

# Onderzoeksopzet: *Dynamische projection-mapping op tafel niveau*

Naam student(en): Pex Jan-Mathijs

Naam promotoren (en firma/onderzoeksinstelling): Michiels Nick

Afstudeerrichting: INF

Datum: 16/12/2024

## 1. **SITUERING** (MAX. 500 woorden)

Projection mapping is een technologie die de laatste jaren aan populariteit wint in diverse domeinen. Het wordt gebruikt binnen de sectoren entertainment en kunst, voor industriële toepassingen en educatieve doeleinden. Het basisprincipe omvat het projecteren van een beeld op een driedimensionaal oppervlak, waardoor het oppervlak visueel vervormd wordt. Traditioneel worden projection mapping-systemen ontworpen in een statische context waarbij het de opstelling van het systeem op zijn plaats blijft staan.

In dit project zal er gewerkt worden aan de ontwikkeling van een real-time dynamisch camera-projector systeem dat op tafel-niveau gebruikt zal worden. In plaats van een vaststaande opstelling zal het systeem gebruik maken van een camera en projector die aan een beweegbare arm zijn bevestigd. Dit biedt nieuwe mogelijkheden voor interactieve toepassingen waarbij de projectie zich aanpast aan zowel de fysieke bewegingen van het systeem als veranderingen in de omgeving. Zulke systemen kunnen gebruikt worden om complexe instructies op een intuïtieve manier te visualiseren.

Een toepassing van een dynamisch systeem is bijvoorbeeld het verbeteren van een werkproces in de industrie. Projecties kunnen worden gebruikt om werknemers in real-time te begeleiden met visuele instructies die zich aanpassen aan de handelingen van de werknemers. Een dynamisch systeem kan ook een rol spelen in educatieve ondersteuning waarbij projecties ingezet kunnen worden om abstracte concepten beter in beeld te brengen en dus te verduidelijken.

[Moet er nog iets over human-computer interactie gezegd worden?]

Het project past binnen de bredere context van human-computer interaction waarbij het belang van intuïtieve interfaces steeds belangrijker wordt. Projection-mapping kan een natuurlijke directe manier van interactie bieden aan gebruikers. Er wordt daarom ook de nadruk gelegd op het toepassen van deze technologie op kleinere, mobiele schaal.

[Moet er nog iets over human-computer interactie gezegd worden?]

Dit project zal verder bouwen op bestaande kennis uit domeinen zoals computer-vision en streeft naar een bijlage te leveren aan de toepassingen van projection-mapping in dynamische omgevingen.

---

De situering schetst de achtergrond waartegen jouw project zich afspeelt. Deze achtergrondinformatie heeft de lezer nodig om zich een duidelijk beeld te kunnen vormen van de relevantie en het nut van jouw onderzoek. Bovendien zorgt een goede situering ervoor dat de rest van de tekst geen informatie gaps bevat: je introduceert alle termen, concepten, objecten, stakeholders,... waarnaar je later in de tekst verwijst.

De situering begint breed met relevante (maar bondige) informatie over, bijvoorbeeld:

- het bedrijf of instelling waar jij onderzoek hebt gedaan;
- toepassingen van het product dat jij moet optimaliseren;
- de ziekte waarvoor jij een detectiemaniër hebt ontwikkeld;
- ...

Focus daarna op de directe context van de casus, maar benoem nog niet wat de precieze tekortkomingen zijn. Dat doe je pas in het volgende deel (“probleemstelling”). Een visueel schema of een afbeelding (bv. van een bepaald proces, een bepaalde infrastructuur,...) kan hier erg handig zijn.

Vanzelfsprekend dient alle informatie in de situering gestaafd te worden door correcte bronverwijzingen.

## 2. PROBLEEMSTELLING / ONDERZOEKSVRAAG (MAX. 500 woorden)

Projection mapping biedt een manier om digitale beelden en informatie te integreren met fysieke objecten en de omgeving. De huidige staat van de technologie is grotendeels beperkt tot een statische of semi-statische opstelling. Dit betekent dat het systeem beperkt is in flexibiliteit en het aantal toepassingen waar het gebruikt voor kan worden.

Een statisch projection mapping systeem is afhankelijk van vaste posities van de opstelling. Wanneer de opstelling eenmaal is afgesteld, dan zal elke verandering een herkalibratie vereisen. Dit is ongeschikt voor een dynamisch systeem waar de opstelling constant van positie kan veranderen. Ook hebben veel systemen nog niet de mogelijkheid om veranderingen in de omgeving of het veranderen van de positie van de opstelling af te handelen. Dit limiteert de mogelijkheden en flexibiliteit van de implementatie.

Hieruit volgt de onderzoeksvraag: hoe kan een dynamisch camera-projector systeem worden ontwikkeld dat in real-time projecties kan aanpassen aan een veranderende fysieke omgeving, met behulp van een vrij beweegbare arm op tafel niveau?

De onderzoeksvraag kan verder opgedeeld worden in deelvragen zoals: welke methode kan er gebruikt worden om een correcte kalibratie van het systeem uit te voeren, hoe kan het systeem betrouwbaar zijn eigen positie bepalen in real-time, welk algoritme is geschikt om projection mapping in real-time uit te voeren op in een dynamische context en wat zijn de uitdagingen en beperkingen bij het maken van een prototype, en hoe kunnen deze opgelost worden?

Het doel is om een proof-of-concept te maken van dit soort dynamisch systeem. Dit omvat zowel hardware, maar vooral software integratie waarbij specifiek aandacht wordt besteed aan de eerder gedefinieerde onderzoeksvraag en de bijhorende deelvragen.

---

Hier stel je de precieze aanleiding voor die aan de basis ligt van jouw project. De situering heeft een algemeen kader geschetst, en binnen dit kader ga je nu het probleem, de behoefte of de vraag benoemen die de aanleiding was om jouw expertise in te roepen. Voorbeelden zijn:

- een bestaand product voldoet niet langer aan nieuwe criteria;
- er bestaat geen manier om een bepaalde parameter te identificeren en te onderzoeken;
- men observeert een bepaald fenomeen in een productieproces of in de natuur, maar men kent de oorzaak niet;
- de bestaande infrastructuur voldoet niet langer;
- een bestaande productielijn is te traag of te arbeidsintensief;
- ...

Soms dient de probleemstelling zich veeleer aan als een onderzoeksvraag: het probleem is dat 'iets' nog niet geweten is, en jij gaat dat onderzoeken. Best formuleer je een hoofdonderzoeksvraag die je opsplitst in deelvragen.

Het is ook mogelijk dat de probleemstelling of de onderzoeksvraag eruit bestaat een of meerdere hypothesen te verifiëren. (Uit vorig onderzoek blijkt dan dat x en/of y een redelijke aanname is, maar tot dusver is x en/of y niet bewezen. Vanzelfsprekend moet je in dat geval op een correcte manier bronverwijzen naar die studie(s)).

### 3. DOELSTELLINGEN (MAX. 500 woorden)

Het doel van het project is het ontwikkelen van een werkend proof-of-concept van een real-time dynamisch camera-projector systeem (op tafel niveau). Het systeem moet in staat zijn om projecties dynamisch en nauwkeurig aan te passen. Om het doel concreter voor te stellen delen we het op in deeldoelstellingen.

1. Het systeem moet in staat zijn in real-time zijn positie op te meten en bepaalde eigenschappen van zijn omgeving.
2. De projection mapping moet correct blijven werken op een dynamische manier waarbij de positie van de opstelling en de omgeving kunnen veranderen.
3. Interacties met het systeem moeten mogelijk zijn. Toepassingen zoals het geven van (visuele) instructies aan de gebruiker moet mogelijk zijn.

---

In dit deel leg je uit welke doelstellingen je vooropstelt voor het project. Het is vaak aangewezen om eerst een hoofddoelstelling te formuleren en die vervolgens te verfijnen, bv. aan de hand van een reeks deeldoelstellingen of een uitgewerkt eisenpakket. De lezer moet een duidelijk en ondubbelzinnig antwoord krijgen op de vraag: onder welke voorwaarden beschouwt de opdrachtgever het probleem als opgelost? De beschrijving van de doelstelling kan dus enkel tot stand komen na doorgedreven overleg met de opdrachtgever.

Het volstaat niet om gewoonweg te stellen: de doelstelling is om het probleem op te lossen. 'Oplossen' is vaak geen zwart-of-wit-kwestie; je moet ondubbelzinnig kunnen beschrijven wat de voorwaarden voor de oplossing precies zijn. De SMART-criteria kunnen je helpen de doelstellingen heel precies te maken. (Bijvoorbeeld: "tegen datum x moet machine y parameter z tot op x cijfers na de komma kunnen detecteren in y procent van alle gevallen".)

Beschrijf ook eventuele beperkingen (milieuwetgeving, veiligheid,...).

#### 4. (MATERIAAL EN) METHODE (MAX. 500 woorden)

Het project kan opgedeeld worden in verschillende werkpakketten. Elk werkpakket zal specifieke stappen bevatten zoals het maken, testen en valideren van het dynamische projection-mapping systeem.

##### WP1: Literatuurstudie en vereistenanalyse

Er zal eerst een literatuurstudie gedaan worden naar verschillende relevant technieken zoals kalibratiemethoden, objectherkenning in een camera beeld en eerder ontwikkelde real-time projection-mapping systemen.

In overleg met de begeleider en promotor zal er ook een opsomming gemaakt worden aan functionele en technische eisen waaraan het systeem moet voldoen, zoals reactietijd, nauwkeurigheid, etc.

##### WP2: Ontwerp van prototype

Het systeem word geassembleerd om verder gebruikt en getest te worden. De camera en projector zullen samen aan een arm gemonteerd worden. De arm zelf word gemonteerd aan de tafel.

[Misschien WP3, 4, 5 samen nemen in 1 WP implementatie?]

##### WP3: Kalibratie

De kalibratie zal bestaan uit het kalibreren van de camera dat ervoor zorgt dat vervormingen in het camera beeld weg gewerkt wordt. Deze kalibratie zal gebaseerd worden op onderzoek van Z. Zhang [1]. Ook zal er een ruimtelijke kalibratie tussen camera en projector uitgevoerd worden. Dit zal ervoor zorgen dat de projecties op de juiste plaats terecht komen.

##### WP4: Lokalisering van het systeem

Er zal een implementatie gemaakt worden dat ervoor zorgt dat het systeem weet waar in de ruimte het zich bevind, dit is essentieel om te weten op welk oppervlak en onder welke hoek er geprojecteerd zal moeten worden. Met een onjuiste lokalisatie zal de projectie ook foutief zijn.

##### WP5: Projecteren van beelden

De lokalisatie zorgt ervoor dat de beelden volgens het juiste standpunt van de projector geprojecteerd zullen worden. Hier zal er een methode ontwikkeld worden om te weten wat er geprojecteerd moet worden en om dit interactief te maken. Zo kan de gebruiker constant een andere projectie verkrijgen en zelfs interageren met het systeem.

##### WP6: Testen en evalueren

Er zullen doorheen het realiseren van het project voldoende testen uitgevoerd moeten worden om de correctheid en de prestaties van het system te evalueren. Er kan ook een user-study gedaan worden op het eindresultaat om het project nog verder te evalueren.

#### WP7: Rapportage

De resultaten zullen geanalyseerd worden, het zal tonen of het systeem voldoet aan de gestelde eisen. Ook zal er een masterproefrapport geschreven worden en een presentatie voorbereid worden.

Er zijn binnen dit project een aantal basis benodigdheden voor elk werkpakket. Hardware zoals een camera, projector, tafel met arm en een machine waar de software op kan uitgevoerd worden. De software die nodig zal zijn voor dit project zal de bibliotheek "OpenCV" zijn die in python of C++ gebruikt kan worden, samen met Unity. Tenslotte zijn er een aantal bronnen zoals wetenschappelijke literatuur en documentatie van de software nodig tijdens het maken van het project.

---

In dit deel leg je uit hoe je het project wil aanpakken. Welke stappen zet je? Welke materialen, instrumenten, toestellen, technieken en/of technologieën gebruik je? Daarbij motiveer je ook waarom/op welke manier die stappen, materialen of technieken bijdragen tot de oplossing van het probleem/het beantwoorden van de onderzoeksvraag/het realiseren van de onderzoeksdoelstelling.

Idealiter werk je dit deel uit aan de hand van werkpakketten (WP), die je nummert en van een duidelijke, zelfverklarende titel voorziet (bv. WP1: Literatuurstudie; WP2: Testopstelling ontwerpen; WP3: Uitvoeren experimentele testen;...). Beschrijf wat ieder pakket inhoudt (deeltaken of -activiteiten), wie het uitvoert of wie betrokken is, welke materialen nodig zijn of welke informatie nodig is, welke methode je volgt,...

Vergeet ook hier geen bronverwijzingen waar nodig.

### **5. GANTT-TABEL**

De planning zet de manier van werken om in een praktische projectplanning – en wel onder de vorm van een Gantt-tabel.

De projectplanning heeft tot doel om:

- de totale duur van het project te bepalen;
- de werkpakketten te definiëren: onderscheid een overzichtelijk aantal hoofdpakketten die je verder onderverdeelt in deelwerkpakketten;
- een tijdsplanning voor elk activiteitenpakket op te stellen;
- de afhankelijkheid van de taken vast te leggen;
- de voortgang van het project te bewaken.

Denk ook aan de deadlines voor schrijf- en rapporteringstaken, maar overdrijf niet. Maximaal 25% van je Gantt-tabel mag gericht zijn op het rapporteringsproces en aanverwante deadlines.

De Gantt-chart neem je best op in een liggende pagina.



			2024				2025																										
Name	Begin date	End date	Week 40	Week 50	Week 51	Week 52	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	Week 22	Week 23	Week 24	Week 25	Week 26	Week 27
Masterproef	21/2/2024	25/06/2025																															
Vooronderzoek	21/2/2024	5/02/2025																															
Vereistenanalyse maken	21/2/2024	20/12/2024																															
Bestaand onderzoek bestuderen	21/2/2024	10/01/2025																															
Literatuurstudie schrijven	21/2/2024	5/02/2025																															
Vooronderzoek afgerond	5/02/2025	5/02/2025																															
Testopstelling	3/02/2025	7/02/2025																															
Hardware Verzamelen	3/02/2025	4/02/2025																															
Opstelling bouwen	4/02/2025	5/02/2025																															
Hardware integreren in opstelling	5/02/2025	6/02/2025																															
Testopstelling afgerond	7/02/2025	7/02/2025																															
Implementatie	5/02/2025	15/04/2025																															
Code taal kiezen	5/02/2025	7/02/2025																															
Kalibratie	7/02/2025	20/02/2025																															
Lokalisatie	20/02/2025	19/03/2025																															
Projectie	19/03/2025	15/04/2025																															
Implementatie afgerond	15/04/2025	15/04/2025																															
Testing	7/02/2025	9/05/2025																															
Kalibratie testen	7/02/2025	20/02/2025																															
Lokalisatie testen	20/02/2025	19/03/2025																															
Projectie testen	19/03/2025	15/04/2025																															
User study	14/04/2025	9/05/2025																															
Testing afgerond	9/05/2025	9/05/2025																															
Poster / verslag / presentatie	14/04/2025	25/06/2025																															
Poster maken	14/04/2025	25/04/2025																															
Verslag schrijven	21/04/2025	30/05/2025																															
Presentatie maken	26/05/2025	13/06/2025																															
Verdediging	25/06/2025	25/06/2025																															

## **BRONNENLIJST**

- [1] Z. Zhang, „A flexible new technique for camera calibration,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 1330-1334, 6 Augustus 2002.

---

Lijst van bronnen waarnaar je verwezen hebt in de tekst. Je kan kiezen tussen APA-en IEEE-stijl. Zie Vademecum voor meer info.