

マイクロホンアレイの DOA 測定値の最頻値を用いた センサノードの位置関係の推定精度の検証

本田基史[†] 塚田晃司[‡]和歌山大学システム工学部[†]

1. はじめに

近年, 森林内などの GPS や Bluetooth などを利用することが困難な地域では, 音を利用した運動体の位置推定手法が移動体の位置推定に注目されている. 現在提案されている手法ではセンサノードの位置関係が既知であることが必須であるが, 先行研究ではマイクロホンアレイを用いた音源到来方向 (Direction of Arrival 以下 DOA とする) を利用してセンサノード同士の位置関係を推定する手法が提案されている.

しかし, この研究では DOA の値をそのまま用いているため, 推定結果の誤差が DOA の誤差に大きく依存することが分かっている. そこで本研究では音の広告時間を長くし, 取得した DOA の平均値に最も近い最頻値を位置推定に用いることで DOA が推定結果に及ぼす誤差を最小限に抑える事を目的とする.

2. 関連研究

先行研究について紹介する.

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, 各ノードは音計測を行い, 内蔵されたマイクロホンアレイにて音圧と音波を計測し, 音源到来方向の計算を行う. 圧の分散から中心ノードを決定し, 中心ノードから近いノード (中心ノードから計測した音圧が高いノード) から 3 点をとる. 3 点から内角を計算し, 三角比を用いて, センサノードの位置関係の推定を行う. この 3 点の計算を繰り返すことで全体のセンサノードの位置関係を推定することができる. この研究ではセンサノードの位置関係, 距離の比を特定することを目的としている.

また, マイクロホンアレイを用いた音源位置推定システム[2]を紹介する.

この研究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ている. こちらの研究も音波を利用することで DOA を用いた位置推定をしている. この研究はセンサノードの座標はあらかじめ既知である必要がある. このような研究を踏まえ, センサノードの位置推定手法を提案する.

3. 提案手法

先行研究ではマイクロホンアレイから取得した DOA の値を 1 秒に 1 回 60 秒間計測しその値をそのまま用いて位置推定を行なっている. 研究結果として推定結果の誤差が DOA の誤差に大きく依存していることが分かっている. 本研究では DOA の取得の際に工夫を加えることで位置推定の精度を上げることを目的とする. 手法としては DOA の値を取得する際に広告時間を長くし, 平均値を求め, 平均値に最も近い最頻値を DOA の値として用いる. 以下に処理のフローチャート (図 1) を示す.

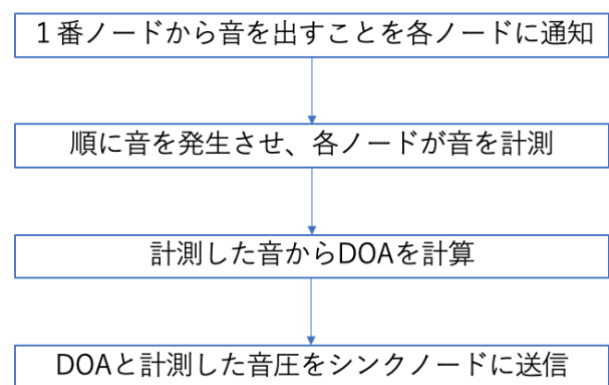


図 1 センサノード処理手順

4. 評価・考察

先行研究では予備実験を行い誤差の分布を調査し, 分布に DOA を従わせることでシミュレーションを想定環境に近づけていたので, 本研究でも予備実験を行った.

Verification of accuracy of sensor node location estimation
By using mode of the DOA measurements of microphone arrays

[†]Motomi Honda, Koji Tsukada

[‡]Faculty of Systems Engineering Wakayama University

予備実験として、和歌山大学の第2グラウンドで440Hz, 600Hz, 1000Hzを1秒ごとに切り替える音を作成し、センサノードが発生させる音として用いた。マイクロホンアレイ (ReSpeaker USB Mic Array) にて計測する。このマイクロホンアレイからは1秒に1回計算されたDOAが出力される。マイクロホンアレイに設定された角度の0度方向から1mから1mごとに5mまでの距離で80~100dBの音を出すBluetoothスピーカーからそれぞれ音を30秒間計測し、平均値と最頻値の計算を30秒ごとで計10回行う。このマイクロホンアレイは製品の仕様上、5m以内の計測を対象としているので5mまでで実験を行った。この結果を元に角度を入力することで誤差を生じさせる関数を制作した。

以下に処理手順の擬似コードを示す。

擬似コード

```
//全ノードの自ノード以外の音圧の分散を計算し最小のものを基準ノードに設定する関数
Dispersion(all_Node)
return Node.Number
//基準ノードの座標を(0,0)に設定する関数
Basenode_coord(Node.Number)
return Basenode
//基準ノード(既知ノード)からの近隣候補ノードを選択
Neighborhood(Basenode.Number,all_node.number)
return Node.Number1 Node.Number2 Node.Number3
//三点の内角を計算
in_ang(Number1.angle,Number2.angle,Number3.angle)
return angle1,angle2,angle3
//各内角から正弦定理を用いてノード間の距離の比を計算
(1,3ノード間の距離を10とした場合)
line13 = 10
line12 = line13 / Sin(angle2) * Sin(angle3)
line23 = line13 / Sin(angle2) * Sin(angle1)
//ノード間距離の比から基準座標からの座標を推定
NodeNumber.coord[x]=line*Cos(NodeNumber.angle))
NodeNumber.coord[y]=line*Sin(NodeNumber.angle))
count++
//全てのノードの座標を推定しているか?
for count in range(end_node.Number)
if count == end_node.Number
break
//既知ノードの近隣候補ノードを選択
Neighborhood(Node.Number,all_node.number)
//三点の内角を計算
in_ang(Number1.angle,Number2.angle,Number3.angle)
//各内角から正弦定理を用いてノード間の距離の比を計算
(既に推定しているノード間距離にて共有している距離をxとする)
line13 = x
line = line13 / Sin(angle2) * Sin(angle3)
line = line13 / Sin(angle2) * Sin(angle1)
//ノード間距離の比から基準座標からの座標を推定
NodeNumber.coord[x] = line * Cos(NodeNumber.angle))
NodeNumber.coord[y] = line * Sin(NodeNumber.angle))
count++
```

評価は、先行研究同様、事前に正確にセンサノードを配置し、正確な角度を把握したデータを用意し、正解のノード関係配置図とする。シミュレーションには、ノード間の角度を入力し、制作した分布関数により、DOAの精度を再現する。そこで、再現されたDOAを用いて三角比を利用してノードの位置関係を推定する。推定結果と正解の配置図を比較することで、本手法の精度を検証し、先行研究の精度と比較する。また、本手法でDOAの誤差がどのようにセンサノード位置関係推定に影響を及ぼすかを確認する。実際のノード配置座標と推定結果の座標の距離を誤差として評価を行っていく。本研究では先行研究と条件を合わせるために、センサノードを4つ配置した場合、6つ配置した場合、8つ配置した場合でシミュレーションを行う予定である。

5.おわりに

本研究ではDOAを取得した後、平均値に近い最頻値を用いることでDOAによる誤差を減らす手法を提案した。しかし先行研究と比べてDOAの計算に時間がかかってしまう点が問題として挙げられる。よって他の位置推定手法を組み合わせたり、他の計算方法を用いたりすることで先行研究と同程度の時間でより高い推定精度を実現できるのが好ましいと考えるので検討が必要である。

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] 石橋 龍一, 塚田 晃司: 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関係の推定システムの提案と検討, 第85回全国大会講演論文集 Vol.2023, No.1, pp.127-128 (2023) .

[2] 細川 侑嗣, 村田 正幸: マイクロホンアレイの無線ネットワーク化による野外環境下での音源位置推定システムの実装と評価(2018-2)