

**ICT エコ社会を創造する
安全・安心・安価なユビキタスコンピューティングプラットフォームの研究・開発
(061102002)**

A Reliable, Secure, and Reasonable Ubiquitous Computing Platform
for Creating ICT Eco Society

研究代表者

小林 広明 東北大学
Hiroaki Kobayashi Tohoku University

研究分担者

堀口 進[†] 滝沢 寛之[†] 福士 将[†]
Susumu Horiguchi[†] Hiroyuki Takizawa[†] Masaru Fukushi[†]
[†]東北大学
[†]Tohoku University

研究期間 平成 18 年度～平成 20 年度

概要

情報通信分野でのエコロジーモデルの確立を目指し、社会に遍在する計算資源として活用する、ユビキタス時代の安心・安全・安価なボランティアコンピューティング基盤を研究開発する。特にボランティアコンピューティングの高効率化、高信頼化、および参加を促進するインセンティブモデルについて研究し、機密性の高い計算にも利用可能で、しかも従来の実装技術では実現困難な規模の大規模計算基盤を安価に提供するための基盤技術を確立する。このために、既存のボランティアコンピューティング用ミドルウェアを移植・拡張することにより、家庭用ゲーム機によるボランティアコンピューティングのための基盤となるミドルウェアを設計・開発する。

Abstract

To establish an ecology model in the field of information and communication technology, we research and develop a reliable, secure, and reasonable volunteer computing infrastructure that utilizes computing resources existing everywhere in society of the upcoming ubiquitous era. Especially, we explore the methodologies to make volunteer computing more efficient and more reliable, and an incentive model to promote participation. As a result, we will realize an infrastructure to provide an unprecedented large-scale computing platform, which cannot be realized by any conventional technologies, at a low cost. To this end, the existing volunteer computing middleware is ported and extended to design and develop a new volunteer computing middleware for aggregating a huge number of game consoles.

1. まえがき

近年のゲーム機器には高性能なマイクロプロセッサが開発され、導入されている。しかし、ゲーム以外にはほとんど利用されないため、その CPU サイクルは浪費されており、全世界的にゲーム機器が遊休資源と化している。非常に高い演算能力がありながら、それが発揮されるのが一日のうちわずかな時間だとすれば、資源の大変な無駄使いである。現在のゲーム機に搭載される CPU の計算資源を最大限に使い尽くすアプリケーションは一部のゲームタイトルに限られ、大半の CPU サイクルが使われずに残されている。したがって、空き缶や紙のリサイクルシステムのように、これら遊休計算資源を積極的に利用し、社会に還元する「高性能計算サイクルのリサイクルシステム」の構築を真剣に考えていかねばならない。

本研究では、ボランティアベースの遊休計算資源を用いて、安全で安定した計算基盤を安価に提供できるユビキタスコンピューティングプラットフォームに関する研究開発を行い、地球に優しい ICT エコ社会の創造につながる家庭用情報機器の遊休高性能 CPU サイクルのリサイクルシステムの具現化を目指す。

2. 研究内容及び成果

本研究では、以下に示す 3 つのサブテーマ(研究グループ)を設定し、研究開発を行ってきた。

(1) 高性能ボランティアコンピューティングのための高効率資源管理、検索、および仮想計算環境に関する研究

本サブテーマでは、現在最も普及している BOINC を基礎として、ワーカー同士で P2P 通信を行い、適切な動的負荷分散を自律的に行うボランティアコンピューティングミドルウェアの試作システムを当初の予定通り開発することに成功した。同ミドルウェアは完全分散型のタスクスケジューリング機構を有しており、図 1 に示す通り、ワーカー同士が直接データを授受することによって、プロジェクトサーバを介さずに動的負荷分散を実現する。図 2 に示す通り、100 台規模家庭用ゲーム機を用いてデータクラスタリング処理を実行する実証実験を行い、ミドルウェアが提供する動的負荷分散の効果を実証することができた。

また、過去の履歴から信頼性の高いワーカーを特定し、その情報を以後のタスクスケジューリングに反映させる手法を確立した。これにより、ワーカーの離脱などの原因によってタスクの実行に失敗する確率を低減させ、より効率の高いボランティアコンピューティングを実現できるようになった。

さらに、家庭用ゲーム機に搭載される描画処理用ユニット等の性能を容易に引き出すためのプログラミング環境の構築とその評価も行った。

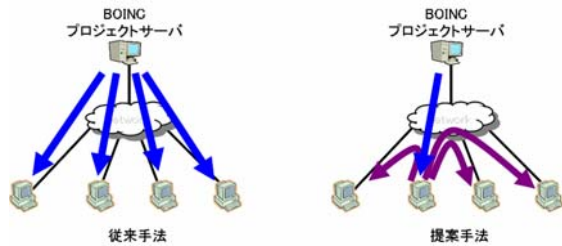


図1 分散協調型タスクスケジューリング機構

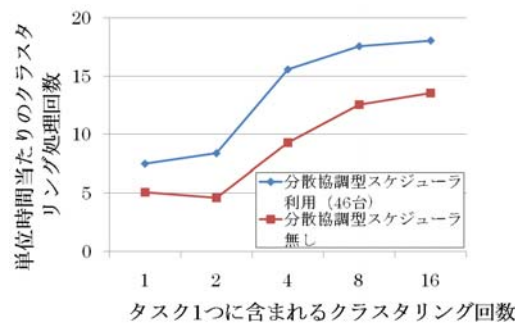


図2 分散協調型タスクスケジューリングの効果

(2) 高性能ボランティアコンピューティングの高信頼化技術に関する研究

本サブテーマでは、ゲーム機に具備される Cell プロセッサの著作権保護ハードウェア機能を活用することにより、不特定多数の家庭用ゲーム機で耐タンパー性の高いボランティアコンピューティングを行う試作システムの開発に成功した。

また、ボランティアコンピューティングシステムの高信頼化のために、性能を考慮しつつ計算結果の妥当性を評価する手法として動的信用度評価に基づくジョブスケジューリング法(Expected Credibility based job scheduling method)を提案し、実環境に即したモデルの下で、計算実行時間と最適なスポットチェック率(チェック用のジョブを配布する頻度)を解析的に導出する手法を確立した。本研究では、図3に示すとおり計算時間と信頼性のトレードオフの関係を明らかにし、計算の開始前に適切なスポットチェック率を設定することが可能となった。

(3) CPU ボランティアを活性化するインセンティブシステムに関する研究

本サブテーマでは、家庭用ゲーム機保有者のボランティアコンピューティングへ参加する意欲を高める手段として、オンラインゲーム内でのポイントやアイテムを付与することが有効な方式であることを提案した。その後、その方式を円滑に実現する方法について検討し、グリッドコンピューティングにおいてグリッドサービスプロバイダ(Grid Service Provider, GSP)のビジネスモデル、特に計算依頼者とGSPとの間の条件交渉を市場原理に基づいて実現する手法を研究した。

3. むすび

本研究は、ボランティアに支えられながらも大規模高性能計算を必要とする利用者に提供される計算には一定の品質と安全性を保証し、ボランティアコンピューティングをさまざまな計算に適用できるように汎用化するとともに、国際性水準から見ても先進性がある。

計算の品質、すなわち QoS を維持した上で計算資源を

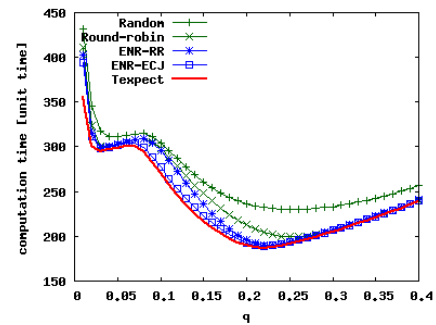


図3 スポットチェック率に対する計算時間
(ジョブ数 10000, ワーク数 100)

大規模計算利用者に提供するためには、必要とときに、計算資源を提供してくれるボランティアが世界中にどのくらいあるかということ、そのつど把握する必要があり、世界規模の計算機の高効率な資源検索が必要不可欠である。

これらの問題に対して、P2P ネットワークに基づく完全分散型動的負荷分散機構や、計算結果の妥当性検証機構により、計算資源管理コストの低減と資源探索の効率化の両方を同時に実現した。また、従来のボランティアコンピューティングで問題になっていた情報の秘匿性の欠如に対し、Cell プロセッサに具備されているゲームプログラムの著作権保護機能を用いて耐タンパー性を高め、一般のボランティアコンピューティングで機密性の強い情報処理を実現した。

本研究によってボランティアコンピューティングの適用可能範囲が大幅に拡大したことから、今後、地球規模で無駄になっていた高性能 CPU サイクルの効率的利用が図られることが期待される。資源の有効利活用が情報家電等 ICT 分野においても進み、その重要性が社会に広く認識されることにより、効率的、かつ豊かな生産・消費活動へとポジティブループで循環することが期待できる。

【誌上発表リスト】

- [1] 村田善智、稲葉勉、滝沢寛之、小林広明、“大規模計算環境における分散協調型負荷分散手法、” 情報処理学会論文誌、Vol.49、No.3、pp.1214-1228 (2008 年)。
- [2] K. Watanabe, M. Fukushima, and S. Horiguchi, “Optimal Spot-checking to Minimize the Computation Time in Volunteer Computing,” in Proc. of the 2nd Workshop on Desktop Grids and Volunteer Computing Systems (PCGrid 2008), pp.1-8 (2008 年)。
- [3] H. Wang, H. Takizawa, and H. Kobayashi, “A Performance Study of Secure Data Mining on the Cell Processor,” International Journal of Grid and High-Performance Computing, Vol. 1, No. 2, pp. 30-44 (2009 年)。

【受賞リスト】

- [1] 滝沢寛之、第3回情報処理学会東北支部野口研究奨励賞、“Hierarchical Parallel Processing of Large Scale Data Clustering on a PC Cluster with GPU Co-processing”, 2008 年 5 月 28 日
- [2] 王弘、東北大学藤野先生記念奨励賞、“ボランティアコンピューティングの高信頼化技術に関する研究”、2009 年 2 月 13 日

【報道発表リスト】

- [1] “SPRAT: Runtime Processor Selection for Energy-aware Computing,” GPGPU News (<http://www.gpgpu.org>) (2008 年 10 月 16 日)。
- [2] “Apple 主導の「OpenCL」プロセッサに自由をもたらす” 日経エレクトロニクス (2008 年 12 月 15 日)。