

Die Herausforderung eMBB meistern

Dieser Artikel untersucht die Herausforderungen für eMBB-Produkte und zeigt Herangehensweisen für deren Bewältigung

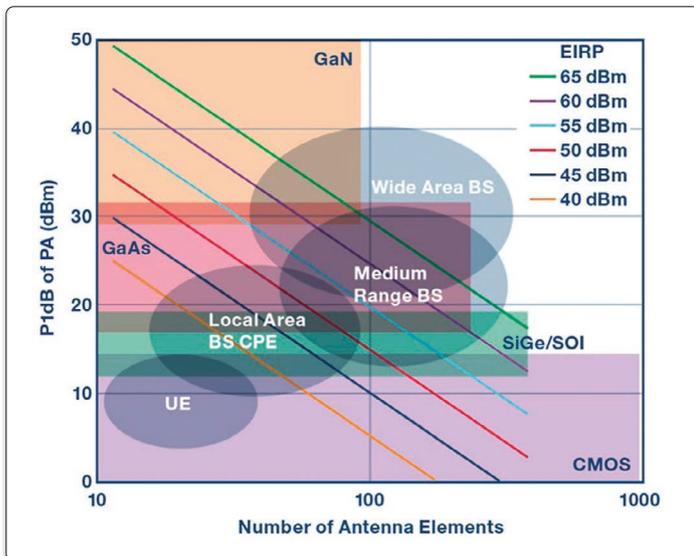


Bild 1: P1dB für verschiedene Halbleitertechnologien in Abhängigkeit von der Anzahl der Antennengruppen-Elemente zur Erreichung der EIRP-Zielwerte (Bild mit freundlicher Genehmigung von Analog Devices)

Die nächste Generation von 5G/6G-Kommunikationssystemen wird massive Konnektivität zum Internet in Form von extremer Kapazität, hoher Abdeckung, hoher Zuverlässigkeit und extrem niedrigen Latenzzeiten bieten, was eine breite Palette neuer Dienste durch innovative Technologien ermöglicht. Erweitertes mobiles Breitband (eMBB) bedeutet einen hohen Datendurchsatz in der Größenordnung von mehr als 10 Gbit/s, eine hohen Systemkapazität in der Größenordnung des 1000-fachen von LTE und einer viel bessere spektrale Effizienz (3...4x) als LTE.

Dritte Welle der drahtlosen Kommunikation

5G und nachfolgende Systeme werden die Lücke zwischen der physischen und der Cyberwelt schließen. Heute nutzen mobile Verbraucher drahtlose Konnektivität, um von fast jedem Ort aus auf das Internet zuzugreifen. In Zukunft wird die Hochgeschwindigkeitsabdeckung weiterverbreitet und schneller sein, und es wird mehr Wert daraufgelegt werden, Informationen von realen Ereignissen und menschlichen und/oder IoT-Aktivitäten mit dem Internet zu übertragen. Sobald sich diese Informationen in der Cloud befinden, kann die KI die reale Welt im Cyberspace nachbilden hinweg über physische, wirtschaftliche und zeitliche Beschränkungen, sodass „Zukunftsprognosen“ gemacht und „neues Wissen“ entdeckt werden können.

Die drahtlose Kommunikation bei dieser cyber-physischen Verschmelzung muss eine Übertragung mit hoher Kapazität und geringer Latenzzeit bieten. Sie

entspricht der Rolle des Nervensystems, das Informationen zwischen dem Gehirn und dem Körper vermittelt. Diese nächste Welle der Kommunikation konzentriert sich bekanntlich auf die drei Dienstbereiche eMBB, ultrazuverlässige Kommunikation mit niedriger Latenz (URLLC) und massive maschinengestützte Kommunikation (mMTC).

Kommunikation im C-Band

Der Frequenzbereich von 3,4 bis 4,2 GHz, das C-Band, wird den Übergang von 4G zu 5G erleichtern, da er Zugang mit weniger schwierigen Ausbreitungsbedingungen und geringeren Verlusten als bei mmWave bietet. Das C-Band unterstützt die Übertragung in einer Non-Line-of-Sight-Umgebung (NLOS) und ermöglicht so eine Innenraumdurchdringung, die der von Bändern mit niedrigeren Frequenzen gleichkommt. Im Vergleich zu mmWave sind die Vorteile des C-Bands sowohl wirtschaftlich als auch technisch:

- Durch die Überlagerung bestehender Makro- oder Kleinzellennetze im C-Band werden im Gegensatz zu mmWave keine neuen Zellstandorte benötigt.
- Der Zugang zu einem Frequenzbereich mit weniger schwierigen Ausbreitungsbedingungen als bei mmWave stärkt die Übertragung in einer NLOS-Umgebung und erleichtert das Eindringen in Innenräume in einer Größenordnung wie bei den Bändern mit niedrigeren Frequenzen.

Das C-Band eignet sich auch gut für die Zeitduplex-LTE-Technologie (TDD-LTE), die Übertragung und Empfang auf demselben Kanal ermöglicht, im Gegensatz zum Frequenzduplex-LTE (FDD-LTE), das ein gepaartes Spektrum mit unterschiedlichen Frequenzen

und einem Schutzband verwendet. Bei einem TDD-LTE-Gerät macht diese Fähigkeit die Verwendung eines speziellen Duplexers zur Trennung von Senden und Empfangen überflüssig. Dadurch werden die Kosten gesenkt.

Im C-Band ist die Downlink-Abdeckung größer als die Uplink-Abdeckung. Dies ist auf die viel größere Sendeleistung der gNodeB-Basisstation im Vergleich zur Uplink-Sendeleistung des Nutzergeräts (UE) sowie auf Unterschiede bei der Zuweisung von Zeitschlitz im Uplink und im Downlink zurückzuführen. Beamforming-Technologie reduziert die Interferenzen im Downlink und vergrößert den Abstand zwischen der C-Band-Abdeckung im Uplink und im Downlink.

Simulationen haben gezeigt, dass 5G-Basisstationen, die bei 3,5 GHz arbeiten, in Kombination mit fortschrittlichen Antennentechniken wie MIMO und Beamforming die gleiche Downlink-Abdeckung bieten können, wie sie derzeit mit LTE 1800MHz verfügbar ist. Dadurch kann das bestehende Zellennetz für den anfänglichen 5G-Rollout im Sub-6GHz-Bereich wiederverwendet werden. Größere MIMO- und Beamforming-Arrays sind jedoch wegen des begrenzten Platzes in einem Mobiltelefon nicht praktikabel. Wenn der Uplink dieselben Frequenzen wie der Downlink nutzen würde, dann würde die Größe der Zelle auf die maximale Reichweite im Uplink schrumpfen, begrenzt durch die Leistung des Endgeräts und den Antennengewinn.

Nimmt man den Downlink mit 50 Mbit/s und den Uplink mit 5 Mbit/s als Beispiel, so unterscheidet sich die Reichweite des C-Band-Uplinks und des Downlinks um 16,2 dB.

Quelle:

„5G NR Design for eMBB“
2023, Cadence
www.cadence.com
www.cadence.com/go/awr
übersetzt und stark gekürzt
von FS

Während der C-Band-Downlink eine ähnliche Abdeckung wie LTE 1800MHz erreichen kann, wird die Einschränkung der Uplink-Abdeckung zu einem Engpass bei der 5G-Einführung, der sich negativ auf das Nutzererlebnis auswirkt. Der Unterschied zwischen C-Band- und LTE-1800MHz-Uplink-Abdeckung beträgt 7,6 dB für 2R und 10,4 dB für 4R, wie im Aufmaerhbild dargestellt.

Das 3GPP Release 15 führte New Radio (NR) Carrier Aggregation (CA) und Supplementary Uplink (SUL) ein, um die begrenzte Uplink-Abdeckung auf den höheren Bändern zu bewältigen. Diese Mechanismen nutzen bislang ungenutzte Sub-3GHz-Bandressourcen, um die C-Band-Uplink-Abdeckung zu verbessern und 5G-Dienste in einem größeren Gebiet zu ermöglichen. Diese Lösungen erhöhen die Anforderungen an die Leistungsverstärker (PAs) der Basisstation und der Mobilgeräte, das RF-Frontend und die Antennen. Je nach der zu entwickelnden Ausrüstung müssen die Entwickler die Spezifikationen der einzelnen Komponenten auf der Grundlage des Verbindungsbudgets festlegen. Die elektrischen Anforderungen sowie Kosten- und Größenüberlegungen spielen eine Rolle bei der Auswahl der für die Zielanwendung am besten geeigneten Halbleiter-/Integrationstechnologie.

Link-Budgets werden verwendet, um die empfangene Leistung in einem Kommunikationssystem vorherzusagen, die letztendlich durch das erreichbare Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) am Empfänger begrenzt wird. Die empfangene Leistung wiederum wird durch Kanalverluste und die effektive isotrope Strahlungsleistung (EIRP) des Senders bestimmt, die gleich der mit dem Antennengewinn multiplizierten Sendeleistung ist. Bild 1 zeigt die Beziehung zwischen EIRP, Anzahl der Antennenelemente, verfügbarer Verstärkerleistung bei 1-dB-Kompression und dominierenden Halbleitertechnologien. Galliumnitrid (GaN) und



Bild 2: ACPR-, EVM- und CCDF-Messungen, die mit der 5G-NR-Option der WAR-VSS-Software durchgeführt wurden

Galliumarsenid (GaAs) sind die bevorzugten Halbleiter in Frontends mit Arrays mit <100 Elementen und einer Verstärkerleistungsleistung (P_{1dB}) >20 dBm, weshalb III-V-Technologien in UE weit verbreitet sind.

Design mit der richtigen Software

Für Verstärker, die entweder als diskrete GaAs/GaN-Transistoren auf einer Leiterplatte oder als integrierte MMICs entwickelt werden, bietet die Cadence AWR Software System-, Schaltungs- und elektromagnetisches (EM) Co-Design und unterstützt alle Phasen der PA-Entwicklung. Sie bietet gleichzeitige Schaltplan- und Layout-Design-Eingabe und -Verwaltung, während die HB-Engine des Cadence AWR APLAC Harmonic Balance Simulators in der Cadence AWR Microwave Engine des Cadence AWR Microwave Office Simulators rigorose Frequenzbereichssimulationen von nichtlinearen HF-Netzwerken bietet.

Das Verstärker-Design beginnt mit der Auswahl eines geeigneten aktiven Bauelements für die angestrebte Frequenz und die Leistungsziele, gefolgt von der Entwicklung der Vorspannung- und Impedanzanpassungsschaltung. Denn Vorspannung und Last/Source-Abschlüsse haben

einen starken Einfluss auf die Verstärkerleistung, daher bietet die AWR-Software Entwurfshilfen wie DC-IV-Kurvengenerierung, Load-Pull-Analyse und Impedanzanpassungsnetzwerk-Synthese.

Bild 1 bringt als Beispiel einen 3,5-GHz-Doherty-PA mit GaN-Transistoren mit hoher Elektronenbeweglichkeit (HEMT) für 5G-C-Band-Basisstationen. Der WAR-APLAC-Simulator verifiziert die Verstärkerleistung mit speziellen Messungen wie Rauschzahl (NF) und Kleinsignal-Transmissions- und Reflexionsparameter (S-Parameter) sowie die nichtlineare Leistung, die Verstärkungskompression und die Wirkung auf Großsignalanregungen. Darüber hinaus unterstützt der AWR APLAC-Simulator die Analyse von Hüllkurven für Schaltungen mit digital modulierten Signalen und bietet die Simulation von wichtigen Linearitätskennzahlen wie Nachbarkanalleistungsverhältnis (ACPR) und Fehlervektor-Magnitude (EVM). Bild 2 dokumentiert ACPR-, EVM- und CCDF-Messungen (Complementary Cumulative Distribution Function), die mit der 5G-NR-Option der WAR-VSS-Software durchgeführt wurden.

Weitere Informationen entnimmt man der Originalquelle.

Zum Schluss

Systementwürfe beginnen oft mit einer Budgetanalyse, die dazu dient, die HF-Verbindung zu definieren, die kaskadierte Leistung der HF-Verbindung zu berechnen und die Spezifikationen der einzelnen Komponenten zu bestimmen. Der Referenzentwurf begann mit Näherungswerten aus der Literatur einschließlich der wahrscheinlichen Leistung der Komponentenblöcke. Hierzu gehören IC-Prozess, Systemanforderungen (Datenraten und Abdeckungsbereich), Kanalverluste, zulässige Sender-EIRP und Empfängerempfindlichkeit.

Die Kommunikationssysteme der nächsten Generation, die auf 5G/6G-Funktionen abzielen, bedeuten eine massive Anbindung an das Internet mit extremer Kapazität, Abdeckung, Zuverlässigkeit und extrem niedriger Latenz, die eine breite Palette neuer Dienste und Geschäftsmöglichkeiten ermöglicht. Dies wird durch eine Reihe innovativer Technologien ermöglicht, wie durch komplexe RF-Frontend-Architekturen und hochintegrierte Multi-Fabric-Elektronik. Design- und Fertigungs-Software werden für die Entwicklung dieser Technologien entscheidend sein. ◀