The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	A Study on Reliable Wireless Communication in Vehicles
Author(s)	國立, 忠秀
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/72591
rights	Copyright(C)2019 IEICE
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式3

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (國立 忠秀)	
論文題名	A Study on Reliable Wireless Communication in Vehicles (自動車内における高信頼無線通信に関する研究)

論文内容の要旨

無線通信は、通信業界で最も急速に成長している分野であり、近年は家具や家電製品などの現実世界に存在するさまざまなものにセンサを取り付けるIoTの研究がされている。小さくて設置の自由度の高い無線センサノードを用いて情報収集することにより、車両における快適性と利便性を向上させることができる。将来的には、車載センサの重要性が増加し、多くのセンサが車両に搭載されると考えられる。ここで、センサをつなぐためのワイヤーハーネスは、ハンドルやシートなどを避けて配線しなければならないことから、配索を考えなくてよい無線接続が効果的であると考えられる。車両内の機器間通信においては、要求される成功率と遅延制約が厳しい。車両の走行に関わらない機器間の通信でも、成功率は99.999%で遅延制約は20msである。一方、車内で無線接続を利用する場合、電波環境の急激な変化が問題となるが、従来の無線ネットワーク規格は、実際の車載環境における信頼性が不十分である。

本稿では、まず車両の電波環境を明らかにした。また、将来的には電気自動車(EV)が普及すると予想され、安全なEVの実現にはバッテリー管理システム(Battery Management System: BMS)でバッテリーセル情報をモニタすることが重要になる。そこで、シートセンサ通信とBMS通信をターゲットにした。次に信頼性の高い無線通信として、代理通信制御手法(Reliable Wireless Communication based on Substitute Forwarding: RWCSF)を提案した。RWCSFは通信が失敗した場合、中継ノードがパケットをオーバーヒアして送信することから、単一フローで高い成功率を達成する。しかしながら、いくつかのノードがパケットを中継するので、多くのパケットがネットワークにあふれる場合がある。そのため、マルチフローでは通信の遅れが懸念される。ターゲットにしたシートセンサ通信とBMS通信はマルチフローである。そこで、少ないパケットで通信するために、RWCSFを拡張したデータ集約手法(Substitute Forwarding with Data Aggregation: SFwDA)を提案した。SFwDAは、バッテリセンサまたはシートセンサの同じ宛先のパケットを1つのパケットに集約して通信する。

測定により明らかにした様々な車種の車内電波環境データを用いて、提案手法の効果をシミュレーションにより確認した。また、車両のノイズ環境を確認し、その特性を明らかにした。結果、提案手法においてデータ集約サイズが2の場合に、マルチフローやノイズ環境においても効果的であることを確認した。

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　　國立　忠秀　　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	渡辺　尚
	副 査	教授	村田　正幸
	副 査	教授	長谷川　亨
	副 査	教授	東野　輝夫
	副 査	教授	松岡　茂登

論文審査の結果の要旨

近年、種々のものにセンサを取り付け、情報通信によって高度な利用を図るIoTの研究が注目されている。自動車内においても、多数の小型のセンサノードを用いて快適性と利便性を向上させられる可能性がある。しかしながら、車載のセンサを接続するハーネスを有線で行う場合、ハンドルやシートなどを避けて配線しなければならず、設置容易性を損なう。従って、配索を考慮する必要のない無線ハーネスが効果的であると考えられる。自動車内の機器間の無線通信を実現するに当たっては、成功率と遅延に関する制約を満たす必要がある。具体的には、車両の走行に関わらない機器間の通信で、成功率99.999％以上、遅延20ms以下が必要とされる。従来の無線ネットワーク規格を含めて、自動車内での成功率と遅延の制約を満たす無線通信方式に関しては十分な知見が得られていない。

本論文は、シートセンサで発信される情報に加え、電気自動車(EV)のバッテリー管理システム（BMS）から発信される情報を成功率と遅延の制約を満たす無線ハーネスの構築法を論じたものである。まず、車両内の電波伝搬状況を測定実験により検討した。セダンタイプの実車両に８台のセンサを設置し、電波暗室にて乗員が４名いる状態もを含めて、2.4GHzの電波伝搬状況を測定した。全ノードから1つ選択して送信し、残りのノードで受信状況を確認した。これを全ての組み合わせで実施し、また車種を変えて確認したところセンサの位置によっては90dBから60dBのパスロスの変動が見られることなどを明らかにし、単純な手法では信頼性の高い通信が不可能であることを示した。

次に信頼性の高い無線通信として、代理通信制御手法(RWCSF：Reliable Wireless Communication based on Substitute Forwarding)を提案した。RWCSFは、通信が失敗した場合、パケットをオーバーヒアしたノードが代理として中継送信する。この方式は、従来から提案されているフラッディング、AODVやOLSR等のアドホックネットワークルーティング方式とは異なり、通信開始前の経路作成を行わず、低遅延で高成功率を達成するうえ、実装コストが低い利点があることが特徴である。評価により、RWCSFは、単一フローの場合、20msecという制約時間の元で99.999%という高い成功率を達成しうることを示した。

一方、複数のノードから発信されるマルチフローの場合は、複数のノードによる代理通信によって多数のパケットが送出され遅延が増大することも判明した。これに対し本論文では、パケット数を削減する手法として、RWCSFを拡張したデータ集約手法（SFwDA：Substitute Forwarding with Data Aggregation)を提案した。SFwDAは、バッテリセンサまたはシートセンサの同じ宛先のパケットを1つのパケットに集約する。提案方式をセダンおよびワゴン車に実装し、外部からのノイズを加えて、成功率特性並びに遅延特性を測定して評価を行った。その結果、提案方式は制約を満たす無線通信を実現可能なこと、また、マルチフローの場合の通信遅延およびノイズ耐性の点からデータ集約サイズに最適値が存在することなどを確認している。

以上のように、本論文では、高信頼性と低遅延が求められる自動車内での無線通信に関して有用な研究成果を上げている。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。