

レーダーセンサーによるバイタルサインの非接触測定

BERND HETTICH : Product Marketing Manager, Infineon Technologies AG

SHUAI JIANG : Master's Student, Technical University of Munich

バイタルサインのモニタリングにレーダーを用いることは、数十年前から研究されています。この技術によって、低消費電力および小さな基板面積でありながら、心拍数や呼吸数を非接触で連続的にモニタリングすることが可能になります。

革新的な60 GHz レーダーセンサーによって、民生電子機器への搭載が現実味を帯びてきました。

高齢化社会では、健康管理がますます重要な課題になっています。健康上の問題を早期に発見することで、入院を防ぐことや入院期間をできるだけ短くすることができます。これにより、高齢になっても住み慣れた環境で、自己決定し、自立した生活を送りたいという高齢者の願いを叶えることができます。

また、若者の関心は、より個人化された自己決定型の医療サービスに向けられています。健康状況や体力がいつでも把握できるようになったことで、病気やストレスの早期発見と対策が可能になりました。また、子供や乳幼児の保護者は、万が一の時に迅速に対応できるよう、体調管理に万全を期することができます。心肺データの異常から、多くの病気を早期発見することができます。

技術の進歩によって、新たな可能性が生まれつつあるのです。スマートウォッチの登場以来、民生電子機器とデジタルヘルスマニタリングの組み合わせはますます広がっています。この好ましい傾向は、ヘルスケア業界でも顕著です。図1は、デジタルヘルスへの投資が過去10年間で20倍に増加し、最近になって極めて急激に増加していることを示しています。[1]

モニタリングされるバイタルサインで最も重要なものは、心拍と呼吸数です。これらの情報は、心血管疾患[2]や慢性閉塞性肺疾患(COPD)[3]などの病気の早期発見に役立ちます。同様に、睡眠時無呼吸症候群のような病気も、睡眠モニタリングによって発見できます。

現在、トラッキングやモニタリングに使用されている技術の大半は、電極またはセンサーへの皮膚接触など、患者との直接的な接触が必要です。これは、病院で使用される高精度なシステムにも、コンシューマ分野でのウェアラブル機器にも当てはまりません。

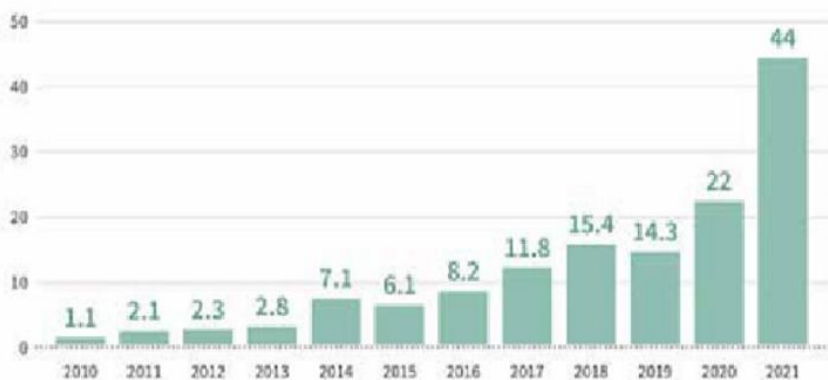
それらはケーブルが必要で動作が制限される、あるいは、定期的な充電が必要であるなど、不便な点がありました。また、アレルギーのある方や、皮膚に傷のある方には不向きな方法です。同様に、これら接触型の測定は、乳幼児や高齢者にとって困難な場合が多くあります。したがって、デジタルヘルスケア市場は、非接触で継続的なユーザーモニタリングを可能にする製品を必要としています。

レーダー技術の利点

レーダーセンサーで、心拍数および呼吸数の両方を非接触で連続モニタリングできます。また、ユーザーが常に意識することなく、長時間のバイタルデータを記録することが可能です。これにより、医師が正確な診断を行えるだけでなく、患者の衛生上のリスクを軽減することもできます。したがって、レーダーのバイタルセンシング機能は、今日の医療業界が抱える多くの課題を解決することが期待されます。では、レーダー技術によるバイタルセンシングとはどのように行われるのでしょうか。

2010年から2021年の世界のデジタルヘルス産業の総資金額

(単位: 億米ドル)



Source: StartUp Health, © Statista 2022

図 1: デジタルヘルス業界への投資は近年、急激に増加している

レーダーセンサーによるバイタルサインの非接触測定

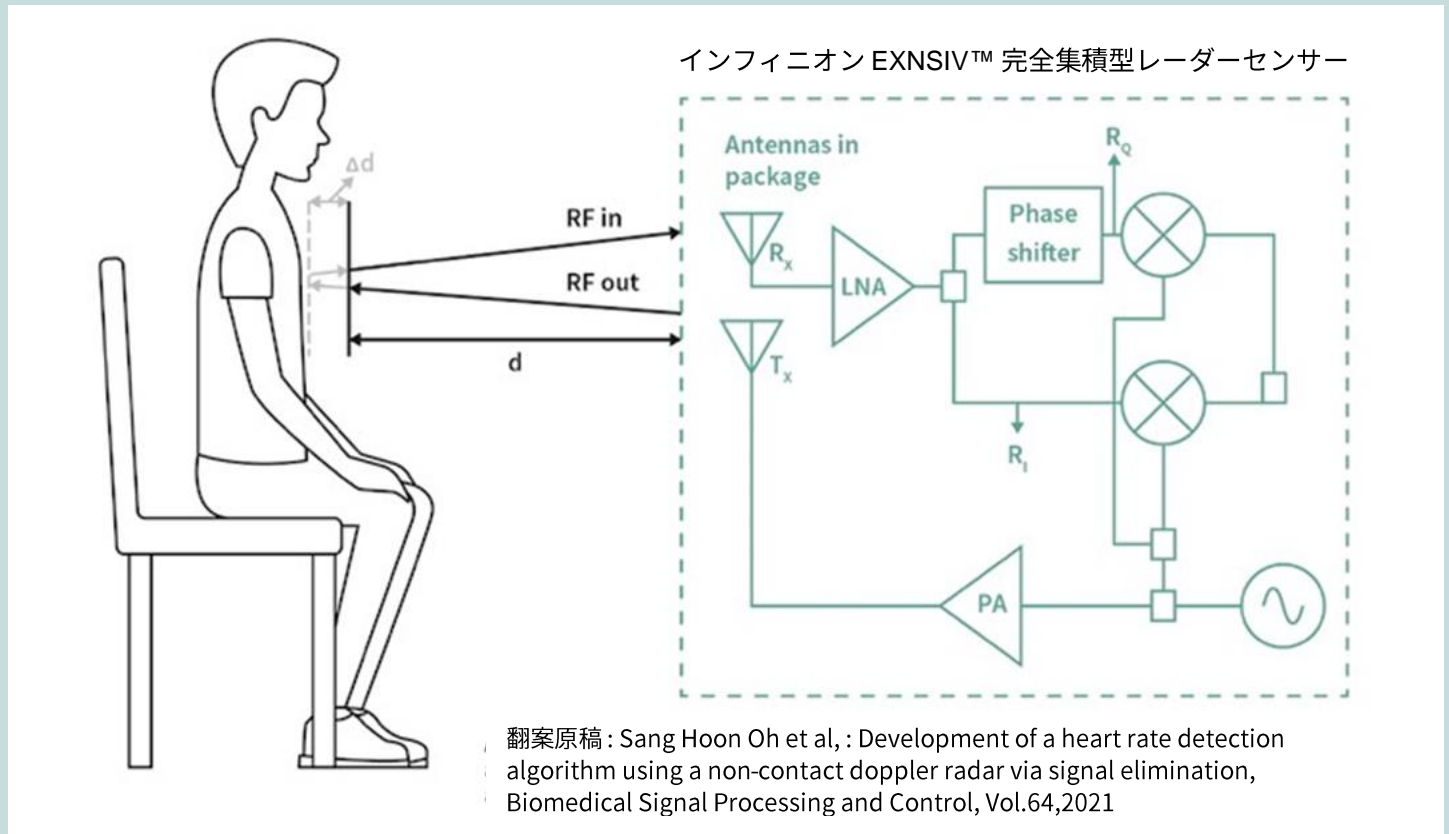


図2: バイタルセンシング向けのレーダー技術の動作原理

レーダートランシーバーは、低消費電力でのRF信号をTx (送信) アンテナから出力かつ、Rx (受信) アンテナで反射信号を受信します (図2)。一般に、動いている目標は動きによって受信信号にはドップラー変化を生じますが、これは送信信号と受信信号を比較することで測定できます。これにより、呼吸や心拍による胸の小さな動きをインフィニオンのXENSIV™ 60 GHz レーダーセンサーのような高感度センサーでは検知が可能です。高度なアルゴリズムでは、受信信号から心拍や呼吸数を正確に抽出し、医療認証の要件も満たすことも可能です。バイタルセンシングの観点で、レーダー技術は従来の技術に比べて、目立たない、堅牢、秘匿性、エネルギー効率、小型という5つの大きな利点を備えています。

目立たない

バイタルセンシングにとって、レーダー技術は患者にほとんど影響を与えないという利点があります。ユーザーは機器から一定の距離 (通常は1.5 m 以内) にいなくてはならない

ということだけが今は一つの条件です。胸部をセンサーの方向に向けておくことが最適ですが、このような条件でなくても様々な条件で検知することができます。レーダーは非導電性物質を介して検出することができるので、人はどんな服を着ても、毛布で体を覆っても大丈夫です。また、レーダーを利用した機器は、ハウジングの材質や形状を自由に選択できるため、消費者の設計要求に応えることができます。

堅牢性

さらに、レーダーセンサーの機能は、周囲の環境にほとんど影響されません。例えば、室内が暗くても、

明るくても、ホコリや霧、湿気があっても、レーダーセンサーは確実に作動します。したがって、レーダーセンサーは日常生活の妨げになることはありません。高度な信号処理により、センサーは人間と人間以外のターゲットを区別できるため、小さなペットやその他の信号の乱れの原因は看過することができます。

秘匿性

レーダー機器は、自ら出力した信号を基に目標を検知するため、外部からの信号に依存することはありません。レーダーでの検知では画像、音声、映像などの個人データを収集することはありません。

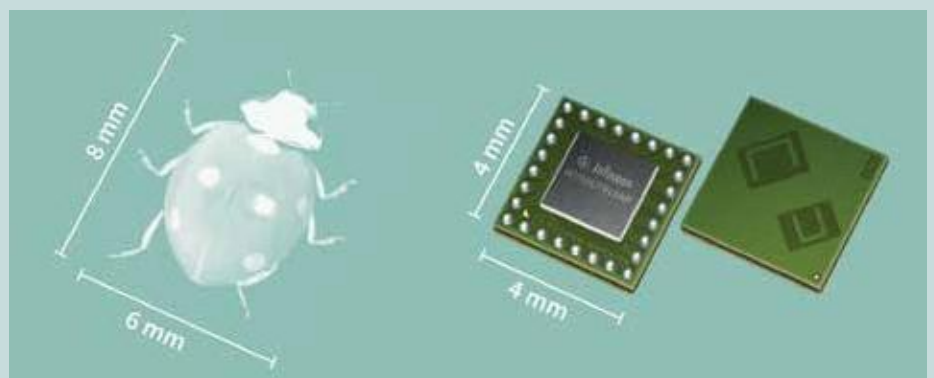


図3: 4×4 mm、市場最小の60 GHzレーダーセンサー、Infineon BGT60UTR11AIP

レーダーセンサーによるバイタルサインの非接触測定

このため、レーダーによるヘルスマニタリング機器は、ユーザーがプライバシーの侵害を恐れることなく、家庭やプライベートな空間で継続的に使用することができます。

エネルギー効率

数ミリワットという低消費電力により、24時間365日、レーダーを使用することができます。さらに、一般的に、放射電力は10 dBm程度、もしくは

はそれ以下です。5Gスマートフォンの放射電力が20 dBm程度であることと比較すると、非常に低い値です。レーダーセンサーからの放射は、人体に悪影響を及ぼすことはありません。

[4]

小型

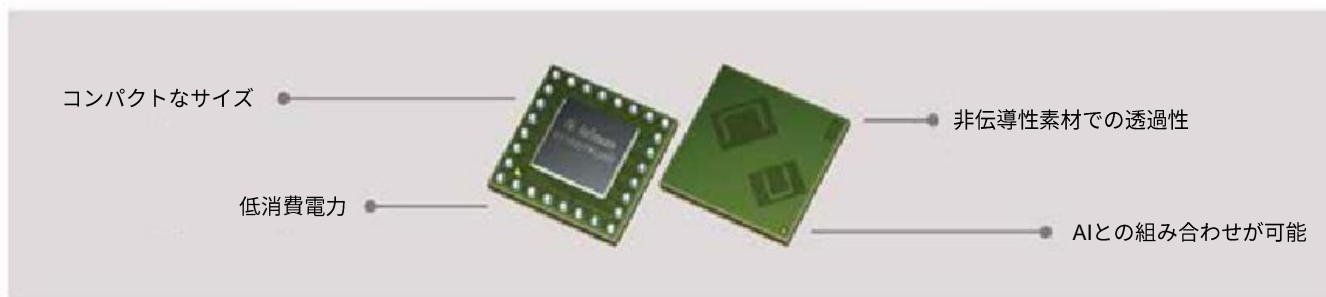
レーダーチップは、非常にコンパクトなサイズも特徴です。インフィニオンのBGT60UTR11AIP (図 3) は、

4.05 mm×4.05 mmと、アンテナを内蔵した市場で最小の60 GHzレーダーセンサーです。 [5]

このような非常に小さなセンサーは、民生電子機器に簡単に組み込むことができ、機能性を大幅に向上させることができます。

アプリケーションとしては、スマートハブ、ノートPC、タブレット、スマートテレビ、その他多くのスマートホームデバイスがあります。

非侵襲的診断：レーダー搭載機器による心拍数および呼吸数



睡眠モニタリング

- > 睡眠の質
- > 睡眠時無呼吸症候群の発見



ヘルスマニタリング

- > 患者のモニタリング
- > 乳幼児のモニタリング
- > 高齢者のケア
- > 疲労の検知



車内の安全

- > ドライバーモニタリング
- > 子供の置き去り検知
- > シート占有率検出



フィットネスモニタリング

- > 健康状況
- > トレーニングの最適化



図 4：バイタルセンシング向けのレーダーの推奨アプリケーション

スマートホームにヘルスマニタリングを導入

近年のパンデミックの脅威を経て、日々の自身の健康状態を知り、潜在的な病気を予防することの重要性を認識するようになりました。さらに、機械学習の進歩により、センサー技術の機能性を最大限に活用できるようになっています。その結果、レーダー技術はヘルスマニタリングのために、ますますスマートホームに採り入れられています。

バイタルデータを継続的に記録することで、ユーザーはかかりつけ医とデータを共有し、正確な診断にたどり着くことができます。人工知能のおかげで、記録されたデータと経年変化を分析することで、病気の早期発見が可能になります。睡眠時無呼吸症候群などの既に告知されている、あるいは疑われる病気の症状を特定、記録し、患者の主治医と簡単に共有できます。

また、呼吸停止が発生した場合やその危険性がある場合、救急医療機関に自動的に通報することも可能です。

これらの利点によって、特に高齢者や病気の人は自己決定のできる生活を送れるようになります。また、乳幼児や新生児は、従来のシステムでモニタリングすることが難しいため、保護者にもメリットがあります。乳幼児突然死症候群の兆候のモニタリング、あるいは、未熟児や重病児のモニタリングなど、レーダーセンシングの真価が発揮されるところです。

しかし、レーダーでモニタリングできるのは、眠っている個人だけではありません。レーダーチップはコンパクトなサイズのため、レーダーセンサーは、スマートテレビ、ノートパソコン、ランプなど、ほとんどすべての種類のスマートホームデバイスに直接組み込むことができます。

このため、センサーは、眠っている人、テレビを見ている人、ノートパソコンで仕事をしている人、スマートランプを使って読書をしている人の心拍と呼吸数をモニタリングできます。また、レーダー技術は心臓発作を即座に検出し、適切に緊急連絡を行うことができます。車室内に実装すれば、運転支援システムに車を安全に停止させるよう指示することもできます。さらに、レーダーセンサーを使用して、疲労の兆候を検知して、仕事や運転から離れるよう促すことも可能です。

同時に、レーダーセンサーは、脈拍や呼吸のモニタリング以外の機能も可能にします(図4)。

レーダーセンサーによるバイタルサインの非接触測定

睡眠を解析し、睡眠時無呼吸症候群を発見する

Sleepiz社の最終目標は、睡眠時無呼吸症候群などの疾患を発見し、心臓疾患や糖尿病などのさらなる健康への悪影響を防ぐことです。インフィニオンのアソシエートパートナーとして、また製品提供の一環として、インフィニオンのXENSIV™ 60 GHz レーダーセンサーを用いた確実な心拍および呼吸数検出のアルゴリズムを他の顧客に販売し、バイタルセンシング開発の促進と飛躍を図っています。



図5: インフィニオンのXENSIV™ 60 GHz レーダーセンサーを搭載した機器で、呼吸数や心拍などのバイタルサインを解析し、無呼吸などの睡眠障害を検出できます。

例えば、転倒感知への応用が期待されており、また、血圧測定への応用は現在、注目すべき研究が進められているところです。レーダーは、微動、速度、方向を同時に検知できるため、レーダーを搭載した製品は、その情報をもとに、バイタルセンシングにとどまらないより高度なアプリケーションに対応できます。レーダーセンサーは、例えば、テレビやノートパソコンの前に誰も座っていない時に、省エネモードに切り替えるなど、人の存在を確実に感知することにも利用できます。ジェスチャー制御や、室内の複数の人の位置を把握することも可能です。

レーダーセンサーの活躍

インフィニオンは、BGT60UTR11AIP やBGT60TR13CなどのXENSIV™ 60 GHz レーダーセンサーによって、バイタルセンシングを設計に取り入れるために必要なすべてを開発者に提供しています。インフィニオンは、自動車および産業用レーダー市場で長年の経験を持ち、民生電子機器のバイタルセンシングにレーダーを使用したパイオニアの1社です。高品質で信頼性の高い製品群は、確かなサポートによって強化されており、ソフトウェアやハードウェアの設計、または顧客の製品テ

ストにも提供されています。製品エンジニアの方には開発時間を短縮し、高品質の最終製品を提供することができます

インフィニオンの顧客やパートナーは、すでにインフィニオンのレーダーセンサーをバイタルセンシング製品に採用して成功を収めています。例えば、スイスのSleepiz社は、医学的に認証された睡眠モニタリング用のデバイスを提供しています (情報欄参照)。さらに、グーグルのNest Hub 2は、追加機能として睡眠中のバイタルサインを検出するためにインフィニオンのレーダーセンサーを使用しています。

終わりに

レーダー技術で、スマートデバイスをさらに進化させた消費者向け製品を構築し、スマートヘルスケアをマスマーケットに導入することが可能です。レーダーは、心拍と呼吸数を連続的かつ匿名でモニタリングできる唯一の非接触技術です。

レーダーセンサーによって、民生電子機器とヘルスケア市場にバイタルセンシングが導入されます。未熟児の監視から病気の早期発見、高齢者の健康や病状のモニタリングまで、レーダーは生活のあらゆる場面で低消費電力かつ正確なバイタルセンシングを可能にします。

参考

- [1] Statista. (2022). [“Total digital health industry funding worldwide from 2010 to 2021 \(in billion U.S. dollars.\)”](#)
- [2] Perret-Guillaume, C., Joly, L., Benetos, A. (2009). [“Heart rate as a risk factor for cardiovascular disease.”](#) Progress in Cardiovascular Diseases, Vol. 52, Issue 1, pp. 6–10.
- [3] Mayo Foundation for Medical Education and Research. (April 15, 2020). [“COPD.”](#) Mayo Clinic.
- [4] Infineon Technologies. (November 2018). [“Health effects of mmWave radiation.”](#)
- [5] Infineon Technologies. [“60GHz radar sensors.”](#)

Bernd Hettich

is Product Marketing Manager at Infineon Technologies AG and is globally responsible for five 24 GHz and two 60 GHz radar sensors for industrial and consumer electronics applications.

Shuai Jiang

is a Master's student at the Technical University of Munich, majoring in communication electronics. He has experience in the fields of smart cities, semiconductors, and the metaverse.