# 自律移動ロボット分散制御のための代表ノードを用いた無線通信負荷削減手法

河野 孝明† 野林 大起†† 池永 全志††
(† 九州工業大学大学院 工学府)
(†† 九州工業大学大学院 工学研究院)

## 1 はじめに

人手不足の解消や効率化のため，荷物搬送ロボット (Industrial Carrier Robot，ICR) が注目されている．ICR の制御方法として一般的には集中制御が用いられるが，サーバ設置およびインフラ整備コストの低減が求められる．一方で，ICR を分散制御すると，ICR 間で情報共有を行う必要があるため，通信量が増大し拡張性に影響を及ぼす [1]．そこで本研究では，ICR 自律分散制御のための通信量削減手法について検討する．

## 2 既存手法

ICR 自律分散制御のためには，ICR への搬送要求 (タスク) 情報のほか，ICR が移動中の場合も含めて常に最新の位置情報を共有する必要がある．そこで全 ICR 同士が情報を共有するための通信手段として，我々はこれまでに，ICR の全車両（以下ノードと記す）の中から代表ノードを選択し，代表ノードを中心として情報共有を行う無線通信負荷削減手法を提案した [2]．既存手法における情報共有の手順を以下に示す．(1) ノードは代表ノードに共有すべき情報を送信する．(2) 代表ノードは情報を集約する．(3) 代表ノードは集約した情報をユニキャスト (TCP) で全ノードへ送信する．しかし，既存手法は代表ノードが集約したデータを送る際に全ノードにユニキャストで送信するため，送信回数が多く，無線通信の負荷が増大することが課題であった．

## 3 提案手法

既存手法を改良し無線通信の負荷を削減するため，ここでは集約した情報を全ノードに配信する 2 つの手法を提案する．1 つめは代表ノードが集約した情報をブロードキャストで全ノードへ送信する手法で，提案手法 1 と定義する．既存手法では集約したデータを送る際の通信回数が問題であったため，提案手法 1 ではブロードキャストで一度に全ノードへデータ送信することで通信回数を削減する．しかし，ブロードキャスト送信はデータが未到達であっても再送されないため，信頼性が高くない．そこで，代表ノードが集約した情報をブロードキャストで全ノードに送信後，未到達のノードにユニキャストで再送する手法を提案し，提案手法 2 と定義する．提案手法 2 のシーケンス図を図 1 に示す．ここでは，B を代表とした場合における情報共有の手順を以下に示す．(1) ノードは代表ノードに共有すべき情報を送信する．(2) 代表ノードは情報を集約する．(3) 代表ノードは集約した情報をブロードキャストで全ノードへ送信する．(4) ブロードキャスト後，代表ノードはデータが未到達のノードにデータを再送する．これにより，無線通信負荷を削減するとともに確実な情報共有を目指す．

## 4 シミュレーションによる性能評価

提案手法の有効性を検証するため，ネットワークシミュレータ Scenargie を用いて評価した．100 m 四方の屋内における物品の搬送を想定し，外周四辺の通路をノードが走行する． ノードは 3 , 5, 11, 16 台とし，移動速度は 1 m/s とした．各ノードは既設の Wi-Fi AP を中継して他のノードと接続可能とし，AP は各通路の中央に設置した．各ノードは，移動要求となるパケットが到着してから搬送作業に必要なデータ交換を実施する．このとき，データサイズは 500Byte とした．比較手法として全通信をユニキャストで送信する unicast，全通信をブロードキャストで送信する broadcast，既存手法である previous を用いる．

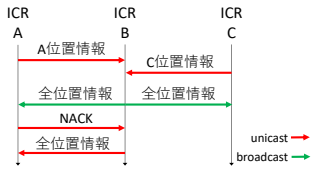

図 1: 提案手法の通信フロー

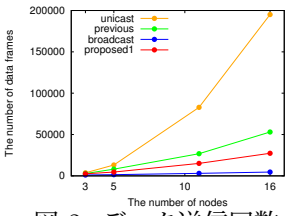

図 2: データ送信回数

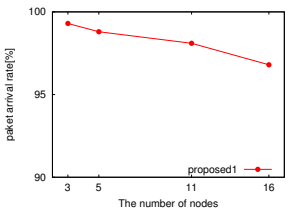

図 3: パケット到達率

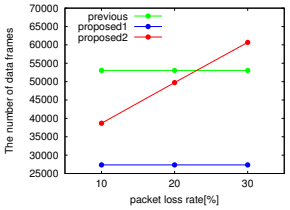

図 4: パケットロス率とデータ送信回数の関係

図 2 にノード台数を変化させた場合における提案手法 1 (proposed1) と各比較手法のデータ送信回数を示す．この結果より提案手法 1 は既存手法と比べてデータ送信回数を約 50%まで抑制できることが確認できた．ここで提案手法 1 のブロードキャスト送信（図 1 の全位置情報送信に該当）におけるパケット到達率を図 3 に示す．この結果より，提案手法 1 でのパケット到達率はノード台数が増加するに伴い低下することが確認できた．提案手法 1 だけではデータ送信回数を削減できてもデータ到達に対する信頼性が低下することが確認できた．

次に，提案手法 2 の検証を行った．ノード台数が 16 台の場合において，ブロードキャストパケットのロス率を意図的に 10%～30%まで変動させた場合のパケット到達率とデータ送信回数に着目した．今回の検証において，提案手法 2 のパケット到達率は，ブロードキャストパケットロス率の変化に関わらず，約 100%を達成できることが確認できた．一方で，データ送信回数を図 4 に示す．提案手法 2 (proposed2) の送信回数は再送を行うため提案手法 1 よりは大きいが，ロス率が 20%以下であれば既存手法より抑制できることが確認できた．図 3 におけるノード台数が 16 台の時のブロードキャスト区間のロス率が約 3 %であることから，提案手法 2 は既存手法と比べて送信回数を抑制しつつ，高いパケット到達率を実現できると考えられる．

## 5 まとめ

本研究では，自律移動ロボット分散制御の実現に向けた無線通信負荷削減手法を提案した．性能評価の結果より，提案手法が無線通信の負荷を削減可能であることを示した．

## 参考文献

[1] M. Ahmad, et al. ,“State-of-the-Art Clustering Schemes in Mobile Ad Hoc Networks: Objectives, Challenges, and Future Directions,” IEEE Access，Vol.7，pp.17067-17081，January 2019
[2] 河野 孝明，他，“自律移動ロボット分散制御のための無線通信負荷削減手法に関する研究,” 信学ソ大，2020 年 9 月