

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 平井 健士

論 文 題 目

Decentralized Cross-layer Congestion Controls for DSRC-V2X and
PC5-based Cellular-V2X Mode 4 in Crash Warning System

(衝突警告システムにおける自律分散型車車間・歩車間通信のための
クロスレイヤ無線輻輳制御技術の評価・検討)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学教授 村瀬 勉

委 員 名古屋大学教授 石原 亨

委 員 名古屋大学准教授 松原 豊

委 員 千葉大学教授 塩田 茂雄

平井健士氏提出の論文「Decentralized Cross-layer Congestion Controls for DSRC-V2X and PC5-based Cellular-V2X Mode 4 in Crash Warning System」は、安全・安心な高度交通を実現するための衝突事故警告システム(CWS)において、自律分散型車車間・歩車間通信(V2X)のためのクロスレイヤ輻輳制御技術を考案し、その性能を評価している。本論文は、7章構成になっている。第1章では、高信頼なV2Xが要求されるCWSにおいて、その要求がゆえに発生する輻輳問題に言及している。この問題を解決するために、受信情報量が大きく減少する従来のV2X輻輳制御ではなく、受信できる情報量を本質的に減らすことなく輻輳時の通信性能を高めるクロスレイヤ輻輳制御アプローチの必要性を提示している。第2章では、代表的な2つのV2X標準規格(DSRC-V2XとC-V2X mode 4)の特徴について説明し、既存のクロスレイヤ制御技術に言及している。第3章では、DSRC-V2Xの輻輳を低減するために、アプリケーションレイヤと連携するノードクラスタリング通信手法を提案している。クラスタリング手法は、複数端末でグループを作り、そのリーダーだけが代理でメンバーのデータフレームを送信することで並列転送を狙う手法である。ただし、既存手法はメンバーのフレームの収集通信が必要であり、この通信が無線帯域を圧迫することになる。そこで、本章では、この収集通信を削減するために、CWSでの位置情報フレーム通信に着目し、リーダーが推測した位置情報を代理送信し、その情報の誤差が大きい場合のみ、メンバーが訂正フレームを送信する手法を提案した。これにより、27%も性能向上することが明らかになった。第4章では、C-V2X mode 4の輻輳時の性能を評価した。C-V2X mode 4は、DSRC-V2Xと比較して新しい技術であるため、CWSを対象にした輻輳の影響が明らかになっていない。そのために、輻輳度合いに関係する車両モビリティに着目し、様々な輻輳状況下での性能を評価した。実モビリティデータを使い、大きな交差点での性能評価を行ったところ、CWSが要求する性能に対して55%も低いことが明らかになった。第5章及び第6章では、第4章の輻輳問題を解決するために、非直交多元接続(NOMA)という物理レイヤ技術と協調したクロスレイヤ輻輳制御を提案している。NOMAは、5G等の基地局が管理する集中制御システムを中心に議論されているが、自律分散システムは、そのような管理端末が存在しない。この制御上の問題を解決するために、フレーム中継や並列転送を応用するNOMA手法を提案した。第5章では、他の端末の送信フレームを自身の送信フレームに重畳するNOMA中継手法を提案した。本章にて、効果的な端末がNOMA中継を実施することで、94%も輻輳を低減することが分かった。第6章では、NOMAによる並列送信手法を提案した。具体的には、受信情報量を高めるための冗長フレームを送信して、NOMAの活用を促進したことにより、性能が38%向上することが分かった。第7章では、本論文を総括し、将来のネットワーク技術への貢献もまとめている。本論文は、既存のV2X業界の輻輳制御の概念とは異なり、輻輳を助長するような追加のフレームを送信してでも受信情報量を高めることで、輻輳問題を本質的に解決しているため、学術的に大きく貢献している。また、提案したクロスレイヤ輻輳制御は、次世代無線ネットワークへの応用も期待できる。以上のことから、本論文提出者、平井健士氏は、博士(情報学)の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。