

Titel: Empfängerarchitekturen für Mehrantennensysteme mit niedriger Verlustleistung im Mobilfunkstandard LTE

Dipl.-Ing. Johannes Kunze, Lehrstuhl für Integrierte Systeme

Der Mobilfunk hat sich in den vergangenen 20 Jahren von der ursprünglich ausschließlich analogen Telefonie zu einem multimedialen, digitalen Übertragungssystem entwickelt. Zu den meistgenutzten Diensten zählen der mobile Internetzugang und Email. Mit der Entwicklung neuer mobiler Dienste steigen die Anforderungen hinsichtlich der Übertragungsgeschwindigkeit. Der Mobilfunkstandard der dritten Generation *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS) mit seiner Erweiterung *High Speed Downlink Packet Access* (HSDPA) sowie sein Nachfolger *Long Term Evolution* (LTE) bilden die Basis hierfür. Ein Ziel zukünftiger Systeme ist die Steigerung der Übertragungsgeschwindigkeit bei gleichbleibender Bandbreite. Der Einsatz von Mehrantennensystemen ist dazu unabdingbar. Mehrere Empfangsantennen am Mobiltelefon haben einen signifikanten Einfluss auf die Verlustleistung. Die klassische Empfängerarchitektur sieht für jede Antenne einen eigenen Empfangspfad bis hin zur digitalen Signalverarbeitung vor. Da die Verlustleistung des Hochfrequenzteils einen immer größeren Anteil an der Gesamtverlustleistung hat, wirken sich mehrere Empfangsantennen besonders ungünstig auf die Betriebszeit von Mobiltelefonen aus.

Diese Arbeit befasst sich mit Mehrantennenempfängern geringer Verlustleistung für den Mobilfunkstandard LTE und widmet sich neben Systemuntersuchungen dem Entwurf analoger Schaltungskomponenten sowie Algorithmen zur Signalverarbeitung. Die Reduzierung der Verlustleistung wird erreicht, indem die Anzahl doppelt vorhandener Komponenten im Empfänger minimiert wird. Hierfür werden die Empfangspfade bereits im Hochfrequenzteil möglichst nah an den Antennen zusammengeführt, was als *RF-Combining* bezeichnet wird. Systembetrachtungen für den Hochfrequenzteil identifizierten den Ausgang des Mixers als optimalen Punkt zur Signalzusammenführung, was Verlustleistungseinsparungen von bis zu 35% gegenüber der konventionellen Architektur erlaubt. Eine Schlüsselkomponente des Hochfrequenzteils für *RF-Combining* ist ein analoger Phasenschieber, der vom digitalen Basisband gesteuert wird. Er wurde als monolithisch integrierte Schaltung in einer 65 nm CMOS-Technologie als Testchip realisiert.

Die Leistungsfähigkeit von *RF-Combining* hängt entscheidend von der Steuerung des Phasenschiebers durch das digitale Basisband ab. Die optimale Phaseeinstellung führt zu *Beamforming* am Empfänger und maximiert den Störabstand. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Modell des digitalen Basisbands von LTE in Matlab entwickelt, das für den Entwurf von Algorithmen und der Untersuchung ihrer Leistungsfähigkeit herangezogen wird. Dabei werden mehrere Algorithmen zur Steuerung des Phasenschiebers verglichen. Sie benötigen die Kanalfrequenzantwort für beide Antennen zur Berechnung der Phaseeinstellung, die von der klassischen Kanalschätzung nicht bestimmt werden kann. Aus diesem Grund wurde hier ein Verfahren zur Kanalschätzung beider Antennen entwickelt, das die Kanalfrequenzantworten zur Berechnung der Phaseeinstellungen zur Verfügung stellt.

Simulationen zeigen, dass *RF-Combining* abhängig von den Kanalbedingungen eine vergleichbare Leistungsfähigkeit wie klassische Empfängerarchitekturen bieten kann. In den Kanalsituationen, in denen *RF-Combining* nicht ausreicht, muss ein klassischer Empfänger mit separater Signalverarbeitung beider Antennen verwendet werden. Des Weiteren ist dieser auch bei einigen Mehrantennenkonzepten des LTE-Standards notwendig. Dies motiviert den Entwurf einer adaptiven Empfängerarchitektur, die zwischen *RF-Combining* und der klassischen Architektur mit zwei Empfangspfaden umschalten kann. Die Ergebnisse wurden auf internationalen Konferenzen publiziert.