Java 言語環境におけるスレッド移送

首藤 一幸，　村岡研究室

Thread Migration Facilities on Java Language Environment

SHUDO Kazuyuki,　Muraoka Lab.

概要

Java 言語環境上のスレッド移送を実現した。従来のプロセス移送とは異なり、OS サポートを必要とせず、異機種間の移動が可能である。また、既存の移動エージェントにはローカルに動作するプログラムと異なる記述作法が要求されたが、実行コンテクストを含めての移動によって特殊な作法を不要とした。他の応用として、スレッド移送で負荷分散を図る、スレッド外部化で耐故障性の向上を図るなどが考えられる。本稿では、スレッド移送および要素技術であるスレッド外部化、Object Marshaling、リフレクションの手法および実装、移送システムの構成、各種応用を述べる。性能評価では、移動エージェントや ORB など他の分散オブジェクトシステムと比較した。本システムの、低い移送遅延、高い転送性能が示された。

キーワード: プロセス移送, 移動エージェント, 移動コード, リフレクション, マルチスレッド
Keywords: process migration, mobile agents, mobile codes, reflection, multithreading

1　スレッド移送

本研究で移送対象をプロセスでなくスレッドとしているのは、Java 仮想計算機 (JVM) 上にあるのはスレッドのみだからである。

従来移送対象であったプロセスは互いに共有する資源をほとんど持たないので、移送対象として都合がよかった。一般にスレッドとはプロセス中の実行コンテクストであり、スレッド群はプロセスが保持する、仮想記憶など多くの資源を共有する。これら共有資源の扱いを考慮する必要がある。

スレッド間の共有資源は、現在は移送先への単純にコピーしている。実行性能を犠牲にせずに、かつプログラムのセマンティクスを崩さない手法を論文中で提案している。

2　技術

次の 2 つを転送する必要がある。

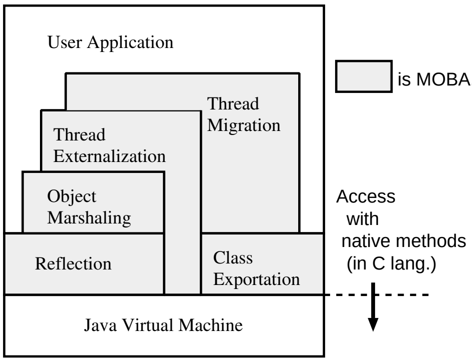

図 1: 要素技術

- スレッドの状態—実行コンテクスト
  スタックフレームごとに
  - スタックフレームに対応するメソッド
  - プログラムカウンタ (PC)
  - スタックポインタ (SP)
  - 局所変数
  - スタック上の要素 (即値, オブジェクト)
- スレッドが必要とするクラス定義

スレッドの状態はスレッド外部化 (2.1項) を利用して転送、クラス定義はシステムのクラスロード系 (3.2項) が自動的に転送、定義する。

2.1　スレッド外部化

スレッドの状態のバイト列化 (外部化)、JVM 内への再構成 (内部化) を実現した。ストリームに書き出せるので、ファイルへの保存やネットワーク経由の受渡しが可能である。

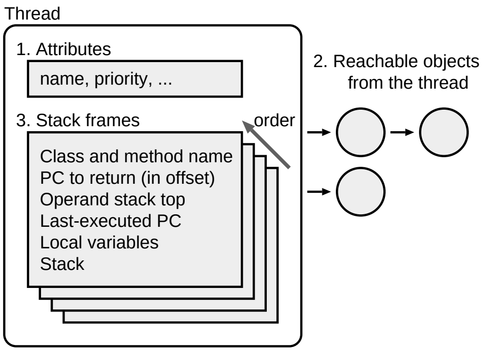

図 2: スレッド外部化

3　システム

特徴　提供しているスレッド移送システム MOBA—Mobile Agent Facilities on Java Language Environment—の特徴を挙げる。

- 実行コンテクストを含めて、異なる JVM 間で移送が可能。
- クラス定義を自動転送。移送先へのクラスファイルのインストール不要。
- 非均質環境で動作。異なるプラットフォーム間で移送が可能。
- Java Development Kit(JDK) 1.1 以上、UNIX 互換 OS 上で動作。

以降、システムの構成要素について説明する。

3.1　Place

移送スレッドが動作する場である (図 3)。

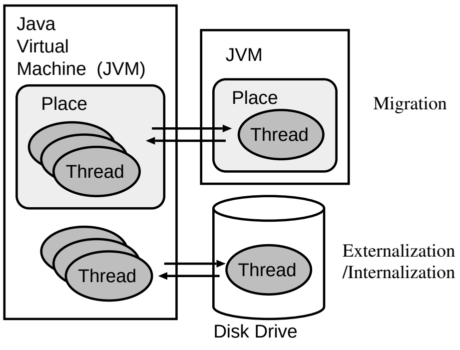

図 3: Place

3.2　サブシステム

本システムは 2 つのサブシステムを持つ (図 4)。

スレッド移送系　スレッド移送を実現する系。

クラスロード系　移送スレッドにクラス定義を提供する系。

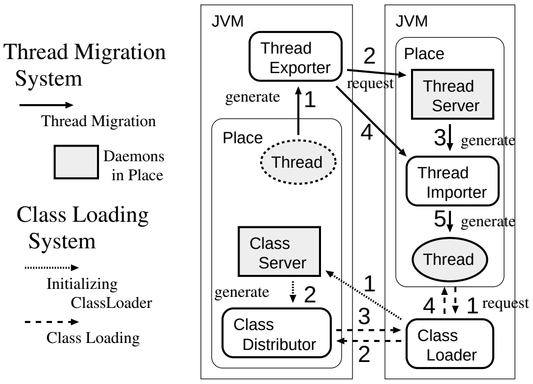

図 4: 2 つのサブシステム

4　応用

4.1　移動エージェント

既存システムとは異なり、移送先で実行を継続できるので、ローカル実行と変わらない記述が可能である。プログラミングインタフェースとして透過性が高い。

4.2　プログラムの耐故障性向上

スレッド外部化 (2.1項) を利用して、実行中のスレッドをファイルやデータベースに保存できる。

4.3　負荷分散

スレッド移送で、計算機群の負荷を均等に近づけることができる。

5　性能評価

移送遅延　agent-enhanced ORB Voyager と比較した。

MOBA	2.7×10^2(msec)
Voyager	4.7×10^2(msec)

転送性能　倍精度浮動小数点数の配列の転送性能を、各種 ORB と比較した。

	1MB	4MB
MOBA	0.99(MB/s)	2.28(MB/s)
RMI	0.61(MB/s)	0.62(MB/s)
HORB	0.21(MB/s)	0.21(MB/s)