

UAV を用いたモバイルセンシングシステムにおける スケジューリング機構

貝塚 千穂 横田 裕介

日本女子大学理学部数物科学科

1 はじめに

従来のセンサネットワークシステムでは、固定型ノードによるセンシングが一般的であった。しかし、そのノードを移動体に変えることで柔軟なセンシングが可能になり、センシング対象の幅も広がりつつある。本研究では Unmanned Aerial Vehicle (以下 UAV) を用いたセンシングにおけるフレームワークについて検討する。移動体を用いてセンシングを行うためには、まずセンシング動作のスケジューリングについて考える必要がある。サンプリングレートを決定し、移動のタイミングを決める。また、バッテリー消費時の適切な動作を定める必要もある。本稿では UAV 2 台での協調動作によるセンシングを想定し、移動スケジューリングの決定、スケジューリングアルゴリズムの検討、実機による動作確認を行う。

2 移動体を用いたセンシングシステム

移動体を用いたセンシングシステムとしては、固定型ノードでセンシングを行い、そのデータを移動体を用いて収集し、ホストまで届けるという方式と、移動型ノードのみでセンシングとデータ配送までを行う方式の 2 種類が考えられる。本研究では、後者の方式について検討する。後者の方式は、ノードの設置作業が不要になることから、より柔軟なセンシングが可能になる。

本研究では移動型ノードとして UAV を用いる。これまでに、UAV を用いたセンシングシステムにおけるスケジューリングについての検討[1]を行ってきたが、ここでは実際にスケジューリング機構を実装し、動作の確認までを行うことを目標とする。UAV の位置制御については、UAV に搭載されたカメラを用いた方式[2]などの研究が行われてきている。本稿では、位置制御については既存の手法を用いることを前提とし、主に時間制御に関する検討を行う。

2.1 移動型ノードの動作の決定

移動型ノードを用いてセンシングを行う場合、次のような手順でノードの動作を決定する。まず、観測対象となる範囲を決定する。次に、その範囲を適切な大きさに分割し、1 台の移動型ノードで観測す

るエリアを定める。さらに、分割された各エリアの中で、センシングを行う地点を定める。センシング地点の数・密度は、センサやアプリケーションの種類によって決まる。通常、偏りが生じないように、均等に割り当てる必要がある。最後に、定められたセンシング地点を巡回するように、ノードの移動スケジュールを決定する。

2.2 課題

前節で述べたスケジュールを決定するためには、いくつかの検討事項が挙げられる。

まず、各センシング地点では、通常望ましい観測間隔、すなわちサンプリングレートが定められる。従って、移動型ノードは、各センシング地点に一定時間間隔ごとに定期的に訪れることが求められる。移動型ノードの移動速度には上限があるので、観測対象エリアの広さやセンシング地点の数によっては、サンプリングレートを守ったセンシングを行うことが難しい場合が生じる可能性がある。また、サンプリングレートを守るためには移動が早すぎても遅すぎてもいけないので、適切な移動スケジュールを事前に求めておく必要がある。

次に、複数の移動型ノードを用いて観測を行う場合、ノード間でのセンシングデータの受け渡しが必要になることが多い。この場合、観測対象エリアが隣接するノード間で、特定の地点においてセンシングデータの受け渡しのための通信を行う必要がある。そのため、受け渡しを行う二つのノード間で、通信を行う地点とタイミングを定め、定期的にその地点に訪れることを保証する必要がある。これを実現するためには、二つのノード間で移動スケジュールの調整を行う必要がある。

3 UAV を用いたモバイルセンシングシステム

本章では、2.2 節で挙げた課題を解決するシステムを提案する。

図 1 にシステムの概要を示す。ノード A の観測範囲をエリア A、ノード B の観測範囲をエリア B とする。複数の移動型ノードで協調動作しながらセンシングを行うため、ノード間でデータの受け渡しを行う必要がある。ノード間の通信可能範囲を考慮すると、地点 X のようなノード同士が接近できる場所で通信を行うことが望ましい。そのためには同じタイミングで地点 X に到達するようにノードの移動スケ

A scheduling mechanism for a mobile sensing system using UAV

Chiho Kaizuka, Yusuke Yokota, Dept. of Mathematical and Physical Sciences, Faculty of Science, Japan Women's University

ジューリングを調整する必要がある。

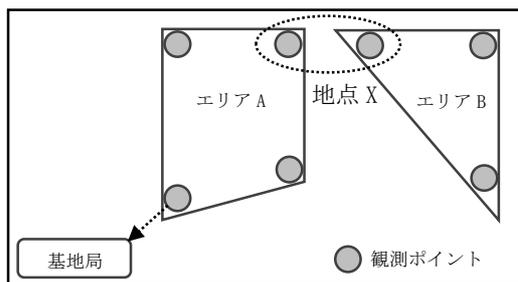


図1 システム概要

ノードの移動時間も考慮する必要がある。ノードの移動速度が遅すぎると、サンプリングレートを満たせない場合がある。ここでは単純化のため、ノードの速度 v は一定とし、移動時間は移動距離 d を v で割ることで求める。移動距離 d は移動前後の観測地点の座標から求める。

3.1 スケジューリングに必要な情報と調整

移動スケジュールを決定するにあたり、2.1節で挙げた次の要素はあらかじめ与えられるものとする。

- 観測対象範囲の指定とその分割方法
- 各エリア内のセンシング地点の位置情報
- ノード間通信地点
- 基地局との通信地点（基地局との通信が可能なノードのみ）

また、各センシング地点でのサンプリングレートはユーザから与えられるものとする。そのほか、センサやUAVの機能および性能によってあらかじめ定められるパラメータとして次のものがある。

- ノードの移動速度
- ノードの離着陸に要する時間
- 1回のセンシングに必要な時間

以上の情報に基づいて、移動スケジュールを作成する。このとき、次の制約条件を満たすスケジュールとすることが求められる。

- 各センシング地点において指定サンプリングレートに従ったセンシングを行うこと
- 2台のノードのノード間通信地点への到着タイミングが合うこと

3.2 移動スケジュールの決定

ノードの動作は、(a)センシングおよびノード間通信、(b)離陸、(c)移動、(d)着陸、(e)待機の5つの要素をこの順番で1単位としてスケジューリングする。動作(a)では、センシングとノード間通信動作を並行して行うものとする。なお、必要がない地点ではノード間通信は行われない。ここで、動作(a)(b)(d)に要する時間は定数値となるものとする。また、動作(e)は、一定時間間隔でセンシングを行うための調整時間および、他の動作に要する時間に誤差が生じた場合のバッファとして用いられる。

動作(c)に要する時間は、センシング地点間の距離とノードの移動速度 v によって定まる。ノード i から次のノードまでの移動に要する時間を t_i としたとき、ノードがエリアを1周するために要する時間は $\sum t_i$ となる。また、サンプリングレートから求められるセンシング周期を T とすると、サンプリングレートを遵守したセンシングを行うためには $\sum t_i \leq T$ を満たす必要がある。これが満たされない場合は、エリアの分割方法や、センシング地点の数・位置を変更することになる。

2台のノードはいずれも周期 T でノード間通信地点に到着することは保証されているため、ノード間通信地点における2台のノードの到着タイミングを合わせるためには、ノード間通信地点から両ノードの動作を開始するか、別地点から動作を開始する場合、一方のノードの動作開始時刻を調整すればよい。

4 実装と評価

本研究ではUAVとして2台のAR.Droneを用いる。開発はVisual Studio2015上でAR.Droneの制御フレームワークであるCV.Droneを用い、C++言語で記述する。

評価項目としては、各種動作開始時刻の遅延、データ転送に要する時間、およびデータ転送率を検討している。動作開始時刻については、スケジューリング結果として求められた時刻と、実際に動作が開始された時刻の差を求めて評価する。また、データ転送に要する時間(レイテンシ)については、センシングが行われた時刻と、そのデータが実際に基地局に到着した時刻の差を求めて評価する。データ転送率は一定時間の中で取得しているべきデータ量と実際に取得できたデータ量を比較することで評価する。

5 おわりに

本稿では、UAVを用いたセンシングシステムにおけるスケジューリング機構の開発について述べた。今後は、実装および評価作業を進め、実際にシステムを稼働させる際の課題について検討を行う予定である。

参考文献

- [1] 石川久嗣, 横田裕介, 大久保英嗣. 自律飛行体ノードによる無線センサネットワークのための移動スケジューリング手法, 信学技報, vol.114, no. 418, ASN2014-116, pp. 55-60, 2015年1月.
- [2] J. Engel, J. Sturm, D. Cremers, Scale-Aware Navigation of a Low-Cost Quadcopter with a Monocular Camera, In Robotics and Autonomous Systems (RAS), Volume 62, Issue 11, pp.1646-1656, Nov.2014.