

前方誤り訂正を用いた高信頼 CAN 設計手法における通信効率最適化に向けた一検討

日大生産工（学部） ○原 駿太郎

日大生産工 新井 雅之

1 まえがき

近年の電気自動車やハイブリッド自動車の登場によって、電力変換回路によるスイッチングノイズが車載ネットワークに影響を与える可能性が指摘されている。高電圧化・高速化・高集積化に伴い、多重化や符号化技術に基づく高信頼設計手法の応用が期待されている[1]。

本研究では、前方誤り訂正 (Forward Error Correction: FEC)に基づく、高信頼な車載ネットワーク設計手法について議論する。車載ネットワークとして、良く知られたCAN (Controller Area Network) [2, 3]を対象とする。先行研究[1]では、ノイズによるビット誤りの回数を測定し、冗長度を動的に変化させる手法について検討している。本稿では、フレーム受信率向上のための、最適な冗長度の動的決定法について検討する。

2. CAN概要

2.1 CANにおけるネットワーク構成

近年の自動車には、ECU (Electronic Control Unit)と呼ばれる自動車制御用コンピュータが100個程度搭載されている。これらのECUは、車載ネットワークによって接続されており、制御情報を交換する。車載ネットワークとして最もよく用いられるもののひとつがCANである[2,3]。図1にはCANネットワークの構成例を示す。用途に合わせ、伝送速度の異なる複数のネットワークを敷設することが可能であり、例えばエアコンやドアなどといったボディ系では低速CANのCAN-B (125kbps)、エンジンやブレーキといったエンジン・パワートレイン系では高速CANのCAN-C (1Mbps)が用いられる。異なる伝送速度のネットワークはゲートウェイによって接続される。

各ECUには、互いに異なるIDが割り振られる。CANにおける通信は、1ビットずつのブロードキャストとして行われ、ID番号の小さいECUが送信に関する優先権を持つ。

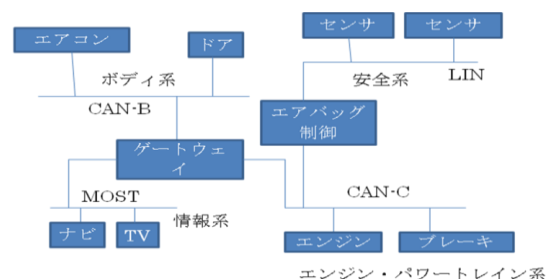


図 1 CANによるネットワーク構成例

2.2 CANにおける誤り訂正技術

CANバスはエンジンの点火プラグ、道路に設置されたビーコン、および電子デバイス自身に起因する電磁干渉 (EMI) を仮定している。したがってCANにはエラー検出および訂正能力が必要である。CANでは図2に示すとおり差動伝送が用いられ、小規模の同相ノイズの影響は排除される。また、0(ドミナント)と1(レセシブ)が同時に送信された場合、ドミナントが優先されると規定されている。この仕様に基づいて、衝突検出やエラーフレームの送信などが行われる。

誤りを含むフレームが検出された場合、対応するフレームを再送することでフレームエラーを補正する自動再送要求 (ARQ) が規定されている。また、障害が発生し一定以上の通信エラーが観測された場合、対象ECUはメッセージの送信を停止するバスオフモードに移行する。

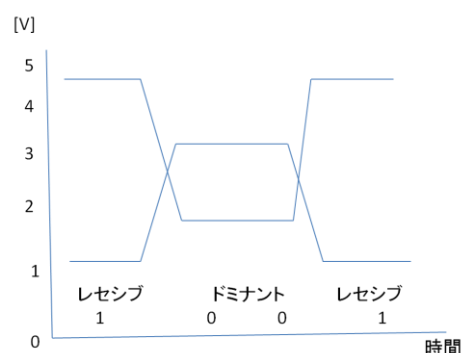


図 2 CAN におけるデータ伝送

Toward optimizing communication efficiency on reliable CAN design based on forward error correction

Shuntaro HARA, Masayuki ARAI

3. ハイブリッドARQを用いたCAN高信頼化手法

前節で述べたとおり、CANには小規模かつまれなノイズに対する対策が施されている。しかし、電力変換回路による高電磁ノイズが周期的に発生した場合、十分な対策が取られていなければ全てのECUがバスオフモードとなり、処理が停止する可能性がある。本研究では、冗長なフレームをあらかじめ送信する前方誤り訂正（FEC）技術について検討する。

図3に、ARQモードとFECモードを持つハイブリッドARQ構成の状態遷移図を示す。ECUは、ARQモードで起動する。このモードは従来のCANにおける動作と同一であり、エラーフレームを検出した場合に再送信によって回復する。ノイズの発生頻度が比較的低い場合、ECUはこのモードに滞在し続ける。

ECUは一定期間内に誤ったフレーム数をエラーカウンタとして計測している。エラーカウンタが短期間に上昇した場合、FECモードに移る。FECモードでは、連続して送信される L 個のフレームをグループ化し、グループ毎に1個のパリティフレームを送信する。受信ECUがエラーフレームを検出した場合、グループ内の高々1個までのエラーフレームはパリティフレームと他のデータフレームにより回復可能である。先行研究[1]では、グループサイズ L はエラーカウンタの値によって決定されていた。

図4に、グループサイズ L を1から10まで変化させた場合の、フレーム誤り率 p に対する、1フレームあたりのデータ効率 eff は下記のとおり求められる。

$$eff = \{(1 - p)^{L+1} + Lp(1 - p)^L\} \cdot \frac{L}{L + 1}$$

フレーム誤り率が0.03以下の場合、 $L = 10$ が最も高いデータ効率を示した。フレーム誤り率が上昇するに従って、最適なデータ効率を示すグループサイズがより小さくなっていることがわかる。エラーカウンタからフレーム誤り率を適切に見積もることができれば、図4より通信効率を最適化可能であると考えられる。

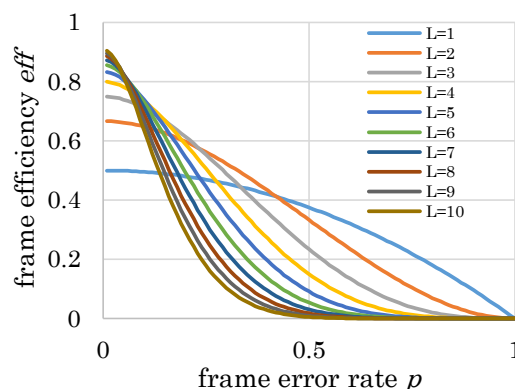


図 4 1 フレームあたりのデータ効率

4 まとめ

本研究では、ハイブリッドARQモードに基づく高信頼CAN設計手法について検討した。エラーフレーム数に基づいて適切にパリティグループサイズを決定することで、1フレームあたりのデータ効率を最大化できる可能性があることがわかった。今後、提案手法を実装し、実機検証を行う予定である。

参考文献

- [1] 中村宗幸, 大原衛, 新井雅之, サイサナソンカム アロムハック, 酒井和哉, 福本聡, “高電磁環境下におけるCAN高信頼化手法の実験的評価,” 電子情報通信学会技術研究報告, DC2015-22, pp. 1-8, 2015年8月.
- [2] ルネサスエレクトロニクス株式会社, “CAN 入門書,” http://documentation.renesas.com/doc/products/mpumcu/apn/rjj05b0937_canap.pdf
- [3] ベクター・ジャパン株式会社, “はじめての CAN,” http://vector.com/ds_beginners-can_jp/

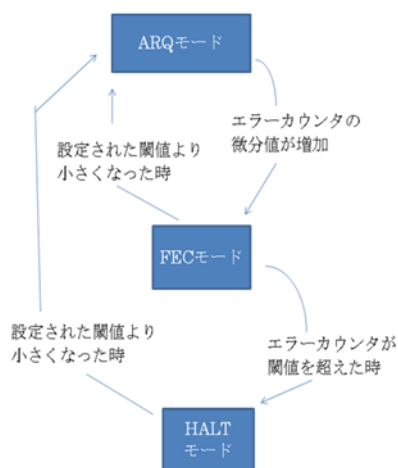


図 3 送信ノードにおけるハイブリッドARQの状態遷移図