

DuAList

Disruptive Anwendungen von LED als Sensor in der Verkehrsinfrastruktur

Programm / Ausschreibung	Expedition Zukunft, Expedition Zukunft 2022, Expedition Zukunft Start 2022	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.02.2024	Projektende	30.04.2025
Zeitraum	2024 - 2025	Projektlaufzeit	15 Monate
Keywords	Sensorik, Beleuchtung, Verkehr, Monitoring		

Projektbeschreibung

Der kontinuierliche Anstieg von Fahrzeugen ergibt fortlaufend neue Anforderungen an die Verkehrsinfrastruktur, vor allem hinsichtlich Monitoring und Sicherheitsaufgaben. Die wesentlichen Aufgaben bestehen dabei in der Erkennung von Verkehrsbehinderungen oder der Detektion von potentiell gefährlichen Umweltzuständen, wie zum Beispiel Schnee oder Eis. Grundlegend spannen die dazu eingesetzten Sensortechnologien den Bogen von in die Fahrbahn intrusiv eingebrachten Systemen, z.B. Induktionsschleifen bis hin zu Sensoren in der Verkehrsinfrastruktur, z.B. Kamerasysteme. Damit verbunden sind hohe Installationskosten, wodurch sich ein Spannungsfeld ergibt zwischen Monitoring- und sicherheitsrelevanten Funktionen und ökonomischen Aufwendungen.

Einer der wesentlichen Bestandteile der Verkehrsinfrastruktur ist die Beleuchtung der Verkehrsflächen. In Indoor-Anwendungen konnte bereits gezeigt werden, dass die zu erfüllenden Aufgaben der Beleuchtungsinfrastruktur mit Funktionen des Monitorings und Erkennens von Ereignissen erweitert werden können, bekannt unter dem Synonym Visible Light Sensing (VLS). Der wesentliche Vorteil besteht darin, dass die vorhandene Infrastruktur größtenteils wiederverwendet werden kann und sich somit auch klare ökonomische Vorteile ablesen lassen. Zusätzlich kann durch Anwendung des innovativen Ansatzes, LEDs nicht nur als Lichtquelle sondern auch als photosensitives Element zu betreiben, ein weiterer entscheidender Vorteil aufgezeigt werden, nämlich dass dieselben Komponenten sowohl als Lichtquellen als auch als Sensoren eingesetzt werden ohne dass diese Dualität von menschlichen Beobachtern wahrgenommen oder die Lichtqualität negativ beeinflusst wird.

Projektziel ist die Weiterentwicklung und Erprobung des technischen Konzepts der Anwendung von LED als Sensor in der Verkehrsinfrastruktur zur Realisierung von Monitoring und sicherheitsrelevanten Funktionen, vollintegriert in die Beleuchtungsinfrastruktur. Mit diesem innovativen Ansatz können Fahrzeugdetektion, Klassifikation und Nachverfolgung nur anhand des rückgestreuten Lichts der Fahrzeuge selbst durchgeführt werden, sowie in einem zweiten Anwendungsfall die Detektion von Umwelt- und Wetterzuständen. Durch duale Nutzung der LEDs als Lichtquelle und als Sensor werden neue disruptive Anwendungsfälle erarbeitet und getestet die großflächig und durchgehend, ohne die Notwendigkeit eingesetzt werden können zusätzliche Sensoren in die Infrastruktur einbringen zu müssen, sondern gezielt durch Retrofitting auf die bestehende Lichtinfrastruktur aufsetzen.

Im Zuge der Ausarbeitung des Konzepts, LED als Sensor in der Verkehrsinfrastruktur, konnte bereits in initialen Versuchen ein grundlegender Proof-of-Concept gezeigt werden, auf den aufbauend die Umsetzung dieser innovativen Systeme ermöglicht werden soll.

Das Ergebnis des Projektes soll die Evaluierung des Konzepts für ein Netzwerk von Beleuchtungskörpern in der Verkehrsinfrastruktur sein, welches ohne zusätzliche photosensitive Elemente und anhand der Anwendung von Visible Light Sensing, kostengünstige, durchgehende und zuverlässige Fahrzeugdetektion, Klassifikation und Tracking, sowie die Detektion von Umwelt- und Wetterzuständen ermöglicht und anhand von längerfristigen und realitätsnahen Versuchsaufbauten demonstriert. Mit Hilfe der Projektergebnisse soll die Basis für Nachfolgeprojekte geschaffen werden.

Abstract

The continuous increase in the number of vehicles results in new requirements for the traffic infrastructure, especially with regard to monitoring and safety tasks. The main tasks are the detection of traffic obstructions or potentially dangerous environmental conditions, such as snow or ice. Basically, the sensor technologies used for this, range from systems that are intrinsically installed in the roadway, e.g. induction loops, to sensors in the traffic infrastructure, e.g. camera systems. However, this results in high installation costs, which creates a tension between monitoring and safety-related functions and economic expenditures.

One of the essential components of traffic infrastructure is the illumination of traffic areas. In indoor applications, it has already been shown that the tasks to be performed by the lighting infrastructure can be extended to the area of monitoring and detection of events, known under the synonym Visible Light Sensing (VLS). The main advantage is that the existing infrastructure can be reused to a large extent and thus clear economic benefits can be derived. In addition, by applying the innovative approach of using LEDs not only as a light source but also as photosensitive elements, another key advantage can be demonstrated by using the same components for two purposes without this duality being perceived by human observers or negatively affecting the light quality.

The project objective is to further develop and test the technical concept of using LEDs as sensors in traffic infrastructure to realize monitoring and safety-related functions, which are fully integrated into the lighting infrastructure. With this innovative approach vehicle detection, classification and tracking can be performed using only the backscattered light from the vehicles themselves, and, in a second use case, the detection of environmental and weather conditions. By dual use of LEDs as a light source and as a sensor, new disruptive use cases will be developed and tested that can be deployed on a large scale and throughout, without the need to introduce additional sensors into the infrastructure, but rather specifically by retrofitting on top of the existing lighting infrastructure.

In the course of the development of the concept, LED as a sensor in the traffic infrastructure, a basic proof-of-concept was already accomplished in initial tests, on which the implementation of these innovative systems will be based. The result of the project should be the evaluation of the concept for a network of lighting fixtures in the traffic infrastructure, which enables cost-effective, continuous and reliable vehicle detection, classification and tracking, as well as the detection of environmental and weather conditions without additional photosensitive elements and based on the application of Visible Light Sensing. These envisioned applications will be demonstrated by the means of long-term and realistic test setups. The project results will be used to create the basis for follow-up projects.

Endberichtkurzfassung

Das Projekt DuAList hat erfolgreich den innovativen Ansatz weiterentwickelt, die LEDs gleichzeitig als Lichtquellen und als Sensoren zu nutzen. Insbesondere durch gezielte Optimierung und Auslegung auf Anwendung in der Verkehrsinfrastruktur konnte ein elektronisches Design realisiert werden, das einen blitzschnelle Wechsel zwischen Beleuchtungs- und Sensorikmodus ermöglicht - völlig unmerklich für das menschliche Auge. Die entwickelten und gefertigten LED Module erreichen dabei eine hohe Sensitivität bei minimalem Rauschen mit uneingeschränkter Beleuchtungsfunktion.

Besonders beeindruckend war die gelungene Integration dieser Technologie in bestehende Gehäuse und Formen von Beleuchtungssystemen. Damit konnten die Labormuster als Retrofit-Lösung eingebaut werden, was die praktische Umsetzbarkeit demonstriert und unterstreicht. Ein weiteres wichtiges im Projekt erreichtes Ziel ist die Energieeffizienz der Lösung und ist deshalb besonders hervorzuheben. Im Vergleich zum Betrieb als reine Lichtquelle, erhöht sich der Energieverbrauch lediglich um etwa 450 Milliwatt je LED Modul, für die zusätzliche Sensorikfunktion und zeigt somit eindrucksvoll mit welchem minimalen energetischen Mehraufwand die nachfolgend beschriebenen Resultate erreicht werden konnten.

Die im Rahmen des Projekts auf die Hardware abgestimmten Algorithmen zeigen beeindruckende Leistungsdaten in den beiden Anwendungsfeldern Verkehrsmonitoring und Wetter durchgeführten realen Messkampagnen. Bei der Fahrzeugdetektion wurde eine Präsenzerkennungsgenauigkeit von 100% erreicht und die Längenbestimmung von unterschiedlichen Fahrzeugen sehr stabil und reproduzierbar mit geringen Abweichungen erfolgreich realisiert. Auch im zweiten Anwendungsfalle – Wettererkennung bzw. Straßenzustand konnten beeindruckende Resultate erreicht werden. Tagsüber, bei ausgeschalteter Beleuchtung, konnte der Straßenzustand zwischen trockener und nasser Fahrbahn mit 97% Genauigkeit erkannt werden, wobei mit einer Genauigkeit von 84,7% korrekt noch weiterführend zwischen nasser Fahrbahn und Regen unterschieden werden konnte. Nachts konnte die Genauigkeit auf 100% zwischen nasser Fahrbahn und Regen und auf 94,9% zwischen nasser Fahrbahn und Regen gesteigert werden. Diese Ergebnisse wurden in umfangreichen Messkampagnen unter realen Bedingungen erzielt.

Die Ergebnisse des Projekt DuAList zeigen die Potentiale dieser Technologie nicht nur auf technischer Ebene auf, sondern auch wirtschaftliche Vorteile. Durch die Nutzung bestehender Beleuchtungsinfrastruktur entsteht die Möglichkeit in Zukunft Installationskosten zu minimieren und auch die möglichen Energieeinsparungen sind beträchtlich. Insgesamt konnte mit der erfolgreichen Umsetzung des Projekts ein innovativer Ansatz entscheidend weiterentwickelt werden, der das Potenzial hat, die Verkehrsinfrastruktur nachhaltig zu digitalisieren und gleichzeitig Energie zu sparen - ein wichtiger Beitrag zur nachhaltigen Mobilität der Zukunft.

Projektkoordinator

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Projektpartner

- Montanuniversität Leoben