1019 タイムウィンドウに基づく複数 AGV のハイブリッド型運行管理

Time Windows Based Hybrid Transport Management for Multiple AGVs

山口 聡史 (広島大) 正 江口 透 (広島大)

正 村山 長 (広島大) 正 大場 史憲 (広島大)

Satoshi YAMAGUCHI, Hiroshima University, 1-4-1 Kagamiyama Higashi-Hiroshima 739-8527

Toru EGUCHI, Graduate school of Engineering, Hiroshima University

Takeshi MURAYAMA Faculty of Dentistry, Hiroshima University

Fuminori Ooba, Graduate school of Engineering, Hiroshima University

1. はじめに

本研究では、ジョブショップ型の動的生産環境における複数 AGV の効率的な運行管理方策を検討する。動的環境では、処理されるジョブ (部品) が断続的にショップに投入され、それらジョブの情報が将来に渡って全て既知ではなく、また生産現場ではさまざまな不測の事態が発生するため、事前に最適なスケジュールを決定しておいてそれをそのまま実行する事は困難である。そこで本研究では、AGV への搬送要求が発生した時に、リアルタイムに逐次その走行経路を決定する方法を検討する。このような条件の下で、効率的な最短経路探索をしながら、なおかつ、AGV の故障や非常停止などの突発的な事象への柔軟な対応が可能な搬送経路決定法として、ハイブリッド型経路探索法が提案されている¹⁾。これは、ホストコンピュータ (HC) によるタイムウィンドウを用いた集中管理と、AGV の自律走行を混合した経路決定法である。本報告では、ジョブショップ型の生産環境を想定した現実に近い実験モデルを用いて複数 AGV の運行管理実験を行い、このハイブリッド型運行管理方策の有効性を検証する。

2. ハイブリッド型経路探索法

本研究では、Fig.1 に示すような交差点やワークセンタなどのノードとそれらを繋ぐレーンによってモデル化された走行経路を想定する。ノードには同時に一台の AGV しか進入できない。レーンは双方向経路であるが、一車線であり、二つの AGV がすれ違ったり追い越したりすることは出来ない。HC によって搬送 AGV の選択や搬送ジョブの選択が行われ、AGV 一台ずつの経路計画が行われる。以下に HC による集中型経路探索法、各 AGV が自律的に進行ノードを逐次決定する自律型経路探索法、それらをミックスしたハイブリッド型探索法を順次述べる。

2.1 タイムウィンドウによる集中型経路探索

“あるノードに存在するジョブを、別のあるノードへ搬送せよ” という搬送要求があると、HC は各ノードが保持する TW (タイムウィンドウ: AGV の入出時刻を記録したタイムテーブル) を確認しながら、他の AGV と衝突することなく最短時間で搬送を完了する経路を探索し、その経路上のノードに入出時刻を予約する。経路探索は、Dijkstra 法を用いる Kim ら²⁾の方法によって行う。この方法は、走行中の AGV の経路は変更しないという制約の下で、レーン上での速度調整などを含む最短時間到着経路探索を高速に行うことが出来る。

ただし Kim らの方法では、次の搬送要求がいつ来るか分からない状況では、目的のノードを永久に予約し続けるようになっている。これではそのノードがブロック状態になるため、動的環境での適用に問題がある。そこで本研究では、新たな搬送要求を受けるたびに

Fig.1 An example of shop layout

取りあえず現在位置から出発し待機場に戻るまでの経路を TW に予約するものとする。ただし、待機場に帰還中のノードでも搬送指令を受けることができるとし、その場合は、そのノードから待機場までの TW の予約をキャンセルする。

2.2 自律型経路探索

自律型経路探索法では、各 AGV は他の AGV と通信することなく、レイアウトマップを用いて次に移動すべきノードを独自に決定する。ただし、隣接するノードの利用可能状況については知ることができるものとし、予約されていない利用可能な隣接ノードの中で、他の AGV を考慮せずに計算された最短経路上のノードへ移動する。AGV は、ノードを移動する度にこれを繰り返すことで、最終的に目的地に到着する。移動可能なノードが存在しない場合にはそのノードで待機する。

2.3 ハイブリッド型経路探索

ハイブリッド型経路探索では、走行経路は基本的には TW に基づいて HC で決定される。ただし、TW に基づく予約は現在地からジョブの目的ノードまでとし、目的ノードに到着後、その時点で新たに次の予約を試みる。これによって集中型経路探索法における待機場までの退避行動による TW の混雑が緩和され、動的環境における搬送効率の向上が期待できる。しかし、この方法では目的ノード到着後に次の目的地への経路が存在しない場合が起こり得る。これを AGV のブロッキングと呼び、以下のような手順で解除する。なお、各レーンは通常は一車線双方向通路であるが、ブロッキング回避のため、予め決められた方向のデッドロックフリーな一方通行に一時的に固定される。

Step1 AGV は次の進行ノードに予定時間を過ぎてもある一定時間以上進入できず、自己の進行方向が予め決められた一方通行方向と逆方向の場合、ブロッキングが発生していると判断する。

Step2 ブロッキングを検出した AGV は、その AGV はそのレーンを一方通行とするように HC に連絡し、自律型経路探索法によ

Fig.2 Configuration of experimental system

Fig.4 Experimental Result

処理状況を保有している。

3.2 生産系システム

PSは、ショップ内に到着したジョブを置いておくロードステーション (LS: Load Station)、搬入されたジョブの処理されたジョブの処理を行うワークステーション (WS: Work Station)、ショップ外に搬出するジョブを置いておくアンロードステーション (US: Unload Station) によって構成され、各設備は通信を行いながら仮想的に生産活動を実現する。

3.3 搬送系システム

TSは、ジョブを設備から設備へ搬送する複数のAGVとAGVの運行管理をするAGVホストコンピュータ (HC) から構成される。HCは生産系から搬送要求を受けると搬送ジョブの選択やAGVの選択を行う。また、タイムウインドを管理しAGVの経路計画を行うとともに、各ノードへのAGVの進入を管理する。各AGVとは無線により通信可能である。

4. 実験

Fig.1に示したショップに断続的にジョブ20個 (1~4工程/ジョブ) が投入される状況を想定した生産および運行管理実験を行った。AGV台数は4台である。複数の遊休AGVがあるときのAGV選択は、搬送ジョブまでの距離が最も近いものを選ぶルールによって行った。Fig.4にAGVの走行における回り道の程度 (DR) を示す。DRは次式で定義される。

$$DR(\%) = \{(\text{移動距離}) - (\text{最短距離})\} / (\text{最短距離}) \times 100$$
ここの移動距離は実際に搬送指令を受けたAGVが移動した距離であり、最短距離は他のAGVの存在を無視して計算される最短距離である。

Fig.4には経路全てを常に一方通行とした場合の結果も示している。この結果からハイブリッド型経路探索法は一方通行、集中型経路探索法と比べて走行効率が改善されていることが分かる。

5. 結言

本報告では生産設備、各AGVに1台ずつコンピュータを割り付けたより現実に近い実験モデルを用いて実験を行い、ハイブリッド型経路探索法の有効性を検証した。

参考文献

- 1) Toru Eguchi, Fuminori Oba, Takashi Terao, A Time Window Based Hybrid Routing Strategy for a Multiple AGV System, INTELLIGENT AUTONOMOUS VEHICLES 2001, pp.143-148 (2001)
- 2) Kim, Tanchoco: Conflict-free shortest-time bi-directional AGV routing, INTJ.PROD.RES, Vol.29, No.12, pp.2377-2391(1991)

Fig.3 Overview of experimental system

って近隣のノードに移動する。

Step3 AGVは隣接可能ノードに到着したら、HCに経路探索を依頼する。レーンの一方通行はそのAGVが目的ノードについたときに解除される。

また、障害物などの突発的な事象への対応も同様の手順で行う。すなわち、何らかの原因でTWを予約できない時や、予約TW通りに走行できない場合にはAGVが自律型経路探索法に切替え、隣接ノードへの移動あるいはその場での待機を試みた後、再びHCに経路探索を要求する。

3. 実験システム構成

本研究では、生産設備、各AGVに1台ずつコンピュータを割り付けた実際の生産現場に近い実験システムを用いて運行管理実験を行うことで、搬送の遅れや通信のタイムラグによる計画とのズレ、障害物などの現実の環境における提案手法の実用性を示す。本研究で扱うシステムは、生産系システム (PS: Production System)、搬送系システム (TS: Transport System)、管理系システム (MES) によって構成され、各システムはネットワークによって結合されている (Fig.2,3)、以下に各実験システムの詳細について説明する。

3.1 管理系システム

MESは生産系のスケジューラおよびスケジュール・実績等を保有するデータベースにより構成される。スケジューラはシミュレーションベースの優先規則を用いたスケジューリングを行うことが出来る。データベースでは、ジョブ情報・スケジューラによって作成されたスケジュール情報・搬入ジョブの処理進捗状況・各設備の