

## Neue Herausforderungen durch MIMO

# WiMAX erfordert leistungsstarke Messtechnik

Ursprünglich sollte WiMAX breitbandige Kabelnetze wie DSL ersetzen. Um Breitbandzugang auch flächendeckend zu ermöglichen, kamen rasch mobile Anwendungen hinzu. Mit der MIMO-Technologie ist bereits die nächste Entwicklungsstufe in ersten WiMAX-Applikationen zu finden.

» Dr. Wolfgang Wendler

MIMO verspricht deutlich höhere Datenraten und verbessert die spektrale Effizienz. Gleichzeitig stellt es aber neue Herausforderungen an die Messtechnik für WiMAX-MIMO-Anwendungen – in Entwicklung, Zertifizierung und Produktion gleichermaßen. Die Grundlage für kommerzielle, stationäre WiMAX-Anwendungen bildet das OFDM-Mehrträgerverfahren. Dies reduziert in erheblichem Mass Störungen, die durch die Überlagerung aufeinanderfolgender Symbole hervorgerufen werden, und erweist sich damit als sehr vorteilhaft bei Mehrwegeausbreitung. Die Modulation wird jeweils an die Übertragungsbedingungen angepasst. Als Modulationsverfahren kommen BPSK, QPSK, 16QAM und 64QAM zum Einsatz.

### Mehrere physikalische Träger werden in Subkanälen zusammengefasst

Für mobile Anwendungen wird das erweiterte OFDMA-Verfahren verwendet. Während bei OFDM alle Teilnehmer nacheinander bedient werden, kann OFDMA mehrere Teilnehmer gleichzeitig bedienen. Dabei werden mehrere physikalische Träger in Subkanälen zusammengefasst und jedem Teilnehmer je nach benötigter Bandbreite eine bestimmte Anzahl von Subkanälen zugewiesen. In

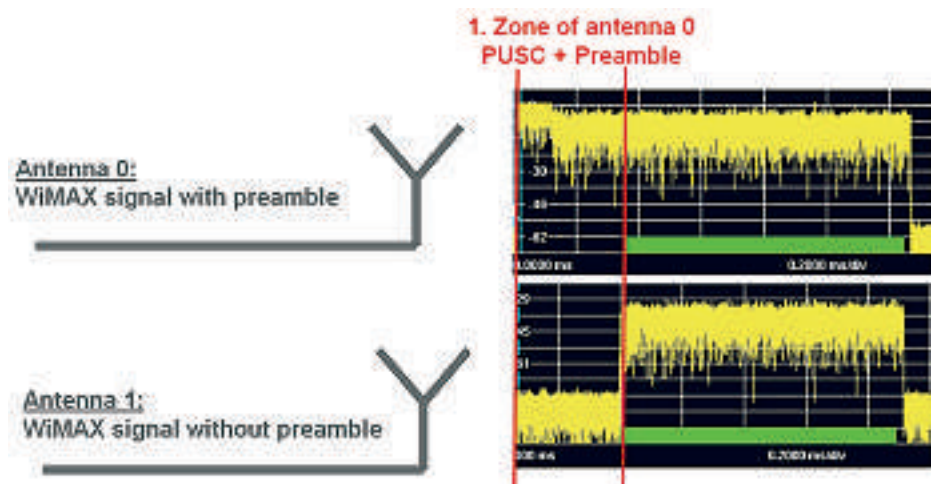


Bild 1: Typische Struktur eines WiMAX-MIMO-Sendesignals mit zwei Antennen – die erste Zone mit Präambel wird nur von Antenne 0 gesendet

Downlink-(DL-) und Uplink-(UL-)Maps ist festgelegt, welche Kanäle zu welchen Zeiten welchen Teilnehmern zugeordnet sind. Die Zuordnung der physikalischen Träger zu den Subkanälen erfolgt über Permutationsalgorithmen (DL-PUSC, DL-FUSC, UL-PUSC usw.), die sich zeitlich ändern und dadurch unterschiedliche Zonen definieren können.

Ein WiMAX-OFDMA-Signal entsprechend dem Standard IEEE 802.16e-2005 beginnt mit einer Präambel, die dem Empfänger eine Zeit- und Frequenzsynchronisierung sowie eine grobe Kanalschätzung ermöglicht. Gemäss dem Standard ist die erste Zone nach der Präambel eine PUSC-Zone. Sie kann in bis zu drei Segmente aufgeteilt werden, was die Signalübertragung an bis zu drei Basisstationen gleichzeitig ermöglicht. Alle Empfän-

ger müssen in der Lage sein, diese Zone zu dekodieren. Sie enthält nämlich die Information über die gesamte Signalstruktur.

### I/O-Daten zur weiteren Analyse an externen Rechner übertragen

Die Entwicklung vollständiger WiMAX-Anwendungen und -Komponenten erfordert eine genaue Untersuchung der HF-Eigenschaften. Die meisten Spektrumanalysatoren sind jedoch nicht in der Lage, die Modulationsqualität eines WiMAX-Signals (OFDM/OFDMA) zu beurteilen. Die Qualität ist aber von entscheidender Bedeutung, um hohe Datenraten sicherzustellen. Das gesamte Signal muss erst erfasst und demoduliert werden. Dafür ist ein Signalanalysator mit grosser Demodulationsbandbreite von mindestens

#### Autor

Dr. Wolfgang Wendler  
Produktmanagement Spektrum- und  
Netzwerkanalyse, EMV-Messtechnik  
bei Rohde & Schwarz

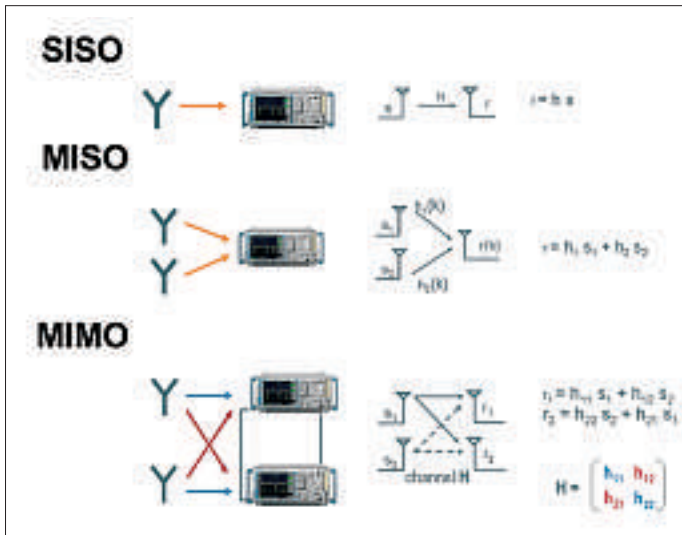


Bild 2: Verschiedene TX-Messmodi für WiMAX-Anwendungen

28 MHz erforderlich. Zudem sollte er über einen extrem grossen Aufnahmespeicher verfügen, der eine Aufzeichnungsdauer über 10 ms – eine typische Rahmenlänge eines WiMAX-Signals – verarbeiten kann. Nach der Signalerfassung können die I/O-Daten zur weiteren Analyse an einen externen Rechner übertragen werden. Für viele Anwendungen ist es jedoch vorteilhafter, wenn die Daten direkt im Signalanalysator ausgewertet werden. Dadurch lassen sich der Testaufbau vereinfachen und kürzere Messzeiten erzielen. Für viele moderne Analysatoren stehen spezielle WiMAX-Optionen zur Verfügung.

Zu Beginn der Messung von OFDM/OFDMA-Signalen muss der Anwender neben Frequenz, Aufnahmelänge usw. auch die Bandbreite und die Länge des Schutzintervalls definieren. Diese Parameter sind bei WiMAX-Signalen variabel. Moderne Signalanalysatoren erkennen die Modulationsart bei OFDM- und OFDMA-Signalen dann automatisch. Die Messung von Sendesignalen vereinfacht sich dadurch enorm. Das führt zu mehr Effizienz in der Entwicklungsabteilung. Auch in der Produktion kann die Messtechnik schneller eingerichtet werden.

### WiMAX setzt auf MIMO-Technologie

Die Anforderungen an die Kapazität von Mobilfunk- und anderen Funknetzen steigen stetig. Daher setzen immer mehr Standards auf

die MIMO-Technologie – so auch WiMAX. Durch den gleichzeitigen Einsatz mehrerer Send- und Empfangsantennen lässt sich die Datenrate steigern und eine höhere Übertragungsqualität sicherstellen. Man nutzt dafür die Mehrwegeausbreitung. Während sie bei früheren Funkstandards eher störend war, verbessert bei MIMO jeder zusätzliche Weg zwischen Sender und Empfänger das Signal-Rausch-Verhältnis. Besonders bei mobilen Anwendungen reduziert ein Mehrwegeempfang im Vergleich zu einem einzelnen Übertragungskanal die Schwankungen des Empfangspegels deutlich. Im Standard 802.16e-2005 (mobiles WiMAX) sind für Zwei- und Vier-Antennen-Systeme verschiedene MIMO-Modi definiert.

Man unterscheidet zwischen räumlicher Diversität (STC = Space Time Coding) und echtem Multiplexing (True MIMO). Bei STC wird auf beiden Antennen die gleiche Information gesendet, lediglich mit unterschiedlicher Kodierung. Dies erhöht das Signal-Rausch-Verhältnis und somit die Reichweite des Systems. Der Datendurchsatz erhöht sich durch die bessere Signalqualität allerdings nur indirekt. Dieser Betriebsmodus wird als Matrix A bezeichnet, die Kodierung erfolgt nach dem Alamouti-Verfahren.

Bei «True MIMO», auch als Matrix B bezeichnet, werden unterschiedliche Datenströme auf beiden Antennen gleichzeitig gesendet. Damit verbessern sich der Durchsatz und die Bandbreiteneffizienz. In beiden Modi enthalten die Datenströme der beiden Sendantennen Pilotsequenzen. Sie werden in Abhängigkeit von der verwendeten Antenne auf unterschiedlichen Frequenzen bzw. Trägern gesendet und stören sich somit nicht gegenseitig. Der Empfänger kann die unterschiedlichen und von verschiedenen Antennen →

## ADVANCED NETWORK DEVICES

# IMPROVISIERTE NOTLÖSUNGEN HABEN IN MEINEM JOB KEINE CHANGE –

IN MEINER FREIZEIT SCHON.



SYSTEMLÖSUNGEN VON WEIDMÜLLER BIETEN EINFACH ALLES FÜR IHR INDUSTRIAL ETHERNET.



- alle Komponenten: aktiv und passiv
- alle Schutzarten: IP20 bis IP67
- alle Medien: Kupfer, LWL und Wireless
- weltweiter Service und Support
- kundenspezifische Lösungen



Weitere Information unter:  
[www.weidmueller.ch/](http://www.weidmueller.ch/)  
 IndustrialEthernet  
[info@weidmueller.ch](mailto:info@weidmueller.ch)

**Weidmüller**

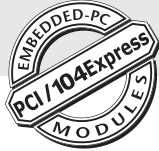
### Kontakt

Markus Haymoz  
 Leiter Messtechnik  
 und Testsysteme  
 Roschi Rohde & Schwarz AG



# Das Atom™ basierende PCI/104-Express Board.

## MSM200X/XL/XP



### Höchste Funktionalität auf einem SBC!



#### MSM200XP inkl. SMA200

- \_ PCI/104-Express Baseboard
- \_ Intel® Atom™ Z510 oder Z530
- \_ PCI und PCIe Bus (4 lanes)
- \_ bis zu 2GByte RAM aufgelötet
- \_ 6x USB V2.0, Stereo Audio I/O
- \_ 1GB LAN, LVDS/VGA
- \_ 4x COM (RS232), 1x LPT
- \_ Option: onboard GPS auf COM4 aufgelötet
- \_ PCIe Minicard (für WLAN oder GSM)
- \_ Erweiterte Betriebstemp.: -40° bis +80°C



DIGITAL-LOGIC bietet zuverlässige Embedded Computer in  
**PCI/104-Express, 3.5", EPIC, EBX, smart-Module, smartCore® Express, COM Express**  
und anderen Formaten.



Weitere Infos unter:  
[www.digitallogic.com](http://www.digitallogic.com)



Bild 3: Zu den Ergebnissen der WIMAX-Option werden zusätzliche Ergebnisse angezeigt, wie hier die Spektrum-Flatness für die beiden Kanäle h1 und h2

ausgesendeten Datenströme anhand der Pilotsequenz trennen und eindeutig zuordnen.

#### «True MIMO» erfordert zwei Analysatoren

Bild 1 zeigt eine typische Struktur eines WiMAX-MIMO-Signals mit zwei Antennen. Die von Antenne 0 und Antenne 1 ausgesendeten Signale weisen eine unterschiedliche Zeitstruktur auf. Die erste Zone – eine DL PUSC-Zone mit einer Präambel – wird immer von Antenne 0 übertragen, an Antenne 1 wird kein Signal ausgegeben. In der darauf folgenden Zone senden beide Antennen das MIMO-Signal aus. Wenn die Signale beider Antennen von einem Analysator erfasst werden, kann die Präambel von Antenne 0 zur Synchronisation verwendet und die MIMO-Dekodierung gestartet werden. Der Betriebsmodus «True MIMO» (Matrix B) dagegen erfordert zwei Analysatoren oder zumindest zwei HF-Empfangspfade. Dadurch können sich die Kosten für Messgeräte stark erhöhen. Um die Kosten besonders in der Produktion niedrig zu halten, sollte sich das Analyseinstrument auch auf Antenne 1 aufsynchrosieren können, obwohl auf diesem HF-Pfad keine Präambel ausgesendet wird. In diesem Fall ist ein Analysator ausreichend. Die beiden Antennen lassen sich nacheinander charakterisieren.

#### Messungen an WiMAX-MIMO-TX-Anwendungen

Zur Messung von MIMO-Anwendungen ist es erforderlich, die Algorithmen der WiMAX-Analysesoftware anzupassen. Viele Messanwendungen zur Verifikation oder in der Produktion sollen in erster Linie herausfinden, ob die gesendeten Signale dem Standard entsprechen und die physikalischen Eigen-

schaften innerhalb der definierten Grenzen liegen. Dazu müssen die verschiedenen Antennenpfade nicht gleichzeitig vermessen werden. Sie sind nacheinander untersuchbar, wodurch ein Analysator für diese Anwendung ausreicht. Am Gerät wird die Antennenverbindung (0 oder 1) und der Betriebsmodus (DL PUSC Matrix A oder B) eingestellt, der bei der Datenübertragung verwendet wird.

Messungen während der Entwicklungsphase und bei Abnahmeprüfungen erfordern natürlich wesentlich umfassendere Ergebnisse. Zur vollständigen Reproduzierung der Daten im Sendesignal oder zur Analyse des Übersprechens zwischen den Antennen sind gleichzeitige Messungen an beiden Antennen notwendig (Bild 2). Im Betriebsmodus Matrix A genügt dafür ein Signalanalysator. Die Sendantennen werden gemeinsam auf den Analysatoreingang geschaltet (Betriebsart MISO – Multiple Input Single Output). Eine spezielle Kodierung ermöglicht es, die Signale wieder zu trennen und die Daten vollständig zu demodulieren. Beide Kanäle können vermessen werden (Bild 3). Im Betriebsmodus Matrix B erfordert diese Messung jedoch zwei Analysatoren, um die Kanalmatrix H zu berechnen und das Signal zu demodulieren (Bild 2). Die Rohde & Schwarz-Lösung beispielsweise verwendet einen Spektrumanalysator mit WiMAX-Option als Master. Ein zweiter dient als Slave. Der zweite Analysator wird vom ersten angesteuert und erfasst lediglich die Daten. Der Master errechnet dann die Ergebnisse. <<

#### Infoservice

Roschi Rohde & Schwarz AG  
Mühlestrasse 7, 3063 Ittigen  
Tel. 031 922 15 22, Fax 031 921 81 01  
sales@roschi.rohde-schwarz.com  
www.roschi.rohde-schwarz.ch