モバイルロボット群向け協調プランニングシステムの研究

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報システム学専攻
加藤 雄三, DEFAGO Xavier

本稿では，モバイルロボット群における仕事の効率化を目的としたロボットの割振り，及び，仕事順の決定を行うプランニングを行うための手法について述べる．仕事順を先に決定してからロボット割振りを行う方法と，ロボットの割振りを行ってから仕事順を決定する方法が考えられるが，後者による手法を提案する．仕事の先読みによるロボットの割振り，仕事間の依存関係による割振り，ロボットとの相性を考慮した割振り手法を提案する．

1 はじめに

近年，モバイルロボットを仕事で使用することが拡大・多用化している。そして，仕事には，ロボット１台では不可能な仕事というものが存在する．そのため，群ロボットで仕事を行わせる必要が出てくる．群ロボットで仕事を行わせるには協調動作が重要となる．協調動作の１つの要素として仕事を正しく管理することが上げられる．仕事が正しく管理できなければ，モバイルロボット間での仕事の競合が生じ，多数のモバイルロボットを有するにも関わらず非効率的な作業を行ってしまうという問題が出てくる．

本研究では，効率よく仕事を行うことで，よい強調動作を行っているものと考る．効率的に作業を行うことを目的とし，モバイルロボット群向け協調プランニングシステムの提案をする．

2 仕事順序決定優先プランニング

群ロボットにおける仕事管理の従来手法として，機器の移動経路を求め，機器に対してロボットを割り振る方法 [1]，各ロボットに他のロボットが今後実行するプランのモデルを持たせ，それを基にプランを作成しネゴシエーションを通じ、プランのモデルを更新する方法 [2] などが存在する．
これらの手法は，仕事を行ううえで，与えられた仕事に対して一定の基準にもとづき仕事の優先度の調整を行い，仕事を行う順所を決定することでロボット割振りを決定しようとする [1]．その結果，優先度の低い仕事に対してのロボットの割振りが行われなくなり効率的なロボットの割振りを行うことが出来る．

しかし，ロボットの台数より仕事の数が多く，すべて仕事の優先度が同じ値になるような場合，仕事の順序付けが出来ず，ロボットを割振りが曖昧になる．よって，ランダムで仕事を割振ることになる．このように，仕事の順序決定を優先したロボットの割振りでは，確実に協調させることは難しい．

3 割振り優先プランニング

本研究では，ロボット割振りを優先した仕事の順序決定する方法を適用する．仕事に対してのロボット割振りを，様々な要因によって決定，変更する事により，ロボットが行う仕事の順序を限定し，効率的な仕事の順序を決定する．それを実現するために以下の要素を提案する．

3.1 前提条件

前提条件として，各ロボットは，各々が位置情報を持っており，すべてのロボットがこれを共有しているものと仮定する．これにより，自分以外のロボットと仕事の距離を測ることができ，ロボットを割振ることが容易になる．

3.2 割振りを変化させる要因

ロボットの割振りを変化させる要因として

- 仕事の距離
- 仕事とロボット間の距離
- 仕事間の依存関係
- ロボットと仕事の相性
- 仕事の期限

がある．これら要因により割振りが変化する．

3.3 割振り優先の順序決定手法

3.3.1 初期移動距離の計算

全仕事の初期位置に対し，各ロボットの初期位置からの距離を計算．最も距離が短いものを探索し，決定する．この方法は最も簡単な方法であり，何も条件がなく，ロボットの数と仕事の数が同数，または，ロボット数が仕事数を上回るとき，この方法をとる事でロボットの割振り，仕事の順序を容易に決定できる．

3.3.2 仕事ー仕事間の距離を計算

仕事の数がロボットの数を上回るときこの方法をとる．仕事の終了位置と次の仕事の開始位置の距離を計算し，すべての仕事に対して，初期移動距離との和が最短のもの探索し，決定する．

この方法をとることで，必然的に次の仕事へのロボットの割振りを決定することが出来る．また，仕事の距離，仕事とロボット間の距離による割振りの変更を可能としている．

3.3.3 仕事間の依存関係を考慮した割振り

仕事間の依存関係を考えた割振りを行う方法のうち最も簡単な方法として，依存関係のある仕事を1セットとして1台のロボットで行わせる方法が挙げられる．この方法をとることで，依存関係のある仕事に割り振られなかったロボットは3.3.2節までの方法で仕事を選択，決定することが出来る．

しかし，依存関係のある仕事において，仕事間の距離が長いとき，1台のロボットで仕事を行わせると逆に非効率になってしまうことがある．そのため，前の仕事が終わる時間に合わせて，もう1台のロボットが，次の仕事を行えるようにロボットを割振る事を考えなければならないが，この場合，各ロボットが同期している必要がある．

3.3.4 ロボットと仕事の相性による割振り

ロボットと仕事の相性が存在する場合は，仕事を行うことが出来るロボットを割振る．仕事とロボットの距離が離れていても仕事が出来るロボットが1台しかないのなら，そのロボットに仕事を行わせなければならない．この場合，この仕事がボトルネックとなる．

3.3.5 仕事の期限による割振り

仕事の期限がある場合，ロボットと仕事までの初期移動距離を計算し，移動距離から時間を計算し，仕事を終わらせるまでに必要な時間を計算する．他の仕事に必要な時間，他の仕事からの移動時間の和も計算し，期限付きの仕事を期限内に終わらせることが出来るように割振りと順序を決定する．割振りには3.3.2節までの方法をとる．時間の概念を追加してやることで割振りの変更を行うことが出来る．最短で仕事を行っても期限に間に合わない場合は，期限の変更を求めるか，その仕事を行わないこととする．

以上の方法で割振り及び順序の決定を行う．　これにより，割振り方法の変更を行うことなく効率のよい割振りと仕事順を計算することができる．

しかし，仕事の先読みをし、全パターンの距離を計算し，総移動距離を求めるので，仕事の数が多くなると計算に時間を必要とする．そのため，計算時間と実行時間のトレードオフとなる．

4 まとめ

今回は，モバイルロボット群向け協調プランニングシステムの手法として，仕事の順序を重視しロボット割振りをする方法ではなく，ロボットの割振りを重視した仕事の順序決定をする方法を提案した．また，今回は触れてはいないが，更なる問題として，複数台でプランニングを行ううえで発生する通信遅延についても今後検討していかなければならない．

参考文献

[1] 小野智司，浜田佳延，水野一徳，西原清一，中山茂．”資源割当てを伴う複数経路探索における対話的制約充足”．2005，日本計算工学会

[2] 安西祐一郎，伊藤嘉邦．”自律移動ロボットのための協調タスクプランニング” 1992，電子情報通信学会論文誌