

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7135074号

(P7135074)

(45)発行日 令和4年9月12日(2022.9.12)

(24)登録日 令和4年9月2日(2022.9.2)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 F 3/06 (2006.01)

G 0 6 F 3/06 3 0 1 X

G 0 6 F 13/10 (2006.01)

G 0 6 F 13/10 3 4 0 A

G 0 6 F 13/12 (2006.01)

G 0 6 F 13/12 3 3 0 P

G 0 6 F 3/08 (2006.01)

G 0 6 F 3/06 3 0 4 N

G 0 6 F 3/08 E

請求項の数 8 (全22頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-513868(P2020-513868)

(86)(22)出願日 平成30年8月20日(2018.8.20)

(65)公表番号 特表2020-533689(P2020-533689
A)

(43)公表日 令和2年11月19日(2020.11.19)

(86)国際出願番号 PCT/IB2018/056279

(87)国際公開番号 WO2019/053533

(87)国際公開日 平成31年3月21日(2019.3.21)

審査請求日 令和3年1月22日(2021.1.22)

(31)優先権主張番号 15/704,712

(32)優先日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ンズ・コーポレーションINTERNATIONAL BUSI
NESS MACHINES CORPO
RATIONアメリカ合衆国10504 ニューヨー
ク州 アーモンク ニュー オーチャード
ロードNew Orchard Road, A
rmonk, New York 105
04, United States of
America

(74)代理人 100112690

弁理士 太佐 種一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 クラウド・ベースのランクを使用するシン・プロビジョニング

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ストレージ・コントローラに関連付けられた複数のローカルRAIDアレイのすべてに
関して、未使用の物理ストレージ空間の総量を決定することと、

前記未使用の物理ストレージ空間の総量を、第1のしきい値と比較することと、

前記未使用の物理ストレージ空間の総量が前記第1のしきい値未満であるということの
決定にตอบสนองして、1つまたは複数のクラウド・ベースの仮想ローカルRAIDアレイを作
成することとを含んでいるコンピュータ実装方法であって、

前記1つまたは複数のクラウド・ベースの仮想ローカルRAIDアレイを作成すること
が、

クラウド・インターフェイスを介して1つまたは複数のクラウド・ストレージ・デバイ
ス上のストレージ空間を、仮想ローカル・アドレスに割り当てることと、

前記クラウド・ストレージ・デバイスが前記ストレージ・コントローラには前記ローカル
RAIDアレイとして見えるように、前記仮想ローカル・アドレスを前記仮想ローカルRA
IDアレイに割り当てることとを含んでいる、コンピュータ実装方法。

【請求項2】

前記1つまたは複数のクラウド・ベースの仮想ローカルRAIDアレイの作成後に書き
込まれた新しいデータを前記1つまたは複数のクラウド・ベースの仮想ローカルRAID
アレイに格納することをさらに含んでいる、請求項1に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項3】

前記クラウド・ベースの仮想ローカルRAIDアレイドのうちの1つに対するローカル・データ・アクセス要求を、前記クラウド・インターフェイス用に構成されたクラウド・データ・アクセス要求に変換することと、

前記クラウド・データ・アクセス要求を、前記クラウド・インターフェイスを介して前記1つまたは複数の対応するクラウド・ストレージ・デバイスに伝達することとをさらに含んでいる、請求項1に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項4】

前記複数のローカルRAIDアレイドおよび前記1つまたは複数のクラウド・ベースの仮想ローカルRAIDアレイドに関する使用済みのストレージ空間の総量を決定することと、

前記複数のローカルRAIDアレイドのストレージ空間の総量と、前記使用済みのストレージ空間の決定された総量との間の差を決定することと、

前記差が第2のしきい値を上回るということの決定に応答して、データを前記1つまたは複数のクラウド・ベースの仮想ローカルRAIDアレイドから前記複数のローカルRAIDアレイドに移動することとをさらに含んでいる、請求項1に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項5】

前記第1のしきい値が前記第2のしきい値と異なっている、請求項4に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項6】

前記1つまたは複数のクラウド・ベースの仮想ローカルRAIDアレイドから前記複数のローカルRAIDアレイドへのすべての前記データの移動後に、前記1つまたは複数のクラウド・ベースの仮想ローカルRAIDアレイドを除去することとをさらに含んでいる、請求項4に記載のコンピュータ実装方法。

【請求項7】

1つまたは複数のホスト・デバイスに通信によって結合するように構成された1つまたは複数のポートを含んでいるホスト・アダプタと、

プロセッサおよびメモリを備えているストレージ・コントローラであって、前記ホスト・アダプタに通信によって結合されている、前記ストレージ・コントローラと、

プロセッサおよびメモリを備えているデバイス・アダプタであって、前記ストレージ・コントローラに通信によって結合されている、前記デバイス・アダプタとを備えている、ストレージ・システムであって、

前記デバイス・アダプタが、複数のローカル・ストレージ・ドライブに通信によって結合された複数のポートと、ネットワークを介して複数のクラウド・ストレージ・デバイスに通信によって結合された少なくとも1つのネットワーク・ポートとをさらに含んでおり、

前記デバイス・アダプタおよび前記ストレージ・コントローラのうちの1つが、

前記複数のローカル・ストレージ・ドライブ上の未使用の物理ストレージ空間の総量が第1の既定のしきい値未満であるということの決定に応答して、1つまたは複数のクラウド・ベースの仮想ローカルRAIDアレイドを作成するように構成されたクラウド・プロビジョニング・モジュールを実装するようにさらに構成されており、

前記1つまたは複数のクラウド・ベースの仮想ローカルRAIDアレイドを作成するために、前記クラウド・プロビジョニング・モジュールが、

クラウド・インターフェイスを介して1つまたは複数の対応するクラウド・ストレージ・デバイス上のストレージ空間を、仮想ローカル・アドレスに割り当てることと、

前記クラウド・ストレージ・デバイスが前記ストレージ・コントローラには前記ローカル・ストレージ・ドライブとして見えるように、前記仮想ローカル・アドレスを前記仮想ローカルRAIDアレイドに割り当てる、ストレージ・システム。

【請求項8】

プロセッサに、

ストレージ・コントローラに関連付けられた複数のローカルRAIDアレイドのすべてに関して、未使用の物理ストレージ空間の総量を決定することと、

前記未使用の物理ストレージ空間の総量を、第1の既定のしきい値と比較することと、

10

20

30

40

50

前記未使用の物理ストレージ空間の総量が前記第 1 の既定のしきい値未満であるということの決定に
10 応答して、1 つまたは複数のクラウド・ベースの**仮想ローカル R A I D アレイ**を作成することとを
実行させ、さらに、前記プロセッサに、

前記 1 つまたは複数のクラウド・ベースの**仮想ローカル R A I D アレイ**を作成するために、

クラウド・インターフェイスを介して 1 つまたは複数の対応するクラウド・ストレージ・
デバイス上のストレージ空間を、**仮想ローカル・アドレス**に割り当てることと、
前記クラウド・ストレージ・デバイスが前記ストレージ・コントローラには前記ローカル
R A I D アレイとして見えるように、前記**仮想ローカル・アドレス**を前記**仮想ローカル R**
A I D アレイに割り当てることとを実行させるためのコンピュータ・プログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

クラウド・ベースのランクを使用するシン・プロビジョニングを実現するためのコンピ
ュータ実装方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ストレージ・エリア・ネットワーク (S A N : storage area networks) などのストレ
ージ・ネットワークは、さまざまなタイプのデータ・ストレージ・システムをさまざまな
タイプのサーバ (本明細書では「ホスト・システム」とも呼ばれる) と相互接続するた
め
20 に使用される。一部のサーバは、データ・ストレージ媒体、ストレージ・コントローラ、
メモリ、および付随する電力システム、冷却システムなどの、さまざまなハードウェアを
含む。

20

【0003】

ストレージ・コントローラは、読み取り要求および書き込み要求に応答して、データ・
ストレージ媒体およびメモリへのアクセスを制御する。ストレージ・コントローラは、R
A I D (redundant array of independent disks : 新磁気ディスク制御機構)、J B O
D (just a bunch of disks : 単純ディスク束)、ならびにその他の冗長性およびセキュ
リティ・レベルなどのデータ・ストレージ・デバイスに従って、データを管理することが
できる。一例として、D S 8 0 0 0 シリーズなどの I B M (R) E S S (Enterprise Sto
rage Server) は、コンピュータの実体、キャッシュ、不揮発性ストレージなどの冗長な
クラスタを含む。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

クラウド・ベースのランクを使用するシン・プロビジョニングを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の態様は、クラウド・ベースのランクを使用するシン・プロビジョニングのため
のコンピュータ実装方法、コンピュータ・プログラム製品、コンピューティング・デバイ
ス、およびシステムを含む。本発明を具現化する例示的な方法は、ストレージ・コント
ローラに関連付けられた複数のローカル・ランクのすべてに関する未使用の物理ストレ
ージ空間の総量を決定することと、未使用の物理ストレージ空間の総量を第 1 のしき
い値と比較することと、未使用の物理ストレージ空間の総量が第 1 のしきい値未満
であるということの決定に応答して、1 つまたは複数のクラウド・ベースのランクを
作成することとを含む。1 つまたは複数のクラウド・ベースのランクの各々を作成
することは、クラウド・インターフェイスを介して 1 つまたは複数の対応するクラ
ウド・ストレージ・デバイス上のストレージ空間を割り当てることと、割り当てられ
たストレージ空間を対応する仮想ローカル・アドレスにマッピングすることと、スト
レージ・コントローラに関連付けられた仮想ローカル・ランクとして仮想ローカル・
アドレスをグループ化することとを含む。

40

50

【 0 0 0 6 】

上記の概要は、本発明の各実施形態例もすべての実装も説明するよう意図されていない。

【 0 0 0 7 】

各図面が、本発明の実施形態例のみを表しており、したがって、範囲の制限と見なされるべきではないということを理解して、添付の図面を使用することによって、追加の特殊性および詳細と共に、本発明の実施形態例が説明される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】例示的なネットワーク環境を示す上位のブロック図である。

【図 2】例示的なストレージ・システムを示す上位のブロック図である。

【図 3】例示的なデバイス・アダプタのブロック図である。

【図 4】クラウド・ベースのランクを使用するシン・プロビジョニングの例示的な方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

慣行に従って、説明されるさまざまな特徴は一定の縮尺で描かれておらず、本発明の実施形態例に関連する特定の特徴を強調するように描かれている。

【 0 0 1 0 】

以下の詳細な説明では、本明細書の一部を形成する添付の図面に対する参照が行われ、その参照において、本発明の特定の例示的な実施形態が、例として示される。ただし、本発明のその他の実施形態が利用されてよく、論理的変更、機械的変更、および電気的変更が行われてよいということが、理解されるべきである。さらに、図面および本明細書において提示される方法は、個別のステップが実行される順序を制限すると解釈されるべきではない。したがって、以下の詳細な説明は、限定する意味で受け取られるべきではない。

【 0 0 1 1 】

本明細書において使用されるとき、「少なくとも 1 つ」、「1 つまたは複数」、および「～または～あるいはその組み合わせ」という語句は、動作中の結合および分離の両方である無制限の表現である。例えば、「A、B、および C のうちの少なくとも 1 つ」、「A、B、または C のうちの少なくとも 1 つ」、「A、B、および C のうちの 1 つまたは複数」、「A、B、または C のうちの 1 つまたは複数」、および「A、B、または C、あるいはその組み合わせ」という表現の各々は、A 単独、B 単独、C 単独、A および B の組み合わせ、A および C の組み合わせ、B および C の組み合わせ、または A、B、および C の組み合わせを意味する。さらに、「1 つ (a)」または「1 つ (an)」の実体という用語は、その実態のうちの 1 つまたは複数のことを指す。そのため、「1 つ (a)」(または「1 つ (an)」)、「1 つまたは複数」、および「少なくとも 1 つ」という用語は、本明細書では交換可能なように使用され得る。「備えている」、「含んでいる」、および「有している」という用語が交換可能なように使用され得るということにも注意するべきである。

「自動的」およびその変形の用語は、本明細書において使用されるとき、プロセスまたは動作が実行されるときに、具体的な人間の入力なしで実行される、任意のプロセスまたは動作のことを指す。人間の入力は、そのような入力が、プロセスまたは動作の実行方法または実行のタイミングを指示または制御する場合に、具体的であると見なされる。人間の入力を使用するプロセスは、その入力が、プロセスの実行方法または実行のタイミングを指示することも制御することも行わない場合、まだ自動的であると見なされる。

【 0 0 1 2 】

「決定する」、「算出する」、および「計算する」という用語、ならびにその変形は、本明細書において使用されるとき、交換可能なように使用され、任意の種類の方法、プロセス、数学演算、または手法を含む。以下では、「通信する」または「通信によって結合される」は、無線または有線に関わらず、任意の電気接続を意味するものとし、2 つ以上のシステム、コンポーネント、モジュール、デバイスなどが、任意のプロトコルまたは形式を使用してデータ、信号、またはその他の情報を交換できるようにする。さらに、通信

10

20

30

40

50

によって結合された２つのコンポーネントは、互いに直接結合される必要はなく、他の中間のコンポーネントまたはデバイスを介して一緒に結合されてもよい。

【 0 0 1 3 】

図 1 は、例示的なネットワーク・アーキテクチャ 1 0 0 を示す上位のブロック図である。ネットワーク・アーキテクチャ 1 0 0 は、制限ではなく、単に例として提示されている。実際、本明細書で開示されるシステムおよび方法は、図 1 に示されているネットワーク・アーキテクチャ 1 0 0 に加えて、多種多様な異なるネットワーク・アーキテクチャに適用可能であってよい。

【 0 0 1 4 】

図に示されているように、ネットワーク・アーキテクチャ 1 0 0 は、１つまたは複数のクライアントまたはクライアント・コンピュータ 1 0 2 - 1 ... 1 0 2 - N (N はクライアント・コンピュータの総数)、および１つまたは複数のホスト 1 0 6 - 1 ... 1 0 6 - M (M はホスト (本明細書では、「サーバ・コンピュータ」1 0 6、「ホスト・システム」1 0 6、または「ホスト・デバイス」1 0 6 とも呼ばれる) の総数) を含む。図 1 には 5 つのクライアント 1 0 2 が示されているが、他の実施形態では、その他の数のクライアント 1 0 2 が使用され得るということが、理解されるべきである。例えば、一部の実施形態では、１つのクライアント 1 0 2 のみが実装される。他の実施形態では、5 つより多いクライアント 1 0 2 または少ないクライアント 1 0 2 が使用される。同様に、図 1 には 4 つのホスト 1 0 6 が示されているが、任意の適切な数のホスト 1 0 6 が使用され得るということが、理解されるべきである。例えば、一部の実施形態では、１つのホスト 1 0 6 のみが使用される。本発明の他の実施形態では、4 つより多いストレージ・ホスト 1 0 6 または少ないストレージ・ホスト 1 0 6 が使用され得る。

【 0 0 1 5 】

クライアント・コンピュータ 1 0 2 の各々は、デスクトップ・コンピュータ、ポータブル・コンピュータ、ラップトップまたはノートブック・コンピュータ、ネットブック、タブレット・コンピュータ、ポケット・コンピュータ、スマートフォン、あるいは任意のその他の適切な種類の電子デバイスとして実装され得る。同様に、ホスト 1 0 6 の各々は、任意の適切なホスト・コンピュータまたはサーバを使用して実装され得る。そのようなサーバは、I B M S y s t e m z (R) および I B M S y s t e m i (R) サーバに加えて、U N I X (R) サーバ、M i c r o s o f t W i n d o w s (R) サーバ、および L i n u x プラットフォームを含むことができるが、これらに限定されない。

【 0 0 1 6 】

クライアント・コンピュータ 1 0 2 は、ネットワーク 1 0 4 を介して、ホスト 1 0 6 に通信によって結合される。ネットワーク 1 0 4 の例としては、ローカル・エリア・ネットワーク (L A N : local-area-network)、広域ネットワーク (W A N : wide-area-network)、インターネット、イントラネットなどが挙げられる。一般に、クライアント・コンピュータ 1 0 2 は、通信セッションを開始し、一方、サーバ・コンピュータ 1 0 6 は、クライアント・コンピュータ 1 0 2 からの要求を待つ。本発明の特定の実施形態では、コンピュータ 1 0 2 またはサーバ 1 0 6 あるいはその両方は、１つまたは複数の内部または外部の直接取り付けられたストレージ・システム 1 1 2 (例えば、ハードディスク・ドライブ、半導体ドライブ、テープ・ドライブなどのアレイ) に、接続されてよい。これらのコンピュータ 1 0 2、1 0 6、および直接取り付けられたストレージ・システム 1 1 2 は、A T A、S A T A、S C S I、S A S、ファイバ・チャネルなどのプロトコルを使用して通信してよい。

【 0 0 1 7 】

ネットワーク・アーキテクチャ 1 0 0 は、本発明の特定の実施形態では、ストレージ・エリア・ネットワーク (S A N : storage-area-network) 1 0 8 または L A N 1 0 8 (例えば、ネットワークに取り付けられたストレージを使用する場合) など、サーバ 1 0 6 の背後にストレージ・ネットワーク 1 0 8 を含んでよい。図 1 に示された例では、ネットワーク 1 0 8 は、サーバ 1 0 6 を１つまたは複数のストレージ・サブシステム 1 1 0 に接

10

20

30

40

50

続する。説明の目的で、１つのストレージ・サブシステム１１０のみが示されているが、本発明の他の実施形態では２つ以上のストレージ・サブシステム１１０が使用され得ることが、理解されるべきである。ストレージ・サブシステム１１０は、ストレージ・デバイスのアレイ１１６への接続を管理する。ストレージ・デバイスのアレイ１１６は、ハードディスク・ドライブまたは半導体ドライブあるいはその両方のアレイを含むことができる。ストレージ・サブシステム１１０にアクセスするために、ホスト・システム１０６は、ホスト１０６上の１つまたは複数のポートからストレージ・サブシステム１１０上の１つまたは複数のポートへの物理的接続を経由して通信してよい。接続は、スイッチ、ファブリック、直接接続などを介してよい。本発明の特定の実施形態では、サーバ１０６およびストレージ・サブシステム１１０は、ファイバ・チャネル（ＦＣ：Fibre Channel）またはｉＳＣＳＩなどのネットワーク規格を使用して通信してよい。

10

【００１８】

従来のシステムでは、プロビジョニングすべきストレージ容量を決定することは、困難であるか、または高価であるか、あるいはその両方である可能性がある。一部のシステムは、使用可能な物理ストレージ空間より多くの論理ストレージ空間をプロビジョニングする、シン・プロビジョニングと呼ばれる手法を利用する。格納されるデータの増大に起因して、より多くの物理ストレージ空間が必要になるため、容量を増やすために、追加のストレージ・ドライブが構成されて追加される。しかし、ストレージ・ドライブの追加は、サービスが利用できなくなるダウンタイムをもたらすだけでなく、新しいストレージ・ドライブを購入し、構成し、設置するための追加費用を発生させる可能性がある。さらに、それ以上の物理的空間が存在せず、追加容量がまだ追加されていないときに、新しい書き込みが発生した場合、その新しい書き込みは失敗する。これに対して、必要とされるよりも多くの容量がプロビジョニングされた場合、その空間が未使用になり、ストレージ空間の非効率的な使用および初期プロビジョニングの費用につながる。

20

【００１９】

基本的な必要性（アーカイブなど）のためにデータを格納する相対的に費用効率が高い方法を提供できるクラウド・ストレージ・サービスが存在するが、クラウド・ストレージ・サービスの従来の使用は、下で説明される高度な管理機能などの、ローカルに接続されたストレージ・アレイを含んでいるエンタープライズ・ストレージ・システムと同じ機能および恩恵を提供しない。従来のエンタープライズ・ストレージ・システムおよび従来のクラウド・ストレージ・サービスとは対照的に、本明細書に記載された本発明の実施形態は、クラウド・ストレージ・ドライブの可用性を活用して、クラウド・ストレージがエンタープライズ・ストレージ・システムのローカル・ストレージ・アレイのように見える方法で、クラウド・ストレージからストレージ・アレイを作成し、下で詳細に説明されているように、クラウドに格納されたデータに対する高度なデータ管理機能を可能にするだけでなく、シン・プロビジョニングをさらにシームレスにする（例えば、容量が必要とされる／追加されるときに、サービスの中断を少なくする）。具体的には、本明細書に記載された本発明の実施形態は、必要性が生じたときに、ストレージ・アレイをストレージ・コントローラに動的に追加することができ、それと同時に、仮想的なクラウドのアレイに格納されたデータに対して、ローカル・ストレージ・アレイで利用できる機能と同じ機能を可能にする。したがって、本明細書に記載された本発明の実施形態は、クラウド・ストレージ・ドライブに格納されたデータに対してエンタープライズ・ストレージ・システムの恩恵を可能にし、シン・プロビジョニングをさらにシームレスにするための、解決策を提供する。

30

40

【００２０】

図２は、ストレージ・システム２００の上位のブロック図である。ストレージ・システム２００は、ストレージ・ドライブ（例えば、ハードディスク・ドライブまたは半導体ドライブあるいはその両方）の１つまたは複数のアレイを含んでいる。図に示されているように、ストレージ・システム２００は、ストレージ・サブシステム２１０と、複数のスイッチ２２０と、ハード・ディスク・ドライブまたは半導体ドライブ（フラッシュメモリベ

50

ースのドライブなど)あるいはその両方などの複数のストレージ・ドライブ216とを含んでいる。ストレージ・サブシステム210は、1つまたは複数のホスト(例えば、オープン・システムまたはメインフレーム・サーバあるいはその両方)が、複数のストレージ・ドライブ216内のデータにアクセスできるようにしてよい。

【0021】

本発明の一部の実施形態では、ストレージ・サブシステム210は、1つまたは複数のストレージ・コントローラ222を含んでいる。図2に示されている例では、ストレージ・サブシステムは、ストレージ・コントローラ222aおよびストレージ・コントローラ222bを含んでいる。説明の目的で、本明細書では2つのストレージ・コントローラ222のみが示されているが、本発明の他の実施形態では3つ以上のストレージ・コントローラが使用され得るということが、理解されるべきである。図2のストレージ・サブシステム210は、ストレージ・サブシステム210をホスト・デバイスおよびストレージ・ドライブ204にそれぞれ接続するために、ホスト・アダプタ224a、224b、およびデバイス・アダプタ226a、226bも含んでいる。複数のストレージ・コントローラ222a、222bは、データが接続されたホストで使用可能であることを保証するのに役立つ冗長性を実現する。したがって、1つのストレージ・コントローラ(例えば、ストレージ・コントローラ222a)が故障した場合、他のストレージ・コントローラ(例えば、222b)が故障したストレージ・コントローラのI/O負荷を受け取り、ホストとストレージ・ドライブ204の間でI/Oを継続できることを保証することができる。このプロセスは、「フェイルオーバー」と呼ばれることがある。

【0022】

各ストレージ・コントローラ222は、1つまたは複数のプロセッサ228およびメモリ230をそれぞれ含むことができる。メモリ230は、揮発性メモリ(例えば、RAM)および不揮発性メモリ(例えば、ROM、EPROM、EEPROM、フラッシュ・メモリなど)を含むことができる。揮発性メモリおよび不揮発性メモリは、プロセッサ228上で実行され、ストレージ・ドライブ204内のデータにアクセスするために使用される、ソフトウェア・モジュールを格納することができる。ストレージ・コントローラ222は、これらのソフトウェア・モジュールのうちの少なくとも1つのインスタンスをホストすることができる。これらのソフトウェア・モジュールは、ストレージ・ドライブ204内の論理ボリュームに対するすべての読み取り要求および書き込み要求を管理することができる。

【0023】

具体的には、各ストレージ・コントローラ222は、各デバイス・アダプタ226を介して、ストレージ・ドライブ204に通信によって結合される。各デバイス・アダプタ226は、ストレージ・ドライブ216への入出力(I/O: Input/Output)アクセス(本明細書では、データ・アクセス要求またはアクセス要求とも呼ばれる)を管理するように構成される。例えば、デバイス・アダプタ226は、ストレージ・ドライブ216を論理的に構成し、データを格納するストレージ・ドライブ216上の位置を決定する。ストレージ・ドライブ216(ディスク・ドライブ・モジュール(DDM: disk drive modules)とも呼ばれる)は、異なる性能特性を有するさまざまな種類のドライブのグループを含むことができる。例えば、ストレージ・ドライブ216は、(相対的に)遅い「ニアライン」ディスク(例えば、毎分7,200回転(RPM: revolutions per minute)の回転速度)、SASディスク・ドライブ(例えば、10kまたは15k RPM)、および相対的に速い半導体ドライブ(SSD: solid state drives)の組み合わせを含むことができる。

【0024】

デバイス・アダプタ226は、スイッチ220を介してストレージ・ドライブ216に結合される。スイッチ220の各々は、光ファイバ接続を介してストレージ・ドライブ216をデバイス・アダプタに結合するファイバ・スイッチであることができる。デバイス・アダプタ226は、ストレージ・ドライブ216をアレイ・サイト234に論理的にグ

10

20

30

40

50

ループ化する。説明の目的で、ストレージ・ドライブ 2 1 6 から成る単一のアレイ・サイト 2 3 4 が図 2 に示されている。しかし、本発明の他の実施形態では、ストレージ・ドライブ 2 1 6 から成る 2 つ以上のアレイ・サイトが含まれ得るということが、理解されるべきである。アレイ・サイト 2 3 4 は、新磁気ディスク制御機構 (RAID) アレイ 2 3 4 として構成され得る。任意の種類の RAID アレイ (例えば、RAID 0、RAID 5、RAID 10 など) が使用され得るということが、理解されるべきである。各 RAID アレイは、ランクとも呼ばれる。各ランクは、範囲と呼ばれる、複数の同じサイズのパーティションに分割される。各範囲のサイズは、実装に応じて変化することができる。例えば、各範囲のサイズは、少なくとも部分的に、範囲のストレージ・タイプによって決まることことができる。範囲のストレージ・タイプ (例えば、固定長ブロック (FB: Fixed Block) またはカウント・キー・データ (CKD: count keydata)) は、ストレージ・サブシステムに結合されたホストの種類 (例えば、オープンシステム・ホストまたはメインフレーム・サーバ) によって決まる。その後、これらの範囲は、論理ボリュームを構成するためにグループ化される。

【0025】

ストレージ・サブシステム 2 1 0 は、フルディスク暗号化、不揮発性ストレージ (NV S: non-volatile storage) アルゴリズム (例えば、しきい値化、ステージ、デステージ)、ストレージ・プール・ストライピング (範囲の循環)、動的ボリューム拡張、動的データ再配置、インテリジェントな書き込みキャッシング、および適応型マルチストリーム・プリフェッチ (adaptive multi-stream prefetching) などの、ただしこれらに限定されない、さまざまな管理機能を可能にすることができる。図 2 に示されたアーキテクチャに類似するアーキテクチャを有するストレージ・システム 2 1 0 の 1 つの例は、IBM DS 8000 (TM) シリーズ・エンタープライズ・ストレージ・システムである。DS 8000 (TM) は、継続的動作をサポートするように設計されたディスク・ストレージおよび半導体ストレージを提供する、高性能、大容量のストレージ・サブシステムである。それでも、本明細書で開示された本発明の実施形態は、IBM DS 8000 (TM) シリーズ・エンタープライズ・ストレージ・システムに限定されず、システムに関連付けられた製造業者、製品名、またはコンポーネントもしくはコンポーネント名に関わらず、任意の同等の、または類似するストレージ・システムまたはストレージ・システムのグループにおいて実装され得る。したがって、IBM DS 8000 (TM) は、単に例として提示されており、限定するよう意図されていない。

【0026】

さらに、図 2 に示された本発明の実施形態では、デバイス・アダプタ 2 2 6 の各々が、イーサネット (R) ・ポートなどの各ネットワーク・ポート 2 3 2 を含んでおり、このポートが、インターネットなどのネットワークを介して、デバイス・アダプタ 2 2 6 をクラウド・ストレージ・デバイス 2 1 4 に通信によって結合する。図 2 に示されている例では、各デバイス・アダプタ 2 2 6 は、各クラウド・プロビジョニング・モジュール (cloud provisioning module) 2 3 2 をさらに含んでおり、クラウド・プロビジョニング・モジュール 2 3 2 は、クラウド・ストレージ・デバイス 2 1 4 が、ストレージ・コントローラ 2 2 2 にはローカル RAID アレイまたはローカル・ランクのように見えるように、クラウド・ストレージ・デバイス 2 1 4 を仮想 RAID アレイに割り当ててグループ化するように構成される。このようにして、ローカル・ランク (RAID アレイ 2 4 3 など) に使用できるストレージ・コントローラ 2 2 2 の機能が、クラウドのランク 2 1 4 にも使用できる。

【0027】

図 3 および 4 に関して下で詳細に説明されているように、クラウド・プロビジョニング・モジュール 2 3 2 は、ストレージ・コントローラ・コマンドまたは I/O アクセスあるいはその両方と、クラウド・インターフェイス・コマンド (cloud interface commands) または I/O アクセスあるいはその両方との間で変換するように構成される。この例では、クラウド・プロビジョニング・モジュール 2 3 2 がデバイス・アダプタ 2 2 6 に含ま

10

20

30

40

50

れているが、本発明の他の実施形態では、クラウド・プロビジョニング・モジュール 2 3 2 がストレージ・コントローラ 2 2 2 に含まれ得るということに、注意すべきである。具体的には、本発明の一部の実施形態では、各ストレージ・コントローラ 2 2 2 は、各デバイス・アダプタ 2 2 6 へのコマンドの変換を実行する各クラウド・プロビジョニング・モジュールを含む。

【0028】

したがって、本明細書に記載された本発明の実施形態は、従来のクラウド・ストレージ・システムを超える優位性を可能にする。例えば、従来のクラウド・ストレージ・システムは、通常、リモートのアーカイブ、バックアップ、および取得などの、比較的簡単な機能を可能にする。しかし、そのような従来のシステムは、クラウドに格納されたデータに対して、前述した管理機能（例えば、しきい値化、ステージ、およびデステージなどの NVS アルゴリズム）などの高度な管理機能を実行できない。したがって、下でさらに詳細に説明されるクラウド・プロビジョニング・モジュール 2 3 2 を使用することによって、本明細書に記載された実施形態は、クラウド・ストレージ・デバイスに格納されたデータに対する、従来のクラウド・ストレージ・システムに使用できない高度な管理機能の実行を可能にする。具体的には、クラウド・プロビジョニング・モジュール 2 3 2 を使用することによって、ストレージ・コントローラ 2 2 2 およびデバイス・アダプタ 2 2 6 は、仮想 RAID アレイが、リモート・ストレージではなく、デバイス・アダプタ 2 2 6 に結合されたローカル・ドライブであるかのように、クラウド・ストレージから成る仮想 RAID アレイまたはランクにアクセスして利用することができる。このようにして、前述した管理機能などの、ローカル・ドライブに使用できる管理機能と同じ管理機能を、それらの管理機能の実装に関連付けられた基礎になるコードまたはハードウェアあるいはその両方を変更することなく、リモートのクラウド・ストレージに使用することができる。

【0029】

さらに、ストレージ・サブシステム 2 1 0 にはローカル・ストレージのように見える仮想 RAID アレイを作成することによって、本明細書に記載された実施形態は、さらにシームレスなシン・プロビジョニングを可能にするという問題に対する解決策を提供する。具体的には、クラウド・プロビジョニング・モジュール 2 3 2 は、ストレージ・システム内の 1 つまたは複数の RAID アレイ（例えば、アレイ 2 3 4）の複数のストレージ・デバイス上の空き領域または未使用のストレージ空間の量を監視するように構成される。監視された未使用のストレージ空間の量に基づいて、クラウド・プロビジョニング・モジュール 2 3 2 は、1 つまたは複数のクラウド・ベースのランクを作成して、ストレージ・システム 2 0 0 の容量を増やしなが、クラウド・ベースのランク上のデータに対する同じ管理機能を可能にすることができる。加えて、クラウド・ベースのランクの作成および追加は、追加のローカル・ストレージ・アレイを設置して構成することと比較して、サービスの中断を減らす。

【0030】

図 3 は、デバイス・アダプタ 2 2 6 などのデバイス・アダプタまたはストレージ・コントローラ 2 2 2 などのストレージ・コントローラとして実装できる、例示的なコンピューティング・デバイス 3 0 0 のブロック図である。説明の目的で、コンピューティング・デバイス 3 0 0 は、本明細書ではデバイス・アダプタに関して説明される。図 3 に示された例では、デバイス・アダプタ 3 0 0 は、メモリ 3 2 5、ストレージ 3 3 5、相互接続（例えば、バス）3 4 0、1 つまたは複数のプロセッサ 3 0 5（本明細書では CPU 3 0 5 とともに呼ばれる）、I/O デバイス・インターフェイス 3 5 0、およびネットワーク・アダプタまたはポート 3 1 5 を含んでいる。

【0031】

各 CPU 3 0 5 は、メモリ 3 2 5 またはストレージ 3 3 5 あるいはその両方に格納されたプログラミング命令を取得して実行する。相互接続 3 4 0 は、プログラミング命令などのデータを、CPU 3 0 5、I/O デバイス・インターフェイス 3 5 0、ストレージ 3 3 5、ネットワーク・アダプタ 3 1 5、およびメモリ 3 2 5 の間で移動するために使用され

10

20

30

40

50

る。相互接続 340 は、1 つまたは複数のバスを使用して実装され得る。本発明のさまざまな実施形態では、CPU 305 は、単一の CPU、複数の CPU、または複数のプロセッシング・コアを含んでいる単一の CPU であることができる。本発明の一部の実施形態では、プロセッサ 305 は、デジタル信号プロセッサ (DSP: digital signal processor) であることができる。メモリ 325 は、一般に、ランダム・アクセス・メモリ (例えば、スタティック・ランダム・アクセス・メモリ (SRAM: static random access memory)、ダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ (DRAM: dynamic random access memory)、またはフラッシュ) を表すために含まれている。ストレージ 335 は、一般に、ハード・ディスク・ドライブ、半導体デバイス (SSD: solid state device)、取り外し可能メモリ・カード、光ストレージ、またはフラッシュ・メモリ・デバイスなどの、不揮発性メモリを表すために含まれている。

10

【0032】

本発明の一部の実施形態では、メモリ 325 は、クラウド・プロビジョニング命令 301 を格納し、ストレージ 335 は、マップ・テーブル 307 を格納する。しかし、本発明のさまざまな実施形態では、クラウド・プロビジョニング命令 301 およびマップ・テーブル 307 が、部分的にメモリ 325 に格納され、かつ部分的にストレージ 335 に格納されるか、あるいは全体的にメモリ 325 に格納されるか、または全体的にストレージ 335 に格納される。

【0033】

クラウド・プロビジョニング命令 301 は、CPU 305 によって実行された場合、CPU 305 に、マップ・テーブル 307 を利用して、図 2 に関して前述されたクラウド・プロビジョニング・モジュールを実装させる。クラウド・プロビジョニング命令 301 およびマップ・テーブル 307 は、デバイス・アダプタ 300 に格納され、デバイス・アダプタ 300 によって実行 / 利用されるように示されているが、他の実施形態では、クラウド・プロビジョニング命令 301 およびマップ・テーブル 307 が、図 2 に示されているストレージ・コントローラ 222a またはストレージ・コントローラ 222b あるいはその両方などのストレージ・コントローラに格納され、それらのストレージ・コントローラによって実行 / 利用され得るということに、注意すべきである。クラウド・プロビジョニング命令 301 は、CPU 305 に、図 2 に示されたクラウド・ストレージ・デバイス 214 などの、クラウド・ストレージ・デバイス上の空間を割り当てさせる。この空間は、静的に割り当てられるか、または必要性が生じたときに要求に応じて割り当てられ得る。例えば、この空間は、先験的に、または実行時に割り当てられ得る。さらに、クラウド・ストレージのランクは、異なるストレージ容量で作成され得る。

20

30

【0034】

クラウド・プロビジョニング命令 301 は、CPU 305 に、割り当てられたストレージを 1 つまたは複数の仮想ランクにグループ化することと、クラウド・ストレージ・デバイスと 1 つまたは複数の仮想ランクとの間のマッピングをマップ・テーブル 307 に格納することとをさらに実行させる。具体的には、クラウド・プロビジョニング命令 301 は、CPU 305 にマップ・テーブル 307 を生成させ、マップ・テーブル 307 は、割り当てられたストレージ空間を対応する仮想ローカル・アドレスにマッピングし、仮想ローカル・アドレスをグループ化して 1 つまたは複数の仮想ローカル・ランクまたは RAID アレイを作成する。このようにして、クラウド・ストレージの仮想ランクは、I/O デバイス・インターフェイス 350 を介してデバイス・アダプタ 300 に通信によって結合されたストレージ・コントローラに直接取り付けられたローカル・ランクのように見える。また、I/O デバイス・インターフェイス 350 は、デバイス・アダプタ 300 を、半導体ドライブおよびニアライン・ドライブ (例えば、前述されたストレージ・ドライブ 216) などの、ストレージ・デバイスのローカル・ランクに、通信によって結合する。例えば、I/O デバイス・インターフェイス 350 は、光ファイバ・ポートを含むことができる。本明細書において使用されるとき、ローカル・ランクは、インターネットなどの広域ネットワークが介在せずに、デバイス・アダプタ 300 に直接接続されたストレージ・デ

40

50

バイスから成るランクまたはRAIDアレイである。

【0035】

I/Oアクセス（例えば、読み取り要求または書き込み要求）が受信されたときに、クラウド変換命令301が、CPU305に、要求がクラウド・ストレージの仮想ランクに格納されたデータに向けられているかどうかを判定させる。要求がクラウド・ストレージの仮想ランクに格納されたデータに向けられている場合、クラウド・プロビジョニング命令301が、クラウド・インターフェイスを介してクラウド・ストレージ・デバイスに送信するために、I/Oアクセス（本明細書では、データ・アクセス要求またはアクセス要求とも呼ばれる）を変換する。例えば、クラウド・プロビジョニング命令301は、クラウド・ストレージ・デバイスにアクセスするためにクラウド・インターフェイスによって使用されるコマンド、書式、デバイスのアドレスなどを使用して、I/Oアクセスを変換できる。本明細書において使用されるとき、I/Oアクセス、読み取り/書き込みアクセス、およびデータ・アクセスという用語は、交換可能なように使用され得る。クラウド・インターフェイスの例としては、IBM(R) Cloud Managerまたはthe Amazon(R) Simple Storage Service (Amazon S3) インターフェイスが挙げられるが、これらに限定されない。したがって、前述したように、クラウド・プロビジョニング命令301は、他のローカル・ストレージ・デバイスと同様に、クラウド・ストレージをストレージ・コントローラで透過的に使用できるようにする。

【0036】

加えて、前述したように、クラウド・プロビジョニング命令301は、さらにシームレスなシン・プロビジョニングを可能にするために、CPU305に、必要に応じて1つまたは複数のクラウド・ベースのランクを作成することによって、ストレージ容量を動的に増やすことを実行させる。すなわち、コンピューティング・デバイス300に関連付けられたストレージ・システムは、論理ストレージ空間より少ないローカル物理ストレージ空間を使用してプロビジョニングすることができ、前述したように、ローカル・ランクのように見えるクラウド・ベースのランクを使用することによって、追加の物理ストレージ空間が追加され得る。例えば、図4に関してさらに詳細に説明されるように、クラウド・プロビジョニング命令301は、CPU305に、クラウド・ベースのランクを使用するシン・プロビジョニングの方法を実行させるように、構成され得る。

【0037】

加えて、クラウド・プロビジョニング命令303は、本発明の一部の実施形態では、CPU305に、サービス・レベルをクラウド・ベースのランクに割り当てさせるように、構成される。本発明の一部のそのような実施形態では、3つのレベルのサービスが存在する。しかし、複数のレベルのサービスを提供する本発明の他の実施形態では、2つまたは4つ以上のレベルのサービスが提供され得る。この例では、3つのレベルのサービスが利用され、サービスのレベルの選択は、ミラーリングされているデータの圧縮率、仮想ローカル・ランクの各入出力データ速度、およびサービス・レベル・アグリーメントに基づく。例えば、サービス・レベル・アグリーメントが低品質のサービスを示しており、仮想ローカル・ランクのI/Oデータ速度がしきい値を下回っており、アクセスされているデータが圧縮可能である場合、第1のレベルのサービスが選択される。低品質のサービスは、サービスの事前に定義されたしきい値レベルを下回る、任意の品質のサービスであることができる。第1のレベルのサービスは、この例の3つの選択肢のうちの最低レベルのサービスである。例えば、第1のレベルのサービスは、他の2つのレベルのサービスより大きい待ち時間および小さいスループットを含むことができる。サービス・レベル・アグリーメントが低品質のサービスを示しており、仮想ローカル・ランクのI/Oデータ速度がしきい値を下回っており、データが圧縮不可能である場合、第2のレベルのサービスが選択される。第2のレベルのサービスは、第1のレベルのサービスより大きいスループットまたはより小さい待ち時間あるいはその両方を含む。最後または第3のレベルのサービスは、他のすべてのデータに使用される（例えば、SLAが、事前に定義されたしきい値を超

えるサービスのレベルを示しているか、またはＩ／Ｏデータ速度がしきい値を超えているか、あるいはその両方である）。第３のレベルのサービスは、第１および第２の両方のレベルのサービスより大きいスループットまたはより小さい待ち時間あるいはその両方を含む。

【００３８】

異なるレベルのサービスを提供することによって、デバイス・アダプタ３２６は、クラウド・ストレージの仮想ランクを活用して、クラウド・ストレージおよびアクセスに対する顧客の必要性を満たすことにおいて、より大きい柔軟性を提供することができる。例示的な第１、第２、および第３のレベルが、待ち時間およびスループットにおいて異なっていると説明されているが、サービスのレベルを区別するために他の要因が使用され得るということに、注意すべきである。例えば、本発明の一部の実施形態では、３つのレベルのサービスは、同じ待ち時間およびスループットを有しているが、費用および冗長性のレベルにおいて異なる。

10

【００３９】

図４は、クラウド・ベースのランクを使用するシン・プロビジョニングの方法４００を示すフローチャートである。方法４００は、デバイス・アダプタ２２６などのデバイス・アダプタまたはストレージ・コントローラ２２２などのストレージ・コントローラによって実施され得る。例えば、方法４００は、クラウド・プロビジョニング命令３０１などの命令を実行する、コンピューティング・デバイス３００内のＣＰＵ３０５などのＣＰＵによって、実施され得る。例示的な方法４００における動作の順序が、例示の目的で提供されているということ、および本発明の他の実施形態では、この方法が異なる順序で実行され得るということが、理解されるべきである。同様に、本発明の他の実施形態では、一部の動作が省略されるか、または追加の動作が含まれ得るということが、理解されるべきである。

20

【００４０】

ブロック４０２で、ストレージ・コントローラに関連付けられた複数のローカル・ランクのすべてに関して、未使用の物理ストレージ空間の総量が決定される。この量は、合計ストレージ容量と、使用されているストレージ空間の総量との間の差として決定され得る。

【００４１】

ブロック４０４で、未使用の物理ストレージ空間の総量が、第１のしきい値と比較される。一部の実施形態では、第１のしきい値は、事前に決定されるか、または先験的に設定される。例えば、本発明の一部の実施形態では、第１のしきい値は、合計ストレージ容量のパーセンテージ（例えば、５０％、７０％など）として設定され得る。本発明の他の実施形態では、第１のしきい値は、特定のストレージ量（例えば、１０ギガバイト（ＧＢ）、１００ＧＢなど）として設定され得る。

30

【００４２】

ブロック４０６で、この比較に基づいて、未使用の物理ストレージの総量が第１のしきい値未満であるかどうか判定される。未使用の物理ストレージ空間の総量が第１のしきい値未満である場合、ブロック４０８で、１つまたは複数のクラウド・ベースのランクが作成される。各クラウド・ベースのランクは、１つまたは複数のクラウド・ストレージ・デバイス上のストレージ空間を含む。１つまたは複数のクラウド・ストレージ・デバイス上のストレージ空間は、前述したように、仮想ローカル・ランクとしてグループ化された対応する仮想ローカル・アドレスにマッピングされる。さらに、本明細書において使用されるとき、クラウド・ストレージ・デバイスは、ローカル・エリア・ネットワークまたは直接通信リンクとは対照的に、インターネットなどの広域ネットワークを介してアクセスされるストレージ・デバイスである。

40

【００４３】

１つまたは複数の新しいクラウド・ベースのランクを作成することは、クラウド・インターフェイスを介して、１つまたは複数の対応するクラウド・ストレージ・デバイス上のストレージ空間を割り当てることを含む。クラウド・インターフェイスは、クラウド・ス

50

ストレージ・デバイスへのアクセスを可能にするように構成されたインターフェイスである。例えば、クラウド・インターフェイスは、アプリケーション・プログラミング・インターフェイス（API：application programming interface）として実装され得る。上では、例示的なクラウド・インターフェイスが説明された。クラウド・ストレージを割り当てることは、クラウド・インターフェイスを介して、指定された量のストレージを要求することを含むことができる。

【0044】

新しいクラウド・ベースのランクを作成することは、割り当てられたストレージ空間を対応する仮想ローカル・アドレスにマッピングすることをさらに含む。例えば、本発明の一部の実施形態では、デバイス・アダプタまたはストレージ・コントローラは、割り当てられたストレージ空間を対応する仮想ローカル・アドレスに割り当てる。本明細書において使用されるとき、仮想ローカル・アドレスは、ローカル接続を介してデバイス・アダプタに結合されたストレージ・デバイスのアドレスのように見えるメモリ・アドレスである。ローカル接続とは、インターネットなどの広域ネットワークまたはリモート・ネットワークを経由しない接続のことを指す。

【0045】

新しいクラウド・ベースのランクを作成することは、仮想ローカル・アドレスを仮想ローカル・ランクとしてグループ化することをさらに含む。例えば、デバイス・アダプタまたはストレージ・コントローラは、ストレージ・デバイスのローカルRAIDアレイとしてデバイス・アダプタに直接接続されているように見えるように、仮想ローカル・アドレスをグループ化または配置するように構成される。

【0046】

ブロック410で、データが新しいクラウド・ベースのランクに書き込まれる。本発明の一部の実施形態では、データを新しいクラウド・ベースのランクに書き込むことは、アクセス要求を、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクの1つまたは複数のクラウド・ストレージ・デバイスに対応するアプリケーション・プログラミング・インターフェイス（API）用に構成されたクラウド・データ・アクセス要求に変換することと、このクラウド・データ・アクセス要求を、クラウド・インターフェイスを介して1つまたは複数の対応するクラウド・ストレージ・デバイスに伝達することを含むことができる。

【0047】

さらに、本発明の一部の実施形態では、データを新しいクラウド・ベースのランクに書き込むことは、クラウド・ベースのランクを作成する前に、複数のローカル・ランクに格納されたデータを新しいクラウド・ベースのランクに移動することを含む。さまざまなアルゴリズムを使用して、クラウド・ベースのランクに移動するデータを決定することができる。例えば、本発明の一部の実施形態では、アクセス頻度の低いデータが移動され、一方、アクセス頻度の高いデータがローカル・ランク上に維持される。そのような一部の実施形態では、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクを作成した後に書き込まれた新しいデータが、複数のローカル・ランクに書き込まれる。

【0048】

本発明の一部の実施形態では、データを新しいクラウド・ベースのランクに書き込むことは、クラウド・ベースのランクを作成した後に書き込まれた新しいデータを、新しいクラウド・ベースのランクに格納することを含む。したがって、本発明のそのような一部の実施形態では、新しいデータをローカル・ランクに書き込むのではなく、新しいデータがクラウド・ベースのランクに書き込まれる。したがって、本発明のそのような一部の実施形態では、ローカル・ランクに格納されたデータを、クラウド・ベースのランクに移動する必要はない。

【0049】

ブロック412で、クラウド・ベースのランクの作成後の複数のローカル・ランク上の空き領域の総量が第2のしきい値を上回っているかどうか判定される。本発明の一部の実施形態では、第2のしきい値は事前に決定される。さらに、本発明の一部の実施形態で

10

20

30

40

50

は、第2のしきい値は第1のしきい値と同じである。すなわち、本発明の一部の実施形態では、第2および第1のしきい値は同じ値に設定される。本発明の他の実施形態では、第1および第2のしきい値は、それぞれ異なる値に設定される。具体的には、本発明の一部の実施形態では、第2のしきい値は、第1のしきい値より多いローカル・ランク上の空き領域または未使用の空間に対応する。例えば、本発明の一部の実施形態では、第1のしきい値は、75%の使用済みの物理ストレージ空間 / 25%の未使用の物理ストレージ空間に対応するように設定することができ、一方、第2のしきい値は、50%の使用済みの物理ストレージ空間 / 50%の未使用の物理ストレージ空間に対応するように設定される。このようにして、ストレージ・コントローラまたはデバイス・アダプタは、使用済みのデータが第1のしきい値の前後で推移する場合に、クラウド・ベースのランクを使用する前と後を行き来するのを防ぐことができる。

10

【0050】

さらに、ブロック412で決定される空き領域の総量とは、クラウド・ベースのランクが使用されない場合に使用可能な空き領域の総量のことを指す。例えば、空き領域の総量は、ローカル・ランク上の未使用の空間から、クラウド・ベースのランク上で使用されている空間の量を引くことによって決定され得る。同様に、空き領域の総量は、ブロック412で、複数のローカル・ランクおよびクラウド・ベースのランクに関する使用済みのストレージ空間の総量を決定し、次に、ローカル・ランクの総容量（すなわち、ローカル・ランクのストレージ空間の総量）と、ローカル・ランクおよびクラウド・ベースのランクに関する使用済みのストレージ空間の総量との間の差を求めることによって、決定され得る。

20

【0051】

クラウド・ベースのランクの作成後の未使用の空間または空き領域の量は、データが削除されるにつれて、増えることができる。例えば、多くの場合、クリーンアップ・ジョブが実行されて不要なデータが削除されるまで、時間と共にデータが作成され、増加する。この削除は、ユーザによる手動の削除であることができる。この削除は、前述した機能などの、ローカル・ランクとクラウド・ベースのランクの両方で使用可能な、ストレージ・システムの高度な管理機能の一部の機能であってもよい。不要なデータが削除されたときに、ストレージ空間が使用可能になるか、または解放される。

【0052】

30

ブロック412で、ローカル・ランク上の合計空き領域が第2のしきい値を上回るということが決定された場合、ブロック414で、データがクラウド・ベースのランクからローカル・ランクに移動される。ブロック414で、すべてのデータがクラウド・ベースのランクからローカル・ランクに再び移動される場合、ブロック416で、クラウド・ベースのランクが任意選択的に除去または削除され得る。クラウド・ベースのランクを削除することは、ストレージ空間の割り当てを解除することと、マップ・テーブル内の対応するエントリを削除することを含む。このようにして、ストレージ空間が必要になったときに、クラウド・ベースのランクが動的に作成および削除され得る。

【0053】

40

前述したように、例示的な方法400における動作の順序は、例示の目的で提供されており、本発明の他の実施形態では、方法400を異なる順序で実行することができ、または一部の動作を省略することができ、もしくは追加の動作を含めることができ、あるいはこれらの組み合わせが可能である。同様に、本発明の他の実施形態では、一部の動作が省略されるか、または追加の動作が含まれ得るということが、理解されるべきである。例えば、本発明の一部の実施形態では、ブロック416が省略される。本発明のそのような実施形態では、ローカルRAIDアレイのうちの1つまたは複数へのデータの再配置後に、クラウド・ベースのランクのうちの1つまたは複数にデータが残っていない場合でも、クラウド・ベースのランクが削除されない。さらに、前述した動作が順次に行われる必要はないということが、理解されるべきである。

【0054】

50

本発明の実施形態は、任意の可能な統合の技術的詳細レベルで、システム、方法、またはコンピュータ・プログラム製品、あるいはその組み合わせであってよい。コンピュータ・プログラム製品は、プロセッサに本発明の実施形態の態様を実行させるためのコンピュータ可読プログラム命令を含んでいるコンピュータ可読記憶媒体を含んでよい。

【0055】

コンピュータ可読記憶媒体は、命令実行デバイスによって使用するための命令を保持および格納できる有形のデバイスであることができる。コンピュータ可読記憶媒体は、例えば、電子ストレージ・デバイス、磁気ストレージ・デバイス、光ストレージ・デバイス、電磁ストレージ・デバイス、半導体ストレージ・デバイス、またはこれらの任意の適切な組み合わせであってよいが、これらに限定されない。コンピュータ可読記憶媒体のさらに具体的な例の非網羅的リストは、ポータブル・フロッピー（R）・ディスク、ハード・ディスク、ランダム・アクセス・メモリ（RAM：random access memory）、読み取り専用メモリ（ROM：read-only memory）、消去可能プログラマブル読み取り専用メモリ（EPROM：erasable programmable read-only memoryまたはフラッシュ・メモリ）、スタティック・ランダム・アクセス・メモリ（SRAM）、ポータブル・コンパクト・ディスク読み取り専用メモリ（CD-ROM：compact disc read-only memory）、デジタル多用途ディスク（DVD：digital versatile disk）、メモリ・スティック、フロッピー（R）・ディスク、パンチカードまたは命令が記録されている溝の中の隆起構造などの機械的にエンコードされるデバイス、およびこれらの任意の適切な組み合わせを含む。本明細書において使用されるとき、コンピュータ可読記憶媒体は、それ自体が、電波またはその他の自由に伝搬する電磁波、導波管またはその他の送信媒体を伝搬する電磁波（例えば、光ファイバ・ケーブルを通過する光パルス）、あるいはワイヤを介して送信される電気信号などの一過性の信号であると解釈されるべきではない。

【0056】

本明細書に記載されたコンピュータ可読プログラム命令は、コンピュータ可読記憶媒体から各コンピューティング・デバイス/処理デバイスへ、またはネットワーク（例えば、インターネット、ローカル・エリア・ネットワーク、広域ネットワーク、または無線ネットワーク、あるいはその組み合わせ）を介して外部コンピュータまたは外部ストレージ・デバイスへダウンロードされ得る。このネットワークは、銅伝送ケーブル、光伝送ファイバ、無線送信、ルータ、ファイアウォール、スイッチ、ゲートウェイ・コンピュータ、またはエッジ・サーバ、あるいはその組み合わせを備えてよい。各コンピューティング・デバイス/処理デバイス内のネットワーク・アダプタ・カードまたはネットワーク・インターフェイスは、コンピュータ可読プログラム命令をネットワークから受信し、それらのコンピュータ可読プログラム命令を各コンピューティング・デバイス/処理デバイス内のコンピュータ可読記憶媒体に格納するために転送する。

【0057】

本発明の実施形態の動作を実行するためのコンピュータ可読プログラム命令は、アセンブラ命令、命令セット・アーキテクチャ（ISA：instruction-set-architecture）命令、マシン命令、マシン依存命令、マイクロコード、ファームウェア命令、状態設定データ、集積回路のための構成データ、あるいは、Smalltalk（R）、C++などのオブジェクト指向プログラミング言語、および「C」プログラミング言語または同様のプログラミング言語などの手続き型プログラミング言語を含む1つまたは複数のプログラミング言語の任意の組み合わせで記述されたソース・コードまたはオブジェクト・コードであってよい。コンピュータ可読プログラム命令は、ユーザのコンピュータ上で全体的に実行すること、ユーザのコンピュータ上でスタンドアロン・ソフトウェア・パッケージとして部分的に実行すること、ユーザのコンピュータ上およびリモート・コンピュータ上でそれぞれ部分的に実行すること、あるいはリモート・コンピュータ上またはサーバ上で全体的に実行することができる。後者のシナリオでは、リモート・コンピュータは、ローカル・エリア・ネットワーク（LAN：local area network）または広域ネットワーク（WAN：wide area network）を含む任意の種類のネットワークを介してユーザのコンピュー

タに接続されてよく、または接続は、（例えば、インターネット・サービス・プロバイダを使用してインターネットを介して）外部コンピュータに対して行われてよい。本発明の一部の実施形態では、本発明の実施形態の態様を実行するために、例えばプログラマブル論理回路、フィールドプログラマブル・ゲート・アレイ（FPGA：field-programmable gate arrays）、またはプログラマブル・ロジック・アレイ（PLA：programmable logic arrays）を含む電子回路は、コンピュータ可読プログラム命令の状態情報を利用することによって、電子回路をカスタマイズするためのコンピュータ可読プログラム命令を実行してよい。

【0058】

本発明の実施形態の態様は、本明細書において、本発明の実施形態に記載された方法、装置（システム）、およびコンピュータ・プログラム製品のフローチャート図またはブロック図あるいはその両方を参照して説明される。フローチャート図またはブロック図あるいはその両方の各ブロック、ならびにフローチャート図またはブロック図あるいはその両方に含まれるブロックの組み合わせが、コンピュータ可読プログラム命令によって実装され得るということが理解されるであろう。

【0059】

これらのコンピュータ可読プログラム命令は、コンピュータまたはその他のプログラム可能なデータ処理装置のプロセッサを介して実行される命令が、フローチャートまたはブロック図あるいはその両方のブロックに指定される機能／動作を実施する手段を作り出すべく、汎用コンピュータ、専用コンピュータ、または他のプログラム可能なデータ処理装置のプロセッサに提供されてマシンを作り出すものであってよい。これらのコンピュータ可読プログラム命令は、命令が格納されたコンピュータ可読記憶媒体がフローチャートまたはブロック図あるいはその両方のブロックに指定される機能／動作の態様を実施する命令を含んでいる製品を備えるように、コンピュータ可読記憶媒体に格納され、コンピュータ、プログラム可能なデータ処理装置、または他のデバイス、あるいはその組み合わせに特定の方式で機能するように指示できるものであってもよい。

【0060】

コンピュータ可読プログラム命令は、コンピュータ上、その他のプログラム可能な装置上、またはその他のデバイス上で実行される命令が、フローチャートまたはブロック図あるいはその両方のブロックに指定される機能／動作を実施するように、コンピュータ、その他のプログラム可能なデータ処理装置、またはその他のデバイスに読み込まれてもよく、それによって、一連の動作可能なステップを、コンピュータ上、その他のプログラム可能な装置上、またはコンピュータ実装プロセスを生成するその他のデバイス上で実行させる。

【0061】

図内のフローチャートおよびブロック図は、本発明のさまざまな実施形態に従って、システム、方法、およびコンピュータ・プログラム製品の可能な実装のアーキテクチャ、機能、および動作を示す。これに関連して、フローチャートまたはブロック図内の各ブロックは、規定された論理機能を実装するための1つまたは複数の実行可能な命令を備える、命令のモジュール、セグメント、または部分を表してよい。一部の代替の実装では、ブロックに示された機能は、図に示された順序とは異なる順序で発生してよい。例えば、連続して示された2つのブロックは、実際には、含まれている機能に応じて、実質的に同時に実行されるか、または場合によっては逆の順序で実行されてよい。ブロック図またはフローチャート図あるいはその両方の各ブロック、ならびにブロック図またはフローチャート図あるいはその両方に含まれるブロックの組み合わせは、規定された機能または動作を実行するか、または専用ハードウェアとコンピュータ命令の組み合わせを実行する専用ハードウェアベースのシステムによって実装され得るということにも注意する。

実施例

【0062】

実施例1は、クラウド・ベースのランクを使用するシン・プロビジョニングのためのコ

10

20

30

40

50

ンピュータ実装方法を含む。この方法は、ストレージ・コントローラに関連付けられた複数のローカル・ランクのすべてに関する未使用の物理ストレージ空間の総量を決定することと、未使用の物理ストレージ空間の総量を第1のしきい値と比較することと、未使用の物理ストレージ空間の総量が第1のしきい値未満であるということの決定に応答して、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクを作成することとを含む。1つまたは複数のクラウド・ベースのランクの各々を作成することは、クラウド・インターフェイスを介して1つまたは複数の対応するクラウド・ストレージ・デバイス上のストレージ空間を割り当てることと、割り当てられたストレージ空間に対応する仮想ローカル・アドレスにマッピングすることと、ストレージ・コントローラに関連付けられた仮想ローカル・ランクとして仮想ローカル・アドレスをグループ化することとを含む。

10

【0063】

実施例2は、実施例1の方法を含み、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクの作成後に書き込まれた新しいデータを1つまたは複数のクラウド・ベースのランクに格納することをさらに含む。

【0064】

実施例3は、実施例1～2のいずれかの方法を含み、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクを作成する前に、複数のローカル・ランクに格納されたデータを1つまたは複数のクラウド・ベースのランクに移動することと、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクの作成後に書き込まれた新しいデータを複数のローカル・ランクに格納することとをさらに含む。

20

【0065】

実施例4は、実施例1～3のいずれかの方法を含み、クラウド・ベースのランクのうちの1つに対するローカル・データ・アクセス要求を、クラウド・インターフェイス用に構成されたクラウド・データ・アクセス要求に変換することと、このクラウド・データ・アクセス要求を、クラウド・インターフェイスを介して1つまたは複数の対応するクラウド・ストレージ・デバイスに伝達することとをさらに含む。

【0066】

実施例5は、実施例1～4のいずれかの方法を含み、複数のローカル・ランクおよび1つまたは複数のクラウド・ベースのランクに関する使用済みのストレージ空間の総量を決定することと、複数のローカル・ランクのストレージ空間の総量と、使用済みのストレージ空間の決定された総量との間の差を決定することと、この差が第2のしきい値を上回るということの決定に応答して、データを1つまたは複数のクラウド・ベースのランクから複数のローカル・ランクに移動することとをさらに含む。

30

【0067】

実施例6は、実施例5の方法を含み、第1のしきい値が第2のしきい値と異なっている。

【0068】

実施例7は、実施例5～6のいずれかの方法を含み、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクから複数のローカル・ランクへのすべてのデータの移動後に、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクを除去することをさらに含む。

【0069】

40

実施例8は、ストレージ・システムを含む。ストレージ・システムは、ホスト・アダプタを1つまたは複数のホスト・デバイスに通信によって結合するように構成された1つまたは複数のポートを含んでいるホスト・アダプタと、プロセッサおよびメモリを備えているストレージ・コントローラであって、ホスト・アダプタに通信によって結合されている、ストレージ・コントローラと、プロセッサおよびメモリを備えているデバイス・アダプタであって、ストレージ・コントローラに通信によって結合されている、デバイス・アダプタとを備える。デバイス・アダプタは、複数のローカル・ストレージ・ドライブに通信によって結合された複数のポートと、ネットワークを介して複数のクラウド・ストレージ・デバイスに通信によって結合された少なくとも1つのネットワーク・ポートとをさらに含む。デバイス・アダプタおよびストレージ・コントローラのうちの1つが、クラウド・

50

プロビジョニング・モジュールを実装するようにさらに構成される。クラウド・プロビジョニング・モジュールは、複数のローカル・ストレージ・ドライブ上の未使用の物理ストレージ空間の総量が第1の既定のしきい値未満であるということの決定にตอบสนองして、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクを作成するように構成される。1つまたは複数のクラウド・ベースのランクの各々を作成するために、クラウド・プロビジョニング・モジュールは、クラウド・インターフェイスを介して1つまたは複数の対応するクラウド・ストレージ・デバイス上のストレージ空間を割り当てることと、割り当てられたストレージ空間を対応する仮想ローカル・アドレスに割り当てることと、割り当てられた仮想ローカル・アドレスを、ストレージ・コントローラに関連付けられた対応する仮想ローカル R A I D アレイに構成することとを実行するように構成される。

10

【0070】

実施例9は、実施例8のストレージ・システムを含み、クラウド・プロビジョニング・モジュールが、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクの作成後に書き込まれた新しいデータを1つまたは複数のクラウド・ベースのランクに格納するようにさらに構成される。

【0071】

実施例10は、実施例8～9のいずれかのストレージ・システムを含み、クラウド・プロビジョニング・モジュールが、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクを作成する前に、複数のローカル・ストレージ・ドライブに格納されたデータを1つまたは複数のクラウド・ベースのランクに移動することと、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクの作成後に書き込まれた新しいデータを複数のローカル・ストレージ・ドライブに格納することとを実行するようにさらに構成される。

20

【0072】

実施例11は、実施例8～10のいずれかのストレージ・システムを含み、クラウド・プロビジョニング・モジュールが、クラウド・ベースのランクのうちの1つに対するローカル・データ・アクセス要求を、クラウド・インターフェイス用に構成されたクラウド・データ・アクセス要求に変換することと、このクラウド・データ・アクセス要求を、クラウド・インターフェイスを介して1つまたは複数の対応するクラウド・ストレージ・デバイスに伝達することとを実行するようにさらに構成される。

【0073】

30

実施例12は、実施例8～11のいずれかのストレージ・システムを含み、クラウド・プロビジョニング・モジュールが、複数のローカル・ストレージ・ドライブおよび1つまたは複数のクラウド・ベースのランクに関する使用済みのストレージ空間の総量を決定することと、複数のローカル・ストレージ・ドライブのストレージ空間の総量と、使用済みのストレージ空間の決定された総量との間の差を決定することと、この差が第2の既定のしきい値を上回るということの決定にตอบสนองして、データを1つまたは複数のクラウド・ベースのランクから複数のローカル・ストレージ・ドライブに移動することとを実行するようにさらに構成される。

【0074】

実施例13は、実施例12のストレージ・システムを含み、第1の既定のしきい値が第2の既定のしきい値と異なっている。

40

【0075】

実施例14は、実施例12～13のいずれかのストレージ・システムを含み、クラウド・プロビジョニング・モジュールが、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクから複数のローカル・ストレージ・ドライブへのすべてのデータの移動後に、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクを除去するようにさらに構成される。

【0076】

実施例15は、コンピュータ可読プログラムが格納されているコンピュータ可読記憶媒体を備えているコンピュータ・プログラム製品を含む。コンピュータ可読プログラムは、プロセッサによって実行された場合に、プロセッサに、ストレージ・コントローラに関連

50

付けられた複数のローカル新磁気ディスク制御機構（ＲＡＩＤ）アレイのすべてに関する未使用の物理ストレージ空間の総量を決定することと、未使用の物理ストレージ空間の総量を第１の既定のしきい値と比較することと、未使用の物理ストレージ空間の総量が第１の既定のしきい値未満であるということの決定にตอบสนองして、１つまたは複数のクラウド・ベースのランクを作成することとを実行させる。１つまたは複数のクラウド・ベースのランクの各々を作成するために、コンピュータ可読プログラムは、プロセッサに、クラウド・インターフェイスを介して１つまたは複数の対応するクラウド・ストレージ・デバイス上のストレージ空間を割り当てることと、割り当てられたストレージ空間に対応する仮想ローカル・アドレスに割り当てることと、割り当てられた仮想ローカル・アドレスを、ストレージ・コントローラに関連付けられた対応する仮想ローカルＲＡＩＤアレイに構成することとを実行させるように構成される。

10

【００７７】

実施例１６は、実施例１５のコンピュータ・プログラム製品を含み、コンピュータ可読プログラムが、プロセッサに、１つまたは複数のクラウド・ベースのランクの作成後に書き込まれた新しいデータを１つまたは複数のクラウド・ベースのランクに格納させるようにさらに構成される。

【００７８】

実施例１７は、実施例１５～１６のいずれかのコンピュータ・プログラム製品を含み、コンピュータ可読プログラムが、プロセッサに、１つまたは複数のクラウド・ベースのランクを作成する前に、複数のローカルＲＡＩＤアレイに格納されたデータを１つまたは複数のクラウド・ベースのランクに移動することと、１つまたは複数のクラウド・ベースのランクの作成後に書き込まれた新しいデータを複数のローカルＲＡＩＤアレイに格納することとを実行させるようにさらに構成される。

20

【００７９】

実施例１８は、実施例１５～１７のいずれかのコンピュータ・プログラム製品を含み、コンピュータ可読プログラムが、プロセッサに、複数のローカルＲＡＩＤアレイおよび１つまたは複数のクラウド・ベースのランクに関する使用済みのストレージ空間の総量を決定することと、複数のローカルＲＡＩＤアレイのストレージ空間の総量と、使用済みのストレージ空間の決定された総量との間の差を決定することと、この差が第２の既定のしきい値を上回るということの決定にตอบสนองして、データを１つまたは複数のクラウド・ベースのランクから複数のローカルＲＡＩＤアレイに移動することとを実行させるようにさらに構成される。

30

【００８０】

実施例１９は、実施例１８のコンピュータ・プログラム製品を含み、コンピュータ可読プログラムが、プロセッサに、１つまたは複数のクラウド・ベースのランクから複数のローカルＲＡＩＤアレイへのすべてのデータの移動後に、１つまたは複数のクラウド・ベースのランクを除去させるようにさらに構成される。

【００８１】

実施例２０は、実施例１５～１９のいずれかのコンピュータ・プログラム製品を含み、コンピュータ可読プログラムが、プロセッサに、クラウド・インターフェイスのアプリケーション・プログラミング・インターフェイス（ＡＰＩ）の要件に従って、１つまたは複数の仮想ローカルＲＡＩＤアレイに対するローカル・データ・アクセス要求をクラウド・データ・アクセス要求に変換させるようにさらに構成される。

40

【００８２】

実施例２１は、コンピューティング・デバイスを含む。コンピューティング・デバイスは、ネットワークを介してコンピューティング・デバイスを１つまたは複数のクラウド・ストレージ・デバイスに通信によって結合するように構成されたネットワーク・アダプタと、データを格納するように構成されたストレージ媒体と、ネットワーク・アダプタおよびストレージ媒体に通信によって結合されたプロセッサとを備える。プロセッサは、複数のローカル・ランクのすべてに関する未使用の物理ストレージ空間の総量を決定すること

50

と、未使用の物理ストレージ空間の総量を第1のしきい値と比較することと、未使用の物理ストレージ空間の総量が第1のしきい値未満であるということの決定にตอบสนองして、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクを作成することとを実行するように構成される。1つまたは複数のクラウド・ベースのランクの各々を作成するために、プロセッサは、1つまたは複数のクラウド・ストレージ・デバイスに関連付けられたアプリケーション・プログラミング・インターフェイス（API）を介して1つまたは複数のクラウド・ストレージ・デバイス上のストレージ空間を割り当てることと、割り当てられたストレージ空間を対応する仮想ローカル・アドレスにマッピングし、仮想ローカル・アドレスをグループ化して、1つまたは複数のクラウド・ストレージ・デバイス上の割り当てられたストレージ空間から対応する仮想ローカル・ランクを形成する、マップ・テーブルを生成することとであって、このマップ・テーブルがストレージ媒体に格納される、生成することとを実行するように構成される。

10

【0083】

実施例22は、実施例21のコンピューティング・デバイスを含み、プロセッサが、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクを作成する前に、複数のローカル・ランクに格納されたデータを1つまたは複数のクラウド・ベースのランクに移動することと、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクの作成後に書き込まれた新しいデータを複数のローカル・ランクに格納することとを実行するようにさらに構成される。

【0084】

実施例23は、実施例21～22のいずれかのコンピューティング・デバイスを含み、プロセッサが、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクの作成後の複数のローカル・ランクに関する未使用のストレージ空間のその後の総量を決定することと、1つまたは複数のクラウド・ベースのランク上の未使用のストレージ空間のその後の総量と、使用済みのストレージ空間の総量との間の差を決定することと、この差が第2のしきい値を上回るということの決定にตอบสนองして、データを1つまたは複数のクラウド・ベースのランクから複数のローカル・ランクに移動することとを実行するようにさらに構成される。

20

【0085】

実施例24は、実施例23のコンピューティング・デバイスを含み、第1のしきい値が第2のしきい値と異なっている。

【0086】

実施例25は、実施例23～24のいずれかのコンピューティング・デバイスを含み、プロセッサが、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクから複数のローカル・ランクへのすべてのデータの移動後に、1つまたは複数のクラウド・ベースのランクを除去するようにさらに構成される。

30

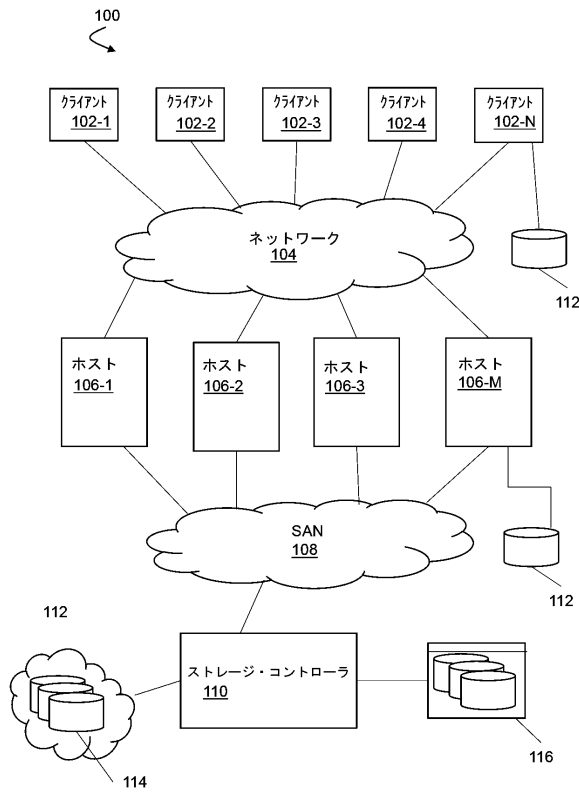
【0087】

本明細書では、本発明の特定の実施形態が示され、説明されたが、同じ目的を達成するように計算された任意の配置が、示された本発明の特定の実施形態の代わりに使用されてよいということが、当業者によって理解されるであろう。したがって、本発明が特許請求の範囲およびそれと同等のもののみによって制限されるということが、明白に意図される。

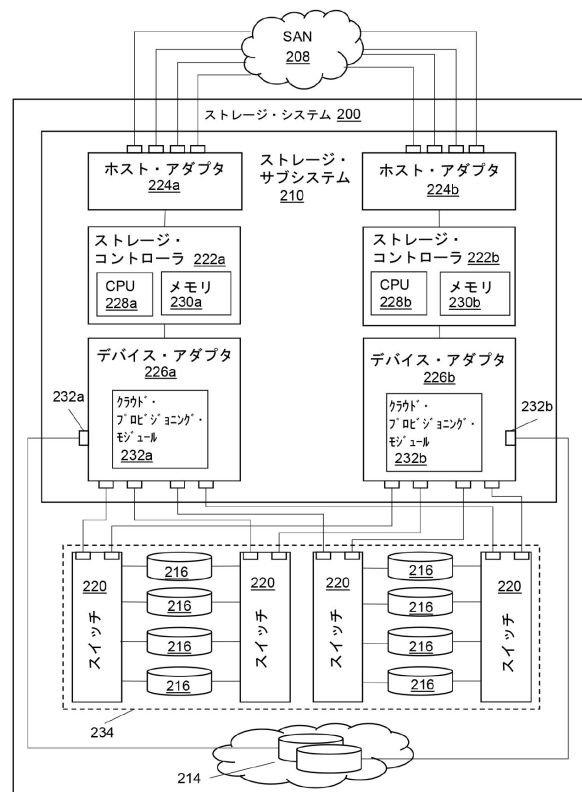
40

【図面】

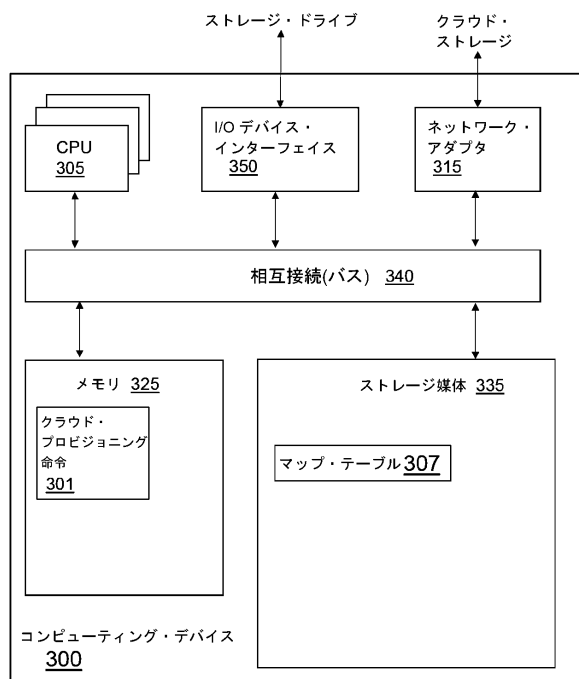
【図 1】



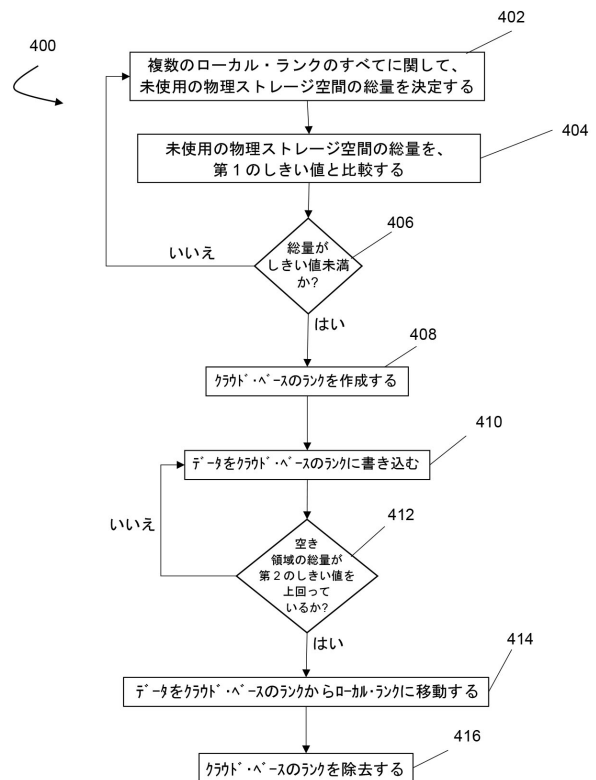
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 F

3/06

3 0 1 Z

(72)発明者 グプタ、ローケーシュ

アメリカ合衆国 8 5 7 4 4 - 0 0 0 2 アリゾナ州ツーソン サウス・リタ・ロード 9 0 0 0

(72)発明者 ボーリック、マシュー

アメリカ合衆国 8 5 7 4 4 - 0 0 0 2 アリゾナ州ツーソン サウス・リタ・ロード 9 0 0 0

審査官 田名網 忠雄

(56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 1 1 4 6 2 4 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 1 6 3 7 3 1 (U S , A 1)

特表 2 0 1 5 - 5 0 1 4 9 4 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G 0 6 F 3 / 0 6 - 3 / 0 8

G 0 6 F 1 3 / 1 0 - 1 3 / 1 4