

CAN 高信頼通信手法の評価に向けたビットレベル通信シミュレーションの実装

日大生産工(学部) ○山田 遼介
日大生産工 新井 雅之

1. まえがき

CAN (Controller Area Network) は、自動車向けに開発された通信プロトコルであり、高い性能と信頼性から多くの車載ネットワークに用いられている[1, 2]. しかし近年、電気自動車、ハイブリッド自動車の登場により、CAN がスイッチングノイズの影響を受け、誤動作する可能性が高まっている. 先行研究として文献[3]および[4]において、前方誤り訂正を用いたハイブリッド CAN が提案されている. しかし、文献[3, 4]では、フレームレベルのシミュレーションにより有効性の評価が行なわれているが、再送も含む正確な遅延については評価されていない.

本研究では、CAN 高信頼通信手法のより高精度な評価を目的として、ビットレベルのCAN 送受信シミュレータを実装する.

2. 先行研究

2-1. CAN 概要

CAN は、バス型のネットワークトポロジを取り、各ノード (ECU : Electronic Control Unit) が平等なアクセスを可能とするマルチマスタ方式を採用している. CAN では、2 本のワイヤの電位差からビット値を判断する 2 線式差動電圧方式の通信を行っている. 2 線の電位差がない場合はドミナントレベルである '0', 電位差がある場合はレセプレベルである '1' とみなし、バスは必ずどちらか一方のレベルをとる. 複数のノードがドミナントとレセプを同時に送信した場合、バスはドミナントレベルをとる.

2-2. CAN におけるデータ送信とエラー処理

バスに接続された ECU には優先順位が存在し、高い優先順位の ECU は小さい ID を持つ. 2 台以上の ECU が同時にメッセージの送信を始めた場合、ID の上位ビットから順に送信されることによって、アービトレーション(調停)が行われ、ドミナントレベル('0')を最も長く出力した ECU が優先権を取る. アービトレーションに負けた ECU は、次のビットから受信動作へ移る.

CAN では、受信ノード間のタイミング誤差が累積しないようにするための機能としてビットスタッフィングルールを導入している. 同

一レベルが 5 ビット連続した場合、1 ビットの反転データが付加される. 受信側では、同一レベルが 5 ビット連続した場合、次の 1 ビットは読み飛ばされる.

送信、受信ノードとも、バスの状態が期待値と異なる場合、エラーとして検出を行う. 今回のシミュレーションでは、ビットエラーとスタッフエラーについて考慮する. ビットエラーとは、送信ノードが出力レベルとバス上のレベルを比較し、両レベルが不一致の場合検出されるエラーである. スタッフエラーとは、同一レベルが 6 ビット連続して検出される場合のエラーである. エラーを検出した ECU は、即座に 14-20 ビットのエラーフレームを送信する.

2-3. ハイブリッド CAN

中村らは、自動再送要求(ARQ), 前方誤り訂正(FEC), HALT モードの 3 状態で構成されたハイブリッド CAN を提案している[3]. 図 1 にハイブリッド CAN における各ノードの状態遷移図を示す. CAN コントローラ内に搭載されている送信エラーカウンタ(TEC)と受信エラーカウンタ(REC)の値の変化により状態が遷移する. ARQ モードは最も効率的な送受信を行う状態であり、ノイズレベルが小さい場合に使用される. 従来の CAN と同様に再送により誤りが回復される. FEC モードでは、単純なパリティに基づく損失回復が行われる. 1 個のパリティフレームを含む連続した L 個のデータフレーム内の最大 1 フレームの訂正が可能となる. FEC モードではビットエラー検出時のエラーフレーム送信は抑制される. 頻繁なバーストエラーが検出された場合、ノードは HALT モードに移行し、ノイズレベルが低下するまで送信を停止する.

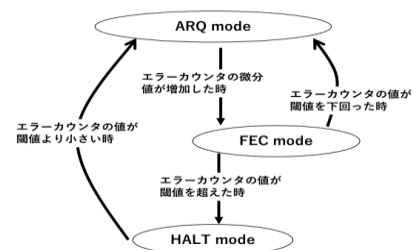


図1 ハイブリッド CAN におけるノードの状態遷移

Implementation of Bit-Level Transmission Simulator for Evaluating

Reliable CAN Systems

Ryosuke YAMADA and Masayuki ARAI

文献[4]において、戸田は中村らの手法 [3]を改善し、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を行っている。フレーム破損が検出された場合 L が半分になり、フレームがすべて正常に受信された場合 L が 1 増加する。

3. ビットレベル CAN シミュレータの実装

本研究では、CAN 高信頼化手法[3, 4]のより高精度な評価を目的として、ビットレベルの CAN シミュレータを実装する。

3-1. 送信ノード動作モデル

シミュレータ実装に当たり、送受信ノードの動作を詳細にモデル化した。

図 2 に、1 個のデータフレームを送信する処理のフローチャートを示す。1 フレームをエラーなく送信した場合には TEC がリセットのまま終了するが、エラーが発生すると TEC を増加させ、エラーフレームが送信される。

図 3 に送信ノードの状態遷移図の一部を示す。図 2 におけるフレーム送信処理を、1 ビット毎の状態遷移としてモデル化した。本モデルに基づいて、シミュレータにノード動作を実装可能である。

3-2 . シミュレータ実装と動作確認

アビトレーションおよびデータ送信までをシミュレータに実装し、動作を確認した。図 4 にシミュレータの実行画面の例を示す。また、図 5 に、図 4 の結果に基づいて作成した、各ノードおよびバスの出力波形を示す。ノード 0 の ID は 353、ノード 1 の ID は 357 としてシミュレーションを行った。10 ビット目においてノード 1 がアビトレーションに負け、正しく受信状態に遷移していることを確認できた。その後、ノード 0 はデータ送信を継続し、50 クロック後に送信を終了し次フレームの送信まで待機する。

4. まとめ

本研究では、CAN 高信頼通信手法の評価に向けたビットレベル通信シミュレーションを実装し、現段階の動作確認を行った。

今後は、現在作成中のシミュレーションにフレーム送受信、エラー状態を含めたシミュレーションを実装し、高信頼手法との比較・評価を行う予定である。

参考文献

- [1]ルネサスエレクトロニクス株式会社, CAN 入門書, 2006 年 1 月 31 日.
http://www.5b.biglobe.ne.jp/~tekhanzo/renesas%20CAN_rjj05b0937_canap.pdf
- [2]佐藤道夫, 車載ネットワーク・システム徹底解説, CQ 出版社, 2005 年.
- [3]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.
- [4] 戸田 新之介, “前方誤り訂正を用いたハイブリッド CAN における動的冗長度制御,” 日本大学生産工学部数理情報工学科提出卒業論文, 2017 年 2 月.

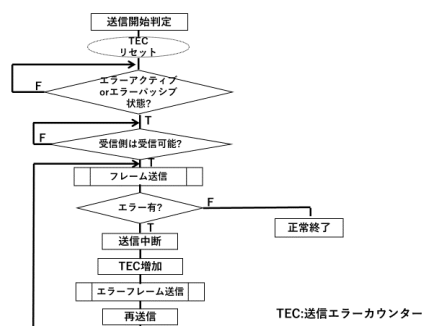


図 2 送信側フローチャート

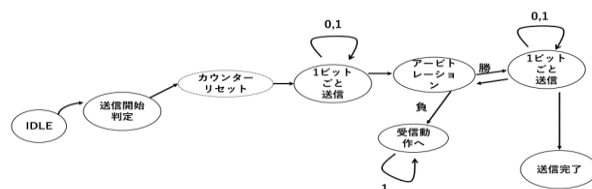


図 3 送信側の状態遷移

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
現在の状態:13ビット目
node0:00010110000010
node1:00010110011111
バスレベル:00010110000010

現在の状態:14ビット目
node0:00010110000100
node1:00010110011111
バスレベル:00010110000100

現在の状態:15ビット目
node0:000101100001001
node1:00010110011111
バスレベル:000101100001001

現在の状態:16ビット目
node0:0001011000010011
node1:000101100111111
バスレベル:0001011000010011
  
```

図 4 シミュレータ結果

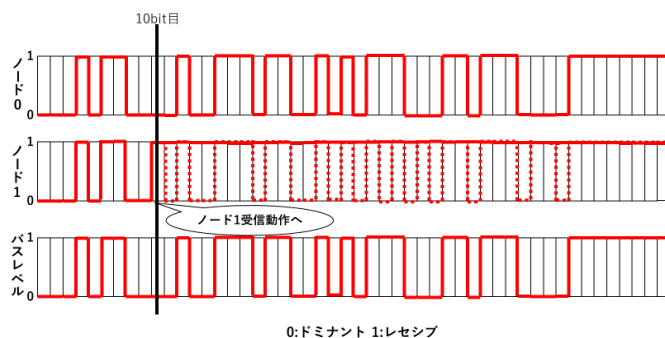


図 5 フレーム送信シミュレーション結果の波形