

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4日現在

機関番号：34316

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21710188

研究課題名（和文） 災害現場における臨時ネットワークを簡易構築するシステムの開発

研究課題名（英文） A development of an ad-hoc network at the disaster scene.

研究代表者

植村 渉 (UEMURA WATARU)

龍谷大学・理工学部・助教

研究者番号：30434723

研究成果の概要（和文）：ネットワークインフラが破壊した災害現場において、無線端末だけで構築できるアドホックネットワークに注目し、簡易に構築するための技術を研究した。効率良く、かつ確実に情報を配信するために、受信端末を1台指定した上で不特定多数の端末に一斉配信する方法を提案し、防犯カメラシステム網において効果を確認した。また、近隣端末との接続状況を詳細に把握できる IPv6 を導入し、端末の頻繁な移動にも頑強なシステムを構築した。

研究成果の概要（英文）：We developed the network constructing technology with only wireless nodes at the disaster scene where the network infrastructure is down. We proposed the efficiently broadcasting method which selects the receiver node from multiple receivers in order to broadcast the information to receivers efficiently and certainly. And the novel security camera system was proposed which uses the efficiently broadcasting technology. Finally, we introduced the IPv6 technology to the ad-hoc network. Using IPv6, the nodes know the link status between neighboring nodes in detail quickly. So our system has the robustness against frequent moving of nodes.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：通信・ネットワーク工学，知能情報学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：自然災害，情報通信工学，非常時通信，アドホックネットワーク

1. 研究開始当初の背景

既存のインフラが破壊された災害現場においては、被災者救助のために現場情報の共有化が必要であり、素早いネットワークの構築が求められる。現場に駆けつけた救助隊や医者達には無線通信に関する知識は期待できない。そのため無線通信の専門家が到達す

るまで救助活動のネットワークが確保できないのは問題である。例えば、JR 福知山線脱線事故の救助活動では、脱線した列車を挟んで救助活動を行ったため、救助活動場所が列車の東側と西側の二箇所に分断された。そして情報共有ができなかったため救護部隊の到着箇所により消防チームが東側、医療チ

ームが西側に分かれる結果となった。そのため、東側には医療チームがならず要救護者にトリアージが実行されたのは、西側よりも約30分遅れている。各チームがノート型パソコンを持参し、そのノートパソコンだけで無線ネットワークを構築し、救助活動のための情報を共有できれば、より効率的な救助活動ができた可能性がある。

2. 研究の目的

アドホック無線ネットワークは基地局を用いず端末間通信でネットワークの構築を目指す技術である。ネットワークを素早く簡単に構築できるため、災害救助活動での活用が期待されている。しかし現在、アドホックネットワーク用のプロトコルを搭載したOSは存在せず、よってネットワーク構築には専用の機器やネットワークに関する専門的な知識が必要である。

本研究ではCDやUSBメモリから起動できるOSであるKNOPPIXやUBUNTUをベースとして、自動起動するOSにアドホック無線ネットワークの自動構築技術を導入することを目的とする。また、災害現場で必要とされる災害救助支援ツールへの要求項目を調査し、災害の種類や規模に応じた優先順位を明らかにし、提供するOSに組み込み有効度を評価することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、災害現場での救助ネットワークの提供とその上で動作する救助用ツールの提供を目指す。そのために、必要とする機能の調査を行い、救助ネットワーク構築のために必要な機能と、その上で動作する救助用ツールに必要な機能を明確にする。そして災害の種類と規模に応じた優先順位を明確にし、それに従い提供するシステムに組み込む。

初年度である平成21年度は調査に重点をおき、各種研究会に参加し、災害支援ツールに必要な条件を調査する。また、災害救助支援ツール作成の基盤として、情報共有のためのネットワークシステムを実装する。

具体的には、通常のアドホック無線ネットワークのルーティングプロトコルでは、OS参照モデルに基づいて各層は他の層に影響を与えないように設計されるが、ここではルーティング層と上位のアプリケーション層を同時に扱うことで、効率の良いネットワークの利用を目指す。アプリケーション側でネットワーク全体に配信したい情報を、ルーティング層でのブロードキャストパケットに付加して、一斉配信を行う(1) - 。このネットワークシステムでは、無線端末として情報配信端末と情報受信端末を用い、情報配信端末が全体に対して情報配信を行い、その配信情報を受け取った両端末は、その配信情

報を転送し続けることでネットワーク全体に対して情報配信を行うことができる。

2年目である平成22年度はシステムの構築と評価に重点をおく。まず、情報共有のためのネットワークプロトコルを提案する(2) - 。このプロトコルでは、経路設定のための情報を交換する際に、共有したい情報も同時に送信し、効率よく情報をネットワーク内の端末で共有することができる。また、各端末が独立して動き回るため、端末の位置情報を求める必要がある。ここでは近距離センサネットワークで用いられるZigBeeを用いて、バイズ推定による2次元位置推定の研究を行う(2) - 。

次に、ネットワークのセキュリティを高めるために、通信の暗号化に着目する。通信路の暗号化にはWEPやWPAなどの方法が用意されているが、いずれにしても、最初に鍵を安全に交換する必要がある。無線LANとは別の通信路を用意する必要がある。そこでLED照明に情報を重畳する可視光通信(2) - と、オーディオ信号に情報を重畳する音響通信(2) - の2つを提案し、それぞれシステムを作成し評価する。暗号鍵をデジタル変調することで約1m程度離れても、暗号鍵を正常に受け渡すことができる。さらに、作成したアドホックネットワーク上で簡単に情報交換するために、双方向NATを導入することでテレビ電話システムをアドホックネットワークへと対応させる(2) - 。

平成23年度はシステムの構築と評価に重点をおく。まず、基地局を用いないネットワークの一例として防犯カメラシステムを構築する(3) - 。無線カメラ端末が撮影した画像をお互いの端末に転送し、画像を共有する。いくつかの端末がダウンしても、他の端末が画像を保存しているため、監視画像の確保が容易となる。災害発生時には、避難所などにおいてセキュリティが低下するが、このシステムを用いることで、手軽にセキュリティを高めることができる。また、画像の代わりに他のテキストや音声データを共有することで、避難所間の情報共有システムとしても使う事ができる。

少ない送信回数で情報を共有するためには、一斉配信が望ましい。しかし基地局を用いないため通信を管理する存在がならず、複数の端末の通信が干渉する危険がある。1対1通信の場合は、相手からの返事を得ることで通信が成功したか否かを判断できるが、一斉送信の場合はその方法が使えない。そこで、受信相手を1台決め、その端末との1対1通信を行い、他の端末はその通信を傍受することで少なくとも1台以上の端末に確実に配信する多対一の通信方法を提案する(3) - 。これにより、低電力低速度の通信システムでも複数端末による画像共有が実現でき

るようになる。

通信プロトコルとして隣接端末の発見に優れている IPv6 を導入し、性能の向上を確認する(3) - 。副次的な効果として、IP アドレスの枯渇問題にも対応することができ、異なる組織間の通信が容易にできるようになる。

無線通信は通信範囲がわかりにくい問題があるため、LED 等の光を用いた可視光通信のシステムを構築し、利用可能エリアがわかりやすい通信方法を開発する(3) - 。

以上が本研究の研究方法である。

4. 研究成果

(1) - の配信方法を、災害現場におけるトリアージ情報の配信へと適用し、トリアージ情報共有システムを構築した。すなわち、トリアージを行う医師群が情報配信端末を持ち、傷病者へのトリアージ情報を端末に入力すると、ネットワーク全体にその情報が伝達され、情報受信端末を持つレスキュー隊はその情報を見て、どの傷病者を搬送しなければならないかを知ることができるシステムである。災害現場では、電源の確保が困難であり、電力を必要とする無線通信を長時間行うのは難しい。そのため、少しでも通信容量を減らす必要がある。(1) - の手法はネットワークの経路設定を行うと同時に情報配信を行うため、伝送路を効率よく使うことができ、消費電力の軽減が期待できる。

(2) - では、(1) - のプロトコルを用いて、Ubuntu9.04 を搭載した SHARP 製の携帯端末である NetWalker 上にシステムを実装した。11 台の端末を用いて最大 10 回の

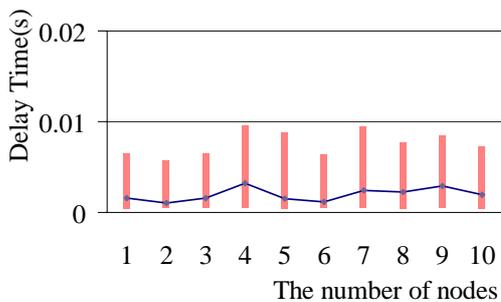


図 1 端末数と遅延時間の関係

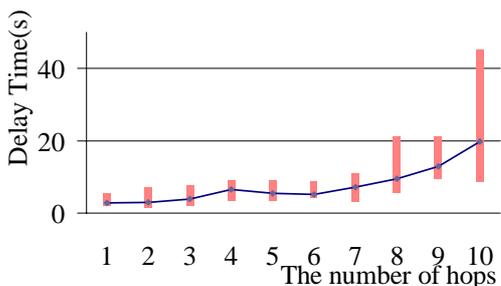


図 2 ホップ数と遅延時間の関係

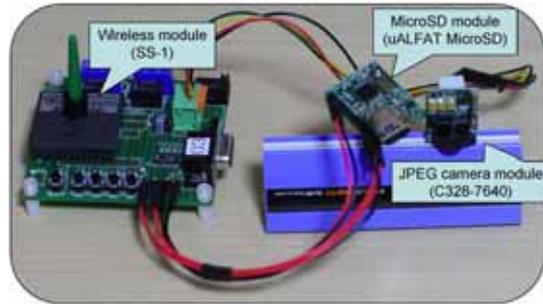


図 3 IEEE802.15.4 を用いたカメラ付き無線端末

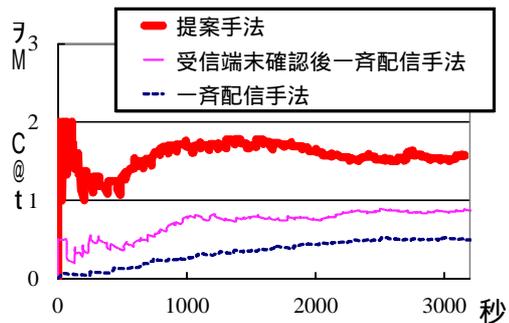


図 4 画像ファイルのネットワークへの分散状況

転送を必要とする環境を用意し、情報の配信にかかる時間を測定した。この結果を図 1 と図 2 に示す。全端末が直接通信できる環境において、端末数を増やしたときの遅延時間が図 1 であり、全端末を通信限界の位置に配置しホップ数 = 端末数 - 1 という環境にて測定した遅延時間が図 2 である。7 ホップを超えると、遅延が大きくなっていることがわかる。

端末が頻繁に移動するため、(2) - において、端末の位置情報を求めた。センサネットワークで用いられる IEEE802.15.4 規格に基づいた ZigBee の電波強度を用いて、ベイズ推定による 2 次元位置推定の研究を行った。大学の体育館を用いて 20m x 20m の空間を格子状に 2m 間隔で区切り、全 121 座標に対して強度測定を行い、位置推定を行った。50%以上の地点において誤差が 2m を下回る結果となった。これは、格子間隔以下の精度であり、十分な結果であった。

無線ネットワークを使う際には通信のセキュリティを確保しないといけない。特に災害現場では利用者をあらかじめ特定することはできないため、簡単にネットワーク接続用のパスワードを配信する必要がある。(2) - と(2) - では、無線 LAN の暗号化鍵を可視光通信とオーディオ信号にて配信する方法を提案した。可視光通信は高速で点滅する光を用いて情報を送る方法であり、通信を目で見ることができる。オーディオ信号を用いた通信は、音の周波数で情報を送る方法であり、通信を耳で聞くことができる。いずれも通常は人間が認知できない無線通信を、

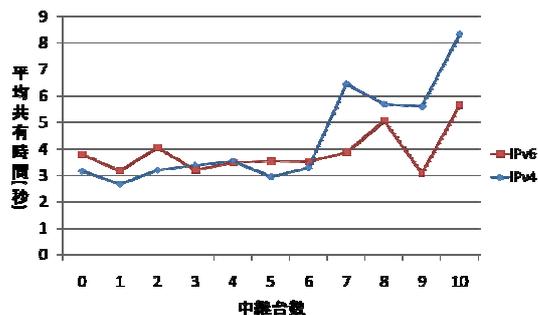


図 5 IPv4 と IPv6 による情報共有時間の違い

目や耳で確認することができるため、通信範囲を簡単な確認できる特徴がある。また、光にしても音にしても、パーティションなどで区切ることによって簡単に通信を遮断できる。そのため、通信範囲を視聴覚情報で確認しながら制御できるため、範囲に関するセキュリティが向上する。

災害現場での情報交換用のツールとして、テレビ電話システムの利用を検討した。その際に、無線ネットワーク内の端末間でパケットをやりとりするために、双方向 NAT を用いることで経路設定を行った。すなわち全端末をネットワークゲートウェイとして用いることで離れた端末とのテレビ電話通信を実現する。しかし、この方法ではアドホックネットワークの通信特性を考慮していないため、通信の遅延時間が大きく、2 回以上の中継回数において遅延時間が 200ms を超えた。そのためテレビ電話システムとして利用するには中継回数は 2 回までが適切である結果を得た。

(3) - では、センサネットワークで用いられる IEEE802.15.4 の規格に基づいた無線端末にカメラと SD カードモジュールを接続し、防犯カメラシステムを構築した。端末の写真を図 3 に示す。このシステムではアクセスポイントを用いず、無線端末間で撮影画像ファイルを交換し合うため、簡単に設置することができる。画像ファイルを交換する際に受信端末を指定せずに配信すると、他の端末と配信が重なったり、そもそも受信端末が存在しないのに配信したりするため、効率が悪い。そこで、周りに受信端末がいるかどうか確認してから配信する方法と、その周りの端末から 1 台受信確認を返信する端末を指定して配信する方法とを提案し、比較した。結果が図 4 である。受信端末を確認した方が、確認しないときよりも倍近く配信率が良くなった。さらに、受信確認の返信を行う端末を指定すると、通信エラーへの対処ができるため確実に送信できるようになり、配信率が 1 を超えることができた。これにより端末を密に配置しても、問題なく画像の共有ができるようになった((3) -)。

(3) - では、(1) - と(2) -

の研究を発展させ、インターネットプロトコルを IPv4 から IPv6 へと変更した。IPv6 では、隣接端末とのリンクの状態を段階的に表すことができ、頻繁に端末が移動するアドホックネットワークにおいて効果が期待できる。トライアージシステムを導入し、11 台の NetWalker において情報の共有時間を測定した。結果を図 5 に示す。図 2 と同様に中継台数が 7 台までは共有時間に違いはほとんど生じないが、7 台を超えると IPv4 と IPv6 の差が現れ、隣接端末とのリンク状態の扱いの違いが確認できた。副次的な効果として、IP アドレスの枯渇問題にも対応することができ、異なる組織間の通信が容易にできる。

(3) - では、通信方法として光を用いた可視光通信の利用を検討した。災害現場では無線通信の専門家がいなくてもあり、通信状況が把握しにくい電波通信を用いるのは困難である。そこで、通信状況が目でわかる可視光通信を導入することで、被災者自らが簡単にネットワークを構築できる方法を提案した。

以上が、本研究の研究成果である。

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 5 件)

植村 渉, 村田正. アドホックネットワークを用いた駐車場における防犯カメラシステムの提案と評価. システム制御情報学会論文誌. 査読有. Vol. 24, pp. 259-268, 2011.

Wataru Uemura and Masashi Murata. A Cooperative Broadcasting Method for a Sensor Network. International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing (IJASUC). 査読有. Vol. 2, pp. 1-10, 2011.

林原靖男, 大橋健, 成瀬正, 武村泰範, 河原林友美, 内種岳詞, 大金一二, 伊藤暢浩, 植村 渉, 野村泰朗. ロボカップ 2011 イスタンブール世界大会レポート. ロボコンマガジン. 査読無. Vol. 9, pp. 24-29, 2011.

植村 渉. 災害現場における情報共有のためのアドホックネットワークの提案. 電波技術協会報. 査読無し. pp. 38-41, 2010.

Wataru UEMURA. A Novel Credit Assignment to a Rule with Probabilistic State Transition. New Advances in Machine Learning. In-Tech. 査読有. ISBN 978-953-307-034-6. pp. 357-366. 2010.

[学会発表](計 14 件)

Tomohiro Joto, Tomoo Nakamura, and Wataru Uemura. Proposal and Evaluation of Information Sharing System in Ad-Ho

c Network. The 6th International Conference on Information Technology and Applications (ICITA2011). 2011年11月22日. オーストラリア.

Hideaki Shirai, Kuniyoshi Okuda, Tomoo Nakamura, and Wataru Uemura. A Novel Keyless Entry System Using Visible Light Communication with Challenge and Response Authentication. The 6th International Conference on Information Technology and Applications (ICITA2011). 2011年11月22日. オーストラリア.

Tomohiro Joto, Tomoo Nakamura, and Wataru Uemura. A Proposal for an IPv6 Information Sharing System for Disaster Scenes. International Conference on Control, Automation and Systems 2011 (ICCAS2011). 2011年10月26日. 韓国.

Wataru Uemura. An Efficient Multicasting Method Without a Base Station. SICE Annual Conference 2011. 2011年09月16日. 東京 (早稲田大学).

Kuniyoshi Okuda, Takuya Yamamoto, Masashi Murata, Tomoo Nakamura, and Wataru Uemura. Proposal and Development of Encryption Key Distribution System Using Visible Light Communication. The 1st IEEE International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin2011). 2011年09月06日. ドイツ.

Junya Mizuguchi, Masashi Murata, and Wataru Uemura. A Broadcasting Method Based on RTS/CTS for an Ad-hoc Network. In the 15th International Symposium on Consumer Electronics (ISCE2011). 2011年06月16日. シンガポール.

植村 渉. 光や音による無線通信経路の構築. 第12回 AI 若手の集い (MYCOM2011). 2011年05月19日. リステル浜名湖 (静岡県).

上東朋寛, 村田正, 中村奉夫, 植村渉. 災害現場における情報共有システムへのIPv6の導入と評価. 人工知能学会第33回SIG-Challenge研究会 2011年05月04日. インテックス大阪 (大阪).

山本拓矢, 村田正, 植村渉. 可視光通信を用いた暗号鍵個別配信システムの提案と試作. 情報・システムソサイエティ誌 2011年総合大会特別号. 2011年03月16日 (ただし震災のため開催されず). 東京都市大学 世田谷キャンパス.

元持卓也, 村田正, 植村渉. アドホック無線中継を用いたテレビ電話システムの提案と評価. 情報・システムソサイエティ誌 2011年総合大会特別号. 2011年03月16日 (ただし震災のため開催されず). 東

京都市大学 世田谷キャンパス.

榊原幸宏, 村田正, 植村渉. オーディオ信号を用いた暗号鍵配信システムの提案と試作. 情報・システムソサイエティ誌 2011年総合大会特別号. 2011年03月16日 (ただし震災のため開催されず). 東京都市大学 世田谷キャンパス.

上東朋寛, 植村渉, 村田正, 阿部宏尹. ZigBeeを利用したベイズ推定による2次元位置推定の精度の評価と考察. 平成22年電気関係学会関西連合大会. 2010年11月13日. 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス.

Wataru Uemura. An Ad-hoc Network Routing Protocol for a Disaster Scene. International Conference on Control, Automation and Systems 2010 (ICCAS2010). 2010年10月28日. 韓国.

Hideomi MIYAMATSU, Wataru UEMURA and Masashi MURATA. Proposal of an Ad-Hoc Network System Sharing Triage Information at a Disaster Scene. 2010 IEICE Information Theory Conference (IEICE Technical Meeting). 2010年01月07日. アメリカ, ハワイ大学.

[産業財産権]

出願状況 (計2件)

名称: キーレスエントリシステム

発明者: 植村渉, 白井秀明

権利者: 龍谷大学

種類: 特許権

番号: 特願 2011-147824

出願年月日: 2011年7月3日

国内外の別: 国内

名称: 無線LANシステム

発明者: 植村渉, 山本拓矢

権利者: 龍谷大学

種類: 特許権

番号: 特願 2010-241405

出願年月日: 2010年10月27日

国内外の別: 国内

取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://vega.elec.ryukoku.ac.jp>

<http://friede.elec.ryukoku.ac.jp>

<http://friede.elec.ryukoku.ac.jp/~wataru>

展示会・講演会出展 (7件)

植村渉. 理工学部 電子情報学科 植村研究

室．科学・技術フェスタ i n 京都2011，2011．

植村涉．災害現場における臨時ネットワークの簡易構築技術．可視光通信を用いたセキュリティ向上技術．ビジネス・エンカレッジ・フェア2011，2011．

奥田邦義，白井秀明，芦田優太，中村奉夫，植村涉．可視光通信を用いた鍵配信システム．ワイヤレス・テクノロジー・パーク2011，2011．

植村涉．電磁誘導によるワイヤレス発電マウス．知財ビジネスマッチングフェア2010，pp. C-07，2010．

植村涉．ワイヤレス通信技術を用いたシステム開発．龍谷大学・明治大学 新技術説明会，2010．

植村涉．基地局不要の防犯カメラシステム．ワイヤレス・テクノロジー・パーク2010，2010．

植村涉．基地局不要の監視カメラシステム．イノベーション・ジャパン2009，2009．

6．研究組織

(1)研究代表者

植村 涉 (UEMURA WATARU)

龍谷大学・理工学部・助教

研究者番号：30434723

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：