

2J-3

分散協調問題解決システムのための  
拡張契約ネットの提案

荒屋真二 須崎健一

福岡工業大学 工学部 通信工学科

## 1. ま え が き

分散協調問題解決システムとは、多くのプロセッサ(エージェント)に分散された知識源により協調的に問題解決を行なうシステムである。このようなシステムはいくつか提案されており<sup>1)</sup>、その中で高い評価を得ているものに契約ネット<sup>2)</sup>がある。しかし、この契約ネットには、実行中の課題を抱えているエージェントは、別の入札には応じられないという制約に起因する種々の問題点があった。

本稿では、一つのエージェントが他の複数のエージェントと異なる契約を多重に結べるような契約方式(拡張契約ネット)を提案する。この拡張契約ネットでは、エージェントは動的多重制御階層を柔軟に形成可能である。これを効果的に実現するために、エージェントの負荷量という概念を明示的に導入する。この負荷量を用いると、課題を依頼する際に付ける納期や、問い合わせに対する回答予定時刻の算出が可能となる。

以下では、拡張契約ネットの概要を述べると共に、従来の契約ネットとの比較により、提案ネットの有用性を示す。

## 2. 拡張契約ネット

契約ネットでは、マネージャ(依頼エージェント)あるいはコントラクター(受諾エージェント)になっているエージェントは、新たな契約の問い合わせに対しては常にBUSY信号を返し、多重に契約を結べない。したがって、入札に応じられるエージェントは、契約中の課題を持たず、かつ、その課題解決する能力を持つものに限られる。つまり、契約ネットにおいては、各エージェントはマネージャにもコントラクターにもなりえるという動的制御階層を持つが、同時に両者にはなりえないのである。このような契約方式では、ネット全体の負荷が増大すると契約可能なエージェントが減少するため、依頼すべき課題を抱えたエージェントが増加し、依頼メッセージが頻繁に飛び交うようになる。

ここで提案する拡張契約ネットでは、一つのエージェントが他の複数のエージェントと異なる契約を多重に結べる機構と、そのためのプロトコルをサポートする。システム全体のアーキテクチャは文献3)とほぼ同じである。拡張契約ネットにおけるエージェントは、複数の課題に対して同時並列的にマネージャにもコントラクターにもなりえ、動的多重制御階層を形成する。従来の契約ネットでは、①BUSY(課題実行中)、②INELIGIBLE(暇であるが、その課題を解く能力がない)、③LOW-RANKING(暇で能力もあるが、その課題に対する優先順位が低い)のどれかの状態にあるエージェントは入札に応じられなかった。拡張契約ネットでは、BUSYという状態をより限定的に考えることにより、多重契約を可能とする。即ち、単に実行中の課題が存在するというだけでBUSYとするのではなく、納期を守る可能性が低い時のみBUSYと考える。これにより、契約中の課題が存在していても、将来計画に基づいて新たな契約を結べるようになる。この考え方は、人間社会における契約を考えれば極めて自然なものと言える。

この多重契約を実現するには、エージェントの負荷量という概念の導入が必要になる。従来の契約ネットでは、この負荷量を考慮に入れていなかった。これを抜きにしては、適切な納期の設定や納期内に結果をだせるかどうかの判断は不可能である。ここでは、エージェントの負荷量を次の二つの和と考える。

①処理中負荷量：現在処理中の課題を解決し終えるのに要する時間

②待機中負荷量：スケジューラに待機中の契約済み課題を全て完了するのに要する時間

これら2種類の負荷量は回答予定時刻の計算のためにも使用される。

## 3. エージェントの基本的機能

## 3.1 基本的契約過程

拡張契約ネットにおける契約の基本的流れは次のようである。

①マネージャは、依頼すべき課題の納期を自分の負荷量をもとに算出し、それを課題内容に付けて他エージェントに問い合わせる。

②問い合わせを受けたエージェントは、現在、課題

を処理中でも、問い合わせ課題を達成できる回答予定時刻、解の質の良さ、および現在の負荷量を一定時間以内に返答する。

③マネージャは、返ってきた回答予定時刻と解の質の良さを考慮に入れてコントラクターを選定し、正式に課題を依頼する。

### 3.2 納期の設定

納期  $T_1$  の課題を受託したコントラクターは、一般に、その課題を更にサブ課題に分割し、その一部を今度はマネージャの立場で他エージェントに依頼する。そのサブ課題に付加する納期を  $T_2$  とすれば、 $T_2 \leq T_1$  を満足してさえいればよい。しかし、できるだけ早く課題を完了し、将来発生する課題に対処できるようにしておいた方がよい。故に、サブ課題の回答はマネージャがそれを処理可能となる時刻までに返ってきている方が望ましい。このような考えに基づいて  $T_2$  の値を決定するが、それは後述のようにコントラクターの選定時に動的に変更される。

### 3.3 コントラクターの選定

マネージャは、問い合わせに対する返答から次の方法でコントラクターを選定する。

①回答予定時刻が納期  $T_2$  以前のもので、解の質が最良のエージェントを選定する。

②もし、全ての回答予定時刻が納期  $T_2$  以降ならば、 $T_1$  を越えない範囲でマネージャ自身のスケジュールを変更して新たな納期  $T_2$  を定め、再び上記①と同様の方法で選定する。

ここで、②のスケジュール変更によっても、全ての回答予定時刻が納期以降であるならば、その課題は納期  $T_1$  内で解けないことになる。

## 4. 拡張契約ネットの評価

拡張契約ネットを、①問い合わせ回数、②納期遅れ、③デッドロック発生の有無、④故障時の被害の程度、の観点から従来の契約ネットと比較する。

### 4.1 問い合わせ回数

契約ネットでは、BUSY信号を受けたマネージャは、未契約エージェントが発生するまで、一定時間間隔毎に繰り返し問い合わせを行う。故に、ネット全体の負荷が大きくなると、問い合わせ回数は急増し、通信路の飽和を招く。一方、拡張契約ネットでは、多重契約を許しているため、一つの入札のための問い合わせは1回だけで済む。

### 4.2 納期遅れ

契約ネットでは、各エージェントは同時に一つの契約しか結べないので、エージェント内でのスケジュール変更はありえない。一方、拡張契約ネットでは、待

機中の契約済課題と問い合わせの来た課題とを総合してスケジューリングできるので、納期遅れを回避あるいは減らすことが可能となる。

### 4.3 デッドロック

契約ネットでは、二つのエージェントが両者ともマネージャの立場で相互に依頼し合う状況では、デッドロックに陥ってしまう。同時にマネージャにもコントラクターにもなれる拡張契約ネットでは、このようなデッドロック発生の心配はない。

### 4.4 故障時の被害

あるエージェントが故障し、受信機能を除いて、各プロセス（フロントエンド、問題計画部、スケジューラ、問題解決部）の機能が一時停止した場合を考える。拡張契約ネットでは、依頼すべき課題が発生するとすぐに必要な契約が結べるので、それ以降にエージェントが故障しても依頼した課題は他の正常なエージェントによって処理される。拡張契約ネットが副課題の依頼を完了した時点では、契約ネットの場合にはまだ問い合わせを繰り返している確率が高い。故に、そのエージェントの故障は、その課題の処理を完全に停止させてしまう。

エージェントの故障は、送信メッセージを発してから一定時間経過しても相手から返答がないことによって検出される。

## 5. まとめ

分散協調解決システムにおいて、動的多重制御階層を形成できる拡張契約ネットを提案し、次のような利点があることを示した。①契約に必要なメッセージの数が少ない。②デッドロックが発生しない。③スケジュール変更により納期遅れを小さくできる。④エージェント故障時の被害が小さい。拡張契約ネットの本格的な実験的評価は今後の課題である。

## 参考文献

- 1) Decker, K.S.: Distributed Problem-Solving Techniques: A Survey, IEEE Trans. Syst., Man, Cybernet., Vol. SMC-17, No. 5 (1987).
- 2) Smith, R.G.: The Contract Net Protocol / High Level Communication and Control in Distributed Problem Solver, IEEE Trans. Comput., Vol. C-29, Dec. (1980).
- 3) Yang, J.D., Huhns, M.N. and Stephen, L.M.: An Architecture for Control and Communication in Distributed Artificial Intelligence Systems, IEEE Trans. Syst., Man, Cybernet., Vol. SMC-15, No. 3 (1985).