

車両遠隔操作を目的とした複数通信機切り替え手法の検討*

神田 翔平[†] 羽鳥 遼平[‡] 内川 亜美[‡] 黒木 智也[‡] 原田 亮[†] 重野 寛[‡]
慶應義塾大学理工学部[†] 慶應義塾大学大学院理工学研究科[‡]

1 はじめに

高度道路交通システム (ITS) のアプリケーションの一つに車両遠隔操作がある。[1] このアプリケーションでは、通信によって高確率で車両制御情報を宛先車両へ届けることが期待される。本稿では、障害物が存在する環境において、従来の ITS 通信向けに定められた 5.8GHz 帯通信装置 (ITS 通信装置)[2] を主として利用し、補助として 2.4GHz 帯無線 LAN (Wi-Fi) を利用することにより、ITS 通信装置の電波が切断される場合においても高い制御情報到着率を満たすことのできるネットワーク構築手法を検討する。手法を実装し、実験を行うことにより、本提案が有効であることを示す。

2 背景

2.1 車両遠隔操作アプリケーション

このアプリケーションは無線通信を用いることにより車両を遠隔から操作する。パケット中には車両の進行方向などの制御情報を含み、安全に車両を遠隔操作するためには、制御情報が高確率で到着することが要求される。しかし、ITS 通信装置では、通信メディアの電波特性により基地局から操作対象車両への見通しが悪くなった場合、パケットが届かなくなってしまう事が過去の実験により明らかになっている。

2.2 既存方式とその問題点

本稿では、既存の一つの通信メディアのみを利用して通信を行う方式を Single Carrier 方式と呼ぶ。各通信メディアには得意領域、不得意領域が存在する。ここで述べる領域とは、各通信メディアの電波特性による回折の可否や通信範囲の大小などを表す。ITS 通信装置は回折後 5m の通信を可能としている。しかし、実際の環境では付近に車両が存在する状況や建物により阻まれた状況で通信を行う場合も想定されるため、より高い情報到着率を実現可能なネットワークの構築が期待される。

3 提案方式

本稿では、ITS 通信向けに定められた ITS 通信装置を主として利用し、補助として Wi-Fi を利用することにより、障害物が存在する環境においても高確率で宛先車両へ制御情報を到着可能なネットワークの構築を検討する。

3.1 連送

より途切れにくいネットワークを構築するために連送を取り入れる。これは同一の制御情報を複製し、 n 回繰り返し $\frac{T_{App}}{n}$ 間隔で送信するものである。

3.2 Multi Carrier

本稿では、Single Carrier 方式に対し複数通信メディアを利用した通信方式を Multi Carrier 方式と呼ぶ。

- **Bicast** 送信元ホストは、1 つのパケットを ITS 通信装置を利用した経路と Wi-Fi を用いた経路である 2 つの経路に分けて送信する。
- **Switch** 送信元ホストは、通常 ITS 通信装置を用いた経路を利用してパケット送信を行うが、ITS 通信装置の一時的な電波切断を検知すると Wi-Fi の経路を用いる。これにより、大量に制御情報のロスが発生する前に通信を回復することができる。そして、再度 ITS 通信装置が利用可能となったことを確認したのち、元の経路を利用する。Switch の動作は以下の 2 つの通知により実現される。

- **不到達通知:**宛先側は Wi-Fi を用いて、ITS 通信装置からのパケットが不到達となったことを通知する。パケット不到達通知送信を開始するタイミングを検討することは重要である。なぜなら、遠隔操作アプリケーションでは定期的にパケットを届ける必要があるため、不到達通知送信のタイミングが遅れた場合、一時的に大量の制御情報のロスが発生してしまうためである。そこで今回不到達通知送信のタイミングとなるスレッシュホールド時間を以下の式 (1) より算出した。

$$Th = \frac{T_{App}}{n} \times (k - 1) + T_r \quad (n > k) \quad (1)$$

Th はスレッシュホールド時間を示し、 n はパケットの連送数を示し、 k は切り替えを行う際に判定基準となるパケットロス数 T_r は ITS 通信装置

*Switching Method of Multi Communication-instruments for Remote-Controlling Vehicles

[†]Shohei Kanda, , Ryo Harada, Hiroshi Shigeno

[‡]Faculty of Science and Technology, Keio University

[‡]Ryohei Hatori, Ami Uchikawa, Tomoya Kuroki

[‡]Graduate School of Science and Technology, Keio University

を用いた場合の packets 到達時間を示す。

- 復旧通知:Wi-Fi で通信を行っている際は宛先側の ITS 通信装置が毎サイクル復旧通知を送信する。これを受信した送信側は ITS 通信装置が復旧したことを検知し、再び ITS 通信装置を利用した経路を用いて通信する。

4 実測評価

提案方式を実測実験により評価した。図 1 に実験環境を示す。表 1 に実験パラメータを示す。

表 1: 実験パラメータ

基地局と実験道路の距離	16.5m
パケット生成サイクル	50msec
データサイズ	256bytes
転送プロトコル	UDP



図 1: 実験環境

4.1 制御情報到着率

図 2 に、連送数 $N = 5$ の場合の、送信した制御情報に対する宛先へ到着した制御情報の割合を示す。Single Carrier で通信している既存方式に対し、Bicast, Switch の Multi Carrier を用いた提案手法では高い到着率を示している。障害物により packets が到着しにくくなる環境においても提案である 2 つの手法では高到着率を示していることから、提案手法は障害物が存在する環境において有効であると考えられる。

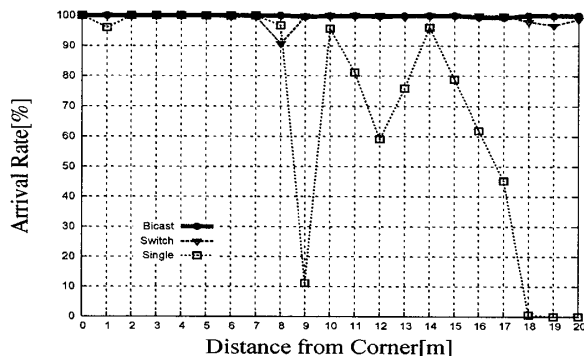


図 2: 到着率

4.2 トラフィック量

図 3 に連送数 N を変化させた場合の総トラフィック量を示す。Bicast では常時 2 台の通信機が通信しているため、トラフィック量が増大している。Switch では、稼働している通信機を 1 台に制限しているため、ITS 通信装置のみの場合と同等のトラフィック量に抑制することができた。

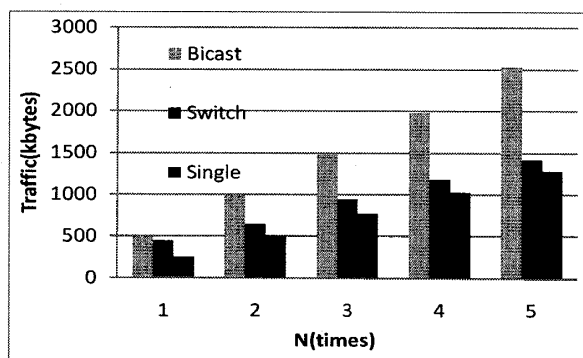


図 3: トラフィック量

5 おわりに

本稿では、複数通信装置を利用することで、障害物が存在する環境においても車両遠隔操作アプリケーションを実現できる手法を提案した。実測による評価を行い、提案の Bicast と Switch では高い情報到着率を示し、さらに Switch では既存方式に近いトラフィック量を示した。これにより、障害物の存在する環境においても高確率で制御情報を送信可能なネットワークを構築できたといえる。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学技術振興調整費による委託業務「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成コ・モビリティ社会の創成」により実施されたものです。

参考文献

- [1] Ryohei Hatori, Ami Uchikawa, Tomoya Kuroki and Hiroshi Shigeno, "Condition-based Data Dissemination Method Combining Adaptive Beacon Transmission and Autonomous Packet Forwarding", The 34th IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN 2009), pp.702-707, October, 2009.
- [2] 5.8GHz 帯を用いた車車間通信システムの実験用ガイドライン <http://www.cat.op.nii.ac.jp/CAT-ILL/MAN2/CM/mokuji.html>