

Emissionsmessungen über 1 GHz

A.02

Ein alternatives Messverfahren zur Bestimmung der Qualität der Messumgebung

Die Zunahme der Nutzung von elektronischen Geräten, insbesondere von drahtlosen wie Handies, Palmtop-Geräte oder drahtlose Computernetzwerken stellt zunehmende Anforderungen an Hersteller im Bezug auf den Konformitätsnachweis ihrer Produkte. Sie arbeiten mit immer höheren Betriebsfrequenzen, z. B. PCs benutzen zur Zeit Taktraten von 2 GHz und höher. Diese Entwicklung macht Messungen der Störfeldstärke im Bereich über 1 GHz zwingend erforderlich, um Störsituationen in diesem Frequenzbereich zu minimieren. Auch für nationale und internationale Normungsgremien birgt diese Entwicklung erhebliche Probleme, da sie neben geeigneten Grenzwerten auch Spezifikationen für die Messgeräte und Messumgebung erarbeiten müssen.

Zur Zeit existieren in einigen Normen, zum Beispiel 47 CFR Teil 15, Grenzwerte für den Frequenzbereich über 1GHz. Des weiteren sind Messverfahren, zum Beispiel in ANSI C63.4-2000, zur Durchführung von Konformitätsmessungen vorhanden. Allerdings ist ein Akzeptanzkriterium für die Messumgebung, wie für Freifeldmessplätze oder Absorberkammern im Bereich 30MHz bis 1GHz, noch nicht vorhanden. Da die Messumgebung einen signifikanten Einfluss auf das Messergebnis hat, muss ein solches Kriterium erarbeitet werden, um vergleichbare Messungen durchführen zu können. Im Bereich der internationalen (in CISPR/A/WG1) und nationalen Normung (zum Beispiel in ANSI C63 SC1) wird aktiv an der Entwicklung von Messverfahren zur Beurteilung der Messumgebung gearbeitet, um diese Lücke in der Normung zu schließen. Der folgende Beitrag stellt ein alternatives Messverfahren vor und präsentiert einige Messergebnisse von Experi-

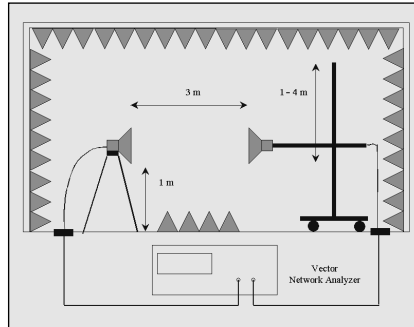


Abb. 1: Exemplarischer Messaufbau

menten, die zur Beurteilung der Qualität der Messumgebung durchgeführt wurden.

Seit einiger Zeit werden im Bereich der internationalen Normung (CISPR/A und CISPR/I) Vorschläge zur Messmethode für Emissionsmessungen über 1GHz diskutiert, die auf einem Freiraumverfahren basieren. Dies bedeutet, dass keinerlei Reflexionen das Messergebnis beeinflussen. Die Messumgebung ist somit grundsätzlich verschieden von der spezifizierten Umgebung für Feldstärkemessungen zwischen 30MHz und 1GHz, da kein leitender Boden bei der Durchführung der Messung vorhanden sein darf. Die Verifizierung dieser neuen Messumgebung benötigt neben einem Akzeptanzkriterium auch ein Messverfahren, das augenblicklich noch viele Fragen aufwirft. Ein weiterer Unterschied zu Messungen unter 1GHz ist die häufige Verwendung von breitbandigen Hornantennen, die demnach auch für die Beurteilung der Messumgebung verwendet werden sollten. Diese Antennen besitzen nach allgemeinem Verständnis, im Vergleich zu Antennen, die zu Messungen im Bereich 30MHz bis 1GHz benutzt werden, eine weit ausgeprägtere Richtcharakteristik. Diese Eigenschaft ist für Übertragungsmessungen zur Beurteilung der Messumgebung von entscheidender Bedeutung. Hornantennen, die relativ genau aufeinander ausgerichtet sind, erfassen im wesentlichen nur das direkt übertragene Signal und bewerten deswegen die Einflüsse der Umgebung (zum Beispiel Reflexionen) nicht richtig. Dies ist für die Beurteilung der Messumgebung jedoch unerwünscht. Messungen, die von verschiedenen EMV Labors in den USA durchgeführt wurden, zeigten allerdings ein etwas anderes Ergebnis. Aufgenommene Richtdiagramme von handelsüblichen Hor-

nantennen zeigten, dass zwar in der Hauptrichtung eine Bündelung vorhanden war, die jedoch weit weniger ausgeprägt war als zuvor angenommen. Weiterhin konnte der Einfluss des Bodens, selbst in relativ großen Höhen, immer noch festgestellt werden, was ebenso die Annahme der starken Bündelung in der Hauptrichtung widerlegt. Damit können Hornantennen nur unter Anwendung einer geeigneten Methode zur Bestimmung der Qualität der Messumgebung eingesetzt werden. Diese Erkenntnis wurde bei der Entwicklung einer Messmethode mit einbezogen, die auf der vektoriiellen Netzwerkanalyse und darauf aufbauenden Messungen im Zeitbereich basiert, um Absorber am Boden zwischen den beiden Hornantennen in geeigneter Weise zu plazieren, sodass die Bodenreflexionen stark reduziert und damit annähernd Freiraumbedingungen geschaffen werden können.

Theorie der Messmethode

Zur Bestimmung der Freiraumeigenschaften einer Absorberkammer wurde ein Verfahren benutzt, das auf vektoriieller Netzwerkanalyse und Messungen im Zeitbereich beruht. Der Netzwerkanalysator führt Übertragungsmessungen im Frequenzbereich von 1GHz bis 18GHz durch und transformiert das Ergebnis mittels inverser Fouriertransformation in den Zeitbereich. Die Zeitbereichsdarstellung kann mittels Eingabe einer Konstanten, die von der relativen Permeabilität des Übertragungsmediums abhängt, in eine Darstellung in Abhängigkeit der Entfernung umgewandelt werden. Dies ermöglicht die Unterscheidung des direkt zwischen den Antennen übertragenen Signal von reflektierten Signalen, die durch geeignete Platzierung von Absorbermaterial zu minimieren sind, um Freiraumbedingungen schaffen zu können. Ein großer Vorteil dieser Methode besteht in der Echtzeitkorrektur der Messdaten, was zu einer weitgehenden Eliminierung der systematischen Fehler im Frequenzbereich führt und somit die Messunsicherheit auch im Zeitbereich erheblich vermindert. Diese Betriebsart des Netzwerkanalysators kann mit einem herkömmlichen TDR (Time Domain Reflectometer) verglichen werden. TDRs verwenden Impuls- oder Sprunganregungen und beobachten die Ant-

Autoren
WERNER SCHAEFER ist Senior Compliance Engineer for Corporate Compliance bei Cisco Systems, Inc.;
Mailstop SJCP/1/4, 125 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134, USA
Fon: +1/408/853-8550, Fax: +1/408/526-4184
E-Mail: wsemc@cisco.com

wort des Prüflings an einem Messgerät, das mit einem Oszilloskop vergleichbar ist. Der Netzwerkanalysator dagegen führt die eigentliche Messung im Frequenzbereich durch und simuliert mathematisch eine Sprung- oder Impulsanregung im Zeitbereich. Ein herkömmliches TDR kann für die Untersuchung der Messumgebung nicht verwendet werden, da die Antennen bandlimitiert sind, also in einem Frequenzbereich arbeiten, der nicht den Gleichanteil (Frequenz 0 Hz) einschließt. Diese Eigenschaft ist jedoch Voraussetzung für die Nutzung eines TDR-Systems. Der Netzwerkanalysator hat einen Betriebsmodus im Zeitbereich, der die Messung in bandbegrenzten Medien, also zum Beispiel im Frequenzbereich von 1 GHz bis 18 GHz, ermöglicht und die Charakteristik des Prüflings in Abhängigkeit einer Impulsanregung darstellt. Bei Messungen im Zeitbereich ist auf das mehrfache Auftreten von Antworten zu achten, was als Aliasing bezeichnet wird. Der Messbereich, der frei von Aliasing-Produkten ist, wird als Range bezeichnet und ist abhängig von der Anzahl der horizontalen Digitalisierungspunkte der Anzeige und dem benutzten Frequenzbereich. Die Wahl der Digitalisierungspunkte muss vor der Kalibrierung im Frequenzbereich erfolgen und die Erfassung der relevanten Signale im Zeitbereich (was in diesem Fall die vom Boden oder den Wandabsorbern reflektierten Signale sind) ermöglichen.

Durchführung der Messungen

Zwei kommerziell erhältliche Hornantennen, die den Frequenzbereich 1 GHz bis 18 GHz abdecken, wurden in einer 10-m-Absorberkammer, wie in Abb.1 exemplarisch gezeigt, aufgestellt. Die Absorberkammer ist mit einer Kombination aus Ferritkacheln und Schaumabsorbern ausgestattet, erfüllt das Kriterium der normierten Felddämpfung im Bereich 30 MHz bis 1 GHz und kann damit zu Konformitätsmessungen verwendet werden.

Die Sendeantenne ist fest auf einem Stativ in einer Höhe von 1 m montiert. Die Empfangsantenne wurde an einem Antennenmast angebracht und in der Höhe zwischen 1 m und 4 m in Schritten von 50 cm variiert. Der Abstand zwischen den Antennen betrug in vertikaler Projektion 3 m. Der Vektoren-Netzwerkanalysator, der sich außerhalb der Absorberkammer befand, war mittels verlustarmer Kabel mit beiden Antennen verbunden. Vor der eigentlichen Übertragungsmessung wurde im Frequenzbereich 1 GHz bis 18 GHz eine 12-Term-Fehlerkorrektur durchgeführt, wobei die Kalibrierebene am Ende der beiden Kabel, also an den Antennenanschlüssen, definiert wurde. Dies ermöglicht, systematische

Anzeige

A.02

Anzeige

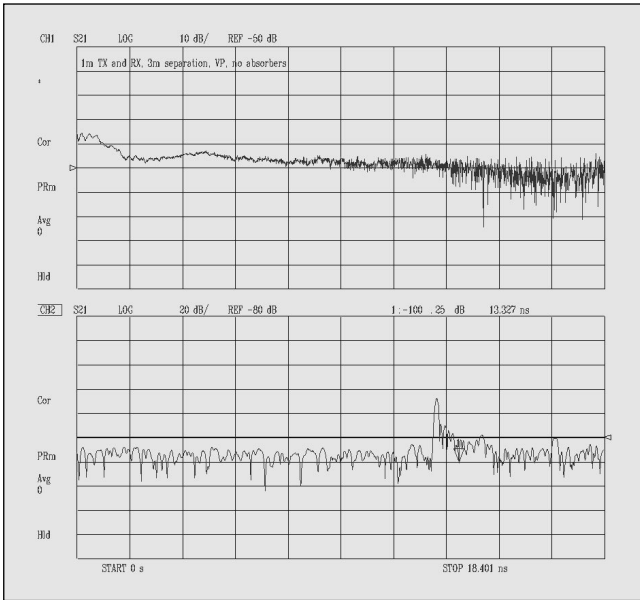


Abb. 2: Referenzmessung im Zeitbereich

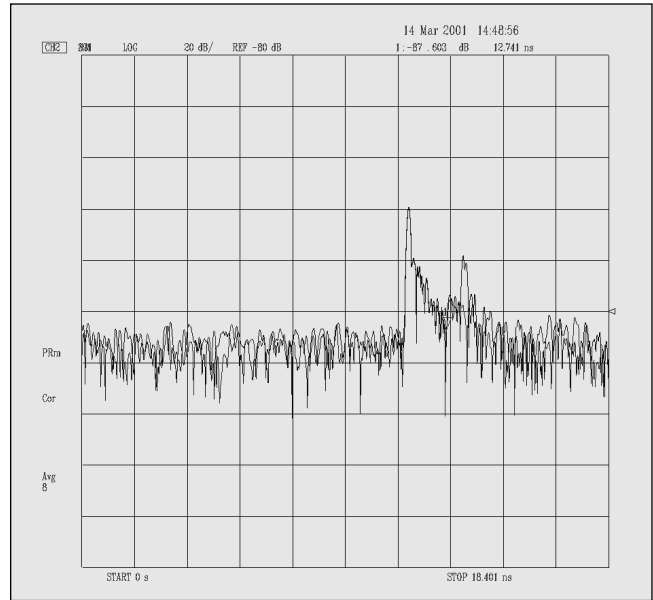


Abb. 3: Vergleich der Messungen mit und ohne Absorber

Fehler wie zum Beispiel Reflexionen auf Kabeln und Kabeldämpfungen mathematisch in Echtzeit zu korrigieren. Die maximal mögliche Leistung der Signalquelle des Netzwerkanalysators wurde benutzt, um genügend Messdynamik zur Verfügung zu haben und den Einfluss des Rauschens, insbesondere für die Messungen im Zeitbereich, zu minimieren. Weiterhin wurde die maximale Zahl der Digitalisierungspunkte (1601) verwendet, was die beste Auflösung im Zeitbereich, allerdings zu Lasten längerer Messzeiten, bietet und den größten Messereich, der frei von Aliasing-Produkten ist, ermöglicht.

Zuerst wurde eine Übertragungsmessung ohne Absorbermaterial durchgeführt, wobei sich beide Antennen in eine Höhe von 1 m befanden. Dieses Messergebnis ist in Abb. 2 dargestellt. Das Messergebnis wurde im Bildschirmspeicher des Netzwerkanalysators abgespeichert und als Referenz für visuelle Beurteilung der Absorbereffekte in den nachfolgenden Messungen angezeigt.

Das in Abb. 2 dargestellte Messergebnis besteht aus zwei Diagrammen. Im oberen ist der Übertragungsfaktor im Frequenzbereich dargestellt. Die Kurve weist eine erhebliche Welligkeit, insbesondere bei höheren Frequenzen auf, was auf vorhandene Reflexionen schließen lässt. Im unteren Diagramm ist das Ergebnis im Zeitbereich dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die horizontale Achse in Zeiteinheiten eingeteilt ist. Die Startzeit ist mit 0 ns angegeben und die Stopzeit mit 18,4 ns, was die Grenze für den Messbereich ohne Aliasing darstellt. Als Amplitude ist die Übertragungsdämpfung dargestellt, die als Durchschnittswert im gewählten Frequenzbereich zu interpretieren ist. Die maximale Auslenkung stellt das zwischen den Antenne direkt

übertragene Signal, das nach ca. 11,6 ns erfasst wird, dar. Zu beachten sind die weiteren Signale, die eine längere Laufzeit von der Sende- zur Empfangsantenne benötigen. Da reflektierte Signale eine längere Strecke zurücklegen, werden sie später als das direkt übertragene Signal empfangen. Durch Erkennung der Laufzeitunterschiede kann nun zwischen verschiedenen Signalen unterschieden werden, was zur Beurteilung der Absorberwirkung benutzt wird.

In Abb. 3 ist der Einfluss des nun verwendeten Absorbermaterials zu erkennen. Die zweite Auslenkung in der abgespeicherten Referenzkurve, die die Reflexion an der leitenden Bodenfläche der Absorberkammer darstellt, wird effektiv unterdrückt. Es wurden mehrere Absorbertypen mit unterschied-

lichen Höhen verwendet, die zu signifikanten Unterschieden hinsichtlich der Unterdrückung der Bodenreflexion führten. Mit dieser Messmethode kann eine quantifizierte Beurteilung hinsichtlich der zu verwendenen Absorber für einen speziellen Messaufbau bestimmt werden.

Ein weiteres Problem besteht in der Orientierung der Absorber und der abzudeckenden Bodenfläche. In einer Konformitätsmessung eines Produktes muss sichergestellt sein, dass die Antenne die gesamte Fläche des Prüflings erfasst. Da Hornantennen über eine gewisse Richtcharakteristik verfügen, kann eine Veränderung der Antennenposition in der Höhe und eventuell seitwärts erforderlich sein. Dies ist dann gegeben, wenn der Prüfling, aufgrund seiner Größe nicht vollständig mit der

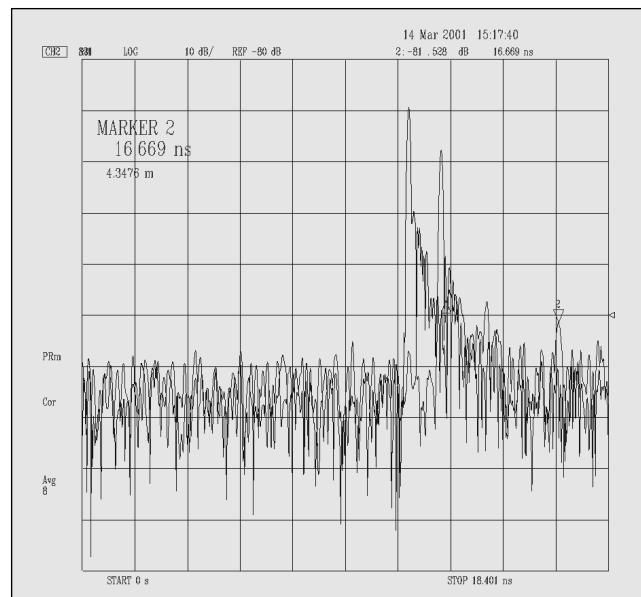


Abb. 4: Reflexionen des Bodens durch Antennenhöhenänderung

Hauptkeule des Antennendiagramms erfasst wird. Die Simulation dieses Zustandes und die Beobachtung der Absorberwirkung wurden in Abb. 4 dargestellt.

Es ist zu erkennen, dass das direkt übertragene Signal gegenüber der Referenzmessung nun erst später erfasst wird. Dies wird bedingt durch den längeren Weg zwischen den Antennen, die nicht mehr direkt aufeinander gerichtet sind sondern sich in unterschiedlichen Höhen befinden (Sendeantenne: 1 m, Empfangsantenne: 2 m). Es kann außerdem beobachtet werden, dass nun neue Reflexionen am Boden auftreten, die das Messergebnis ebenfalls beeinflussen. Dies bedeutet, dass nun Nebenkeulen der Empfangsantenne Signale erfassen, die zuvor nicht erkannt wurden. Durch Platzierung weiterer Absorber konnten diese Effekte ebenfalls minimiert werden. Es wurde festgestellt, dass eine Fläche von ca. 3 m mal 4 m mit Absorbern belegt werden muss, um diese Art der Boden-Reflexionen zu unterdrücken. Es sollte ebenfalls erwähnt werden, dass diese Erkenntnis direkt vom Richtdiagramm der verwendeten Antenne abhängt, das zwischen Antennen desselben Typs zum Teil sehr unterschiedlich sein kann.

Zusammenfassung

Messungen der Störfeldstärke über 1 GHz nehmen immer mehr an Bedeutung zu, da viele verschiedene Produkte entweder in diesem Frequenzbereich arbeiten oder ungewollt Signale erzeugen, die Systeme stören können. Für diese Messungen werden oft Hornantennen verwendet, die einen weiten Frequenzbereich abdecken und damit ein effizientes Messverfahren ermöglichen. Folglich sollten diese Antennen ebenso zur Beurteilung der Messumgebung verwendet werden. Zu diesem Zeitpunkt existiert für die Beurteilung der Messumgebung noch kein genormtes Messverfahren oder ein Akzeptanzkriterium. Es ist jedoch zumindest im internationalen Rahmen eine Freifeldumgebung für Messungen in diesem Frequenzbereich vorgesehen, was in der Regel die Benutzung von Absorbern, zumindest bei Messungen in herkömmlichen Absorberkammern, bedingt. Es wurde ein Verfahren vorgestellt, das die qualitative Beurteilung des Absorbertyps und der Positionierung zwischen den Antennen ermöglicht.

Diese Verfahren benutzt die Laufzeitunterschiede zwischen der Sende- und der Empfangsantenne, um Signale unterscheiden zu können. Die Positionierung der Absorber sowie die Auswahl der Absorber kann auf diese Weise für einen speziellen Messaufbau optimiert werden. Die Messergebnisse zeigen ebenfalls, dass in der Normung eine Vorgabe hinsichtlich des Absorbertyps und der Absorberhöhe gegeben werden muss, um vergleichbare Messungen zu ermöglichen.

www.publish-industry.net

more @ click EK2A0202

How to use

more @ click !

1. www.publish-industry.net
2. ,more@click'-Code eingeben
3. Anbieter kontaktieren – Diskutieren – Recherchieren

Anzeige

Anzeige