

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5544967号
(P5544967)

(45) 発行日 平成26年7月9日(2014.7.9)

(24) 登録日 平成26年5月23日(2014.5.23)

(51) Int. Cl. F 1
G 0 6 F 9/50 (2006.01) G O 6 F 9/46 4 6 5 D
G 0 6 F 9/46 (2006.01) G O 6 F 9/46 3 5 0

請求項の数 5 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2010-67466 (P2010-67466)
 (22) 出願日 平成22年3月24日(2010.3.24)
 (65) 公開番号 特開2011-198332 (P2011-198332A)
 (43) 公開日 平成23年10月6日(2011.10.6)
 審査請求日 平成25年2月6日(2013.2.6)

(73) 特許権者 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (72) 発明者 菅井 浩二
 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
 審査官 井上 宏一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 仮想マシン管理プログラム及び仮想マシン管理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

仮想マシンが夫々動作する複数のサーバと通信可能なコンピュータに、
 前記複数のサーバの夫々で動作する各仮想マシンが使用している物理資源量を特定可能な情報を収集する収集手順と、

各仮想マシンの動作にさらに必要となると見込まれる物理資源量である予約量を、各仮想マシンへの物理資源の割当量から、前記収集した情報により特定される、各仮想マシンが使用している物理資源量を差し引いて夫々算出する算出手順と、

前記複数のサーバの夫々で動作する仮想マシンのうち少なくとも1つを移動対象の仮想マシンとして選択するとともに、当該移動対象の仮想マシンを移動させる先の移動先サーバを前記複数のサーバのいずれかから選択する際に、当該移動先サーバで動作する仮想マシンの予約量と、当該移動対象となる仮想マシンの予約量との差が、他のサーバの仮想マシンの予約量と当該移動対象となる仮想マシンの予約量との差よりも小さくなるように選択する選択手順と、

前記移動対象の仮想マシンを、前記移動先サーバに移動させる移動手順と、
 を実行させることを特徴とする仮想マシン管理プログラム。

【請求項2】

前記複数のサーバの夫々で動作する各仮想マシンが使用している物理資源の使用量を履歴として記憶装置に記録する履歴記録手順をさらに有し、

前記算出手順は、前記履歴を参照し、過去の所定期間内における各仮想マシンによる物

10

20

理資源の使用量の最大値が前記割当量よりも小さいときに、前記割当量のうち、過去の所定期間内における各仮想マシンによる物理資源の使用量の最大値から、各仮想マシンが使用している物理資源量を差し引いて前記予約量を算出することを特徴とする請求項1記載の仮想マシン管理プログラム。

【請求項3】

前記算出手順は、同一サーバで動作する全ての仮想マシンについて、各仮想マシンが使用している物理資源量及び前記予約量の全部又は一部を合算したサーバ毎の必要資源量を算出し、

前記選択手順は、前記複数のサーバのいずれかにおいて、サーバの必要資源量が当該サーバの物理資源量を超えているときに、当該サーバで動作する仮想マシンのうち少なくとも1つを移動対象とすることを特徴とする請求項1又は2に記載の仮想マシン管理プログラム。

10

【請求項4】

前記算出手順は、同一サーバで動作する全ての仮想マシンについて、各仮想マシンが使用している物理資源量及び前記予約量の全部又は一部を合算したサーバ毎の必要資源量を算出し、

前記選択手順は、同一サーバで動作する全ての仮想マシンが使用している物理資源量が、サーバにおいて設定された物理資源量の使用可能範囲の下限値よりも下回っているサーバが存在するときに、当該サーバで動作する全ての仮想マシンを移動対象とし、

前記移動手順は、前記移動対象となる仮想マシンを前記移動先のサーバに移動させた後に、サーバを停止させることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の仮想マシン管理プログラム。

20

【請求項5】

仮想マシンが夫々動作する複数のサーバと通信可能な仮想マシン管理装置であって、

前記複数のサーバの夫々で動作する各仮想マシンが使用している物理資源量を特定可能な情報を収集する収集手段と、

各仮想マシンの動作にさらに必要となると見込まれる物理資源量である予約量を、各仮想マシンへの物理資源の割当量から、前記収集した情報により特定される、各仮想マシンが使用している物理資源量を差し引いて夫々算出する算出手段と、

前記複数のサーバの夫々で動作する仮想マシンのうち少なくとも1つを移動対象の仮想マシンとして選択するとともに、当該移動対象の仮想マシンを移動させる先の移動先サーバを前記複数のサーバのいずれかから選択する際に、当該移動先サーバで動作する仮想マシンの予約量と、当該移動対象となる仮想マシンの予約量との差が、他のサーバの仮想マシンの予約量と当該移動対象となる仮想マシンの予約量との差よりも小さくなるように選択する選択手段と、

30

前記移動対象の仮想マシンを、前記移動先サーバに移動させる移動手段と、

を有することを特徴とする仮想マシン管理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、情報処理において仮想マシンを用いる技術に関する。

40

【背景技術】

【0002】

近年、クラウドコンピューティングやシンクライアントを適用したシステム構成において、サーバにおいて仮想マシン（VM: Virtual Machine）を動作させ、利用者に提供するサービスが行われている。かかるサーバでは1つ又は複数のVMが動作し、各VMには、ソフトウェアによって仮想化された物理資源（例えば、CPU（Central Processing Unit）、メモリなど）が割り当てられる。そして、1台のサーバで動作するVMへの物理資源の割当方法として、各VMによるサーバの物理資源の使用状態に応じて、動的に物理資源を割り当てる技術が提案されている。

50

【0003】

一方、サーバが複数存在するシステム構成の場合には、各サーバにおいてVMが正常に動作できるように、次のような技術が採用されている。即ち、各サーバにおいてVMが使用する物理資源量がサーバの物理資源量全体に対して占める割合の上限及び下限を定めて使用許可範囲を設定し、VMが使用する物理資源量の割合が使用許可範囲内になるように、VMを配置する方法が行われている。具体的には、VMが使用している物理資源量がサーバの全体の物理資源量に対して占める割合が使用許可範囲を上回っている場合には、他のサーバに一部のVMを移動（マイグレーション）させる。これにより、VMの負荷が急上昇したときに、物理資源が不足することによってVMの処理性能が低下することを防ぐことができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2002-202959公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、上述した技術では、VMの集約を効率的に行うことができない。

1つの側面では、本発明はVMの集約を行うことを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0006】

1つの案では、仮想マシンが夫々動作する複数のサーバと通信可能なコンピュータが、次の処理を行う。即ち、複数のサーバの夫々で動作する各仮想マシンが使用している物理資源量を特定可能な情報を収集する。また、各仮想マシンの動作にさらに必要となると見込まれる物理資源量である予約量を、各仮想マシンへの物理資源の割当量から、収集した情報により特定される、各仮想マシンが使用している物理資源量を差し引いて夫々算出する。さらに、複数のサーバの夫々で動作する仮想マシンのうち少なくとも1つを移動対象の仮想マシンとして選択するとともに、移動対象の仮想マシンを移動させる先の移動先サーバを複数のサーバのいずれかから選択する際に、移動先サーバで動作する仮想マシンの予約量と、移動対象となる仮想マシンの予約量との差が、他のサーバの仮想マシンの予約量と移動対象となる仮想マシンの予約量との差よりも小さくなるように選択する。そして、移動対象の仮想マシンを、移動先サーバに移動させる。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、仮想マシンを効率的に集約することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】VM管理システムの一例の全体構成図（第1実施例）である。

【図2】VM管理DBの設定パラメータの一例の説明図である。

【図3】VM管理DBのサーバテーブルの一例の説明図である。

40

【図4】VM管理DBのVMテーブルの一例の説明図である。

【図5】VM新規追加処理の一例を示すフローチャートである。

【図6】VM配置調整処理の一例を示すフローチャートである。

【図7】CPU予約量算出ルーチン（第1実施例）の一例を示すフローチャートである。

【図8】メモリ予約量算出ルーチン（第1実施例）の一例を示すフローチャートである。

【図9】サーバ停止ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【図10】VM移動ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【図11】第1実施例の具体例におけるVMテーブルの一例の説明図である。

【図12】第1実施例の具体例におけるサーバテーブルの一例の説明図である。

【図13】第1実施例の具体例におけるVMテーブルの一例の説明図である。

50

【図14】VM配置例の説明図であり、(A)は予約量が近いVMを同じサーバに集約した配置の一例、(B)は予約量に関係なくVMを集約した配置の一例を示す。

【図15】VM管理システムの一例の全体構成図(第2実施例)である。

【図16】VM管理DBの履歴テーブルの一例の説明図である。

【図17】履歴記録処理の一例を示すフローチャートである。

【図18】CPU予約量算出ルーチン(第2実施例)の一例を示すフローチャートである。

【図19】メモリ予約量算出ルーチン(第2実施例)の一例を示すフローチャートである。

【図20】第2実施例の具体例におけるVMテーブルの一例の説明図である。

10

【図21】第2実施例の具体例におけるサーバテーブルの一例の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

[第1実施例]

以下、本発明を実施するための実施例について詳細に説明する。

1つの実施例では、複数のサーバと通信可能なコンピュータが次の処理を行う。即ち、これらの複数のサーバの夫々で動作する各仮想マシンが使用している物理資源量を特定可能な情報を収集する。そして、収集した情報により特定される、各仮想マシンが使用している物理資源量に基づいて、各仮想マシンの動作にさらに必要となると見込まれる物理資源量である予約量を各仮想マシンについて夫々算出する。

20

【0010】

そして、複数のサーバの夫々で動作する仮想マシンのうち少なくとも1つを移動対象の仮想マシン(S)として選択するとともに、移動対象の仮想マシン(S)を移動させる先の移動先サーバを複数のサーバのいずれかから選択する際に、移動先サーバで動作する仮想マシン(D)の予約量と、移動対象となる仮想マシン(S)の予約量との差が、他のサーバの仮想マシン(O)の予約量と移動対象となる仮想マシン(S)の予約量との差よりも小さくなるように選択する。そして、移動対象の仮想マシン(S)を、仮想マシン(D)が動作しているサーバに移動させる。

【0011】

このように、仮想マシンの移動を行う際に、移動対象の仮想マシンの予約量と近い予約量(好ましくは、最も近い)の仮想マシンが動作しているサーバを移動先サーバの候補として選択し、その移動先サーバに移動対象の仮想マシンを移動させることで、予約量が近い仮想マシンを集約させることができる。

30

【0012】

これによれば予約量が近い複数の仮想マシンを1つのサーバに集めることができるため、当該サーバにおいては、これらの複数の仮想マシンの予約量程度の資源量を将来の処理量の変動のために確保しておけば、処理量の増加におおよそ対応することができる。

【0013】

1つのサーバ上の夫々の仮想マシンの予約量を同程度とすることで、そのサーバが確保すべき未使用の物理資源量を必要最小限とすることができるため、仮想マシンを動作させるサーバの台数をより効率的に集約することができる。

40

【0014】

なお、1つのサーバに集約されたm個の仮想マシンの予約量を $R_1 \sim R_m$ とすると、 $\max(R_1, \dots, R_m)$ を将来な処理量の変更に備えて確保する資源量とすることもできる。

【0015】

なお、仮想マシンは複数あってもよく、複数の仮想マシンのうち予約量が最も移動対象の仮想マシンの予約量と近い仮想マシンが動作するサーバを移動先サーバとしてもよい。

図1は、VM管理システムの一例の全体構成図である。本VM管理システムは、サーバ1~4及び当該サーバ1~4の夫々とネットワークを介して接続された管理マネージャ1

50

0を有する。この管理マネージャ10は、サーバ1～4を総括管理するとともに、サーバ1～4に対する各種設定や操作を遠隔制御により行う。サーバ1～4及び管理マネージャ10は、いずれも、少なくともCPU(Central Processing Unit)及びメモリを備えたコンピュータである。なお、図1に示すサーバの数は一例に過ぎない。

【0016】

サーバ1～4では、VMが動作可能な環境が構築され、ハイパーバイザ上で動作する仮想オペレーティングシステムにおいて、1つ以上のVMが動作可能である。

管理マネージャ10は、配置制御部11、VM制御部12、電源制御部13及びVM管理データベース(以下、VM管理DBという)14を有する。

【0017】

配置制御部11は、サーバ1～4の物理資源の使用状態を監視するとともに、サーバ1～4におけるVMの配置(即ち、サーバ1～4のうちどのサーバでどのVMを動作させるか)を決定する。ここで、物理資源とは、例えば、CPUやメモリなどのハードウェア資源のことである。

【0018】

VM制御部12は、サーバ1～4を遠隔制御し、配置制御部11が決定したVMの配置に基づいて、VMの追加や移動(マイグレーション)を行う。

電源制御部13は、配置制御部11が決定したVMの配置に基づき、必要に応じてサーバ1～4の電源をオン又はオフにする。

【0019】

なお、上記管理マネージャ10の配置制御部11、VM制御部12、電源制御部13の各機能は、管理マネージャ10においてCPUによりVM配置制御プログラムが実行され、記憶装置、入力装置、通信を実現するポート等のハードウェア機器と協働することにより、実現される。VM配置制御プログラムは、例えば、磁気テープ、磁気ディスク、磁気ドラム、ICカード、CD-ROM、DVD-ROM等のコンピュータ読取可能な記録媒体に記録しておくことができる。そして、かかる記録媒体に記録されたVM配置制御プログラムを管理マネージャ10にインストールすることにより、VM配置制御プログラムを実行させることができる。

【0020】

VM管理DB14は、管理マネージャ10が備える記憶装置において構築されており、少なくとも配置制御部11がVMの配置を決定するために必要な情報が格納される。VM管理DB14は、設定パラメータ14A、サーバテーブル14B及びVMテーブル14Cを有する。

【0021】

設定パラメータ14Aは、図2に示すように、例えば、必要資源量パラメータ及び使用率下限値を有する。必要資源量パラメータ()は、VMの動作に必要な物理資源量である必要資源量(以下、CPUの必要資源量を必要CPU量、メモリの必要資源量を必要メモリ量という)を算出するために用いるパラメータである。また、使用率下限値は、各サーバにおける物理資源の使用率について、使用可能範囲の下限を示す値である。必要資源量パラメータ及び使用率下限値は、システム管理者等が予め任意に設定しておくことができる。

【0022】

サーバテーブル14Bは、サーバ1～4の物理資源の使用状態を示す情報が格納されるテーブルである。図3は、サーバテーブル14Bのデータ構造及びデータ内容の一例を示す。サーバテーブル14Bは、サーバ名を有し、当該サーバ名に対応するサーバについて、例えば次のような情報を有する。すなわち、サーバテーブル14Bは、サーバの電源状態、サーバのCPU性能(GHz)、CPU性能にサーバのCPU使用率を乗算して算出した値、即ち、サーバで動作する全てのVMによるCPU使用量を合算した値を示す合計CPU使用量(GHz)、CPU性能から合計CPU使用量を差し引いた値を示すCPU不使用量(GHz)を有する。また、サーバテーブル14Bは、仮想マシンの動作にさら

10

20

30

40

50

に必要となると見込まれるCPU資源量であるCPU予約量につき、当該サーバで動作する全てのVM分を合算した合計CPU予約量(GHz)、当該サーバで動作する全てのVMの必要CPU量を合算した合計必要CPU量(GHz)、当該サーバで動作するVMの平均CPU予約量(GHz)を有する。

【0023】

さらに、サーバテーブル14Bは、当該サーバのメモリサイズ(GB)、サーバで動作する全てのVMによるメモリ使用量を合算した値を示す合計メモリ使用量(GB)、メモリサイズから合計メモリ使用量を差し引いた値を示すメモリ不使用量(GB)を有する。また、サーバテーブル14Bは、仮想マシンの動作にさらに必要となると見込まれるメモリ資源量であるメモリ予約量につき、当該サーバで動作する全てのVM分を合算した合計メモリ予約量(GB)、当該サーバで動作する全てのVMの必要メモリ量を合算した合計必要メモリ量(GB)、当該サーバで動作するVMの平均メモリ予約量(GB)を有する。

10

【0024】

VMテーブル14Cは、VM毎のCPUの使用状態を示す情報が格納されるテーブルである。そして、VMテーブル14Cは、図4に示すように、VM名、当該VMが動作しているサーバ名、当該VMへのCPU割当量(GHz)、CPU使用量(GHz)、CPU予約量(GHz)、必要CPU量(GHz)を有する。また、VMテーブル14Cは、さらに、当該VMへのメモリ割当量(GB)、現在のメモリ使用量(GB)、メモリ不使用量(GB)、メモリ予約量(GB)及び必要メモリ量(GB)を有する。

20

【0025】

次に、管理マネージャ10が実行する処理について説明する。

図5は、VM新規追加処理を示すフローチャートである。この処理は、サーバ1~4で動作するアプリケーションによりVMの追加要求があったときや、ユーザ又はシステム管理者等によりVMの追加要求操作がなされたときに実行される。

【0026】

ステップ1(図ではS1と表記している。以下同様)では、配置制御部11が、サーバ1~4から、各サーバで動作するVMによるCPU及びメモリの使用量を特定可能な情報を収集する。ここで、CPUやメモリの使用量を特定可能な情報は、例えば、使用量そのものでも、使用率であってもよい。当該情報が使用率である場合には、配置制御部11は、サーバのCPU性能及びメモリサイズに使用率を乗算して使用量を算出する。そして、配置制御部11は、収集した情報に基づき、サーバ毎の合計CPU使用量及び合計メモリ使用量についてサーバテーブル14Bを更新するとともに、VM毎のCPU使用量及びメモリ使用量についてVMテーブル14Cを更新する。また、配置制御部11は、サーバ毎の合計CPU使用量及び各サーバのCPU性能に基づき、サーバ毎のCPU不使用量を算出し、サーバテーブル14Bを更新する。さらに、配置制御部11は同様に、サーバ毎の合計メモリ使用量及び各サーバのメモリサイズに基づき、サーバのメモリサイズからメモリ使用量を差し引いたメモリ不使用量を算出し、サーバテーブル14Bを更新する。なお、各サーバのCPU性能及びメモリサイズは、当該処理において各サーバから取得してもよいし、サーバテーブル14Bに予め格納しておいてもよい。

30

40

【0027】

ステップ2では、配置制御部11が、CPU予約量を算出するサブルーチン呼び出す。

ステップ3では、配置制御部11が、メモリ予約量を算出するサブルーチン呼び出す。

【0028】

ステップ4では、配置制御部11が、サーバテーブル14Bに格納された物理資源の使用量に基づき、サーバ毎に、合計必要CPU量及び合計必要メモリ量を算出する。サーバ毎の合計必要CPU量及び合計必要メモリ量は、例えば、次のような式により算出する。

【0029】

50

合計必要CPU量 = (合計CPU使用量) + (合計CPU予約量) *

合計必要メモリ量 = (合計メモリ使用量) + (合計メモリ予約量) *

ここで、式中の は、VM管理DB14のパラメータ14Aに設定されている必要資源量パラメータである。なお、 を1に設定しておけば、サーバで動作する全てのVMによる物理資源の使用量及び予約量の合算値を、サーバの必要資源量とすることができる。また、 の値を調整することで、必要資源量に含める予約量の割合を調整することもできる。

【0030】

ステップ5では、配置制御部11が、サーバ毎の合計必要CPU量及び合計必要メモリ量の両方を考慮した上で、VMによる必要資源量が最も小さいサーバを、VMの配置先として選択する。かかる選択方法として、配置制御部11は、例えば、次の式で算出される値が最も小さいサーバを選択する。

【0031】

$\max(\text{合計必要CPU量}, \text{合計必要メモリ量})$

即ち、合計必要CPU量又は合計必要メモリ量のいずれか大きいほうの値である。

ステップ6では、VM制御部12が、VMの配置先として選択されたサーバに対してVMを追加する。また、配置制御部11が、VM管理DB14のVMテーブル14Cに、ステップ5で配置したVMの情報を追加する。このとき、VMテーブル14Cには、少なくとも、VMを配置したサーバ名を示す情報を格納すればよい。

【0032】

図6は、VM配置調整処理を示すフローチャートである。この処理は、例えば、予め管理マネージャ10において設定された所定時間毎に実行される。

ステップ11～14は、夫々図5のステップ1～4と同様であるため、説明を省略する。

【0033】

以下のステップ15～18は、サーバ1～4の夫々について実行される。

ステップ15では、配置制御部11が、処理対象サーバの合計必要CPU量が処理対象サーバにおける合計CPU使用量の使用可能範囲の下限値よりも下回り、かつ、処理対象サーバの合計必要メモリ量が処理対象サーバにおける合計メモリ使用量の使用可能範囲の下限値よりも下回っているか否かを判定する。処理対象サーバにおける合計CPU使用量の下限値及び合計メモリ使用量の使用可能範囲の下限値は、例えば、次の式で算出することができる。

【0034】

合計CPU使用量の下限値 = (CPU性能) * s

合計メモリ使用量の下限値 = (メモリサイズ) * s

ここで、式中のsは、VM管理DB14のパラメータ14Aに設定されている使用率下限値パラメータである。

合計必要CPU量が合計CPU使用量の下限値よりも下回り、かつ、合計必要メモリ量が合計メモリ使用量の下限値よりも下回っているときにはステップ16に進み(Yes)、そうでないときにはステップ17に進む(No)。

【0035】

ステップ16では、配置制御部11が、処理対象サーバにつき、サーバ停止ルーチンを呼び出す。

ステップ17では、配置制御部11が、処理対象サーバの合計必要CPU量が、処理対象サーバのCPU性能よりも上回っているか、又は、処理対象サーバの合計必要メモリ量が処理対象サーバのメモリサイズよりも上回っているか否かを判定する。合計必要CPU量又は合計必要メモリ量のいずれかが上回っていれば、ステップ18に進み(Yes)、合計必要CPU量及び合計必要メモリ量のいずれもが上回っていないときには、ステップ15に戻って次のサーバの処理を開始する(No)。

【0036】

ステップ18では、配置制御部11が、VM移動ルーチンを呼び出す。

10

20

30

40

50

図7は、CPU予約量算出ルーチンの処理を示すフローチャートである。

ステップ21では、配置制御部11が、サーバ1～4で夫々動作するVM毎にCPU予約量を算出する。このとき、VMのCPU予約量は、例えば、次の式で算出する。

【0037】

VMのCPU予約量 = (VMへのCPU割当量) - (VMのCPU使用量)

そして、配置制御部11は、算出したVM毎のCPU予約量でVMテーブル14Cを更新する。

【0038】

ステップ22では、配置制御部11が、同一サーバで動作しているVM全ての合計CPU予約量及び平均CPU予約量をサーバ毎に算出し、サーバテーブル14Bを更新する。

10

図8は、メモリ予約量算出ルーチンの処理を示すフローチャートである。

【0039】

ステップ31では、配置制御部11が、サーバ1～4で夫々動作するVM毎にメモリ予約量を算出する。このとき、各VMのメモリ予約量は、例えば、次の式で算出する。

VMのメモリ予約量 = (VMへのメモリ割当量) - (VMのメモリ使用量)

そして、配置制御部11は、算出したVM毎のメモリ予約量でVMテーブル14Cを更新する。

【0040】

ステップ32では、配置制御部11が、同一サーバで動作しているVM全ての合計メモリ予約量及び平均メモリ予約量をサーバ毎に算出し、サーバテーブル14Bを更新する。

20

図9は、サーバ停止ルーチンの処理を示すフローチャートである。

【0041】

ステップ41では、配置制御部11が、処理対象サーバ(すなわち停止させるサーバ)で動作中の全てのVMの移動先となるサーバを選択する。ここでは、サーバの選択基準の一例として、移動対象となるVMを移動した後においても、移動先となるサーバにおける必要資源量が、サーバの物理資源の性能を超えないサーバを選択する。かかる移動先となるサーバの選択基準として、例えば、次の条件を満たすサーバを選択する。

「(移動先サーバの合計必要CPU量) + (移動対象となるVMの必要CPU量) (移動先サーバのCPU性能)、かつ、(移動先サーバの合計必要メモリ量) + (移動対象となるVMの必要メモリ量) (移動先サーバのメモリサイズ)」

30

なお、移動対象となるVMの必要CPU量及び必要メモリ量は、例えば、次のような式により算出する。

【0042】

必要CPU量 = (CPU使用量) + (CPU予約量) *

必要メモリ量 = (メモリ使用量) + (メモリ予約量) *

かかる条件を満たすサーバを選択するということを換言すれば、移動対象となる仮想マシンが使用している物理資源の使用量及び当該仮想マシンの予約量に対応する物理資源量の空きを有するサーバを選択するということである。

【0043】

ここで、配置制御部11は、さらに、上記基準を満たすサーバのうち、サーバで動作するVMの予約量と移動対象となるVMの物理資源の予約量との差が最も小さいサーバを選択する。換言すれば、配置制御部11は、上記基準を満たすサーバのうち、サーバで動作するVMの予約量と移動対象となるVMの物理資源の予約量とが最も近いサーバを選択する。かかるサーバを選択する方法の一例として、サーバで動作するVMの予約量の平均値が、移動対象のVMの予約量と近いサーバを選択する方法がある。また、例えば、次の式の計算結果が最も小さいサーバを選択する。

40

【0044】

【数 1】

$$\left(\frac{(VMのCPU予約量)-(平均CPU予約量)}{\text{全サーバの平均CPU性能}} \right)^2 + \left(\frac{(VMのメモリ予約量)-(平均メモリ予約量)}{\text{全サーバの平均メモリサイズ}} \right)^2$$

【0045】

ステップ42では、配置制御部11が、処理対象サーバで動作する全てのVMを移動させることができるか否か、即ち、全てのVMについて、ステップ41で示した基準を満たすサーバを選択することができたか否かを判定する。全てのVMを移動させることができるときには、ステップ43に進み(Yes)、移動できないVMが存在するときには、本ルーチンを終了する。

10

【0046】

ステップ43では、VM制御部12が、処理対象サーバで動作する全てのVMを、ステップ41で配置制御部11が選択した移動先サーバに夫々移動させる。

ステップ44では、配置制御部11が、ステップ43で行ったVMの移動内容で、VM管理DB14のVMテーブル14Cを更新する。すなわち、配置制御部11は、移動させたVMのサーバ名を、処理対象サーバから移動先のサーバへと変更する。

【0047】

ステップ45では、電源制御部13が、処理対象サーバの電源をオフにして停止させる。

図10は、VM移動ルーチンの処理を示すフローチャートである。

20

【0048】

ステップ51では、配置制御部11が、処理対象サーバで動作するVMのうち1つのVMを選択する。

ステップ52では、配置制御部11が、ステップ51で選択したVMの移動先となるサーバを選択する。この選択基準は、ステップ41で示した選択基準と同様の基準を用いる。

【0049】

ステップ53では、配置制御部11が、ステップ51で選択したVMを移動させることができるか否か、即ち、ステップ41で示した基準を満たすサーバを選択することができたか否かを判定する。VMを移動させることができるときには、ステップ54に進み(Yes)、一方、VMを移動させることができないときには、ステップ55に進む(No)。

30

【0050】

ステップ54では、配置制御部11が、選択されたサーバにVMを移動させる。また、配置制御部11は、当該VMの移動内容で、VM管理DB14のVMテーブル14Cを更新する。即ち、配置制御部11は、少なくとも、移動させたVMのサーバ名を、処理対象サーバから移動先サーバへと変更する。

【0051】

ステップ55では、電源制御部13が、サーバ1~4のうち、停止しているサーバの電源をオンにする。そして、配置制御部11が、当該電源をオンにしたサーバにVMを移動させる。また、配置制御部11は、当該VMの移動内容で、VM管理DB14のVMテーブル14Cを更新する。なお、停止しているサーバが1つも存在しないときには、配置制御部11は、VMの移動を行わずに当該ルーチンを終了する。

40

【0052】

ステップ56では、合計必要CPU量が処理対象サーバのCPU性能以下であり、かつ、合計必要メモリ量が処理対象サーバのメモリサイズ以下であるか否かを判定する。合計必要CPU量が処理対象サーバのCPU性能以下であり、かつ、合計必要メモリ量が処理対象サーバのメモリサイズ以下であるときには、本サブルーチンを終了する(Yes)。一方、そうでないときには、ステップ51に戻り(No)、次のVMについて処理を行う。

50

【 0 0 5 3 】

次に、VM配置調整処理（図6）において、サーバ停止ルーチン（図9）が呼び出される場合の処理につき、データの具体例を用いて説明する。

VM配置調整処理のステップ15の判定において、図3に示すサーバテーブル14Bのデータの具体例では、サーバ1の合計必要CPU量が[0.6]であり、CPU性能[2.0]に図2に示す使用率下限値[0.5]を乗じた値、即ち使用可能範囲の下限値[1.0]よりも少ない。また、合計必要メモリ量も[0.4]であり、メモリサイズ[4.0]に使用率下限値[0.5]を乗じた値、即ち使用可能範囲の下限値[2.0]よりも少ない。このため、配置制御部11は、サーバ1の電源を停止させるべく、サーバ停止ルーチンを呼び出す。

10

【 0 0 5 4 】

このとき、サーバ1で動作しているVMは、図4に示すVMテーブル14Cで示されるように、VM1のみである。そして、配置制御部11は、VM1につき、移動先となるサーバを、ステップ41の選択基準により選択する。ここで、VM1のCPU予約量は、図4のVMテーブル14Cで示されるように[1.8]（すなわち、CPU割当量[2.0]からCPU使用量[0.2]を差し引いた値）であり、メモリ予約量は、[0.8]（すなわち、メモリ割当量[1.0]からメモリ使用量[0.2]を差し引いた値）である。そして、図3のサーバテーブル14Bを参照すると、上記ステップ41の条件を満たし、かつ、平均CPU予約量と移動対象のVMのCPU予約量[1.8]との差が小さく、また、平均メモリ予約量と移動対象のVMのメモリ予約量[0.2]との差が小さいサーバは、サーバ3である。このため、配置制御部11は、サーバ3をVM1の移動先サーバとして選択する。そして、VM制御部12がVM1をサーバ3に移動させる。この移動内容でVMテーブル14Cを更新した結果が、図11に示す内容となる。また、当該移動後に、各サーバにおける物理資源の使用状態を反映させたサーバテーブル14Bが、図12に示す内容となる。

20

【 0 0 5 5 】

さらに、VM配置調整処理（図6）において、VM移動ルーチン（図10）が行われる場合につき、データの具体例を用いて説明する。

図12に示すサーバテーブル14Bのデータの具体例では、サーバ4は、合計必要CPU量[3.2]がCPU性能[3.0]よりも大きい。このため、配置制御部11は、VM配置調整処理のステップ17の判定において、VM移動ルーチンを呼び出す。

30

【 0 0 5 6 】

このとき、サーバ4で動作しているVMは、図11に示したVMテーブル14Cで示されるように、VM6及びVM7である。ここで、配置制御部11は、まず、VM6を移動させるVMとして選択する。さらに、配置制御部11は、VM6につき、移動先となるサーバを、ステップ52の選択基準により選択する。ここで、図3のサーバテーブル14Bを参照すると、上記ステップ41の条件を満たし、かつ、平均CPU予約量が、移動させるVM6のCPU予約量[1.8]に近く、また、平均メモリ予約量が、移動させるVM6のメモリ予約量[0.5]に近いサーバは、サーバ3である。このため、配置制御部11は、サーバ3をVM6の移動先サーバとして選択する。そして、VM制御部12がVM6をサーバ3に移動させる。なお、当該移動内容で更新した結果のVMテーブル14Cが、図13に示す内容となる。この段階で、サーバ4の合計必要CPU量は[2.5]となり、CPU性能[3.0]よりも小さい。このため、VM7については移動せずに、処理を終了する。

40

【 0 0 5 7 】

かかるVM管理システムの処理によれば、VM配置調整処理において、複数のサーバのうち、移動対象となるVMの必要資源量が確保できるサーバが、VMの移動先サーバとして選択される。このため、サーバで動作するVMのうちの1つにおいて負荷が急上昇したとしても、VMの予約量、即ち、VMの動作にさらに必要となると見込まれる物理資源量が確保されているため、物理資源不足による性能低下を回避することができる。したがっ

50

て、人手により必要資源量の見積りやチューニングを行わなくても、適切に資源を確保でき、また、S L A (Service Level Agreement) 違反などを防ぐことができる。

【 0 0 5 8 】

さらに上記条件に加え、物理資源の平均予約量が移動対象となるVMの物理資源の予約量と近いサーバが、VMの移動先サーバとして選択される。その結果、予約量が近いVM同士が同じサーバに集められ、予約量の大きいVMと小さいVMとで、配置されるサーバが分離されることとなる。換言すれば、負荷が急上昇したときにさらに必要となる物理資源量が近い仮想マシン同士が同じサーバに集められることとなる。このため、最小限の物理資源量を確保するだけで、サーバで動作する各VMにつき予約量を確保しつつ、効率的にVMを集約することができる。

10

【 0 0 5 9 】

かかる効果につき、具体例を用いて図を参照しつつ説明する。なお、ここでは説明を簡略化するため、CPUの使用状態のみに着目して説明する。例えば、図14(A)及び(B)は、CPU割当量が夫々1GHzのVMであって、CPU使用率が100%(即ち、CPU使用量が1GHzであり、CPU予約量は0GHz)のVM2つ、CPU使用率が20%(即ち、CPU使用量が0.2GHzであり、CPU予約量は0.8GHz)のVM6つを、CPU性能が2GHzのサーバ2つに配置するケースである。この場合、本VM管理システムによれば、予約量が近いVM同士が同じサーバに集約されるため、図14(A)に示すような配置となる。ここで、サーバ1は、いずれのVMも予約量が0であり、負荷の急上昇によりこれ以上のCPU資源を必要とすることがないため、物理資源が不足することはない。一方、サーバ2についても、いずれかのVMの負荷が一時的に急上昇して使用率が100%になったとしても、不使用領域が0.8GHz確保されているため、VMの性能低下を防ぐことができる。一方、図14(B)は、これらのVMを、本VM管理システムによらずにサーバ2台に集約した場合の一例である。かかる配置においてCPU使用率20%のVMのうちのいずれか1つのCPU使用率が一時的に急上昇したとき、サーバ1、サーバ2ともに、不使用領域が0.4GHzしか確保されていないため、CPU使用率が60%を超えた時点で、CPU資源不足による性能低下のおそれがある。このように、本VM管理システムによれば、各VMの負荷の一時的な急上昇に備えて物理資源を確保しつつ、VMを効率的に同じサーバに集約して稼働サーバ台数を抑え、消費電力等のコスト削減を図ることができる。

20

30

【 0 0 6 0 】

さらに、上記実施例では、同一サーバで動作するVMの必要資源量の合計がサーバの使用量の下限値を下回っているときに、他のサーバへとVMを移動させ、当該サーバを停止させている。こうすることにより、稼働サーバ台数をさらに減らし、一層コスト削減を図ることができる。

【 0 0 6 1 】

なお、上記実施例のサーバ停止ルーチン及びVM移動ルーチンでは、VMの移動先サーバの選択において(ステップ41及び52)、サーバで動作するVMの予約量が移動対象となるVMの予約量と最も近いサーバを選択している。しかし、最も近いサーバに限定することなく、サーバで動作するVMの予約量と移動対象となるVMの予約量とが他のサーバよりも近いサーバを優先して選択すれば、予約量が近いVMを同じサーバに集約することは可能である。

40

【 0 0 6 2 】

さらに、上記VMの移動先サーバの選択では、移動対象となるVMを移動した後においても、移動先となるサーバにおける必要資源量がサーバの物理資源の性能を超えないサーバであることを条件として、移動先サーバを選択している。しかしながら、サーバにおける必要資源量がサーバの物理資源の性能を超えるおそれがある場合であっても、サーバで動作するVMの予約量が移動対象となるVMの予約量と近いという条件を満たしたサーバであれば、当該サーバを移動先サーバとしてVMの移動を行うようにしてもよい。この場合、例えば、移動先となるサーバですでに動作しているVMのうち、移動対象となるVM

50

の予約量との差が他のVMに比べて大きいVMをさらに他のサーバに移動させて物理資源量を確保した上で、VMの移動を行うようにしてもよい。

【0063】

また、上記実施例のVM配置調整処理では、サーバの必要資源量が物理資源の性能を超えているときにのみ（ステップ17）、VMを移動させて配置調整を行っている。こうすることにより、物理資源量が不足する蓋然性の高いサーバの負荷を減らし、性能低下を未然に防ぐことができるとともに、無条件に配置調整を行う場合と比べると、VM移動回数を抑制しつつ、VMを徐々に適切な配置にすることができる。しかし、かかる場合に限らず、例えば所定時間毎に各サーバに配置されたVMの予約量を監視し、予約量の近いVM同士が同一サーバに配置されるように移動処理を行ってもよい。

10

【0064】

さらに、VM移動ルーチンにおいて、移動対象とするVMを選択するとき（ステップ51）に、予約量が大きいVMから優先して選択するようにしてもよい。このようにすれば、予約量が大きい、即ち、負荷が少ない可能性の高いVMから順に他のサーバに移動されるため、例えば、VMの移動処理に伴い、VMで処理している業務に支障が生じることを、できる限り回避することができる。

【0065】

また、設定パラメータ（ ）及び使用量下限値（s）の値については、CPU及びメモリの夫々について異なる値を設定してもよい。

ところで、上記第1実施例では、CPU及びメモリの両方の使用状態に基づいて、VMの配置を制御したが、例えば、CPUの使用状態のみに基づいてVMの配置を制御してもよい。CPUの使用状態のみに基づいてVMの配置を制御する変形例について、上記第1実施例との相違点を説明する。

20

【0066】

サーバテーブル14Bは、サーバ名と、電源状態と、CPUに関連する項目、すなわち、当該サーバのCPU性能、合計CPU使用量、CPU不使用量、合計CPU予約量、合計必要CPU量及び平均CPU予約量を有していればよい。また、同様に、VMテーブル14Cについても、VM名、当該VMが動作しているサーバ名、当該VMのCPU割当量（GHz）、CPU使用量（GHz）、CPU予約量（GHz）、必要CPU量（GHz）を有していればよい。

30

【0067】

そして、VM新規追加処理（図5）においては、配置制御部11は、ステップ1において、サーバ1～4から、各サーバで動作するVMによるCPU使用量を特定可能な情報を収集する。そして、配置制御部11は、ステップ2においてCPU予約量を算出し、ステップ4において、サーバ毎の合計必要CPU量を算出する。そして、ステップ5において、合計必要CPU量が最も小さいサーバにVMを配置する。

【0068】

また、VM配置調整処理（図6）においては、配置制御部11は、ステップ15において、合計必要CPU量が、処理対象サーバのCPU使用量の下限値よりも下回っているか否かを判定する。そして、合計必要CPU量が、処理対象サーバのCPU使用量の下限値よりも下回っているときに、ステップ16において、処理対象サーバにつき、サーバを停止させるサブルーチン呼び出す。また、配置制御部11は、ステップ17において、合計必要CPU量が、処理対象サーバのCPU性能を上回っているか否かを判定する。そして、配置制御部11は、合計必要CPU量が、処理対象サーバのCPU性能を上回っていれば、ステップ18において、VM移動ルーチン呼び出す。

40

【0069】

さらに、サーバ停止ルーチン（図9）のステップ41及びVM移動ルーチン（図10）のステップ52では、VMの移動先のサーバの選択基準をCPUの使用状態のみにする。すなわち、次の基準を満たすものを選択すればよい。

「（移動先サーバの合計必要CPU量）+（移動対象となるVMの必要CPU量）（移

50

動先サーバのCPU性能)」

さらに、上記基準を満たすサーバのうち、サーバで動作するVMのCPU予約量と移動対象となるVMのCPU予約量との差が最も小さいサーバを選択する。かかるサーバを選択する方法の一例として、サーバで動作するVMのCPU予約量の平均値が、移動対象のVMのCPU予約量と近いサーバを選択する方法がある。

【0070】

また、CPUの使用状態のみに基づいてVMの配置を制御する変形例と同様に、メモリの使用状態のみに基づいてVMの配置を制御することも可能である。

[第2実施例]

第2実施例におけるVM管理システムでは、CPU予約量及びメモリ予約量を、サーバにおける過去の物理資源の使用状態を考慮して算出する。なお、第1実施例と同じ構成については説明を省略する。

10

【0071】

図15は、第2実施例におけるVM管理システムの全体構成である。第2実施例では、上記第1実施例における全体構成に対し、VM管理DB14において、さらに、履歴テーブル14Dを有する。

【0072】

次に、第2実施例におけるVM管理DB14のうち、履歴テーブル14Dのデータ構造について説明する。なお、設定パラメータ14A、サーバテーブル14B及びVMテーブル14Cは、第1実施例と同様であるため、説明を省略する。

20

【0073】

履歴テーブル14Dは、過去の所定期間における、サーバ1～4で動作する各VMのCPU使用量及びメモリ使用量の最大値の履歴を示す情報が格納されるテーブルである。そして、履歴テーブル14Dは、図16に示すように、VM名、当該VMにおける、本日から30日前までの夫々の日におけるCPU使用量の最大値、過去30日間の通算のCPU使用量の最大値を有する。また、履歴テーブル14Dは、当該VMにおける、本日から30日前までの夫々の日のメモリ使用量の最大値、過去30日間の通算のメモリ使用量の最大値を有する。なお、履歴テーブル14Dで記録を保持する期間(30日)を過ぎた古い情報については、配置制御部11が削除する。また、履歴テーブル14Dで記録を保持する期間は、30日に限らず、任意に変更することができる。

30

【0074】

次に、管理マネージャ10が実行する処理について説明する。

ここで、VM新規追加処理(図5)、VM配置調整処理(図6)、サーバ停止ルーチン(図9)及びVM移動ルーチン(図10)の処理は、夫々第1実施例と同様であるため、説明を省略する。

【0075】

図17は、履歴記録処理を示すフローチャートである。この処理は、例えば、予め管理マネージャ10において設定された所定時間毎に実行される。

ステップ61では、配置制御部11が、サーバ1～4から、各サーバで動作するVMによるCPU及びメモリの使用量を特定可能な情報を収集する。

40

【0076】

ステップ62では、CPU又はメモリのいずれか一方又は両方の使用量が、履歴テーブル14Dに記録された本日の最大値を超えていれば、ステップ63に進む一方(Yes)、いずれの使用量も本日の使用量の最大値を超えていなければ、履歴記録処理を終了する(No)。

【0077】

ステップ63では、CPU使用量が、履歴テーブル14Dにおける本日のCPU使用量の最大値を超えていれば、ステップ61で収集した使用量で、履歴テーブル14Dの本日のCPU使用量の最大値を更新する。同様に、メモリ使用量が、履歴テーブル14Dにおける本日のメモリ使用量の最大値を超えていれば、ステップ61で収集した使用量で、履

50

履歴テーブル 1 4 D の本日のメモリ使用量の最大値を更新する。

【 0 0 7 8 】

ステップ 6 4 では、CPU 又はメモリのいずれか一方又は両方の使用量が、過去 3 0 日間における通算の最大値を超えていれば、ステップ 6 5 に進む一方、いずれの使用量も通算の使用量の最大値を超えていなければ、履歴記録処理を終了する。

【 0 0 7 9 】

ステップ 6 5 では、CPU 使用量が、履歴テーブル 1 4 D における通算の CPU 使用量の最大値を超えていれば、ステップ 6 1 で収集した使用量で、履歴テーブル 1 4 D の CPU 使用量の通算の最大値を更新する。同様に、メモリ使用量が、履歴テーブル 1 4 D における通算のメモリ使用量の最大値を超えていれば、ステップ 6 1 で収集した使用量で、履歴テーブル 1 4 D のメモリ使用量の通算の最大値を更新する。

10

【 0 0 8 0 】

図 1 8 は、CPU 予約量算出ルーチンの処理を示すフローチャートである。

ステップ 7 1 では、配置制御部 1 1 が、サーバ 1 ~ 4 で動作する各 VM の CPU 予約量を、過去の CPU 使用量を考慮して算出する。具体的には、配置制御部 1 1 は、CPU 予約量を、例えば次の式で算出する。

【 0 0 8 1 】

$$\min(\text{CPU 割当量}, \text{履歴テーブル 1 4 D の CPU 使用量の最大値}) - (\text{CPU 使用量})$$

即ち、CPU 割当量又は履歴テーブル 1 4 D の CPU 使用量の最大値のいずれか小さいほうの値から、CPU 使用量を差し引いて算出する。

20

そして、配置制御部 1 1 は、VM 毎の CPU 予約量で VM テーブル 1 4 C を更新する。

【 0 0 8 2 】

ステップ 7 2 では、配置制御部 1 1 が、サーバ 1 ~ 4 で動作している VM の合計 CPU 予約量及び平均 CPU 予約量をサーバ毎に算出し、サーバテーブル 1 4 B を更新する。

図 1 9 は、メモリ予約量算出ルーチンの処理を示すフローチャートである。

【 0 0 8 3 】

ステップ 8 1 では、配置制御部 1 1 が、サーバ 1 ~ 4 で動作する各 VM のメモリ予約量を、過去のメモリ使用量を考慮して算出する。具体的には、配置制御部 1 1 は、メモリ予約量を、例えば次の式で算出する。

30

【 0 0 8 4 】

$$\min(\text{メモリ割当量}, \text{履歴テーブル 1 4 D のメモリ使用量の最大値}) - (\text{メモリ使用量})$$

即ち、メモリ割当量又は履歴テーブル 1 4 D のメモリ使用量の最大値のいずれか小さいほうの値から、メモリ使用量を差し引いて算出する。

そして、配置制御部 1 1 は、VM 毎のメモリ予約量で VM テーブル 1 4 C を更新する。

【 0 0 8 5 】

ステップ 8 2 では、配置制御部 1 1 が、各サーバで動作している VM の合計メモリ予約量及び平均メモリ予約量をサーバ毎に算出し、サーバテーブル 1 4 B を更新する。

次に、上記第 2 実施例における CPU 予約量算出ルーチンの処理について、データの具体例を用いて説明する。

40

【 0 0 8 6 】

配置制御部 1 1 が、図 2 0 に示した VM テーブル 1 4 C の CPU 割当量及び CPU 使用量に基づき、図 2 1 に示した履歴テーブル 1 4 D の最大値を考慮して CPU 予約値を算出すると、次のようになる。例えば、VM 1 では、CPU 割当量が [2 . 0] である一方、履歴テーブル 1 4 D の CPU 使用量の通算の最大値も [2 . 0] で等しい。このため、ステップ 7 1 の処理により算出される CPU 予約量は、CPU 割当量又は CPU 使用量の通算の最大値 [2 . 0] から CPU 使用量 [0 . 2] を差し引いた [1 . 8] となる。一方で、例えば、VM 2 では、CPU 割当量が [3 . 0] である一方、履歴テーブル 1 4 D の CPU 使用量の通算の最大値は [2 . 8] であり、CPU 割当量よりも小さい。このため

50

、ステップ71の処理により算出されるCPU予約量は、CPU使用量の通算の最大値[2.8]からCPU使用量[2.8]を差し引いた[0.0]となる。

【0087】

かかる第2実施例に係るVM管理システムの処理によれば、第1実施例に比べ、さらに次のような効果を奏する。即ち、物理資源の予約量が、過去の物理資源の使用状態を考慮して算出されるため、実際にVMが使用する可能性のある物理資源量により近い値となる。したがって、精度の高い予約量に基づいてVMの配置が決定されこととなるため、よりの確にVMを配置することが可能となる。例えば、VMの処理内容によっては、VMにより使用される実際の物理資源量は、VMに対する物理資源の割当量よりも少ないことがあり得る。この場合、上記の予約量の具体的な算出例に基づいて予約量を算出すると、物理資源の割当量よりも実際に使用されている物理資源量のほうが小さければ、実際に使用されている物理資源量から物理資源の使用量を差し引いた値が予約量となる。したがって、実質的に使用する見込みのない物理資源量が予約量に含まれることを回避でき、無駄な物理資源量を確保してVMを配置してしまうことを防ぐことができる。

10

【0088】

なお、第2実施例に係るVM管理システムにおいても、第1実施例と同様に、CPUのみの使用状態又はメモリのみの使用状態を考慮してVMの配置を行ってもよい。

以上の実施形態に関し、更に以下の付記を開示する。

【0089】

(付記1) 仮想マシンが夫々動作する複数のサーバと通信可能なコンピュータに、前記複数のサーバの夫々で動作する各仮想マシンが使用している物理資源量を特定可能な情報を収集する収集手順と、前記収集した情報により特定される、各仮想マシンが使用している物理資源量に基づき、各仮想マシンの動作にさらに必要となると見込まれる物理資源量である予約量を、各仮想マシンについて夫々算出する算出手順と、前記複数のサーバの夫々で動作する仮想マシンのうち少なくとも1つを移動対象の仮想マシンとして選択するとともに、当該移動対象の仮想マシンを移動させる先の移動先サーバを前記複数のサーバのいずれかから選択する際に、当該移動先サーバで動作する仮想マシンの予約量と、当該移動対象となる仮想マシンの予約量との差が、他のサーバの仮想マシンの予約量と当該移動対象となる仮想マシンの予約量との差よりも小さくなるように選択する選択手順と、前記移動対象の仮想マシンを、前記移動先サーバに移動させる移動手順と、を実行させることを特徴とする仮想マシン管理プログラム。

20

30

【0090】

(付記2) 前記算出手順は、仮想マシンへの物理資源の割当量から当該仮想マシンによる物理資源の使用量を差し引いた値を各仮想マシンの前記予約量として夫々算出することを特徴とする付記1記載の仮想マシン管理プログラム。

【0091】

(付記3) 前記算出手順は、各サーバで動作する仮想マシンの前記予約量の平均値をサーバ毎に算出し、前記選択手順は、移動対象となる仮想マシンの予約量とサーバの予約量の平均値との差が他のサーバよりも小さいサーバを移動先サーバとして選択することを特徴とする付記1又は2に記載の仮想マシン管理プログラム。

40

【0092】

(付記4) 前記複数のサーバの夫々で動作する各仮想マシンが使用している物理資源の使用量を履歴として記憶装置に記録する履歴記録手順をさらに有し、前記算出手順は、前記履歴を参照し、各仮想マシンが使用している物理資源量及び過去の所定期間内における仮想マシンによる物理資源の使用量に基づいて、前記予約量を算出することを特徴とする付記1～3のいずれか1つに記載の仮想マシン管理プログラム。

【0093】

(付記5) 前記算出手順は、前記履歴として記録された物理資源の使用量の中から、過去の所定期間内における仮想マシンによる物理資源の最大使用量を特定し、前記最大使用量が仮想マシンへの物理資源の割当量と一致するときには、仮想マシンへの物理資源の

50

割当量から当該仮想マシンによる物理資源の使用量を差し引いた値を各仮想マシンの前記予約量として夫々算出する一方、前記最大使用量が仮想マシンへの物理資源の割当量よりも少ないときには、前記最大使用量から当該仮想マシンによる物理資源の使用量を差し引いた値を各仮想マシンの前記予約量として夫々算出することを特徴とする付記 4 記載の仮想マシン管理プログラム。

【 0 0 9 4 】

(付記 6) 前記算出手順は、同一サーバで動作する全ての仮想マシンについて、各仮想マシンが使用している物理資源量及び前記予約量の全部又は一部を合算したサーバ毎の必要資源量を算出し、前記選択手順は、前記複数のサーバのいずれかにおいて、サーバの必要資源量が当該サーバの物理資源量を超えているときに、当該サーバで動作する仮想マシンのうち少なくとも 1 つを移動対象とすることを特徴とする付記 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の仮想マシン管理プログラム。

10

【 0 0 9 5 】

(付記 7) 前記算出手順は、同一サーバで動作する全ての仮想マシンについて、各仮想マシンが使用している物理資源量及び前記予約量の全部又は一部を合算したサーバ毎の必要資源量を算出し、前記選択手順は、同一サーバで動作する全ての仮想マシンにより使用されている物理資源量が、サーバにおいて設定された物理資源量の使用可能範囲の下限値よりも下回っているサーバが存在するときに、当該サーバで動作する全ての仮想マシンを移動対象とし、前記配置手順は、前記配置対象となる仮想マシンを前記配置先のサーバに配置させた後に、サーバを停止させることを特徴とする付記 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の仮想マシン管理プログラム。

20

【 0 0 9 6 】

(付記 8) 前記物理資源は、CPU 及び / 又はメモリであることを特徴とする付記 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の仮想マシン管理プログラム。

【 0 0 9 7 】

(付記 9) 仮想マシンが夫々動作する複数のサーバと通信可能な仮想マシン管理装置であって、前記複数のサーバの夫々で動作する各仮想マシンが使用している物理資源量を特定可能な情報を収集する収集手段と、前記収集した情報により特定される、各仮想マシンが使用している物理資源量に基づき、各仮想マシンの動作にさらに必要となると見込まれる物理資源量である予約量を、各仮想マシンについて夫々算出する算出手段と、前記複数のサーバの夫々で動作する仮想マシンのうち少なくとも 1 つを移動対象の仮想マシンとして選択するとともに、当該移動対象の仮想マシンを移動させる先の移動先サーバを前記複数のサーバのいずれかから選択する際に、当該移動先サーバで動作する仮想マシンの予約量と、当該移動対象となる仮想マシンの予約量との差が、他のサーバの仮想マシンの予約量と当該移動対象となる仮想マシンの予約量との差よりも小さくなるように選択する選択手段と、前記移動対象の仮想マシンを、前記移動先サーバに移動させる移動手段と、を有することを特徴とする仮想マシン管理装置。

30

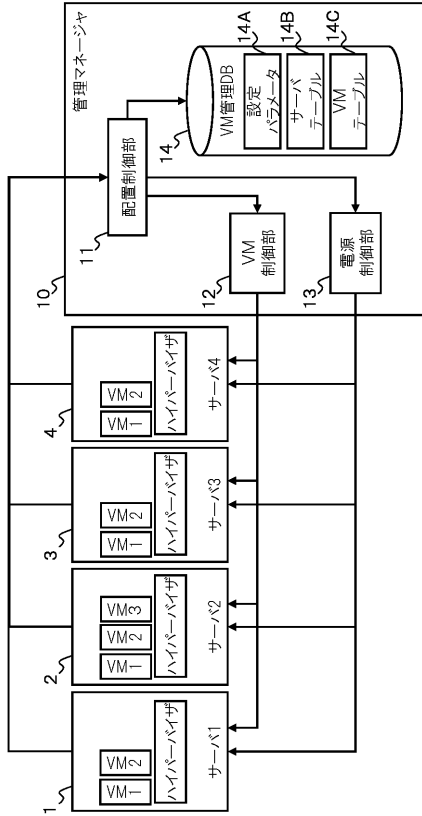
【符号の説明】

【 0 0 9 8 】

- 1 ~ 4 サーバ
- 1 0 管理マネージャ
- 1 1 配置制御部
- 1 2 VM 制御部
- 1 3 電源制御部
- 1 4 VM 管理 DB
- 1 4 A 設定パラメータ
- 1 4 B サーバテーブル
- 1 4 C VM テーブル
- 1 4 D 履歴テーブル

40

【図1】



【図2】

| 必要資源量 パラメータ(α) | 使用率下限値(s) |
|-------------------|-----------|
| 0.2 | 0.5 |

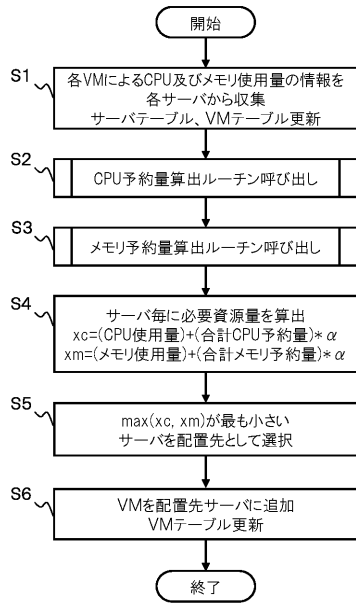
【図3】

| サーバ名 | 電源 状態 | CPU 性能 GHz | 合計 CPU 使用 量 | | 合計 CPU 不使 用量 GHz | 合計 CPU 予約 量 GHz | 平均 CPU 予約 量 GHz | メモリ サイ ズ GB | 合計 メモリ 使用 量 | | 合計 メモリ 不使 用量 GB | 合計 メモリ 予約 量 GB | 合計 必要 メモリ 量 (xm) | | 平均 必要 メモリ 予約 量 GB |
|------|----------|------------------|----------------------|-----|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|-----|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----|----------------------------------|
| | | | GHz | GB | | | | | GHz | GB | | | GHz | GB | |
| サーバ1 | on | 2.0 | 0.2 | 1.8 | 0.6 | 1.8 | 4.0 | 0.2 | 3.8 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.8 | 0.4 | 0.8 |
| サーバ2 | on | 3.0 | 2.8 | 0.2 | 2.8 | 0.2 | 8.0 | 1.5 | 6.5 | 0.5 | 1.6 | 0.5 | 1.6 | 0.5 | 0.5 |
| サーバ3 | on | 4.0 | 1.3 | 2.7 | 3.7 | 2.0 | 4.0 | 1.3 | 2.7 | 4.7 | 2.2 | 1.6 | 2.2 | 1.6 | |
| サーバ4 | on | 3.0 | 2.7 | 0.3 | 3.2 | 1.2 | 8.0 | 2.5 | 5.5 | 3.5 | 3.2 | 1.8 | 3.2 | 1.8 | |

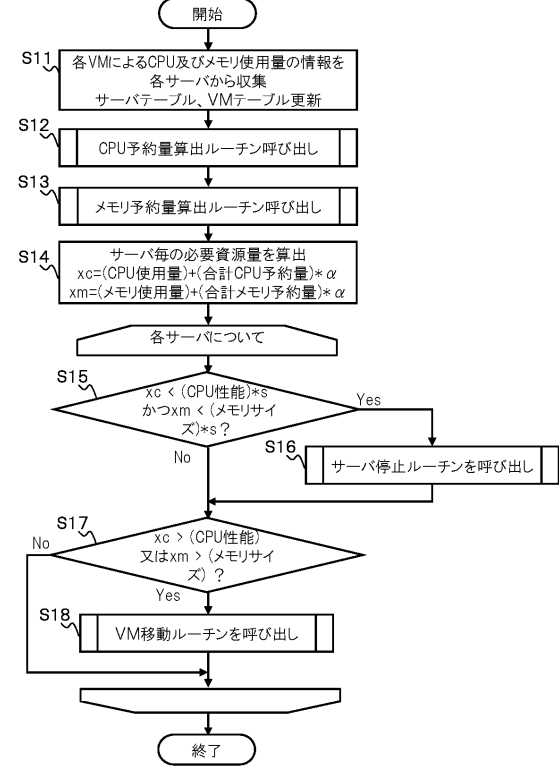
【図4】

| VM名 | 動作 サーバ | CPU 割当 量 | | CPU 使用 量 GHz | CPU 予約 量 GHz | 必要 CPU量 GHz | メモリ 割当 量 | | メモリ 使用 量 GB | メモリ 予約 量 GB | 必要メ モリ量 | |
|-----|-----------|----------------|-----|-----------------------|-----------------------|-------------------|----------------|-----|----------------------|----------------------|------------|-----|
| | | GHz | GB | | | | GHz | GB | | | GHz | GB |
| VM1 | サーバ1 | 2.0 | 0.2 | 1.8 | 0.6 | 1.0 | 0.2 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.4 | 0.4 |
| VM2 | サーバ2 | 3.0 | 2.8 | 0.2 | 2.8 | 2.0 | 1.5 | 0.5 | 1.6 | 0.5 | 1.6 | 1.6 |
| VM3 | サーバ3 | 1.0 | 0.1 | 0.9 | 0.3 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 | 1.6 | 0.7 | 0.7 |
| VM4 | サーバ3 | 2.0 | 0.8 | 1.2 | 1.0 | 2.0 | 0.5 | 1.5 | 0.8 | 1.5 | 0.8 | 0.8 |
| VM5 | サーバ3 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 | 1.6 | 0.7 | 0.7 |
| VM6 | サーバ4 | 2.0 | 0.2 | 1.8 | 0.6 | 4.0 | 0.7 | 3.3 | 1.4 | 3.3 | 1.4 | 1.4 |
| VM7 | サーバ4 | 3.0 | 2.5 | 0.5 | 2.6 | 2.0 | 1.8 | 0.2 | 1.8 | 0.2 | 1.8 | 1.8 |

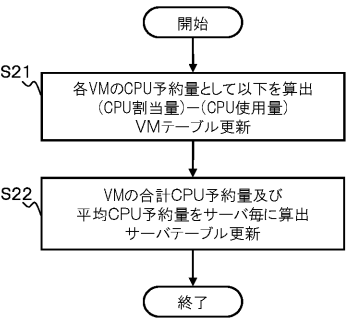
【図5】



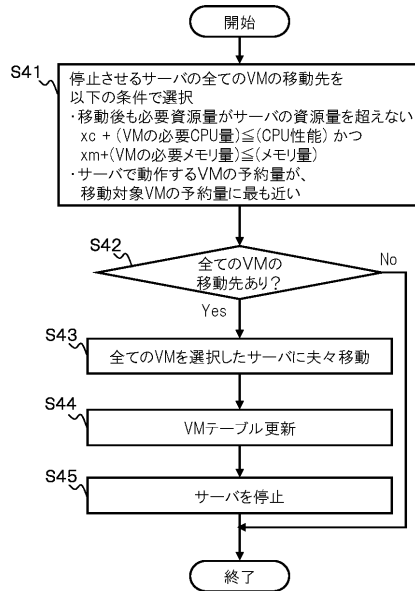
【図6】



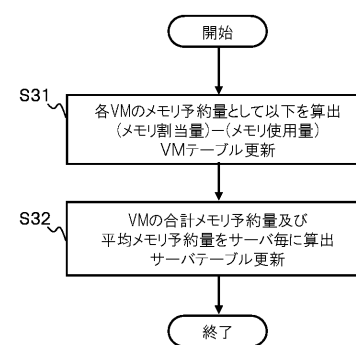
【図7】



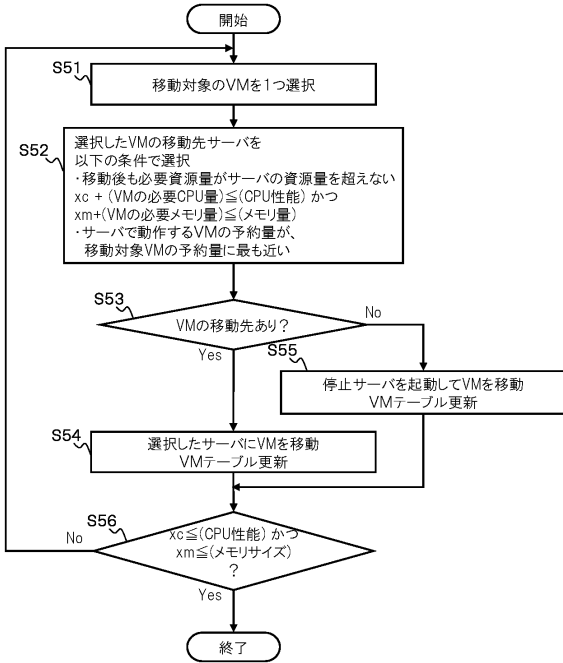
【図9】



【図8】



【図10】



【図11】

| VM名 | 稼働サーバ | CPU割当量 | | CPU使用量 | | CPU予約量 | | 必要CPU量 | | メモリ割当量 | | メモリ使用量 | | メモリ予約量 | | 必要メモリ量 | |
|-----|-------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| | | GHz | GHz | GHz | GHz | GHz | GHz | GHz | GHz | GB | GB | GB | GB | GB | GB | GB | GB |
| VM1 | サーバ3 | 2.0 | 0.2 | 1.8 | 0.6 | 1.0 | 0.2 | 0.8 | 0.4 | 2.0 | 0.2 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.4 |
| VM2 | サーバ2 | 3.0 | 2.8 | 0.2 | 2.8 | 2.0 | 1.5 | 0.5 | 1.6 | 3.0 | 2.8 | 0.2 | 2.8 | 2.0 | 1.5 | 0.5 | 1.6 |
| VM3 | サーバ3 | 1.0 | 0.1 | 0.9 | 0.3 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 | 1.0 | 0.1 | 0.9 | 0.3 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 |
| VM4 | サーバ3 | 2.0 | 0.8 | 1.2 | 1.0 | 2.0 | 0.5 | 1.5 | 0.8 | 2.0 | 0.8 | 1.2 | 1.0 | 2.0 | 0.5 | 1.5 | 0.8 |
| VM5 | サーバ3 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 |
| VM6 | サーバ4 | 2.0 | 0.2 | 1.8 | 0.6 | 4.0 | 0.7 | 3.3 | 1.4 | 2.0 | 0.2 | 1.8 | 0.6 | 4.0 | 0.7 | 3.3 | 1.4 |
| VM7 | サーバ4 | 3.0 | 2.5 | 0.5 | 2.6 | 2.0 | 1.8 | 0.2 | 1.8 | 3.0 | 2.5 | 0.5 | 2.6 | 2.0 | 1.8 | 0.2 | 1.8 |

【図12】

| サーバ名 | 電源状態 | CPU性能 | 合計CPU使用量 | | CPU不使用方法 | 合計メモリ使用量 | | メモリサイズ | 合計メモリ予約量 | | 合計メモリ不使用方法 | 合計メモリ予約量(xm) | | 平均メモリ予約量 |
|------|------|-------|----------|-----|----------|----------|-----|--------|----------|-----|------------|--------------|-----|----------|
| | | | GHz | GHz | | GB | GB | | GHz | GHz | | GB | GB | |
| サーバ1 | off | 2.0 | 0.0 | 2.0 | 4.0 | 0.0 | 4.0 | 4.0 | 0.0 | 4.0 | 0.0 | 4.0 | 0.5 | |
| サーバ2 | on | 3.0 | 2.8 | 0.2 | 8.0 | 1.3 | 6.5 | 8.0 | 0.5 | 5.5 | 2.5 | 2.6 | 1.4 | |
| サーバ3 | on | 4.0 | 1.5 | 2.5 | 4.0 | 1.5 | 2.5 | 4.0 | 1.5 | 5.5 | 5.5 | 3.5 | 1.8 | |
| サーバ4 | on | 3.0 | 2.7 | 0.3 | 8.0 | 2.5 | 5.5 | 8.0 | 1.2 | 3.2 | 2.5 | 3.2 | 1.8 | |

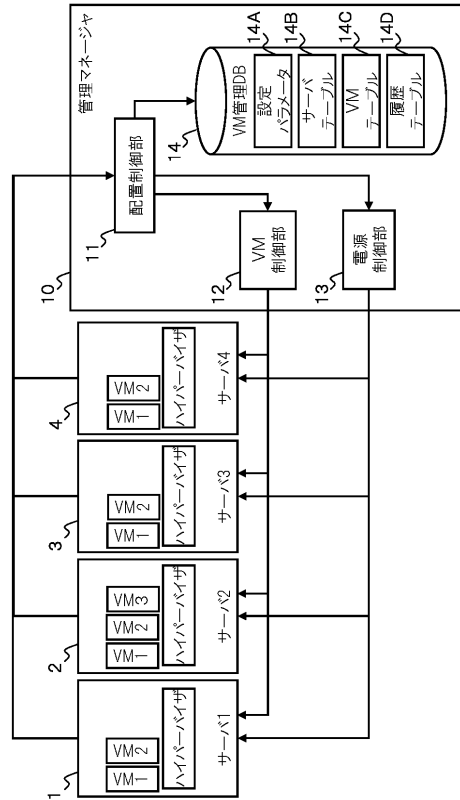
【図13】

| VM名 | 稼働サーバ | CPU割当量 | | CPU使用量 | | CPU予約量 | | 必要CPU量 | | メモリ割当量 | | メモリ使用量 | | メモリ予約量 | | 必要メモリ量 | |
|-----|-------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| | | GHz | GHz | GHz | GHz | GHz | GHz | GHz | GHz | GB | GB | GB | GB | GB | GB | GB | |
| VM1 | サーバ3 | 2.0 | 0.2 | 1.8 | 0.6 | 1.0 | 0.2 | 0.8 | 0.4 | 2.0 | 0.2 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.4 |
| VM2 | サーバ2 | 3.0 | 2.8 | 0.2 | 2.8 | 2.0 | 1.5 | 0.5 | 1.6 | 3.0 | 2.8 | 0.2 | 2.8 | 2.0 | 1.5 | 0.5 | 1.6 |
| VM3 | サーバ3 | 1.0 | 0.1 | 0.9 | 0.3 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 | 1.0 | 0.1 | 0.9 | 0.3 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 |
| VM4 | サーバ3 | 2.0 | 0.8 | 1.2 | 1.0 | 2.0 | 0.5 | 1.5 | 0.8 | 2.0 | 0.8 | 1.2 | 1.0 | 2.0 | 0.5 | 1.5 | 0.8 |
| VM5 | サーバ3 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 | 2.0 | 0.4 | 1.6 | 0.7 |
| VM6 | サーバ3 | 2.0 | 0.2 | 1.8 | 0.6 | 4.0 | 0.7 | 3.3 | 1.4 | 2.0 | 0.2 | 1.8 | 0.6 | 4.0 | 0.7 | 3.3 | 1.4 |
| VM7 | サーバ4 | 3.0 | 2.5 | 0.5 | 2.6 | 2.0 | 1.8 | 0.2 | 1.8 | 3.0 | 2.5 | 0.5 | 2.6 | 2.0 | 1.8 | 0.2 | 1.8 |

【図14】

| | | | | | |
|-----|------|------------|------------|---------------------|--------------|
| (A) | サーバ1 | 100% 1GHz | | 100% 1GHz | |
| | | 20% 0.2GHz | 20% 0.2GHz | 20% 0.2GHz | 不使用 (0.8GHz) |
| (B) | サーバ1 | 100% 1GHz | | 20% 0.2GHz | |
| | | 20% 0.2GHz | 20% 0.2GHz | 20% 0.2GHz | 不使用 (0.4GHz) |
| | サーバ2 | 100% 1GHz | | 20% 0.2GHz | |
| | | 100% 1GHz | | 20% 0.2GHz (0.4GHz) | |

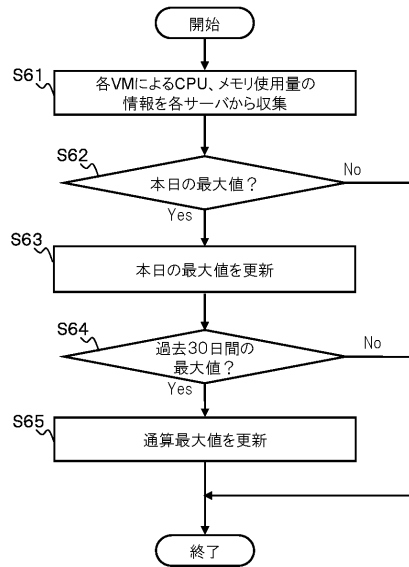
【図15】



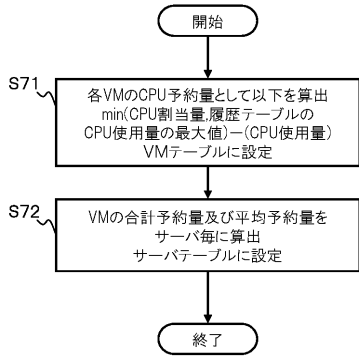
【図16】

| VM名 | CPU使用量最大値 | | | | メモリ使用量最大値 | | | |
|-----|-----------|-----|------|-----|-----------|-----|------|-----|
| | 本日 | 1日前 | 30日前 | 最大 | 本日 | 1日前 | 30日前 | 最大 |
| | GHz | GHz | GHz | GHz | GB | GB | GB | GB |
| VM1 | 1.9 | 2.0 | 0.2 | 2.0 | 0.2 | 0.5 | 0.1 | 0.8 |
| VM2 | 2.8 | 0.2 | 2.5 | 2.8 | 1.5 | 0.1 | 2.0 | 2.0 |
| VM3 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.5 |
| VM4 | 1.0 | 0.5 | 0.8 | 1.2 | 0.5 | 0.5 | 0.1 | 0.6 |
| VM5 | 0.8 | 0.4 | 0.4 | 0.8 | 0.4 | 0.4 | 0.1 | 0.6 |
| VM6 | 1.5 | 1.0 | 0.7 | 1.6 | 0.7 | 1.3 | 0.7 | 1.3 |
| VM7 | 2.5 | 2.0 | 1.8 | 2.5 | 1.8 | 1.9 | 1.7 | 2.0 |

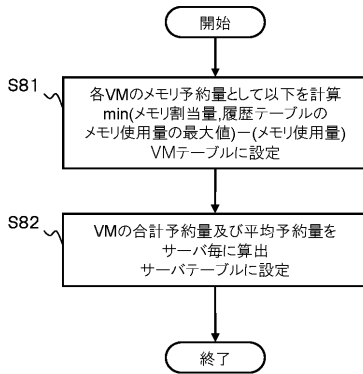
【図17】



【図18】



【図19】



【図21】

| サーバ名 | 電源 状態 | CPU 性能 | 合計 CPU 使用量 | | CPU 不使 用量 | 合計 CPU 予約量 | | メモリ サイズ | 合計 メモリ 使用量 | | メモリ 不使 用量 | 合計 メモリ 予約量 | | 合計 必要 メモリ 量 (xm) | 平均 メモリ 予約量 | |
|------|----------|-----------|------------------|-----|-----------------|------------------|-----|------------|------------------|-----|-----------------|------------------|-----|------------------------------|------------------|-----|
| | | | GHz | GHz | | GHz | GHz | | GHz | GHz | | GHz | GHz | | GHz | GHz |
| サーバ1 | on | 2.0 | 0.2 | 1.8 | 0.2 | 1.8 | 4.0 | 0.2 | 3.8 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.3 |
| サーバ2 | on | 3.0 | 2.8 | 0.2 | 0.0 | 2.8 | 8.0 | 1.5 | 6.5 | 0.5 | 1.6 | 0.5 | 1.6 | 1.6 | 0.4 | 0.4 |
| サーバ3 | on | 4.0 | 1.3 | 2.7 | 1.0 | 1.5 | 4.0 | 1.3 | 2.7 | 0.4 | 1.4 | 0.1 | 1.4 | 1.4 | 0.1 | 0.1 |
| サーバ4 | on | 3.0 | 2.7 | 0.3 | 1.4 | 3.0 | 8.0 | 2.5 | 5.5 | 0.8 | 2.7 | 0.4 | 2.7 | 2.7 | 0.4 | 0.4 |

【図20】

| VM名 | 稼働 サーバ | CPU 割当 量 | | CPU 使用 量 | CPU 予約 量 | | 必要 CPU 量 | メモリ 割当 量 | | メモリ 使用 量 | メモリ 予約 量 | | 必要メ モリ 量 |
|-----|-----------|----------------|-----|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|-----|----------------|
| | | GHz | GHz | | GHz | GHz | | GB | GB | | GB | GB | |
| VM1 | サーバ1 | 2.0 | 0.2 | 0.2 | 1.8 | 0.6 | 1.8 | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 0.3 |
| VM2 | サーバ2 | 3.0 | 2.8 | 0.0 | 2.8 | 2.0 | 2.8 | 2.0 | 1.5 | 0.5 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |
| VM3 | サーバ3 | 1.0 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 2.0 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.4 |
| VM4 | サーバ3 | 2.0 | 0.8 | 0.4 | 0.4 | 0.9 | 0.9 | 2.0 | 0.5 | 0.1 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| VM5 | サーバ3 | 2.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 2.0 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.4 |
| VM6 | サーバ4 | 2.0 | 0.2 | 1.4 | 1.4 | 0.5 | 4.0 | 4.0 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 0.8 |
| VM7 | サーバ4 | 3.0 | 2.5 | 0.0 | 2.5 | 2.0 | 2.5 | 2.0 | 1.8 | 0.2 | 1.8 | 0.2 | 1.8 |

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2008/062864(WO, A1)

特開2009-140079(JP, A)

特開2009-259005(JP, A)

特開平 9-185589(JP, A)

特開平11-202988(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 9/46 - 9/54