Mehrkanal-HF-Generator für Phasenarray-Antennenmessungen

Dieser Artikel beschreibt, wie die Eigenschaften von Phased-Array-Antennen mithilfe des Lucid Multichannel Signalgenerators analysiert werden können.

Autor:
M. Sc. Ingenieur Shashank Vodapally;HF-Spezialist
Meilhaus Electronic GmbH
www.meilhaus.com

Sogenannte Gruppenantennen werden in vielen Bereichen der Kommunikationstechnik eingesetzt. Dazu gehören Mobilfunk, Rundfunk, Radar und Satellitenübertragung. Die spezielle Form der Phased-Array-Antennen hat immer eine feste, gleiche Phasenlage aller Strahler zueinander. Sie erreichen eine starke Richtwirkung durch die Bündelung der Strahlungsenergie.

Der Mehrkanal-HF-Signalgenerator

Die neue Benchtop-Version der Lucid-Serie von Tabor (Bild 1) ist das einzige Gerät in der HF-Domäne, das bis zu vier phasenkohärente Kanäle in einer einzigen 2HE/19-Zoll-Benchtop-Box bietet. Das SSB-Phasenrauschen von -145 dBc bei 100 MHz, -132 dBc bei 1 GHz und einem Trägerversatz von 10 kHz macht es zu einer nahezu idealen Lösung für Anwendungen mit Phasenarray-Antennen in den Bereichen wie Automotive Radar, Luft- und Raumfahrt und Marine (z. B. im Bereich Electronic Warfare), wo der Bedarf an Mehrkanal-Signalgenerator entsteht.

Das Aufmacherbild aus [1] bringt ein Beispiel. Es ist eine Nahaufnahme einiger der 2677 gekreuzten Dipolantennenelemente, aus denen das Ebenenarray besteht. Diese Antenne erzeugte einen schmalen Strahl („Bleistiftstrahl“), der nur 2,2° breit war [1].

Im Allgemeinen weisen die Phased-Array-Antennen (Bild 2) mehrere Antennenelemente auf, die kohärent gespeist werden und die variable Phasen- oder Zeitverzögerungssteuerung an jedem Element verwenden, um einen Strahl nach bestimmten Winkeln im Raum abzutasten. Arrays werden anstelle von Antennen mit fester Apertur verwendet, da die Vielzahl der Elemente eine genauere Steuerung des Strahlungsmusters ermöglicht, was zu niedrigeren Nebenkeulen oder einer sorgfältigeren Musterformung führt [4].

Die Kombination von Array-Antennen trägt dazu bei die Signalstärke im Vergleich zur Standalone-Antenne zu erhöhen. Der Hauptgrund für die Verwendung von Arrays besteht jedoch darin, einen Richtstrahl zu erzeugen, der elektronisch neu positioniert werden kann.

Weiterhin können die Phased-Array-Antennen gleichzeitig mehrere Objekte aus verschiedenen Richtungen und in verschiedenen Höhen suchen, erfassen, führen, steuern und auswerten. Die Verstärkung der Hauptkeule kann vernünftig verwaltet und gesteuert werden, was der Realisierung einer adaptiven Nebenkeulen-Unterdrückung gegen verschiedene Störungen förderlich ist [5]. Die schnelle Scanfunktion verkürzt die Zeit, die für die Erkennung, Aufnahme und Informationsübertragung von Objektsignalen erforderlich ist, und ermöglicht

Bild 1: Tabor Lucid Desktop-Serie

Bild 2: Dipole-Phased-Array-Antennen [2]

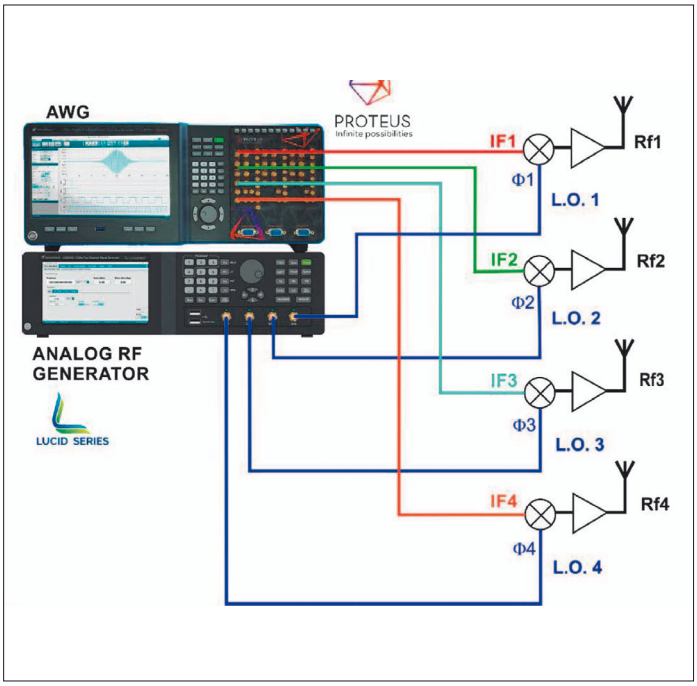

Bild 3: Phased-Array-Radar, Beamforming-Messaufbau

dem Radar eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit. Hier ist der Tabor Lucid hilfreich, da er Pulsmodulation mit einer Anstiegszeit von 15 ns bietet.

Messprozesse wie Fernfeld helfen bei der Bestimmung der Eigenschaften der Phasenarray-Antenne wie Verstärkung, Bandbreite, Strahlungsmuster, Strahlbreite, Polarisation und Impedanz. Diese Eigenschaften können mit der Kombination des Lucid-Mehrkanalsignalgenerators und des Mikrowellen-Arbitrary-Waveform-Generators analysiert werden (Bild 3).

Koordinatensystem für die Antennenanalyse

Ein Antennenstrahlungsmuster ist definiert als „eine mathematische Funktion oder eine grafische Darstellung der Strahlungseigenschaften der Antenne als Funktion der Raumkoordinaten.“ [3] In den meisten Fällen wird das Strahlungsmuster im Fernfeld bestimmt und als Funktion der Richtungskoordinaten dargestellt. Zu den Strahlungseigenschaften gehören Leistungsflussdichte, Strahlungsintensität, Feldstärke, Richtwirkung, Phase oder Polarisation. Die wichtigste Eigenschaft der Strahlung ist

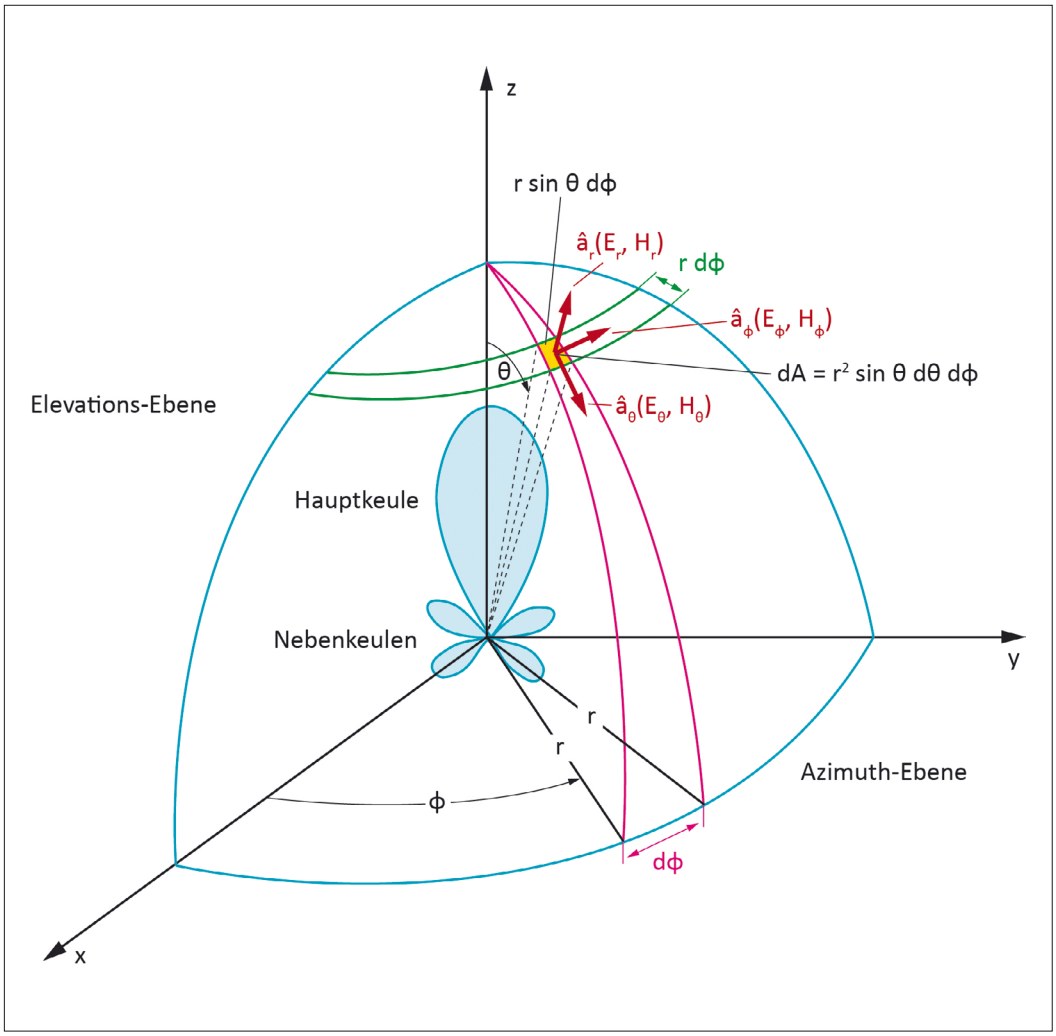

Bild 4: Koordinatensystem für die Antennenanalyse [3]

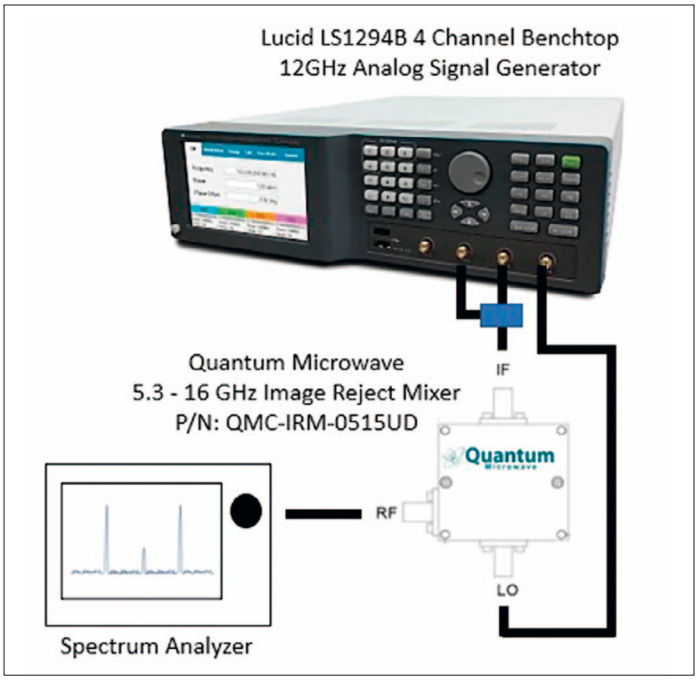

Bild 5: LS1294B mit zusätzlichen Komponenten wie Mischer, um höhere Frequenz zu erreichen

die zwei- oder dreidimensionale räumliche Verteilung der Strahlungsenergie als Funktion der Position des Beobachters entlang eines Pfades oder einer Oberfläche mit konstantem Radius. Ein praktischer Satz von Koordinaten ist in Bild 4 dargestellt. Eine Spur des empfangenen elektrischen (magnetischen) Feldes bei einem konstanten Radius wird als Amplitudenfeldmuster bezeichnet. Andererseits wird ein Graph der räumlichen Variation der Leistungsdichte entlang eines konstanten Radius als Amplitudenleistungsmuster bezeichnet. Oft werden die Feld- und Leistungsmuster in Bezug auf ihren Maximalwert normalisiert, was zu normalisierten Feld- und Leistungsmustern führt.

Normalerweise erfordert diese Art von Anwendungen Leistungen über 20 dBm und eine schnelle Schaltgeschwindigkeit. Der Tabor Lucid erfüllt die Anforderungen, indem er einen weiteren Ausgangsleistungsbereich von -150 bis +27 dBm mit einer Schaltgeschwindigkeit von 100 µs bietet. Durch die Verwendung zusätzlicher Komponenten wie HF-Mischer und HF-Multiplikatoren können die Messungen im Frequenzband über 20 GHz (Ku-Band, Ka-Band) durchgeführt werden (Bild 5).

Referenz/Quellen:

[1] This image is part of the Historic American Building Survey (HABS), created by the Library of Congress, and hence is in the public domain. Survey number: HAER MA-151-A. Photographers: Bob Kramer (October 1999) and Neal Collett (January 10, 2000). See: www.loc.gov/pictures/item/ma1634/

[2] Image by Philippsaal from Pixabay

[3] Antenna Theory Analysis and Design, 4th Edition, Constantine A. Balanis Wiley

[4] Phased Array Antenna, Second Edition, Rober J. Mailloux

[5] Space Collision Avoidance Technology, Zhang Rongzhi and Yang Kaizhong ◄