

複数台ロボットの総電力削減手法に向けたシミュレーション評価

寒竹俊之†1 中野美由紀†2 菅谷みどり†1

概要: 近年、災害や飲食業などの現場で、複数台ロボットサービスの活用が検討されているが、その省電力化については、十分議論が行われていない。ロボットは同型の場合でも、サービスやハードウェアにより消費電力の個体差が大きい。その個体差によっては運用したシステム全体の総電力が増加することから、まとめて管理し、適切に運用すれば総電力をより削減することが可能である。本研究では、複数台ロボットの省電力化手法を提案する。具体的には、個体毎のバッテリー消費の差異を個体差とし、その値を基に電力予測式を構築し、式により算出された予測値をもとにロボットの動作を入れ替えることで全体の電力を削減する。提案手法を元にシミュレータを開発し、複数のパラメータセットで確認したところ、動作させるロボット台数の増加につれ、全体の電力の削減量も増加することを確認した。

キーワード: ロボット、ログデータ、タスク分散処理

1. はじめに

近年、ロボットの活躍の場が製造業からサービス業へと広がりつつあり、より身近なものとなってきている[1]。様々な分野で人サービスロボットの活躍が期待されており、ロボット市場は今後拡大すると予想されている。

サービスロボットに作業効率が求められる場合、複数台で行うことが合理的である。我々は複数台のロボットを利用するサービス提供者が電力効率を把握、管理することで消費電力を削減することができるのではないかと考えた。

電力削減に関する研究は、DVFS(Dynamic Voltage and Frequency Scaling)[2]や、PWM(Pulse Width Modulation)など様々行われている。これらの削減手法は、主にハードウェアに実装されることは効果的であるが、管理目的で利用することは困難である。また、タスクスケジューリング手法などの省電力手法も数多くなされている[3]が、出荷後のロボットの動作特性に合わせて電力量を削減する手法については、まだ十分に議論されていない。そこで本研究では、複数のロボットの総電力の削減手法を提案する。我々は、複数台ロボットを動作させる予備実験を通じて[4]、ロボット使用場所や提供するサービス状況により、ロボットが消費する電力に差がつくことを明らかにしてきた。こうした差は、実際の現場での稼働の程度により左右される。

我々は、本認識をもとにロボットの稼働状況のログから、個々のロボットの消費電力予測式を構築し、その式に基づき、稼働状況にあたる定数を変更し、最適配置の組み合わせを行うことで、動作時の稼働状況に応じたサービス全体の電力を最小にする配置を実現するものとした。上記の提案手法の稼働状況にあたる定数を変更までをシミュレータとして実装し、提案手法を適応した場合の全体の消費電力は、適応していない場合に比べ、削減されていることが確認できた。具体的にはロボットの台数が2倍になると、消費電力の削減量が2倍となり、提案手法の有効性が示された。

2. 消費電力予測式とシミュレータ

2.1 予測式

まずロボット1台ごとに動作(50cm移動など)の消費電力(MC_x)[%]は予測式(1)を用いて消費電力を予測する。

$$MC_x = CPD_x^V \times D_y + CPS_x^V \times S_y \cdot \cdot \cdot (1)$$

予測式(1)は、ある個体(x)、ある速度(V)の距離当たりの消費電力(CPD_x^V)[%]と動作毎の累計移動距離(D_y)[cm]の積に1回当たりの停止からの動作による消費電力(CPS_x^V)[%]とある動作内の停止回数(S_y)の積を加えることでその動作の消費電力を予測する。

次に総電力(MC_{all})は予測式(2)を用いて消費電力を予測する。

$$MC_{all} = \sum_i^x MC_i \cdot \cdot \cdot (2)$$

予測式(2)はある個体(i)の消費電力(MC_i)の総量を求めることで総電力を予測する。

2.2 システム概要

図1は消費電力予測式を用いて作成したシミュレータの概要図である。

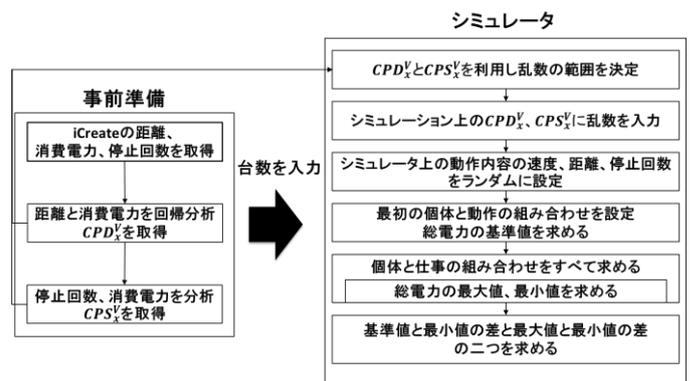


図1 シミュレータ概要図

有効性の確認のために以下の2つの組み合わせの差を求めた。

- ① 総電力が最大値になる場合の組み合わせの総電力(最

†1 芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology
†2 産業技術大学院大学

大値)と総電力が最小値の場合の組み合わせの総電力(最小値)の差分

- ② 入れ替え処理を行う前の組み合わせの総電力(基準値)と総電力が最小値の場合の組み合わせの総電力の差分

①について、提案手法により削減可能な総電力を検証するために、個体と動作の組み合わせが最悪となった場合も検証する必要がある。また、組み合わせが最悪の場合だけではなく通常の組み合わせでの削減量も検証の必要があるため②の検証も行った。

3. シミュレータ評価

3.1 評価内容

実際に動作させたデータを元に、シミュレーションを行う。シミュレータ上のそれぞれの値の乱数の範囲は以下の表1のとおりである。

表1 シミュレーションの乱数の範囲

個体数	速度[cm/s]	距離[cm]	停止回数
5~11	5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20	5000~10000	300~800

提案手法を適用し、各xの値で100回行い、個体数xを変化させることで個体数の増減による総電力の削減量の変化を確認し提案手法が有効かどうかを評価する。また、シミュレータ自体の評価として、処理時間の計測を行った。

3.2 実験結果

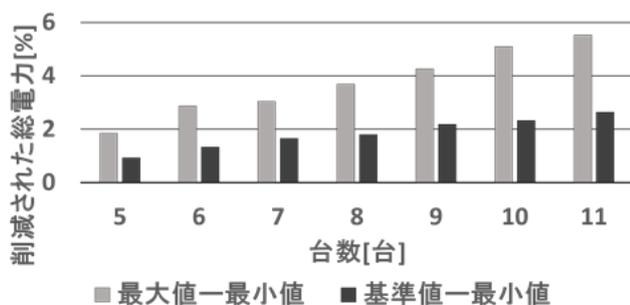


図2 シミュレーションの結果

結果を図2に示した。縦軸が削減された総電力であり、横軸が個体の台数である。最大削減可能総電力は総電力の最大値と最小値の差分であり、個体毎の消費電力の変化を考慮していなかった場合で個体と動作の組み合わせが最悪の時にどのくらい削減可能かを示している。削減された総電力は最初の組み合わせの総電力である基準値と最小値の差異を示している。両方の値も、台数が5台の時と比べて11台の時は2倍以上削減された総電力が上昇しており、この結果から、提案手法である個体差を考慮し動作を入れ替える手法では台数が増加するにつれて総電力がより削減できることが確認できた。

次に、シミュレータの処理時間を図3、図4に示す。

縦軸が処理時間(秒)、横軸がシミュレーションした台数を指す。

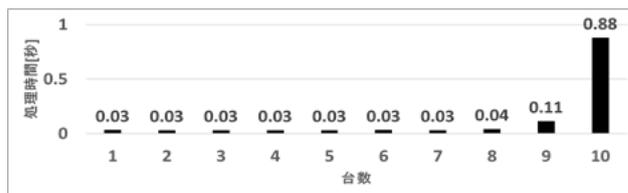


図3 処理時間 (1台~10台)



図4 処理時間 (11台から13台)

シミュレータでは設定された個体と動作の組み合わせを総当たりし総電力の最小の値を求め、結果、処理時間が10台以上から増大する現象が確認された。また、現状では現実の動作に近い1動作内で複数の速度で移動するなどの動作は実施していない。

4. まとめ

本研究では、総電力の削減の手法としてロボットの動作に使用する消費電力の差異を考慮して動作を入れ替えるという手法を提案し、その有効性はシミュレータ上で確認した。現在はシミュレータ上の評価のみのため、実際のサービスにおいて適応した場合に近い状態での有効性を確認する必要がある。また、前述したシミュレータ自体の課題も解決し、実際の動作に近いシミュレーションが可能のように改善することに加え、処理時間を減らし、より多くの台数で検証ができるようにする必要がある。

参考文献

- [1] 経済産業省. ロボット新戦略. 平成27年度版. 2015. <http://www.meti.go.jp/press/2014/01/20150123004/20150123004b.pdf> (参照 2017-06-30)
- [2] 高須雅義, 上田陸平, 藤井啓, 千代浩之, 松谷宏紀, 山崎信行. “組込みプロセッサにおける省電力機構の実機評価”, 組込みシステムシンポジウム 2012, 2012, p.79-p.86
- [3] 仲川幸子, 成田雅彦, 土屋陽介, 加藤由花. “クラウドロボティクスにおけるロボットの消費電力を考慮したタスク分散処理”. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM O2013)シンポジウム. 2013. p.3-p.10
- [4] 清水航平, 中山悟, 菅谷みどり, 複数台の分散移動ロボットの動作と電力消費特性に基づく管理手法の提案, 情報処理学会第78回全国大会, 2015.