

# モバイル網とDTNの融合による 大容量コネクテッドカーデータ収集プラットフォーム

木全 崇<sup>1,a)</sup> 寺西 裕一<sup>1,b)</sup> 河合 栄治<sup>1,c)</sup> 原井 洋明<sup>1,d)</sup>

**概要:** 我々の研究グループでは、モバイル網が整備途上の地域においてもコネクテッドカーによる大容量のデータ収集サービスを提供可能とすべく、DTN 技術に SDN のコンセプトを適用し、DTN をデータプレーンに、モバイル網をコントロールプレーンに適用する新たなデータ収集アーキテクチャ「Hybrid DTN」を提案してきた。我々は、Hybrid DTN に基づくデータ収集プラットフォームの実装を進めており、本デモンストレーションでは、本プラットフォーム上で、シミュレーションによるデータ収集結果を可視化し、提案データ収集方式の効果を示す。

## 1. はじめに

近年、自動車をインターネットに接続し、安全・快適な運転支援サービスや自動運転サービス等を実現するコネクテッドカーが注目されている。本研究では、コネクテッドカーの応用として、車載センサーや車載カメラなどから得られる比較的大容量のデータをクラウド上で収集・分析し、故障診断、ナビゲーション、警報通知などに活用する「大容量データの収集・分析」のユースケースを想定する。こうしたユースケースでは、一定の時間内に、必要なデータを各車から出来るだけ多くクラウド上に収集できることが重要となる。

5G 等の高速かつ安定的なモバイル網が整備されれば、上記ユースケースに対応することは可能である。しかし、狭帯域のモバイル網しか利用できない、あるいは、モバイル網の通信可能エリアが十分に広くない地域では、データ送信に長時間かかる状況や、通信が不可能となる状況が生じ、上記ユースケースへの対応が困難となる。こうした課題に対応するため、モバイル網に依存しない車車間通信の方式として、DTN (Delay Tolerant Network) または VDTN (Vehicular DTN) と呼ばれる、いわゆる蓄積転送型 (store-carry-and-forward) のデータ転送方式が数多く提案されてきた。しかし、既存方式は、いずれも大容量のデータ収集を対象とする場合、十分な収集成功率を実現できず、

実用的とは言えなかった。

我々は、大容量のデータ収集における収集成功率を向上させるため、モバイル網と車車間通信とを組み合わせ、車車間通信をデータ送受信用に、モバイル網を車車間通信の制御用にそれぞれ活用する新たなデータ収集アーキテクチャ「Hybrid DTN」を提案してきた [1]。これまでに、提案アーキテクチャによって大容量データ収集における収集成功率が大幅に向上することをシミュレーションにより確認している (例:都心部を想定したシナリオで収集成功率が 0.6 から 0.98 に向上)。

現在、我々はコネクテッドカー、路側通信ユニット、クラウドを接続するデータ収集プラットフォームとして Hybrid DTN アーキテクチャの実装を進めている。本デモンストレーションでは、本プラットフォームにおいて、画像データの収集を行い地図上に表示するアプリケーションの動作、および、通信の様子を可視化し、Hybrid DTN によるデータ収集の効果を示す。

## 2. Hybrid DTN によるデータ収集

図 1 は、Hybrid DTN に基づくデータ収集の動作の概要を示している。本アーキテクチャは、SDN (Software Defined Network) のコンセプトに基づき、ネットワーク制御のためのコントロールプレーンと、データ送受信のためのデータプレーンを分離する。本アーキテクチャでは、データプレーンとして VDTN を、コントロールプレーンとしてモバイル網を、それぞれ用いる。

車側では、車載の通信ユニット (OBU: On-Board Unit) を通じて VDTN の車車間および路車間通信を行う。路側には、通信ユニット (RSU: Road-Side Unit) が置かれ、OBU

<sup>1</sup> 情報通信研究機構  
4-2-1, Nukui-Kitamachi, Koganei, Tokyo 184-8795, Japan  
a) kimata@nict.go.jp  
b) teranisi@nict.go.jp  
c) eiji-ka@nict.go.jp  
d) harai@nict.go.jp

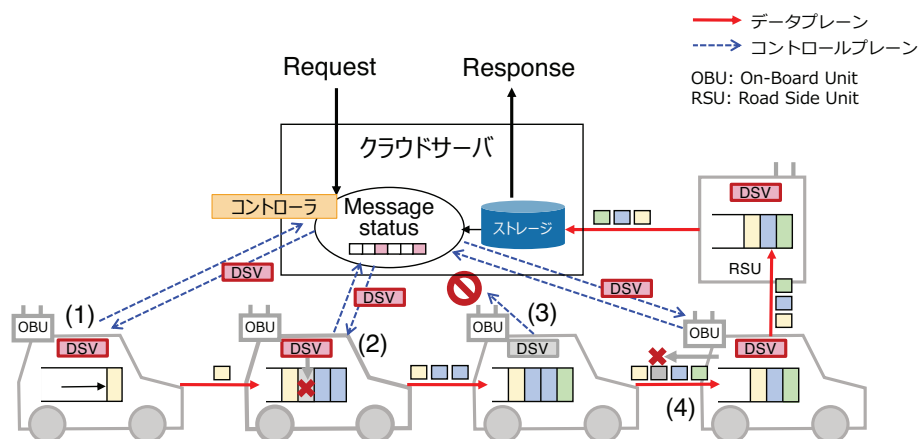


図 1 Hybrid DTN によるデータ収集

と通信を行うとともに、それぞれがクラウドヘインターネット等の高速な有線通信網を経由して接続し、車から受信したデータをアップロードする。

我々は、[1]にて、本アーキテクチャに基づくデータ収集アルゴリズムを提案している。提案アルゴリズムにおいては、VDTN のルーティング方式として、Epidemic [2], Spray& Wait [3] 等の既存のルーティング方式を適用する。クラウド上には、「コントローラ」が置かれ、データ収集を行うリクエストメッセージ・レスポンスメッセージの発信状態、コントローラは、受信状態等を管理する。配信および配信完了したメッセージの識別子を保持する。コントローラは、すでに配信完了したメッセージの識別子の情報を含む DSV (Delivery Status Vector) と呼ばれるデータを生成する。各車は、コントロールプレーン、すなわち、モバイル網を通じて定期的にコントローラに DSV の問い合わせを行って、最新状態の DSV を取得し、保持する (図中の (1))。各車では、VDTN に用いるバッファ上に、DSV に含まれるメッセージがあるとき、バッファから削除する (同 (2))。モバイル網の状況によっては、コントローラとの間の通信に失敗する可能性があるが、その場合は、DSV が最新状態に更新されず、次の定期更新までは古い状態となる。したがって、受信側の DSV にすでに含まれるメッセージが転送されてしまうことがある (同 (3)) が、その場合、受信を拒否する (同 (4))。RSU も VDTN として基本的に各車と同様の動作を行う。メッセージが RSU に到着すると、クラウド上のストレージへ転送する。

Hybrid DTN を用いたデータ収集では、車側のメモリが潤沢でなくともバッファ溢れが生じず、大幅に収集効率をあげることができる。また、モバイル網に大容量の通信性能は必要なく、モバイル網が利用できない場合も VDTN による自律的なルーティングが継続できるため、モバイル網の整備が十分ではない地域であってもデータ収集の動作を継続可能である。

データ収集アルゴリズムの詳細については文献 [1] を参照されたい。

### 3. デモンストレーション

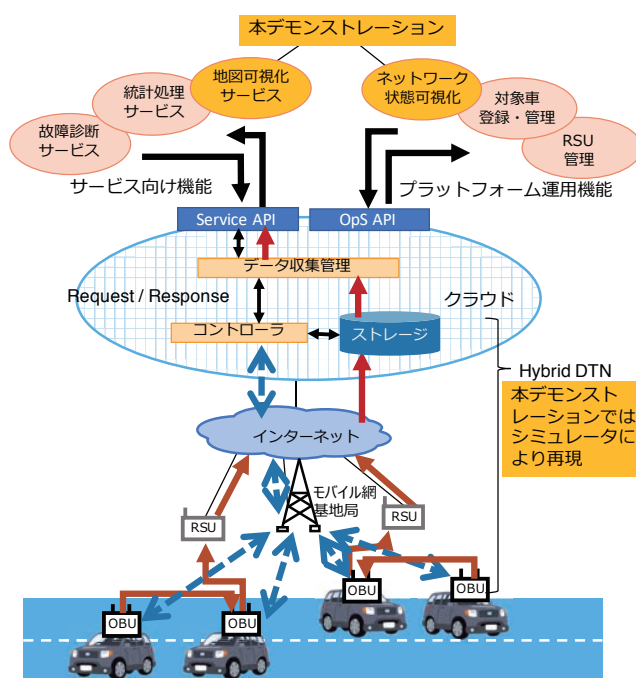


図 2 デモンストレーションの構成

図 2 は、本デモンストレーションにて用いる Hybrid DTN に基づくデータ収集プラットフォームの構成を示している。本プラットフォームは、クラウド上にデータ収集結果を活用するサービス向けのインタフェース (Service API)、および、データ収集プラットフォームを運用する運用者向けのインタフェース (Operation System (OpS) API) を持つ。Service API は、本プラットフォームによって収集されるデータを活用するクラウド上のサービス (ユーザ向けサービス) から、コネクテッドカーを通じたデータの収集要求として、地理的条件、車種、収集完了時間 (TTL: Time To

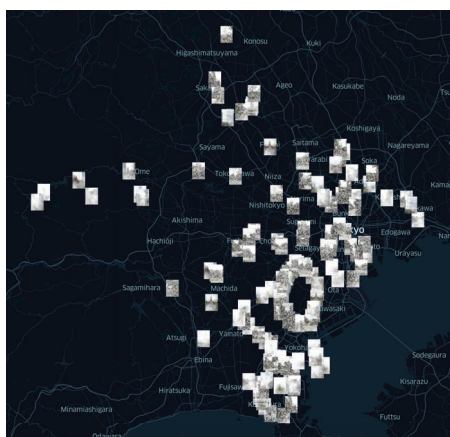


図3 画像収集アプリケーション



図4 通信経路・データ収集状況の可視化

Live) などを受付け、対応するデータ収集・レスポンス(応答)として返却する機能を提供する。プラットフォームは、Service API 経由で、データ収集要求を受け取ると、Hybrid DTN におけるデータ収集リクエストをコントローラへ指示する。Hybrid DTN における動作は、前節に示した通りである。

一方、OpS API は、本プラットフォームの運用上必要となるネットワークの状態、データ収集の状況、登録された各車、各RSUの状態や通信状況の把握などを行う機能を提供する。OpS API は、プラットフォームを運用する運用者が利用するために用いるものであり、ユーザ向けサービスへは提供しない。

本デモンストレーションでは、Service API を用いて、指定領域に存在するコネクテッドカーから画像データを収集する Proof of Concept アプリケーション(図3)、および、OpS API を用いた Hybrid DTN の通信経路、およびデータ収集状況の可視化機能(図4)を示す。

Hybrid DTN の動作は、シミュレータによって再現する。シミュレータは、既存のDTNシミュレータ[4]を拡張し、Hybrid DTN の動作を再現している。また、シミュレータのログ出力データを元に本プラットフォームの OpS API の出力形式のデータを生成している。

図3は、車両が車載カメラを用いて画像を取得した地理的座標に対応する地図上の位置に、本プラットフォームを通じて取得した画像を表示するアプリケーションの表示例である。

図4は、東京都23区周辺、多摩地方周辺、神奈川県横浜市周辺、それぞれに400台ずつ合計1200台、2時間半分の移動データを、交通量統計情報を元に生成し、シミュレーションを行った様子を可視化した結果を示している。可視化においては、RSUに到達したデータについて、車間通信によって送受信が行われた位置を円弧線で結んでいる。円弧線の色は、転送回数が増えるに従い、白色から赤色に近づくよう変化する。また、RSUに到達したデータ数を、RSUの設置位置に棒グラフ状に表示している。デモンストレーションでは、Hybrid DTN および、従来手法それぞれのデータ収集状況の違いを可視化する。

本プラットフォームは現在も開発を進めているところである。今後、車載通信ユニットやRSUの実機実装を進め、実環境での有用性を示していく。

#### 参考文献

- [1] Y. Teranishi, T. Kimata, E. Kawai and H. Harai, "Hybrid Cellular-DTN for Vehicle Volume Data Collection in Rural Areas," Proc. of IEEE 43rd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2019), 2019.
- [2] A. Vahdat, and D. Becker, "Epidemic routing for partially connected ad hoc networks," Technical Report CS-200006, 2000.
- [3] T. Spyropoulos, K. Psounis and C. S. Raghavendra, "Spray and Wait: an efficient routing scheme for intermittently connected mobile networks," Proc. of the 2005 ACM SIGCOMM workshop on Delay-Tolerant Networking (WDTN '05), 2005.
- [4] Ari Keränen, Jörg Ott and Teemu Kärkkäinen, "The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation," Proc. of the 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques (SIMUTools '09), 2009.