© Continental

Können Fahrzeuge unter Kurzsichtigkeit leiden?

Wenn die Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation als weiteres Fahrerassistenzsystem in die Fahrzeuge kommt, dann ist die größte Herausforderung neben dem herstellerübergreifenden Zusammenwirken die Verlässlichkeit und Zuverlässigkeit der Technologie – eine Anforderung, die bei funkbasierten Systemen sehr schwer sicherzustellen ist. Doch wie genau definiert man eigentlich Zuverlässigkeit?

In mehreren Anwendungsbereichen haben sich unterschiedliche Zuverlässigkeitsdefinitionen etabliert. In industriellen Anwendungen bezeichnet man ein System als „hochverfügbar", wenn die Fehlerwahrscheinlichkeit geringer als ein Prozent ist. Bei medizinischen Testverfahren muss der Fehler 1. Art, also die Wahrscheinlichkeit, dass eine Annahme falsch ist, gar unter 0,1 Prozent liegen, um ein Resultat als „signifikant" zu bezeichnen. Und bei Software Anwendungen spricht man von einem stabilen Programm, wann auf 2000 Zeilen Code im Durchschnitt weniger als ein Fehler vorkommt.

Doch für die Reichweite eines Funksystems gibt es eine solche Definition nicht. Ein Radiosender suggeriert seinen Hörern eine besonders große Reichweite, indem er den letztmöglichen Punkt misst, wo im Auto vielleicht noch irgendein erkennbarer Ton im Rauschen identifizierbar ist. Für sicherheitsrelevante Kommunikationssysteme ist eine solche Definition sicher unzulässig. Aus Sicht des Endnutzers sollte ein Paketfehlerrate festgelegt werden, die nicht überschritten werden darf. Da mit steigender Entfernung und abnehmender Signalstärke auch die Anzahl der verlorenen Pakete ansteigt, kann auf diese Weise relativ genau eine Entfernung »

zwischen Sender und Empfänger angegeben werden, die als Reichweite bezeichnet werden kann. So wurde es auch in der größten europäischen Feldstudie, dem simTD-Projekt, im Jahr 2013 gemacht. Dort wurden experimentell für verschiedene Situationen Reichweiten von knapp 600 Metern (bei direkter Sichtverbindung und nahezu keiner Bebauung) und unter 100 Metern (an Kreuzungen oder in scharfen Kurven ohne Sichtkontakt) festgestellt. Doch diese Aussagen gelten lediglich für die Technologie im Allgemeinen und lassen keine Rückschlüsse auf spezielle Fahrzeuge zu. Um die tatsächliche Reichweite zu bestimmen, müssen die folgenden Faktoren in Betracht gezogen werden:

- Sendeleistung (üblicherweise 20 dBm bzw. 100 mW),
- Empfindlichkeitsschwelle des Empfängers (je nach Hersteller liegt diese zwischen -90 und -100 dBm),
- Antennenmuster: Üblicherweise werden Antennen mit einem Antennengewinn in eine Richtung verwendet. Das genaue Muster ergibt sich letztlich jedoch durch die
- Positionierung im Auto: Hier ist insbesondere die Höhe zu berücksichtigen. Eine Antenne in der Dachfinne führt zu einer völlig anderen Abstrahlcharakteristik als eine in der Stoßstange verbaute Antenne, mit der das Signal möglichweise geradewegs unter vorfahrenden oder folgenden Lkws durch gesendet werden kann.
- Umgebung: In ländlichen oder in städtischen Umgebungen ist die Radiowellenausbreitung aufgrund von Reflexionen und Abschattungen völlig unterschiedlich zu beurteilen. Besonderes Augenmerk im Verkehr ist außerdem auch aufAutobahnen und Kreuzungen zu legen.
- Sichtkontakt zwischen Sender und Empfänger: In jeder Umgebung ändert sich das Verhalten maßgeblich, wenn sich plötzlich ein Lkw zwischen zwei Fahrzeuge schiebt.

Feldstärkeemulator

Mit dem Feldstärkeemulator des Aachener Unternehmens Qosmotec lassen sich alle diese Faktoren in einer Labortestumgebung simulieren, sodass Tests mit Fahrzeugen und eingebauten Funkmodulen auf der Straße nicht notwendig sind, um eine Analyse der Funkreichweite durchzuführen. Für eine Simulationsstudie hat Qosmotec aktuellste Funkwellenausbreitungsmodelle, die speziell für die Fahrzeug-zu-Fahrzeug Kommunikation entwickelt wurden, implementiert. Zusätzlich wurde das Antennenmuster eines speziellen Fahrzeugs mit Front- und Heckantenne für die Simulation verwendet. Das Auto wurde hierzu in einer funktechnisch isolierten Umgebung rundherum vermessen, sodass sämtliche Metallverstrebungen im Auto, die den Empfang von Funknachrichten in irgendeiner Weise negativ beeinflussen können, bei der Simulation mit berücksichtigt werden konnten. Unter Berücksichtigung dieser Einflussfaktoren wurde der folgende Testaufbau konzipiert (Bild 1).

Zwei 802.11p-fähige Radiosender mit je zwei Antennenanschlüssen wurden durch hochfrequenzdichte Schirmboxen voneinander isoliert und das Funksignal durch Koaxialkabel geleitet. Zwischen Sender und Empfänger wurde der Feldstärkeemulator QPER von Qosmotec gehängt – ein Kanalsimulator, der die je zwei Antennenanschlüsse untereinander mittels digital steuerbarer Dämpfungsglieder verbindet. So kann die Stärke des übertragenen Signals exakt in Schritten von 0,5 dB und mit Umschaltzeiten im Mikrosekundenbereich kontrolliert werden. Zur Ansteuerung der Radiosender wurde die Software CANoe von Vektor Informatik verwendet. Diese diente dazu, auf einem der beiden Geräte Pakete mit einer Frequenz von 100 Hz auf den Funkkanal zu senden und auf dem anderen Gerät festzustellen, welche Pakete empfangen wurden. Durch die Synchronisation der beiden Systeme QPER und CANoe konnte so festgestellt werden, unter welchen Funkbedingungen Pakete bei der Übertragung verloren gingen.

Ländliche Umgebung

Mit diesem Testaufbau wurde zunächst als Referenzmodell die Situation „Rural LOS" abgebildet, das heißt, zwei Fahrzeuge in ländlicher Umgebung mit direktem Sichtkontakt und ohne weitere größere Störeinflüsse durch Verkehr oder Bebauung. Als Ausbreitungsmodell wurde das sogenannte Zwei-Wege-Modell verwendet. Dies berücksichtigt die Einbauhöhen der Antennen im Fahrzeug, die Distanz sowie die jeweiligen Antennengewinne, also das vermessene Antennendiagramm am Fahrzeug. Bei einer maximal tolerierbaren Paketverlustrate von 5 % wurde eine Reichweite von 680 Metern ermittelt. Ein Abgleich mit den Ergebnissen der simTD-Studie zeigt deutlich die Realitätsnähe dieser Simulation. Dort wurde eine Reichweite von 580 Metern bei einer tolerierten Paketverlustrate von 1% ermittelt, was sich mit den Ergebnissen der Simulation nahezu deckt. Für weitere Simulationen wurde jedoch weiter mit der Fünf-Prozent-Schranke gearbeitet, um verlässlichere Aussagen treffen zu können, da ein einzelnes verlorenes Paket pro Sekunde nicht ausreichend aussagekräftig erschien. Im zweiten Schritt wurde der Effekt von Mehrwegeausbreitung untersucht, es wurde also neben der Bodenreflexion auch die Reflexion an umliegenden Gebäuden simuliert. Die Reich-

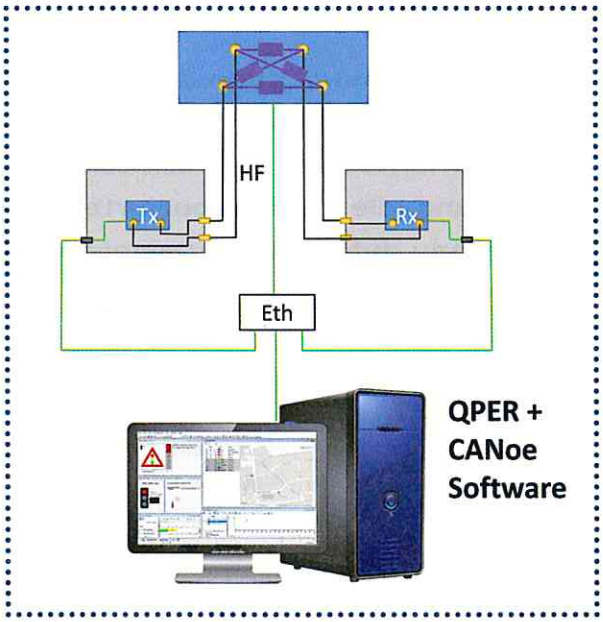

Bild 1: Schematischer Testaufbau. Zwischen Sender und Empfänger wurde der Feldstärkeemulator QPER von Qosmotec gehängt. (© Qosmotec)

© Carl Hanser Verlag, München

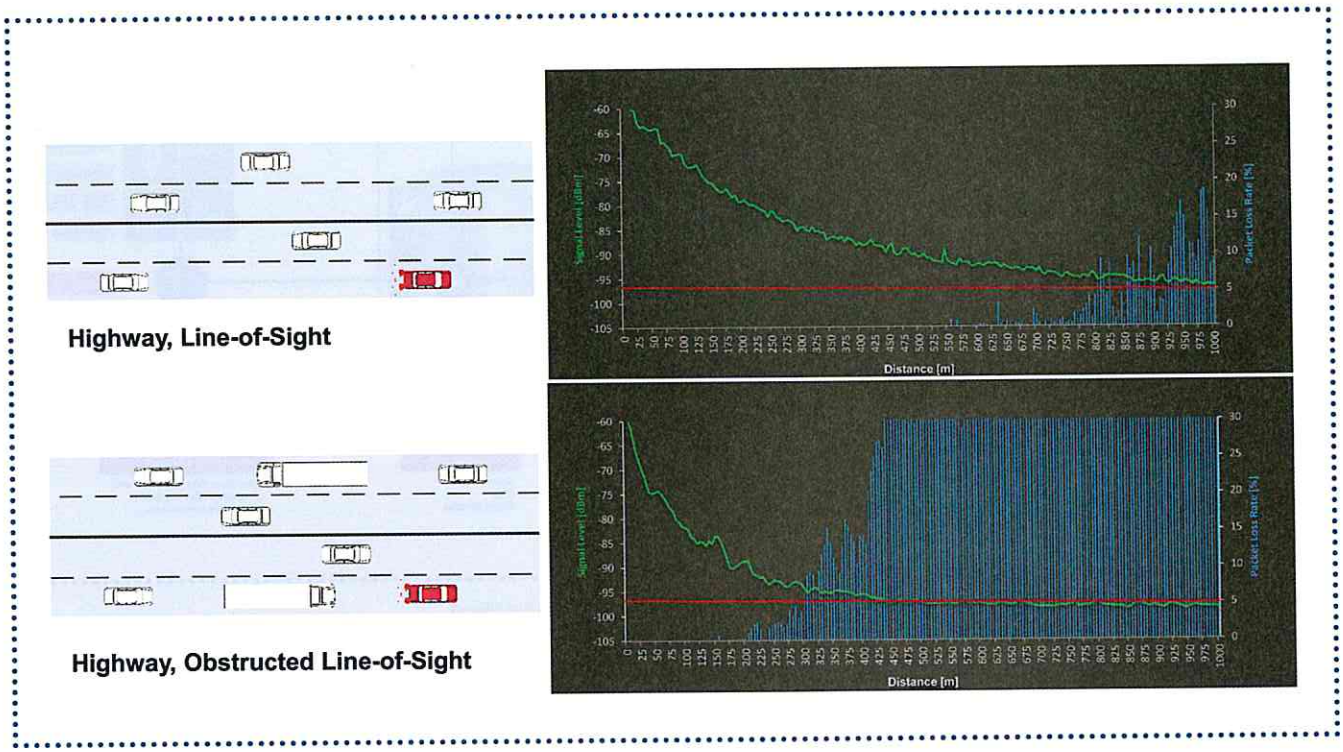

Bild 2: Simulationsergebnisse auf Autobahnen. (© Qosmotec)

weite sank bei diesem Modell bereits auf 480 Meter. Wesentlich auffälliger ist hierbei jedoch, dass die Ein-Prozent-Schwelle tatsächlich keine Aussagekraft mehr hätte, denn kleine Paketfehlerraten traten bei dieser Annahme bereits auf kurzen Distanzen auf.

Stadt und Autobahn

In weiteren Simulationsdurchgängen untersuchte Qosmotec nun den Einfluss von städtischen Umgebungen sowie Fahrten auf Autobahnen. Hierzu wurde ein Modell verwendet, welches von Taimor Abbas, Katrin Sjöberg, Johan Karedal und Fredrik Tufvesson [1] aufgestellt wurde. Bei einem Stadtszenario mit Sichtverbindung ergibt sich zunächst kein signifikanter Unterschied zur ländlichen Situation. Die Fünf-Prozent-Schwelle wird erstmalig bei 650 Metern erreicht. Allerdings wird sie in der Folgezeit auch wieder mehrfach unterschritten, was vor allem an der stärkeren Kanalisierung des Funksignals durch Bebauung liegt. Ohne Sichtkontakt sind die Ergebnisse in der Stadt vergleichbar mit der Fast-Fading-Situation auf dem Land. Die Reichweite liegt hier bei ca. 420 Metern.

Sehr interessant sind vor allem die Ergebnisse auf Autobahnen (Bild 2). Bei direktem Sichtkontakt der Fahrzeuge reicht die Kommunikation bis zu 800 Meter weit. Ist die Verbindung jedoch unterbrochen, weil sich beispielsweise Lkw zwischen den Fahrzeugen befinden, fällt die Reichweite auf ca. 300 Meter und schon bei rund 200 Metern sind die ersten Einbußen der Übertragungstechnik erkennbar. Hier zeigt sich deutlich der Schwachpunkt einer rein WLAN-basierten Kommunikation zwischen Fahrzeugen und die Notwendigkeit, diese an Autobahnen durch entsprechende Infrastruktur an den Seitenrändern, die Warnsignale aufnimmt und dann für nachfolgende Fahrzeuge wiederholt. Werden diese Repeater dann in entsprechender Höhe aufgestellt, sodass eine Sichtkontakt auch auf mehrere hundert Meter Entfernung gewährleistet ist, kann diese Technik für eine erhebliche Verbesserung der Verkehrssicherheit sorgen, auch dann, wenn sie nur von wenigen Fahrzeugen genutzt wird.

Ein dem oben beschriebenen recht ähnliches Modell entwickelten Thomas Mangel, Oliver Klemp und Hannes Hartenstein für Kreuzungen [2]. Dieses berücksichtigt vor allem, wie weit sich der Empfänger einer Nachricht noch von der Kreuzungsmitte befindet. Entsprechend simulierte Qosmotec Situationen, in denen der Nachrichtenempfänger an der Kreuzung wartet und in denen er sich der Kreuzung nähert. Das wartende Fahrzeug empfängt noch Signale aus etwa 225 Metern Entfernung. Bei zwei sich bewegenden Fahrzeugen reduziert sich dies jedoch auf 75 Meter. Auch dies ist ein Indiz dafür, dass diese Kommunikationstechnik in Städten nur dann einen spürbaren Nutzen bringt, wenn zumindest an gefährlichen Kreuzungspunkten Signalverteiler aufgebaut werden, die die Nachrichten in jeden anknüpfenden Straßenzug verteilen. ■ (oe)

Literatur

[1] Taimoor Abbas, Fredrik Tufvesson, Katrin Sjöberg, Johan Karedal: „Shadow fading model for Vehicle-to-Vehicle Network Simulations", Dept. of Electrical and Information Technology, Lund University, Sweden; http://arxiv.org/abs/1203.3370v5

[2] Thomas Mangel, Oliver Klemp, Hannes Hartenstein: "5.9 GHz inter-vehicle communication at intersections: a validated non-line-of-sight path-loss and fading model"; EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking 2011; http://jwcn.eurasipjournals.com/content/pdf/1687-1499-2011-182.pdf

» www.qosmotec.com

Mark Hakim ist Geschäftsführer der Qosmotec Software Solutions GmbH.