

VERFAHREN DER MOBILFUNKTECHNIK FÜR CAR-TO-X-PRÜFSTÄNDE

Die Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation steht kurz vor dem Übergang von Forschung und Entwicklung in den Wirkbetrieb. Doch noch fehlen zuverlässige, automatisierbare Test- und Prüfmethoden. Feldtests sind aufwendig und kaum reproduzierbar. Qosmotec zeigt Verfahren aus der Mobilfunktechnik, die hierfür effiziente Lösungsansätze bieten.



AUTOREN



MARK HAKIM ist Geschäftsführer der Qosmotec GmbH in Aachen.



DR. DIETER KREUER ist Gesellschafter und Key-Account-Manager bei der Qosmotec GmbH in Aachen.

AUSGANGSSITUATION

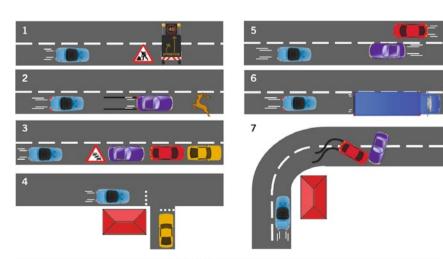
Stellen Sie sich vor, Sie fahren auf ein Stauende zu und hinter Ihnen fährt ein Lkw. Reagiert der Fahrer rechtzeitig und bremst? Oder sitzt er möglicherweise seit Stunden am Steuer und ist übermüdet? Jeder Fahrer würde sich nun sicherer fühlen, wenn Fahrzeuge in derartigen Situationen selbst angemessen reagieren könnten. Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation heißt die Schlüsseltechnik, die ein automatisches Eingreifen des Fahrzeugs zuverlässig ermöglicht und an der derzeit nahezu jeder Automobilhersteller arbeitet. Mit dieser Technik soll das eigene Auto

andere Verkehrsteilnehmer vor kritischen Verkehrssituationen warnen oder selbst gewarnt werden – und im Notfall sogar eigenständig reagieren.

Die Einführung der Car-to-Car-Technik ist das größte herstellerübergreifende Kooperationsprojekt, das es in der Automobilindustrie jemals gegeben hat. Diese Art der bidirektionalen Kommunikation kann nur erfolgreich eingesetzt werden, wenn die Fahrzeuge unabhängig vom Hersteller untereinander Informationen austauschen. Alle Fahrzeughersteller sowie zahlreiche Zulieferer legten die funktionalitäten Standards für das Zusammenwirken untereinander fest

Derzeit steht die Technik kurz vor dem Übergang aus den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen in den Wirkbetrieb und es stellt sich die Frage nach geeigneten Prüf- und Testmethoden. Feldversuche sind extrem aufwendig zu konzipieren und vor allem zu reproduzieren. Sie eignen sich daher nicht für die Analyse von Schwachstellen und die Beseitigung potenzieller Fehlerquellen. Stattdessen müssen – vergleichbar zu Crashtests – verlässliche Möglichkeiten geschaffen werden, um die Technik umfassend im Labor zu testen.

Hierzu gilt es, zunächst geeignete Prüfstände zu entwerfen. Sie müssen Ingenieuren die Möglichkeit bieten, funktechnische Effekte realitätsnah und reproduzierbar nachzubilden. Zusätzlich werden Methoden benötigt, um die Bewegung der Teilnehmer und klassische Verkehrsszenarien, • realitätsnah



Typische Anwendungsfälle für die Car-to-Car-Kommunikation (von oben links nach unten rechts):

1) Baustellenwarnung, 2) starkes Bremsmanöver, 3) Stauende, 4) schwer einsehbarer Kreuzungsbereich,

5) Gegenverkehr auf gleicher Fahrspur, 6) langsames Fahrzeug voraus, 7) Hindernis hinter einer Kurve

ATZ elektronik 06|2014 9. Jahrgang

zu simulieren. Die Tester müssen die Effekte nachstellen können, die bei der realen Übertragung von Funksignalen eintreten.

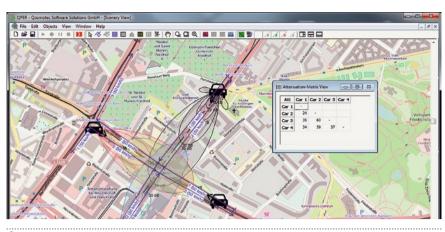
TESTFAHRTEN AM PRÜFSTAND VIRTUALISIEREN

Eine Lösung bietet der Blick auf andere Technologien: In der Mobilfunkbranche wird seit langem die Kommunikation von Teilnehmern getestet, die sich bewegen. Die Firma Qosmotec hat hierfür das Konzept der virtuellen Testfahrten entwickelt. Momentan arbeitet das Unternehmen daran, dieses Konzept auf die Kommunikationanforderungen im Automobilbereich zu übertragen. Der Ansatz besteht darin, die Funksignale vollständig kabelgebunden zu übertragen, und die Funkeffekte in einer kontrollierbaren Umgebung exakt und reproduzierbar nachzubilden.

Dazu werden die Funkmodule hochfrequenzdicht voneinander abgeschirmt, um zu verhindern, dass sie eine Verbindung über die Luftstrecke aufnehmen. Die Signale werden durch Koaxialkabel und den Qosmotec Propagation Effects Replicator (QPER) geleitet. Dessen Hardware, eine Matrix aus Dämpfungs- und Verzögerungselementen, dient dazu, den Funkverkehr zwischen den angeschlossenen Geräten durch Abschwächung und Phasenverschiebung bedarfsgerecht zu manipulieren - und dies individuell auf jeder einzelnen Verbindung. Dies sind n × (n-1)/2 einzelne Funkpfade, wobei n die Anzahl der angeschlossenen Funkgeräte bezeichnet. Das System ist für bis zu 17 Funkgeräte ausgelegt. Die Signalstärke kann auf jedem dieser Pfade im Dynamikbereich von 0 bis 95,5 dB mit einer Schrittweite von nur 0,5 dB digital gesteuert werden. Unter Berücksichtigung einer internen Dämpfung, die je nach Systemgröße zwischen 20 und 50 dB variiert, können so beispielsweise unter Annahme eines einfachen Freiraumausbreitungsmodells

GL. 1 $P = 20 \cdot \lg(4\pi d \cdot f/c) [dB]$

im Frequenzbereich f von IEEE 802.11p Abstände d zwischen Funkgeräten von bis zu deutlich über 2 km abgebildet werden (c steht für Lichtgeschwindigkeit). Die konstante Einfügedämpfung



2 Einfache Modellierung via Software: Funkfeldstärke-Szenarien können zwischen mehreren Verkehrsteilnehmern gleichzeitig simuliert werden; auch unterschiedliche Antennenabstrahlcharakteristiken gehen dabei mit ein

des Systems stellt dabei keinerlei Hindernis dar, denn bereits auf dem ersten Meter verliert ein Signal auf einer Frequenz von 5,9 GHz bereits knapp 50 dB oder 98 % seiner Abstrahlleistung. Doch dieser erste Meter ist für keine Verkehrsanwendung relevant.

Verzögerungselemente sind im Bereich 0 bis 705 ps (Picosekunden) dynamisch steuerbar mit einer Schrittweite von 5,55 ps. Hiermit werden Phasenverschiebungen in Multiantennensystemen abgebildet, die sich ergeben, wenn mehrere Antennen an einem Fahrzeug angebracht sind. Der dynamische Bereich übersteigt die notwendige Spannweite einer kompletten Phasendrehung in dem relevanten Frequenzabschnitt.

Zur Ansteuerung der Hochfrequenzkomponenten wird in einer Software nachempfunden, wie sich das Funksignal in der Luft ausbreitet. 2. Dabei werden neben klassischen Wellenausbreitungsmodellen die Positionierung der Antennen im Fahrzeug und deren Richtdiagramme herangezogen. Die Abstrahlcharakteristiken unterscheiden sich jedoch je nach Fahrzeugtyp und Art der Antenne (zum Beispiel Dachantenne, Außenspiegelantenne). Deshalb kann das Antennendiagramm auch durch den Fahrzeughersteller vorgegeben und in die Software importiert werden. Die Berechnung berücksichtigt Antennenausrichtung, Fahrtrichtung sowie Höhenunterschiede zwischen Sender und Empfänger.

Ein wichtiger Aspekt bei der Ausbreitung von Radiowellen ist der sogenannte Fast-Fading-Effekt, der vor allem in

innerstädtischen Gebieten auftritt. Reflexionen an Gebäuden führen zu Überlagerungen verschiedener Kopien des Ausgangssignals. Hierbei kommt es zu stark schwankenden Signalstärken und lokalen Auslöschungen, die bei dichter und enger Bebauung im Abstand von einer halben Wellenlänge auftreten können. Für die Interfahrzeugkommunikation bedeutet dies Distanzen von nur 2.5 cm - eine Strecke, die ein Fahrzeug bei 50 km/h in weniger als 2 ms zurücklegt. Nun erlaubt die Steuerung der Dämpfungselemente bis zu 4000 Setzungen/s. Durch einen internen FPGA wird sichergestellt, dass diese auch voll parallel und in äquidistanten Abständen erfolgen. Auf diese Weise kann der Einfluss von Mehrwegeausbreitung auf die Signalstärke durch das System mit hinreichender Genauigkeit interpoliert werden. Somit bringt die QPER-Hardware also auch die nötige Präzision mit, um auch komplexe hochfrequenztechnische Einflüsse auf die Signalausbreitung realitätsnah abzubilden

Für den Tester steht für all dies eine recht einfache Benutzeroberfläche zur Verfügung, die die Komplexität nahezu vollständig ausblendet. Denn letztlich ergeben sich ja alle beschriebenen Effekte bei der Signalwellenausbreitung in der Luft. Der Tester bildet also am Prüfstand auf einer grafischen Benutzeroberfläche die Fahrtwege und Geschwindigkeiten der beteiligten Fahrzeuge ab, um damit gewünschte Verkehrssituationen und -konstellationen nachzuempfinden, führt also am Computer eine virtuelle Testfahrt mit mehreren Fahrzeugen



Innovative Halbleiterlösungen

für effiziente und leistungsstarke Elektromobilität

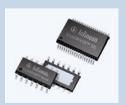
Mit über 40 Jahren Erfahrung als Innovations- und Marktführer in der Automobil- und Hochleistungselektronik sind wir ideal aufgestellt, um unsere Kunden bei den Herausforderungen zukünftiger Mobilitätskonzepte zu unterstützen. Wir haben unser gebündeltes Know-how in die Entwicklung von Halbleiterkomponenten für Hybrid- und Elektrofahrzeuge einfließen lassen und können unseren Kunden führende Halbleiterlösungen bieten.



Unsere neue AURIXTM-Mikrocontrollerfamilie ist ideal für Elektrofahrzeuge geeignet. Bis zu drei unabhängige CPU Kerne bieten ausreichend Leistungsfähigkeit selbst für komplexe Motorsteuerungsalgorithmen. Sie umfasst zahlreiche Sicherheitsfunktionen, die eine Zertifizierung bis ASIL D und ein modernes Batteriemanagement inklusive Abrechnungssystem unterstützen. Erweiterte Energieeffizienz-Merkmale sorgen für eine verlängerte Batterielebensdauer z.B. durch Gewährleistung eines ausgeglichenen Ladezustands der einzelnen Zellen, auch bei langen Parkperiodene.



Mit der HybridPACKTM Familie adressieren wir die komplette Bandbreite an Leistungsklassen, die für IGBT-Module in Hybrid- und Elektrofahrzeugen erforderlich sind. Vielfältige Produktversionen in drei unterschiedlichen Gehäusevarianten ermöglichen größtmögliche Skalierbarkeit über Strom- und Spannungsklassen, ausgehend von 200A/650V über 800A/680V bis hin zu 400A/1200V (Chip-Nennwerte). Alle Module dieser Familie bestehen aus drei IGBT-Halbbrücken und sind speziell für die Anwendung im Automotive-Bereich konzipiert und zugelassen. Die Enhanced-Versionen der Module unterstützen eine maximale Sperrschichttemperatur von 175°C, so dass Leistungspeaks von über 160kW unterstützt werden können.



Unsere EiceDRIVERTM-Familie der nächsten Generation basiert auf der Coreless-Transformer-Technologie (CLT) von Infineon. EiceDRIVERTM SIL bietet zahlreiche Sicherheitsfunktionen. In einem Gehäuse mit Exposed Pad und verbessertem Wärmeverhalten untergebracht, kommt EiceDRIVERTM Boost mit Spitzenströmen von bis zu 15 A zurecht. Die beiden als Chipsatz implementierten Bausteine eignen sich optimal für die meisten Umrichtersysteme in Automotive-Anwendungen, wo Platzeinsparung, Kosteneffizienz und ASIL C/D-Zertifizierung gefragt sind.

www.infineon.com/electromobility

gleichzeitig durch. Die Berechnung und Einstellung der High frequency (HF)-Parameter erfolgt automatisch und lässt sich vor allem exakt reproduzieren.

REALITÄTSNAHE SIMULATION FÜR BEBAUTE GEBIETE

Häufig wird auch ein besonders hoher Grad an Realitätsnähe gefordert. Dann nämlich, wenn Testfahrten in einem konkreten Gebiet am Prüfstand simuliert werden sollen. Um solche Anforderungen zu realisieren, hat Qosmotec die RWTH Aachen ins Boot geholt und ein durch das Bundeswirtschaftsministerium gefördertes Forschungs- und Entwicklungsprojekt initiiert. Ein Forschungsschwerpunkt des Instituts für Theoretische Informationstechnik (TI) der RWTH liegt in der Funkkanalmodellierung. Um dabei ganz spezifische Bebauungs- und Umgebungsinformationen mit einfließen zu lassen, erforschen die Aachener Wissenschaftler hybride Ansätze zur Modellierung des Funkkanals zwischen Fahrzeugen. Denn gängige Modelle parametrisieren die Umgebung so, dass die statischen Eigenschaften möglichst genau mit dem realen Kanal übereinstimmen. Einige dieser zufallsabhängigen Faktoren werden nun durch deterministische, umgebungsabhängige Informationen ausgetauscht. In das Modell gehen die Sichtlinie, andere Fahrzeuge, die als mobile Streuer fungieren, sowie statische Streuer wie Gebäude, Straßenschilder und die Vegetation mit

ein. Mithilfe eines strahlenoptischen Ansatzes werden verschiedene, deterministische Pfade zwischen Sender und Empfänger berechnet und dienen als Basis für die Multipfadausbreitung im Funkkanal. Konkret werden dabei die folgenden Informationen zur Berechnung der Feldstärke an einem Empfänger ausgewertet:

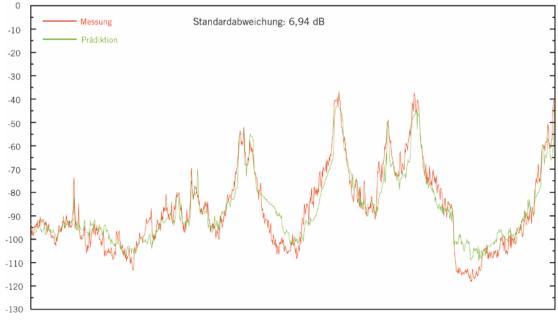
- : die Verzögerung relativ zum schnellsten Pfad
- : die Abstrahl- und Ankunftswinkel in Kombination mit dem sende- und empfangsseitigen Antennendiagramm
- : die komplexwertige Amplitude
- : die distanzbedingte Phasenverschiebung der Funkwelle.

Die Einbeziehung von Bebauungs- und Umgebungsdaten führt so zu einer signifikanten Präzisierung der Kanalberechnungen für ein spezielles Gebiet. "Aus Vergleichen unserer Prädiktionen für die klassische Mobilfunktechnik mit realen Messfahrten wissen wir, dass diese Verfahren rein stochastischen Modellen deutlich überlegen sind", erklärt Forschungsprojektleiter Dr. Michael Reyer vom TI. Dabei kann und soll keine vollständige Deckungsgleichheit einer Prädiktion mit Messergebnissen aus Testfahrten angestrebt werden, denn auch diese weichen von Fahrt zu Fahrt voneinander ab. Die Vorhersage ist dann optimal, wenn sich Mittelwert und Varianz der ermittelten Abweichung nicht mehr von denen zweier Messfahrten unterscheiden. Vielmehr wird die Qualität einer Prädiktion daran gemessen, wie

nahe die mittlere quadratische Abweichung von Messfahrten und Vorhersage an die zweier Messfahrten untereinander heranreicht. Für Mobilfunknetze der dritten und vierten Generation erzielten die Forscher dabei die besten in der Forschung bekannten Ergebnisse, ③, und peilen dies nun auch für die Kommunikation im Straßenverkehr an.

Solche virtuellen Testfahrten am Prüfstand durchführen zu können, stellt für den Test der Car-to-Car-Technik einen erheblichen Fortschritt dar, weil sie den Aufwand in einem realistischen Rahmen halten. Verschiedene Pilotprojekte, in Deutschland vor allem das Forschungsprojekt simTD (Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland), haben offenbart, dass Testfahrten extrem aufwendig sind.

Für einen vollständigen Prüfstandsaufbau ist es notwendig, die beteiligten Funkgeräte auch ansteuern, beeinflussen und Informationen abfragen zu können. Hierbei stößt das QPER-System an seine Grenzen, da es dazu konzipiert ist, die Funkschnittstelle abzubilden, aber nicht unmittelbar die am Test beteiligten Funkgeräte ansteuert. Also arbeitet Qosmotec an einer Integrationslösung mit einem weit verbreiteten Standardwerkzeug in der Automobilbranche zur automatisierten Bedienung von Steuergeräten: Die Software CANoe der Firma Vector Informatik. Über CANoe werden die in OPER simulierten GPS-Positionen an die Steuer- und Funkgeräte im Prüfstand



Realtitätsnahe Vorhersage: beim Vergleich einer Testfahrt mit einer Simulation kommt es darauf an, dass die mittlere Abweichung und die Varianz nicht höher sind als beim Vergleich zweier Testfahrten untereinander

smthybridpackaging

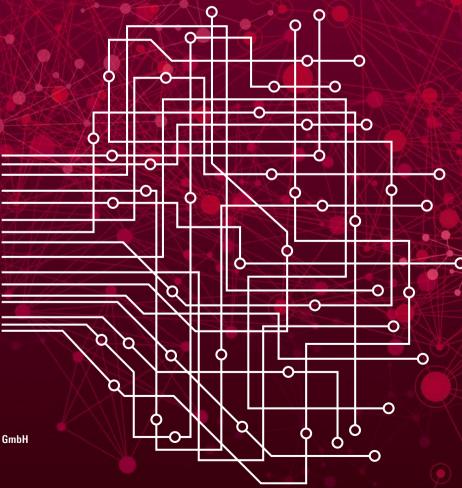


Internationale Fachmesse und Kongress für Systemintegration in der Mikroelektronik

Nürnberg, 05. – 07.05.2015

The place to be!

smt-exhibition.com



Veranstalter: Mesago Mess

Mesago Messe Frankfurt GmbH Rotebühlstrasse 83–85

70178 Stuttgart Tel. +49 711 61946-828 Fax +49 711 61946-93 smt@mesago.de

Messe Frankfurt Group

weitergeleitet. Jürgen Klüser, Leiter der Car-to-X-Entwicklung bei Vector, erläutert warum: "In den Cooperative Awareness Messages (CAM) sowie in den Decentralized Environment Notification Messages (DENM), die sämtliche Teilnehmer der kooperativen Verkehrstelematik untereinander austauschen, teilt das Fahrzeug stets seine aktuelle Position mit. In der Realität misst es diese über einen GPS-Empfänger. Will man nun am Prüfstand eine Testfahrt simulieren, muss man dem Sender permanent eine simulierte Position mitteilen, damit der sie an die anderen Teilnehmer per Funk weiterleiten kann."

VOLLAUTOMATISCHE TESTS MIT QPER UND CANOE

Auch Vector hat seine Software bereits auf die Bedürfnisse der neuen Technik erweitert: die neue Komponente CANoe. Car2X wurde zur Ansteuerung von On-Board Units und Road-Side Units entwickelt. Natürlich geht auch diese Erweiterung in den Prüfstandsaufbau ein. Mithilfe des CANoe.Car2X-Moduls können sämtliche über Funk übermittelte Signale

aufgezeichnet und dargestellt werden. In einer umfangreichen Analyseansicht werden alle ausgetauschten Nachrichten sowohl aus der physikalischen Schicht als auch aus der Applikationsschicht detailliert dargestellt. Frei konfigurierbare Filter bieten dem Tester eine schnelle Übersicht über die für ihn relevanten Ergebnisse. Durch die Kombination der Car-to-X-Erweiterung mit dem Luftschnittstellensimulator OPER schließt sich die Lücke, die eine vollständig simulierte Testfahrt im Labor ermöglicht. Bei der Analyse sieht der Tester genau, was an welcher Stelle und unter welchen Funkbedingungen passieren wird.

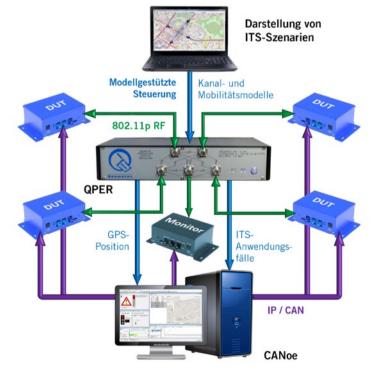
Für einen umfassenden Test der Kommunikationstechnik in realen Verkehrssituationen wird im Prüfstand die Simulationsfunktion der CANoe-Software genutzt. Der Test kann somit gezielt um spezifisches Verhalten einzelner Verkehrsteilnehmer oder Infrastrukturelemente erweitert und die Reaktion der am Prüfstand angeschlossenen Geräte geprüft werden. Hierfür werden eine Reihe von Standardszenarien bereitgestellt, beispielsweise Sperrungen von

Fahrspuren durch Baustellen, langsam fahrende oder liegen gebliebene Fahrzeuge in Kurven oder hinter Bergkuppen, unübersichtliche oder schwer einsehbare Kreuzungen und Einmündungen. Der Tester kann hiermit prüfen, ob unter realen Bedingungen die Technik wirklich rechtzeitig auf die Gefahrensituation reagiert. Der Prüfstand kann dabei mit einer leicht überschaubaren Anzahl angeschlossener Teilnehmer übersichtlich und bedienbar gehalten werden, trotzdem können sehr komplexe Situationen mit vielen Verkehrsteilnehmern dargestellt werden. Dies geht soweit, dass auch hohes Nachrichtenaufkommen abgebildet werden kann. Denn auch bei hohem Funkverkehr muss das Funkmodul in der Lage sein, Verbindungen zu anderen Verkehrsteilnehmern aufzubauen, aufrecht zu erhalten und vor allem für das eigene Fahrzeug wichtige Informationen schnell und korrekt zu verarbeiten.

Letztlich bildet die Kombination aus dem Luftschnittstellenemulator QPER und der Testautomatisierungsplattform CANoe und ihrem Car2X-Modul einen effizienten Prüfstand für die Car-to-Car-Kommunikationstechnik, ③. Sie ermöglicht es, Testfahrten virtuell durchzuführen und dabei komplexe Interaktionen von Verkehrsteilnehmern nachzustellen. Vor allem macht der hier skizzierte Prüfstandsaufbau diese Tests und sämtliche Umgebungsvariablen wiederholbar und reproduzierbar.

LITERATURHINWEISE

- [1] Qosmotec GmbH; Car2X Test Systems Übersicht. www.qosmotec.com/products/ car2x-test-systems/
- [2] Lehrstuhl für Theoretische Informationstechnologie der RWTH Aachen; Forschungsprojekt "Realitätsnahe Feldstärkeprädiktion und Mobilitätsmodelle in der Verkehrstelematik". www.ti.rwth-aachen.de/research/projects/VtoX.shtml
- [3] Vector Informatik GmbH: Entwicklungs- und Testwerkzeug CANoe.Car2x. www.vector.com/ vi_canoe_car2x_de.html



♠ Kombination aus Funksignalemulator und Testautomatisierung: Funkgeräte (Devices under Test, DUT) tauschen Informationen unter wechselnden Feldstärkebedingungen aus (grüne Pfeile), gleichzeitig erhalten sie Positions- und Handlungsanweisungen über die Software CANoe (lila Pfeile), die außerdem den Nachrichtenverkehr mitschneidet



DOWNLOAD DES BEITRAGS

www.springerprofessional.de/ATZ elektronik



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

order your test issue now: springervieweg-service@springer.com



Die perfekten

Automotivelösungen für Innovationsführer ENTWICKELN



GIGATRONIK ist der verlässliche Entwicklungs- und Consultingpartner für Elektronik und Informationstechnologie. Mit Standorten in Deutschland, Österreich und der Schweiz gehören wir branchenübergreifend zu den bedeutendsten spezialisierten Entwicklungspartnern in Europa. Erfahren Sie mehr über uns unter:

www.gigatronik.com