

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	宮原 泰徳
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 黒田 忠広
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 笹瀬 巖
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 眞田 幸俊
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 石黒 仁揮
(論文審査の要旨)			
<p>学士（工学）、修士（経営管理専門職）宮原泰徳君提出の学位請求論文は「自律型センサーネットワークを実現する超低消費電力無線システム」と題し、6章から構成されている。</p> <p>Internet of Things (IoT) の普及にはセンサーネットワークが欠かせない。モノに装着でき、信号を検出して無線でインターネットに接続できる小型端末が求められる。しかし、景観保全には電源配線は好まれず、また保守管理には電池交換は適さない。こうした課題を解決するために、自律して発電できる環境発電が注目されている。環境発電は太陽光や温度差を利用して発電するために起電できる電圧は0.4 V以下で電力は5 mW程度と低い。一方、センサーネットワークに用いられる従来の無線回路は、1.8 Vの電源で動作し50 mW程度の電力を消費することが多く、環境発電では動作しない。本論文では、IoT用の自律型センサーネットワークを実現することを目的として、環境発電で動作する超低消費電力無線システムを提案し、その有効性を実証している。</p> <p>第1章は序論であり、背景となる技術と研究を概説して課題を整理している。</p> <p>第2章では、トランジスタの弱反転領域の高精度なモデルを立て、トランジスタの寸法やしきい値電圧、バイアス電圧などを最適化することにより、低い電圧・電流で高周波回路を設計する手法を体系化し、3章以降の回路設計の準備立てをしている。</p> <p>第3章では、無線システムの主要回路である電圧制御発振回路（VCO）と周波数分周回路を低電圧で動作させる回路技術を提案している。VCOに用いられるコイルを磁界結合して変圧器を構成することにより、帰還利得を増大して低電圧での発振を可能としている。65 nm CMOSで試作したテストチップは、電源電圧0.3 V、消費電力0.2 mWで動作している。また、周波数分周回路の入力差動対を変圧器で受けることにより、電源とグラウンド間に直列接続されるトランジスタの数を2個から1個に減らしている。その結果、電源電圧を0.5 Vから0.3 Vに下げ、消費電力を0.03 mWに削減することに成功している。</p> <p>第4章では無線受信機を検討している。第3章で検討したVCOに加え、変圧器の正帰還で利得を高めた低雑音増幅回路や変圧器で入力差動対を結合したミキサ回路を提案し、電源とグラウンド間に接続されるトランジスタの数を1個に減らして回路の動作電圧を下げている。65 nm CMOSで試作したテストチップは、電源電圧を0.6Vから0.3Vに下げ、消費電力を32.5 mWから1.6 mWに削減し、なおかつ周波数変調された2.4 GHz帯の電波を受信感度-95.5 dBmで受信できることを実証している。</p> <p>第5章では無線送信機を検討している。周波数分周回路の入力トランジスタを変圧器に置き換えてVCOと接続し、さらにVCOの共振器の容量切替え回路を変圧器に内蔵することにより、低電圧での周波数可変範囲を広げている。65 nm CMOSで試作したテストチップは、電源電圧を1 Vから0.4 Vに下げ、消費電力を8.9 mWから2.1 mWに削減し、VCOの周波数可変範囲を180 MHzから450 MHzに拡大し、なおかつ2.4 GHz帯の電波を隣接チャネル漏洩電力比-42.0 dBcで送信できることを実証している。</p> <p>第6章は結論であり、各章において得られた知見をまとめ、残された課題を述べている。</p> <p>以上要するに、本論文は自律型センサーネットワークを実現する超低消費電力無線システムを実用に供するための要素技術を研究しその有効性を実証したもので、集積回路工学分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（電気電子工学専修）科目担当で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p>		