

ボロノイ図による移動センサノードの走行経路生成

山本 真也^{1,a)} 勝間 亮^{2,b)}

概要：著者らは、これまでに、間取り図とそこに固定配置されたセンサの数と配置が既知であるスマート環境において、間取り図やセンサ配置図から生成したボロノイ図によって効率的な自律移動ノードの移動経路を決定するためのアルゴリズムを提案している。本デモンストレーションでは、この手法を用いて、与えられた間取り図から自動経路の生成の実演を行う。

1. はじめに

スマートホームやスマートオフィスなどのスマート環境において、移動ノードは、固定配置されたセンサでは観測できない領域に移動し環境情報をセンシングしたり、物理的にネットワークから分断されたセンサからセンシング情報を収集したり、監視カメラで観測できない領域を警らしたり、掃除ロボットのように特定のタスクを解決したりすることを目的として用いられる。今後、各種情報家電の自動制御や環境モニタリングをはじめとして、様々な目的を持ったアプリケーションがホームサーバで複数同時に稼働することが予想される。

このような環境において、複数のアプリケーションが移動ノードを動作させることを想定したとき、アプリケーションごとに使用する移動ノードが決まっている場合には、特定のタスクをスケジュール通りに解決するためだけの移動ノードが多数導入されることになる。1台の移動ノードを複数のアプリケーションで共有する場合には、それぞれのアプリケーションが個々の目的を達成するために移動ノードを占有して動作させてしまうと、移動ノードは短い間隔で似たような経路を何度も移動することになる。このような空間的・時間的に冗長で非効率な移動ノードの運用は避けるべきである。

著者らは、この問題を解決するための手法として、様々なセンサや無線通信モジュールを備えた複数のタスクを解決できる汎用性の高い多目的移動ノードを1台だけ導入し、一度の巡回で複数のタスクを解決できるシステムと、移動ノードの経路を効率的に生成する移動ノード経路探索アルゴリズムを提案してきた [1]。

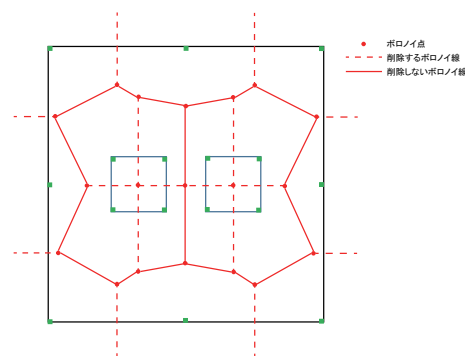


図 1 走行可能路

本デモンストレーションでは、特に、後者の移動ノード経路探索アルゴリズムについて、任意の間取り図とセンサ配置を与えると移動ノードの移動経路を生成するプロトタイプシステムのデモンストレーションを行う。

2. 提案手法

著者らは、これまでに、移動ノードの移動経路探索アルゴリズムとして、目的・用途別にレイヤ分割したベクタ形式のマップからボロノイ図を作成し、それらを重ね合わせることで、ボロノイ線による経路を算出する手法を提案している [1]。この移動ノードの移動経路探索アルゴリズムは、走行可能路決定フェイズ、通過点決定フェイズ、走行経路決定フェイズの3つのフェイズからなる。

走行可能路決定フェイズ

移動ノードの走行経路を決定するための準備として、移動ノードが走行可能な通路を算出する。まず、壁と仕器の配置をあらわす頂点集合と線分集合をフロアマップとして用意する。このとき、簡略化するため、仕器が矩形でない場合には、それを内包する矩形の頂点と線分を仕器として扱うものとする。矩形の向きは問わない。また、本アルゴリズムで用いるボロノイ図が母点間の垂直二等分線を用いた領域分割であるという性質上の制約から、仕器が配置さ

¹ 山陽小野田市立山口東京理科大学

² 大阪府立大学

^{a)} shiny-ya@rs.tusuy.ac.jp

^{b)} katsuma@cs.osakafu-u.ac.jp

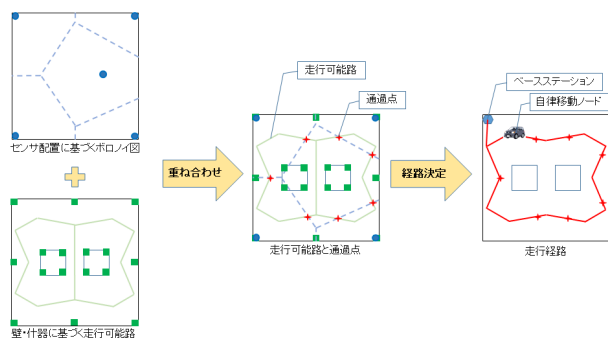


図 2 走行経路の決定

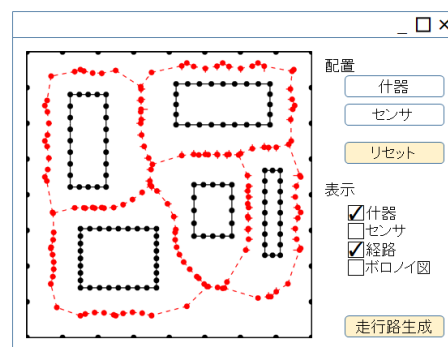


図 3 アプリケーションイメージ

れていない場合には、対象空間の中央に頂点を置き、仮想的な什器として扱うこととする。次に、フロアマップの頂点集合を母点するボロノイ図を作成し、フロアマップの線分集合と交点を持つボロノイ線を削除する。また、ボロノイ線の削除によってできたどの線分とも接続されていないボロノイ点を削除する。この操作によって残ったボロノイ線とボロノイ点は壁と什器の間を通る通路の一部である線分集合とそれをなす頂点集合となり、移動ノードが走行可能な経路の集合としてみなすことができる。このようにして生成された頂点集合を走行可能点、線分集合を走行可能路、これらからなるマップを走行可能マップと呼ぶ。もし、生成された走行可能路が閉路になっていない場合には、壁や什器を内包する矩形の線分集合について、それぞれの線分の中点を新たに頂点として追加し、閉路が生成されるまで繰り返す(図1)。

通過点決定フェイズ

通過点決定フェイズでは、タスクを解決するために通過すべき地点の導出を行う。このフェイズでは、センサ配置マップやセンサ通信可能領域マップなど目的に応じたマップを用いる。

提案手法における移動ノードを利用する目的は、観測領域が任意の点であり、なるべくセンサから離れた領域への移動を目的とするデッドスポット探索、センサがもつ領域内に移動ノードを移動させることを目的とする領域内探索、センサがもつ領域外に移動ノードを移動させることを目的とする領域外探索、の3つであると仮定する。これらの目的を達成する経路を決定するために、通過すべき点(以後、通過点と呼ぶ)を生成する。デッドスポット探索において、移動ノードを使って観測精度を向上させるためには、なるべく固定配置されたセンサから離れた位置に移動ノードを移動させ、その領域を観測することが望ましい。そこで、センサ配置マップからセンサ位置を母点とするボロノイ図を生成する。このボロノイ図を走行可能マップと重ね合わせたときの交点は、センサから遠く、かつ、ノードが移動可能な地点となる。領域内探索では、固定配置されたセンサの対象能領域内に移動ノードを移動させる必要がある。対象となるセンサの観測領域マップと走行可能マップを重

ね合わせ、各センサの観測領域と走行可能路の交点を通過点とする。領域外探索では、固定配置されたセンサの観測領域をできる限り避けることが望ましい。対象となるセンサの観測領域マップと走行可能マップを重ね合わせ、各センサの観測領域に含まれない線分の中点を通過点とする。走行経路決定フェイズ

走行経路決定フェイズでは、まず、走行可能マップにベースステーションを移動ノードの初期位置となる頂点として新たに追加し、それを一番近い走行可能点と線分で結ぶ。次に、作成した通過点集合を走行可能マップに重ね合わせ、すべての通過点を走行する経路(以後、走行経路と呼ぶ)をなるべく未通過の通過点を持つ線分を選択する貪欲法によって生成する。すべての通過点を通過できる経路を作成できたら、ベースステーションとの距離が近い頂点をもつ線分を選択しつづけることによって帰路を作成する(図2)。

3. デモンストレーション

本デモンストレーションでは、図3のようなプロトタイプアプリケーションの実演を行う。実演するアプリケーションでは、什器などの障害物を模した矩形の位置・サイズ・数、固定配置センサの位置・有効範囲をGUIを用いたマウス操作によって決定した後、走行路生成ボタンを押下すると、設定した環境下における移動ノードの移動可能路を提案アルゴリズムによって計算し、描画する。これによって、提案アルゴリズムにおける移動経路生成の妥当性を直観的に示す。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17K12676 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 山本 真也, 勝間 亮: "移動センサノードのためのボロノイ図による巡回経路生成アルゴリズムの提案", 第25回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2017), pp.9-15, 2017.