



Live video draadloos uit de natuur

Naam: Richard Ginus

Studentnummer: 1570817

Opleiding: Mediatechnologie

Datum: 20 oktober 2014

Versie: 2



Het bestuur van de Stichting Hogeschool Utrecht te Utrecht aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor schade voortvloeiende uit het gebruik van enig gegeven, hulpmiddel, werkwijze of procedure in dit verslag beschreven. Vermenigvuldiging zonder toestemming van de auteur(s) en de school is niet toegestaan. Indien het afstudeerwerk in een bedrijf is verricht, is voor vermenigvuldiging of overname van tekst uit dit verslag eveneens toestemming van het bedrijf vereist.

Naam:	Richard Ginus
Studentnummer:	1570817
Opdracht:	Met andere ogen
Opleiding:	Mediatechnologie
Onderdeel:	Afstuderen
Plaats:	Utrecht
Bedrijfsbegeleider :	Jurgen Overweg
Afstudeer begeleider:	Ko stoel
Cursuscode:	TEET-VABACHEX-13
Datum:	20 oktober 2014
Versie:	2

Samenvatting

Ik heb mijn afstudeerstage gedaan in het ULab met Staatsbosbeheer als opdrachtgever.

Samen met 4 medestudenten heb ik het project “Met andere ogen” uitgevoerd.

Het doel van dit project is om het Nederlandse publiek de onbereikbare natuur zelf te laten verkennen. Dit hebben wij gerealiseerd door een op afstand bestuurbare boot door de natuur te laten varen. De boot wordt via het internet bestuurd en de bestuurder kan de natuur ervaren door middel van een live video stream.

Binnen mijn afstudeerstage is onderzoek gedaan naar de vraag: Hoe kunnen live videobeelden vanaf een mobiel platform in de natuur met zo min mogelijk vertraging beschikbaar gemaakt worden via het internet? Er is onderzocht welke hard- en software geschikt is en welke factoren een rol spelen om het doel te kunnen bereiken.

De boot kan via de live beelden bestuurd worden doordat de vertraging in de beelden heel laag is. Dat is gerealiseerd door gebruik te maken van een snelle hard- en software en door gebruik te maken van een 4G verbinding. De beelden worden via een server over het internet naar de gebruiker gezonden.

Bij het ontwerp is gelet op flexibiliteit en modulariteit. Er is gebruik gemaakt van open source software om de kosten te verlagen en aanpasbaarheid te verhogen.

Het resultaat is een proof of concept dat laat zien wat technisch mogelijk is. De stap naar een productie model moet nog gemaakt worden.

Inhoudsopgave

Samenvatting	I
Voorwoord	VI
Dankwoord.....	VII
Inleiding	VIII
Leeswijzer	IX
1 Organisatie en werkwijze	1
1.1 Over de werkomgeving, het ULab.....	1
1.2 Betrokken partijen.....	2
1.2.1 Stakeholder map.....	2
1.2.2 Stagebedrijf	3
1.2.3 Opdrachtgever	3
1.2.4 Het ULab studententeam	5
1.2.5 Overige betrokken partijen.....	6
1.3 Werkwijze van het ULab	6
1.4 Risico's	7
2 Het voortraject	9
2.1 Doelstelling ULab.....	9
2.2 Briefing van Staatsbosbeheer	9
2.3 Verantwoordelijkheden ULab studententeam.....	10
2.4 Conceptvorming.....	11
2.5 Het gekozen concept	12
2.6 Usecases.....	14
2.7 Doelstelling Concept.....	15
3 Opdracht.....	15
3.1 Probleemstelling	15
3.2 Productbeschrijving.....	16
3.3 Keuze van het platform	16
3.4 Persoonlijke verantwoordelijkheid binnen het project	17
3.5 Eisen- en Randvoorwaarden.....	17
3.5.1 Randvoorwaarden	17
3.5.2 Gebruikerseisen.....	17
3.5.3 Vertaling van de gebruikerseisen naar technische functionaliteiten.....	18

3.6	Minimale specificaties van de live video verbinding.....	20
3.7	Eindproducten.....	20
4	Probleemanalyse en onderzoek.....	21
4.1	Vooronderzoek	21
4.2	Onderzoeksvragen.....	22
4.2.1	Hoofdvraag	22
4.2.2	Deelvragen	22
4.3	Probleemanalyse	23
4.4	Principes die een rol spelen in het ontwerp.....	24
4.4.1	Feedback.....	24
4.4.2	Videocompressie	24
4.4.3	Video over het internet.....	25
4.4.4	Radiografisch bereik	26
4.4.5	Conclusie.....	26
4.5	Deskresearch.....	27
4.5.1	Casus onderzoek.....	27
4.5.2	Experimenten.....	29
5	Ontwerp.....	32
5.1.1	Fysiek ontwerp boot.....	32
5.2	Ontwerpvoorstellen	32
5.2.1	Ontwerp 1: WiFi	33
5.2.2	Ontwerp 2: Mobiel internet.....	34
5.2.3	Ontwerp 3: Analooq	35
5.3	Vergelijking van de ontwerpvoorstellen	36
5.4	Gekozen ontwerp.....	37
5.4.1	Overzicht	37
5.4.2	Blokschema	38
5.4.3	Vertaling van technische functionaliteiten naar ontwerp.....	39
5.4.4	Afwegingen gekozen hardware	40
5.4.5	Afwegingen gekozen software	41
5.4.6	Camera.....	42
5.4.7	Encoder	43
5.4.8	Netwerk modem.....	43

5.4.9	Server	44
5.4.10	Encoder software	44
5.4.11	Server software	45
5.4.12	Clïënt software	45
5.4.13	Provider	46
6	Realisatieproces	47
6.1	Realisatie per fase	47
6.1.1	Fase 1.....	48
6.1.2	Fase 2.....	48
6.1.3	Fase 3.....	50
6.1.4	Fase 4.....	50
6.1.5	Fase 5.....	51
6.1.6	Fase 6.....	52
6.1.7	Fase 7.....	53
6.1.8	Fase 8.....	54
6.1.9	Fase 9.....	54
6.1.10	Simulator	55
7	Eindproduct.....	56
7.1	Mijn aandeel in de opgeleverde eindproducten	56
7.2	Resultaat prototype	57
7.3	Resultaat project.....	58
7.4	Evaluatie	59
7.5	Conclusie	60
7.6	Aanbevelingen	62
8	Proces en planning	63
8.1	Projectaanpak.....	63
8.1.1	Projectmethode.....	64
8.1.2	Taakverdeling	65
8.2	Strokenplanning	66
8.3	Calculatie uren en kosten.....	67
8.4	Projectevaluatie	67
9	Reflectie.....	68
9.1	Reflectie leerdoelen	68

Profielschets.....	69
Afkortingen en begrippen	70
Afkortingen	70
Begrippen.....	70
Lijst van figuren en tabellen.....	70
Bronnen	72
Bijlagen.....	72
Bijlage 1: Beoordelingsformulier met bewijsplaatsen.....	73
Bijlage 2: Voorbeeld van een reflectie	79

Voorwoord

De natuur wordt meestal gezien als iets dat tegenover techniek staat. Toch heeft de techniek heel veel met de natuur te maken. In dit project heb ik met de techniek veel rekening moeten houden met de natuur. Dit geeft een interessante ontwerpcontext.

Zelf heb ik graag ruimte om me heen en ben ik graag in de natuur. 10 hoog op een flatje maakt mij niet gelukkig. Ik woon dan ook zelf met veel plezier in een landelijke omgeving. Het helpt mij ook om te gaan met mijn ADD. Ik ben van mening dat de natuur belangrijk is voor het welzijn van de mens.



Ik heb in de afstudeerfase van de opleiding Mediatechnologie mijn afstudeerstage gedaan in het ULab, een samenwerkingsverband tussen het Center of expertise Creatieve industrie en Evident. Staatsbosbeheer is in dit project de opdrachtgever. Het uitvoeren van een project voor Staatsbosbeheer heb ik als heel leuk ervaren omdat ik veel vrijheid heb gehad en heb gewerkt aan een product dat de leefkwaliteit van mensen kan verhogen.

Tijdens mijn werkzaamheden op school werd ik aangesproken door een van de initiatiefnemers van het ULab. Zij zochten talentvolle studenten van verschillende studierichtingen om samen in een multidisciplinair team creatieve toepassingen te bedenken met de laatste technologische mogelijkheden. Dit was voor mij een aantrekkelijk aanbod, omdat deze opdracht op mijn lijf staat geschreven. Mijn passie ligt bij het creëren van innovatieve toepassingen om het leven van mensen te verbeteren.

Dit afstudeerverslag is bedoeld om inzicht te kunnen krijgen in het project dat ik tijdens mijn afstudeerstage heb gedaan. Daarnaast dient dit verslag als referentie voor verdere doorontwikkeling van dit project of van vergelijkbare projecten.

Tijdens deze afstudeerstage heb ik vooral veel (ontwerp) keuzes moeten maken. Deze keuzes waren nodig om een goed werkend ontwerp te kunnen maken en dat ontwerp te kunnen realiseren. In dit project zijn de nieuwste technieken gebruikt om met dit project een totaal nieuwe ervaring te creëren.

Ik hoop dat dit verslag een heldere blik geeft op mijn afstudeerstage en dat veel plezier beleefd wordt in het lezen van dit verslag.

Richard Ginus.

Dankwoord

Mijn dank gaat uit naar de grote groep mensen die betrokken zijn bij dit project en bij mijn afstudeerfase.

Zonder de expertise en het doorzettingsvermogen van de studenten in het ULab team had het project nooit kunnen slagen. Zij hebben al hun tijd en liefde in het project gestopt en zeer indrukwekkende prestaties geleverd. Ik wil de teamleden bedanken voor de stabiliteit en focus die het team mij gegeven heeft. Ook de goede samenwerking is mij veel waard. Daarnaast wil ik hen ook bedanken voor alle leuke en minder leuke momenten die ik met het team heb kunnen delen.

Arno Derks
Marleen Schilt
Niels Hubregtse
Rebecca van Katwijk

Jurgen Overweg
Erik
Freek
Gino
Gijs
Joost
Leon
Machiel
Michiel

Ook wil ik iedereen bij Evident bedanken. Zij zijn een super stagebedrijf en hebben ons van alles voorzien wat we nodig hadden. Jurgen, onze bedrijfsbegeleider wil ik speciaal bedanken voor zijn eindeloze inzet en uitgebreide begeleiding die het team zeker nodig heeft gehad.

Staatsbosbeheer is een van de meest betrokken opdrachtgevers waar ik ooit mee heb mogen samenwerken. We hebben in het project alle mogelijke medewerking gekregen om het beste resultaat te kunnen halen. Verder wil ik ook onderstaande

Antoinette van Heck
Erik de Bruin
Robert Pallencaoue
Thomas van der Es

personen bedanken voor hun medewerking:

Erik Mooi van het Centre of expertise creatieve industrie voor de begeleiding en het creëren van deze bijzondere afstudeerstage.

De HU coaches Carla Jonker en Gerald Ovink

Mijn afstudeerbegeleider Ko Stoel

Jannes Heusinkveld van The fieldwork Company voor het uitleen van zijn apparatuur en voor zijn uitleg en advies.

Mijn familie voor de steun en het nakijken van de diverse documenten tijdens dit project.

Inleiding

De laatste jaren zijn webcams die de natuur van dichtbij in beeld brengen zeer succesvol gebleken. Voorbeelden hier van zijn “Volg de vos”, “Volg de zeearend” en “Volg de bever”. Deze projecten van Staatsbosbeheer hebben veel betekend voor de Nederlandse natuur omdat zij een grote community hebben gecreëerd rondom dit onderwerp.

De recente ontwikkeling op het gebied van onbemande, op afstand bestuurbare voertuigen bieden interessante nieuwe mogelijkheden die ingezet kunnen worden om de natuur op een nieuwe manier te kunnen beleven.

Het doel van het afstudeerproject is om de natuur bereikbaar te maken. In dit project wordt dat gedaan door het mogelijk te maken om de natuur via live videobeelden te verkennen. Het beeld wordt opgenomen vanaf een onbemand voertuig en wordt verzonden naar de bestuurder. De bestuurder kan dan via het internet de natuur verkennen.

Een van de onderdelen die daar voor gerealiseerd moeten worden is een live videoverbinding waarmee het mogelijk is om het onbemande voertuig te besturen. Dat is het technische vraagstuk dat ik tijdens mijn afstudeerstage heb getracht op te lossen.

De onderzoeksvraag van mijn afstudeeronderzoek is: “Hoe kunnen live videobeelden vanaf een mobiel platform in de natuur met zo min mogelijk vertraging beschikbaar gemaakt worden via het internet?”

Leeswijzer

De opbouw van dit document is gebaseerd op de opbouw van het format verslag (Format verslag). Op verschillende punten is de opbouw aangepast of uitgebreid. Feedback van de schoolbegeleider heeft daar een grote rol in gespeeld.

In hoofdstuk 1 Organisatie en werkwijze wordt de **context** beschreven waarin de stage is uitgevoerd.

In hoofdstuk 2 Het voortraject wordt beschreven wat gebeurt is tot aan het moment dat de opdracht vast stond. Hier onder valt de **conceptvorming**.

In hoofdstuk 3 Opdracht staat de opdracht beschreven door de **probleemstelling**, een **productbeschrijving** en de **eisen en randvoorwaarden**.

In hoofdstuk 4 Probleemanalyse en onderzoek wordt het probleem van de opdracht ontleed. Hierbij wordt een **onderzoeksvraag** vastgesteld en bevindingen uit **literatuuronderzoek** staan beschreven.

In hoofdstuk 5 Ontwerp wordt het ontwerp van de oplossing beschreven. **Afwegingen** die gemaakt zijn in het **ontwerp** worden uitgelegd en het uiteindelijke ontwerp wordt beschreven.

In hoofdstuk 6 Realisatieproces staat de realisatie van het prototype beschreven. Alle **bevindingen** en **afwegingen** gemaakt tijdens de realisatie staan uitgelegd.

In hoofdstuk 7 Eindproduct wordt teruggeblikt op de stage en wordt het **resultaat** samengevat. Er wordt **geëvalueerd** en er wordt een **conclusie** getrokken. Verder worden er **aanbevelingen** gedaan voor een toekomstige voortzetting.

In hoofdstuk 8 Proces en planning wordt het **management** van de stage beschreven. De **planning** en de naleving daarvan worden vergeleken.

In hoofdstuk 9 Reflectie is **persoonlijk** terug gekeken naar de stage, maar er wordt ook vooruit gekeken naar de toekomst.

1 Organisatie en werkwijze

Dit hoofdstuk biedt informatie over de werkomgeving van deze stage en de betrokken partijen. Verder wordt informatie gegeven over de werkwijze van het ULab als groep. Individuele projectaanpak en planning kan gevonden worden in hoofdstuk 8 Proces en planning.

1.1 Over de werkomgeving, het ULab

Het afstudeerstagebedrijf Evident is onderdeel van een samenwerking tussen *Evident interactive*, een full service internet bureau, *De Hogeschool Utrecht* en het *Centre of Expertise* creatieve industrie, geheten ULab. Het ULab (Nederlandse uitspraak: U Lab) is de omgeving waarbinnen ik afstudeer. In deze paragraaf wordt uitgelegd wat het ULab precies inhoudt.

Het ULab is een initiatief van Evident interactive, een full service internet bureau, De Hogeschool Utrecht en het Centre of Expertise creatieve industrie. Samen initiëren zij twee keer per jaar een ULab project. De u in ULab staat voor Utrecht.



In het ULab wordt gestreefd naar een optimale aansluiting tussen opleidingen en het bedrijfsleven. Tijdens een ULab project werkt een vijftal studenten uit verschillende richtingen in een multidisciplinair team aan een project voor een échte opdrachtgever. Bij de start van het project is er een 'boot camp' georganiseerd dat bestaat uit cursussen met extra kennis en hulpmiddelen die bij het project helpen. Het ULab is gevestigd in het kantoor van Evident.

Er is begeleiding vanuit de opleiding en vanuit het stagebedrijf Evident Interactive BV, hierna Evident genoemd.

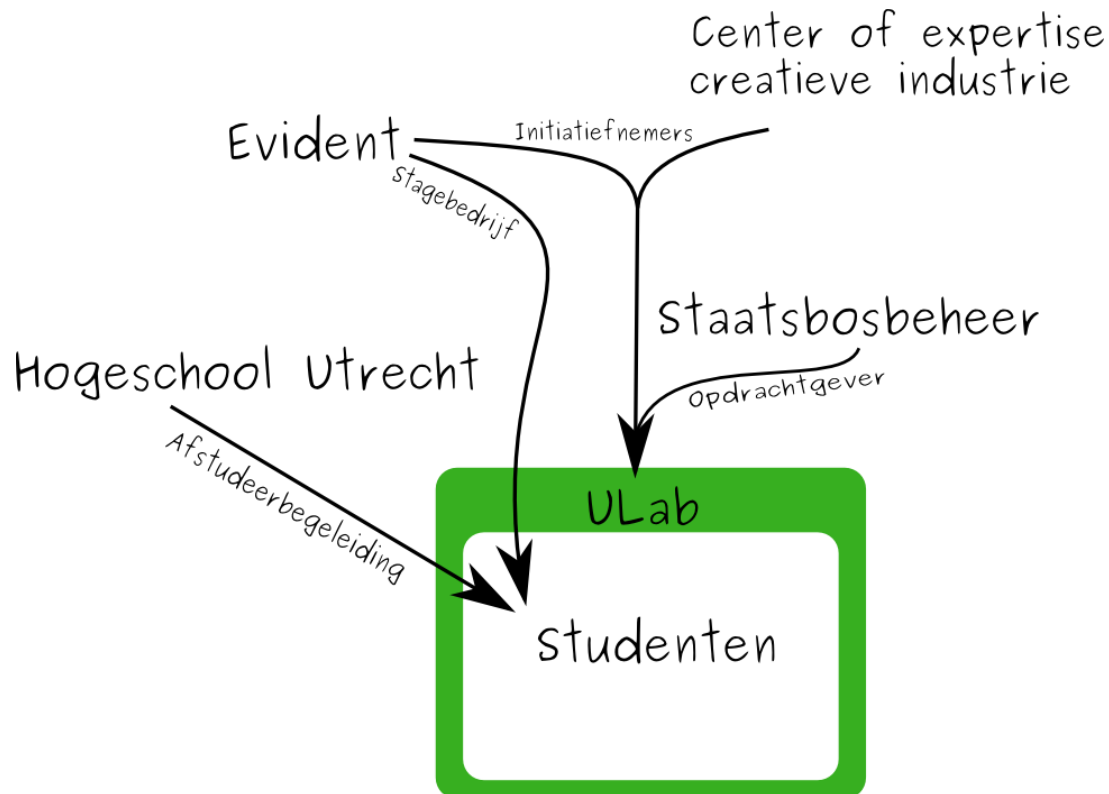
Het doel van het ULab is het bedenken en realiseren van een creatieve, innovatieve en vernieuwende online toepassing met de laatste (technologische) mogelijkheden.

In ons project is Staatsbosbeheer de opdrachtgever. Staatsbosbeheer is de bos- en natuurbeheerder van de Nederlandse staat. Meer over de opdrachtgever kunt u vinden onder hoofdstuk 1.2.3 Opdrachtgever.

1.2 Betrokken partijen

In deze paragraaf worden alle partijen die betrokken zijn bij deze afstudeerstage genoemd. Bij elke partij wordt verteld wat haar rol is en wat de relatie tot de afstudeerstage is. Aan het eind van dit hoofdstuk staat een stakeholder map waarin alle betrokkenen staan en de relaties tussen elk van de partijen.

1.2.1 Stakeholder map



Figuur 1 Stakeholder map.

Omdat er bij dit project een groot aantal partijen zijn betrokken hebben we aan het begin van het project een stakeholder map gemaakt. In dit schema staan alle stakeholders met hun doelen en verantwoordelijkheden. De relatie tussen de verantwoordelijkheden is aangegeven met pijlen.

1.2.2 Stagebedrijf

Evident is een full service internetbureau gevestigd in Utrecht. Zij bouwen sinds 1996 een breed scala aan internettoepassingen, van grote frontpages en apps tot corporate portals en online marketing voor klanten als Damen Shipyards, de Hogeschool Utrecht, ProRail en Staatsbosbeheer. Zij bouwen interactieve systemen op vooral online gebied en gebruiken daarbij de nieuwste technieken en mogelijkheden. Binnen Evident wordt in grote mate in multidisciplinaire teams gewerkt en heeft veel kennis in huis waar tijdens het afstuderen gebruik van kan en mag worden gemaakt. Zij bieden huisvesting aan het ULab en ondersteunen de studenten in hun proces door twee coaches beschikbaar te stellen met kennis op het gebied van concepting en software development. Vanuit Evident functioneert Jurgen Overweg voor alle studenten als bedrijfsbegeleider.



1.2.3 Opdrachtgever

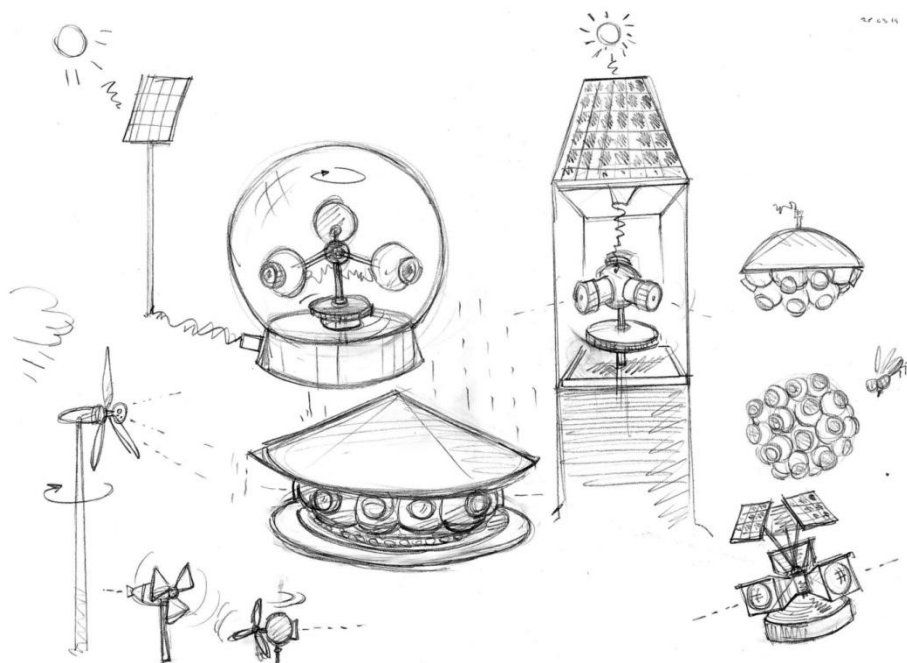
Staatsbosbeheer is de opdrachtgever waarvoor de opdracht uitgevoerd wordt. Zij zijn de bos- en natuurbeheerder van de Nederlandse staat. Staatsbosbeheer werd in 1899 opgericht om het bosaanbod voor productiedoeleinden te vergroten en om zandverstuiving tegen te gaan. Tegenwoordig zijn de taken meer gericht op natuurbeheer en -behoud en het bevorderen van de recreatieve functie van de natuurgebieden. De missie van Staatsbosbeheer is:



"Staatsbosbeheer zet zich in voor een natuurlijke leefomgeving waarmee mensen zich verbonden voelen, die bescherming biedt aan waardevolle planten en dieren en waar plaats is voor beleving en benutting."

De ambitie van Staatsbosbeheer is dat de natuur dicht bij de mensen moet zijn en blijven. Die ambitie is vertaald naar drie doelstellingen:

- **Natuur, landschap en cultuurhistorische waarden beschermen**
We richten ons op het in stand houden van een zo groot mogelijke verscheidenheid aan Nederlandse landschappen en ecosystemen – voor huidige en toekomstige generaties.
- **Natuurbeleving mogelijk maken**
Iedereen is van harte welkom om te genieten van de natuur. De interesse in de samenleving voor groen, landschap, klimaat en zingeving groeit. De recreatieve functie van natuur wordt daarom steeds belangrijker.
- **Natuurproducten benutten**
Staatsbosbeheer levert milieuvriendelijke en vernieuwbare grondstoffen. Zoals hout en biomassa. Maar ook zijn er ontwikkelingen op het gebied van grondstoffen en wind- en zonne-energie. (Staatsbosbeheer)



Figuur 2 Schets van enkele ideeën uit de conceptfase van het project.

1.2.4 Het ULab studententeam



Figuur 3 De leden van het ULab studenten team.

Het ULab studententeam bestaat uit een vijftal afstudeerstudenten (op de foto van links naar rechts):

- **Arno Derks** van de opleiding Technische Informatica,
- **Marleen Schilt** van de opleiding Technische Informatica,
- **Rebecca van Katwijk** van de opleidingen Communications and Media Design,
- **Niels Hubregtse** van de opleiding Informatica,
- **Richard Ginus** van de opleiding Mediatechnologie.

De studenten komen van vier verschillende opleidingen uit drie verschillende faculteiten. Zij hebben er allemaal voor gekozen om hun afstudeerstage in het ULab te volgen. In het ULab studententeam werken alle studenten gelijkwaardig samen. Er is dus geen hiërarchie binnen het team.

1.2.5 Overige betrokken partijen

1. Hogeschool Utrecht verzorgt vanuit de verschillende opleidingen de afstudeerbegeleiding. Elke student heeft individueel een begeleider toegewezen gekregen.



2. Het Centre of expertise creatieve industrie is een van de initiatiefnemers van het ULab. Zij zijn een onderdeel van de Hogeschool Utrecht en willen de relatie van de Hogeschool Utrecht met het bedrijfsleven versterken. Zij functioneren als projectleider van het ULab. Via het Centre of expertise creatieve industrie zijn ook twee coaches uit het docententeam van de HU beschikbaar gesteld. Zij ondersteunen de studenten op technisch gebied en op het gebied van team management.



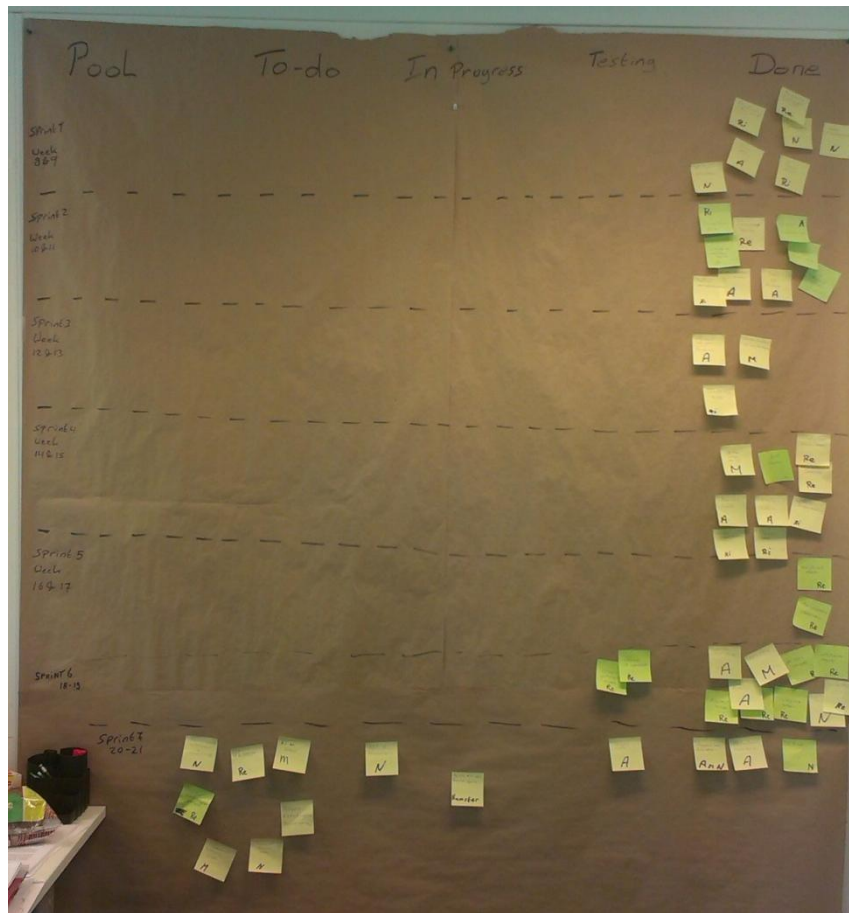
1.3 Werkwijze van het ULab

Voor projectaanpak zie hoofdstuk 8.1 Projectaanpak.

- Team werkt in één ruimte,
- Er is elke 2 à 3 weken een met de opdrachtgever,
- Daily Scrum.

Het ULab studententeam werkt in het ULab. Het ULab bestaat uit één ruimte in het kantoor van Evident. Het werken in één ruimte is belangrijk om de interne communicatie te bevorderen. Voor bepaalde tests en onderzoeken is ook thuis of buiten de deur gewerkt. De studenten hebben 40 uur per week tijdens kantooruren aan het project gewerkt. Elke 2 à 3 weken is er een contactmoment geweest met de opdrachtgever, elke week is er een korte vergadering geweest met de begeleiding en elke dag is er binnen het team een Daily Scrum meeting gehouden.

Wekelijks is op woensdag een vergadering ingepland, waarin alle knelpunten besproken worden en oplossingen bedacht worden. Voor elke vergadering werd vooraf bepaald of er behoefte aan was. Als dat niet zo was vervalt de afspraak. 2 wekelijks op maandag is er een vast contactmoment met de bedrijfsbegeleider. Dit is aan het begin van elke sprint. Aan het eind van elke sprint is individueel een reflectie gemaakt en gedeeld met de bedrijfsbegeleider en de coaches. Een voorbeeld daarvan is bijgevoegd in de bijlagen.



Figuur 4 Het scrumbord in het ULab.

1.4 Risico's

Een risico in dit project is de samenwerking tussen de teamleden. Alle onderdelen worden los ontwikkeld om later samengevoegd te kunnen worden tot één product. Het is daarom belangrijk om goed te communiceren en hecht samen te werken.

Een deel van het werk is voor de teamleden nieuw en het is dus moeilijk in te schatten hoe lang de werkzaamheden duren en wat er precies gedaan moet worden.

Er is geen toegang tot een werkplaats waarin het fysieke prototype gebouwd kan worden. Het ontwerp moet dus makkelijk in elkaar gezet kunnen worden en we moeten daarom gebruik maken van standaard onderdelen.

Het grote aantal belanghebbenden is ook een risico omdat er daardoor meer secundaire eisen kunnen zijn en omdat er een grotere kans is op conflicten in de belangen. De verantwoordelijkheden die de studenten naast het afstudeeronderzoek hebben kunnen de beschikbare tijd voor het afstudeeronderzoek beperken.

Mogelijke risico's zijn:

- Het eindresultaat is onduidelijk en/of onvolledig ,
- Randvoorwaarden zijn onduidelijk en/of onvolledig,
- De projectleden hebben onvoldoende kennis,
- De projectleden hebben onvoldoende vaardigheden om project uit te voeren,
- De projectleden krijgen niet de beschikking over de juiste hulpmiddelen om project uit te voeren,
- Er is binnen de organisatie van het stagebedrijf, de school en/of de opdrachtgever onvoldoende draagvlak voor het project waardoor er tegenwerking is,
- Er is onvoldoende afstemming met opdrachtgever en/of tussen de projectgroepleden,
- Het budget is te krap opgesteld,
- Er is geen goede vastlegging van de kosten van een project waardoor er niet tijdig kan worden bijgestuurd ,
- De planning is te krap gesteld,
- Projectmedewerkers zijn niet of tijdelijk niet beschikbaar en worden niet of te laat vervangen,
- Er zijn onvoldoende mijlpalen opgenomen in de planning,
- Planning is te globaal opgesteld,
- Project stagneert omdat men afhankelijk is van informatie van derden,
- Er is geen goed beheer van het archief,
- Opdrachtgever wordt niet of niet tijdig geïnformeerd over de voortgang,
- Huisvesting en andere benodigde facilitaire zaken zijn onvoldoende geregeld,
- Bevoegdheden en verantwoordelijkheden van projectmedewerkers zijn niet of onvoldoende geregeld.

2 Het voortraject

In dit hoofdstuk wordt het traject beschreven tot aan het gekozen concept. Er wordt uitgelegd hoe wij tot onze concepten zijn gekomen en welke concepten wij hebben bedacht. Het gekozen concept wordt verder uitgelegd.

2.1 Doelstelling ULab

De doelstelling die door de initiatiefnemers van het ULab is gegeven is *"om dát te verzinnen, dat nog niet is bedacht en zeker niet wordt verwacht. Streven is om een oplossing neer te zetten die een 'wow'-factor heeft en mensen verbaast, inspireert en gebruik maakt van een stuk van de online wereld dat nog niet is verkend!"* - www.ulab.nl

2.2 Briefing van Staatsbosbeheer



Figuur 5 De briefing van Staatsbosbeheer in fort Rhijnauwen.

De opdracht voor ULab zoals vastgesteld door de initiatiefnemers is *"het bedenken en realiseren van een creatieve, innovatieve en vernieuwende online toepassing met de laatste (technologische) mogelijkheden."* - www.ulab.nl

Er is aan het begin van het project een briefing gegeven door Staatsbosbeheer (de opdrachtgever). Ze hebben daarin aangegeven dat ze het volgende van het ULab verwachten:

- Nieuwe out of the box ideeën.
- Nieuwe manieren vinden om afgesloten objecten voor het publiek te openen.
- Een manier vinden om mensen te betrekken bij de natuur zonder dat ze per sé de natuur in hoeven.

Verder zijn ze geïnteresseerd in crowdsourcing en user generated content.

2.3 Verantwoordelijkheden ULab studententeam

De studenten in het team van het ULab zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor de volgende taken:

- Contact met de opdrachtgever,
- Verkrijgen van materialen en onderdelen,
- Project planning,
- Organisatie vergaderingen,
- Het vinden van expertise,
- Communicatiemateriaal en -momenten,
- Het organiseren van gebruikerstests,
- Interpretatie van de opdracht,
- Het komen tot een concept,
- Realisatie van het prototype.

Van het bovenstaande heb ik de verantwoording genomen voor het presenteren tussenpresentaties en de eindpresentatie. Ook heb ik gefunctioneerd als het gezicht van het ULab studententeam in media-uitingen over het project en over het ULab. Ik heb meegewerkt aan verschillende promotiefilms, videoreportages en ik heb contact met de pers gehad.



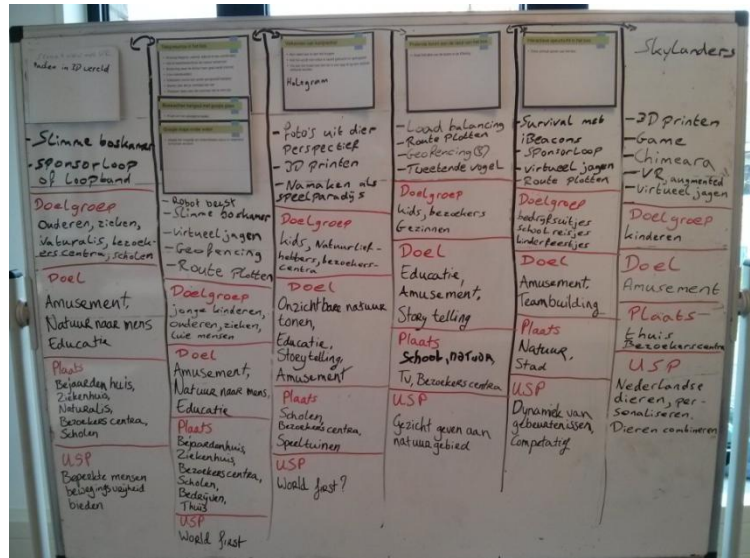
Figuur 6 Boven: Opname van Het ULab draait door, een kort programma over het ULab. Links: Een krantenartikel over het project.



2.4 Conceptvorming

Met de informatie uit de briefing is aan de slag gegaan. Ik heb voor de groep een methode bedacht om zo breed en zo veel mogelijk ideeën te kunnen bedenken. De methode werkt als volgt:

Op een tafel worden post-its geplakt met alle begrippen die in de groep opkwamen. Dit waren begrippen die in de context van het project passen of begrippen die het team interessant vindt. Van die begrippen werd willekeurig een begrip gekozen en apart gehangen. vervolgens werden daar enkele begrippen bij gezocht om met die begrippen een idee te vormen. Deze ideeën zijn vervolgens gegroepeerd en uit alle ideeën zijn vijf favoriete ideeën gekozen. Die vijf ideeën zijn vervolgens verder uitgewerkt tot concepten. Daarnaast is ook een concept dat bedacht is door Evident gepresenteerd, omdat dit concept voor het project gebruikt is als teaser voor wat de opdrachtgever van het ULab zou kunnen verwachten. De opdrachtgever heeft een van de zes gepresenteerde concepten gekozen. Dit zijn de concepten die zijn gepresenteerd:



Figuur 7 De zes concepten op een rij.

- **De dierenvriendjes**

Bij dit concept was het idee om dieren in de natuurgebied een rol te geven als gids voor kinderen. Daardoor krijgt het gebied meer herkenbaarheid en wordt de fun factor voor kinderen verhoogd.

- **Inside nature**

Bij dit idee kunnen mensen de natuur virtueel ervaren. De doelgroep is mensen die om de een of andere reden niet de natuur in kunnen. Zij kunnen de natuur gebruiken als therapie om stress te verminderen.

- **Scoor de grote vijf**

Bij dit idee kan je in verschillende natuurgebieden verschillende dieren sparen. Deze kun je eerst online aanpassen en worden uiteindelijk met een 3D printer geprint in het bezoekerscentrum van het natuurgebied waar je naar toe gaat.

- **Stadsdieren**

Bij dit concept worden virtueel dieren losgelaten in de stad. Je kan ze dan alleen door je telefoon zien met behulp van augmented reality.

- **The nature challenge**

Bij dit idee dat inspeelt op competitie worden spellen in de natuur gedaan door middel van augmented reality. Op die manier kunnen er allerlei spellen in natuurgebieden gedaan worden zonder fysiek wijzigingen aan te brengen in de natuur.

- **Met andere ogen**

Bij dit idee wordt de natuur in beeld gebracht via een nieuw perspectief. Dit gebeurt door gebruikers live beelden kunnen zien via het internet, van een camera gemonteerd op een mobiel platform dat ze zelf kunnen besturen.

2.5 Het gekozen concept

Het concept dat de opdrachtgever gekozen heeft heet "Met andere ogen". In Nederland heeft elke vierkante meter een bestemming, zelfs natuurgebieden. De meeste natuurgebieden in Nederland worden tegenwoordig gebruikt om in te recreëren. Toch zijn er gebieden waar we niet kunnen komen of mogen komen. Daardoor kunnen we deze gebieden niet ervaren. Op de volgende pagina staan drie redenen waarom we de natuur op bepaalde plaatsen niet kunnen verkennen.

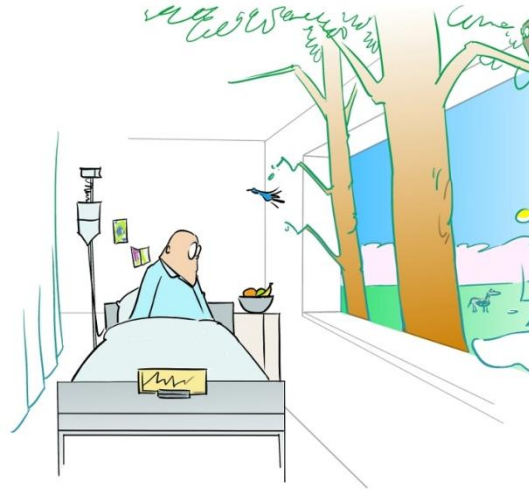


Figuur 8 Logo van het concept.



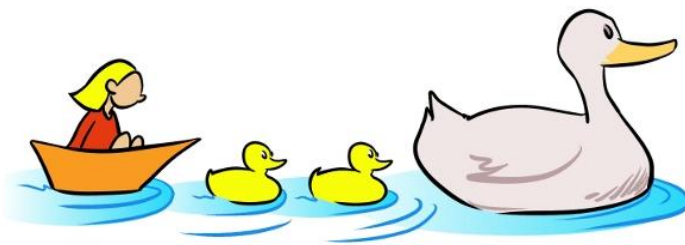
De natuur verkennen op plekken waar je niet mag komen

8% van de door Staatsbosbeheer beheerde natuur is niet toegankelijk voor het publiek. De reden daarvoor is dat de natuur op die plaatsen te kwetsbaar is en verstoord kan worden door het publiek. 8% lijkt niet veel, maar dat is nog steeds 208.000 vierkante meter.



De natuur verkennen omdat ij er niet kan komen

Natuurlijk is het ook mogelijk dat je vanwege lichamelijke beperkingen niet in de natuur kan komen. Denk dan bijvoorbeeld aan ziekenhuis patiënten, ouderen en patiënten in gesloten inrichtingen. Daarnaast kunnen sommige scholen om financiële redenen geen schoolreis naar de natuur aanbieden. En zo zijn er nog vele andere redenen te bedenken waarom je niet in de natuur kan komen.



De natuur verkennen op plekken waar niemand kan komen

Sommige plekken in de natuur zijn onbereikbaar omdat wij als mens daar niet kunnen komen met of zonder voertuigen. Dat kan doordat wij simpelweg te groot zijn of doordat wij als mens de natuur op die plaatsen niet kunnen waarnemen.

Dit concept maakt deze gebieden bereikbaar. Door mensen de mogelijkheid te geven de natuur via nieuwe perspectieven te zien, kunnen we de natuur verder verkennen. Dit zal mogelijk worden door mensen een mobiel platform met een camera via het internet te laten besturen. Het platform zal live beelden naar de gebruiker sturen. Het platform zou kunnen rijden, varen of vliegen. De mogelijkheid om het platform zelf te besturen geeft de gebruiker een gevoel van vrijheid en verbondenheid.

2.6 Usecases

Basisscholen

Het concept kan gebruikt worden om basisschool klassen in staat te stellen de natuur te verkennen vanuit het klaslokaal. Dit kan als aanvulling van bestaande lesplannen maar ook als een excursie om bepaalde redenen niet mogelijk is.

Ziekenhuispatiënten

Ook is het mogelijk ziekenhuis patiënten die het bed niet kunnen verlaten toch de natuur te laten ervaren. Uit onderzoek is gebleken dat de natuur een positieve invloed heeft op de psyche van de mens. Zelfs het kijken naar afbeeldingen van de natuur heeft een aantoonbare positieve invloed. (Berg, 2007) Pagina 10.

Eenzame ouderen

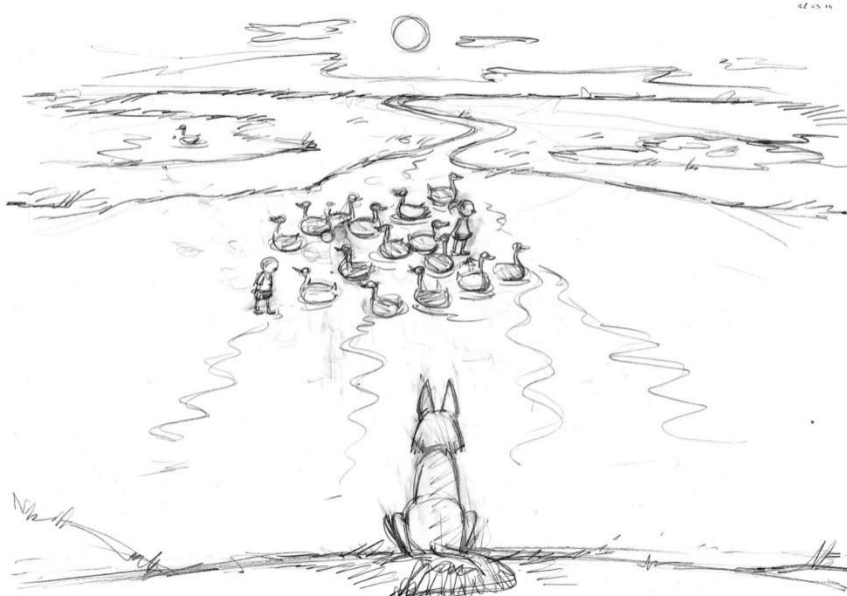
De wereld van ouderen is vaak zeer klein. Ook zij zouden veel plezier kunnen beleven aan deze manier van het verkennen van de natuur. Het zou bijvoorbeeld mogelijk zijn om samen met familie de natuur te verkennen als om lichamelijke redenen de gebieden zelf niet meer bereikt kunnen worden.

Overige usecases

De toepassingen van dit concept zijn eindeloos Het platform zou gebruikt kunnen worden voor natuur onderzoek of surveillance ook zouden natuurfenomenen beter in beeld gebracht kunnen worden.

2.7 Doelstelling Concept

De doelstelling van dit concept zoals vastgesteld door Evident is om de Nederlandse natuur beter bereikbaar te maken door het Nederlandse publiek de onbereikbare natuur zelf te laten verkennen.



Figuur 9 Het kindje ervaart de natuur op een manier die eerst niet mogelijk was.

3 Opdracht

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat nodig is om het concept te kunnen realiseren. Gebruikerseisen zijn vastgelegd en worden vertaald naar technische functionaliteiten. Daarbij worden enkele minimale specificaties vastgelegd.

3.1 Probleemstelling

Het gekozen concept biedt kort gezegd een oplossing voor de volgende problemen:

- Niet alle natuur in Nederland kan verkend worden.
- Niet iedereen kan de natuur in Nederland verkennen.

De doelstelling is deze problemen te verminderen. Tegelijkertijd wil Staatsbosbeheer inspiratie putten uit de innovatie die in dit project is toegepast.

3.2 Productbeschrijving

Na de conceptvorming is het volgende product bedacht. Een varend platform met een camera die door mensen via het internet bestuurd kan worden. Het platform kan live beelden naar de gebruiker sturen. Hiermee kan de gebruiker de natuur verkennen zonder zelf in de natuur te hoeven zijn. Voor deze projectperiode is gekozen voor een **varend platform** gekozen.

3.3 Keuze van het platform

Er zijn een aantal soorten onbemande voertuigen die we zouden kunnen gebruiken:

- Een rijdend platform
- Een vliegend platform
- Een varend platform

Idealiter zouden wij alle variaties willen uitwerken. maar vanwege de beperkte projecttijd hebben we er een gekozen. Aan de hand van de indrukken uit de oriëntatie hebben wij een keuze gemaakt. In deze tabel staan de bewegingsmogelijkheden van het platform afgezet tegen de nadelen. Er is een weging van 0 tot 3 aan gegeven. Hoe minder punten hoe minder nadelen en dus een betere keuze.

Tabel 1 Bewegingsmogelijkheden van het platform afgezet tegen de nadelen.

	Rijdend platform	Vliegend platform	Varend platform
Weersinvloed	2	3	2
Vandalisme	3	0	1
Wetgeving	1	3	1
Natuurverstoring	2	3	1
Moeilijkheid draadloze verbinding	3	1	2
Kans op botsingen	3	0	1
Complexiteit AI	3	2	1
Uithoudingsvermogen	2	3	1
Camera perspectief	1	0	1
Totaal	20	15	11

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat een rijdend platform gemakkelijk vast kan komen te zitten en onderhevig is aan vandalisme. Een vliegend platform is niet mogelijk omdat de regelgeving dat niet toe staat en deze zeer gevoelig zou zijn voor weersinvloeden. Ook zou dit de natuur te veel verstoren en een zeer korte gebruiksperiode hebben.

De beste keuze is een varend platform en dit zal dan ook verder uitgewerkt worden. Het varend platform zal hierna 'de boot' genoemd worden.

3.4 Persoonlijke verantwoordelijkheid binnen het project

Tijdens deze stage zal ik mij bezig houden met de live video verbinding die nodig is om de natuurbeelden van de boot naar de gebruiker te krijgen.

Ik heb tijdens de stage de volgende Onderzoeksvraag behandeld: *“Hoe kunnen live videobeelden vanaf een mobiel platform in de natuur met zo min mogelijk vertraging beschikbaar gemaakt worden via het internet?”*

Meer informatie over deze vraag is te vinden in paragraaf 4.2.1.

3.5 Eisen- en Randvoorwaarden

3.5.1 Randvoorwaarden

Vooraf heeft het stagebedrijf de volgende voorwaarden gesteld:

- Het project heeft 5 maanden looptijd,
- Bij voorkeur niet meer dan 2000 euro materiaalbudget,
- Er wordt gedurende de hele looptijd met 5 FTE aan het project gewerkt.

Verder is bepaald dat het product moet kunnen functioneren in de volgende omstandigheden:

- Kalm water
- Geen obstakels onder water
- In een gecontroleerd afgesloten gebied
- Onder supervisie van leden van het studententeam

3.5.2 Gebruikerseisen

Het ULab studententeam heeft aan de hand van het briefing, de randvoorwaarden en het concept vastgesteld welke functies de boot zal hebben. Hierbij is gelet op de test- en maakbaarheid van het ontwerp. De boot zal de volgende gebruikerseisen hebben:

- De boot kan mooie beelden maken om een meeslepende ervaring te realiseren.
- De boot kan live beelden versturen via het internet.
- De beelden zijn geschikt om de boot via de beelden te besturen.
- De live beelden zullen te zien zijn op een webpagina.
- De boot wordt bestuurd door op een kaart een navigatiedoel te kiezen.

- De gebruiker kan de boot via het internet besturen in een webbrowser.
- De boot kan uit zichzelf objecten ontwijken.
- De boot kan uit zichzelf binnen een bepaald gebied blijven.
- De boot kan automatisch terug naar het vertrekpunt varen.
- De boot zal de natuur niet verstoren.

Bestuurders moeten met het voertuig de natuur niet kunnen verstoren. Daarom is het nodig enige controle te houden over de bewegingen die de bestuurder met de boot uitvoert. Ook mag de bestuurder de boot niet kunnen beschadigen of vast laten lopen.

Om hier aan te voldoen is bedacht dat de gebruiker de boot kan besturen door op een plattegrond een navigatiedoel aan te klikken. Op die manier kan controle over de boot behouden worden.

Om de boot niet kwijt te raken moet deze zelf binnen een bepaald gebied blijven.

De gebruiker kan zich op veel plaatsen bevinden. Daarom is het belangrijk een interface te bieden die op zo veel mogelijk plaatsen gebruikt kan worden. Er is gekozen om de interface te laten bestaan uit een website.

Om deze functies te realiseren zal het nodig zijn om de boot te verbinden met het internet. Er zal een website gemaakt worden om de boot te kunnen besturen en er zal een server gebruikt worden om de beelden door te sturen en op de website op te tonen. De server zal ook de besturingscommando's doorgeven.

3.5.3 Vertaling van de gebruikerseisen naar technische functionaliteiten

De gebruikerseisen zijn in een tabel vertaald naar technische functionaliteiten. Deze functionaliteiten zijn verdeeld in een aantal categorieën:

- Live video verbinding
- Webplatform
- Semiautonome navigatiesoftware
- Varend platform

De technische functionaliteiten staan aan de bovenkant en de gebruikerseisen staan aan de linkerkant. De in groen aangegeven functionaliteiten zullen door mij uitgewerkt worden.

Tabel 2 Vertaling gebruikerseisen naar technische functionaliteiten.

Technische functionaliteiten	Live video verbinding			Webplatform		Semi autonome navigatiesoftware			Varend platform
	HD camera	Verbinding met internet geschikt om HD content over te zenden	Encoder die beelden snel kan encoderen	Flash video speler	Web besturingsinterface	Objectdetectie	Geofence	Waypoint navigatie	Elektrische aandrijving
Gebruikerseisen									
De boot kan mooie beelden maken om een meeslepende ervaring te realiseren.	X								
De boot kan live beelden versturen via het internet.		X	X	X					
De beelden zijn geschikt om de boot via de beelden te besturen.			X						
De live beelden zullen te zien zijn op een webpagina.				X					
De boot wordt bestuurd door op een kaart een navigatiedoel te kiezen.					X			X	
De gebruiker kan de boot via het internet besturen in een webbrowser.				X	X				
De boot kan uit zichzelf objecten ontwijken.						X			
De boot kan uit zichzelf binnen een bepaald gebied blijven.							X		
De boot kan automatisch terug naar het vertrekpunt varen.								X	
De boot zal de natuur niet verstoren.									X

3.6 Minimale specificaties van de live video verbinding

Hier staan voor de functionaliteiten van de live video verbinding de minimale specificaties uitgewerkt. Deze specificaties zijn waar nodig afgestemd op de overige functionaliteiten.

Tabel 3 Minimale specificaties videoverbinding.

Functionaliteit	Specificatie
Minimale gebruiksduur	2 uur
Natuurverstoring	Geen
Draadloos bereik	2 KM
Beeldkwaliteit	720P ^{*1}
Beeldvertraging	< 18 seconden ^{*2}

*1 Bij bepaling van deze specificatie is bepaald dat 480P mogelijk moet zijn omdat bij ons bestaande projecten bekend waren waarbij dit gehaald is. Om te voldoen aan de gebruikerseis mooie beelden moet deze specificatie hoger gelegd worden. 1080P oftewel full HD staat algemeen bekend als mooi beeld. Maar omdat dit erg veel bandbreedte gebruikt en het ons niet haalbaar leek om dit te realiseren is gekozen voor een tussenweg.

*2 Uit vergelijkingsonderzoek is gebleken dat webstreams gebruikelijk enkele tientallen seconden vertraging hebben. Ook is uit literatuuronderzoek gebleken dat besturing van voertuigen mogelijk is als de vertraging lager is dan 18 seconden.

3.7 Eindproducten

De volgende zaken zullen worden opgeleverd:

- Werkend prototype,
- Overdrachtsdocumentatie met een adviesrapport voor vervolgonwikkeling,
- Installatie en opstarthandleidingen,
- Media die gebruikt kunnen worden in marketing en communicatie,
- Einddemonstratie.

4 Probleemanalyse en onderzoek

In het hoofdstuk Probleemanalyse en onderzoek wordt de kern van het probleem duidelijk gemaakt. Het doel is om duidelijk te maken waarom het technisch moeilijk is dit probleem op te lossen en hoe het probleem toch opgelost kan worden. Hier voor wordt een combinatie gebruikt van literatuuronderzoek, het onderzoek van vergelijkbare projecten en veldonderzoek in de gebieden zelf.

4.1 Vooronderzoek

In de oriëntatie hebben we verschillende natuurgebieden bezocht waarbij we experts en deskundigen hebben geïnterviewd. Zo zijn we naar de Biesbosch, de Veluwe en de Oostvaardersplassen geweest en hebben we daar gesproken met twee boswachters. Zelf ben ik naar een bedrijf geweest dat webcams en onderzoeksapparatuur in natuurgebieden plaatst. Ik heb daar advies gekregen over hoe ik bepaalde problemen kan oplossen. Daarnaast is bronnenonderzoek gedaan naar welke techniek beschikbaar is en is onderzoek gedaan naar de context van de opdracht. Uit dit onderzoek is het volgende opgemaakt:

- Er is veel regelgeving over wat wel en wat niet mag in natuurgebieden.
- De natuur is erg dynamisch: de omgeving verandert constant.
- Er zijn geen vaste internet verbindingen of elektriciteit voorzieningen in natuurgebieden.
- Dit project is een uniek project: Er zijn weinig vergelijkbare projecten.
- Om bij interessante plaatsen te komen moet meestal enkele kilometers gereisd worden.

Deze vindingen zijn meegenomen in de het ontwerp.

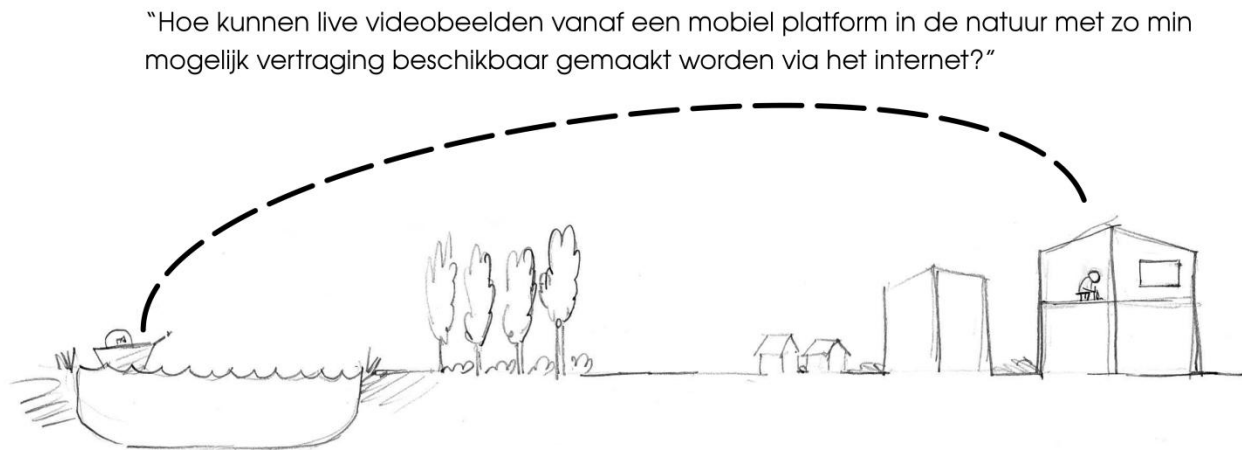


Figuur 10 Rondleiding door de Biesbosch met de boswachter.

4.2 Onderzoeksvragen

4.2.1 Hoofdvraag

Om mijn deel van het concept te kunnen realiseren moet video van de natuur naar de gebruiker gebracht kunnen worden. Om besturing van de boot via de beelden mogelijk te maken mogen deze beelden niet met grote vertraging aankomen. Dit is een factor die in de meeste toepassingen van live streaming niet kritiek is. Vaak wordt zelfs extra vertraging toegevoegd. Daarom moet onderzocht worden hoe dit toch gerealiseerd kan worden en moet de volgende vraag beantwoord worden: *Hoe kunnen live videobeelden vanaf een mobiel platform in de natuur met zo min mogelijk vertraging beschikbaar gemaakt worden via het internet?*



Figuur 11 Illustratie van de hoofdvraag.

4.2.2 Deelvragen

Om de onderzoeksvraag vraag beter te kunnen beantwoorden zijn een aantal deelvragen opgesteld:

- **Wat is de maximale vertraging van beeld waarmee toch een boot bestuurd kan worden?**

Om te kunnen bepalen hoe veel vertraging mag optreden in het beeld moet bepaald worden wat de absolute grens is waarbij het resultaat acceptabel blijft. Dat wordt in deze deelvraag beantwoord door middel van experiment en literatuur onderzoek. Zie 0.

- **Hoe worden de beelden geschikt gemaakt voor versturing over het internet?**

Er zijn een veel manieren waarop video geschikt gemaakt kan worden voor versturing via het internet. Bij deze deelvraag wordt een goed onderbouwde keuze gemaakt voor dit project.

- **Waar ontstaat de vertraging tussen de opname en de weergave van de beelden?**

De vertraging in het beeld is een belangrijk aspect van de probleemstelling. Om de vertraging te kunnen oplossen moet eerst in kaart gebracht worden waar in het systeem de vertraging optreedt en waardoor.

- **Welke draadloze transmissietechnieken zijn bruikbaar om beelden en besturingscommando's te verzenden en te ontvangen?**

Behalve de beelden moeten er ook besturingscommando's kunnen worden verzonden over de verbinding. Het mooiste zou zijn dat dat via dezelfde verbinding gebeurt als waar de beelden over gaan. Als dat niet kan moet er een apart kanaal voor de besturingscommando's opgezet worden.

4.3 Probleemanalyse

De uitdagende aspecten van mijn deel binnen het project zijn dat er:

- geen goede vaste internet verbinding in de natuurgebieden beschikbaar is en dat
- de beelden snel genoeg verzonden moeten worden omdat gebruikers de boot anders niet via de beelden kunnen besturen.

Mijn verwachting voor het onderzoek was dat als een gebruiker een besturingscommando geeft en het te lang duurt voordat het resultaat daar van op het beeld te zien is, dat het hierdoor onprettig of zelfs onmogelijk is om de boot te besturen. De boot is mobiel en omdat we de natuur zo min mogelijk willen belasten kunnen we geen bedrade verbinding aanleggen. Daardoor moeten de beelden draadloos uit het natuurgebied gezonden kunnen worden naar het internet.

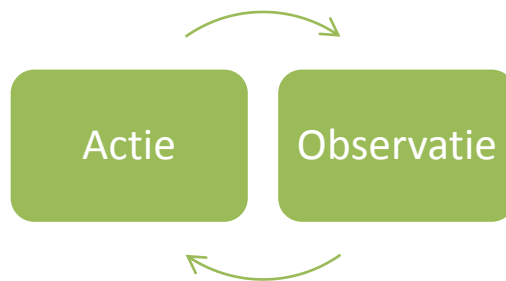
Het is tegenwoordig gebruikelijk om zo veel mogelijk rekenwerk op de server uit te voeren. Het voordeel hier van is dat er bij de andere delen in het systeem goedkopere apparatuur gebruikt kan worden. Deze verschuiving wordt mogelijk gemaakt door de steeds beter wordende verbindingen waar we tegenwoordig over beschikken. Bij dit project zijn de verbindingen juist de zwakste schakel. Hiermee zal rekening gehouden moeten worden in het ontwerp.

4.4 Principes die een rol spelen in het ontwerp

In deze paragraaf staan een aantal principes beschreven die een rol spelen in het ontwerp. Het doel van deze paragraaf is om achtergrond informatie te bieden en voorbeelden te geven van problemen die voor lief worden genomen.

4.4.1 Feedback

Feedback in de context van dit project is het beste uit te leggen aan de hand van een voorbeeld. Het besturen van een voertuig gebeurt doormiddel van feedback. Een persoon die een auto bestuurt laat de auto versnellen door het gaspedaal in te drukken. Dan kijkt hij hoe de auto reageert. Als de auto te hard optrekt zal hij het gaspedaal minder ver indrukken en als de auto niet hard genoeg optrekt zal hij het gaspedaal verder indrukken. Deze opeenvolging van handelingen en observaties zal constant herhaald worden. De duur van de cyclus is een belangrijk aspect, als de cyclus te lang duurt zal besturing onmogelijk worden.



Figuur 12 Relatie tussen actie en observatie.

4.4.2 Videocompressie

Video in de digitale wereld bestaat uit afbeeldingen die snel achter elkaar getoond worden. Door de manier waarop de hersenen van de mens dit verwerken zien wij dit als bewegende beelden. De afbeeldingen worden ook wel frames genoemd. Doordat er minstens ongeveer 30 frames per seconde nodig zijn levert dat een grote hoeveelheid data op. Deze hoeveelheid kunnen we verminderen door middel van compressie. Een groot deel van de data heeft technisch gezien geen significantie. Dat betekent dat die data weggelaten kan worden. Dat kan op verschillende manieren. Bijvoorbeeld:

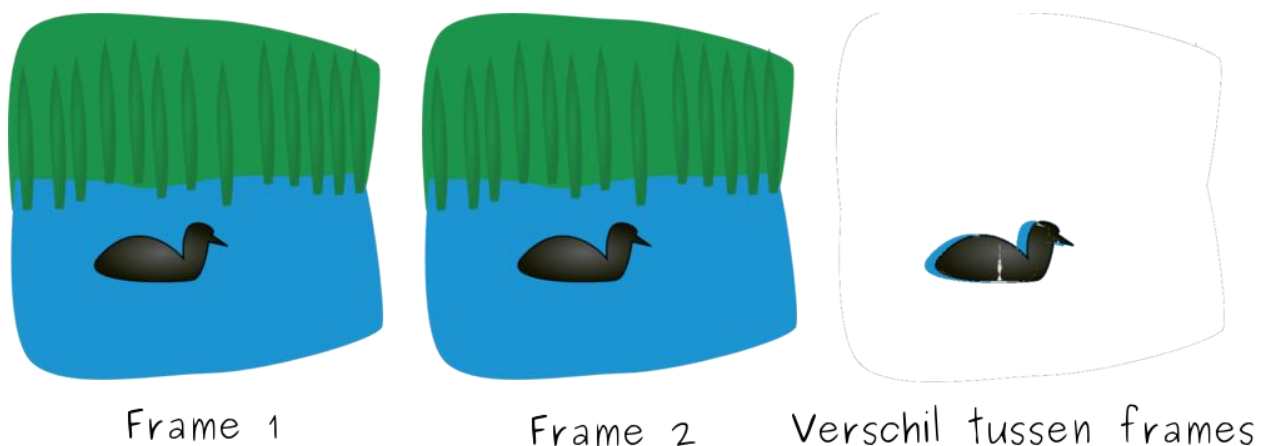
- Een kleurreimte kiezen die bij de mens past,
- Delen van het beeld met minder detail een lagere resolutie geven,
- I-frames en P-frames.

De mens kan maar een beperkt aantal verschillende kleuren onderscheiden. Door alleen de kleuren op te slaan die wij daadwerkelijk kunnen onderscheiden kan data bespaard worden.

Ook is het mogelijk om bepaalde delen van het beeld samen te vatten. Het is inefficiënt om bij een strak blauwe lucht elke pixel apart te beschrijven als ze toch dezelfde kleur zijn. Het is beter om te zeggen “Dit gebied is helemaal blauw”.

Compressie met I-frames en P-frames speelt in dit project een belangrijke rol. Daarom zal deze techniek kort uitgelegd worden.

Bij deze compressie methode wordt niet van elk frame de gehele afbeelding doorgestuurd. Er wordt een keer de gehele afbeelding doorgestuurd (Intra frame ofwel I-frame) en vervolgens wordt een aantal frames (Predicted frames ofwel P-frames) gestuurd waarin alleen de verschillen met het eerste frame staan. Bij een video waarbij bijvoorbeeld een vogel langs de camera zwemt is dat dus een keer de gehele scene en vervolgens alleen de vogel. De verhouding tussen I- en P-frames bepaalt de hoeveelheid bespaarde data en de kwaliteit van de video.



Figuur 13 Vereenvoudigd voorbeeld van encoding met I- en P- frames.

Door in plaats van na frame 1 frame 2 te sturen kan ook het verschil gestuurd worden. Als dit over frame 1 gelegd wordt is het resultaat hetzelfde als frame 2. Het voordeel is dat het verschil tussen frames minder data bevat dan frame 2 en toch hetzelfde resultaat bereikt kan worden. Met dit vereenvoudigde voorbeeld kan al veel bespaard worden, de bestandsgrootte van frame 1 en 2 is 53,6 kB en de bestandsgrootte van het verschil is 24 kB. $53,6 + 53,6 = 107,2\text{kB}$ en $53,6 + 24 = 77,6\text{kB}$. Dat is dus al 28% besparing. Als een frame en negen veranderingsframes gebruikt zou worden, dan zou dat bij een gelijk blijvende verandering in het beeld 50% besparing opleveren.

4.4.3 Video over het internet

Video verzenden over het internet is lastig door de onbetrouwbaarheid van het internet, zo komt niet alle data aan en soms ook niet in dezelfde volgorde. Dit kan haperingen en storing in de video als gevolg hebben. Dit is op te lossen door:

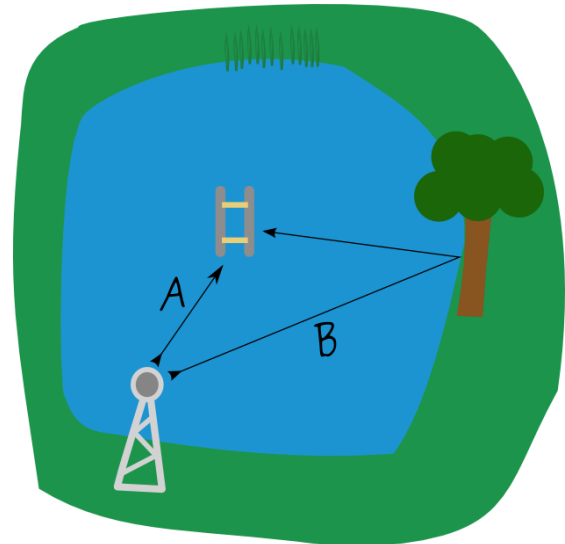
- Een controle protocol met nummering te gebruiken,
- missende data opnieuw te versturen,
- een buffer te gebruiken.

Door elk datapakket een oplopend nummer te geven kan aan de ontvangende kant de data gesorteerd worden. Data die niet is aangekomen kan dan opnieuw opgevraagd worden. Door een buffer te gebruiken is er meer tijd om te sorteren en alle beelden zo goed mogelijk te reconstrueren. Het nadeel daarvan is dat er dus een langere periode tussen de verzending en de weergave van de beelden zit.

4.4.4 Radiografisch bereik

Het draadloos versturen van data door middel van radiogolven is een belangrijk aspect van dit project. Radiogolven hebben een bepaalde frequentie, te vergelijken met de toonhoogte van geluidsgolven. Bij radiogolven is het zo dat bij dezelfde zendsterkte een lagere frequentie een groter bereik heeft dan een hogere frequentie. (Net als dat de bas van muziek verder weg te horen is.) Wel is het zo dat de beschikbare bandbreedte kleiner is bij lagere frequenties. De bandbreedte bepaalt hoeveel data er in een bepaalde tijd verzonden kan worden. Lagere frequenties hebben ook de eigenschap om beter door objecten heen te kunnen dringen. Voor dit project moet dus een balans tussen bandbreedte en frequentie gekozen worden. Doordat de boot beweegt moet ook rekening gehouden worden met het doppler effect. Dat is het effect dat er een verschuiving in waargenomen frequentie optreedt als een zender en ontvanger ten opzichte van elkaar bewegen. Dit is een nadeel en hier moet rekening mee gehouden worden in het ontwerp van de verbinding.

Multipath (Meerwegontvangst) is een ander effect dat invloed heeft op het bereik. Het is vergelijkbaar met echo waarbij golven van het zelfde signaal een verschillende weg zijn gegaan naar de ontvanger. Deze golven kunnen elkaar dan beïnvloeden, daardoor kunnen zwakke plekken in het ontvangstgebied ontstaan. De echo's ontstaan door begroeiing en beplanting zoals in het figuur wordt geïllustreerd.



Figuur 14 De afstand die signaal B moet afleggen is groter dan de afstand van signaal A.

4.4.5 Conclusie

De rode draad in deze principes is dat ze nodig zijn om veel informatie draadloos over een grote afstand te kunnen verzenden.

4.5 Deskresearch

4.5.1 Casus onderzoek

Ik heb inspiratie gehaald uit projecten en producten die al bestaan. Door de ontwerpen van die systemen te bekijken heb ik betere keuzes kunnen maken in mijn ontwerp. Ik heb onderzocht welke technieken deze systemen gebruiken en wat de grenzen deze technieken zijn. Ik heb de volgende casussen onderzocht:

- FPV(First Person View) in de modelbouw
In de hobby van het vliegen met op afstand bestuurbare vliegtuigen is het mogelijk het vliegtuig te besturen via beeld dat doorgestuurd wordt van een camera op het vliegtuig.
- Camera's op motorfietsen bij wielervedstrijden
Tijdens wielervedstrijden wordt de wedstrijd live in beeld gebracht door cameramensen op motorfietsen.
- Parrot A.R. drone
Bij deze vliegende speelgoed drone is het mogelijk op je smartphone te zien wat de drone ziet. De besturing van de drone gebeurt ook via de smartphone.
- Volg de vos
Bij dit project van Staatsbosbeheer kan je via een website met een live stream kijken wat zich in een vossenburcht afspeelt.

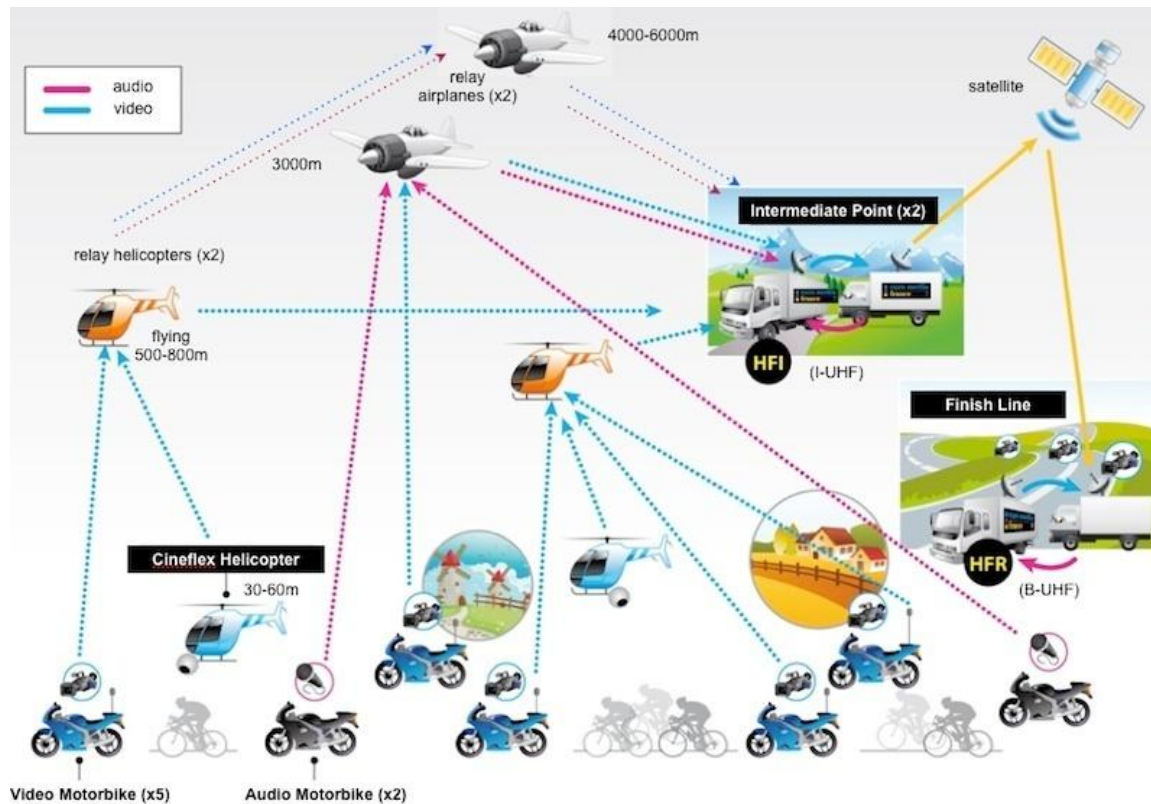
4.5.1.1 FPV (First Person View) in de modelbouw

In de modelbouw wordt gevlogen vanuit het perspectief van de piloot in het vliegtuig. Daarbij maakt men gebruik van dezelfde cameramodules die ook in beveiligingscamera's gebruikt worden. Deze is gekoppeld aan een analoge FM videozender. Het beeld wordt door de piloot op de grond ontvangen met een ontvanger en direct op een klein lcd scherm weergegeven. Het beeld wordt doorgegeven als een composiet videosignaal in pal of ntsc standaard. Er worden meerdere frequenties gebruikt over de wereld waaronder 900MHz, 1.2GHz, 2.4GHz en 5.8GHz. De laatste twee daarvan zijn in Nederland zonder licentie te gebruiken. Bij FPV wordt geëxperimenteerd met een groot aantal antennes. Zo zijn er opstellingen met lineaire polarisatie en circulaire polarisatie. Er wordt gebruik gemaakt van combinaties van richtantennes en rondstraalantennes. De kunst is om een zo efficiënt mogelijke opstelling te creëren om een zo groot mogelijk bereik te behalen. Het is mogelijk om tientallen kilometers bereik te behalen.

4.5.1.2 Camera's op motorfiets bij wielervedstrijden

In een interview met de CTO van een van de bedrijven die de Tour de France in beeld brengen wordt uitgelegd dat het beeld van de motor met een radiozender via een helikopter en een vliegtuig naar een vrachtwagen verzonden wordt. De apparatuur maakt gebruik van de MPEG-4

codec en modulatie gebaseerd op DVB-T. Volgens Telecom provider Orange dat meewerkt aan de organisatie is de vertraging minder dan een seconde. Zie Figuur 15 Systeemdiagram live registratie Tour de France voor een overzicht.



Figuur 15 Systeemdiagram live registratie Tour de France.

4.5.1.3 Parrot A.R. drone

Uit de A.R. drone developer guide kan opgemaakt worden dat voor de twee verschillende versies van de drone ook twee verschillende manieren zijn waarop de video verzonden wordt. De eerste versie maakt gebruik van een aangepaste H264 codec die middels een eigen applicatie protocol over UTP verzonden wordt. De tweede versie maakt gebruik van H264 dat via TCP verzonden wordt met een aangepaste header genaamd PaVE (Parrot Video Encapsulation). Aan de ontvangende kant is een mechanisme geïmplementeerd dat het meest recente beeld naar de decoder stuurt en alle oudere frames weggooit.

4.5.1.4 Volg de vos

Ik heb gesproken met een ontwikkelaar in het volg de X project en hij heeft mij globaal uitgelegd hoe de keten van beelden verloopt. Het is een erg lange keten met de volgende elementen:



Figuur 16 De route van de beelden in het project Volg de vos.

Het realtime element in dit project is niet zo belangrijk, maar de continuïteit van de stream wel. Daarom is over het geheel een beeldvertraging te meten van ongeveer 30 seconden.

4.5.2 Experimenten

Daarnaast zijn ook een aantal experimenten uitgevoerd. Bij deze experimenten zijn grenzen van een bepaalde technologieën getest. De reden dat deze data niet uit literatuur zijn gehaald is omdat er in ons geval bijzondere factoren een rol spelen die niet in literatuur behaald worden of dat er te veel factoren zijn die invloed hebben op de data. Met behulp van experimenten zijn de volgende vragen beantwoord:

- **Wat is de maximale afstand waarbij video verzonden kan worden over WiFi?**
Bij dit experiment zal de situatie van het concept zo veel mogelijk aangehouden worden. Behalve de maximale afstand zal ik ook bepalen wat de technische factoren zijn die deze afstand bepalen. De resultaten zijn dus de maximale afstand en de verschillende factoren die de maximale afstand bepalen.
- **Wat is de maximale vertraging waarmee een boot bestuurd kan worden?**
In dit experiment zal met een simulatie bepaald worden wanneer het onprettig of onmogelijk wordt om de boot via de beelden te besturen. Het resultaat is dus de maximale acceptabele vertraging. Dit resultaat zal de specificatie van het eindproduct bepalen.

4.5.2.1 Wat is de maximale afstand waarbij video verzonden kan worden over WiFi?

Tijdens eerste tests rond het pand van Evident is niet meer dan een bereik van 10 meter gehaald tijdens het streamen van video. Hierbij is gebruik gemaakt van het aanwezige WiFi netwerk en een vroege versie van de hard en software in het ontwerp.

De oorzaak van dit beperkte bereik is de overvolle ether rondom het pand van Evident. Tijdens de test werden 14 verschillende WiFi netwerken ontvangen worden en alle beschikbare WiFi kanalen zaten vol. De tegenvallende resultaten tijdens deze tests hebben de ontwerpkeuze beïnvloed, We zijn uiteindelijk overgestapt op een 4G verbinding.

Later is een test uitgevoerd in een omgeving met een 'stillere' ether om zo de situatie in de natuurgebieden beter na te bootsen. Tijdens deze test is ook een accesspoint gebruikt dat

ontworpen is voor lange afstandsverbindingen. Dit accesspoint is gekoppeld aan een antenne die geplaatst is op 5 meter hoogte. Bij deze opstelling is een uitgestraald vermogen van 28 dBm gerealiseerd. Dit is meer dan de 20 dBm die in Nederland is toegestaan. Deze opstelling kan daardoor niet in het ontwerp gebruikt worden.

Testopstelling:

- Raspberry Pi met Camera Board
- USB WiFi adapter
- Senao WiFi access point
- Antenne op 5 m hoogte met 8dBm versterking

Het resultaat van de test was dat de verbinding significant beter is. In de omgeving waarin de test is uitgevoerd is het niet mogelijk om een afstand van meer dan 170 meter tussen de antennes te creëren en een zichtlijn te behouden. Bij 170 meter was de verbindingsskwaliteit 50% en de beeldkwaliteit goed. Organische en metalen objecten in de zichtlijn laten de verbinding wegvallen.



Figuur 17 Testopstelling met camera, Raspberry Pi Accu en WiFi adapter.

4.5.2.2 Wat is de maximale vertraging waarmee een boot bestuurd kan worden?

Er is om deze vraag te beantwoorden een bestaand onderzoek geraadpleegd. Het STRIPE onderzoek gaat over het op afstand besturen van voertuigen met beperkte beeldgegevens. (Kay, 1997)

Als resultaat van het onderzoek wordt genoemd dat door gebruik te maken van navigatiedoelen succesvol genavigeerd kan worden met een beeldvertraging van 18 seconden. Dit is wel getest in een setting waarbij het uiterste gevraagd is van de gebruikers en het is dus de vraag of de besturing prettig heeft gewerkt.

Het onderzoek verdeelt op afstand bestuurde systemen in drie categorieën:

Tabel 4 Categorieën op afstand bestuurbare voertuigen.

Categorie	Bedieningsmethode	Eigenschappen
Continue en vrij van vertraging	Direct	Ten minste 20 frames per seconde en een vertraging van maximaal 100 milliseconden
Bijna continue of zeer lage vertraging	Direct	Minder dan 20 frames per seconde of een vertraging groter dan 100 milliseconden
Discreet en vertraagd	Indirect	Elke beeldverversings-snelheid en elke vertraging

Volgens het onderzoek kan een gebruiker bij een vertraging van 100 milliseconden of minder de vertraging niet meer opmerken.

Het was de bedoeling om dit experiment met de eindopstelling uit te voeren, maar door vertragingen in de navigatie en besturingssoftware is dit niet gelukt. Het is in het ontwerp technisch wel mogelijk gemaakt om een kunstmatige vertraging in de verbinding aan te brengen door de beelden bij de ontvanger in een buffer te plaatsen en pas na een instelbare tijd weer te geven. Ook is de simulator geschikt om dit te testen.

Experimenten tijdens de ontwikkeling zijn uitgevoerd waarbij de studenten in het ULab als proefpersonen gebruikt zijn. De mening van de studenten is dat een vertraging lager dan een seconde prettig is. Het onprettige gevoel treed alleen op vlak na het aangeven van een nieuw navigatiedoel.

5 Ontwerp

In dit hoofdstuk wordt het ontwerp van het live video systeem behandeld. Verschillende afwegingen in hardware, software en in de opbouw van het systeem worden verklaard.

5.1.1 Fysiek ontwerp boot

Het ontwerp van de boot heeft veel gevolgen voor het ontwerp van de verbinding. In het ontwerp van de boot is gekozen voor een aandrijving door middel van twee elektromotoren die gezamenlijk maximaal 2 Ampère verbruiken bij 12 volt. De energie wordt voorzien door een loodaccu van 12 volt en 7 Ampère-uur(Ah). Door de gestelde eis van 2 uur vaartijd is in een vaart 3,5 Ampère beschikbaar. De elektronica mag dus niet meer dan 1,5 Ampère gebruiken(18 Watt). De boot kan maximaal een gewicht van 6 kilo meenemen waarvan de accu 2,65 Kilo inneemt. De elektronica mag dus niet meer dan 3,35 Kilo wegen. Als de elektronica onder de 1,3 Kilo blijft kan een extra accu meegenomen worden.

5.2 Ontwerpvoorstellen

Voor de realisatie zijn er een aantal ontwerpvoorstellen gemaakt. Deze zijn op blok niveau uitgewerkt. Er is uit gegaan van 4 locaties waarover de verschillende elementen van het systeem verdeeld zijn:

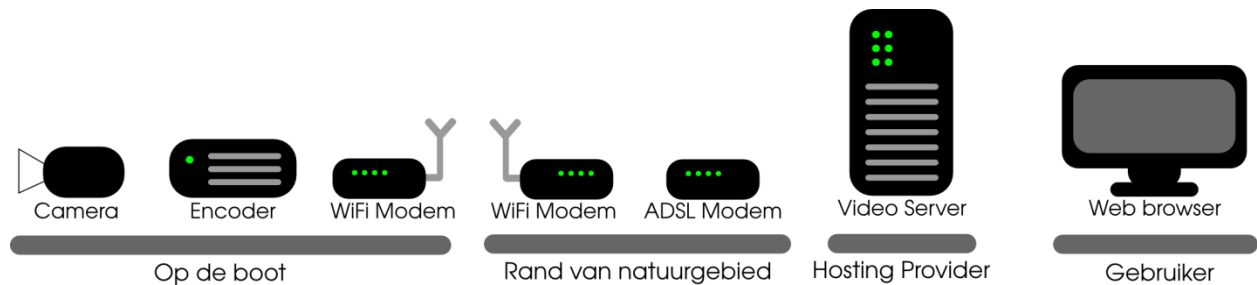
- Op de boot,
- Aan de rand van het natuurgebied*,
- Bij de hosting provider,
- Bij de gebruiker.

*Bij de locatie aan de rand van het natuurgebied wordt de rand van het operationele gebied van de boot bedoeld.

Door deze scheiding aan te geven wordt duidelijk tussen welke componenten een verbinding gerealiseerd moet worden waarbij een afstand overbrugd moet worden. De ontwerpen variëren in de manier waarop tussen verschillende locaties gecommuniceerd wordt en ook de locatie van verschillende componenten verschilt. Bij het ontwerp is uitgegaan van een breedbandverbinding tussen de server en de gebruiker.

5.2.1 Ontwerp 1: WiFi

Dit ontwerp maakt gebruik van WiFi voor de verbinding tussen de boot en de kant. Aan de rand van het gebied wordt met een mast gecommuniceerd met de boot. Bij deze mast wordt het verkeer met een ADSL verbinding aan het internet gekoppeld. Dit is een nadeel omdat vaste internetverbindingen slecht beschikbaar zijn en omdat een mast geplaatst moet kunnen worden. De encoder bevindt zich op de boot om zo de benodigde bandbreedte te verlagen.



Figuur 18 Componenten ontwerpvoorstel 1: WiFi.

Voordelen:

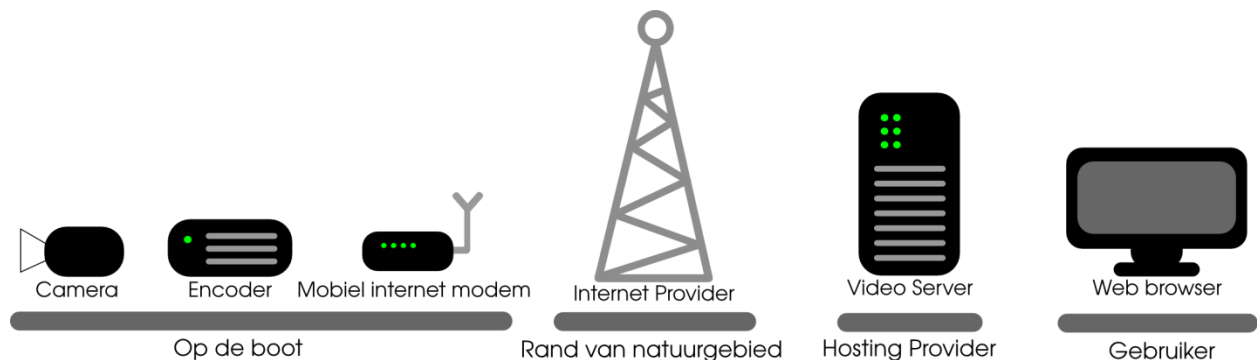
- Veel standaard apparatuur beschikbaar
- Controle over alle delen in de keten
- Veel bandbreedte

Nadelen:

- Beperkt bereik
- Eigen mast nodig

5.2.2 Ontwerp 2: Mobiel internet

Dit ontwerp maakt gebruik van een mobiele internet verbinding tussen de boot en het internet. Hierdoor hoeft geen eigen apparatuur aangebracht te worden aan de rand van het natuurgebied en zijn dus het minste aantal (eigen) componenten nodig. Ook kan het systeem in elk natuurgebied ingezet worden. Het nadeel is de kosten van een mobiele internet verbinding. Ook is er geen controle over de verbinding en moet deze gedeeld worden met andere gebruikers. Er worden ook geen garanties gegeven over de beschikbaarheid van de verbinding.



Figuur 19 Componenten ontwerpvoorstel 2: Mobiel internet.

Voordelen:

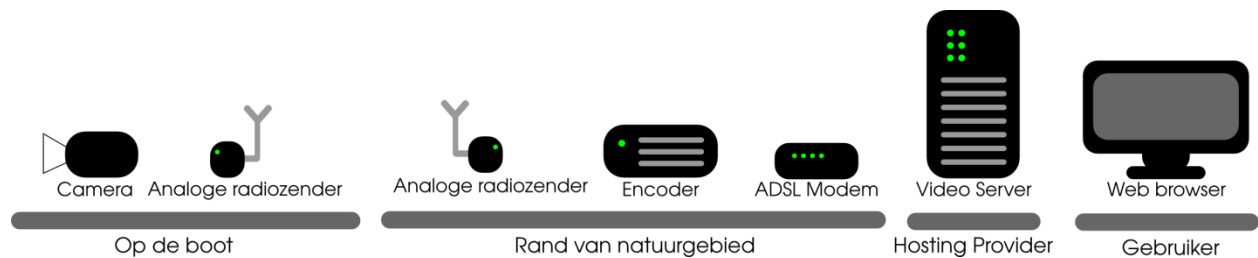
- Geen beperkte zendsterkte
- Weinig componenten
- Geen vaste internetverbinding aan de rand van het natuurgebied nodig
- Geen installatie(door ons) aan de rand van het natuurgebied nodig

Nadelen:

- Duur
- Geen controle internet provider gedeelte

5.2.3 Ontwerp 3: Analooq

Dit ontwerp maakt gebruik van analoge radiozenders voor de verbinding tussen de boot en de kant. Hierbij worden de beelden verzonden voor dat ze gedigitaliseerd en geëncodeerd worden. Het voordeel is dat er op de boot geen computerkracht aanwezig hoeft te zijn voor de video. Daardoor kan een encoder gekozen worden zonder rekening te houden met de beschikbare ruimte en energie. Een ander voordeel is dat het bereik van deze zenders groot is en dat apparatuur goed beschikbaar is. Het grote nadeel is de lage beeldkwaliteit. Besturingscommando's dienen bij dit ontwerp via een aparte verbinding naar de boot gezonden te worden.



Figuur 20 Componenten ontwerpvoorstel 3: Analooq.

Voordelen:

- Simpele elektronica op de boot
- Groot bereik met beperkte zendsterkte
- Volledige controle over alle stappen

Nadelen:

- Geen HD
- Ruis
- Grote installatie aan de rand van het natuurgebied

5.3 Vergelijking van de ontwerpvoorstellen

In deze tabel worden de voor en nadelen van de ontwerpen vergeleken. De nadelen die tot gevolg hebben dat het ontwerp niet aan de gestelde eisen voldoet zijn dikgedrukt.

Tabel 5 Vergelijking van de ontwerpvoorstellen.

	Voordelen	Nadelen
Ontwerp 1: WiFi	• Veel standaard apparatuur beschikbaar • Controle over alle delen in de keten • Veel bandbreedte	• Beperkt bereik • Eigen mast nodig
Ontwerp 2: Mobiel internet	• Geen beperkte zendsterkte • Weinig componenten • Geen vaste internetverbinding aan de rand van het natuurgebied nodig • Geen installatie(door ons) aan de rand van het natuurgebied nodig	• Duur • Geen controle internet provider gedeelte
Ontwerp 3: Analooog	• Simpele elektronica op de boot • Groot bereik met beperkte zendsterkte • Volledige controle over alle stappen	• Geen HD • Ruis • Grote installatie aan de rand van het natuurgebied

5.4 Gekozen ontwerp

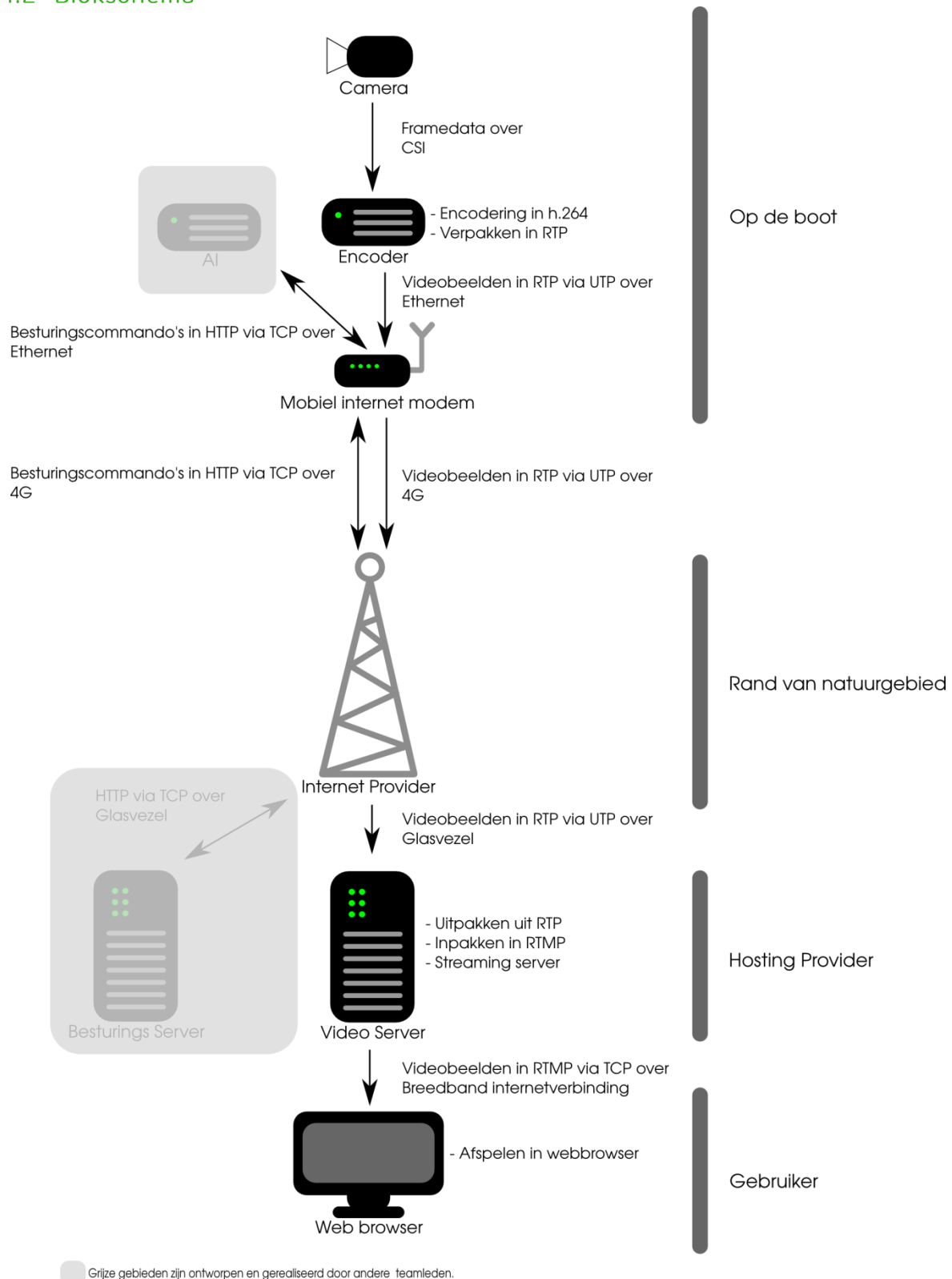
Ontwerp 3 is als minst geschikt gebleken vanwege de lage beeldkwaliteit en zou alleen gerealiseerd worden als de overige ontwerpen niet mogelijk zouden zijn. Ontwerp 1 is in eerste instantie als beste gekozen omdat in de oriëntatie door verschillende partijen aangegeven is dat de dekking van het mobiele netwerk in natuurgebieden slecht is. Maar vanwege de tegenvallende resultaten van tests met WiFi is toch voor ontwerp 2 gekozen. In het ontwerp is daarna rekening gehouden met de adviezen uit de oriëntatie. Door te kiezen voor een verbinding die op IP gebaseerd is kunnen de boot en de server voor de besturing over die verbinding communiceren. Ik heb geadviseerd om de besturingscommunicatie via http requests te laten verlopen en dat advies is opgevolgd. Het argument om hier voor te kiezen is de makkelijke implementatie ervan.

5.4.1 Overzicht

Voor de verbinding van de boot met het internet wordt gebruik gemaakt van een 4G LTE mobiele internet verbinding. Dit is de zelfde techniek als gebruikt wordt door smartphones om verbinding met het internet te maken. 4G is erg geschikt omdat er in Nederland een bijna volledig dekkend netwerk beschikbaar is en omdat 4G een hoge bandbreedte heeft. Het nadeel is dat 4G gericht is op consumenten en daardoor hoofdzakelijk in bewoonde gebieden beschikbaar is. De dekking van het netwerk in de Nederlandse natuurgebieden is niet volledig. Hiermee is in het ontwerp rekening gehouden door apparatuur te gebruiken met een beter bereik.

4G is een verzamelnaam voor de vierde generatie mobiele data standaarden. Op het moment is er maar een standaard die zich 4G mag noemen en dat is LTE Advanced. In de praktijk wordt LTE ook onder 4G geschaard. LTE (Long Term Evolution) heeft een theoretisch maximale bandbreedte van 100 Mbit download en 50 Mbit upload.

5.4.2 Blokschema



Figuur 21 Blokschema van het gekozen ontwerp.

5.4.3 Vertaling van technische functionaliteiten naar ontwerp

In deze tabel is af te lezen welke gebruikerseisen er zijn en welke functionaliteiten het ontwerp aan deze eisen laten voldoen. Daarnaast is af te lezen door welke soft- en hardwarecomponenten deze functionaliteiten gerealiseerd worden in het ontwerp.

Tabel 6 Vertaling van technische functionaliteiten naar ontwerpcomponenten.

Technische functionaliteiten	Live video verbinding			Webplatform
	HD camera	Verbinding met internet geschikt om HD content over te zenden	Encoder die beelden snel kan encoderen	Flash video speler
Gebruikerseisen				
De boot kan mooie beelden maken om een meeslepende ervaring te realiseren.	X			
De boot kan live beelden versturen via het internet.		X	X	X
De beelden zijn geschikt om de boot via de beelden te besturen.			X	
De live beelden zullen te zien zijn op een webpagina.				X
De boot wordt bestuurd door op een kaart een navigatiedoel te kiezen.				
De gebruiker kan de boot via het internet besturen in een webbrowser.				X

Hardware componenten ontwerp				
Raspberry pi camera	X			
Raspberry pi			X	
RUT550 4G router		X		

Software componenten ontwerp				
JW player				X
raspivid	X			
Gstreamer		X	X	
crtmpserver		X		

In deze tabel worden de minimale specificaties vergeleken met de geschatte specificaties van het ontwerp.

Tabel 7 Vergelijk minimale specificaties met ontwerpsspecificaties.

Functionaliteit	Minimale specificatie	Ontwerp	Opmerkingen
Minimale gebruiksduur	2 uur	2 uur en 23 minuten 4 uur en 47 minuten met extra accu	Ontwerp gebruikt maximaal 35.1 Watt Waarvan 11.1 Watt door de streaming en besturingselektronica
Natuurverstoring	Geen	Geen mast nodig.	
Bereik	2 KM	Bijna heel Nederland	
Beeldkwaliteit	720P	Tot 1080P resolutie	
Beeldvertraging	< 18 Seconden	< 5 Seconden	

5.4.4 Afwegingen gekozen hardware

Onderstaand is een overzicht te vinden van verschillende hardware die geschikt is voor gebruik in het ontwerp. De gekozen hardware is gemarkeerd en een korte verklaring van de keuze is gegeven. In het geval van de server is gebruikt wat door het stagebedrijf beschikbaar is gesteld.

Tabel 8 Afwegingen gekozen hardware.

Encoder	Raspberry Pi	Beaglebone black	itx pc
Prijs	35\$	45\$	300\$
Software ondersteuning	Uitgebreid	Goed	Zeer uitgebreid
Community	Zeer groot	Gemiddeld	Groot
Rekenkracht CPU	Minimaal	Matig	Zeer groot
Hardware versnelling	Ja	Ja	ja
Relevante I/O	CSI, 1 USB 2.0 lane, ethernet	1 USB 2.0 lane, ethernet	meerdere USB 2.0 lanes, ethernet
Stroomverbruik	3,5 Watt	2,3 Watt	65 Watt
Opmerkingen	Snelle CSI verbinding, Laag energie verbruik, hardware versnelling.	Te weinig I/O mogelijkheden, matige community en software support	Duur, te groot stroomverbruik

Camera	Raspberry pi camera module	Axis Q6044 netwerkcamera	Logitech pro webcam
Prijs	20\$	3200\$	100\$
Verbinding	CSI	Ethernet	USB
Resolutie	1080P	720P	1080P
Pan Tilt Zoom	nee	Ja	nee
Stroomverbruik	0,6 Watt	19 Watt	2,5 Watt
Opmerkingen	Supersnelle CSI verbinding	Te duur, Geen controle over encoder	Langzame USB verbinding

Modem	Huawei E3272	RUT550
Prijs	Gratis (bij abonnement)	300\$
Verbinding	USB 2.0	Ethernet
Ontvangstkwaliteit	Goed	Zeer goed
Stroomverbruik	Onbekend(~3 Watt)	7 Watt
Opmerkingen	Geen drivers beschikbaar	Geen drivers nodig, super ontvangst en stabiele verbinding

5.4.5 Afwegingen gekozen software

Onderstaand een overzicht van gekozen software. Voor de camerasoftware is (nog) geen realistisch alternatief beschikbaar. Hiervoor is dus geen vergelijkingstabel gemaakt.

Tabel 9 Afwegingen gekozen software.

Streaming software encoder <-> server	GStreamer0.10	GStreamer1.0	VLC	Netcat
Latency	Laagst	Laagst	Hoog	Laag
Instelbaarheid	Hoog	Hoog	Gemiddeld	Laag
Opmerkingen		Ondersteuning voor hardwarematige versnelling		

Encoder OS	Raspbian (Debian) linux	Arch linux	Pidora (Fedora) linux
Software ondersteuning	Uitgebreid	Goed	Goed
Community	Groot	Klein	Klein
Opmerkingen	Kant en klare GStreamer1.0 ondersteuning		

Streaming server	crtmpserver	Red 5	GStreamer	Wowza	VLC
Prijs	Gratis	Gratis	Gratis	\$55 per maand	Gratis
Ondersteuning	Slecht	Slecht	Slecht	Goed	Goed
Latency	Laag	Onbekend	Laagst	Hoog	Hoog
Opmerkingen		Niet werkend gekregen	Bevat geen ingebouwde stream server, deze kan wel zelf toegevoegd worden.		

Web speler	JWplayer	Eigen flash speler	HTML 5 live streaming
Browser ondersteuning	Beste	Goed	Slecht
Ondersteuning	Goed	Geen	Slecht

5.4.6 Camera

Parameter	Waarde
Aantal pixels	5M
Maximale video resolutie	1920x1080
framerate	30 fps
Interface	CSI
kijkhoek	53 graden horizontaal
	40 graden verticaal

De Raspberry pi Camera Module maakt gebruik van een smartphone camera met hoge resolutie. Deze verstuurt het beeld via een CSI interface. De camera heeft geen optische beeldstabilisatie, focus of zoom. De reden dat deze module is gekozen is dat het de enige module is die via de CSI interface aangesloten kan worden.

5.4.7 Encoder

Parameter	Waarde
SoC	Broadcom BCM2835
Interfaces	CSI, DSI, USB, Ethernet, GPIO, I2C, I2S, UART, PWM, SPI

De Raspberry Pi is een mini ARM computer die bedoelt is voor educatieve doeleinden. Deze computer is voor dit project gekozen vanwege de prijs, beschikbaarheid, community en om de SoC die er op zit. Deze SoC is namelijk bedoelt voor toepassingen als Set top boxen, Digitale (video) camera's, streaming media apparaten en 3D Gaming. De SoC beschikt over een CPU, GPU en DSP. Verder bevind zich op het bord een chip met een USB 2.0 hub en een USB naar ethernet interface. Deze chips zijn door middel van een enkele USB 2.0 bus verbonden. De USB poorten en de Ethernet poort delen dus ook de bandbreedte van de USB bus. De CSI interface is direct verbonden met de GPU van de SoC en heeft dus meer bandbreedte.

De GPU ondersteunt OpenGL ES 2.0 en kan MPEG 2, VC-1 en h.264/MPEG-4 AVC high profile encoderen en decoderen op full HD formaat met 30 frames per seconde.

De CPU is een 700 MHz ARM1176JZF-S ARM processor. Deze is erg zuinig. Het RAM geheugen van 512MB wordt gedeeld met de GPU.

De code voor de besturing en de kunstmatige intelligentie zullen ook op dit bord uitgevoerd worden.

5.4.8 Netwerk modem

Parameter	Waarde
Interne modem	Huawei ME906E
Mobiele netwerken	LTE UMTS GSM
LTE Frequenties	FDD 800/850/900/1800/1900/2100/2600
LTE zendsterkte	23dBm
Antenne	2 dBi

De verbinding met het internet zal gemaakt worden door de encoder via ethernet aan een modem te verbinden. De gekozen modem is een RUT550 LTE van Teltonica. Deze router bevat ethernet WiFi en kan verbinding maken met LTE, UMTS en GSM netwerken.

Dit apparaat zal de gebruikelijke router taken op zich nemen zoals DHCP, firewall en NAT. De WiFi interface zal gebruikt worden voor testdoeleinden.

Het modem in deze router kan gebruik maken van alle frequentiebanden die gebruikt worden voor LTE en ondersteunt frequentie division duplexing. Dat levert een hoge bandbreedte met een lage latency op. Op de router zit ook een diversity antenne waardoor het ontvangst stukken beter is dan bij bijvoorbeeld smartphones. De antenne kan ook in een mast geplaatst worden om het effect van multipath te verminderen. Er kan ook gebruik gemaakt worden van ander type antenne met een hogere gevoeligheid doordat de router externe antennes ondersteunt. Dit moeten dan wel omni-directionele antennes zijn in verband met de veranderende oriëntatie van de boot.

5.4.9 Server

Parameter	Waarde
CPU	Intel Xeon X5650
RAM	2 GB
Massaopslag	15 GB
Besturingssysteem	Ubuntu Server 14.04 LTS

Voor de server zal gebruik gemaakt worden van een VPS met een 100Mb internet verbinding. Dat geeft flexibiliteit en schaalbaarheid.

5.4.10 Encoder software

Het besturingssysteem dat op de encoder draait is een versie van Debian Linux. Dit geeft toegang tot een uitgebreide softwarebibliotheek. De encoder kan hardware matig encoderen in de h.264 codec. Dit is de meest geavanceerde codec die op het moment gebruikt wordt. De video zal dus met deze codec geëncodeerd worden. De software die de camera aanstuurt is Raspivid. Dit is een programma dat standaard met de software voor de Raspberry is meegeleverd. Raspivid maakt gebruik van de hardwarematige encoder en geeft h.264 data door aan stdout en dan neemt GStreamer het over. GStreamer is een multimedia framework dat gebruikt kan worden als onderliggende basis voor mediasoftware. Het bestaat uit een pipeline mechanisme met een groot aantal plugins. Met deze plugins kan een modulaire pipeline opgebouwd worden waarin tussen de verschillende soorten inputs en outputs een legio aan bewerkingen uitgevoerd kunnen worden. GStreamer streamt de beelden in RTP pakketten via UDP naar de server.

De volgende pipeline is gebruikt op de encoder:

1. `raspivid -n -w 1280 -h 720 -b 1200000 -fps 30 -t 0 -o - | \`
2. `gst-launch-1.0 -v fdsrc \`
3. `! h264parse \`
4. `! rtph264pay config-interval=1 pt=96 \`
5. `! udpsink host=videoserver.ulab.nl port=5004`

1. Neem video op zonder preview, met een resolutie van 1280 pixels horizontaal en 720 pixels verticaal, met een bitrate van 1,2 Mb per seconde, een framerate van 30 frames per seconde voor een onbepaalde tijd. Stuur data naar stdout.
2. Start een GStreamer pipeline met debug informatie en gebruik stdin als gegevensbron.
3. Deel de datastroom op in logische hoeveelheden (units). Deze zijn vastgesteld in de codec.
4. Verpak de units in RTP pakketten. Verstuur de configuratie parameters elke seconde. Het type payload is 96 (h.264).
5. Verstuur de RTP pakketten in UDP pakketten naar de videoserver op poort 5004.

5.4.11 Server software

Op de server wordt GStreamer ook weer gebruikt om de beelden te ontvangen en door te geven aan de streaming server.

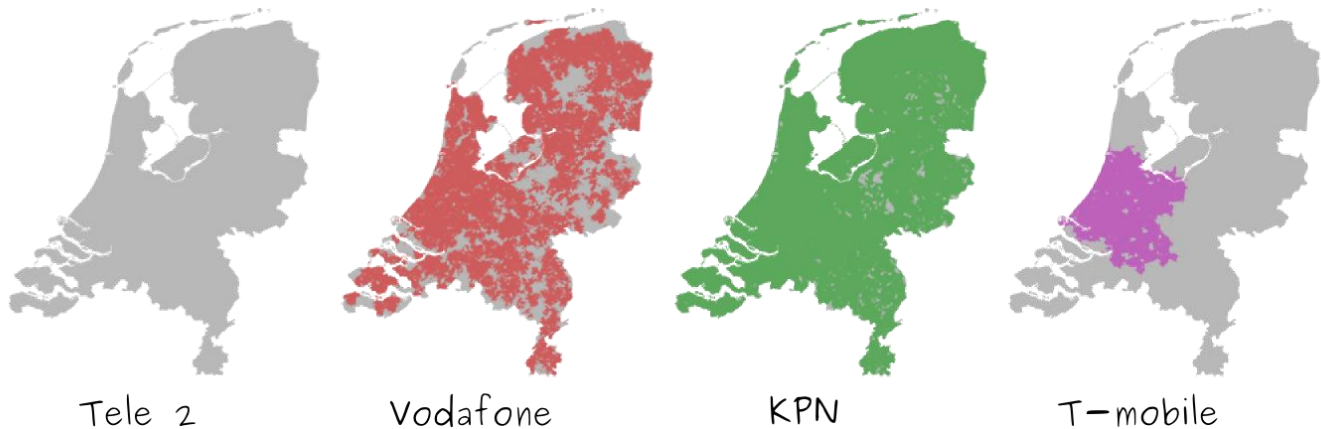
Voor de streaming server is gekozen voor de software crtmpserver. Dit is open source software geschreven in c++. De server is lichtgewicht en snel. Het nadeel is dat er weinig ondersteuning en documentatie beschikbaar is. De snelheid van de software heet de keuze bepaald.

5.4.12 Cliënt software

De website kan in meest gebruikte webbrowsers bekeken worden. Als videospeler is gekozen voor JWPlayer. Dit is één van de meest gebruikte videospelers, biedt goede ondersteuning en is gratis verkrijgbaar.

5.4.13 Provider

4G wordt aangeboden door verschillende telecom providers. Op de website <http://www.4gdekking.nl/> kan de dekking van de verschillende providers vergeleken worden. Hier onder vind u een overzicht.



Figuur 22 Overzicht 4G dekking per provider.

Hier uit blijkt dat KPN de beste dekking heeft.

Het is ook belangrijk dat de provider de lagere frequenties ondersteunt (800Mhz in Nederland) omdat de afstand tussen de mast en de ontvanger daarbij groter kan zijn.

6 Realisatieproces

6.1 Realisatie per fase

Het realiseren van het eindproduct is opgedeeld in fases met een mijlpaal als einddoel. Bij elke fase wordt een deel onderzocht en gerealiseerd. Door de realisatie en het onderzoek op te delen blijft het proces overzichtelijk en transparant. Het past ook goed binnen de gekozen projectmanagement methode. Elke fase is zo gekozen dat het ongeveer even veel uren kost om te bereiken. Ook is voor elke fase een vaste periode in de planning vastgesteld. Zo kan vertraging snel ontdekt worden. Ook zijn deze fasen aangepast op de werkzaamheden van de overige teamleden zodat samenvoeging vloeiend verloopt. Ik heb mijn fases als volgt onderverdeeld:

1. Beeld van camera weergegeven op het opname apparaat
2. Beeld van camera weergegeven via ethernet op andere computer
3. Beeld van camera weergegeven via draadloos netwerk op andere computer
4. Beeld van camera weergegeven via draadloos netwerk op andere computer met zo min mogelijk vertraging
5. Beeld van camera weergegeven via draadloze verbinding via internet op de server
6. Beeld van camera weergegeven via draadloze verbinding via internet via de server op een andere computer
7. Beeld van camera weergegeven via draadloze verbinding via internet via de server op een andere computer in een website
8. Beeld van camera weergegeven via draadloze verbinding via internet via de server op een andere computer in een website met zo min mogelijk vertraging
9. Beeld van camera weergegeven via draadloze verbinding via internet via de server op een andere computer in een website met zo min mogelijk vertraging met een zo hoog mogelijke kwaliteit.

6.1.1 Fase 1

Als eerste test werd de camera op de Raspberry Pi aangesloten en is het beeld getoond op een computermonitor die aangesloten was op de Raspberry.

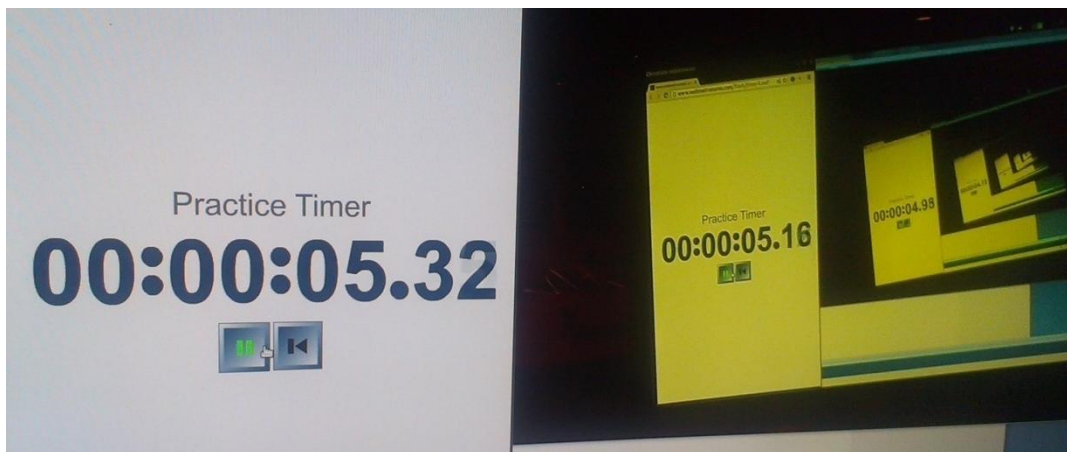
Om de beelden weer te geven is het programma raspivid gebruikt. Dit is een programma dat standaard met de software voor de Raspberry is meegeleverd. De instellingen uit de handleiding van de Raspberry Pi cameramodule zijn gebruikt.

Uit die test is gebleken dat de kwaliteit van het beeld dat de camera levert goed is. De tijd tussen opname en weergave is met het blote oog niet te zien.

6.1.2 Fase 2

Om deze fase te behalen moet het beeld als stream over een netwerk gezonden worden. Tijdens deze stap is veel onderzoek gedaan naar geschikte software die van de gekozen hardware gebruik kan maken. De netwerkverbinding tussen de zender en ontvanger is gerealiseerd met een ethernetverbinding van 100Mb per seconde.

De vertraging is gemeten door de camera op een scherm te richten waarop de stream en een timer weergegeven wordt. Daar wordt dan een foto van gemaakt. Door de tijd van de timer die te zien is via de stream (rechts) af te trekken van de directe timer(links) kan latency berekend worden. Zie Figuur 23.



Figuur 23 Methode van het meten van de vertraging.

6.1.2.1 VLC

Eerst is geprobeerd om de video naar VLC te sturen. VLC is een populaire mediaspeler en heeft ook streaming functionaliteiten. Aan de verzend kant wordt de video opgenomen en geëncodeerd door raspivid in h264. De beelden worden dan via een pipe doorgegeven aan cvlc. cvlc is de versie van VLC die vanuit de commandoregel uitgevoerd kan worden. cvlc verstuurt de video vervolgens in een RTSP stream naar de ontvanger. De gewone versie van de mediaspeler kan de video vervolgens laten zien.

Onderdeel	Resultaat
Beeldkwaliteit(Slecht/Voldoende/Goed)	Voldoende
Beeldvertraging(Seconden)	3,43 Seconden
Stabiliteit verbinding(Opmerking)	Stabiel. Soms treden artefacts op rond bewegende elementen.

Uit de test is gebleken dat deze configuratie een relatief hoge beeldvertraging heeft.

6.1.2.2 Netcat

Ook is geëxperimenteerd met Netcat om de beelden te versturen in plaats van met GStreamer. Netcat is een universeel programma om data via het netwerk te kunnen versturen. Het is niet gericht op het streamen van video. In dit geval worden de beelden door raspivid geëncodeerd en doorgegeven aan Netcat. Netcat verpakt de videodata direct in TCP pakketten en verzend deze over het netwerk. Aan de ontvangende kant wordt de video dan ontvangen met Netcat en met de mediaspeler MPlayer getoond.

Onderdeel	Resultaat
Beeldkwaliteit(Slecht/Voldoende/Goed)	Goed
Beeldvertraging(Seconden)	0,16 Seconden
Stabiliteit verbinding(Opmerking)	Stabiel

Uit de test is gebleken dat de beeldvertraging van deze methode een stuk lager is dan met VLC.

6.1.2.3 GStreamer

Op de forums van Raspberry Pi wordt door de ontwikkelaars de software GStreamer geadviseerd omdat deze software de hardwarematige versnelling ondersteunt. Dit is als laatste geprobeerd omdat deze software een steile leercurve heeft en er dus meer tijd voor nodig was om een werkende opstelling te verkrijgen.

Bij deze methode worden de beelden opgenomen en geëncodeerd in h.264 door raspivid. Die data wordt dan doorgegeven aan een GStreamer pipeline. De GStreamer pipeline verpakt de h264 data in RTP pakketten, voegt metadata toe en verstuurt dit met TCP over het netwerk naar de ontvanger. Daar zorgt een andere GStreamer pipeline voor het ontvangst en de weergave.

Deze manier lijkt in opbouw het meest op de VLC manier. Het verschil is dat VLC UDP gebruikt op de transportlaag en GStreamer TCP. Ook is de metadata die verzonden wordt anders. Bij GStreamer is veel meer controle over de verschillende parameters mogelijk.

Onderdeel	Resultaat
Beeldkwaliteit(Slecht/Voldoende/Goed)	Goed
Beeldvertraging(Seconden)	0,14 Seconden
Stabiliteit verbinding(Opmerking)	Stabiel

Uit deze test is gebleken dat er weinig beeldvertraging is en de prestaties zijn vergelijkbaar met de Netcat methode.

Met het oog op de randvoorwaarden is het duidelijk dat VLC de minst geschikte oplossing is. Deze methode valt dus ook af als oplossing. De resultaten van Netcat en GStreamer zijn bij deze test vergelijkbaar.

6.1.3 Fase 3

Bij deze fase is de vaste ethernetverbinding vervangen door een WiFi verbinding. De Raspberry Pi encoder is via USB verbonden aan een WiFi modem dat geschikt is om zwakke WiFi signalen te ontvangen. Aan de ontvangende kant is een WiFi accesspoint gebruikt met externe antenne voor een groter bereik. Deze accesspoint is via ethernet verbonden met de laptop waarop de beelden getoond worden. De WiFi verbinding maakt gebruik van de 802.11g standaard in de 2.4Ghz band.

De gekozen methoden uit de voorgaande fase zijn bij deze verbinding getest. De resultaten zijn duidelijk anders dan in de situatie met de vaste verbinding. De WiFi verbinding is in vergelijking tot de vaste verbinding zeer onbetrouwbaar. Dit stelt een aantal zwaktes van de verschillende manieren van verzenden bloot.

Omdat de methoden uit de vorige fase TCP gebruiken zal de stream stoppen als de verbinding wegvalt en op dat punt verdergaan als de verbinding terug is. Daardoor wordt de beeldvertraging groter bij elke onderbreking en zal niet meer kleiner worden. Dit levert een resultaat op dat niet in lijn is met de vooraf gestelde voorwaarden.

6.1.4 Fase 4

Uit de vorige fase is gebleken dat TCP niet geschikt is als de beeldvertraging niet mag oplopen. Een manier om dat op te lossen is door UDP te gebruiken. UDP wacht niet tot dat een bericht is ontvangen en verliest daardoor geen tijd. De keerzijde daarvan is dat er geen garantie is dat alle data aankomt op de plaats van bestemming. Dit resulteert in storing in het beeld. Omdat

GStreamer de beste prestaties heeft geleverd en omdat het UDP ondersteunt. De GStreamer pipeline is dus aangepast om gebruik te maken van UDP in plaats van TCP.

Onderdeel	Resultaat
Beeldkwaliteit(Slecht/Voldoende/Goed)	Goed
Beeldvertraging	0,13 Seconden
Stabiliteit verbinding(Opmerking)	Stabiel. Als de verbinding weg is wordt het beeld grijs en komt het beeld binnen een seconde terug.

De beeldvertraging bij UDP is iets korter, al is het verschil zeer klein. Het voordeel is wel dat de stream na een moment van slechte verbinding gelijk weer opgepakt wordt en dat het beeld niet verder achter loopt.

Tijdens deze fase is verder duidelijk geworden dat WiFi niet goed werkt. Tijdens tests op afstand is gebleken dat de kwaliteit terugloopt bij meer dan 3 meter afstand tussen de zender en ontvanger. Bij meer dan 10 meter is het signaal al onbruikbaar. Het gebruik van betere zend en ontvangstapparatuur zou dat wel kunnen verbeteren, maar dat lijkt niet afdoende voor de situatie waarvoor het gebruikt gaat worden.

6.1.5 Fase 5

Er is besloten over te stappen op 4G omdat het voordeel van het bereik en het niet nodig hebben van een basisstation zwaarder blijken te wegen dan de kosten voor een 4G verbinding.

Staatsbosbeheer neemt haar telecom diensten af bij KPN. Omdat uit het vooronderzoek is gebleken dat KPN ook de beste dekking heeft is het een logische keuze om de 4G verbinding bij KPN af te nemen. Er is door Staatsbosbeheer een abonnement met USB dongle ter beschikking gesteld. De gemeten snelheid van de verbinding is 12,32Mb/s download en 13,63Mb/s upload.

De 4G verbinding loopt wel via een firewall bij KPN, waardoor het niet mogelijk is om poorten open te zetten aan de mobiele kant. Gelukkig kan door het gebruik van UDP een poort open gezet worden aan de server kant van de verbinding en kan de boot zijn pakketten daar direct heen sturen.

De dongle die door KPN geleverd is wordt niet ondersteund door de Raspberry Pi. Er is geprobeerd om dit alsnog te realiseren door een driver te schrijven, maar dit is niet gelukt. Toen is besloten om over te stappen op een losse router met ingebouwd 4G modem. Via een bedrijf waar Staatsbosbeheer nauwe samenwerkingsverbanden mee heeft hebben we een 4G router in bruikleen kunnen krijgen. Deze router is ontworpen voor industriële toepassingen en is zeer goed geschikt voor onze toepassing.

Vergeleken met een smartphone of de meegeleverde dongle heeft de router een veel gevoeliger ontvanger en efficiëntere zender. Dit resulteert in een betrouwbare verbinding op plekken waar andere apparatuur niet meer functioneert.

De resultaten van de 4G verbinding zijn beter dan die via WiFi. De bandbreedte is meer dan voldoende en de kwaliteit van de verbinding stukken beter. De vrijheid die het bereik van 4G biedt is een groot pluspunt. Hierdoor kan het project in vrijwel alle geschikte natuurgebieden in Nederland ingezet worden.

Tijdens deze fase is ook een server ingericht. In eerste instantie is geprobeerd om de video streaming taken op de zelfde Windows server uit te voeren als waarop de website en het besturingsgedeelte van het project uitgevoerd wordt. Maar helaas is de Windows versie van GStreamer erg slecht ondersteund en is niet alle functionaliteit beschikbaar. Daarom is gekozen om voor de video streaming een aparte server te gebruiken.

Er is gekozen om Ubuntu server 14.04 als besturingssysteem te gebruiken omdat dit een goed ondersteund veilig en actueel systeem is. De server draait als VPS in de testomgeving van Evident. De server beschikt niet over een grafische interface en kan via SSH benaderd en beheerd worden. Om tijdens deze fase te testen of de beelden op de server goed aankwamen is een GStreamer pipeline gemaakt die de beelden in een bestand opslaat. Deze beelden konden daarna via SSH gedownload worden. Hierdoor was het niet mogelijk tijdens deze stap de beeldvertraging te meten. Het resultaat was goed. De beelden vertoonden geen artefacten en de kwaliteit was goed.

6.1.6 Fase 6

Om deze fase te behalen is eerst een verbinding van de server naar de laptop waar de stream op bekeken wordt gerealiseerd. Dit is op basis van de GStreamer pipeline uit fase 2 gedaan. Er is gekozen om deze verbinding via TCP te laten verlopen omdat de verbinding van de server naar de besturende partij een stuk betrouwbaarder is. Ook is hier voor gekozen omdat de TCP client de beelden opvraagt bij de TCP server. Dit is gewenst omdat de besturende partij zich vrijwel altijd achter een NAT netwerk bevindt met een firewall. Het is vaak het beleid van deze partijen om daar geen wijzigingen in te maken. Door gebruik te maken van TCP hoeft dit niet te gebeuren.

Op de server werd met een GStreamer pipeline de opgeslagen beelden via TCP naar de gebruiker verzonden. Aan de kant van de gebruiker werd dit met een andere GStreamer pipeline opgevangen en weergegeven. Toen die opstelling werkte is de pipeline op de server aangepast zodat niet de opgeslagen bestanden verzonden werden, maar de inkomende stream van de camera op de boot. Op de server werden de beelden alleen uit een UDP pakket gehaald en in een TCP pakket verpakt. De videodata zelf blijft verpakt in dezelfde RTP pakketten die van de camera verzonden werden. Dit levert een hele lage beeldvertraging op.

Onderdeel	Resultaat
Beeldkwaliteit(Slecht/Voldoende/Goed)	Goed
Beeldvertraging(Seconden)	0,24 Seconden
Stabiliteit verbinding(Opmerking)	Stabiel. Als de verbinding weg is wordt het beeld grijs en komt het beeld binnen een seconde terug.

Het resultaat aan het eind van deze fase was boven de persoonlijke verwachtingen.

6.1.7 Fase 7

Omdat in de eisen staat vastgesteld dat de besturing via een webpagina zal verlopen is de GStreamer weergave bij de gebruiker vervangen. Er is gezocht naar verschillende methoden om video in de browser weer te kunnen geven. Het resultaat daarvan was dat er twee technieken beschikbaar zijn:

- HTML 5 live streaming
- Flash videospeler met RTMP

Er is gekozen voor de Flash videospeler omdat HTML5 live streaming nog niet breed ondersteund wordt en omdat er weinig streaming servers voor beschikbaar zijn.

Voor de videospeler is gekozen voor JWPlayer. De installatie en configuratie hiervan zijn eenvoudig gebleken.

Voor de streamingserver is gekozen voor crtmpserver. De software moet zelf gecompileerd worden en documentatie is slecht te vinden. Hierdoor verliep de installatie niet zonder problemen, maar het is uiteindelijk toch gelukt.

De beeldvertraging is wel opgelopen tot 2,3 seconden en varieert in de tijd. Dit komt door de ingebouwde buffers in de speler en in de server. Dit is het punt in het systeem waar het meeste vertraging optreedt. Het liefst had ik dit deel van het systeem verder uitgewerkt, maar de planning heeft dit niet toegelaten.

In de opstelling van deze fase ontvangt een GStreamer pipeline de beelden van de camera en vervangt de RTP pakketten met MPEG transport stream pakketten. Dit is omdat crtmpserver alleen dit formaat ondersteunt. De beelden worden dan met UTP via een loopback interface naar crtmpserver gestuurd. Deze maakt de beelden dan beschikbaar als RTMP stream. Meerdere cliënten kunnen tegelijkertijd deze stream opvragen.

Het resultaat aan het eind van deze fase was naar verwachting. De besturing waarbij een navigatiedoel op de kaart aangeklikt kan worden is bedacht met deze hoeveelheid beeldvertraging om te kunnen gaan. Daardoor is het nog steeds goed mogelijk de boot te

besturen met deze verbinding. De ervaring is wel minder goed dan met een lagere beeldvertraging. Met het behalen van deze fase is aan de voorwaarden van het systeem voldaan en kan er dus gezegd worden dat het videostreaming gedeelte in het project werkt.

6.1.8 Fase 8

In de laatste twee fases in de realisatie zijn vooral optimalisaties gedaan. In deze fase ligt de focus daarvoor op de beeldvertraging.

Helaas is er niet veel resultaat behaald in verband met de slechte ondersteuning van crtmpserver en de beperkte beschikbare tijd. De scripts op de server en op de camera zijn opgeschoond en niet gebruikte coderegels zijn weggehaald. Ook is er een aantal installatiehandleidingen en scripts geschreven. Daarnaast is ook een gebruikshandleiding opgesteld. Om de beeldvertraging te verbeteren is gekeken naar de instellingen in de gebruikte software. Helaas is daar geen significante winst behaald. Door kritisch naar het uiteindelijke ontwerp te kijken zijn wel een aantal verbeterpunten ontdekt en deze zijn verwerkt in een advies.

De software voor navigatie en besturing van de boot zijn tijdens deze fase verplaatst naar de Raspberry Pi die ook de video encoding uitvoert.

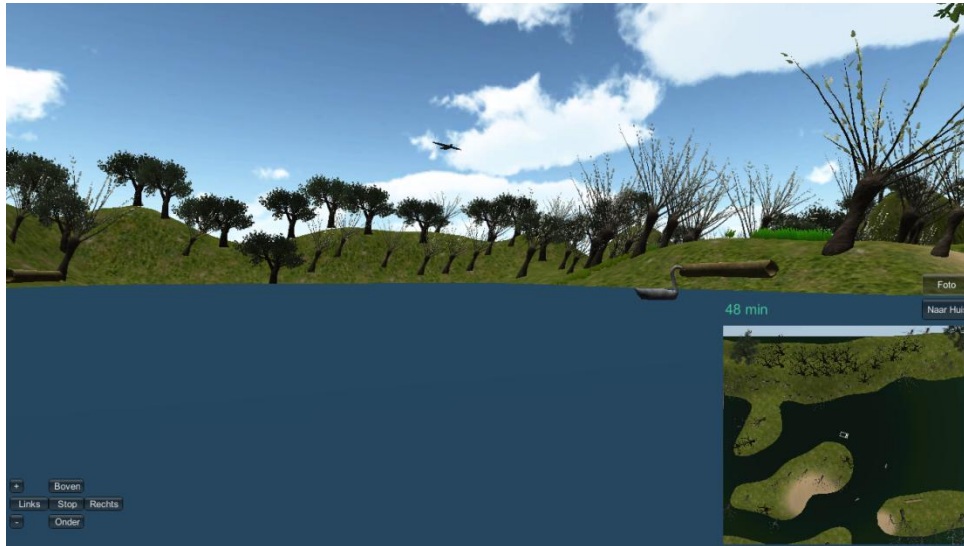
6.1.9 Fase 9

Tijdens deze laatste fase zijn de parameters van de stream zo ingesteld dat de maximale beeldkwaliteit te behalen is. Dit gaat ten koste van bandbreedte en hier moet dus rekening gehouden worden met de kosten. Het is mogelijk gebleken om Full HD met een resolutie van 1920x1080 en een verversingssnelheid van 30 frames per seconde te realiseren. De stream verbruikt daarbij meer dan 2Mb per seconde. Voor gebruik in productie is het advies om niet meer dan 1280x720 als resolutie te gebruiken met 30 frames per seconde. Ook de bitrate kan begrenst worden op 1,5Mb per seconde zonder merkbaar kwaliteitsverlies in de ervaring. Dit zal de bandbreedte en dus de kosten beperken.

6.1.10 Simulator

Verder is tijdens de laatste twee fases door mij een simulator gerealiseerd. Omdat ik voor een schoolvak een project in de Unity game engine heb moeten maken heb ik deze opdracht onderdeel van dit project kunnen maken.

Figuur 24 De interface van de simulator.



De simulator is in Unity geschreven en laat de gebruiker een virtueel natuurgebied verkennen met een virtuele versie van de boot, zoals deze in dit project gerealiseerd is. De interface en de besturing is hetzelfde als dat van de echte boot. De simulator is gebruikt om de doelgroep te laten ervaren hoe het is om met de boot te varen. Hiervan is door een ander teamlid een gebruikersonderzoek gemaakt.



Figuur 25 De simulator wordt gebruikt door kinderen in het ziekenhuis.

7 Eindproduct



7.1 Mijn aandeel in de opgeleverde eindproducten

Mijn aandeel in het project is groter dan alleen de realisatie van een deel van het prototype. Ik heb in het hele project het volgende gedaan:

- Gerealiseerde concept bedacht (Zie presentatie),
- Media te woord gestaan (Zie artikel),
- Meegewerkt aan promotiefilms,
- Tussenpresentaties gepresenteerd,
- Op TEDx Utrecht expositie opstelling gemaakt en beheerd (Foto's),
- Drijvers van de boot ontworpen,
- Stroomvoorziening voor de boot ontworpen,
- Aandrijving voor de boot ontworpen,
- Hard- en software componenten van de videoverbinding van het systeem ontworpen en gerealiseerd,
- Verbinding tussen boot en het internet ontworpen en gerealiseerd,
- Videoserver geïnstalleerd en beheerd,
- Simulator ontworpen en gerealiseerd,
- Eindpresentatie gepresenteerd,
- Presentatie over toekomst project voor Staatsbosbeheer gemaakt en gepresenteerd.

7.2 Resultaat prototype

Het eindresultaat van de videostreaming is dat voldaan is aan de eisen en randvoorwaarden die in het begin van het project zijn opgesteld. Daarbij zijn de volgende specificaties gerealiseerd:

Tabel 10 Resultaten prototype vergeleken met ontwerp.

Specificatie	Ontwerp	Prototype
Gemiddelde beeldvertraging (Via test applicatie gebruiker)	<5 seconden	0,24 seconden
Gemiddelde beeldvertraging via webpagina	<5 seconden	2,3 seconden
Maximale beeldkwaliteit	1920x1080	1920x1080
		30 fps
		10Mbps
Adviesbeeldkwaliteit	1920x1080	1280x720
		30 fps
		1,5 tot 2Mbps
Kosten software	0,-	0,-
Maximaal stroomverbruik streaming hardware boot*	11.1 Watt	11 Watt
Bereik	Bijna heel Nederland	Overal waar getest

*Software voor navigatie besturing gebruikt zelfde verbinding en hardware als de streaming software.

Het besturen van de boot via de beelden is mogelijk. Doordat mijn groepsgenoten door tijdsgebrek de navigatiesoftware uiteindelijk niet functioneel hebben kunnen krijgen is het demonstreren van de besturing met navigatiedoelen niet gelukt.

De natuur is goed zichtbaar via de stream en levert een meeslepende ervaring. Het geboden perspectief is uniek en vernieuwend. De beschikbaarheid en de prestaties van de 4G verbinding zijn uiteindelijk boven verwachting geweest. Er is in het ontwerp wel nagedacht over oplossingen om het bereik en de prestaties te verbeteren.

7.3 Resultaat project

Aan het eind van de stage heb ik bij de verschillende betrokken partijen gevraagd wanneer zij het project als geslaagd zouden bestempelen.

Tabel 11 Resultaat project per partij.

Partij	Criterium	Behaald
Stagebedrijf	Wanneer de opdrachtgever tevreden is.	Ja
	Wanneer een samenwerking tussen studenten van verschillende disciplines een mooi resultaat heeft opgeleverd.	Ja
Center of expertise	Wanneer een samenwerking tussen studenten van verschillende disciplines een mooi resultaat heeft opgeleverd.	Ja
Opdrachtgever	Wanneer zij geïnspireerd zijn geraakt door de innovatieve ideeën van het ULab	Ja
ULab studenten	Wanneer een functioneel prototype gerealiseerd is.	Ja
Persoonlijk	Wanneer mijn deel voldoet aan de eisen van de gebruiker en de specificatie.	Ja
	Wanneer ik geïnnoveerd heb en resultaten heb behaald die vooruitstrevend zijn.	Ja
Gezamenlijk	Wanneer alle studenten in het ULab afgestudeerd zijn.	Nog niet



Figuur 26 De natuur zoals deze in de webinterface te zien is.

7.4 Evaluatie

Het resultaat voldoet aan vooraf vastgestelde eisen en randvoorwaarden van de stakeholders. De opdrachtgever heeft aangegeven zeer tevreden te zijn met het resultaat. De oplevering is wel met een week vertraagd.

Het doel in dit project is om een proof of concept te realiseren en dat is precies wat is gebeurd. Om de resultaten tot een bruikbaar product te maken moet veel verbeterd worden. De gebruikersvriendelijkheid moet vergroot worden, met name voor de beheerder. De veiligheid moet verbeterd worden, en er moet meer getest worden in verschillende situaties. Het product is wel:

- Modulair,
- Stabiel,
- Snel,
- Open source,
- Flexibel.

7.5 Conclusie

Het project “Met andere ogen” laat zien wat mogelijk is met de laatste technologieën op het gebied van draadloze netwerken, video streaming en autonome voertuigen.

De doelstellingen van het project zijn gehaald en het volgend concept is gerealiseerd:

Een varende platform met een camera die door mensen via het internet bestuurd kan worden. Het platform kan live beelden naar de gebruiker sturen. Hiermee kan de gebruiker de natuur verkennen zonder zelf in de natuur te hoeven zijn.

Het concept heeft veel potentie en kan verder uitgewerkt worden.

Het is duidelijk geworden hoe videostreaming met een lage beeldvertraging werkt en hoe beelden draadloos uit een natuurgebied verzonden kunnen worden.

Tijdens de stage zijn een hoofdvraag en vijf deelvragen gesteld. Nu volgt een korte conclusie op alle deelvragen en de hoofdvraag.

Wat is de maximale vertraging van beeld waarmee toch een boot bestuurd kan worden?

Het absolute maximum is 18 seconden, maar besturing voelt prettig bij minder dan 1 seconde vertraging. Meer informatie is te vinden in paragraaf 0.

Hoe worden de beelden geschikt gemaakt voor versturing over het internet?

- Door ze te encoderen in een codec om de benodigde bandbreedte te verkleinen.
- Door de beelden te verpakken in pakketten met behulp van een streamingprotocol.
- Door deze pakketten via sockets over het internet te sturen.

Meer informatie is te vinden in paragraaf 4.4.3 en 6.1.

Waar ontstaat de vertraging tussen de opname en de weergave van de beelden?

De vertraging ontstaat overal in het systeem. De grootste vertraging ontstaat op plaatsen waar de beelden gebufferd worden. Buffers moeten daarom zo klein mogelijk gemaakt worden.

De streaming server biedt de mogelijkheid om verloren data opnieuw te verzenden daarvoor moeten aan de server en aan de cliënt kant buffers opgebouwd worden om deze inhaalacties op te vangen. Dit zit ingebouwd in de specificatie van het RTMP protocol dat de webspelers en servers gebruiken. Meer informatie is te vinden in paragraaf 6.1.

Welke draadloze transmissie technieken zijn bruikbaar om beelden en besturingscommando's te verzenden en te ontvangen?

Gebleken is dat de meest eenvoudige manier om dit te realiseren is om een IP gebaseerde verbinding te gebruiken. Bij dit project hebben we geëxperimenteerd met 4G en WiFi. Meer informatie is te vinden in paragraaf 5.2.

De hoofdvraag: Hoe kunnen live videobeelden vanaf een mobiel platform in de natuur met zo min mogelijk vertraging beschikbaar gemaakt worden via het internet?

Gedurende het ontwerp en de realisatie is het antwoord op de hoofdvraag steeds duidelijker geworden. Door veel te oriënteren en te experimenteren is een ontwerp opgesteld dat de juiste eigenschappen heeft om deze vraag te beantwoorden. Live videobeelden van een mobiel platform in de natuur kunnen met zeer weinig vertraging op het internet beschikbaar gemaakt worden door:

- gebruik te maken van snelle en zuinige coderings hardware
- een efficiënte codec en een lichtgewicht netwerk protocol te gebruiken
- te kiezen voor hoge kwaliteit zend en ontvangstapparatuur
- in te spelen op nieuwe ontwikkelingen op het gebied van telecommunicatie.

7.6 Aanbevelingen

Met de opgedane inzichten kan een aantal verbeteringen in het ontwerp gedaan worden om een nog beter product te realiseren. Er zijn voor de video-opname en streaming de volgende adviezen opgesteld.

Het is beter om de GStreamer pipelines die nu zijn gemaakt in een shell script te vervangen door python applicaties. GStreamer biedt daar ondersteuning voor. Op die manier kan de software leesbaarder gemaakt worden. Ook is het makkelijker om daarna de functionaliteiten uit te breiden.

Het wordt dan ook mogelijk om de kwaliteit van de verbinding te analyseren en de beeldkwaliteit aan mee te laten schalen met de kwaliteit van de verbinding. Zo kan er een maximaal bereik en maximale kwaliteit bereikt worden.

Om de beeldvertraging zo laag mogelijk te houden zou het beter zijn om de boot te besturen vanuit een applicatie bij de cliënt. Deze kan dan direct gebruik maken van GStreamer. Ook zou de besturing geïntegreerd kunnen worden. Daarmee kan het ook technisch mogelijk gemaakt worden de boot direct te besturen. De effecten daarvan op andere aspecten zoals veiligheid zullen daarbij wel een rol spelen. Deze applicatie kan in de vorm van een app op een tablet of een Windows programma aangeboden worden. Het voordeel is ook dat het slecht ondersteunde crtmpserver niet meer nodig is. Dit verkleint de kans op storingen en vergroot de beschikbaarheid. Ook de last van de server wordt hierdoor minder. Om de mogelijkheid van het streamen naar meerdere cliënt te behouden kan zelf een server geschreven worden op basis van GStreamer of de beelden kunnen gedistribueerd worden door een derde partij.

Het is ook raadzaam om te onderzoeken of het mogelijk is alle verbindingen via dezelfde configuratie met RTP over UDP te laten lopen.

Het toevoegen van geluid aan de stream zal de beleving verbeteren. De gebruikte software biedt ondersteuning hiervoor.

De gebruikte camera module zou aangepast kunnen worden met optische zoom, stabilisatie en zou op afstand bewogen moeten kunnen worden. Als voor een andere camera gekozen zou worden zou het risico gelopen worden dat de beeldvertraging hoger wordt. Ook het stroomverbruik en de grootte van de apparatuur zal toenemen.

Het is ook aan te raden om de 4G modem direct aan te sluiten op de encoder via USB. Het modem dat zich in de gebruikte router bevindt is daar geschikt voor met een adapter. Dit zou het stroomverbruik omlaag brengen en de beeldvertraging naar verwachting verlagen. Ook zou een compacter systeem mogelijk zijn.

Het is nodig om de veiligheid van het systeem te verhogen door het te koppelen met het besturingsgedeelte van de boot. Op het moment zou een kwaadwillende andere beelden via de

server naar de gebruiker kunnen sturen. Hierbij is wel uitgebreide kennis van het systeem nodig. Door de systemen te koppelen kan de afzender van de beelden geverifieerd worden.

8 Proces en planning

Dit hoofdstuk beschrijft de projectaanpak en de planning. Het hoofdstuk is gerelateerd aan hoofdstuk 1 Organisatie en werkwijze. Informatie over de werkcontext en betrokken partijen vindt u daar.

8.1 Projectaanpak

In het project is gebruik gemaakt van de projectmanagement methode Agile Scrum. Met deze methode is de projectmanagement tussen de studenten geregeld. Iedere student is binnen deze methode vrij een aanpak te kiezen voor het individuele deel van de opdracht.

Persoonlijk heb ik het project ingedeeld in stadia met een onderverdeling. De volgende stadia zijn door mij doorlopen:

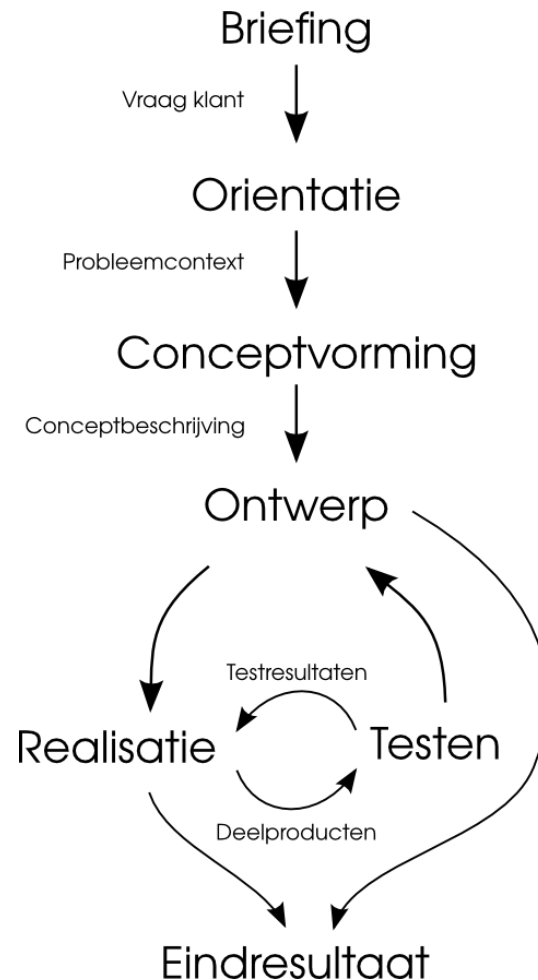
Tabel 12 Persoonlijke project indeling.

Stadium	Onderverdeling
Vorbereidend stadium	Concept
	Oriëntatie
Uitvoerend stadium	Fase 1
	Fase 2
	Fase 3
	Fase 4
	Fase 5
	Fase 6
	Fase 7
	Fase 8
	Fase 9
Afsluitend stadium	Eindoplevering
	Scriptie

Binnen de onderverdelingen zijn verschillende scrum userstories gemaakt. Deze zijn op het scrum bord geplaatst. In het uitvoerende stadium zijn fasen gebruikt. De reden hiervoor is dat het ontwerp een groot aantal componenten heeft die min of meer lineair van elkaar afhankelijk zijn. Ik heb gewerkt van de camera naar de gebruiker. De betekenis van de fasen is behandeld in het hoofdstuk Realisatieproces.

8.1.1 Projectmethode

De loop van het project is niet zo lineair als Tabel 12 doet vermoeden. Ik heb gebruik gemaakt van een methode die in het prototyping werkveld vaak wordt toegepast. Ik heb deze zelf gedoopt tot de cake methode.



Figuur 27 Loop ontwikkelingsproces.

Deze methode is vergelijkbaar met het bakken van de lekkerste cake die er is. Bij het bakken van de lekkerste cake weet niemand van tevoren hoe deze gaat smaken en wat het recept is. Dit is vergelijkbaar met het feit dat er voor dit project van te voren niet bekend was hoe het gebouwd zou moeten worden en wat het beste resultaat zou zijn.

- De briefing staat aan het begin en beschrijft de wens.
- Tijdens de oriëntatie wordt inspiratie gezocht door te kijken naar andere projecten. In de cake analogie kan gezegd worden dat andere bestaande cakes en taarten bekeken worden.
- In de conceptvorming wordt bedacht hoe de wens vervuld kan worden. Hier komen we te weten wat nodig is om een cake lekker te maken.

- Bij het ontwerp wordt een recept gemaakt. Verhoudingen en ingrediënten worden vastgelegd.
- Bij de realisatie wordt de cake gebakken. Hierbij wordt geconcentreerd op een deel van het eindresultaat zoals bijvoorbeeld de luchtigheid. Elke keer na het bakken wordt geproefd en wordt het recept aangepast. Dit wordt herhaald tot het resultaat goed is.
- Als het eindresultaat helemaal goed is, is het proces afgelopen. Het eindresultaat is dan de lekkerste cake die er is en een recept om het te maken.

8.1.2 Taakverdeling

Tabel 13 Taakverdeling ULab studenten team.

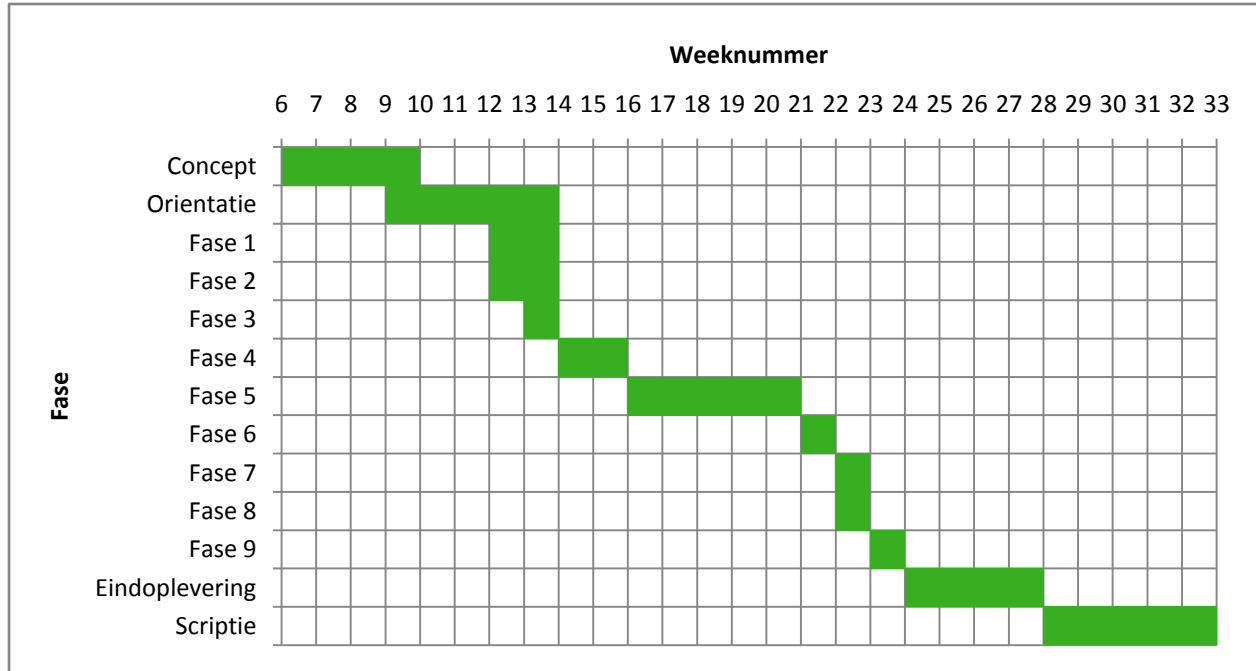
Persoon	Taken
Arno Derks	Aansturing motoren, uitlezing sensoren, bouw boot
Marleen Schilt	AI, navigatie, besturing aan kant boot
Rebecca van Katwijk	Doelgroeponderzoek, gebruikers interface, huisstijl ULab
Niels Hubregtse	Website backend, besturing aan kant server
Richard Ginus	Bouw boot, video op boot, video server, video gebruiker, verbinding boot met internet

De uren in het project zijn niet strikt bijgehouden. Er is elke week 40 uur per persoon aan het project gewerkt. Voor afspraken is een algemene agenda bijgehouden.

Het budget is beheerd door het stagebedrijf. Materiaalkosten zijn vooraf geschat en deze schatting is overlegd aan bedrijf en opdrachtgever. De schatting is gebaseerd op prijzen van leveranciers. Na akkoord is een definitieve bestellijst gemaakt en overlegd aan bedrijf en opdrachtgever.

8.2 Strokenplanning

Tabel 14 Strokenplanning.



De data in het startverslag gaat uit van de officiële startdatum van de stage. Deze komen niet overeen met de uiteindelijke data. Daarom wordt bij dit vergelijk alleen uitgegaan van de geplande duur van elke fase.

De conceptperiode heeft iets langer geduurd dan gepland en er is dus later met de realisatie begonnen. Voor Fase 1 tot en met 3 is aanvankelijk 3 weken gepland. Dit is uiteindelijk in twee weken gerealiseerd. Voor fase 4 en 5 is vooraf 2 weken gepland. Fase 4 is op tijd afgerond, maar fase 5 heeft veel te lang geduurd. De oorzaak hiervan is de omschakeling van WiFi naar 4G en het feit dat de 4G dongle die we eerst kregen niet compatible was met de encoder. Ik heb veel tijd besteed om dit alsnog werkend te krijgen, maar dit is uiteindelijk niet gelukt. In deze weken heb ik mij ook bezig gehouden met andere taken dan de realisatie van de videoverbinding zoals de aanwezigheid van het ULab op TEDx.

Tijdens de eindoplevering heb ik mij ook veel bezig gehouden met opdrachten en documenten voor mijn opleiding. Het gevolg van de vertragingen is dat het schrijven van de scriptie nu na de oplevering in de vakantieperiode is gebeurd. De rest van het project is afgerond in de tijd die gepland was. De vertraging is niet meer in kunnen halen.

8.3 Calculatie uren en kosten

Er is 22 weken 40 uur per persoon gewerkt aan het project = 880 uur per persoon. Dat is 4400 manuren in totaal.

De personeelskosten van het ULab studententeam bestaat uit 5 maanden lang 250 euro per persoon per maand. Dat is in totaal 6250 euro. Overige kosten zijn niet bij de studenten bekend gemaakt.

De materiaalkosten bestaan uit twee bestelrondes. De eerste ronde kostte 282 euro en de tweede ronde 112 euro. Dat is in totaal 394 euro materiaalkosten. Het totaal van de bij de studenten bekend kosten bedraagt dan 6644 euro. Verrekeningen tussen de opdrachtgever en het stagebedrijf zijn niet bekend.

8.4 Projectevaluatie

De start van het project is onrustig verlopen omdat twee studenten in het begin zijn opgestapt. Later is daar een andere student voor teruggekomen. De studenten die later toegevoegd werden hebben niet het hele proces meegemaakt. Dit is erg jammer.

Deze afstudeerstage is een bijzondere stage en heeft een aantal extra uitdagingen. Alle extra taken kosten tijd en verhogen de werkdruk.

Tijdens de conceptfase zijn de 6 laatste concepten verdeeld over de teamleden. Elke student heeft er een uitgewerkt en gepresenteerd. Achteraf vind ik dit een slecht idee omdat dit concurrentie in een team veroorzaakt.

Tijdens dit project is er geen teamleider aangewezen, maar dat was wel beter geweest. De rol van teamleider is te groot om naast een afstudeerproces en de realisatie te doen. Als een teamlid deze taak op zich zou nemen dan zou dat onder zijn afstudeeropdracht moeten vallen.

Ondanks deze extra uitdagingen is het project tot een goed einde gebracht. Dit is te danken aan de inzet van alle betrokken partijen, maar vooral aan de studenten in het ULab studententeam. De onderlinge planning is goed opgesteld en bijgehouden. Mijn persoonlijke planning is goed opgesteld, maar door onverwachte taken, vertragingen en door de late goedkeuringen van mijn afstudeerdocumenten is de planning niet gehaald.

Achteraf gezien heb ik te veel tijd besteed aan het oplossen van de problemen met de drivers. Ik liet mij meeslepen en heb de kosten en baten niet in de gaten gehouden. Ik heb daardoor wel heel veel geleerd over de onderliggende techniek in die periode.

Ik vond het moeilijk dat ik met mijn vragen niet bij de afstudeerbegeleider terecht kon zoals de andere teamleden dat wel konden. Graag had ik meer begeleiding gehad tijdens het schrijven van de scriptie en vooral tijdens de opzet. Als ik van te voren beter had geweten wat belangrijk

is in de scriptie had ik deze sneller en eerder af kunnen hebben. Wel ben ik er extra trots op dat het project tot een succesvol einde is gebracht.

9 Reflectie

Deze reflectie is gebaseerd op de competentiematrix van elektrotechniek. Ik zal mezelf op alle competenties beoordelen aan de hand van de competentieniveaus. (E, 2013)

Tabel 15 Competentieniveaus.

Competentie	Competentieniveau
Analyseren	III
Ontwerpen	III
Realiseren	III
Beheren	II
Managen	II
Adviseren	II
Onderzoeken	III
Professionaliseren	II

Aandachtspunten zijn planning en het maken van professionele documenten. Het laatste kost mij nog te veel tijd. Alhoewel mijn planningen goed zijn, worden deze op een te globaal niveau bijgehouden. Vooral de technische competenties beheers ik goed.

9.1 Reflectie leerdoelen

Aan het begin van de stage zijn een aantal leerdoelen opgesteld. In deze leerdoelen heb ik geprobeerd om zwaktes aan te pakken die mij al mijn hele leven achtervolgen. Ik heb de volgende leerdoelen opgesteld:

- Ik wil gedurende de hele stageperiode een complete realistische planning opstellen en volgen.
- Aan het eind van de stage zal ik daardoor niet in tijdnood komen.
- Ik wil aan het eind van de stageperiode professionele documentatie opgeleverd hebben.

Deze leerdoelen dagen mij uit om mezelf te verbeteren op het vlak van **planning** en **documentatie**. In strikte zin moet ik concluderen dat ik deze leerdoelen niet gehaald heb. Maar er kan ook gesteld worden dat de eerste twee doelen niet gehaald zijn door onvoorziene problemen die veroorzaakt zijn door de innovatieve aard van het project. Dit kan weerlegd worden door te stellen dat dit in de planning meegenomen had moeten worden. Toch is er positief nieuws, alle technische uitdagingen die ik mijzelf gesteld heb zijn gehaald. Het prototype voldoet aan de specificatie en werkt voor de eindgebruiker ook beter dan verwacht. Verschillende deskundigen waren zeer onder de indruk van het eindresultaat.

Wat betreft de leerdoelen ben ik tot een nieuw inzicht gekomen. Het is mij duidelijk dat ik mezelf op deze gebieden moeilijk kan verbeteren. Alhoewel ik mij toch wil blijven inzetten om deze vlakken naar een hoger niveau te tillen wil ik dit anders aanpakken.

Het lijkt mij verstandig om omgevingen op te zoeken waarbij veel hulpmiddelen en werkwijzen de effecten van mijn zwakheden minimaliseren. Ook moet ik actief situaties mijden die een verhoogd beroep doen op planning en documentatie. Zo kan ik mij concentreren op mijn sterke punten.

Profielschets

Als professional ben ik op niveau met de kanttekening dat ik details in mijn werk niet vaak deel. Presentaties zijn wel heel goed, ik kan mijn enthousiasme over een project goed uitdragen. De rol van ontwikkelaar past het best bij mij omdat ik graag met de techniek zelf bezig ben. Mijn drive is het bouwen van technisch interessante producten. Daarbij vind ik het wel belangrijk dat deze waarde toevoegen aan de maatschappij.

In een organisatie kom ik het meest tot mijn recht in een research and development afdeling, ik weet bij een idee gelijk hoe het gerealiseerd kan worden en ik kan snel nieuwe technologieën ontdekken en gebruiken.

Afkortingen en begrippen

Afkortingen

Afkorting	Volledig
AI	Artificial intelligence
FPV	First Person View
LTE	Long Term Evolution
RTP	Real-time Transport Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
RTMP	Real Time Messaging Protocol

Begrippen

Begrip	Uitleg
Pipe	Een pipe is een mechanisme in UNIX omgevingen om de data uitvoer van een programma direct als invoer in een ander programma te gebruiken.
User generated content	Hierbij wordt de content op een platform gemaakt door de gebruiker in tegenstelling tot de eigenaar of de beheerder.
Crowdsourcing	De kracht van een grote groep mensen gebruiken om een taak te voltooien.

Lijst van figuren en tabellen

Figuur 1 Stakeholder map.	2
Figuur 2 Schets van enkele ideeën uit de conceptfase van het project.	4
Figuur 3 De leden van het ULab studenten team.	5
Figuur 4 Het scrumbord in het ULab.	7
Figuur 5 De briefing van Staatsbosbeheer in fort Rhijnauwen.	9
Figuur 6 Boven: Opname van Het ULab draait door, een kort programma over het ULab. Links: Een krantenartikel over het project.	10
Figuur 7 De zes concepten op een rij.	11
Figuur 8 Logo van het concept.	12
Figuur 9 Het kindje ervaart de natuur op een manier die eerst niet mogelijk was.	15
Figuur 10 Rondleiding door de Biesbosch met de boswachter.	21
Figuur 11 Illustratie van de hoofdvraag.	22
Figuur 12 Relatie tussen actie en observatie.	24
Figuur 13 Vereenvoudigd voorbeeld van encoding met I- en P- frames.	25

Figuur 14 De afstand die signaal B moet afleggen is groter dan de afstand van signaal A.	26
Figuur 15 Systeemdiagram live registratie Tour de France.	28
Figuur 16 De route van de beelden in het project Volg de vos.	29
Figuur 17 Testopstelling met camera, Raspberry Pi Accu en WiFi adapter.	30
Figuur 18 Componenten ontwerpvoorstel 1: WiFi.	33
Figuur 19 Componenten ontwerpvoorstel 2: Mobiel internet.	34
Figuur 20 Componenten ontwerpvoorstel 3: Analooq.	35
Figuur 21 Blokschema van het gekozen ontwerp.	38
Figuur 22 Overzicht 4G dekking per provider.	46
Figuur 23 Methode van het meten van de vertraging.	48
Figuur 24 De interface van de simulator.	55
Figuur 25 De simulator wordt gebruikt door kinderen in het ziekenhuis.	55
Figuur 26 De natuur zoals deze in de webinterface te zien is.	59
Figuur 27 Loop ontwikkelingsproces.	64
Tabel 1 Bewegingsmogelijkheden van het platform afgezet tegen de nadelen.	16
Tabel 2 Vertaling gebruikerseisen naar technische functionaliteiten.	19
Tabel 3 Minimale specificaties videoverbinding.	20
Tabel 4 Categorieën op afstand bestuurbare voertuigen.	31
Tabel 5 Vergelijking van de ontwerpvoorstellen.	36
Tabel 6 Vertaling van technische functionaliteiten naar ontwerpcomponenten.	39
Tabel 7 Vergelijk minimale specificaties met ontwerpspecificaties.	40
Tabel 8 Afwegingen gekozen hardware.	40
Tabel 9 Afwegingen gekozen software.	41
Tabel 10 Resultaten prototype vergeleken met ontwerp.	57
Tabel 11 Resultaat project per partij.	58
Tabel 12 Persoonlijke project indeling.	63
Tabel 13 Taakverdeling ULab studenten team.	65
Tabel 14 Strokenplanning.	66
Tabel 15 Competentieniveaus.	68

Bronnen

Berg, M. C. (2007). *Natuur, stress en cortisol*. Wageningen: Alterra.

E, W. B. (2013). *Competentiematrix Elektrotechniek*. Hogeschool Utrecht.

Evident. (sd). *Wie zijn wij?* Opgeroepen op Augustus 4, 2014, van <http://www.evident.nl/overons/wie%20zijn%20wij>

Format verslag. (sd). Opgehaald van Sharepoint.

Kay, J. S. (1997). *STRIPE: Remote Driving Using Limited Image Data*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University.

Sparkes, M. (9, Juli 2014). *The television secrets behind the Tour de France*. Opgeroepen op Augustus 17, 2014, van The telegraph: <http://www.telegraph.co.uk/technology/news/10956586/The-television-secrets-behind-the-Tour-de-France.html>

Staatsbosbeheer. (sd). *Visie en missie*. Opgeroepen op Augustus 4, 2014, van <http://www.staatsbosbeheer.nl/Over%20Staatsbosbeheer/Visie%20en%20missie.aspx>

Ulab. (sd). *Ulab*. Opgeroepen op Augustus 4, 2014, van <http://www.evident.nl/werkenbij/ulab>

Wallace, W. (2013, Juli 3). *How the Tour de France is Broadcast To the World*. Opgeroepen op Augustus 6, 2014, van <http://cyclingtips.com.au/2013/07/eyes-in-the-sky-how-the-tour-de-france-is-broadcast-to-the-world/>

Wikimedia Foundation. (sd). *Wikipedia pagina staatsbosbeheer*. Opgeroepen op Augustus 4, 2014, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Staatsbosbeheer>

Bijlagen

In de bijlagen bevinden zich de volgende documenten:

- Bijlage 1: Beoordelingsformulier met bewijsplaatsen
- Bijlage 2: Voorbeeld van een reflectie

Bijlage 1: Beoordelingsformulier met bewijsplaatsen

Student	Richard Ginus	Opleiding	Mediatechnologie
Studentnummer	1570817	Cursus / Onderdeel	
1 ^e Examinator		Datum	17 Augustus 2014
2 ^e Examinator		Cijfer	

EINDBEOORDELING AFSTUDEERVERSLAG	Score	Opmerkingen
BoE: Analyseren, ontwerpen, realiseren en managen		
BoE: Documenteren		
BoE: Ontwerpen, realiseren en onderzoeken		
IED: Schriftelijke vaardigheden		
Deelcijfer AFSTUDEERVERSLAG		Norm: Alle deelbeoordelingen voldoende $\text{Deelcijfer afstudeerverslag} = (1/7) \cdot (s + 1)$ indien score ≥ 41 Indien score ≤ 40 beoordeling NVD

BoE: ANALYSEREN, ONTWERPEN, REALISERENNIVEAU III en MANAGEN NIVEAU II		Score	Observaties / bewijsplaatsen
1d	De technische en niet-technische eisen zijn vastgelegd	0, 1, 2, 3	Eisen- en Randvoorwaarden
1e	Er is een passende wijze van modelleren voor het probleem toegepast	0, 1, 2, 3	Onderzoeksvragen Projectaanpak
2a	Uit verschillende conceptoplossingen is een keuze gemaakt en verantwoord	0, 2, 4, 6	Ontwerpvoorstellen
2b	Van de onderdelen van het ontwerp is een specificatie of detailontwerp opgesteld	0, 2, 4, 6	Gekozen ontwerp
2c	Er is rekening gehouden met de maakbaarheid en testbaarheid van het ontwerp	0, 1, 2, 3	Ontwerpvoorstellen Afwegingen gekozen hardware Afwegingen gekozen software
2e	De juiste ontwerphulpmiddelen zijn gebruikt	0, 1, 2, 3	Blokschema
3a	Er is gebruik gemaakt van een geschikte software en/of hardware ontwikkelomgeving	0, 1, 2, 3	Ontwerp
5a	Tijd, geld, middelen, resources en risico's zijn gekwantificeerd	0, 1, 2, 3	Risico's Calculatie uren en kosten
Totaal			
Uitslag		VD / NVD	Norm: Alle deelscores 1 of hoger Totaalscore minimaal 18

BoE: DOCUMENTEREN		Score	Observaties / bewijsplaatsen
3f	Er is voor de projectmethode specifieke ontwerpdocumentatie opgeleverd	0, 2, 4, 6	Blokschema Vertaling van technische functionaliteiten naar ontwerp
3d	Het realisatieproces is gedocumenteerd	0, 2, 4, 6	Realisatie
Totaal			
Uitslag		VD / NVD	Norm: Alle deelscores 1 of hoger Totaalscore minimaal 7

BoE: ONTWERPEN, REALISEREN NIVEAU III		Score	Observaties / bewijsplaatsen
enONDERZOEKEN NIVEAU II			
2d	Er is geverifieerd in hoeverre het ontwerp voldoet van het programma van eisen	0, 1, 2, 3	Ontwerp
3c	Het ontwerpresultaat is geverifieerd en gevalideerd t.o.v. de gestelde eisen	0, 1, 2, 3	Resultaat prototype Aanbevelingen
7b	(Wetenschappelijke) literatuur en eigen / andere informatiebronnen zijn geselecteerd en gebruikt. De betrouwbaarheid is correct ingeschat	0, 1, 2, 3	Bronnen

7c	De resultaten van onderzoek zijn samengevat, ge-structureerd en geïnterpreteerd en er zijn conclusies getrokken in relatie tot de onderzoeksvraag	0, 1, 2, 3	Deskresearch Conclusie
7e	Er zijn aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek	0, 1, 2, 3	Aanbevelingen
Totaal			
Uitslag		VD / NVD	Norm: Alle deelscores 1 of hoger Totaalscore minimaal 9

IED: SCHRIFTELIJKE VAARDIGHEDEN		Score	Observaties / bewijsplaatsen
sv1	Spelt en formuleert Nederlands op hbo-niveau.	0, 1, 2, 3	Gehele document
sv2	Hanteert schrijfconventies (bronvermelding, samenvatting, inleiding e.d.).	0, 1, 2, 3	Gehele document
sv4	De tekst heeft een heldere structuur en een logische opbouw	0, 1, 2, 3	Gehele document
sv7	De tekst heeft een professionele layout (consistentie, leesbaarheid, bladspiegel, illustraties)	0, 1, 2, 3	Gehele document
Totaal			
Uitslag		VD / NVD	Norm: Alle deelscores 1 of hoger

		Totaalscore minimaal 7
--	--	------------------------

TOELICHTINGBEOORDELING AFSTUDEERVERSLAG

De beoordeling van het afstudeerverslag bestaat uit de summatieve beoordeling van:

- Analyseren, ontwerpen en realiseren van het product
- Documenteren van het project
- Onderzoeken en valideren van de resultaten
- Schriftelijke vaardigheden

De criteria per categorie worden beoordeeld met een vierpuntsschaal met de volgende waarden:

0 = onvoldoende

1 = matig

2 = voldoende

3 = goed

Bij het vaststellen van de score wordt gelet op:

- De vakinhoudelijke juistheid
- De onderbouwing en/of toelichting
- Compleetheid
- Relevantie van de uitvoering voor de opdracht
- Uitvoering passend bij het gevraagde niveau van de competentie

Viercriteria krijgen een hogere wegingsfactor:

- (2a) Uit verschillende conceptoplossingen is een keuze gemaakt en verantwoord.
- (2b) Van de onderdelen van het ontwerp is een specificatie of detailontwerp opgesteld.
- (2f) Er is voor de projectmethode specifieke ontwerpdocumentatie opgeleverd.
- (3d) Het realisatieproces is gedocumenteerd.

Hiervoor is gekozen, omdat bij deze deelaspecten een essentieel gedragskenmerk in een enkele deelscore wordt verwerkt. Voor deze deelaspecten geldt als beoordelingsschaal:

0 = onvoldoende, 2 = matig, 4 = voldoende, 6 = goed

Per categorie wordt een beoordeling VD / NVD vastgesteld. Voor een beoordeling VD moet voldaan worden aan twee eisen:

- De totale score voor de gehele categorie is groter of gelijk aan de cesuur voor die categorie.

Bijlage 1: Beoordelingsformulier met bewijsplaatsen

- Geen van de criteria is met een score 0 (onvoldoende) beoordeeld.

De cesuur per categorie komt overeen met 60% van de totaal te behalen score, afgerond op hele punten.

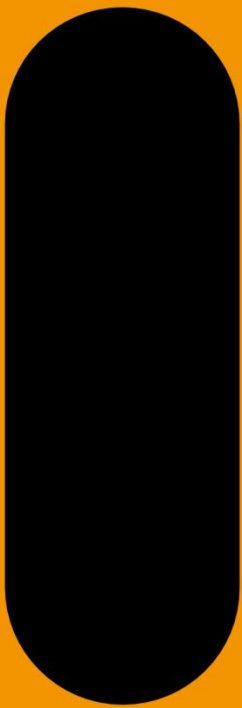
De uitslag van de beoordeling van het afstudeerverslag is een cijfer (6,0...10,0) of niet voldaan (NVD).

Voor een voldoende beoordeling dient de uitslag van alle vier de categorieën voldoende te zijn.

Bij een voldoende beoordeling wordt aan het verslag een deelcijfer toegekend. Hiertoef worden de scores van de vier categorieën bij elkaar opgeteld. Uit de totale score s (met een waarde tussen 41 en 69) wordt een deelcijfer tussen 6,0 en 10,0 berekend volgens:

$$\text{Deelcijfer AFSTUDEERVERSLAG} = (1/7) \cdot (\text{score} + 1)$$

Bijlage 2: Voorbeeld van een reflectie



11/10

Richard Ginus

Super!

Mijn mood is 11/10!

Ik voel me heel erg goed. Ik ben blij met wat we tot nu toe hebben gedaan. Ik ben blij dat de groep zo goed functioneert. Zeker onder deze omstandigheden en ik zie uit naar wat we gaan doen. Tenslotte verwacht ik dat we ons doel zeker gaan halen.

In de afgelopen twee weken heb ik in de eerste week één concept uitgewerkt en daarna gepresenteerd. Na de presentatie zijn we bezig gegaan om het project in te delen. Ik heb samen met de groep bepaald wat er moet gebeuren en wie dat gaat doen. In de afgelopen week ben ik daarnaast al flink aan het oriënteren gegaan voor het onderzoeksdeel dat ik moet doen.

In de afgelopen periode heb ik bereikt dat er een concept is gekozen en dat we nu weten wat er gedaan moet worden. Ook heb ervaring opgedaan met het presenteren van concepten.

Ik ben trots dat het concept is gekozen dat ik heb uitgewerkt. Hieruit kan ik afleiden dat ik het concept goed heb gepresenteerd.

In de afgelopen periode is nogmaals gebleken dat balans en communicatie in een multidisciplinair team extra belangrijk is.

Sla deze stap in het project proces niet over en besteed er ruim voldoende tijd aan is wat ik zou willen overdragen aan anderen als het gaat over de afgelopen periode.