beschrijving materiaal en bouw zeppelin

De zeppelin bestaat uit een frame waaraan alle onderdelen zijn vastgemaakt. Hierop worden onder andere de 3 propellers bevestigd. Twee hiervan dienen om in het horizontale vlak te bewegen. Ze zijn met haakse draairichting op het frame gemonteerd. De derde propeller, om de zeppelin te laten stijgen, is naar beneden gericht. De propellers kunnen op volle kracht of door middel van pwm<sup>1</sup> worden aangestuurd (in 2 richtingen). Met deze techniek is het mogelijk om naast de richting ook de kracht van de motor in te stellen. De onderste propeller wordt aangestuurd door de wired pwm op het motorbordje, terwijl voor de horizontaal gerichte propellers gebruik wordt gemaakt van SoftPWM<sup>2</sup>.



<sup>1</sup>[en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width\\_modulation](https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation)

<sup>2</sup><https://github.com/Pi4J/pi4j/blob/master/pi4j-core/src/main/java/com/pi4j/wiringpi/SoftPwm.java>



Figuur 2: Blueprint van het frame

Om het geheel in de lucht te houden, zitten er 2 heliumballonnen ( $\varnothing 90$  cm) vast aan de bovenkant van het frame. Deze hebben initieel een lift van 268 gr per stuk, maar dit vermindert wanneer de ballonnen doorheen de weken volume verliezen.

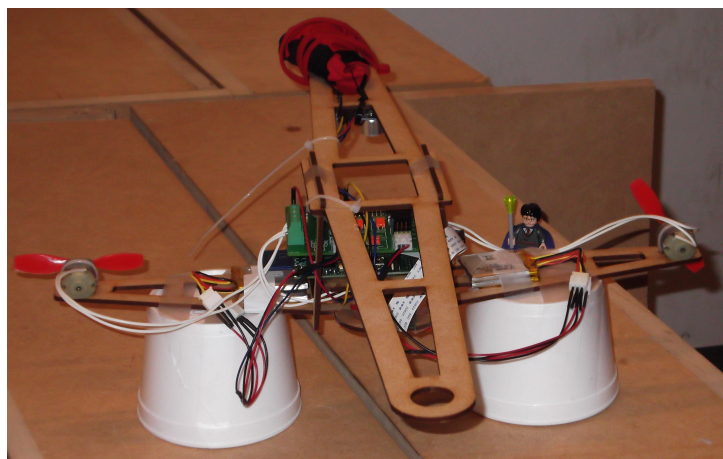
De zeppelin wordt aangestuurd door een Raspberry Pi model A. Deze heeft volgende specificaties:

- *Processor:* 700MHz ARM
- *Geheugen:* 256MB
- *Poorten:* 1 USB 2.0, HDMI, audio out, RCA video
- *Voeding:* Micro USB
- GPIO-pinnen om de hardware aan te sturen

In de Raspberry Pi zit een SD-kaart van 4 GB. Hierop staat Raspbian, het standaard besturings-systeem van de Raspberry Pi. Er is nog voldoende ruimte over om onze eigen programma's als jar-file op de Pi te zetten.

Verder zijn er nog 2 devices waarvan de zeppelin gebruik maakt:

- *De camera* laat toe foto's te nemen met een maximum resolutie van 5 MP. Hiermee kunnen we onder andere beelden maken van QR-codes. Daarnaast kan de camera video's maken met resoluties tot 1080p.
- *De afstandssensor* kan worden gebruikt om met ultrasone trillingen de afstand te meten tussen de zeppelin en de grond of muur. Het bereik gaat van 2-400 cm.



Figuur 3: Frame met gemonteerde onderdelen

Om het geheel te monteren, hebben we gebruik gemaakt van plakband en zipties (bundelbandjes). We hebben bekertjes bevestigd om ballast te dragen, zodat het geheel lichtjes zakt wanneer

de motor geen kracht naar boven zet. Als gewicht gebruiken we zout, zodat het mogelijk is om nauwkeurig het gewicht te regelen.

## 3 Testen

Om er zeker van te kunnen zijn dat het aansturen van de zeppelin correct gebeurt, is het nodig dat de componenten getest worden. In deze sectie volgt hierover meer informatie.

### 3.1 Afstandssensor

Voor gedetailleerde gegevens verwijzen we naar het verslag onze zeppelin van het eerste semester (versie 2). Hier hadden we gemerkt dat een enkele waarde van de sensor niet noodzakelijk de correcte afstand weergeeft. Daarom houdt de afstandssensor de laatste 10 gemeten waarden bij. De huidige hoogte wordt gegeven als het gemiddelde van deze waarden (rolling median techniek). Het interval tussen twee metingen hebben we kunnen terugbrengen tot 20 ms.

### 3.2 Camera en image processing

### 3.3 Motoren

In het eerste semester hebben we uitgebreide testen gedaan over de testen en de mogelijkheden van pwm. Het werd duidelijk dat het nodig ging zijn om constant de hoogte te controleren en bij te sturen. Daarnaast bleek ook dat horizontale bewegingen moeilijk exact kunnen worden uitgevoerd, omdat de zeppelin zeer gevoelig is voor allerlei veranderingen van de windomstandigheden in de omgeving: een andere zeppelin die beweegt, de airco, ....

## 4 Algoritmes

### ALGORITME

### 4.1 Verticale bewegingen

Om naar een bepaalde hoogte te stijgen, maken we gebruik van een PID-algoritme<sup>3</sup>. Hierbij gaan we op basis van de huidige fout in hoogte, bepalen of de zeppelin moet stijgen of dalen en met welke kracht. Daarnaast wordt rekening gehouden met de afgeleide, om toekomstige veranderingen te voorspellen. Tenslotte is er de integraal, die fouten uit het verleden voorstelt. Op basis hiervan wordt een pwm-waarde voor de motor gegeven. Het algoritme wordt aangepast aan het gewicht van onze zeppelin en de kracht van de gegeven motoren.

De output wordt berekend op basis van deze formule:

$$\text{output} = K_p \cdot \text{error} + K_i \cdot \text{integral} + K_d \cdot \text{derivative}$$

Hierin zijn  $K_p$ ,  $K_i$  en  $K_d$  constanten die we hebben moeten bepalen. Eerst hadden we enkel rekening gehouden met de huidige error ( $K_i = K_d = 0$ ), maar dit bleek er voor te zorgen dat de zeppelin veel te snel naar een bepaalde hoogte gaat en er dan ver boven of onder gaat. We hebben dit opgelost door  $K_d$  te verhogen. Door deze groot te maken, gaat de zeppelin veel rustiger naar de opgegeven hoogte en gaat hij er niet voorbij. Bij de start van het tweede semester hebben we de waarden van deze constanten opnieuw getuned, aangezien er nieuwe volle ballonnen gegeven waren.

Er is een HeightController die dit PID-algoritme implementeert, en die er voor gaat zorgen dat de zeppelin zijn hoogte behoudt of naar een gevraagde hoogte gaat. Deze gaat om de 0.1 s de hoogte controleren en de pwm-waarde bijsturen.

---

<sup>3</sup>[http://www.csimn.com/CSI\\_pages/PIDforDummies.html](http://www.csimn.com/CSI_pages/PIDforDummies.html)

## 4.2 Horizontale bewegingen

Voor bewegingen in het horizontale vlak maken we eveneens gebruik van een PID-gebaseerd algoritme. Hiervoor zijn er twee afzonderlijke algoritmes die tegelijk lopen (voor de x- en y-richting). Er wordt gebruik gemaakt van de huidige positie van de zeppelin, de coördinaten van de bestemming, en de rotatie van de zeppelin. De positie en rotatie zijn af te leiden van de gegevens die de camera doorstuurt. De verwerking van die gegevens leidt tot de benodigde coördinaten.

## 5 Software

Alle software voor dit project is in Java geschreven. Dit is gekozen omdat dit voor het hele team de meest gebruikte programmeertaal was. Dit gaf wel een verschillende moeilijkheden bij het implementeren van een aantal aspecten (image recognition, ...).

TODO!! afbeelding

### GUI

De Graphical User Interface stelt de gebruiker in staat om vanaf een client-pc verbinding te maken met de server die het speelveld en de zeppelins controleert. De GUI geeft dan informatie weer over het speelveld en de coördinaten van de zeppelingss.

De eerste tab ('overview') toont de hoogte van beide zeppelins, alsook de toestand van de eigen propellers. Een kaart geeft de locaties van de zeppelins weer. Voor het maken van deze kaart wordt gebruik gemaakt van een CSV-bestand (comma separated value). Hierin wordt elk roosterpunt voorgesteld door twee letters: een voor de kleur en een voor de vorm van de figuur op dat punt. Naast de kaart wordt de opdracht van de zeppelins getoond en is er een overzicht van de laatste berichten die zijn uitgewisseld tussen de client-pc en de zeppelin.

De tweede tab geeft een uitgebreider overzicht van alle informatie die wordt uitgewisseld tussen de GUI en zeppelin, met een indicatie van de tijd. Er is een mogelijkheid om berichten te filteren op type.

### Image recognition

Voor het tweede deel van de opdracht was er een vorm van image recognition. Hiervoor hebben we gebruik gemaakt van de Java-library OpenCV. Hiermee kan detectie van vormen en kleuren worden geïmplementeerd.

### Connectie

Ook de verbinding is helemaal veranderd in het tweede deel van de opdracht. De twee zeppelins moeten nu communiceren via een server. Die maakt gebruik van de RabbitMQ library.<sup>4</sup>

## 6 Besluit

---

<sup>4</sup><https://www.rabbitmq.com/>

## A Beschrijving van het proces

Dit onderdeel maakt geen deel uit van dit verslag.

## B Beschrijving van de werkverdeling

Hieronder is een tabel te vinden met de gewerkte uren binnen en buiten de sessies:

Overzicht:	Dimitri Jonckers	Wander Bavin	Wout Vekemans	Sunil Tandan	Vince Goossens
09/02 - 15/02					
Totaal					

## C Kritische analyse

Dit onderdeel maakt geen deel uit van dit verslag.