

メンテナンスフリーセンサネットワークシステム用
低電力無線データ通信及び電力伝送回路

2015年3月

寺 田 崇 秀

主 論 文 要 旨

報告番号	甲	第	号	氏 名	寺田 崇秀
主論文題目：					
メンテナンスフリーセンサネットワークシステム用低電力無線データ通信及び電力伝送回路					
(内容の要旨)					
<p>発電機の回転軸や工場内の過酷な環境などに適用するセンサネットワークシステムでは、メンテナンスフリーの運用が求められている。一般に、センサノードはセンサ回路と無線通信回路、バッテリーを含む電源回路で構成され、無線通信部の消費電力が大きいことから、定期的なバッテリー交換(メンテナンス)が必要であった。メンテナンスフリーを実現するためには、バッテリー交換を不要にする、またはバッテリーそのものを不要にすることが求められる。そこで本研究では、センサデータを低電力で伝送する無線通信回路技術と、センサノードへ電力を安定に供給する無線電力伝送回路技術の開発を目的とした。</p> <p>第1章では、本研究の背景と従来の研究について述べた。</p> <p>第2章では、極近距離無線通信用ウルトラワイドバンドインパルスラジオ(UWB-IR)送受信機について述べた。アナログ回路の定常電流を低減するため、インパルス信号を用いる UWB-IR に着目し、無線通信アナログ回路のデジタル化、クロック動作化を提案した。0.18 μm CMOS プロセスで試作した送受信機チップを用いた実験により、通信距離 1 m, データレート 1 Mbps, 消費電力 1.0 mW を確認した。</p> <p>第3章では、近距離無線通信用 UWB-IR 送受信機について述べた。通信距離 30 m の UWB-IR 受信機に対して、受信回路のパルス単位(ns 単位)での間欠動作を提案した。0.18 μm CMOS プロセスで試作した送受信機チップを用いた実験により、受信性能を評価した。受信アナログフロントエンド回路の消費電力は 90 mW から 38 mW に低減した。</p> <p>第4章では、無線電力伝送用の高効率回路技術について述べた。安定した電力伝送を行うため、2次元導波シート方式に着目し、センサノードの消費電力と電力伝送効率の変動に対応可能な送受信機アーキテクチャを提案した。パワーアンプ(PA)と並列整流回路のプロトタイプを用い効率を評価した。最大送信電力から 10 dB 低い送信電力における PA 効率を 2.5 倍に改善した。18dB の入力電力範囲における並列整流回路効率を 1.5 倍に改善した。</p> <p>第5章では、2次元導波シートを用いた無線電力伝送用のビームフォーミング技術について述べた。導波シート上に設置したリファレンスデバイスから送信機とセンサノードにクロックを分配することで、送信機間の回路遅延ばらつきを補償し、センサノードから水晶発振器を除去するユニバーサルオンシートリファレンス方式を提案した。0.18 μm CMOS プロセスで試作した送信機チップを用いた実験により、提案方式の動作と電力伝送効率を評価した結果、電力伝送効率は 23 倍に改善した。</p> <p>第6章では、結論として各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を要約した。</p>					
以上					

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Integrated Design Engineering	Student Identification Number	First name Surname Takahide Terada
Title <p style="text-align: center;">Low Power Wireless Data Communication and Power Transmission Circuits for Maintenance Free Sensor Network System</p>		
Abstract <p>In sensor network systems for a rotating shaft in a motor and an unforgiving environment in a factory, the system operation with maintenance free is required. A sensor node consists of a sensor circuit, a wireless communication circuit and a power supply circuit with a battery in general. The sensor node requires a periodic change of the battery because a wireless communication circuit has large power consumption. For maintenance free operation, the change less of the battery or the battery less are required. In this study, low power wireless data communication techniques for sensor data transmission and highly-stable wireless power transmission techniques for supplying power to the sensor node were investigated for maintenance free sensor network system.</p> <p>Chapter 1 explains the background of this study.</p> <p>Chapter 2 describes Ultrawideband Impulse Radio (UWB-IR) transceiver for extremely short range communication. To reduce continuous current of analog circuits in the wireless communication circuits, the author focused on the UWB-IR using impulse signal for the communication, and proposed digital and clocked operation for wireless communication analog circuits. Using a transceiver chip fabricated in 0.18 μm CMOS process, 1 m of communication range, 1 Mbps of data rate and 1.0 mW of power consumption were experimentally evaluated.</p> <p>Chapter 3 describes UWB-IR transceiver for short range communication. An intermittent operation scheme based on impulse width for UWB-IR receiver with 30 m of communication range was proposed. Using a transceiver chip fabricated in 0.18 μm CMOS process, the receiver performance was experimentally evaluated. The power consumption of the receiver analog front end circuit was reduced from 90 mW to 38 mW.</p> <p>Chapter 4 describes high-efficiency circuit technique for wireless power transmission. To stabilize the wireless power transmission, the author focused on a 2D waveguide sheet technique, and proposed the transmitter and receiver architecture which can accept the variations of the power transmission efficiency and the power consumption of sensor node. Using prototype of the power amplifier (PA) and the parallel rectifier, the efficiency was experimentally evaluated. The PA efficiency was improved 2.5 times over an output power range of 10 dB. The parallel rectifier efficiency was improved 1.5 times over an input power range of 18 dB.</p> <p>Chapter 5 describes a beamforming technique for wireless power transmission using the 2D waveguide sheet. A universal on-sheet reference scheme was proposed for calibrating the transponder circuit delay variation and eliminating a crystal oscillator from the sensor by distributing the clock signal from the universal reference .device to the transmitters and sensor. Using a transceiver chip fabricated in 0.18 μm CMOS process, the proposed scheme operation and the power transmission efficiency were experimentally evaluated. As a result, the power transmission efficiency was improved 23 times.</p> <p>Chapter 6 summarizes the results of this study.</p>		