

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：24403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K15986

研究課題名(和文) WSNにおける映像センシングでの被覆阻害問題への対策

研究課題名(英文) A countermeasure for the coverage inhibition problem of WSN-based video monitoring

研究代表者

勝間 亮 (Katsuma, Ryo)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：80611409

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、カメラ付きのセンサノードの絶対座標をGPSよりも高精度に特定する方法を考案した。この方法では、センサノードがLEDライトを搭載するアンカノードの光信号をカメラで検出し、アンカノードの方角を計測することで、幾何学的計算により自ノードの存在位置を精密に推定する。評価実験を行ったところ、アンカノード近傍に配置されるノードに関して、位置推定誤差をGPSの1割程度に抑えることが出来た。

さらに、できるだけ正確に被覆範囲を自動で特定することを試みたところ、障害物の位置を特定する部分において新しく大きな課題が見つかり、新たな研究テーマを設定して解決を試みることにした。

研究成果の概要(英文)：In this research, we proposed a method to estimate positions of sensor nodes with higher-accuracy than GPS. The proposed method catches the LED light signal with a unique flashing pattern. This method also accurately estimates positions of nodes by measuring the direction of anchor nodes. We conducted the experiments where several sensor nodes are deployed on the field. In the proposed method, we confirmed that the estimation error of the sensor nodes that are near the anchor nodes is 10% less than GPS.

Finally, we tried to automatically estimate a field coverage by sensor nodes. However, we found a new problem to estimate positions of obstacles. We decided that we newly aim to solve this problem.

研究分野：モバイルコンピューティング

キーワード：位置推定 センサネットワーク

1. 研究開始当初の背景

WSN を展開する場合、次に述べる二種類の問題がある。

**課題 1:** フィールドの全被覆問題

ノードにはセンシング可能な範囲があり、例えばカメラを搭載して画像を収集するノードであれば扇型範囲の環境情報を収集可能である。ノードはその範囲内を被覆しているという。この被覆範囲はセンシング対象情報(画像、温度、湿度、磁気、音波、加速度など)によって変わってくる。センシング対象となるあらゆる領域(フィールドと呼ぶ)の情報を収集可能にするために、フィールドを全被覆するようにノードを配置しなければならない。しかし、従来の自然環境でフィールドを全被覆する WSN では、次に述べる被覆阻害問題が発生する。

**課題 2:** 被覆阻害問題

ノードの被覆範囲内に障害物が存在した場合、その陰になっている部分は被覆できず、障害物の位置や大きさによって被覆範囲は大きく変化する。自然環境にはこのような障害物となる植物が多数生育しているため、あらかじめ効率良くフィールドを全被覆するノードの位置を決定しても、実際の運用では全被覆できていない場合がある。これらの障害物が存在する環境でフィールドを全被覆できるようにノードを配置しなければならない。

2. 研究の目的

本研究では WSN の一種であるワイヤレスマルチメディアセンサネットワーク(WMSN)に対して、上記の問題点を解決するため、各ノードの位置を精密に推定することを目的とする。広く利用されている GPS(Global Positioning System) よりもノードの位置推定を行う際の位置推定精度を高めることが目的である。また、ノードの位置が推定できた後、視界を遮っている植物などの障害物の位置を推定することを目標としている。

ノード位置推定を実行するにあたり、事前に必要となる情報は次の通りである。

- ・各アンカノード(a1, a2, ..., ai) が設置されている 2 次元座標
- ・各アンカノードが設置されている方向
- ・ノードが発する電波の距離 1m における RSSI 値

最終的に求めるべき位置推定の情報は次の通りである。

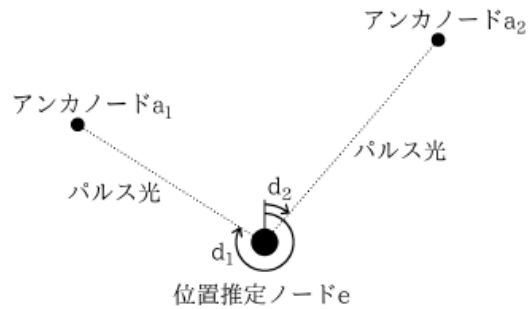
- ・各位置推定ノード(e1, e2, ..., ei) が設置されている 2 次元座標
- ・各位置推定ノードが設置されている方向

3. 研究の方法

WMSN を対象に、カメラ映像と GPS を併用したノードの位置推定手法を提案する。各ノードは、映像を収集するための全方位カメラ、低照度下撮影用の LED ライト、データ収集のた

めの無線通信機、GPS 受信機を搭載する。提案手法では、あらかじめ位置が判明しているアンカノードがパルス発光し、位置推定を行うノードがカメラでパルスを撮影することで、アンカノードの方角を光学的に計測する。複数のアンカノードのパルスを撮影することにより、自己位置を絞り込む。

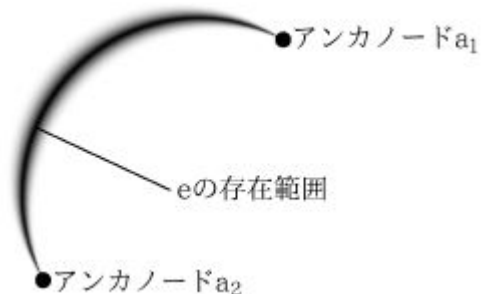
【カメラによる位置推定】



位置推定の大まかな流れは、次の通りである。

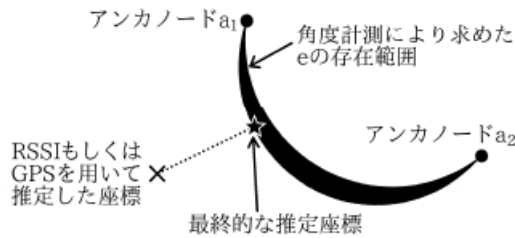
1. アンカノードおよび準アンカノードは、自分の座標をブロードキャストして座標データをノード間で共有する。
2. 全てのノードが LED ライトをパルス発光させる。このとき、点滅パターンにノード ID の情報を持たせることで、受光したノードが ID を解析できるようにする。
3. 全てのノードで、搭載している全方位カメラを用いて周辺の点滅光を探索する。点滅光を検出した場合は、点滅パターンを解析しノードの点滅光であるか否かを判断する。ノードから放たれた光であると判断できた場合は、ノード ID および点滅光の水平方向入射角(以降は水平角と表記)を計測する。計測したデータはブロードキャストする。図 2 は位置推定ノード e がアンカノード a1 および a2 の水平角 d1, d2 を計測するときの概念図である。
4. 位置推定ノードは、得られた計測データをもとに自ノードの位置を計算する。位置が特定できれば、準アンカノードとなる。

これら一連の流れを、新たに準アンカノードが生成されなくなるまで繰り返す。



位置推定ノード e がアンカノード a1, a2 の水平角を計測した場合、計測した水平角の

差をとり，線分 e-a1 と線分 e-a2 の挟角を求める．ここで，2 点 a1, a2 および挟角が決定されることから，円周角の定理に従い，図のような a1, a2 を両端とする円弧状の範囲に e の存在範囲を絞り込むことが出来る．

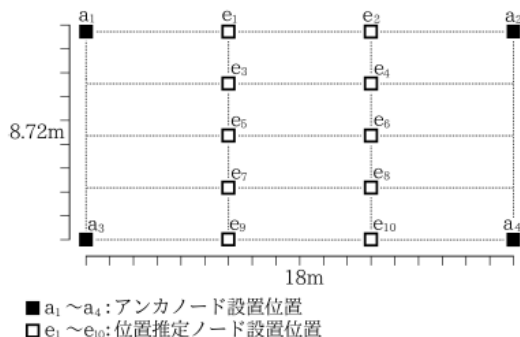


最終的に，カメラによる位置推定フェーズで推定したノード位置と，GPS や RSSI 等の既存手法を用いて推定したノード位置の情報を統合する．カメラによる水平角計測で推定位置を 1 点に特定出来たノードは，その位置をそのまま最終的な座標として採用する．一方，カメラで取得した情報のみで位置を特定できなかったノードは，水平角計測によって絞り込まれた存在範囲において，GPS もしくは RSSI により計算される推定位置から最もユークリッド距離が短い点を最終的な推定座標として採用する．ここで，GPS 衛星を 4 つ以上補足したものは GPS の測位結果を計算に利用し，そうでないノードに関しては RSSI による位置推定結果を利用する．なお，RSSI を用いて位置推定を行う場合は，前項で述べた方法で推定した RSSI 減衰定数を用いる．

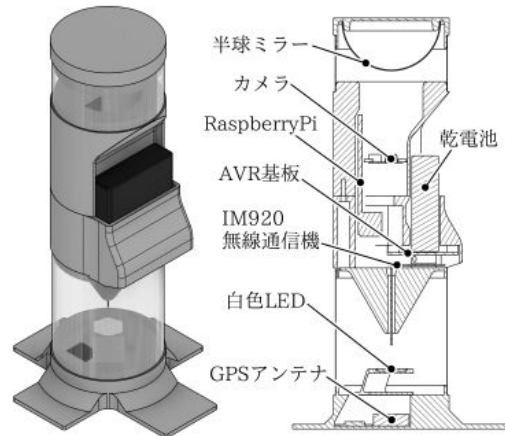
#### 4. 研究成果

カメラを用いて光学的にノード位置を推定する手法の位置推定精度を検証するため，模擬 WMSN を構築して実験を行った．2 種類のフィールドで位置推定誤差を計測したところ，GPS のみを用いて位置推定を行う場合における平均誤差はそれぞれ 1.41[m] 及び 2.10[m] であったが，本稿で提案する位置推定手法では，平均誤差を 0.10[m], 0.25[m] に抑制することができた．詳細を次で述べる．

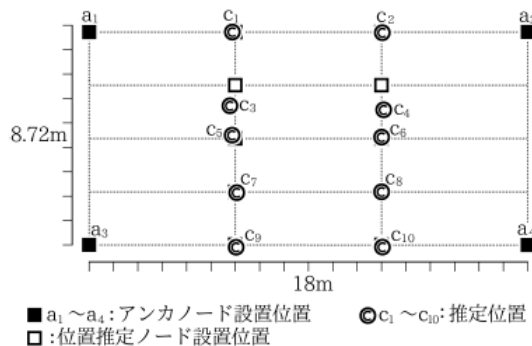
提案手法の位置推定精度を評価するため長方形フィールドを設定した．長方形の 4 頂点にアンカノードを配し，その内部に位置推定ノードを配置した．でのノード配置座標を下図に示す．



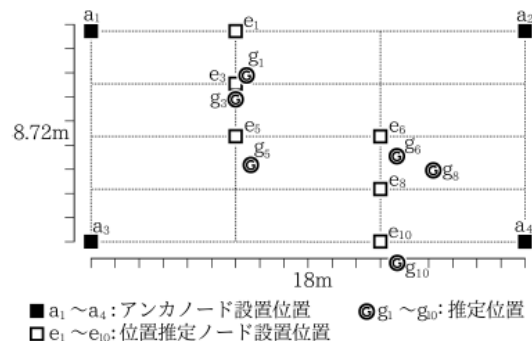
また，Raspberry Pi2 を用いてノードを製作して実験に使用した．



提案手法を用いた位置推定の結果を下図に示す．位置推定誤差の平均をとると 0.10[m] となり，全ての位置推定ノードにおいて推定誤差を 1[m] 未満に抑えることが出来た．各位置推定ノードと各アンカノード間の見通しが良く，各位置推定ノードから見て全周囲にアンカノードが配置されているので，角度情報を利用する提案手法のアルゴリズムが有効に働いた結果だと考えられる．



一方，GPS による位置推定結果を下図に示す．平均誤差は 1.41[m] だった．全てのノードで，GPS 測位座標は時間の経過とともにドリフトがみられた．1[sec]単位で発生する細かなノイズはローパスフィルタで除去出来たが長周期的なドリフトは除去出来なかった．



さらに、障害物の位置検出を行うにあたって様々な検討を行ったが、レーザーレンジスキャナ等の高価な追加機器を使用しない場合、新たに様々な問題が浮き彫りとなった。それらに対して新たな研究目標を設定し、2018年度から基盤研究(C)のテーマとして取り組むことに決定した。

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. 勝間 亮, スマートフォンでの一振り動作による大きさの不明な AR マーカまでの距離測定, 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM), 10(2), pp. 70-79, 2017年(査読有)
2. Ryo Katsuma, Yuki Tsuchiya, Repairing Field Coverage for Static WSNs by Using Mobile Nodes, International Journal of Computer Networks and Communications Security, 5(9), pp. 205-215, 2017年(査読有)

〔学会発表〕(計 4件)

1. Daisuke Horie, Ryo Katsuma, Recognizing AR Markers using Optical Illusion Markers and a Low-cost Camera, IEEE 7th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), Jan. 10th, 2017, Las Vegas (USA)
2. Yu Kawahama, Ryo Katsuma, High-Accuracy Localization via Measurements of RSSIs and LED Light Angles for Low-Cost WMSNs, IEEE 7th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), Jan. 10th, 2017, Las Vegas (USA)
3. 川浜 悠, 勝間 亮, カメラでの方角計測による位置推定の精度向上, 2017年度情報処理学会関西支部大会, 2017年9月25日, 中之島センター(大阪府)
4. 小倉 広大, 勝間 亮, ロープウェイ式害獣検知システムにおけるロープの設置手法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2017), 2017年6月29日, 定山溪温泉(北海道)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)  
特になし

取得状況(計 件)  
特になし

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

勝間 亮 (KATSUMA, Ryo)

大阪府立大学 理学系研究科 助教

研究者番号: 80611409

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者