

Weniger ist mehr: Fusion von Radar- und Kommunikationssystemen

Martin Braun

Communications Engineering Lab, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

martin.braun@kit.edu

Zusammenfassung—Radar und Kommunikation sind für die Verkehrssicherheit sehr nützliche Hilfsmittel. Es wird ein Projekt vorgestellt, in welchem die Fusion der beiden Systeme untersucht wird. Anhand von verwandten Forschungsprojekten wird gezeigt, wie durch Ausnutzen von Synergieeffekten die einzelnen Komponenten sogar verbessert werden können.

I. EINLEITUNG

In aktuellen Entwicklungen zur Verkehrssicherheit stehen zwei Technologien besonders hervor: Radarsysteme und Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation. Mittels Radar ist es möglich, sich ein Bild über die Umgebung zu beschaffen, wie z.B. Position und Trajektorien anderer Verkehrsteilnehmer oder anderer Objekte am Straßenrand. Kommunikation zwischen Fahrzeugen erlaubt es, Informationen über Verkehrsfluss, mögliche Gefahren oder eigenes Fahrverhalten auszutauschen.

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt der Institute *Communications Engineering Lab* (CEL) und *Institut für Hochfrequenztechnik und Elektronik* (IHE) wird die Möglichkeit untersucht, Radar und Datenübertragung auf einer gemeinsamen Hardware und Funkschnittstelle zu implementieren. Die Vorteile einer solchen Fusion liegen auf der Hand: insgesamt wird Hardware eingespart. Auch das Spektrum kann effizienter genutzt werden, weil dasselbe Signal für Radar und Kommunikation verwendet wird.

Im Folgenden soll gezeigt werden, dass die einzelnen Komponenten durch die Fusion nicht schlechter werden - es ergeben sich sogar Vorteile durch eine gemeinsame Implementierung. Der folgende Abschnitt wird eine kurze Einführung in das OFDM-Radar-System geben. Abschnitte III und IV zeigen, wie Synergieeffekte ausgenutzt werden können um in einem gemeinsamen System Vorteile für Radar und Kommunikation zu erzielen. Abschnitt V fasst zusammen und zeigt den aktuellen Stand der Forschung in diesem Projekt.

II. DAS OFDM-RADAR PRINZIP

OFDM-Radar ist wie folgt aufgebaut: aus Datenpakete wird ein OFDM-Funksignal erzeugt und versendet. Zur gleichen Zeit läuft ein Empfänger im selben Gerät, welcher die an anderen Objekten oder Fahrzeugen zurückgestreuten Echos des Funksignals aufzeichnet. Durch die Struktur des OFDM-Signals lässt sich mit einfacher Signalverarbeitung die Laufzeit sowie die Dopplerverschiebung der Echos berechnen. Abbildung 1 zeigt schematisch den Aufbau der Radarprozessierung. Details zum Radarsystem finden sich bei Sturm et al

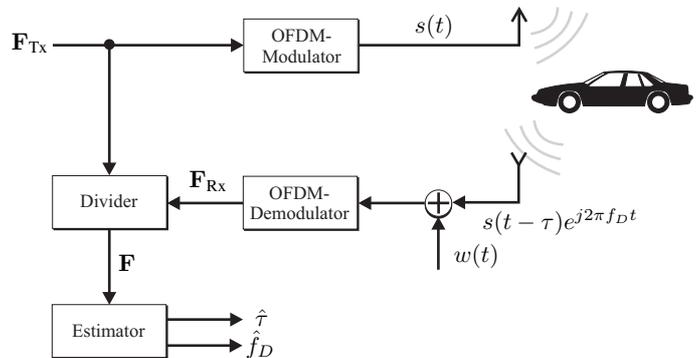


Abbildung 1. Schema der Radarsignalverarbeitung

[1]. Eine genaue Lokalisierung der Fahrzeuge kann erreicht werden, wenn die Empfänger mit Hilfe von Antennenarrays den Winkel der einfallenden Echosignale ermitteln können.

Eine wesentliche Eigenschaft des Systems ist die Unabhängigkeit der beiden Systeme. Auf ein Signal, mit dem ein Radarbild der Umgebung erzeugt werden soll, lassen sich beliebige Daten aufmodulieren. Die gleichzeitige Anwendung von Kommunikation und Radar ist ein Beispiel dafür, wie eine effiziente Spektrumsnutzung erreicht werden kann.

III. VORTEILE FÜR DAS RADARSYSTEM

Bei Radarsystemen, wie sie derzeit auf dem Markt erhältlich sind, ist Interoperabilität bislang kein wesentliches Merkmal. Radarsysteme sind zumeist autonom, d.h. jedes Fahrzeug versucht für sich Radarmessungen durchzuführen. Dies hat gleich mehrere Nachteile: Zum Einen können sich Radarsysteme gegenseitig stören; insbesondere Radarsysteme verschiedener Hersteller sind nicht notwendigerweise aufeinander abgestimmt. Zum Anderen wird auf diese Art und Weise Information verworfen: angenommen, mehrere Fahrzeuge mit OFDM-Radar-Systemen fahren in einer Kolonne, so sollte jedes Fahrzeug ein ähnliches Radarbild sehen. Kooperative Radarsysteme können dabei die Qualität der Radarbildgebung verbessern, indem Informationen zwischen den Sensoren ausgetauscht werden. Solche Systeme sind Bestandteil aktueller Forschung, z.B. innerhalb des kürzlich gestarteten Ko-FAS Projektes [2].

Der hier gezeigte Anwendungsfall ist ein Sonderfall für kooperatives Radar: Die anderen Teilnehmer sind schließlich die wesentlichen Objekte, die es mit dem Radar zu detektieren gilt.

Dies macht deutlich, dass das OFDM-Radar-System ein guter Träger für kooperatives Radar ist: Während ein Fahrzeug ein RadARBild erstellt, kann es gleichzeitig Informationen an die anderen Teilnehmer versenden, wie z.B. die eigene Geschwindigkeit, die geschätzte Position (etwa aus GPS-Daten) oder die vorliegenden Informationen aus der Radarprozessierung. In jedem Fall ist eine Verbesserung der RadARBildgebung durch passende Datenfusionsalgorithmen zu erwarten.

IV. VORTEILE FÜR DAS KOMMUNIKATIONSSYSTEM

Der bislang dominierende Standard im Bereich der Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation ist IEEE 802.11p, ein OFDM-basierter Standard welcher eine Modifikation des seit Jahren etablierten IEEE-Standard 802.11a darstellt. Im praktischen Einsatz hat 802.11p allerdings nicht alle Hoffnungen erfüllen können - insbesondere Durchsatz und Verzögerung liegen nicht in den gewünschten Wertebereichen [3], [4].

Die begrenzte Kapazität von Ad Hoc Netzwerken, wie sie sich auch in der Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation wiederfinden, war in den letzten Jahren häufig im Fokus nachrichtentechnischer Forschung. Ein interessantes Ergebnis führt dabei [5] zu Tage: Die Netzwerkkapazität kann beträchtlich gesteigert werden, wenn Beamforming-Antennen zum Einsatz kommen, was in [6] simulativ bestätigt wird.. Beide Autoren setzen dabei voraus, dass die Position der anderen Netzwerkteilnehmer bekannt ist.

Dieses Phänomen ist auch in der Forschung zur Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation nicht neu: Im Rahmen des *FleetNet*-Projektes [7] wurden schon vor Jahren Algorithmen und Protokolle vorgeschlagen, die Wissen über die Position von Kommunikationsteilnehmern ausnutzen (z.B. durch *position-based routing*).

Ein gemeinsames Radar- und Kommunikationssystem bietet sich dafür an: Die Lokalisierung der anderen Verkehrsteilnehmer ist durch die Radarkomponente bereits Bestandteil des Systems, die entsprechenden Informationen stehen daher dem Kommunikationssystem zur Verfügung.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Bislang konnten insbesondere Untersuchungen zur Benutzbarkeit von OFDM-Radar durchgeführt werden. [1] und [8] zeigen u.a. auf, wie die OFDM-Signale parametrisiert und prozessiert werden müssen. Aktuell wurde die Leistungsfähigkeit des OFDM-Radar sowohl messtechnisch als auch theoretisch bestätigt.

Wie die vorangehenden Abschnitte zeigen, bietet das Projekt hohes Potenzial. Neben dem Ausnutzen der Synergieeffekte ist ein Entwurf der Empfänger Hauptbestandteil kommender Forschung.

LITERATUR

- [1] C. Sturm, T. Zwick, and W. Wiesbeck, "An OFDM System Concept for Joint Radar and Communications Operations," *Vehicular Technology Conference, 2009. VTC '09. 69th IEEE*, April 2009.
- [2] "Forschungsinitiative Ko-FAS," www.kofas.de.
- [3] S. Eichler, "Performance Evaluation of the IEEE 802.11p WAVE Communication Standard," in *Vehicular Technology Conference, 2007. VTC-2007 Fall. 2007 IEEE 66th*, 30 2007-Oct. 3 2007.
- [4] Y. Wang, A. Ahmed, B. Krishnamachari, and K. Psounis, "IEEE 802.11p performance evaluation and protocol enhancement," in *Vehicular Electronics and Safety, 2008. ICVES 2008. IEEE International Conference on*, Sept. 2008.
- [5] S. Yi and Y. Pei, "On the Capacity Improvement of Ad Hoc Wireless Networks Using Directional Antennas," in *In 4th ACM MobiHoc*, 2003.
- [6] R. Ramanathan, "On the Performance of Ad Hoc Networks with Beamforming Antennas," 2001.
- [7] C. Cseh, R. Eberhardt, and W. Franz, "Mobile Ad-Hoc Funknetze für die Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation," *1. Deutscher Workshop über Mobile Ad Hoc Netze, WMAN 2002, Ulm, March 2002*.
- [8] M. Braun, C. Sturm, A. Niethammer, and F. K. Jondral, "Parametrization of Joint OFDM-based Radar and Communication Systems for Vehicular Applications," *20th IEEE Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications*, 2009.