

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：14201

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26880009

研究課題名(和文)複数無線チャネルを用いた車両間配信手法

研究課題名(英文) A High Throughput Data Delivery Method using Wireless Multi-Channel for Vehicular Ad hoc Networks

研究代表者

川井 明(孫為華)(Kawai, Akira)

滋賀大学・経済学部・准教授

研究者番号：40517520

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、VANET (Vehicular Ad-hoc NETwork)における複数無線チャネルを用いたデータ配信手法を提案する。提案手法では、道路を無線電波の到達距離ごとの領域(以後、セルと呼ぶ)に分け、互いに干渉しない複数のチャネルを各セルに順番に割り当てる。各車両は所属するセルのチャネルを使用して通信し、ネットワーク全体では複数のチャネルを同時に並行して使用することで、パケットの衝突を軽減し、スループットの改善を図る。これにより、連続したメッセージの送受信を可能にし、大容量データの配信を実現する。

研究成果の概要(英文)：Many researches addressed data dissemination utilizing inter-vehicle communication. However, there are still some technical challenges in reduced throughput by packet collision and difficulty of communication between cars heading towards opposite directions. In this project, we propose a wireless multi-channel data delivery method for vehicular ad-hoc networks. The proposed method divides the roads into smaller areas (cells) and assigns one out of four channels to each cell to avoid interference between neighboring cells. Each car communicates with the channel assigned to the cell it is currently running on, and the whole network can use multiple channels at a time. In this way, continuous transfer of data and delivery of large data can be achieved.

研究分野：高度交通システム

キーワード：車車間通信 通信プロトコル

### 1. 研究開始当初の背景

無線 LAN は安価性、普及率、柔軟性の強みにより、多くの車両間通信技術の通信手段に選ばれている。その反面、無線 LAN の問題点も車両間通信に影響を与えている。

(1) パケットロス：高速移動の車両は、通信相手の車両とのすれ違い時間は数秒しかなく、パケットロス発生すると再送できない可能性が高い。

(2) 対向車通信困難：無線 LAN でコネクションを構築するには 10 秒ほどかかり、構築完了前に対向車両が離れると通信機会を失う。運よく通信開始できて送受信できるデータ量わずか時間切れになる。

これら問題点を解決すべく、国内外で複数の研究グループが動いている。

(1) 米国では新しい規格の IEEE802.11p の実用化を進めている。11p は 5.9GHz 帯を利用し通信距離が数 KM に及ぶため、上記の問題に対処できる。しかし、通信距離が広大になる分、市街地など車両密度の高い場所では混信が大問題となる可能性がある。

(2) IEEE802.11T Gai タスクグループは無線 LAN のコネクション構築機能を改良し、ネゴ時間を 10ms 秒まで短縮する IEEE802.11ai プロトコルを検討している。トヨタ IT 開発センターはプロトタイプ FILS を試作し、すれ違う一秒目から伝送可能であることを実証した。

しかし、いずれの手法も新しいハードウェアを必要とするため、普及率は高い壁となる。

### 2. 研究の目的

現状の問題点を解決する一方、既存の無線 LAN を利用しながら、今後の 11p、11ai に容易に適用できることを目標とする。図 1 は 4 チャンネルを用いて配信を行う提案手法のイメージである。

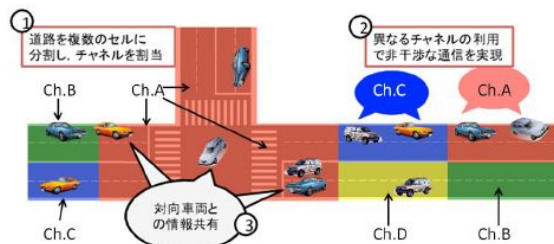


図 1、4 チャンネルを用いた配信イメージ

以下のアイデアを用いて研究目的の達成を目指す。

(1) 道路を走行方向ごとに複数のエリア (セル) に分割し、隣接セルと干渉しないチャンネルを割り当てる。セル内の車両は割り当てられたチャンネルを利用することで混信を軽減させる。

(2) 交差点など車両速度が大いに低下する

と予測可能な場所に対向車通信セルを設置し、対向車両間の通信をさせることにより、対向車両間の通信スループットを向上させる。

(3) 各セル内でオリジナル送信権割り当て方式を用いて、送信権の公平性を保証し、車両密度が高い場所でも高速に割り当てを行う。

### 3. 研究の方法

本研究で開発した手法は上記の目的を達成するために、以下の三つのステップに分ける。

#### (1) 地理空間のセル分割

提案手法は道路を複数の区域 (セル) に分割し、それぞれに異なるチャンネルを割り当てる (図 2)。セルの長さは 100m--200m とし、車両がセル内を走行する際、そのセルに割り当てられたチャンネルを利用し、同じセルにある車両と通信を行う。各車両は自身の位置情報から使用するチャンネルを判断できるため、他の車両とのチャンネル調整が不必要となり、その分の時間をデータ通信に利用可能である。加えて、チャンネル調整のための専用のチャンネルも不必要となる。セルを分割する際、車両の移動特性を考慮し、(a) 同じ進行方向の車両との通信を目的としたセル、(b) 対向車や右左折待ちの車両との通信を目的としたセル、目的や地形別に 2 種類のセルを用意することで、車両間の通信を円滑に行わせる。

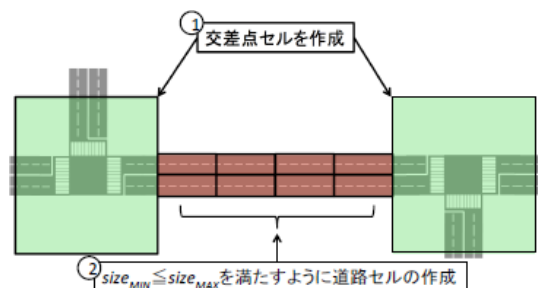


図 2、道路のセル分割手順

#### (2) チャンネル割り当て

隣接セルに異なるチャンネルを割り当てることにより、セル間の電波干渉を抑制し、データ到達率を向上させる。また、道路を走行する複数の車両は、異なるチャンネルを利用することにより、互いに干渉しない複数の通信

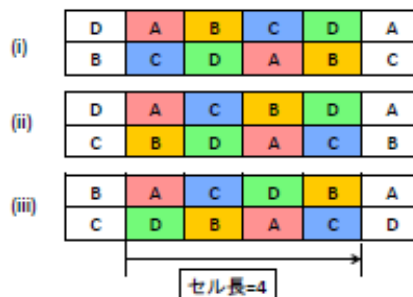


図 3、チャンネル割り当てパターン

を行うことが可能となる（図3）。なお、セルのサイズによって、隠れ端末を完全に防止することはできないが、発生する確率が低くなる。

### (3) メディアアクセス制御

スループットを最大化させるために、提案手法はCSMA/CAの代わりに、独自のメディアアクセス制御方式を利用する（図4）。セル内の各車両は一定の周期ごとに送信権の獲得を試み、獲得した車両は次の周期までに帯域を独占し、高いレートでデータを送信する。また、送信権獲得できなかった車両の優先度を少しずつ上げていくように、公平性を保たせる。

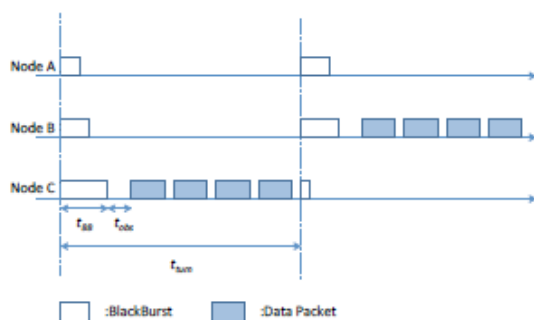


図4、BlackBurstと送信権の獲得

## 4. 研究成果

提案手法の性能を評価するために、交通流データをシミュレータSUMOを用いて生成し、通信状況を自作したシミュレータにより模擬し、比較実験を行った。

評価を行う際のアプリケーションとして車両間での動画広告の共有アプリケーションを設定した。本アプリケーションでは、インターネットに接続可能な数台の端末が、それぞれ異なる種類の動画広告を携帯電話網からダウンロードし、WiFiによる短距離無線通信を介したパケット交換により、ネットワーク全体に広告を伝搬させる。実験では、流布する動画広告として一般のTVCMと同程度の長さである15秒間のフルHD画質のビデオクリップを想定し、データサイズを2MBytesとした。なお、シミュレーションの開始100秒間は、ネットワークに車両が十分に行き渡らせるために、通信は開始していない。実験では、シミュレーション開始100秒後に3から5秒間隔で、ランダムな車両から各ビデオクリップを配信開始する。実験中では生成させるデータの種類を変化させ、各種法の結果について考察を行った。

実験として、ネットワークに流入する車両台数を345、607、842台と変化させた場合についての比較を行った。それぞれの実験における平均的な車両密度は、1.0、2.1、3.8[台/100m/車線]である。また、ネットワークに流入する車両台数を増加していくと、流入する車両に対して流出する車両数が少なく

るため、時間経過に伴いネットワーク内の車両密度は平均よりも高くなる。車両の分布は不均衡で、信号を先頭に車群が形成されるため、最大密度3.8[台/100m/車線]においては、単純計算では車間距離約20メートルあるが、車群内では車間距離10メートル程度となる。最低限の走行を維持できる程度の混雑さである。シミュレータ上でさらに車両数を増やすと、走行が困難となり、渋滞が発生する。本報告書では、車両台数842台のデータのみを用いて研究成果を説明する。

提案手法との比較実験の対象として、提案手法のマルチチャネル未導入の方式であるProposal-singleとCSMA/CAの2つの手法を用いた。

Proposal-singleでは使用可能なチャネル数を1とし、道路のセル分割を行わない。各車両は提案手法と同一のメディアアクセス制御方式を用いて送信権を獲得する。この手法との比較により、提案手法によるマルチチャネルの導入による性能の変化を考察する。

CSMA/CA方式はWLANでは一般的に使われており、プロトコルとパラメータは詳細に定められているため、本実験では比較手法として用いる。

### (1) 平均スループット

車両台数を変化させた場合のノードあたりの平均スループットについて比較を行った。本実験では15種類のビデオクリップを発生させた。図5より、Proposal-single手法に比べて最大で2.1倍、CSMA/CAと比べて5.3倍の性能向上が確認できた。このことから、提案手法のセル分割によるマルチチャネルの導入が効果的だと言える。

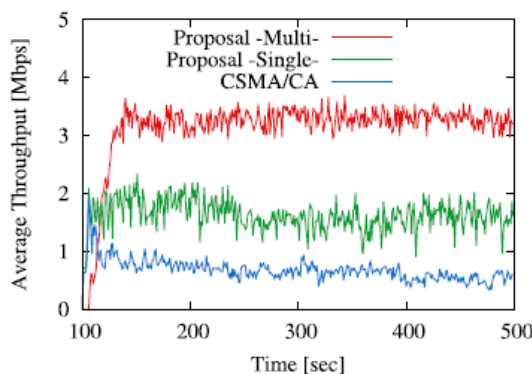


図5、ノードあたり平均スループット

### (2) 新規受信メッセージ数

各手法における重複しないメッセージの総和についての比較を行った。この結果から複数種類のビデオクリップのパケットを効率的に受信できているかどうかを考察する。図6により、生成したビデオクリップ数の増加に伴い、新規に受信できたパケット量が増加していることが全ての手法で確認できた。提案手法が最も多くの新規受信パケットを配信できており、さらに生成したビデオクリップ数の増加に伴い提案手法と比較手法

との差が大きくなっていることが確認できた。このことから、提案手法は各ノードにとって意味のあるメッセージを効率的に配信できていると言える。

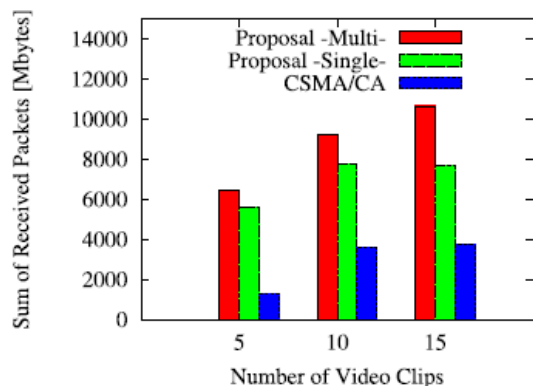


図6、新規受信メッセージ数

### (3) ビデオクリップ完成度

図7に15種類のビデオクリップを生成し、シミュレーション終了時に各ノードが持つビデオクリップの完成度のグラフを示す。グラフのx軸はビデオクリップの完成度であり、y軸はそ完成度のビデオクリップの数の累計を表している。したがって、完成度が小さいときにグラフの傾きが大きいほど、多くの車両が未完成のビデオクリップが所持しており、完成度が大きいときにグラフの傾きが大きいほど、多くの車両がビデオクリップの断片をほぼ全て受信完了できていることを示す。すなわち、グラフの傾きがx軸に比例するほど性能が良いと言える。

CSMA/CAがビデオクリップをほとんど完成できておらず、一方で提案手法とProposal-single手法は完成度の高いビデオクリップを収集出来ていることが確認できる。このことから、本研究で提案したメディアアクセス制御方式において時間単位のメディアアクセス権を付与することが効果的に働いたと言える。

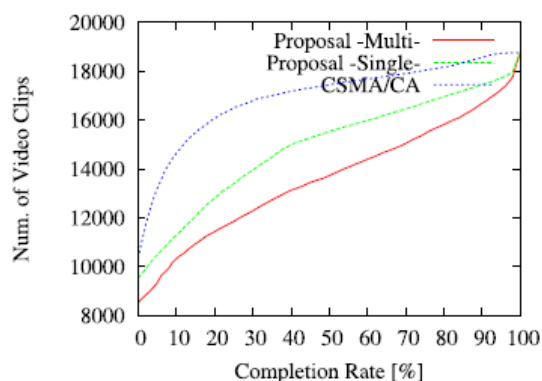


図7、ビデオクリップ完成度

## 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3件)

(1) Weihua Sun, Naoki Shibata, Masahiro Kenmotsu, Keiichi Yasumoto, Minoru Ito, "A Method for Navigating Cars in Multilevel Parking Facility", (Recommended Paper), IPSJ Journal of Information Processing, Vol.23, No.4, pp. 488-496, 2015.7. DOI:10.2197/ipsjip.23.488

(2) 徐 家興, 川井 明, 柴田 直樹, 伊藤 実, "GreenSwirl:交通渋滞の緩和を目指した信号制御および経路案内方式の提案と性能評価", 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.1, 66--78, 2016.1.

(3) 川井 明, 柴田 直樹, 稲葉 健吾, 伊藤 実, "VANETにおける複数無線チャネルを用いた大容量データ配信手法の提案と性能評価", 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.9, pp.1916-1928, 2015.9.

〔学会発表〕(計4件)

(1) 徐 家興, 孫 為華, 柴田 直樹, 伊藤 実, "GreenSwirl 信号制御および経路案内方式の提案と性能評価", 情報処理学会研究報告. ITS, [高度交通システム] 2014-ITS-59(5), pp. 1-10, 2014-11-13.

(2) 富永 拓也, 柴田 直樹, 孫 為華, 伊藤 実, "停電した地下街向けのスマートフォンの光を用いた避難誘導方式の提案", 第22回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ(DPSWS2014), pp.78-79, 2014.12.

(3) 徐 家興, 孫 為華, 柴田 直樹, 伊藤 実, "大都市における車両走行時間を短縮する交通信号制御および経路案内方式の提案", 第22回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ(DPSWS2014), pp.76-77, 2014.12.

(4) 山田 拓哉, 柴田 直樹, 孫 為華, 富永 拓也, 下條 真司, "スマートフォンに適したRSSIフィンガープリンティングとそれを利用する緊急時避難誘導システムの実機性能評価", マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム 2015 (DICOMO2015), pp.855-865, 2015.7.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:

番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

川井 明 (KAWAI, Akira)  
滋賀大学・経済学部・准教授  
研究者番号：40517520

##### (2) 研究分担者

##### (3) 連携研究者