

TEST UND VALIDIERUNG VON VEHICLE-TO-EVERYTHING-KOMMUNIKATION

FREIE FAHRT FÜR V2X

(Bilde: S_Photo | Shutterstock)

Mit V2X wird das Auto vom passiven Informationsempfänger zur aktiven Informationsquelle. Spezifikationen für viele Anwendungen und Use Cases gibt es bereits. Um die nötige Effizienz und Sicherheit gewährleisten zu können, geht es nun ans Testen.

Von Axel Meinen und Stella Glöckner

Die automobiler Welt ist im Aufbruch. Der weltweit steigende Bedarf an Mobilitätslösungen und die gleichzeitig zwingend erforderlichen Veränderungen hin zu mehr Klimaneutralität und Verkehrssicherheit bedingen einen radikalen Wandel in der Automobilindustrie. Neben der Neuausrichtung der Antriebstechnik weg von herkömmlichen Verbrennungsmotoren, spielt dabei der direkte Informationsaustausch der Fahrzeuge untereinander durch die Vernetzung mittels Funktechnologien eine entscheidende Rolle. Echtzeitinformationen über die Fahrumgebung unterstützen den Fahrer in alltäglichen Fahrsituationen, leisten einen entscheidenden Beitrag

zur Steigerung der Sicherheit im Straßenverkehr sowie zur Optimierung des Verkehrsflusses und sind für den zukünftigen autonomen Fahrbetrieb notwendig.

Mit dem Begriff „Connected Car“ wird im Allgemeinen die passive Anbindung von Fahrzeugen über klassische Mobilfunknetze wie 4G und 5G bezeichnet, um Informationen von Cloud-Diensten und zentralen Servern bereitzustellen – etwa Real Time Traffic Information, Software Updates und Internet Connectivity aber auch zukünftige Dienste zum Update von High-Definition-Karten oder der Austausch von Informationen über den Straßenzustand oder von Daten der Fahrzeugsensoren.

Mit der Migration hin zur Vehicle-to-Everything (V2X)-Technik soll das Fahrzeug selbst zur aktiven Informationsquelle werden und Daten über die eigene Fahrsituation, den Fahrzeugstatus sowie Fahr- und Umgebungsbedingungen sowohl anderen Verkehrsteilnehmern in Echtzeit bereitstellen als auch an cloudbasierte Dienste übermitteln. Aufgrund der unterschiedlichen technischen Anforderungen kommen dafür zwei unterschiedliche Kommunikationstechniken zum Einsatz. Für die Anwendungen aus dem klassischen Connected-Car-Bereich wird zukünftig aufgrund der erforderlichen Bandbreite der 5G-Mobilfunkstandard die wesentliche Rolle übernehmen. Die Kommunikation erfolgt dabei ausschließlich über die Mobilfunkinfrastruktur, das heißt unter Einbeziehung der Mobilfunkbasisstationen und den dahinterliegenden Netzwerken. Selbst Fahrzeuge in unmittelbarer Nachbarschaft tauschen ihre Informationen auf diesem Weg aus. Dies bedingt eine stabile Versorgung mit einem 4G- bzw. zukünftigen 5G-Mobilfunknetz.

Für die Übertragung zeitkritischer Informationen zwischen Verkehrsteilnehmern oder die Kommunikation außerhalb einer verfügbaren Mobilfunknetzinfrastruktur bedarf es jedoch einer anderen Kommunikationstechnik. Hierzu wurden bereits Ende der 1990er-Jahre weltweit eigens exklusive Frequenzen im Bereich 5,8 bis 5,9 GHz zugewiesen. 2010 wurde mit dem IEEE-Standard 802.11p ein Kommunikationsstandard geschaffen, der – basierend auf der WLAN-Technik – die direkte Kommunikation in sogenannten Ad-hoc-Netzen zwischen zwei Kommunikationsteilnehmern ohne weitere Infrastruktur wie Basisstationen oder Access Point ermöglicht. In zahlreichen Forschungs- und Pilotprojekten – vor allem in Europa und in den USA, wo die Technologie meist mit dem Begriff DSRC (Dedicated Short Range Communication) bezeichnet wird – hat der Standard 802.11p seine Praxistauglichkeit unter Beweis gestellt.

STANDARDISIERUNG VON APPLIKATIONEN UND USE CASES

Die entsprechenden V2X-Applikationen und Use Cases wurden in den letzten Jahren durch zahlreiche Gremien spezifiziert, wobei es weltweit jedoch wesentliche Unterschiede in den regionalen Standards gibt. In Europa ist die ETSI zuständig und die Standards werden unter dem Begriff C-ITS-G5 (Cooperative Intelligent Transport Systems) geführt. In den USA wurde die Standardisierung maßgeblich vom Department of Transportation (DOT oder USDOT) und der Society of Automotive Engineers (SAE) geleitet, die Technologie wird dort mit WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment) bezeichnet, die Standards sind als SAE-Standards verfügbar. Für den chinesischen Markt ist die Society of Automotive Engineers of China (CSAE) für die Standardisierung zuständig (**Bild 1**).

2016 wurde vom Mobilfunk-Standardisierungsgremium 3GPP eine LTE-basierende Kommunikationstechnik für den Einsatz bei V2X spezifiziert. Zur klaren Abgrenzung zu 802.11p wird die Technik mit Cellular-V2X und der Kommunikationsstandard mit LTE-V bezeichnet und basiert aktuell auf dem 3GPP-Standard-Release 14.

GENTEX CORPORATION

A Smarter Vision®

Gentex GmbH

Georg-Ohm-Str. 6
D 74235 Erlenbach
Tel. +49 7132 156-0
www.gentex.com

Firmenprofil

- Gründungsjahr: 1974
- Mitarbeiter: 5000

Zielmärkte

- Automotive
- Automotive Electronics
- Luftfahrt
- Brandschutz (vornehmlich US-Markt)

Firmenausrichtung

Gentex ist ein weltweit tätiges Unternehmen, das innovative Produkte für die Automobilindustrie, die Luftfahrt und den Brandschutz entwickelt und produziert. Unsere Hauptproduktbereiche sind automatisch abblendbare Rückspiegel für die Automobilindustrie, Feuermelder vornehmlich für den US-Markt und abdunkelnde Flugzeugfenster. Das Technologieportfolio von Gentex umfasst Elektronik, Mikroelektronik und Kamerasysteme, Verfahrenstechniken, Softwarelösungen, Displays, Glasverarbeitung und hochautomatisierte Fertigungsverfahren.

Produkte/Linecard

- Schaltbares Glas
- Biometrische Technologie
- CMS (Camera Monitoring System / Multi-Kamera-Display-Spiegel)
- Automatisch abblendbarer Rückspiegel
- Display-Innenspiegel – FDM™ (Full Display Mirror) Displays
- RCD-Spiegel (Rear Camera Display)
- HomeLink®
- HomeLink Connect
- Fahrassistent (ADAS)
- Beleuchtungsassistent – Smart Beam
- CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)
- Telematik
- Mikrofone
- Beleuchtung

Standorte/Lager

- Hauptstandort & Produktion: Zeeland, MI (US)
- Vertrieb & Entwicklung: China, Deutschland, Japan, Korea, UK, USA, Schweden
- Lager & Logistik: Deutschland (Erlenbach) & China

Qualitätsmanagement

- IATF 16949:2016
- ISO/TS 16949
- ISO 14001

EFFIZIENZ UND SICHERHEIT DURCH V2X

Was erhofft man sich nun durch die Einführung von V2X? Die möglichen Anwendungen sind vielfältig und sollen Effizienz, Sicherheit und Komfort erhöhen. Die Effizienz des Straßenverkehrs soll unter ökonomischen und ökologischen Aspekten gesteigert werden, zum Beispiel, indem der Fahrer frühzeitig und verlässlich vor einem vor ihm liegenden Verkehrsunfall oder Stau gewarnt wird und seine geplante Reiseroute anpassen kann. Anwendungen, die auf eine Komfortoptimierung abzielen, versorgen den Fahrer mit Informationen über nahegelegene Tankstellen, Ladestationen oder freie Parkplätze. Das Hauptaugenmerk der V2X-Anwendungen jedoch liegt auf der Steigerung der Sicherheit. V2X kann vor allen Dingen dort sinnvoll unterstützen, wo die Sicht des Fahrers eingeschränkt ist, weil sie durch Fahrzeuge oder Gebäude verdeckt ist oder weil das relevante Szenario sich hinter einer Kurve oder Fahrbahnhebung befindet. Bei diesen Szenarien sind übliche Sensoren wie Radar, Lidar oder Kamerasysteme nicht in der Lage, die Situation sicher zu erfassen. Eine verlässliche Funktion setzt allerdings voraus, dass eine hinreichend große Zahl von Fahrzeugen mit der V2X-Technik ausgestattet ist, die kooperativ ihre Informationen über definierte Nachrichtentypen teilen. Im europäischen Raum spielt die sogenannte CAM-Nachricht (Cooperative Awareness Message) eine zentrale Rolle [1], die mindestens einmal pro Sekunde von jedem Verkehrsteilnehmer ausgesendet wird. Darin werden die aktuellen und auch zurückliegenden Zustandsdaten, wie zum Beispiel die Position, die Geschwindigkeit, die Fahrtrichtung, der Fahrzeugtyp, der Zustand von Blinker, Bremspedal, Nebelleuchte usw. per Broadcast an umgebende Verkehrsteilnehmer übermittelt. Nachrichten vom Typ SPaT (Signal Phase and Timing) und MAP sind dafür vorgesehen, ausschließlich von der Straßeninfrastruktur wie Ampeln und Verkehrszeichen ausgesendet zu werden.



Bild 1. Übersicht über die weltweiten V2X-Standards. (Bild: SEA Datentechnik)

Die SPaT-Nachricht informiert dynamisch die Verkehrsteilnehmer über die Ampelphase und Zeiten bis zum nächsten Phasenwechsel, um damit eine Regelung des Verkehrsflusses zu ermöglichen. Die MAP-Nachricht beschreibt die Straßengeometrie und ist statisch. Im Falle einer Kreuzung werden durch sie Fahrspuren spezifiziert, die zur Kreuzung hin- oder wegführen. Inhalt sind unter anderem die Spurbmessungen, die zulässigen Verkehrsteilnehmer, die diese Spur nutzen dürfen, die Fahrtrichtung sowie erlaubte Spurwechsel. Andere Nachrichtentypen sollen bei Eintreten eines Events ausgesendet werden. Wo, wann und von wem welche Nachricht mit welchem Inhalt ausgesendet wird und wann der Fahrer vor einer Situation gewarnt werden soll, wird durch die V2X-Applikationen reguliert. Die Applikation soll den Status des eigenen Fahrzeugs, dessen Position und die empfangenen Informationen aus den V2X-Nachrichten bewerten und den Fahrer bei relevanten Situationen per Hinweis auf dem Fahrzeugdisplay informieren. Langfristig soll V2X über das reine Informieren des Fahrers hinaus neben Kamera, Radar und Lidar eine weitere unabhängige Informationsquelle für Fahrerassistenzsysteme darstellen und das autonome Fahren ermöglichen.

Ein erster Entwurf über Applikationen und deren Funktionen für den europäischen Raum wurde 2009 von der ETSI veröffentlicht, das sogenannte Basic Set of Applications [2].

Eine weitere Schlüsselrolle auf dem Gebiet der Standardisierung übernimmt das Car-2-Car Communication Consortium (C2C-CC), ein Konsortium aus europäischen Fahrzeugherstellern, Zulieferern und Forschungseinrichtungen, das unter anderem gegründet wurde, um gemeinsam Spezifikationen zu definieren und dadurch Interoperabilität zwischen verschiedenen Fahrzeugklassen und -herstellern zu gewährleisten. Ihr regelmäßig aktualisiertes Basic System Profile spezifiziert die Konditionen für V2X-Applikationen für den europäischen Raum. Parallel zu den europäischen Entwicklungen auf dem Gebiet V2X gibt es für

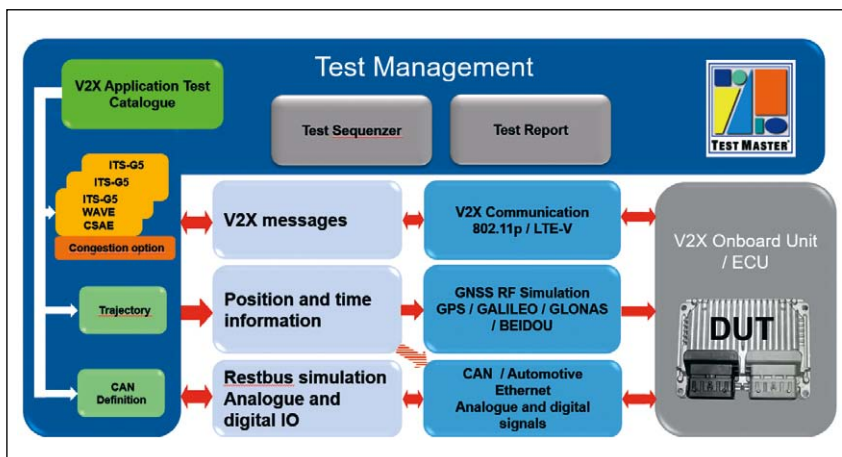


Bild 2. Schematischer Aufbau eines V2X-Testsystems. (Bild: SEA Datentechnik)

die Regionen USA und China jeweils abweichende Spezifikationen, das heißt, Unterschiede im verwendeten Kommunikationsstandard aber auch andere Nachrichtentypen, Applikationen und Sicherheitsbestimmungen [3, 4]. Selbst innerhalb Europas ist es teils sinnvoll, den Nachrichteninhalte länderspezifisch zu standardisieren, da Verkehrsregeln und Straßenstruktur selbst von Land zu Land verschieden sein können. Dabei leistet die Amsterdam Group einen Beitrag zur Standardisierung der V2X-Steereinheiten der Infrastruktur und spezifiziert zum Beispiel für den Use Case „Road Works Warning“ (RWW) für die Niederlande, Österreich und Deutschland die Nachrichteninhalte und Sendemodi [5].

ANFORDERUNGEN AN TEST UND VALIDIERUNG

Für die Automobilindustrie sind der Test und die Validierung der V2X-Implementierung auf Applikationsebene eine neue Herausforderung, da dabei Aspekte wie Hardware, Software, Applikation, Security, Safety und Funkkommunikation zusammenkommen. Zudem können V2X-Nachrichten immer nur im Kontext mit ortsbezogenen Positionsinformationen und dem eigenen Fahrstatus bewertet werden, das heißt beim Test eines Steuergerätes (ECU oder TCU) bedarf es einer Simulation eines entsprechenden Fahrscenarios, um die V2X-Funktion hinreichend prüfen zu können. Basierend auf dem Fahrscen-

nario werden dem Steuergerät (das sogenannte Ego Car) die aktuelle Position entweder über CAN oder als reale Informationen mittels GNSS-RF-Simulation vorgegeben, wobei dabei jeweils der regional verwendete Standard wie GPS, Galileo, Glonass oder Beidou einzusetzen ist.

Informationen zum aktuellen Fahrstatus wie Geschwindigkeit, Beschleunigung, Lenkwinkel, Bremskraft, Blinker, etc. werden aus der Simulation ebenfalls dem Steuergerät über CAN übermittelt. Dabei ist die Synchronität zwischen GNSS-Simulation und Fahrstatusinformationen ein entscheidender Faktor für die sinnvolle und erfolgreiche Testausführung. **Bild 2** zeigt den schematischen Aufbau eines V2X-Testsystems.

Sind diese Grundvoraussetzungen sichergestellt, können die eigentlichen V2X-Funktionalitäten getestet werden. Hinsichtlich der korrekten Aussendung von V2X-Nachrichten (Tx-Test) müsste der Prüfling bereits eigene V2X-Nachrichten über seinen allgemeinen Status in Form von CAM (EU-Standard) bzw. BSM (USA, China) zyklisch versenden, sobald das Testszenario simuliert wird. Diese Nachrichten werden vom Testsystem empfangen und mit den aus der Simulation bekannten Daten für die Position, Fahrtrichtung, Geschwindigkeit etc. verglichen. Durch zusätzliche Stimulation aus dem Testszenario, wie zum Beispiel einer Notbremsung, müsste der Prüfling eine entsprechende V2X-Nachricht (EEBL, Electronic Emergency Brake Light) versenden.

Okay Tosunoğlu
Ihr dataTec Experte vor Ort

dataTec

Mess- und Prüftechnik. Die Experten.

Um das beste Gerät für Ihre Aufgabe zu finden, können Sie unzählige Gespräche führen. Oder eins.

Wir haben unser Produktsortiment erweitert – doch ein großes Angebot mit starken Marken führt Sie noch nicht zur besten Lösung. Hier macht dataTec den entscheidenden Unterschied: Profitieren Sie von unserer langjährigen Erfahrung und herstellerunabhängigen Beratung, bei der wir Ihre Anforderungen in den Mittelpunkt stellen. Als größter Fachdistributor Europas gibt Ihnen dataTec die Garantie, genau das Produkt zu erhalten, mit dem Sie Ihre Aufgabe am besten lösen können. Das ist die Größe, an der wir uns messen lassen. **#messbaregröße**

Jetzt unter einem Dach:

ROHDE & SCHWARZ
Make ideas real



Tektronix

KEYSIGHT
TECHNOLOGIES
Premium Plus Distributionspartner

#messbaregröße

Mehr unter: >>> www.datatec.de

Basierend auf einem V2X Application Test Catalogue können so verschiedene Szenarien für die unterschiedlichen V2X-Applikationen getestet werden.

Etwas anders ist der Ablauf beim Empfang von V2X-Nachrichten (RX-Test) durch den Prüfling. Für jeden simulierten Verkehrsteilnehmer, ein sogenanntes Traffic Object, muss die entsprechende V2X-Nachricht vom Testsystem generiert werden. Sind zum Beispiel fünf weitere Fahrzeuge im Testszenario enthalten, bedeutet das, dass pro Sekunde mindestens fünf Statusnachrichten als CAM bzw. BSM generiert werden müssen. Durch die Komplexität der V2X-Nachricht muss für jedes Traffic Object ein eigener V2X-Protokollstack vorgesehen werden, um die Unabhängigkeit und Authentizität der Nachricht sicherzustellen. Diese detaillierte Situation beschränkt die Anzahl der gleichzeitig zu simulierenden Traffic Objects in einem Szenario.

SIMULATION VON MEHR TRAFFIC OBJECTS

Um mehr Traffic Objects zum Beispiel für eine Stausituation auf der Autobahn (Congestion Szenario) simulieren zu können, teilt man die Objekte sinnvollerweise in zwei Kategorien: Objekte, die im näheren Umkreis des Ego Cars liegen, werden basierend auf dem V2X-Protokollstack vollständig standardkonform simuliert. Nachrichten von Fahrzeugen, die sich weiter entfernt befinden, werden nur mit den wesentlichen Inhalten wie Position, Geschwindigkeit und Fahrtrichtung in der jeweiligen V2X-Nachricht simuliert. Auf diese Weise gelingt es, auch Szenarien mit mehr als hundert Fahrzeugen hinreichend genau zu simulieren und das Verhalten der ECU unter erhöhter Kommunikationslast zu testen. Die vom Prüfling empfangenen V2X-Nachrichten müssen von der V2X-Applikation hinsichtlich Relevanz, Priorität und Inhalt ausgewertet werden. So ist zum Beispiel eine V2X-Warnung bezüglich eines Stauendes unbedeutend, wenn sich der Stau auf der Gegenrichtung der Autobahn befindet. Liegt das Stauende jedoch in Fahrtrichtung, ist der Abstand und eventuell sogar die Fahrspur von entscheidender Bedeutung. Dazu muss die V2X-Applikation die Positionsangaben in der Nachricht hinsichtlich der eigenen Position und Fahrtrichtung bewerten.

An diesem Beispiel wird deutlich, wie wichtig die Genauigkeit und Synchronität der Signalgenerierung durch das Testsystem ist. Zeitliche Abweichungen zwischen CAN-Informationen und GNSS-Simulation machen das Testergebnis unbrauchbar. Zur Durchführung der Funktionstests kommen daher entweder einfache sogenannte Open-Loop-Testsysteme mit vordefinierten Szenarien oder aber komplexere, skalierbare Closed-Loop-(Hardware-in-the-Loop)-Testsysteme mit der Möglichkeit zur Einbindung weiterer Sensorinformationen zum Einsatz.

Weitere Prüfsysteme für das V2X-Umfeld adressieren die automatisierte Prüfung der Compliance der Funkstrecke mit den Vorgaben der Standards (zum Beispiel 3GPP für LTE-V) und gesetzlichen Regelungen der jeweiligen Region. Die Einhaltung der Standards ist essenziell zur Gewährleistung der

Kommunikation zwischen den Teilnehmern und Vermeidung der Störung anderer Funkstandards.

Ein wichtiges Kriterium bei der Planung oder Beschaffung eines V2X-Testsystems ist, die Unterstützung der unterschiedlichen weltweiten Standards, angefangen bei den unterschiedlichen GNSS-Standards GPS, Galileo, Glonass und Beidou, über die zwei V2X-Kommunikationsstandards 802.11p und LTE-V bis hin zu den regional unterschiedlichen V2X-Nachrichtenstandards ITS-G5, WAVE und CSAE. Ein umfangreicher Testkatalog mit konfigurier- und parametrierbaren V2X-Szenarien und universell definierbare Grenzwerte für die Testauswertung sind für den effizienten Einsatz des V2X-Testsystems in der Entwicklung und Validierung unverzichtbar. IH

Literatur

- [1] ETSI European Standard: EN 302 637-2: Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service
- [2] ETSI Technical Report TR 102 638: Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Definitions (Juni 2009)
- [3] SAE standard J2945: On-Board System Requirements for V2V Safety Communications (March 2016)
- [4] CSAE standard T/CSAE 53-2017 Cooperative intelligent transportation system; vehicular communication; application layer specification and data exchange standard
- [5] White Paper Amsterdam Group, Message Set and Triggering Conditions for Road Works Warning Service, (April 2016)



AXEL MEINEN

ist seit mehr als zwanzig Jahren im Bereich der HF-Übertragung und der Mobilfunktechnologien tätig. Seit 2015 ist der Dipl.-Ing (FH) technischer Vertriebsleiter für Testsysteme und Prüfstände in Industrie und Forschung bei S.E.A. Datentechnik und unterstützt in den letzten vier Jahren die Geschäftsentwicklung im Bereich V2X-Prüfösungen.
axel.meinen@sea-gmbh.com



STELLA GLÖCKNER

ist Entwicklerin und Projektingenieurin für den Bereich V2X bei S.E.A. Datentechnik und ist verantwortlich für die Themen Application Testing, User Experience und Projektplanung.