

市場原理に基づく分散計算サービスの割り当て方法

藤原 一毅[†] 合田 憲人^{†‡} 小野 功^{*}

本研究は、コンピューティングサービスを取引するための市場モデルを提案する。提案モデルでは、ユーザは複数のサービスを任意に組み合わせて取引所に発注し、ワークフローの実行に必要な資源を過不足なく購入できる。また、今すぐ使うサービスを現物市場で調達するだけでなく、将来使う予定のサービスを先物市場で予約することができる。市場は取引によって生まれる社会的余剰が最大となる割り当てを混合整数計画法によって決定する。

Market-based Service Allocation for Distibuted Computing

Ikki Fujiwara[†], Kento Aida^{†‡} and Isao Ono^{*}

Market-based resource allocation is expected to be an effective mechanism to allocate resources in a cloud computing environment, where the resources are virtualized and delivered to users as services. We propose a market mechanism to efficiently allocate multiple computational services among multiple participants. The mechanism enables users (1) to order a combination of arbitrary services in a co-allocation or a workflow manner, and (2) to trade future/current services at the forward/spot market.

1. はじめに

企業活動の現場で SaaS の利用が広まりつつある。各プロバイダは独自のサービスを提供し差別化に熱心だが、一方で、サービスの仕様を標準化し相互運用性を確保しようとする動きも盛んである。将来十分な標準化が達成されれば、多数のプロバイダが均質なサービスを提供する競争的市場が形成されると考えられる。しかし、このようなサービス市場のあるべき姿については、特に日本国内ではほとんど議論されていない。実用的かつ公正なサービス取引の場を開くことは国際競争上重要な課題であり、議論を深める必要がある。

本研究では分散計算サービスの取引に適した市場モデルを提案する。提案モデルは次の要件を満たすことを目標としている。

経済的効率性: 割り当て結果がパレート最適となる。

計画性と即応性の両立: サービス割当の事前予約を可能としつつ、突発的な需給変化にも応える。

組合せ入札: ワークフローを構成する複数のサービスを組み合わせ、必ず同時に購入できる。

両側競争: プロバイダ同士だけでなくユーザ同士でも価格競争を行わせ、健全な価格形成を促す。

2. 市場モデル

提案する市場モデルの概要を図 1 に示す。先物市場と現物市場を含む取引所があり、プロバイダは売り注文を、ユーザは買い注文を各市場に出す。

2.1. 先物市場

先物市場は未来のサービスをタイムスロットに区切って扱う。例えば、翌々日の 0 時から 30 日後の 24 時まで使うサービスを 1 時間単位で売買する。売り注文には許容最低価格、サービス名、数量、提供開始時刻と終了時刻を記述する。買い注文には許容最高価格、サービス名 (複数可)、各サービスについて許容する最早開始時刻と最遅終了時刻、各サービスの実行所要

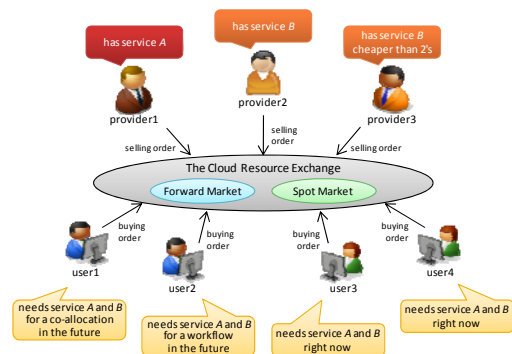


Fig. 1: Overview of the service exchange

[†]総合研究大学院大学

[‡]国立情報学研究所

^{*}東京工業大学

Maximize

$$w = \sum_{j=1}^{|N|} v_j u_j - \sum_{i=1}^{|N|} \sum_{j=1}^{|M|} \sum_{k=1}^{|G|} \sum_{t=1}^T v_i y_{i,j,k,t} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{k=1}^{|G|} x_{j,k} - |G| u_j = 0, \quad 1 \leq j \leq |N| \quad (2)$$

$$\sum_{t=1}^T z_{j,k,t} - l_{j,k} x_{j,k} = 0, \quad 1 \leq j \leq |N|, 1 \leq k \leq |G| \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{|N|} y_{i,j,k,t} \leq 1, \quad 1 \leq i \leq |M|, 1 \leq k \leq |G|, 1 \leq t \leq T \quad (4)$$

$$q_{j,k} z_{j,k,t} - \sum_{i=1}^{|M|} q_{i,k} y_{i,j,k,t} = 0, \quad 1 \leq j \leq |N|, 1 \leq k \leq |G|, 1 \leq t \leq T \quad (5)$$

$$(a_{j,k} - t) z_{j,k,t} \leq 0, \quad 1 \leq j \leq |N|, 1 \leq k \leq |G|, 1 \leq t \leq T \quad (6)$$

$$(t - d_{j,k}) z_{j,k,t} \leq 0, \quad 1 \leq j \leq |N|, 1 \leq k \leq |G|, 1 \leq t \leq T \quad (7)$$

$$(a_{i,k} - t) \sum_{j=1}^{|N|} y_{i,j,k,t} \leq 0, \quad 1 \leq i \leq |M|, 1 \leq k \leq |G|, 1 \leq t \leq T \quad (8)$$

$$(t - d_{i,k}) \sum_{j=1}^{|N|} y_{i,j,k,t} \leq 0, \quad 1 \leq i \leq |M|, 1 \leq k \leq |G|, 1 \leq t \leq T \quad (9)$$

$$u_j \in \{0,1\}, \quad 1 \leq j \leq |N| \quad (10)$$

$$x_{j,k} \in \{0,1\}, \quad 1 \leq j \leq |N|, 1 \leq k \leq |G| \quad (11)$$

$$z_{j,k,t} \in \{0,1\}, \quad 1 \leq j \leq |N|, 1 \leq k \leq |G|, 1 \leq t \leq T \quad (13)$$

$$0 \leq y_{i,j,k,t} \leq 1, \quad 1 \leq i \leq |M|, 1 \leq j \leq |N|, 1 \leq k \leq |G|, 1 \leq t \leq T \quad (14)$$

Fig. 2 : Mixed integer program to optimize the allocation

時間を記述する。市場は一定時間毎に(例えば 1 日 1 回)注文を集計し、売り注文と買い注文のマッチングを行う。マッチング方法は図 2 に示す混合整数計画問題として定式化され、汎用のソルバーを用いて求解する。最適化の目的は取引によって生み出される社会的余剰(成立した売買における買い注文価格と売り注文価格の差)を最大化することである。複数のサービスを組み合わせた買い注文のマッチング結果は、全部買えるか何も買えないかのどちらかとなる。マッチング完了後、生み出された社会的余剰がプロバイダとユーザに等しく分配されるよう実際の取引価格を決定する。

2.2. 現物市場

現物市場は直近の 1 タイムスロットを扱う。例えば、翌々時 0 分から 59 分までに使うサービスを売買する。市場は一定時間毎に(例えば 1 時間に 1 回)注文を集計し、マッチングを行う。注文方法とマッチング方法は時間に関するパラメータがないことを除いて先物市場と同じであり、取引価格決定方法も同様である。

2.3. 割り当て例

提案手法によるマッチング結果の例を図 3 に示す。

3. 関連研究

グリッドコンピューティングの分野では市場ベースの資源割り当て方法についてさまざまな原理が検討され

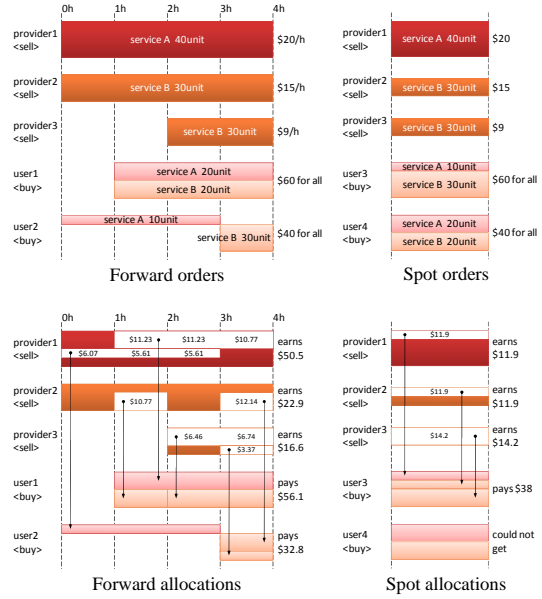


Fig.3 : Example matchmakings

てきた。本研究で用いる組合せダブルオークションの原理は Schnizler ら [1] が導入した。本研究ではサービス同士に時間差のあるワークフローに対応できるように新たなモデルを構築した。

電力の分野では自由化に合わせて卸取引所が設立され、実運用に入っている。電力と計算サービスは貯蔵できないという点で似ているが、電力は多品種の組合せを必要としない点が計算サービスと異なる。

経済学の分野では人工市場の試みが広まっている。本研究では人工市場シミュレータ U-Mart [2] の一部を利用し、人間とソフトウェアが同時に取引できるプラットフォームの構築を目指している。

4. おわりに

本紙ではコンピューティングサービス取引のための市場モデルを提案した。今後、シミュレーションを通じて市場価格の安定性と戦略的な入札に対する頑健性を検証していく予定である。

参考文献

- [1] B. Schnizler, D. Neumann, D. Veit, and D. Weinhardt, "Trading grid services – a multi-attribute combinatorial approach," *European Journal of Operational Research*, vol. 187, no. 3, pp. 943-961, 2008.
- [2] H. Sato, Y. Koyama, K. Kurumatani, Y. Shiozawa, and H. Deguchi, "U-Mart: A Test Bed for Interdisciplinary Research in Agent Based Artificial Market," *Evolutionary Controversies in Economics*, pp. 179-190, 2001.