

論文要旨

2024 年 3 月 7 日

※報告番号	甲第 3 5 0 号	氏 名	沈 舜聡
主論文題名			
自動運転センシング向上のためのセンサフュージョンと時系列フィルタリングを用いた点群処理の最適化			
内容の要旨			
より便利で安全な移動を求め、センシングなどの技術が進歩し、政策や法律の支援により、自動運転に関する技術は現在社会を急速に革新する。また、世界の科学技術分野においても自動運転は広く研究されている。自動運転システムにおける重要な部分である外界認識センサと対応するデータ処理手法は、システムの性能に大きく寄与する。多くのアクティブ式外界認識センサの中で、LiDAR(Light Detection and Ranging)は高精度と高安定性の特性を持つため、多くの自動運転システムや自律モビリティで採用され、主流となっている。しかしながら、環境要因やハードウェアコストの制約のため、低解像度の LiDAR を単独で容易に導入するが、点群データはスパースとなり、自動運転の認識精度を満たすのは困難となる。このスパースな点群処理の領域には、多くの技術または学術的な課題が存在する。 これらの課題に応えるため、本研究ではカルマンフィルタ(Kalman Filter, KF)に基づくセンサフュージョンとクラスタリングの最適化手法を総合的に採用し、点群の密度とクラスタリングの精度の向上、およびシステムの安定性の確保を目的とする。このため、単眼カメラの画像データと点群データを組み合わせ、時系列に応じた可変クラスタリング閾値構造を導入し、点群トラッキングとの同時最適化を図ることで、点群データ処理の精度を向上させる新たな手法と応用を提案する。 本研究の内容は二つの部分に分かれる。初めに、低解像度 LiDAR を用いたスパース点群の補完であり、画像特徴点の 3D 再構成を通じてデータの品質を高める。次は、KF に基づく時系列フィルタリングの適用によるスパース点群の処理精度の向上を提案する。これらの手法により、自動運転システムのロバスト性と効率の向上を目指し、点群データの応用範囲拡大を図る。両方とも KF をモデルの中心として採用する。 スパース点群の補間では、単眼カメラを用いて、オプティカルフロー(Optical Flow, OF)で画像の特徴点とその動きの情報を抽出する。さらに、仮想濃度勾配(Virtual Gradient, VG)を提案し、OF からの特徴点を強化する。次に、KF を利用して、特徴点と投影点群をピクセルレベルで関連付ける手法を採用し、OF の観測値と LiDAR の観測値を統合する。このセンサフュージョンにより、観測データの有効活用とそのメリットを最大化する。異なる観測モデルでの LiDAR 情報の欠落などを考慮し、観測モデルのノイズモデルを構築し、システム状態の更新を複数観測モデルに基づいて行う。			

次に、点群処理の精度向上では、スパース点群のクラスタリングの問題、特にユークリッド距離に基づく従来のクラスタリング手法に対して、可変クラスタリング閾値構造を提案する。KF フレームワーク下で初期クラスタリングとその後のトラッキングを相互補完的に行い、OGM (Occupancy Grid Map) に基づく誤差評価モジュールと SAD (Sum of Absolute Difference) に基づく最適値選択手法を用いて、最適なクラスタリング閾値を動的に選択し、クラスタリング結果を最適化する。

これらの提案の主要な目的は、観測と予測の間の誤差を分析し、動的に誤差が最小のクラスタリング閾値を選択し、クラスタリングの結果を最適化することである。本研究で提案する 2 つの手法は、時系列フィルタリングにおける観測と更新のシステムを中心に展開され、提案手法の有効性とロバスト性の向上を目指し、スパース点群の改善や処理精度を強化する。

今後の予定と改善は、フュージョン点群システムで、仮想濃度勾配法においての悪天候下性能と誤検出へのロバスト性向上が必要で、検出手法のパラメータ調整、光照変化への対応、複数センサによる安定性向上、及び KF による点群時系列解析の精度と効率の両立が課題である。また、スパース点群密度化の目的は過剰な点群数増加を避け、後続のダウンサンプリングを不要にし、異なるシナリオに適した最適な点群数を定義することである。

さらに、可変閾値構造の調整や参照推定の再提案、新たな追跡手法の導入、異なる対象物特性への適応と高精度クラスタリングと効果的トラッキング実現が今後の目標であり、システムの適用範囲とロバスト性向上を目指す。