

Messen, analysieren, verbessern ... und dann das Ganze von vorn!



Die Funkkommunikation in allen Ausprägungen ist möglicherweise der größte Wachstumsmarkt. Im „Mobile Economy Report“ der GSMA Intelligence werden die Mobilfunknetze als entscheidender Faktor für die wirtschaftliche Erholung und die Verwirklichung der grünen und digitalen Transformation für Europa gesehen. Dabei ist die klassische Kommunikation per Mobiltelefon nicht der treibende Bereich. Vielmehr sind industrielle Anwendungen und die Vernetzung aller Dinge im Konsumerbereich (Smart X) die größten Entwicklungsfelder.

Nicht immer werden hohe Datenraten benötigt, aber auch kleine Datenraten, multipliziert mit einer riesigen Anzahl an Transceivern, führen zu einer großen Menge an Daten, welche das Sub-6-GHz-Spektrum stark auslasten. Kein Wunder also, dass mehr Bereiche des Spektrums über 6 GHz auch für die Mobilkommunikation allokiert werden.

FR1 von 5G wurde bereits auf bis zu 7,125 GHz ausgeweitet. FR2 liegt im Spektrum über 24

GHz. Allerdings ist es aber nicht so, dass über 6 GHz alle Bänder frei sind, so dass der Mobilfunk hier in Konkurrenz mit Anwendungen der Bereiche Satellitenkommunikation, Radar und Militär steht.

Ein Vorteil der Verwendung höherer Trägerfrequenzen ist, dass mehr Bandbreite für die einzelnen Kanäle zur Verfügung steht. Dies erlaubt höhere Datenraten für die Übertragung. Ein Nachteil ist, dass die Freiraumdämpfung in diesen Bereichen höher ist und daher die maximale Entfernung der Datenübertragung reduziert ist. Diese Veränderung hat natürlich einen starken Einfluss auf die Anforderungen und damit auch auf die Produktentwicklung. Für die Entwickler ergeben sich viele neue Herausforderungen im Bereich des Designs. Zusätzlich wird auch eine entsprechende Messtechnik mit größerer Bandbreite und besseren Spezifikationen benötigt.

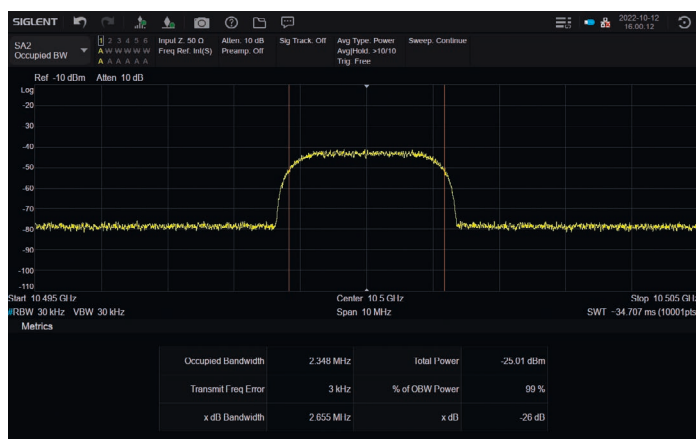
Mit der Einführung der Spektrumanalysator-Serie SSA5000A kann Siglent nun auch Anwendungen bis 26,5 GHz adressie-

ren. Zeitgleich zum Analysator wurde auch die HF-Signalgenerator-Serie SSG5000A, mit einer maximalen Frequenz von 20 GHz, vorgestellt. Beide Geräte, einzeln oder zusammen, ermöglichen dem Entwicklungsingenieur die Durchführung einer Vielzahl von Messungen. Im Folgenden werden typische Anwendungsfälle und Messungen erläutert und dargestellt.

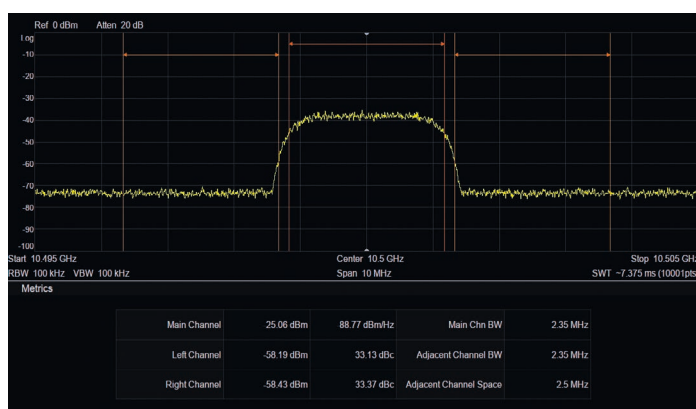
Spektrumanalysatoren werden, wie der Name es schon vorgibt, zur Vermessung und Analyse von Signalen im Frequenzbereich verwendet. Dabei gibt es zwei Betrachtungsrichtungen. Zum einen wird das erzeugte oder empfangene Signal auf seine Qualität hin überprüft. Zum anderen gilt es, sicherzustellen, dass die Signale keine anderen Kommunikationskanäle stören. In einigen Fällen hängen diese beiden Felder auch eng zusammen.

Bei der Entwicklung von Kommunikationssystemen muss eine Vielzahl von Spezifikationen eingehalten werden. Als Beispiel seien Frequency-Division-Duplex-Systeme (FDD) genannt.

Autor:
Thomas Rottach
Siglent Technologies Germany
GmbH
www.siglenteu.com



Belegte Bandbreite OBW



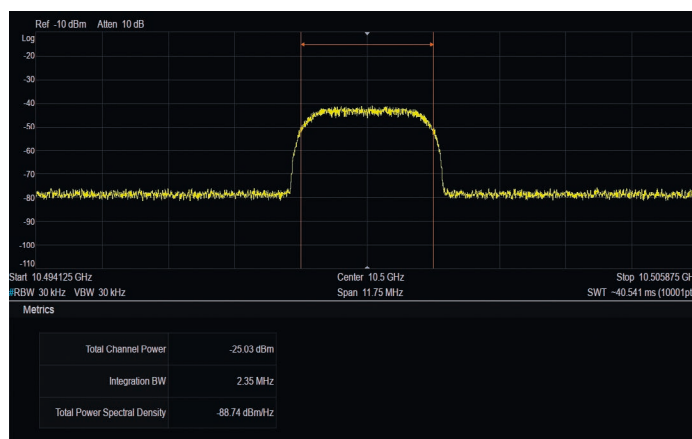
Nachbarkanalleistung (ACPR)

Hierbei werden Sender und Empfänger auf unterschiedliche Frequenzbänder gelegt. Diese Bänder sind dann wiederum in einzelne Kanäle aufgeteilt. Die Kanäle können nach Frequenz (FDMA), Zeit (TDMA) oder orthogonale Codes (CDMA) separiert werden. Die heutigen Mobilfunksysteme sind Mischformen davon, daher sind die folgenden Messungen nur ein Ausschnitt aus einer Vielzahl.

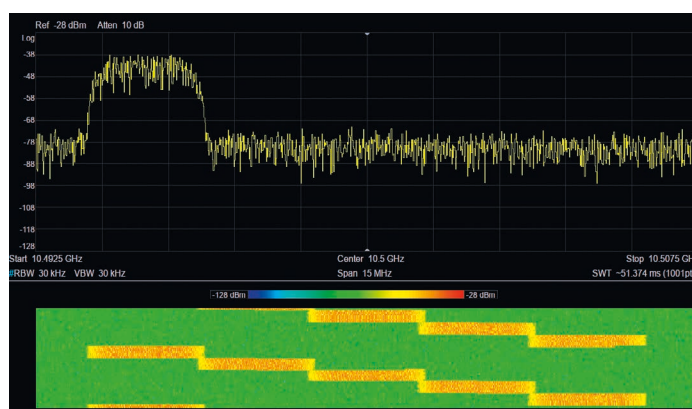
Muss man die Funktionsweise verifizieren, hat man einige relativ einfache Messungen durchführen. Die Messung der Frequenzgenauigkeit, d.h. liegt das modulierte Signal in der Mitte des Kanals, hilft bei der Sicherstellung, dass keine Probleme beim Hochmischen entstanden sind. Dies kann zum Beispiel durch temperaturabhängige Schwankungen von Lokaloszillatoren entstehen. Zusätzlich wird auch die Bandbreite des modulierten Signals bestimmt

(OBW, Occupied Bandwidth). Hierbei darf das Signal nur innerhalb der vorgegebenen Kanalbandbreite liegen, da es sonst den Nachbarkanal stört. In diesem Zusammenhang ist die Bestimmung des Nachbarkanalleistungs-Verhältnisses (ACPR) eine weitere wichtige Messung. Eine unsaubere Spannungsversorgung oder ein Übersteuern des Frontend-HF-Verstärkers kann dazu führen, dass am Nutzsignal „Schultern“ entstehen die dann in den Nachbarkanälen auftauchen und später die Kommunikation auf diesen Kanälen gestört ist. Die Signalleistung darf den vom Standard vorgegebenen Pegel nicht übersteigen. Somit ist die Messung der Kanalleistung ebenfalls eine Standardmessung.

In Systemen mit TDMA sind die Kanäle zeitlich getrennt, d.h., jeder Kanal darf die volle Senderbandbreite nutzen, aber eben nur für eine kurze Zeit.



Kanalleistung (CHP)



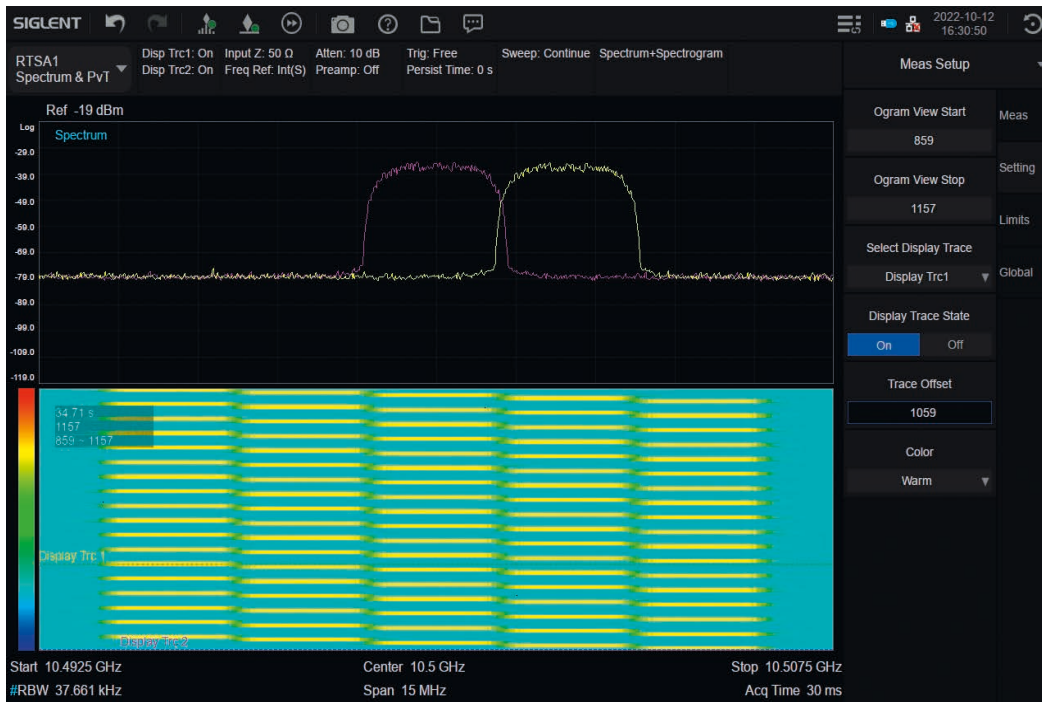
Channel Hopping im Spectrogram

GSM (2G) war/ist ein Vertreter dieser Technik. Neben den oben beschriebenen Messungen muss hierbei auch das zeitliche Verhalten untersucht werden, sodass sichergestellt werden kann, dass keine Timing-Konflikte vorhanden sind. Diese Messungen sind obligatorisch, und es ist unerheblich, ob diese im Sub-6-GHz-Band oder auf 24 GHz durchgeführt werden.

Die Spektrumanalysatoren von Siglent bieten alle diese Messungen in einem Paket (AMK) an. Darin enthalten ist ebenfalls die Möglichkeit, Signale im Wasserfalldiagramm zu analysieren. Beim Channel- oder Frequenzhopping ist diese eine nützliche Analysemöglichkeit. Die Bilder zeigen entsprechende Messungen des SSA5085A bei 10,5 GHz.

Eine detailliertere Analyse zur Bestimmung der Modulationsqualität (senderseitig) oder zur Evaluierung einer Funkübertra-

gungstrecke ist ebenfalls eine übliche Aufgabenstellung. Reine Spektrumanalysatoren können dies nicht leisten, allerdings bieten heute die meisten Analysatoren Zusatzoptionen, welche digitale oder analoge Modulationen analysieren können. Spezielle Signalanalysatoren bieten ein im Vergleich dazu erweitertes Analysepaket. Für die Evaluierung von Sendern oder Übertragungstrecken ist in ca. 80% der Fälle ein Spektrumanalysator mit Zusatzoption ausreichend. Ein Bild zeigt die Analyse eines 16QAM-modulierten Signals bei 10,5 GHz. Die SSA5000A Serie bietet die oben beschriebene Optionen. Die einzelnen Fenster können mit unterschiedlichen Analysen belegt werden. Zur Verfügung stehen Konstellationsdiagramme, Messwerte wie EVM, Frequenzfehler, etc. Das Frequenzspektrum und verschiedene Zeitbereichsansichten (auch für I und Q separat) sowie



Einsatz kommen können. Der SSG5000A liefert das Lokaloszillatorsignal, der SSG5000X-V die I- und Q-Basisbandsignale. Am Ausgang wird das modulierte, hochfrequente Signal mit dem Spektrum-Analysator, wie oben beschrieben, erfasst und ausgewertet.

Zusammenfassung: Die Entwicklung von Kommunikationssystemen erfolgt in vielen Iterationsschritten. Vom ersten Aufbau bis zum fertigen Produkt werden einige Zyklen durchlaufen und in jedem Stadium müssen unterschiedliche Messungen durchgeführt werden. Steigen die Frequenzen, steigt auch die Komplexität und die Entwickler müssen sich bei der Arbeit in diesem Bereich mit vielen Herausforderungen auseinandersetzen. Um diese bewältigen zu können, bedarf es die Unterstützung von leistungsfähiger Messtechnik. Die Anschaffung dieser Geräte belasten in der Regel jedes Budget stark. Die beiden neu eingeführten Geräte von Siglent ermöglichen, dank ihrer Flexibilität und dem sehr guten Preis/Leistungs-Verhältnis, dass auch mit kleineren Budgets Entwicklungen im X- und K-Band vorangetrieben werden können. ◀

Echtzeitwasserfall zur zeitlichen Auftrettsanalyse

die decodierten Daten können dargestellt werden.

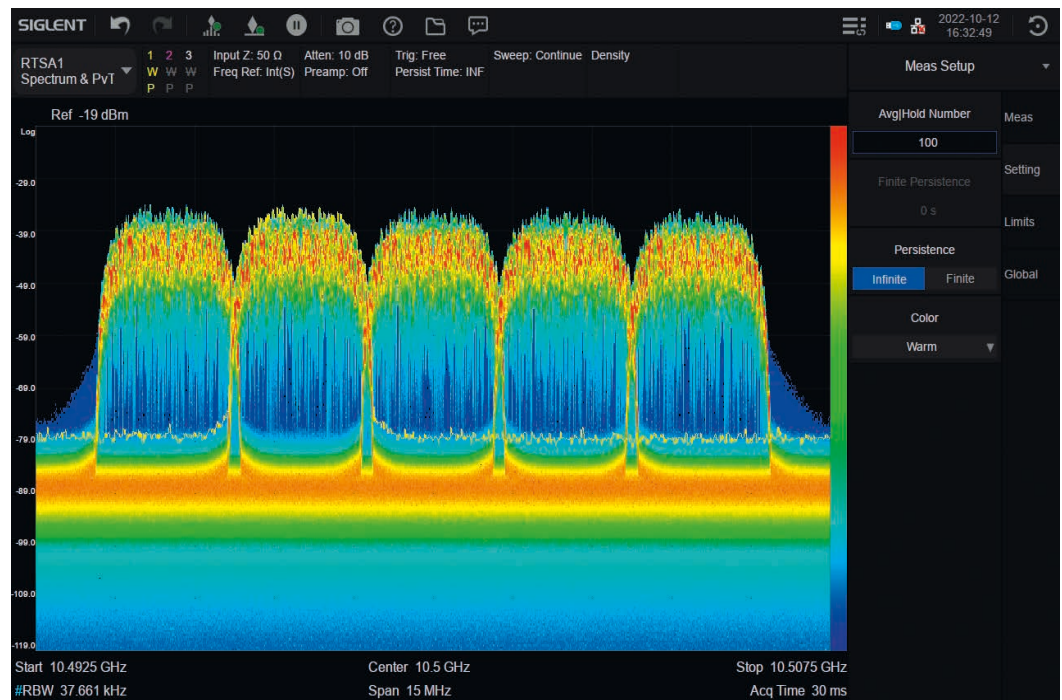
Stößt man bei den entwicklungsbegleitenden Messungen auf Unregelmäßigkeiten, beginnt die Suche nach der Ursache. Hierbei kann die Echtzeitdarstellung sehr hilfreich sein. Die damit zusätzlich erhaltenen Einblicke helfen u.a. beim Aufdecken von zeitlich veränderlichen Störern oder der oben beschriebenen Temperaturdrift des Lokaloszillators. Die Darstellung im Echtzeit-Wasserfalldiagramm lässt eine sehr genaue zeitliche Bestimmung der Auftrettshäufigkeit und -frequenz zu.

Im Bereich der EMV Messungen ist der Echtzeitbetrieb ebenfalls ein sehr hilfreiches Werkzeug. Gepulste Störer oder breitbandige Störer können hiermit zuverlässig erfasst und analysiert werden. Wenn Störer „gesehen“ werden, lassen sich auch deren Herkunft lokalisieren und die Ursachen beheben.

Während eines Entwicklungszyklus stehen nicht immer alle Signale oder Komponenten zur Verfügung, sodass Signale extern bereitgestellt werden müssen. Taucht in der Evaluierungsphase ein Problem auf kann es hilf-

reich sein, ein bekanntes Signal einzuspeisen. Um auf das Beispiel Frequenzdrift zurückzukommen, könnte hier zum Beispiel das Lokaloszillatorsignal von einem Signalgenerator wie dem SSG5000A ersetzt werden. Ist das Problem behoben, kann der LO-Baustein ausge-

tauscht oder stabilisiert werden und die Messung und Analyse der Frequenzstabilität beginnt von vorn. Ein Bild zeigt einen möglichen Messaufbau zur Evaluierung oder Optimierung von Teilbaugruppen, welche z.B. in der Satellitenkommunikation im X- oder K-Band zum



Darstellung des Kanalalignments im Persistenzmodus