

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 20 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500075

研究課題名（和文）

自己組織化アルゴリズムによる無線センサーネットワークノードの高精度測位技術の確立

研究課題名（英文）Node Localization for Wireless Sensor Networks based on Self-Organizing Maps Algorithm

研究代表者

滝沢 泰久（ TAKIZAWA YASUHISA ）

関西大学・環境都市工学部・准教授

研究者番号：50395050

研究成果の概要（和文）：

無線センサネットワークにおいて、極少数のアンカノードで、かつ測距デバイスを用いずに近傍トポロジ情報のみで、センサノードの位置推定可能とする自己組織化センサノード位置推定方式（Self-Organizing Localization: SOL）を確立した。本方式はシミュレーション評価と実機評価により、無線メディアをIEEE802.15.4とした場合、誤差精度1m未満の目標精度を達成可能であることを検証した。

研究成果の概要（英文）：

Self-Organizing Localization (SOL) for wireless sensor networks was established. SOL provides a high accuracy for the estimation on sensor node location, by using a small number of anchor nodes, and without measurement device for distance from neighbor node. SOL was evaluated by both of network simulator and its implementation system by using XBee and Arduino. On both evaluations by using IEEE802.15.4 as wireless media, it provided the estimated sensor node location with less error than 1m.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：ユビキタスコンピューティング，無線センサネットワーク，ローカライゼーション，自己組織化マップ，ZigBee

1. 研究開始当初の背景

非常に多くの無線センサノードを広範囲に無作為に飛散させ、多点において同時に、特定の物理量を測定・モニタリングするシステムは、人類が生活を営む様々な空間において今後実用化が計られていくポテンシャルをもっている。これは、近年電子回路やセンサのチップ化技術を利用した超小型モニター装置の開発が可能になってきたという背景がある。このような多点モニタリングシステムは、土砂崩れや火山噴火等の自然災害の予測、大気上空での多点風速モニタリングなど、人間が今生活している生活圏と密接に関わる領域において非常に有用であり、さらに近年の地球温暖化対策として考えられているカーボンフットプリントの作成にも不可欠なシステムと考えられる。このようなモニタリングシステムでは、「どの場所でのデータなのか」を知る必要があるため、無作為に飛散させたセンサ、一つ一つの位置情報をなんらかの方法で取得する仕組みが重要となる。しかし、このようなモニタリングシステムが重要視され、また、構成要素としてのセンサノードの小型化が計られているにもかかわらず、飛散したそれぞれのセンサノードの相対的・絶対的位置を算出する技術は、未だ確立されていない状況である。このようなシステムで現在、一番実用化に近いのはGPS衛星を用いたシステムであるが、山の斜面や火山の火口、あるいは、屋内など障害物の影響からGPS衛星の利用が期待できない環境が多くある。また、センサノードはバッテリー駆動であること、計測・モニタリングには大量のセンサノードが必要であることから、省電力およびコスト面からGPSの利用は想定する計測・モニタリングシステムには適さない。

2. 研究の目的

本研究課題では、無線センサネットワーク

において、多様な環境で利用可能であり、また低コストであり、かつ高精度なセンサノード測位を可能とする基盤技術の確立を目指すことを目的とする。その技術基盤として、申請者が提案する「自己組織化マップアルゴリズムを用いた無線ネットワークのトポロジ再現による無線センサノード位置推定方式（以降、SOM 測位方式）」を用いて、この方式の誤差耐性を強化することにより、その技術の確立を目指す。多様な環境で利用可能とするため、配置するアンカノード数は極めて少ない数量とする。また、低コストな測位技術を実現するため、ノード間距離測定は特別なハードを不要とし、ノードの近傍トポロジ情報（ホップ数）を用いる。センサノード測位精度はGPS精度の少なくとも倍の精度（最悪誤差が5m以内、平均誤差が1m以内）を確保すること目標とする。SOM 測位方式は、従来方式と比較して、低コスト、軽微な測位インフラで、高精度な位置が推定可能である。本方式の実証実験からその実装方式を明確にして実用化を図ることができれば、多様な環境で計測・モニタリングが可能となる。すなわち、人間の生活環境の状況が高精度に把握でき、より安全で安心な生活環境が実現できる。さらに、誤差精度1m未満が実現できれば、制御システムにも適用可能となり、ユビキタス社会で必要とされる多様なアプリケーションやロボットなどの研究開発を強く推し進めるものと考えられる。

3. 研究の方法

目標とするセンサノード測位技術を実現するため、その技術基盤として、申請者が提案する「自己組織化マップアルゴリズムを用いた無線ネットワークのトポロジ再現による無線センサノード位置推定方式」を用いて、

この方式の誤差耐性を強化することにより、その技術の確立を目指す。

評価方法はネットワークシミュレータ QualNet および QualNet センサネットワークライブラリを用いて電波伝搬を考慮したシミュレーション評価からその基本的特性と位置推定精度を見積もる。さらに、無線デバイスとして XBee (ZigBeePRO 準拠), CPU として Arduino を用いてセンサノードを構成し、このセンサノードに本方式を実装して実証実験からその有効性を評価する。

4. 研究成果

測距デバイスを用いずに、センサノードの近傍トポロジ情報 (ホップ数) から自己組織化マップを用いて高精度に位置を推定するために、再現されたネットワークの近傍ジオメトリに矛盾が発生する (例えば 1 ホップノードが 2 ホップノードより遠い) 場合、入力される疑似距離としてホップ数 1 を減衰させて ($0 < \text{減衰ホップ数} < 1$), 矛盾を解消させる。これにより、精度の高いネットワークトポロジを再現する (図 1)。すなわち、ネットワークにおける近傍トポロジから位置と距離を同時に推定する。この方式をシミュレーションで従来方式と比較すると極少数のアンカノード (3 点) で圧倒的な精度の優位性を確認できた (図 2)。

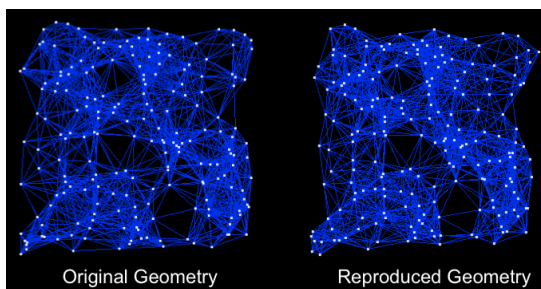


図 1. ネットワークトポロジの再現例

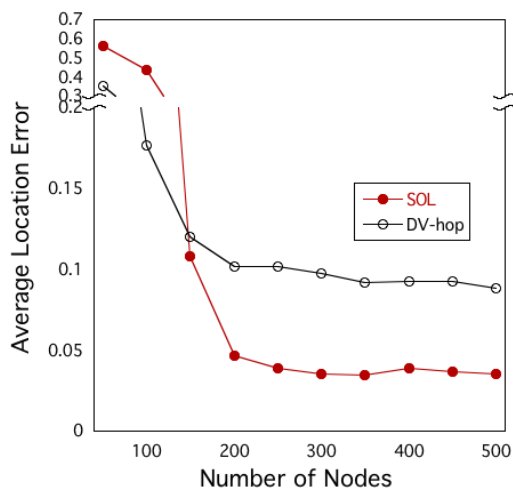


図 2. DV-hop との位置推定精度比較

また、本方式はアンカノードがなくとも、ネットワークのジオメトリを相似形で再可能であり、アンカノードが 2 つの場合は、センサノードのネットワーク内における相対位置を推定可能である。さらに、XBee と Arduino を用いた実証実験でも、シミュレーションと同様の精度が得られることが確認できた。しかしながら、これらの評価において IEEE802.15.4 を用いた場合、絶対位置の誤差は 2m 程度であるため、研究目標の 1m を満たしていない。そのため、電波強度による近傍ノードフィルタリングにより仮想的に 1 ホップ到達距離を減少させて、入力として得られる近傍トポロジの解像度を高めて、位置推定精度のさらなる向上を図った。この方式は、シミュレーションにより評価した結果、IEEE802.15.4 であれば、位置推定誤差が 1m 未満を達成できることを基本評価で確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

1. Y. Takizawa, S. Ohno, N. Adachi, Self-Organizing Localization for Wireless Sensor Networks based on

RSSI, Sensor Letters, 査読あり, 2012,
Vol.10, No.8, pp. 1-10

2. 大野翔平, 安達直世, 滝沢泰久, 無線セン
サネットワークにおける自己組織化位
置推定方式の提案, 情報処理学会論文誌,
査読あり, 2012, Vol.53, No. 7, pp.
1774-1782

[学会発表] (計3件)

1. Y.Takizawa, Space Free Localization
for Wireless Sensor Networks Based on
Neighbor Topology, International
Workshop on Wireless Sensor, Actuator
and Robot Networks (WiSARN), 査読あ
り, 2012/10/8-11, USA Las Vegas
2. Y.Takizawa, S. Ohno, N. Adachi, Space
Free Localization for Sensor Networks
using Self-Organizing Maps, 2012 IEEE
Radio & Wireless Week, 査読あり,
2012/1/15-19, USA Santa Clara
3. Y.Takizawa, Node Localization for
Sensor Networks using
Self-Organizing Maps, 2011 IEEE Radio
& Wireless Week, 査読あり,
2011/1/16-19, USA Pheonix

6. 研究組織

(1) 研究代表者

滝沢 泰久 (TAKIZAWA YASUHISA)

関西大学・環境都市工学部・准教授

研究者番号 : 50395050