

WELLENOPTIK: RADAR UND LIDAR

BEARBEITUNG DES ARBEITSBLATT: PHQ_WO_01_RADARLIDAR

2024-08-24

Contents

Aufgabe 1	2
1.1 Radar	2
1.1.1 Funktionsweise	2
1.1.2 Anwendung	2
1.2 Lidar	3
1.2.1 Funktionsweise	3
1.2.2 Anwendung	3
Aufgabe 2	4
Aufgabe 3	5

Aufgabe 1

Recherchieren Sie RADAR und LIDAR (Quellen angeben!).
Beschreiben Sie (kurz), wie diese Technologien funktionieren und für welche Zwecke sie eingesetzt werden.

Lidar, Radar, oder auch Sonar, funktionieren alle sehr ähnlich, indem Energiewellen ausgesendet werden und auf eine Reflexion gewartet wird.

1.1 Radar

„**R**adio **d**etection and **r**anging“, kurz Radar, ist die Bezeichnung für verschiedene Erkennungs- oder auch Ortungsverfahren, welche mit **elektromagnetischen Wellen** im Radiofrequenzbereich (kleiner als 300MHz¹)

1.1.1 Funktionsweise

Für die Funktionsweise von Radar-Sensoren sind drei grundlegende physikalische Gesetze von bedeutung²:

1. Die **Reflexion** elektromagnetischer Wellen.
2. Die **konstante Ausbreitungsgeschwindigkeit** der elektromagnetischen Wellen, welche sich mit knapp Lichtgeschwindigkeit ausbreiten (ca $300 \frac{km}{s}$).
3. Die **geradlinige Ausbreitung** der elektromagnetischen Wellen.

Die elektromagnetischen Wellen werden also ausgesendet und deren Reflexion gemessen. Mit der Zeitdifferenz des aussenden und des empfangen kann die Distanz ermittelt werden, welche die Wellen zurückgelegt haben.

1.1.2 Anwendung

Die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig. Die Technologie wird unter anderem dafür genutzt, um Positionen zu bestimmen, oder auch füllstände in Lagertanks³

¹ Radiowellen - LEIFIphysik, <https://www.leifiphysik.de/optik/elektromagnetisches-spektrum/grundwissen/radiowellen> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])

² (fh) Christian Wolff, *Physikalische Grundlagen des Radarprinzips - Radar Basics*, <https://www.radartutorial.eu/01.basics/Physikalische> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])

³ Radarsensoren, <https://www.ifm.com/de/de/shared/technologien/radar/radar-technology> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])

1.2 Lidar

„Light detection and ranging“, kurz Lidar, ist eine Technologie, welche die präzise messung von Entfernungen mit sehr geringer latenz erlaubt⁴.

1.2.1 Funktionsweise

Klassische Lidar-Sensoren besitzen einen Transmitter und einen Empfänger. Über den Transmitter wird ein **gepulster Laser** ausgesendet. Der Zeitpunkt dessen Reflexion wird mit dem Empfänger gemessen und somit die „Flugdauer“ ermittelt. Da die Lichtgeschwindigkeit konstant ist (ca $300 \frac{km}{s}$ ⁵) ist diese Methode sehr schnell und präzise.

1.2.2 Anwendung

Lidar Technologie findet in der heutigen Welt eine breite und vielschichtige Anwendung. Von Forschung bis Technologie im Alltag, Lidar-Sensoren sind überall zu finden und auch nicht mehr weg zu denken.

In der Archäologie wurde 2018 mithilfe von Lidar-Luftscans eine bisher übersehene Maya-Ruinenstadt gefunden. Dank der Scans konnte eine großflächige und detailreiche 3D-Karte kreiert werden, welche die Umrisse der Ruinen aufdeckte⁶.

Auch für das autonome Fahren spielt die Lidar-Technologie eine große Rolle. Die Autos müssen ihre Umgebung in drei Dimensionen erfassen können. Die Lidar-Sensoren werden mit vielen anderen Sensoren, wie auch Kameras, kombiniert um die aktuelle Situation einzuschätzen. Lidar ist deshalb geeignet, da es sehr präzise Messungen mit sehr geringer Latenz ermöglicht⁷. Aber nicht nur für das Autonome steuern von Autos wird diese Technologie genutzt, auch Staubsaug-Roboter nutzen sie, um sich in einem Raum zurecht zu finden.

⁴ Was ist LiDAR? - IBM, <https://www.ibm.com/de-de/topics/lidar> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])

⁵ Lichtgeschwindigkeit - LEIFIphysik, <https://www.leifiphysik.de/optik/lichtausbreitung/grundwissen/lichtgeschwindigkeit> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])

⁶ Lidar-Verfahren - Wie die Archäologie mit Luftscans arbeitet, <https://www.deutschlandfunk.de/lidar-verfahren-wie-die-archaeologie-mit-luftscans-arbeitet-100.html> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])

⁷ Y. Li und J. Ibanez-Guzman, Lidar for Autonomous Driving: The Principles, Challenges, and Trends for Automotive Lidar and Perception Systems, *IEEE Signal Processing Magazine* **37**(4), 50-61 (2020).

Aufgabe 2

Erklären Sie die Funktionsweise dieser beiden Technologien physikalisch. Geben Sie dafür auch die Gleichungen an, mit denen die nötigen Berechnungen durchgeführt werden können. Verzichten Sie auf Erklärungen zur Nutzung der Raman-Streuung mit LIDAR-Systemen

Die Messung der „Time of flight“, also der Strecke, die die Energiewelle in welcher Zeit zurückgelegt hat, sieht wie folgt aus⁸:

$$s = \frac{c_0 \cdot t}{2}$$

- s = Abstand
- c_0 = Geschwindigkeit der Energiewelle, bei Lidar: Lichtgeschwindigkeit (ca. $300 \frac{km}{s}$) und bei Radar: geschwindigkeit ausbreitung von elektromagnetischer Wellen (annähernd Lichtgeschwindigkeit)
- t = Zeit in s.

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}$$

⁸ H. Gotzig und G.O. Geduld, *LIDAR-Sensorik*, 10.1007/978-3-658-05734-3_18 (2015).

Aufgabe 3

Ordnen Sie die in RADAR und LIDAR verwendeten Wellenlängen bzw. Frequenzen in das elektromagnetische Spektrum ein.
<https://www.leifiphysik.de/optik/elektromagnetisches-spektrum>

	Radar ⁹	Lidar ¹⁰
Wellenlänge	1m	zwischen 1mm und 780nm
Frequenzen	300MHz	300GHz bis 385THz
Art	Radiowellen	Infrarot

⁹ Radiowellen - LEIFiphysik, <https://www.leifiphysik.de/optik/elektromagnetisches-spektrum/grundwissen/radiowellen> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])

¹⁰ Infrarot - LEIFiphysik, <https://www.leifiphysik.de/optik/elektromagnetisches-spektrum/grundwissen/infrarot> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])

Bibliographie

- [1] *Radiowellen - LEIFIphysik*, <https://www.leifiphysik.de/optik/elektromagnetisches-spektrum/grundwissen/radiowellen> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])
- [2] (fh) Christian Wolff, *Physikalische Grundlagen des Radarprinzips - Radar Basics*, <https://www.radartutorial.eu/01.basics/Physikalische> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])
- [3] *Radarsensoren*, <https://www.ifm.com/de/de/shared/technologien/radar/radar-technology> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])
- [4] *Was ist LiDAR? - IBM*, <https://www.ibm.com/de-de/topics/lidar> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])
- [5] *Lichtgeschwindigkeit - LEIFIphysik*, <https://www.leifiphysik.de/optik/lichtausbreitung/grundwissen/lichtgeschwindigkeit> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])
- [6] *Lidar-Verfahren - Wie die Archäologie mit Luftscans arbeitet*, <https://www.deutschlandfunk.de/lidar-verfahren-wie-die-archaeologie-mit-luftscans-arbeitet-100.html> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])
- [7] Y. Li und J. Ibanez-Guzman, Lidar for Autonomous Driving: The Principles, Challenges, and Trends for Automotive Lidar and Perception Systems, *IEEE Signal Processing Magazine* **37**(4), 50-61 (2020).
- [8] H. Gotzig und G.O. Geduld, *LIDAR-Sensorik*, 10.1007/978-3-658-05734-3_18 (2015).
- [9] *Infrarot - LEIFIphysik*, <https://www.leifiphysik.de/optik/elektromagnetisches-spektrum/grundwissen/infrarot> (2024). ([Online; accessed 26. Aug. 2024])