

5. 同一帯域全二重マルチホップ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、無線通信資源が逼迫している。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、同一帯域全二重マルチホップ無線通信システムを開発している。ここでは、その要素技術である自己干渉除去技術に関する今年度の成果を報告する。

5-2 システム概要

図 5-2-1 に同一帯域全二重マルチホップ通信を実現する送受信機の構成例と動作モードを示す。2 系統の指向性アンテナを用いてパケットの到来方向を前後二方向に識別できる機構を搭載し、二方向での同時送受信を可能にして、時間・空間・周波数の利用効率向上を図っている。

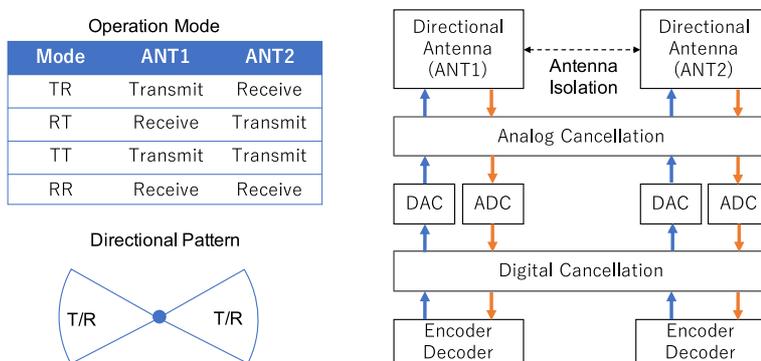


図 5-2-1 同一帯域全二重マルチホップシステムの送受信機構成と動作モード

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 (昨年度に報告済み)、アナログ信号処理で約 40dB、デジタル信号処理で約 30dB の計約 100dB である。本年度の報告書では、アナログ信号処理・デジタル信号処理に関する成果を報告する。

(1) アナログ信号処理

これは、受信機に入り込む強い自己干渉信号が増幅器で非線形増幅することや、アナログ-デジタル変換器 (図 5-2-1 中の ADC) のダイナミックレンジの飽和を防ぐための技術である。一般的に、高周波アナログ回路により、送信信号の一部を減衰器・移相器によって振幅・位相を調整し受信信号と合成する手法が用いられる。しかしながら、伝播において複数の遅延波が生じ、これらの遅延波に応じたアナログ回路が必要となる。そこで本年度は、補助送信器を用いた手法について取り組んだ。この手法では、補助送信器において、所望の振幅・位相に調整した信号を生成し受信信号と合成することで自己干渉を抑制する。複数の遅延波に対しても、信号の生成において対処できる。本年度は、補助送信器をソフトウェア無線機により再現し、自己干渉の抑制効果を検証した。変調方式 OFDM (サブキャリア変調: QPSK)、搬送波周波数 5.015GHz、室内環境において評価したところ最大 31dB の自己干渉除去を達成した¹⁾ (図 5-3-1)。目標値の 40dB を達成していないため、さらなる性能の改善を図る。

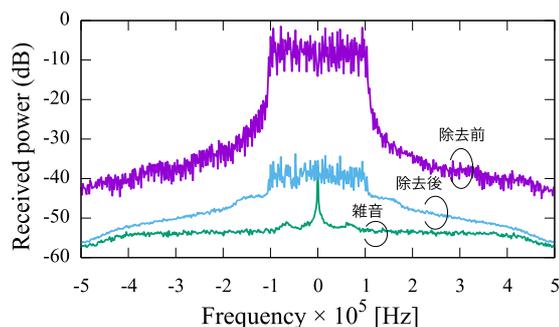


図 5-3-1 アナログ信号処理による電力スペクトルの変化

(2) デジタル信号処理

前述したアナログ信号処理によって残留した自己干渉は、デジタル信号処理による除去を施す。これまでに我々が構築したシステムでは、デジタル信号処理において、自己干渉信号の観測、学習、除去のプロセスを個々に実行しており、連携した処理を実現できていなかった。そこで本年度は、プログラムのマルチスレッド機能による、自己干渉信号の観測、学習、除去プロセスの連携に取り組んだ。送受信信号の遅延を推定する観測スレッド、適応フィルタによる自己干渉チャンネルを推定する学習スレッド、受信信号から自己干渉を除去する除去スレッドを設計し、スレッド間で適切な信号の受け渡しを可能とする信号処理システムを開発した。アナログ信号処理の評価と同様に、ソフトウェア無線機を用いて性能を評価し、約 30dB の自己干渉除去を達成した²⁾。本成果は目標値を達成すると同時に、アクセス制御との連携可能な信号処理システムの条件も満たしている。次年度以降は、アクセス制御を含め上位層とのクロスレイヤ開発にも着手する。

5-4 ネットワークにおける自己・他端末干渉の影響

無線ネットワークでは、自己干渉だけでなく他端末からの干渉についても考慮する必要がある。そこで、図 5-2-1 で示した送受信機でネットワークを形成した際の自己・他端末干渉の影響について調査した。無線ネットワーク (図 5-4-1) は、四台の端末により構成する。それぞれは、送信端末、中継端末 1、中継端末 2、あて先端末の機能が割り振られる。また、中継端末 1 と 2 には図 5-2-1 に示した送受信機構成とする。このような構成にすることで、送信-中継 1 (ペア 1)、中継 1-中継 2 (ペア 2)、中継 2-あて先 (ペア 3) の三組の通信を同時に行うことが可能となる。それぞれのペアでのビット誤り率は、ペア 1 : 0.0011, ペア 2 : 0.0280, ペア 3 : 0.0315 であり、他端末からの干渉を受けるペア 2 とペア 3 の通信品質が悪くなる傾向が確認できた。今後、実験の試行回数を増やし、より正確に干渉の影響を測定する。

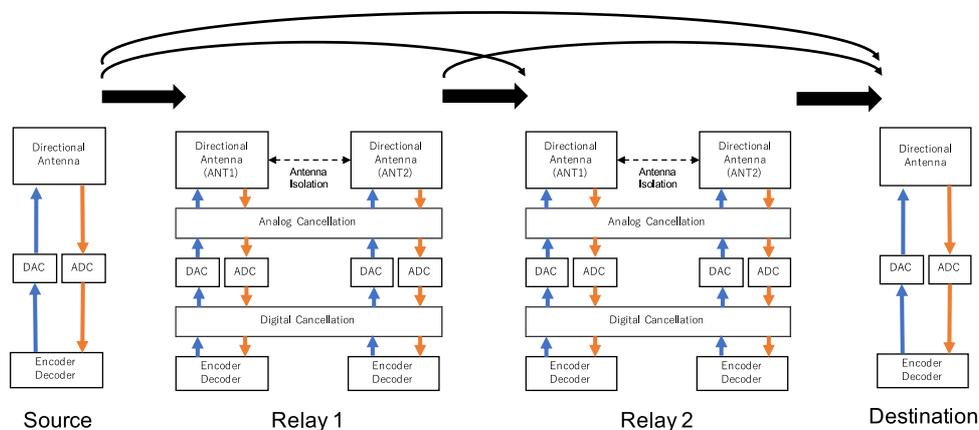


図 5-4-1 四端末で構成される無線ネットワーク

5-5 おわりに

車両間無線通信にも応用可能な同一帯域全二重マルチホップ無線通信システムの要素技術として、二つの自己干渉除去技術を開発した。また、無線ネットワークにおける自己・他端末干渉の影響を明らかにした。

参考文献

- 1) 福井崇久・小松和暉・宮路祐一・上原秀幸, 「帯域内全二重におけるアナログ自己干渉除去のための補助送信機の USRP による実装」電子情報通信学会総合大会, 東京電機大学, (発表予定)
- 2) 石井建至・小松和暉・宮路祐一・上原秀幸, 「USRP を用いた帯域内全二重通信端末の試作機」電子情報通信学会総合大会, 東京電機大学, (発表予定)