

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00441

研究課題名(和文) レスキュー活動支援のための移動体遠隔監視無線システムの開発

研究課題名(英文) Development of remote monitoring system with mobile communication for rescue operations

研究代表者

立野 繁之 (Tateno, Shigeyuki)

早稲田大学・理工学術院(情報生産システム研究科・センター)・准教授

研究者番号：70243897

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、災害発生時においてレスキュー活動に従事する隊員の作業効率・安全性および要救助者の生存率を向上させるため、現場に設置された基地局で各隊員の位置情報や行動情報をモニタリングできるシステムの開発を行った。無線システムの構築には省電力で通信エリアを拡大可能なZigBee機器を利用し、災害時に使用が困難となる公衆回線を使わずにPAN(パーソナルエリアネットワーク)を構築することで、地下やトンネルなどでも広範囲に渡って通信を行うことが可能となった。

研究成果の概要(英文)：In this research, a remote monitoring system which can gather the information about locations and situations of rescue members at the headquarters on the work site is developed in order to enhance the level of safety and work effectiveness of rescue operation in disaster situations. This system with low-power ZigBee wireless communication can construct a wide personal area network without using public commercial lines which often go out of service in disaster situations. Therefore, it can make communication and cover a wide range such as underground or in a tunnel.

研究分野：プロセスシステム工学

キーワード：遠隔監視 レスキュー活動 ZigBee 位置推定 行動推定

1. 研究開始当初の背景

災害発生時にレスキュー隊員が迅速に適切な救助活動を行うためには、各隊員の位置や行動、心理状態などを現場に設置された基地局側が把握することが必要である。現場で活動している隊員の状況をリアルタイムに監視することができれば、その場の状況に合わせて適切な指示を出すことや活動計画を立てることができ、隊員の安全性や消火救助作業の効率を飛躍的に向上させることができると期待できる。

大規模災害現場やトンネル内などでの救助活動においては、GPSや携帯電話の公衆回線を使用できない場合もある。そのため、さまざまな状況下において安定して隊員と基地局との間の通信を確保することのできる無線通信システムが求められていた。

2. 研究の目的

レスキュー隊員の状態を把握することにより、レスキュー活動を支援することを目的とした移動体の遠隔監視無線システムの開発を行う。作業を行っている大勢の隊員の位置情報と活動状態をリアルタイムに取得可能かつ長時間の通信が可能な携帯デバイスを開発し、通信範囲の変動に柔軟に対応できる無線システムとする。

3. 研究の方法

近年、ワイヤレスセンサーネットワークが医療現場や橋梁診断など様々な箇所で利用されてきている。本研究では、ワイヤレスセンサーネットワークとして用いられている小型軽量で省電力なZigBee通信規格を使用しレスキュー活動を支援する通信システムを構築することとした。ZigBee規格を採用することにより、通信速度は低速であるものの省電力であるという特長を生かし長時間の運用が可能な小型のデバイスを製作できる。更に、ZigBeeのもう一つの特徴であるマルチホップ機能(他のデバイス間の通信を中継する機能)を

利用することで、商用回線を使用せずに省電力でありながら広範囲の通信エリアを構築することができる。

4. 研究成果

本システムで使用するZigBeeネットワークではマルチホップによる通信が可能であるため、10~20台の端末を用意すれば省電力で1kmの範囲内での通信が可能となる。この特徴を利用することにより、様々なセンサを搭載した持ち運び可能な小型の装置の実現、およびレスキュー活動中の隊員の移動状況に応じて接続状態が頻繁に変動する場合においても動的な無線ネットワークを構築することができる。この無線システム上で、携帯用のデバイスに各種センサ(GPS、加速度計、ジャイロ、気圧計)を搭載し、屋外ならびに屋内における隊員の現在位置・高度・運動状態のモニタリングが可能であるシステムを構築した。

屋外における無線システムの検証実験として、140m四方の範囲内でGPSを搭載した25台の移動体モバイルデバイス(ZigBee子機)からリアルタイムにPAN(パーソナルエリアネットワーク)経由で位置情報を取得した。その結果、ほぼ安定した状態(パケットロス6%)で建物内の基地局(ZigBee親機)のPC画面マップ上に移動体の位置を表示する事が可能であった(図1)。さらに、子機の一つが建物の陰に入ったり通信範囲外に移動してしまったりなどで突発的に通信が途絶えてしまう場合に、残りの子機のデバイスモードを子機モードから中継モードに切り替えることで、見失った子機を探し出す方法を考案した(図2)。このモード変更を行うことにより、通信距離が100m以上の場合や遮蔽物のために通信不能となった子機デバイスの検出が高い確率で可能となった。このネットワーク運用中にデバイスモードを切り替えるという方式は消費電力の削減と通信範囲の拡大を状況に合わせて効率よく

行うことができるため非常に有益な通信方式であり、今後色々な応用が考えられる。



図1 PAN と GPS を使った位置推定

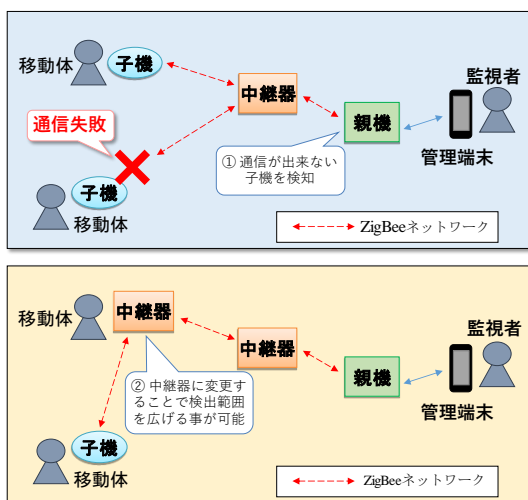
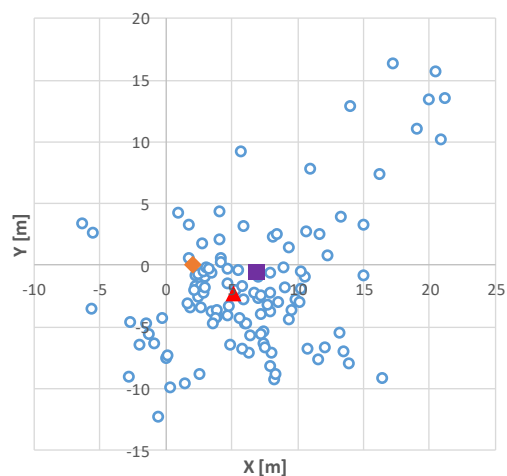


図2 デバイスモードの切り替え

屋内における位置推定手法としては、GPS データが使えないため、中継器と子機との間の電波強度 (RSSI) を取得し 3 点測位法を用いて位置の推定を行った。屋内では最も計測機会の多い 5m~15m の範囲は壁や天井での電波の反射の影響で正確な RSSI 値を取得するとは非常に困難であり、推定誤差が 10 m 以上になることも頻繁に発生する。そこで本研究では、子機から通信可能な全ての中継器の RSSI を高速 (5~10Hz) にサンプリングし、得られた RSSI の安定性を確認する。

分散の大きな RSSI 値は推定に悪影響を与えると考えられるので計算から除外し、それ以外の RSSI の中から 3 点を選ぶ処理を全組み合わせで行い (図 3)、得られた多数の推定結果から KDE (Kernel density estimation) 法を用いて最終的な推定位置を求める方法を検討した (図 4)。これらの工夫により、単純な 3 点測位と比べて推定精度を平均 25% 向上させることができ、最大誤差も 5m 以内に抑えることが出来た。



○ Estimation point ◆ True point ■ centroid ▲ density center

図3 10個の中継器を用いた推定結果

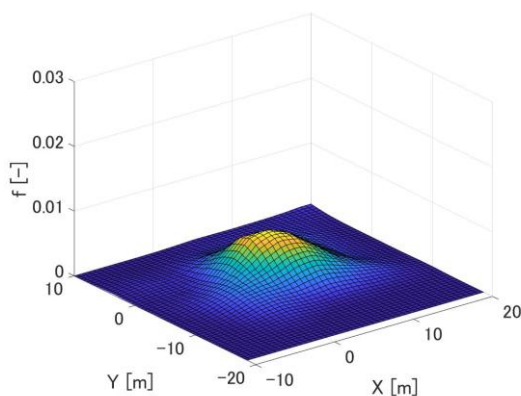


図4 KDE 法の計算結果

活動中の隊員の行動推定を目標として、基本行動となる歩行速度変化パターン (歩き、小走り、走り、疾走) および階段の昇降 (遅上り、遅下り、早上り、早下り) の計 8 種類の行動を検討した。ZigBee 子機に搭載された IMU センサから得られた加速度とジャイロ

の各行動データをニューラルネットワークに学習させ行動推定精度を検証した。データの特徴量の抽出方法として各行動の行動周期を相関関数を用いて求め、その周期毎に平均・分散などの特徴量を算出した。学習データとして 25 名の被験者のデータを使用し、学習に使用した被験者と使用していない被験者の 8 種類の行動の平均推定精度はそれぞれ 92%と 89%となった (図 5)。これは、従来のパターンフレームを使用した推定法の精度 80%から大きく向上している。今後は、この手法をレスキュー隊員特有の行動に適用し、活動中の行動推定を行っていく予定である。

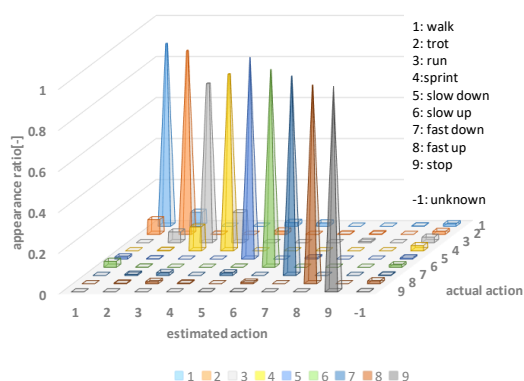


図 5 行動推定の推定精度

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 9 件)

DungHan Li, YiTong Cho, Shigeyuki Tateno, “RSSI-Based Indoor Localization System with Access Points Selection Method”, 17th International Conference on Control, Automation and Systems pp. 511-516, 2017

Hiroki Ashikari, Kota Takeda, Shigeyuki Tateno, “Development of pulse estimation system under high-intensity exercise”, International Automatic Control Conference, 2017

Peng Yu Cheng, Cho Yi Tong and Shigeyuki Tateno, “Remote Monitoring System using Multiple Wireless Sensors”, International Automatic Control Conference, 2017

Toru Tachikawa, Yi-Tong Cho, Yusuke Katafuchi and Shigeyuki Tateno, “Development of Motion Recognition System for Rescue Operation Based on Behavioral Cycle”, International Automatic Control Conference, 2017

Shigeyuki Tateno, YiTong Cho, DungHan Li, Hao Tian and PengYu Hsiao, “Improvement of Pedestrian Dead Reckoning by Heading Correction Based on Optimal Access Points Selection Method”, SICE Annual Conference, pp.321-326, 2017

Xinmeng Ning, Ziyue Wang, Kota Takeda and Shigeyuki Tateno, “Development of Heart Rate Monitoring System in Strenuous Exercise”, SICE Annual Conference, pp. 1335-1338, 2016

Shigeyuki Tateno, Zhang Yize, Hsiao Peng Yu, and Yusuke Katafuchi, “Development of Motion Monitoring Method for Rescue Operation”, SICE Annual Conference, pp. 1339-1342, 2016

Yang Xun, Hsiao Peng Yu, Masaomi Oyama, and Shigeyuki Tateno, “Data Gathering System based on Smart Phone for Rescue Operations”, SICE Annual Conference, pp. 1349-1352, 2016

Jinchao Wang, Hao Tian, Yusuke Katafuchi, and Shigeyuki Tateno, “Indoor location based on Wireless Sensor Network”, SICE Annual Conference, pp.302-305, 2016

6. 研究組織

(1) 研究代表者

立野 繁之 (TATENO, Shigeyuki)

早稲田大学・大学院情報生産システム研究科・准教授

研究者番号 : 70243897