

Größtmögliche Dynamik für WCDMA-/3GPP-Signale

Vorteile durch verbesserte ACLR des Generators

Zukünftige Basisstationen der dritten Mobilfunkgeneration benötigen breitbandige Leistungsverstärker, die mehrere WCDMA-Träger gleichzeitig übertragen können, sogenannte ‚Multi Carrier Power Amplifier‘ (MCPA). Da WCDMA-Signale in der Regel hohe Crest-Faktoren aufweisen, müssen die Verstärker in einem großen Dynamikbereich verzerrungsfrei übertragen können. Nichtlineare Verzerrungen (Intermodulation) verursachen Störungen in den Nachbarkanälen und sind neben Breitbandrauschen der wichtigste begrenzende Faktor für den Dynamikbereich einer Basisstation. Für eine best mögliche Aussteuerung des Verstärkers ist immer ein geeigneter Kompromiss zwischen Intermodulation und Breitbandrauschen zu finden. Dabei gelten für WCDMA-Mehrträgersignale andere Regeln als für Einträgersignale. Um einen optimalen Testaufbau für Mehrträgersignale zu erhalten, müssen dazu bestimmte spektrale und statistische Eigenschaften von WCDMA-Mehrträgersignalen berücksichtigt werden.

3GPP-Mehrträgersignale und ihre statistischen Eigenschaften

Zur Beschreibung der Signalstatistik verwendet man die ‚Complementary Cumulative Distribution Function‘ (CCDF). Diese gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der das Signal eine

bestimmte Leistungsschwelle überschreitet. Aus Kostengründen ist man bestrebt, die Dynamik des Signals zu begrenzen. Dies kann auf verschiedene Weise erreicht werden. Aus Untersuchungen am amerikanischen CDMA System ‚IS-95‘ (cdmaOne) ist bekannt, dass die CCDF eines CDMA-Trägers durch Auswählen bestimmter Walsh-Code-Kombinationen beeinflusst werden kann [1, 2]. Dies gilt analog auch für 3GPP. Da 3GPP im Gegensatz zu IS-95 verschiedene Spreizfaktoren erlaubt, ist die Diskussion allerdings etwas komplizierter. Zur anschaulichen Beschreibung der Verhältnisse im Coderaum benutzt man daher die Code-Domain-Darstellung. Verwendet man in der Code-Domain benachbarte orthogonale Codes, erhält man in der Regel recht hohe Crest-Faktoren (Abb. 1). Günstiger sind Kombinationen, bei denen die Codekanäle gleichmäßig über die Code Domain verteilt sind. Abbildung 1 zeigt die CCDF für ein 3GPP-Basisstationssignal mit den fünf obligatorischen Steuerkanälen und acht Traffic-Kanälen. Die günstige Codeauswahl verringert den Crest-Faktor um etwa 3 dB.

3GPP erlaubt überdies, Traffic Channels eines Trägers zeitlich gegeneinander zu verschieben (Timing Offset). Da die Pilotdaten der DPCH nicht kanalkodiert sind, enthalten alle DPCH die gleichen Pilotsymbole. Dies führt zwangsläufig zu konstruktiver Interferenz und damit zu hohen Leistungen, wenn die Pilotdaten aller Kanäle gleichzeitig gesendet werden. Timing Offset vermeidet diesen Effekt. So lässt sich der Crest-Faktor noch einmal um 2 dB verringern [3].

Eine ähnliche Methode wird bei 3GPP-Mehrträgersignalen angewandt, um hohe Peak-Envelope-Power-Werte zu vermeiden. Zwar sieht der Standard für verschiedene Träger auch verschiedene Scrambling-Codes vor, in der Praxis ist dies jedoch nicht ausreichend. Daher werden die Gesamtsignale auf den einzelnen Trägern zeitlich gegeneinander verschoben. 3GPP schlägt eine zeitliche Verzögerung von 1/5 Slot (133 μ s) für Signale auf benachbarten Trägern vor [4]. Damit lässt sich der Crest-Faktor eines Mehrträgersignals sehr effektiv begrenzen.

Das Clipping stellt eine weitere Methode zur Begrenzung des Crest-Faktors dar. Hierbei wird das Summensignal einer Basisstation direkt vor der Impulsformung im Basisband

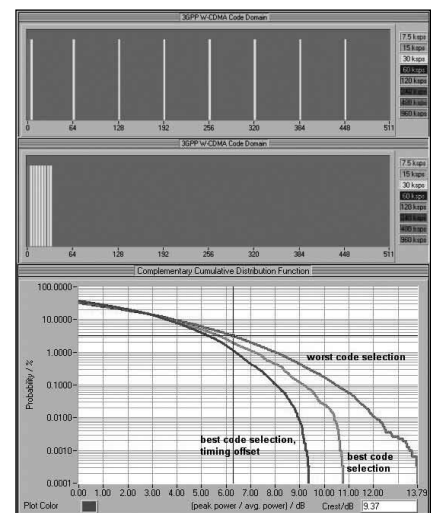


Abb. 1: Code Domain und CCDF für ein 3GPP Basisstations-Signal, bestehend aus 8 DPCH sowie den Control Channels P-CPICH, P-SCH, S-SCH, P-CCPCH.

mathematisch mittels einer Sättigungsfunktion begrenzt. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass es für alle Signalkonfigurationen funktioniert – unabhängig von Codekombinationen oder zeitlichen Verschiebungen. Die korrekte Übertragung von Konstellationen mit hoher Momentanleistung ist allerdings nicht mehr gewährleistet, die Bitfehlerrate steigt. Clipping erfordert daher eine verbesserte Forward Error Correction. Aus diesem Grund setzen Hersteller von Basisstationen eine Kombination all dieser Methoden ein.

Um aussagefähige Messungen an Leistungsverstärkern durchführen zu können, muss man realistische Signale verwenden, wie etwa Signalquellen, die 3GPP-Signale mit den genannten Variationsmöglichkeiten bereit stellen. Weiterhin sind möglichst alle Parameter eines 3GPP-Testsignals genauestens zu bestimmen, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Deshalb hat 3GPP die sogenannten Test Models definiert. Auch für Mehrträgersignale werden in der 3GPP-Spezifikation TS 25.141 [4] eindeutige Konfigurationen definiert.

ACLR-Messungen

Jeder Verstärker beeinflusst ein Signal auf zweierlei Art: Zum einen erzeugt er zusätzli-

Autoren

Dr. MARKUS BANERJEE und

Dr. RENE DESQUIOTZ sind Applikationsingenieure im Geschäftsbereich Messtechnik. Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, Test and Measurement Division, General-purpose T&M Products

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG; Mühlhofstraße 15, D-81671 München
Fon: 089/4129-0, Fax 089/4129-13777

E-Mail:

Markus.Banerjee@rsd.rohde-schwarz.com,
Rene.Desquiotz@rsd.rohde-schwarz.com

ches Rauschen, zum anderen ist seine Übertragungsfunktion nur in einem begrenzten Bereich linear. Die nichtlinearen Anteile bewirken Intermodulation. Für ein 3GPP-Signal führt dies zu unerwünschten Spektralanteilen in den Nachbarkanälen, wie Abbildung 2 zeigt. Der 3GPP-Träger ist 3,84 MHz breit, das Kanalaraster beträgt 5 MHz. Die Intermodulationsprodukte dritter Ordnung (IM 3) erscheinen im Bereich von 1,92 MHz bis 5,76 MHz (alle Angaben relativ zur Mittenfrequenz des Trägers). Daher tragen IM 3 und Breitbandrauschen zur Leistung im Adjacent Channel bei. Diese Leistungsanteile können die Übertragung im Nachbarkanal stören und müssen daher durch optimale Aussteuerung des Verstärkers minimiert werden. Ein gutes Ergebnis kommt in der Regel dann zustande, wenn die Beiträge durch IM 3 und Breitbandrauschen gleich groß sind. Im Alternate Channel treten Breitbandrauschen und Intermodulation fünfter Ordnung (IM 5) auf. Da IM 5 um eine Größenordnung kleiner ist als IM 3, kann man den IM 5 Beitrag gegenüber dem Breitbandrauschen vernachlässigen. Messgröße für die Nachbarkanalausendung ist die ‚Adjacent Channel Leakage Ratio‘ (ACLR), also das Verhältnis von Leistung im Nutzkanal zur Leistung im Nachbarkanal.

Bei Mehrträgersignalen liegen die Verhältnisse ein wenig anders. Ein Signal mit vier benachbarten 3GPP-Trägern ist 18,84 MHz breit. Daher tritt IM 3 jetzt im Bereich von 9,42 MHz bis 28,26 MHz auf, also sowohl im Adjacent Channel als auch in den Alternate Channels. In diesem Fall muss der Verstärker nun niedriger angesteuert werden, um eine optimale ACLR zu erreichen.

Einfluss der Messgeräte auf die ACLR

Die verwendeten Messgeräte erzeugen selbst Intermodulation und Rauschen und können somit zur gemessenen ACLR beitragen. Am Beispiel eines vereinfachten Messsystems, bestehend aus Signalgenerator, Spektralanalysator und dem zu charakterisierenden Verstärker, wird dies deutlich: Misst man nun etwa das Breitbandrauschen, so tragen alle drei Komponenten zum ermittelten Wert bei. Beträgt das Eigenrauschen des Analysators 5 dB weniger als das des gemessenen Wertes, der sich aus Eingangssignal und Eigenrauschen zusammensetzt, so müssen immer noch knapp 2 dB vom Messwert abgezogen werden, um den korrekten Wert des Eingangssignals zu erhalten. Damit die Messgeräte das Gesamtergebnis bei der ACLR nicht nennenswert beeinflussen, müssen sie mindestens um 10 dB bessere ACLR-Werte aufweisen als das Testobjekt. Man kann die Beiträge der Messgeräte

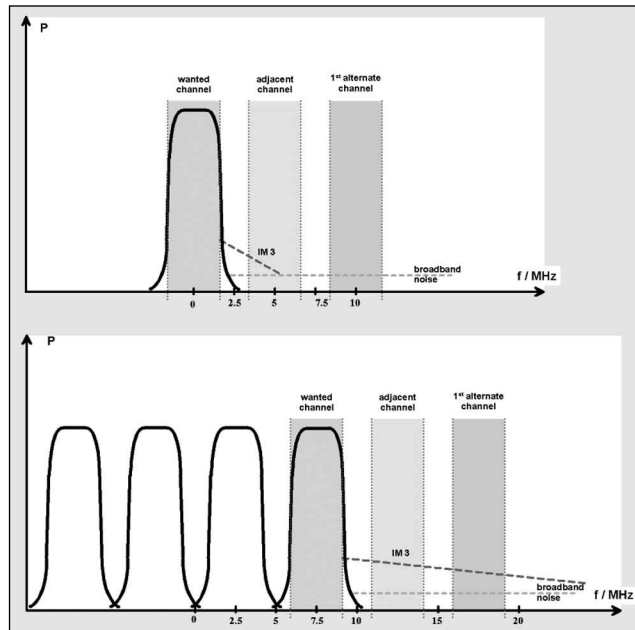


Abb. 2:
Intermodulation dritter Ordnung und Breitbandrauschen bei einem einzelnen 3GPP-Träger (oben) und einem 3GPP-Vierträgersignal (unten)

zur ACLR zwar separieren, wenn sie bekannt sind bzw. gesondert gemessen werden können. Dies funktioniert aber nur bei statistisch unabhängigen Beiträgen wie Breitbandrauschen, nicht jedoch bei Intermodulation. Außerdem sind all diese Messwerte fehlerbehaftet. Zudem wird die Messunsicherheit des ACLR-Wertes für das Testobjekt signifikant vergrößert, wenn die Beiträge der Messgeräte in der gleichen Größenordnung liegen wie die des Testobjekts oder gar dominieren.

Signalgenerator mit optimierter ACLR für Verstärkermessungen

3GPP spezifiziert für Basisstationen einen Minimalwert von 45 dB ACLR im Adjacent Channel. Die meisten Hersteller streben eine ACLR von 50 dB für die gesamte Basisstation an. Daraus folgen ACLR-Werte von mindestens 60 dB für die zugehörigen Leistungsverstärker. Aufgrund dieser Überlegungen sollte dann ein Signalgenerator eine ACLR von 70 dB oder besser im Adjacent Channel aufweisen. Dies ist eine große Herausforderung für die Konzeption von Signalgeneratoren. Der R&S SMIQ03HD beispielsweise bietet dazu verschiedene Funktionen zur Optimierung der ACLR des Testsignals an. Diese Optimierungsmöglichkeiten befinden sich an verschiedenen Stellen in der Signalaufbereitung des Generators.

Wie bereits festgestellt, hängt die optimale Aussteuerung eines Verstärkers vom jeweiligen Nutzsignal ab. Zur Verbesserung der ACLR lässt sich dieses Prinzip auch bei einem Signalgenerator anwenden. Dazu besitzt der R&S SMIQ03HD zwei spezielle Level Output

Modes, nämlich ‚Low Distortion‘ und ‚Low Noise‘. Bei Low Distortion wird der Generator intern niedriger angesteuert, um Intermodulationsprodukte zu minimieren. Dieser Mode ist für Messungen im Adjacent Channel bestens geeignet und vorzuziehen, wenn mit einem Generator ein 3GPP-Mehrträgersignal erzeugt wird. Bei Low Noise wird der Generator intern recht hoch angesteuert, um das Breitbandrauschen niedrig zu halten. Low Noise sollte bei Messungen in den Alternate Channels mit 3GPP-Einträgersignalen verwendet werden. Die Output Modes können bei beliebigen Ausgangsfrequenzen und -pegeln eingesetzt werden.

I/Q-Filter unterdrücken das Breitbandrauschen der Basisbandbaugruppen und verbessern so die ACLR. Zwar beeinflussen I/Q-Filter grundsätzlich das I/Q-Signal. Ein höherer Vektorfehler kann jedoch mittels entsprechender Vorverzerrung des Basisbandsignals verhindert werden. Der Vektorsignalgenerator leistet dies automatisch für jedes Signal, egal ob es intern erzeugt wird oder extern berechnet und auf dem Arbitrary-Waveform-Generator des SMIQ03HD abgespielt wird. Für vier verschiedene I/Q-Bandbreiten (2,5, 5, 7,5 und 10 MHz) sind I/Q-Filter vorhanden, die für 3GPP-Signale mit ein bis vier Trägern einsetzbar sind. Auch die I/Q-Filter können bei allen HF-Ausgangsfrequenzen und -pegeln eingesetzt werden.

Um höchste Dynamik in der ACLR zu erzielen, muss man auf bandoptimierte Lösungen zurück greifen. So basiert die Option SMIQB57 für den Generator auf einer bandoptimierten Oberflächenwellen-Filter-Schaltung, dem SAW-Filter. Dieser Filter arbeitet auf einer Frequenz von 380 MHz. Er lässt den generierten Einzelträger ohne Beeinflussung

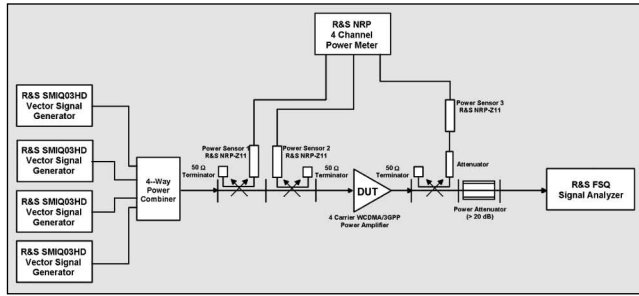


Abb.3:
Typischer Messaufbau zum Testen von M-CPA. Die vier R&S SMIQ03HD-Signalgeneratoren sind auf höchstmögliche Dynamik ausgerichtet

der Trägerflanken durch und filtert die Nebarkanalstörungen mit einer Unterdrückung von typisch 31 dB. Eine nachgeschaltete Leistungsverstärkerstufe verstärkt das HF-Signal bis zu einer Ausgangsleistung von +30 dBm PEP.

Mit der Option ‚SMIQB57‘ erreicht der Vektorsignalgenerator bei einem 3GPP-Einträgersignal (3GPP Test Model 1, 64 DPCH) ACLR-Werte von typisch 77 dB im Adjacent Channel und typisch 82 dB im Alternate Channel. Diese Werte genügen selbst höchsten Ansprüchen im Labor und wurden bisher nicht erreicht, ohne auf externe Bandpass-Filter oder Interferenzmethoden zurückzugreifen. Deren Einsatz ist aber mit einer Reihe von Nachteilen verbunden. So sind diese Filterlösungen immer auf eine Frequenz limitiert. Um zum Beispiel das ganze Downlink Band für 3GPP durchzutesten, benötigt man eine Vielzahl von unterschiedlichen Bandpassfiltern. Gleichzeitig besitzen solche Filter eine hohe Einfügedämpfung, im ungünstigsten Fall mehrere 10 dB. Dabei wird das ausgesendete HF-Signal entsprechend abgeschwächt. Damit die richtige Signalleistung am Eingang des Leistungsverstärkers anliegt, muss das Signal mit einem am Filterausgang sitzenden Verstärker rückverstärkt werden. Eine solche Treiberstufe trägt aber erheblich zum Rauschen des Gesamtausgangssignals bei und damit zu einer Verschlechterung der ACLR. Darüber hinaus verursachen Filter und Verstärker zusätzliche Kosten.

Eine weitere Strategie zur Erweiterung des Dynamikbereichs basiert auf der Interferenzmethode. Das Signal wird durch einen Leistungsteiler in Referenzsignal- und Messsignal-Pfad für den Leistungsverstärker aufgesplittet. Das Messsignal, das durch den Leistungsverstärker verstärkt wird, muss anschließend wieder dem Referenzsignal angeglichen werden. Dafür wird ein hoch präziser Step-Down-Attenuator benötigt. Das Referenzsignal muss durch eine Verzögerungsleitung verzögert werden, um die Gruppenlaufzeiten zwischen Mess- und Referenzpfad auszugleichen. Beide Signale werden anschließend mit einem Combiner zusammen geführt und an einen Spektrumanalysator geleitet. Dabei wird ein Signal im Combiner um 180°-Phasen

verschoben, so dass das Originalsignal durch Interferenz weitgehend ausgelöscht wird. Auf diese Weise kommen lediglich die Spektralanteile beim Analysator an, die durch die nichtlineare Verstärkercharakteristik entstanden sind. Diese Anteile können aufgrund des abgesenkten Referenzpegels des Analysators mit höherer Dynamik gemessen werden. Die exakte Anpassung der Verzögerungszeit des Referenzpfads zum Messpfad ist sehr problematisch, da diese Zeiten bei den verschiedenen Leistungsverstärkern erheblich variieren können. Für den Einsatz in der Produktion ist diese Methode damit denkbar ungeeignet.

Dieses Problem hat Rohde & Schwarz durch die Integration der Option ‚SMIQB57‘ in den Signalgenerator gelöst. Unabdingbar ist außerdem eine genaue und wiederholbare HF-Pegel-Einstellung gerade für moderne Verstärker, die oft mit ‚Feed Forward Correction‘ arbeiten. Mit einem internen Arbitrary-Waveform-Generator und mittels PC-Software lassen sich nicht nur 3GPP-Ein- und Mehrträgersignale erzeugen, sondern auch Kombinationen aus 3GPP-Trägern und Signalen anderer Standards wie GSM/EDGE.

Typische Messanordnungen für ACLR

Ein typischer Messaufbau für das Testen von WCDMA-Mehrträger-Leistungsverstärkern, wie er in der Praxis häufiger eingesetzt wird, ist in Abbildung 3 dargestellt. Um ein Vierträger WCDMA/3GPP-Signal mit bestmöglicher ACLR zu erzeugen, werden vier Vektorsignalgeneratoren, die mit der High ACLR Option SMIQB57 ausgestattet sind, mit einem 4-Port-Power-Combiner zusammengeschaltet. Zeitverzögerungen zwischen den einzelnen Trägern werden über geeignete Triggerung der Generatoren realisiert. ‚Power Sensor 1‘ misst die Leistung des Summensignals nach dem Combiner, ‚Power Sensor 2‘ misst die rücklaufende Leistung. Mit dem ‚Power Sensor 3‘ lässt sich die Ausgangsleistung exakt bestimmen. Für die spektralen Messungen und die ACLR-Messungen wird ein Spektrumanalysator mit großem Dynamikbereich und hoher Linearität am zweiten Port des ausgangseitigen

Kopplers angeschlossen. Hierfür wird der Spektrumanalysator ‚R&S FSQ‘ eingesetzt.

Da es sich bei der ACLR-Messung um eine relative Messung der Leistungen handelt, kann die hohe Linearität des Spektrumanalysators ausgenutzt werden. Der Einsatz eines Leistungsmessers, mit einem Leistungsmesskopf ist aber unabdingbar, um die absolute Leistung des verstärkten Signals hinreichend genau zu messen. Der Leistungsmesser ‚R&S NRP‘ kann bis zu vier Leistungsmessköpfe simultan betreiben und besitzt einen Dynamikbereich von 90 dB. Darüber hinaus misst er auch breitbandig modulierte Signale mit einer Genauigkeit, wie sie bisher nur von thermischen Leistungsmessern bekannt war. Mit dem Messaufbau in Abbildung 3 lassen sich damit folgende Kenngrößen sofort ermitteln: ‚Input Return Loss/Input VSWR‘, ‚Output Return Loss/Output VSWR‘ sowie ‚Adjacent Channel Leakage Ratio‘ (ACLR).

Die mit diesem Testaufbau erreichbare Dynamik lässt sich leicht ermitteln, indem man die ACLR ohne das Testobjekt misst. Mit den vier SMIQ03HD-Signalgeneratoren erreicht man bei einem 3GPP-Vierträgersignal eine ACLR von typisch 74 dB im Adjacent Channel und typisch 76 dB im Alternate Channel.

Für kosteneffizientere Testlösungen empfiehlt sich eine Eingeneratorlösung. Hierbei wird das komplette Vierträgersignal mit dem ‚Arbitrary Waveform Generator‘ (ARB) des R&S SMIQ03HD erzeugt. Das Timing Delay zwischen den Trägern wird in das ARB-Signal mit eingerechnet. Hier wird der eingebaute 10-MHz-I/Q-Filter zur ACLR-Verbesserung eingesetzt. Diese Lösung erreicht nicht die ACLR des Testaufbaus mit vier Generatoren, da die im ARB eingesetzten D/A-Wandler sowie das Breitbandrauschen des I/Q-Modulators die Dynamik begrenzen. Allerdings erreicht man für ein 3GPP-Vierträgersignal (jeweils Test Model 1, 64 DPCH) immer noch typisch 62 dB im Adjacent Channel und typisch 64 dB im Alternate Channel.

Literatur

- [1] D. Schick, Creating CDMA Signals for Amplifier Testing, Microwaves & RF, March 1998
- [2] K. D. Tiepermann, A. Hecht, „Measurement Raises Issues for CDMA Base Stations“, Wireless System Design, March 1998, pp. 23-28
- [3] Generating 3GPP Multi Carrier Signals for Amplifier Tests with R&S SMIQ03HD and WinIQSIM, Application Note 1GP52, Rohde & Schwarz, www.rohde-schwarz.com (2002)
- [4] 3GPP TS 25.141, 3rd Generation Partnership Project, www.3gpp.org (2002)

Beitrag als PDF im Internet:

www.duv24.net
more @ click TK4B0403