

論文審査の結果の要旨

氏名 吉田寛

本論文は、「物流追跡端末の低消費電力化に関する研究」と題し、全5章からなっている。物流における追跡管理システムにおいて、端末側における状態認識、具体的には端末の通信可能性と移動停止状態の判別及び端末側での判断によって、物流機器追跡端末の動作を効率化する研究をまとめた。

第1章「序論」では、物流追跡が必要とされる現状と、物流追跡を実現するセンサネットワークにおける課題を説明し、本論文で扱う研究の目的を明らかにした。

第2章「端末の基本検討と野生動物探査への応用」では、野生動物を対象とし、通信可能性を識別しつつ通信が不可能な場合はGPS位置情報を端末内部に蓄積し、必要な時期にまとめて伝送を行う、また加速度を計測し、固定的な閾値を用いて移動停止の判定を行う端末について検討を行った。設計した端末を実際に野生動物に取り付け、追跡を行うことで、本端末の実用性を評価することが出来た。加速度の取得を行うことは出来なかったが、これはベルトの固定方法がまずく、端末がずれて破壊されたためであると考えられる。野生動物追跡は、物流追跡と技術的な共通点が多く、かつ少数高額でも需要がある。このため、物流追跡の予備検討として本章の研究を行った。追跡端末における電源、通信、計測、制御ハードウェアの基本技術を確立した。

第3章「教師あり学習による物流機器の移動検出」では、PHSを用いた物流追跡システムの通信コスト低減、省電力化を目的に、振動により物流機器の移動停止を判定し、移動時のみ位置探査を行うアルゴリズムを考案した。まず、1軸の加速度からの判定を行った。次に、3軸の加速度から算出した加速度レベルによる判定を行った。判定閾値の学習中にはPHSにより1日1回計測される位置データにより実際の移動停止を確認し、停止時、移動時の加速度の最大値、最小値を逐次更新し、その平均値に閾値を設定した。本研究では、上記のアルゴリズムを実装した端末を作成し、実際の物流を想定して貴重品輸送パッケージに装着し、期待通りの動作を行うことを確認した。本章の方法は、振動分布を仮定しないため、任意の振動形態に対応できる。特に、移動、停止、アイドリングなど、複数ピークが存在する場合にも、移動停止を正しく判定できる。

第4章「教師なし学習による物流機器の移動検出」においては、第3章の手法の一層の低消費電力化のため、測位データを使わず、加速度のみで移動停止を判定出来、かつ加速度の分布において重なりが発生しても正しく閾値を判定出来る方法を検討した。このために、移動時と停止時の振幅の平均値からマハラノビス距離が等しい点を閾値とし、漸化式により閾値を繰り返し計算することで、最適な閾値を簡便に得る方法を考案した。シミュレーションにより、振動形態が変化する場合にも最適な閾値が設定されることを確認した。ま

た乗用車の振動に適用し、アイドリングを含む場合にも約88%の確率で移動停止が判定出来ることを示した。さらに、低消費電力化を目的とした端末の実装を行い、1日4回の計測の場合、想定した移動パターンにおいてPHSの消費電力を含めて平均0.5mWで動作可能な端末が実現出来ることを示した。

第5章「複数クラスタ時の移動停止振動閾値の自動設定」においては、複数の加速度分布のピークを持つ物流機器において、クラスタ境界を仮に与えて計算を繰り返すことで、最適なクラスタ境界を導き出す方法を提案し、実際に観測された加速度を用いて評価を行った。また、複数のクラスタが近接しクラスタ境界が重なっている時に、判定のために重要度が高いクラスタ数を算出する方法を提案し、シミュレーションと実データにより有効性を確認した。この方法では、前章までに提案した方法と異なり、逐次計算を行うことが出来ず、後から一括計算を行う必要がある。本手法の用途としては、コンテナや汎用容器における輸送手段ごとの所要時間の把握や、フォークリフトやターレットトラックなど荷役機械の稼働状態の記録が想定される。

以上のように、本論文は、物流機器の位置追跡端末の低消費電力化の手法について検討し、低消費電力化に向けた端末側における状態認識アルゴリズムを提案した。さらに提案したアルゴリズムについて端末を製作し検証した結果、実際の消費電力の削減効果を予測し効果を結論づけてある。

なお、本論文第3章、第4章、第5章は、川原靖弘、保坂寛、廣田輝直、川崎悟史、との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。