# Modulatietechnieken in Li-Fi technologie

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de digitale modulatietechnieken die doorgaans voor Li-Fi worden gebruikt. Li-Fi technologie werkt met elektromagnetische straling als informatiedrager. Deze lichtgolven hebben wat weg van geluidsgolven. Daarom kunnen de gekende modulatietechnieken voor RF-communicatie (Radiofrequentie) met de nodige aanpassingen ook op Li-Fi worden toegepast. Vanwege het gebruik van zichtbaar licht voor draadloze communicatie biedt Li-Fi bovendien een aantal unieke en specifieke modulatieformaten.

## Wat is modulatie?

In de elektronica en de telecommunicatie is modulatie het proces waarbij een of meer eigenschappen van een periodieke golfvorm, het draaggolfsignaal genoemd, worden gevarieerd met een afzonderlijk signaal, het modulatiesignaal genoemd, dat doorgaans over te brengen informatie bevat. Het modulatiesignaal kan bijvoorbeeld een audiosignaal zijn dat geluid van een microfoon weergeeft, een videosignaal dat bewegende beelden van een videocamera weergeeft, of een digitaal signaal dat een reeks binaire cijfers weergeeft, bv. een bitstroom van een computer. Bij radiocommunicatie wordt de gemoduleerde draaggolf als radiogolf door de ruimte gestuurd naar een radio-ontvanger. Dit gebeurt door 2 apparaten, de modulator en de demodulator of detector.

Zoals al lichtjes gehint bestaan er heel wat verschillende types modulatie. In onderstaand schema begint de 1ste onderscheiding bij de type drager. Online vonden we dat LI-FI zowel met analoge dragers als digitale dragers kan werken. Digitale dragers worden onder andere gebruikt in Ethernet, USB, GDDR6X (in de Nvidia RTX 3080 en 3090 grafische kaarten) of digitale televisie. Analoge dragers in telefoongespreken, radio-uitzendingen of het Amerikaans noodalarmsysteem.

Shape

Description automatically generated with medium confidence

Volgen we de takken langs beide kanten verder, dan komen we op het type data, ook analoog of digitaal. In ons deel van het LI-FI project zullen we werken met data, dat volledig omgevormd kan worden in bits en bytes. Om specifieker te zijn, zullen we de ASCII-tabel gebruiken om letters binair om te vormen en door te sturen. Dit wil dus zeggen dat we met digitale data gaan werken. Analoge data modulatie, wordt ingezet in radars of het controleren van pasgeborenen op aanvallen via EEG.

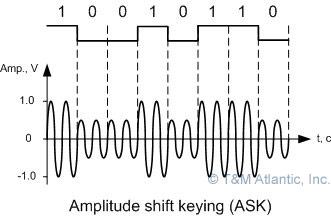
Figuur : Verschillende modulatietechnieken, naar (Wikipedia, 2023)

Online vonden we echter ook LI-FI communicatie dat met analoge data werkt, mogelijk gemaakt met PWM, PAM en PPM. In de studie ‘*The Next Generation of Wireless Communication Using Li-Fi (Light Fidelity) Technology (Perwej, 2017)*’ en ‘*Various Modulation Techniques for LiFi (Prateek Gawande, Aditya Sharma, Prashant Kushwaha, 2016)*’ wordt er gesproken van (variable) Pulse-position modulation ((V)PPM). In ‘*An Insight into the Modulation schemes for Visible light communication (Taiba Wani, Syed Asif Ahmad Qadri, 2019)*’ wordt er nog dieper onderzoek gedaan naar puls modulatie. Dit ging echter iets te hoog boven ons hoofd, want dit zou waarschijnlijk iets van D/A convertor moeten bevatten, waardoor ze toch digitale data konden doorsturen. We hielden deze literatuurstudie liever bij de vatbare essentie.

## Analoge drager, digitale data

De meest vatbare punten voor ons zijn de modulatietechnieken die met een analoge drager en digitale data werken. Hieronder leggen we deze technieken uit. Voor een zeer duidelijke uitleg verwijzen we graag naar volgende [video](https://www.youtube.com/watch?v=01zv0thaAUw&ab_channel=EngineeringMadeEasy).

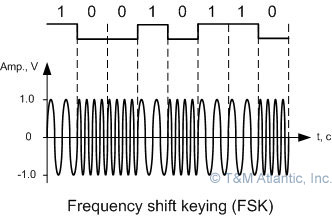
### Amplitude shift keying (ASK)

  
ASK (Amplitude Shift Keying) is een digitale modulatietechniek waarbij de sterkte van een golfsignaal wordt veranderd om gegevens over te brengen. In ASK wordt de amplitude van de golf verhoogd of verlaagd naarmate de gewenste bit. Een verhoogde amplitude staat voor een logische 1 en een verlaagde amplitude voor een logische 0. ASK is een eenvoudige modulatietechniek, maar heeft een lage bandbreedte-efficiëntie en is gevoelig voor ruis. Hieronder 3 verschillende types.

Figuur : Amplitude Shift Keying

* On-off keying (OOK)
* Binary ASK (BASK), met M=2 symbolen
* M-ary vestigial sideband modulation, bijvoorbeeld 8VSB

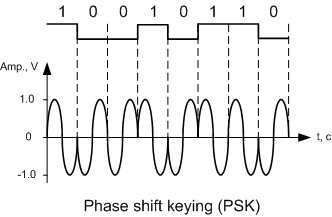
### Frequency shift keying (FSK)

FSK (Frequency Shift Keying) is een digitale modulatietechniek waarbij de periode van een golfsignaal wordt veranderd om gegevens over te brengen. In FSK worden twee verschillende frequenties gebruikt om digitale signalen te coderen, waarbij de ene frequentie staat voor een logische 1 en de andere voor een logische 0. FSK heeft een hogere bandbreedte-efficiëntie dan ASK en is minder gevoelig voor ruis, maar heeft een complexere ontvanger nodig. Volgende technieken zijn de meest gebruikte:

Figuur : Frequency Shift Keying

* Audio frequency-shift keying (AFSK)
* Multi-frequency shift keying (M-ary FSK of MFSK)
* Dual-tone multi-frequency (DTMF)

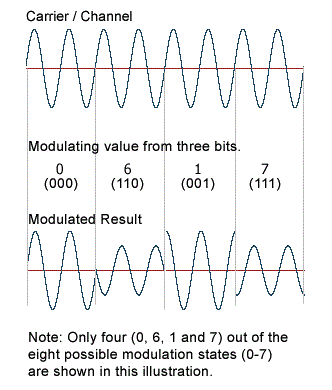
### PSK (Phase-Shift Keying)



Figuur : Phase-Shift Keying

PSK (Phase-Shift Keying) is een digitale modulatietechniek waarbij de fase van een continue draaggolf wordt gewijzigd om informatie over te brengen. In PSK wordt de fase van de draaggolf aangepast om verschillende symbolen of bits over te brengen. Bijvoorbeeld, in BPSK (Binary Phase-Shift Keying), wordt de fase van de draaggolf aangepast tussen 0 graden en 180 graden om één bit of symbool over te brengen. Wanneer een bit niet gelijk is aan zijn voorafgaande, vindt er een faseverschuiving plaats.

Bij QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) wordt de fase van de draaggolf aangepast tussen vier mogelijke waarden: 0 graden, 90 graden, 180 graden en 270 graden, om twee bits of symbolen tegelijk over te brengen. Hieronder staan nog andere verschillende soorten PSK:

* Binary PSK (BPSK), met M=2 symbolen
* Quadrature PSK (QPSK), met M=4 symbolen
* 8PSK, met M=8 symbolen
* 16PSK, met M=16 symbolen
* Differential PSK (DPSK)
* Differential QPSK (DQPSK)
* Offset QPSK (OQPSK)

Figuur : Quadrature amplitude modulation)

* π/4–QPSK

### QAM (Quadrature amplitude modulation)

QAM (Quadrature amplitude modulation) is een digitale modulatietechniek die gebruik maakt van de amplitude en fase van een draaggolf om informatie over te brengen. QAM combineert dus twee modulatietechnieken: digitale amplitude modulatie (ASK) en digitale fase-modulatie (PSK). Bij QAM worden verschillende combinaties gebruikt om meerdere bits of symbolen tegelijk over te brengen. Bijvoorbeeld, in 16-QAM worden 16 verschillende combinaties van amplitude en fase gebruikt om vier bits of symbolen tegelijk over te brengen.

# Conclusie

Aangezien de gegevens die wij gaan doorsturen niet de meest excellente manier van communiceren vereisen, terwijl we wel zo veel mogelijk ruis willen onderdrukken, zullen we kiezen om met FSK (frequentie-shift-keying) ons project verder te zetten. Dit bleek ook na experimenten te voldoen.

# Figuren

[Figuur 1: Verschillende modulatietechnieken, naar (Wikipedia, 2023) 1](https://siw-my.sharepoint.com/personal/sibald_hulselmans_scheppers-wetteren_be/Documents/EP%20LiFi/Documentatie/Literatuurstudies/Modulatietechnieken%20in%20Li-Fi.docx#_Toc136703721)

[Figuur 2: Amplitude Shift Keying 2](https://siw-my.sharepoint.com/personal/sibald_hulselmans_scheppers-wetteren_be/Documents/EP%20LiFi/Documentatie/Literatuurstudies/Modulatietechnieken%20in%20Li-Fi.docx#_Toc136703722)

[Figuur 3: Frequency Shift Keying 2](https://siw-my.sharepoint.com/personal/sibald_hulselmans_scheppers-wetteren_be/Documents/EP%20LiFi/Documentatie/Literatuurstudies/Modulatietechnieken%20in%20Li-Fi.docx#_Toc136703723)

[Figuur 4: Phase-Shift Keying 3](https://siw-my.sharepoint.com/personal/sibald_hulselmans_scheppers-wetteren_be/Documents/EP%20LiFi/Documentatie/Literatuurstudies/Modulatietechnieken%20in%20Li-Fi.docx#_Toc136703724)

[Figuur 5: Quadrature amplitude modulation) 3](https://siw-my.sharepoint.com/personal/sibald_hulselmans_scheppers-wetteren_be/Documents/EP%20LiFi/Documentatie/Literatuurstudies/Modulatietechnieken%20in%20Li-Fi.docx#_Toc136703725)

# Bibliografie

Perwej, Y. (2017). *The Next Generation of Wireless Communication Using Li-Fi (Light Fidelity) Technology.* Al Baha: Science and Education Publishing. Opgehaald van Hal science: https://hal.science/hal-03371883/file/The%20Next%20Generation%20of%20Wireless%20Communication%20Using%20%20Li-Fi%20(Light%20Fidelity)%20Technology%20(1).pdf

Prateek Gawande, Aditya Sharma, Prashant Kushwaha. (2016). *Various Modulation Techniques for LiFi.* Gyan Ganga: International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering.

Taiba Wani, Syed Asif Ahmad Qadri. (2019). *An Insight into the Modulation schemes for Visible light.* ?: Taiba Wani and Syed Asif Ahmad Qadri.

Wikipedia. (2023, 03 22). *Modulation*. Opgehaald van Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Modulation