

## 論文の内容の要旨

論文題目	Ground Vehicle and UAV-empowered DTN Protocols for Information Sharing in Post-disaster Scenarios (車両・無人航空機を活用した災害時情報共有のためのDTNプロトコル)
学位申請者	DU ZHAOYANG

地震災害時においては、通信インフラが故障し、携帯電話ネットワークが利用できなくなることが予想される。そのため、災害時における通信方式の検討が必要となる。遅延耐性ネットワーク (Delay Tolerant Networking: DTN) 技術は継続的なネットワーク接続が不可能な極限的環境における通信をサポートすることができ、災害時における携帯基地局に依存しない情報共有が可能となる。本研究では、車両・無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) を活用した災害時情報共有のためのDTNプロトコルの研究を行っている。車両・UAVの移動性を十分活用し、自律分散通信技術で災害時における情報共有を実現することを目的としている。

本論文では、ア) 車両DTNネットワークにおけるメッセージ中継プロトコルとバッファ管理方式、イ) UAVを活用したメッセージ転送方式、といった2点に焦点を当て、下記2つの手法を提案している。1つ目は、車両間の接触履歴に基づき、ネットワークノード間の将来の接続確率を予測し、それに合わせたメッセージの複製方式を提案している。また、各ノードのバッファ (Buffer) をより効率的に利用するために、データの重要度やバッファの空き領域を統合的に考慮したバッファ管理手法を提案している。情報共有プロセスにおいては、メッセージの中継方式とバッファ管理を連携させることで、パケット到達率の向上と遅延の削減を実現している。

2つ目は、車両・UAV両方を活用したDTNプロトコルを提案している。UAVは各地域間で巡航して、フェリーノード（中継ノード）として地域間でのメッセージ転送をサポートするシナリオを想定している。提案方式は、UAVと車両の移動パターンの違いに焦点をあて、まず目的ノードに届く確率の予測を行う。特に、従来方式では、確率の予測においては、接触回数のみを考慮していることに対して、本研究では、接触回数に加えて毎回の接触時間を考慮している。その次に、予測確率及びメッセージの優先順位を統合的に考慮し、UAVを利用するか否か、どのUAVを利用するかといったデータ転送の決断を行う。また、災害時における道路損傷も考慮し、UAVを利用して孤立地域間の情報共有を可能とするシナリオにおける通信性能の検証を行っている。

The ONE Simulatorを利用して、実際の地図データに基づいた現実的な車両移動シナリオを構築し、提案プロトコルの性能を評価している。既存のDTNプロトコルである“PRoPHET,” “Spray-and-Wait,” “Bubble Rap”と比較することで提案方式の優位性を十分示している。

上記のように、本論文は、災害時における通信を想定し、車両・無人航空機を活用したDTNプロトコルを提案し、現実的なネットワークシミュレーションを用いて既存手法と比較しながら、提案手法の有効性を確認している。

## 論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名      DU ZHAOYANG

審査委員主査      策力木格

委員      吉永 努

委員      古賀 久志

委員      韓 承鎬

委員      安達 宏一

委員      大坐島 智

(\*自筆署名の場合に限り、押印省略可)

本論文では、車両遅延耐性ネットワーク (Delay Tolerant Networking : DTN) プロトコルに関する研究を行い、ア) 車両DTNネットワークにおけるメッセージ中継プロトコルとバッファ管理方式、イ) UAVを活用したメッセージ転送方式、といった2点の研究課題に焦点を当て、下記2つの手法を提案している。1つ目は、車両間の接触履歴に基づき、ネットワークノード間の将来の接続確率を予測しメッセージの複製を行い、データの重要度やバッファの空き領域を統合的に考慮しバッファ管理を行う方式を提案している。2つ目は、車両・無人航空機 (UAV) 両方を活用したDTNプロトコルを提案している。The ONE Simulatorを利用して、実際の地図データに基づいた現実的な車両移動シナリオを構築し、提案プロトコルの性能を評価し、既存のDTNプロトコルと比較することで提案方式の優位性を十分示している。

本論文の構成は以下のようになっている。第一章では本論文の導入部として、既存の車両DTN技術の概要と課題、DTNにおけるバッファ管理課題、UAVを用いた通信ネットワークにおける研究課題、本論文の提案内容を示している。本論文の提案としては、車両DTNネットワークにおける効率的なメッセージ中継とバッファ管理を統合させた通信プロトコル、車両・無人航空機 (UAV) 両方を活用したDTNプロトコルを挙げている。

第二章では、DTN環境における経路選択プロトコル、バッファ管理手法、UAVを

活用した通信に関連する研究動向について150件以上の参考文献を用いて紹介している。DTN環境における経路選択，データ転送プロセス，バッファ管理，UAVを用いたデータ転送における研究課題などを解説している。

第三章では，車両DTNにおける効率的なメッセージ中継とバッファ管理を統合させた提案プロトコルの詳細を説明している。車両間の接触履歴に基づき，ネットワークノード間の将来の接続確率を予測し，それに合わせたメッセージの複製方式を提案している。また，各ノードのバッファ（Buffer）をより効率的に利用するために，データの重要度やバッファの空き領域を統合的に考慮したバッファ管理手法を提案している。情報共有プロセスにおいては，メッセージの中継方式とバッファ管理を連携させることで，パケット到達率の向上と遅延の削減を実現している。The ONE Simulatorを利用して，既存のDTNプロトコルである“PRoPHET,” “Spray-and-Wait,” “Bubble Rap”と比較することで提案方式の優位性を十分示している。

第四章では，車両・無人航空機（UAV）両方を活用できる提案DTNプロトコルの詳細を説明している。具体的には，UAVは各地域間で巡航して，フェリーノード（中継ノード）として地域間でのメッセージ転送をサポートするシナリオを想定している。提案方式は，UAVと車両の移動パターンの違いに焦点をあて，まず目的ノードに届く確率の予測を行う。特に，従来方式では，確率の予測においては，接触回数のみを考慮していることに対して，本研究では，接触回数に加えて毎回の接触時間を考慮している。その次に，予測確率及びメッセージの優先順位を統合的に考慮し，UAVを利用するか否か，どのUAVを利用するかといったデータ転送の決断を行う。また，災害時における道路損傷も考慮し，UAVを利用して孤立地域間の情報共有を可能とするシナリオにおける通信性能の検証を行っている。The ONE Simulatorを利用して，提案方式の優位性を十分示している。

最後に第五章において，本論文の結論と今後の検討課題を示している。今後の研究課題については，DTNにおけるフィードバック手法，マルチキャスト通信，エニーキャスト通信，アプリケーション特性を考慮したメッセージの優先順位制御などを挙げている。

このように本論文では，車両・無人航空機を活用した災害時情報共有のためのDTNプロトコルに関する研究を行い，2つの手法を提案している。提案手法は，災害時における情報共有において有用である。またより効率的なSpace-Air-Ground通信システムの実現に一定の指針を与えるものであり，本論文は博士論文として十分の内容を有していると判断できる。