Selektion und Verteilung von Live-Mobilfunksignalen

Die Selektion und Verteilung von Live-Mobilfunksignalen spielt in der heutigen Zeit eine wichtige Rolle. Durch entsprechende Technik können Livesignale via Antennen empfangen und je nach Anwendungsfall modifiziert werden.

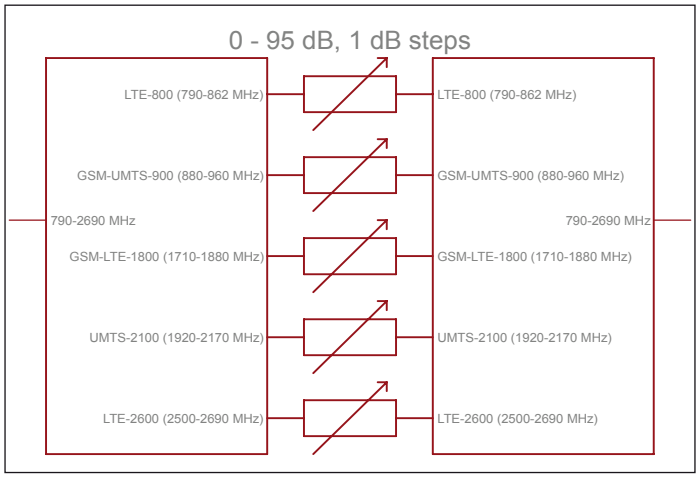

Bild 1: FSAN mit fünf Mobilfunkbändern

Mögliche Anwendungen sind z.B. Handover-Szenarien, Signalverteilung, Signalselektion und Kanalbündelung. Diese Modifizierungen können ohne zusätzliche Wandlungen durchgeführt werden und sind daher im Vergleich zu Funkkanalemulatoren (engl. channel emulator) günstiger und einfacher zu bedienen. Funkkanalemulatoren arbeiten im komplexen Basisband und können mithilfe von digitaler Signalverarbeitung Verzögerungen von mehreren Mikrosekunden erzeugen. Diese teuren Systeme können im Labor definierte Mehrwegeszenarien simulieren. Ein Livesignal befindet sich im Passband und hat - je nach Entfernung zur Basisstation - ein stark ausgeprägtes Mehrwegeprofil. In den folgenden Abschnitten werden wichtige Komponenten beschrieben, welche zur Modifizierung von Live-Mobilfunksignalen benötigt werden. Abschließend wird ein System vorgestellt, mit dem die verschiedenen Anwendungsfälle einfach und günstig getestet werden können.

Leistungsteiler

Eine sehr nützliche Schaltung für die Leistungsteilung und Summierung mit gleichen Phasenbedingungen an jedem Ausgangstor, sowie mit guter Entkopplung (Isolation) der Ausgänge, ist der Wilkinson Leistungsteiler (LT). Er beruht im Wesentlichen auf der λ/4-Leitungstransformation, und bei gleichen Leitungsbreiten wird die Leistung vom Eingang in gleichen Teilen an die Ausgänge aufgeteilt. Da eine λ/4-Leitungstransformation sehr schmalbandig ist, arbeitet ein LT mit nur einer Transformation in einem sehr schmalen Frequenzbereich. Einen breitbandigen LT erhält man durch mehrere ?/4-Leitungstransformationen. Dabei werden sehr oft zwischen vier und sechs Transformationen (Stufen) verwendet, um hohe Bandbreiten zu erreichen.

Programmierbare Abschwächer

Programmierbare Abschwächer spielen bei der Signaldämpfung eine wichtige Rolle. Mit ihrer Hilfe können Signale über den komplett definierten Frequenzbereich nahezu einheitlich gedämpft werden. Digitale Abschwächer, welche aus Halbleiter-ICs bestehen, gibt es aktuell bis zu 8 GHz. Die maximale Eingangsleistung ist stark abhängig von der verwendeten Technologie und liegt zwischen ca. 20 dBm und 34 dBm. Der maximale Dämpfungsbereich reicht hier bis zu 120 dB bei einer Auflösung von 0,25 dB. Durch Kombination mit LT können unter anderem durch unterschiedliche Dämpfungswerte bei verschiedenen Signalen Handover-Szenarien durchgeführt werden.

Frequenzweichen (Multiplexer)

Mit Frequenzweichen können sehr gut Signale selektiert werden. Ihre Ausgänge lassen nur den definierten Frequenzbereich

RSRP	Schulnote	Kommentar
-50 dBm bis -65 dBm	1 (sehr gut)	es liegt exzellenter Empfang vor
-65 dBm bis -80 dBm	2 (gut)	gute, ausreichende Empfangsbedingungen
-80 dBm bis -95 dBm	3 (befriedigend)	nicht perfekt, aber ausreichend für stabile Verbindungen
-95 dBm bis -110 dBm	4 (ausreichend)	noch akzeptable Bedingungen mit Einschränkungen beim Speed
-110 dBm bis -125 dBm	5 (mangelhaft)	sehr schlechter Pegel - dringender Handlungsbedarf
-125 dBm bis -140 dBm	6 (ungenügend)	extrem schlecht - wahrscheinlich keine Verbindung möglich

Tabelle 1: Empfangswert RSRP

M. Eng Daniel Sonner
Entwicklungsingenieur
MTS Systemtechnik GmbH
www.mts-systemtechnik.de
info@mts-systemtechnik.de

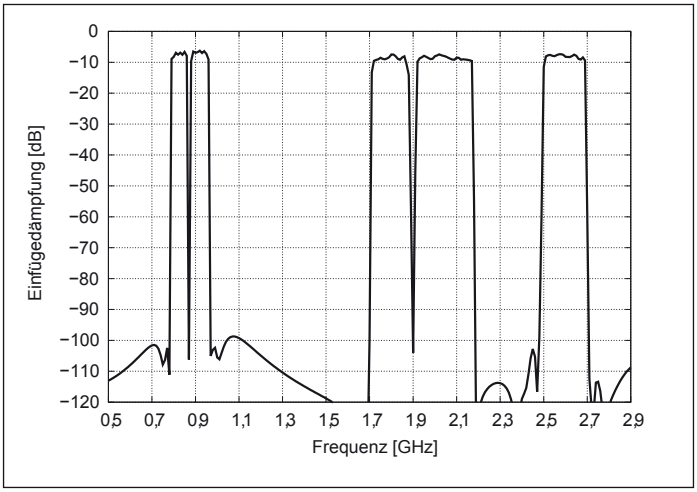

Bild 2: IL @ alle Abschwächer aus (0 dB)

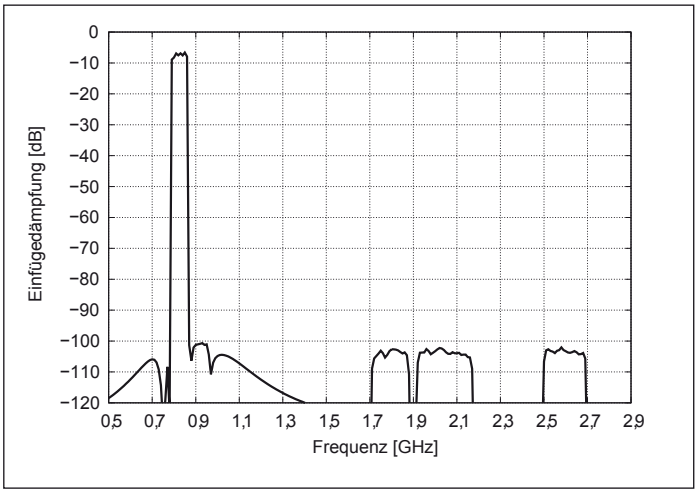

Bild 3: IL @ vier Abschwächer an (95 dB)

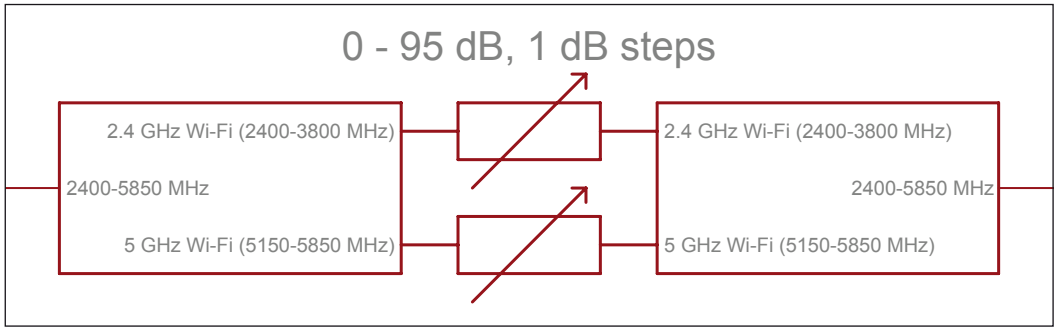

Bild 4: FSAN für WLAN 2,4 GHz und 5 GHz

passieren und haben eine sehr gute Isolation von ca. 50 dB typisch zu den jeweiligen anderen Ausgängen. Sie sind außerdem sehr dämpfungsarm und weisen eine maximale Einfügedämpfung (Insertion Loss) von nur ca. 1 dB auf.

Mobilfunk (LTE)

LTE (engl. Long Time Evolution) ist ein Mobilfunkstandard der vierten Generation (4G) und arbeitet aktuell weltweit je nach regionaler Frequenznutzung zwischen 700 MHz und 2700 MHz. Zukünftig wird die maximale LTE-Frequenz schätzungsweise auf ca. 3600 MHz ansteigen. LTE verwendet Orthogonal-Frequency-Division-Multiplexing-Techniken (OFDM) sowie Multiple-Input/Multiple-Output-Antennentechnologie (MIMO). Dadurch ist LTE robuster gegenüber Mehrwegeausbreitung und liefert gleichzeitig auch höhere Datenraten. Ab dem 3GPP Release 10 (Cat. 6) spricht man von LTE Advanced (LTE-A). Durch etliche technische Detailverbesserungen, können weit höhere Übertragungsraten erzielt werden (bis zu 1 GBit/s). Und das bei gleichzeitig geringerer Netzbelastung für die Provider. Carrier Aggregation (CA), welches eines der wichtigsten Features von LTE-A ist, erlaubt auch seitens der Provider asymmetrische Frequenznutzungen. Sie ermöglicht den Netzbetreibern einen flexiblen Einsatz des zur Verfügung stehenden Spektrums.

Damit können Frequenzbereiche auf verschiedenen Abschnitten zusammengefasst werden. Mit LTE-A wird außerdem die MIMO-Antennentechnik weiter optimiert: Bis zu 8 x 8 MIMO im Download und bis zu 4 x 4 MIMO im Upload sind theoretisch möglich. Das generelle Ziel dieser technischen Optimierungen ist, die spektrale Effizienz, also die übertragenen Daten pro Hertz immer weiter zu erhöhen. Zwischen 700 MHz und 2700 MHz befinden sich auch die älteren Mobilfunkstandards wie z.B. GSM und UMTS.

Empfangspegel (RSSI, RSRP)

RSSI (Received Signal Strength Indicator) stellt einen Indikator für die Stärke des Empfangssignals dar. RSSI ist effektiv ein Maß für die gesamte im entsprechenden Spektrum enthaltene Energie. Die gemessene Energie, also der gemessene Empfangswert, beinhaltet alle Signale, z.B. Signale der Steuerkanäle, der Datenkanäle, der benachbarten Zellen (Interferenz), Hintergrundgeräusche und Störungen. Um relativ genaue Ergebnisse zu erhalten, führt das System permanent über alle Ressourcenblöcke und Frequenzen im Frequenzband die Prüfung durch. Der RSSI-Wert wird deshalb immer besser ausfallen als der RSRP (Reference Signal Received Power)-Wert. RSSI ist die

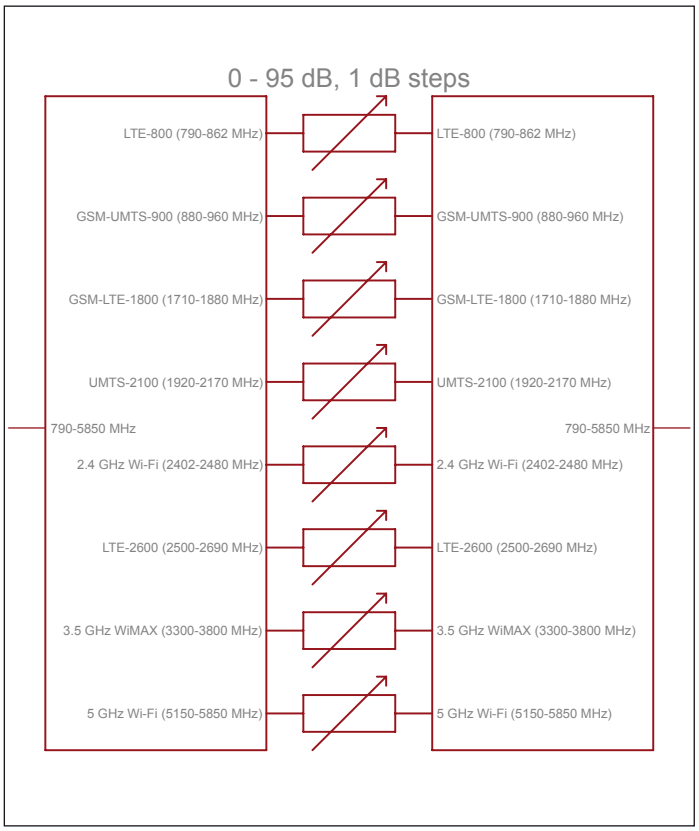

Bild 5: FSAN mit sechs Mobilfunkbändern und WLAN

absolute Signalstärke, die von der Antenne empfangen wird. Tabelle 1 zeigt den RSP-Wertebereich.

Der Wertebereich des RSRP liegt zwischen 140 dBm und 50 dBm. Dabei gilt - je näher der RSRP an 50 dBm liegt, "desto besser" ist der Empfang. Ideale Bedingungen herrschen ungefähr zwischen 50 bis 70 dBm. Für Pegel unter 60 dBm muss man allerdings praktisch in Sichtverbindung und in einer Distanz unter 300 Metern stehen. In der Praxis sind Werte um -70 bis -95 dBm "normal".

Frequenzselektives Dämpfungsnetzwerk

Ein frequenzselektives Dämpfungsnetzwerk (FSAN, engl. Frequency-Selective Attenuation Network) besteht aus Kombinationen von den bisherigen vorgestellten Komponenten. Bild 1 zeigt eine mögliche Konfiguration einer FSAN ohne Leistungsteiler, welche aus Frequenzweichen und Abschwächern besteht.

Die zu verwendenden Abschwächer weisen bei 0,8 GHz eine Einfügedämpfung (IL) von ca. 3,5 dB und bei 2,9 GHz ein IL von etwa 5 dB auf. Bei einer maximalen Dämpfung von 95 dB kann der LTE-800 Pfad um ca. 98,5 dB gedämpft werden. Die Kombination aus zwei Frequenzweichen liefert eine Isolation von zweimal 50 dB typisch. Somit haben die Gesamtisolation und die maximale Dämpfung vom Abschwächer annähernd gleiche Werte. Geht man davon aus, dass eine Frequenzweiche ein IL von etwa 0,5 dB aufweist, dann hat das in Bild 1 vorgestellte FSAN mit einer zusätzlichen Reserve ein IL von ca. 8 dB sowie eine Isolation von etwa 95 dB. Bild 2 und 3 zeigen das simulierte Übertragungsverhalten der FSAN bei keiner zusätzlichen maximalen Dämpfung und bei einer Selektion des LTE-800 Pfades.

Der Vorteil einer FSAN ist, dass die Frequenzlücken zwischen den Mobilfunkbändern stark gedämpft werden und dass man jedes Band bis zur Unterdrückung dämpfen kann. Selbst starke Empfangspegel von ca. 60 dBm können bis auf 155 dBm heruntergedämpft werden.

Das gleiche Prinzip kann auch für WLAN angewandt werden. Bild 4 zeigt die Möglichkeit WLAN 2,4 GHz und 5 GHz voneinander zu trennen.

Eine DCNS-Kombination aus Mobilfunk und WLAN ist ebenfalls möglich. Bild 5 zeigt eine sehr vielseitige Lösung für sechs Mobilfunkbänder und die beiden WLAN-Standards.

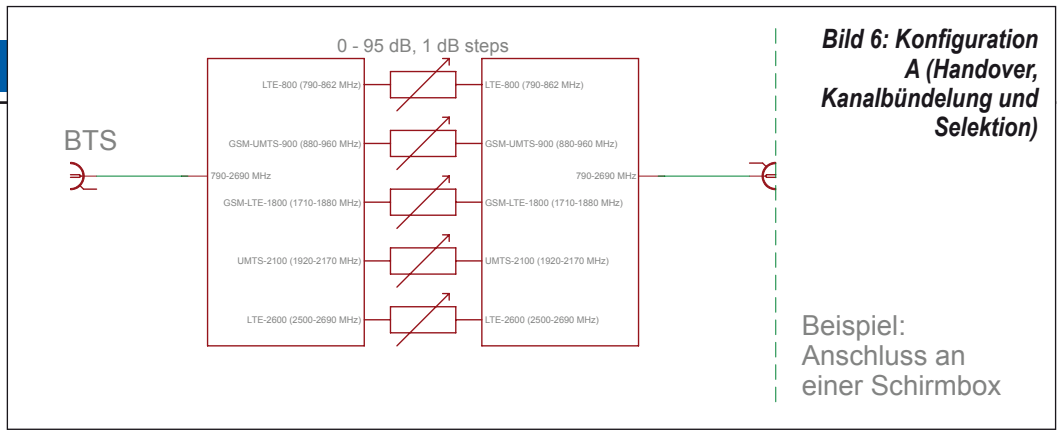

Bild 6: Konfiguration A (Handover, Kanalbündelung und Selektion)

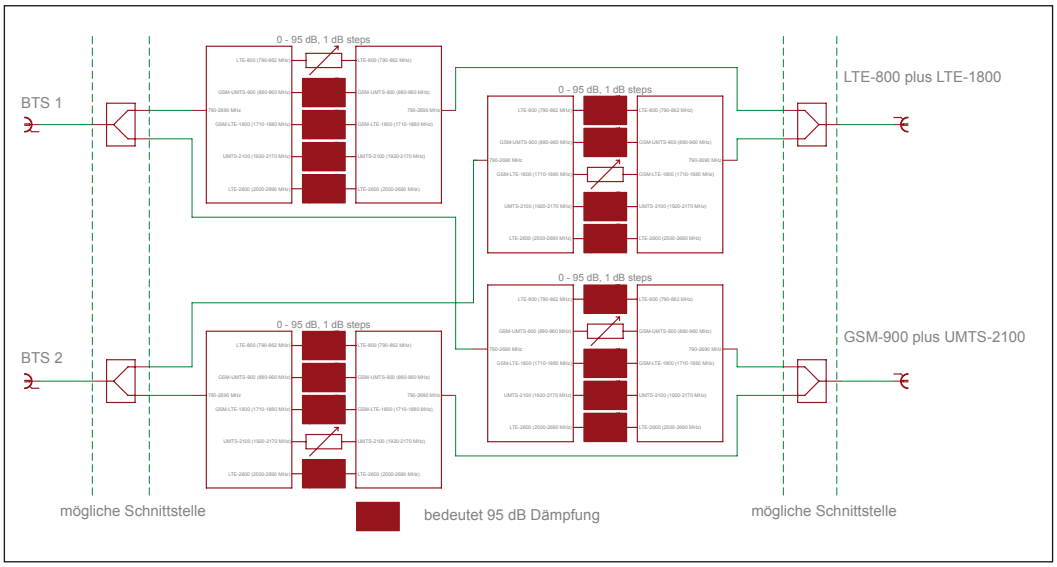

Bild 7: Konfiguration B (Handover, Kanalbündelung, Selektion und Verteilung)

FSAN-Beispiele

Mit der vorgestellten FSAN können verschiedene Testszenarien abgedeckt werden. Bild 6 zeigt einen Aufbau mit einer einzelnen FSAN. Mit dieser Konfiguration kann ein Prüfling (Smartphone bzw. Router), welcher sich in einer Schirmbox befindet, mit den verschiedenen Mobilfunkstandards getestet werden. Somit können bei diesem Aufbau Handover-Szenarien, Kanalbündelung (Carrier Aggregation von einer Basisstation) und Signalselektierung getestet werden.

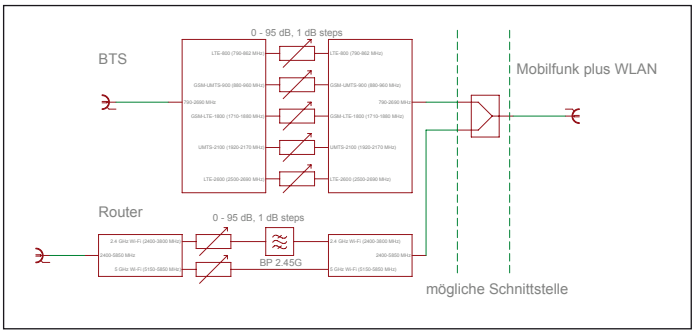

Bild 8: Konfiguration C (Mobilfunk-Koexistenz mit WLAN)

Mit dem Beispiel in Bild 7 kann neben den bereits erwähnten Möglichkeiten auch Signalverteilung evaluiert werden. Dies ist durch mehrere Leistungsteiler und FSAN möglich. Dadurch kann auch Carrier Aggregation von mehreren Basisstation getestet werden. Ebenfalls verfügt man hier - durch den Einsatz von mehreren FSAN – über einen höheren Freiheitsgrad für die Kombination von verschiedenen Mobilfunkstandards. Das letzte Beispiel in Bild 8 zeigt eine Konfiguration, die es ermöglicht, Mobilfunk in Kombination mit WLAN zu testen. Der Prüfling kann durch die Koexistenz der unterschiedlichen Übertragungsverfahren seine Datenrate erhöhen und bei sehr gutem WLAN-Empfang den Datentransfer via Mobilfunk drosseln.

Die Firma MTS Systemtechnik kann neben den vorgestellten FSAN-Beispielen auch andere FSAN-Varianten aufbauen, die je nach Anforderungsprofil kundenspezifisch entwickelt werden. ◄