**Onderzoek indoor locatie-bepaling**

Inhoud

[1. Inleiding 1](#_Toc478754922)

[2. Vergelijkingen LIDAR-units 1](#_Toc478754923)

[2.1. Criteria 1](#_Toc478754924)

[2.2. LIDAR-units 2](#_Toc478754925)

[2.3. Vergelijkingstabel 5](#_Toc478754926)

[2.3.1. Criteria 6](#_Toc478754927)

[2.3.2. Tabel 7](#_Toc478754928)

[3D-vision 8](#_Toc478754929)

# Inleiding

In dit document wordt er onderzoek gedaan naar hoe de indoor locatie-bepaling het beste gedaan kan worden. Om de drone autonoom te laten vliegen, is het erg belangrijk dat de drone zijn eigen locatie weet, en deze real-time wordt geüpdatet.

In dit onderzoek wordt er gekeken naar de opties die al aanwezig zijn op de drone (ultrasoon & 3D-vision) maar er wordt ook gekeken naar andere mogelijkheden (LIDAR) die misschien wel meer toepasbaar, nauwkeurig, goedkoper etc. zijn.

# Vergelijkingen LIDAR-units

In dit document zullen verschillende LIDAR-units met elkaar vergelijken worden.

Er zullen verschillende units vergelijken worden, van goedkoop tot extreem duur.

Onderstaand is te zien waaraan een unit zal moeten voldoen.

## Criteria

* Nauwkeurigheid: In overleg met de opdrachtgevers is bepaald dat de nauwkeurigheid minimaal 1m moet zijn. Minder is beter.
* Prijs: Er is geen maximale prijs afgesproken. Er wordt naar de prijs gekeken in combinatie met de andere criteria.
* Gewicht: Omdat de LIDAR-unit op de drone geplaatst moet worden, mag het gewicht niet te zwaar zijn. De Matrice 100 kan maximaal 600gr gewicht meedragen.
* Benodigde stroom: Omdat de LIDAR-unit op de drone geplaatst moet worden, mag het stroom verbruik niet te hoog zijn. Een hoog stroom verbruik zal betekenen dat de accu’s sneller leeg zijn waardoor er minder vliegtijd is, of dat er extra accu’s geplaatst moeten worden. Hoe lager het verbruik, des te beter.
* 2D/3D: 3D heeft de voorkeur. Er moet een mogelijkheid zijn om een ruimte 3D in kaart te brengen, dit mag ook bestaan uit meerdere 2D kaarten die op verschillende hoogtes (plane levels) gemaakt zijn.

## LIDAR-units

In onderstaande lijst zijn alle LIDAR-units te zien die beschikbaar zijn op de markt voor commercieel gebruik en die toepasbaar zijn op ons project. Er zijn bijvoorbeeld ook units beschikbaar die meer bedoeld zijn voor autonome voertuigen, vliegtuigen of UAV-drones, maar deze wegen >3kg en vallen daardoor direct af. Dit wil zeggen dat er tijdens het kiezen van welke units er vergeleken zouden worden, ook al een voorselectie is gemaakt. Dit is gedaan zodat het overzichtelijk blijft en de vergelijking duidelijk is.

* RPLIDAR A1 - 360 degree **2D** Laser Scanner Development Kit <https://www.seeedstudio.com/RPLIDAR-360-degree-Laser-Scanner-Development-Kit-p-1823.html>
* $399
* Omnidirectional laser scan
* User configurable scan rate
* Plug & Play
* Motor system power supply: 5-10V

Digital system power supply: 5V

* Detection range: 0.2-6m
* Sample rate: 2000Hz
* Resolution: 0.2% (<1%) of current distance
* Angular resolution: 1°
* 3.3V-TTL UART for communication
* Debug GUI tool & SDK
* Weight: 170gr (core)
* RPLIDAR A2 - The Thinnest LIDAR (**2D**)

<https://www.seeedstudio.com/RPLIDAR-A2---The-Thinest-LIDAR-p-2687.html>

* $449
* Omnidirectional laser scan
* User configurable scan rate
* Detection range: 0.15-6m
* <0.5% for <1.5m

<1% of current distance (>1.5m)

* Angular resolution: 0.9°
* Sample rate: 4000Hz
* Scan rate: 5-15Hz (typ.: 10Hz)
* Power supply: 5V
* Power current: off: 200mA, on: 400mA
* DE-LIDAR TF01

<https://www.seeedstudio.com/DE-LIDAR-TF01-p-2789.html>

* $139.99
* Detection range: 0.3-10m @90% Reflection）
* Detection frequency: 500Hz
* Weight: <50gr
* Accuracy: centimeter-level
* Power supply: 7.4-12V
* Power consumption: 1W
* Minimum detectable object size @5m: 4-6cm (1%)
* Resolution: 0.5cm
* Sweep V1 360° Laser Scanner

<http://www.robotshop.com/en/sweep-v1-360-laser-scanner.html>

* $349
* Range: 40m
* Sample rate: 1000Hz
* Rotation frequency: 2-10Hz
* Power supply: 5V
* Power consumption: 450mA
* Single plane scanner (2D)
* Weight: 120gr
* Resolution: 1%
* 2 serial ports for low level microcontrollers
* Velodyne LiDAR Puck LITE (VLD-16)

<http://velodynelidar.com/vlp-16-lite.html>

* + $7999
  + Weight: 590gr
  + Range: 100m
  + 300.000 points per second
  + Power consumption: 8W
  + 3D
  + Accuracy: 3cm (typ.)
  + Rotation rate: 5 – 20Hz
  + Power supply: 9 – 18V
* LIDAR-Lite 3 Laser Rangefinder

<https://www.sparkfun.com/products/14032>

* + $150
  + Range:0-40m
  + Accuracy: <5m: ±2.5cm, >5m: ±10cm
  + Power: 4.75-5 VDC; 6 V Max
  + Current consumption: 105ma, idle; 130ma, continuous
  + Sample rate: 1-500Hz
  + Weight: 22gr
  + Update rate: 270Hz typ.
  + Repetition rate: ~50Hz typ., 500Hz max
  + Power supply: 5V
* Adafruit VL53L0X Time of Flight Distance Sensor

<https://www.adafruit.com/product/3317>

* $14.95
* ~30 to 1000mm
* Power supply:3-5V
* Weight: 1.3gr
* Only sensor
* Need to build a rotating platform for full LIDAR use
* Riegl VUX-1UAV

<http://products.rieglusa.com/product/all-categories-unmanned-scanners/vux-1uav-survey-grade-unmanned-laser-scanners>

* + $??? (expensive)
  + 3-920m
  + Accuracy: 10mm
  + Sample rate: 50-550kHz
  + Weight: 3.5kg
  + Used in UAV
  + 240GB SSD to store data
  + 200 scans/second
* YellowScan Mapper

<http://www.yellowscan.fr/products/yellowscan-mapper>

* + Price: N/A
  + Accuracy: 10cm
  + Scan frequency: 40kHz
  + Weight: 2.1kg
  + Power consumption: 10W
* GEO-MMS SAASM LIDAR SENSOR

<http://geodetics.com/product/geo-mms-saasm/>

* Prijs op aanvraag
* Sample rate: 125Hz
* Power supply: 10-30V
* Power consumption: >2A
* Single plane scanner (2D)
* Weight: <2.26kg
* Uses VLP-16 PUCK
* LeddarVu

<http://leddartech.com/modules/leddarvu/>

* €520
* Sample rate: 100Hz
* Range: 22m
* Power supply: 12V
* Power consumption: 2W
* Fixed beam, no rotating parts
* Accuracy: 5cm
* Distance precision: 6mm
* Interface options: SPI, USB, CAN, Serial (UART/RS-485)
* Weight: 107g

## Vergelijkingstabel

Op onderstaande pagina is het overzicht van de verschillende LIDAR-units te vinden. Deze table is gemaakt zodat er snel en duidelijk gezien kan worden wat de specificities, voordelen en nadelen van elke LIDAR-unit zijn.

* De groene kleur geeft aan dat dit positief is
* De lichtgroene kleur geeft aan dat dit positief is, maar nog niet optimaal
* De gele kleur geeft aan dat dit neutraal is
* De oranje kleur geeft aan dat dit negatief is, maar nog niet heel erg
* De rode kleur geeft aan dat dit negatief is

### Criteria

In het begin van dit onderzoek is al genoemd welke criteria belangrijk is bij het uitzoeken van een LIDAR-unit. Tijdens het onderzoeken en selecteren van verschillende LIDAR-units bleek dat er nog meer criteria belangrijk was. Dit is hieronder te vinden.

* ***Price***: De prijs is een belangrijke factor. Hoe lager de prijs, des te beter. Echter wordt hier wel met een schuin oog gekeken naar de andere criteria
* ***2D/3D***: Een aantal LIDAR-units zijn in staat meteen een 3D-map te maken. Dit scheelt tijd en dus geld wanneer het gebied in kaart gebracht moet worden.
* ***Detection range***: De range geeft aan toe welke maximale afstand de unit nauwkeurig kan meten. Wordt deze maximale afstand overschreden, want kan het zijn dat de metingen niet meer de opgegeven nauwkeurigheid halen. Een hogere range is dus beter.
* ***Weight***: Het gewicht speelt bij dit project een belangrijke rol. Omdat de unit op een drone geplaatst zal worden, mag het gewicht niet te hoog zijn.
* ***Resolution/Accuracy***: In overleg met de opdrachtgevers is bepaald dat de nauwkeurigheid minimaal 1m moet zijn. Minder is beter.
* ***Angular Resolution***: Dit geldt alleen bij de units die 360° meten. Het geeft aan in hoeveel “stappen” er wordt gemeten. Bij een angular resolution van 1° wordt er dus 360 x 1° gemeten.
* ***Sample rate***: De sample rate geeft aan met welke frequentie de data wordt doorgestuurd. Een hogere sample rate geeft dus betere data, dus hoger is beter.
* ***Scan rate***: De scan rate geeft aan met welke frequentie er gescand wordt. Bij een unit die 360° meet geeft het dus ook aan hoe snel deze ronddraait. Een hogere frequentie is nauwkeuriger en dus beter.
* ***Supply voltage***: Het is van belang dat we weten wat de voedingsspanning is. De Matrice 100 heeft standaard 5V outputs aan boord, die je dus kan gebruiken. Bij een afwijkende spanning moet er zelf een step-up/-down circuit gemaakt worden.
* **Power consumption**: Omdat de LIDAR-unit op de drone wordt geplaatst, is het belangrijk dat de unit zuinig is. De accu’s van de drone hebben maar een beperkte capaciteit, en al het extra vermogen wat nodig is moet hieruit gehaald worden. Dus betekent dat bij een hoger verbruik, de vliegtijd korter wordt. Lager is dus beter.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Product / Requirements | Price | 2D/3D | Detection range | Weight | Resolution / Accuracy | Angular resolution | Sample rate | Scan rate | Supply voltage | Power consumption |
| RPLIDAR A1 | $399 | 2D | 0.2 – 6m | 170gr | <1% of current distance | 1° | 2000Hz | 5.5Hz  Max.: 10Hz | Motor: 5-10V (according speed)  Digital: 5V | Motor: 100mA: 500mW  Scanner: 200mA: 1W |
| RPLIDAR A2 | $449 | 2D | 0.15 – 6m | 190gr | <1% of current distance | 0.9° | 4000Hz | 5-15Hz (typ.: 10Hz | 5V | On: 400mA: 2W  Off: 200mA: 1W |
| DE-LIDAR TF01 | $140 | 2D | 0.13 – 10m | 50gr | 4-6cm @5m (1%) | 1° | 500Hz | N/A | 7.4-12V | 1W |
| Sweep V1 | $349 | 2D | Max. 40m | 120gr | 1% | 0,5° | 1000Hz | 2-10Hz | 5V | 400mA: 2W |
| Velodyne VLD-16 | $7999 | 3D | Max. 100m | 830gr  590gr (LITE) | Typ.: 3cm | 0,1 – 0,4° | 300kHz | 5-20Hz | 9-18V | 8W |
| LIDAR-Lite v3 | $150 | 2D | Max. 40m | 22gr | <5m: ±2.5cm ≥5m: ±10cm | - | Typ.: 270Hz  Fast mode: 650Hz  >1000Hz for short range | 50Hz default  500Hz max. | 5V | Idle: 105mA, 525mW Continuous: 130ma, 650mW |
| Adafruit VL53L0X Time of Flight Distance Sensor | $14.95 | 1D | 30 – 1000mm | 1.3gr | 3-12% | - | - | - | 3-5V | N/A |
| Riegl VUX-1UAV | N/A | 2D | 3 – 920m | 3.5kg | 10mm | - | 50 – 550kHz | 200Hz | N/A | N/A |
| YellowScan Mapper | N/A | 2D | N/A | 2.1kg | 10cm | - | 40kHz | N/A | N/A | 10W |
| GEO-MMS SAASM LIDAR SENSOR | N/A | 3D | N/A | <2.26kg | >5cm | N/A | N/A | 125Hz | 10-30V | >2A, 20-60W |
| LeddarVu8 | €520 | Fixed 3D beam | Max 215m | 128.5g | 5cm | N/A | N/A | 100Hz | 12V | 2W |

### Tabel

# 3D-vision

Naast LIDAR is er ook de mogelijkheid om gebruik te maken van een 3D-vision camera voor de positiebepaling van de drone.

Op de drone (Matrice 1000) is een 3D-vision camera aanwezig. Deze camera is de DJI Zenmuse x3 (<http://www.dji.com/zenmuse-x3>).

Deze camera zit bevestigd op een 3-axis gimbal, waardoor de camera alle bewegingsvrijheid heeft. Deze gimbal krijgt data van de flight controller, zodat het de flight parameters van de drone weet, en de camera stabiel kan houden.

De motoren in de gimbal (yaw, tilt & roll) opereren op hoge snelheid:

* Tilt: 120°/s
* Rotation: 180°/s

De Zenmuse x3 kan 360° draaien, en -90° tot +30° van tilt. Dit kan allemaal binnen ±0.03° precisie.

**Specificaties:**

* Sensor
  + Size: 6.17 x 4.55 mm
  + Type: CMOS
  + Effective Pixels: 12.4M
  + ISO Range: 100~3200
* Lens
  + Optics: 20mm (35mm format equivalent)f/2.8 focus at ∞
  + Iris: F/2.8
  + Diagonal FOV 94 degree
  + Equivalent: 20mm
  + Distortion: 0.90%
  + Focus Range Infinite:
  + Auto-Focus: N/A