

エージェント技術を用いた物流システム運用における 5G-4 荷物間の交渉について

長瀬 哲洋 小林 真紀子* 小林 真也 山田 宏之
愛媛大学

1 はじめに

現在の物流システムでは、荷物の宛先や配達期限に応じて配送経路が一意に決定されている。しかし、荷物の量は日々変動し予測が難しく、輸送システムには余裕を持たせておく必要があり、積載率が低いのが現状である。また、積載率を上げるために余裕を減らした場合には、変動に対する適応性が低くなり、想定を超える突発的な荷物量の増大に対処できず、配達期限に間に合わない荷物が出ることになる。さらに、配送拠点に集められる荷物は宛先や配達期限までの時間もそれぞれ違い、配送拠点にてそれらの多様な要求を満たす配送計画を立てることは困難である。

そこでこれらの問題に対し、荷物に判断機能を付加することによりエージェントとし、荷物自身に自律的に配送経路の決定や競合の解消を行わせることを提案する。

2 物流システム

物流システムとは荷物・輸送システム・配送拠点の3つの要素から構成されている。顧客から投入される荷物を指定された配達先・期限に従い、配送拠点間を結ぶ輸送システムでの運搬によって運ぶものである。

物流システムの目標は、集配された荷物を指定された配達期限内にできるだけ多く届けることである。また、期限に間に合わない場合でも、出来る限り遅れる時間を短くすることを目指す。

3 エージェントモデルの適用

本研究では、物流システムの目的を実現する方法として、エージェント技術を用いる。そのために、ノードと枝で構成される一般的なネットワーク上を、エージェントが移動するモデルを考える。このモデルでは、エージェントは自ら経路を選択し、エージェント間で競合の解消を行いながら目的とするノードを目指す。

このモデルを物流システムに適用し、荷物に判断機能を付加しエージェントとすることで、配送経路の決定や競合の解消を荷物自身に行わせることを実現する。また、本研究ではこのエージェントをMO(Mobile Object)と呼ぶ。

呼ぶ。

4 MOの移動アルゴリズム

MOのノードへの投入時や到着時の行動判断は、図1に示す手順で行う。本研究で提案するMOの移動アルゴリズムの特徴は、動的経路選択と交渉の2点である。

動的経路選択は、ネットワークの状態が変化した際に、現在選択している経路をエージェント自身が変更することにより、状況の変化に適応させることを目的とする。

交渉は、期限に間に合わないMOを減らすことを目的とし、輸送便をめぐる競合が起こり待ち行列が発生した場合に、待ち行列中の並び位置をMO間で交換することにより、待ち時間を短縮する。

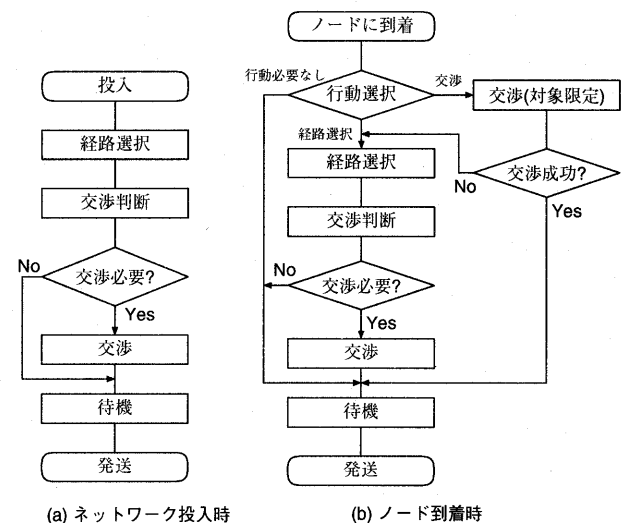


図1: MOの行動手順

5 交渉

5.1 余裕度

交渉を行うかどうかの判断や交渉を受けた際の可否判断は、時間的余裕を数値化して表した余裕度 R を用いて行う。余裕度 R は以下の式で求めるものとする。

$$R = \begin{cases} \frac{T_{rem}}{\tilde{T}_{est}} & (T_{rem} > 0) \\ 0 & (T_{rem} \leq 0) \end{cases}$$

T_{rem} は配達期限までの残り時間、 \tilde{T}_{est} は現在選択している枝の全て待ち行列の最後尾に並んだ場合の予想

Inter-agent Negotiation for Physical Distribution System With Agents

Akihiro Nagase, Makiko Kobayashi, Shin-ya Kobayashi and Hiroyuki Yamada
Ehime University

*現在、メイテック勤務

所要時間である。なお、経路 $P = (e_1, e_2, \dots, e_k)$ の予想所要時間 \tilde{T}_{est} は次式により求められる。

$$\tilde{T}_{est} = \sum_{i=1}^k (d_i + \tilde{w}_i)$$

$$\tilde{w}_i = n \sum \left(\frac{I_i^2}{2T_i} \right)$$

ただし、 d_i は枝 e_i の移動時間、 w_i は e_i の待ち行列において予想される待ち時間、 n は現在時刻から何番目に出発する便で発送されるか、 T_i, I_i がそれぞれ枝 e_i の便の周期と周期中の出発間隔を示す。

5.2 交渉手順

現在選択中の枝の便 f で、現在時刻から数えて i 番目に出発する便を f_i とし、便 f_i に乗った場合の余裕度を R_{f_i} とする。

待ち行列の最後尾に並んだ際の余裕度 R を求め、 $R \geq 1$ であればそのまま最後尾に並ぶ。そうでない場合には、待ち行列中の MO に交渉を行う。

交渉を受けた MO は、並び位置の交換後に乗る便 f_i に乗った場合の余裕度 R_{f_i} を求め、 $R_{f_i} \geq 1$ であれば交換を承諾し、並び位置の交換を行う。交渉に成功した MO は、交換後の便 f_j での余裕度 R_{f_j} を求め、 $R_{f_j} < 1$ であれば再度交渉を行う。これは、並び位置が変わったことで以前に交渉を拒否された MO に承諾される可能性があるからである。現在予定している便より早く出発する便の全ての MO に交渉を拒否された場合には終了する。

6 評価

交渉を行うことにより、期限に間に合わない荷物数が減少することを示すためにシミュレーションを行った。

6.1 条件

ネットワークは、ノードに 6 本の枝が対称的に接続されている 6 方向メッシュ(図 2) から全体の 3 分の 1 の枝をランダムに落したものとする。ノード数は 1600、枝を移動するために必要な時間は 9[unit time]、MO のサイズは 1 とし、便は周期的にノードを出発し、その周期は 20[unit time]、容量は 5 とする。ノードの接続情報の更新間隔は 50[unit time] とする。また、ネットワーク投入時に全探索により経路を選択し、再経路選択は行わないとする。

以上の条件でネットワークに 10000 個の MO を投入し、ネットワークの負荷(単位時間あたりの投入 MO 数)を変化させた際の期限に遅れた MO の割合を、2000 個目から 8000 個目までの MO に対して測定した。また、ネットワーク中に 6 つのノードをランダムに設定し、MO は投入ノードと終着ノードをランダムに決定する際に 2 割の確率でこの 6 ノードから、残りの 8 割の確率で他のノードから選ばれるとした。これにより特定のノードへの集中を発生させている。

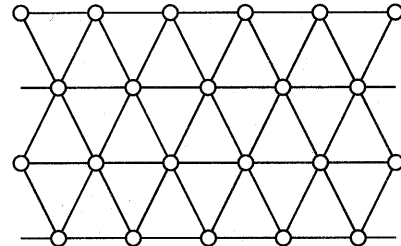


図 2: 6 方向メッシュ

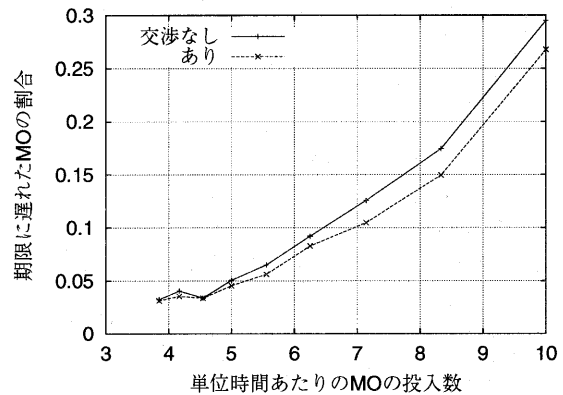


図 3: シミュレーション結果

6.2 結果と検討

シミュレーションの結果は図 3 のようになった。ネットワークの負荷がどのような場合にも、交渉を行った方が期限に遅れた MO の割合は小さくなっている。負荷が高い場合には、交渉を行わない場合と比較して期限に間に合う MO が 3% 程度増えている。また、負荷が低い場合には、交渉を行わない場合とほとんど変わらない結果となっているが、これは待ち行列が短く交渉相手が少ないためと考えられる。

以上のことから、交渉は負荷が高い際に期限に間に合う MO 数の改善に有効であると考えられる。

7 おわりに

本稿では、物流システムにおいて荷物をエージェントとし、荷物間で交渉を行わせる方式の提案を行い、その有効性を示した。

今後の課題としては、交渉とともに動的経路選択を行った場合の検討と評価が挙げられる。

参考文献

- 長瀬 哲洋, 小林 真也, 山田 宏之, “モバイルエージェントを用いた物流システムの動的フローコントロール”, 情報処理学会「マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム」, IPSJ Symposium Series, Vol.2000, No.7 (pp.139-144).