

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 25 日現在

機関番号：23901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500088

研究課題名(和文) 能動対応型通信による協調走行の最適化と評価に関する研究

研究課題名(英文) Realizing positive communication system for soft integration of moving vehicle group

研究代表者

田 学軍 (TIAN, Xuejun)

愛知県立大学・情報科学部・准教授

研究者番号：70305514

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は交通効率を向上するために走行中の自動車は能動対応(ポジティブ)型通信に関してIEEE802.11の改善方式としてOBENプロトコルを提案してセンサーネットワークシステムに実装して評価するとともに、OPNETシミュレーションを行い、スループット、遅延、ノード数変動への適応性などの面から評価した結果、提案の有効性を確認できた。協調走行に欠かせない通信品質QoSの実現方法は重要で、QoSの提供とスループットの向上を両立させる方法OBQを提案し、シミュレーションの結果は協調走行の要求に満たすことが確認できた。

研究成果の概要(英文)：This research is a key stage for realizing soft integration of moving vehicle group, that an active communication method to achieve an agreement among a group of moving vehicles with in allowed time, while it is consistent on all group members. In the view of the weak points in Intelligent Transport Systems (ITS), we carried out this project around that (1) cooperation among a group of vehicles, that different from cooperation between one to one, or several vehicles (2) support real time communication service for control. For this goal, two key points are that an effect communication protocol (MAC protocol) with good characters of high throughput, low delay, distributed, QoS, and a good positioning method.

研究分野：networking, Intelligent Transport Systems

キーワード：Throughput improving Real time communication improved QoS MAC protocol higher fairness

### 1. 研究開始当初の背景

ITS 研究では世界各国盛んになされている。研究分野は幅広く信号管制システム、バス運行管理システム、リアルタイム交通情報提供、運転補助などが挙げられる。欧州で進行中のプロジェクトの一つは HAVE-IT がある。HAVE-it の主目的は、運転負荷が高い状態での高度な自動制御による運転支援である。現在 HAVE-it では運転支援から高度化された自動制御レベルまでを対象としたもので完全自動運転レベルはスコープに含まれていないが、このプロジェクトから考えると完全自動運転はますます現実味を帯びてくる。アメリカでは AERIS というプロジェクトはダイナミックなエコ運転を目指しており、主要道路での速度向上と信号制御を目指している。従来の ITS (Intelligent Transportation Systems) における車々間通信、運転補助などの研究と比べて、本研究は

(1) 能動対応型通信：物理的に車間距離を感知し、自分の決定を通知する方式と異なり、行動をとる前に意図を周知し、合意・協力を得る方式である。(2) 合意の最適化：各車において主観によるのではなく、客観的に関連車両の状況から共通の最適化規則に基づいて合意の形成を行うことで走行の効率、安全性の向上を実現する。

### 2. 研究の目的

本研究は交通効率を向上するために自動車群の協調走行を実現することを目的とし、従来の研究とは発想の視点を変え、走行中の自動車は能動対応(ポジティブ)型通信により、追い越しなどの意図を事前に複数の関連自動車に伝達して合意の上で協調しながら走行する方式を検討し、車群全体の走行効率の向上を目指す。走行車両群を分散システムとして最適規則に基づいて制限時間内に最適な協調行動の合意を形成し、リアルタイムにドライバー(または制御システム)に合意情報を提供する。これにより交通事故の削減、渋滞緩和、省エネなどの面に貢献すると期待できる。

### 3. 研究の方法

本研究は、次に挙げられるいくつかの課題に分けて進める。

(1) グループメンバー間の膨大な通信量、(2) 時間内に関連車両間の合意を達成し、合意内容の伝達保障(情報一致性)、(3) 関連車両走行の最適化に関する演算は複雑で収束には時間がかかる。これらの問題の解決は時間制限がない静的システムにおいてはそれほど困難ではないが、情報集約サーバがない分散型無線通信システムにおいて実現することは難関である。これは今まで本研究がなされていない重要な要因でもある。我々の研究グループは、関連する情報、通信、ネットワーク、制御の分野で研究を行

い、特に、無線通信、通信方式に関して重点的に検討した。現在最もよく使われている IEEE 802.11 MAC プロトコルを初めとして無線通信プロトコルの分散制御アクセス方式-DCF (Distribution Coordination Function) のベースとなる CSMA/CA 方式について数年前から研究を行ってきている。この方式は構造簡単などの利点があるほか、比較的低い通信負荷の場合に遅延が低く、接続が早いという特徴がある。タイムクリティカル通信の研究では、異なる優先度を持つ通信要求を時間内に届けるようにパケットの制御方式を提案し、トラフィック理論とシミュレーションを用いて検証した結果、有効性が確認できた。これらの研究成果は本研究の基礎となる。

客観的に車両群の振る舞いの決定に関して分散システム上での行動解決規則を制定し、シミュレーションにより最適化アルゴリズムを制定することである。最適化を実現するために通信量の抑制と最適案の時間内収束という課題を解決すると目指している。前者の解決は各選択枝を分類してコード化することで通信内容を削減するとともに最適合意に関する情報交換、やりとりの手順を工夫することが重要である。後者の解決は通常の燃費などの複雑な計算式を合理的に近似式に変換し、演算量を低減する。

### 4. 研究成果

本研究は交通効率を向上するために走行中の自動車は能動対応(ポジティブ)型通信により、追い越しなどの意図を事前に複数の関連自動車に伝達して合意の上で協調しながら走行する方式を検討した。走行車両群を分散システムとして制限時間内に最適な協調行動の合意を形成し、リアルタイムな通信システムを検討した。

通信量を意識して合意達成のプロトコルを考案した。走行中の車群において加速、追い越し、勾配道路の影響を低減するための協調手順を検討した。協調走行、合意達成に必要な条件を満たす通信方式の研究を進めて伝送遅延、接続速度のなどの面から評価し、タイムクリティカル通信を保証できる多帯域チャンネル通信、IEEE802.11 の改善、分散システム上の予約方式の実現などの面で検討した。

IEEE802.11 の改善方式として OBEN プロトコルを提案してセンサーネットワークシステムに実装して評価するとともに、OPNET シミュレーションを行い、スループット、遅延、ノード数変動への適応性などの面から評価した結果、提案の有効性を確認できた。協調走行に欠かせない通信品質 QoS の実現方法は

重要で、いかに分散システムで実現するのは課題である。それに対してリアルタイムサービスの実現方法として IEEE 802.11e を改善して QoS の提供とスループットの向上を両立させる方法 OBQ を提案し、シミュレーションの結果は協調走行の要求に満たすことが確認できた。また、走行効率の向上に関する最適化規則、走行方針の決定に関わるグループ全体の意思決定に関して Group Decision の研究を行った。

車を模擬したロボカー（実車の 1/10 の大きさ）を利用して協調アルゴリズムを作成して走行実験を行った。加速度センサー、ジャイロセンサーを搭載し、走行中の加速度を記録して通信方式とセンサー性能および協調アルゴリズムを検証した。

#### 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 2 件）

1. 木村 龍明、奥田 隆史、井手口 哲夫、田 学軍：公衆無線 LAN によるデータダウンロードサービスにおけるユーザの協調行動の有効性に関する研究、電子情報通信学会論文誌 B, 査読有、Vol. J96-B No. 7 pp. 662-669 (2013 年 7 月)。
2. Xuejun Tian, Dejian Ye, Tetsuo Ideguchi and Takashi Okuda, “A Proposal of Quasi-Distributed WLAN MAC Protocol with High Throughput and Traffic Adaptability,” Journal of Information Processing, 査読有、Vol. 21, No. 2, pp. 206-215, 2013.

〔学会発表〕（計 23 件）

1. Xuejun Tian, Takumi Sanada, Takashi Okuda and Tetsuo Ideguchi, “A novel MAC protocol of wireless LAN with high throughput and fairness,” Proc. of 38th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks, October 21-24, Sydney, Australia, 2013.
2. Takashi DOI, Takashi OKUDA, Tetsuo IDEGUCHI, Xuejun TIAN, : Performance Evaluation of Academic-Document Writing Process using Software Reliability Models , The 12th Information Technology Based Higher Education and Training - ITHET 2013, PS7-53 (4 pages), October 2013, Antalya, Turkey.
3. Kengo IKEGAYA, Takashi Okuda, Tetsuo Ideguchi, Xuejun Tian, An Evaluation of Group Decision Making Mechanism on ICT-based Society, 2013 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA2013), RS1-11, October 2013, Nagoya, Japan.

4. Takumi Sanada, Xuejun Tian, Takashi Okuda and Tetsuo Ideguchi, “Improving Throughput and QoS with IEEE 802.11e, Proc. of the International Conference on Information and Computer Networks, March 19-20, 2015, Florence Italy.
5. 魯文心 (Wenxin Lu)、井手口哲夫、奥田隆史、田学軍：階層型 Mobile IPv6 における負荷分散に関する提案とその評価、情報処理学会、DICOM020120, pp. 112-119, 2012 年 7 月、石川県加賀市山代温泉
6. 大澤孝直 (Osawa Naotaka)、井手口哲夫、奥田隆史、田学軍：マルチホップ中継を含む追突回避のための車々間通信の提案と評価、情報処理学会、DICOM020120, pp. 539-544, 2012 年 7 月、石川県加賀市山代温泉。
7. 山本英生 (Yamamoto Hideo)、井手口哲夫、田学軍、奥田隆史：無線 LAN における省電力のための送信電力制御方式の改善、情報処理学会、DICOM020120, pp. 2084-2089, 2012 年 7 月、石川県加賀市山代温泉。
8. Wenxin Lu, Tetsuo Ideguchi, Takashi Okuda, Xuejun Tian, : A Study on Design of ICPV System, 電子情報通信学会 2012 年ソサイエティ大会、BS-5-14, S-54, 2012 年 9 月、富山大学
9. 畔柳英健 (Kuroyanagi Eiken)、井手口哲夫、奥田隆史、田学軍：今後の自動車における情報系と制御系の連携への一考察、平成 24 年度電気関連学会東海支部連合大会、A2-2、2012 年 9 月、豊橋技術科学大学。
10. 加藤平成 (Kato Hiranari)、井手口哲夫、奥田隆史、田学軍：自動車システムにおけるセキュリティ・セイフティポリシの策定と車々間通信の課題、平成 24 年度電気関連学会東海支部連合大会、A2-5、2012 年 9 月、豊橋技術科学大学。
11. Le Xuan Hieu、井手口哲夫、奥田隆史、田学軍：高速道路における車々間通信システムへの ID ベース暗号の適用、平成 24 年度電気関連学会東海支部連合大会、A2-6、2012 年 9 月、豊橋技術科学大学。
12. 小林敏也、奥田隆史、井手口哲夫、TIAN Xuejun、公衆通信回線と Wi-Fi リソースの最適配分に関する研究、電気関係学会東海支部連合大会講演論文集 (CD-ROM) 2013 ROMBUNNO. K3-1 2013 年 9 月
13. 大澤孝直、井手口哲夫、奥田隆史、TIAN Xuejun：路車間通信を用いた駐車場システムの有効性に関する検討 電子情報通信学会大会講演論文集 (CD-ROM) 2013 ROMBUNNO. A-17-8 2013 年 9 月、福岡工業大学。
14. 山本英生、井手口哲夫、奥田隆史、TIAN Xuejun：車々間通信における通信遅延の評価、電子情報通信学会大会講演論文集 (CD-ROM) 2013 ROMBUNNO. A-17-7 2013 年 9 月、福岡工業大学。

15. 池谷健吾, 奥田隆史, 井手口哲夫, TIAN Xuejun: ICT 演用環境における投票による集団的意思決定アルゴリズムの提案と評価、情報処理学会シンポジウムシリーズ(CD-ROM) 2013(2) ROMBUNNO. 2C-1 2013年7月, 北海道河東郡音更町.
16. 土井 崇(Takashi DOI), 奥田隆史, 井手口哲夫, 田学軍: ソフトウェア信頼性モデルを応用した大学等における原稿作成プロセスの定量的評価, 情報処理学会第75回全国大会, 1ZE-7, 2013年3月, 東北大学川内キャンパス (仙台市).
17. 土井 崇(Takashi DOI), 奥田隆史, 井手口哲夫, 田学軍: 学習者特性を考慮した大学等における原稿作成指導手法の検討 -ソフトウェア信頼度成長モデルによる-, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02013)シンポジウム論文集, 7E-4, 2013年7月, 十勝川温泉(十勝市).
18. 加藤平成, 井手口哲夫, 奥田隆史, 田学軍: 自動車システムにおける信頼度共有アルゴリズムを用いたパケット破棄攻撃への対策、電子情報通信学会 ソサイエティ大会 2014 講演論文集(A17-3)、2014年9月, 徳島大学.
19. 加藤平成, 井手口哲夫, 奥田隆史, 田学軍: 車車間通信環境における信頼度共有アルゴリズムを用いたパケット破棄攻撃への対策、GN Workshop 2014 論文集, 2014年11月, 静岡ニューウェルシティ湯河原.
20. 畔柳英健, 井手口哲夫, 奥田隆史, 田学軍: 高速道路における勾配影響を考慮した渋滞回避システムの評価、電子情報通信学会 ソサイエティ大会 2014 講演論文集(A17-4)、2014年9月, 徳島大学.
21. 畔柳英健, 井手口哲夫, 奥田隆史, 田学軍: 追加型自動加速制御の提案と渋滞解消への適用・評価、GN Workshop 2014 論文集, 2014, 1-6, 2014年11月, 静岡ニューウェルシティ湯河原.
22. レ スアン ヒウ, 井手口哲夫, 奥田隆史, 田学軍: ID ベース暗号を用いた車々間認証方式の提案、電子情報通信学会 ソサイエティ大会 2014 講演論文集(A17-2)、2014年9月, 徳島大学.
23. レ スアン ヒウ, 井手口哲夫, 奥田隆史, 田学軍: ID ベース暗号を用いた車々間・路車間通信認証方式の提案とその評価、GN Workshop 2014 論文集, 2014, 1-7, 2014年11月, 静岡ニューウェルシティ湯河原.

[図書] (計 1 件)

水野 忠則、奥田隆史、中村 嘉隆、井手口 哲夫、田学軍、清原 良三、石原 進、久保田 真一郎、勅使河原 可海、岡崎 直宣、共立出版、コンピュータネットワーク概論、2014年9月出版、総ページ数 272

(pp. 62-81, pp. 100-116) .

[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 件)

名称 :  
 発明者 :  
 権利者 :  
 種類 :  
 番号 :  
 出願年月日 :  
 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

田学軍 (TIAN Xuejun)  
 愛知県立大学・情報科学研究科・准教授  
 研究者番号 : 70305514

##### (2) 研究分担者

奥田 隆史 (OKUDA Takashi)  
 愛知県立大学・情報科学研究科・教授  
 研究者番号 : 20204125

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号 :