



© peterschreiber.media | AdobeStock

Assistiertes und automatisiertes Fahren

Herausforderungen bei der Entwicklung von Radartransceivern

Radarlösungen haben sich für Fahrerassistenzanwendungen bewährt und werden auch beim automatisierten Fahren eine wichtige Rolle spielen. Zukünftig werden also sie noch breiter zum Einsatz kommen – insbesondere, weil sie sich mit anderen Sensortechnologien kombinieren lassen.

Marta Martínez-Vázquez

Moderne Kommunikations- und Sensortechnologien haben die Art und Weise, wie Autos konstruiert werden, revolutioniert. Zur Erhöhung der Sicherheit und auf dem Weg hin zum autonomen Fahren müssen neue Fahrzeuge über Systeme verfügen, die mit ihrer Umgebung, der Infrastruktur oder anderen Verkehrsteilnehmern interagieren können, um mögliche Gefahrenquellen zu erkennen. Fahrzeugsensoren sind daher der Schlüssel zur Verbesserung der Sicherheit im Straßenverkehr und zum Erreichen eines hohen Standards des autonomen Fahrens. Ihr Einsatz wird dazu beitragen, die Zahl der Verkehrsunfälle und der damit verbundenen Todesfälle weltweit zu senken. Die Vision Zero ist das ultimative Ziel: Vollständige Vermeidung von Verkehrstoten bis zum Jahr 2050.

Unter den Sensoren, die für das assistierte und automatisierte Fahren in Betracht kommen, haben sich Radar-

Lösungen für ADAS-Anwendungen, beispielsweise die adaptive Geschwindigkeitsregelung, als äußerst zuverlässig

	Vorteile	Nachteile
Optische Bildgebung (Video)	Großes Sichtfeld Hohe Auflösung	Begrenzt durch Wetter- und Lichtverhältnisse Hoher Rechenaufwand
Ultraschall	Betrieb bei allen Wetter- und Lichtverhältnissen Sehr geringe Kosten	Sehr kurze Reichweite
Infrarot	Betrieb bei schlechten Lichtverhältnissen	Kurze Erfassungsreichweite
Lidar	Hohe Genauigkeit (bzgl. Reichweite, Auflösung und Position)	Begrenzt durch Wetterbedingungen (Nebel, Schnee) Keine direkte Information über die Geschwindigkeit
Radar	Weniger empfindlich gegenüber Wetterbedingungen Großer Erfassungsbereich Gute Auflösung und Positionsbestimmung	Komplexe Winkelmessung Komplexe Objektklassifizierung Nicht ausgereift für vollständig autonomes Fahren

Vor- und Nachteile verschiedener Sensortechnologien für Automotive-Anwendungen. © Renesas

erwiesen. Es wird erwartet, dass Anwendungen für Radar in Zukunft noch breiter zum Einsatz kommen, weil Radar oft gemeinsam mit anderen Sensortechnologien wie Videokameras und Lidar genutzt wird. Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Sensortypen sind in der nachstehenden **Tabelle** zusammengefasst. Vollständig autonomes Fahren wird eine Fusion von Daten erfordern, die aus verschiedenen Sensortechnologien stammen. Sensoren, die rund um das Fahrzeug verteilt sind, gewährleisten eine vollständige 360-Grad-Abdeckung. Sie schaffen auf diese Weise einen „Sicherheitskokon“ um das Fahrzeug herum. **Bild 1** veranschaulicht das Konzept, unter ausschließlicher Betrachtung von Radarsensoren.

Vorteile für den Automotive-Einsatz

Ein weiterer Vorteil des Radareinsatzes besteht darin, dass Radarsensoren leicht hinter gewöhnlichen Fahrzeugteilen wie Stoßstangen oder Emblemen angebracht werden können. So sind sie nicht sichtbar und beeinträchtigen die Fahrzeugästhetik kaum. Die meis-

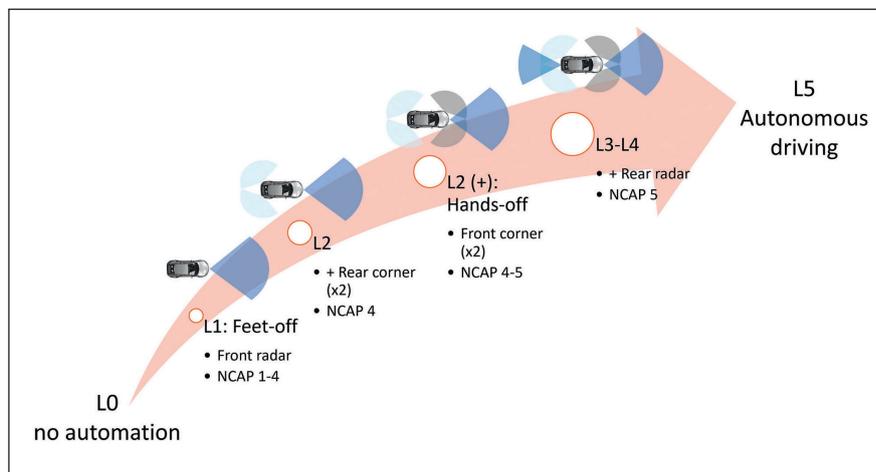


Bild 3: Fahrzeugradar für verschiedene NCAP-Level sowie Stufen des autonomen Fahrens

© Renesas Electronics

ten Länder haben das 76 bis 81 GHz als Frequenzband für Automotive-Radar akzeptiert. Die physische Integration wird mit höheren Betriebsfrequenzen einfacher, weil sich so die Größe der Radarantennen reduzieren lässt. Allerdings ergeben sich bei höheren Frequenzen neue Herausforderungen aufgrund von Kompromissen bezüglich der Leistung, höheren Verlusten sowie größeren Auswirkungen von Fertigungstoleranzen.

Radar eignet sich vor allem für Anwendungen im Automobilbereich, weil Fahrzeuge die Radarwellen gut reflektieren. Es kann für Komfortfunktionen wie die automatische Geschwindigkeitsregelung und für hochauflösende Erfassungsanwendungen zum Einsatz kommen, die zur passiven und aktiven Sicherheit eines Fahrzeugs beitragen. Beispiele hierfür sind die Totwinkelerkennung, Spurwechslerassistenten und Kreuzungswarner für den rückwärtigen Verkehr sowie die Erkennung von Fußgängern und Fahrrädern in Fahrzeughöhe.

Heutzutage lassen sich Radarsensoren anhand ihres Erfassungsbereichs klassifizieren, wie in **Bild 2** dargestellt.

- Short Range Radar (SRR): bis zu 50 m mit weitem Sichtfeld und hoher Auflösung
- Mid-Range Radar (MRR): bis zu 100 m mit mittlerem Sichtfeld
- Long Range Radar (LRR): 250 m oder mehr Reichweite, mit engerem Sichtfeld und einem geringeren Fokus auf hohe Auflösung

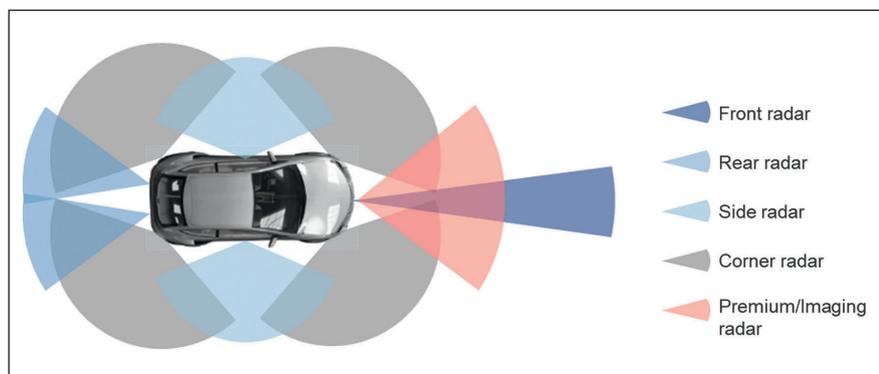


Bild 1: Platzierung von Radarsensoren in einem Fahrzeug für eine 360-Grad-Erfassung

© Renesas Electronics

Neue Radartechnologien

Mit der Entwicklung neuer Radartechnologien wird die Reichweite voraussichtlich über diese Grenzen hinausgehen. Zusätzlich wird die vertikale Ebene noch zur Erfassung hinzukommen, um ein vollständiges 3D-Bild der Umgebung zu liefern. Zukünftig werden Fahrzeuge mit zahlreichen Radarmodulen ausgestattet, um von einer ausschließlich frontal ausgerichteten Radarkonfiguration, die assistiertes Fahren ermöglicht, hin zu Stufe 4 des New Car As-

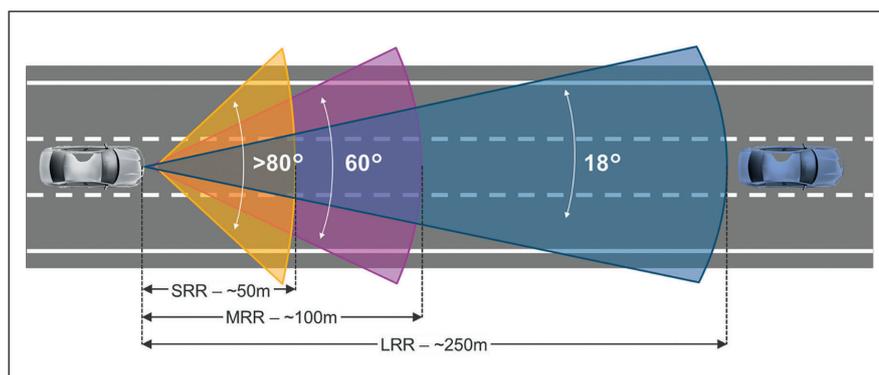


Bild 2: Reichweitenklassifizierung von Radarsystemen im Fahrzeug © Renesas Electronics

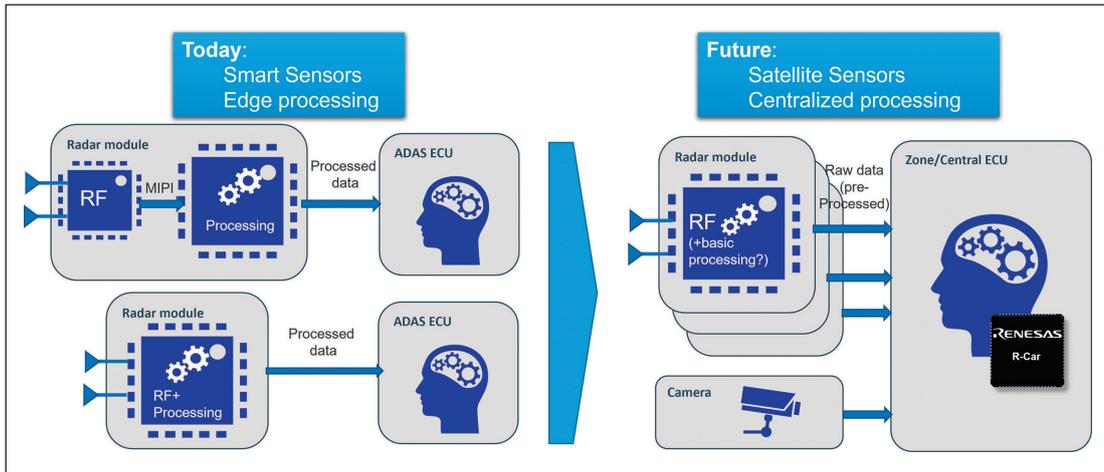


Bild 4: Intelligente Sensoren mit dezentraler Datenverarbeitung
© Renesas Electronics

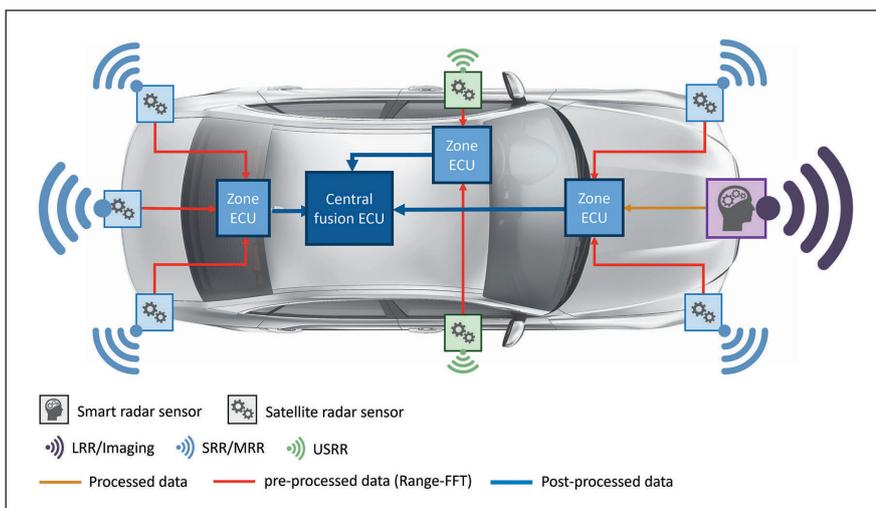


Bild 5: Beispiel einer Radararchitektur mit Satellitenmodulen und Datenverarbeitung auf Zonen-basierten Steuergeräten © Renesas Electronics

assessment Program (NCAP) zu gelangen. Auch werden in naher Zukunft mehr Fahrzeuge mit Eckradarsensoren bestückt sein, um Level 2+ für autonomes Fahren und NCAP 4 – 5 für Standardfahrzeuge sowie Level 3/4 für autonomes Fahren und NCAP 5 für das Premiumsegment zu erreichen (**Bild 3**).

Die Aufbereitung der Radardaten wird jedoch stark von der Fahrzeugarchitektur abhängen. Der derzeitige Trend zur Leistungssteigerung der zentralen Recheneinheiten treibt die Entwicklung der fahrzeuginternen E/E-Architektur hin zu einer verteilten Systemstruktur voran. Obwohl die Umstellung auf eine vollständig verteilte Architektur erst in den 2030er Jahren abgeschlossen sein wird, werden Teilimplementierungen bereits früher auf den Markt kommen. Zunächst werden einige Domänen-Controller für spezifische Funktionen wie ADAS eingesetzt. Anschließend wird die Anzahl der Domänen-Controller zu-

nehmen. Gleichzeitig werden Zonen-Controller eingeführt, bevor sich eine vollständig zentralisierte E/E-Architektur etabliert hat, bei der der Zentralrechner des Fahrzeugs über die Zonen-Steuergeräte mit den Sensoren verbunden ist. Diese Entwicklung bedingt höhere Anforderungen an die Kapazität und Zuverlässigkeit der Fahrzeugnetze sowie an die Software-Komplexität.

Auf Basis der neuen E/E-Architektur, die derzeit eingeführt wird, könnte ein Teil der Radarverarbeitung vom Radarsensormodul (Edge Computing) in die Zone oder das zentrale Steuergerät verlagert werden. Das ermöglicht eine effizientere Datenverarbeitung. Heute wird die gesamte Radarverarbeitung an den Außenseiten des Fahrzeugs mit intelligenten Sensoren durchgeführt, wie **Bild 4** verdeutlicht. Das bedeutet, dass eine Reihe unabhängiger Radarmodule um das Fahrzeug herum verteilt sind. Diese verfügen jeweils über einen eigen-

nen Transceiver und eigene Prozessorfähigkeiten. Die prozessierten Daten, normalerweise die Objektliste, werden dann an ein ADAS-Steuergerät zur weiteren Verarbeitung und möglicherweise zur Fusion mit den Daten von anderen Sensoren übertragen. Bei einer geeigneten Verteilung der Sensoren im Fahrzeug kann die Umgebung korrekt erfasst und Hindernisse erkannt werden.

Radardaten weiterverarbeiten

Mit der Entwicklung zentralisierter Rechnerarchitekturen wird die Weiterverarbeitung der Radardaten in Zukunft voraussichtlich vom individuellen Radarsensor hin zu einer separaten Recheneinheit verlagert. Hierbei kann es sich um ein Zonensteuergerät oder direkt um den Zentralrechner des Fahrzeugs handeln. Die individuellen Radarmodule benötigen dann weniger Intelligenz und würden nur einen begrenzten Teil der Verarbeitung der empfangenen Radarsignale übernehmen. So wird das Modul beispielsweise die Entfernung zu den verschiedenen Objekten bestimmen und die Entfernungsprofile an einen entfernten Prozessor weiterleiten. Die Zentraleinheit empfängt dann die vorverarbeiteten Daten von verschiedenen Satellitenradarmodulen und führt die restlichen Verarbeitungsschritte für jeden einzelnen Datensatz durch. Damit lässt sich die Objektliste mit ihren jeweiligen Merkmalen – Entfernung, Richtung und Geschwindigkeit – erstellen und auf diese Weise ein vollständiges Bild der Umgebung erzeugen. Die erhaltenen Ergebnisse werden dann mit den Resultaten von anderen Sensoren fusioniert oder kombiniert. Diese

neue Multi-Sensor-Konfiguration liefert die erforderliche Genauigkeit und beseitigt Redundanzen, um einen hohen Grad autonomen Fahrens zu ermöglichen, wie **Bild 5** zeigt.

In den ersten Implementierungen dieses zentralisierten Architekturkonzepts lassen sich die von den verschiedenen Radarsensoren vorverarbeiteten Daten über das Ethernet-Backbone des Fahrzeugs an Zonen- oder zentrale Steuergeräte übertragen. Ist eine höhere Auflösung erforderlich und die Datenmenge zu groß, wie bei vorwärts gerichteten oder bildgebenden Radarsystemen, dann kann die Vorverarbeitung der Radardaten immer noch auf dem Sensor selbst durchgeführt werden, um die zu übertragende Datenmenge zu reduzieren. Die zentrale Verarbeitung der Daten von entfernten Radarsensoren bietet diverse Vorteile. Erstens werden die Radarmodule selbst weniger komplex, wodurch sich Größe und Kosten sowie Probleme mit der Wärmeableitung verringern lassen. Das

vereinfacht Instandsetzungen und Aktualisierungen sowohl der Hardware als auch der Software. Zweitens werden durch die Nutzung des bestehenden Fahrzeugnetzes, d. h. des Ethernet-Backbones, auch die Kosten und das Gewicht der Verkabelung im Fahrzeug reduziert. Außerdem stehen die per Ethernet übertragenen Daten in einem Format zur Verfügung, das deren Speicherung und Verarbeitung erleichtert.

Schließlich ermöglicht die Verarbeitung der Daten in den ECUs des Fahrzeugs eine höhere Effizienz sowie anspruchsvollere und komplexere Funktionen. Die Erfassungsmöglichkeiten lassen sich durch Datenfusion mit Informationen aus anderen Sensortechnologien verbessern. Maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz können für eine weiterentwickelte Erkennung und Vorhersage herangezogen werden und ermöglichen so einen höheren Grad des automatisierten Fahrens.

Erwartungsgemäß werden sowohl das Edge-Processing als auch die zen-

trale Datenverarbeitung noch einige Jahre lang nebeneinander bestehen. Die Umstellung auf E/E-Architekturen mit zentraler Datenverarbeitung wird den Zugang zu Hochgeschwindigkeitsdatenverbindungen im gesamten Fahrzeug erfordern. Das kann zur Verwendung unterschiedlicher Standards für den Datenaustausch führen. In jedem Fall werden zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen erforderlich, um die Integrität und Sicherheit der zu übertragenden Daten zu gewährleisten. Die zunehmende Anzahl von Radarmodulen im eigenen Fahrzeug sowie in anderen Fahrzeugen, die alle Funkwellen aussenden und empfangen, kann auch zu Interferenzproblemen führen, die es zu lösen gilt. ■ (eck)

www.renesas.com



Marta Martínez-Vázquez ist Senior Staff Product Marketing Engineer Automotive Analog Product in der Marketing Division bei Renesas. © Renesas

HANNOVER MESSE 2023

MAKING THE DIFFERENCE

Products and solutions for a sustainable future at #HM23

17 – 21 April 2023 ■ Hannover, Germany
hannovermesse.com



HOME OF INDUSTRIAL PIONEERS

