

5. 車両間の無線通信技術に関する研究

電気・電子情報工学系 教授 上原 秀幸, 助教 宮路 祐一

5-1 はじめに

ワイヤレスデバイスが爆発的に増大し、無線通信資源を逼迫している。クルマもこのようなワイヤレスデバイスのひとつであるだけでなく、その情報ハブとしての役割は一層重要さを増している。車両に搭載された数多くの様々なセンサから得られた情報を周囲の車両や数台はなれた車両と交換する。あるいは、歩行者の有無やその動きをはじめとする周辺環境の情報を収集する。これらは安全・安心なドライブをサポートするために必須であろう。加えて、地図情報やショップのお得情報などは快適なドライブに欠かすことはできない。我々は、このような大量の情報を“うまくさばく”車両間無線通信技術として、時空間マルチホップ全二重無線通信システムを開発している。ここでは、その要素技術の一部として開発した自己干渉除去技術とアクセス制御方式を今年度の成果として報告する。

5-2 システム概要

開発する時空間マルチホップ全二重無線通信システムのベースとなるシステムを図 5-2-1 に示す¹⁾。これは、2 系統の固定指向性アンテナを用いてパケットの到来方向を前後に識別できる機構を搭載している。開発するシステムは、これを全二重通信に発展拡張し、時間空間周波数の利用効率向上を図る。

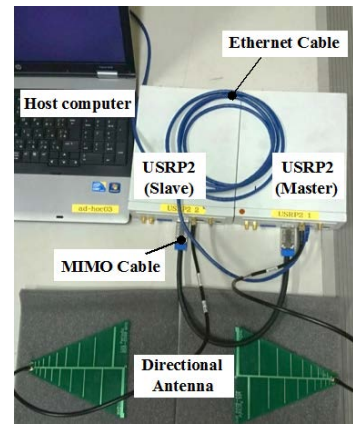


図 5-2-1 ベースシステム：2 系統の固定指向性アンテナを用いたマルチホップ無線通信システム

5-3 自己干渉除去技術

同一帯域内で全二重通信を実現するためには、自己干渉（送信した自分の信号を受信してしまうことによる干渉雑音）を除去する必要がある。干渉除去の目標値は、アンテナ・アイソレーションで約 30dB、アナログ信号処理で約 40dB、デジタル信号処理で約 40dB の計約 100dB である。

(1) アンテナ・アイソレーション

これは、送受信アンテナ間の経路損失を利用して干渉を抑圧する技術である。そのため、一般には送受信機サイズが大きくなる。我々は、二つの 3 素子八木・宇田アンテナをそれぞれ送受信アンテナとして用いることで小形平面化し、指向性メインローブが相反するように配置することでアイソレーションを実現した²⁾。アンテナ構成を図 5-3-1 に示す。周波数帯は特定実験試験局で用いる 5.11GHz 帯である。電磁界シミュレーションの結果、反射器長 27.71mm、アンテナ間距離 37.71mm のとき、約 85dB の自己干渉抑制量を達成した。このときの最大放射利得は 9.34dBi となった。

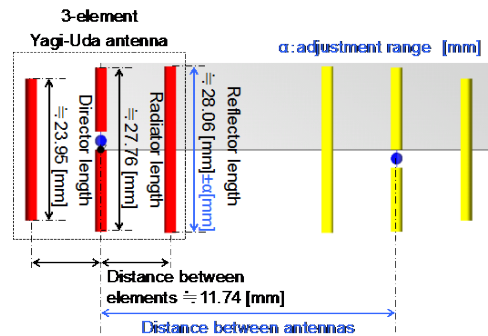


図 5-3-1 小形平面化を実現する二つの 3 素子八木・宇田アンテナから成るアンテナ・アイソレーション

(2) デジタル信号処理

ベースバンド段で自己干渉信号を除去するためには、RF 段での増幅器や IQ インバランスを考慮した非線形特性を再現するフィルタを設計する必要がある。しかしこの場合、フィルタが大きくなり、計算量が増加してしまう。そこで我々は、直列接続型のハマーシュタイン・フィルタを開発した(図 5-3-2)³⁾。これは、接続される各フィルタの係数計算に分割統治法を適用し、個別に最適化することで大幅な計算量削減を図るものである。ベースシステムと同様に、ソフトウェア無線機である USRP

を用いた実機検証の結果、高い収束性能と自己干渉除去能力を維持したまま、計算量を最大で約 1/100 に抑えられることが示された。

5-4 メディアアクセス制御方式

無線 LAN 等で用いられているメディアアクセス制御 (MAC) 方式は、半二重通信の IEEE 802.11 DCF である。これは、全方位性アンテナとシングルホップでの通信を想定して設計されている。そこで我々は、2系統の指向性アンテナを用いて、マルチホップでの全二重通信を実現する MAC プロトコルを開発した⁴⁾。図 5-4-1 に開発した MAC プロトコルの動作例を示す。ここではまず、単方向のストリングトポロジを想定した (図 5-4-2)。ノード 2 は、ノード 1 からの DATA を受信しながらノード 3 へ DATA を送信している。また、ノード 3 からの ACK を受信しながらノード 1 へ ACK を送信していることがわかる。つまり、異なる二方向での全二重通信が実現できていること示している。シミュレーション評価の結果、半二重通信に比べ 3 倍以上のスループットを達成した。

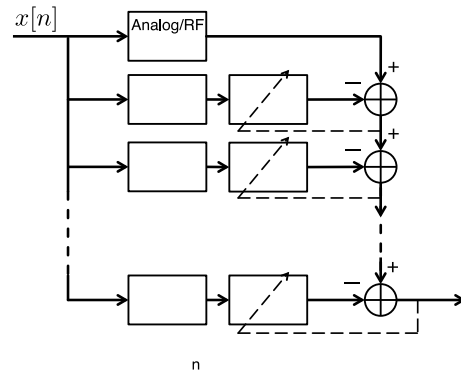


図 5-3-2 直列接続型ハマーシュタイン・フィルタ

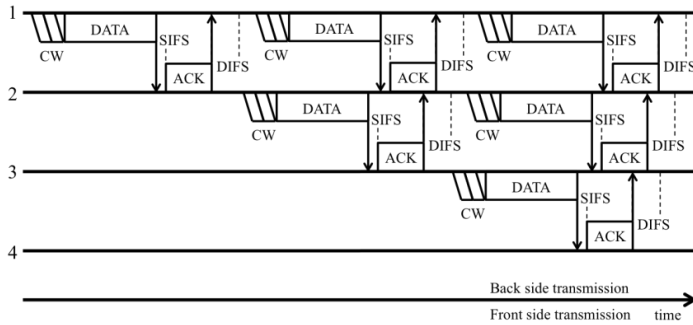


図 5-4-1 全二重 MAC プロトコルの動作例

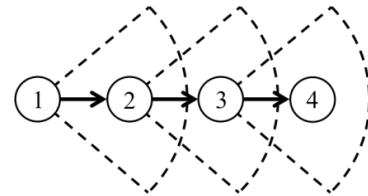


図 5-4-2 単方向ストリングトポロジ

5-5 おわりに

車両間無線通信技術である時空間マルチホップ全二重無線通信システムの要素技術として開発した二つの自己干渉除去技術とメディアアクセス制御方式を報告した。本研究開発はまだ初期段階にあり、今後さらに検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) H. Matoba, Y. Miyaji and H. Uehara, "Demo: Multi-hop Wireless Communication System to Evaluate Direction Oriented Routing Protocol," Proc. IEEE VNC 2014, Dec. 2014.
- 2) 轡見, 宮路, 上原, "無線全二重通信における自己干渉を抑制する 3 素子八木・宇田アンテナの構成," 信学総大, 2016 年 3 月.
- 3) 小松, 宮路, 上原, "直列接続型ハマーシュタイン・デジタル自己干渉除去アルゴリズムの提案," 信学技報, vol. 115, no. 369, RCS2015-247, pp. 25-30, 2015 年 12 月.
- 4) 徳永, 宮路, 上原, "二つの指向性アンテナを用いた片方向全二重マルチホップ無線通信のためのメディアアクセス制御方式," 信学技報, 2016 年 2 月.