

学習オートマトンによる位置情報利用型ルーティングの低次元化

岡田 康[†] 原 元司[†] 渡部 徹[†] 加藤 聡[†] 釜谷 博行[‡]

松江工業高等専門学校[†] 八戸工業高等専門学校[‡]

1. はじめに

我々は、これまでに通常の自動販売機に安価な小型コンピュータを組み込んだ緊急通信ネットワークを提案してきた。このネットワークは、3次元空間に適用可能な位置情報利用型ルーティングに、機械学習の一種である学習オートマトンを組み込んでいる。提案システムは、従来手法に比べて省電力化すると共に、高低差がある地形においても良好な性能を発揮できる。

一方、現実の国内における地形の多くは、高低差を考慮しない2次元空間の扱いで十分であると考えられる。このことから、パケット到達率が低くなる可能性が高い高低差がある領域で3次元ルーティング手法を、高低差が小さい領域で2次元ルーティング手法を用いる方法が考えられる。ルーティング手法を切り替える領域を適切に設定できれば、3次元ルーティングで得られるパケット到達率を維持したうえで省電力化と省資源化を実現できると考えた。

そこで、本研究では著者らが提案する3次元位置情報利用型ルーティングを2次元空間に低次元化した場合の性能評価と考察を行う。

2. 位置情報利用型ルーティング

著者らは災害時の通信インフラ途絶時に通信環境を提供する災害対応型自動販売機システムを考案した。このシステムでは、バッテリーとLPWA(Low Power Wide Area)機能⁽¹⁾を備える安価なコンピュータシステムを通常の自動販売機に収納し、災害時に緊急ネットワーク網として機能させる。具体的には、同様の機能を有する自動販売機間でパケット中継を行い、LPWAによるマルチホップネットワークを構成することで、非常用の緊急通信回線を形成する。

LPWAは、通信速度がbpsからkbps単位の範囲と低速であるが、最長50kmの長距離通信が低消費電力で可能となっている。しかし、災害時

には機器の故障やバッテリー切れによる電源喪失など、ネットワークトポロジ(ネットワーク構成)の動的な変化が予想される。このことから、センサネットワークの分野における経路制御方式の1つである位置情報利用型ルーティングの一種であるBGR(Blind Geographic Routing)⁽²⁾を採用することにした(図1)。

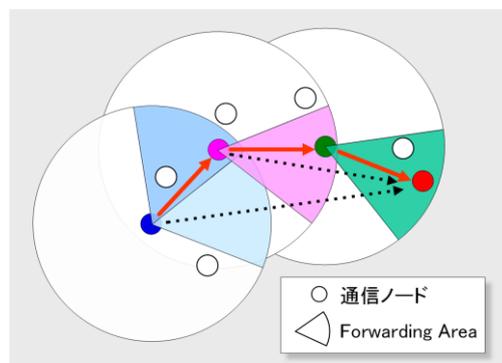


図1 2次元空間におけるBGRの実行例

BGRは、通信ノードの位置情報に基づいたルーティング手法で、パケットの中継ノードを選出する際に、Forwarding Areaと呼ばれる特別な領域を宛先ノード方向に設定する。このことで、ブロードキャスト通信による一斉送信・受信を避けることが可能となり、パケットの到達率を維持しながら省電力化を実現することが可能となる。また、初期位置に設定したForwarding Area内に中継ノードが見当たらない場合は、初期位置から一定の角度でForwarding Areaを移動するリカバリー処理を行うことで、パケット到達率を向上させる。

著者らは、BGRの性能改善を目的として、BGRに学習オートマトンによる機械学習機能を組み込んだ^{(3),(4)}。

3. 学習オートマトン

学習オートマトン(以下、LAと略記する)は、確率的環境下で生物と似た振舞いをする学習モデルの一種である(図2)。

Reducing Dimension of 3D Geographic Routing Protocol with Learning Automata

[†]Kou Okada, Motoshi Hara, Toru Watanabe, Satoru Kato
National Institute of Technology, Matsue College

[‡]Hiroyuki Kamaya
National Institute of Technology, Hachinohe College

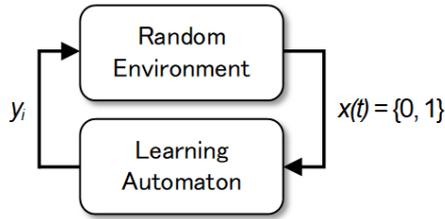


図2 学習オートマトンと確率的環境

具体的には、LA は離散的な時点において1つの行動を選択し、その行動の評価を示す応答(未知確率分布に従う損失を示す実数値)を、確率的環境から取得する。LAはこの応答に基づいて、自身の確率的構造を強化法と呼ばれるアルゴリズムによって改変する。LAの目標は、確率的環境との相互作用により、環境から得られる応答の期待値が最適となる行動を選択することにある。

LAは、強化法などによっていくつかの種類に分類されるが、便宜上LR-Iなどの強化法を持つタイプを α -タイプ、著者らの研究グループによって提案されたベイズ学習に基づくタイプを β -タイプと呼ぶことにする。

4. 提案手法

提案手法では、パケットを送信する通信ノードのLAが周辺に点在する通信ノードの分布密度を推定し、BGRにおけるForwarding Areaの初期角度を適応的に調整する機能を実現する。この際に用いるLAが α -タイプの場合を α -BGRとする。

α -BGRにおいては、パケットを送信するノード(災害対応型自動販売機に設置したSBCに相当)周辺を8等分の3次元領域に分割し、各領域別に α -タイプLAをそれぞれ一つずつ配置する。各LAは周辺のノード密度に応じて、Forwarding Areaの初期角度を候補となる行動集合から確率的に選択する。

行動選択の評価(応答)は、中継ノードに対するパケット送信時間とForwarding Areaの初期角度の積とした。LAの目標は、パケット送信時間とForwarding Areaの初期角度の大きさの積が最小(=パケットの送信成功率が高く、かつ消費電力が最小)となるForwarding Areaの初期角度を学習によって決定することである。

本研究では、上記の高低差を含む位置情報による3次元ルーティングではなく、2次元位置情報に基づく2次元ルーティング手法を実装しその特徴を調べた

5. シミュレーション及び考察

図3にBGR、2次元平面限定型/3次元空間対応型の α -BGRにおける各ノードのLPWAによる通信距離とパケット到達率の関係を示す。

なお、シミュレーション環境は、半径1,360[m]、高低差 ± 200 [m]の円柱状の3次元領域中に150ノードをランダムに分布させた場合の結果である。図3から、2次元 α -BGRが3次元 α -BGRに比べて、性能が劣化していることがわかる。

一方で、2次元 α -BGRは学習オートマトンの数が3次元 α -BGRに比べて4個に半減し、リカバリー処理の回数も1/2にまで抑制できることから、消費電力やメモリ使用量といった計算資源の面で有利である。

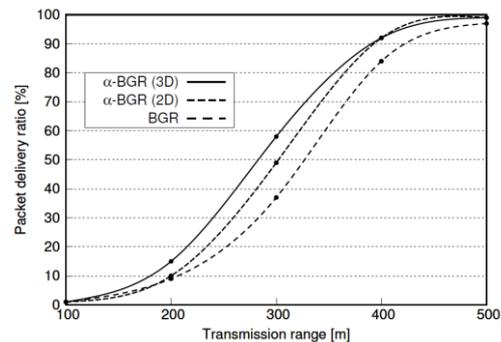


図3 各手法別におけるパケット到達率

6. おわりに

本研究では、災害時にも利用可能な緊急通信ネットワークとして、オリジナルのBGR、3次元 α -BGR、2次元 α -BGRの3手法についての各種指標の比較による性能評価を行った。今後は、この結果から2次元 α -BGRをベースとし、高低差がある領域について3次元 α -BGRを取り入れた新しいルーティング手法を開発する予定である。2次元 α -BGRは、3次元タイプより省電力性・省資源性で有利であることから、災害時におけるさらなる長時間駆動が実現できる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 19K04974 の助成により行われた。

文献

- (1) LPWA とは？今 IoT で使われる無線通信技術を解説：
<https://www.techfirm.co.jp/blog/what-is-lpwa>
- (2) M.Witt,V.Turau : BGR:Geographic Routing in 3D, In Proc. 6th GI/ITGKuVS Fachgespräch "Drahtlose Sensornetze", pp.75-78(2007).
- (3) Motoshi Hara, et. al : Geographic Routing for 3-D Wireless Sensor Networks with Stochastic Learning Automata, Proceedings of the 48th ISICIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, pp.153-159 (2016).
- (4) 岡田 康, 他 : α タイプ学習オートマトンによる災害時緊急通信ネットワーク, 情報処理学会第84回全国大会, 6D-03 (2022).