

博士論文要旨

論文題名：VHF/UHF 帯無線機用アナログ機能ブロックの 極低電力センサシステム応用に関する研究

立命館大学大学院理工学研究科
電子システム専攻博士課程後期課程

ニシカワ ヒサシ
西川 久

本論文では、VHF/UHF 帯無線機のアナログ機能ブロックを極低電力センサシステムに応用する方法として、アンテナ・マッチング手法、LC 発振器/スーパーヘテロダイン技術、および、アナログ FM 通信技術の応用法をまとめたものである。具体的には、まず、アンテナ・マッチング手法の第 1 の応用例として、アンテナおよび送受信機間の電力伝送効率最適化手法を用いて、各種センサに非接触で電源を供給するための、UHF 帯を用いた近傍界遠方界両用無線電力伝送システムを提案した。本伝送システムの有効性を実証するために、受電機を搭載したバッテリーレスマルチコプターを用いて実験を行った。試作したマルチコプターは送電アンテナから 15 cm の高さで 20% の電力効率が得られ、連続して浮上することを確認した。また、アンテナ・マッチング手法の第 2 の応用例として、アンテナ周辺に金属が近づくとアンテナと送受信機間のマッチング状態が変化することを利用した非接触金属長センサを提案した。本センサは、長さの異なる 4 本の金属棒長を同時に検出することが可能で、15 cm 長の金属物体を分解能 2 mm で検出できることを確認した。次に、LC 発振器およびスーパーヘテロダイン構成の応用技術として、アナログ LC 発振器の持つ微小容量変化を周波数変化として出力し、スーパーヘテロダイン構成で周波数変化率を増幅することで、aF (アトファラッド, 10^{-18} ファラッド) レベルの極微小な容量変化を検出できる小型センサを提案した。本センサを用いて、木柱内の害虫を非侵襲で検出する害虫センサシステムと、非接触で人体内の心臓壁の動きをリアルタイムでモニタリングする心臓壁モニタリングシステムに適用して、その有用性を実証した。最後に、アナログ FM 通信手法の応用技術として、信号処理に伝送遅延がなく、低電力の送信回路で構成できる FM 変調回路をピエゾ素子で駆動するバッテリーレス・ワイレス電子ドラムを提案し、ピエゾ素子の発電電力だけで発電信号波形を伝送遅延 700 μ s で送受信できることを確認した。

Abstract of Doctoral Thesis

Title: Application of Analog-functional Block for VHF/UHF Radio to Ultralow-power Sensor Systems

Doctoral Program in Advanced Electrical, Electronic and Computer Systems

Graduate School of Science and Engineering

Ritsumeikan University

ニシカワ ヒサシ

NISHIKAWA Hisashi

This paper describes the application of analog-functional blocks for VHF/UHF radio to various ultralow-power sensors, in which antenna-matching technique, LC oscillator/super heterodyne structure, and analog FM modulation scheme are utilized.

In detail, as the first application of antenna-matching method, wireless-power transmission system to multiple sensors was proposed in which both of near and far field of UHF energy is utilized. An experiment was conducted using a battery-less multicopter equipped with a power receiving antenna. The prototype multicopter obtained 20% power-transfer efficiency at a height of 15 cm from the transmission antenna and confirmed that it will hover continuously. In addition, as the second application of the antenna-matching method, a noncontact metal-length sensor with utilizing the fact that the matching state between the antenna and the transceiver changes as another metal approaches. This sensor was able to simultaneously detect four metal rods with different lengths, and was confirmed that a metal object of 15 cm length can be detected with a resolution of 2 mm. Next, a capacitance-variation sensor which could detect atto-farad level change was proposed by using a combination of analog LC oscillator and super-heterodyne scheme. A minute change in capacitance of analog LC oscillator makes a shift in oscillation frequency, and the super-heterodyne scheme amplified the ratio of frequency-shift through the frequency-conversion process. This sensor was applied to a non-invasive detecting system for pests in pillars, and a noncontact monitoring system for cardiac-wall movement in a human body. Finally, as an application of the analog FM communication method, a batteryless/wireless electronic drum was proposed. The low-power FM transmitter can operate by the energy from piezo-electric device, and transmit the analog wave with 700 μ s latency.