

ゲーム理論の適用によるサービススケジューリング

保坂 好宣[!] 山崎 晴明^{!!}

[!] 山梨大学大学院工学研究科
^{!!} 山梨大学コンピュータメディア工学科

インターネットを利用した電子商取引が盛んに行われるようになってきた。現在は主に物品の取引であるが、今後はサービスのように形のない商品の取引が盛んになるだろうと考えられる。その一つの例が介護サービスの提供者と受益者の関係であり、その技術課題はスケジューリングである。

ここではこのスケジューリングを解くことの目的を述べ、続けてこの問題を解くためのゲーム理論に基づくアプローチを提案し、その可能性を述べる。

The Service Scheduling based on Game Theory

Yoshinobu HOSAKA[!] Haruaki YAMAZAKI^{!!}

[!] Graduate school of Engineering , Yamanashi university
^{!!} Dept. of Computer Science , Yamanashi university

Recently , the needs for the Electric Commerce via Internet are increasing. So far , the trades are mostly the commercial products ,but in near future, products such as service might be traded frequently within Internet. A typical example of this is welfare service and its main technical issue is a matching between producers and consumers.

In this paper , we explain this problem and discuss our approach to solve this based on game theory.

1 はじめに

ネットワークを介しての物品の売買はインターネットの普及にともない、その取引量は大きく増加するものであらうと考えられる。特に今後はサービスのように形の無い商品を扱うケースが多くなると予想される。その一つの例が人材派遣会社で行なわれる、登録社員と需要企業とのマッチングである。このようなマッチングは介護サービスの現場においても適用され得ると思われる。

ところで、介護保険制度の法制化、施行によりケアプランの作成が急がれていた中、計算機を用いたケアプランの作成が研究され、そしてそのソフトウェアが実用化された。

さらにインターネットを利用した統合的なマネジメントシステムを構築する試みがなされているが、解決すべき技術的課題が存在する。そのうちの一つがスケジューリングの問題である。サービスを商品として考えた場合、その提供者も受益者も共に人であり、商品スペックはサービス種別と提供もしくはは受益時間帯である。したがって、インターネット上に点在する介護サービス提供者側のサービス提供情報と被介護側のサービス要求の情報をどのようにマッチングさせるか、という点が重要な問題となる。

本稿ではこうしたスケジューリングの問題をn人協力ゲームにおける結託構成によりモデル化を行ない、それと併せて行なった試作エージェントの実装とその実験結果を報告する。

2 問題設定

2.1 名称の定義

サービスを提供する側とサービスを消費する側それぞれに対応するエージェントが存在する。これらをPRODUCERあるいはCONSUMERと呼ぶ。

一日に提供される（あるいは消費される）サービスを6つの時間帯に分け、それぞれの時間帯をA,B,C,D,E,Fとする。この時間帯をユニットと呼ぶ。

各エージェントは自分が提供する（あるいは要求する）ユニット群を持つ。このユニット群をSPECと呼ぶ。

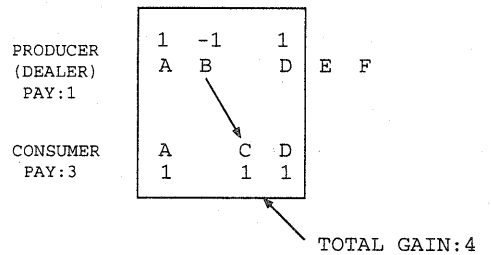
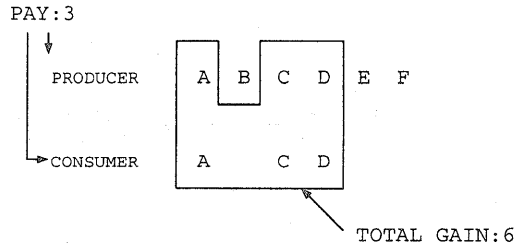


図 1: 結託の例

PRODUCERの提供するSPECとCONSUMERの要求するSPECのうち、一致するユニットがある場合、この二つのエージェントは手を結ぶ。これを結託と呼ぶ。

結託形成の結果、一致したユニットの総数が定まるが、これを結託の利得とする。

本稿の実験ではエージェント間の通信制御にトークンパッシング方式を利用している。トークンを持つエージェントをディーラ、トークンを持たないエージェントをビッドと呼ぶ。

全エージェントの利得の合計が最も高い状態をパレート最適であると言う。

2.2 利得の発生と配分の規則

結託には利得が発生する。発生した結託利得は各エージェントに等分される。これを初期配分と言う。(図1上)。

相手側エージェントの主張に合わせ、自分のSPECを変更することができる(図1下)。この時の配分は以下ようになる。

[譲歩したエージェントの利得]

$$= [\text{一致したユニット数}] - [\text{譲歩したユニット数}]$$

[譲歩させたエージェントの利得]

$$= [\text{一致したユニット数}] + [\text{譲歩させたユニット数}]$$

この式により、利得はゲーム理論に於ける特性関数としての性質を満たすことになる。

3 エージェントの実装

3.1 動作の概要

ディーラエージェントが入札ビッド開始をアナウンスし、それを受けたビッドエージェントはディーラに対して提供できる SPEC の要求もしくは、ビッド、あるいはどちらも行なわない場合はパスする。

ビッドする場合、相手の SPEC と自分の SPEC のうち、合致するユニット以外に自分の余っているユニットを付加することもできる。

ビッドを受けたディーラは自分にとって最も多くの配分が得られるエージェントに対して AWARD(承認) を発行し、それ以外のエージェントに対して REJECT を発行する。

以上で一回の取り引きが終了し、ディーラは他のエージェントにトークンを渡す。

ディーラエージェント(この状態をディーラモードと呼ぶ)の状態遷移図を図2、ビッドエージェント(この状態をビッドモードと呼ぶ)の状態遷移図を図3に示す。

3.2 エージェントの行動決定

エージェントは少しでも自分の配分を多く取れるよう行動する。

ANNOUNCE した後にビッドから SPEC を要求された際、ディーラはその時点でフリーなユニットの他に譲歩しているユニットも交渉対象にし、ビッドに知らせる。ビッドの中で最大の配分が得られるものに対して AWARD を発行する。AWARD を発

行することにより今まで組んでいた結託をはなれることになる場合、つまり AWARD の対象となったビッドに既に譲歩しているユニットが含まれている場合は、既形成の結託の相手に対し LEAVE を発行する。

ビッドはディーラの SPEC と一致する自分のフリーなユニットをビッドの対象とするほか、ディーラの SPEC と合致しない自分のフリーなユニットを添えて自分の配分が多くなるようにする。この場合、最低限以下の条件を守るようにする。

$$[\text{合致するユニット数}]$$

$$-[\text{合致せず添付するユニット}] \geq 1$$

これは何も結託を組まずに単独で行動した場合の配分を0にすることによるものである。この条件が守れない場合は、ビッドしても受け入れられないと判断して、ビッドを見送る。

3.3 状態遷移

状態遷移図 2,3 の各状態を解説する。

- state0(Waiting for TOKEN PASS or ANNOUNCEMENT)
トークンパスあるいは入札開始のアナウンスを待つニュートラルな状態。
- state1(Send ANNOUNCEMENT message and requested SPEC)
トークンを受けとったエージェントが ANNOUNCEMENT を発行する。
ANNOUNCEMENT を受け取ったエージェントから REQUEST SPEC あるいは NO REQUEST が返信される。ディーラモードのエージェントが REQUEST SPEC を受けた時、自分の提供できるユニットを送信する。
- state2(Waiting for BID and decide action)
ビッドモードのエージェントからビッドが送られるのを待ち、どのビッドに対して AWARD を発行するかを決定する。
- state3(Sending AWARD or REJECT)
ビッドに対する返答を送信する。

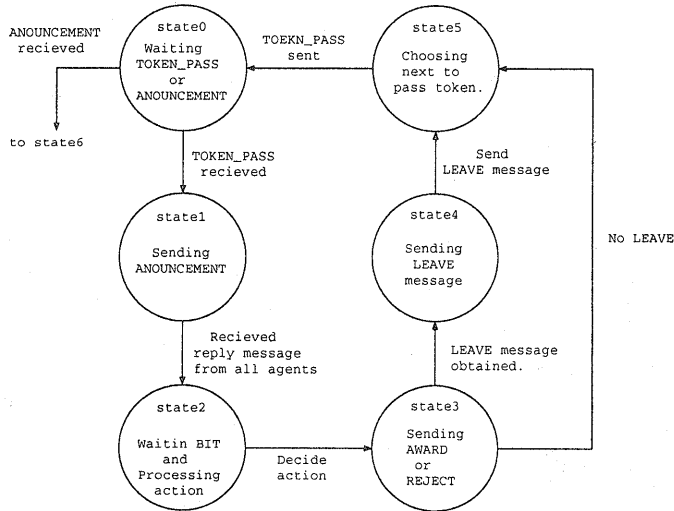


図 2: ディーラモードの状態遷移図

- state4(Sending LEAVE message)
LEAVEを発行する対象がある場合,LEAVEを送信する.
- state5(Choosing next Agent to pass token)
次にトークンを渡す相手を決めし,トークンを送信する.トークンを渡す相手はランダムに決定される.
- state6(Sending REQUEST SPEC or NO REQUEST)
ANNOUNCEMENTを受け取ったエージェントは相手エージェントの種別 (PRODUCER or CONSUMER) によって REQUEST SPEC または NO REQUEST を発行する.
REQUEST SPEC を発行した場合は,それに対応するディーラエージェントからの提供 SPEC を待つ.
- state7(Process BID and send)
ディーラエージェントから受け取った SPEC からビッドする SPEC を決定し,それを送信する.
- state8(Waiting for reply message)
自分のビッドに対する応答を待ち,その応答に

対する処理を行なう.

- state9(LEAVE Processing)
LEAVE を受けた際の処理を行なう.(LEAVE に対する拒否はできない)

4 実験

4.1 参加エージェント

エージェント数は6つで,PRODUCERとCONSUMERはそれぞれ3つづつとする.各エージェントにそれぞれID0~ID5の識別子を与え,ID0~ID2をPRODUCER,ID3~ID5をCONSUMERとする.
各エージェントが持つSPECは以下の通りとする.

ID0	A,B,E
ID1	B,C,E
ID2	A,D,E,F
ID3	B,C,F
ID4	A,C,D
ID5	A,D,E

ただし,今回の実験ではすべてのエージェントが一つのホストに存在するため,メッセージロストが一切発生しないことを前提としている.

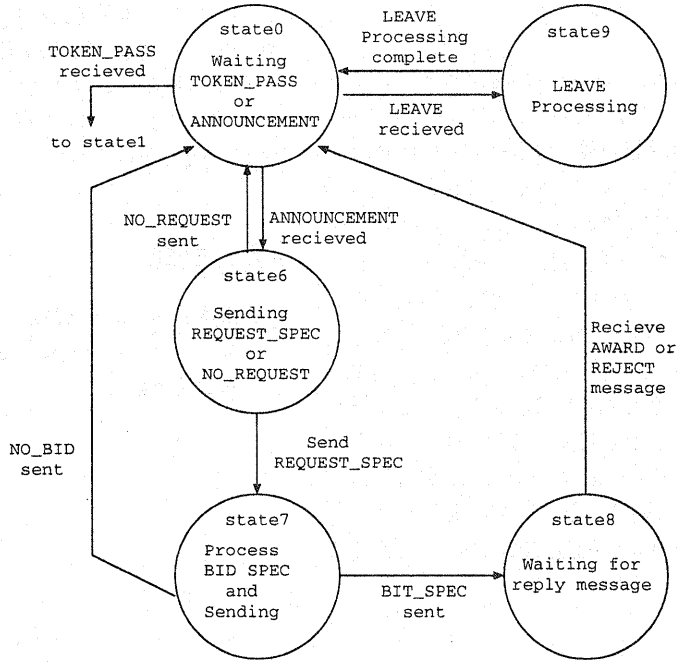


図 3: ビッドモードの状態遷移図

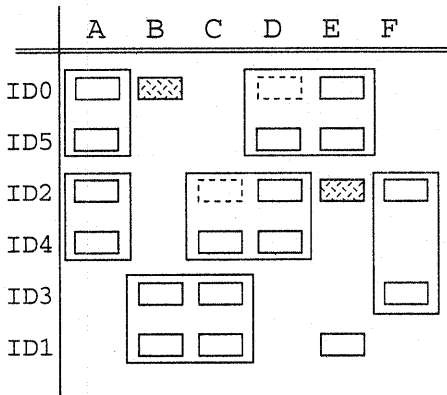


図 4: 結果 1(組織表)

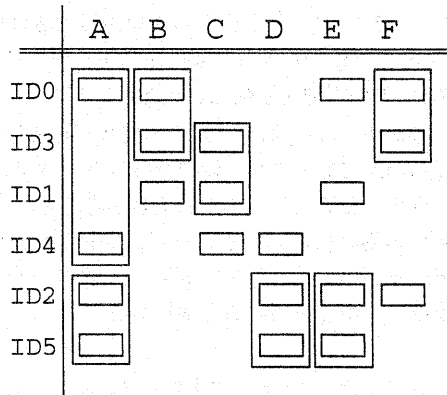


図 5: 結果 2(組織表)

4.2 結果

シミュレーションを行なった結果、結託の状態を図 4 に、開始エージェントのみを変えて同じシミュレーションを行なった場合の結託の状態を表 5 に示す。

5 考察

この設定におけるパレート最適な状態での総利得は14となるが、これは満たされている。次に図4であるが、これは理想の解が得られていると言える。

一方、図5ではエージェント間の交渉による妥協が一切無いことが見てとれる。このような状態になってしまった原因は、利得の配分規則にある。

一度相手と一致したユニットで結託すると、そのユニットは二度と交渉対象にはならない。一致したユニットで結託した場合、そのユニットについての配分は1である。もしもこれを交渉対象にしたとしても、そのユニットから得られる利得は1を越える事ができない。このようなエージェントの行動決定のプロセスは利得配分に基づいて定義したものであるので、原因が利得の配分規則にあると言えるのである。

6 まとめ

今回はゲーム理論に基づいた結託形成を利用して、各エージェント同士の交渉によるスケジューリング問題の解法を提案した。エージェントの行動基準は非常に単純であるのにも関わらず、得られた解はパレート最適なものとなった点に注目したい。

しかし得られる解が安定しない点は大きな問題である。これは利得配分の規則をわかりやすくするために、その規則を単純化したためである。

交渉が決裂した場合には、次の交渉から条件を弱くする傾向になるのが一般的であろう。もちろん駆け引きの上で強く打って出る場合も考えられるが、いずれの場合においてもエージェントが学習する必要があるということが言える。それに併せて利得配分規則の自由度を高める必要がある。

一般に実際のサービスにおけるユニット数は非常に大きなものとなる。例えば一日を24の時間帯に分け、一週間を単位とした場合のユニット数は168ユニットとなる。通常全ての組合せを求める方法では、全てのエージェントの部分集合を評価する必要があるため計算時間が膨大なものになり、NP問題となる。

これに対し本稿で述べた方法は、トークンを何回か回すことにより近似最適解を得ることができる。

但し規模の大きな問題において、得られた解がどの程度質の良いものかを評価する方法については今後の研究課題である。

参考文献

- [1] 嶺木智裕『Jini,XMLに基づくネット上の仲介エージェントの構築』1999年度山梨大学大学院修士研究論文