

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	西川 久 (にしかわ ひさし)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 1194 号
○授与年月日	2017 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	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
○審査委員	(主査) 道関 隆国 (立命館大学理工学部教授) 久保 博嗣 (立命館大学理工学部教授) 藤野 毅 (立命館大学理工学部教授)

<論文の内容の要旨>

本論文は、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設計手法をまとめたものである。具体的には、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 通信技術の応用手法を示した。

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を用いて実験を行った。試作したマルチコプタ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、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測長センサを提案し、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アト(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・ワイヤ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。

<論文審査の結果の要旨>

本論文は、通信用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したことに特徴がある。論文内容は、センサ用無線電力伝送システム、非接触金属測長センサシステム、微小容量変化検出センサシステム、および、バッテリーレス・アナログ波形無線伝送システムと広範囲の応用に展開されており、いずれのセンサ自体も独創性が高いと判断した。

本論文は、以下の点で評価できる。

(1) センサ用無線電力伝送に UHF 帯の電磁波を用い、近傍界と遠方界の両エネルギーを積極的に活用することにより、電磁波の一波長以下の近距離から遠方まで広い範囲に存在するセンサに送電が行える無線給電方式を提案した。本方式をレクティナ/プロペラ/駆動モーター一体型の小型回転体を用いたバッテリーレスマルチコプタに適用し、送電用パッチアレイアンテナ上 15 cm の距離を電力伝送効率 20% でマルチコプタが浮上することを実証した。

(2) アンテナ周辺に金属体が近付くとアンテナのマッチング状態に変化が生じる原理を用いて、非接触で複数の金属線の長さを同時に計測できる金属測長センサシステムを提案し、長さ 15 cm の金属棒の長さを 2 mm の精度で計測できることを実証した。

(3) 容量変化を LC 発振器の周波数変化で検出し、スーパーヘテロダイン構成でキャリア周波数に対する周波数変化率を 50 倍まで増幅して、アト(10^{-18})ファラッドレベルの微小容量変化を検出する微小容量変化検出センサシステムを提案し、木柱内の害虫や心臓壁の動作を検出するセンサシステムに応用できることを明確にした。

(4) 圧電発電機を電源とシンセサイザ用の音声信号源に利用するバッテリーレス送信機と、異なる周波数を持つ複数の送信機からの信号を 1 台の受信機で受信できるマルチチャンネル受信機からなるアナログ波形無線伝送システムを提案し、音声信号を伝送遅延 700 μ s で伝送できることを実証した。

以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士学位を授与するに相応しいものと判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者が本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在学期間中に、研究指導を通じて日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文の公聴会は、2017年7月24日(月)16時30分~17時30分ローム記念館 講師

控え室1において行われた。公聴会では、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者 西川久に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、アナログ変調方式の特徴、提案センサと他技術によるセンサとの比較、バッテリーレスマルチコプタの制御方式などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。学位申請者は、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第18条第1項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。