

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 12 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21300028

研究課題名（和文）グループ活動見守りシステムに適用可能なモバイルアドホックネットワーク技術

研究課題名（英文）Mobile Ad Hoc Network Technologies Applicable to Group Activities Tracking Systems

研究代表者

角田 良明（KAKUDA YOSHIAKI）

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：40233671

研究成果の概要（和文）：本研究では、グループ情報を正確にかつ安全に把握するため、ルーティング、セキュリティ、移動モデル、自己組織型送信間隔制御および送信電力制御に関する新しい要素技術を提案し、グループ活動の見守りに適用可能なモバイルアドホックネットワーク技術を開拓した。また、その実現性を示すため、Android を OS として搭載した携帯端末を用いた新世代グループ活動見守りシステムを開発し、国際会議、国内研究会、展示会で技術展示を行った。

研究成果の概要（英文）：In order to obtain group information precisely and securely, this research has proposed novel elemental technologies on routing, security, mobility model, and self-organized transmission interval and power controls and has broken new ground with mobile ad hoc network technologies that are applicable to group activities tracking systems. Furthermore, in order to show their feasibility, this research has developed a new generation group activities tracking system with Android OS and demonstrated it in international conferences, domestic technical meetings and exhibitions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
2010年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2011年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
総計	12,600,000	3,780,000	16,380,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、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、見守りシステム

## 1. 研究開始当初の背景

グループ活動には、学校の登下校、野外活動、旅行会社の団体旅行等、多種多様である。学内外での教育活動中にすべての児童が安全に活動しているかどうか等、確認を行う必要がある。また、一定数以上の参加者で構成す

るグループがまとまって行動する団体旅行等では、旅行会社の引率者はすべての参加者が安全かどうか確認を取りながら移動している。このように、グループ活動においてグループメンバーの安否等の行動状況や状態を確認することは必須の機能である。

しかしながら、グループ活動においてグループメンバーの安否等の行動状況や状態を確認する機能は、グループを構成するメンバーが活発に動き回るほど、また、メンバー総数が多くなるほど、それを実現することは困難になっていく。これらの問題を解決するために、研究代表者らは、平成17年度～平成19年度総務省戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE-C）において、スケーラビリティがあり、モバイル端末の移動速度の変化に適応する、クラスタリング技術、ルーティング技術等のモバイルアドホックネットワーク技術を提案した。これらの技術の一部を児童の登下校を見守る児童見守りシステムの開発に応用した。また、総務省の地域児童見守りシステムモデル事業の一つとして採択された事業として、児童見守りシステムは平成19年9月から12月まで400人を越える児童を対象に広島市安芸区矢野南小学校学区において実際に運用した。

## 2. 研究の目的

本研究では、上述の見守りシステムの開発と運用の経験を活かして、スケーラビリティがあり、セキュリティが高い、移動速度の変化に適応できるなどの特徴を有する、グループ活動の見守りに適用可能なモバイルアドホックネットワーク技術を開拓し、実際にシステムを開発し、児童見守りシステム等に応用することを研究目的とする。

## 3. 研究の方法

平成21年度には、モバイルアドホックネットワークに関するクラスタリング技術、省電力データ転送技術、セキュア通信技術、誤登録経路修正技術等のグループ情報を正確にかつ安全に把握するための各種要素技術を提案する。これらを活用してグループ活動の見守りアプリケーションソフトウェアを試作後、シミュレーションによる評価ならびに携帯端末への実装を行う。

平成22年度には、グループ情報を正確にかつ安全に把握するための各種要素技術を引き続き検討するとともに、周期的グループ情報の活用により、見守りアプリケーションソフトウェアを実装する。それに基づいてグループ活動の場所を特定しない環境において適応可能なグループ活動見守りシステムのプロトタイプを開発する。

平成23年度には、Android携帯端末で構成するモバイルアドホックネットワークに基づくグループ活動見守りシステムを開発するとともに、グループ活動を表す新しい移動モデルに基づいたシミュレーション実験およびフィールド実験によりグループ活動見守りシステムを評価する。

## 4. 研究成果

(1) グループ情報を正確にかつ安全に把握するための各種要素技術

①ルーティング：パケット衝突を軽減するために順方向経路と逆方向経路が異なる局所的な往復パスを用いるルーティング手法を提案した。シミュレーション実験により、AODVと比較してデータパケット到達数、応答パケット到達数が多く、スループットが向上できることを確認している。

②セキュリティ：グループ情報などの児童の見守りに関するデータが外部に漏れることを避けるため、複数経路に沿って見守り情報を秘密分散法により分割して転送する手法を提案した。

③移動モデル：モバイルアドホックネットワークを格子状に分割し、各格子内のノードの場所や時間におけるノードの移動と密度を変化させることができる移動モデルを提案するとともに、それを実現するためのシミュレータを開発した。また、広島市児童見守りシステムの運用において得られた登下校データを新しく提案した移動モデルに基づいたシミュレータに適用した結果、見守りサービスが有効に働くことが確認できた。

④自己組織型送信間隔制御：新しい移動モデルにおける端末の移動速度の動的変化に対する送信間隔制御について検討した。端末の移動速度の変化を単位時間あたりの端末間の隣接関係の変化から推定し、これに適応して、情報収集、経路構築のための制御パケットの送信間隔を制御して、送信頻度を調整する。これにより、端末の移動速度の高い環境でのリンク切断への対応速度を維持させたまま、移動速度の低い環境での制御パケット抑制、消費電力の節約を図ることができる自己組織型送信間隔制御法を提案した。

⑤自己組織型送信電力制御：新しい移動モデルにおける端末の分布密度の動的変化に対する送信電力制御について検討した。モバイルアドホックネットワークでは、端末の分布密度が端末の移動や端末の電源のオン、オフなどによって逐一変化する。それに対し、電波の送信電力、受信電力から近隣端末との端末間距離を推定し、通信範囲内の端末数を一定数に保つように送信電力を制御して、電波の送信半径を調整する。これにより、電波の送信範囲内の端末を常に一定数に保つことができるため、端末の分布密度が高い場所でのパケット衝突の頻度を抑え、消費電力の低い通信を行うことができる自己組織型送信電力制御法を提案した。

## (2) グループ活動見守りシステム

AndroidをOSとして搭載した携帯端末を用いた新世代グループ活動見守りシステムを開発した。まず、マルチホップ通信を可

能とするモバイルアドホックネットワークを実現するために、この端末で利用可能なBluetooth 通信用の API を作成し、見守り用携帯端末の開発環境を整えた。次に、モバイルアドホックネットワークで生成された見守り情報を収集するために、無線 LAN 機能を持つパソコンで構成された無線メッシュネットワークを構築した。

Android携帯端末で構成するモバイルアドホックネットワークとパソコンで構成する無線メッシュネットワークを用いた新世代グループ活動見守りシステムの実現性を確認するために、大学構内でフィールド実験を実施し評価した。本システムについては、2010年10月のネットワークソフトウェア研究会、2011年1月のアドホックネットワーク研究会、2011年6月の自律分散システム国際会議ISADS2011、2012年1月のアドホックネットワーク研究会で口頭発表および技術展示を行うとともに、7つの展示会で紹介した。

#### 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 38 件)

- ① Yoshiaki Kakuda, Tomoyuki Ohta and Ryotaro Oda, “A methodology for real-time self-organized autonomous clustering in mobile ad hoc networks,” *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 査読有, 2012, to appear.  
DOI: 10.1002/cpe.1792
- ② Eitaro Kohno, Tomoya Okazaki, Mario Takeuchi, Tomoyuki Ohta, Yoshiaki Kakuda, Masaki Aida, Improvement of assurance including security for wireless sensor networks using dispersed data transmission, *Journal of Computer and System Sciences*, 査読有, 2012, to appear.  
DOI: 10.1016/j.jcss.2011.10.018
- ③ Tomoya Okazaki, Mario Takeuchi, Eitaro Kohno and Yoshiaki Kakuda, “Self-organized routing ID tree-based multipath construction for ad hoc networks,” *Proc. 15<sup>th</sup> IEEE Computer Society Symposium on Object/Component/Service-Oriented Realtime Distributed Computing Workshops (ISORCW 2012)*, 査読有, 172-179, 2012.  
DOI: 10.1109/ISORCW.2012.38
- ④ Tomoya Okazaki, Eitaro Kohno and Yoshiaki Kakuda, “Improvement of assurance for wireless sensor networks using packet detouring and dispersed data transmission,” *Proc. 2011 IEEE International Conference on Internet of Things and Cyber, Physical and Social Computing (iThings/CPSCom 2011)*, 査読有, 144-151, 2011  
DOI: 10.1109/iThings/CPSCom.2011.62
- ⑤ 岡崎知也, 河野英太郎, 大田知行, 角田良明, “アドホックネットワークにおけるルーティングIDを用いた経路探索負荷軽減のための迂回経路構築手法,” *電子情報通信学会和文論文誌B*, 査読有, 94-B, 539-554, 2011.
- ⑥ Eitaro Kohno, Ryotaro Oda, Tomoyuki Ohta, Yoshiaki Kakuda, “Improvement of TCP/UDP performance using adaptive transmission power control for hierarchical MANET routing, *International Journal of Critical Computer-Based Systems (IJCCBS)*,” 査読有, 2, 58-78, 2011.
- ⑦ Yoshiaki Kakuda, Mirosław Malek, “A unified design model for assurance networks and its application to mobile ad hoc networks,” *Proc. 10<sup>th</sup> International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS2011)*, 査読有, 10, 637 -646, 2011.
- ⑧ Yuichiro Mori, Hideharu Kojima, Eitaro Kohno, Shinji Inoue, Tomoyuki Ohta, Yoshiaki Kakuda, Atsushi Ito, “A self-configurable new generation children tracking system based on mobile ad hoc networks consisting of Android mobile terminals,” *Proc. 10<sup>th</sup> International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS2011)*, 査読有, 10, 339-342, 2011.
- ⑨ Eitaro Kohno, Tomoyuki Ohta, Yoshiaki Kakuda, Masaki Aida, “Improvement of dependability against node capture attacks for wireless sensor networks,” *IEICE Transactions on Information and Systems*, 査読有, E94-D, 19-26, 2011.
- ⑩ Hiroshi Nakagawa, Satoshi Teshima, Tomoyuki Ohta, Yoshiaki Kakuda, “A hierarchical geographical routing with alternative paths using autonomous clustering for mobile ad hoc networks,” *IEICE Transactions on Communications*, 査読有, E94-B, 37-44, 2011.

- ⑪ Atsushi Ito, Yoshiaki Kakuda, Tomoyuki Ohta, Shinji Inoue, “New safety support system for children on school routes using mobile ad hoc networks,” *IEICE Transactions on Communications*, 査読有, E94-B, 18-29, 2011.
- ⑫ Yoshiaki Kakuda, [Invited Paper] Assurance networks: concepts, technologies, case studies, Proc. Symposium and Workshops on Ubiquitous, Automatic and Trusted Computing, 査読無, 311-315, 2010.
- ⑬ Yoshiaki Kakuda, Tomoyuki Ohta, Ryotaro Oda, “Real-time self-organizing autonomous clustering for mobile ad hoc networks,” Proc. 13<sup>th</sup> International Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing Workshops (ISORCW2010), 査読有, 90-97, 2010.
- ⑭ 竹内麻利央、河野英太郎、大田知行、角田良明, モバイルアドホックネットワークにおける局所的に分割された往復パスを用いたルーチング, 電子情報通信学会論文誌B, 査読有, J93-B, 598-613, 2010.
- ⑮ 小田亮太郎、日高大輔、大田知行、角田良明, アドホックネットワーククラスタリングにおける隣接ノード数に基づく適応型電力制御法電子情報通信学会論文誌 B, 査読有, J93-B, 211-229, 2010.

[学会発表] (計 49 件)

- ① 角田良明, “[招待講演]Android端末で構成するBluetooth MANETに基づく見守りシステム (パネルセッション: 安全・安心ICT基盤の実現を目指すアドホック・メッシュネットワーク),” 電子情報通信学会総合大会, 2012年3月20日, 岡山県岡山市
- ② 角田良明, “[招待講演]アシュアランスネットワーク設計原理の確立に向けて,” IEEE広島支部主催講演会, 2011年9月2日, 山口県宇部市.
- ③ Yoshiaki Kakuda, “[Keynote Speech] Towards Unified Design Methodology for Assurance Networks and Its Application to Mobila Ad Hoc networks,” First International Conference on Networking and Computing (ICNC2010), November 18, 2010, Higashihiroshima, Japan.
- ④ Yoshiaki Kakuda, “[Keynote Speech] Assurance Networks: Concepts, Technologies, and Case Studies,” Second International Symposium on

Multidisciplinary Emerging Networks and Systems (MENS2010), October 26, 2010, Xi'an, China.

- ⑤ 角田良明, “[招待講演]スケーラビリティとアダプタビリティを有するモバイルアドホックネットワーク技術,” 電子情報通信学会アドホックネットワーク研究会, 2010年7月23日, 京都大学百周年時計台記念館.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

名称: モバイルアドホックネットワークにおける自律的衝突回避システム及び自律的衝突回避方法  
 発明者: 武田航史、森井幸希、森雄一郎、小島英春、角田良明  
 権利者: 広島市立大学  
 種類: 特許  
 番号: 特願 2012-47444  
 出願年月日: 平成 24 年 3 月 3 日  
 国内外の別: 国内

名称: ネットワークにおける動的階層化方法  
 発明者: 中元康博、角田良明  
 権利者: 広島市立大学  
 種類: 特許  
 番号: 特願 2012-75664  
 出願年月日: 平成 24 年 3 月 29 日  
 国内外の別: 国内

○取得状況 (計 3 件)

名称: 通信方法  
 発明者: 角田良明、大田知行  
 権利者: 広島市立大学  
 種類: 特許  
 番号: 特許第 4686662 号  
 取得年月日: 平成 23 年 2 月 25 日  
 国内外の別: 国内

名称: 車両走行制御方法  
 発明者: 伊藤篤、角田良明、井上伸二  
 権利者: KDDI 株式会社、角田良明  
 種類: 特許  
 番号: 特許第 4822328 号  
 取得年月日: 平成 23 年 9 月 16 日  
 国内外の別: 国内

名称: 情報検索方法  
 発明者: 伊藤篤、角田良明、大田知行  
 権利者: KDDI 株式会社、角田良明  
 種類: 特許

番号：特許第 4908040 号  
取得年月日：平成 24 年 1 月 20 日  
国内外の別：国内

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

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

角田 良明 (KAKUDA YOSHIAKI)  
広島市立大学・情報科学研究科・教授  
研究者番号：40233671

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者

大田 知行 (OHTA TOMOYUKI)  
広島市立大学・情報科学研究科・准教授  
研究者番号：90347617  
井上 伸二 (INOUE SHINJI)  
広島市立大学・情報科学研究科・助教  
研究者番号：50264932  
河野英太郎 (KOHNO EITARO)  
広島市立大学・情報科学研究科・助教  
研究者番号：40285432