

複数台ロボットの総電力削減手法に向けた削減システムの提案

寒竹俊之¹

菅谷みどり¹

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。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。ロボットや組込みシステムに関する電力削減に関する研究は、DVFS(Dynamic Voltage and Frequency Scaling)[1]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。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した[2]。我々は、複数台ロボットを動作させる予備実験を通じて[3]、経年劣化などの影響によりハードウェアによる影響(ハードウェアの個体差)と稼働状況の差(動作の個体差)により消費電力に影響が出ると把握できた。我々は、本認識をもとにロボットの動作のログから、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、最適な動作を割り当てることで、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この解決法として、本研究では、ロボットに割り振る動作の消費電力への影響とロボットの動作効率を消費電力予測式の変数を用いて数値化し、消費電力の影響が高い動作から、動作効率が高いロボットに割り振る手法を提案し、評価を行ったシミュレータによって検証した結果、本手法は適応させるロボットの数の増大につれて削減効果が上昇するということが示唆された。

2. 消費電力予測式と提案システム

2.1 消費電力予測式

ハードウェアの個体差を表現する変数が $CPD_x^V \cdot CPS_x^V$ であり、動作の個体差を表現する変数は $D_y \cdot S_y$ である。また、動作効率の良さは $CPD_x^V \cdot CPS_x^V$ で表現している。

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

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]の積に停止状態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。

予測式の変数 $CPD_x^V \cdot CPS_x^V$ は重回帰分析用いて求めた。目的変数をバッテリー消費・説明変数を移動距離と停止回数とし、それぞれの係数を $CPD_x^V \cdot CPS_x^V$ とすることで求めた。

2.2 提案システム

以下の図1に削減システムの概要を示す。

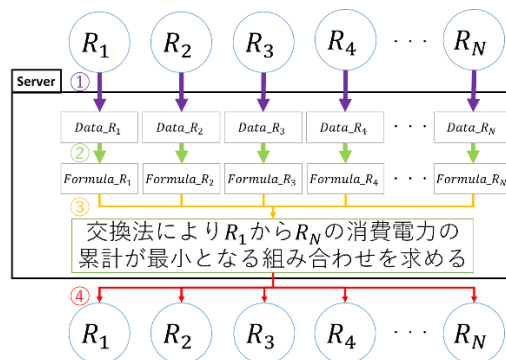


図1 削減システムの概要

- ① ロボットのログデータをサーバに送信
- ② ログデータを用いて各ロボットの消費電力予測式を構築
- ③ 構築した消費電力予測式から交換法により、各ロボットの消費電力の累計が最小となるロ

¹ 芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology

ロボットと動作の組み合わせを算出

- ④ 算出したロボットと動作の組み合わせをロボットに割り当てる

2.3 交換法

交換法として2つの手法を考案し、検証を行った。

- A) ロボットの動作効率を表現する $CPD_x^V \cdot CPS_x^V$ を昇順にソートした物と、 $D_y \cdot S_y$ を降順にソートした物を順々に組み合わせる物を最適な組み合わせとする手法この手法では、 CPD_x^V を昇順にソートした物には D_y を降順にソートした物を組み合わせる。同様に CPS_x^V を昇順にソートした場合には S_y を降順にソートした物を組み合わせる。
- B) 全てのロボットと動作の組み合わせを算出する。次にその中から各ロボットに動作を割り当てた時の消費電力の累計が最小となるロボットと動作の組み合わせを最適な組み合わせとする手法

3. シミュレータ

$D_y \cdot S_y$ の数値を動作の消費電力への影響の高さとして、評価を行った。評価基準として以下の値を用いた(式2)。

$$PRR_{max} = \frac{\text{最大値} - \text{最小値}}{\text{最大値}} * 100 \dots (2)$$

最大値及び最小値は交換法 A と B で算出方法が異なるため、以下に記載する。

- A) 最大値： $CPD_x^V(CPS_x^V)$ と $D_y(S_y)$ を降順に組み合わせ各ロボットの消費電力の累計を求めた値
最小値： $CPD_x^V(CPS_x^V)$ を降順に並べ、 $D_y(S_y)$ を昇順に組み合わせ、各ロボットの消費電力の累計を求めた値
- B) 最大値(最小値)：全ての $CPD_x^V \cdot CPS_x^V$ と $D_y \cdot S_y$ の組み合わせの中から、各ロボットの消費電力の累計が最大(最小)となる値

4. シミュレータ評価

削減率を比較した図を以下に示す(図2)。

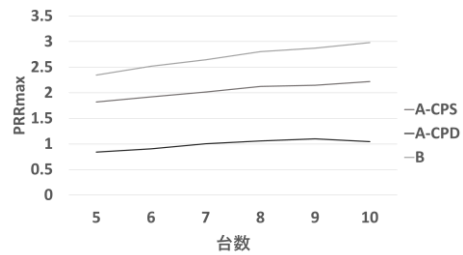


図2 PRRmaxの比較

図2は縦軸が最大値に対して、最小値が何%削減されているかを示しており、横軸がシミュレートにおいて設定した台数である。A-CPSは、式(1)の変数の CPS_x^V を手法Aで適用して求めた値を示している。A-CPDも同様である。それぞれを比較すると、手法Bが最も削減率が大きく、手法AをA-CPDで適応させたときの削減率が最も少ない。また、手法Aで求めた値のA-CPS、A-CPDはそれぞれ値が異なることが確認できる。

5. 考察

手法Aで求めた値がソートする変数によって異なる要因としては、変数の消費電力の影響の大きさだと考えられる。このシミュレータでは、実際のロボットを用いた実験[3]によって得たデータを使って乱数を設定している。このことが原因で CPS_x^V の値は CPD_x^V よりも大きく変動するように設定されている。そのため、 CPS_x^V をソートしたときはその影響の大きさから削減率が上昇したと考えられる。

6. まとめ

二つの手法のシミュレータ上で検証を行った結果、双方削減効果があることが示唆された。今後は、複数の項目の影響を考慮し、動作の消費電力の影響を評価できる値を考案し再度評価を行いたい。

参考文献

- [1] 高須雅義ほか，“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.
- [2] 寒竹俊之ほか，“複数台の移動ロボットのバッテリー残量を考慮した総電力削減手法”，組込みシステムシンポジウム2017, 2017
- [3] 清水航平ほか，“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..