

Bestimmung der Exposition durch WiMAX (Band 2: Entwicklung geeigneter Verfahren)

Kurzfassung (Bd. 2)

Im zweiten Teilbericht werden Mess- und Berechnungsverfahren zur Erhebung der real vorhandenen Immissionen elektromagnetischer Felder im Umfeld von WiMAX-Anlagen entwickelt bzw. bestehende Verfahren modifiziert.

Bezüglich *Expositionsmessungen an Basisstationen* können zur Überprüfung der Einhaltung der Grenzwerte die Methoden spektrale Messung, Erfassung im Zeitbereich und Kanalleistungsmessung eingesetzt werden, wenn die wesentlichen Einstellparameter am Spektrumanalysator geeignet gewählt sind. Der Hauptvorteil der spektralen Messung liegt in der Möglichkeit der gleichzeitigen Erfassung von mehr als einem Signal, während die Messung im Zeitbereich die genaueste Analyse des relativ komplizierten zeitlichen Signalverlaufs eines WiMAX-Signals ermöglicht, so dass die bestmögliche Extrapolation auf höchste betriebliche Anlagenauslastung erreichbar ist. Die Kanalleistungsmessung ist insbesondere dann von Vorteil, wenn das WiMAX-Signal eine Bandbreite besitzt, die deutlich größer ist, als die maximal einstellbare RBW des Analysators. Werden

Punktrastermessungen durchgeführt, ergeben sich bei den drei Verfahren keine zusätzlichen Einschränkungen. Wird hingegen der räumliche Maximalwert der Felder mittels der Schwenkmethode gesucht, verliert die Zeitbereichsmessung einen Teil ihrer Vorteile, da sich durch die Anwendung der „Max-Hold“- Funktion im Analysator die einzelnen Frames beliebig überlagern, so dass der Zeitverlauf des Signals nicht mehr sauber aufgelöst werden kann und daher die Bestimmung der Leistung des Downlink-Subframe erschwert wird.

Empfehlenswert ist es daher, immer vor der eigentlichen Expositionsmessung, im Rahmen einer Vorhermessung im Zeitbereich, die genaue Signalstruktur des WiMAX-Signals zu bestimmen.

[Örtliche und zeitliche Durchschnittswerte können durch diskrete Messung an einzelnen Punkten oder permanente Messungen bei langsamer Bewegung der Messantenne mit anschließender Mittelwertbildung gewonnen werden. Hierfür ist aber im Gegensatz zur Grenzwertüberprüfung die Messung aller drei Raumkomponenten der Feldstärke (isotrope Messung) Voraussetzung. Messungen zeigen, dass verfügbare, aber nur bis 3 GHz spezifizierte Isotropantennen unter gewissen Einschränkungen auch noch für 3,5 GHz WiMAX, aber nicht mehr für 5 GHz WiMAX eingesetzt werden können.

Für Langzeitmessungen wurde ein neues Verfahren entwickelt, das auf der Verwendung einer extrem langen Sweepzeit basiert. Dieses Verfahren kann in Verbindung mit einer räumlichen Bewegung der Messantenne auch für die Erfassung von räumlichen und zeitlichen Durchschnittswerten eingesetzt werden.

Bei *Immissionsmessungen an Endgeräten* ist zwischen Feldmessungen und SARMessungen zu unterscheiden. Bei Feldmessungen (Abstände zum Endgerät größer als die Wellenlänge) sind prinzipiell alle Messverfahren für Basisstationen - d.h. spektrale Messung, Kanalleistungsmessung und Zeitbereichsmessung -, sowie breitbandige Verfahren einsetzbar. Ihre Anwendbarkeit unterscheidet sich jedoch bezüglich des verwendeten Duplex- Modus und ist darüber hinaus gerade bei TDD auch von der Frage abhängig, ob die Immission vom Endgerät oder von der Basisstation dominiert. SAR-Messungen werden bei körpernahen bzw. Körperkontakt-Anwendungen durchgeführt. Geeignete Phantome und gewebebesimulierende Flüssigkeiten sind in Normen definiert. Sonden mit ausreichender Empfindlichkeit sowie Basisstationssimulatoren zur definierten Ansteuerung der Endgeräte sind herstellerseitig verfügbar.

Bezüglich *Berechnungsverfahren* wurden für diese Studie verschiedene kommerzielle Softwarepakete im Hinblick auf ihre Eignung zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung in der Umgebung von WiMAX-Funksendeanlagen untersucht. Der Begriff „Umgebung“ umfasst hierbei den Bereich außerhalb des Sicherheitsabstandes der Basisstation bis zum

Rand des Versorgungsgebietes der entsprechenden Anlage. Anhand eines Kataloges von praxisrelevanten Konfigurationen wurde die Eignung der jeweiligen Software untersucht. Für die Eingabeparameter kann zusammenfassend festgehalten werden, dass für konventionelle Sendeantennen von Basisstationen eine Synthese der Abstrahlcharakteristik zur Kompensation der Abhängigkeit von Frequenz, Downtilt und Montageumgebung direkt aus [BOR 05] und [BOR 06] übernommen werden kann. Durch den Einsatz von adaptiven Antennen zum Beamforming können schmale (bezüglich Azimut und Elevation) Abstrahlbereiche erzeugt werden, mit denen die jeweilige Abstrahlung in zeitlicher Abfolge gezielt auf den jeweils aktiven Benutzer gerichtet werden kann. Für eine Expositionsrechnung, die nicht nur eine kurzfristige, momentane, sondern eine längerfristige Prognose liefern soll, scheint es sinnvoll, eine synthetisierte Antennencharakteristik als Umhüllende aller möglichen Zustände der adaptiven Antenne zu generieren. Darüber hinaus müssen die Gebäude und Geländedaten geeignet in einer Berechnung berücksichtigt werden.

Insgesamt zeigen die Vergleiche der Simulationsergebnisse (Maximalwerte in einer bestimmten Fläche) von den hier betrachteten Softwarepaketen keine gravierenden Unterschiede. Die Methode „Reine Freiraumausbreitung + 3 dB“ liefert gerade in Situationen mit direkter Sicht zur Sendeantenne annähernd die gleichen Ergebnisse wie die anderen hier betrachteten Programme. Es hat sich aber auch gezeigt, dass in Situationen, in denen keine direkte Sicht zur Sendeantenne herrscht, die Berechnungsergebnisse der anderen Programme wesentlich kleiner sind als die mit Freiraumausbreitung berechneten und diese Methode für derartige Szenarien eher als weniger geeignet erscheint.

Bei der Immissionsberechnung von Engeräten in Indoor-Umgebungen hat sich gezeigt, dass Differenzen in den Simulationsergebnissen in Unterschieden der Materialbehandlung in den einzelnen Programmen begründet sein können, da zum Teil die Abhängigkeit der Dämpfung von der Einfallsrichtung nicht berücksichtigt wird.]

SUMMARY

no english version available