

Spätestens seit automatische Mautsysteme drahtlose Funkverbindungen nutzen, wird diskutiert, wie mit Hilfe von direkten Datenverbindungen zwischen Fahrzeugen (*Car to Car Communication C2C* bzw. *Vehicle to Vehicle V2V*) sowie zwischen Fahrzeugen und Verkehrsleiteinrichtungen am Straßenrand (*Car to Infrastructure C2I* bzw. *Vehicle to Infrastructure V2I*) Verkehrssicherheit und Verkehrsfluss verbessert werden können. Solche Telematiksysteme gelten als Zukunftstechnik [1, 2].

10.1 Mautsysteme

Beim deutschen Mautsystem *Toll Collect* (Abb. 10.1) bestimmt ein fahrzeugseitiges Steuergerät, die *On-Board Unit OBU* mit Hilfe des Satellitennavigationssystems *GPS*, eines Kreiselsystems (*Gyro*) und des Tachometersignals die aktuelle Position des Fahrzeugs und übermittelt bei mautpflichtigen Straßen Informationen zur gefahrenen Strecke über eine konventionelle GSM-Mobilfunkverbindung an die Abrechnungszentrale. Zur Überwachung befinden sich auf den Straßen in größeren Abständen sogenannte Kontrollbrücken (*Road Side Unit RSU*), die die Fahrzeuge erfassen und über eine Infrarot-Verbindung nach ISO TC 204 (*Dedicated Short Range Communication DSRC*) mit dem Fahrzeug kommunizieren. An Stellen, an denen mautpflichtige und mautfreie Straßen so nah beieinander verlaufen, dass GPS keine sichere Identifikation der Fahrstrecke gewährleistet, befinden sich als weitere RSU-Einheiten *Stützbaken* am Straßenrand, die über die genannte DSRC-Infrarot-Verbindung zusätzliche Positionsinformationen übermitteln. In anderen europäischen Ländern verzichtet man zum Teil auf die GSM-Verbindung bzw. die GPS-Positionsbestimmung und verbaut an den mautpflichtigen Strecken in kurzen Abständen straßenseitige RSU-Einheiten zur Positionsbestimmung und Abrechnung. Statt einer Infrarot-Datenverbindung wird dort häufig eine Kurzstreckenfunkverbindung nach CEN TC 278 verwendet.

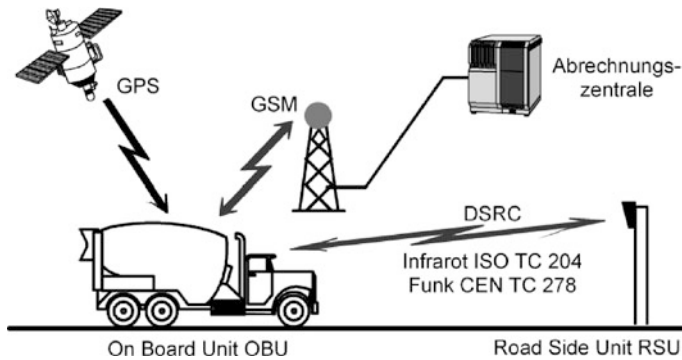


Abb. 10.1 Kommunikationsverbindungen bei Mautsystemen wie *Toll Collect*

10.2 Car2Car-Konsortium und Vehicle2X-Kommunikation

Seit einigen Jahren haben sich verschiedene Fahrzeughersteller und Zulieferer im *Car2Car-Konsortium* zusammengeschlossen, um Spezifikationen für die Kommunikation zwischen Fahrzeugen zu erarbeiten. *Car2Car-Konsortium* ist das europäische Pendant zu ähnlich gelagerten amerikanischen Aktivitäten, die dort unter dem Schlagwort *Vehicle Safety Communications VSC* von amerikanischen und japanischen Herstellern aufgenommen wurden. In beiden Fällen soll sich ein Fahrzeug mit anderen Fahrzeugen in Funkreichweite ad hoc zu einem lokalen Netzwerk zusammen schließen (Abb. 10.2) und mit diesen sicherheitsrelevante Daten austauschen. Mögliche Funktionen sind:

- Kollisionswarnung bei hinter- und nebeneinander fahrenden Fahrzeugen sowie an Einmündungen, Kreuzungen und beim Überholen,
- Aufprallwarnung bei Unfällen noch vor den üblichen Crash-Sensoren,

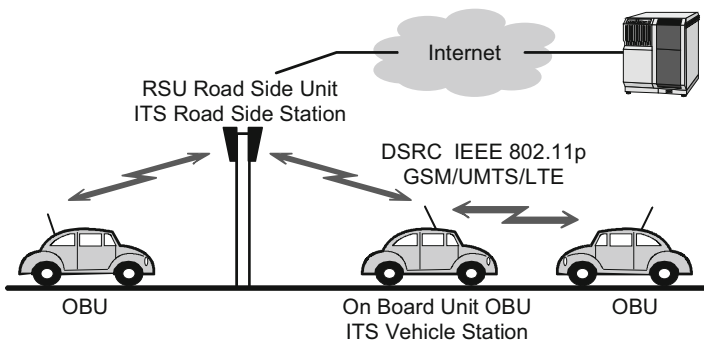


Abb. 10.2 Vorschlag des Car2Car-Konsortiums

- Warnung vor kritische Situationen, z. B. Stauende in einer unübersichtlichen Kurve, Bauarbeiten, Ölsuren usw.,
- Verbesserte Routenwahl und Navigation durch aktuellere Verkehrsinformationen und Abstimmung der Routenwahl über viele Fahrzeuge hinweg,
- Unterstützung von „Grünen Wellen“,
- Einfädelhilfe bei Autobahneinfahrten oder Engstellen,
- Ferndiagnose im Pannenfall.

Die straßenseitigen Einheiten können zur Verlängerung der Reichweite zwischen den Fahrzeugen sowie zur Anbindung an Navigations- und Verkehrsleitrechner eingesetzt werden. Außerdem sollen die Fahrzeuge darüber Kontakt zum Internet aufnehmen können, über das sowohl Verkehrsleitinformationen als auch gewöhnliche Internet-Anwendungen (*Infotainment*) abgewickelt werden sollen. Die Integration gewöhnlicher Internet-Anbindungen in das Konzept und der Einsatz einer WLAN-artigen Funkschnittstelle gelten als Schlüsselemente für eine schnelle Marktdurchdringung, ohne die solche Systeme nicht funktionsfähig sind.

Alle derartigen Aktivitäten befinden sich noch im Forschungs- und Vorentwicklungsstadium. Spezifikationen und Normentwürfe sind vielfach noch im Fluss. Daher soll nur auf die Problemstellung, aber nicht auf technische Details eingegangen werden.

Am weitesten gediehen ist die Festlegung der Funkschnittstelle. Die Funkübertragung (*Dedicated Short Range Communication*) soll im Bereich um 5,9 GHz stattfinden, wobei ein Teil des Frequenzbandes exklusiv für sicherheitskritische Übertragungen reserviert wird. Die Zuteilung des Frequenzbandes durch die ETSI ist in EN 302 571 geregelt. Die Funkschnittstelle baut auf der konventionellen WLAN-Technologie nach IEEE 802.11 auf, wie sie etwa in Notebooks üblich ist. Aufgrund der besonderen Problematik muss die Schnittstelle allerdings modifiziert werden (IEEE 802.11p und IEEE 1609). Gegenüber einem quasi-stationären WLAN ergeben sich folgende zusätzlichen Anforderungen:

- Die Fahrzeuge bewegen sich sehr schnell gegeneinander. Das System soll für Fahrgeschwindigkeiten von bis zu 250 km/h ausgelegt werden, d. h. Relativgeschwindigkeiten im Begegnungsverkehr bis zu 500 km/h.
- Da sich die Fahrzeuge schnell annähern und wieder entfernen, sind keine langwierigen Authentifizierungs-, Login- und Logout-Prozeduren bei der Verbindungsaufnahme und beim Verbindungsabbau möglich. Das System muss lokal mit einer sich schnell verändernden Zahl von Teilnehmern ohne zentrale Verwaltungsinstanz zurechtkommen (*Vehicle Ad hoc-Netzwerk VANET*).
- Trotzdem müssen sich die Teilnehmer in geeigneter Form identifizieren, damit das System nicht so manipuliert werden kann, dass ein „Störsender“ böswillig andere Fahrzeuge zum Beschleunigen oder Bremsen auffordern kann.
- In Stausituationen kann die Fahrzeugdichte sehr hoch sein, während zu anderen Zeiten die Fahrzeuganzahl gering und der Fahrzeugabstand groß sein werden. Da die Funkleistung der Fahrzeuge auf 2 W limitiert werden soll, woraus sich auch bei freier Sicht nur

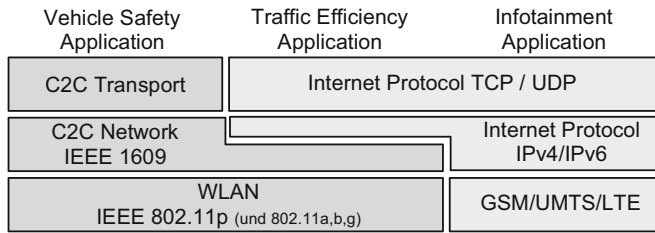


Abb. 10.3 Schichtenmodell des Car2Car-Konsortiums

eine Reichweite von einigen Hundert Metern ergibt, muss jeder Teilnehmer gleichzeitig auch Routing-Aufgaben zwischen den verschiedenen Fahrzeugen und zu den stationären Funkbaken (*Road Side Unit*) übernehmen.

Car2Car schlägt einen Dreifach-Protokollstapel vor (Abb. 10.3). Klassische Internet-Anwendungen (*Infotainment*) sollen auch im Fahrzeug die üblichen Internet-Protokolle TCP/IP, UDP/IP usw. einsetzen und im Regelfall die bereits vorhandenen GSM, LTE und UMTS-Funkdienste verwenden. Falls freie Kapazität und genügend viele RSUs vorhanden sind, können auch die IEEE 802.11p-Verbindungen genutzt werden. Ob und wie ein Roaming zwischen LTE/UMTS/GSM und WLAN möglich sein wird, ist offen. Aufgaben der Verkehrsleitung (*Traffic Efficiency*) werden voraussichtlich auch mit TCP/IP arbeiten, kommunizieren aber über das WLAN-Netz. Für die Fahrsicherheitsfunktionen (*Vehicle Safety*) scheint TCP/IP nicht geeignet. Hierfür soll ein C2C spezifischer Protokollstapel entwickelt werden. Der neue *Transport Layer* soll das Multiplexen von Daten sowie eine gesicherte, verbindungsorientierte Übertragung ermöglichen. Der *Network Layer* wird die Aufgabe übernehmen, Botschaften über mehrere Fahrzeuge hinweg weiterzuleiten (*Multi Hop Connections*) und soll einen Adressierungsmechanismus bieten, der auf der Position der jeweiligen Teilnehmer basiert (*Geographische Adressierung*). Die Parallelität zwischen sicherheitskritischen Botschaften, die mit hoher Dringlichkeit übertragen werden müssen, und solchen, die weniger zeitkritisch sind, schlägt bis zum Funksystem durch. Dort sieht IEEE 1609 vor, parallel zum normalen Datenkanal einen Kontrollkanal einzurichten, auf dem die Übertragung der sicherheitskritischen Daten garantiert werden kann. Ob dies durch reinen Zeitmultiplex-Betrieb darstellbar ist oder ob ein teurer doppelkanaliger Funkempfänger eingebaut werden muss, muss die Praxis zeigen.

Die Standardisierungsarbeiten werden in Europa vom *European Telecommunications Standards Institut ETSI* koordiniert. EN 302 665 beschreibt die Gesamtarchitektur (Abb. 10.4) eines *Intelligent Transport Systems ITS* und EN 102 637 und EN 102 638 typische Anwendungsszenarien wie Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit (*Active Road Safety*) oder zur Verbesserung des Verkehrsflusses (*Traffic Efficiency*). Zu den bisher definierten Konzepten gehört, dass alle Teilnehmer (*ITS-Stations*), d. h. sowohl Fahrzeuge als auch die straßenseitigen Stationen, periodisch alle 0,1 ... 1 sec eine *Coopera-*

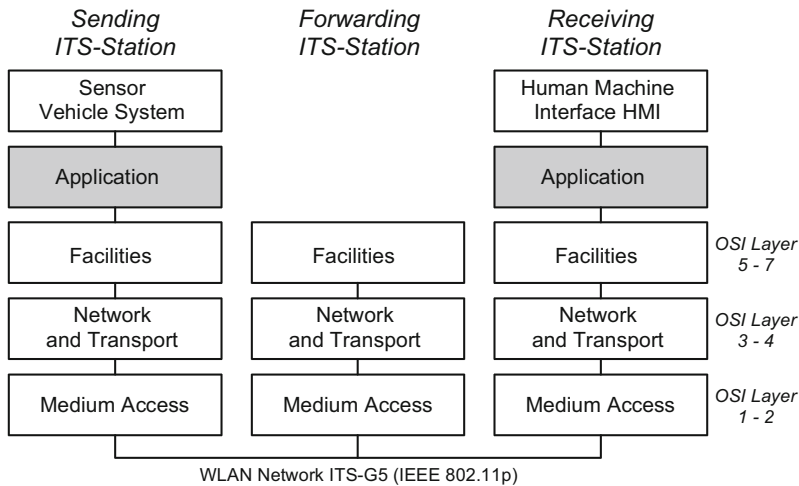


Abb. 10.4 ITS Kommunikation nach EN 302 665

tive Awareness Message CAM aussenden, so dass alle Teilnehmer wissen, welche Stationen im direkten Umfeld vorhanden sind. CAM Botschaften enthalten folgende Inhalte:

- *ITS PDU Header* mit Protokollversion, Botschaftskennung (*Message ID*) und Zeitstempel
- Eindeutige Stationskennung, geographische Position des Fahrzeugs (GPS Daten) und Fahrzeugart. Dabei wird zwischen normalen Fahrzeugen, Sonderfahrzeugen wie Polizei, Feuerwehr und Krankenwagen, öffentlichem Nahverkehr, z. B. Omnibussen, sowie straßenseitigen Stationen unterschieden.
- Fahrzeuge teilen ihre Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung und Fahrtrichtung sowie ihre Abmessungen mit. Sonderfahrzeuge zusätzlich, ob sie im Notfalleinsatz sind. Bei Messdaten, die größere Ungenauigkeiten aufweisen können, wird eine Genauigkeitschätzung (*Confidence Interval*) mitgeliefert.

Im Fall einer kritischen Verkehrssituation (*Road Hazard Warning*), z. B. bei einer Notbremsung, einem Liegenbleiber oder einem Geisterfahrer, senden Fahrzeug, die die Situation erkennen, eine *Decentralized Environmental Notification Message DENM*. Diese wird periodisch wiederholt, solange die Situation andauert. Die DENM Botschaft enthält folgende Informationen:

- *ITS PDU Header* wie bei CAM Botschaften. Zusätzlich wird ein Update-Zähler übertragen, der eine eindeutige Kennung für das kritische Ereignis enthält und anzeigt, wie oft die Botschaft schon wiederholt wurde. Außerdem wird die voraussichtliche zukünftige Wiederholfrequenz angekündigt und ein Ablaufzeitpunkt mitgeteilt, zu dem die Botschaft ungültig werden soll, falls sie nicht wiederholt wird. Der Sender kann die Verläss-

lichkeit (*Reliability*) seiner Information bewerten, falls die auslösende Verkehrssituation nicht eindeutig erkannt werden kann, oder mitteilen, dass das auslösende Ereignis aus seiner Sicht nicht mehr existiert.

- Im *Situation Container* wird die auslösende Ursache der Warnmeldung beschrieben. Vorgesehen sind u. a. Notbremsungen, auf der Fahrbahn stehende oder außergewöhnlich langsam fahrende Fahrzeuge, Kollisionswarnungen, vereiste Straßen oder schlechte Sichtverhältnisse. Weiterhin wird eingeschätzt, wie kritisch die Verkehrssituation ist (*Severity*) und gegebenenfalls auf andere DENM Botschaften verwiesen, falls ein Fahrzeug die Warnung weiterer Fahrzeuge bestätigen oder ergänzen will.
- Im *Location Container* wird die geographische Position der kritischen Verkehrssituation sowie gegebenenfalls des eigenen Fahrzeugs mitgeteilt. Positionsangaben können dabei neben GPS-Koordinaten auch aus der Angabe einer kritischen Zone, z. B. einer rechteckigen oder elliptischen Fläche bestehen.

10.3 Normen und Standards zu Kapitel 10

Toll-Collect	<p>Toll-Collect Basiswissen. Pressemappe, www.toll-collect.de</p> <p>ISO Technical Committee TC 204 – Intelligent Transport Systems. www.iso.org</p> <p>CEN Technical Committee TC 278 – Road Transport and Traffic Telematics. www.cen.eu</p> <p>European Telecommunications Standards Institute ETSI Technical Committee for Intelligent Transport Systems TC ITS, www.etsi.org</p>
--------------	---

Car2X Vehicle2X	<p>Car 2 Car Communication Consortium Manifesto: Overview of the C2 C-CC system V1.1, 2007, www.car-to-car.org</p> <p>IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN) Specification, 2007</p> <p>IEEE 802.11p Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE), 2010</p> <p>IEEE 1609 Standards for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE), 2010, www.ieee.org</p> <p>SAE J2735 Dedicated Short Range Communications (DSRC), 2009, www.sae.org</p> <p>ISO 21217 Intelligent Transport Systems – Communications access for land mobiles (CALM), 2010, www.iso.org</p> <p>European Telecommunications Standards Institute ETSI Technical Committee for Intelligent Transport Systems TC ITS: Technical Characteristics for Pan-European Harmonized Communications Equipment for Road Safety and Traffic Management (Draft) – Part 1 Road-Safety Applications, 2005. Part 2 Non Safety Related Applications, 2006. www.etsi.org, inzwischen umgesetzt in</p> <p>EN 302 571 Intelligent Transport Systems ITS: Radio Communications Equipment in the 5.9 MHz Frequency Band. 2013, www.etsi.org</p> <p>EN 302 665 Intelligent Transport Systems ITS: Communications Architecture, 2010, www.etsi.org</p> <p>TS 102 638 Intelligent Transport Systems ITS: Basic Set of Applications, Definitions, 2009, www.etsi.org</p> <p>TS 102 637 Intelligent Transport Systems ITS: Basic Set of Applications, 2010, www.etsi.org</p> <p>TS 102 636 Intelligent Transport Systems ITS: Geo Networking, 2010, www.etsi.org</p>
--------------------	--

Literatur

- [1] J. Eberspächer: Das vernetzte Automobil. Hüthig Verlag, 1. Auflage, 2008
- [2] Europäische Kommission: Mobility and Transport – Intelligent Transport Systems. ec.europa.eu/transport/themes/its