

Die Technik

Auf einem FAST-Modul sind die folgenden Funktionen integriert:

- ◆ Host-Kommunikation über standardisiertes LAN
- ◆ Integrierter Mikrocontroller für den Empfang der Parameter des Gesamtsystems und die Übersetzung interner Steuerbefehle. Die Signalverarbeitung erfolgt durch integrierte FPGA oder DSP
- ◆ Signalkonditionierung auf dem FAST-Modul
- ◆ Digitale I/O: Umwandlung der diskreten Signale in 28 V/OPN und GND/OPN
- ◆ Analoge I/O: Programmierbare Umwandlung von Strom und Spannung; Programmierbare Simulation von Druck- und Temperatursensoren
- ◆ Stimulation / Fehlerinjektion
- ◆ Injektion programmierbarer Störungen erfolgt direkt auf dem FAST-Modul
- ◆ Modul-interne Umschaltung zwischen Original-Equipment und simulierten Komponenten

- ◆ Zeitsynchronisation über optionalen Timemaster (NTP, IRIG-B, etc)
- ◆ Direkte Auswertung der Zeitimpulse
- ◆ Zeit-Referenz ohne Software-Latenzen
- ◆ Sehr hohe Genauigkeit (kleiner 10µs) mit zusätzliche Timemaster Hardware

Zusätzlich sind die Funktionen dedizierter FAST-Module durch die Integration einer oder mehrerer Submodule erweiterbar. FAST-Subsysteme wiederum lassen sich in den unterschiedlichen Phasen und Konfigurationen des Entwicklungsprozesses integrieren: Im Virtual Prototyping, Board Test Bench, System Integration Bench oder im Functional Integration Bench. Sie können in Hardware-gebundenen und logischen Subsystemen zusammengefasst werden. Ein Hardware-gebundenes Subsystem enthält ein Chassis mit 21 Slots für FAST-Module inklusive Peripherie. Und nicht zuletzt kann ein logisches Subsystem auch mehrere FAST-Chassis enthalten. (nk) ■

Revolution in der Antennen-Messtechnik: Echokammern für kleine Antennen

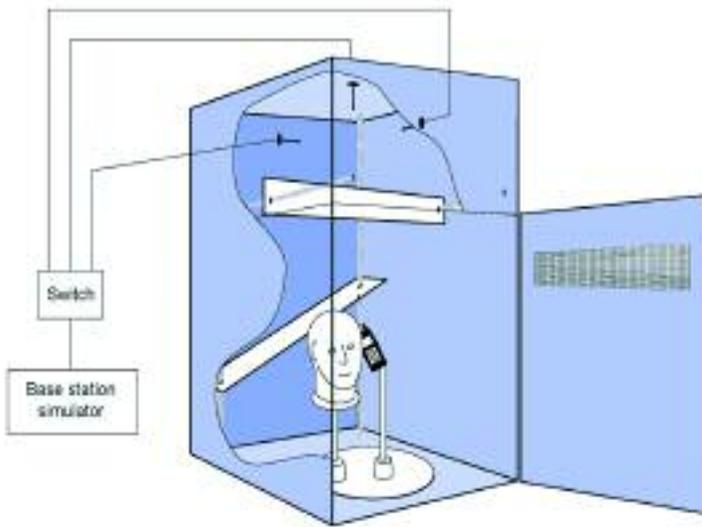
Echo erwünscht!

Nicht erst seit Einführung der MIMO-Technologie steigt die Anzahl kleiner Antennen in mobilen Endgeräten wie z.B. Handys rasch. Bislang testet man die Eigenschaften dieser Antennen mit relativ großem Aufwand vornehmlich in echofreien Kammern. Modenverwirbelungskammern jedoch bilden z.B. die Umgebungsbedingungen für Handygespräche deutlich realitätsnaher nach und stellen damit eine echte Alternative dar.

Modenverwirbelungskammern (MVK) stellen ein Grundprinzip auf den Kopf, das über Jahrzehnte bei der Messung von Antennen galt. Sie sind nicht frei von Echos – ganz im Gegenteil: Ihre Wände werden statt von teuren Absorbermaterialien von Metall bedeckt. Darum bilden sich in den »Reverberation Chambers« (zu deutsch: »Echokammern«) stehende elektromagnetische Wellen. In den bisher genutzten »Anechoic Chambers« (»echofreie Kam-

mern«) wurde hingegen ein immenser Aufwand getrieben, um genau das zu verhindern. Dennoch liefern die MVKs ausgezeichnete Messergebnisse – in kürzerer Zeit und zu einem Bruchteil der Kosten.

Warum werden heute aber vor allem echofreie Kammern für die Vermessung von Antennen eingesetzt? »Das hat historische Gründe«, erklärt Dr. Bernd Fleischmann, Geschäftsführer von Gigacomp, dem deutschen Vertriebs-



Skizze der Messanordnung mit Modenrührer, Drehtisch, Phantomkopf und angeschlossenen Messgeräten.

partner des Echokammer-Herstellers und -Pioniers Bluetest. »Während des Zweiten Weltkrieges mussten die Ingenieure Radarannten vermessen. Sie werden meist an exponierten Stellen installiert und sind daher nicht von Funkechos betroffen – die Ausbreitung der Wellen erfolgt längs der Sichtlinie (Line-of-Sight, LOS). Zudem kommt es bei ihnen ganz wesentlich auf die räumliche Abstrahlcharakteristik an. Ganz ähnlich ist die Situation bei anderen großen Antennen, etwa für die Kommunikation mit Satelliten. Auch für solche Messungen ist die reflexionsfreie Umgebung in den Anechoic Chambers völlig angemessen.«

Kleine Antennen stellen besondere Anforderungen

Ganz anders sind die Anforderungen, wenn kleine Antennen vermessen werden müssen: Ihr wichtigster Parameter ist die Effizienz – sie gibt an, mit welchem Wirkungsgrad die elektromagnetische Energie abgestrahlt bzw. empfangen wird. Dazu Dr. Fleischmann: »Sie ist darum so wichtig, weil sie in Mobilfunknetzen direkten Einfluss auf die Akku-Laufzeit der Handys, die maximalen Datenraten und die Netzauslastung hat – denn je effizienter die Mobiltelefone senden und empfangen, desto mehr Teilnehmer kann ein Netzbetreiber pro Basisstation bedienen: Schon eine um 3 dB höhere Effizienz bedeutet eine Verdoppelung. Die genaue Abstrahlcharakteristik – die in echofreien Kammern sehr gut zu messen ist – spielt bei kleinen Antennen hingegen keine Rolle, weil die Abweichungen von der Isotropie gering und für die Anwendungen nicht relevant sind.«

Dennoch müssen die Ingenieure während des Entwicklungsprozesses zahlreiche Untersuchungen durchführen, weil die Antennen in einer Vielzahl von Kanälen

und Frequenzbändern optimal arbeiten sollen. Hinzu kommen die komplexen Wechselwirkungen untereinander und mit dem Gehäuse. Hier sind in der Praxis also zahlreiche Optimierungsschleifen zu durchlaufen.

Gefragt ist darum ein Verfahren, das zugleich genau und schnell ist. Außerdem sollte es an das spätere Einsatzszenario – in der Regel eine Umgebung mit zahlreichen Reflexionen – angepasst sein. »Beide Voraussetzungen erfüllen echofreie Kammern nicht«, so der Experte. »Die Messungen dauern unnötig lange, zudem sind die Kammern wegen der aufwändigen Unterdrückung der Reflexionen unverhältnismäßig teuer.« Das war auch die Meinung von Professor Per-Simon Kildal von der Chalmers Universität in Göteborg. Darum begann er Ende der 90er Jahre, das bereits bekannte Prinzip der Modenverwirbelungskammern zu optimieren. Sein Ziel war es, die Messungen zu beschleunigen und ihre Genauigkeit zu steigern. Dabei hatte er speziell die Untersuchung kleiner Antennen im Blick. Um seine Ideen auf den Markt zu bringen, gründete er im Jahr 2000 das Unternehmen Bluetest AB.

MVKs: Ideal für MIMO-Messungen

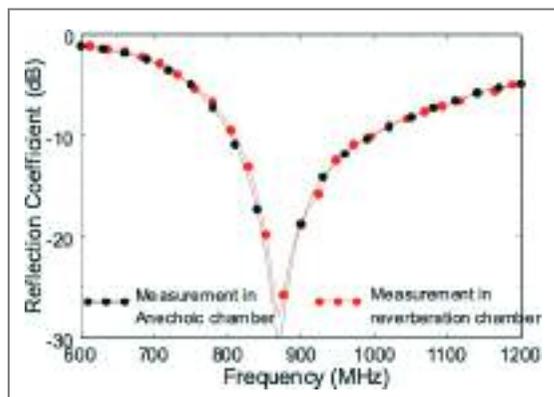
Zu dieser Zeit kam in der Industrie auch ein neues Thema auf: MIMO (Multiple Input Multiple Output). Darunter versteht man die Nutzung mehrerer Send- und Empfangsantennen für die Kommunikation, wodurch sich Qualität und Datenrate einer drahtlosen Verbindung deutlich erhöhen lassen: MIMO-Systeme

haben einen Diversitätsgewinn (»Diversity Gain«), also ein höheres Signal-zu-Rausch-Verhältnis als eine einzelne Antenne. MIMO wird zum Beispiel bei der nächsten Generation des Mobilfunks (LTE, Long Term Evolution) eine zentrale Rolle spielen. Messungen an Geräten mit mehreren Antennen sind allerdings besonders anspruchsvoll. Auch hier können nach Dr. Fleischmanns Überzeugung Modenverwirbelungskammern punkten: »In ihnen lassen sich MIMO-Systeme problemlos, schnell und präzise vermessen. In echofreien Kammern ist das nicht möglich, weil es bei Mehr-Antennen-Systemen ja gerade auf die Echos ankommt, die dort mit großem Aufwand unterdrückt werden.«

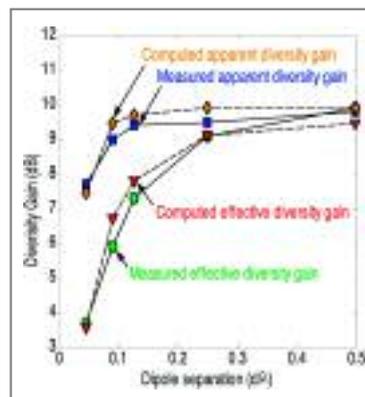
Das Funktionsprinzip der MVKs

Im Prinzip ist eine Modenverwirbelungskammer ein Faraday-Käfig und erinnert an einen Mikrowellenofen: Mit wenig eingespeister HF-Leistung lässt sich aufgrund der stehenden Wellen eine hohe Feldstärke erzeugen. Damit sie sich für die präzise Vermessung von Antennen eignen, sorgen in den Modenverwirbelungskammern von Bluetest gleich mehrere Mechanismen dafür, dass sich die elektromagnetischen Wellen in ihrem Inneren ganz ähnlich verhalten wie in typischen Anwendungsszenarien von Mobiltelefonen und anderen Geräten für die drahtlose Datenübertragung:

Zwei Metallplatten (»Mode Stirrer«) bewegen sich motorgetrieben in zueinander orthogonalen Richtungen auf und ab – das



Vergleich des gemessenen Reflexionskoeffizienten einer 868-MHz-RFID-Antenne in Absorberkammer und Modenverwirbelungskammer.



Vergleich zwischen Simulation und Messung des scheinbaren (apparent) und effektiven Diversitätsgewinns zweier Dipolantennen als Funktion ihres Abstands (ausgedrückt in Bruchteilen einer Wellenlänge).



Bluetest-Modenverwirbelungskammer

verändert ständig die Randbedingungen und sorgt dafür, dass das Muster der stehenden Wellen variiert. Zudem rotiert das zu testende Gerät (DUT, »Device under Test«) auf einem Drehteller, was für zusätzliche Veränderungen des empfangenen Wellenmusters führt. Drei fest im Inneren der Kammer installierte orthogonale Monopol-Antennen ermöglichen es außerdem, die Polarisation der Wellen nach Belieben zu verändern. Und schließlich wird auch die Frequenz in der Kammer variiert, was die Messgenauigkeit weiter verbessert.

Die Kammer »Bluetest HP« (High Performance) ist für den Frequenzbereich zwischen 650 MHz und 6 GHz (optional 11 GHz) ausgelegt und bietet eine Abschirmung von 100 dB gegenüber Störungen. Mit Außenabmessungen von 193 x 200 x 139 cm ist sie zudem deutlich kleiner als vergleichbare echofreie Kammern. Sie eignet sich etwa für Messungen von Geräten für TETRA, GSM, LTE, GPS, RFID, WCDMA, DECT, Bluetooth sowie WLAN. Auf Wunsch fertigt Bluetest auch maßgeschneiderte Kammern mit beliebigen Abmessungen an oder rüstet vorhandene EMV-Kammern, z.B. in der Automobilindustrie, mit den zuvor beschriebenen Maßnahmen auf. Alle Geräte von Bluetest werden mit einem Steuerprogramm ausgelie-

fert, das die Modenrührer und die Messinstrumente des Benutzers steuert (über GPIB/IEEE 488.2).

Messung der Empfängerempfindlichkeit (TIS)

»Die Genauigkeit der Messergebnisse hängt natürlich von der Ausstattung des Anwenders ab«, verdeutlicht Dr. Fleischmann. »Beispielhafte Untersuchungen geben aber einen Eindruck von der Leistungsfähigkeit des Bluetest HP: So wurde der Strahlungswirkungsgrad einer Antenne innerhalb einer Minute mit einer Standardabweichung von nur 0,5 dB und einer Frequenzauflösung von weniger als 5 MHz bestimmt. Ebenfalls innerhalb einer Minute wurde die TRP (Total Radiated Power) gemessen – mit einer Standardabweichung von 0,5 dB und für einen Kanal. Für die Messung der Empfängerempfindlichkeit (TIS = Total Isotropic Sensitivity) für einen Kanal benötigte das Gerät rund fünf Minuten. Die Standardabweichung lag hier bei einem dB.«

Am Beispiel der TIS-Messung lassen sich auch die Unterschiede zwischen echofreien und Modenverwirbelungskammern illustrieren. »In der echofreien Kammer erhält der Empfänger immer nur Signale aus einer einzigen Richtung«, fährt Dr. Fleischmann fort. »Um die gesamte Leistung zu ermitteln, müssen zahlreiche Messungen unter den verschiedensten Azimut- und Elevationswinkeln durchgeführt werden, was viel Zeit kostet. In der MVK werden hingegen mehr als 160 ebene Wellen gleichzeitig generiert, die aus allen Richtungen zugleich an der Antenne eintreffen. Aufgrund der Interferenzen dieser Wellen müssen zahlreiche Messungen mit unterschiedlichen Positionen der Modenrührer und des DUT durchgeführt werden, was dennoch wesentlich schneller abläuft als die Messung in einer echofreien Kammer. Das Feld, das die Antenne in der MVK ‚sieht‘, kommt aus allen Richtungen des Raumes gleichzeitig – auch bekannt als ‚independent identically distributed‘ (iid) oder ‚Rayleigh-Verteilung‘. Das entspricht

Art der Messung	Dauer in MVK	Dauer in echofreier Kammer
TIS	10 Minuten	60 Minuten
TRP	1 Minute	15 Minuten
Diversity Gain (MIMO)	1 Minute	Messung nicht möglich

Vergleich einiger Messzeiten in einer MVK und einer echofreien Kammer bei vergleichbarer Genauigkeit.

exakt der Situation, in der die Geräte später meist betrieben werden, etwa in Städten oder innerhalb von Gebäuden.«

Standardisierung im Rahmen von 3GPP angestrebt

Zu den Kunden von Bluetest gehören acht der weltweit größten Hersteller von Mobiltelefonen, außerdem drei der größten globalen Netzbetreiber, Hersteller von WLAN- und WiMAX-Geräten, Testlabore sowie Entwickler von kleinen Antennen. Gemeinsam mit den Mobilfunkanbietern Voda-

fone, Orange und NTT Docomo arbeitet Bluetest daran, Modenverwirbelungskammern beim 3rd Generation Partnership Project (3GPP) als Standard für die Vermessung von MIMO-Systemen zu etablieren. »Grund ist unter anderem die Tatsache, dass die überwiegende Mehrheit der Telefonate in städtischen Umgebungen oder innerhalb von Gebäuden geführt wird – Umgebungen, die sich mit MVKs hervorragend nachbilden lassen«, so Dr. Fleischmann. »Mit einer positiven Entscheidung der 3GPP rechnet Bluetest in diesem oder nächstem Jahr.« (nk) ■