

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：25403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700073

研究課題名(和文) 自律分散クラスタリングに基づく異種モバイルアドホックネットワーク間相互接続技術

研究課題名(英文) An inter-domain routing scheme based on autonomous clustering for heterogeneous mobile ad hoc networks

研究代表者

大田 知行 (Tomoyuki, Ohta)

広島市立大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：90347617

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：モバイルアドホックネットワークは移動可能な無線端末によって構成される無線ネットワークである。利用用途として、車車間通信による渋滞情報の通知や、被災地での安否確認が挙げられ、利用用途に応じたルーティングプロトコルを使用される。そのため、異なるルーティングプロトコルを採用するネットワークが混在する環境が生まれる。本研究では、異種ネットワーク間の通信を実現するために、自律分散クラスタリングに基づくネットワーク間ルーティングを提案した。自律分散クラスタリングを用いることにより、ネットワーク間のネットワークゲートウェイとなるノードをネットワークトポロジの変化に応じて動的に変更することができる。

研究成果の概要(英文)：A mobile ad hoc network (MANET) is a network that consists of mobile wireless terminals without the aid of the base station. It is expected that MANETs are utilized for various purpose such as traffic jam information announcement for vehicles and safety confirmation system in the disaster. Each MANET uses a routing protocol adaptive for the purpose of use. Therefore, utilizing the common routing protocol for multiple MANETs is difficult, and each MANET uses a different routing protocol. In this paper, we propose an Autonomous Clustering-based Inter-Domain Routing protocol to communicate between different MANETs. Because of the autonomous clustering, the proposed inter-domain routing scheme can adaptively change the network gateways between MANETs according to the network topology change.

研究分野：計算機システム・ネットワーク

キーワード：モバイルアドホックネットワーク ルーティング クラスタリング 異種性

1. 研究開始当初の背景

モバイルアドホックネットワーク (MANET) は基地局に依存しない、移動可能な無線端末 (ノード) によって構成される無線ネットワークである。MANET は様々な利用用途が想定されており、車車間通信による渋滞情報の通知、イベント会場での情報配信や被災地での安否確認などがある。MANET はノードの移動速度やトラフィック量などのネットワーク特性により、使用するルーティングプロトコルが異なるため、MANET を形成した各グループがその利用用途に適したルーティングプロトコルを使用することが想定される。そのため、複数の MANET のルーティングプロトコルは統一されておらず、異なるルーティングプロトコルを採用する MANET が混在する環境 (異種 MANET 環境) が生まれる。複数の異なる MANET があるエリアに存在し、多くのノードが集まっている状況において、異種 MANET 間通信が可能であれば、多くの情報の共有や配信をすることができる。特に通信インフラが使用できない場合など、複数の MANET を接続することにより、比較的大きなネットワークを構築することができ、即席のネットワークとして使用することが可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、異種 MANET 環境において、異種 MANET 間通信を実現するためのルーティング手法について提案する。提案法は、ネットワークゲートウェイとなるノードを選択するために自律分散クラスタリング手法を、経路構築のために ATR (Ad hoc Traversal Routing) を用いる。ATR は異種 MANET 間の通信を実現するために、異なるルーティングプロトコルの制御メッセージを、各 MANET で用いられているルーティングプロトコルの制御メッセージに変換し、転送を行う。異種 MANET 間で ATR を動作させるネットワークゲートウェイ (NwGW) と呼ばれるノードがお互いに隣接することで、通信が可能となる。しかしながら、MANET 環境ではノードの移動が想定されるため、ネットワークトポロジの変化に応じて動的に NwGW を選択する必要があるため、自律分散クラスタリングに基づく NwGW 選択手法を用いる。自律分散クラスタリングは、ネットワークをサブネットワークに分割し、効率良くネットワークを管理する手法である。

3. 研究の方法

提案法では自律分散クラスタリングに基づき、NwGW を動的に選択し、異種ネットワーク間ルーティングを行う。図1に提案法のノードアーキテクチャを示す。提案法では、ノードは各ネットワークで採用するルーティングプロトコル、ATR、自律分散クラスタリングの三つのプロトコルが必要である。口

ーカルルーティングプロトコルは各ネットワークでのルーティング、ATR は異種ネットワーク間のルーティング、自律分散クラスタリングは NwGW の管理に用いる。

提案法は、まず、自律分散クラスタリングにより、各ネットワークでクラスタを形成する。この時、クラスタを形成する際に使用される MEP、MAP を用いて、異種ネットワークの情報をクラスタヘッドは収集する。クラスタヘッドはこの情報を基に異種ネットワークとの接続性が高いクラスタメンバを NwGW に選択し、通知する。異種ネットワーク間の NwGW 同士が隣接することで、異種ネットワーク間通信が可能となる。NwGW が移動し NwGW 同士が離れた場合、クラスタヘッドはクラスタメンバから新たな NwGW を選択することで、継続的に NwGW 同士の隣接を保证する。

提案法ではすべてのノードに ATR の機能を持たせることにより、ゲートウェイとして機能する。自律分散クラスタリングにより、ノードをクラスタによりグループ化し、クラスタを管理するクラスタヘッドがクラスタ内ノードと隣接クラスタの情報を集めている。これらの情報に基づき、ネットワークトポロジの変化に応じてノードをゲートウェイとして動的に選択しているため、ネットワークトポロジに依存することなく、局所的に最適化されたゲートウェイを選択することにより、既存方式の問題点を解決している。

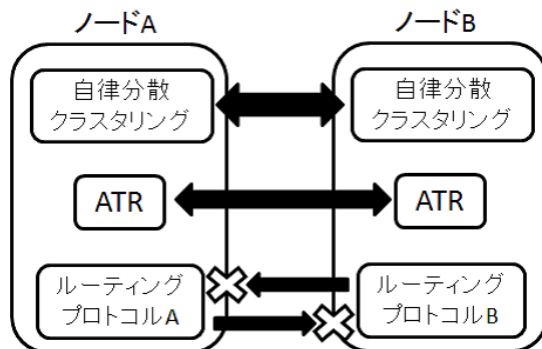


図1. 提案法のノードアーキテクチャ

4. 研究成果

提案法をネットワークシミュレータ QualNet に実装し、歩行者と車両の二つのネットワークが混在する異種ネットワーク間通信を想定した実験を行い、提案法の性能を評価している。

4-1 実験方法

シミュレーション実験における実験環境として、人の持つモバイルノードで構成されるネットワーク (Network1) と自動車ノードで構成されるネットワーク (Network2) の二つのネットワークを用意する。Network2 は Network1 より、ネットワークアドレスが大きい。また、シミュレーションフィールドを二つの領域 (領域1と領域2)

に分け、Network1 のノードは領域 1 を 1~5[m/s]でランダムに移動する。Network2 のノードはすべての領域(領域 1 と領域 2)の道路上をランダムに 10~15[m/s]で移動する。

今回、Network2 の移動モデルは Bonnmotion で生成した ManhattanGrid モデルを使用する。ManhattanGrid モデルとはノードが格子状の限られた領域のみを移動する移動モデルである。各ノードは移動領域の交差地に到達した際に次の目的地、移動速度を決定する。各ノードの次の目的地は進行方向に対して前方もしくは左右のいずれかが選択される。Network1 のノード数を 100, Network2 のノード数を 100, 250, 400 に変化させる。また、クラスタサイズを変化させて実験を行う。SD ペア数を 10 ペア用意し、送信元を Network1 内のノード、宛先を Network2 内のノードとする。各クラスタが各ネットワークに対して選択する NwGW の個数を 1 とする。今回使用する GPSR は、位置情報に基づいたプロアクティブ型ルーティングプロトコルである。GPSR の経路表の更新周期は 2 秒とする。

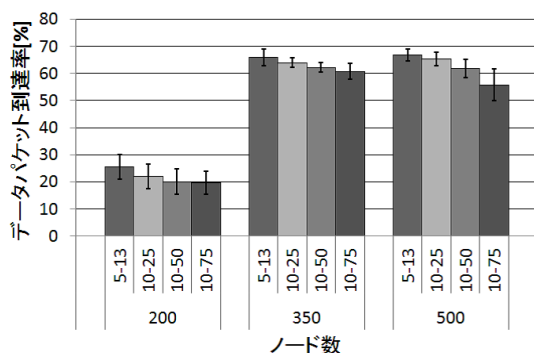


図 2. データパケット到達率

4 - 2 実験結果

図 2 と図 3 にデータパケット到達率の結果とデータパケットのホップ数の結果を示す。すべての場合において、クラスタサイズが小さくなるにつれてデータパケット到達率が向上している。クラスタサイズが小さくなるにつれてクラスタメンバから NwGW までのホップ数は減少する。それに伴い、データパケットのホップ数が減少したことにより、データパケット到達率が向上したと考えられる。ノード数が 200 の場合、Network2 ではノード密度が低く中継ノードが少ないため、経路構築が困難となり、データパケット到達率が低下したと考えられる。また、ノード数が 500 の場合、300 の場合と比較してデータパケット到達率にあまり変化がないことから、ノード密度が高く、パケット衝突が頻繁に起きたと考えられる。

本実験結果により、異種 MANET 環境における自律分散クラスタリングに基づくネットワーク間ルーティング手法の有効性を確認した。

4 - 3 今後の展望

今回のシミュレーション実験では、二つのネットワークが混在した異種 MANET 環境において実験を行ったが、今後の課題として、三つ以上のネットワークが混在した環境などについて有効性を確認していく予定である。さらに、他の手法との定量的な比較についても行っていく予定である。

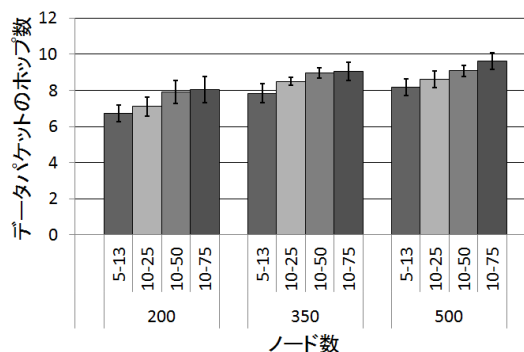


図 3. データパケットホップ数

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 11 件)

Shuhei Ishizuka, Tomoyuki Ohta, and Yoshiaki Kakuda, "A mobile agent creation mechanism for service collection and dissemination in heterogeneous MANETs," Proc. Third International Conference on Networking and Computing, The Third International Workshop on Advances in Networking and Computing (WANC), 査読有, pp.321-322, 2012, DOI:10.1109/ICNC.2012.60

Keisei Okano, Tomoyuki Ohta, and Yoshiaki Kakuda, "An autonomous clustering-based dynamic network gateway selection for heterogeneous MANETs," Proc. Third International Conference on Networking and Computing, The Third International Workshop on Advances in Networking and Computing (WANC), 査読有, pp.332-333, 2012, DOI:10.1109/ICNC.2012.64

Keisei Okano, Tomoyuki Ohta, and Yoshiaki Kakuda, "A dynamic network gateway selection scheme based on autonomous clustering for heterogeneous mobile ad hoc network environment," Proc. IEEE Global Communications Conference Workshop (G'12 Workshop), at the 7th International Workshop on Heterogeneous, Multi-hop, Wireless and Mobile Networks (HeterWNM 2012), 査読有, pp.513-517, 2012, DOI: 10.1109/GLOCOMW.2012.6477626

Tomoyuki Ohta, Shuhei Ishizuka, Takeshi Hashimoto, and Yoshiaki Kakuda, "A new mobile agent based scheme for self-organizing real-time service dissemination and collection in mobile ad hoc networks," Proc. 16th IEEE Computer Society Symposium on object/component/service-oriented realtime distributed computing (ISORC 2013), at 4th Workshop on Self-Organizing Real-Time Systems (SORT 2013), 査読有, 8 pages, 2013,
DOI: 10.1109/ISORC.2013.6913239

Shoma Nakahara, Tomoyuki Ohta, and Yoshiaki Kakuda, "Experimental evaluation of MANET based on autonomous clustering and P2P overlay network," Proc. First International Symposium on Computing and Networking (CANDAR'13), 6th International Workshop on Autonomous Self-Organizing Networks (ASON'13), 査読有, pp.480-483, 2013,
DOI: 10.1109/CANDAR.2013.85

Keisei Okano, Tomoyuki Ohta, and Yoshiaki Kakuda, "An inter-domain route maintenance scheme based on autonomous clustering for heterogeneous mobile ad hoc networks ," Proc. NexComm 2014, The Thirteenth International Conference on Networks (ICN 2014), 査読有, pp.15-20, 2014,
URL:
<http://www.thinkmind.org/index.php?view=instance&instance=ICN+2014>

Shuhei Ishizuka, Tomoyuki Ohta, and Yoshiaki Kakuda, "A Mobile Agent-based Service Collection and Dissemination Scheme for Heterogeneous Mobile Ad Hoc Networks ," Proc. NexComm 2014, The Thirteenth International Conference on Networks (ICN 2014), 査読有, pp.21-26, 2014,
URL:
<http://www.thinkmind.org/index.php?view=instance&instance=ICN+2014>

Tomoyuki Ohta, Shuhei Ishizuka, Takeshi Hashimoto, Yoshiaki Kakuda, and Atsushi Ito, "Mobile agent migration mechanism adaptive to service dissemination and collection for mobile ad hoc networks," IEICE Transactions on Communications, 査読有, vol.E97-B, no.3, pp.610-619, 2014 ,
DOI: 10.1587/transcom.E97.B.610

Shoma Nakahara, Tomoyuki Ohta, Yoshiaki Kakuda, "A routing scheme based on autonomous clustering and P2P overlay network in MANETs," Proc. 2014 IEEE 11th Intl Conf on Ubiquitous Intelligence & Computing and 2014 IEEE 11th Intl Conf on Autonomic & Trusted Computing and 2014 IEEE 14th International Conference on Scalable Computing and Communications and Associated Symposia/Workshops, 査読有, pp.518-524, 2014,
DOI:10.1109/UIC-ATC-ScalCom.2014.18

Yuri Tsutsui, Yuya Kitaura, Kaori Kikuchi, Tomoyuki Ohta, and Yoshiaki Kakuda, "Development of a Real-time System for Visualizing Network Topology and Packet Flow in MANET Field Experiments," Proc. 10th International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Network (MSN2014), 査読有, pp.151-157, 2014,
DOI: 10.1109/MSN.2014.27

Keisei Okano, Yuto Aoki, Tomoyuki Ohta, and Yoshiaki Kakuda, "An Autonomous Clustering-based Inter-domain Routing Protocol for Heterogeneous Mobile Ad Hoc Networks," Proc. 10th International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Network (MSN2014), 査読有, pp.144-150, 2014,
DOI: 10.1109/MSN.2014.26

〔学会発表〕(計 13 件)

筒井悠吏, 大田知行, 角田良明, "MANETの実証実験のためのリアルタイムなネットワークポロジとパケットフロー可視化システムの開発", 電子情報通信学会 知的環境とセンサネットワーク研究会, 機械振興会館(東京都港区), 2014年11月6日~7日.

中原翔馬, 大田知行, 角田良明, "MANETにおける自律分散クラスタリングと P2P オーバレイネットワークに基づく経路構築手法," 電子情報通信学会 第 5 回ネットワークソフトウェア研究会, 東京大学情報基盤センタ(東京都文京区), 2014年10月31日.

橋本健志, 大田知行, 角田良明, "MANETにおける情報配信のための位置情報を利用したモバイルエージェントの移動機構" 電子情報通信学会 第 5 回ネットワークソフトウェア研究会, 東京大学情報基盤センタ(東京都文京区), 2014年10月31日.

青木勇人, 大田知行, 角田良明, "MANETにおける自律分散クラスタリングのための位置情報を用いたクラスタヘッド選択手法

の評価," 電子情報通信学会 知的環境とセンサネットワーク研究会,東京大学駒場 II キャンパス An 棟 2 階 コンベンションホール(東京都目黒区), 2014 年 5 月 29 日~30 日.

青木淳一, 大田知行, 角田良明, "MANET におけるモバイルエージェントを用いたサービス情報の収集・配布機構のための動的パラメータ設定手法とその実験的評価," 電子情報通信学会 アシユアランスシステム研究会,宇都宮大学陽東キャンパス(栃木県宇都宮市), 2014 年 5 月 19 日.

岡野圭成, 大田知行, 角田良明, "異種 MANET 環境における自律分散クラスタリングによるネットワーク間経路修復手法," 電子情報通信学会ディペンダブルコンピューティング研究会, 機械振興会館(東京都港区), 2013 年 10 月 24 日.

石塚秀平, 大田知行, 角田良明, "異種 MANET 環境におけるモバイルエージェントを用いたサービス情報の収集・配布機構," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 福岡工業大学(福岡市), 2013 年 9 月 17 日~20 日.

岡野圭成, 大田知行, 角田良明, "異種 MANET 環境における自律分散クラスタリングに基づくネットワーク間経路修復手法," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 福岡工業大学(福岡市), 2013 年 9 月 17 日~20 日.

石塚秀平, 大田知行, 角田良明, "異種 MANET 環境におけるサービス情報の収集・配布のためのモバイルエージェントの移動機構," 電子情報通信学会 モバイルネットワークとアプリケーション研究会, 金沢工業大学扇が丘キャンパス(石川県石川郡野々市), 2013 年 9 月 12 日~13 日.

石塚秀平, 大田知行, 角田良明, "異種 MANET 環境におけるサービス情報の収集・配布のためのモバイルエージェントの生成機構," 電子情報通信学会 第 17 回ネットワークソフトウェア研究会, 国民宿舎小豆島ふるさと荘交流センター(香川県小豆郡), 2012 年 10 月 25 日~26 日.

岡野圭成, 大田知行, 角田良明, "異種 MANET 環境における自律分散クラスタリングに基づくネットワークゲートウェイの動的選択手法," 電子情報通信学会 第 17 回ネットワークソフトウェア研究会, 国民宿舎小豆島 ふるさと荘交流センター(香川県小豆郡), 2012 年 10 月 25 日~26 日.

石塚秀平, 大田知行, 角田良明, "異種 MANET 環境におけるネットワーク間のサービス情報の収集・配布に適應したモバイルエージェントの生成機構," 電子情報通信学

会ソサイエティ大会, 富山大学五福キャンパス(富山市), 2012 年 9 月 11 日~14 日.

岡野圭成, 大田知行, 角田良明, "異種 MANET 環境における自律分散クラスタリングに基づく動的なネットワークゲートウェイの選択手法," 子情報通信学会ソサイエティ大会, 富山大学五福キャンパス(富山市), 2012 年 9 月 11 日~14 日.

〔図書〕(計 0 件)
なし

〔産業財産権〕
○出願状況(計 0 件)
なし
○取得状況(計 0 件)
なし

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.nsw.info.hiroshima-cu.ac.jp/lab/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

大田 知行(OHTA, Tomoyuki)
広島市立大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号: 90347617