

Wi-Fi を用いた LDM エッジサーバの災害時利用に関する実証的研究 (175009002)

An Experimental Study on Efficient Use of LDM Edge Server with Wi-Fi in Disaster Situation

研究代表者

木下和彦 国立大学法人徳島大学
Kazuhiko Kinoshita Tokushima University

研究分担者

太田能[†] 前野誉^{††} ファハルドジョビリン^{††}
Chikara Ohta[†] Taka Maeno^{††} Jovilyn Fajardo^{††}
[†]国立大学法人神戸大学 ^{††}株式会社スペースタイムエンジニアリング
[†]Kobe University ^{††}Space-Time Engineering

研究期間 平成 29 年度～平成 30 年度

概要

高齢化や地方の過疎化が進むなか、自動運転支援システムの導入が期待されている。また、大規模災害の発生直後に地域住民への災害情報提供システムの構築が求められている。本提案では自動運転などで大きな需要が見込まれる LDM (Local Dynamic Map) サービスを提供する路車間通信における路側エッジサーバに着目し、Wi-Fi を用いて無線メッシュネットワークを構築することにより、平時の LDM サービスを低コストに提供しつつ、災害時には通信インフラに依存せずに災害情報を提供できる平時・災害時両用システムの開発及び実証を行い、新たな基盤技術を確立する。

1. まえがき

道路や建物などの静的な地物データ上に、自車周辺の他の移動体や事故情報といった動的な道路交通情報を重ね合わせたデジタル地図である LDM (Local Dynamic Map) は自動走行のための自己位置推定や走行経路特定に活用できると考えられており、また、LDM データベースは共通プラットフォームとして他分野での活用も期待されている。LDM に掲載される動的情報の多くは、各車両から通信によってリアルタイムに収集され、処理されることで生成される。こうして得られた情報は、これを必要とする車両からの要求に応じて配信される。周辺の車両や歩行者の位置や路面の落下物などの動的情報に対してはリアルタイム性が要求されるため、LDM 情報を処理するサーバは、車両のアクセス網に併設されるサーバ、すなわちエッジサーバとなると考えられる。一方、大規模災害時、特に発災直後における地域住民への災害情報提供システムは、減災に大きく寄与すると期待されている一方で、それに対するこれまでの研究成果が十分社会展開されていない。その主因としては、同システムの平時における有効的な活用方法が見出せず、維持管理の難しさと相まって導入が促進されていないことが挙げられる。

そこで、本提案では今後車両の自動運転などで大きな需要が見込まれる LDM サービスを提供する路車間通信における路側エッジサーバに着目し、運用に無線免許を必要としない Wi-Fi を用いてメッシュネットワークを構築することにより、平時の LDM サービスを低コストに提供しながら災害時には通信インフラに依存せずに災害情報を提供できる平時・災害時両用システムの提案及び実証を目的とする。

2. 研究開発内容及び成果

本研究では、ア) 平時 LDM 路側 Wi-Fi エッジサーバ無線メッシュネットワーク構築技術と、イ) 災害時メッシュネットワーク再構築技術に取り組んだ。以下、それぞれの概要を示す。

【ア-A: LDM サービス機能実装】

非常時に取り扱うべき災害情報の抽出と、平時の LDM 情報フォーマットを参考にこれを表現するフォーマット

の仕様を検討した。具体的には、「SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)・自動走行システム」の検討結果を調査するとともに、LDM 情報を含む自動運転のための技術を議論する世界的オープンフォーラムである Open Auto Drive Forum (OADF) に加入、情報収集を行った。高知県高知市消防局からは、災害情報としては、道路状況、建物 (倒壊状況)、火災状況についてのテキスト、画像、映像データが極めて有用であること、高知県香美市防災対策課からは、医療情報として、被災者の状態と居場所、被災地域内外にある各医療機関の医療資材と受入 (可能) 患者数等の情報が重要であることが明らかとなった。このことから、災害現場と各組織で設置される災害対策本部間の情報共有 (ツリー構造)、災害対策本部間の情報共有 (メッシュ構造) のトラヒックが発生することが予想される。また、LDM サービスに必要な情報・機能を整理し、サービス提供に必要なインフラ要件 (計算処理量、通信量等) を確認して、後述の実証実験のための機能として実装した。

【ア-B: 平時 LDM サービス利用を考慮したノード構成】
指向性アンテナの活用により、どんな間隔でエッジサーバを設置可能か、どの程度スループット改善可能かを、シミュレーションや実機実験により明らかにした。具体的には、導入したネットワークシミュレータ Scenargie においてパッチアンテナ、八木アンテナの指向性パターンを設定し、アンテナの向き、データレート、エッジサーバに相当する AP 間距離、ならびに他システムからの干渉の影響について調査した。

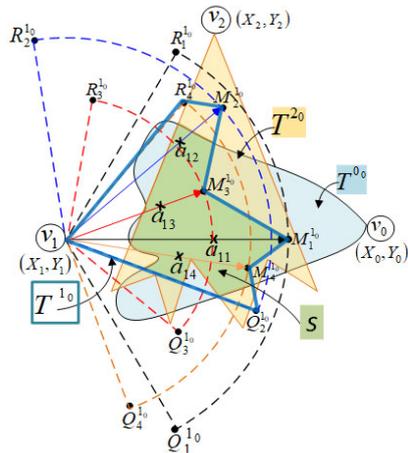
【ア-C: 平時 LDM サービス利用を考慮した網設計】
通信フローの与条件とするときのフロー毎のスループット推定手法の方針を決定した。具体的には、提案しているリンク間干渉を考慮した Max-min Fair フロー割当方法により、推定スループット以下のフロートラヒック以下であればフロー間の干渉により特定のフローが犠牲となって極端にスループットが低下する通信フローが発生しないことを確認した。

【イ-A: 接続性復旧フェーズ】

災害発生時の接続性復旧手順として、まず、全ての路側エッジサーバがバックボーンに到達可能な状況を作り、次に

メッシュネットワークだけで相互に接続可能な状況を復旧させることを考え、以下の手順を確立した。

- (1) 各路側エッジサーバは、バックボーンに接続された管理サーバから災害発生の通知を受けるか、管理サーバとの通信が断絶したときに接続性復旧フェーズに移行し、全ての無線インタフェースで使用するチャンネルを予め決めておいた同一のものに変更する。
 - (2) 通信可能な AP と制御メッセージを交換し、各インタフェースの動作モードを決定する。
 - (3) 経路を再構築し、接続性の回復を試みる。
 - (4) バックボーンに到達できないエッジサーバが存在する場合、平時のトポロジと現在の通信可能状況から接続性回復に有効な復旧ポイントを推定し、予備 AP を設置する。これを踏まえて、まず、災害が発生してメッシュネットワークが分断された際に電波状況を収集するためのスマートフォンアプリの実装開発を行った。
- 次に、予備 AP を設置する場所を決定するアルゴリズムとその後の経路制御アルゴリズムを開発した。具体的には、前述のアプリによって収集された電波状況を基に、各 AP の送信電力とアンテナの半値角を既知とした上で、アプリで収集した RSSI 情報から電波減衰を考慮し、より多くの AP の接続性を回復できる位置を導出する（下図）。



【イ-B：再最適化フェーズ】

接続性復旧フェーズでは全てのインタフェースが同一のチャンネルを用いることで通信可能なノードを発見することを容易にしていたが、そのままでは通信速度が上がらない。そこで、接続性を確保した後の最適なチャンネル割り当てについて検討し、指向性アンテナと無指向性アンテナが共存する環境で、どの AP からでの通信もほぼ同品質になるよう、公平性を考慮したアルゴリズムを開発した。

【イ-C：転送フェーズ】

再構築されたメッシュネットワークを通じて、電子カルテ等の重要な情報を病院や避難所などの必要な場所に転送することで被害を小さくすることを考える。このとき、医療情報などには必要とされる期限が存在することから、全ての情報を平均的に早く届けるのではなく、必要な情報を必要な時刻までに転送する技術について検討し、制限時間付きファイル転送技術を応用しつつ、ホップ数だけでなく、経由リンクで用いられるチャンネル数を指標に加えた経路選択アルゴリズムを確立した

【共通：実機実験】

本システムで使用するエッジサーバについて要求仕様を策定した上で実機を試作し、以下の実証実験を行った。まず、実環境における提案方式の性能を評価するため、試作エッジサーバ用いた Wi-Fi メッシュネットワークの基礎特性を評価した。その結果、指向性アンテナの向きと距

離が通信速度に与える影響、マルチチャネル通信の基本特性、マルチホップ通信における end-to-end スループット、シミュレーション結果と実測結果の違いなどの知見を得た。試作機は要求を満たす性能を示しており、これを基に、Wi-Fi メッシュネットワークにおけるスループットを最大化するチャンネル割り当て手法と災害時を想定した再構築手法の実証実験を行い、提案手法の有効性を確認した。これは徳島県美波町の協力を得て実現できたものである。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取組

本研究開発は自治体との連携に基づいた現実的・実用的な課題設定に大きな新規性があり、その定式化と解決手段の提案及び実装は IoT などの無線システムの社会展開や新たなワイヤレスビジネスの創出に大きく貢献するものと考えられる。

今後は引き続き美波町を中心に実用化へ向けての取り組みを続け、同様の災害対策に苦心する自治体に対してもモデルケースとして示せるよう一般化を図る予定である。

4. むすび

本研究開発では、平時 LDM サービスと災害時アクセスサービス、指向性アンテナを備えたインフラストラクチャモードで動作する無線メッシュネットワークを用いて矛盾なく効果的・効率的に提供するシステム運用方法を確立した。

【誌上发表リスト】

- [1] Erdenetuya Dorj and Kazuhiko Kinoshita, "A Route Reconstruction Method with Spare AP for Wireless Mesh Networks in Disaster Situation," International Symposium on Computers and Communications (ISoCC2018) (2018年8月29日)
- [2] Keisuke Maesako, Yumi Takaki, Tomio Kamada, and Chikara Ohta, "Asymmetric Hidden Node Problem Aware Routing Metric for Wireless Mesh Networks," IEEE Consumer Communications & Networking Conference (2019年1月12日)
- [3] Kohki Ikeda and Kazuhiko Kinoshita, "A Channel Assignment Method for Wireless Mesh Networks in Disaster Situation," IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (2019 ICCE-TW) (2019年5月)

【申請特許リスト】

- [1] 木下和彦、古川裕也、通信モード割当方法、無線ノードおよび通信モード割当プログラム、日本、2019年2月18日
- [2] 木下和彦、上本勇希、経路選択方法、経路選択装置および経路選択プログラム、日本、2019年2月7日

【受賞リスト】

- [1] Erdenetuya Dorj, Best Student Paper Award of International Symposium on Computers and Communications (ISoCC2018), "A Route Reconstruction Method with Spare AP for Wireless Mesh Networks in Disaster Situation," Aug. 2018.
- [2] 高橋智輝、電子情報通信学会モバイルネットワークとアプリケーション研究会 2018 年度若手研究奨励賞、"インフラストラクチャモードで動作するマルチ Wi-Fi インタフェースメッシュネットワークの最適設定法"、2019年7月。

【報道掲載リスト】

- [1] "Wi-Fi 使い地域情報提供"、徳島新聞、2017年9月5日