



sMobility

An energy-optimised wireless sensor solution for traffic applications

Objectives

Electric vehicles (EVs) have a shorter range and longer “electrical filling up” times than do conventional vehicles. For optimum navigation as regards trip time and distance travelled, it is important to have up-to-date local information: details of traffic jams, battery charging prices and destination accessibility. Ten sMobility project partners are working on solutions to bring the information together so that electromobility is significantly improved. IMMS’ role is the R&D on a sensor system to register such data as the number, type and speed of the vehicles on a “tactile” road. The Institute is also establishing safe transmission of data to a traffic monitoring and management system, is providing the traffic information to the interface of this traffic monitoring system and is developing a wireless environmental sensor system.

IMMS development

To support acquisition of data on road-users, IMMS is working on wireless sensor solutions that can be installed very easily at lower cost than the cable systems presently in use for traffic detection. The mag-

netic field sensors relied on by the Institute serve to measure traffic flow on the “tactile road”. Passively, the system registers local changes to the earth’s magnetic field caused by passing vehicles. From what is detected, the vehicle type can be classified and its speed determined.

The particular system solution which IMMS has developed registers this data wirelessly, collects it in a gateway near to grouped detectors and then sends it to a data concentrator in the traffic control centre of the model town, Erfurt, in central Germany. There, the new wireless sensor network complements the data capture methods already in place, allowing traffic data to be registered in finer detail than before. Only on this foundation is it possible to create more comprehensive and accurate traffic models with which to control traffic actively in real time.

netic field sensors relied on by the Institute serve to measure traffic flow on the “tactile road”. Passively, the system registers local changes to the earth’s magnetic field caused by passing vehicles. From what is detected, the vehicle type can be classified and its speed determined.

Approach

In order for the “tactile road” sensors to be brought into use, IMMS has addressed many of the associated challenges. Any devices must be weatherproof, capable of installation and maintenance in the road





surface, competent in permitting reliable wireless communication, reliant on batteries with as long a life as possible – and all this in limited space with fluctuating ambient temperatures. Furthermore, the system itself has to be flexible, allowing detectors to

Fig. 1: The electronic detector module (A) developed by IMMS for insertion into the sensor pod (B) installed in the "tactile road" (C). Photographs: IMMS.

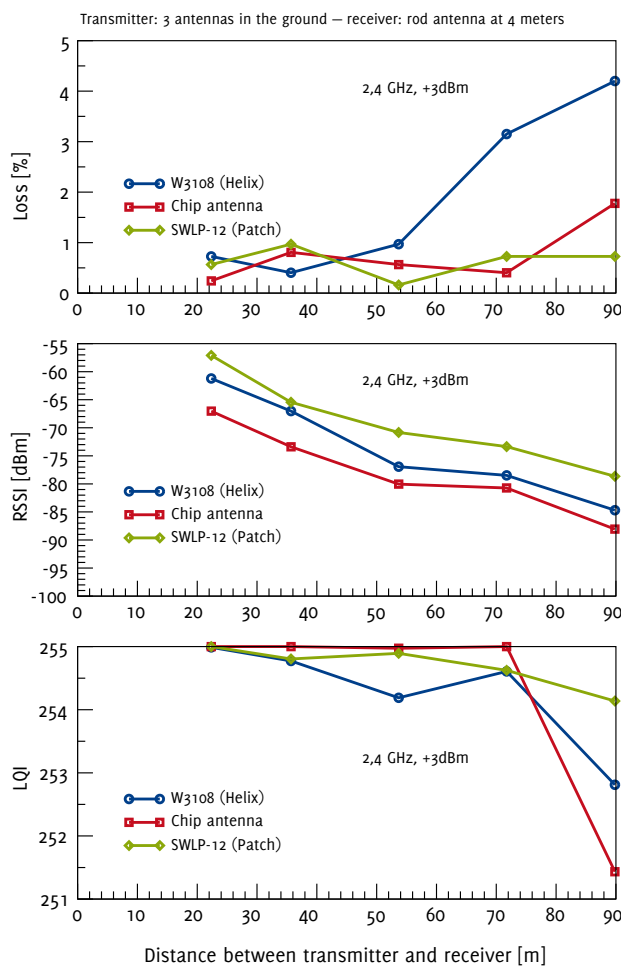


Fig. 2: Range and signal quality measurements compared for various antennae structures (helix, chip, planar) (LQI, RSSI). Diagram: IMMS.

be moved or removed at any stage. It must also be capable of extension by sensors that go beyond mere traffic data capture, so as to offer an alternative to insular solutions, which are more costly from a financial and administrative point of view.

As wireless communication is central to these challenges, the Institute has carried out very many **measurements**, taking into account a variety of frequency bands, antennae structures, antennae directions, protocol parameters and so on (see Fig. 2). The data for the energy consumption (see Fig. 3) of both detectors and gateways have also been analysed in relation to various practical expressions of the proposed scenarios.

The analysis included not only the individual consumption by building blocks and components but also overall consumption by the systems in various operational phases. In addition, a variety of battery types has been simulated so that their life could be

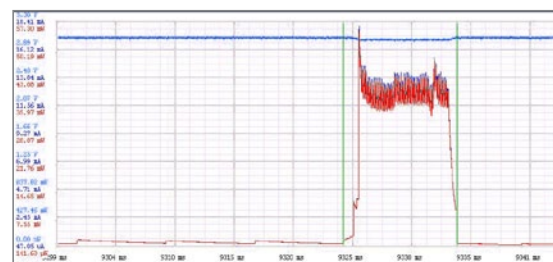
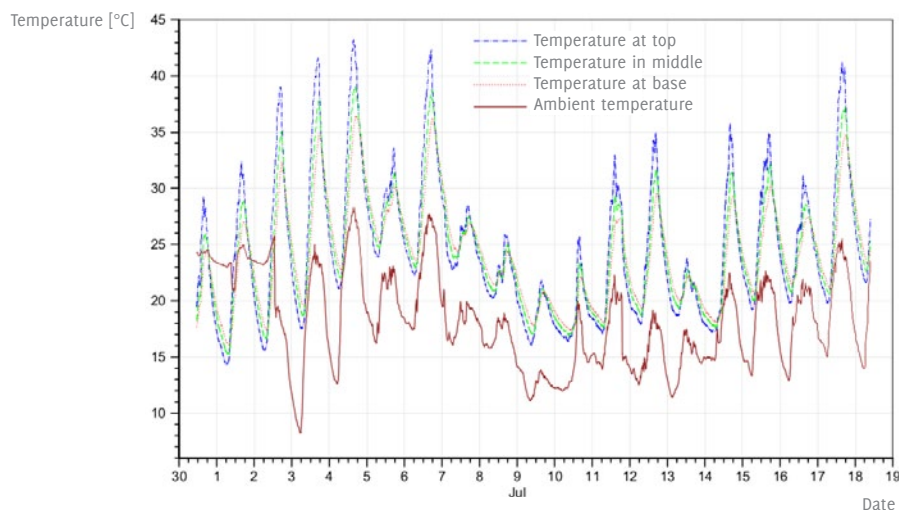


Fig. 3: Measurement of energy consumption, laboratory setup for a traffic detector (high consumption: detection message transmission). Diagram: IMMS.

Fig. 4:

Sample measurement of temperature differences in the sensor housing, summer 2014.
Diagram: IMMS.



assessed empirically. Design decisions for the system components have taken account of all these results.

Further, IMMS has investigated whether the inclusion of **energy harvesting** modules in the traffic detector will extend the life of the system. The approaches taken by the Institute have been both mechanical and thermal, analysing the variations in vibration and temperature beneath the road surface. However, the quantities of energy to be harvested from vibrations proved to be too small. The frequency bands are too broad for this purpose. It was also found that the carriageway materials and the type of substrate at the installation points vary too much to allow a universally applicable harvesting concept. On the temperature front, the differences measured by IMMS were at first very promising: up to 9 K. However, these high variations appeared only in summer and then only for the short period as day changed to night and vice versa. The limited space available, the insulation provided by the housing, the waterproofing considerations and the limited effectivity of thermal energy harvesters were all factors in the decision to reject this approach as lacking cost benefit.

After these lengthy preliminary investigations, IMMS developed a system solution and created an experimental version. The Institute here applied the know-how that it has obtained over the years on design of energy-efficient embedded systems with wireless communication and on integrating sensors. The system will in future provide communal traffic computers with flexible traffic detection in a detector-to-gateway-to-data-concentrator chain that has a standard interface (OCIT-C*) and is extendable with additional sensors. An example is the sensor system with its own gateway that IMMS has developed and integrated for pollution measurement.

Future prospects

The present task is the optimisation of the system. Currently, the limits are set by the fact that the read-out from the pairs of detectors must be simultaneous and, together with that from the magnetic field sensor, take place at as constant a rate as possible. Both these challenges demand highly accurate timers, which do prevent the system switching back to particularly energy-efficient modes of suspended operation. As things stand at present in the development work, the indications are that a lifetime of between one and two years without a change of battery will be achieved, which is considered practicable in actual use. Currently, 250 detector prototypes and 30 gateway prototypes are being prepared by IMMS so that they can be field-tested at sites in Erfurt between April 2015 and September 2015, when the project ends. The knowledge gained in the project has significantly enhanced the breadth and depth of the Institute's capabilities in the fields of energy efficiency and wireless communication.

Contact person:

Dipl.-Inf. Marco Götze, marco.goetze@imms.de

The project on which this report is based has been funded by the German Ministry for Economic Affairs and Energy under the reference 01ME12076. Only the author is responsible for the content of this publication.

Supported by:



on the basis of a decision by the German Bundestag

*OCIT-C Open communication interface for road traffic control systems – centre to centre



IMMS

WE CONNECT IT TO THE REAL WORLD.



sMobility

Energieoptimierte Funksensoriklösung für Verkehrsanwendungen

Motivation

Elektrofahrzeuge haben kürzere Reichweiten als konventionelle Pkw und längere „Strom-Tankzeiten“. Aktuelle lokale Informationen zu Staus, Strompreisen und Erreichbarkeit von Reisezielen sind wichtig, um ein reisezeit- und reichweitenoptimierendes Navigieren zu ermöglichen. Hierfür erarbeiten die zehn Projektpartner des Projekts „sMobility“ Lösungen, die die Elektromobilität entscheidend voranbringen sollen. Das IMMS erforscht und entwickelt ein Sensorsystem, das Fahrzeugdaten, wie Anzahl, Fahrzeugklasse oder Geschwindigkeit, in der „taktile Straße“ erfasst. Zudem etabliert das Institut eine sichere Übertragung der Daten an ein Verkehrslage- und -managementsystem, stellt die Verkehrsinformationen an der Schnittstelle zum Verkehrslagesystem bereit und entwickelt ein drahtloses Umweltsensorsystem.

Entwicklung des IMMS

Um im Straßenverkehr die Fahrzeugdaten zu erheben, arbeitet das IMMS an drahtlosen Sensoriklösungen, die mit minimalem Aufwand installierbar sind und geringere Kosten verursachen als in der Verkehrsdetektion bislang verbreitete kabelgebundene Systeme.

Arbeiten an Prototypen für outdoor-taugliche, zuverlässige Drahtloskommunikations-Sensorik, die in der „taktile Straße“ eingesetzt werden und die Elektromobilität voranbringen soll. Foto: IMMS.

Die vom Institut eingesetzte Magnetfeldsensorik misst in der „taktile Straße“ die Verkehrsströme. Dabei werden die lokalen Veränderungen des Erdmagnetfelds durch überfahrende Wagen passiv erfasst, auf dieser Grundlage Fahrzeuge erkannt und hinsichtlich Typ und Geschwindigkeit klassifiziert.

Die vom IMMS entwickelte Systemlösung erhebt die genannten Verkehrsdaten drahtlos, sammelt diese in einem Gateway in der Nähe zusammengehöriger Detektoren und übermittelt sie anschließend an einen Datenkonzentrator in der Verkehrsleitzentrale der Modellstadt Erfurt. Dort ergänzt das neue Drahtlosnetzwerk bereits bestehende Erfassungslösungen. Die Verkehrsdaten werden so feingranularer als bislang erhoben. Erst auf dieser Basis ist es möglich, detailliertere Verkehrsmodelle zu bilden, um daraus wiederum in Echtzeit Maßnahmen zur Verkehrsbeeinflussung ableiten zu können.

Lösungsweg

Um die Sensorik für die „taktile Straße“ einsetzen zu können, hat das IMMS Untersuchungen zu den zahlreichen damit verbundenen Herausforderungen





Abbildung 1: Vom IMMS entwickelte Detektor-Elektronik (A), die in der Sensorhülse (B) in der „taktilen Straße“ (C) eingebaut wird. Fotos: IMMS.

vorgenommen. Unter anderem müssen die Geräte outdoor-tauglich sein, in der Straßendecke installiert und gewartet werden können, die zuverlässige Drahtloskommunikation sicherstellen und darüber hinaus

eine möglichst lange Batterielaufzeit bei begrenztem Bauraum und stark schwankenden Temperaturen sicherstellen. Außerdem soll das System flexibel sein, indem sich Detektoren nicht nur nachträglich entnehmen und umpositionieren lassen. Es soll auch um eine über die reine Verkehrsdatenerfassung hinausgehende Sensorik erweitert werden können, wie z.B. um Umweltdetektoren. Spätere Insellösungen lassen sich so vermeiden und damit Kosten und administrativer Aufwand minimieren.

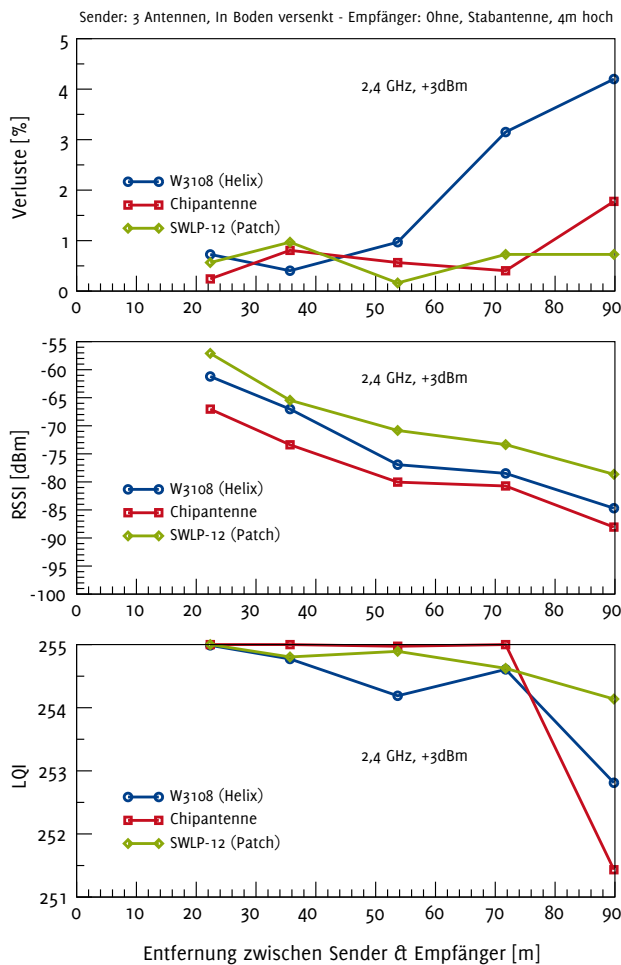


Abbildung 2: Vergleichsmessungen mit verschiedenen Antennenstrukturen (Helix-, Chip- und Planarantenne) bzgl. Reichweite und Signalqualität (LQI, RSSI). Grafik: IMMS.

Da für diese Anforderungen die Funkkommunikation eine zentrale Bedeutung besitzt, hat das Institut umfangreiche diesbezügliche **Messungen** durchgeführt und dabei verschiedene Frequenzbänder, Antennenstrukturen und -ausrichtungen, Protokollparameter etc. berücksichtigt (Vgl. Abb. 2). Darüber hinaus wurden Energieverbrauchsdaten (Vgl. Abb. 3) der Detektoren und Gateways bei unterschiedlichen Realisierungsvarianten der Anwendungsszenarien erhoben und analysiert.

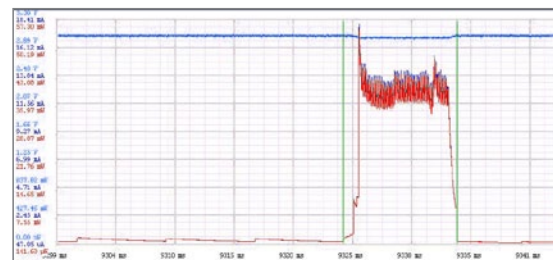
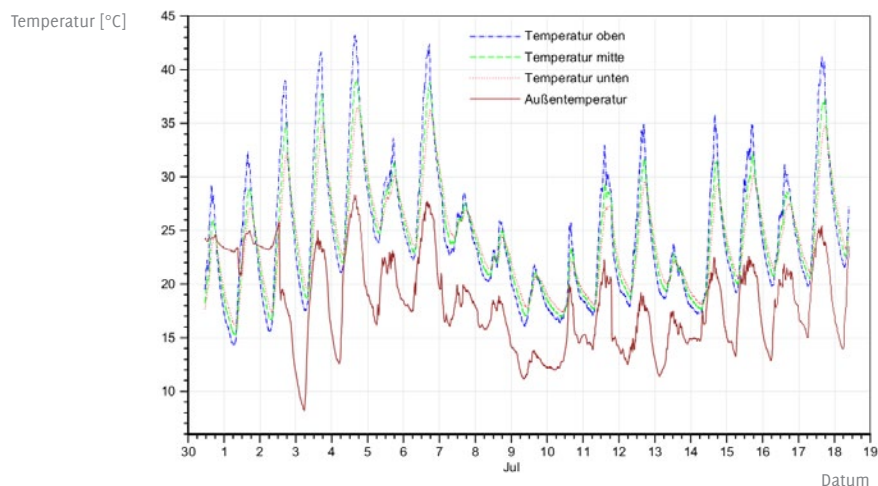


Abbildung 3: Messung des Energieverbrauchs eines Laboraufbaus eines Verkehrsdetektors (Phase erhöhten Verbrauchs: Versand einer Detektionsnachricht). Grafik: IMMS.

Abbildung 4:
Beispiel für eine
Messung von Temperatur-
differenzen im Detektor-
gehäuse im Sommer 2014.
Grafik: IMMS.



Hierbei sind sowohl Einzelverbräuche von Bauteilen und -gruppen als auch Gesamtverbräuche der Systeme in unterschiedlichen Betriebsphasen untersucht worden. Darüber hinaus wurden verschiedene Batterietypen simuliert, um Laufzeiten empirisch abschätzen zu können. Die Ergebnisse sind in Designentscheidungen bezüglich der Systemkomponenten eingeflossen.

Zusätzlich hat das IMMS untersucht, ob **Energy-Harvesting-Module** im Verkehrsdetektor die Systemlaufzeit verlängern können. Hierbei hat das Institut sowohl mechanische als auch thermische Ansätze betrachtet und auftretende Vibrationen und Temperaturunterschiede im Boden analysiert. Die gewinnbaren Energiemengen aus Vibrationen erwiesen sich jedoch als zu gering, da die Frequenzen für diesen Zweck zu breitbandig auftreten. Zudem variieren die Materialien der Fahrbahndecken und die Untergrundaufbauten an den Einbauorten zu stark, um ein überall verlässliches Harvesting-Konzept realisieren zu können. Das IMMS konnte zwar zunächst vielversprechende Temperaturdifferenzen von bis zu 9 K messen. Solche größeren Werte traten allerdings nur im Sommer auf und dann meist nur zeitlich begrenzt an Tag-Nacht-Übergängen. Knapper Bauraum, Isolation durch das Gehäuse, Dichtigkeitsanforderungen und der begrenzte Wirkungsgrad thermischer Energy-Harvester haben dazu geführt, dass auch dieser Ansatz unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten verworfen werden musste.

Nach Abschluss dieser umfangreichen Voruntersuchungen hat das IMMS eine Systemlösung erarbeitet und Labormuster erstellt. Hierfür hat das Institut sein über Jahre aufgebautes Know-how zum Entwurf energieeffizienter eingebetteter und drahtlos kommunizierender Systeme sowie der Integration von Sensorik eingesetzt. Die Lösung bringt künftig eine flexible Verkehrsdetektion über

die Kette Detektor – Gateway – Datenkonzentrador mit einer Standard-Schnittstelle (OCIT-C*) bis an den städtischen Verkehrsrechner und ist um zusätzliche Sensorik erweiterbar. Hierfür hat das IMMS exemplarisch eine Sensoriklösung zur Schadstoffmessung mit einem Gateway entwickelt und eingebunden.

Ausblick

Derzeit arbeitet das Institut an der Optimierung dieses Systems. Grenzen werden momentan dadurch gesetzt, dass die Detektoren für die Geschwindigkeitsmessung paarweise zeitsynchronisiert und der Magnetfeldsensor mit möglichst konstanter Rate ausgelesen werden müssen. Für beide Anforderungen sind hochgenaue Timer notwendig. Diese verhindern allerdings das Zurückfallen des Systems in besonders energiesparende Betriebsmodi. Daher wird zum jetzigen Zeitpunkt der Entwicklungsarbeiten davon ausgegangen, dass zunächst eine praktikable Laufzeit von ein bis zwei Jahren ohne Batteriewechsel erreicht werden wird. Zudem bereitet das IMMS 250 Prototypen der Detektoren und 30 der Gateways vor, um diese bei einem Feldtest von April bis zum Projektende im September 2015 an ausgewählten Standorten in Erfurt zu erproben. Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse tragen erheblich dazu bei, das Know-how des Instituts in den Bereichen Energieeffizienz und Drahtloskommunikation zu erweitern und zu vertiefen.

Kontakt: Dipl.-Inf. Marco Götze, marco.goetze@imms.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter dem Förderkennzeichen 01ME12076 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

*OCIT-C Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems
– Center to Center