

前方誤り訂正を用いたハイブリッドCANにおける動的な冗長化手法

日大生産工 (学部) ○戸田 新之介
日大生産工 新井 雅之

1. まえがき

現在, 自動車の車両制御の複雑化や高機能化に伴い, 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 個以上搭載される場合もある. そのため, 高い性能と信頼性が認められている CAN (Controller Area Network) が自動車の車載ネットワークに多く用いられている. しかし, CAN ではスイッチングノイズが車載ネットワークに影響を与え, ビット誤りが発生する可能性がある. 先行研究[1]として前方誤り訂正を用いたハイブリッド ARQ プロトコルによるハイブリッド CAN が提案されている.

本研究では, このハイブリッド CAN のさらなる伝送効率の向上を目指し, 前方誤り訂正(Forward Error Correction: FEC)を用いてフレーム数とフレーム誤り率に応じて最適なパリティグループサイズを動的に決定する手法について提案する.

2. 先行研究

2.1 CAN 通信

CAN は ISO11898 と ISO11519-2 として規格化された, 差動伝送を用いたネットワークである[1]. 車載ネットワークのプロトコルとして多く用いられ, 最大通信速度が 125Kbps の低速通信と 0.125~1Mbps の高速通信の二つの異なる伝送速度を用途に合わせてバスをライン型に繋げ, ネットワークを構成している.

CAN にはノイズ対策として再送信機能がある. 送信または受信されたフレームを対象としたエラーを検出する機能があり, 送信および受信は 1 ビットずつのブロードキャストとして行われる. 送信または受信にエラーを検出した場合, 送信を強制終了し, すべての ECU に対して一斉にエラーフレームを送信する. その後, 対象のフレームを再送信する. ドミナントとレセプの 2 個のレベルがあり, ドミナントが優先されるため, この電位差を利用して各フレーム送信の優先順位の決定やエラーの検出が行われている.

2.2 ハイブリッド CAN

中村らは, 前方誤り訂正を用いたハイブリッド CAN を提案している[1]. 図 1 にハイブリッド CAN の状態遷移を示す. ハイブリッド CAN は, 自動送信要求 (ARQ) モード, 前

方誤り訂正 (FEC) モード, HALT モードの 3 個の状態構成される.

初期状態は ARQ モードである. 送信エラーカウンタ (TEC) と受信エラーカウンタ (REC) の値が決められた閾値より大きくまたは小さくなった場合, ARQ モード, FEC モード, HALT モードの各モードを遷移する. TEC および REC のカウンタは, フレームが正常に送信または受信されると対応したカウンタ値が 1 ずつ減少し, エラーが検出されるたびにカウンタ値が 8 ずつ増加する.

FEC モードでは単純なパリティに基づくアルゴリズムを用いている. パリティフレームを含む連続して送信される L 個のデータフレームをグループ化して 1 個のパリティグループと定義する. すべての $L-1$ 個の元のデータフレームに 1 個のパリティフレームが生成される. L の初期値を 9, 範囲を $2 \leq L \leq 9$ に設定し, このパリティグループ内でフレーム破損が検出された場合, L は 1 ずつ減少し, 正常に送信された場合, L は 1 ずつ増加する. これによりフレーム破損の検出とパリティグループ内の最大 1 フレームの訂正が可能である[1].

HALT モードでは ECU 全体を一時的に停止する. ノイズによる誤り率が充分低くなった後, ARQ モードへ遷移する.

2.3 ハイブリッド CAN のデータ効率

原は文献[3]においてフレーム誤り率に対する 1 フレームあたりのデータ効率の評価を行っている. 1 フレームあたりの最大データ効率 e_{ff} は, 以下の式よりフレーム誤り率 p に

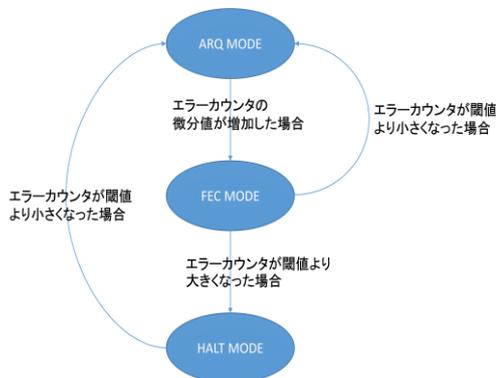


図 1. ハイブリッド CAN の状態遷移

応じて異なることがわかっている．1 フレームあたりのデータ効率 e_{ff} の式を以下に示す．

$$e_{ff} = \{(1-p)^{L+1} + (L+1)(1-p)^L\} \frac{L}{L+1} .$$

3. 提案手法

中村らの先行研究[1]では，フレーム破損に規則性のある場合には一定の効果が確認された．しかし，フレーム誤り率が急激に変化する場合には効果が小さくなると考えられる．

本研究では，前方誤り訂正を用いたハイブリッド CAN におけるパリティグループサイズ L を動的に決定する手法について提案する．提案手法では，フレーム破損が検出された場合， L を半分にし，フレームがすべて正常に送信された場合，1 ずつ増加させる．これにより，フレーム誤り率の急激な変化に対して，より効率の良いパリティグループサイズが設定可能と期待できる．

4. シミュレーション

現在，提案手法を評価するための CAN 送受信シミュレータを作成中である．現段階のシミュレータの動作確認のためエラー発生率に対する総再送信回数と送信終了時間のシミュレーションを行った．

108bit のデータを入力として，エラーを発生させるための乱数を生成し，閾値によってビットを反転させるかを決定する．エラー発生率に対する総再送信回数と送信終了時間をファイル出力する．すべてのビットが正常に送受信するかエラーが 10 回発生したら次のデータを送信する．エラー発生率を 0.001% から 10% までの範囲で変化させ，各エラー発生率でそれぞれ 200 回繰り返した．

図 2 にエラー発生率を 0.001% から 10% までの範囲で変化させたときの総再送信回数を示す．エラー発生率が 0.001% と 0.01% の場合，総再送信回数が 0 となった．1% 以上の場合，エラーが頻繁に発生し，再送信が多くされていることがわかる．

図 3 にエラー発生率を 0.001% から 10% までの範囲で変化させたときの送信終了時間を示す．エラー発生率が低いほど送信終了時間が早いことがわかる．しかし，0.005% で総再送信回数が 1 回あったため 0.005% より 0.01% の送信終了時間のほうが早かったと考えられる．再送信回数が少ないほど送受信にかかる時間が少ないため短時間で多くのデータの処理ができると考えられる．エラー発生率が 1% に比べ 5% および 10% の送信終了時間のほうが早くなっている．これは，比較的上位ビットでのエラーが頻繁に発生し，送信または受信されずに破棄されたデータが多数あったため次のデータの送信を行うまでの時間が短かったと考えられる．

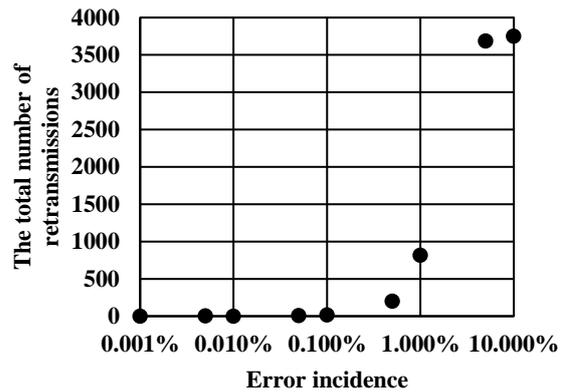


図 2. エラー発生率に対する総再送信回数

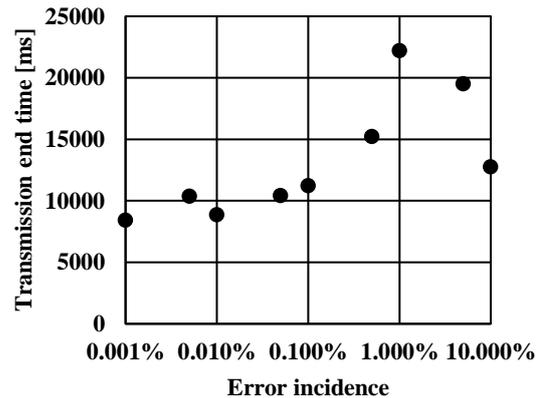


図 3. エラー発生率に対する送信終了時間

5. まとめ

本研究では，前方誤り訂正を用いたハイブリッド CAN において，より効率の良いデータ伝送を行うため，パリティグループサイズを動的に決定する手法について提案した．提案手法の評価をするためのシミュレータを作成しており，現段階での動作確認を行った．

今後は，提案手法の評価をするためのシミュレータを完成させ，フレーム誤り率が急激に変化した場合のより効率の良いデータ伝送となるパリティグループサイズ L を動的に求めるためのシミュレーションを行い，先行研究[1]との比較・評価を行う予定である．

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，pp.1-43，2010 年 4 月 1 日．http://www5b.biglobe.ne.jp/~tekhanzo/renesas20CAN_rjj05b0937_canap.pdf
- [3] 原駿太郎，“前方誤り訂正を用いたハイブリッド CAN における通信効率最適化に関する検討，” 日本大学生産工学部数理情報工学科提出卒業論文，2016 年 2 月．