

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：32410

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500093

研究課題名(和文)大規模災害に有効なコグニティブ無線通信方式の研究

研究課題名(英文)The Study on the Effective Methods with the Cognitive Wireless Networks for ultra-large disasters

研究代表者

内田 法彦(UCHIDA, Noriki)

埼玉工業大学・人間社会学部・准教授

研究者番号：10610298

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、東日本大震災のような大規模災害において、稼働可能な周波数や通信方式の異なる複数の無線ネットワークを組み合わせて、より強固に通信環境の変化に対して、常に通信状況(接続性、電波強度、スループット、遅延、パケット損失率)を監視しながら、災害時の利用目的や状況に合わせてシームレスに無線ネットワークを切り替えて、縮体しながらも稼働可能なコンポーネットによる最も適切に動的なネットワークを制御・再構成可能な通信手法に関する研究を行った。その結果、提案した拡張AHP法と拡張AODV法による通信の有効性を示した他、拡張DTN法を実装した自律移動ノードについても有効性を示した。

研究成果の概要(英文)：The research present the proposed method that is the Effective Methods with the Cognitive Wireless Networks with the extend AHP and the extend AODV method for ultra-large disasters. The methods includes the optimal dynamic selections among the possible wireless links and routes during the ultra-large disasters by observing the network conditions (connectivity, RSSI, throughput, latency, packet error rate) and the user policies after disasters. In the results of the evaluations of the simulation and the experiments by the prototype systems, it is pointed out that the proposed methods and are effective. Also, the additional proposed autonomous moving node with the enhanced DTN methods is indicated to be effective by the evaluations.

研究分野：計算機システム・ネットワーク、ネットワークアーキテクチャ、情報学

キーワード：災害情報システム コグニティブ無線 耐遅延性ネットワーク

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本の国土の多くは中山間地域や沿岸地域であり、一旦地震、津波、豪雨などの自然災害が発生すると道路決壊や斜面のがけ崩れなどより孤立する集落が多く存在することが予想される。事実、東日本大震災では電力や情報通信が利用できず被災情報の収集や応急対応には困難を極めた。また日本周辺の場合、ユーラシア、太平洋、フィリピン海の3プレートが複雑に係っている上、世界の活火山の約一割は日本国土に集中しており、今後も地震や噴火といった災害がおこる可能性がある。そのため災害に強い ICT インフラに関する問題については、総務省による2011年情報通信白書等でも課題とされている。

(2) これに対して申請者等はこれまで岩手山噴火や東海沖地震の災害を想定し、通信手段として災害時の故障や障害に強い無線 LAN をベースとし、IP を利用した住民向けの防災・災害情報ネットワークシステムを構築し、安否確認システムや双方向映像通信システムを研究開発し、情報処理学会や IEEE 国際会議(AINA)等の関連学会にて発表し評価を得てきた。しかしながら、東日本大震災では、更により強固で深刻な大規模震災直後でも、安否情報や避難所情報、被災情報など重要な情報を提供できる機能が必要であることが課題となった。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、東日本大震災のような大規模災害において、電力、通信網の切断や故障を伴う動的状況を考慮するため、バッテリーや太陽光発電など自立電源で稼働可能な周波数や通信方式の異なる複数の無線ネットワークを組み合わせて、より強固に通信環境(災害時の機器故障など)の変化に対して、常に通信状況(接続性、電波強度、スループット、遅延、パケット損失率)を監視(Cognition)しながら、災害時の利用目的や状況に合わせてシームレスに無線ネットワークを切り替えて再構成することにより、縮体しながらも稼働可能なコンポーネットによる最も適切なリンクや経路を選択、そして動的にネットワークを制御・再構成し、自律的にしぶとく稼働させることにより、大規模災害時に通信手段を確保し、中継ノードの復旧にしたがって通信可能地域エリアを拡大していく機能を想定している。

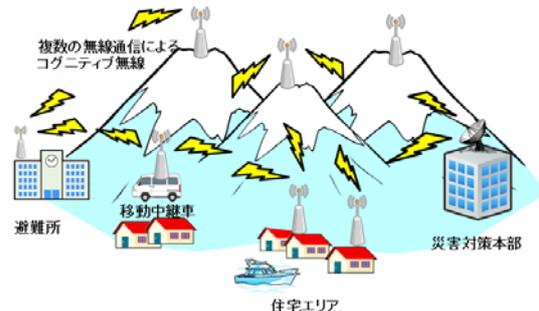


図1. 想定する大規模災害情報システム

(2) そしてこれらの機能の実現のため、筆者らが提案し、これまで研究により検証してきた拡張 AHP 法と Min-Max 法を用いた拡張 AODV 法による制御手法を広域な無線周波数資源に適用し、情報孤立エリア対策機能をシミュレーションによる検証を行い、更に Linux をベースとしたノート PC や小型 PC 等モバイル機器を使ったプロトタイプシステムの開発、そして岩手県沿岸部でのプロトタイプシステムを使った実証実験を行っていく。そして、プロトタイプシステムを使った実証実験では、筆者らがこれまで実際に通信災害復旧活動を行ってきた岩手県沿岸部で、災害を想定した安否情報システムや音声・動画システム等を用いて本提案手法を用いた実証実験を行う。

3. 研究の方法

(1) 本研究は東日本大震災のような大規模災害情報ネットワークシステムの実現を目指すことから、埼玉工業大学での研究開発の他、岩手県立大学付属の地域防災情報研究所を中心とし岩手山麓(滝沢村)および宮古市田老地区等を実験フィールドとして、現地調査及び実証実験を行う。

(2) 埼玉工業大学では主として、シミュレーションによる制御手法の検証や修正を行い、検証された手法を用いて Linux をベースとしたモバイル端末を用いたプロトタイプの作成を行う。また、岩手県立大学と共同で、東日本大震災に関するユーザ要求や地形などの現地調査やそれらを考慮したコグニティブ無線(CWN)の最適通信制御法の検証と修正、そしてプロトタイプを用いた山間部や沿岸部の実証実験を計画している。

4. 研究成果

(1) 本提案手法の評価を行うため、無線 LAN、衛星通信、アマチュア無線、3G通信といったより異なる広域な周波数に対応できるように実装したシミュレータ(ns2)を用いて評価を行った。

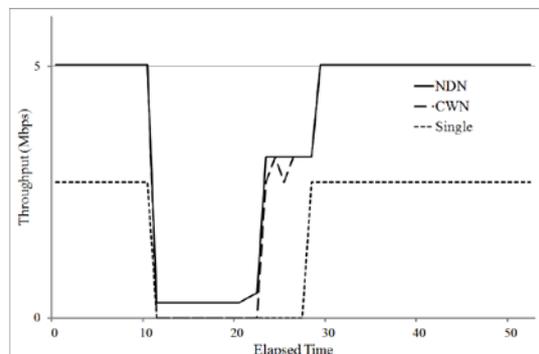


図2. 本提案手法に関するスループット評価
その結果、災害対策本部と避難所間を8台の中継箇所を想定した実験にて、本提案方式 NDN (Never Dir Networks) は、電界強度による単純な CWN、単一の無線通信より、強固で復旧が短期間であることが示された。そし

て、Linux を使ったプロトタイプシステムを構築し、現在も岩手県宮古市田老地区等で、プロトタイプを使用した実証実験を行っている。

(2) また、更に断絶通信環境下でも、通信を可能とするため、ドローン等の自律移動端末を用いて、災害時のユーザポリシーを考慮した拡張 AHP 法を用いた DTN (耐遅延性通信) を提案し、シミュレーションを通じて、更なる強固性について検証を行ってきた。



図 3. 自律移動端末プロトタイプ

その結果、Linux ボードに、提案した DTN 法を実装した自律移動端末のプロトタイプを構築し、自律的に無線を検知しながら、孤立地区を検出し、データを運搬を支援する機能について、各種学会発表や論文などを通じて評価を得た。

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 19 件)

① Goshi Sato, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata. Resilient Disaster Network based on Software Defined Cognitive Wireless Network Technology, Mobile Information Systems, Volume 2015 Article ID 308194, 2015, DOI; 10.1155/2015/308194

② Noriki Uchida, Noritaka Kawamura, Goshi Sato, Yoshitaka Shibata. Delay Tolerant Networking with Data Triage Method based on Emergent User Policies for Disaster Information Networks, Mobile Information Systems, Volume 10, No. 4, 2014, pp347-359, DOI; 10.3233/MIS-130186

③ Noriki Uchida, Noritaka Kawamura, Yoshitaka Shibata. Resilient Network with Autonomous Flight Wireless Nodes based on Delay Tolerant Networks, IT CoNvergence PRACTICE (INPRA), Volume 2, Issue 3, 2014, pp1-13. URL: <http://inpra.yolasite.com/>

④ Tomoyuki Ishida, Kazuhiro Takahagi, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata. Proposal of the Disaster Information Sharing System for the Disaster

Countermeasures Headquarters. IT CoNvergence PRACTICE (INPRA), Volume 2, Issue 3, 2014, pp34-54, URL: <http://inpra.yolasite.com/>

⑤ Noriki Uchida, Noritaka Kawamura, Goshi Sato, Yoshitaka Shibata. Resilient Network with Cognitive Wireless Network based on DTN for Disaster Information System in Rural Areas, The International Journal of Adaptive and Innovative Systems (IJAIS), Volume 2, No. 1, 2014, pp. 29-42, DOI; 10.1504/IJAIS.2014.061044

⑥ Yoshitaka Shibata, Noriki Uchida, Norio Shiratori. (Invited Paper) Analysis of and Proposal for a Disaster Information Network from Experience of the Great East Japan Earthquake, IEEE Communication Magazine, March 2014, 2014, DOI: 10.1109/MCOM.2014.6766083

⑦ Noriki Uchida, Norihiro Kawamura, Yoshitaka Shibata. Autonomous Directional Antenna Control for Delay Tolerant Networking based Disaster Information Network System in Local Areas, IT CoNvergence PRACTICE (INPRA), Volume 1, Issue 3, 2013, pp. 39-48. URL: <http://inpra.yolasite.com/>

⑧ Noriki Uchida, Norihiro Kawamura, Yoshitaka Shibata, Norio Shiratori. Proposal of Data Triage Methods for Disaster Information Network System based on Delay Tolerant Networking, The 7th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA2013), 2013, pp 15-21, DOI: 10.1109/BWCCA.2013.12

⑨ Noriki Uchida, Norihiro Kawamura, Yoshitaka Shibata. (Best Paper Award) Delay Tolerant Network with Directional Antenna Control for Disaster Information System, The 16th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2013), 2013, pp 222-227, DOI;10.1109/NBiS.2013.33

⑩ Yoshitaka Shibata, Noriki Uchida, Norio Shiratori. (Invited Paper) Problem Analysis and Improvement of Disaster Information Network and System from Experiences of the Great East Japan Earthquake, IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference 2013 (R10-HTC2013), pp. 188-193, DOI;10.1109/R10-HTC.2013.6669039.

⑪ Noriki Uchida, Norihiro Kawamura, Yoshitaka Shibata. Evaluation of Cognitive Wireless based Delay Tolerant Network for Disaster Information System in a Rural Area, The Seventh International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS2013), 2013, pp 1-7, DOI: 10.1109/CISIS.2013.11

⑫ Goshi Sato, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata. Implementation and Evaluation of Resilient Network based on Cognitive Wireless Network Framework, The Seventh International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS-2013), 2013, pp 88-93, DOI: 10.1109/IMIS.2013.24

⑬ Noriki Uchida, Norihiro Kawamura, Hiroaki Yuze, Yoshitaka Shibata, Delay Tolerant Networks on Vehicle-to-Vehicle Cognitive Wireless Communication with Satellite System for Disaster Information System in a Coastal City, IT CoNvergence PRActice (INPRA), Volume 1, Issue 1, 2013, pp. 53-66, URL: <http://inpra.yolasite.com/>

⑭ Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata, Norio Shiratori, Never Die Network Based on Cognitive Wireless Network and Satellite System for Large Scale Disaster, Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications (JoWUA), Volume 3, Number 3, 2012, pp. 74-93, URL: <http://jowua.yolasite.com/vol3no3.php>

⑮ Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Williams Nicholas, Yoshitaka Shibata, Proposal of Delay Tolerant Network with Cognitive Wireless Network for Disaster Information Network System, The 5th International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems (IWDENS2013), 2013, pp249-254, DOI: 10.1109/WAINA.2013.125

⑯ Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata, Proposal of Autonomous Cloud Based Network Control Methods for Disaster Information Network System with Cognitive Wireless Network, 7th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA2012), 2012, pp342-347, DOI: 10.1109/BWCCA.2012.63

⑰ Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata, Norio Shiratori, Local

Area Network Reactivation in Never Die Network for a Large Scale Disaster, The 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2012), 2012, pp89-96, DOI: 10.1109/NBiS.2012.138

⑱ Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata, Norio Shiratori, Evaluation of Never Die Network for a Rural Area in a Ultra Large Scale Disaster, The Sixth International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS2012), 2012, pp307-313, DOI: 10.1109/CISIS.2012.212

⑲ 内田法彦, 柴田義孝. 東日本大震災におけるトラフィック分析と接続性を考慮した防災災害情報システム, 日本地震工学会誌, 2012, pp. 64-67, URL:<http://www.jaee.gr.jp/wp-content/uploads/2012/02/kaishi17.pdf>

[学会発表] (計 13 件)

① Noriki Uchida, Noritaka Kawamura, Tomoyuki Ishida, Yoshitaka Shibata. Evaluation of Wireless Network Communication by Autonomous Flight Wireless Nodes for Resilient Networks, The 17th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2014), Sep. 2014, Salerno, Italy.

② Noriki Uchida, Noritaka Kawamura, Tomoyuki Ishida, Yoshitaka Shibata. Proposal of Autonomous Flight Wireless Nodes with Delay Tolerant Networks for Disaster Use, The 8th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS2014), July. 2014, Birmingham, UK.

③ Noriki Uchida, Noritaka Kawamura, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata. Proposal of Dynamic FEC Controls with Population Estimation Methods for Delay Tolerant Networks, The 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA2014), May. 2014, Victoria, Canada.

④ 内田法彦, 川村典弘, 石田智行, 柴田義孝, ユーザポリシーを考慮したDTN通信法と自律飛行無線ノードを用いた応用に関する構築と考察, 第4回 DTNとその未来に関するワークショップ, 2014年5月, 宮城県仙台市

⑤ Noriki Uchida, Norihiro Kawamura, Yoshitaka Shibata, Norio Shiratori. Proposal of Data Triage Methods for

Disaster Information Network System based on Delay Tolerant Networking, The 7th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA2013), Oct. 2013, Compiègne, France.

⑥ Noriki Uchida, Norihiro Kawamura, Yoshitaka Shibata. Delay Tolerant Network with Directional Antenna Control for Disaster Information System, The 16th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2013), Sep. 2013, Gwangju, Korea.

⑦ Yoshitaka Shibata, Noriki Uchida, Norio Shiratori. (Invited Paper) Problem Analysis and Improvement of Disaster Information Network and System from Experiences of the Great East Japan Earthquake, IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference 2013 (R10-HTC2013), Aug. 2013, Sendai, Japan.

⑧ Noriki Uchida, Norihiro Kawamura, Yoshitaka Shibata. Evaluation of Cognitive Wireless based Delay Tolerant Network for Disaster Information System in a Rural Area, The Seventh International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS2013), July. 2013, Taichung, Taiwan

⑨ Goshi Sato, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata. Implementation and Evaluation of Resilient Network based on Cognitive Wireless Network Framework, The Seventh International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS-2013), July. 2013, Taichung, Taiwan

⑩ Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Williams Nicholas, Yoshitaka Shibata, Proposal of Delay Tolerant Network with Cognitive Wireless Network for Disaster Information Network System, The 5th International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems (IWDENS2013), Mar. 2013, Barcelona, Spain.

⑪ Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata, Norio Shiratori, Local Area Network Reactivation in Never Die Network for a Large Scale Disaster, The 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2012), Sep. 2012, Merbourne, Australia.

⑫ Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata, Norio Shiratori, Evaluation of Never Die Network for a Rural Area in a Ultra Large Scale Disaster, The Sixth International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS2012), July. 2012, Palermo, Italy

⑬ 内田法彦, 柴田義孝, 岩手県三陸沿岸におけるDTNを用いた防災災害情報ネットワークの評価と課題について, 第1回 DTNとその未来に関するワークショップ, 2012年12月, 福岡県福岡市

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内田法彦 (UCHIDA, Noriki)

埼玉工業大学・人間社会学部・准教授

研究者番号: 10610298

(2) 研究分担者

柴田義孝 (SHIBATA, Yoshitaka)

岩手県立大学・ソフトウェア情報学部・教授

研究者番号: 80129791

高畑一夫 (TAKAHATA, Kazuo)

埼玉工業大学・人間社会学部・教授

研究者番号: 60226909