

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560353

研究課題名(和文) 物理層とMAC層のクロスレイヤデザインによる車車間通信方式の高能率化

研究課題名(英文) High efficiency system design based on integration of physical layer and MAC layer for inter-vehicle communication system

研究代表者：山里 敬也 (Takaya YAMAZATO)

名古屋大学・教養教育院・教授

研究者番号：20252265

研究成果の概要(和文)：

本研究では、近年注目されている MAC 層と物理層を統合的に検討するクロスレイヤデザインによる車車間通信方式の高能率化の検討した。結果として、以下のことが分かった。

- 車車間通信における隠れ端末問題への対処としては、OFDM に CSMA を用いた方式より CDMA ALOHA 方式の方が良い
- 車車間通信での干渉の影響を軽減できる方式として、ターボ等化が有効である
- 高速移動通信路では、ガウスパルスを採用できる BFDN/OQAM が有効であること

研究成果の概要(英文)：

This paper aims to improve the performance of vehicle-to-vehicle communication system by cross-layer design of MAC layer and physical layer.

In particular, I extend the former studies of the following.

- Periodical token based protocols to improve the throughput at the situation where a vehicle may have difficulty to recognize the situation around his vehicle.
- CDMA packet based communication system is essential in vehicle-to-vehicle communication

As results, I found the following through this study.

- CDMA ALOHA is much preferable than OFDM with CSMA.
- Turbo equalizer is effective to reduce interference appeared in vehicle-to-vehicle communication.
- BFDN/OQAM, that can employ Gaussian pulse, shows satisfactory performance that OFDM in highly mobile environment.

So far, I have published the results obtained by this study to conferences and journal papers.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：無線通信工学

科研費の分科・細目：通信・ネットワーク工学

キーワード：車車間通信，クロスレイヤデザイン，CDMAALOHA、トークン

### 1. 研究開始当初の背景

インフラに頼らない車車間通信は、出会い頭事故、衝突防止などの鍵を握る技術として注目を集めている。この車車間通信方式としては、無線LANの拡張(IEEE 802.11p)やDSRCの拡張に基づく方式が検討されている。これらの方式では、アドホックネットワークを採用することで、自律的に通信ネットワークを構築し、無線マルチホップ伝送を行うことで通信範囲の拡大を図っている。申請者は、MAC層および物理層の2つのアプローチで車車間通信方式、車車間通信の特性改善を目指し検討を重ねてきた。それぞれの長所・短所をまとめると次のようようになる。

- MAC層に関する検討 - トークンの周期的伝送による双方向車車間通信方式

長所：トークンを周期的に伝送するプロトコルを用いることでパケット消失確率を低減でき、伝送遅延時間を大幅に削減できる

短所：無線通信の距離的な限界や遮蔽物に

よる信号の遮断など、いわゆる隠れ端末問題が発生している状況での動作は不安定

- 物理層に関する検討 - CDMAパケット通信を用いた車車間通信方式

長所：CDMAパケット通信では、同時パケット伝送が可能であり、このため隠れ端末問題が発生する状況でも通信ができる

短所：OFDM方式と比較してスループット特性が劣る

本研究では、近年着目されているMAC層と物理層を統合的に検討するクロスレイヤデザインによる車車間通信方式の高能率化の検討を行った。

### 2. 研究の目的

一般にMACプロトコルは周囲の状況が把握できる場合には有効であり高スループットを実現できる。たとえば、高速道路を車群で移動中の場合にはMACプロトコルは有効である。しかしながら、隠れ端末問題が頻繁

に発生する状況では通信そのものができなくなる可能性がある。代表的な MAC プロトコルとして CSMA があり、IEEE 802.11.p や DSRC で採用されている。申請者等は、CSMA は隠れ端末問題に対処できないことを明らかにしており、そのような環境下では CDMA に基づくパケット 通信方式(CDMA ALOHA)が有効であることを示している。以上の理由から、本研究では、MAC 層として既に提案しているトークンを周期的に伝送するプロトコルを用い、また、物理層に CDMA パケット通信を用いることを考え、これらをクロスレイヤデザインに基づく最適化をはかることで車車間通信方式の高効率化を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究では、近年注目されている MAC 層と物理層を統合的に検討するクロスレイヤデザインによる車車間通信方式の高効率化の検討を行った。具体的には、申請者のこれまでの研究成果を進展させ、

- (高速道路での車群走行時など) 周囲の状況把握が可能な状況ではトークンを周期的に伝送するプロトコルによる高スループットな車車間通信
- (交差点や出会い頭など隠れ端末問題がある) 周囲の状況把握が困難な状況では CDMA パケット通信を用いたロバストな車車間通信

を実現することを目的に検討を行った。

そこで、平成20年度は、まず、トークンを周期的に伝送するプロトコルの有効性について検討した。さらに、隠れ端末問題

への対処を考え、物理層での特性改善についても検討した。具体的には、これまで検討してきた CDMA ALOHA 方式による隠れ端末問題への対処について検討した。

平成21年度は、隠れ端末問題への対処を考え、物理層での特性改善に注力した。具体的には、平成20年度、論文として採択された隠れ端末などによる干渉の影響を軽減できるターボ等化を進展させ、さらなる特性改善を目指した。

平成23年度は、高速移動体通信路である時間周波数分散通信路の影響を緩和できる通信方式について検討を行なった。具体的には、これまで検討してきたマルチキャリア伝送方式をベースに、その個々のキャリアに帯域制限フィルタを乗算することで時間周波数分散通信路の影響を緩和できるパルスシェーピング OFDM に着目し、検討を行った。

### 4. 研究成果

平成20年度は、まず、トークンを周期的に伝送するプロトコルの有効性について検討した。その結果、トークンを周期的に伝送するプロトコルを用いることでパケット消失確率を低減でき、伝送遅延時間を大幅に削減できることが明らかになった。一方で、無線通信の距離的な限界や遮蔽物による信号の遮断など、いわゆる 隠れ端末問題が発生している状況での動作は不安定になることが確認された。さらに、平成20年度は、隠れ端末問題への対処を考え、物理層での特性改善に注力した。具体的には、

これまで検討してきた CDMA ALOHA 方式による隠れ端末問題への対処について検討した。CDMA として MC-CDMA を採用し、その場合のスループット特性について、現在、車車間通信用の通信方式として検討されている OFDM に CSMA を用いた方式との比較を行ったところ、CDMA ALOHA 方式の方が隠れ端末問題の影響を緩和でき、優れたスループット特性を得られることが分かった。この結果については、国際会議 (ISSSTA2008) で発表した。また、交差点などで特に問題となる隠れ端末問題については、ターボ等化を採用することで特性改善が図れることを明らかにした。これについても、研究発表にあるように、国際会議(VTC 2008-Fall)で発表し、さらに電子情報通信学会論文誌へ投稿した。こちらは採録され、平成20年12月号に掲載されている。

平成21年度は、隠れ端末問題への対処を考え、物理層での特性改善に注力した。具体的には、平成20年度、論文として採択された隠れ端末などによる干渉の影響を軽減できるターボ等化を発展させ、さらなる特性改善を達成した。また、このターボ等化を動かすためには、通信路推定が必要になるが、平成21年度は特にこの通信路推定についての検討を行った。得られた結果については、論文としてまとめ、電子情報通信学会へ投稿した結果、研究業績に示すように採録されている。

平成23年度は、高速移動体通信路である時間周波数分散通信路の影響を緩和でき

る通信方式について検討を行なった。具体的には、これまで検討してきたマルチキャリア伝送方式をベースに、その個々のキャリアに帯域制限フィルタを乗算することで時間周波数分散通信路の影響を緩和できるパルスシェーピング OFDM に着目し、検討を行った。パルスシェーピング OFDM として、ガウスパルスを採用できる BFDm/OQAM を取り上げ、その特性評価、また時間周波数分散通信路の影響を緩和できるカルマンフィルタに基づく通信路等化について検討を行った。その結果、BFDm/OQAM は、OFDM と比較して、時間分散通信路でも良好な特性を示し、車車間通信のための通信方式として適していることが分かった。

## 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16件)

- ・ 平岩士昌, 山里敬也, 片山正昭, "MC-CDMA を用いた車車間通信のためのカルマンフィルタと線形補間の合成による通信路推定," 電子情報通信学会論文誌, vol.J94-B, no.2, pp.304-307, 2011年2月, 査読あり
- ・ モンゴルバヤレプレブ, 山里敬也, 片山正昭, "時間周波数分散通信路における BFDm/OQAM のためのカルマン通信路推定器," 電子情報通信学会論文誌, vol.J93-B, no.10, pp.1466-1480, 2010年10月, 査読あり

- ・ 平岩士昌, 坂田篤則, 山里敬也, 片山正昭, "MC-CDMA を用いた車車間通信に適したターボ等化の検討," 電子情報通信学会論文誌, vol.J92-B, no.1, pp.367-369, 2009年1月, 査読あり

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

該当無し

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山里 敬也 (名古屋大学・教養教育院・教授)

研究者番号 : 20560353

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし