

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	バッテリーレス無線通信集積回路システムに関する研究
Title(English)	
著者(和文)	白根篤史
Author(English)	Atsushi Shirane
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9855号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:益 一哉,植之原 裕行,若林 整,石原 昇,伊藤 浩之,岡田 健一,横山 道央
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9855号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		白根 篤史	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	益 一哉	教授	審査員	石原 昇	特任教授
	審査員	伊藤浩之	准教授		岡田健一	准教授
	審査員	植之原裕行	教授		横山道央	山形大学 准教授
		若林 整	教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「バッテリーレス無線通信集積回路システムに関する研究」と題し、全 6 章からなる。利便性の高い社会から、安心かつ安全な社会への展開を目指して、あらゆるものの情報をセンシングし共有、活用するために Internet of Things (IoT) 技術やセンサネットワーク技術の飛躍的進展が期待されている。2020 年頃にはネットワークに一兆個を超えるセンサが接続されると予想されており、これらセンサを活用する技術の構築が必要とされている。この一兆個センサ時代に向けて、急速な無線トラフィックの増大による電波資源の枯渇、そして膨大な数のバッテリーの交換および充電コストの急増が課題となっている。本論文では、一兆個センサ時代における周波数利用効率の向上とバッテリーレス化を同時に実現する無線通信集積回路システムについてまとめている。

第 1 章「序論」では、一兆個センサ時代に向けた課題である電波資源の枯渇およびメンテナンスコストについて述べ、周波数利用効率の高いバッテリーレス無線センサ端末の研究開発の重要性が述べられている。

第 2 章「センサシステム」では、無線センサ端末システムについて、概要、目標仕様、およびセンサシステム実現に向けた本研究の取り組みについて論じられている。異種機能集積アプローチでは、多様な機能が集積化されることで、機能同士の融合を促し、相乗的な性能向上の実現が可能であると述べている。階層縦断アプローチでは、システム、アーキテクチャ、回路およびデバイス等の複数の技術階層を横断的に俯瞰することで、回路階層だけでは解決困難な課題やトレードオフを解決できることを論じている。これら 2 つの観点の考察をもとにキャリア供給変調技術、通信開始検知電源管理技術、チューナブルインピーダンス整合技術の 3 つの具体的な技術を提案している。

第 3 章「電源回路」では、電力供給および電源管理を担う電源回路の設計、試作結果について述べている。5.8GHz RF 信号を利用してキャパシタを充電し、蓄えたエネルギーを利用して、安定な 0.6V の電源電圧を生成する回路の設計および 65nm CMOS プロセスによる試作、評価結果について述べている。次に、通信開始検知電源管理技術を提案し、新たに RF Signal Detector (RF-SD) を搭載することで、通信の開始を考慮したセンサ端末の起動を可能とする手法を提案し、180nm CMOS 回路の設計、試作、評価を行いエネルギー利用効率および充電効率の向上を確認したことが述べられている。

第 4 章「無線通信回路」では、インピーダンス整合回路を含む無線通信回路の設計、試作結果について述べている。まずキャリア変調技術に関して 2 種類の送信回路について述べている。第 1 は、キャリア供給型送信回路であり、親機から来る RF 信号をキャリア信号として再利用することで、高周波 PLL を不要にし、低消費電力化を実現している。さらに、IF 帯において、直交変調を実現することで、高精度かつ低消費電力で周波数利用効率の高い多値変調を実現している。第 2 の Backscattering 型送信回路では、キャリア供給型送信回路の問題点であったアンテナ数および消費電力の増大を解決している。この送信回路では、新たに IF-based Quadrature Backscattering 技術を提案、採用することで、キャリア周波数帯の回路における消費電力を無くし、さらにキャリアの供給および変調信号の出力をアンテナひとつで実現している。65nm CMOS プロセスを利用した Backscattering 型送信回路では、113 $\mu$ W の低消費電力で 2.5Mb/s 32QAM 変調を実現したことが述べられている。また、センサ端末の動作周波数拡大を目指し、MEMS プロセスを用いたチューナブルインピーダンス整合技術についても述べ、新たに提案したプレーナ型ソレノイド形状をもつ可変インダクタを使用することで、動作周波数帯域の拡大の見込みが得られたと述べている。

第 5 章「無線センサ端末」では、第 3 章、第 4 章で述べた電源回路及び無線通信回路を搭載した無線センサ端末について述べている。65nm CMOS 無線センサチップを設計、試作し、温度センサ内蔵マイコンと組み合わせることで温度センシングと無線通信実験を行っている。バッテリーレスで無線通信動作が実現されたと述べている。また、無線センサ端末の試作、評価結果をまとめ、目標仕様および従来研究に対する位置づけを論じ、近距離無線通信応用において優れた周波数利用効率が実現されていると述べている。

第 6 章「結論」では、研究で得られた成果を総括し、将来展望を述べている。

以上を要するに、本論文は、無線通信集積回路システムにおいて、キャリア供給変調技術、通信開始検知電源管理技術、チューナブル整合技術を提案し、RF CMOS 集積回路設計、試作、評価を通じてバッテリーレス化および周波数利用効率の向上を実証したものであり、工学上、工業上貢献する所が大きい。よって、我々は、本論文を博士 (工学) の学位論文として十分価値のあるものと認める。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。