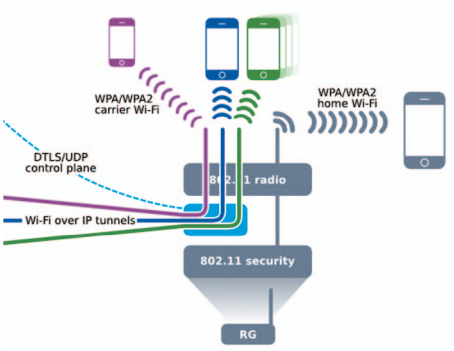
Abkürzungen und Fachbegriffe rund um 5G und IoT

5G und IoT sind die beiden großen Themen, die uns durch das Jahr 2019 begleiten werden. Kennen Sie alle Abkürzungen und Fachbegriffe rund um 5G und IoT?

Carrier-Grade WiFi



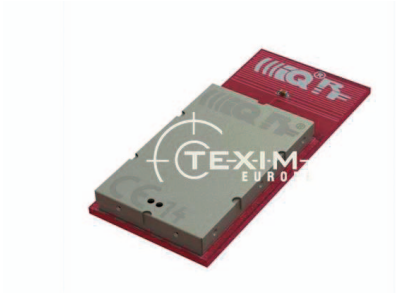
Carrier-Grade WiFi an jedem Accesspoint oder Gateway (realwire.com)

Nach den Best-Effort-Netzen die Antwort auf die gestiegenen Ansprüche der Kunden nach mehr Kapazität und besserer Qualität der Services, die überall abrufbar sind. Carrier-Grade WiFi lohnt sich auch für die Anbieter, da es neue Dienstleistungen wie TV Everywhere, Patientenfernüberwachung, Sprachkommunikationssysteme, Online-Spiele, Streaming und ViIP-Services begünstigt bzw. ermöglicht. Das mit WiFi bewältigte Datenvolumen ist in 2017 und 2018 exponentiell gestiegen. 5G Carrier-Grade WiFi (5G CGW) ist eine Vision, um dem zu begegnen.

CMTC

siehe MMTC

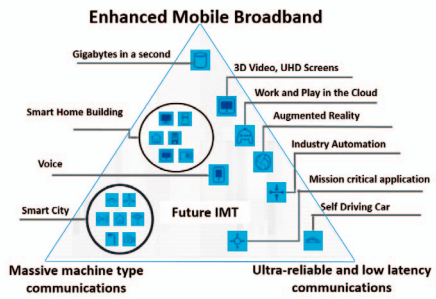
DCTR (Data Controlled Transceiver)



Das Modul DCTR-72DA arbeitet in den Bändern 868 und 916 MHz.

Transceiver, welche DPA unterstützen, nennt man DCTRs. DPA (Direct Peripheral Access) ist ein höherer Kommunikations-Level (Transport Layer) im Schichtenmodell. Es st ein optionales offenes Protokoll und ermöglicht eine Steuerung durch das Senden von Kommandos und Empfangsbestätigungen über Standard-Wired-Interfaces (UART or SPI) oder über Funk.

EMBB (Enhanced Mobile Broad Band)



Anwendungsmöglichkeiten nach https://internetofthingsagenda.techtarget.com

„Die Mobilfunktechnik der 5. Generation bietet mehrere Dienstkategorien, die die zukünftigen Bedürfnisse in der Mobilkommunikation abdecken. EMBB ist eine solche Dienstkategorie, die eine extrem hohe Datenrate von bis zu 10 Gbit/s zur Verfügung stellt und Dienste mit hohen Bandbreitenanforderungen unterstützt. In diesem Zusammenhang sind die Videotechnik mit High Definition Video (HDV), Virtual Reality und Augmented Reality zu nennen. Als weitere Dienstkategorien hat die ITU Ultra Reliable Low Latency Communications (URLLC) und Massive Machine-Type Communications (mMTC) festgelegt.“ (itwissen.info)

ETSI

Das Europäische Institut für Telekommunikationsnormen (European Telecommunications Standards Institute) ist eine der drei großen Normungsorganisationen in Europa mit Sitz in Sophia Antipolis (Frankreich). ETSI ist eine gemeinnützige Organisation, welche das Ziel verfolgt, weltweit anwendbare Standards für die Informations- und Kommunikationstechnologien zu schaffen. So ist ETSI auch zuständig für die europäische Normung im Bereich Telekommunikation. ETSI erarbeitet Standards und Normen entsprechend den Bedürfnissen seiner Mitglieder – im Unterschied zu seiner als Behörde organisierten Vorgängerorganisation, die Vorschriften aufstellte.

HDV (High Definition Video)

HDV kann als Nachfolgeformat vom DV-Format HDTV Signale mit Auflösungen von 960 x 720 Pixel (HDV1) und 1440 x 1080 Pixel (HDV2) aufzeichnen, sowohl im Interlaced-Verfahren als auch mit progressive Scan mit den verschiedenen Bildwiederholfrequenzen.

IQRF

IQRF-Transceiver für 868, 916 oder 433 MHz, geeignet zum Aufbau eines Mesh-Netwerks zum Anschluss an das IoT (iqrf.org)

IQRF ist eine Technology für drahtlose packet-orientierte Kommunikation in Sub-GHz-ISM-Bändern. Sie ist für allgemeinen Einsatz, Punkt-zu-Punkt-Verbindungen oder komplexe Netze geeignet und dient vor allem Telemetrie, industriellen Steuerungen, Automationsanwendungen am Bau und im Internet of Things. Die IQRF Alliance ist ein internationaler Zusammenschluss von

Entwicklern, Herstellern, Systemintegratoren und anderer Unternehmen. Hauptvorteil ist die Interoperabilität von Produkten mit DCTRs inside.

LoRa (Long Range)

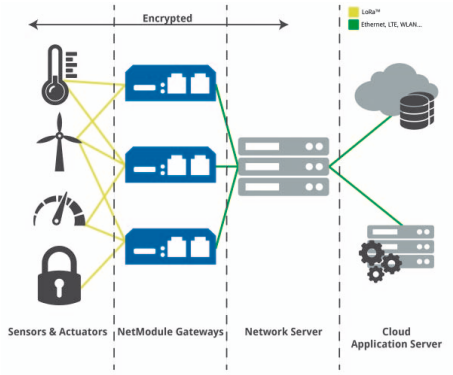
Kennwerte	LoRaWAN
Frequenzbereich	ISM-Bänder, 433 MHz, 868 MHz (EU), 915 MHz (USA)
Modulation	Chirp Spread Spectrum (CSS)
Kanalbreite	8x125 kHz (EU), 64x125 kHz, 8x125 kHz (USA)
Paketgröße	Vom Benutzer bestimmt.
Datenrate Up/Down	300 bit/s bis 50 kbit/s (EU) 900 bit/s bis 100 kbit/s (USA)
Topologie	Sterntopologie
Entfernung	bis 5 km im bebauten Umfeld bis 15 km im ländlichen Bereich

Systemübersicht zu einem Entwicklungs-Kit für 868 MHz (exp-tech.de)

LoRa beschreibt, wie IoT-Devices auf der physischen Kommunikationsschicht angebunden werden. Hierbei werden lizenzfreie Bänder genutzt, auf denen Daten per Chirp Spread Spectrum (CSS) moduliert werden. Die genutzten Verfahren sind patentiert und wurden vom französischen Unternehmen Cycleo entwickelt, das mittlerweile vom Chiphersteller Semtech übernommen wurde.

In Europa nutzt LoRa Frequenzen von 867 bis 869 MHz und ist damit auf einen Duty Cycle von maximal 1% beschränkt. Das reduziert die Übertragungsrate zwischen 50 und 250 Bit/s auf weniger als ein Hundertstel. Die Leistungsübertragungsbilanz (Link Budget) ist daher sehr gut. In der Praxis sind Übertragungen über mehrere Kilometer möglich.

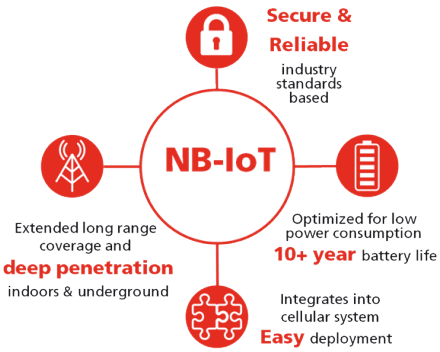
LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)



Aufteilung von LoRaWAN in die Bereiche LoRa (gelb) und Hauptnetz (grün) nach netmodule.com

Das LPWAN ist ein Ansatz zur Realisierung eines LPWANs und setzt auf LoRa auf. LoRaWAN ist ein Low-Power-Wireless-Netzwerkprotokoll. Die LoRaWAN-Spezifikation wird von der LoRa Alliance festgelegt, ist frei verfügbar und nutzt die proprietäre Chirp-Spread-Spectrum-Modulationstechnik LoRa von Semtech. Sie ist asymmetrisch auf Energieeffizienz der IoT-Geräte ausgerichtet und erreicht Reichweiten >10 km für das Senden vom IoT-Gerät an das Netz. Die Datenübertragungsrate liegt zwischen 292 Bit/s und 50 kbit/s. Die Datentransferraten zu den Endgeräten passt der Netzwerk-Server der jeweiligen Situation an (ADR, Adaptive Data Rate).Verschiedene Betriebsabstufungen bis hin zu einer quasi-kontinuierlichen Downlink-Kommunikation sind möglich. Die Netzarchitektur ist sternförmig. Endgeräte kommunizieren mit Gateways, welche die Datenpakete an einen Netzwerk-Server senden. Dieser verfügt über Schnittstellen zur Anbindung an IoT-Plattformen und Applikationen. LoRaWAN nutzt regional unterschiedliche Frequenzbereiche im ISM- und SRD-Band mit dem Vorteil der Durchdringung von Gebäuden. Der Stromverbrauch von Endgeräten beträgt um 10 mA und 100 nA im Ruhemodus.

Low-Power/Narrow-Band



Charakteristika der Low-Power/Narrow-Band-Technologie IoT nach u-blox.com

Diese Technologien erlauben es, kleine Datenmengen in Zweiwegübertragung effizient, sicher und zuverlässig zu übermitteln. Im Wesentlichen gibt es zwei dieser Technologien für existierende zellulare Netzwerke: NB-IoT und LTE CAT-M1. Beide werden durch die 3GPP-Standards in Release 13 näher beschrieben.

LPN (Low Power Network)

LPWA (Low Power Wide Area)

LPWAN (Low Power Wide Area Network)

Gemeint ist ein Niedrigenergie- und Weitverkehr-Netzwerk, beruhend auf einer Klasse von Netzwerkprotokollen zur Verbindung von Niedrigenergiegeräten mit einem Netzwerkserver. Die Verbindung zwischen Endgeräten und Gateways kann über lizenzfreie

LPWAN und seine Möglichkeiten nach airgain.com

Frequenzen (ISM, White Space) oder Mobilfunkfrequenzen erfolgen, die Verbindung zwischen Gateways und Netzwerkserver über IP-Verbindungen.

Folgende Standards verstehen sich als solche Netzwerke:

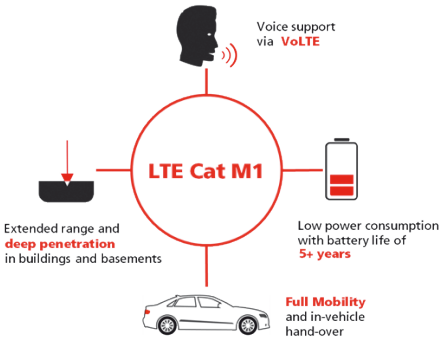
- LoRaWAN
- Symphony Link, basiert auf LoRa-Modulation
- LTE-M, basiert auf LTE Advanced von 3GPP
- NB-IoT, von 3GPP
- Weightless-N, offener Standard für Ultranarrowband-Technologie (N für Narrow)
- Weightless-P, offener Standard bessere Leistung (P für Power)
- Weightless-W, offener Standard im White Space
- Wi-Fi HaLow, offener Standard (IEEE 802.11ah)

Folgende Technologien, die nicht als Standards veröffentlicht wurden, werden von den Betreibern solcher Netze als öffentliche Netze angeboten:

- WavIoT NarrowBand Fidelity (WavIoT NB-Fi)
- SigFox
- Random Phase Multiple Access (RPMA) im 2,4-GHz-Bereich

Damit die überbrückbare Entfernung nicht zu sehr durch die Freiraumdämpfung beeinträchtigt wird, nutzen einige dieser Konzepte Frequenzen in ISM-Bändern zwischen 433 MHz und 1 GHz und weniger die klassischen WLAN-Frequenzen um 2,4 GHz.

LTE Cat M1

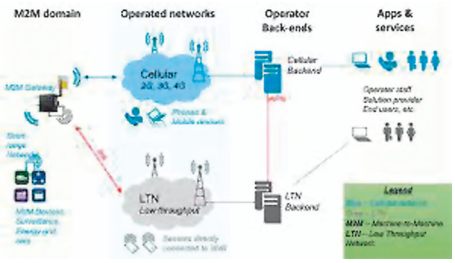


LTE Cat M1 und seine Möglichkeiten nach u-blox.com

Dies ist wie NB-IoT eine LPN/LPWA/LPWAN-Technologie für IoT-Anwendungen. LTE Cat M1 ist eine neue Mobilfunktechnologie, die auch auf M2M-Kommunikation (Machine-to-Machine) ausgerichtet sein kann, bei denen mittlere Datenraten erreicht werden sollen (375 kbit/s Upload- und Download im Halbduplex). Es ermöglicht längere Batterielebenszyklen und größere Reichweite in Gebäuden gegenüber Standard-Mobilfunktechnologien. Wichtige Funktionen:

- Unterstützung von Sprachfunktionalität über VoLTE
- volle Mobilität und Handover im Fahrzeug
- niedriger Energieverbrauch
- hohe Reichweite in Gebäuden

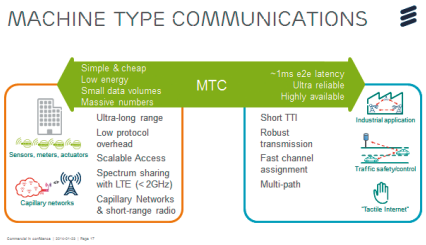
LTN (Low Throughput Network)



LTN-Möglichkeiten nach ETSI

Machine-to-Machine-Kommunikation und das Internet of Things (IoT) bedeutet die direkte oder indirekte Verbindung von potentiell Millionen und Milliarden Objekten bei sehr niedrigem Datendurchsatz. Entsprechende Netzwerke haben geringe Kosten, erlauben neue Applikationen und weisen sehr geringe elektromagnetische Störungen auf. Ein Beispiel ist ETSI GS LTN, weitere heißen LoRaWAN, Weightless und RPMA (Random Phase Multiple Access).

MMTC (Massive Machine-Type Communication)

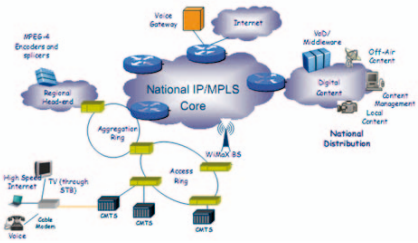


MTC über das 5G-Netz

„Bei Massive Machine-Type Communication geht es um Dienste, die eine hohe Anschlussdichte benötigen. Diese kann bei einer Million pro Quadratkilometer liegen. Typische Beispiele hierfür sind Smart Cities, Smart Homes, Smart Agricultures, Logistik, Flottenmanagement und Wasserversorgung. MMTC-Dienste dienen der Weiterentwicklung der digitalen Gesellschaft und der Forderung nach neuen leistungsfähigen Diensten.

Geht es bei der Maschinenkommunikation um eine große Anzahl an Low-Cost- und Low-Energy-Geräte und um große Datenmengen, so geht es bei der Critical Machine-Type Communication (CMTC), der Mission-Critical Machine-Type Communication oder der Ultra-Reliable Machine-Type Communication (UMTC) um extrem kurze Latenzzeiten für die Echtzeitsteuerung von Maschinen, um hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit und um Ende-zu-Ende-Latenzen im Millisekundenbereich.“ (itwissen.info)

MSO (Multi-System Operator)

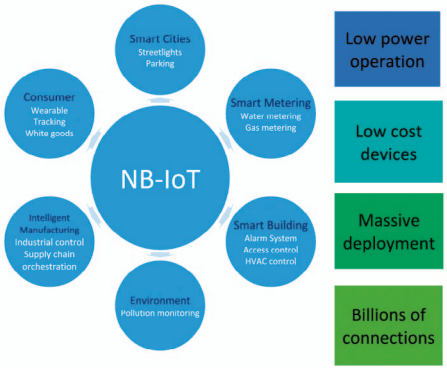


Kabel-MSO nach indiabizclub.com

Ein Multisystembetreiber betreibt in der Regel verschiedene Kabel-TV-Systeme. Neue Techniken, wie etwa Carrier-Grade-WiFi, fordern auch ihn heraus.

NB-IoT

Narrow Band IoT ist eine LPN/LPWA/LPWAN-Funktechnologie zur Übertragung kleiner Datenmengen mit geringer Geschwindigkeit und zeichnet sich durch



geringen Energieverbrauch aus. Die in diesem Kontext benutzten Netzwerkkonzepte sind Low Power WANs (LPWANs) und Long Range WANs (LoRaWANs). NB-IoT ist auch bekannt unter der Bezeichnung LTE Cat NB1.

Der Fokus von NB-IoT liegt auf Inhouse-Anwendungen mit kostengünstigen Komponenten mit geringstem Stromverbrauch. Die Technik kann in Mobilfunksysteme eingebettet werden. So können die Funkwellen Gebäude besser durchdringen. Die Übertragungstechnik von NB-IoT arbeitet im Duplex bidirektional.

NB-IoT kann in Smart Cities, Smart Homes, Smart Grids und in vielen weiteren Anwendungen eingesetzt werden. In der Smart City kann es den Stadtbewohnern Informationen über die Infrastruktur liefern, das Verkehrsmanagement unterstützen, die Parkplatzsucher erleichtern und zur Energieeinsparung bei der öffentlichen Beleuchtung beitragen. Im Smart Home geht es um die Optimierung der Energiekosten in die die Haushaltsgeräte und Beleuchtungen eingebunden sind, um Alarmanlagen und Überwachungskameras, und beim Smart Grid um die Kontrolle und Steuerung der Energie.

RED (Radio Equipment Directive)

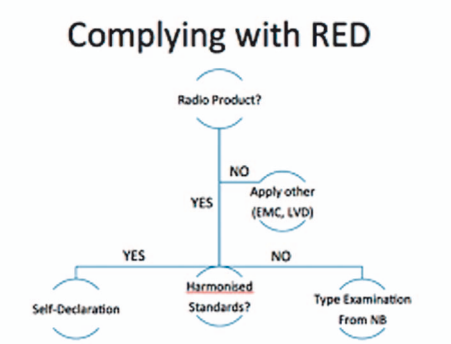
Das ist die neue europäische Funkanlagen-Richtlinie. Damit reagierte die EU auf die erwartete stetige Zunahme drahtloser Geräte unterschiedlichster Art, die sich das begrenzte HF-Spektrum teilen müssen, flankierend gibt es einen RED-Guide und TGNs zur Unterstützung der Anwender

RPMA, siehe LTN

Sigfox

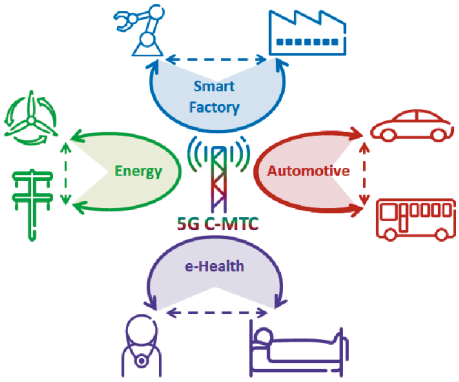
ist ein französisches Telekommunikationsunternehmen, das ein eigenes, globales Funknetzwerk aufbaut, um Objekte mit geringem Energiebedarf drahtlos mit dem Internet zu verbinden. Dazu gehören beispielsweise Stromzähler, Smartwatches, Heizungen und Waschmaschinen, aber auch Anwendungen im Bereich Landwirtschaft, Medizintechnik und Fertigungsindustrie. Die Geräte senden in festgelegten Intervallen kleine Datenmengen bzw. Nachrichten an eine Basisstation, die diese dann in eine Datenbank des jeweiligen Empfängers weitergibt. Die Technologie bietet damit eine Basis für das IoT. Das Sigfox-Funkmodul für ein Endgerät soll bei der Abnahme von mindestens 50.000 Modulen einen US-Dollar kosten, die Verbindung des Gerätes ins Sigfox-Netz einen weiteren US-Dollar pro Jahr. Die Basisstationen können im Gegensatz zu Mobilfunk-Basisstationen bis zu einer Million Objekte verwalten, wobei ein Tausendstel der Energie der Standard-Mobilfunksysteme benötigt wird. Sigfox-Geräte können laut eigener Aussage bis zu 20 Jahre lang mit lediglich zwei AA-Batterien arbeiten. Die Geräte nutzen dazu geringe Datenraten, können maximal zwölf Bytes pro Nachricht aber nicht mehr als 140 Nachrichten pro Gerät und Tag verschicken. Mit zwölf Bytes kann eine Zahl zwischen 1 und 7,9E1028 (79 Quadrilliarden) dargestellt werden.

TGN



Technical Guidance Notes, technische Leitlinien, speziell für die Umsetzung und Anwendung der RED von der EU herausgegeben

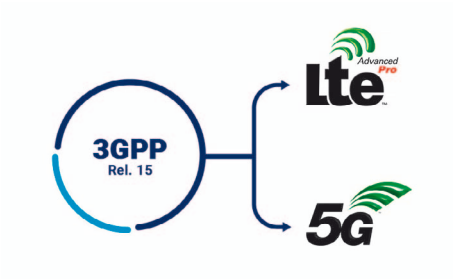
URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communication)



URLLC-Darstellung nach semanticscholar.org

Die Ultra-Reliable (and) Low-Latency Communication bietet Dienste mit geringer Latenzzeit bei 1 ms. Das sind Dienste, die kürzeste Antwortzeiten und praktisch keinen Ausfall haben dürfen, so wie z. B. automatische Fahrassistenten, die Kraftfahrzeuge steuern, oder für die Fernwartung von Anlagen.

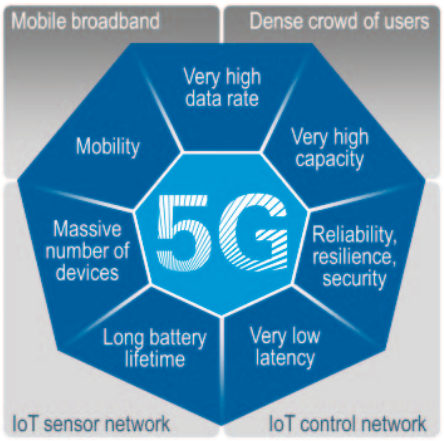
3GPP (Third Generation Partnership Project)



Das 3GPP ist eine Standardisierungsinitiative von verschiedenen regionalen Standardisierungs-Organisationen aus Europa, den USA und Asien. Ziel von 3GPP ist es, die technischen Spezifikationen für Mobilfunknetze der 3. Generation voranzutreiben einschließlich LTE. NB-IoT und LTE CAT-M1 werden durch die 3GPP-Standards in Release 13 näher beschrieben.

5G

Der Mobilfunkstandard 5G wird auch Echtzeit-Internet genannt, weil er eine Standleitung ins Netz ermöglichen wird – ohne Ladezeiten und Verzögerungen: 5G verspricht extrem hohe Download-Geschwindigkeiten von bis zu 10 Gbit/s und eine Latenzzeit (Zeitspanne, die ein Datenpaket vom Sender zum Empfänger braucht) von unter einer Millisekunde. 5G wird zehnmal so schnell sein wie der aktuelle 4G-Standard. Für 5G hat die ITU drei Dienstkategorien festgelegt: Enhanced Mobile Broadband (EMBB), Ultra Reliable Low Latency Communications (URLLC) und Massive Machine-Type Communications (MMTC).



5G-Möglichkeiten und Eigenschaften nach Rhode&Schwarz

5G CGW

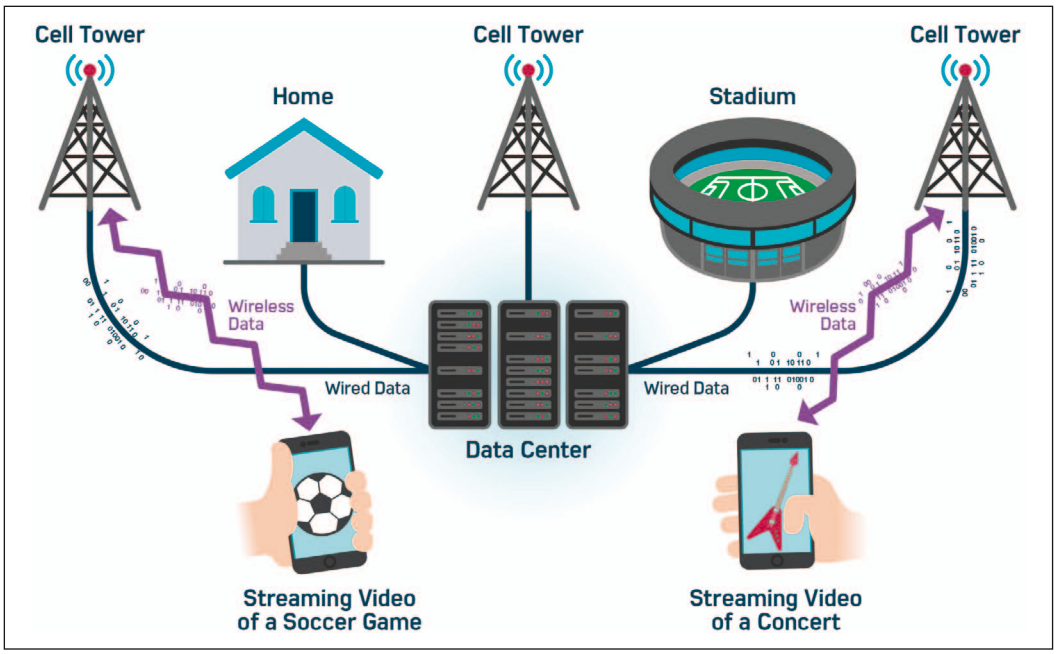
siehe Carrier-Grade WiFi

LTE Cat M1 und NB-IoT im Parameter-Vergleich

Kennzeichen	LTE Cat M1	NB-IoT
Einsatz	Inband LTE	Inband LTE, LTE Guard Bands, Standalone
Downlink-Modulation	OFDMA, 16 QAM	OFDMA
Downlink-Datenrate	bis 1 Mbit/s	250 kbit/s
Uplink-Modulation	SC-FDMA, 16 QAM	SC-FDMA
Uplink-Datenrate	bis 1 Mbit/s	250 kbps (multitone), 20 kbps (singletone)
Bandbreite	1,08 MHz	180 kHz
Duplex-Technologie	Full Duplex, Half Duplex, FDD & TDD	Half Duplex und FDD
Latenzzeit	10...15 ms	1,6...10 s
Link-Budget	155,7 dB	164 dB
Leistungsklasse	23 dBm, 20 dBm	23 dBm, 20 dBm

HF-Konverter – eine Technik, die Breitbandfunk ermöglicht

Konverter, die Signale direkt im Bereich der Hochfrequenz umsetzen, sind mittlerweile so weit entwickelt, dass sie sich dazu eignen, konventionelle Funkkommunikations-Designs zu ändern. Mit ihrer Fähigkeit, Signalbandbreiten mit bis zu 2 oder 3 GHz sofort zu digitalisieren und zu synthetisieren, versprechen sie nun echten Breitbandfunk, da sie es den Entwicklern von Funksystemen ermöglichen, die dafür benötigte Hardware drastisch zu reduzieren.



HF-Konverter ermöglichen Breitband-Funksysteme, die anspruchsvolle Datendienste wie Video-Steamimg und Spiele bedienen

Damit wird eine völlig neue Art der Rekonfigurierbarkeit via Software realisiert, die mit konventionellen Funk-Designs einfach nicht möglich ist. Dieser Artikel untersucht die Vorteile der HF-Wandler-Technik, die diese neue Art von Datenerfassungssystemen und Breitband-Funksystemen ermöglicht und diskutiert die Möglichkeiten der Software-Rekonfigurierbarkeit.

Einleitung

Eine Design-Einschränkung, der jeder Entwickler von Funksystemen gegenüber steht, ist der Kompromiss, die Signalbandbreite mit der höchstmöglichen Qualität bei geringstem Leistungsverbrauch zu entwickeln. Wie der Entwickler diese Einschränkung realisiert, bestimmt die Ausmaße und das Gewicht des Funksystems und beeinflusst grundlegend die Platzierung des Funksystems z.B. in Gebäuden, Türmen, Masten, unterirdisch fahrenden Fahrzeugen, Verpackungen, Taschen, Ohren oder Brillen.

Jeder Ort des Funksystems hat eine bestimmte verfügbare Leistung, die diesem Ort entspricht. Ein Gebäude oder ein Turm hat vermutlich mehr Leistung verfügbar als ein Smartphone in einer Hosentasche oder ein Bluetooth-Kopfhörer in einem Ohr. In allen Fällen existiert aber ein fundamentaler Grundsatz: je weniger Leistung ein Funksystem aufnimmt und je mehr Durchsatz pro Leistungseinheit möglich ist, desto kleiner und leichter wird das Funksystem. Dies hat immense Auswirkungen und war über viele Jahre hinweg der treibende Faktor hinter der Innovation in der Kommunikationsindustrie.

Da die Halbleiterhersteller immer mehr Funktionen und höhere Leistungsfähigkeit in Komponenten gleicher oder sogar kleinere Ausmaße integrierten, müssen die Geräte, die sie nutzen, ebenfalls kleiner, funktionsreicher, leichter oder in einigen Fällen sogar alles zusammen sein. Die kleineren und leichteren Geräte, die besser sind und einen größeren Funktionsumfang bieten, erlauben die Platzierung dieses verbesserten Equipments an Orten, die vorher wegen verschiedener anderen Einschränkungen nicht möglich waren, dazu gehören z.B. die Ausmaße der Funkeinheit.

Entwicklung der Integrationsdichte

Wenn der Platzbedarf einer Funkeinheit für ein Gebäude auf die Ausmaße einer Einheit, die auf einen Turm passt, reduziert werden kann und die für einen Turm auf die Ausmaße und das Gewicht für das sich ein Mast eignet, oder wenn die Funkeinheit, die bisher in einem Fahrzeug transportiert werden musste, nun in ein Paket passt, dann folgt man der Entwicklung der Integrationsdichte.

Die heutige Kommunikationsumgebung ist voll von Installationen, die Gebäude, Türme, Masten und Fahrzeuge benötigen, da die verschiedenen Kommunikationsgeräte mit den zur jeweiligen Zeit verfüg-

Autoren:
E. Fague und Steven Rose,
Analog Devices Inc.
www.analog.com

baren Komponenten entwickelt wurden und damit das funktionsreiche Kommunikations-Equipment liefern, das man heute hat: Man kann sprechen, Texte versenden, fotografieren, Informationen aus dem Internet herunter- und hochladen und nahezu überall wo man will in einem der unterschiedlichen Netzwerke surfen. Dazu zählen mobile Netzwerke, drahtlose LANs, drahtlose Ad-Hoc-Netzwerke mit kurzer Reichweite und noch weitere. Diese sind dann alle mit den drahtgebundenen Netzwerken verbunden, in denen die Daten über HF-Kabel oder eventuell Glasfasern übertragen werden.

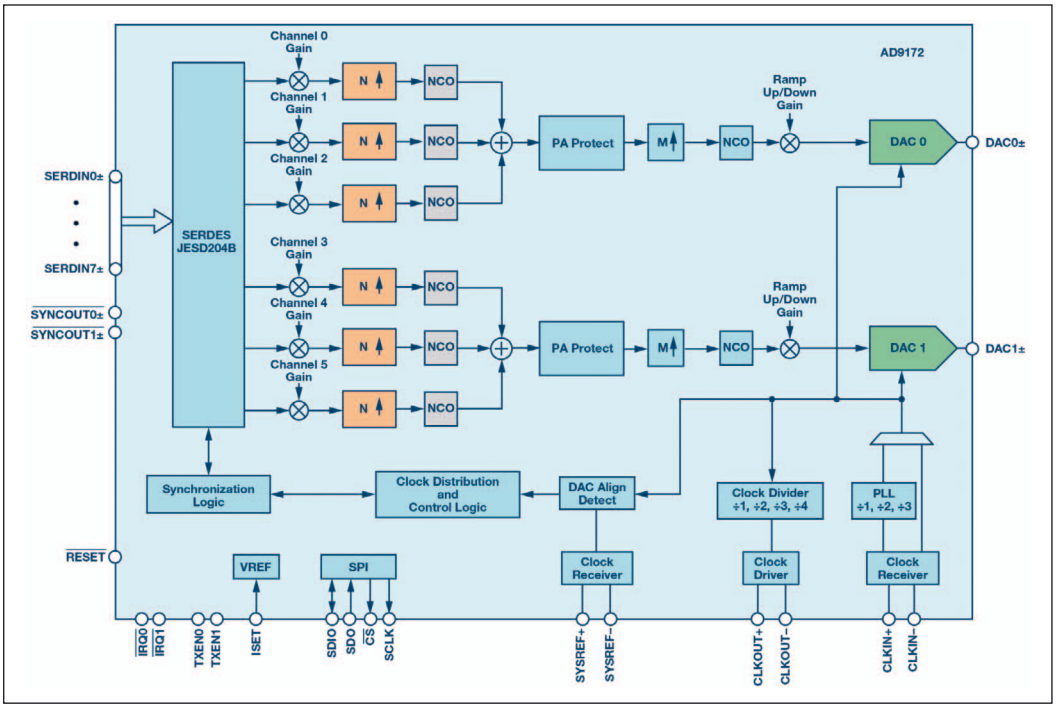


Bild 1: Beispiel für einen HF-DAC mit Kanalisiserern

Erweitertes Videoerlebnis

Wie mehrere Studien gezeigt haben [1, 2], wird die Nachfrage nach höheren Datenmengen auch in der nächsten Dekade stark zunehmen. Sie wird von der schier unstillbaren Nachfrage nach umfangreicheren Dateninhalten getrieben, die höhere Bandbreiten erfordert. Kabelfernsehen und Betreiber von Glasfasernetzen für den Privatgebrauch stehen in einem ständigen Wettbewerb, Breitbanddienste für den Privatbedarf anzubieten, indem sie schnellere Übertragungsgeschwindigkeiten und immer mehr hochauflösende Fernsehkanäle anbieten. Der Übergang auf UHD-Fernsehen (ultrahigh definition oder 4k definition) benötigt mehr als die doppelte Kapazität von HD-TV und erfordert deutlich höhere Kanalbandbreiten als sie heute verwendet werden.

Zusätzlich erfordert umfassendes Video, das die virtuelle Realität (VR) einschließt, aber auch Spiele und 3D-Effekte wie 180° oder Panoramadarstellungen mit mehrdimensionaler Freiheit, alle im 4k-UHD-TV, pro Nutzer eine Bandbreite von bis zu 1 Gbit [2]. Dies geht weit über den bereits anspruchsvollen Bedarf von einfachen 4k-UHD-Fernsehübertragungen und Streaming hinaus. Online-Spiele erfordern symmetrische Datenbandbreiten im Netzwerk, da hier Latenzzeiten sehr wichtig sind und dies die Entwicklung von wesentlich höheren Bandbreiten antreibt, die diese Datenmengen in das Netzwerk übermitteln können. Die Notwendigkeit, höhere Datenmengen hochzuladen, zwingt die Equipment-Hersteller wiederum dazu, ihre Entwicklungen zu aktualisieren, um die symmetrische Breitbandübertragung zu ermöglichen.

Die verbesserten Fähigkeiten der heutigen HF-Konverter sind entscheidend, um Vorteile in der Bereitstellung des reichhaltigen Video-Inhalts zu erzielen. Sie müssen in der Lage sein, Signale mit einem großen Dynamikbereich mit hervorragender Störungsfreiheit zu generieren, um den Einsatz von Modulationsarten höherer Ordnung wie 256-QAM, 1024-QAM und 4k-QAM zu ermöglichen. Diese Modulationsverfahren höherer Ordnung sind notwendig, um die spektrale Effizienz jedes einzelnen Kanals zu steigern, da die installierten Koaxkabel und Verteilungsverstärker eine auf 1,2…1,7 GHz begrenzte Bandbreite haben. Eine höhere Leistung im Headend-Übertragungsequipment verlängert die Nutzungsdauer der installierten Ausrüstungsbasis und vermeidet damit Beschränkungen des Finanzierungsplans und gibt MSOs (multiple service operator) ein größeres Zeitfenster, in dem sie ihre Ausrüstungen und Übertragungssysteme aktualisieren können.

Mehrband, Multimode-Test

Die heutigen Smartphones ähneln traditionellen mobilen Telefonen immer weniger, da immer mehr Funktionen in sie gepackt werden. Viele von diesen Eigenschaften hängen mit Funkfunktionen zusammen und deshalb hat das mobile Gerät von heute bis zu fünf oder mehr Funksysteme integriert. Jedes dieser Funksysteme muss geprüft werden, wenn das Smartphone produziert wird und dies bedeutet wiederum neue Herausforderungen für die Hersteller von Multimode-Kommunikationstestern. Es gibt die Notwendigkeit für eine hohe Testgeschwindigkeit, um die Kosten niedrig zu halten, obwohl die Anzahl der Tests mit der Anzahl der Funksysteme ansteigt. Unterschiedliche Hardware für jedes Funksystem in dem mobilen Gerät zu bauen, ist wegen der Größe und Kosten der Tester nicht mehr praktikabel. Mit mehr offenen oder empfohlenen Bändern für mobile Dienste [3] steigen auch die Herausforderungen an den Test von immer mehr Funksystemen in den mobilen Geräten.

Dieser Herausforderung kann gut mit HF-Konvertern begegnet werden. Sowohl im Sender als auch Empfänger können HF-Konverter die Flexibilität bieten, die mit konventionellen Funksystemen nicht zu erzielen ist. Breitband-HF-Konverter haben die Fähigkeit, in jedem Band gleichzeitig Signale aufzunehmen und direkt zu synthetisieren, was den simultanen Test von mehreren Funksystemen in einem mobilen Gerät erlaubt. Mit in den HF-DACs (Digital/Analog-Converter) und HF-ADCs (Anlog/Digital-Converter) eingebauten „Kanalisierern“, werden diese mehrfachen Funksignale in den Konvertern effektiv verarbeitet. In Bild 1 sind z.B. drei Kanalisierer pro HF-DAC dargestellt, was es ermöglicht, drei unterschiedliche Signale und Bänder direkt zu synthetisieren, zu kombinieren und dann mit dem numerisch gesteuerten Oszillator (NCO) digital aufwärts zu wandeln, bevor sie mit