

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330064

研究課題名(和文)次世代自動車を実現する車載ネットワークシステムの設計技術に関する研究

研究課題名(英文)A Study on Design Methodology for In-Vehicular Network Systems of Next-Generation Automobiles

研究代表者

杉原 真(Sugihara, Makoto)

九州大学・学内共同利用施設等・准教授

研究者番号：80373538

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、通信プロトコルFlexRayを対象とし、製造コストを抑制したIVNSを自動合成する技術の研究を行った。動作周波数及び製造コストが異なるWHを最適に選択し、FlexRayの設計パラメータを最適に決定することで、実時間性及び信頼性に係る制約を満たし、かつ、製造コストが最小となるIVNSを自動合成する研究を実施した。設計自動化によって設計コストを削減し、IVNSの設計パラメータを最適化することで製造コストを削減した。

研究成果の概要(英文)：We targeted at communication protocol FlexRay and studied an IVNS synthesis technique which reduces a fabrication cost. Our synthesis technique optimally determines a wire harness and FlexRay design parameters under real-time and reliability constraints so that we obtain an optimal IVNS whose fabrication cost is minimal. Design Automation in IVNS's contributes to reducing a development cost as well as design optimization contributes to reducing a fabrication cost.

研究分野：VLSI及び組み込みシステムの設計自動化

キーワード：車載ネットワーク設計 FlexRay TDMA 組み込みシステム 最適化

1. 研究開始当初の背景

自動車製品において安全性、快適性、及び燃料経済性を向上するために、IVNS の導入が進んでいる。IVNS は、ECU (Electronic Control Unit)、センサ、及びアクチュエータといった車内に分散する部品を WH で接続する分散組み込みシステムとして実現される。現状では自動車の製造コストに占める電装品の割合は 20%を超えており、2015 年には 40%を超えると試算される。今後、自動車製品においてより先進的な機能を実現するために、IVNS は大規模化すると予想される。

一般に、多くの機能を情報システムとして実現するためには、高性能な ECU や動作周波数が高い WH が必要であり、製造コストが増加する。特に、WH の動作周波数を高めると、遮蔽シールド、インピーダンス整合、及び大径化といった工程が必要となり、WH のコスト増を招く。また、設計対象が大規模化すると、人的及び物的な設計資源を多く投入せざるを得ず、設計コストが増加する。日本の自動車産業が競争力を維持するためには、製造コスト及び設計コストを抑制し、IVNS を設計する技術の確立が急がれる。

2. 研究の目的

自動車製品で実現する機能が増えるにつれ、車載ネットワークシステム (IVNS: In-Vehicle Network System) の重要性が増している。自動車製品の製造コスト全体に占める IVNS の製造コストの割合は年々高まっており、製造コストを抑制する IVNS の設計技術の確立が喫緊の課題である。本研究課題では、通信プロトコル FlexRay を対象とし、製造コストを抑制した IVNS を自動合成する設計技術の研究を行う。動作周波数及び製造コストが異なるワイヤハーネス (WH: Wire Harness) を最適に選択し、IVNS の設計パラメータを最適に決定することで、与えられる設計要求を満たし、製造コストが最小となる IVNS を自動合成する。

3. 研究の方法

本研究課題では、通信プロトコル FlexRay を対象とし、製造コストを抑制した IVNS を自動合成する技術の研究を行う。動作周波数及び製造コストが異なる WH を最適に選択し、FlexRay の設計パラメータを最適に決定することで、実時間性及び信頼性に係る制約を満たし、かつ、製造コストが最小となる IVNS を自動合成する。設計自動化によって設計コストを削減し、IVNS の設計パラメータを最適化することで製造コストを削減する。

FlexRay は実時間性と実効帯域幅を確保する車載ネットワークプロトコルである [1]。

FlexRay では、フレームと呼ばれるデータ構造が送信単位である。送信するデータはフレームに格納される。一つのフレームは、ヘッダセグメント (HS)、ペイロードセグメント (PS)、及びトレーラセグメント (TS) の三つから構成される。補助的情報を含む HS 及び TS の大きさは FlexRay の仕様によって定まるのに対し、送信するデータを格納する PS の大きさはシステム設計者によって定められる。FlexRay は TDMA (Time Division Multiple Access) 法に基づいている。TDMA 法は、通信経路を複数のタイムスロット (TS) と呼ばれる時間単位に周期的に分割し、送信者に TS を割り当てることで、複数の送信者が一つの通信資源を共有する通信法である。FlexRay では、図 1 に示すように時間階層が規定されている。一つの通信サイクルは一つの静的セグメント (SS: Static Segment) 及び一つの動的セグメント (DS: Dynamic Segment) を含む。SS は各送信者に決定的な通信レイテンシ及び通信スループットを提供する時間領域であり、DS は、送信者の優先度に応じて、帯域幅を融通する時間領域である。SS では、Static TDMA 法に基づいた通信が行われる。一つの SS は一つ以上の静的スロットと呼ばれる TS から構成される。設計時に、各静的スロットは 1~64 個の通信信号と対応付けられる。一つの静的スロットを複数の送信者に対応付ける技法をスロットマルチプレクシング (SM: Slot Multiplexing) と呼ぶ。一つの DS は 0 個以上のミニスロットと呼ばれる TS から構成される。DS では、通信信号の優先度を考慮した Flexible TDMA 法に基づいて、通信が行われる。

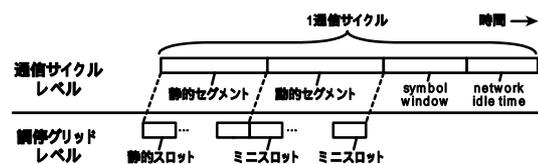


図 1 FlexRay における時間階層

FlexRay を対象とした IVNS 設計手法が幾つか提案されている。Park らは、実時間制約の違反を許すシステムを対象とし、実時間制約を満たす通信信号の数を最大化する手法を提案した [2]。Park らの手法は、X-by-Wire システムのような実時間制約の違反を許容しないシステムには応用できない。Zeng らは設計拡張性を考慮した手法を提案した [3]。設計拡張性は、使用されていない TS の時間領域で計られ、将来の設計拡張に備えるものである。しかしながら、大量生産車では、設計拡張性により削減できる設計コストより、設計拡張性を制限することで削減できる製造コストの方が大きい。Schmidt らはバスの実効帯域幅を向上する設計手法を提案した [4]。Lukasiewicz らは SM によって実効帯域幅を向上する手法を提案した [5]。Tanasa ら

は、与えられた信頼性制約から、各通信信号の再送回数を決定し、実効帯域幅を向上する手法を提案した[6]。上述の研究の何れも、バスの動作周波数を定数として取り扱っており、低速なバスの採用によって製造コストを削減する観点が欠落している。杉原は、PSの大きさ及び通信信号のTSへの割り当てを最適化し、バスの動作周波数を最小化する手法を提案した[7]。杉原の手法はIVNS設計において初めて製造コストを考慮した手法である。今後の研究の方向性として、製造コストを削減する観点で、SM、ネットワークポート、及びメッセージの再送回数を考慮した設計手法に関する研究を進める必要がある。

参考文献

1. FlexRay Consortium, FlexRay communications system protocol specification version 3.0.1, Oct. 2010.
2. I. Park and M. Sunwoo, IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol. 58, No. 4, pp. 1449-1459, Apr. 2011.
3. H. Zeng et al., IEEE Trans. Industrial Informatics, Vol. 7, No. 1, pp. 1-17, Feb. 2011.
4. K. Schmidt and E. G. Schmidt, IEEE Trans. Vehicular Tech., Vol. 58, No. 5, pp. 2170-2179, Jun. 2009.
5. M. Lukasiewicz et al., Proc. CODES+ISSS, pp. 363-372, Oct. 2009.
6. B. Tanasa et al., Proc. Real Time Systems Symposium, pp. 385-394, Nov. 2010.
7. M. Sugihara and A. Iwanaga, to appear in Journal of Information Processing, Vol.20, No.1, Jan. 2013.

4. 研究成果

本研究課題では、通信プロトコル FlexRay を対象とし、製造コストを抑制した IVNS を自動合成する技術の研究を行った。動作周波数及び製造コストが異なる WH を最適に選択し、FlexRay の設計パラメータを最適に決定することで、実時間性及び信頼性に係る制約を満たし、かつ、製造コストが最小となる IVNS を自動合成する研究を実施した。設計自動化によって設計コストを削減し、IVNS の設計パラメータを最適化することで製造コストを削減した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

M. Sugihara and A. Iwanaga, "Slot multiplexing optimization for minimizing the operating frequency of a FlexRay bus under hard real-time

constraints," Journal of Information Processing, Vol. 21, No. 3, pp. 563-571, July 2013.

岩永明人, 杉原 真, 耐故障性の実現と通信帯域幅の最小化を両立する TDMA スケジューリング手法, 情報処理学会論文誌, 第 54 巻, 7 号, pp. 1873-1882, 2013 年 7 月.

M. Sugihara, "Minimization of the fabrication cost for a bridged-bus-based TDMA system under hard real-time constraints," IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E97-D, No. 12, pp. 3041-3051, December 2014.

[学会発表](計2件)

平野公太, 杉原真, 志堂寺和則, "虹彩とまぶたの形状を考慮した Hough 円検出による虹彩位置推定手法の提案," 情報処理学会研究報告, Vol. 2015-EMB-36, No. 52, pp. 1-6, 2015 年 3 月.

平野公太, 杉原真, 志堂寺和則, "高精度な視線計測を実現する瞼の形状を考慮したハフ円検出による虹彩位置計測," 組込みシステムシンポジウム 2015, pp. 10-17, 2015 年 10 月。(査読有、ロングペーパー)。

[図書](計0件)

該当なし。

[産業財産権]
出願状況(計0件)

該当なし。

取得状況(計0件)

該当なし。

[その他]
ホームページ等

<http://www.slrc.kyushu-u.ac.jp/~sugihara/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

杉原 真 (SUGIHARA, Makoto)
九州大学・システム LSI 研究センター・准教授
研究者番号: 80373538

(2)研究分担者

該当なし。

(3)連携研究者

該当なし。