

# 利用資源に応じたプログラム実行環境の移送方法の選択手法

谷村 直哉<sup>1</sup> 畑 翔太<sup>1</sup> 高田 僚介<sup>1</sup> 横山 和俊<sup>1</sup>

**概要：**近年の広域分散システムでは計算機を効率よく利用するために、応用プログラムの実行環境を他の計算機へ移送し、再配置することが頻繁に行われる。応用プログラムの実行環境を移送する代表的な技術に、仮想マシンを用いる方法がある。しかし、この移送方法を利用する場合、仮想マシンイメージ全てを移送する必要があり、移送に時間がかかってしまう。そこで本稿では、応用プログラムが利用する資源に限られている場合、その資源を隔離する軽量な仮想化技術を用いた移送方式を選択することで、効率の良い移送を実現する手法を提案する。

## 1. はじめに

データセンタやクラウドコンピューティングは、地理的に分散した広域分散システムとして実現されることが多い。これらのシステム形態では、計算機を効率良く利用するために、応用プログラム（以降、AP と略す）を実行する計算機を変更し再配置することが頻繁に行われる。つまり、広域分散システム環境で AP の実行環境を移送する技術が重要となっている。

AP とその実行環境を移送させる場合、移送先での安全な実行を保証するため、移送された AP を隔離して実行する必要がある。隔離を実現する代表的な方法として、ハードウェア仮想化方式がある。この方式では、仮想マシンモニタ上の仮想マシンが AP の実行環境であり、仮想マシン単位で隔離が実現される。また、AP の実行環境は仮想マシン単位で移送する必要がある。そのため、広域分散システム環境での仮想マシンの移送は、仮想マシンのイメージをすべて移送先に転送する必要があり、移送に時間がかかることが問題である [1]。

本研究では、AP が利用する資源に限られている場合、より軽量な仮想化技術が使えることに着目する。すなわち、AP が利用する資源を監視し、その資源の隔離を保証する、より軽量な仮想化技術を選択することで、AP 実行環境を効率的に移送する手法を提案する。

## 2. 資源アクセスと仮想化方式

### 2.1 資源アクセス

AP が利用する資源アクセスは、大きく以下の 3 種類に

分類することができる。

#### (1) ファイルアクセス

ファイルアクセスとは、AP がファイルや特殊デバイスへアクセスすることである。また、AP の実行中には自身のプログラムファイルや共有ライブラリファイルを参照することがある。

#### (2) ネットワーク通信

ネットワーク通信とは、AP がネットワークソケットを利用し他の計算機上の AP と通信を行うことである。

#### (3) プロセス間通信 (IPC)

IPC とは、プロセス間における通信のことである。これには、セマフォ、共有メモリなどが挙げられる。

### 2.2 仮想化方式

AP の実行環境を隔離する仮想化方式の代表的なものとして、以下の 3 つが挙げられる。

#### (1) ファイルシステム仮想化

ファイルシステム仮想化とは、ルートディレクトリを置き換えることで、プロセスのアクセスするファイルパスを隠蔽する仮想化方式である。

#### (2) OS 仮想化

OS 仮想化はコンテナ型仮想化技術とも呼ばれ、プロセスをコンテナとしてホスト OS 上に配置する事で、各コンテナを隔離して動作させる仮想化方式である。

#### (3) ハードウェア仮想化

ハードウェア仮想化とは、ホスト OS、あるいはハイパーバイザー上で仮想マシンを動作させる仮想化方式である。それぞれの仮想マシン間は完全に隔離されている。

<sup>1</sup> 高知工科大学  
Kochi University of Technology

### 3. プログラム実行環境の移送モデル

#### 3.1 移送モデル

AP が利用する資源に応じ、適切な仮想化方式を選択する移送方法について説明する。ここでは、ケーススタディとして、ファイルシステム仮想化として chroot システムコール、OS 仮想化として FreeBSD jail、ハードウェア仮想化として VMware ESXi を利用した場合について考察する。表 1 に、AP が利用する資源と仮想化方式の関係を示す。

表 1 各仮想化方式における資源の隔離

仮想環境 \ AP の操作資源	ファイルシステム 仮想化 (chroot)	OS 仮想化 (jail)	ハードウェア仮想化 (ESXi)
ファイルアクセス	隔離	隔離	隔離
ネットワーク通信	隔離されない	隔離	隔離
IPC(名前付きパイプを除く)	隔離されない	隔離されない	隔離

AP がファイルアクセスのみを利用する場合について説明する。ファイルアクセスが隔離できているとは、「ある AP は、他の AP が利用するファイルと関係なく任意のファイルやディレクトリを利用できる」ことである。表 1 に示すように、どの隔離方式でもファイルシステムを隔離できる。次に、ネットワーク通信の隔離について説明する。ネットワーク通信が隔離できているとは、「ある AP は、他の AP が利用するソケットと関係なく、任意のソケットが利用できる」ということ示している。ソケットは、jail と ESXi で隔離できるが、chroot では隔離できない。最後に、IPC 資源の隔離について説明する。IPC が隔離できているとは、「ある AP は、他の AP が利用する IPC 識別子と関係なく、任意の IPC 識別子で利用できる」ということである。IPC は、ESXi でのみ隔離でき、jail と chroot では隔離することができない。

上記をまとめると、AP が利用する資源によって、選択できる仮想化方式は以下のようになる。

- (1) ファイルアクセスのみを利用する場合は、仮想化方式として、chroot, jail, ESXi が適用できる。
- (2) ネットワーク通信のみを利用する場合、または、ファイルアクセスとネットワーク通信のみを利用する場合、jail と ESXi の仮想化方式が適用できる。
- (3) IPC を利用する場合は、ESXi のみが適用できる。

#### 3.2 AP の実行環境移送処理

各仮想化方式について、AP 実行環境の移送に必要な処理を以下に説明する。

##### (1) ファイルシステム仮想化

AP と AP が利用するファイルのみを移送する。AP

にリンクされる共有ライブラリファイルなどは、移送先のファイルを用いる。

##### (2) OS 仮想化

AP, データファイル, 及び共有ライブラリファイルを移送する。その後、移送先でこれらを展開し、コンテナを構築する。

##### (3) ハードウェア仮想化

仮想マシンのイメージを作成し移送する。その後、仮想マシンのイメージを再起動することで環境を構築する。

ここでは、移送データ量について考察する。今回考察を行う環境は、ホスト OS として FreeBSD9.2, OS 仮想化として FreeBSD jail, ハードウェア仮想化として VMware ESXi を利用した。この環境上で測定した移送データ量を表 2 に示す。なお、jail の移送データ量は buildworld で作成されるライブラリ群であり、ESXi の移送データ量は FreeBSD のスナップショットである。

表 2 移送データ量の実測値

特徴 \ 仮想化方式	ファイルシステム仮想化	OS 仮想化 (jail)	ハードウェア仮想化 (ESXi)
移送データ量	AP + 資源	AP + 資源 + 約 1108MB	約 2098MB

表 2 に示すように、ファイルシステム仮想化のデータ量が最も小さく、AP と資源のみである。OS 仮想化は、AP と資源以外に、約 1 GB の実行環境を移送する必要がある。ハードウェア仮想化では、仮想マシンのイメージすべて約 2 GB を移送する必要がある。つまり、利用している資源により、実行環境を隔離する仮想化方式を選択することで、移送時間を短縮することが可能である。

### 4. まとめ

本稿では、AP の操作する資源に着目し、資源別に隔離を保証する各仮想化方式と照らし合わせることで、効率的に AP 実行環境を移送する手法について述べた。

今後の課題として、提案手法を実現し、移送時間を評価することが挙げられる。

#### 参考文献

- [1] 広瀬崇宏 マウリシオツガワ 中田秀基 伊藤智 関口智嗣: 仮想マシンの超広域ライブマイグレーションにむけたベストエフォート型状態同期機構の試作, 情報処理学会研究報告, 2012-OS-121.