

Verfahren zur Korrektur des Antenneneinflusses bei der Charakterisierung ultra-breitbandiger Funkausbreitungskanäle

Sebastian Sczyslo, Lehrstuhl für Hochfrequenzsysteme, Ruhr-Universität Bochum

Für eine Vielzahl moderner Funksysteme stellt die exakte Charakterisierung der Ausbreitungseigenschaften des Funkkanals eine elementare Grundlage. Für Radar- und Lokalisierungsanwendungen bildet die Erfassung des Ausbreitungskanals die Grundlage, von der ausgehend die Bestimmung des Abstands, der Richtung oder der Signatur eines Ziels erfolgt. Im Fall von Kommunikationsanwendungen hingegen wird während der Konzeptionsphase eines Systems eine Charakterisierung des zugrundeliegenden Ausbreitungskanals vorgenommen. Basierend auf dieser Charakterisierung wird ein Großteil der für die Übertragung relevanten Parameter, wie bspw. die Modulationsart, die Sendeleistung oder das Übertragungsverfahren festgelegt. Zur messtechnischen Erfassung der Kanaleigenschaften ist der Einsatz von Antennen unabdingbar. Als Konsequenz liegt somit nach Durchführung der Messung nicht der reine Freiraumübertragungskanal vor, sondern ein von den Charakteristiken der Antennen superponierter Kanal. Während für schmalbandige Messungen lediglich eine richtungsabhängige Gewichtung durch die Antennencharakteristik hervorgerufen wird, besteht für ultra-breitbandige Messungen eine zusätzliche Abhängigkeit gegenüber der Frequenz.

Das Ziel dieser Arbeit liegt daher in der Entwicklung von Verfahren, die ausgehend von einem ultra-breitbandig gemessenen Kanal den Einfluss der Antennen korrigieren, um somit zu einer exakteren Bestimmung des reinen Freiraumübertragungskanals zu gelangen. Vorausgesetzt wird hierbei eine genaue Kenntnis der Eigenschaften der verwendeten Messantennen.

Der erste Teil der Arbeit beschäftigt sich folglich mit der Charakterisierung ultra-breitbandiger (UWB) Antennen. Neben Erweiterungen in der theoretischen Beschreibung dieser Antennen, wird ein neuartiges Messverfahren entwickelt, welches die effiziente Messung der Antennenimpulsantwort von UWB-Antennen ermöglicht. Bei diesem Verfahren wird die zu testende Antenne im Prüfvolumen einer GTEM-Zelle platziert, die anschließend mit einem pulsformigen Signal angeregt wird. Der Vorteil gegenüber konventionellen Messverfahren besteht darin, dass zum einen auf einen reflexionsarmen Raum und zum anderen auf die Verwendung weiterer Messantennen verzichtet werden kann. Im Weiteren werden die in dieser Arbeit verwendeten Messantennen charakterisiert und ein analytisches Modell zur Beschreibung ihrer Sende- respektive Empfangseigenschaften erstellt.

Im zweiten Teil der Arbeit erfolgt die Entwicklung von Verfahren zur Korrektur des Antenneneinflusses. Als Grundlage wird hierzu das doppelt-direktionale Kanalmodell genutzt, welches den UWB Übertragungskanal als Summe von Einzelpfaden beschreibt. Die Einzelpfade ergeben sich hierbei aus der Faltung der richtungsabhängigen Impulsantworten der Sende- und Empfangsantenne und der Impulsantwort der Freiraumausbreitung. Folglich besteht die Herausforderung in der Entfaltung der richtungsabhängigen Antennenimpulsantworten aus dem Übertragungskanal. Als Schlüssel zur Lösung dieses inversen Problems, erweist sich schließlich die Kombination von Entfaltungsalgorithmen mit spärlich besetztem Ausgangsvektor sowie einem neu entwickelten Winkelschätzalgorithmus, der selbst die Richtungsbestimmung gekrümmter Phasenfronten zulässt. Um die hieraus resultierende Methode zu validieren, wurde in einem ersten Schritt auf synthetisierte Daten zurückgegriffen. Die Berechnung des Freiraumübertragungskanals erfolgt hierbei auf Basis eines Raytracers, wohingegen die Eigenschaften der Impulsantworten der Sende- und Empfangsantennen durch das zuvor erstellte analytische Modell bestimmt werden. Der mittels der Reduktionsmethode ermittelte Kanal kann somit direkt mit dem zugrundeliegenden Freiraumübertragungskanal des Raytracers verglichen werden. Hierbei ergibt sich eine gute Übereinstimmung nicht nur für Szenarien mit wenigen Ausbreitungspfaden, sondern auch für Szenarien die eine Vielzahl von Ausbreitungspfaden beinhalten. Die Methode wird daher in einem zweiten Schritt sowohl auf Messdaten, die einer kontrollierten Umgebung in einem reflexionsfreien Raum entstammen, als auch auf Messdaten, die Teil einer eigens durchgeführten Kanalcharakterisierungskampagne sind, angewendet. In beiden Fällen liefert die Methode durchweg nachvollziehbare Ergebnisse. Folglich kann gezeigt werden, dass sich die Methode sehr gut eignet, um den Einfluss der Antennen bei der Erfassung ultra-breitbandiger Funkübertragungskanäle signifikant zu reduzieren.