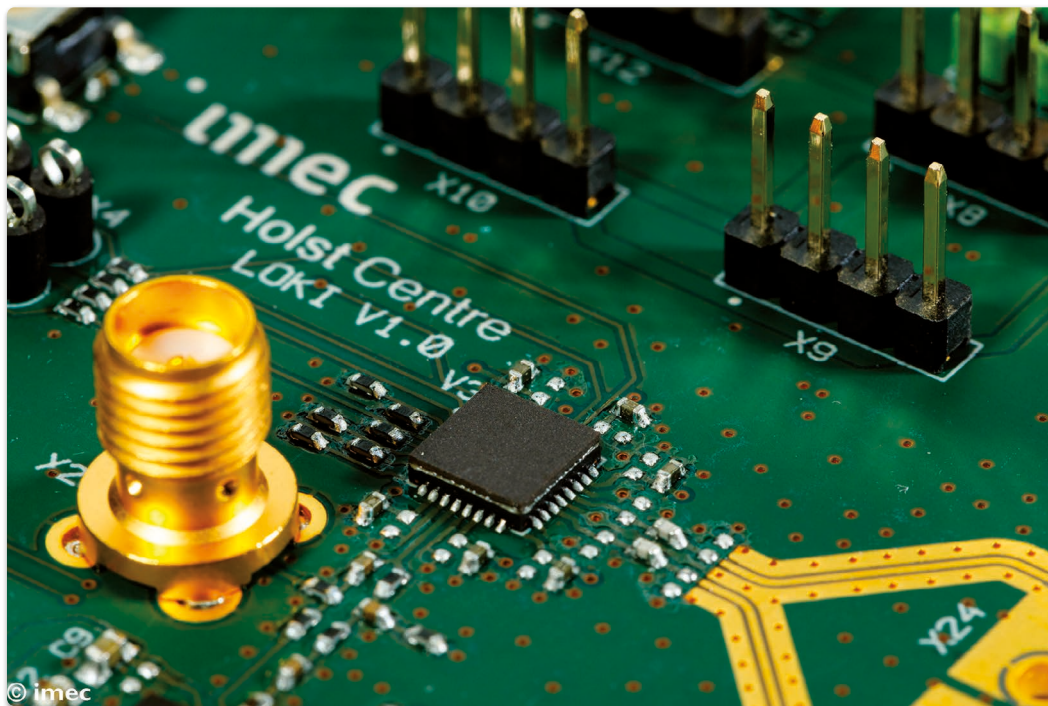


Die Zukunft von UWB

Minimaler Platzbedarf und geringer Energieverbrauch bei hohen Übertragungsraten



Der weltweit erste IEEE 802.15.4z Ultrabreitband Transmitter Chip unter 5 mW

In diesem Artikel erörtern Christian Bachmann und Minyoung Song von imec die Hardware- und Software-Innovationen, die UWB helfen werden, sein volles Potenzial auszuschöpfen.

Ultrabreitband-Technologie auf dem Vormarsch

Unter der wachsenden Zahl drahtloser Kommunikationsoptionen – wie WiFi, Bluetooth und NFC – setzen immer mehr Anwendungen auf die sicheren und umfassenden Funktionen der Ultrabreitband-Technologie (UWB), um ihre Aufgaben zu erfüllen. Lösungen für den berührungslosen Zutritt nutzen beispielsweise die Leistung der UWB-Technologie, um die Annäherung einer Person sorgfältig zu verfolgen und die Türen (eines Autos oder eines Gebäudes) automatisch zu entriegeln.

Auch die Überwachung von Vermögenswerten und ortsbezogene Dienste machen sich die Leistungsfähigkeit von UWB zunutze, insbesondere in Innenräumen, wo es schwierig ist, ein stabiles GPS-Signal zu bekommen oder aufrecht zu halten. Zu den Anwendungsbereichen gehören die zentimetergenaue Ortung von Gütern in Lager-

häusern, Krankenhäusern oder Fabriken oder die Unterstützung von Personen bei der Navigation in großen Räumen wie Flughäfen und Einkaufszentren.

Das Marktforschungsunternehmen Data Bridge hat das Wachstumspotenzial der Technologie erkannt und geht davon aus, dass der Wert des weltweiten UWB-Marktes bis 2029 auf 1,84 Milliarden USD ansteigen wird (gegenüber 1,16 Milliarden USD im Jahr 2021)¹ – ein Trend, den ABI Research bestätigt hat, das davon ausgeht, dass die jährlichen Auslieferungen von UWB-Geräten (in Smartphones, Fahrzeugen, IoT-Geräten usw.) bis 2026 auf 1,5 Milliarden Geräte steigen werden, gegenüber 500 Millionen im Jahr 2022. Diese Entwicklung geht mit der Verbreitung neuer UWB-Anwendungen einher, bei denen ein kleiner Formfaktor, geringer Energieverbrauch, hohe Störfestigkeit und hohe Bitraten erforderlich sind.

UWB wird zum Mainstream – vorangetrieben durch IEEE 802.15.4 und Industrie

Die heutigen UWB-Impulsfunksysteme (IR) übertreffen Schmalband-Funkgeräte in Bezug auf die Genauigkeit der Ortung bei weitem. Parallel dazu haben Verbesserungen an der physikalischen Schicht von UWB (als Teil der Verabschiedung der IEEE 802.15.4z Version im August 2020) entscheidend dazu beigetragen, dass die Technologie über eine sichere Reichweite verfügt. Und schließlich haben industrielle Ökosysteme wie die Konsortien Fine Ranging (FiRa) und Car Connectivity (CCC) UWB-fähige Anwendungsfälle in den Bereichen Automotive, Smart Industry, Smart Home und Smart Building standardisiert.

Mit anderen Worten: Der IEEE-802.15.4-Standard und die starke Unterstützung durch die Industrie haben dazu beigetragen, dass Ultrabreitband zum Mainstream geworden ist.

Der Nachteil ist jedoch, dass UWB kostspieligere Schaltungen und eine höhere Systemkomplexität mit sich bringt, was zu einer höheren Verlustleistung im Vergleich zu Schmalbandtechnologien wie Bluetooth führt. Diese Nachteile gefährden den langfristigen Betrieb von batteriebetriebenen UWB-Anwendungen und haben die Massenanwendung der Technologie bisher eher behindert.

„Jahrelang wurde der Einsatz von Ultrabreitband durch das Energiebudget der Technologie behindert, vor allem im Vergleich zum Konkurrenten Bluetooth Low Energy (BLE), der bisher einen zehnmal geringeren Stromverbrauch hatte“, räumt Christian Bachmann, Programmdirektor UWB und Bluetooth Secure Proximity bei imec, ein.

Autoren:
Christian Bachmann
Minyoung Song
Imec
www.imec-int.com

Meilenstein: Weltweit erster IEEE 802.15.4z UWB Transmitter Chip unter 5 mW

Als Reaktion darauf wurde auf der ISSCC-Konferenz im vergangenen Jahr der weltweit erste IEEE-802.15.4z-Ultrabreitband-Transmitter-Chip mit einer Verlustleistung von unter 5 mW vorgestellt, zehnmal geringer als der Stand der Technik bei UWB.

Christian Bachmann: „Der in 28-nm-CMOS gefertigte bahnbrechende Baustein mit einer Kerngröße von nur 0,15 mm² unterstützt kostengünstige UWB-Systeme mit kleinem Formfaktor. Er hat eine rekordverdächtig niedrige Leistungsaufnahme von 4,9 mW bei standardkonformem Betrieb und erfüllt die strengen UWB-Spektralemissionsvorschriften.“

Der Chip nutzt eine innovative digitale polare Transmitter-Architektur, um den Stromverbrauch des ICs deutlich zu senken. Darüber hinaus sorgt die ILRO-Technologie (Injection-Locked Ring Oscillator) für noch größere Energieeinsparungen, indem sie einen schnellen Wech-

sel zwischen den Signalbursts des IR-UWB-Senders innerhalb eines Pakets ermöglicht und Teile des Senders zwischen diesen Impulsen abgeschaltet werden können.

„Ebenso wichtig ist, dass der IR-UWB-Senderchip die strengen Frequenzvorschriften einhält, die festlegen, in welchen Frequenzen der UWB-Sender senden darf, um Interferenzen mit anderen drahtlosen Diensten zu vermeiden. Zu diesem Zweck wurde ein asynchrones Pulsformungsdesign implementiert, das die weltweiten Vorschriften zur spektralen Emission erfüllt und es dem Sender gleichzeitig ermöglicht, nahe an der maximalen spektralen Leistungsdichte (PSD) zu arbeiten“, ergänzt Bachmann.

Unterstützung der kommenden Generationen von UWB-Anwendungen

Um mit den ambitionierten Zielen von UWB Schritt halten zu können, ist jedoch mehr als nur der Einsatz eines energiesparenden Senders erforderlich. Die Industrie benötigt einen

optimierten UWB-Transceiver – einschließlich neuartiger leistungsstarker Algorithmen für Entfernungsmessung, Peilung und Lokalisierung.

Die Entwicklung eines solchen Transceivers war das Thema eines kürzlich auf der ESSCIRC 2022 gehaltenen Vortrags, in dem imec-Forscher vom Holst Centre in den Niederlanden einen sehr stromsparenden IR-UWB 802.15.4z-Transceiver vorstellten, der ein Gleichgewicht zwischen kleinem Formfaktor, geringem Energieverbrauch und präzisen Positionsmessungen bietet.

„Das vorgeschlagene Design ist in 28-nm-CMOS implementiert und nimmt nur eine Fläche von 1,06 mm² ein“, sagt Minyoung Song, Senior Researcher am imec. „Der reduzierte Stromverbrauch des Chips resultiert aus einer hoch optimierten, stromsparenden und störungsresistenten RX-Architektur und einer innovativen digitalen polaren Senderarchitektur. Eine verteilte, zweistufige voll-digitale PLL sorgt für eine weitere Reduzierung des Stromverbrauchs des Chips und trägt zu einer kürzeren Messzeit bei der Ortung bei.“ Und ergänzt: „Als Ergebnis weist der Transceiver eine Leistungsaufnahme von nur 20mW pro Kanal im RX-Modus auf, das ist eine zehnfache Verbesserung gegenüber den heute kommerziell erhältlichen Lösungen.“

Der neuartige UWB-Transceiver zeichnet sich aber nicht nur durch seinen geringen Stromverbrauch aus. Sein verteilter PLL-Ansatz ermöglicht auch eine effiziente Multi-Empfänger-Implementierung, bei der zwei oder sogar drei Empfänger parallel für die Messung des Ankunfts winkels oder die Richtungsbestimmung genutzt werden können.

Radar-Applikationen: Das nächste große Ding bei UWB?

Während die Ultrabreitband-technologie weiter verfeinert wird, hat die Industrie begonnen, die Machbarkeit verschiedener

neuer UWB-Anwendungen zu erforschen.

Christian Bachmann: „Ich bin fest davon überzeugt, dass das Potenzial von UWB weit über die typischen Sicherheits- und Spezialanwendungen hinausgeht, die von den Konsortien FiRa und CCC verfolgt werden. Zum einen ermöglicht die große Bandbreite der Technologie den Bau von UWB-Radar-Systemen, die Informationen mit viel höherer Auflösung bzw. größerem Detailreichtum extrahieren als Schmalbandtechnologien.“

Mit anderen Worten: Radar-Anwendungen könnten sehr wohl das nächste große Ding von UWB werden.

„Dank der kurzen HF-Pulseigenschaften von UWB könnte die Technologie zum Beispiel als Anwesenheitsdetektor eingesetzt werden. Oder man könnte damit Atemmuster oder den Herzschlag einer Person erkennen. Schon heute wird daran gearbeitet, kostengünstige UWB-Radar-Geräte auf einem Chip zu entwickeln, die sehr energieeffizient und nur so groß wie ein Fingernagel sind“, fährt Bachmann fort.

Vor allem im Automobilbereich könnte diese Technologie von großer Bedeutung sein, da hochwertige Autos bereits über integrierte UWB-Systeme für den sicheren schlüssellosen Zugang verfügen. Es macht also durchaus Sinn, diese installierte Basis für die passive Anwesenheitserkennung zu nutzen (d.h. zu erkennen, ob ein Kind oder ein Haustier unbeaufsichtigt im Auto zurückgelassen wird) oder die physischen Parameter des Fahrers zu überwachen.

„Das ist keineswegs Science Fiction“, bemerkt Christian Bachmann. „Tatsächlich untersuchen die Autohersteller aktiv, wie sie ihre Fahrzeuge mit Kindererkennungssystemen ausstatten können. Ab 2023 werden nur noch Fahrzeuge mit dieser Funktion die höchste Euro NCAP-Sicherheitsbewertung erhalten.“

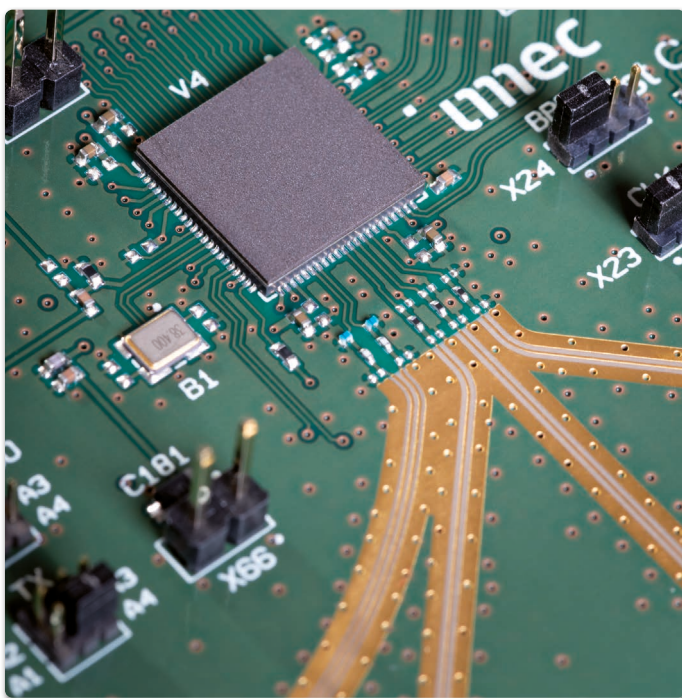


Abbildung 2: Ein IR-UWB 802.15.4z-Transceiver mit sehr geringem Stromverbrauch, der ein Gleichgewicht zwischen kleinem Formfaktor, niedrigem Energieverbrauch und präzisen Positionsmessungen bietet (Quelle: imec)

Steigerung der UWB-Technologie auf Datenraten von bis zu 1,66 Gb/s

Es werden weiterhin große Anstrengungen unternommen, um den Energieverbrauch der UWB-Technologie zu optimieren – was notwendig ist, um die Batterielebensdauer von UWB-Anwendungen zu bewahren und zu verlängern.

„Aber die Ausdehnung der Ultrabreitband-Technologie reicht über die Behebung des Energieproblems hinaus“, betont Christian Bachmann. „Das Potenzial der Technologie ist viel größer. Deshalb haben wir untersucht, ob die Technologie auch Anwendungen mit geringem Stromverbrauch und sehr hohen Bitraten unterstützen kann. Dieser Forschungspfad hat zur Entwicklung eines brandneuen UWB-Sende-Chips

geführt, der auf der diesjährigen ISSCC-Konferenz vorgestellt wird.“

Der neue Chip ermöglicht Datenübertragungsraten von bis zu 1,66 Gb/s für In-Body- und Kurzstrecken-Anwendungen. Das ist über 50-mal schneller als mit dem aktuellen IEEE 802.15.4z Standard möglich. Trotz der rekordverdächtigen Bitraten, die er unterstützt, liegt der Verbrauch des Senders bei weniger als 10 mW. Und seine Energieeffizienz von 5,8 pJ/b ist mindestens eine Größenordnung besser als bei WiFi.

Der Chip nutzt hochentwickelte Modulationsverfahren, die auf volldigitalen Phasenregelkreisen (ADPLLs) und digital gesteuerten Leistungsverstärkern aufbauen, um diese höheren Datenübertragungsraten zu erreichen. Darüber hinaus verwendet die

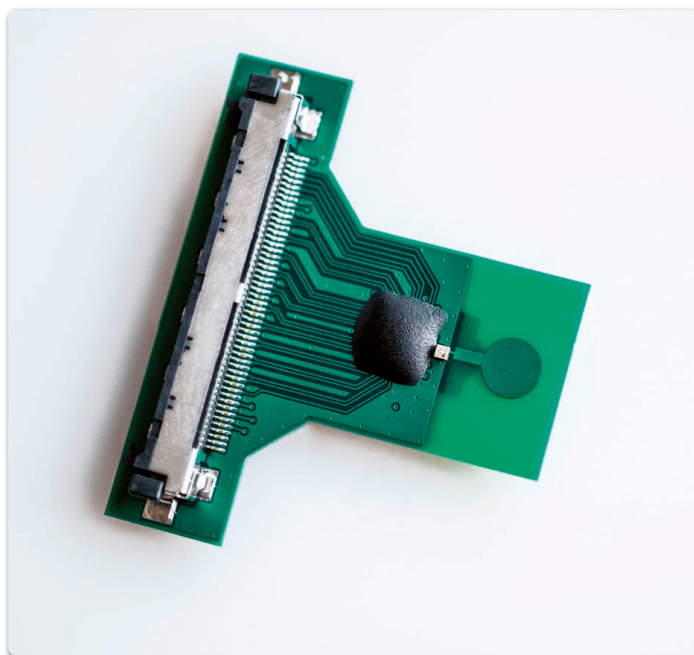


Abbildung 3: Neuer Transmitter-Chip für UWB-Impulsfunk ermöglicht Datenübertragungsraten von bis zu 1,66 Gb/s für In-Body- und Kurzstrecken-Anwendungen (Quelle: imec)



Christian Bachmann ist Programmdirektor für Ultrabreitband und Bluetooth Secure Proximity bei imec.

Er leitet die UWB- und BLE-Mikroortungsprogramme des Forschungszentrums, die Automobil-, Medizin- und IoT-Anwendungen der nächsten Generation ermöglichen. Er kam 2011 zu imec, nachdem er bei Infineon Technologies und an der Technischen Universität Graz gearbeitet hatte. Während seiner Karriere hat er ein breites Spektrum an drahtlosen Kommunikationslösungen für 802.11ah Wi-Fi, Bluetooth LE, 802.15.4 (Zigbee) und Ultrabreitband-Impulsfunk kennengelernt.



Minyoung Song ist Senior Researcher bei imec und hat analoge Frontend-Designs für Ultrabreitband (UWB) Systeme für Automotive, IoT und biomedizinische Anwendungen betreut. Er ist seit 2016 bei imec, nachdem er zuvor bei Samsung Electronics gearbeitet hat. Er hat Ultra-Low-Power-Wireless-Lösungen für BLE, WiFi, MedRadio und UWB entwickelt.

Architektur einen äußerst energieeffizienten und jitterarmen Ringoszillator in Kombination mit einem stromsparenden polaren Sender, um diese hybriden Impulsmodulationsverfahren auf kleinstmöglicher Fläche zu ermöglichen.

„Diese vielversprechenden Ergebnisse zeigen, dass UWB eine breite Palette neuer Anwendungen unterstützen kann, die hohe Datenübertragungsraten bei kurzen Entfernungen, einen sehr geringen Energieverbrauch und einen kleinen Formfaktor erfordern“, sagt Bachmann.

Ein passender Anwendungsfall ist die nächste Generation von intelligenten Brillen, die immersive AR/VR-Erlebnisse ermöglichen. Und auch die neurowissenschaftliche Forschung könnte von diesen neuen Erkenntnissen profitieren, indem sie drahtlose Telemetriemodule mit hoher Bitrate und im Miniaturformat für intrakortikale Messzwecke einsetzt. In jedem dieser Fälle könnte UWB zu einem starken Konkurrenten der WiFi-Technologie werden, da letztere in der Regel einen viel größeren Raumbedarf und mehr Komplexität aufweist.

Fazit: UWB ist reif für den Massenmarkt

„Während UWB weiter erforscht und neue Geschäftsmöglichkeiten erkundet werden, ist die Technologie reif für den Einsatz auf dem Massenmarkt für sichere Entfernungsmessung und Lokalisierung. Ich denke, das ist eine wichtige Erkenntnis für kommerzielle Unternehmen, die sich mit dem aktuellen Potenzial von Ultrabreitband beschäftigen. Bleiben noch die Standardisierungsaktivitäten.“

„Die gegenwärtig im Rahmen der IEEE laufenden Standardisierungsarbeiten sowie die begleitenden Diskussionen über Regulierung, Interoperabilität und Zertifizierung werden den künftigen Kurs der Ultrabreitband-Technologie weitgehend bestimmen. Im Rahmen dieser Aktivitäten möchte ich die gesamte UWB-Gemeinschaft dazu aufrufen, das Potenzial der Technologie nicht aus den Augen zu verlieren und ihr alle Chancen zu geben, ihr Versprechen einzulösen“, so Bachmann abschließend. ◀