

森林内における音源位置特定のための センサノード配置概形の推定システムの提案

石橋龍一[†] 塚田晃司[‡]

和歌山大学大学院システム工学研究科[†] 和歌山大学システム工学部[‡]

1. はじめに

近年、野生動物問題や、登山客、キャンプ客の遭難者探索のため、森林内での移動体の位置把握が必要とされている。そこで、GPS や Bluetooth を利用した発信機を対象物につけモニタリングするのが主流である。

しかし、対象を野生動物とすると、管理コストの観点から限界が生じる。また、GPS が正確ではない地域もあり、電力供給や通信環境などの観点から既存の通信インフラが利用できない地域が存在する。そこで、GPS を用いず、森林内で導入可能なセンサネットワークと対象物が発する音を利用した運動体の位置推定手法を前提にした場合、センサノードの座標が既知であることが必須である。本研究では、音を用いてセンサノードの位置関係を推定する手法を提案する。

2. 関連研究

音を利用した運動体の位置推定の例として、[1]があげられる。[1]は、マイクロホンアレイと、センサネットワーク、そして音を用いてカエルの群れの位置を推定することを目的とした研究である。音波を利用することで音源の到来方向 Direction Of Arrival (以下 DOA) の計算を用いる。無線ネットワークの相互接続することでノード間の位置情報や時刻などの共有を可能とし、各センサノードからの音源の到来方向から音源の位置推定を行う。[1]の手法では、センサノードの位置が既知であることが必須である。本研究では、このような研究を前提とし、センサノードの位置関係推定手法を提案する。

ノードの位置推定に、カメラが計測した他ノードの角度と GPS を用いた研究に[2]があげられるが、GPS は、コスト、消費電力での面から導入は厳しいと考える。また、ノードの位置推定に、

3つの座標既知のノードと RSSI (受信電波強度) を用いた研究に[3]があげられるが、森林内では、障害物が多いため RSSI の信頼性はおちるので、RSSI は位置推定には、不向きであると考ええる。

3. 研究目的

音源位置推定にセンサノードを使用する場合センサノードの位置が既知であることが必須である。しかし、既存手法では、森林内での運用は難しい、そのため本研究では森林内における音源位置推定のためのセンサノードの座標を推定する前段階として、センサノードの位置関係の推定を行う。

4 提案システム

4.1 センサノードの配置概形推定について

本研究の手順としては、最初にノード番号の順番にノードから音を発生させる。次に、各ノードは音計測して、内蔵されたマイクロホンアレイにて DOA (音源到来方向) の計算を行う。各ノードは、計算した DOA をシンクノードに送信し、シンクノードにて各ノードが計算した音源到来方向からシンクノード間の角度を計算する。最終的には、三角比を用いて、センサノードの配置概形の推定を行う。

4.2 音源到来方向(DOA) の計算について

本研究で用いる音源到来方向 (Direction Of Arrival 以下 DOA) の求め方は以下のような手法で行う。ノード内には、4つのマイクが内蔵されている。各ノードは、音波と感知した時刻の計測を行う。次に、内蔵マイクで感知した音波の位相差から到着時間差を算出し、マイク間の距離から DOA の予測を行う。

4.3 センサノード間の角度計算について

各ノードで音を観測し、DOA を計算した後にシンクノード間の角度計算を行う。本研究では、ノード配置の概形の推定を行うので、全ノード間の内角の計算を行うはなく、三角測量に用い

Proposal of Estimation System of Sensor Node Layout for identify the location of sound sources in Forest

[†]Ryuichi Ishibashi, [‡]Koji Tsukada

[†]Graduate School of Systems Engineering Wakayama University

[‡]Faculty of Systems Engineering Wakayama University

る3点のノードの内角を求める。3点のノードの選出については音圧を用いる。最終的に、DOAから2地点の内角を計算、この動作を繰り返しノード間の角度を計算することで、ノード間の内角を計算する。

4.4 ノードの位置関係の推定について

4.3 で取得したノードの内角はシンクノードにて保持されているため、3点のノード間の内角は既知である。各ノード間の内角を a_1, a_2, a_3 、ノード間の内角とあるノード間の距離を任意の定数 D_{12} とすると正弦定理を用いて他のノード間の距離を D_{23}, D_{13} とすると

$$D_{23} = D_{12} \frac{\sin a_1}{\sin a_3}, \quad D_{13} = D_{12} \frac{\sin a_2}{\sin a_3} \dots \text{式 1}$$

と表すことができる。(図2) もとめたノード間距離を用いて基準ノードを $(0,0)$ とし、シンクノードにて三角比を用いて求める。基準ノードからの他のノードの角度を a_4 とし、ノード2の座標を求めた場合

$$(x_2, y_2) = \{D_{12} \cos(a_4), D_{12} \sin(a_4)\} \dots \text{式 2}$$

と表すことができる。この手順を繰り返すことで、全体センサノードの概形を推定する

5 シミュレーションについて

5.1 シミュレーションの仕様

DOA は、屋外で使用した場合ノイズにより誤差が出てしまう時がある。誤差は距離よって変わるため、実際に行った予備実験をもとに、分布を調査し、分布に従う関数を制作した。今回のシミュレーションではセンサノードを4つ配置し、1番ノードを基準ノードとして、4つのノードの位置関係を推定した。ノードの位置を推定するたびに、DOAの誤差を分布関数によって計算し、これを50回行い、どのようにセンサノードの位置関係推定が本来の位置関係から誤差が生じるかを検証した。

5.2 シミュレーション結果

センサノードの位置関係を推定した結果としては、図3のようになった。番号がついている円は、センサノードが配置されている箇所を示している。sky-blueの四角は2番ノードの推定範囲、pinkの四角は3番ノードの推定範囲、light-greenの四角は4番ノードの推定範囲、となっており、各色の付いた円は推定位置が大きくずれた時の

結果を表している。どのノードも50回中誤差がでてしまうことは10回以内ではあったが、色がついた円で表したように、著しく誤差が出てしまう場合も2,3回起きてしまった。

今回の手法では毎秒DOAを計測し、センサノードの位置関係の推定を行ったが、この手法ではDOAの誤差を受けやすくなってしまふことがわかった。しかし、最頻値であるノード座標は、配置した正解座標と近い、そのような傾向を利用した位置推定を行うことで、より精度を上げることができると思う。

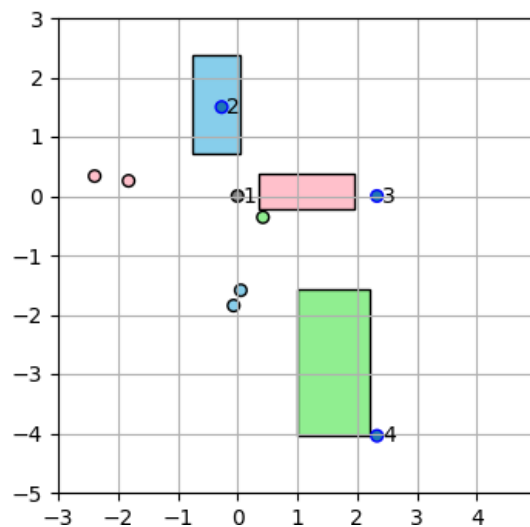


図1 ノードの位置関係を50回推定した結果

6 まとめ

本研究では、音を用いたセンサノードの位置関係の推定を行う手法を提案し、シミュレーションを行った。シミュレーション結果から本手法が有効であることがわかったが、誤差も多い状態であるため、今後、位置推定についての追加操作を検討していく。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 19K11925, 22K12012 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 細川 侑嗣: 無線ネットワークにより相互接続したマイクロホンアレイを用いた音源位置推定手法の実装 信学技報信学技報 117 (426), 23-28 (2018-1)
- [2] 川濱 悠: カメラでの方角計測による位置推定の精度向上 情報処理学会論文誌 60 (4), 1096-1107 (2019)
- [3] 中井 若菜: 単位 RSSI 値の強弱の推定による位置推定精度の向上 情報処理学会関西支部支部大会 講演論文集 7p, (2017)