

Berichte aus der Hochfrequenztechnik

Hayattin Yilmaz

**Entwurf und Aufbau eines digitalen und optischen
Strahlformers zur Phasen- und Amplitudenstellung
bei Gruppenantennen**

D 93 (Diss. Universität Stuttgart)

Shaker Verlag
Aachen 2009

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2008

Copyright Shaker Verlag 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8027-7

ISSN 0945-0793

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Zusammenfassung

Entwurf und Aufbau eines digitalen und optischen Strahlformers zur Phasen- und Amplitudenstellung bei Gruppenantennen

Zur analogen Strahlformung bei Gruppenantennen werden Phasenschieber aus Ferriten oder Halbleiterdioden und Dämpfungsglieder eingesetzt. Die Wahl des Phasenschieberaufbaus hängt von der verwendeten Frequenz und von der zu übertragenden HF-Leistung ab. Oberhalb des S-Bandes werden bevorzugt Ferritphasenschieber eingesetzt, während für niedrigere Frequenzen Phasenschieber aus Halbleiterdioden eingesetzt werden. In den heutigen Radaranlagen werden analoge Strahlformer verwendet. Elektrische Speisung und analoge Strahlformungsnetzwerke für Gruppenantennen haben große Einfügedämpfungen, sind voluminös und teuer. Aufgrund dieser Nachteile wird vermehrt nach alternativen Realisierungsmöglichkeiten für den Strahlformer geforscht. Dabei rücken immer mehr die digitalen und optischen Strahlformer in den Vordergrund.

In der vorliegenden Arbeit werden jeweils ein digitaler und ein optischer Strahlformer aufgebaut und damit die Strahlschwenkung mit Hilfe einer 1×4 bzw. 1×2 Gruppenantennen demonstriert. Abschließend findet eine Bewertung der Strahlformungsnetzwerke statt.

Der erste Teil der Arbeit beschreibt den digitalen Strahlformer für den Sendefall. Ausgehend von den Vorgaben, werden die Phasen- und Amplitudenbelegungen der 1×4 WiMAX-Gruppenantenne analytisch bestimmt. Zum Aufbau des digitalen Strahlformers werden vier digitale Frequenzsynthese-Bausteine verwendet, die am Ausgang entsprechend der eingegebenen Werte im Oberflächenprogramm ein Sinussignal beliebiger Frequenz, Phase und Amplitude generieren können. Diese Basisbandsignale werden in das Sendeband hochgemischt und von der Gruppenantenne abgestrahlt. Bei den Antennenmessungen wird zuerst eine Hauptstrahlrichtung in 0° -Richtung generiert und diese anschließend um 25° geschwenkt. Zur gezielten Ausblendung von Störern müssen Nullstellen generiert und diese gegebenenfalls auch geschwenkt werden. Zur Demonstration wird eine Nullstelle in 0° -Richtung generiert und anschließend um 25° geschwenkt. Messung und Simulation stimmen sehr gut überein. Es wird gezeigt, dass mit den ausgewählten Komponenten und dem daraus aufgebauten Strahlformer die digitale Strahlformung für den Sendebetrieb einfach realisiert werden kann. Die Vorteile der digitalen Signalsynthese sind die Mikro-Hertz bzw. Sub-Grad Auflösung der Frequenz bzw. der Phase, die Möglichkeit der Realisierung von mikrosekundenschnellen Frequenz- und Phasensprüngen ohne irgendwelche Einschwingzeiten sowie die nicht notwendige Eichung und Justierung der Schaltung wegen Alterung der Komponenten oder Temperaturdrift.

Optische Strahlformer sind eine Alternative zur Überwindung der oben genannten Nachteile der elektrischen Speisung und Strahlformung. Aufgrund der geringen Verluste der optischen Glasfaserkabel kann der optische Strahlformer weit entfernt von der Gruppenantenne aufgestellt werden. Außerdem sind optische Strahlformer leicht, kompakt, haben geringe Einfügedämpfungen und sind immun gegen elektromagnetische Strahlung.

Im zweiten Teil dieser Arbeit wird das Konzept, die Realisierung und die Messergebnisse für eine 1×2 optisch gespeiste Gruppenantenne mit einem integriert optischen Strahlformer auf Flüssigkristallbasis vorgestellt. Zum Aufbau des Flüssigkristallphasenschiebers werden Polymer dispergierte Flüssigkristallzellen (PDLC-Zellen) verwendet. Die PDLC-Zellen werden auf einem Silizium-Substrat mit V-förmigen Nuten (Dimensionen: $12 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$) mit goldbeschichteten Glasfaserkabeln hergestellt. Jedes der drei Pfade besteht aus einem ankommenden und einer abgehenden Glasfaserkabel mit PDLC dazwischen, welches durch UV-Strahlung auspolymerisiert wird. Die Mantelflächen der ankommenden und abgehenden Glasfaserkabel sind auf einer Länge von 2 cm beginnend von der Endfläche metallisiert. Diese dienen als Elektroden zum Anlegen der Steuerspannung U_S . Das zellabhängige Kontrastverhältnis beträgt 5 dB bis 14 dB . Durch Anwendung der Vektorsumme für die drei Pfade kann die elektrische Phase eines Antennenelementes von 0° bis 360° kontinuierlich variiert werden.

Zur Demonstration der Strahlschwenkung wird eine 1×2 optisch gespeiste Gruppenantennen benötigt. Diese werden in Mikrostreifenleitertechnik realisiert. Die Phase eines Antennenelementes wird durch den Flüssigkristallphasenschieber variiert. Die optischen Signale werden durch die Photodioden detektiert, von den elektrischen Verstärkern verstärkt und schließlich von den Antennen abgestrahlt. Für eine Strahlschwenkung von $\vartheta = +10^\circ$ bzw. $\vartheta = -10^\circ$ werden mit dem Flüssigkristallphasenschieber die Phasenunterschiede $\Delta\varphi = +30^\circ$ und $\Delta\varphi = -30^\circ$ zwischen den beiden Antennenelementen eingestellt. Auch hier stimmen Simulation und Messung gut überein.

Wesentliche Bestandteile der beiden Strahlformer sind die vier digitalen Frequenzsynthese-Bausteine und der Flüssigkristallphasenschieber. Typische Auswahlkriterien für Phasenschieber sind z. B. die Einfügedämpfung, die Schaltzeit, die Antrieb- und Schaltleistung, die Abmessungen, das Gewicht, der Preis und die kostengünstige Herstellung. Diese Kriterien müssen für den Einsatz optimiert werden. Beide Strahlformer werden hinsichtlich dieser Kriterien abschließend bewertet.