

測位及び双方向無線通信システムの高速化・省電力化技術の研究開発 (091602001)
Research and Development of New Wireless System Technology for Positioning and
High-Speed Two-Way Communications with Low Power Consumption

研究代表者

澤谷 邦男 東北大学大学院工学研究科

Kunio Sawaya Graduate School of Engineering, Tohoku University

研究分担者

北吉 均 東北大学大学院工学研究科

Hitoshi Kitayoshi Graduate School of Engineering, Tohoku University

研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度

概要

受信にスタブ共振昇圧型の検波回路方式とパルス符号化鍵検出回路を用い、また応答にはサブキャリア MPSK 通信方式を用いることにより、測位可能な無線端末の省電力化と双方向通信システムの高速化を実現する技術を開発した。5GHz 帯で 100kbps のデータを連続送受信したときの消費電力 500 μ W 以下で、かつ 30m 以上の距離で BER1%以下及び測位誤差 10cm 以下のセンサ搭載端末を開発試作し、微弱発電機と組合せた電池不要の無線装置や DSRC への応用の可能性を検証した。

Abstract

A novel semi-passive sensor RF-tags using 5 GHz band for distance measurement and two-way communications over 30 m range is proposed. Proposed tag employs a resonant open stub circuit for boosting the received RF signal voltage and a pulse key detector for reception. Multi-subcarrier multilevel phase shift keying back scattering is used for the 40-120 kbps data transmission and the distance measurement of 5 cm accuracy. Power requirements of coin battery in the distance measurement tag and monitoring tag of sensing data are 90 μ W and 500 μ W for transmission rates of 30 sps and 100 kbps, respectively, which are much smaller than the conventional active RF-tags.

1. まえがき

現在、無線ネットワーク端末で利用・研究開発が進められている ZigBee, Bluetooth, UWB 等の通信技術では、電池寿命の競争に伴って、主にリアルタイム応答性能を犠牲にしたスリープ定期起動動作による低消費電力化が報告されている。気象環境等のセンシングのように 5 分間に 1 回程度で通信が成立すれば十分な効果が期待できるネットワークシステムの応用も少なくないとは考えられるが、UNS 戦略プログラム II の高度道路交通システム (ITS) 技術で掲げられている「路車間通信によるインフラ協調安全運転支援システムの実現」及び「車両、歩行者等のセンシング技術の確立」等では高速かつ省電力双方向無線端末が要求されている。本研究開発課題の技術では道路や車両及び人に適用することにより、走行中の車両からの情報を読み取ることができ、かつ測位も可能であることから、これを将来の高性能車載レーダや DSRC システムと組み合わせ極めて自由度の高い安全支援のためのインフラ構築が可能になるものと考えられる。また、本研究開発課題の内容は、UNS 戦略プログラム II における「11 地球環境保全」のうち「11-6 ICT 機器・ネットワーク自体の省エネルギー化」にも含まれている。さらに、地球環境保全 (地球温暖化対策技術) 分野固有の研究開発課題のロードマップには、「新たな超省電力・近距離無線通信規格の確立」及び「電池不要の超省電力近距離無線通信システムの実現」が掲げられている。本研究開発は、将来の様々な MEMS センサ等で得られる情報を超低消費電力無線接続でリアルタイムに収集可能であり、従来に比べて 1/10～1/100 の低消費電力化できることから、小型電池で数年の寿命が得られるばかりでなく、光や熱、振動などの自然エネルギーを利用して無電池で駆動することも可能である。

2. 研究内容及び成果

図 1 に本研究開発課題で試作評価した 5GHz 帯を用いた測位可能な双方向無線通信システムの構成を示す。リーダー・リーダー間は 4Mbps のマンチェスタ符号化 ASK でマルチホップ通信を行い、タグのセンシングデータを収集する。また、リーダー・タグ間の下りでは 100kbps のマンチェスタ符号化 ASK で、上りでは 40-120kbps のサブキャリア MPSK 後方散乱方式でデータ通信を行っている。

図 2 に試作した 5GHz 帯の無線センサタグの写真を示す。リーダーとの通信に用いるアンテナは独自に開発した 2 分割マイクロストリップアンテナであり、後方散乱応答の

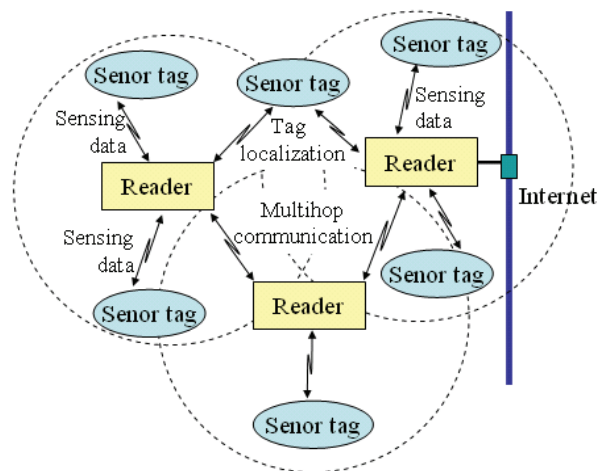


図 1 提案するセンサネットワークの構成。
Fig.1 Configuration of proposed wireless sensor networks.

ために分割部分にバラクタダイオードが装荷されており、応答動作の省電力化が図られている。また、このアンテナで受信したリーダからの RF 信号は独自に開発したスタブ共振昇圧回路で約 30 倍に昇圧してから復調することにより、受信動作の省電力化を図っている。さらに、試作したセンサタグでは低消費電力かつリアルタイム動作を可能とするために独自開発したパルス符号化鍵検出回路とパルス鍵を用いた通信プロトコルを使用している。図 2 に示すセンサタグは 1.55V のボタン電池で動作し、100kbps での連続データの送受信時及び受信待ち受け時における消費電力はそれぞれ 293 μ W、353 μ W 及び 9 μ W であった。また、無線端末とリーダ間距離 30m において BER は 1%以下であることを実験により確認した。

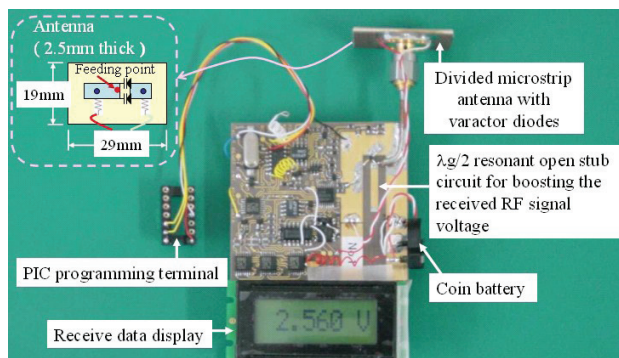


図 2 開発試作したセンサタグの写真。
Fig.2 Photograph of proposed sensor tag.

図 3 は図 2 に示した無線タグを 43m の廊下を往復連続移動してリーダ側から測距した例であり、リーダ側からは 5.15-5.35GHz で 20dBm の FH-CW 信号を送信し、無線タグ側で 32.768kHz \pm 20ppm オフセットしたサブキャリア信号を反射応答することにより、リーダ・タグ間の伝達関数の周波数特性を求め、逆フーリエ変換により距離を分解能 1mm で測定している。この図から、無線端末とリーダ間距離が 1~43m の範囲において測距が可能であることが分かる。しかし、無線端末がリーダから遠ざかる移動時に数箇所スパイク状の誤差が確認できる。これは、人の移動により無線端末を完全に遮ったためであり、無線端末がリーダへ近づく移動時にはこの誤差は観測されていない。リーダでの端末応答受信レベルを見ると、マルチパスフェージングによるレベル変動が観測されているが、測距アルゴリズムでは逆フーリエ変換結果の最大ピークだけでなく、より遅延時間の短い候補ピークも考慮して直接波の推定を行っており、測距の平均誤差は約 5cm であった。

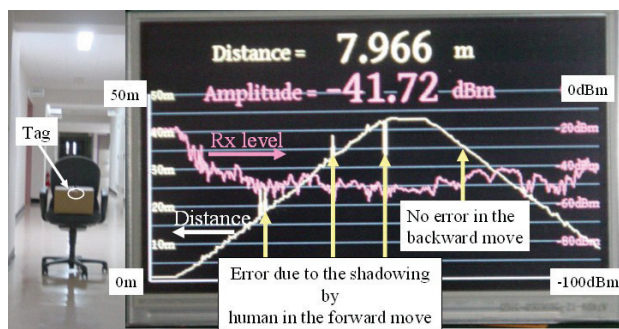


図 3 タグ測位の実験結果。
Fig.3 Experimental results of tag localization.

図 4 は図 2 に示した無線タグからの 8 値 PSK 応答信号をリーダ側でリーダ・タグ間距離が(a)7m 及び(b)20m にて受信したときの I/Q コンスタレーションの例である。このときのサブキャリア周波数は 250kHz でデータ転送レートは 120kbps であった。リーダ側でのタグ応答受信レベルは(a)の場合約-90dBm、(b)の場合約-110dBm と比較的低いが、後方散乱応答方式を用いているために送受信信号間の位相雑音相殺効果によって位相情報の劣化が比較的少ないことが分かる。また、試作した装置ではサブキャリア周波数と多値化レベルの選択によって通信品質の安定化を図っている。

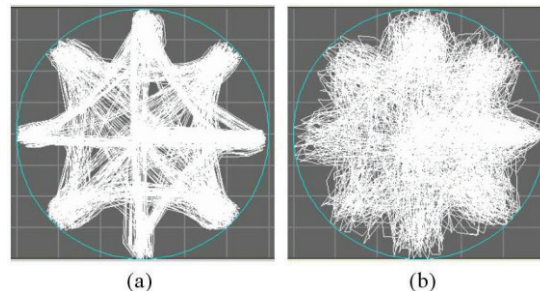


図 4 リーダ側での 8PSK タグ応答受信信号の I/Q コンスタレーション。リーダ・タグ間距離: (a) 7m, (b) 20m。
Fig.4 Constellation diagram of 8PSK Rx signal at reader. (a) Distance between tag and reader is 7 m. (b) Distance between tag and reader is 20 m.

3. むすび

本研究開発では、無線接続センサネットワークシステムの高速度・省電力化のための基礎的な技術を開発した。本研究開発課題終了後は実用化へ向けたアプリケーション開発へ発展させる予定である。具体的には、今年度から経済産業省の「IT 融合による新産業創出のための研究開発事業」に参画し、MEMS センサや微弱発電装置を組み合わせたセンサネットワークシステムの研究開発を実施中である。

【誌上発表リスト】

- [1]北吉 均、澤谷 邦男、“路車間・車車間通信のための変調散乱応答を用いた距離・速度計測とデータ伝送方式”、信学技報(通信方式) Vol.111 No.198 pp.93-98、(2011 年 8 月)
- [2]北吉 均、澤谷 邦男、“5GHz 帯でユビキタス家電のためのマルチメディア無線タグシステムの開発”、信学技報(ユビキタス・センサネットワーク) Vol.111 No.263 pp.37-43、(2011 年 10 月)
- [3]Hitoshi Kitayoshi, Kunio Sawaya, and Hiroki Kuwano, “Development of a 5 GHz Band Realtime Wireless Sensing System with Low Power Consumption for Sensor Networks”, Proceedings of IEEE SENSORS, 採録決定済 (2012 年 10 月)

【申請特許リスト】

- [1] 北吉均、澤谷邦男、“マイクロ波帯昇圧整流回路及びこれを用いた無線タグ装置と無線タグシステム”、日本、特願 2010-293145、(2010 年 12 月 28 日)
- [2] Hitoshi Kitayoshi and Kunio Sawaya, “Microwave Band Booster Rectifier Circuit, and Wireless Tag Device and Wireless Tag System Employing Same” WIPO PCT International Publication no. WO 2012/090840 A1、(2011 年 12 月 21 日)

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

http://www.geocities.jp/ayashii_jp/index.html