

歴史都市防災論文集 Vol. 1 (2007年6月)

アドホックネットワークを利用した防災情報システム

Disaster Information System Exploiting Ad-Hoc Networks

牧野淳¹・野口拓²・川合誠²

Atsushi Makino, Taku Noguchi, Makoto Kawai

¹立命館大学 理工学研究科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Ritsumeikan University, Graduate School of Information Science and Engineering

²立命館大学 情報理工学部 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Ritsumeikan University, College of Information Science and Engineering

Communication networks are the essential infrastructure for the recent information society as well as electricity, gas and water. Various countermeasures are taken to cope with the disaster damage in public communication networks but they are not enough for specific uses such as municipal communications and cultural assets protection. This paper proposes to apply ad-hoc networks to such uses for disaster information gathering, storing, analyzing and announcing as the communication methods robust to disaster. This paper also presents the configuration of an implemented ad-hoc network system which is applicable to information gathering and shows its throughput performances.

Key Words : *Wireless networks, Ad hoc networks, Sensor networks*

1. はじめに

情報社会の進展に伴い、通信ネットワークは、電気、ガス、水道等とともに、必須のインフラストラクチャとなっている。一般公衆ネットワークにおいても各種の災害対策が行われているが、自治体内での公務用通信や文化財保護等の特定用途に対しては、公衆ネットワークのみでは、災害時の設備の被災やトラヒック集中による輻輳によって十分に対応できないため、独自の災害用ネットワークが検討されている。災害用ネットワークの課題は、いつどこでどのように発生するかわからない災害に対して、高い信頼度と性能をもって緊急時に即応できるように、平常時から維持管理することが要求される点である¹⁾。本研究では、このような課題を踏まえて、平常時においては防災用の情報収集・蓄積・分析・表示および情報発信用として利用でき、かつ、緊急時には設備の被災や他のトラヒック集中の影響を受けない通信手段として、アドホックネットワークを取り上げる。アドホックネットワークをセンサ情報やカメラ情報の収集系に適用した場合のシステム構成を提示し、実験による特性評価結果を示す。

無線モバイル端末同士が自律的にネットワークを構築するアドホックネットワークは、インフラを必要としないため、場所を選ばず利用できること、即時的にネットワークを構築できること、また近年普及しているモバイル端末を利用することで端末自身が被災しにくく比較的安価に構築できるなどの利点がある^{2, 3)}。また、広域に設置した各種センサからの防災情報を収集するにあたって、アドホックネットワークを利用することで効率的な情報収集が可能となる。我々は、モバイル端末で構成したアドホックネットワークを利用した情報収集システムを構築した⁴⁾。このシステムはセンサログに加えて、画像データのようなファイル形式のデータ収集を可能とするもので、用途としては、文化財の立地する環境に関するデータ収集や、Webカ

メラによる文化財や災害時の交通状況や避難経路の監視などに利用することが考えられる。

本稿では、このアドホックネットワークを利用して構築した情報収集システムの構成と、データ伝送特性について明らかにする。2章では本システムの構成をセンサデータの生成から収集までの流れに沿って述べる。3章では本システムのデータ伝送特性を示し、4章でまとめとする。

2. システム構成

アドホックネットワークを利用して構築したシステムの構成を図1、諸元を表1に示す。本システムでは、PDAやノートPCなどの無線モバイル端末でネットワークを構成し、多地点に配置したセンサロガーやWebカメラが生成するデータを、ファイル形式で収集する。収集されたデータファイルはメールに添付され、メールサーバを経由してWebサーバへアップロードすることでリアルタイムにWebブラウザで情報を閲覧することが可能である。

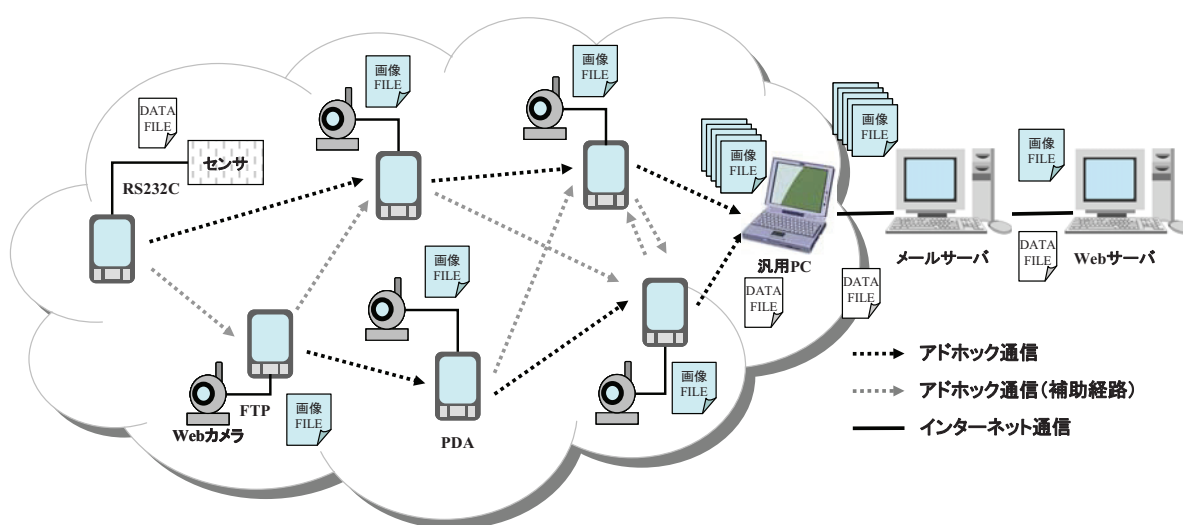


図1 システム構成

表1 システム諸元

	管理端末	PDA
ハードウェア	汎用PC	HP iPAQ Pocket PC
OS	Windows XP Professional SP2	Windows Mobile 2003
ソフトウェア機能	<ul style="list-style-type: none"> ネットワーク監視 データ収集及び、メール転送 	<ul style="list-style-type: none"> センサデバイスからのデータ取得 PDA/PDA間、PDA/PC間データ中継
ネットワークインタフェース		
アドホックリンク	Wi-Fi (IEEE802.11b)	
センサロガー	RS232C	
Webカメラ	Wi-Fi (IEEE802.11b)	

各Webカメラ・センサロガーが生成する画像ファイルやログファイルは、各々に接続されたPDAがソフトウェアの機能を使用して取得する。センサロガー・Webカメラのデータ生成間隔は機材の規格に依存するが、ソフトウェアは指定した間隔（秒単位）で監視している。データが生成されていると、それらをPDAのフォルダへ蓄積する。蓄積されたデータは、指定した間隔（秒単位）で順次中継PDAを経由して、管理端末へ送信される。

ファイルベースで転送されるデータの信頼性を確保するため、PDAと管理端末間の通信には、トランスポート層のプロトコルとしてTCPを利用している。データファイルの最終宛先は全て管理端末であり、シング

ルホップで管理端末まで到達不可能な場所に位置するPDAは、他のPDAを中継（マルチホップ）することでデータファイルを管理端末まで転送する。各PDAは管理端末までの経路を指定するファイルを保持しており、このファイルを参照することで送信先を決定する。送信先は優先順位をつけて複数指定され、優先順位の最も高い送信先が現用ルートとして使用される。この現用ルートが不通になった場合に限り、優先順位の低い補助ルートに切り替えられる。マルチホップの場合、TCPコネクションは自身と送信先PDAの間で確立される。各PDAは、単に指定された次端末に指定された間隔でデータ転送するという単純な機能で構成されているため、本アドホックネットワークは、高い拡張性と安定性を具備している。

管理端末に蓄積されたデータファイルは、メールに添付され、メールサーバを経由して、Webサーバへ転送することで、いつでもリアルタイムにセンサデータが閲覧可能となる。

3. データ伝送特性

ホップ数及びデータファイルのサイズに着目して本システムのスループットを測定した。管理端末には汎用ノートPCを使用する。トポロジはノートPCとPDA1～5台を十分近い距離で直鎖状に配置する。ファイルデータには一定容量のダミーファイル101枚を使用し、全ダミーファイルをFTPで末端のPDAへ転送する。ダミーファイルを受け取ったPDAはこれらを検知すると、逐次的に指定されたPDAへ転送し、中継PDAを経由してノートPCへ届ける。スループットはノートPCが1つ目のダミーファイルを取得した時刻から101枚目のダミーファイルを取得し終えるまでに要した時間から算出する。各トポロジにおいてこれを10回行い、その平均値を測定結果とする。このとき末端のPDA以外はセンサデバイスを接続せず、中継動作のみを行っている。ダミーファイルのサイズは1kbyte、10kbyte、20kbyte、30kbyte、100kbyteの5通りに設定した。測定結果を図3、4に示す。

測定結果によると、Webカメラやセンサデバイスが生成する現実的なデータファイルサイズの場合、次のようなスループットが想定される。Webカメラが撮影する画像データは約10±5kbyteであり、スループットはシングルホップで1.4Mbps、マルチホップで550～600kbpsのスループットが得られる。また、センサロガーの生成するログファイルは1kbyte以下であり、シングルホップで約190kbps、マルチホップで約95kbpsのスループットが得られる。

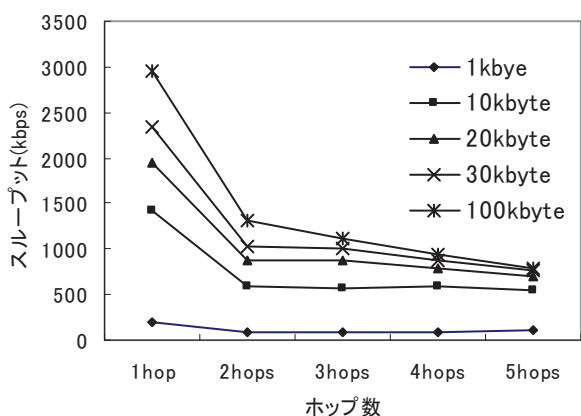


図3 ホップ数とスループットの関係

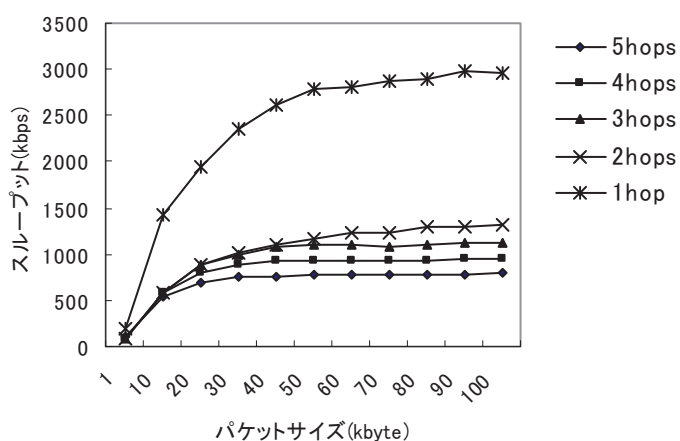


図4 パケットサイズとスループットの関係

シングルホップとマルチホップでのスループットの大きな差異は、中継PDAの処理速度によるものと考えられる。個々のパケットの流れに着目すると末端PDAは送信処理のみ、ノートPCは受信処理のみを行うのに対して、中継PDAはその両方を行う。TCPだけに着目しても中継PDAは1パケットの処理に対して2回のTCPセッションが必要となり、処理量が大きい。中継PDAが存在しないシングルホップではこの影響を受けず、マルチホップと比較してスループットが高くなっている。

また、マルチホップにおいて、特にパケットサイズが大きい場合には、ホップ数が増すにしたがってスル

ーputは低下する。これは全端末が近距離に配置されているために、CSMA/CAによる無線リンクの競合が激しくなっていることが原因と考えられる。すなわち、ホップ数が増すにつれてネットワークを流れるパケットが増加し、パケットサイズが大きくなるにつれてTCPコネクションの確立・切断に要する時間が相対的に小さくなり、端末に留まっているパケット数が減少することで無線リンクを流れるフレーム数が増加するためであると考えられる。

4. まとめ

本稿では、平常時においては、防災用の情報収集・蓄積・分析・表示および情報発信用として利用でき、かつ、緊急時には設備の被災や他のトラヒック集中の影響を受けない通信手段として、アドホックネットワークを取り上げた。アドホックネットワークを利用した情報収集システムについて、高い拡張性と安定性を有するシステム構成を示し、実際にPDAを利用してシステムを構築し、そのデータ伝送特性を明らかにした。

ホップ数及びセンサデータファイルのサイズに着目して本システムのスループットを測定した結果、Webカメラが撮影する画像データではシングルホップで1.4Mbps、マルチホップで550～600kbpsのスループットが得られた。また、センサロガーが生成するログファイルはシングルホップで約190kbps、マルチホップで約95kbpsの結果が得られた。本実験により、システムのフェージビリティを実証することができた。

また、スループットの測定結果から、PDAの中継処理に要する遅延がシステムの性能に影響を与えることが判明した。スループットが低いと、ネットワークを流れるデータ量が制限され、センサデータの取得間隔をあまり細かく刻むことができない。また、中継処理の遅延はセンサデータがセンサデバイスから管理端末へ届くまでに要する時間にも影響する。従って、本システムの容量拡大および広域への適用に当たっては、中継処理速度の向上が必要となる。また、今後、緊急時の災害情報ネットワークとして利用拡大を行う上では、このようなシステム性能の向上に加えて、災害に際して、ネットワーク専用端末以外に、日常利用されている携帯端末や家庭で利用されている端末をネットワークに組み込めるようにコンセンサスを醸成し、技術標準に反映させていくことが課題である。

参考文献

- 1) 川合誠：災害・防災情報ネットワークシステムの研究，文化遺産を核とした歴史都市の防災研究プロジェクトニューズレター，no.5, Aug. 2005.
- 2) Pogkas, N., Karastergios, G., Antonopoulos, C., Koubias, S. and Papadopoulos, G.: An ad-hoc sensor network for disaster relief operations, 10th IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Vol. 2, pp.19-22, Sept. 2005.
- 3) 光野和剛・松田圭一・野口拓・川合誠：無線 LAN で構成したアドホックマルチキャストネットワークの特性，電子情報通信学会総合大会，B-21-31, Mar. 2005.
- 4) 牧野淳・野口拓・川合誠：情報収集型アドホックネットワークの構成と特性電子情報通信学会ソサイエティ大会 B-21-15, Sep. 2006.