Eindproject 6IW /25

Rapport opzoeking literatuur en verkennende experimenten

Vul deze template aan. Laat al de titels en begeleidende tekst staan.

# Team

*Jullie namen.*

Hannes Flament & Sibald Hulselmans

# Oorspronkelijke beschrijving van het onderwerp en de doelstellingen

*Neem dit over van het vorige rapport.*

## 2.1 Onderwerp

*Beschrijf beknopt het onderwerp van je eindwerk. Voor een IW richting moet een eindwerk:*

* *verschillende vakgebieden combineren,*
* *uitdagende en nieuwe inhoudelijke elementen bevatten,*
* *aanzetten tot onderzoek en studie.*

Onderwerp: Onderzoek naar de werking van Li-Fi.

Li-Fi (Light Fidelity) is een draadloze internetverbinding die werkt op basis van licht in een vrije ruimte. Momenteel is er nog relatief weinig onderzoek gebeurt naar deze manier van communiceren. Daardoor wordt het concept in ons dagelijks leven weinig tot niet in gebruik genomen. De parallel lopende Wi-Fi technologie daarentegen, vind je momenteel op elke plek op aarde. In ons eindproject willen we dan ook:

* Onderzoek uitvoeren naar de eigenschappen van zowel zichtbaar als niet zichtbaar licht.
* De basiswerking van het versturen en ontvangen van lichtsignalen ontdekken
* Onderzoek doen naar de verschillende types componenten om dit te realiseren.
* Onderzoek doen naar de manier waarop informatie door een draadloos communicatiekanaal verstuurd kan worden (protocol om bits te behandelen, deze bits te interpreteren, de afspraken tussen zender en ontvanger…)
* Onderzoek doen naar de manieren om meerdere bronnen afzonderlijk te laten communiceren met hun toebehorende ontvangers.
* Het ontdekken en programmeren van een basisprotocol om informatie heen en weer te sturen tussen twee plaatsen.
* Onderzoek uitvoeren naar de verschillende omstandigheden en voorwaarden die nodig zijn om deze draadloze communicatie te doen slagen.
* Onderzoek doen naar manieren om eventuele storingen in het communicatiemodel te kunnen verhelpen.
* Het bouwen van een werkende (basis)opstelling die simpelweg een eenvoudig tekstbestand (bestaande uit ASCII karakters) kan doorsturen via Li-FI.
* Onderzoek doen naar de haalbaar- en gebruiksvriendelijkheid van Li-Fi systemen.

In deze studie combineren we verschillende vakgebieden. Wiskunde, Fysica, Engineering en eventueel Engels kunnen al eens snel opduiken in het verloop van het project. Zo willen we een uitdagend maar voortdurend interessant eindproject ontwikkelen waar we allebei veel uit leren.

## 2.2 Basisdoelstellingen

*Een goede basisdoelstelling is haalbaar qua moeilijkheidsgraad, en sluit voldoende aan bij de kennis die jullie al hebben.*

Doelstellingen die zeker gerealiseerd zullen worden:

* Een txt-bestand bestaande uit 100 verschillende tekens via Li-Fi kunnen versturen en ontvangen in een tijdsperiode van 1 min. (Vooral afhankelijk van de microprocessor).
* De opstelling zo robuust mogelijk maken zodat er geen informatie verloren gaat als de communicatie onderbroken wordt. (Dankzij handshaking).
* Een volledige vergelijkingstabel opstellen die de voor- en nadelen van Li-Fi tegenover Wi-Fi weergeven.
* Een theoretische noicecancelling formule opstellen die het storende daglicht wegfiltert.

## 2.3 Uitbreidingsdoelstellingen

*Uitbreidingsdoelen kunnen op voorhand of in functie van vorderingen en praktische successen of problemen toegevoegd worden aan het project. Welke uitbreidingsdoelen denk je dat je alvast kan opnemen in het project?*

Doelstellingen die mogelijk gerealiseerd zullen worden:

* Het doorsturen van andere vormen van informatie zoals geluid. Dit door een PCM signaal onder vorm van een Li-Fi signaal door te sturen.
* Ondanks we communicatie via niet-zichtbaar licht gaan onderzoeken, laten we dit voor eventuele uitbreiding. Communicatie in volledige duisternis is nooit onze bedoeling geweest.
* Een praktische opstelling uitwerken om via Li-Fi signalen communicatie in het dagelijkse leven in te zetten. (Bv. Mails ontvangen in de woonkamer).
* Een opstelling ontwerpen met meerdere verzenders en 1 ontvanger waarbij de ontvanger vrij in een ruimte kan bewegen en zijn informatie krijgt van de dichtbijzijnste lichtbron.

# Geef een overzicht van **wat** jullie opgezocht hebben in de literatuur, en wat het **resultaat** hiervan is.

*Wat waren jullie belangrijkste vragen? Welke bronnen hebben jullie geraadpleegd? Wat hebben jullie gevonden? Wat zijn jullie conclusies voor de haalbaarheid van het project? Moeten jullie de doelstellingen aanpassen of niet?*

## **De eigenschappen van zichtbaar en niet zichtbaar licht**

* 1. Bronnen:
     1. <https://e-tcetera.be/wat-is-licht/>
     2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Light>
  2. Gevonden info:
     1. In deze literatuurstudie leerden we heel wat algemene kennis over het principe licht. We somden enkele basiskenmerken zoals frequentie en amplitude van een golf op en maakten een onderscheid tussen het EM (Electromagnetic) spectrum en het AF (audio frequency) spectrum. Ook verklaarden we het verschijnsel licht en legden we de link naar andere elektromagnetische golven. Algemeen leerden we zeer veel bij over de gegevensdrager van Li-Fi. Deze literatuurstudie is 4 pagina’s lang.

Zie: *8.1 De eigenschappen van zichtbaar en niet zichtbaar licht*

* 1. Conclusies:
     1. In ons project zijn we niet gelimiteerd om enkel met zichtbaar licht te werken. Infraroodstraling is ook een optie indien we de kamer donker willen houden.
  2. Aanpassingen?
     1. Het is mogelijk dat de uitbreidingsdoelstelling ‘communicatie via niet-zichtbaar licht’ een basisdoelstelling wordt. We zijn echter nog niet ver en zeker genoeg om dit met zekerheid aan te passen.

## **Haalbaarheid & Gebruiksvriendelijkheid Li-Fi**

* 1. Bronnen:
     1. <https://lifi.co/lifi-pros-cons/>
  2. Gevonden info:
     1. In deze literatuurstudie legden we uitgebreid het verschil uit tussen de 2 bestaande draadloze technologieën Wi-Fi en Li-Fi. Hieruit haalden we de voor- en nadelen en legden we zo de link met de haalbaarheid en gebruiksvriendelijkheid van deze innovatie manier van communiceren via licht. Deze literatuurstudie is ook 4 pagina’s lang.

Zie: *8.2 Haalbaarheid & Gebruiksvriendelijkheid Li-Fi*

* 1. Conclusies:
     1. De gebruiksvriendelijkheid van Li-Fi ligt niet ver van die van Wi-Fi. Vanaf je verbonden bent ben je vrij te bewegen in de ruimte binnen het bereik van de lichtbronnen. Dankzij de efficiëntie en hoge kwaliteit is deze manier van communiceren een haalbaar doel in welvarende landen. Ook op vlak van veiligheid stijgt het boven Wi-Fi uit. Als we kijken op vlak van schoolverlichting, straatverlichting, verlichting van gebouwen of vervoersverlichting is het een ander verhaal. Hieruit concludeerden we dus dat het volledige pakket Li-Fi is op de dag van vandaag nog niet beschikbaar genoeg om wereldwijd op dagdagelijks vlak ingezet te worden. Daarentegen heeft het een paar zeer interessante eigenschappen, die we verder gaan gebruiken in ons project.
  2. Aanpassingen?
     1. Na deze literatuurstudie moesten de doelstellingen niet aangepast worden.

## **Basiswerking versturen en verzenden van draadloze informatie**

* 1. Bronnen:
     1. <http://www3.revistaespacios.com/a20v41n29/a20v41n29p02.pdf>
  2. Gevonden info:
     1. In deze literatuurstudie onderzochten we het basisprincipe van Li-Fi. We keken hierbij hoe het model van Li-Fi data verstuurt en ontvangt. Hierbij hebben we ook een zeer basis voorbeeld uitgewerkt om dit te concretiseren.
  3. Conclusies:
     1. Het model werkt als volgt:
        1. De ethernet kabel en de stroom komen binnen in een Li-Fi Module.
        2. De Li-Fi Module verwerkt die 2 inputs en combineert ze voor de output. Dit gebeurt door oftewel de amplitude of de frequentie van het lichtsignaal te wijzigen in functie van de bit die het ontvangt van de Ethernet kabel. Een bit aan informatie kan dus op meerdere manieren worden voorgesteld. Het coderen van het signaal gebeurt op dezelfde manier als bij Wi-Fi.
        3. De output gaat door naar de LED lampen.
        4. De lampen zullen voor het menselijk oog dan gewoon aan staan, maar een computer kan deze verschillen in stroom oppikken.
        5. Aangezien deze verschillen overeenkomen met wat er binnenkomt via de Ethernet kabel (zie stap 1), is het apparaat nu verbonden met het internet.
  4. Aanpassingen?
     1. Na deze literatuurstudie moesten de doelstellingen niet aangepast worden.
     2. We maakten nog niet meteen een keuze over het type signaal. Dit zal blijken na de bijbehorende literatuurstudie en de experimenten.

## **Misconcepties van Li-Fi technologie**

* 1. Bronnen:
     1. <https://lifi.co/lifi-misconceptions/>
     2. <https://www.lifitn.com/blog/2018/8/5/li-fi-misconceptions>
  2. Gevonden info:
     1. In deze literatuurstudie onderzochten we uitgebreid naar de veelvoorkomende misconcepties over Li-Fi. *Li-Fi werkt niet in zonlicht en Li-Fi is een volledige zichtlijntechnologie* zijn 2 misconcepties die we in dit document volledig uitgelegd hebben waarom dit niet zo is. Deze studie is 2 pagina’s lang.

Zie: *8.3 Misconcepties in Li-Fi technologie*

* 1. Conclusies:
     1. Om een voorbeeld te geven is het concept *Li-Fi werkt niet in zonlicht* foutief door het feit dat zonlicht 1 constante straal aan licht is, en deze inval dus kan worden weggewerkt bij de ontvanger. De rest van de antwoorden zijn te vinden in bovenstaand document.
  2. Aanpassingen?
     1. De basisdoelstelling ‘een theoretische noicecancelling formule opstellen die het storende daglicht wegfiltert’ zal niet zo moeilijk zijn als op voorhand geanticipeerd.

## **Basiscomponenten van Li-Fi.**

* 1. Bronnen:
     1. <https://www.youtube.com/watch?v=zYL-Bw7S3sc>
     2. <https://purelifi.com/lifi-technology/>
     3. <https://www.electronicshub.org/photodiode-working-characteristics-applications/>
     4. <https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/transistor/what-is-a-phototransistor-tutorial.php>
     5. <http://lednique.com/opto-isolators-2/light-dependent-resistor-ldr/>
  2. Gevonden info:
     1. In deze literatuurstudie onderzochten we welke componenten we het best zouden gebruiken, rekening houdend met de prijs en toepassing van Li-Fi.
  3. Conclusies:
     1. Als ontvanger gaan we een fotodiode gebruiken
     2. Als verzender gebruiken we een standaard LED.
  4. Aanpassingen?
     1. Na deze literatuurstudie moesten de doelstellingen niet aangepast worden

# Wat willen jullie verder nog opzoeken in de literatuur?

*Welke vragen zijn nog niet beantwoord? Heeft jullie studie nieuwe vragen opgeworpen? Zijn er andere bronnen die jullie nog willen raadplegen?*

Er zijn dan ook nog heel veel studies die moeten gebeuren. Hieronder lijsten we ze even op.

## **Onderzoek naar de modulatietechnieken voor Li-Fi**

* 1. Na de tussenkomst van Mr. Rutten tijdens onze literatuurstudies zijn we erachter gekomen dat de communicatie op verschillende manieren kan gebeuren. We moesten ons dus een nieuwe vraag stellen hoe modulatie bij Li-Fi juist ineen zit. Bij het geluidspectrum is dit door gebruik te maken van AM/FM. Bij Li-Fi is dit ietsjes ingewikkelder. Hannes is hieraan begonnen en werkt gedurende de komende week(en) hieraan.

*PR: Ok, jullie zijn hier dus al aan begonnen. Ik denk dat dit een cruciaal onderdeel is van jullie verkennende studie. Richt je in eerste instantie op een minimale techniek om communicatie te kunnen realiseren. Koppel dit aan eerste experimenten (zie verder).*

## **Storingen in de Li-FI communicatie**

* 1. Het feit dat storingen onvermijdelijk zijn in elk type van communicatie speelt in ons nadeel. Hierdoor zullen we onderzoek moeten doen naar manieren om dit te verhelpen. Dit vooral dankzij het gebruik van handshaking. Sinds de maand september zijn we op enkele bijkomende storingen gekomen die nieuwe vragen oproepten. *Wat als er nu een object verschijnt voor de rechtstreekse straal van de zon?* Sibald doet hier de komende week(en) onderzoek naar.

## **Onderzoek naar de manier waarop informatie door een draadloos communicatiekanaal verstuurd kan worden**

* 1. In deze studie zullen we het fenomeen protocollen moeten onderzoeken en ontdekken. Dit om bits te behandelen, deze bits te interpreteren, enz.

## **Onderzoek uitvoeren naar de verschillende omstandigheden en voorwaarden die nodig zijn om deze draadloze communicatie te doen slagen.**

* 1. De titel spreekt voor zichzelf.

## **Onderzoek doen naar de manieren om meerdere bronnen afzonderlijk te laten communiceren met hun toebehorende ontvangers.**

* 1. Aangezien verschillende bronnen zullen overlappen in een Li-Fi geïntegreerde ruimte zal het nodig zijn om 2 verschillende connecties uit elkaar te kunnen houden, net zoals 2 wificonnecties. Hier gaan we dan ook nog onderzoek naar doen in de nabije toekomst. We hebben al een klein vermoeden om met verschillende netwerken te werken.

We zijn gedurende de laatste 2 maanden echter met zekerheid achter het feit gekomen dat ons project vooral op literatuurstudies gericht is. We zullen dan ook laat beginnen met de weldegelijke experimenten voor ons E.P. Vergelijk het een beetje met de langdurige voorbereidingsfase van projectorganisatie. Hierdoor zullen de komende 2 hoofdstukken echter miniem blijven.

Na de feedback gekregen te hebben over het oorspronkelijke rapport kwamen we achter de conclusie dat we best niet te lang wachten met experimenten uit te voeren. In hoofdstuk 6 werkten we dan ook een concreet idee uit.

# Welke verkennende experimenten hebben jullie uitgevoerd?

*Welke praktische experimenten wilden jullie uitvoeren? Hoe hebben jullie dit aangepakt? Welk resultaat heeft dit opgeleverd? Wat zijn jullie conclusies voor de haalbaarheid van het project? Moeten jullie de doelstellingen aanpassen of niet?*

Tot nu toe hebben we nog geen fysieke experimenten uitgevoerd. Zoals eerder vermeld focussen we ons in het eerste trimester eerder op literatuurstudie.

*PR: Ik denk dat het goed zou zijn als jullie nu al starten met een aantal verkennende experimenten. Bijvoorbeeld een opstelling maken met een led en een fotodiode, en simpelweg kijken of dit werkt. Dan met 2 arduino’s werken: 1 als zender en 1 als ontvanger. Met deze opstelling pulsen doorsturen van de zender naar de ontvanger. Aan de zender de frequentie van de pulsen regelen (vb. via potentiometer) en aan de ontvanger de frequentie van de ontvangen pulsen berekenen. Komen die twee getallen overeen? Tot welke frequentie lukt dit? Wat is de invloed van storingen? Enz. Jullie kunnen heel wat interessante experimenten doen die het werk ook wat afwisselender maken. Advies: werk een voorstel voor een experiment uit in dit rapport onder punt 6.*

# Welke verkennende experimenten willen jullie nog uitvoeren?

*Wat willen jullie verder onderzoeken? Hoe gaan jullie dit aanpakken?*

We willen zeker nog een werkende opstelling maken waarbij we ons eigen protocol kunnen toepassen.

We gaan dit doen door de 2 onderdelen te bestellen, vermeld in hoofdstuk 3.5. Daarbij programmeren we ons eigen protocol en stellen we alles op. Hieronder staan enkele experimenten uitgeschreven.

## **Experiment 1:**

We laten de fotodiode lezen en de LED blinken, we zien op de seriële monitor of er verschillen zijn tussen de gemeten waardes als de LED aan staat of als die uit staat. Dit doen we met behulp van een enkele Arduino. Hierbij zouden we liefst de lampen in het lokaal eventjes willen dimmen. Ook zullen we pc schermen vermijden.

## **Experiment 2:**

We herhalen experiment 1 maar deze keer doen we het met 2 verschillende Arduino’s, aangesloten op 2 verschillende computers, die in geen enkele andere manier met elkaar kunnen interageren.

## **Experiment 3:**

We herhalen experiment 2 maar verslepen beide opstellingen tot het signaal niet meer leesbaar is. We noteren de bereikte afstand.

## **Experiment 4:**

De amplitude, en dus de stroom, van de zender wordt geregeld door een potentiometer, de ontvanger moet dan deze amplitude in verhouding met de maximum amplitude kunnen berekenen. Dit binnen een meetbare afstand.

## **Experiment 5:**

De frequentie van de zender wordt geregeld door een potentiometer, de ontvanger moet dan deze frequentie berekenen. Dit ook binnen een meetbare afstand. Bijkomende vragen zijn: komen de frequenties overeen? Wat is de minimumfrequentie? Wat is de Maximumfrequentie?

## **Experiment 6:**

We voorprogrammeren reeksen aan bits in de ontvanger en de zender. We versturen deze reeksen aan de hand van de best werkende methode in vorige experimenten en blijkende uit de literatuurstudie en kijken hoe haalbaar het is dat de ontvanger deze reeksen herkent. Dit nogmaals binnen een meetbare afstand.

## **Experiment 7: (Indien experiment 6 lukt)**

We herhalen dezelfde reeksen aan bits maar bootsen enkele storingen na. Bv.:

Een doorzichtige plaat tussen zender-ontvanger

Een niet-doorzichtige plaat tussen zender-ontvanger

De verlichting in het klaslokaal gaat aan en een lichtgevende PC staat voor de opstelling.

Weer verslepen we de 2 opstellingen tot het punt van signaalverlies. Ook weer noteren we de bereikte afstand.

…

In de komende kerstvakantie zullen we zorgen voor een duidelijk aansluitschema en een werkende code. Ook worden dan de literatuurstudies afgerond zodat we de eerste les na de kerstvakantie onmiddellijk aan ons 1ste experiment kunnen beginnen.

In de lessen zullen we zoveel mogelijk experimenten in 1 keer uitvoeren. Tijdens de experimenten zetten we de gevonden conclusies in een bestand. Deze zullen we daarna linken aan de literatuurstudies.

# Bijsturing van het onderwerp en de doelstellingen

*Het kan zijn dat je op basis van jullie opzoekingswerk het onderwerp en de doelstellingen willen bijsturen. Beschrijf hier de aangepaste versie.*

## 7.1 Onderwerp

Er zijn 2 enkel puntjes die we willen toevoegen aan ons onderwerp:

* Onderzoek uitvoeren naar de eigenschappen van zowel zichtbaar als niet zichtbaar licht.
* **Onderzoek doen naar de meest voorkomende misconcepties van Li-Fi technologie.**
* Onderzoek doen naar de haalbaar- en gebruiksvriendelijkheid van Li-Fi systemen.
* De basiswerking van het versturen en ontvangen van lichtsignalen ontdekken.
* Onderzoek doen naar de verschillende types componenten om dit te realiseren.
* **Onderzoek doen naar de verschillende modulatietechnieken voor Li-Fi.**
* Onderzoek doen naar de manier waarop informatie door een draadloos communicatiekanaal verstuurd kan worden (protocol om bits te behandelen, deze bits te interpreteren, de afspraken tussen zender en ontvanger…)
* Onderzoek doen naar de manieren om meerdere bronnen afzonderlijk te laten communiceren met hun toebehorende ontvangers.
* Het ontdekken en programmeren van een basisprotocol om informatie heen en weer te sturen tussen twee plaatsen.
* Onderzoek uitvoeren naar de verschillende omstandigheden en voorwaarden die nodig zijn om deze draadloze communicatie te doen slagen.
* Onderzoek doen naar manieren om eventuele storingen in het communicatiemodel te kunnen verhelpen.
* Het bouwen van een werkende (basis)opstelling die simpelweg een eenvoudig tekstbestand (bestaande uit ASCII karakters) kan doorsturen via Li-FI.

## 7.2 Basisdoelstellingen

Aan de vorig opgesomde basisdoelstellingen brengen we geen verandering aan. Enkel voegden we een klein aantal logische richtpunten toe.

Doelstellingen die zeker gerealiseerd zullen worden:

* **Alle voor opgesomde literatuurstudies worden volledig afgewerkt.**
* **Alle voor opgesomde verkennende experimenten worden volledig afgewerkt.**
* Een txt-bestand bestaande uit 100 verschillende tekens via Li-Fi kunnen versturen en ontvangen in een tijdsperiode van 1 min. (Vooral afhankelijk van de microprocessor).
* De opstelling zo robuust mogelijk maken zodat er geen informatie verloren gaat als de communicatie onderbroken wordt. (Dankzij handshaking).
* Een volledige vergelijkingstabel opstellen die de voor- en nadelen van Li-Fi tegenover Wi-Fi weergeven.
* Een theoretische noicecancelling formule opstellen die het storende daglicht wegfiltert.
* Dit zal echter minder moeilijk zijn als op voorhand gedacht.

## 7.3 Uitbreidingsdoelstellingen

Aan de uitbreidingsdoelstelling voegden we 1 iets kleins toe.

Uitbreidingsdoelstellingen die mogelijk gerealiseerd zullen worden:

* Het doorsturen van andere vormen van informatie zoals geluid. Dit door een PCM signaal onder vorm van een Li-Fi signaal door te sturen.
* De LED, die vooraf zichtbaar licht uitstraalde, vervangen door een infrarode/ultraviolet uitstraler. Dit om communicatie via niet-zichtbaar licht te doen slagen.
* **Onderzoeken hoe we deze technologie in een basisprogramma zoals Word (online) kunnen integreren.**
* Een praktische opstelling uitwerken om via Li-Fi signalen communicatie in het dagelijkse leven in te zetten. (Bv. Mails ontvangen in de woonkamer).
* Een opstelling ontwerpen met meerdere verzenders en 1 ontvanger waarbij de ontvanger vrij in een ruimte kan bewegen en zijn informatie krijgt van de dichtbijzijnste lichtbron.

Momenteel is: ‘communicatie via niet-zichtbaar licht’ een uitbreidingsdoelstelling. Het zou kunnen dat we dit in de toekomst wel zullen realiseren. Hier zijn we echter nog niet zeker van, we beslissen later als we duidelijk rond zullen geraken met de andere basisdoelstellingen.

# Literatuurstudies

## De eigenschappen van zichtbaar en niet zichtbaar licht

### Inleiding: Wat is licht?

Licht is elektromagnetische straling die zicht zowel als een golf als een deeltje gedraagt.

Met ons gezond verstand kunnen we er niet bij dat iets zowel een golf als een deeltje kan zijn en vele natuurkundigen en filosofen hebben, sinds het ontstaan van de kwantummechanica die het duaal karakter introduceerde in het begin van de vorige eeuw, getracht dit uit te pluizen. Op dit ogenblik kunnen we stellen dat noch het golfkarakter noch het deeltjeskarakter op zich afdoende zijn om het geobserveerde te verklaren. We gaan hier niet alle ingenieuze en soms bloedmooie experimenten beschrijven die het duaal karakter van licht aantonen, maar we hebben het gegeven wel nodig om verder te speuren naar het hoe en waarom van licht.

### Een golfverschijnsel

Licht is een elektromagnetische golf die zich door de ruimte beweegt, lichtgolven bevinden zich dus in het EM (elektromagnetische spectrum). Voor we dieper ingaan op het begrip elektromagnetische golf, beschrijven we eerst een golf in het algemeen. Aan de hand van enkele voor ons meest ‘zichtbare’ golffenomenen introduceren we drie begrippen.

De meest bekende golven zijn de golven die op het water ontstaan wanneer we er een steen ingooien of als er een wind over het oppervlak waait, de golven die over de snaar van een gitaar of langs een gespannen koord lopen of de geluidsgolven die zich door de lucht bewegen als we onze stem verheffen. Al deze zogenaamde mechanische golven hebben hetzelfde nodig om te bestaan:

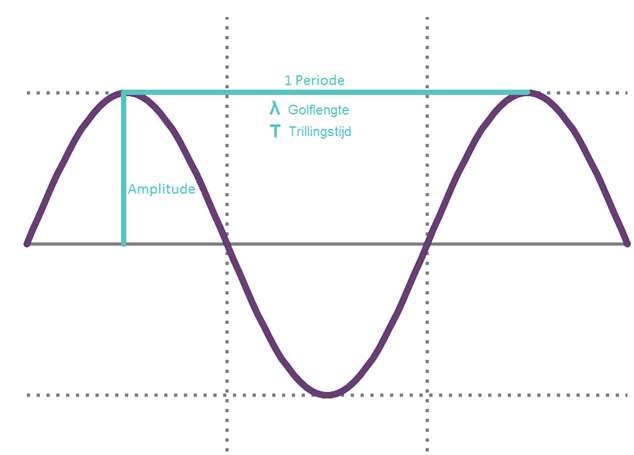
– Ze hebben een medium nodig om zich in of op voort te bewegen: de zeegolven het wateroppervlak, de gitaargolven een snaar, de geluidsgolven lucht of een gas. (Licht niet? -> zie verder).

– Ze worden veroorzaakt door een storing die het medium op een bepaalde plaats uit zijn evenwicht brengt; de steen vervormt het wateroppervlak op de plaats waar hij in het water terechtkomt; met zijn vinger brengt de gitarist de snaar uit zijn evenwicht alvorens ze los te laten; onze stembanden of het membraan van een luidspreker laten de lucht trillen.

– Er moet een wisselwerking zijn die de storing tracht ongedaan te maken. De krachten tussen de watermoleculen, of tussen de moleculen van de snaar die haar veerkracht geven en de botsingen tussen de luchtmoleculen zorgen ervoor dat de storing zich verplaatst.

Wat wordt er bij golven verplaatst? Wanneer we een steen in een vijver gooien en de golven in het oog houden dan lijkt het wel of ze water vervoeren. Maar dit is schijn. Wanneer de golf voorbijkomt wordt het water wel heen en weer en op en neer geslingerd, maar uiteindelijk -wanneer de golf voorbij is – is er geen watertransport. Een herfstblad dat op de vijver ligt zal niet van plaats veranderd zijn nadat een golf voorbij gekomen is. Een golf verplaatst geen materie van het medium. Wat er wel getransporteerd wordt is energie.

In essentie kunnen golven volledig beschreven worden door hun snelheid waarmee ze zich door het medium voortplanten, hun golflengte en hun frequentie. We geven in de natuurkunde de volgende symbolen aan deze grootheden: c voor de golfsnelheid, . voor de golflengte en f voor de frequentie. Elke golf heeft zijn karakteristieke snelheid die voornamelijk van de eigenschappen van het medium afhangt en die in meter per seconde [m/s] of kilometer per uur [km/h] uitgedrukt wordt.



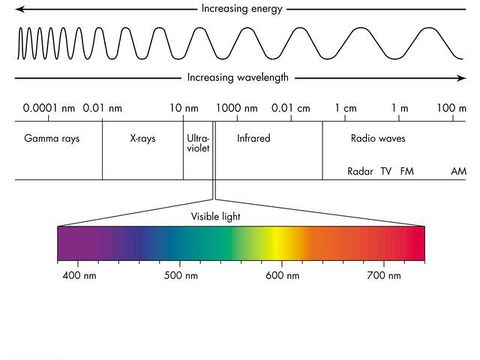
### Frequentie en Trillingstijd.

Er bestaat een rechtstreeks omgekeerd evenredig verband tussen periode of trillingstijd (T[s]) en frequentie (f [Hz]) van een golf.

De eenheid Hertz is dan ook gelijk aan 1/s. Sinds zowel zichtbaar als niet zichtbaar licht een golf is worden zij ook gekenmerkt met een bepaalde frequentie. Zo kent iedereen het geluidsbereik van de mens. Deze is 20Hz- 20KHz. Dit betekent dat het menselijk oor niet alle geluidsfrequenties kan horen. Het bereik van andere dieren, zoals dat van de hond, verschilt sterk t.o.v. de mens. Dit geld evengoed voor licht, sommige dieren zien andere delen van het kleurenspectrum. Neem vlinders bijvoorbeeld, zij zien de wereld helemaal anders. Net als bijen kunnen zij ultraviolet licht waarnemen, waarmee ze op afstand onderscheiden welke bloemen nectar hebben en welke niet. De frequentie van licht, zichtbaar door het menselijk ook ligt tussen de 750 & 420 terahertz. Alles daarbuiten is niet zichtbaar voor onze ogen, wat we ter ons voordeel kunnen gebruiken in het doorsturen van data in ons project.

Bron: https://www.newscientist.nl/blogs/kattenvisie/

### Golflengte

Ook weer bestaat er een verband tussen golflengte ( en frequentie (f [Hz]). Om de vorige besproken frequenties om te zetten in golflengte moeten we gebruik maken van de lichtconstante c. Deze is wereldwijd vastgelegd op . (Wanneer we buiten het elektromagnetisch spectrum gaan werken, zoals bij geluid wordt c vastgelegd op .)

Vullen we de 2 grensfrequenties 750 & 420 THz en komen we in grote orde 400 & 780 nm uit. Dit zijn dus de grensgolflengtes die zichtbaar zijn met het menselijk oog. Zoals te zien op de afbeelding zit er dit domein ook een verschil in kleur. Er bestaat dus een verband tussen energie en golflengte.

### Het verband tussen de golflengte, frequentie en inhoudelijke energie

Dikwijls staan we verstomd over de rijkdom en variatie aan kleuren die we om ons heen aantreffen. De kleuren van het zichtbare licht worden bepaald door de golflengte (of de frequentie) van de lichtgolf (figuur 2). Zo heeft een rode kleur een golflengte van één 650.000.000ste van een millimeter of 650 nanometer, terwijl de golflengte voor blauw licht rond de 470 nanometer ligt. De bijhorende frequenties zijn van de orde van 500 triljoen trillingen per seconde: dit is een 5 met 14 nullen erachter. Dit wil zeggen dat het pijltje van het elektrisch veld zo’n 500 triljoen keer per seconde op en neer gaat.

Ondanks in onze dagelijkse wereld koud wordt afgebeeld met het kleur blauw en warm rood, is dit dus verschillend als we kijken naar golflengtes. Blauw-paarse lichtgolven hebben een kleinere golflengte, wat een grotere frequentie en dus sneller trillen betekent. Hierdoor bezitten ze op kleine schaal meer energie dan stralen met een grotere golflengte.

### Elektromagnetische golven

*‘Er bestaan elektromagnetische golven die zich gedragen als golven op een wateroppervlak.’ Michael Faraday in 1832 in een brief aan de Engelse Royal Society.*

Het is dus pas een goede 180 jaar geleden dat we eindelijk beseften welk soort golf licht is. Licht is een elektromagnetische golf. Dit zit dus in een heel ander spectrum dan dat van geluid. Lichtgolven bevinden zich dan ook in het EM (Electromagnetic) spectrum, geluid in het AF (audio frequency) spectrum. Hoe moeten we ons dat voorstellen? Wanneer een lichtgolf zich door de ruimte beweegt, ontstaan en verdwijnen er elektrische en magnetische velden op het ritme van de golf. Dit zijn de storingen die zich door de ruimte voortbewegen. Michael Faraday toonde aan dat elektrische velden die in de tijd veranderen – bijvoorbeeld groter of kleiner worden – magnetische velden opwekken en omgekeerd. In de tijd veranderende elektrische of magnetische velden induceren elkaar. Er bestaat een voortdurende wisselwerking tussen die twee. Het concept ‘elektrisch en magnetisch veld’ is een gedachtespinsel.

Hier houdt echter de vergelijking met de andere golffenomenen op. Licht vertoont belangrijke verschillen met de golven op het wateroppervlak. Ten eerste blijkt dat licht GEEN medium nodig heeft om zich in voort te planten. Het verplaatst zich zelfs door de lege ruimte. Zoals eerder vermeld plant licht zich dan ook voort met een constante golfsnelheid van 299.792.458 m/s oftewel 1.079.252.849 km/h. Wat blijkt dus is dat golven met een snelheid van het licht (EM-golven) geen deeltjes nodig hebben om zich in voort te bewegen. AR-golven wel.

### Licht is een stroom van fotonen

Tot hiertoe hebben we nog niets gezegd over het ontstaan of het verdwijnen van licht. Hiervoor moeten we afstappen van het golfkarakter, het roer omslaan en het deeltjeskarakter van het licht bekijken.

Een gloeidraad stuurt licht uit omdat zijn energie in zichtbaar licht omgezet wordt. Licht verplaatst dus, zoals elke golf, energie en het proces vertegenwoordigt een omzetting van de ene vorm van energie naar een andere. Wat blijkt nu? Deze energieomzetting is niet continu maar gekwantiseerd. Het licht bestaat uit een heleboel lichtkwanta – fotonen genaamd- die elk een welbepaalde hoeveelheid energie bezitten.

Hierdoor kunnen we nu de link leggen met het feit dat licht geen medium nodig heeft. Het deeltjeskarakter van licht zorgt voor de verplaatsing van de storing.

Nu we een eenduidig verband hebben tussen de frequentie van het licht (het golfkarakter) en de energie-inhoud van een foton (het deeltjeskarakter), is de cirkel gesloten. Een elektromagnetische golf is dus niets anders dan een stroom van fotonen die zich aan lichtsnelheid voortbewegen.

### Andere onderverdelingen en toepassing

Naast het zichtbare licht, wat we in vorige alinea’s besproken hebben, is het gebied dat zichtbaar is door onze ogen is slechts een pietluttig onderdeel van het globale elektromagnetisch spectrum. Als de frequentie verder afneemt, komen we in het infrarode deel van het spectrum. Deze elektromagnetische golven, waar onze ogen niet gevoelig voor zijn, zorgen voor de warmteoverdracht. Zo kan men met een infraroodgevoelige camera – die vraagt in essentie enkel een fotografische film die gevoelig is voor infrarode straling – de warmtelekken van een huis in kaart brengen. Zakken we nog verder af in frequentie dan komen we in het gebied van de gsm-, tv- en radiogolven. Ook de microgolven die gebruikt worden in microgolfovens horen tot deze klasse.

Wanneer we, terug vertrekkende van het zichtbare deel van het elektromagnetisch spectrum, naar grotere frequenties gaan, dan vinden we de ultravioletstraling (verantwoordelijk voor het verbranden van onze huid als we te lang zonnebaden), de x-stralen (welbekend van de röntgenfoto’s) en de gammastralen (die vrijkomen bij radioactieve straling).

Al deze elektromagnetische golven zijn essentieel dezelfde als het zichtbare licht. Ze verschillen enkel in golflengte – en dus frequentie – maar niet in aard en ze planten zich alle voort met de lichtsnelheid.

Dit alles wil dus zeggen dat we niet gelimiteerd zijn om in ons project alleen te werken met zichtbaar licht. Wanneer we willen uitbreiden om ook in donkere ruimtes een LiFi connectie aan te gaan, zouden we dus perfect in staat kunnen zijn via een infrarode lamp, lichtstralen buiten het zichtbaar spectrum voor het menselijk oog te verzenden.

### Bronnen

<https://www.berekenen.nl/a-z/golflengte-berekenen#algemeen>

https://en.wikipedia.org/wiki/Light

<https://e-tcetera.be/wat-is-licht/>

<https://www.standaard.be/cnt/dmf20220609_96131496>

## Haalbaarheid & Gebruiksvriendelijkheid Li-Fi

### Inleiding: Li-Fi vs. Wi-Fi

In dit hoofdstuk gaan we onderzoek doen naar de beschikbaarheid van Li-Fi op zowel dagdagelijks als industrieel vlak. Dit doen we door de vergelijking te maken met de hedendaagse technologie: Wi-Fi. In de volgende subhoofdstukken bespreken we ook de voor- en nadelen waarna we de link leggen naar haalbaarheid en gebruiksvriendelijkheid van Li-Fi technologie.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Li-fi icon premium style design from future Vector Image  **Li-Fi** | Wi-Fi Wifi Symbol - Free vector graphic on Pixabay  **Wi-Fi** |
| Volledige naam | Light fidelity | Wireless fidelity |
| Manier van communiceren | Verstuurd data via Elektromagnetische golven | Verstuurd data via radiogolven |
| internetsnelheid | 1Gbps – 224 Gbps | 4.5 Mbps – 240 Mbps |
| Securiteit | Veiliger dankzij ondoorlaadbaarheid | Minder veilig dankzij doorlaatbaarheid |
| Bereik | 0m - 10m | 0m - 32m |
| Prijs | relatief goedkoop | Aan de duurdere kant |
| Energie-efficiëntie | Zeer efficiënt dankzij gebruik van LED’s | Minder efficiënt |

### Voordelen van Li-Fi

Naast het feit dat Li-Fi de wereld weer een heel nieuwe mogelijkheid aan frequenties geeft, komt Li-Fi met heel wat andere voordelen. Hier zijn belangrijkste voordelen:

#### Snelheid

De elektromagnetische lichtgolven in Li-Fi zijn in staat veel meer informatie te dragen dan de radiogolven die in Wi-Fi-technologie gebruikt worden. Dit komt doordat het zichtbare lichtspectrum bijna 10.000 keer groter is dan het spectrum dat door radiogolven wordt bezet. Daarom is de gegevenstransmissie die Li-Fi gebruikt bijna 100 keer sneller dan gegevenstransmissie die Wi-Fi gebruikt. De Li-Fi-verbinding kan gegevens verzenden met een snelheid van 224 GB per seconde. Met deze snelheid kan een HD film in enkele seconden worden gedownload.

#### Efficiëntie

Li-Fi-technologie heeft op zichzelf al het potentieel om zeer energie-efficiënt te werken en minder kosten op te leveren dan Wi-Fi-technologie. Dit door het gebruik van LED-lampen. Zij afzonderlijk hebben een hoog rendement en worden op voorhand al gebruikt om de kamer te verlichten. Wij geven ze daarbij een extra doel, connectiviteit. Dit zal elektrische kosten besparen in huizen en werkplaatsen omdat het zonder elektronische apparaten zoals routers, modems, signaalrepeaters, golfversterkers en antennes kan werken. Het feit dat veel infrastructuren waarschijnlijk al LED-verlichting geïnstalleerd hebben, zal het gebruik van Li-Fi weinig tot geen extra kosten met zich meebrengen.

We kunnen echter niet vergeten dat de modules die deze communicatie mogelijk maken, voor hoger bestemde doeleinden, wel al snel in prijs kunnen oplopen. Het valt dus te beschouwen als een investering, waarbij je op een bepaald termijn energiekosten en aankoopkosten elkaar gaan opheffen. Vergelijk het met de aankoop van zonnepanelen.

#### Beveiliging

Radiogolven kunnen worden onderschept door mensen buiten het netwerk omdat ze door muren heen kunnen, waardoor de veiligheid van gevoelige gegevens in gevaar komt. Licht daarentegen wordt tegengehouden door ondoorzichtige objecten, waardoor Li-Fi aanzienlijk veiliger is dan andere draadloze technologieën. We hoeven ons dus geen zorgen te maken over het lekken van onze verbinding naar openbare ruimtes waardoor andere mensen toegang krijgen tot ons netwerk. Sommige ruimtes kunnen zelfs worden aangewezen als streng beveiligde zones met hun eigen Li-Fi-netwerken, waardoor ze worden geïsoleerd van andere zones in het gebouw waar kwetsbare apparaten zijn aangesloten.

#### Beschikbaarheid

Met Li-Fi kan elke lichtbron voor verbinding zorgen met het internet. In de nabije toekomst, wanneer de technologie al beschikbaar is voor het grote publiek, kunnen straatverlichting, verlichting van gebouwen en vervoersverlichting allemaal draadloos communiceren en heb je toegang tot het internet, waar je ook bent.

### Nadelen van Li-Fi

Li-Fi is snel, veilig en efficiënt. Het lijkt erop dat het geen kwaad kan, maar niets is perfect, ook Li-Fi niet. Dus, wat is het addertje onder het gras?

#### Beperkt bereik

Het feit dat licht niet door muren kan dringen is misschien een goede zaak als het gaat om veiligheid, maar betekent ook dat Li-Fi een zeer beperkt bereik heeft. Dit wil zeggen dat je het alleen effectief kunt gebruiken in gesloten ruimtes. In instellingen moeten lampen tactisch in kamers en hallen worden geplaatst om het bereik van het Li-Fi-netwerk uit te breiden. In open ruimtes kan de dekking van Wi-Fi tot 32 meter gaan, maar Li-Fi kan slechts tot 10 meter gaan.

#### Connectiviteit tijdens beweging

Door het beperkt bereik van lichtbronnen zijn er meerdere LED-lampen nodig in een kamer om overal een stabiele verbinding te verkrijgen. Hierdoor moeten we in staat zijn informatie door te sturen naar meerdere lichtbronnen. Wanneer we rond bewegen in een kamer, is het mogelijk dat tijdens het overschakelen van bron, een kleine hoeveelheid informatie verloren geraakt. Dit is mogelijk te verhelpen wanneer we de structuur correct verdelen en eventueel bronnen laten overlappen. *We kijken hiernaar in hoofdstuk … .*

#### Beperkte compatibiliteit

Aangezien Li-Fi een relatief nieuwe technologie is, zijn niet veel apparaten er compatibel mee. De meeste toestellen waar we nu gebruik van maken, hebben binnenin nog steeds hardware voor Wi-Fi netwerken zitten en is het dus onwaarschijnlijk dat we in de komende jaren voor Li-Fi geschikte persoonlijke apparaten zullen zien.

#### Niet het antwoord op trage internetsnelheden

Li-Fi heeft wel een snellere gegevensoverdracht, maar als de internetsnelheid van serviceproviders nog steeds traag is, blijft het beste aspect van deze technologie onbeduidend. In landen met trage internetsnelheden zou de uitrol van een Li-Fi-netwerk zinloos zijn. Er zal coördinatie van verschillende industrieën nodig zijn om de massale invoering van deze technologie aan te moedigen.

#### Storingen van onafhankelijke bronnen

Wanneer we gaan werken met elektromagnetische straling, die zich zowel in het zichtbaar als niet-zichtbaar spectrum bevindt, kan het al eens zijn dat onafhankelijke lichtbronnen zoals een Bureaulamp, Infrarood warmtebron of de zon een storing brengt in het communicatiemodel. Hier gaan we extra onderzoek op doen om dit in ons project zoveel mogelijk te beperken. *(Zie Hoofdstuk …).*

### Extra

(Hou er rekening mee dat de volgende informatie op een subjectieve manier opgesteld is, door een verkoper van Li-Fi onderdelen)

Er zijn verschillende antwoorden op de vraag hoe snel Li-Fi op de hedendaagse markt komt. Sommige specialisten uit de industrie zeggen tien, anderen vijftien jaar - sommigen voorspellen dat we de komende vijf jaar al van Li-Fi gaan kunnen genieten. Ongeacht hoeveel jaar het werkelijk is, één ding is zeker: Li-Fi komt eraan. Volgens Energias Market Research wordt verwacht dat de Li-Fi-markt in 2023 meer dan 80 miljoen dollar zal bedragen.

Op dit moment kan Li-Fi, Wi-Fi nog niet volledig vervangen als connectiviteitsbron, maar in de toekomst ontwikkelt Li-Fi het tot de dominante internetconnectiviteitstechnologie in de hele wereld. Onlangs demonstreerde Astronics Corporation, een toonaangevende leverancier van geavanceerde technologieën voor de wereldwijde luchtvaart-, defensie- en halfgeleiderindustrie, hoe Li-Fi de passagierservaring en operationele efficiëntie van een vliegtuig kan verbeteren tijdens het NBAA-evenement in Orlando op 18 oktober 2018. Dit was de tweede demonstratie van het bedrijf met Li-Fi en beide waren enorme successen.

"Dit is een gloednieuwe technologie en we onderzoeken manieren waarop het de passagiers- en zelfs bemanningservaring in een vliegtuig kan verbeteren op het gebied van connectiviteit," zei Mark Schwartz, Vice President van PDT en een Astronics Company. "Li-Fi kan een toekomstige verrijker van de passagierservaring zijn en we zijn enthousiast om deze mogelijkheden ermee te verkennen en te bespreken."

### Gebruiksvriendelijkheid

De gebruiksvriendelijkheid van Li-Fi ligt niet ver van die van Wi-Fi. Op het toestel verbind je zoals bij Wi-Fi met het Li-Fi-netwerk onder de internetinstelling. Vanaf je verbonden bent ben je vrij te bewegen in de ruimte binnen het bereik van de lichtbronnen. Waarschijnlijk ondervind je zelfs een hogere internetsnelheid, wat ervaren kan worden als een betere gebruiksvriendelijkheid dan Wi-Fi.

### Haalbaarheid

Dankzij de efficiëntie en hoge kwaliteit is deze manier van communiceren een haalbaar doel in welvarende landen. Vooral op industrieel vlak, op kantoor of binnenshuis is dit zeker waard om te overwegen. Als we kijken op vlak van schoolverlichting, straatverlichting, verlichting van gebouwen of vervoersverlichting is het een ander verhaal. De meeste scholen hebben nog niet eens complete LED-verlichting. In da nabije toekomst kunnen we niet verwachten dat elke verlichting buitenshuis via Li-Fi technologie zal werken. Ook in landen met een lagere economische status is dit niet vanzelfsprekend dankzij de belettende bedrade verbindingssnelheid.

### Conclusie

Het volledige pakket Li-Fi is op de dag van vandaag nog niet beschikbaar genoeg om wereldwijd op dagdagelijks vlak ingezet te worden. Het heeft dan ook nog gebruik nodig van bedrade of andere niet-bedrade communicatie om gegevens tot op de lichtbron te ontvangen. Daarentegen heeft het wel veel meer mogelijkheden en uitbreidingsopties dan de tegenwoordige technologie Wi-Fi. Hierdoor zijn enkele bedrijven deze innovatie manier van technologie al maximaal tot hun voordeel aan het gebruiken. Indien er in de toekomst meer onderzoek en uitwerking zou gebeuren naar deze manier van communiceren, heeft het duidelijk potentieel om de ultieme combinatie tussen Wi-Fi en Li-Fi te bereiken.

### Bronnen

<https://lifi.co/lifi-pros-cons/>

## Misconcepties in Li-Fi technologie

### De meest bekende Li-Fi Misconcepties

#### Li-Fi werkt niet in het donker

Aangezien gegevens door licht worden verzonden, moet dat betekenen dat Li-Fi niet werkt in het donker, toch? Niet noodzakelijk. Als het licht helemaal uit is, is er geen Li-Fi. Maar de speciale LI-FI LED lichten kunnen laag genoeg worden gedimd dat een ruimte donker zal schijnen en nog gegevens zal overbrengen. Er zijn consistente prestaties tussen 10 en 90 procent verlichting. Momenteel kan Li-Fi nog effectief presteren bij lichtniveaus tot 60 Lux. Nu kan er geargumenteerd worden dat dit nog niet volledig donker is. Li-Fi kan echter ook werken met andere soorten elektromagnetische straling, die niet zichtbaar zijn voor het menselijk oog en dus zo als donker verschijnen. Daarvoor zal er in de LED lamp echter wel een extra module geïnstalleerd moeten worden om deze signalen uit te zenden, wat de kostprijs dan weer verhoogd.

#### Li-Fi werkt niet in zonlicht

Veel mensen schijnen te denken dat als een Li-Fi-gebruiker zich onder direct zonlicht bevindt, het moeilijk zou zijn voor het apparaat dat de gebruiker draagt om Li-Fi-golven te detecteren wegens hogere intensiteit van licht dat van de zon komt. Li-Fi kan echter volledig werken bij daglicht. Li-Fi detecteert de snelle veranderingen in lichtintensiteit en niet op de absolute of langzaam variërende niveaus veroorzaakt door natuurlijke verstoringen in het zonlicht. Het moduleert het licht met zeer hoge snelheden en zonlicht is constant licht en kan daarom worden uitgefilterd bij de ontvanger.

Wat wel voor problemen zorgen is plotse verschijning en verdwijning van een object voor het inkomend zonlicht. Wanneer een persoon voorbij een raam loopt is het mogelijke dat rechtstreeks zonlicht onderbroken wordt en plots weer verschijnt, wat wel in een veranderlijke amplitude resulteert. Dit zou 1 of enkele bits aan informatie kunnen verstoren. *We gaan hier dus ook op in in verdere (sub)hoofdstukken.*

#### Li-Fi interfereert met radiofrequentie

Wi-Fi gebruikt radiofrequentietechnologie om netwerkconnectiviteit te bieden, terwijl Li-Fi het zichtbare lichtspectrum gebruikt. Aangezien licht en geluid op compleet verschillende frequenties werken, zou het gebruik van Wi-Fi en Li-Fi samen geen interferentie veroorzaken. Dit is ook de reden waarom Li-Fi kan worden gebruikt in vliegtuigen, ziekenhuizen en elektriciteitscentrales zonder de vrees voor interferentie van radiofrequente apparaten.

#### Li-Fi is geen bidirectionele technologie

Enkele critici beweerden dat Li-Fi uitstekende downloadsnelheden heeft maar slechte uploadprestaties. Deze bewering blijkt vals te zijn door de bedrijven die Li-Fi ontwikkelen. Zij beweren dat de technologie kan worden gebruikt voor transmissie in beide richtingen. PureLi-Fi, een verkoper van Li-Fi toestellen, definieert Li-Fi als een bidirectionele draadloze communicatietechnologie die hoge snelheidstransmissie in zowel upload als download tegelijkertijd toestaat.

#### Speciale LED's zijn nodig voor Li-Fi

LED's met speciale eigenschappen voor Li-Fi zouden geweldig zijn, maar de lampen die momenteel op de markt zijn, worden alleen verkocht voor verlichtingsdoeleinden en de communicatieprestaties zijn niet eens een overweging. Dat betekent dat het onwaarschijnlijk is dat de verlichtingsindustrie LED-lampen zal produceren die speciaal voor de Li-Fi-technologie zijn gemaakt. Li-Fi presteert echter nog steeds uitstekend met gewone LED-lampen. Als Li-Fi een belangrijke rol gaat spelen in de verlichtingsindustrie, dan pas kunnen we specificaties voor deze apparaten verwachten.

#### Li-Fi is een volledige zichtlijntechnologie

“Line of sight”, letterlijk vertaald “zichtlijn”, -technologie is een vorm van technologie die alleen gegevens kan verzenden en ontvangen wanneer zend- en ontvangststations in elkaars zicht staan zonder enige vorm van obstakel ertussen. Aangezien licht onder andere weerkaatst tegen oppervlakken, betekent dit dat Li-Fi niet strikt een zichtlijntechnologie is. Natuurlijk is direct licht een duidelijk voordeel omdat het signaal dan sterker is, maar het licht weerkaatst ook tegen muren en andere voorwerpen en die weerkaatsing kan ook worden gebruikt voor gegevensoverdracht. Elektromagnetische straling wordt echter geabsorbeerd of gereflecteerd. Niet alle stralen zullen dus worden ontvangen. Enkel wanneer de bron krachtig genoeg is zal dit weinig tot geen problemen geven. Daarentegen wordt het bereik daarbij nog veel gelimiteerder. De zender zou dus al niet al te hoog moeten staan en een relatief krachtige straal moeten uitstralen om dit te doen slagen.

Wanneer we dus even vooruitspoelen is dit dus niet meteen de best mogelijke manier om gegevensverlies bij een directe blokkering te verhelpen.

### Bronnen

- <https://lifi.co/lifi-misconceptions/>

- <https://www.lifitn.com/blog/2018/8/5/li-fi-misconceptions>