

平成 23 年 5 月 18 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間： 2009～2010
 課題番号：21700080
 研究課題名（和文） 車車間通信における周波数利用の時間・空間変化を考慮した経路制御手法に関する研究
 研究課題名（英文） Temporally-Spatially aware routing protocol for V2V communication

研究代表者

塚本 和也（TSUKAMOTO KAZUYA）
 九州工業大学・大学院情報工学研究院・助教
 研究者番号：20452823

研究成果の概要（和文）：本研究課題ではアドホック車車間通信に着目し、(1)周波数有効利用、(2)ユーザ QoS の満足、(3)ネットワーク全体の性能向上を実現するために、ダイナミックスペクトラムアクセス技術により利用可能な多様な周波数間の「帯域」、 「通信距離」の違いを考慮するチャンネル調整、及びルーティング手法を検討した。その結果、新たなチャンネル選択メトリックを考案し、シミュレーション評価、及びプロトタイプシステムを用いた実証実験から有効性を確認した。またクロスレイヤ型のルーティング手法も検討し、成果を発表した。

研究成果の概要(英文):In this project, we focused on V2V communication in Vehicular Ad-hoc Network, and discussed a channel coordination scheme and a routing scheme that exploit the differences in terms of data rate and transmission distance among different frequencies in order to achieve (1) efficient frequency utilization, (2) QoS satisfaction, and (3) improvement of whole network performance. As a result, we proposed a new metrics for channel selection and demonstrated its effectiveness through both simulations and practical experiments by using its prototype system. Moreover, we also discussed a cross-layer routing scheme, and presented at a domestic conference.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード:車車間通信, コグニティブ無線, 経路制御手法, スペクトラム共有, ルーティングメトリック

1. 研究開始当初の背景

近年、Beyond 3G, WLAN, WiMAX などの通信帯域や通信範囲(到達距離)といった通信特性の異なる多様な無線技術の研究・開発が進むにつれて、無線通信が人間の社会生活に深く浸透してきた。従来、これらの各通信技術それぞれに対し専用の固定周波数を割当て

きたが、近年のアメリカ連邦通信委員会 FCC(Federal Communications Commission)による大規模な調査の結果から、周波数毎に利用率が 15%~85%と大幅に偏る上、利用率が低い周波数(ホワイトスペース)や、利用状況の空間・時間的变化が存在することが明らかになっている[1]。

[1] M. McHenry, "Spectrum white space measurements," presentation to New America Foundation BroadBand Forum, June 20, 2003.

近年、この空間・時間的な周波数利用状況の変化を有効利用する技術としてダイナミックスペクトラムアクセス技術が注目されている[2]。ダイナミックスペクトラムアクセスでは、ある周波数へのアクセス権(ライセンス)を持つプライマリユーザが利用していない、いわゆる"ホワイトスペース"をライセンスを持たないセカンダリユーザが検知・利用することで、周波数の有効利用を目指す。アメリカではデジタル放送開始に伴い、Google社がアナログTV(470~700MHz)帯へのオープンアクセス(セカンダリユーザアクセス)によるホワイトスペースの有効利用を主張し、Dell、HP、Microsoft社と試作器を共同開発した上で、実証評価論文も発表している[3]。FCCはこの試作器を用いたテストを2008年7月から開始している。これと平行し、TV帯以外の全スペクトラムへのオープンアクセスを目的とした国際標準化(IEEE P1900)活動も活発に行われている。

[2] I. F. Akyildiz, et. al., "Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: a survey," Computer Networks, vol. 50, no. 13, pp. 2127-2159, 2006.

[3] Y. Yuan, et. Al., "Knows: Kognitiv networking over white spaces," In IEEE DySPAN, Apr. 2007.

一方、近年、交通事故の削減や交通渋滞の解消による移動時間/燃料費の削減を実現する技術として車車間/路車間通信が着目されており、これまでにITS用無線規格としてDSRCやIEEE11pが提案され、自動料金徴収サービスが既に開始されている。しかし、その周波数は5.8/5.9GHz帯、通信帯域も数Mb/sと限定され、路車間通信しか提供できないため、通信可能範囲が限定される上多種多様なアプリケーション要求を満足することができない。

上記の問題を解決するためには、ダイナミックスペクトラムアクセスをアドホック車車間通信に適用するための手法の提案が重要となるが、車車間通信では車の移動に伴い周波数の利用状況が急激に変化するため、1ホップ車車間通信においても、(a)隣接する他ノードとのスペクトラム共有が極めて困難になる。また、周波数変化に加え、端末の移動によりトポロジが頻繁に変化するため、

マルチホップ転送によるルーティングが重要となるが、(b)安定したトポロジの維持・回復が困難となり、結果として全体の通信性能が大きく劣化してしまう。

2. 研究の目的

そこで本研究では、上記の(a)(b)の問題解決のために、時間・空間的に周波数の利用状況が変化するダイナミックスペクトラムアクセス環境において(1)複数ユーザのQoS保証、(2)周波数の利用状況の変化の迅速な検知、(3)(2)の情報に基づく安定したトポロジの構築の実現を目的とし、図1に示す様なアドホック車車間ネットワークにおいて、周波数の利用状況変化を迅速に検知し、適応的に経路を決定するルーティング手法の確立を目指す。この提案手法を用いることで、安定したアドホック車車間ネットワーク上において、複数ユーザに対し通信のQoS保証を確実に達成できると考えられる。

3. 研究の方法

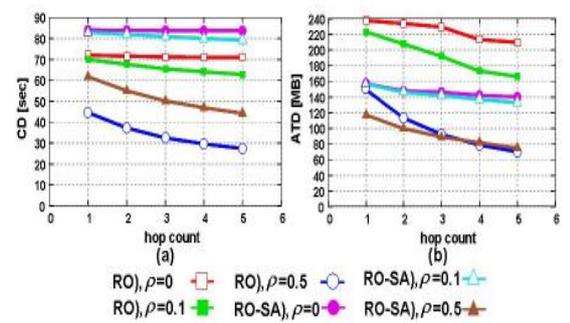
本研究課題では、上記の目的を達成するために主に以下の2つの課題に着目した。

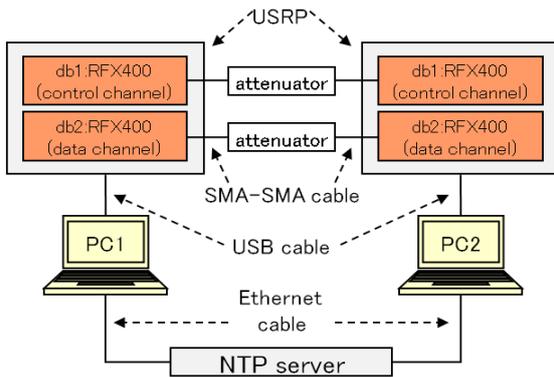
- (1) 周波数の利用状況が動的に変化するコグニティブ無線環境において、非実時間通信に適したデータチャンネル選択メトリックの提案
- (2) 経路制御技術で考慮すべきクロスレイヤ制御技術について着目した、下位レイヤとの連携手段についての考察・検討

(1)については、今後400MHzから6GHz帯の広範囲な周波数を対象とした上で、時間的・空間的に変化する利用可能な周波数の2次利用を実現するコグニティブ無線技術が導入されると予想される。しかし、多数の利用可能な複数の周波数からどの周波数を通信に用いるかの選択が重要となる。そこで本

研究では、コグニティブ無線機能を保持する複数のノードによって構築さ

れるアドホックネットワーク上の非実時間に着目する。このような環境においては、よりデータ通信料が大きい通信周波数を選択し、プライマリユーザを検知すると適切な周波数に切り替えるための周波数選択メトリ





System components

図3：提案システムコンポーネント

図3に示すように、提案システムでは1台のPCがデータ通信と制御通信の二つのチャンネルを確保するために2枚のUSR2を接続している。また、2台のPC間における無線通信を模擬するために、同軸ケーブル(SMAケーブル)を用いてUSR2間を接続した。その後、この提案システムの実環境における有効性を評価した。評価においては、実際の環境において周波数の利用状況変化を調査した結果を用いて周波数の利用状況変化をエミュレートした上で検証を行った。具体的には、周波数利用状況の変化を検知したノードが制御チャンネルを用いて通信相手とメッセージ交換を行うことで、利用可能な周波数にデータチャンネルを適切に切り替える事ができるかどうかの検証を行った。実験結果を図4に結果を示す。

図4の下図より提案システムを用いること
図4：実験結果

で、上図の周波数利用状況の変化に応じて、データチャンネルを適切に切り替えている事が確認できる。以上より、提案手法の実用性を明かに出来たと考える。

次に(2)については、コグニティブ無線機能を備えたノードがマルチホップ通信を行う環境において発生する問題点について検討した。具体的には、ネットワークレイヤが考慮すべき点として、(a)利用可能な周波数の変化の検知のためにセンシング技術との連携、(b)通信チャンネルの特性の違いを考慮するために外部データベースとの連携、(c)ノードの移動性を検知するために位置管理サーバとの連携、が必要な事を示した。その結果、ネットワークレイヤでは図5に示す様に、これらの機器と連携しつつ、「トポロジの把握」「ルーティングパスの選択」「チャンネル選択」の機能が適宜協調することで適切なルーティングパスを決定できると考える。

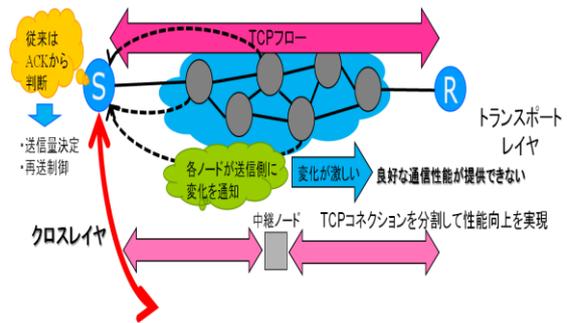
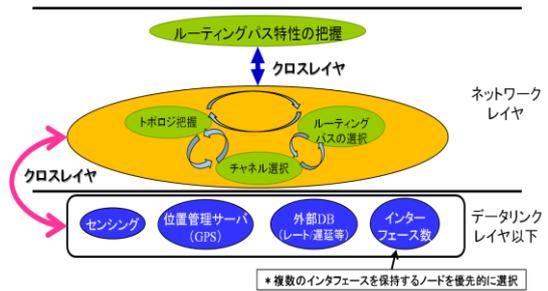


図5：ネットワークレイヤ

次にトランスポートレイヤでは、各ホップにおいて通信チャンネルの切替が発生するため、「パケットロス」や「転送遅延/転送レート」変化が発生する。そのため、エンドノードによって送信量を推定する従来のトランスポートプロトコルでは、この頻繁な変化に追従出来ない可能性が発生する。この問題を解決するには、図6に示す様なネットワーク内部の各ノードが送受信ノードと連携しつつ、送信量決定及び再送制御を行うような新しい連携型データ転送技術の研究開発が必要不可欠であることを示した。

図6：トランスポートプロトコル

以上の検討から、本研究課題ではコグニティブ無線ネットワークにおいては、クロスレイヤ技術が必要不可欠であることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計5件) 内、招待講演 2件

- ① 塚本 和也、コグニティブ無線からコグニティブ無線ネットワークへ ～ コグニティブ無線ネットワークにおける上位レイヤの課題 ～ (パネル討論), 電子情報通信学会 技術研究報告, vol. 110, no. 398, pp. 41-46, 2011年1月, 九州工業大学 福岡県
- ② 西田 康太, 藤井 庸平, Abdulrahman Al-Abbasi, アルトゥンタシュ オヌル,

西堀 満洋, Rama Vuyyuru, 尾家 祐二, 塚本 和也, 鶴 正人, 藤井 威生, Srikanth Pagadarai, Alexander M. Wyglinski, ``車車間通信に適したダイナミックスペクトラムアクセスのための分散型制御/データチャネル調整アルゴリズムの実装評価,`` 電子情報通信学会 技術研究報告, Vol. 110, No. 252, SR2010-45, pp. 33-40, 2010年10月, 大阪大学, 大阪府

- ③ 藤井 庸平, 西田 康太, 塚本 和也, ``九州工業大学における GNU Radio への取り組み,`` 第1回 GNU Radio ワークショップ 2010年7月, 東京大学, 東京都
- ④ K. Tsukamoto, Y. Omori, O. Altintas, M. Tsuru, Y. Oie, "On Spatially-Aware Channel Selection in Dynamic Spectrum Access Multi-hop Inter-Vehicle Communications (Invited Paper)," IEEE 70th Vehicular Technology Conference: VTC2009-Fall", Proceedings of VTC2009-fall, CD-ROM, September 2009, Anchorage, Alaska, USA.
- ⑤ 大森 千潤, 塚本 和也, アルトウンタッシュ オスル, 鶴 正人, 尾家 祐二, ``ダイナミックスペクトラムアクセスマルチホップ車車間通信に適した 空間変化を考慮したチャネル選択手法,`` 電子情報通信学会 技術研究報告, AN2009-18, pp. 55-60, 2009年7月, 京都大学, 京都府

[その他]

ホームページ等

<http://infonet.cse.kyutech.ac.jp/~kazuya/>

インターネットドラフト

- ① Y. Taenaka, S. Kashihara, K. Tsukamoto, S. Yamaguchi, Y. Oie, "AP selection method considering WLAN condition," Internet Engineering Task Force, Internet Draft, draft-yuzo-ap-selection-considering-wlan-condition-00.txt, February 2010.
- ② M. Niswar, S. Kashihara, K. Tsukamoto, Y. Kadobayashi, S. Yamaguchi, "Inter-domain WLAN handover management for Multi-homed Mobile Node," Internet Engineering Task

Force, Internet Draft, draft-niswar-wlan-multihomed-handover-00.txt, December 2009.

受賞

- ① ``A Unified Handover Management Scheme Based on Frame Retransmissions for TCP over WLANs,`` 電子情報通信学会 通信ソサイエティ論文賞 (Best Paper Award) 受賞 (2009年9月)
- ② 国際科学技術財団 研究助成
テーマ: コグニティブ無線ネットワークの実現に向けた上位レイヤと下位レイヤの効率的な連携 (クロスレイヤ) 制御に関する研究 (2011年1月~12月)

6. 研究組織

研究代表者

塚本 和也 (TSUKAMOTO KAZUYA)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・

助教

研究者番号: 20452823