

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04972

研究課題名（和文）通信途絶時の飛躍的遅延性能と伝達率を向上する次世代耐遅延性災害通信システム

研究課題名（英文）Next Generation Delay Tolerant Disaster Communication System exponentially improving Latency and Transmission Rate for Communication Disruption

研究代表者

内田 法彦（Uchida, Noriki）

福岡工業大学・情報工学部・教授

研究者番号：10610298

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、被災者が時間等とともに変化する必要な情報に優先度（ユーザポリシー）を付与し、複数の異種無線によるD2D(Device-to-Device)通信の通信途絶時の遅延性とデータ伝送率の飛躍的向上と、IoTデバイスや携帯電話による加速度センサーや通信状況等を用いて、被災者周辺の被災状況や負傷状況などの災害情報を自動共有する次世代耐遅延性災害通信システムに関する研究開発を行う。そして、異種無線網間通信のサービス品質制御機能などの手法を提案し、これらの評価のため、プロトタイプシステムを実装し、目標としていた遅延性能や伝達率を示すことにより、研究の有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、多くの課題点が指摘されてきたDTN(Delay Tolerant Networking)法においても、提案した拡張データトリージング法及び異種無線網間通信のサービス品質制御機能を導入することで、災害時にも、飛躍的通信性能の向上を可能にすることを示すことができる。また、提案した被災者支援機能により、被災状況や負傷状況などの人的状況把握による時間の軽減も期待でき、これらの成果は、災害が多い我が国ならではの、世界へ貢献する重要なコンテンツとなりうると思われる。

研究成果の概要（英文）：The research presents the Next Generation Disaster Communication System based on DTN (Delay Tolerant Networking). The system first aims for the exponential improvements of latency and transmission rate of the significant messages just after disasters by the proposed heterogeneous wireless D2D (Device-to-Device) methods. Second, it also aims for new applications, such as the autonomous information-sharing functions of the extent of the damages or injuries by the gyro sensors and the wireless conditions of the IoT devices or smartphones. Then, the proposed methods, such as the QoS (Quality of Service) control method for the heterogeneous wireless D2D through the entire network, and the prototype system is implemented for the evaluations of the proposed methods. The results indicated the effectivity of the proposed by achieving the targeting latency and transmission rate by the experiments.

研究分野：災害情報システム、無線ネットワーク、QoS

キーワード：災害通信システム 耐遅延性通信 無線通信 モバイルネットワーク IoT

1. 研究開始当初の背景

(1) 我が国は、東日本大震災以降も、各地で甚大な地震、台風等の被害が発生し、それらに対する技術研究が重要な課題の一つとなっているものの、通信途絶時の安否情報や被災情報等の迅速な情報伝達手段には以前課題が存在している。

(2) そうした中、携帯電話等の端末間転送を基盤とする耐遅延性通信(DTN)法は、災害直後等の劣悪な通信環境を想定した蓄積運搬型のプロトコルであり、基地局が破損しても、端末間通信(D2D)により、データ複製を繰り返していく通信手法で、国内外でも、災害時の利用を想定した研究事例は多い。しかしながら、既存の TCP/IP 通信より遅延を許容する DTN 法では、ホップ数の増大とともにメッセージ伝達率の低下と遅延が増大し、市町村規模では、数日から数週間の遅延と、伝達率も 80%未満との研究報告例がある。そのため、携帯電話などのモバイル端末が普及した現在においても、このような甚大な災害時が発生した際は、生命に関わるような重大なメッセージの送受信を遅延が少なく、伝達性能を向上させた通信手法を実現するには、課題があった。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、東日本大震災のような通信障害を伴う甚大な被災状況においても、携帯電話やモバイル PC のような移動体端末を活用し、D2D でのデータ複製を繰り返していく DTN 通信において、生命に関わるような重要なメッセージの送受信に関して、飛躍的に遅延性と伝達率を向上させることを目的とし、更に、被災地における被災状況や負傷状況などの自動把握機能など災害情報システムにおける新たな支援機能について研究開発を行っていく。

(2) その実現のため、本研究では、第1に、既存の 4G/WiFi 等通信手法に、今後普及が期待されている 5G/IoT 技術など新たな無線通信方式を導入し、図1に示すような、D2D による DTN 通信網に関して、研究開発を行っていく。その際、筆者らがこれまで、国内外の学会等で評価を得てきたデータトリージ法を応用し、震災による負傷や破損といった生命に関わるような優先度が高い送受信データに関しては、高優先度で、データの複製と優先的な送受信を実行することで、高優先度のデータに関しては、遅延や伝達率といった通信性能が飛躍的に向上できるかについて、評価を実施していく。

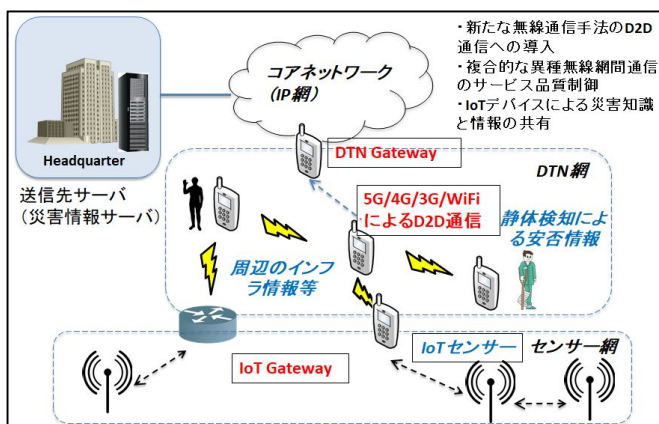


図1. 想定するネットワーク構成

(3) そして、図1のコアネットワークにおいても、ネットワーク機器が破損した際には、生存している機器を監視し、高優先度の送受信データに関しては、縮退しながら、経路を自動生成しながら、しぶとく接続性を維持し、場合によっては、複数経路に分散しながらも、強固な接続性を維持する機能が必要となる。そのため、接続状態を監視し、拡張ダイクストラ法により、経路制御を実行する異種無線網間通信のサービス品質制御機能を提案した。また、その際、災害時の仕様を想定しているため、国内外でサーバを分散して行うクラウドサービスに監視及び制御機能を導入し、OpenFlow を使用してコアネットワーク内の経路制御を実行していくことを計画している。

(4) 最後に、更に、携帯電話や IoT センサーの GPS や加速度センサーなどの測定値及び破損具合を D2D 通信で把握することで、被災地における被災状況や負傷状況などの自動把握する機能など災害情報システムにおける新たな支援機能についても、研究開発を行っていく。

3. 研究の方法

(1) 本研究は東日本大震災のような甚大な震災時での通信性能の向上を目的とすることから、福岡工業大学での研究開発以外にも、該当分野で実績がある岩手県立大学付属の地域防災情報研究所の研究支援を得て、設計補助及び検証を行う。

(2) 福岡工業大学では主として、データトリージ法を拡張するための D2D 機能及び異種間無線通信制御機能等の研究開発を行う他、福岡工業大学情報科学研究所の電磁波計測センターの

研究支援を得て、実験用シミュレーター等実験装置の構築を行っていく。そして、岩手県立大学では、岩手県宮古市等の被災地を実験フィールドに想定して、現地調査及び性能評価を行っていく。

4. 研究成果

(1) 本提案手法の評価を行うため、加速度センサーを搭載した IoT デバイス、提案するデータトリージ法を導入したスマートフォン、そして、コアネットワーク層における経路制御のために OpenFlow 及び GCP (Google Cloud Platform) を使ったクラウドサービスによるシミュレーター環境を構築した。そして、DTN 端末には、Google Assistant を導入し、Actions on Google や Zabbix などから構成される GCP と接続し、通信環境や破損状況などの判断に使用した。そして、その判断により、コアネットワーク内のネットワーク機器に、OpenFlow を使用して、最適な経路制御が可能にできるよう実装した。

(2) そして、コアネットワークにおける異種無線網間通信制御機能に関する実験では、複数レベルに優先度を付与したデータに関して、GCP からの OpenFlow 制御により、正しく経路制御が制御できたことが示された。また、多数の IoT センサーデータが、5G での D2D 通信により、最大 1Gbps の通信量があった際も、コアネットワーク内のネットワーク機器が、震災による機器障害により、縮退しながら、図 2 のように、生存している経路に分散し、冗長的に接続を維持できていることを確認し、これらの結果については、各種学会発表や論文などを通じて評価を得た。

(3) また、提案するデータトリージ法を使用した DTN 法に導入したシミュレーション実験を行った。シミュレーション環境では、東日本大震災で甚大な被害を受けた岩手県宮古市田老地区の約 7km² の GIS データを使用し、5G/4G/3G/WiFi による複数の無線環境から構成され D2D 通信を有したスマートフォン 100 台をランダムに 1~50km/s で移動した際の、遅延性能とメッセージ伝達率を計測した。その結果、既存の Epidemic 法では、3 時間後のデータ伝達率が 80% 未満で、平均遅延時間が 2800 秒程度だったことに対し、データトリージ法においては、優先度の高いデータの伝達率がほぼ 100% で、平均遅延時間も 1100 秒となり、本提案手法の有効性を示し、これらの結果については、現在国際学会等で評価を行っている最中である。

(4) さらに、本研究では、次世代災害通信システムにおける新たなアプリケーションとして、スマートフォンに搭載されている GPS と加速度センサーを災害直後から常時監視し、負傷等による異常な静止状態を自動検知し、優先的に安否情報の発信に利用できるよう静体検知システムに関する検証も行った。提案手法では、計測されたセンサー値に MCMC (Markov Chain Monte Carlo) 法を導入し、計測時間間隔と移動量に閾値を算出し、異常な静止状態を自動検知できるよう実装した。そして、USB 充電状態の確認と、室内外で移動量が異なるため、GPS による通信状況により、室内外を判別できるよう追加機能を追加し、図 3 のようなプロトタイプシステムを実装した。そして、約 1 か月間の日常生活において、誤った異常な静止状態を検知しないか検証を行った結果、室内では標準偏差が 0.00021、室外では 0.0047 の計測値のみに反応しておらず、日常生活では、検知が極めて稀であり、負傷などによる異常な静止状態のみしか判別していないことが確認された。

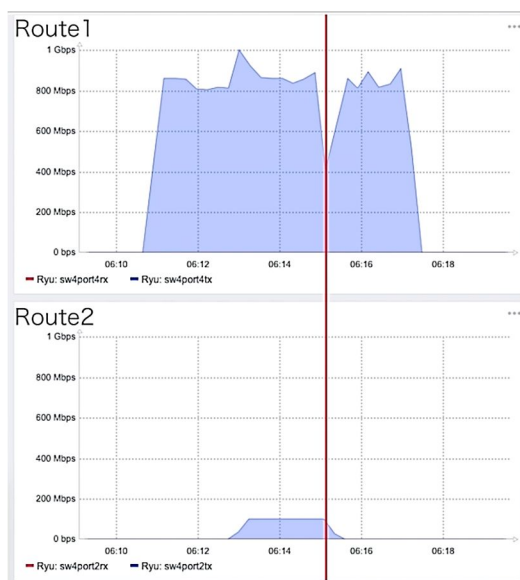


図 2. 通信制御機能の結果



図 3. 静体検知システム

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 内田法彦	4. 巻 345
2. 論文標題 東日本大震災におけるトラフィック分析とレジリエントな防災災害情報システム	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電波技術協会誌FORN	6. 最初と最後の頁 18-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Noriki Uchida, Kanji Nakano, Tomoyuki Ishida, Yoshitaka Shibata.	4. 巻 7
2. 論文標題 SDN based QoS Control Methods with the Classifications of IoT Data Transmissions for Disaster Information Systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Research Briefs on Information & Communication Technology Evolution (ReBICTE)	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.22667/ReBICTE.2021.06.15.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Noriki Uchida, Goshi Sato, Yoshitaka Shibata	4. 巻 9
2. 論文標題 Device-to-Device Communication based DTN for Disaster Information System by Using Emergent User Policy and Locational Information	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Internet Services and Information Security (JISIS)	6. 最初と最後の頁 41-51
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.22667/JISIS.2019.08.31.041	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Noriki Uchida, Shigeyuki Endo, Tomoyuki Ishida, Hiroaki Yuze, Yoshitaka Shibata.
2. 発表標題 Proposal of Early Landslide Warning System considering Scalability and Reliability with Emergent IoT Data Priority
3. 学会等名 The 6th International Symposium on Mobile Internet Security (MobiSec2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Noriki Uchida, Tomoyuki Ishida, Yoshitaka Shibata.
2. 発表標題 QoS Control Methods with IoT Data Priority for Heterogeneous Wireless Networks in Disaster Information System
3. 学会等名 The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics 2022 (AROB 27th 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤繁之, 内田法彦, 柴田義孝
2. 発表標題 緊急度の高いメッセージにおけるQoS制御を考慮した拡張MQTT法に関する評価
3. 学会等名 第20回情報科学技術フォーラム(FIT2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤繁之, 内田法彦, 柴田義孝
2. 発表標題 IoTデータにおける優先度を考慮した拡張MQTT法に関する提案
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02021)シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Noriki Uchida, Misaki Fukumoto, Tomoyuki Ishida, Yoshitaka Shibata.
2. 発表標題 Implementations on Static Body Detections by Locational Sensors on Mobile Phone for Disaster Information System
3. 学会等名 Advances in Internet, Data and Web Technologies. EIDWT 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Noriki Uchida, Misaki Fukumoto, Tomoyuki Ishida, Yoshitaka Shibata.
2. 発表標題 tatic Body Detections for Estimations of Injured Persons and User Policy based Delay Tolerant Networks in Disaster Information System
3. 学会等名 The Twenty-Fifth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2020 (AROB 25th 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Noriki Uchida, Kanji Nakano, Chiho Takegawa, Tomoyuki Ishida, Yoshitaka Shibata.
2. 発表標題 Proposal on the Disaster Information System based on QoS Controls of Heterogeneous Radio Networks and Radio Atmosphere
3. 学会等名 The 10th International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kanji Nakano, Noriki Uchida.
2. 発表標題 Proposal of QoS Controls by Using OpenFlow for Heterogeneous Wireless Networks Considered with the IoT Traffic Performance
3. 学会等名 The 13th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS-2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野寛二, 内田法彦.
2. 発表標題 IoT 通信を考慮したダイクストラ法によるSDN を用いた通信制御法の提案
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中野寛二, 内田法彦
2. 発表標題 IoT の通信性能を考慮した異種間無線網におけるOpenFlow を用いたQoS 制御法の提案
3. 学会等名 第18回情報科学技術フォーラム(FIT2019)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	柴田 義孝 (Shibata Yoshitaka) (80129791)	岩手県立大学・その他部局等・特命教授 (21201)	
研究分担者	石田 智行 (Ishida Tomoyuki) (00719148)	福岡工業大学・情報工学部・教授 (37112)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------