

Kognitives Radar

Der Begriff Kognitives Radar steht für die zunehmende Nutzbarmachung technischer Intelligenz zur Steuerung und Auswertung von Signalen innovativer Radarsysteme. Hier ist die Automatisierung kognitiver Fähigkeiten unabdingbar, wenn man die sich durch die immer komplexeren Technologien zur Signalerzeugung und -verarbeitung ergebenden Möglichkeiten adäquat ausschöpfen möchte. Bis zu einem gewissen Grad sind kognitive Radare heute bereits realisiert, für die Zukunft erwartet man sich hier aber noch weitere erhebliche Fortschritte, mit allen sich daraus ergebenden positiven Auswirkungen auf die Aufklärungsleistungen.

Durch neue Fertigungstechnologien konnten in den letzten Jahren Bauteile für Signalverarbeitung, Hochfrequenz und Antennen hergestellt werden, die die Zahl der möglichen Betriebszustände eines Radarsystems drastisch vervielfacht. Der Prozess der Detektion, Identifikation und des Trackings wird damit immer leistungsfähiger, die vorliegende Entscheidungssituation für den Bediener jedoch auch immer komplexer. In der Fachwelt wird hier metaphorisch mit „Radar Cambrium Explosion“ der anschauliche Vergleich zur Artenexplosion im erdgeschichtlichen Cambrium gezogen, um die Vielzahl der jüngst entstandenen technologischen Möglichkeiten für Radarsysteme bildlich zu umreißen. Diese große Zahl an Betriebsparametern kann von Radarbedienern mit der erforderlichen operativen Geschwindigkeit nicht mehr manuell beherrscht werden. Daher wird IT-gestützte Automatisierung immer breiter angewendet. Kognitive Lösungen auf der Grundlage Künstlicher Intelligenz finden hier ein herausforderndes Einsatzgebiet. Doch welche technologischen Möglichkeiten führen bei adaptiven Radaranwendungen im Einzelnen zu dieser hohen Komplexität?

Da ist einerseits die hohe Variabilität schon bei der Strahlerzeugung. Durch den Übergang von einer einzelnen, großen Antenne hin zu Antennenfeldern von vielen tausend kleinen Einzelantennen, von der idealerweise jede einzelne in Wellenlänge, Phasenla-

ge und Signalstärke individuell angesteuert werden kann, können maßgeschneiderte Wellenfronten erzeugt werden. So lässt sich die verfügbare Sendeleistung zum Beispiel auf ein schmales Beleuchtungsgebiet bündeln, was die Reichweite verbessert und die eigene Signatur in die anderen Richtungen minimiert. Auch kann elektronisch angesteuert eine schnelle Schwenkung des Strahls in andere Richtungen realisiert werden, ohne das Antennenfeld selbst mechanisch zu bewegen. Auf den Fregatten der Klasse F124 sind beispielsweise vier solche Antennenfelder rund um den Mast fest verbaut und überwachen jeweils einen 90°-Sektor ohne die Notwendigkeit beweglicher Teile. Mit dieser Flexibilität in der Strahlerzeugung können ebenfalls die Funktionen von Suchradar und Feuerleitradar zu einem Multifunktionsradar vereinigt werden. Für noch komplexere Aufgabenstellungen könnten auch Einzelantennen eines Antennenfeldes zu verschiedenen – und sich über die Zeit durchaus flexibel ändernden – Gruppen zusammengefasst werden, die dann jeweils andere Messaufgaben unabhängig voneinander zwar leistungsreduziert jedoch gleichzeitig erledigen. Andererseits machen all diese Vorteile das Antennenmanagement jedoch auch um ein Vielfaches komplizierter.

Auch empfangsseitig können die einlaufenden Radarsignale immer detailreicher erfasst und verarbeitet werden. Zum einen liefert jede Einzelantenne des Feldes einen Signalbeitrag und erhöht die Zahl der verfügbaren und unterscheidbaren Einzelsignale, zum anderen kann jedes dieser Einzelsignale dank schneller und dynamischer Analog-Digital-Wandler auch noch in hoher zeitlicher Auflösung aufgezeichnet werden. Zusammen mit weiteren Baugruppen zur schnellen, digitalen Signalverarbeitung ergibt jedes Radarecho zwar einen sehr umfangreichen Datensatz, der jedoch andererseits auch eine differenzierte Auswertung ermöglicht. Hier die richtige Balance zu finden, ist Aufgabe des Radar-Ressourcenmanagements. Viele digitale Baugruppen der Signalverarbeitung lassen sich darüber hinaus programmierbar ausführen, sind also Soft-

ware-definiert, und erlauben so, bei Bedarf einzelne Komponenten des Radarsystems weitgehend umzuprogrammieren und damit schnell an den jeweiligen Aufklärungsauftrag anzupassen.

Um die schon heute hohe und künftig weiter steigende Adaptivität von Radarsystemen auch in zeitkritischen Anwendungen voll auszuschöpfen und die Leistungsgrenzen zu erreichen, wird versucht, die Steuerung weitgehend auf kognitive Verfahren zu stützen. Grundlegend ist dafür die Auslegung des Radarsystems in Regelkreisen zur selbstständigen Optimierung der Signalqualität. Eine Datenbank von Erinnerungen ermöglicht dabei eine automatisierte Abschätzung der erwarteten Auswirkungen veränderter Betriebsparameter, unterstützt so die operative Systemoptimierung und erweitert dabei gleichzeitig fortlaufend eben diese Datenbank. Ein kognitives Radar erfordert ferner eine Sensibilität, um die vorhandenen Handlungsmöglichkeiten und Ressourcen nach ihrer Bedeutung für den Auftrag priorisieren zu können sowie Intelligenz zur Entscheidungsfindung auf Basis eines stets mit Unsicherheiten behafteten Lagebildes. In Teilaspekten sind kognitive Radare schon heute realisiert. Die weiteren Leistungssteigerungen von Hochfrequenz- und Leistungselektronik sowie von signalverarbeitenden Schaltungen auf der einen und die rasante, allgemeine Weiterentwicklung kognitiver Lösungen auf der anderen Seite bringen für Radarsysteme noch ein erhebliches Potenzial für zukünftige Verbesserungen mit sich. Die Forderung nach Leistungssteigerungen lässt sich dabei schon allein aus der abnehmenden Radarsignatur potenzieller Ziele durch Stealth-Technologie und geringe Zielgrößen (bspw. Unmanned Aerial Systems) bei Verwendung von Werkstoffen mit geringer Radarrückstreuung (bspw. Faserverbünde) ableiten. Auch die Möglichkeit zur gezielten Reduktion der eigenen aktiven Signatur und die zunehmende Herausforderung der Koexistenz von Radaraufklärung und Kommunikation auf den begrenzt verfügbaren Nutzfrequenzen sind hier von Bedeutung.

Dr. Karsten Michael