

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5614226号
(P5614226)

(45) 発行日 平成26年10月29日 (2014. 10. 29)

(24) 登録日 平成26年9月19日 (2014. 9. 19)

(51) Int. Cl. F I
G 0 6 F 9/46 (2006. 01) G O 6 F 9/46 3 5 0
G 0 6 F 9/50 (2006. 01) G O 6 F 9/46 4 6 5 D

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2010-233020 (P2010-233020)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成22年10月15日 (2010. 10. 15)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2012-88808 (P2012-88808A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成24年5月10日 (2012. 5. 10)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成25年8月5日 (2013. 8. 5)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	関口 敦二
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	松原 正純
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	和田 裕二
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 仮想マシン制御装置、仮想マシン制御プログラムおよび仮想マシン制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

仮想マシンの第1のライブマイグレーションが開始された場合に、前記仮想マシンおよび他に動作している他の仮想マシンの処理状況を取得する取得部と、

前記取得部によって取得された各仮想マシンの処理状況を用いて、前記第1のライブマイグレーションが開始された仮想マシンの処理状況と前記他の仮想マシンの処理状況との相関係数を算出する算出部と、

前記算出部によって算出された相関係数が正の値である他の仮想マシンの第2のライブマイグレーションの実行を、前記第1のライブマイグレーションの実行中に開始する実行部と

を有することを特徴とする仮想マシン制御装置。

【請求項 2】

前記取得部は、前記第1のライブマイグレーションが開始された場合に、開始された時刻の前後所定時間内における、前記仮想マシンおよび他に動作している仮想マシンの処理状況を取得し、

前記算出部は、前記第1のライブマイグレーションが開始された時刻の前後所定時間内における各仮想マシンの処理状況を用いて、前記第1のライブマイグレーションが開始された仮想マシンの処理状況と前記他の仮想マシンの処理状況との相関係数を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の仮想マシン制御装置。

【請求項 3】

前記各仮想マシンにおける単位時間あたりのメモリ書き換え割合を用いて前記各仮想マシンの転送時間を算出し、算出した転送時間に基づいて、前記第1のライブマイグレーションの終了までにライブマイグレーションが終了する仮想マシンを特定する特定部をさらに有し、

前記実行部は、前記特定部によって特定された仮想マシンのうち、前記算出部によって算出された相関係数が正の値である他の仮想マシンの前記第2のライブマイグレーションを実行することを特徴とする請求項1または2に記載の仮想マシン制御装置。

【請求項4】

前記算出部によって算出された各仮想マシン間の相関係数を記憶する記憶部をさらに有し、

10

前記実行部は、前記第1のライブマイグレーションが開始された場合に、前記記憶部に記憶される当該仮想マシンの処理状況と他の仮想マシンの処理状況との相関係数が正の値である他の仮想マシンの前記第2のライブマイグレーションの実行を、前記第1のライブマイグレーションの実行中に開始することを特徴とする請求項1または2に記載の仮想マシン制御装置。

【請求項5】

前記仮想マシンは前記仮想マシン制御装置とは別の物理マシンで動作し、前記仮想マシンが動作する物理マシンと前記仮想マシン制御装置は、別のネットワークに属することを特徴とする請求項1～4のいずれか一つに記載の仮想マシン制御装置。

【請求項6】

20

コンピュータに、

仮想マシンの第1のライブマイグレーションが開始された場合に、前記仮想マシンおよび他に動作している他の仮想マシンの処理状況を取得し、

前記取得した各仮想マシンの処理状況を用いて、前記第1のライブマイグレーションが開始された仮想マシンの処理状況と前記他の仮想マシンの処理状況との相関係数を算出し、

前記算出した相関係数が正の値である他の仮想マシンの第2のライブマイグレーションの実行を、前記第1のライブマイグレーションの実行中に開始する

処理を実行させることを特徴とする仮想マシン制御プログラム。

【請求項7】

30

コンピュータが実行する制御方法であって、

仮想マシンの第1のライブマイグレーションが開始された場合に、前記仮想マシンおよび他に動作している他の仮想マシンの処理状況を取得し、

前記取得した各仮想マシンの処理状況を用いて、前記第1のライブマイグレーションが開始された仮想マシンの処理状況と前記他の仮想マシンの処理状況との相関係数を算出し、

前記算出した相関係数が正の値である他の仮想マシンの第2のライブマイグレーションの実行を、前記第1のライブマイグレーションの実行中に開始することを特徴とする仮想マシン制御方法。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、仮想マシン制御装置、仮想マシン制御プログラムおよび仮想マシン制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、サーバなどの物理マシン（PM：Physical Machine）上で、仮想マシン（VM：Virtual Machine）を動作させる仮想化技術が利用されている。仮想化技術としては、ハードウェアの機能により論理的に分割するLPA R（Logical PARTitioning）やソフトウェアにより論理的に分割する仮想化OS（Operating System）などがある。

50

【0003】

物理マシンでは、L P A R や仮想化 O S を用いて、C P U (Central Processing Unit) や記憶装置などのリソースを仮想化し、仮想化したリソースで O S を動作させて、仮想マシンを実現する。例えば、複数の仮想マシンに仮想化したリソースを割り当てる手法としては、各 L P A R のリソース利用状況を収集して相関係数を算出し、収集したリソース利用状況と相関係数とに基づいて、各 L P A R のリソースを配置する手法が知られている。

【0004】

近年、インターネット上のサービスとして、情報処理システムに用いる C P U、記憶装置、ソフトウェアなどを提供する I a a S (Infrastructure as a Service) において、仮想化技術が利用されている。

10

【0005】

I a a S を提供する提供者側では、仮想マシンを動作させている物理マシンの保守や仮想マシン管理基盤の更新などを行う場合でも、仮想マシンの利用者との間で締結した S L A (Service Level Agreement) により、仮想マシンの停止が制限される。この場合、物理マシン上で動作する仮想マシンのメモリ内容を別の物理マシンにネットワーク経由でコピーし、別の物理マシンに仮想マシンを動的に移動させるライブマイグレーションを実行した上で、物理マシンの保守等を実施する。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0006】

【特許文献1】特開2004-199561号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、従来のライブマイグレーションは、効率的でないという課題があった。例えば、複数の仮想マシンをライブマイグレーションする場合について説明する。物理マシンは、ライブマイグレーションを実行する場合、C P U、メモリ、ネットワーク帯域などリソースを使用するので、同時に複数のライブマイグレーションを実行すると、リソースを多く消費して他の処理に支障をきたす。また、仮想マシンを1つずつライブマイグレーションした場合には、ライブマイグレーションで使用するリソースの消費を抑えることができるが、時間がかかる。すなわち、いずれの手法であっても、効率的なライブマイグレーションとは言えない。

30

【0008】

1つの側面では、ライブマイグレーションを効率的に実行できる仮想マシン制御装置、仮想マシン制御プログラムおよび仮想マシン制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

第1の案では、仮想マシンのライブマイグレーションが開始された場合に、仮想マシンおよび他に動作している仮想マシンの処理状況を取得する取得部を有する。取得部によって取得された各仮想マシンの処理状況を用いて、ライブマイグレーションが開始された仮想マシンの処理状況と他の仮想マシンの処理状況との相関係数を算出する算出部を有する。算出部によって算出された相関係数が正の値である仮想マシンのライブマイグレーションを、開始されたライブマイグレーションと並行して実行する実行部を有する。

40

【発明の効果】

【0010】

ライブマイグレーションを効率的に実行できる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、実施例1に係るシステムの全体構成を示す図である。

50

【図 2】図 2 は、実施例 2 に係る仮想マシン制御装置とサーバの構成を示すブロック図である。

【図 3】図 3 は、処理件数テーブルに記憶される情報の例を示す図である。

【図 4】図 4 は、相関係数テーブルに記憶される情報の例を示す図である。

【図 5】図 5 は、VM の依存関係例を示す図である。

【図 6】図 6 は、VM 1 のライブマイグレーション開始後の VM 2 の処理件数の変化例を示す図である。

【図 7】図 7 は、VM 1 のライブマイグレーション開始後の VM 2 以外の各 VM の処理件数の変化例を示す図である。

【図 8】図 8 は、各 VM の処理件数の変化を表す図である。

10

【図 9】図 9 は、実施例 2 に係る仮想マシン制御装置における処理の流れを示すフローチャートである。

【図 10】図 10 は、実施例 3 に係る仮想マシン制御装置における処理の流れを示すフローチャートである。

【図 11】図 11 は、仮想マシン制御プログラムを実行するコンピュータシステムの例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下に、開示する仮想マシン制御装置、仮想マシン制御プログラムおよび仮想マシン制御方法の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

20

【実施例 1】

【0013】

図 1 は、実施例 1 に係るシステムの全体構成を示す図である。図 1 に示すように、このシステムは、サーバ 1 と、サーバ 2 と、サーバ 3 と、サーバ 4 と、仮想マシン制御装置 10 とがネットワークを介して相互に通信可能に接続される。

【0014】

サーバ 1 は、仮想マシン VM (Virtual Machine) 1、VM 2、VM 3 を動作させる物理マシンであり、サーバ 2 は、仮想マシン VM 4、VM 5、VM 6 を動作させている物理マシンである。サーバ 3 とサーバ 4 は、仮想マシンを動作させていない物理マシンである。これらのサーバは、VM を用いて Web サービス等を提供し、例えば IaaS (Infrastructure as a Service) などを実現するサーバである。

30

【0015】

仮想マシン制御装置 10 は、取得部 10a と算出部 10b と実行部 10c とを有し、各サーバで動作している VM の移動制御を実施するコンピュータである。ここでは、VM の利用者との間で締結した SLA (Service Level Agreement) により、例えば一ヶ月あたり 5 分以上は停止することができないなど VM の停止が制限されているものとする。

【0016】

このような状態において、サーバ 1 およびサーバ 2 を保守作業等のために停止させる場合について説明する。まず、仮想マシン制御装置 10 は、サーバ 1 で動作する VM 1 をサーバ 3 にライブマイグレーションする指示を管理者等から受け付ける。続いて、仮想マシン制御装置 10 は、ライブマイグレーションの開始指示をサーバ 1 に送信する。この結果、サーバ 1 は、VM 1 のライブマイグレーションを実行する。

40

【0017】

次に、仮想マシン制御装置 10 の取得部 10a は、VM 1 のライブマイグレーションが開始された場合に、VM 1 および他に動作している VM 2 ~ VM 6 の処理状況を取得する。そして、算出部 10b は、取得部 10a によって取得された各 VM 1 ~ VM 6 の処理状況を用いて、ライブマイグレーションが開始された VM 1 の処理状況との相関係数を算出する。その後、実行部 10c は、算出部 10b によって算出された相関係数が正の値である VM 2 を、開始されたライブマイグレーションと並行してライブマイグレーションを実

50

行させるVM2と決定し、決定したVM2をサーバ3に移動させるライブマイグレーションを実行する。この結果、サーバ1は、先にライブマイグレーションを実行したVM1と相関の強いVM2についても、VM1と並行してライブマイグレーションを実行する。

【0018】

つまり、仮想マシン制御装置10は、VM1のリクエスト処理件数がライブマイグレーションによって減少したのと同様に、リクエスト処理件数が減少したVM2を特定する。このVM2は、VM1がボトルネックとなってリクエスト処理件数が減少しているため、リソースの使用状況に余裕がある。このことを利用して、仮想マシン制御装置10は、ライブマイグレーション対象であるVM2のライブマイグレーションをVM1のライブマイグレーションの完了を待たずに実行する。

10

【0019】

その後、仮想マシン制御装置10は、VM1とVM2のライブマイグレーションが完了すると、VM3をサーバ3にライブマイグレーションさせる指示をサーバ1に送信する。そして、仮想マシン制御装置10は、上述した手法によって、VM3と並行してVM4のライブマイグレーションを実行する。さらに、仮想マシン制御装置10は、VM3とVM4のライブマイグレーションが完了すると、VM5をサーバ3にライブマイグレーションさせる指示をサーバ2に送信する。そして、仮想マシン制御装置10は、上述した手法によって、VM5と並行してVM6のライブマイグレーションを実行する。

【0020】

したがって、VM1～VM6を1つずつライブマイグレーションする場合に比べて、ライブマイグレーション回数を削減できるとともに、ボトルネックを利用しているため、サーバのリソースを有効的に利用できる。この結果、ライブマイグレーションを効率的に行うことができる。

20

【実施例2】

【0021】

次に、仮想マシン制御装置および各サーバについて説明する。実施例2に係る仮想マシン制御装置20と各サーバとの接続関係は図1と同様とする。ここでは、各装置の構成、仮想マシン制御装置における処理の流れ、実施例2による効果を順に説明する。

【0022】

[サーバの構成]

実施例2に係るシステムを仮想マシン制御装置と各サーバの構成について説明する。図2は、実施例2に係る仮想マシン制御装置とサーバの構成を示すブロック図である。なお、図1に示した各サーバは同様の構成を有するので、ここでは、サーバ1について説明する。

30

【0023】

図2に示すように、サーバ1は、通信制御I/F部1aと、記憶部1bと、仮想マシン領域1cと、制御部1dとを有する。なお、ここで示した各機能部はあくまで例であり、これに限定されるものではなく、例えば、キーボード、マウス、ディスプレイ等を有していてもよい。

【0024】

通信制御I/F部1aは、他の装置との間の通信を制御するインターフェースである。例えば、通信制御I/F部1aは、ライブマイグレーションに伴ってVMのメモリ内容を送受信し、仮想マシン制御装置20からライブマイグレーションの実行指示等を受信する。

40

【0025】

記憶部1bは、後述する制御部1dによる各種処理に必要なデータおよびプログラムを格納する半導体メモリ素子、または、ハードディスクなどの記憶装置である。例えば、VMの識別番号、VMのコンテキスト、VMのマシンイメージ等のVMに関する情報を記憶する。仮想マシン領域1cは、制御部1dによって作成された複数のVMを起動する領域であり、任意に数のVMを起動することができる。ここでは、仮想マシン領域1cでは、VM1とVM2が動作している。

50

【 0 0 2 6 】

制御部 1 d は、例えば CPU (Central Processing Unit) などの電子回路である。この制御部 1 d は、OS などの制御プログラム、各種の処理手順などを規定したプログラムおよび所要データを格納するための内部メモリを有するとともに、仮想マシン管理部 1 e を有し、これらによって各種処理を実行する。

【 0 0 2 7 】

仮想マシン管理部 1 e は、VM の作成、削除、起動、停止など VM に関する各種制御を実施する制御部であり、計測部 1 f を有する。例えば、仮想マシン管理部 1 e は、VM 作成指示を受け付けた場合には、仮想マシン領域 1 c に VM を作成して起動し、VM 削除指示を受け付けた場合には、該当 VM を仮想マシン領域 1 c から削除する。また、仮想マシン管理部 1 e は、仮想マシン制御装置 2 0 からライブマイグレーション実行指示を受信した場合には、該当する VM のライブマイグレーションを実行する。

10

【 0 0 2 8 】

ここで、ライブマイグレーションについて簡単に説明する。仮想マシン管理部 1 e は、記憶部 1 b に記憶される該当 VM に関する情報から、使用されていないコンテキストなどのメモリ情報をライブマイグレーション先にコピーする。そして、仮想マシン管理部 1 e は、VM に使用されていたメモリ情報が解放されると、解放されたメモリ情報をライブマイグレーション先にコピーする。このように、仮想マシン管理部 1 e は、対象 VM に使用されていたメモリ情報を順次ライブマイグレーション先にコピーし、未コピーの容量が所定値未満になると、対象 VM を一時的に停止して、未コピーのメモリ情報をライブマイグレーション先にコピーする。そして、仮想マシン管理部 1 e は、ライブマイグレーション先にコピーされた VM の実行指示を送信する。このような手法で、仮想マシン管理部 1 e は、VM をライブマイグレーションする。なお、ここで記載した手法はあくまで例示であり、これに限定されるものではない。

20

【 0 0 2 9 】

計測部 1 f は、仮想マシン領域 1 c 内で動作する各 VM の処理状況を収集して、仮想マシン制御装置 2 0 に送信する。例えば、計測部 1 f は、VM 1 と VM 2 のそれぞれについて、単位時間当たりのリクエスト処理件数、VM に割り当てられた仮想 CPU の使用率等を収集する。そして、計測部 1 f は、収集した VM ごとの処理状況を仮想マシン制御装置 2 0 に送信する。

30

【 0 0 3 0 】

例えば、計測部 1 f は、VM が動作を開始すると常時、処理状況を収集してもよい。また、計測部 1 f は、ライブマイグレーションの実行指示を受信してから収集するようにしてもよい。また、計測部 1 f は、収集した VM ごとの処理状況を仮想マシン制御装置 2 0 に定期的送信してもよく、ライブマイグレーションの実行指示を受信してから送信するようにしてもよい。また、計測部 1 f は、仮想マシン制御装置 2 0 から取得要求を受信した後は、処理状況を収集するたびに送信することとしてもよい。

【 0 0 3 1 】

[仮想マシン制御装置の構成]

図 2 に示すように、仮想マシン制御装置 2 0 は、通信制御 I / F 部 2 1 と、入力部 2 2 と、表示部 2 3 と、記憶部 2 4 と、制御部 2 5 とを有する。なお、ここで示した各機能部は例であり、これに限定されるものではなく、他の制御部等を有していてもよい。

40

【 0 0 3 2 】

通信制御 I / F 部 2 1 は、他の装置との間の通信を制御するインタフェースである。例えば、通信制御 I / F 部 2 1 は、各サーバから VM の処理状況を受信し、各サーバにライブマイグレーションの実行指示を送信する。

【 0 0 3 3 】

入力部 2 2 は、例えばキーボードやマウスなどであり、ライブマイグレーションの開始指示などを管理者等から受け付けて、制御部 2 5 に出力する。表示部 2 3 は、例えばモニターやスピーカーなどであり、制御部 2 5 によって算出された相関係数やライブマイグレーション

50

ション結果などを表示する。

【 0 0 3 4 】

記憶部 2 4 は、制御部 2 5 による各種処理に必要なデータおよびプログラムを格納するとともに、処理件数テーブル 2 4 a と相関係数テーブル 2 4 b とを有する半導体メモリ素子、または、ハードディスクなどの記憶装置である。例えば、記憶部 2 4 は、仮想マシン制御装置 2 0 が制御対象とするサーバの IP (Internet Protocol) アドレスとサーバで実行される VM とを対応付けて記憶する。

【 0 0 3 5 】

処理件数テーブル 2 4 a は、制御部 2 5 の取得部 2 5 b によって取得された VM ごとの処理件数を記憶する。図 3 は、処理件数テーブルに記憶される情報の例を示す図である。図 3 に示すように、処理件数テーブル 2 4 a は、「時刻、VM 1、VM 2、VM 3、VM 4、VM 5、VM 6」を対応付けて記憶する。

10

【 0 0 3 6 】

ここで記憶される「時刻」は、各サーバが VM のリクエスト処理件数の収集を開始してからの経過時間であり、「各 VM」は、処理状況が収集された VM のリクエスト処理件数を示す。なお、ここでは、図 1 に示した VM 1 ~ VM 6 が実行されている例について説明しているため、「VM 1 ~ VM 6」を対応付けて記憶している例を示したが、VM 1 ~ VM 10 が実行されている場合には、「VM 1 ~ VM 10」を対応付けて記憶する。

【 0 0 3 7 】

図 3 の場合、各サーバが VM のリクエスト処理件数の収集を開始した時刻「0」では、VM 1 の処理件数が「55」、VM 2 の処理件数が「50」、VM 3 の処理件数が「76」である。また、VM 4 の処理件数が「65」、VM 5 の処理件数が「59」、VM 6 の処理件数が「32」であることを示す。

20

【 0 0 3 8 】

また、各サーバが VM のリクエスト処理件数の収集を開始してから 1 秒後の時刻「1」では、VM 1 の処理件数が「62」、VM 2 の処理件数が「56」、VM 3 の処理件数が「77」である。また、VM 4 の処理件数が「56」、VM 5 の処理件数が「64」、VM 6 の処理件数が「38」であることを示す。

【 0 0 3 9 】

また、各サーバが VM のリクエスト処理件数の収集を開始してから 7 秒後の時刻「7」では、VM 1 の処理件数が「22」、VM 2 の処理件数が「18」、VM 3 の処理件数が「81」である。また、VM 4 の処理件数が「94」、VM 5 の処理件数が「97」、VM 6 の処理件数が「41」であることを示す。

30

【 0 0 4 0 】

図 2 に戻り、相関係数テーブル 2 4 b は、制御部 2 5 の算出部 2 5 c によって算出された相関係数を記憶する。図 4 は、相関係数テーブルに記憶される情報の例を示す図である。図 4 に示すように、相関係数テーブル 2 4 b は、「実行 VM」と「対象 VM」とを対応付けて記憶する。「実行 VM」は、先にライブマイグレーションが実行された VM を示し、「対象 VM」は、ライブマイグレーションが未実行であり並行実行の候補とする VM を示す。なお、図 4 では、VM 4 までを図示しているが、動作している各 VM について記憶される。

40

【 0 0 4 1 】

図 4 の場合、VM 1 のライブマイグレーションが実行された場合、VM 1 のリクエスト処理件数と VM 2 のリクエスト処理件数との相関係数が「0.84」であることを示す。また、VM 1 のリクエスト処理件数と VM 3 のリクエスト処理件数との相関係数が「-0.31」であり、VM 1 のリクエスト処理件数と VM 4 のリクエスト処理件数との相関係数が「-0.99」であることを示す。

【 0 0 4 2 】

同様に、VM 2 のライブマイグレーションが実行された場合、VM 2 のリクエスト処理件数と VM 1 のリクエスト処理件数との相関係数が「0.85」であることを示す。また

50

、VM2のリクエスト処理件数とVM3のリクエスト処理件数との相関係数が「-0.34」であり、VM2のリクエスト処理件数とVM4のリクエスト処理件数との相関係数が「-0.95」であることを示す。

【0043】

制御部25は、例えばCPUなどの電子回路であり、OSなどの制御プログラム、各種の処理手順などを規定したプログラムおよび所要データを格納するための内部メモリを有する。制御部25は、実行開始部25aと、取得部25bと、算出部25cと、実行制御部25dとを有し、これらによって各種処理を実行する。

【0044】

実行開始部25aは、VMのライブマイグレーションを開始する。例えば、実行開始部25aは、入力部22によって、VM1のライブマイグレーション開始指示が受け付けられた場合、VM1を実行するサーバ1に対して、VM1のライブマイグレーション開始指示を送信する。なお、実行開始部25aは、ライブマイグレーションのスケジューリング等を行うことで、管理者等から開始指示を受信せずに、自動的に開始時期を判定して開始指示を送信することもできる。

10

【0045】

取得部25bは、実行開始部25aによってVMのライブマイグレーションが開始された場合に、ライブマイグレーションが開始されたVMおよび他に動作しているVMのリクエスト処理件数を取得して、処理件数テーブル24aに格納する。例えば、取得部25bは、VMのライブマイグレーションが開始された場合、記憶部24に記憶される各サーバ

20

【0046】

図1の場合、取得部25bは、VM1のライブマイグレーションが開始された場合、サーバ1～サーバ4に対して処理件数取得要求を送信し、VM1～VM6のリクエスト処理件数を受信する。このとき、例えば、取得部25bは、VM1のライブマイグレーション開始前後5分間の処理件数を要求することもできる。つまり、取得部25bは、VM1のライブマイグレーションが「12:00」に開始された場合に、「11:55～12:05」までに収集されたリクエスト処理件数を取得することもできる。そして、取得部25bは、受信したVM1～VM6のリクエスト処理件数を処理件数テーブル24aに格納するとともに、リクエスト処理件数を受信したことを算出部25cに出力する。

30

【0047】

算出部25cは、取得部25bによって取得された各VMの処理状況を用いて、先にライブマイグレーションが開始されたVMの処理状況と他のVMの処理状況との相関係数を算出する。そして、算出部25cは、算出した相関係数を相関係数テーブル24bに格納するとともに、算出したことを実行制御部25dに出力する。

【0048】

例えば、算出部25cは、VM1のライブマイグレーションが開始された場合、VM1の処理件数とVM2の処理件数との相関係数、VM1の処理件数とVM3の処理件数との相関係数を算出する。また、算出部25cは、VM1の処理件数とVM4の処理件数との相関係数、VM1の処理件数とVM5の処理件数との相関係数、VM1の処理件数とVM3の処理件数との相関係数を算出する。

40

【0049】

具体的な算出手法の例として、算出部25cは、式(1)と式(2)を用いて、相関係数「Cc」を算出する。式(1)および式(2)における「X」は、先にライブマイグレーションが開始されたVMにおけるn個の時系列データであり、「Y」は、相関係数を求めるVMにおけるn個の時系列データである。式(2)における「 x_j 」は、Xのn個の時系列データのうちj番目のデータを示し、「 y_j 」は、Yのn個の時系列データのうちj番目のデータを示す。

【0050】

50

また、「 $Cov(X, Y)$ 」は、 X と Y の共分散を示し、「 δ_x 」は、 X の標準偏差を示し、「 δ_y 」は、 Y の標準偏差を示し、「 u_x 」は、 X の相加平均を示し、「 u_y 」は、 Y の相加平均を示す。

【0051】

【数1】

$$Cc = Cov(X, Y) / \delta_x \cdot \delta_y \quad \dots(\text{式1})$$

【数2】

$$Cov(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - u_x)(y_j - u_y) \quad \dots(\text{式2})$$

10

【0052】

例えば、VM1のライブマイグレーションが開始された前後5分間のリクエスト処理数を用いて、VM1とVM2の相関係数を求める場合について説明する。この場合、「 n 」は、VM1のライブマイグレーションが開始された前後5分間で取得された処理件数の数「10」である。「 X 」は、VM1のライブマイグレーションが開始された前後5分間のリクエスト処理数の各データであり、「 Y 」は、VM1のライブマイグレーションが開始された前後5分間のVMのリクエスト処理数の各データである。

【0053】

一例として、図3における時刻「5」でVM1のライブマイグレーションが開始された場合に、VM1の処理件数とVM2の処理件数との相関係数を算出する例について説明する。この場合、VM1のライブマイグレーションが開始された前後5分間は、時刻「0」～「10」に該当するので、「 n 」＝「10」となる。「 X 」は、VM1のリクエスト処理件数である「55、62、51、54、53、24、18、22、21、23、30」となり、「 Y 」は、VM2のリクエスト処理件数である「50、56、61、51、54、50、23、18、22、21、24」となる。

20

【0054】

また、「 x_3 」は、「51」となり、「 y_5 」は、「54」となる。「 u_x 」は、「55、62、51、54、53、24、18、22、21、23、30」の平均である。「 u_y 」は、「50、56、61、51、54、50、23、18、22、21、24」の平均となる。なお、相加平均や標準偏差の算出手法は、一般的に利用される公知の手法を用いるので、ここでの説明は省略する。

30

【0055】

実行制御部25dは、算出部25cによって算出された相関係数が正の相関であるVMを、開始されたライブマイグレーションと並行してライブマイグレーションを実行させるVMと決定し、決定したVMのライブマイグレーションを実行する。

【0056】

例えば、VM1のライブマイグレーションが開始され、算出部25cが算出したVM1のリクエスト処理件数と他のVMのリクエスト処理件数との相関係数が図4の1行目であったとする。この場合、実行制御部25dは、図4の1行目に記憶される相関係数のうち、最も1に近い相関係数である「VM2」を特定する。そして、実行制御部25dは、先に実行されているVM1のライブマイグレーションと並行してライブマイグレーションさせるVMを「VM2」と決定する。その後、実行制御部25dは、「VM2」を実行するサーバ1およびサーバ1のIPアドレスを記憶部24から特定し、サーバ1に対して、VM2をサーバ3に移動させるライブマイグレーションの実行指示を送信する。

40

【0057】

この結果、サーバ1は、VM1をライブマイグレーション中ではあるが、並行して、VM2をサーバ3に移動させるライブマイグレーションを実行する。なお、実行制御部25dは、移動先のサーバについては、任意に決定することができ、また、CPU使用率などのリソース使用率が小さいサーバを移動先としてもよい。

50

【 0 0 5 8 】

[具体例]

次に、各 VM の依存関係の具体例を挙げて相関関係について説明する。図 5 は、VM の依存関係例を示す図であり、図 6 は、VM 1 のライブマイグレーション開始後の VM 2 の処理件数の変化例を示す図である。図 7 は、VM 1 のライブマイグレーション開始後の VM 2 以外の各 VM の処理件数の変化例を示す図であり、図 8 は、各 VM の処理件数の変化を表す図である。

【 0 0 5 9 】

ここでは、図 5 に示すように、VM 1 ~ VM 5 は、Web - AP (Application) - DB (Database) 3 層システムを形成している例で説明する。VM 1 と VM 4 は、Web サービスを提供する仮想マシンである。VM 2 は、VM 1 からリクエストを受け付けて、VM 3 から各種データを取得し、VM 1 に応答する AP サーバを実現する仮想マシンである。同様に、VM 5 は、VM 4 からリクエストを受け付けて、VM 3 から各種データを取得し、VM 4 に応答する AP サーバを実現する仮想マシンである。VM 3 は、このシステムで利用される各種情報を格納するデータベースサーバを実現する仮想マシンである。

10

【 0 0 6 0 】

また、仮想マシン制御装置は、図示していないが上記各 VM が実行されているサーバそれぞれ接続されているものとする。なお、各 VM は、1 つの筐体で実現されていてもよく、別々の筐体で実現されていてもよい。また、VM 1 と VM 2 が同じ筐体などで実現されるなど、VM を動作させる物理マシンの数は任意に設定できる。

20

【 0 0 6 1 】

このシステムでは、例えば、クライアントからの HTTP (Hypertext Transfer Protocol) リクエストは、ロードバランサによって VM 1 又は VM 4 に振り分けられる。リクエストを受信した VM 1 又は VM 4 は、VM 2 又は VM 5 が有するアプリケーション等を実行して VM 3 に接続する。そして、VM 1 又は VM 4 は、VM 3 から各種データを取得し、取得したデータをリクエスト応答として、クライアントに送信する。

【 0 0 6 2 】

そして、このシステムでは、各 VM の使用契約として、利用者との間で SLA が締結されており、この SLA が遵守されている。例えば、SLA の取り決めとしては、各 VM における単位時間当たりの処理件数を所定値以上とするなどがあり、処理件数が所定値未満となった場合には SLA 違反となる。したがって、図 5 のシステムを管理する企業等は、SLA 違反が発生しないように、VM や物理マシンの管理を実施している。

30

【 0 0 6 3 】

このような状況において、VM 1 ~ VM 5 をライブマイグレーションする例について説明する。ここでは、各 VM のライブマイグレーション先は、図示しない別のサーバであるものとする。まず、仮想マシン制御装置 20 は、管理者等から VM 1 のライブマイグレーションの開始指示を受け付ける。そして、仮想マシン制御装置 20 は、VM 1 のライブマイグレーションの開始を、VM 1 を実行するサーバに送信する。その後、VM 1 のライブマイグレーションが開始される。この VM 1 のライブマイグレーションが開始された時刻を「 t_0 」とする。

40

【 0 0 6 4 】

VM 1 のライブマイグレーションが開始されると、図 6 に示すように、VM 1 では、ライブマイグレーションにリソースを奪われるために、サービスそのものの利用するリソースが低下する (図 6 の A 参照)。すると、VM 1 が処理できるクライアントからのリクエスト量は減るので、VM 1 の後段に位置する VM 2 の処理件数も減少する (図 6 の B 参照)。具体的には、VM 2 は、VM 1 から受信した要求を処理する仮想マシンであるので、VM 1 から受信する処理件数が減少すれば、VM 2 自体で処理する処理件数も減少する。つまり、VM 2 は、VM 1 の処理件数の減少がボトルネックとなって、自身の処理件数も減少することとなる。

【 0 0 6 5 】

50

一方、VM1のライブマイグレーションが開始された後もクライアントからのリクエスト量が減らないとすると、ロードバランサは、処理できる件数が減っているVM1ではなく、VM4に対してリクエストを多く振り分ける。したがって、図7に示すように、VM4の処理件数は、VM1のライブマイグレーションが開始された時刻「 t_0 」以降、増加する（図7のC参照）。同様に、VM4が処理するクライアントからのリクエスト量が増加するので、VM4の後段に位置するVM5の処理件数も増加する（図7のD参照）。なお、VM1のライブマイグレーションが開始された後もクライアントからのリクエスト量が減らないので、VM3の処理件数は、大きく変化しない（図7のE参照）。

【0066】

したがって、図8に示すように、VM1のライブマイグレーションが開始された時刻「 $t_0 = 5$ 」前までは、VM1とVM4の処理件数に大きな差はなく、同様に、VM2とVM5の処理件数にも大きな差はない。ところが、VM1のライブマイグレーションが開始された時刻「 $t_0 = 5$ 」以降では、VM1の処理件数減少に伴ってVM2の処理件数も減少する。一方、VM1の処理件数減少に伴って、VM4の処理件数は増加するとともに、VM5の処理件数も増加する。

【0067】

上述したことを利用すると、仮想マシン制御装置は、VM1のライブマイグレーション開始前後の各VMの処理件数を用いた場合、VM1の処理件数とVM2処理件数との相関係数として正の値を算出する。一方、仮想マシン制御装置は、VM1のライブマイグレーション開始前後の各VMの処理件数を用いた場合、VM1の処理件数とVM4処理件数との相関係数として負の値を算出する。同様に、仮想マシン制御装置は、VM1のライブマイグレーション開始前後では、VM1の処理件数とVM5処理件数との相関係数として負の値を算出し、VM1の処理件数とVM3処理件数との相関係数として負の値を算出する。

【0068】

つまり、仮想マシン制御装置は、相関係数を算出して、VM1の処理件数減少と同様に処理件数が減少したVM2を特定できる。そして、仮想マシン制御装置は、VM1のライブマイグレーションと並行して、VM2のライブマイグレーションを実行する。すなわち、仮想マシン制御装置は、VM1の処理件数減少がボトルネックとなって処理件数が減少しており、リソース使用率に余裕のあるVMのライブマイグレーションを実行する。

【0069】

[処理の流れ]

次に、仮想マシン制御装置における処理の流れについて説明する。図9は、実施例2に係る仮想マシン制御装置における処理の流れを示すフローチャートである。

【0070】

図9に示すように、仮想マシン制御装置20の実行開始部25aは、VMのライブマイグレーションの開始指示を受信すると（ステップS101Yes）、指示されたVMのライブマイグレーションを開始する（ステップS102）。

【0071】

続いて、取得部25bは、他にライブマイグレーション対象のVMが存在すると判定した場合（ステップS103Yes）、物理サーバから各VMの処理件数を取得する（ステップS104）。例えば、取得部25bは、各サーバからVMの実行状況等を取得することで、ライブマイグレーション対象のVMが存在するか否かを判定する。このとき、取得部25bは、先に開始されたライブマイグレーション開始前後5分間の処理件数を要求することもできる。なお、取得部25bは、他にライブマイグレーション対象のVMが存在しないと判定した場合（ステップS103No）、処理を終了する。

【0072】

その後、算出部25cは、取得部25bによって取得された各VMの処理件数を用いて、先にライブマイグレーションが開始されたVMの処理状況と他のVMの処理状況各々との相関係数を算出する（ステップS105）。

【 0 0 7 3 】

そして、実行制御部 25d は、正の相関係数のうち最も相関の高い VM を、先に開始されたライブマイグレーションと並行してライブマイグレーションを実行させる VM と決定し、決定した VM のライブマイグレーションの実行を指示する（ステップ S 106）。

【 0 0 7 4 】

その後、仮想マシン制御装置 20 は、現在実行されている 2 つのライブマイグレーションが終了するまで処理を待機してもよく、ステップ S 103 以降の処理を繰り返して実行してもよい。

【 0 0 7 5 】

[実施例 2 による効果]

実施例 2 によれば、仮想マシン制御装置 20 は、VM 1 のライブマイグレーションが開始された場合に、VM 1 および他に動作している VM 2 ~ VM 6 の処理状況を取得する。仮想マシン制御装置 20 は、取得された各 VM の処理状況を用いて、ライブマイグレーションが開始された VM 1 の処理状況と VM 2 ~ VM 6 各々の処理状況との相関係数を算出する。仮想マシン制御装置 20 は、算出された相関係数が正の値である VM 2 のライブマイグレーションを、開始された VM 1 のライブマイグレーションと並行して実行する。この結果、ライブマイグレーションを効率的に実行できる。

【 0 0 7 6 】

また、実施例 2 によれば、先にライブマイグレーションが実行された VM がボトルネックとなってリクエスト処理件数が減少したことにより、リソース利用率が減少した分をライブマイグレーションに使用する。この結果、サービスレベルを低下させることなく、複数の VM のライブマイグレーションを実行できる。

【 0 0 7 7 】

上述した例の場合、VM 1 がボトルネックとなって VM 2 の SLA 違反が発生するが、開示する手法を用いることで、VM 2 の処理件数が低下した分をライブマイグレーションで使用するので、SLA 違反の可能性が小さくできる。また、複数 VM を同時に転送するので、総転送時間を短くでき、全体の SLA 違反を低減できる。

【 0 0 7 8 】

従来、運用管理者は、ユーザ仮想マシンの SLA 低下を避けるために、早朝などリソース利用の少ない時間にライブマイグレーションを計画していた。ところが、開示した手法を用いることで、運用管理者の複数 VM のライブマイグレーション計画立案が容易になるので、運用管理者の工数削減効果やコストメリットも大きい。

【 0 0 7 9 】

また、実施例 2 によれば、先に開始されたライブマイグレーション前後の処理件数の変化から相関係数を算出する。したがって、ライブマイグレーションを契機にした処理件数の変化から相関係数を算出でき、より精度の高い相関係数を算出することができる。

【 0 0 8 0 】

つまり、上述した例で説明すると、VM 1 のライブマイグレーション開始後だけの処理件数では、システムダウンやハードウェア故障等によって処理件数が減少している VM に対して正の高い相関となる場合がある。ところが、VM 1 のライブマイグレーション開始前後の処理件数を用いることで、VM 1 のライブマイグレーションを契機とする処理件数の変化から相関係数を算出できる。したがって、システムダウンやハードウェア故障等によって処理件数が減少している VM が正の高い相関となることを防止できる。

【 実施例 3 】

【 0 0 8 1 】

ところで、開示する仮想マシン制御装置は、相関係数が高い VM のうち、先に開始されたライブマイグレーションが終了するまでに、ライブマイグレーションが完了する VM を特定することもできる。そこで、実施例 3 では、相関係数が高い VM のうち、先に開始されたライブマイグレーションが終了するまでに、完了するライブマイグレーションを実行する例について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 2 】

例えば、仮想マシン制御装置 20 の算出部 25 c は、各 VM における単位時間あたりのメモリ書き換え割合を用いて、各 VM の転送時間を算出する。そして、算出部 25 c は、算出した転送時間に基づいて、先に開始されたライブマイグレーションの終了までにマイグレーションが終了する VM を特定する。

【 0 0 8 3 】

一例を挙げると、算出部 25 c は、式 (3) を用いて各 VM の転送時間を算出する。式 (3) に示す「VMメモリ量」は、VM が使用しているメモリ容量を示す。また、「LM帯域幅」は、ライブマイグレーションで使用する帯域幅を示す。また、「ダーティ率」は、各 VM の単位時間あたりのメモリ書き換え割合を示す。

10

【 0 0 8 4 】

また、「VMメモリ量」は、各 VM を実行する物理サーバで管理される情報であり、物理サーバから取得することができる。「LM帯域幅」は、仮想マシン制御装置 20 等に予め設定された情報であり、各 VM に対して一定値とする。「ダーティ率」は、各物理サーバで計測することができる。

【 0 0 8 5 】

【 数 3 】

$$\text{転送時間} = \text{VMメモリ量} / \{ \text{LM帯域幅} \times (1 - \text{ダーティ率}) \} \quad \dots \text{(式3)}$$

【 0 0 8 6 】

つまり、図 1 の場合で説明すると、算出部 25 c は、VM 1 ~ VM 6 各々の転送時間を算出する。そして、算出部 25 c は、VM 1 の転送時間よりも短い転送時間である VM を特定する。その後、算出部 25 c は、特定した VM の処理件数と VM 1 との処理件数との相関係数を算出する。そして、実行制御部 25 d は、算出部 25 c が算出した相関係数が正の相関である VM のライブマイグレーションを開始する。

20

【 0 0 8 7 】

なお、転送時間の算出と相関係数の算出とは順番が入れ替わってもよい。例えば、算出部 25 c は、先に、VM 1 との相関係数が正の相関である VM を特定し、特定した VM と VM 1 について転送時間を算出する。そして、実行制御部 25 d は、VM 1 の転送時間よりも短い転送時間である VM のライブマイグレーションを開始するようにしてもよい。

【 0 0 8 8 】

次に、実施例 3 に係る処理の流れを説明する。図 10 は、実施例 3 に係る仮想マシン制御装置における処理の流れを示すフローチャートである。

30

【 0 0 8 9 】

図 10 に示すように、仮想マシン制御装置 20 の実行開始部 25 a は、VM のライブマイグレーションの開始指示を受信すると (ステップ S 201 Yes)、指示された VM のライブマイグレーションを開始する (ステップ S 202)。

【 0 0 9 0 】

続いて、取得部 25 b は、他にライブマイグレーション対象の VM が存在すると判定した場合 (ステップ S 203 Yes)、物理サーバから各 VM の処理件数を取得する (ステップ S 204)。このとき、取得部 25 b は、各物理サーバから「VMメモリ量」および VM の「ダーティ率」を取得する。さらに、取得部 25 b は、仮想マシン制御装置 20 の記憶部等から予め設定されている「LM帯域幅」を取得する。なお、取得部 25 b は、他にライブマイグレーション対象の VM が存在しないと判定した場合 (ステップ S 203 No)、処理を終了する。

40

【 0 0 9 1 】

その後、算出部 25 c は、取得部 25 b によって取得された各 VM の処理件数を用いて、先にライブマイグレーションが開始された VM の処理状況と他の VM の処理状況各々の相関係数を算出する (ステップ S 205)。

【 0 0 9 2 】

続いて、算出部 25 c は、「VMメモリ量」、「ダーティ率」、「LM帯域幅」を式 (

50

3) に代入して、各VMの転送時間を算出する(ステップS206)。このとき、算出部25cは、正の相関があるVMについてのみ転送時間を算出してもよく、全VMについて転送時間を算出することもできる。

【0093】

その後、算出部25cは、算出した転送時間に基づいて、先に開始されたライブマイグレーションの終了までにライブマイグレーションが終了する、ライブマイグレーション未実行のVMあるか否かを判定する(ステップS207)。

【0094】

そして、実行制御部25dは、算出部25cによって実行可能なライブマイグレーション未実行のVMがあると判定された場合(ステップS207Yes)、当該VMのライブマイグレーションの実行を指示する(ステップS208)。一方、実行制御部25dは、算出部25cによって実行可能なライブマイグレーション未実行のVMがないと判定された場合(ステップS207No)、実行中のライブマイグレーションが終了するまで待機する(ステップS209)。

【0095】

その後、仮想マシン制御装置20は、現在実行されているライブマイグレーションが終了するまで処理を待機してもよく、ステップS203以降の処理を繰り返して実行してもよい。

【0096】

実施例3によれば、仮想マシン制御装置20は、各VMにおける単位時間あたりのメモリ書き換え割合を用いて各VMの転送時間を算出する。仮想マシン制御装置20は、算出した転送時間に基づいて、開始されたVM1のライブマイグレーションの終了までにライブマイグレーションが終了するVMを特定する。仮想マシン制御装置20は、特定されたVMのうち相関係数が正の値であるVMのライブマイグレーションを実行する。したがって、1つ目のVMのライブマイグレーション終了後に、同時に実施したライブマイグレーションが完了していないことによるサービスレベル低下を低減することができる。

【実施例4】

【0097】

さて、これまで本発明の実施例について説明したが、本発明は上述した実施例以外にも、種々の異なる形態にて実施されてよいものである。そこで、以下に異なる実施例を説明する。

【0098】

(VMの依存関係)

例えば、図5～図9を用いてVMの依存関係例について説明したが、これに限定されるものではない。つまり、開示する仮想マシン制御装置は、Web-AP-DB3層システム以外のシステム構成についても同様に適用することができる。

【0099】

(ネットワーク形態)

実施例1～3では、仮想マシン制御装置20と各サーバと同様のネットワークに属する例について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、VMが動作するサーバと仮想マシン制御装置20は、別のネットワークに属していてもよい。一例としては、仮想マシン制御装置20と各サーバとは別のLAN(Local Area Network)に属しており、LANとは異なるネットワークで接続されていてもよい。

【0100】

(既算出の相関係数を利用)

例えば、仮想マシン制御装置20は、過去に算出した相関係数を相関係数テーブル24bに格納しておき、2回目以降のライブマイグレーションでは、相関係数を算出することなく、相関係数テーブル24bの情報を使用する。例えば、仮想マシン制御装置20は、各サーバから構成情報を確認するなどして、VMの処理内容やVM間関係が変わらないと判定した場合に相関係数テーブル24bの情報を使用する。この結果、相関係数算出まで

10

20

30

40

50

にかかる時間を省き、複数VMのライブマイグレーションを高速化できる。

【0101】

(システム)

また、本実施例において説明した各処理のうち、自動的におこなわれるものとして説明した処理の全部または一部を手動的におこなうこともできる。あるいは、手動的におこなわれるものとして説明した処理の全部または一部を公知の方法で自動的におこなうこともできる。この他、上記文書中や図面中で示した処理手順、制御手順、具体的名称、例えば図3、図4、図8等に示した各種のデータやパラメータを含む情報については、特記する場合を除いて任意に変更することができる。

【0102】

また、図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、例えば取得部25bと算出部25cとを統合するなど各装置の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られない。つまり、その全部または一部を、各種の負荷や使用状況などに応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することができる。さらに、各装置にて行なわれる各処理機能は、その全部または任意の一部が、CPUおよび当該CPUにて解析実行されるプログラムにて実現され、あるいは、ワイヤードロジックによるハードウェアとして実現され得る。

【0103】

(プログラム)

ところで、上記の実施例で説明した各種の処理は、あらかじめ用意されたプログラムをパーソナルコンピュータやワークステーションなどのコンピュータシステムで実行することによって実現することができる。そこで、以下では、上記の実施例と同様の機能を有するプログラムを実行するコンピュータシステムの一例を説明する。

【0104】

図11は、仮想マシン制御プログラムを実行するコンピュータシステムの例を示す図である。図11に示すように、コンピュータシステム100は、バス100aにCPU105、ROM(Read Only Memory)104、RAM(Random Access Memory)101が接続される。また、コンピュータシステム100は、バス100aにNIC(Network Interface Card)102、HDD(Hard Disk Drive)103が接続されている。

【0105】

また、HDD103には、図2に示した処理件数テーブル24aに対応する処理件数テーブル103aが設けられる。同様に、HDD103には、相関係数テーブル24bに対応する相関係数テーブル103bが設けられる。

【0106】

ROM104は、実行開始プログラム104a、取得プログラム104b、算出プログラム104c、実行制御プログラム104dを保持する。タンジブル(tangible)な記録媒体の例としてROM103を例に挙げたが、HDD、RAM、CDROM等の他のタンジブルなコンピュータ読み取り可能な記録媒体に各種プログラムを格納しておき、コンピュータに読み取らせることとしてもよい。なお、タンジブルな記憶媒体を遠隔地に配置し、コンピュータが、そのタンジブルな記憶媒体にアクセスすることでプログラムを取得して利用してもよい。また、その際、取得したプログラムをそのコンピュータ自身のタンジブルな記録媒体に格納して用いてもよい。

【0107】

CPU105は、実行開始プログラム104aを読み出して実行することで、実行開始部25aと同様の動作を実行開始プロセス105aとして実現する。また、CPU105は、取得プログラム104bを読み出して実行することで、取得部25bと同様の動作を取得プロセス105bとして実現する。CPU105は、算出プログラム104cを読み出して実行することで、算出部25cと同様の動作を算出プロセス105cとして実現する。CPU105は、実行制御プログラム104dを読み出して実行することで、実行制

10

20

30

40

50

御部 2 5 d と同様の動作を実行制御プロセス 1 0 5 d として実現する。このように R O M 1 0 4 に保持した各種プログラムは、仮想マシン制御プログラムの一部として機能し、コンピュータ 1 0 0 は、R O M 1 0 4 から各種プログラムを読み出して実行することで仮想マシン制御方法を実行する仮想マシン制御装置として動作する。

【符号の説明】

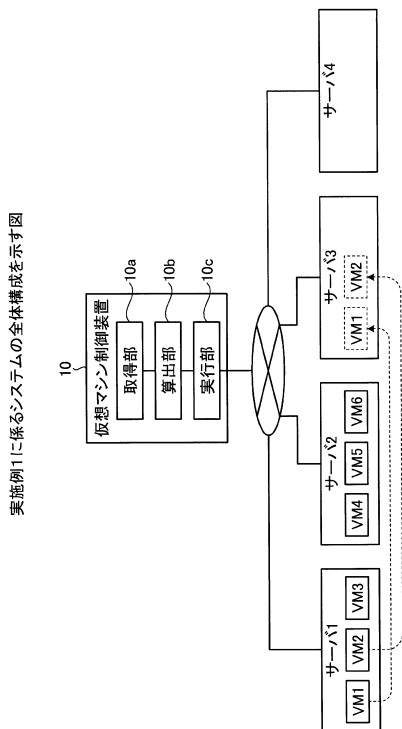
【 0 1 0 8 】

- 1 サーバ
- 1 a 通信制御 I / F 部
- 1 b 記憶部
- 1 c 仮想マシン領域
- 1 d 制御部
- 1 e 仮想マシン管理部
- 1 f 計測部
- 2 0 仮想マシン制御装置
- 2 1 通信制御 I / F 部
- 2 2 入力部
- 2 3 表示部
- 2 4 記憶部
- 2 4 a 処理件数テーブル
- 2 4 b 相関係数テーブル
- 2 5 制御部
- 2 5 a 実行開始部
- 2 5 b 取得部
- 2 5 c 算出部
- 2 5 d 実行制御部

10

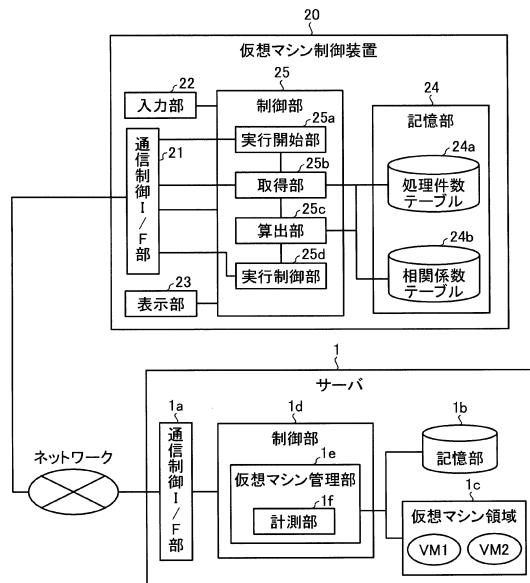
20

【 図 1 】



【 図 2 】

実施例2に係る仮想マシン制御装置とサーバの構成を示すブロック図



【図3】

処理件数テーブルに記憶される情報の例を示す図

時刻	VM1	VM2	VM3	VM4	VM5	VM6
0	55	50	76	65	59	32
1	62	56	77	56	64	38
2	51	61	84	66	57	52
3	54	51	83	62	65	45
4	53	54	82	62	62	38
5	24	50	81	91	65	43
6	18	23	81	97	92	38
7	22	18	81	94	97	41
8	21	22	81	97	95	38
9	23	21	82	96	97	49
10	30	24	83	89	96	42

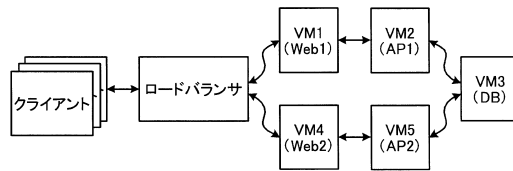
【図4】

相関係数テーブルに記憶される情報の例を示す図

実行VM	対象VM				
	VM1	VM2	VM3	VM4	...
VM1	-	0.84	-0.31	-0.99	...
VM2	0.85	-	-0.34	-0.95	...
...					

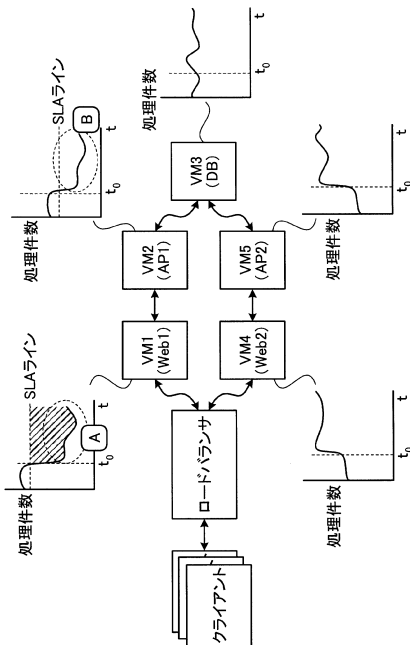
【図5】

VMの依存関係例を示す図



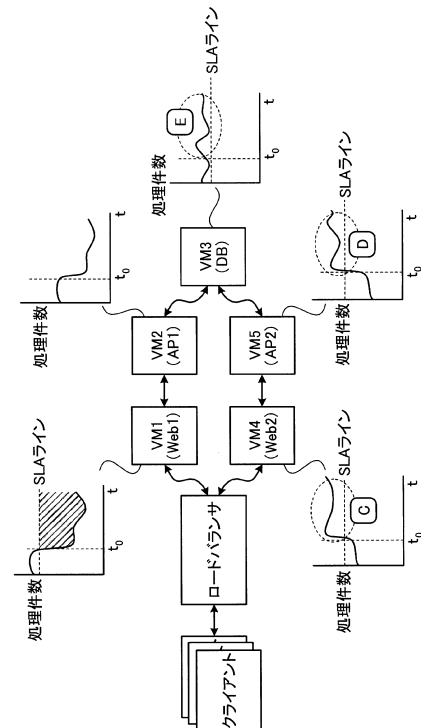
【図6】

VM1のライブマイグレーション開始後のVM2の処理件数の変化例を示す図

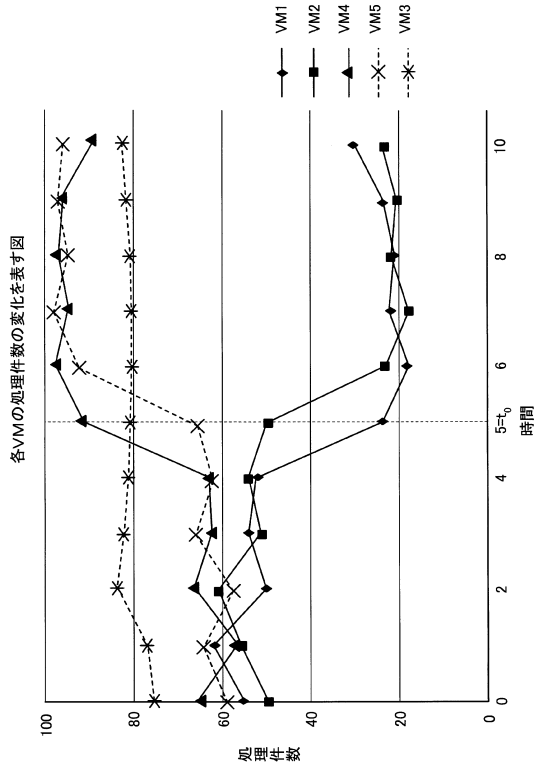


【図7】

VM1のライブマイグレーション開始後のVM2以外の各VMの処理件数の変化例を示す図

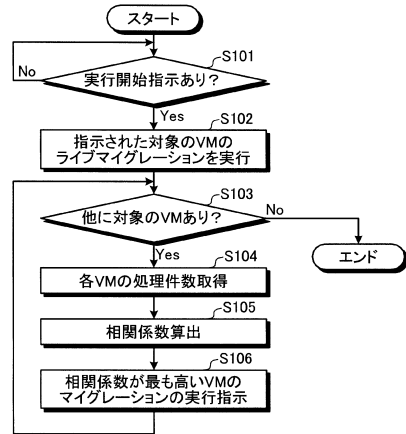


【図8】



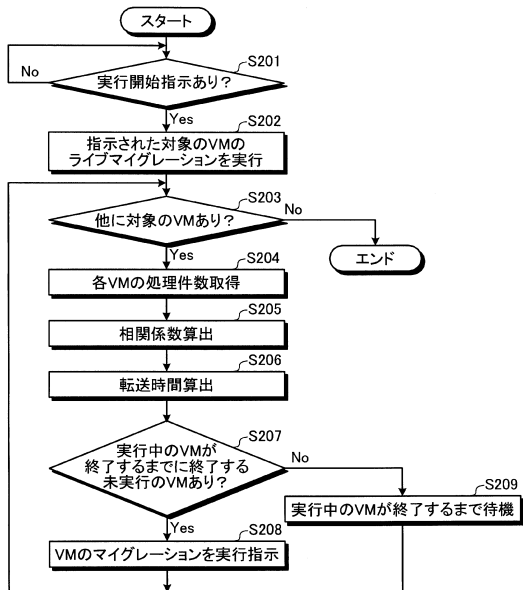
【図9】

実施例2に係る仮想マシン制御装置における処理の流れを示すフローチャート



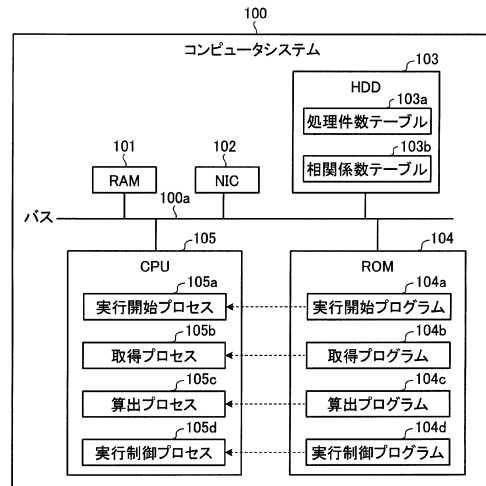
【図10】

実施例3に係る仮想マシン制御装置における処理の流れを示すフローチャート



【図11】

仮想マシン制御プログラムを実行するコンピュータシステムの例を示す図



フロントページの続き

(72)発明者 松本 安英
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

審査官 篠塚 隆

(56)参考文献 特開2010-211546(JP,A)
国際公開第2007/136021(WO,A1)
特開2010-140134(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F9/06
9/44-9/52
9/54-11/00
11/28-11/36
13/00