

リアルタイムシステムにおける調停機構を用いた QoS 公平化

学 籍 番 号 : 90194128 潮 研 究 室 林 直 樹

1 はじめに

リアルタイムシステムにおけるリソース配分問題では、リソース制約とシステム要求を満たしながら各タスクに適切にリソースを割り当てなければならない。近年、QoS (Quality of Service) と呼ばれるジョブの実行結果に対するサービスの品質を制御することで過負荷状態を回避し、かつタスク間の QoS レベルの偏りをなくすような制御法が提案されている [1]。本報告では大域場を持つマルチエージェントシステムモデルをリアルタイムシステムにおけるリソースの動的配分問題に応用し、リソース制約を満たし、かつタスク間の QoS レベル公平化が達成されるための条件を求める。

2 調停機構を用いた QoS 公平化

本報告では大域場を持つマルチエージェントシステムモデルを、図 1, 図 2 で示されるような QoS 公平化制御システムに応用する。 $\mathcal{I} = \{1, 2, \dots, n\}$ とする。図 1 で示されるシステムの制御の流れは次の通りである。まず、タスク τ_i ($i \in \mathcal{I}$) によってリリースされたジョブが待ち行列に入れられる。待ち行列に入れられたジョブはスケジューラによってスケジューリングされ、実行可能になった状態でリソース量 r_i (CPU 利用率) が割り当てられ実行される。実行が完了したジョブに対してはその QoS レベル ϕ_i が評価され、エージェントに基づく制御器で次のステップでタスクに割り当てられるリソース量が仮決定される。仮決定されたリソース量 r_i^- の情報は調停機構 (Resource Allocator) に送られ、タスクに割り当てられるリソース量の総和が R となるようにリソース量の調整を行う。調停機構で調整されたリソース量 r_i の情報はエージェントに基づく制御器に戻され、タスクが次のジョブをリリースする。提案したリアルタイムシステムにおけるリソースの動的配分モデルは次式のような $(i, j \in \mathcal{I})$ 。

$$r_i^-[k+1] = r_i[k] + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}[k] g_{ij}[k] (\phi_j[k] - \phi_i[k]) \quad (1)$$

$$r_i[k+1] = \frac{R}{\sum_{j=1}^n r_j^-[k+1]} r_i^-[k+1] \quad (2)$$

$$\phi_i[k+1] = \beta_i r_i[k+1] \quad (3)$$

$$r_i[0] \geq 0 \quad \text{かつ} \quad \sum_{i=1}^n r_i[0] = R \quad (4)$$

ここで β_i は正とし、エージェント間の局所結合を表す時変の有向グラフの枝の重みを $\alpha_{ij}[k] > 0$, $g_{ij}[k]$ をエージェント v_j から v_i への情報交換の有無を表すブール値とする。ただし $g_{ii}[k] = 1$ とする。

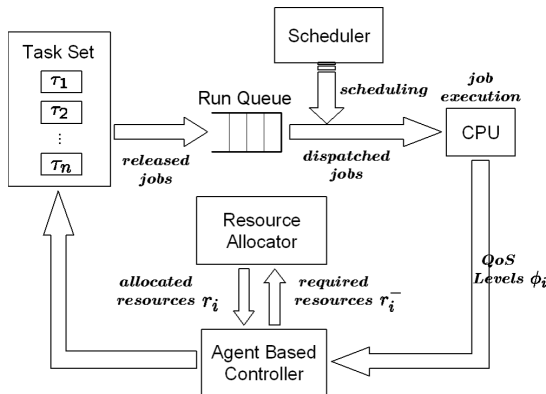


図 1 QoS 公平化制御システムにおける処理の流れ

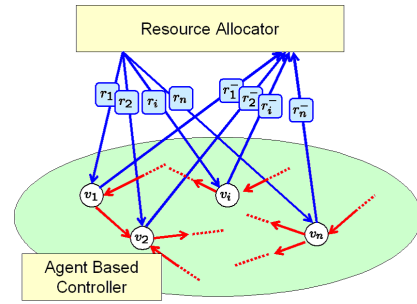


図 2 エージェントに基づく制御器と調停機構の結合関係の詳細

定理 1 システム (1)-(4) において、エージェント間の結合関係はステップ毎に切り替わっていくものとする。システム (1)-(4) のタスク間の QoS レベル公平化が漸近的に達成されるための十分条件は、エージェント間の結合関係を表す有向グラフの枝の重みが

$$0 < \alpha_{ij}[k] < \frac{1}{d_i[k]\beta_i} \quad (i, j \in \mathcal{I}) \quad (5)$$

を満たし、かつ次の (i), (ii) を満たすような $0 = b_0 < b_1 < b_2 < \dots (b_m \in \mathbb{R}, m = 0, 1, 2, \dots)$ が存在することである。

- (i) 時間区間が $[b_0, b_1] \cup [b_1, b_2] \cup [b_2, b_3] \cup \dots$ と分割される。
 - (ii) 各時刻でのエージェント間の結合関係に対応する有向グラフの和を各時間区間 $[b_m, b_{m+1}]$ でとると全域木を持つ。
- ただし、エージェント v_i の入次数 $d_i[k]$ が 0 の場合は、 $\alpha_{ij}[k] = 0$ とする。また、 $\alpha_{ij}[k], \beta_i$ は上にも下にも有界であるとする。

3 シミュレーション実験

タスクの数 n を 5 としたときの各タスクの QoS レベル ϕ_i の時間変化は図 3 のようになる。これより、提案手法を用いることで全てのタスクの QoS レベルが同じ値に収束する、すなわち QoS レベルの公平化が達成されることが確認できる。

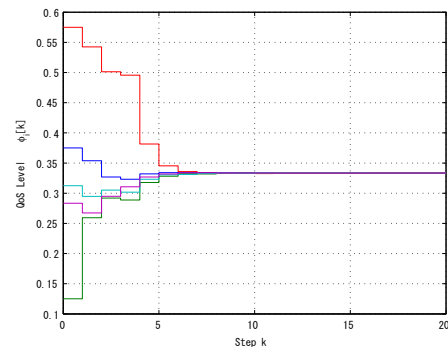


図 3 各タスクの QoS レベル ϕ_i の変化

4 おわりに

本報告では大域場を持つマルチエージェントシステムモデルを調停機構の存在するリアルタイムシステムにおけるリソースの動的配分問題に応用し、QoS レベル公平化制御の手法を提案した。さらにシミュレーション実験を行い、提案手法により QoS レベル公平化が達成されることを確認した。

参考文献

- [1] 原田, 潮, 中本: “QoS レベル公平化に基づくリアルタイムシステムの QoS 適応制御”, 電子情報通信学会論文誌, J87-D-I, 3, pp. 364-371 (2004).