

## **preface**



## **Hoofdstuk 1**

### **Inleiding**



# Hoofdstuk 2

## Literatuurstudie

### 2.1 Visible Light Communication (VLC)

De Light Emitting Diode (LED) is een technologie dat gebruikt kan worden voor verlichting als communicatie. Hierdoor is het geschikt voor optische draadloze communicatie in de vrije ruimte. Visible Light Communication (VLC) is een technologie dat hier op bouwt en veel verwachting heeft naar toekomstige applicaties toe.

### 2.2 Visible Light based Positioning (VLP)

Naast communicatie is lokalisatie nog een belangrijke toepassing met een groot potentieel. Op plekken waar traditionele lokalisatiemethoden zoals GPS falen, zoals indoor scenario's, is men op zoek naar een technologie die wel kan voldoen aan de voorschriften. Visible Light based Positioning (VLP) is naast o.a. Ultra-WideBand (UWB), Radio-Frequency Identification (RFID), Wi-Fi en fingerprint een uitdager om deze rol in te vullen. Het nadeel van deze laatste technologieën is dat er nood is aan het installeren van een extra Access Point (AP) en apparatuur. Dit leidt tot stijgende kosten voor het installeren, gebruik en onderhoud. Visible Light based Positioning (VLP) is veel belovend juist omdat het deze extra kosten kan vermijden door de duale rol van de apparatuur. De Light Emitting Diodes (LEDs) zorgen voor zowel verlichting als lokalisatie in dezelfde behuizing, door slechts één installatie en heeft dezelfde noden als gewone verlichting. In komende paragrafen leggen we verschillende onderdelen en technieken van VLP uit.

#### 2.2.1 Indoor Positioning Techniques

VLC-based-Indoor Positioning System (IPS) kan op verscheidene manieren uitgevoerd worden. In de paragrafen hieronder bespreken we hoe de verschillende technieken ingevuld kunnen worden. We bespreken onder andere LED technologie, modulatiemethodes, type ontvangers en classificatie van VLC-based-IPS op basis van 3 sleuteleigenschappen.

#### LED Technologie

Door het lage vermogensverbruik en de lange levensduur is LED een veel gebruikt middel om verlichting van ruimtes te bereiken. Er zijn twee veelgebruikte LED-technologieën om wit licht te

produceren:

- **White LEDs:** Bij dit ontwerp creëert men wit licht door een gele fosfor over een blauwe LED te plaatsen. De combinatie van zowel de gele fosfor als het blauwe uitgestraalde licht zorgt dat ons oog de stralen als wit licht interpreteert. De eenvoud laat toe om de prijs en de complexiteit laag te houden, waardoor dit de meest gekozen techniek is.
- **RGB-LEDs:** Door de combinatie van de kleuren rood, groen en blauw is het ook mogelijk om een wit licht te creëren. Deze optie vraagt wel om twee extra LEDs waardoor de kostprijs stijgt. Het gebruik van de RGB-LEDs heeft wel het voordeel dat er aan Color Shift Keying (CSK) kan gedaan worden. Deze methode heeft dus een bredere functionaliteit.

### Modulatiemethode

Doordat de LEDs voor zowel verlichting als communicatie dienen is van uiterst belang dat voorzieningen voor het ene, het andere niet in gedrang brengen. De gekozen modulatiemethode voor communicatie moet dus ondersteuning bieden zodat de werking van de verlichting normaal kan blijven verlopen. Om hier aan te voldoen moet er dus ondersteuning zijn voor dimming en flicker controle.

- **On-Off Keying (OOK):** On-Off Keying (OOK) is de simpelste vorm van Amplitude-Shift Keying (ASK) modulatie waarbij de LED aan en uit wordt gezet. De eenvoudige implementatie is de reden waarom de techniek wijd gebruikt wordt in de draadloze communicatie. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen Non-return-to-zero (NRZ) OOK en Return-to-zero (RZ)OOK. Bij Return-to-zero (RZ)OOK zal het signaal terug naar 0 gaan achter elk uitgezonden symbool. Dit zorgt ervoor dat de grote van de bandbreedte verdubbeld terwijl de data rate hetzelfde blijft. Echter biedt OOK geen ondersteuning voor zowel dimming of flicker controle.
- **Pulse Position Modulation (PPM):** Pulse Position Modulation (PPM) is een modulatiemethode waarbij bits gecodeerd worden door een puls op een bepaalde plaats of tijdstip uit te zenden. De symboolduur is onderverdeeld in T verschillende tijdslots en de positie van de puls bepaalt het verzonden symbool. Dit is ook een eenvoudige versie waar veel varianten op bestaan. Zo zijn er Variable PPM (VPPM), Overlapping PPM (OPPM), Multi-Pulse PPM (MPPM) en nog veel meer. Elk met zijn voordelen en nadelen die afgewogen moeten worden bij het maken van een keuze.
- **Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM):** Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) kan gebruikt worden om in het kader van VLC Inter-Symbol Interference (ISI) te verminderen en het gebruik van bandbreedte te verbreden. De methode staat toe om data te encoderen op meerdere carrierfrequenties. Deze carriers overlappen elkaar op het frequentiespectrum en voor demodulatie worden er Fast Fourier Transformatie algoritmes gebruikt.
- **Color Shift Keying (CSK):** In CSK varieert de kleuren rood, groen en blauw in een LED om een signaal te moduleren. Dit maakt het geschikter voor VLC dan gebruikelijke technieken doordat men met een hogere bandbreedte kan werken, en makkelijker dimming en flicker controle kan implementeren.

## Type ontvanger

De ontvanger is een belangrijk onderdeel van het positieneersysteem. Het ontvangen van data zoals ID, positie, signaalsterkte en Time Of Arrival (TOA) zijn afhankelijk van het type ontvanger. Ook de data rate is een belangrijke factor die meespeelt in de keuze. We kunnen de types ontvanger onderverdelen in twee categorieën: De photodiode en Image Sensors.

- **Photodiode (PD):** De PD bestaat uit halfgeleidermateriaal dat invallende fotonen omzet in een elektrische stroom. Deze kunnen in verschillende formaten voorkomen en gevoelig zijn voor bepaalde delen van het optisch spectrum door middel van optische filters. Door de snelle responsie is de PD geschikt voor Received Signal Strength (RSS), TOA en Time Difference of Arrival (TDOA) algoritmes.
- **Image Sensors:** Vergeleken met de PD is de Image Sensor een goedkopere optie. De Image Sensor of imager zet lichtgolven om in elektrische stroom. **verschil PD en image sensors uitleggen, nog op te zoeken**

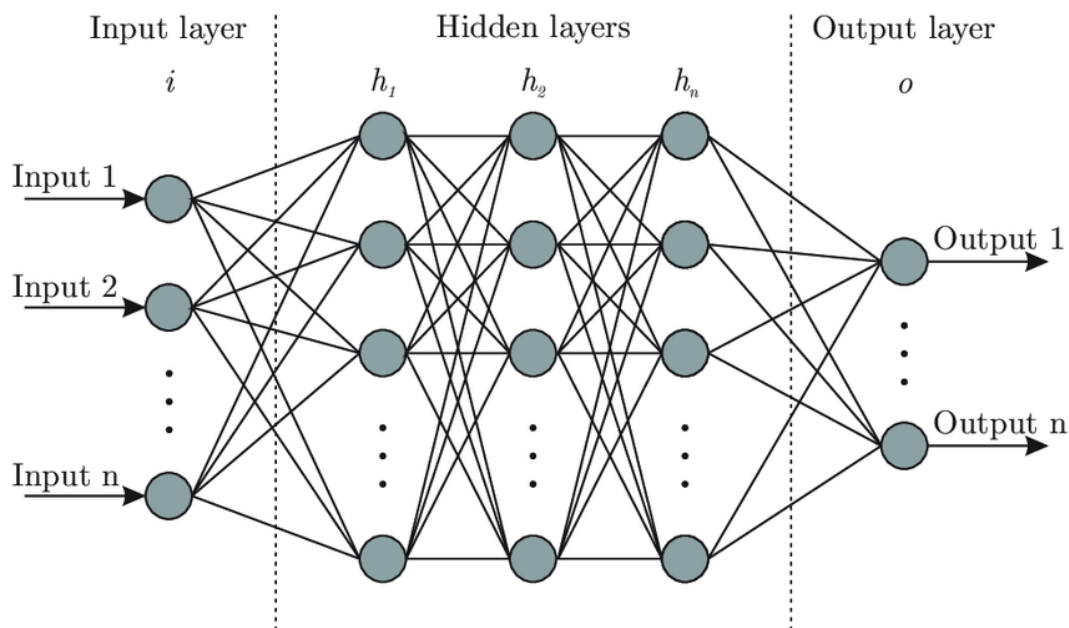
### 2.2.2 Classificatie

#### Wiskundige methode

- Proximity
- Triangulation
  - Angle Of Arrival (AOA)
  - Time Of Arrival (TOA)
  - Received Signal Strength (RSS)
- Fingerprint
  - Map-Based fingerprint
  - Online stage/runtime stage

#### Sensor assisted methode

#### Optimization methode



**Figuur 2.1:** Structuur van een Neuraal Netwerk

## 2.3 Artificiële Neurale Netwerken (ANN)

ANN is een term dat gebruikt wordt om een algoritme te omschrijven dat lijkt op maar niet hetzelfde is als een biologisch neuraal netwerk in de hersens van dieren. Deze systemen zijn in staat om een bepaalde taak te leren, en zichzelf te verbeteren. In de meeste gevallen worden er zelf geen richtlijnen of omschrijving meegegeven. Het systeem ontdekt zelf hoe deze regels in elkaar zitten. Een bekend voorbeeld is het herkennen van de cijfers 0 tot 9. Hierin wordt er niet aan het systeem verteld dat het cijfer 8 uit twee cirkels bestaat die verticaal tegen elkaar aansluiten. Het algoritme zal dit gaandeweg ontdekken met behulp van de vele voorbeelden waar het gebruik van kan maken. Met behulp van veel data kan een algoritme zichzelf verfijnen en nauwkeuriger bepaalde cijfers herkennen.

### 2.3.1 Structuur van een Neurale Netwerken (NN)

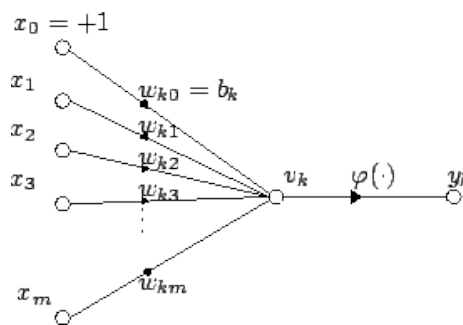
Een ANN is verzameling van nodes die met elkaar verbonden zijn zoals neuronen in de hersens van een mens. Hierbij kan elke neuron een signaal doorgeven naar de volgende neuron waar het signaal verwerkt kan worden en weer doorgegeven kan worden. Hetzelfde principe geldt ook bij NN met het verschil dat er meerdere lagen van nodes te onderscheiden zijn.

#### Lagen

Er zijn drie soorten lagen te onderscheiden: een Input Layer, Hidden Layers en een Output Layer. Elke laag is verbonden met de volgende laag door middel van de connecties of *edges* tussen de verschillende nodes. In figuur 2.1 is de algemene vorm te vinden van een NN.

- **Input Layer:** De eerste laag van elk NN is de Input Layer. Deze bestaat uit een aantal inputnodes. Elke inputnode krijgt de ruwe data binnen waar er een operatie op uitgevoerd





**Figuur 2.2:** Algemene structuur van een node

wordt en vervolgens bepaalde parameters doorgeeft aan de volgende laag.

- **Hidden Layers:** Na de inputlaag komen een aantal Hidden Layers. Het aantal Hidden Layers en de hoeveelheid nodes binnen één Hidden Layer kan variëren van applicatie tot applicatie en is sterk gerelateerd aan de complexiteit van de toepassing.
- **Output Layer:** Na de Hidden Layers is de laatste laag de Output Layer. Hier worden de laatste operaties uitgevoerd en worden de eindwaarden verkregen.

## Nodes

Een node is op zich gebaseerd op zijn biologisch tegenbeeld. Het krijgt een bepaald aantal inputs, verwerkt deze en geeft een bepaald aantal outputs. Deze inputs en outputs worden van node naar node doorgegeven via verbindingen. Elke node heeft met elke node in de volgende laag een connectie. Deze worden *edges* genoemd. Elke edge draagt een bepaald gewicht. Via dit gewicht kan de invloed van de huidige node versterken of verzwakken in de volgende node.

## Propagation function

De mathematische functie die een node gebruikt voor het verwerken van inputs naar outputs heet de propagatie functie. In figuur 2.2 bespreken we de algemene vorm van een neuron. Voor een bepaalde neuron met  $m+1$  inputs ( $x_0$  t.e.m.  $x_m$ ) en bijhorende gewichten ( $w_{0k}$  t.e.m.  $w_{mk}$ ). Gebruikelijk wordt  $x_0 = +1$  genomen. Hierdoor blijven er maar  $m$  echte inputs over waardoor er voor een bepaalde output volgende functie opgesteld kan worden. Hierbij is  $\phi$  een van de mogelijke transfer functies die verder besproken zal worden.

$$y_k = \phi \left( \sum_{j=0}^m w_{kj} x_j \right) \quad (2.1)$$

**types transfer functies** De transfer functie of activatiefunctie van een neuron bevat bepaalde eigenschappen die het volledige netwerk kan verbeteren of versimpelen. Hieronder bespreken we enkele transfer functies.

- **Stapfunctie:** Hier wordt er gekeken naar de verkregen waarde van de gewogen som  $u$  van  $m+1$  inputs. Bedraagt deze waarde minder dan een bepaalde drempel  $\theta$ , dan wordt de output

gelijkgesteld aan nul, bij een hogere waarde dan weer aan 1. Dit is te zien in formule 2.3. Dit type wordt vooral gebruikt om binaire inputs te verzorgen bij de volgende laag.

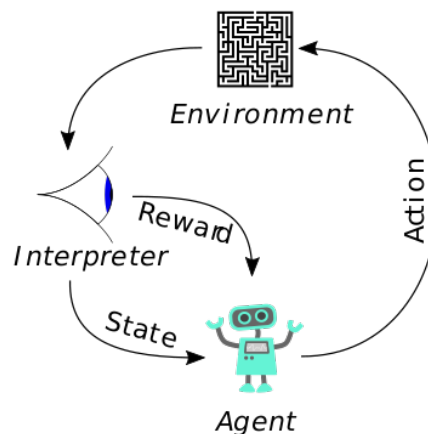
$$u = \left( \sum_{j=0}^m w_{kj} x_j \right) \quad (2.2)$$

$$y = \begin{cases} 1 & \text{als } u \geq \theta \\ 0 & \text{als } u < \theta \end{cases} \quad (2.3)$$

- **Lineaire Combinaties:** In dit geval is de output niets minder dan de gewogen som plus e
- **Sigmoid:**
- **Rectifier:**

**Leer technieken** Om een neurale netwerk te laten leren zijn er verschillende parkours om te bewandelen de drie belangrijkste methodes om een mathematische functie te verkrijgen worden hieronder opgesomd.

- **Supervised Learning:** Deze techniek maakt gebruik van gepaarde datasets van inputobjecten en de te verwachten outputobjecten. Het doel is om een mathematische functie te creëren waarbij de gegenereerde outputs zo nauw mogelijk overeenkomen met de gelabelde outputs uit de datasets. De functie kan dan ook gebruikt worden voor nieuwe datasets zonder gelabelde output. Een toepassing van Supervised Learning is bijvoorbeeld het detecteren van spam met een trainingset van al gelabelde e-mails.
- **Unsupervised Learning:** Unsupervised learning is een techniek dat gebruik maakt van Hebbian Learning om onbekende patronen te ontdekken in datasets. De twee meestgebruikte methodes onder Unsupervised Learning zijn principal component en cluster analysis. De tweede methode is ...//////// Een belangrijke toepassing van Unsupervised Learning is het clusteren van gelijkaardige documenten op basis van de inhoud van de tekst.
- **Reinforcement Learning:** Deze leertechniek heeft betrekking tot hoe agents acties moeten ondernemen in een omgeving om een bepaald attribuut te maximaliseren. Het verschilt van Supervised en Unsupervised Learning door de onafhankelijkheid van gelabelde outputdatasets en dat minder optimale acties niet manueel gecorrigeerd worden. De techniek heeft als doel om een evenwicht te vinden tussen exploratie van ongekend gebied en exploitatie van de huidige kennis. In figuur 2.3 kan je een eenvoudige routine vinden van Reinforcement Learning-algoritme. Hierbij maakt een agent een bepaalde actie gebaseerd op de staat waar hij in is. Deze actie heeft in een omgeving een zekere invloed die door een Interpreter beoordeeld wordt en een score toekent. De agent kan deze verandering daarna gebruiken om zichzelf te verbeteren en zijn acties aanpassen. Een van de vele mogelijke toepassingen van Reinforcement Learning is het aanleren van schaken door enkel mee te geven of het algoritme gewonnen of verloren heeft.



**Figuur 2.3:** Routine bij Reinforcement Learning

## 2.4 Evolutie Single Board Computers (SBC)

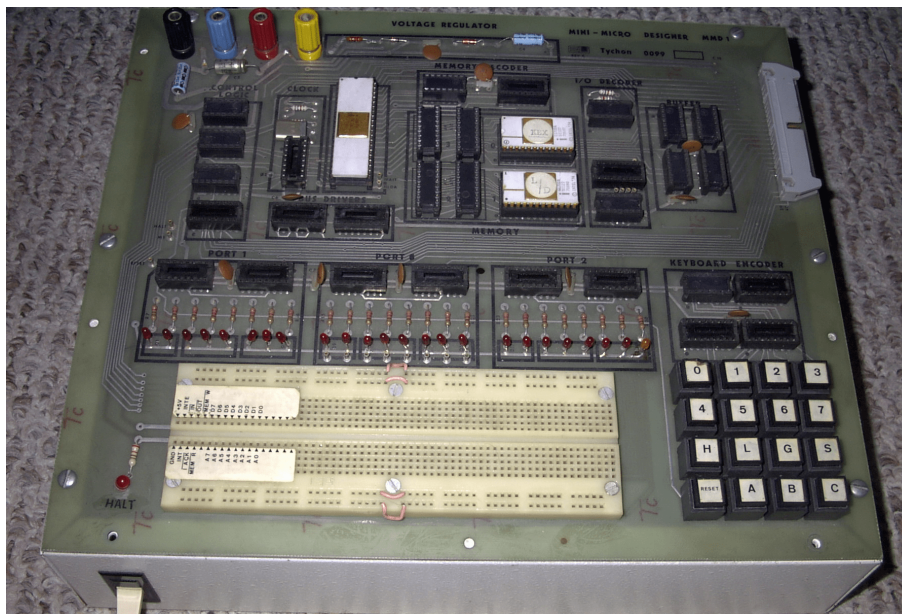
Een SBC is een volledige computer gemaakt op 1 enkele printplaat. Het bevat onderdelen zoals een microprocessor, geheugen, inputs en outputs. De SBC werd ontwikkeld als een voorstel-hulpmiddel bij educatieve doelstellingen of het gebruik als een embedded computer controller. Tegenwoordig zijn ook vele (draagbare) computers geïntegreerd op één printplaat. Het grote verschil met (draagbare) computers is dat er geen nood is aan expansion slots zoals bijvoorbeeld voor RAM-geheugen of een Graphics Processing Unit (GPU).

### 2.4.1 Geschiedenis

De eerste echte SBC was de zogenaamde "dyna-micro" uit figuur 2.4 die later de naam "MMD-1" (Mini-Micro Designer 1) kreeg. Dit toestel werd uitgegeven in 1976 en werd populair doordat het werd gepresenteerd in het destijds 'BugBook' als het voorbeeld microprocessor. Een andere vroege SBC was de KIM-1 (Keyboard Input Monitor 1) uit hetzelfde jaar. Beide machines werden voor ingenieurs geproduceerd en ontworpen maar vonden een breed publiek onder de hobbyisten waar het heel populair was. Later kwamen nog andere namen zoals de Ferguson Big Board en de Nascom.

Naarmate dat de markt voor desktops en PC's groeide, nam de belangstelling voor SBC in computers meer en meer af. Er werd verschoven naar een moederbord met de belangrijkste componenten en dochterborden voor periferiecomponenten zoals seriële poorten. De voornaamste reden hiervoor was dat de componenten groot waren. Alle onderdelen op dezelfde printplaat zou zorgen voor een onpraktisch ontwerp met grote afmetingen. Deze beweging was echter tijdelijk en naarmate de vorderende technologie kleinere componenten kon leveren, werden onderdelen terug naar het mainframe verschoven. Tegenwoordig kunnen de meeste moederborden terug als SBC beschouwd worden.

In het jaar 2004 werd er in Italië een nieuwe microcontroller uitgebracht onder de naam "Arduino". Dit ontwerp had naast het voordeel van compact en goedkoop te zijn, ook nog eenvoudigheid mee. Door de eenvoud werd het Arduino-platform snel populair onder techneuten van alle soorten. Twee jaar later kwam er uit de Universiteit van Cambridge ook het nieuws van een nieuwe goedkope SBC uit. De bekende Raspberry Pi werd gelanceerd voor de prijs van \$35. Het hoofddoel van dit project was een nieuw leermiddel om te programmeren maar werd door het grote aantal toepassingsmogelijkheden



**Figuur 2.4:** Eerste SBC: MMD-1

ook zeer populair.

## **2.5 Benchmarking van Machine Learning (ML) algoritmes**

## **2.6 Assortiment aan 'on the shelf' toestellen**

### **2.6.1 Beaglebone AI**

### **2.6.2 Coral Dev**

### **2.6.3 Nvidia Jetson Nano**

### **2.6.4 Nvidia Jetson T2**

### **2.6.5 Raspberry Pi**

### **2.6.6 ...**

## Hoofdstuk 3

# This is the another Chapter

You can say great work has been done about something [? ? ] or say that ? ] did something really great. xxxx xxxxx xxxx xxxxxxxxxxx xxx xxxxx xxxxx xxx xxxxx xxxxx xxxxx xxxxx xxxxx xxxxx xxxxxxxxxxx

```

XXX XXXXX XXXXX XXX XXXX XXXX XXXXX XXXXX XXXX XXXXX XXXX XXXXXXXXXX XXX XXXXX XXXXX XXX XXXXX
XXXX XXXXX XXXXX XXXX XXXXX XXXX XXXXXXXXXX XXX XXXXX XXXXX XXX XXXX XXXX XXXXX XXXXX XXXX XXXXX
XXXX XXXXXXXXXX

```

XXX XXXXX XXXXX XXX XXXX XXXX XXXXX XXXX XXXXX XXXX XXXXXXXXXXX XXX XXXXX XXXXX XXX XXXXX  
 XXXX XXXXX XXXXX XXXX XXXXX XXXX XXXXXXXXXXXX

### 3.1 This is a Section Heading

**Figuur 3.1:** This is the Caption for Figure 1

Here's an example  
of a table  
floated with the  
table environment command.

**Tabel 3.1:** This is the Caption for Table 1

## **Bibliografie**





## **Bijlage A**

# **Een aanhangsel**

sdfsffqsfsf



## **Bijlage B**

# **Beschrijving van deze masterproef in de vorm van een wetenschappelijk artikel**



**Bijlage C**

**Poster**

FACULTEIT INDUSTRIELE INGENIEURSWETENSCHAPPEN  
TECHNOLOGIECAMPUS GENT  
Gebroeders De Smetstraat 1  
9000 GENT, België  
tel. + 32 92 65 86 10  
fax + 32 92 25 62 69  
iiw.gent@kuleuven.be  
www.iw.kuleuven.be



LID VAN **ASSOCIATIE  
KU LEUVEN**