

IT システムの構成変更計画に対する実行制御システムの提案

村瀬香緒里^{†1} 永井崇之^{†1} 江丸裕教^{†1} 牧晋広^{†1}

概要 : IT インフラ仮想化技術の進展により、仮想化した IT インフラの構成を動的に変更できるようになった。これにより、IT システムのメンテナンスにおける IT インフラの構成変更はダウンタイムなしで実行可能となった。一方で、近年の IT システムの負荷変動は激しく、予測しにくいいため、構成変更中にも IT システムに問題が発生する可能性がある。その場合、発生した問題が実行中の構成変更の影響によるものか否かに基づいて、一連の構成変更処理の中断、見直しする対応が必要になる。しかし、IT システムの大規模化、複雑化により、構成変更による影響範囲の特定、及び、構成変更中断、見直しの判断は難しく、IT システム管理者は、誤った判断をする場合がある。本研究では、構成変更実行中に IT システムに問題が発生した際、構成変更の影響範囲に基づいて構成変更を続行すべきか否かを判断し、ルールベースで構成変更処理を自動制御する機能を提案する。本研究では、本提案機能を実装し、実ケースで効果あることを実証した。

キーワード : IT システム運用管理, 構成管理, 構成変更プラン, 自動化

The Proposal of Execution Control System for the Plans of Configuration Changes of IT System

KAORI MURASE^{†1} TAKAYUKI NAGAI^{†1}
HIRONORI EMARU^{†1} NOBUHIRO MAKI^{†1}

1. はじめに

近年、IT システムの機器コスト削減のために IT システムを構成するハードウェアリソースの仮想化が進んでいる。この仮想化技術の発展により、IT システムはダウンタイムなしで、利用するハードウェアリソースを変更できるようになった。例えば、サーバの仮想化技術では、物理サーバ上で動作する仮想的なサーバ(以下、仮想マシンと表記)が、動作停止なしで別の物理サーバに移行できる。ストレージシステムの仮想化技術では、サーバからのアクセスを許可しつつ、データ(ボリューム)を別のハードディスクに移行させることができる。

これにより、従来は IT システムを一時停止して実施していたパフォーマンス低下対策のためのハードウェアリソースの追加や、OS/ファームウェアのアップデート等によるメンテナンスを、ダウンタイムなしで実施できるようになった。例えば、IT システムのパフォーマンス低下対策の場合、仮想マシンをリソース消費が少ない別の物理サーバに移行させたり、物理サーバのメンテナンスを実施する場合は、別の物理サーバに一時的に仮想マシンを移行させて、空いた物理サーバをメンテナンスしたりする、等の方法を取ることが可能となった。

しかし、前述のような IT システムの構成変更や設定変更は、各ハードウェアリソースの空き容量や各 IT システムのリソース消費量を確認し、さらに、今後の消費量を予測した上で、決定しなければならない。そのため、IT システム

管理者は構成/設定変更プラン立案のために、高度な知識と、多くの時間を要求される。

この問題に対し、プラン立案や立案したプランの実行を自動化する技術が提案されている[1][2][3][4]。

これらの技術が提案する構成変更は、実行開始から終了まである程度の時間が必要となるケースがある。そのため、構成変更中に IT システムの問題を検知した場合、一連の構成変更処理の中断、見直し等の対応が必要になる場合がある。構成変更を中断するか否かは、発生した問題が実行中の構成変更の影響によるものか否かに基づいて IT システム管理者が判断しなければならない。構成変更の影響とは、例えば、構成変更を実行する上で発生するハードウェアへの負荷やリソースの消費によって引き起こされる、ハードウェアやソフトウェアのパフォーマンスの低下等である。

しかし、近年の IT システムの構成は規模が大きく複雑であり、また、構成変更の内容や進捗状況によって引き起こす影響も異なる。そのため、構成変更による影響事象の特定、及び、構成変更中断、見直しをすべきか否かの判断は難しい。そのため、IT システム管理者は、中断する必要のない構成変更を中断する等、誤った判断をする場合がある。

本研究では、構成変更プラン実行中に IT システムに問題が発生した際、構成変更を続行すべきか否か適切に判断し、構成変更処理を自動制御する機能を提案する。

以下、2 章では、関連技術として、構成変更プラン立案・実行自動化技術とそれらに発生しうる課題について述べ、

^{†1}(株)日立製作所
Hitachi Ltd.

3 章ではそれを解決する提案手法について述べる。4 章では、あるユースケースを対象に提案手法を実装して評価した結果と、提案手法の有用性について述べる。

2. 関連技術と本研究が取り上げる課題

2.1.1 関連技術

IT システムのプロビジョニング時や保守時、障害対応時における構成/設定変更作業は、IT システムの構成や性能を熟知した IT システム管理者が、各ハードウェアリソースの空き容量や各 IT システムのリソース消費量を確認し、さらに、今後の消費量を予測した上で、決定しなければならず、高度な知識と、多くの時間を要求されていた。

この問題に対し、永井ら、金子ら、加藤らは、IT システムのプロビジョニング時や、障害発生時における構成/設定変更のプラン立案を自動化する技術を提案している [1][2][3]。また、頻繁に実行される構成/設定変更の処理をテンプレート化して自動実行する構成管理ツールやオーケストレータなどの運用管理自動化ツールの研究や提供も多くされている [4][5][6]。これらの技術を組み合わせることにより、構成/設定変更のプラン立案及び実行を自動化することができる (図 1)。

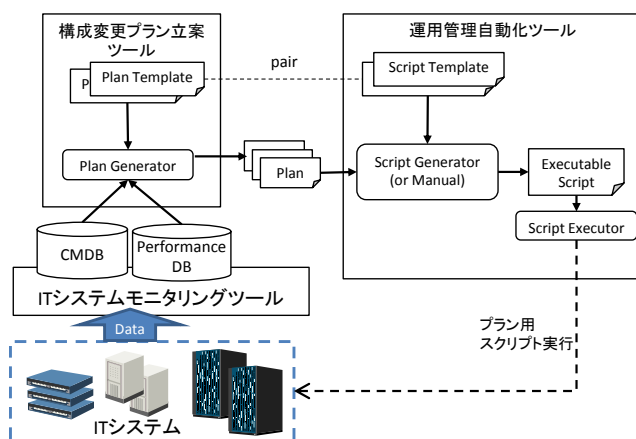


図 1 従来技術による構成変更自動化システムの構成
Figure 1 The automation system of configuration change by the conventional technologies .

これらの技術ではいずれも、どのシステム構成要素に対して、どのような処理を実行すべきかが、テンプレートによって定義されている。そのため、実際の IT システムの構成情報や状態・パフォーマンス情報に基づいて、テンプレートを具体的な処理に変換することで、構成/設定変更プラン立案や実行処理のテンプレートを異なる IT システムで再利用可能となっている。

2.1.2 本研究が取り上げる関連技術の課題

仮想化技術の発展により、2.1.1 の関連技術に例示される構成/設定変更プランや実行処理には、IT システムを停止することなく構成/設定変更を実行するものが多く含まれる。そのため、変更処理中に IT システムで問題を検知した場合、一連の変更処理の中断、見直し等の対応が必要になる場合がある。しかし、構成変更を中断するか否かは、発生した問題が実行中の構成変更の影響によるものか否かに基づいて IT システム管理者が判断しなければならない。構成変更の影響とは、例えば、構成変更を実行する上で発生するハードウェアへの負荷やリソースの消費によって引き起こされる、ハードウェアやソフトウェアのパフォーマンスの低下等である。

しかし、近年の IT システムの構成は規模が大きく複雑であり、また、構成変更の内容や進捗状況によって引き起こす影響も異なる。そのため、構成変更による影響事象の特定、及び、構成変更中断、見直しをすべきか否かの判断は難しく、IT システム管理者は、中断する必要のない構成変更を中断する等、誤った判断をする場合がある。

関連技術においては、実行した構成/設定変更処理がエラーを返したり、実行できなかったりした場合には一連の処理を中断するなどの定義が可能である。しかし、変更処理の実行対象の影響範囲における異常を検知した際の、対処までは定義できない。

3. プラン制御システム

本研究では、構成変更/設定変更プラン立案技術が利用されていることを前提とし、生成したプラン実行中に IT システムに問題が発生した際、プラン実行を続行すべきか否か適切に判断し、プランによる構成/設定変更処理を自動制御する機能を提案することを目的とする。

具体的には、以下の処理を実行するプラン制御システムを提案する。

- プランを構成する最小単位処理(以下、タスクと表記)毎に影響事象を導出する
- プランを構成するタスク及びその影響事象に基づいてプラン制御処理(例えば、プランの中断)を実行する条件を決定する
- プラン実行開始後に、IT システム状態とプランの実行ステータスを監視し、条件を満たしたプランに対して、プラン制御処理(例えば、プランの中断)を実行する

提案するプラン制御システムの概要を図 2 に示す。以下では、プラン制御システムが事前に有するデータ、及び、プラン制御システムが実行する具体的な処理の流れを示す。

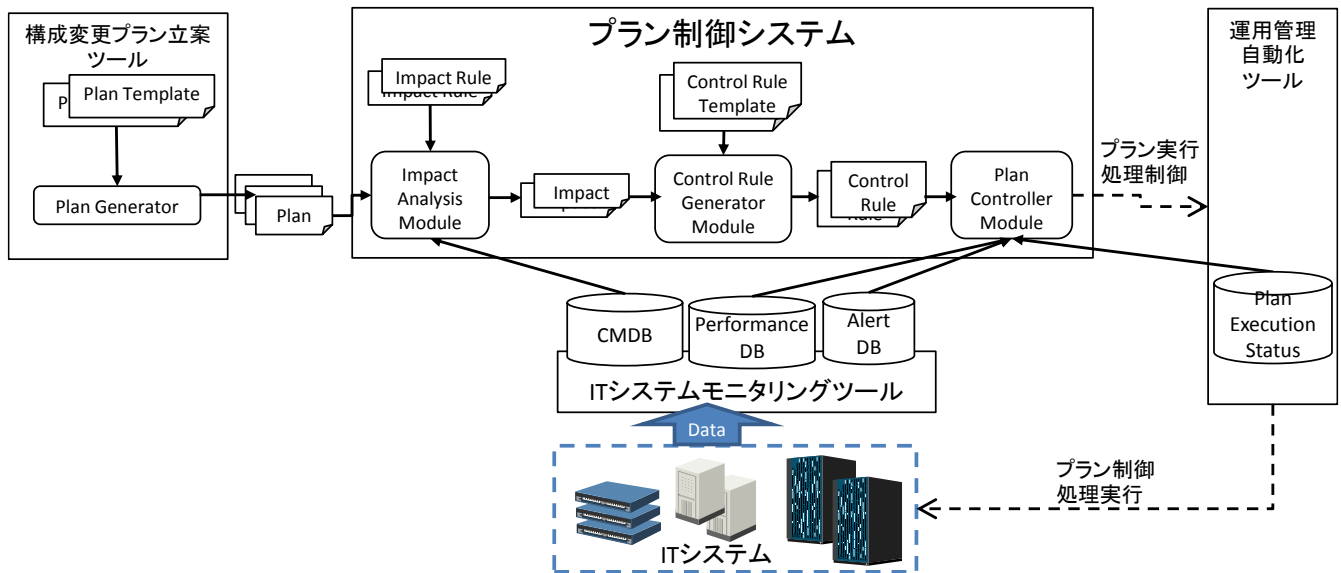


図 2 プラン制御システム
Figure 2 Plan Control System.

3.1 プラン制御システムが事前に有するデータ

プラン制御システムでは、事前に以下に示す2つのデータを有していることを前提とする。

(1) Impact Rule

Impact Rule は構成/設定変更プラン立案技術によって導出されたプランを構成するタスクの影響事象を導出するルール。タスクの実行によって影響を受けるリソースと発生する現象が定義される。Impact Rule はタスクの種別ごとに定義される。例えば、「仮想マシンの Hot Migration」というタスク種別に対し、「移行先の物理サーバ」というリソースに「CPU 使用率上昇」という現象が発生することを定義する。

(2) Control Rule Template

取りうるプラン制御処理と、プラン制御処理の実行条件の組を導出するための定義。タスクの種別ごとに定義される。例えば、仮想マシンの Hot Migration というタスク種別に対し、「影響事象が異常値になる」かつ「タスクが進行中」かつ「タスクの進捗率が 90%以下」という条件の場合に「プランを中断する」という処理を実行することを定義する。

3.2 プラン制御システムが実行する処理

プラン制御システムは、構成/設定変更プラン立案技術によってプランが導出されると以下の処理を実行する。

(1) 影響事象の導出

プラン制御システムは、構成/設定変更プラン立案技術によって生成され、かつ、実行が決定したプランを入力とし、Impact Analysis Module の処理を実行する。Impact Analysis Module は、入力されたプラン、Impact Rule、IT システムの構成情報に基づいて、プランを構成するタスク毎に影響事象を導出する。

Impact Rule とそれによって導出される影響事象の例を図

3 に示す。

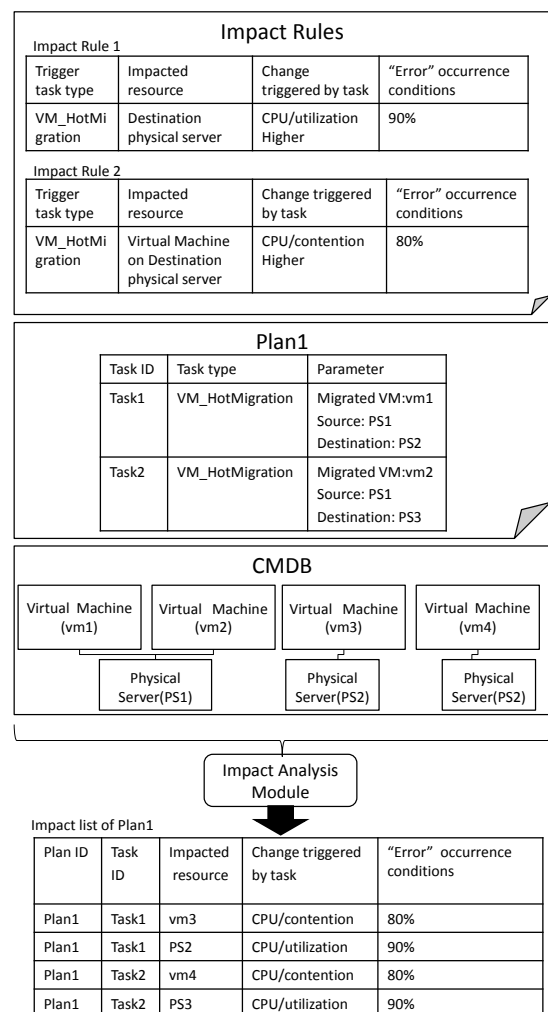


図 3 プラン影響事象の導出処理
Figure 3 Process of deriving impacts of a plan.

図 3 に示す Impact Rule2 は、仮想マシンの Hot Migration を実行した際には、移行先の物理サーバ上で稼動する仮想マシンの CPU 競合率が上昇することを定義している。また、Impact Rule2 では、CPU 競合率が異常(Error)とみなすための判定条件は 80%と定義している。仮想マシン vm1 を物理サーバ PS2 に Hot Migration するタスク Task1 を含むプラン Plan1 を実行する際には、タスク Task1 実行開始後に物理サーバ PS2 上で動作する仮想マシン vm3 の CPU 競合時間に影響を与えることを導出し、Plan1 の影響事象リスト(Impact list of Plan1)に追記する。

(2) 制御ルールの生成

プラン制御システムは、(1)の影響事象と Control Rule Template に基づいて、入力されたプランに対し、取りうるプラン制御処理とその実行条件を導出する。

Control Rule Template とそれによって導出される制御ルール(Control Rule)の例を図 4 に示す。

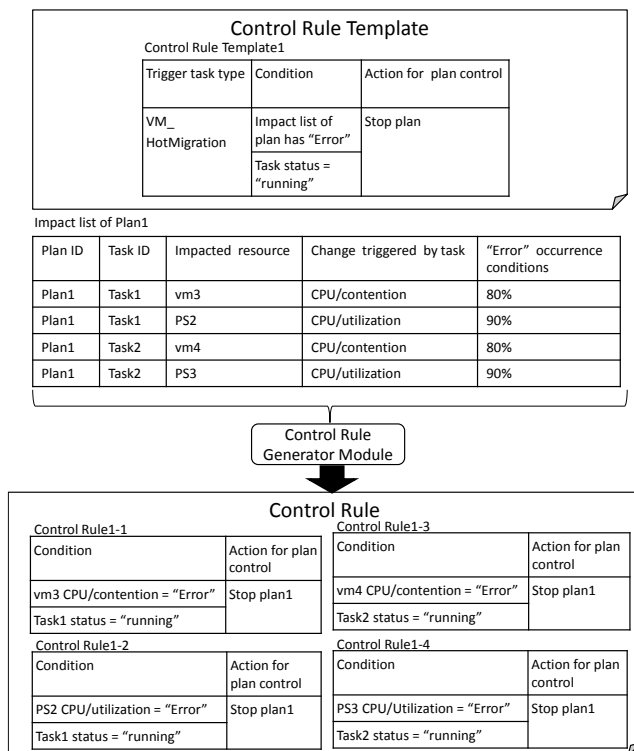


図 4 プランに対する制御ルールの生成処理

Figure 4 Process of generating control rules of a plan.

図 4 の Control Rule Template1 は、仮想マシンの Hot Migration をタスクとして含むプランに対する制御ルールを生成するためのテンプレートである。Control Rule Template1 は、(1)で生成した影響事象で異常な値を観測し(図 4 では"Error"と表現)、かつ、Hot Migration のタスクのステータスが"running(実行中)"であった場合に、プランの実行を中断するというルールを生成することを示す。こ

の Control Rule Template1 と図 4 の Impact list of Plan1 から生成される図 4 のプラン Plan1 に対する制御ルール(Control Rule)は図 4 の Control Rule1-1~4 の 4 つとなる。

例えば、Control Rule1-1 は、仮想マシン vm3 の CPU 競合率が異常状態になり、かつ、タスク Task1 が実行中であった場合は、プラン Plan1 を中断するというルールとなる。

(3) プラン制御実行

プラン制御システムは、プランの実行が開始されると、(1)の影響事象とプラン実行のステータスを、監視し、(2)の制御ルール(Control Rule)の条件(Condition)をすべて満たした場合に、プランを制御する処理を実行する。

プラン制御の処理フローの例を図 5 に示す。

図 5 では、まず、プラン制御システムの Plan Controller Module が IT システムのパフォーマンス異常のイベントやプラン実行開始イベントなどを受信する(図 5(3-1))。Plan Controller Module は、受信したイベントが制御ルール(Control Rule)の条件に合致した場合、制御ルールの各条件のステータスを「True」に更新する(図 5(3-2))。5 の場合、Control Rule 1-1 の条件に合致したイベントを受信したのでステータスを更新する。Control Rule 1-1 の条件のステータスがすべて「True」になった時点で、Control Rule 1-1 の Action for plan control に記載された制御処理「Plan1 の中断」の命令を、タスクを実行しているツールに発行すし(図 5(3-3))、タスクを実行しているツールは「Plan1 の中断」の処理を対象となる IT システムに対して実行する(図 5(3-4))。

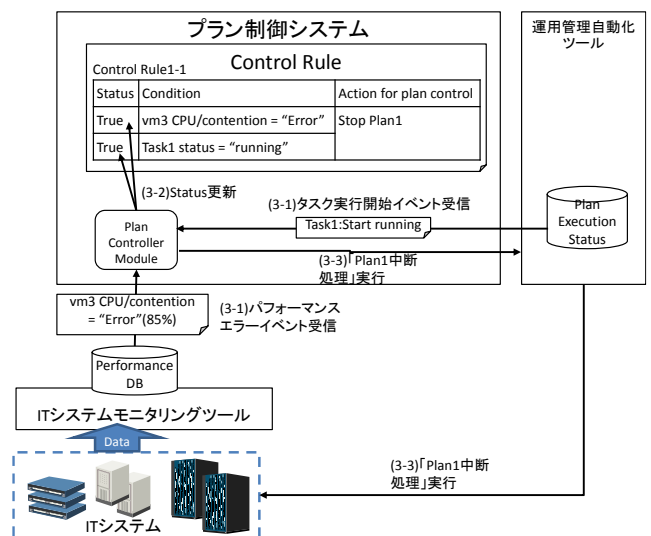


図 5 プラン制御処理

Figure 5 Process of controlling a plan.

以上で提案したシステムにより、構成/設定変更プラン立案技術で生成したプランによる構成変更中に IT システムや提供する IT サービスの問題を検知した場合に、検知した問題がプラン実行の影響によるものか否かを判定し、プランの影響による場合にのみ、プラン全体を中断するなどの

プランの自動制御を実現することができる。

4. 実装・評価

本研究では、3章で提案したプラン制御システムの一部を実装した。また、実装したシステムを用いて、特定のユースケースを実現できるか否かを評価した。本章では、実装したシステムとその評価について述べる。

4.1 実装

本研究では、3章で提案したプラン制御システムのうち、制御ルール生成後の処理を実装した。実装した範囲、及び構成を図6に示す。

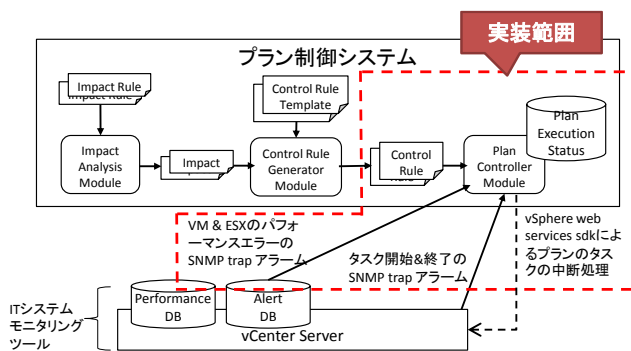


図6 本研究のプラン制御システムの実装範囲

Figure 6 The coverage of implements of plan control system in this research.

提案するプラン制御システムをVMware社のサーバ仮想化環境に適用することを想定して実装を行った。ITシステムの性能・状態情報の管理ツール(図2のITシステムモニタリングツールにあたる)としてvCenter Server[7]を使用した。運用自動化ツール(図2の運用自動化ツールにあたる)は今回使用せず、プランの制御処理はvSphere Web services SDK[8]を利用してvCenter Serverに対して直接制御を行った。また、プランの実行ステータス情報の管理は、Plan Controller Moduleに実装し、vCenter Serverからタスクの開始、終了イベントをSNMPトラップイベントとしてPlan Controller Moduleに送信することで実現した。

Plan Controller Moduleの処理概要を以下に示す。

- (1) Plan Controller Moduleはプランが実行されるとSNMPトラップの受信待ち状態で待機する。
- (2) vCenter Serverはタスク開始/終了時にSNMPトラップイベントをPlan Controller Moduleに送信し、Plan Controller Moduleはトラップイベントを受信すると、プラン及びプランを構成する各タスクの進捗状況を更新する。
- (3) vCenter ServerはESXサーバのメモリ使用率が閾値超過時に、SNMPトラップイベントをPlan Controller Moduleに送信し、Plan Controller Moduleはトラップイベントを受信すると、受信したイベントが制御ルールの条件に合致していた場合は、該当する制御ルールの条件を「True」状態

に更新する。この時、制御ルールの条件がすべて「True」となった場合には、制御ルールに記述されたプラン制御処理を、vSphere web services SDKを介して、vCenter Serverに対して実行する。

4.2 評価実験

本研究では、以下のユースケースを想定し、実装したプラン制御システムが想定どおり動作するかを検証した。

(1) ユースケースシナリオ

<事前準備>

- 仮想マシンのHot Migration中に、移行中の仮想マシンのメモリ使用率がError状態(仮想マシン移行開始後、メモリ使用率が1分間95%以上になると予測される状態)になった場合、プランを中断する制御ルールテンプレートを用意する。

<メインシナリオ>

- ITシステム管理者が、ESXサーバのメンテナンスを実施するために、あるESXサーバ及びデータストア上のすべてのVMを別のESXサーバ及びデータストアにHot Migrationさせる構成変更プランを実行する。
- プラン実行中に移行中の仮想マシンのメモリ使用率がError状態になったため、プラン制御システムがプランを中断する。

(2) 実行環境

評価実験でプラン制御システムを適用した管理対象ITシステムを図7、及び、表1、表2に示す。

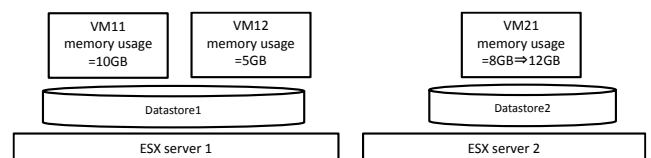


図7 評価実験における管理対象ITシステム

Figure 7 Managed IT system in the evaluation experiment.

表1 評価実験の管理対象ITシステムのスペック(1)

Table 1 Spec of Managed IT system in the evaluation experiment (1).

	ESX Server1	ESX Server2	VM11	VM12	VM21
CPU	2.40GHz 16 Core	2.40GHz 16 Core	8 Core	8 Core	8 Core
Memory	32GB	32GB	16GB	8GB	16GB
HDD	500GB	500GB	45GB	45GB	35 GB
OS	ESXi 5.5	ESXi 5.5	CentOS 6	CentOS 6	CentOS 6

表 2 評価実験の管理対象 IT システムのスペック (2)

Table 2 Spec of Managed IT system in the evaluation experiment (2).

	Datastore1	Datastore2
Capacity	457.0GB	459.5 GB
Interface	SATA II /300	SATA II /300
回転数	7200r/min	7200r/min

管理対象 IT システムは VMware 社の仮想化サーバである ESX サーバ 2 台とその上で動作する仮想マシン 3 台とする。ESX サーバには、DAS (direct-attached storage) をストレージとするデータストアが 1 つずつ割り当てられている。また、各仮想マシンは定常的にメモリ負荷がかかっており、そのメモリ負荷は各々、VM11 が約 10GB(使用率:約 63%)、VM12 が 5GB(使用率:約 63%)、VM21 が 8GB(使用率:約 50%)となっている (メモリ負荷は stress コマンドによる)。

(3) 評価対象プランと制御ルール

評価実験で実行するプランを図 8 に示す。

適用するプランは、仮想マシン VM11、及び、VM12 を ESX server1 及び Datastore1 から ESX server 2、及び、Datastore2 に Hot Migration するものとする。

plan1		
Task ID	Task type	Parameter
Task1	VM_HotMigration	Migrated VM:vm11 SourceHost: ESX server 1 DestinationHost: ESX server 2 SourceDatastore:Datastore1 DestinationDatastore:Datastore2
Task2	VM_HotMigration	Migrated VM:vm12 SourceHost: ESX server 1 DestinationHost: ESX server 2 SourceDatastore:Datastore1 DestinationDatastore:Datastore2

図 8 評価実験における構成変更プラン

Figure 8 The configuration change plan in the evaluation experiment.

評価実験で適用する制御ルールを図 9 に示す。

Control Rule	
Control Rule1	
Condition	Action for plan control
ESX server 2 memory/usage_rate = "Error" (50%以上が1分間)	Stop plan1
Task1 status = "running"	
Control Rule2	
Condition	Action for plan control
ESX server 2 memory/usage_rate = "Error" (50%以上が1分間)	Stop plan1
Task2 status = "running"	

図 9 評価実験における制御ルール

Figure 9 The control rules in the evaluation experiment.

評価実験で適用した制御ルールは、仮想マシンの移行先の ESX サーバにおいて、予測外の負荷が発生し、仮想マシン移行後に ESX サーバのメモリ使用率が 95%以上になると予測される状態になった場合に実行中のプランを中断するという制御ルールである。

本実験の場合、移行仮想マシン VM11, VM12 のメモリ使用量はそれぞれ約 10GB, 約 5GB であり、移行先の ESX サーバ ESX Server 2 の総メモリ容量が 32GB であったことから、

$$95 - (10GB + 5GB) / 32GB \times 100 = 48.125 (\%)$$

が ESX Server 2 のメモリ使用率が Error であると判断する閾値となる。

vCenter Server のアラーム設定の制約により、本実験では ESX Server 2 のメモリ使用率のアラームのトリガ条件を「50%以上が 1 分間続いた場合」とした。

(4) 実験実施手順

- ① 各仮想マシンに、各々 stress コマンドで以下のようにメモリ負荷をかける。
 - VM11: 10GB (コマンド:stress -m 2 -vm-bytes 5120M)
 - VM12: 5GB (コマンド:stress -m 1 -vm-bytes 5120M)
 - VM21: 8GB (コマンド:stress -m 1 -vm-bytes 8192M)
- ② 図 9 プランを vCenter Server から実行する。
- ③ ②とほぼ同時刻に VM21 に、stress コマンドで以下のように追加のメモリ負荷をかける。
 - VM21: 4GB(コマンド:stress -m 1 -vm-bytes 4048M)

4.3 実験結果と考察

評価実験実行時の仮想マシン VM11, VM12, VM21、及び ESX サーバ ESX Server 2 のメモリ負荷の推移と、タスク実行開始時刻、ESX サーバのアラーム発生時刻、プラン中断(タスクキャンセル)時刻の関係を図 10 に示す。

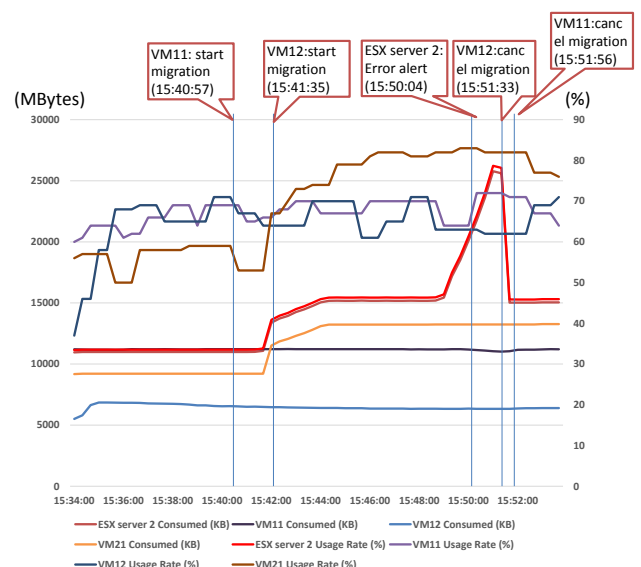


図 10 評価実験結果

Figure 10 The result of evaluation experiment.

本実験では、仮想マシンの移行先 ESX サーバ ESX server 2 でメモリ使用率のエラーアラームが発生してから、プランの中断処理を完了する(vCenter Server が 2 つの Hot Migration タスクの中断処理を完了する)までを約 1 分 52 秒で実行できることを確認した。この結果から、提案システムによって、仮想マシンを Hot Migration するプランの実行中に、移行先の ESX サーバでメモリ負荷が異常上昇した際、自動でプランを中断するというプラン制御システムの 1 ユースケースが成り立つことを実証できた。

5. おわりに

本研究では、構成変更プラン実行中に IT システムに問題が発生した際、構成変更を続行すべきか否かを構成変更の影響事象を考慮して適切に判断し、構成変更処理を自動制御するシステムを提案した。これにより、近年規模が大きく複雑になっている IT システムに対し、構成変更中断、見直しの判断を短時間で実施できる、かつ、誤判断を減らすことができる。

本研究では、提案したシステムの一部を実装し、評価実験を行った。その結果、特定の 1 つのユースケースにおいて、提案システムが有用であることが実証できた。

本手法は制御ルールテンプレートを事前に用意することが前提となる。今後の課題としては、制御ルールテンプレート作成の容易化手法の検討が挙げられる。また、本研究では、1 つのユースケースを取り上げ、提案システムの有用性を評価したが、今後は適用ユースケースのリストアップと本システムを適用した場合の有用性評価が必要とな

る。

謝辞 本研究にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 永井崇之,名倉正剛, 中島淳,平島陽子,森村知弘. IT システム向け障害対処プラン自動生成システムの検討. 電子情報通信学会技術研究報告 情報通信マネジメント 112, 2013, pp.125-130.
- [2] 金子聡, 中島淳, 坂下幸徳. 大規模クラウドにおける IaaS 向け VM 作成手順削減方式. 情報処理学会インターネットと運用技術シンポジウム 2012 論文集. 2012, pp.102-109.
- [3] 加藤裕, 敷田幹文. 障害予測における最適な障害回避手段の提示法. 情報処理学会インターネットと運用技術シンポジウム 2012 論文集. 2012, pp.110-116.
- [4] 黒田貴之, 中野谷学, 北野敦資, 登内敏夫. 配備エージェントを組換え可能なテンプレート型プロビジョニング手法の提案. 情報処理学会インターネットと運用技術シンポジウム 2016 論文集. 2016, pp.1-8.
- [5] “Heat-OpenStack”. <https://wiki.openstack.org/wiki/Heat>, (参照 2017-09-07).
- [6] “Chef – Automate IT Infrastructure”. <https://www.chef.io/chef/>, (参照 2017-09-07).
- [7] “vSphere 管理向け vCenter Server”. <https://www.vmware.com/jp/products/vcenter-server.html>, (参照 2017-09-07)
- [8] “VMware vSphere Web Services SDK Documentation”, <https://www.vmware.com/support/developer/vc-sdk/>, (参照 2017-09-07)
- [9] “Stress project page”. <http://people.seas.harvard.edu/~apw/stress/>, (参照 2017-09-07)