2版

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　５ 年　６ 月 １２ 日現在

機関番号：３７１１６
研究種目：若手研究
研究期間：2018～2022
課題番号：１８Ｋ１７６２９
研究課題名（和文）無線ネットワークによる患者見守りシステムの開発

研究課題名（英文）Development of a patient monitoring system using a wireless network

研究代表者
八谷　百合子（Hachiya, Yuriko）

産業医科大学・産業保健学部・准教授

研究者番号：４０４４１８５２

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、無線ネットワークZigBeeを利用し、遠隔画面にて離院しやすい認知症入院患者の位置情報を把握できる「患者見守りシステム」の開発である。このシステムは、受信電波強度を用いた手法である。情報端末は、低消費電力、低コスト、大きなネットワーク容量等を持つことから、ZigBeeを使用した。その結果、屋内で行方が分からない人を捜索するという目的に対して十分なシステムであると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義
この研究により、認知症入院患者の位置情報を特定できる「患者見守りシステム」を作成することができた。今後は、この「患者見守りシステム」において、患者が使用するデバイスを小型化、長寿命化、安全性の面を考えて完成することができれば、無線ネットワークZigBeeを利用し、ナースステーションにいながら遠隔画面にてリモートし、認知症入院患者の位置情報をリアルタイムに把握できる。その結果、入院患者の安全性の確保、看護師による患者探索時間の短縮、看護師の作業負担の軽減、看護ケア時間の確保、およびシステム導入による探索費用の軽減につながる。

研究成果の概要（英文）：This research is the development of a "patient monitoring system" that uses the ZigBee wireless network to remotely monitor the location of hospitalized dementia patients who are likely to leave the hospital. This system uses a method based on received radio wave strength. ZigBee was used as the information terminal because of its low power consumption, low cost, and large network capacity. As a result, the system was considered sufficient for the purpose of searching for missing persons indoors.

研究分野：産業保健、計測と制御

キーワード：見守り　認知症　無線ネットワーク　入院患者　健康情報

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９（共通）

１．研究開始当初の背景

　中央社会保険医療協議会平成 26 年度入院医療などの調査報告によると、身体疾患で一般病院に入院中の患者のうち、認知症患者の割合は約 2 割、療養病棟においては 6 割以上にのぼり、病棟を抜け出し所在不明となる認知症患者の増加が問題となっている。認知症患者の探索は看護師が行っているが、探索時間が増加し看護ケア時間を圧迫している。

２．研究の目的

　本研究は、無線ネットワーク ZigBee を利用し、ナースステーションにいながら遠隔画面にてリモートし、移動する入院患者の位置情報と健康情報をリアルタイムに把握できる患者見守りシステムの開発である。早稲田大学の立野繁之らが開発した「レスキュー隊員の救助活動支援システム用無線ネットワークシステム」を入院患者の見守りに応用する。この研究を達成することで、入院患者の安全性の確保、看護師による患者探索時間の短縮、看護師の作業負担の軽減、看護ケア時間の確保、およびシステム導入による探索費用の軽減につながる。

３．研究の方法

（1）2018 年度は、位置情報を収集するためのエンドデバイスの作成を行った。2018 年 4 月より取り掛かり概ね実施できた。試作した無線デバイスを使って、2018 年 12 月より大学構内にルータを配置し、複数の移動体の遠隔監視実験を行い、データ転送の遅延・パケットロスなどが実用に耐えるか検証した。その結果、概ね位置情報を収集できた。

（2）北九州市近郊の介護福祉施設内において、5 名の監視対象者に対して、試作した無線デバイスを携帯して貰い、18 台のルータを設置し、無線デバイスの電波の強度を計測することにより別室にて監視対象者の位置情報をリアルタイムに推定する遠隔監視システムの実証予備実験を行った。その結果、通信状況は、安定した状態でネットワークが構築できていた。パケット損失率（発信したパケット数に対して受信に失敗したパケット数の割合）は 11.1%であり、予定の 5%以下にはならなかった。本実験環境では、介護職員に加えて多くの入居者がおり、又、机、椅子、テレビなども設置されていた。そのため、無線デバイスから発信される電波の遮蔽が頻繁に発生し、約 10%のパケット損失が発生したと考えられた。測位精度については、本研究が提案する KDE 法（カーネル密度推定法）の推定精度が 69.2%～72.8%であった。測定時間帯において、監視対象者が移動していた中央ホールでは多数の人の動きがあったため、推定結果に影響が出てしまい一部の測位の失敗に繋がったと考えられる。その場合であっても正解エリアの一つ隣のエリアは推定できている。この程度のパケット損失率であれば、ルータの設置数を充分に確保できれば、測位の精度には大きく影響を与えないと思われた。

（3）2019 年度は、2018 年度の課題となったパケット損失や測位精度の改善を目指し 2019 年 4 月より取り取り掛かった。本研究が提案する KDE 法（カーネル密度推定法）、WAV 法（重み付き重心法）と LSQ 法（最小二乗法）による推定法を比較し、測位精度を改善した。ただ、予備実験でルータの配置箇所の選定などによる無線ネットワークシステムの通信の安定性向上を行う予定であったが、新型コロナウイルス肺炎の感染予防のため、屋内や屋外で予備実験を行うことができなかった。

（4）2020 年度は、改修した無線デバイスを使い、小規模病院にて患者探索試験を実施する予定であったが、新型コロナウイルスの感染拡大により実施できなかった。代わりに研究室内で「赤外線センサを用いたヒトの行動の推定実験」を実施し、結果を得た。

（5）2021 年度は、感染予防を行いながら小規模病院にて患者探索試験を実施する予定であったが、新型コロナウイルス感染症の感染拡大により、予定していた病院より実験実施の見合わせの申し出を受けた。そのため、「患者探索試験」を実施できなかった。その間、無線デバイスについての再検討と「患者探索試験」を実施する別の病院を見つけ交渉を続けた。

（6）2022 年度は、「患者探索試験」を実施する大学病院の承諾を得て、「患者探索試験」の予備実験を行った。まず、「患者見守りシステム」を再構築し、受信電波強度（RSSI: Received Signal Strength Indicator）を用いた位置推定法を用い実験を行った。その結果、大学病院内において階選択を行わず三次元的な位置推定が可能となった。ただし、コロナ感染の収束には至っていないため、患者に接触することができず、「患者探索試験」の本実験の実施、「看護師のケア時間の調査」までには至らなかった。

４．研究成果

2022 年度に構築した RSSI を用いた「患者見守りシステム」の位置推定法について報告する。

（1）RSSI（Received Signal Strength Indicator）を用いた屋内位置推定に使用するデバイスの選択

デバイスには、無線 LAN（Wi-Fi）、Bluetooth、RFID（Radio Frequency Identification）、ZigBee

があるが、ZigBee は、低消費電力、低コスト、低遅延、メッシュネットワーク、大きなネットワーク容量を持つことから、ZigBee を使用することとした。

（2）従来の RSSI による屋内位置推定手法の問題点

従来の RSSI による屋内位置推定手法は、k 近傍法を用いている。k 近傍法を用いたフィンガープリントによる位置推定手法は、オフラインフェーズの各リファレンスポイント(RP)間の RSSI の違いが明確なほど、また RSSI の変動が小さいほど正確な推定が行える。しかし、多くの人が行きかう病院内といった屋内環境では、人の動きによって RSSI の変動や減衰が生じ、データベース内 RP の RSSI との差が位置推定精度低下の要因となる。そこで、従来法の問題点を解決するために、未知の座標のターゲットポイント（TP）で測定した RSSI とデータベース内の全 RP の類似度を計算する。この類似度判定式を Exponential Similarity (ES)とする.ES の値が大きいほど類似度が高いことを示す。また、従来手法と提案手法の比較を行うために、推定座標と真の座標の距離 d に応じて、0（その他)、1（10m 未満)、2（5〜10m)、3（5m 以下）のスコアを定めた。

（3）「患者探索試験」の予備実験の準備

・フィンガープリントによる屋内一推定法で使用するデータベースを取得した。

・無線通信デバイスとして Digi International, Inc.(Digi)製の ZigBee デバイスである XBee3 を 2 種類使用した。これらのデバイスを使用して AP 用デバイス、実測点（MP）と TP でのデータ測定デバイスを作製し,、RSSI の測定を行った。

（4）「患者探索試験」の予備実験、デバイス構成と RSSI 測定方法

複数階の屋内環境で測定した RSSI データを使用し、提案手法と従来手法で屋内位置推定を行い、提案手法の有効性について検証を行った。

・従来法と提案手法による推定結果との比較

従来法である TP と RP の RSSI のユークリッド距離を用いた k 近傍法による屋内位置推定法と、提案法である指数関数による類似度を用いた屋内位置推定法の推定精度の比較を行った。従来法については、k の値 1、 2、 3 の場合で推定を行った。提案法については、前項の結果より、 α=0.0005、 β=1/2、 γ=3 と設定した。

図 1 より、従来法の k 近傍法(k=2)と提案法の推定誤差の結果はあまり差がないが、従来法と提案法のスコアより、k 近傍法は推定不能となった TP が 27 点の全 TP の内の約 37%を占めた。このことから、推定座標を計算可能な場合においては k 近傍法と提案法の推定誤差に差はないが、提案法の方の有効性が高いと言える。提案法では全 TP の内の約 89%の場合で 10m 以下の推定誤差であった。この結果は屋内で行方が分からない人を捜索するという目的に対して十分な制度であると考えられる。

（5）今後の課題

RSSI を用いた「患者見守りシステム」の位置推定法は、有効であると考えらえた。今後、「患者探索試験」の実施を行うためには、患者が使用するデバイスについて， 小型化や長寿命化， 安全性の面を考える必要がある。また、この「患者見守りシステム」を使って「看護師のケア時間の調査」も可能である。

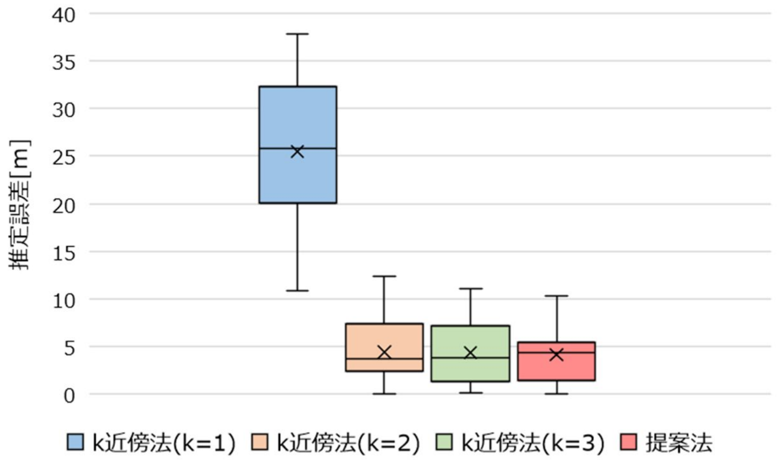

図 1 従来法と提案法の推定誤差

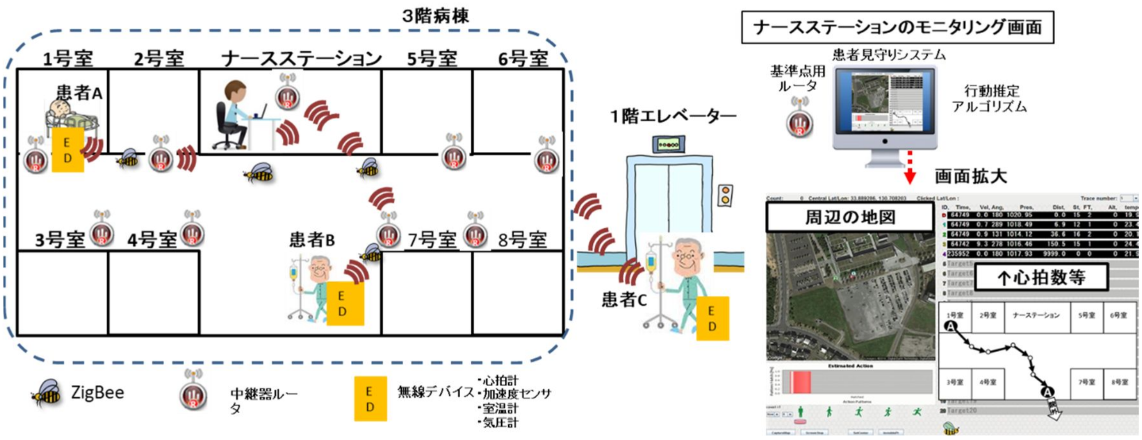

図2 患者見守り用 ZigBee ネットワーク

＜参考文献＞
[1]松戸典文，”軽度認知機能低下患者の離棟・離院防止機器の安全性の検証”，神奈川県立保健福祉大学誌 第14巻第1号（2017年）61 － 70
[2]二宮利治，”日本における認知症の高齢者人口の将来推計に関する研究”，厚生労働省科学特別研究事業，2015年．
[3]関口恵子，”看護職不足の諸要因と新しい看護職のありかた”，法政大学院紀要= Bulletin of graduate studies，2013．
[4] S. Nirjon, J. Liu, G. DeJean, B. Priyantha, Y. Jin, and T. Hart: COIN-GPS:indoor localization from direct GPS receiving, Proc. International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services 2014, pp. 301-314, 2014.
[5] S. S. Chawathe: Beacon Placement for Indoor Localization using Bluetooth, Proc. International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems 2008, pp. 980-985,
[6] H. Seki, H. Sakashita, Y. Kamiya, M. Hikizu and H. Nomura: On the Technology of Acoustic Utility. Acoustic Information and Energy. Navigation System for an Indoor Mobile Robot by Active Ultrasonic Beacons, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers Series C, Vol. 67, No. 657, pp. 1282-1288, 2001.
[7] Y. Zhu, W. Xia, Y. Zhang, F. Yan, X. Zuo, and L. Shen: A hybrid indoor localization algorithm based on RSSI and inertial navigation, Telecommunications Science, Vol. 2017, No. 10, pp. 99-106, 2017.
[8] S. Tateno, T. Li, Y. Wu, and Z. Wang: Improved Indoor Localization System Using Statistical AP Selection Method Based on RSSI, Proc. SICE Annual Conference 2018, pp.1652-1657, 2018.
[9] Q. Yang, H. Fukunaga, T. Li and S. Tateno, "Improvement of Adaptability to RSSI-based Positioning System using Scaling Circle Method," 2022 61st Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers (SICE), Kumamoto, Japan, 2022, pp. 264-269
[10] H. Zhang, H. Fukunaga, R. Ishizuka, T. Li and S. Tateno, "Multi-floor Positioning Method based on RSSI in Wireless Sensor Networks," 2022 61st Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers (SICE), Kumamoto, Japan, 2022, pp. 270-275
[11] M. Ochiai, H. Hatano, M. fujii, and A. Ito: Indoor Positioning Based on Fingerprinting Method by Incoming GPS Signals, IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E99-A, No. 1, pp. 319-322, 2016.
[12] W. K. Zegeye, S. B. Amsalu, Y. Astatke and F. Moazzami, "WiFi RSS fingerprinting indoor localization for mobile devices," 2016 IEEE 7th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON), New York, NY, USA, 2016, pp. 1-6
[13]電波環境協議会，”医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き”，2021年
[14]尾造宏之，電力中央研究所，”電波伝搬特性に基づく無線センサネットワーク構築の基礎検討”，2006年.2008．
[15]総務省，”UHF帯RFID機器及び新方式携帯電話端末の心臓ペースメーカ等の植込み型医療機器へ及ぼす影響について”，2007年．
[16] 酒井 翔悟，“BLEを用いた屋内位置推定におけるヒトによる電波強度のゆらぎに応じた特

微量補正手法の提案と評価”，研究報告ユビキタスコンピューティングシステム（UBI），2017-UBI-53，2，1-6，2017

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計1件（うち査読付論文　1件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　0件）

１．著者名 Tateno Shigeyuki, Meng Fanxing, Qian Renzhong, Hachiya Yuriko	４．巻 20
２．論文標題 Privacy-Preserved Fall Detection Method with Three-Dimensional Convolutional Neural Network Using Low-Resolution Infrared Array Sensor.	５．発行年 2020年
３．雑誌名 Sensors (Basel, Switzerland)	６．最初と最後の頁 1,23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s20205957	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

〔学会発表〕　計6件（うち招待講演　0件／うち国際学会　5件）

１．発表者名 Tong Li, Sijie Ai, Shigeyuki Tateno and Yuriko Hachiya
２．発表標題 Comparison of Multilateration Methods Using RSSI for Indoor Positioning System
３．学会等名 Sice2019,The SICE Annual Conference 2019 (SICE 2019)（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 李桐、立野繁之、八谷百合子
２．発表標題 無線通信ネットワークを用いたモニタリングシステム
３．学会等名 日本設備管理学会2019年度創立30周年記念春季研究発表大会
４．発表年 2019年

１．発表者名 Hiroki Abe, Yu Wu, Tong Li, Shigeyuki Tateno, and Yuriko Hachiya
２．発表標題 Comparison of RSSI collecting methods in RSSI-Based Indoor Positioning System with ZigBee
３．学会等名 2018 18th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2018)（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 Tong Li, Hiroki Abe, Shigeyuki Tateno and Yuriko Hachiya
２．発表標題 Comparison of Wireless Communication Technologies in Remote Monitoring Systems
３．学会等名 2018 18th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2018)（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 Tong Li, Hiroki Abe, Baoxuan Gong, Shigeyuki Tateno, and Yuriko Hachiya
２．発表標題 Wireless Network Based Indoor Localization System Using Fingerprint with Interpolation Methods
３．学会等名 The 2018 International Automatic Control Conference (CACS 2018)（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 Hiroki Abe, Yu Wu, Tong Li, Shigeyuki Tateno, Yuriko Hachiya
２．発表標題 Comparison of RSSI collecting methods in RSSI-Based Indoor Positioning System with ZigBee
３．学会等名 2018 18th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2018)（国際学会）
４．発表年 2018年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

－

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考

７．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

８．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関