



Multimode-Radar-Technologie für 24 GHz

Wesentliche Komfort- und Sicherheitsapplikationen im Fahrzeug wie Totwinkel-Überwachung, Stop & Go, Pre-Crash oder Einparkassistent lassen sich mit Hilfe von Radar-Sensoren realisieren. Die eingesetzten Radar-Sensoren können dabei zum einen über die benötigte Bandbreite (Schmalband bzw. Ultra-Breitband) und zum anderen über die Modulation des Sendesignals (Pulsmodul bzw. CW) unterschieden werden. Ultra-Breitband-Systeme sind nach den geltenden Bestimmungen in der Europäischen Union nicht zulassungsfähig. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick zum Thema und erläutert wie ein Sensor, der sich derzeit in der Serienentwicklung befindet, die wesentlichen Applikationen im Fahrzeug abdeckt, wobei dessen abgegebene Sendesignale im Rahmen der geltenden Grenzwerte für die Zulassung innerhalb der Europäischen Union liegen.

Im Rahmen des Aktionsprogramms für Straßenverkehrssicherheit wird innerhalb der Europäischen Union bis zum Jahr 2010 eine Halbierung der Zahl der Verkehrstoten angestrebt. Ein wesentlicher Beitrag dazu ist die Möglichkeit, Fahrzeuge mit einer Sensorik zur Überwachung des Fahrzeugumfeldes auszustatten. Auf diese Weise lässt sich nach Untersuchungen des Bundesverkehrsministeriums BMVBW präventiv Einfluss auf mehr als 50 % aller Unfälle nehmen. Der positive Einfluss auf die Verkehrssicherheit hängt dabei nicht zuletzt vom Umfang ab, in dem Fahrzeuge zukünftig mit solchen Assistenzsystemen ausgestattet werden. Zielsetzung sollte daher sein, diese Systeme nicht nur Fahrzeugen der Oberklasse vorzubehalten.

Gemeinsam mit Partnern entwickelt Hella einen 24-GHz-Multimode-Radar-Sensor, der in zukünftigen elektronischen Fahrerassistenzsystemen einge-

setzt wird (etwa Spurwechsellassistent, Tote-Winkel-Überwachung, Einparkassistent). Dieser Sensor zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass seine Sendesignale innerhalb der Grenzwerte für eine Zulassung in der Europäischen Union liegen.

Technische Anforderungen an die Sensorik

Eine Überwachung des Fahrzeugumfeldes stellt im wesentlichen zwei Grundanforderungen an die eingesetzte Sensorik: Zum einen ist es erforderlich, Objekte frühzeitig zu erkennen. Dies stellt insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten Anforderungen an die Reichweite der eingesetzten Sensoren. Zum anderen ist es notwendig, eine hinreichend gute Unterscheidung unterschiedlicher Objekte zu gewährleisten. Somit ergibt sich die Anforderung an eine gute Entfernungsauflösung der Sensorik im Nahbereich. Außerdem müssen die eingesetzten Sensoren problemlos ins Fahrzeug integrierbar sein. Durch den Einbauort, z. B. hinter dem Stoßfänger, ergibt sich somit die Forderung, dass die Sensoren in der Lage sind Kunststoffe zu durchdringen.

Mögliche technische Lösungen mit Hilfe von 24-GHz-Sensoren

Je nach Anforderungen können Radarsysteme verschieden ausgelegt werden. Neben der Bestimmung von Ort (Entfernung und Winkel zum Radar) und Relativgeschwindigkeit (über Dopplereffekt) detektierter Objekte ist die Ent-

fernungsauflösung eine zu spezifizierende Anforderung. Die Entfernungsauflösung ist die Fähigkeit, zwei Objekte, die ungefähr gleiche Entfernung haben, als zwei separate Objekte detektieren zu können. Je größer die Bandbreite des Radarsendesignals ist, desto besser wird die Entfernungsauflösung. Für die Fähigkeit, Objekte im Winkel auflösen bzw. separieren zu können, ist die Richtwirkung der Radarantennen entscheidend. Je schmäler die Richtkeulen der Antennen, desto besser können Objekte mit ähnlichem Winkel getrennt detektiert werden (Bild 1).

Für die Reichweite ist die mittlere Sendeleistung ein wichtiger Parameter: Je stärker der zu überwachende Bereich beleuchtet wird, desto weiter entfernte Reflektoren können detektiert werden. Die Messung von Relativgeschwindigkeiten mit dem Dopplereffekt ist umso genauer, je länger das ausgesendete Signal andauert und empfängerseitig beobachtet bzw. ausgewertet wird. Zur Messung von Relativgeschwindigkeiten wird also idealerweise ständig ein Signal ausgesendet.

Im Umkehrschluss bedeutet dies: Je kürzer die Pulse eines Pulsradars, desto ungenauer ist die Messung der Relativgeschwindigkeit über den Dopplereffekt. Dementsprechend lassen sich Radarverfahren grob in zwei Kategorien aufteilen, nämlich in Dauerstrich-Radar, das auch CW-Radar (Continuous Wave – CW) genannt wird, und Pulsradar (Bild 2). Heute werden auch bei den 24-GHz-Kfz-Radaren im wesentlichen

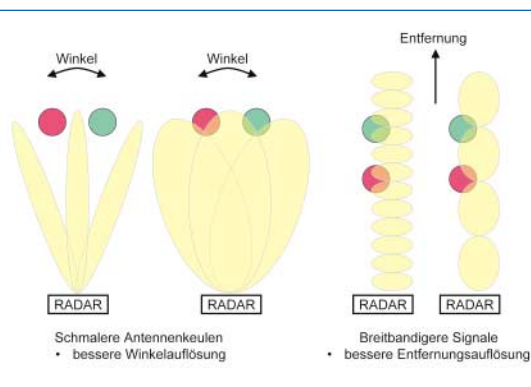


Bild 1: Winkel- und Entfernungsauflösung in Abhängigkeit von Antennenkeule und Bandbreite. Grafik: Hella



DIE AUTOREN

Die Autoren arbeiten bei der Hella KG Hueck & Co. in Lippstadt – **Dipl.-Ing. Thomas Wixforth** (links) als Entwicklungsingenieur Radarsysteme und **Dr.-Ing. Wolf Ritschel** (rechts) als Leiter Elektronikentwicklung Fahrerassistenzsysteme, Radar- und Kamerasysteme.

zwei Ansätze verfolgt: Der eine Ansatz nutzt ein extrem breitbandiges pulsmoduliertes Radar mit der Bezeichnung Ultra-Wide-Band-Radar (UWB) oder Short-Range-Radar (SRR) mit einem Bandbreitebedarf von circa 5000 MHz. Der zweite Ansatz nutzt ein schmalbandig moduliertes Dauerstrichradar (CW-Radar), mit einem Bandbreitebedarf von zirka 100 bis 200 MHz.

UWB-Radar

Die 24-GHz-UWB-Radar-Sensoren für Kfz-Anwendungen sind insbesondere

	Breitbandiges pulsmoduliertes Radar (UWB)	Schmalbandiges Dauerstrich Radar (CW)
Bandbreite	5000 MHz	100-200 MHz
Mittlere EIRP Leistung	1 mW	100 mW
Reichweite	20-30m	70 m

Bild 2: Technische Eckdaten der betrachteten Radar-Technologien. Quelle: Hella

für die Erfassung des näheren Fahrzeugumfelds gedacht. Weiterhin ist ihr Einsatz als Ergänzung der 77-GHz-Kfz-Radartechnik für den Fernbereich denkbar, die derzeit für die adaptive Abstands- und Geschwindigkeitsregelung eingesetzt wird (Adaptive Cruise Control – ACC). Die durch die große Bandbreite des Sendesignals erzielbare hohe Entfernungsauflösung ist insbesondere für die sichere Abstandsmessung und Interpretation im sehr nahen Fahrzeugumfeld (Meterbereich) vorteilhaft. Die Bestimmung des Winkels von Objekten kann mit Hilfe mehrerer 24-GHz-UWB-Radar-Sensoren (z. B. jeweils vier in der vorderen und hinteren Stoßstange) und mit dem Triangulationsverfahren erfolgen.

Bei Situationen mit mehreren bzw. ausgedehnten Objekten ist es hierbei problematisch, die Abstandsmessungen der Einzelsensoren für die Triangulation jedes Objekts einander eindeutig zuzuordnen.

Die während des Pulses gesendete EIRP-Leistung (Equivalent Isotropic Radiated Power) beträgt (üblicherweise / orientiert an ERC 70-03) maximal 100 mW. Unter der EIRP-Leistung versteht man die Leistung, die man einer ideal rundumstrahlenden Antenne zu-

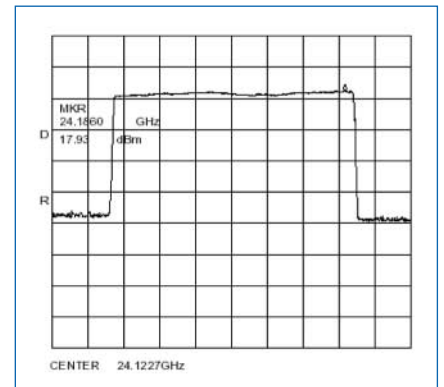


Bild 3: Schmalbandspektrum des FMCW Signals. Quelle: Hella

führen müsste, um die gleiche Leistung pro Raumwinkel zu erzeugen, die die tatsächliche Antenne mit Richtwirkung, dem so genannten Gewinn, in Ihrer Hauptkeule erzeugt. Tatsächlich wird also die EIRP-Leistung vermindert um den Antennengewinn (Faktor zirka 4 bis 20) abgestrahlt. Da das Tastverhältnis (Pulsdauer zu Pulswiederholdauer) unter 1 % beträgt, ist die mittlere EIRP-Leistung also kleiner als 1 mW. Damit erreichen 24-GHz-UWB-Radar-Sensoren Reichweiten von zirka 20 bis 30 m.

Schmalband-CW-Radar

Schmalband-CW-Radare tasten ihre Trägerfrequenz nicht aus (Tastverhältnis 100 %) und senden gemäß ERC 70-03 eine EIRP-Leistung von 100 mW. Hieran wird deutlich, dass sie einen wesentlichen Vorteil in Bezug auf die erzielbare Reichweite aufweisen. Unter Einhaltung praktischer und realistischer Randbedingungen (Bauraum, Antennengröße, Messzeit usw.) sind Reichweiten bis 70 m realisierbar. Durch geeignete schmalbandige Modulation des Sendesignals (z. B. Frequenzmodulation – FMCW) kann neben der Entfernungsmessung und -auflösung bei CW-Radaren ein scharf begrenztes Sendespektrum und damit die Einhaltung von Frequenzgrenzen der Regulierungsbehörden sichergestellt werden. Dabei können Relativgeschwindigkeit, Winkel und Entfernung mit nur einem Sensor erfasst werden.

Zugeteilte Frequenzbänder

Die Verwaltung der Ressource „Frequenzspektrum“ ist eine hoheitliche Aufgabe und wird von nationalen Regulierungsbehörden durchgeführt. Da Funkwellen Ländergrenzen überschreiten können, existiert auf internationaler Ebene die ITU (International Telecommunication Union) als Unterorganisation der UNO, um die Nutzung von Frequenzbändern international abzustimmen. Die ITU empfiehlt das Band 24 bis 24,25 GHz für die Nutzungstypen *Radiolocation*, (Funkortung), *Earth-Exploration-Satellite* und *Amateurfunk*.

Viele nationale Regelungen sehen vor, dieses Band für Funkgeräte mit kurzer Reichweite (sogenannte Short Range Devices – SRDs) zu nutzen. In Europa

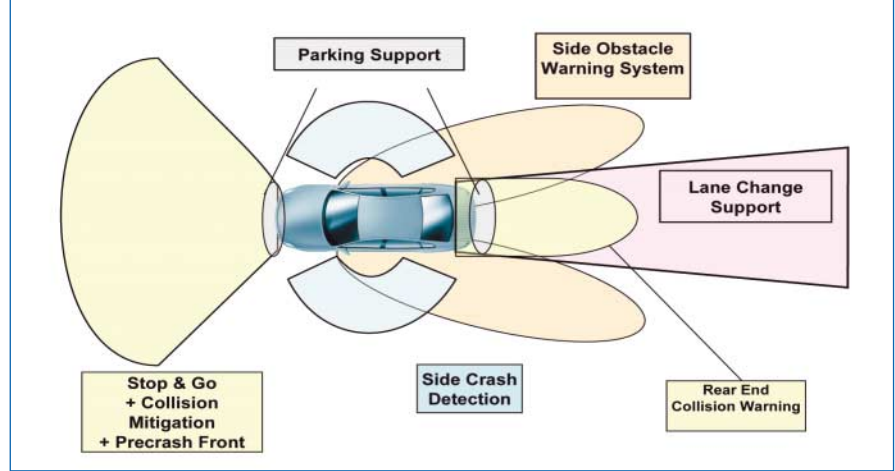


Bild 4: Mögliche Anwendungen des Multimode-Sensors.

Grafik: Hella

gelten für das 24-GHz-Band die Regelungen der folgenden Dokumente:

- ▷ ERC (European Radiocommunications Committee) Recommendation 70-03 Relating to the Use of Short Range Devices (SRD)
- ▷ ETSI (European Telecommunications Standards Institute) EN 300 440

In den USA gelten für das 24-GHz-Band die Regelungen der FCC (Federal Communications Commission) gemäß Code of Federal Regulations Title 47 Telecommunication Chapter 1 Federal Communications Commission Part 15. Viele andere Länder haben ähnliche Regelungen oder verweisen auf diejenigen, die in Europa oder den USA gelten. Schmalband-24-GHz-Radare, wie oben beschrieben, sind daher nahezu weltweit zulassungsfähig. Während mit der Ergänzung Subpart F – Ultra Wideband Operation zu (3) die 24-GHz-UWB-Kfz-Radare in den USA zulassungsfähig sind, gibt es für Europa bisher keine entsprechenden Regelungen, die eine Funkzulassung von 24-GHz-UWB-Kfz-Radaren möglich machen.

Das Industriekonsortium SARA (Short Range Automotive Radar Frequency Allocation) hat das Ziel, weltweit und insbesondere für Europa die Funkzulassung von 24-GHz-UWB-Kfz-Radaren zu ermöglichen.

Gegen das SARA-Ziel stehen die Interessen von Radioastronomen, Wetterdiensten (Erdbbeobachtung) und Richtfunkbetreibern. Deren Frequenzbänder liegen direkt unter bzw. über dem Band 24 bis 24,25 GHz. Die extrem kurzen Pulse der UWB-Radare belegen eine Bandbreite von zirka 5 GHz um 24,125 GHz – und damit das Band 21,625 bis 26,625 GHz. Obwohl die Sendeleistung der UWB-Radare sehr gering ist besteht die Befürchtung, dass sie Störungen bei den Nutzern dieser Bänder hervorrufen.

Der Multimode-Sensor von Hella

Hella entwickelt mit seinen Partnern 24-GHz-Kfz-Radare, die FMCW-Mode, Puls-Mode oder Multi-Mode-Betrieb erlauben, wobei FMCW- und Puls-Mode während des Betriebs bedarfsabhängig umschaltbar sind.

Mit dem bereits heute zulassungsfähigen FMCW-Mode sind folgende Anwendungen realisierbar:

- ▷ Totwinkelüberwachung (Blind Spot Surveillance)
- ▷ Spurwechsel-Assistent (Lane Change Assist)
- ▷ Stop&Go oder ACC-Support
- ▷ Messung der Näherungs-Geschwindigkeit (Closing Velocity Sensing)
- ▷ Pre-Crash-Auslösung für Schutzvorrichtungen (Pre-Crash Firing for Reversible Restraints)

Hella arbeitet bereits an der Serieneinführung von 24-GHz-FMCW-Radarsensoren. Nur für die Anwendungen Einparkhilfe, Einparkassistent und autonomes Einparken ist ein Puls-Betrieb erforderlich. Aufgrund der recht niedrigen Anforderungen bezüglich Reichweite (wenige Meter) und Messzykluszeit dieser Anwendungen ist es möglich, einen in seiner mittleren Sendeleistung deutlich eingeschränkten Puls-Mode zu verwenden.

Durch größere Pausen zwischen den Pulsen bzw. Verringerung des Tastverhältnisses kann die mittlere Sendeleistung verringert werden. Die einhergehende Verlängerung der Messzykluszeit ist bei diesen Anwendungen tolerierbar. Die Nutzer der um 24 GHz liegenden Bänder würden erheblich weniger bis nicht mehr messbar gestört werden, da gegenüber Ultra-Breitband-Systemen die spektrale Leistungsdichte erheblich geringer wäre. (av)

www.hella.de