

高速光無線通信用CMOSイメージセンサとその自動車システムへの応用に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学 公開日: 2015-12-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高井, 勇 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00009272

学 位 論 文 要 旨

Abstract of Doctoral Thesis

専 攻： ナノビジョン工学専攻

氏 名： 高井 勇

論文題目： 高速光無線通信用 CMOS イメージセンサとその自動車システムへの応用に関する研究

論文要旨：

近年、照明および表示用として普及が進む LED (Light Emitting Diode) を情報送信デバイスとして活用する光無線通信 (OWC) 技術が、近未来のユビキタス通信技術として注目されている。また、この LED の普及は自動車分野にも及び、ヘッドライトやブレーキランプといった車両の灯火類および交通信号機などへの採用が急速に進んでいる。このような背景から車両や道路インフラなどに設置された LED を送信デバイスとして活用し、インフラと車両間で通信を行う路車間通信、車両間で通信を行う車車間通信などに応用する検討が進められている。一方、この自動車用 OWC システムに用いる受信デバイスとして、カメラが期待されている。カメラに内蔵されたイメージセンサは、受光面上に数十万個以上の画素という光検出器を持ち、その画素の数だけ受光エリアを空間分割できる。その高い空間分離能力から、このイメージセンサ (カメラ) を受信デバイスとして用いたイメージセンサ通信技術 (ISC) は、従来の通信システムでは実現できない“混信フリー”などの極めて有益な特徴を持ち、自動車応用への期待を後押ししている。しかしながら、この ISC 技術にも“伝送レート (通信速度) の向上”や、“LED の高速かつ高精度な検出”といった乗り越えるべき大きな課題があり、自動車システムに応用できるほどの実用的な ISC システムは未だ実現されていない。この課題の克服にはカメラ受信機に“高速な光信号の受信”と“高速な LED の検出”という二つ能力を与える必要があり、その能力を備えたカメラ受信機の登場が切望されている。

本論文では、世の中の期待に応える実用的な自動車用 ISC システムの実現を目指し、“10Mbps クラスの高速な光信号の受信”と“高精度なリアルタイム LED 検出”という乗り越えるべき課題を解決する二つの新たな能力を兼ね備えたカメラ受信機の実現に挑戦した。この二つの能力をカメラ受信機に与えるために、独自の機能集積 CMOS イメージセンサ“光通信イメージセンサ (OCI)”の提案と試作を行い、実証システムを用いた実験を通してその諸性能を明らかにした。更に、その OCI を搭載したカメラ受信機と LED 送信機から成る“光車車間通信システム”を提案し、実運用条件下での実験、すなわち屋外走行実験を通してその性能と自動車システムへの応用の可能性を示した。

カメラ受信機に与えられた二つの課題を克服するため、OCI には通信画素（CPx）とフラグ画像出力機能が搭載された。この CPx は信号蓄積とサンプル動作が排除されると共に画素内の容量成分が低減され、光の変化に対する応答性能の向上が追求された通信特化型の画素ある。この CPx により、10Mbps クラスの光信号の受信性能がカメラ受信機に与えられた。また、フラグ画像は通常のグレイ（輝度）画像と比較して桁違いに短い露光時間で撮影され、更に OCI 内で二値化（1-bit 化）された画像である。従ってこのフラグ画像内では、光強度の強い LED のような光源のみ“1”として現れ、LED と比較して強度の弱い物体（領域）は“0”になる。このような LED しか存在しないフラグ画像を用いることで、非常に高速かつ高精度な LED 検出を実現する。そして、その OCI を搭載したカメラ受信機と LED 送信機から成る性能検証用の ISC システムを構築し、様々な実験を通して OCI を用いたカメラ受信機の性能と有効性を確認した。フラグ画像出力実験では、屋内および屋外照明環境において、フラグ画像内から不要な背景領域が排除されると共に LED 領域だけが画像内に出力されることを確認し、この有益な画像により最大 16.6ms のリアルタイム LED 検出を達成した。また、CPx を用いた光伝送実験では、10Mbps の光信号がエラーフリー（符号誤りなし）で受信されることを確認した。これらの実験により、OCI を搭載したカメラ受信機が“10Mbps クラスの光信号の受信”と“高精度リアルタイム LED 検出”という二つの大きな目標を達成したことが示された。

続いて、ISC システムの自動車通信システムへの適用可能性を検証するため、車載用 LED 送信機と OCI を搭載したカメラ受信機を新たに試作した。そして、それらを実際の 2 台の車両に搭載し、車両間で情報伝送を行う“光車車間通信システム”を構築して様々な屋外走行実験を行った。フラグ画像を用いた LED 検出は過酷な屋外照明環境下においても極めて有効に機能し、常に移動する LED を正確かつ高速に検出できることを確認した。また、先行車に搭載された LED 送信機が車速などの車両データと画像データを 10Mbps の光信号に載せて後続車に送信し、後続車に搭載されたカメラ受信機がその光信号を走行状態においても正常に受信できることを確認した。これらの実験を通し、ISC 技術が次世代の自動車通信システムの有力な候補の一つに十分に成り得ることが示された。