

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

氏 名 山口 晃広

論 文 題 目 車載システム向けリアルタイム分散
ストリーム処理

論文審査担当者

主 査 名古屋大学教授 高田 広章

委員 名古屋大学教授 村瀬 勉

委員 名古屋大学准教授 本田 晋也

委員 名古屋大学特任准教授 渡邊 陽介

論文審査の結果の要旨

山口晃広君提出の論文「車載システム向けリアルタイム分散ストリーム処理」は、車載システムのデータ処理要求に基づいて技術課題を整理し、それらを解決するための車載組込み分散ストリーム処理システムの研究、およびその中で使用されるオペレータの配置手法とリアルタイムスケジューリングに関する一連の研究をまとめ上げたもので、6章で構成される。

第1章は序論であり、まず車載システムの複数センサから得られる大量のデータ処理への需要の高まりについて述べ、センサデータが発生してから処理が完了するまでの end-to-end の遅延を許容時間内に抑えるリアルタイム処理の重要性を述べている。車載システムが複数の ECU (Electronic Control Unit) で構成された分散環境であること、そして組込みシステム以外の分野で低遅延のデータ処理にデータストリーム処理システムが広く用いられていることから、車載システムにおける分散ストリーム処理システムの研究開発に取り組んだ背景について説明している。

第2章は、車車間通信を用いた車両衝突警告を具体例として、車載システムのデータ処理への要件を整理している。本論文では、要件として、end-to-end のデッドラインを保証するリアルタイム性、通信を介した複数車両からのデータ収集・統合による信頼性の向上、入力データ量の変動に対応する効率的なデータ処理、発生順に到着しない out-of-order な入力データへの対応が挙げられている。また、データストリーム処理による車載システムのデータ管理について、タプルやクエリ、オペレータなどの基本事項の解説を行っている。

第3章では、車載システム向けの分散ストリーム処理システム AEDSMS (Automotive Embedded Data Stream Management System) を提案している。AEDSMS を用いたソフトウェア開発では、複数のオペレータで構成された高レベルクエリを与えると、そこから車種ごとの物理構成にカスタマイズされた低レベルクエリへの変換が行われる。オペレータは、Map, Filter, Union, Join などの基本的なものだけでなく、データの信頼性を高めるセンサデータフュージョンを扱っている。低レベルクエリを得るためのオペレータ配置方式では、車載ネットワーク構成を考慮したネットワーク使用量の見積もりができるように従来方式を拡張している。更に、オペレータごとのサブデッドラインを導出し、リアルタイム処理要求を満たせるかどうかを静的に検証できる。実行時には、各ノードのリアルタイムスケジューラが、到着データと各オペレータのサブデッドラインに基づいて最適な実行順を決定し、分散システム全体でのリアルタイム処理を実現する。実験では、車車間通信を用いた車両衝突警告を想定した評価を行っており、AEDSMS がデッドライン処理要求を満たせること、車両衝突事故率の低減及び車両情報の位置精度の向上に寄与できることが確認されている。

第4章は、AEDSMS の各ノードで動作するリアルタイムスケジューリング方式に関する提案を行っている。スケジューリングのオーバーヘッドを削減することを目的とし

論文審査の結果の要旨

て、オペレータの列をまとめてスケジューリングを行う本提案方式では、オペレータの出力に分岐がある場合やタイムアウトがある場合に対応できる。評価実験では、本提案方式と従来のストリーム処理のスケジューリング方式との比較を行い、本提案方式の優位性を明らかにしている。

第5章は、通信遅延などの影響によって、センサからデータが生み出された時刻と、AEDSMSへデータが入力された時刻が異なるケースを扱っている。そのような out-of-order な入力データに対して、各ノード上の AEDSMS のリアルタイムスケジューリングを効率的に行う方法を提案している。Out-of-order な入力データを考慮するために優先度キューを導入しているが、特定の条件を満たすストリームキューでは優先度キューの走査が不要であることに着目し、効率的なリアルタイムスケジューリングを行っている。

第6章は結論であり、本論文の成果をまとめるとともに、今後の課題や他分野への応用について論じている。

以上のように、本論文は、リアルタイム処理を中心に、車載システムのデータ処理要求を満たすための分散ストリーム処理に関する研究に取り組み、いずれにおいても有効な成果を挙げている。特に、データ工学分野におけるトップ国際会議に採録され、国内の研究会では最優秀論文賞を受けるなど、非常に高い評価を受けている。提案した技術はいずれも、学術的な新規性に加えて、実用性も高いものであり、情報科学の学術上・技術上の寄与が大きい。よって、本論文提出者、山口晃弘君は、博士（情報科学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。