

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

岡田 康† 原 元司† 金山 典世† 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

近年、日本国内においてはさまざまな大規模自然災害が多発している。防災や減災には緊急通信手段の確保が重要となるが、携帯電話や Wi-Fi による通信インフラが有効に活用できないことが問題となっている⁽¹⁾。

一方、国内における自動販売機には、停電時でも継続稼動するものや、災害情報を表示するものなどがあるが、通信インフラ途絶時に通信の代替手段を提供するものはない。

そこで、我々は自動販売機に収納した安価な小型コンピュータ上に位置情報利用型ルーティング手法を組み込んだ緊急通信ネットワークを提案してきた。その実装には、2 種類の学習オートマトンによる機械学習機能を適用しているが、各種指標による性能比較を行っていない。

そこで本稿では、2 種類の学習オートマトンによる緊急通信ネットワークについて、いくつかの観点から性能評価を行った結果を報告する。

2. 災害対応型自動販売機とその現状

近年、地震および台風による豪雨や大雪など、さまざまな大規模自然災害が国内で多発している。減災には、緊急連絡手段の確保が重要となるが、携帯電話や Wi-Fi による連絡手段では上位回線の途絶や通信の集中によって、災害時に有効ではない場合がある。

一方、災害時に各種のサービスを提供する自動販売機が、いくつか実用化されている。たとえば、非常時用バッテリーにより停電時でも稼動するだけでなく、災害救援機能として遠隔地での操作による飲料品の無償提供や、メッセージボードに災害情報を表示可能なものが開発されている⁽²⁾。ただ、これらの機能は一方であり、救援要請や被災状況の伝達など、情報発信機能は組み込まれていない。

また、災害時に通信インフラとして活用できる Wi-Fi 搭載自動販売機も提案されており、無料で利用可能な Wi-Fi スポットとして稼動する機能を備える。しかし、上位回線の途絶時には Wi-Fi スポット自体が無効になってしまう。

以上のような災害対応型自動販売機は、国内全体の 220 万台の自動販売機⁽³⁾のうち 7 万台に過ぎない(2018 年

時点)。さらに設置場所については、自治体関連施設等での利用が想定されている。このため、災害対応型自動販売機は、災害を想定したすべての地域に普及していないのが現状である。

3. 位置情報利用型ルーティング

以上の現状を鑑み、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著者らは考案した。このシステムでは、バッテリーと LPWA 機能⁽⁴⁾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、緊急通信ネットワークを形成する。

LPWA(Low Power Wide Area)は、通信速度が bps から kbps 単位で低速であるが、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 BGR(Blind Geographic Routing)⁽⁵⁾を採用することにした(図 1)。

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。

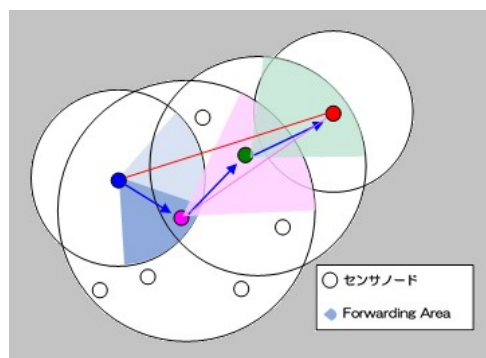


図 1 2次元空間における BGR の実行例

Emergency Communication Network in the Severe Disaster based on alpha-type Learning Automata

†Kou Okada, Motoshi Hara, Noriyo Kanayama, Toru Watanabe, Satoru Kato

National Institute of Technology, Matsue College

‡Hiroyuki Kamaya

National Institute of Technology, Hachinohe College

また、BGR は、センサネットワークにおいて、3次元空間でのルーティングを可能とする唯一の成功例であると考えられており、パケット到達率や各種の指標において良好な性能を有することが知られている。

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^{(6),(7)}。

4. 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)。

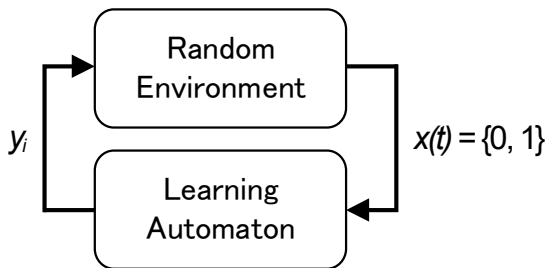


図2 学習オートマトンと確率環境

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(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変更する。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 L_{R-1} などの強化法を持つタイプを α タイプ、発表者らの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。

5. 提案手法

提案手法では、パケットを送信する通信ノードが、周辺に点在する通信ノードの分布密度を LA が推定し、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 β タイプの場合を β -BGR、 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つの3次元領域に分割し、各領域別に α タイプ LA を配置する。これらの各 LA は、Forwarding Area の初期角度を周辺のノード密度に応じて、候補から適応的に選択する。

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 の初期角度の大きさの積とした。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。

なお、 α タイプ LA においては、 SL_{R-1} と呼ばれる強化

法を用いた。

6. シミュレーション

図3に BGR, β -BGR, α -BGR における各ノードにおける LPWA の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。

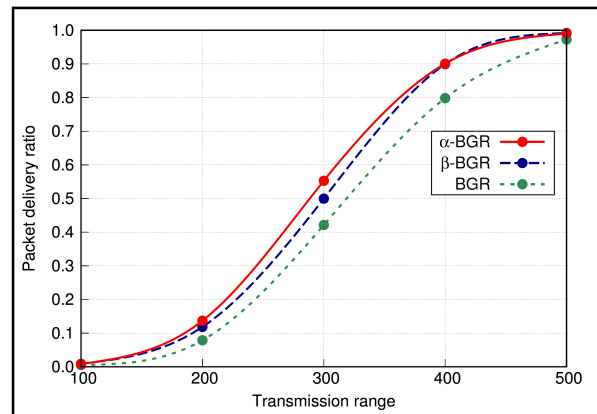


図3 各手法におけるパケット到達率

7. おわりに

本研究では、災害時にも利用可能な緊急通信用ネットワークとして、3種類の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、提案手法による緊急通信ネットワークシステムを現実の SBC 上に実装し、実システムでの運用による性能評価を行う予定である。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 19K04974 の助成により行われた。

文献

- (1) 大震災の年の終わりに～次の災害への備え～ : <https://www.nhk.or.jp/seikatsu-blog/800/104889.html>
- (2) ネットワーク化する自販機 : <https://www.nttcom.co.jp/comzine/no060/newdragnet/>
- (3) 一般社団法人 日本自動販売システム機械工業会 : <https://www.jvma.or.jp/>
- (4) 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>
- (5) M. Witt, V. Turau : BGR: Geographic Routing in 3D, In Proc. 6th GI/ITGKuVS Fachgespräch "Drahtlose Sensornetze", pp.75-78(2007).
- (6) Motoshi Hara, et. al : Geographic Routing for 3-D Wireless Sensor Networks with Stochastic Learning Automata, Proceedings of the 48th ISCTE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, pp.153-159 (2016).
- (7) 岡田 康, 他 : 災害対応型自動販売機による緊急通信ネットワークの性能評価, 令和3年電気学会全国大会, 3-074 (2021).