

# Cerium Task Manager におけるマルチコア上での並列実行機構の実装

當 眞 大 千<sup>†</sup> 金 城 裕<sup>†</sup> 河 野 眞 治<sup>†</sup>

本研究室で作成した Cerium Task Manager<sup>1)</sup> は, Task 単位で記述するゲームフレームワークである. 今までは, PlayStation 3/Cell<sup>2)</sup> 上でのみ, 並列実行を可能にしていたが, 今回新たに Mac OS X, Linux 上での並列実行に対応した. 本論文では, 既存の Cerium Task Manager の実装と新たに実装した並列実行の機構について説明する.

## Implementation of Parallel Execution of Cerium Task Manager on Multi-core

DAICHI TOMA,<sup>†</sup> YUTAKA KINJO<sup>†</sup> and SHINJI KONO<sup>†</sup>

We have developed Cerium Task Manager<sup>1)</sup> of Game Framework. Until now, Cerium Task Manager was able to enable parallel execution only on the PlayStation 3/Cell<sup>2)</sup>, It new supporting parallel execution on Mac OS X and Linux. In this paper, we described implementation of existing Cerium Task Manager and a new parallel execution.

### 1. はじめに

プロセッサメーカーは, 消費電力, 発熱及びクロックの限界という観点から, マルチコア構成の路線を打ち出しており, 今後ますますマルチコアプロセッサが主流になると想像できる.

マルチコアプロセッサ上で, リソースを有効活用するためには, 並列プログラムを行う必要があるが, 効率の良い並列プログラムを書くことは難しい.

そこで, 本研究室で作成した Cerium Task Manager<sup>1)</sup> をマルチコアプロセッサに対応させることで, マルチコアプロセッサ上での Task 単位による並列プログラミングをサポートする.

今まで, Cerium Task Manager は, PlayStation 3/Cell<sup>2)</sup> 上でのみ, 並列実行を可能にしていたが, 今回新たに Mac OS X, Linux 上での並列実行に対応した.

本論文では, まず既存の Cerium Task Manager の実装について説明する. その後, 新たに実装した並列実行の機構について説明する.

### 2. Cerium Task Manager

Cerium Task Manager は, Cell 用に開発されたゲームフレームワークであり, Rendering Engine を

含む.

Cerium Task Manager では, 並列処理を Task 単位で記述する. 関数やサブルーチンを Task として扱い, Task には, input データ, output データ及び依存関係を設定する. Cerium Task Manager によってこれらの Task は管理され, 実行される.

Cerium Task Manager は, PlayStation 3/Cell, Mac OS X 及び Linux 上で利用することができ, それぞれのプラットフォームで同じプログラムを動作させることができる. これにより, アーキテクチャに依存しないプログラムを記述することが可能である.

#### 2.1 Cerium Task Manager の特長

Cerium Task Manager では, プログラムの様々なレベルでパイプラインが構成されるので, プログラムの性能向上が見込める<sup>3)</sup>.

また, Task 自体は入力データから, 出力データを計算するだけなので非常に単純だが, その入出力データをダブルバッファリングとして切り替えたり, 適切な並列度が得られるように徐々に生成するのは非常に煩雑となる. さらに, これらのデータ管理は, 並列実行を行うアーキテクチャに特化した処理が必要となる<sup>4)</sup>. Cerium Task Manager を利用することで, このような煩わしいことから解放され, 並列計算の実装に集中することができる.

### 3. 新たに実装した並列実行の機構

PlayStation 3/Cell 上の場合, 各 SPE に Task が

<sup>†</sup> 琉球大学

University of the Ryukyus

割り当てられ、並列に実行される。

今回新たに、Mac OS X, Linux 上でも並列に実行させることを可能にした。これは、PlayStation 3/Cell の Mailbox に対応させる形で、Synchronized Queue を用いて Mac OS X, Linux 側の Cerium Task Manager の設計をし直したものである。

### 3.1 Mailbox

Mailbox は、Cell の機能の 1 つである。Mailbox は、PPE と SPE の間を双方向で、32 bit メッセージの受け渡しが可能であり、FIFO キュー構造になっている。

### 3.2 Synchronized Queue

Mailbox に対応させる形で作成した、Linux 上で動作する同期キューである。キューを操作しているスレッドが常に 1 つになるよう、バイナリセマフォで管理されている。各スレッドは、input 用と output 用として Synchronized Queue を 2 つ持っており、管理スレッドからタスクを受けて並列に実行するようになっている。

### 3.3 ベンチマーク

Word Count, Sort 及び Prime Counter の例題を用いて、計測した。比較対象として、PlayStation 3/Cell においても同様の例題を用いて計測している。表 1 に結果を示す。

#### 実験環境

- OS : CentOS 6.0
- CPU : Intel®Xeon®X5650 @2.67GHz \* 2
- Memory : 128GB

表 1 Benchmark

	Word Count	Sort	Prime Counter
PS3 (6CPU)	1268 ms	1111 ms	6669 ms
1 CPU	354 ms	846 ms	2777 ms
6 CPU	70 ms	163 ms	523 ms
12 CPU	48 ms	127 ms	345 ms
24 CPU	40 ms	100 ms	264 ms

また、図 1 に各例題をスレッド数を変更して実行した結果を示す。

表 1 より、Playstation 3/Cell と比較して、十分に速い結果が出ていることが確認できる。また、図 1 より、台数効果が確認できる。

## 4. ま と め

本稿では、既存の Cerium Task Manager の実装と新しい並列実行の機構について説明した。新しく実装した並列実行の機構を用いることによって、Mac OS X, Linux 上でのマルチプロセッサ環境に対応できる。

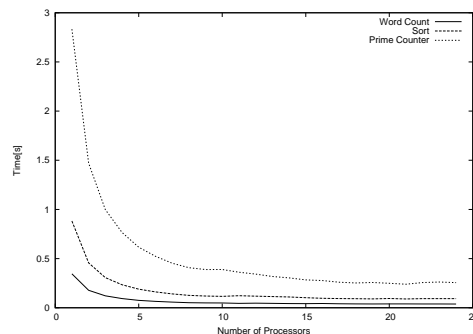


図 1 Execution time

## 参 考 文 献

- 1) 宮國渡, 河野真治, 神里晃, 杉山千秋. Cell 用の fine-grain task manager の実装. 情報処理学会システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会, April 2008.
- 2) Sony Corporation. Cell BroadbandEngine™アーキテクチャ, 2006.
- 3) 多賀野海人. Cell task manager cerium における task を用いたパイプラインの改良. Master's thesis, 琉球大学理工学研究科情報工学専攻, Feb 2011.
- 4) 金城裕, 河野真治. Cerium における dataset-segment api の設計. 日本ソフトウェア科学会第 28 会大会 (2011 年度), Sep 2011.
- 5) 金城裕, 河野真治. Fine grain task manager cerium のチューニング. 日本ソフトウェア科学会第 27 会大会 (2010 年度), Sep 2010.
- 6) International Business Machines Corporation, Sony Computer Entertainment Incorporated, Toshiba Corporation. *Cell Broadband Engine Linux Reference Implementation Application Binary Interface Specification*, 2007.
- 7) International Business Machines Corporation, Sony Computer Entertainment Incorporated, Toshiba Corporation. *C/C++ Language Extensions for Cell Broadband Engine Architecture Version 2.6*, 2008.
- 8) International Business Machines Corporation. *Software Development Kit for Multicore Acceleration Version 3.1*, 2008.
- 9) International Business Machines Corporation, Sony Computer Entertainment Incorporated, Toshiba Corporation. *SPE Runtime Management Library Version 2.3*, 2008.
- 10) Yellow Dog Linux for PowerPC Computers. <http://us.fixstars.com/products/ydl/>.
- 11) Clay Breshears. 並行コンピューティング技法 - 実践マルチコア/マルチスレッドプログラミング. オライリー・ジャパン, 12 2009.