

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7376894号
(P7376894)

(45)発行日 令和5年11月9日(2023.11.9)

(24)登録日 令和5年10月31日(2023.10.31)

(51)国際特許分類 F I
G 0 6 F 16/182 (2019.01) G 0 6 F 16/182 1 0 0
G 0 6 F 16/185 (2019.01) G 0 6 F 16/185

請求項の数 9 (全33頁)

(21)出願番号	特願2020-13204(P2020-13204)	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(22)出願日	令和2年1月30日(2020.1.30)	(73)特許権者	504139662 国立大学法人東海国立大学機構 愛知県名古屋市中種区不老町1番
(65)公開番号	特開2021-119437(P2021-119437 A)	(74)代理人	110001807 弁理士法人磯野国際特許商標事務所
(43)公開日	令和3年8月12日(2021.8.12)	(72)発明者	野口 博史 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
審査請求日	令和4年2月16日(2022.2.16)	(72)発明者	片岡 操 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	磯田 卓万

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 データ管理システム、データ管理装置、自発移動条件判定装置、自発移動先選択装置、および、データ管理方法、並びに、プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、前記ノードであるデータ管理装置を含むデータ管理システムであって、

前記データ管理システムは、前記データ管理装置、並びに、当該データ管理装置を自ノードとし接続される、自発移動条件判定装置、自発移動先選択装置およびアーカイブ指示装置を備えており、

前記データ管理装置は、

データを記録するためのホットストレージおよびコールドストレージを有する記憶手段と、

前記ホットストレージおよび前記コールドストレージに記録されるデータに対するアクセス数を含む状態情報を取得する状態監視手段と、

前記記憶手段に記憶されるデータについて、現時点までの前記アクセス数に基づき予測される将来のアクセス数が、大きいものほど高い値となる評価値である有用性評価値を算出するとともに、前記記憶手段に記憶されるデータについて、当該データを保持する前記自ノードが収容するユーザ端末からの自ノードへのアクセス数、当該自ノードに隣接する一方向の他ノードに線形接続されるノードからのアクセスを含む前記一方向の他ノードからのアクセス数、当該自ノードに隣接する前記一方向とは異なる他方向の他ノードに線形接続されるノードからのアクセスを含む前記他方向の他ノードからのアクセス数、を用いた当該データへのアクセス全体に対する各アクセス数の偏りのうち、最大のアクセス数の

偏りをアクセス偏在性として算出する自発移動処理手段と、を備え、

前記自発移動条件判定装置は、前記ホットストレージに記憶された当該データについて、前記有用性評価値が所定の第1閾値以上であり、かつ、前記アクセス偏在性が所定の第2閾値以上であるという所定の自発移動条件を満たす場合に、当該データを自発移動対象データと判定する手段を備え、

前記自発移動先選択装置は、自ノードおよび他ノードの保持するデータの有用性評価値の最小値が前記自発移動対象データの有用性評価値より小さい場合に、そのより小さい有用性評価値であるデータを備えるノードを保持可能ノードとして選択し、前記保持可能ノードのうち、前記自発移動対象データと判定されたデータにアクセスする際のユーザ端末の通信コストが削減される位置にあるノードを、前記自発移動対象データを保持するノードからの移動先となるノードを示す自発移動先ノードとして選択する手段を備え、

10

前記アーカイブ指示装置は、自ノードのホットストレージに記憶されたデータのうち、前記有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させる指示情報を、前記データ管理装置に送信する手段を備え、

前記データ管理装置は、

前記自発移動対象データを前記自発移動先ノードに移動し、

前記指示情報を受け取ると、自ノードのホットストレージに記憶された前記有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させること

を特徴とするデータ管理システム。

【請求項2】

20

ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、前記ノードであるデータ管理装置を含むデータ管理システムであって、

前記データ管理システムは、データを記憶するためのホットストレージおよびコールドストレージを有する前記データ管理装置、並びに、当該データ管理装置を自ノードとし接続される、自発移動条件判定装置、自発移動先選択装置およびアーカイブ指示装置を備えており、

前記自発移動条件判定装置は、前記ホットストレージに記憶されたデータが、当該データへのアクセスに関する所定の自発移動条件を満たす場合に、当該データを自発移動対象データと判定し、

前記自発移動先選択装置は、前記データにアクセスする際のユーザ端末の通信コストが削減される位置にある、自ノード以外の他ノードを、前記自発移動対象データを保持するノードからの移動先となるノードを示す自発移動先ノードとして選択し、

30

前記アーカイブ指示装置は、自ノードのホットストレージに記憶されたデータのうち、将来のアクセス数の予測が大きいほど高い値を示す有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させる指示情報を、前記データ管理装置に送信し、

前記データ管理装置は、

前記自発移動対象データを前記自発移動先ノードに移動し、

前記指示情報を受け取ると、自ノードのホットストレージに記憶された前記有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させ、

前記ホットストレージに記憶されたデータの所定時間内のアクセス数に比例する値をリアルタイム要求度として算出し、前記リアルタイム要求度が高いほど、データ生成間隔を短く調整する指示情報を生成し、当該データを生成するデバイスに、当該指示情報を出力する生成間隔調整装置を、さらに備えること

40

を特徴とするデータ管理システム。

【請求項3】

ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、前記ノードであるデータ管理装置を含むデータ管理システムの前記データ管理装置であって、

前記データ管理システムは、前記データ管理装置、並びに、当該データ管理装置を自ノードとし接続される、自発移動条件判定装置、自発移動先選択装置およびアーカイブ指示

50

装置を備えており、

前記データ管理装置は、

データを記憶するためのホットストレージおよびコールドストレージを有する記憶部と、
前記ホットストレージおよび前記コールドストレージに記録されるデータに対するアクセス数を含む状態情報を取得する状態監視部と、

前記記憶部に記憶されるデータについて、現時点までの前記アクセス数に基づき予測される将来のアクセス数が、大きいものほど高い値となる評価値である有用性評価値を算出する有用性評価部と、

前記記憶部に記憶されるデータについて、当該データを保持する前記自ノードが収容するユーザ端末からの自ノードへのアクセス数、当該自ノードに隣接する一方向の他ノードに線形接続されるノードからのアクセスを含む前記一方向の他ノードからのアクセス数、当該自ノードに隣接する前記一方向とは異なる他方向の他ノードに線形接続されるノードからのアクセスを含む前記他方向の他ノードからのアクセス数、を用いた当該データへのアクセス全体に対する各アクセス数の偏りのうち、最大のアクセス数の偏りをアクセス偏在性として算出するアクセス偏在性算出部と、

10

前記ホットストレージに記憶された当該データについて、前記有用性評価値および前記アクセス偏在性を用いた所定の自発移動条件を満たすと前記自発移動条件判定装置により判定されたデータである自発移動対象データを、前記データにアクセスする際のユーザ端末の通信コストが削減される位置にあり、前記自発移動対象データを保持するノードからの移動先のノードとして前記自発移動先選択装置により選択されたノードである自発移動先ノードに移動する自発移動実行部と、

20

自ノードのホットストレージに記憶されたデータのうち、前記有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させる指示情報を前記アーカイブ指示装置から受け取り、自ノードのホットストレージに記憶された前記有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させるアーカイブ実行部と、を備えることを特徴とするデータ管理装置。

【請求項 4】

ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、前記ノードであるデータ管理装置を含むデータ管理システムの自発移動条件判定装置であって、

30

前記データ管理システムは、データを記憶するためのホットストレージおよびコールドストレージを有する前記データ管理装置および自発移動条件判定装置を備えており、

前記自発移動条件判定装置は、

前記ホットストレージに記憶されたデータについて、現時点までのアクセス数に基づき予測される将来のアクセス数が、大きいものほど高い値となる評価値である有用性評価値、および、前記ホットストレージに記憶されたデータについて、当該データを保持する前記データ管理装置である自ノードが収容するユーザ端末からの前記自ノードへのアクセス数、当該自ノードに隣接する一方向の他ノードに線形接続されるノードからのアクセスを含む前記一方向の他ノードからのアクセス数、当該自ノードに隣接する前記一方向とは異なる他方向の他ノードに線形接続されるノードからのアクセスを含む前記他方向の他ノードからのアクセス数、を用いた当該データへのアクセス全体に対する各アクセス数の偏りのうち、最大のアクセス数の偏りを示すアクセス偏在性を、前記データ管理装置から取得し、前記有用性評価値が所定の第 1 閾値以上であり、かつ、前記アクセス偏在性が所定の第 2 閾値以上であるという所定の自発移動条件を満たす場合に、当該データを自発移動対象データと判定する手段を備えること

40

を特徴とする自発移動条件判定装置。

【請求項 5】

ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、前記ノードであるデータ管理装置を含むデータ管理システムの自発移動先選択装置であって、

50

前記データ管理システムは、データを記憶するためのホットストレージおよびコールドストレージを有する前記データ管理装置、並びに、当該データ管理装置を自ノードとし接続される、自発移動条件判定装置および自発移動先選択装置を備えており、

前記自発移動先選択装置は、

前記ホットストレージに記憶されたデータにおいて、当該データへのアクセスに関する所定の自発移動条件を満たすと前記自発移動条件判定装置により判定されたデータである自発移動対象データについて、前記データ管理装置の記憶部の前記ホットストレージに記憶されたデータの、現時点までのアクセス数に基づき予測される将来のアクセス数が、大きいものほど高い値となる評価値である有用性評価値を参照し、自ノードおよび他ノードの保持するデータの有用性評価値の最小値が前記自発移動対象データの有用性評価値より小さい場合に、そのより小さい有用性評価値であるデータを備えるノードを保持可能ノードとして選択する手段と、

10

前記保持可能ノードのうち、前記自発移動対象データと判定されたデータにアクセスする際のユーザ端末の通信コストが削減される位置にある前記ノードを、前記自発移動対象データを保持するノードからの移動先となるノードを示す自発移動先ノードとして選択する手段と、を備えること

を特徴とする自発移動先選択装置。

【請求項6】

ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、前記ノードであるデータ管理装置を含むデータ管理システムのデータ管理方法であって、

20

前記データ管理システムは、前記データ管理装置、並びに、当該データ管理装置を自ノードとし接続される、自発移動条件判定装置、自発移動先選択装置およびアーカイブ指示装置を備えており、

前記データ管理装置は、

データを記録するためのホットストレージおよびコールドストレージを有する記憶部を有しており、

前記ホットストレージおよび前記コールドストレージに記録されるデータに対するアクセス数を含む状態情報を取得し、

前記記憶部に記憶されるデータについて、現時点までの前記アクセス数に基づき予測される将来のアクセス数が、大きいものほど高い値となる評価値である有用性評価値を算出するとともに、前記記憶部に記憶されるデータについて、当該データを保持する前記自ノードが収容するユーザ端末からの自ノードへのアクセス数、当該自ノードに隣接する一方向の他ノードに線形接続されるノードからのアクセスを含む前記一方向の他ノードからのアクセス数、当該自ノードに隣接する前記一方向とは異なる他方向の他ノードに線形接続されるノードからのアクセスを含む前記他方向の他ノードからのアクセス数、を用いた当該データへのアクセス全体に対する各アクセス数の偏りのうち、最大のアクセス数の偏りをアクセス偏在性として算出し、

30

前記自発移動条件判定装置は、前記ホットストレージに記憶された当該データについて、前記有用性評価値が所定の第1閾値以上であり、かつ、前記アクセス偏在性が所定の第2閾値以上であるという所定の自発移動条件を満たす場合に、当該データを自発移動対象データと判定し、

40

前記自発移動先選択装置は、自ノードおよび他ノードの保持するデータの有用性評価値の最小値が前記自発移動対象データの有用性評価値より小さい場合に、そのより小さい有用性評価値であるデータを備えるノードを保持可能ノードとして選択し、前記保持可能ノードのうち、前記自発移動対象データと判定されたデータにアクセスする際のユーザ端末の通信コストが削減される位置にあるノードを、前記自発移動対象データを保持するノードからの移動先となるノードを示す自発移動先ノードとして選択し、

前記アーカイブ指示装置は、自ノードのホットストレージに記憶されたデータのうち、前記有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させる指示情

50

報を、前記データ管理装置に送信し、

前記データ管理装置は、

前記自発移動対象データを前記自発移動先ノードに移動し、

前記指示情報を受け取ると、自ノードのホットストレージに記憶された前記有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させること

を特徴とするデータ管理方法。

【請求項 7】

コンピュータを、請求項 3 に記載のデータ管理装置として機能させるためのプログラム。

【請求項 8】

コンピュータを、請求項 4 に記載の自発移動条件判定装置として機能させるためのプログラム。

10

【請求項 9】

コンピュータを、請求項 5 に記載の自発移動先選択装置として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、分散ストレージにおいてデータ配置制御を行う、データ管理システム、データ管理装置、自発移動条件判定装置、自発移動先選択装置、および、データ管理方法、並びに、プログラムに関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来、データにアクセスする端末またはアプリケーション（以下「ユーザ端末」という。）にとって便利な場所にあるデータ保存場所（ストレージ）にデータを配備する技術として、キャッシュ制御技術が知られている。データ保存場所として選択される場所（便利な場所）の特徴として、例えば遅延の有無などで定義される QoS（Quality of Service）が良好な場所、物理的に近いなどデータ転送エネルギーが小さい場所などが挙げられる。

【0003】

キャッシュ制御技術では、ユーザ端末のローカルリティ（同じ場所からのアクセスが多い）という特性を想定して、ユーザ端末が利用したデータを一時的にそのユーザ端末の近くに保存する機能を提供する。この一時保存データはキャッシュデータと呼ばれ、オリジナルデータの一時的なコピーである。一方で、ストレージの容量は有限であり、不要と思われるキャッシュデータは消去される。不要と判断するアルゴリズムとして、置き換えアルゴリズムと呼ばれる LRU（Least Recent Used）および TLRU（Time aware Least Recent Used）が知られている（非特許文献 1，2 参照）。

30

【0004】

LRU は、最近アクセスされたデータから順に並べたデータ列の最後部が削除対象となるアルゴリズムである。また、TLRU は、 TTL（Time To Live）および TTU（Time To Use）を考慮した LRU である。TTL は、データがキャッシュに存在できる時間の限界を示し、いわばデータの賞味期限である。キャッシュデータが生成されてから時間が経過するとオリジナルデータが変化する可能性があるため、TTL を設定することによりデータの正当性を保証する。また、TTU は、データが生成されたときから生存できる時間の限界を示し、いわばデータの消費期限である。

40

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【文献】 Kai Cheng 他、 “LRU-SP: A Size-Adjusted and Popularity-Aware LRU Replacement Algorithm for Web Caching”、 Proceedings 24th Annual International Computer Software and Applications Conference. COMPSAC2000、IEEE、2000年10月

50

【文献】Giovanni Neglia他、“Access-time aware cache algorithms”、2016 28th International Teletraffic Congress (ITC 28)、IEEE、2016年9月

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記のような従来技術では、例えば、ストレージデバイスにおいて入力された順にデータが記憶され、記憶容量が一杯になると、データ列のうち先頭にあるデータ（古いデータ）が削除され、新たに入力されたデータがデータ列の最後尾に記憶される。また、ストレージデバイス内のデータに対しアクセスがあった場合には、そのデータは最後尾に移動される。つまり、新しいデータや最後にアクセスがあった時刻が最近のデータを重要なデータとして取り扱っている。しかしながら、これらの指標は、データの重要性を測る指標として十分とは言えない。

10

また、上記した従来技術では、ストレージデバイスが一杯の場合、ストレージデバイスからデータを削除することしかできず、例えば古くなっても削除されては困るデータがある場合などに不都合が生じる。

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みなされたものであり、ストレージデバイスの記憶容量が不足する場合であっても、データを削除せずに記憶しておくことを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係るデータ管理システムは、ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、前記ノードであるデータ管理装置を含むデータ管理システムであって、前記データ管理システムは、前記データ管理装置、並びに、当該データ管理装置を自ノードとし接続される、自発移動条件判定装置、自発移動先選択装置およびアーカイブ指示装置を備えており、前記データ管理装置は、データを記録するためのホットストレージおよびコールドストレージを有する記憶手段と、前記ホットストレージおよび前記コールドストレージに記録されるデータに対するアクセス数を含む状態情報を取得する状態監視手段と、前記記憶手段に記憶されるデータについて、現時点までの前記アクセス数に基づき予測される将来のアクセス数が、大きいものほど高い値となる評価値である有用性評価値を算出するとともに、前記記憶手段に記憶されるデータについて、当該データを保持する前記自ノードが収容するユーザ端末からの自ノードへのアクセス数、当該自ノードに隣接する一方向の他ノードに線形接続されるノードからのアクセスを含む前記一方向の他ノードからのアクセス数、当該自ノードに隣接する前記一方向とは異なる他方向の他ノードに線形接続されるノードからのアクセスを含む前記他方向の他ノードからのアクセス数、を用いた当該データへのアクセス全体に対する各アクセス数の偏りのうち、最大のアクセス数の偏りをアクセス偏在性として算出する自発移動処理手段と、を備え、前記自発移動条件判定装置は、前記ホットストレージに記憶された当該データについて、前記有用性評価値が所定の第1閾値以上であり、かつ、前記アクセス偏在性が所定の第2閾値以上であるという所定の自発移動条件を満たす場合に、当該データを自発移動対象データと判定する手段を備え、前記自発移動先選択装置は、自ノードおよび他ノードの保持するデータの有用性評価値の最小値が前記自発移動対象データの有用性評価値より小さい場合に、そのより小さい有用性評価値であるデータを備えるノードを保持可能ノードとして選択し、前記保持可能ノードのうち、前記自発移動対象データと判定されたデータにアクセスする際のユーザ端末の通信コストが削減される位置にあるノードを、前記自発移動対象データを保持するノードからの移動先となるノードを示す自発移動先ノードとして選択する手段を備え、前記アーカイブ指示装置は、自ノードのホットストレージに記憶されたデータのうち、前記有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させる指示情報を、前記データ管理装置に送信する手段を備え、前記データ管理装置は、前記自発移動対象データを前記自発移動先ノードに移動し、前記指示情報を受け取ると、自ノードのホットストレージに記憶された前記有用性評価値が最小のデ

20

30

40

50

ータを、自ノードのコールドストレージに移動させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、ストレージデバイスの記憶容量が不足する場合であっても、データを削除せずに記憶しておくことができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本実施形態に係るストレージネットワークの構成（ツリー構造）を示す図である。

【図2】本実施形態に係るストレージネットワークの構成（線形接続）での自発移動の概要を説明するための図である。

【図3】本実施形態に係るデータ管理システムを含むストレージネットワークの全体構成を示す図である。

【図4】本実施形態に係る自発移動処理部の機能と、自発移動に関する各装置が備える機能の詳細を説明するための図である。

【図5】本実施形態におけるアクセス偏在性を説明するための図である。

【図6】本実施形態に係る強制移動処理部の機能と、強制移動に関する各装置が備える機能の詳細を説明するための図である。

【図7】本実施形態における強制移動の処理を説明するための図である。

【図8】本実施形態に係るデータ管理システムの変形例の全体構成を示す図である。

【図9】本実施形態に係るデータ管理システムの変形例の全体構成を示す図である。

【図10】本実施形態に係るデータ管理システムの自発移動によるデータ配置制御の流れを示すフローチャートである。

【図11】本実施形態に係るデータ管理システムの最適ノード選択処理の流れを示すフローチャートである。

【図12】本実施形態に係るデータ管理システムの強制移動によるデータ配置制御の流れを示すフローチャートである。

【図13】本実施形態に係るデータ管理システムのデータ生成間隔調整の流れを示すフローチャートである。

【図14】本実施形態に係るデータ管理装置および各装置の機能を実現するコンピュータの一例を示すハードウェア構成図である。

【図15】本実施形態に係るデータ管理システムの変形例であるデータ管理装置の構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

次に、本発明を実施するための形態（以下、「本実施形態」と称する。）について説明する。まず、本発明の概要を説明する。

【0012】

<概要>

今日、IoT（Internet of Things）が急速に拡大を続けており、多種多様かつ膨大な数のデバイスがネットワークに接続されつつある。そして、これらのデバイスが生成する膨大なデータの活用が期待されている。例えば、街頭や店舗には既に多くの監視カメラが設置されており、日々の映像を記録している。また、工場等の稼働データを、センサデバイス等を利用して収集している。これらの大量のデータは、ビッグデータとして様々なサービスやデータ解析に利用される。

【0013】

この大量のデータ、特にリアルタイムなデータ（ライブデータ）の管理手法について、（1）データセンタでの管理、（2）ストレージネットワーク、つまり、ネットワーク内の分散ストレージによる管理、（3）データを生成（収集）するデバイス（Publisher）自身での管理、の3つの手法が考えられる。この中で（1）データセンタでの管理では、集約地点付近にトラフィックが集中し、ネットワークの輻輳を招くおそれがある。（3）デ

10

20

30

40

50

デバイス自身での管理では、通常I o T機器でのデータ記憶容量が小さいため、ライブデータ以外の静的なデータ（デバイスに予め記憶させておくレガシーデータ）の管理は可能であっても、大量のライブデータを記憶することは難しい。これに対し、（2）ストレージネットワークでは、データの取得要求をするユーザ端末（Subscriber）に近い適度な地点にあるストレージ（分散ストレージとしての各ノード）等にデータを保持させることにより、効率的なデータ管理が実現できる。

【0014】

また、従来のライブデータの記憶手段であるストレージ（例えば、HDD（Hard Disk Drive）等）であるホットストレージでは容量やコストにより対応が困難な場合において、コールドストレージとホットストレージとを併用した利用が考えられる。ここで、「ホットストレージ」は、従来のHDDやSSD（Solid State Drive）等のリアルタイムな要求を満足できる常時稼働の記憶媒体である。このホットストレージは、応答速度が例えば $10^{-8} \sim 10^0$ （s）と速いが、容量が有限であり、コールドストレージと比べ高コストである。また、「コールドストレージ」は、例えば、DVD（Digital Versatile Disc：登録商標）やCD、BD（Blu-ray Disc：登録商標）等のリアルタイムな要求を満足できない記憶媒体である。このコールドストレージは、応答速度が例えば $10^0 \sim 10^4$ （s）と遅いが、容量は超大容量（記憶媒体を増やせば無限と仮定できる。）であり、ホットストレージと比べ低コストである。なお、このコールドストレージに記憶されたデータへのリクエストに対する応答は、例えば、ロボットアームが物理的に動き、棚に格納されたDVD等を取得して、データ読み取り/書き込みモジュール等にセットすることにより行われてもよいし、手動により、データ読み取り/書き込みモジュール等に、DVD等をセットすることにより行われてもよい。

【0015】

このホットストレージとコールドストレージとを、ストレージネットワークの各ノードに備えさせることにより、アクセス時間が大きくても削除したくないデータについては、ホットストレージからコールドストレージに移動させて保存しておく。これにより、リアルタイムな要求に対応する必要がある有用性の高いデータについては、ホットストレージに記憶しておき、有用性の低いデータについては、コールドストレージに記憶しておくことによりデータを削除せずに記憶し続け、ユーザの利便性を高めることができる。

【0016】

このストレージネットワークは、例えば、図1に示すように、ストレージネットワークの各ノードがツリー構造として接続される。また、後記する図2等のように、各ノードがリンクで線形接続されてもよい。ノード（ストレージノード）間を接続するリンクが、複数のスイッチと複数の伝送路、あるいは、小規模なネットワーク（アンダーレイネットワークと呼ばれる）で構成されていてもよい。

そして、ホットストレージとコールドストレージとを備えた各ノードが接続されたストレージネットワークにおいて、適切なノードを選択してデータを配置するようにする。ここで、適切なノードとは、例えば、遅延の程度等で表されるQoS（Quality of Service）が良好な場所（遅延が少ない場所）や、データの取得要求を行うユーザ端末と物理的に近いなどのデータ転送エネルギーが小さい場所のノードのことをいう。

【0017】

このストレージネットワークによる従来のデータ配置制御では、ホットストレージの容量が溢れたときに、次に示す制御を実行することが想定される。

（制御1）有用性が低いデータを、ノード内のホットストレージからコールドストレージに移動する（以下、「アーカイブ」と称する。）。

（制御2）有用性の高いデータを、他ノードの適切なホットストレージに移動する。

【0018】

本実施形態に係るデータ管理システム1000（後記する図3参照）においては、上記の（制御1）および（制御2）で想定される処理に更なる改良を加えた、「自発移動」、「強制移動」、「リアルタイム要求に応じたデータ生成間隔調整」によるデータ配置制御

10

20

30

40

50

を行う。

【0019】

〔自発移動〕

まず、自発移動について説明する。

本実施形態における自発移動とは、あるデータに関して、現状のデータ保持ノードより、データを取得要求するユーザ端末（Subscriber）にとって、より最適な場所にノードが存在するとき、通信コストの低減等のために、当該データを自発的に当該ノード（後記する「最適ノード」）に移動させる処理をいう。

上記の（制御2）の他ノードへの移動は、ホットストレージの容量が溢れたときに、保持するノードを変更して性能改善が可能なデータを移動させる処理である。この（制御2）は、容量溢れが生じたタイミングが契機となるが、本実施形態に係るデータ管理システム1000（図3）の自発移動では、より早期に性能改善を図るために、容量溢れが生じたタイミングに限らず、対象となるデータが、所定の条件（後記する「自発移動条件」）を満たした場合に、最適ノードを選択して移動させる。

10

【0020】

あるデータが、自発移動の対象データとなるか否かの判定は、「有用性評価値」と「アクセス偏在性」に基づき決定する。

有用性評価値は、そのデータについて、現時点までのアクセス数に基づき予測される将来のアクセス数が、大きいものほど高い値となる評価値である。有用性評価値が高いほど、そのデータが将来、ユーザ端末からアクセスされる可能性が高い、つまり、そのデータが有用性の高いデータであることを示す。

20

また、アクセス偏在性は、ノードが保持するデータに対するアクセス元の隣接ノードからのアクセス数の偏りを示す。つまり、あるデータについて、隣接する複数のノードのうち、1つのノードのアクセス偏在性が高いほど、単一方向からそのデータがアクセスされていることを示し、現状ノード（現時点でそのデータを保持するノード）が需要地点ノードである確率が低いことを示している。なお、需要地点ノードとは、自身が収容するユーザ端末（Subscriber）からデータの取得要求を受け付けるノードである。仮に、需要地点ノードに目的とするデータが保持されていれば、他のノードにデータを要求して取得する場合に比べ、データ転送エネルギーが少なく済むとともに、遅延等が減りQoSが良好となる。

30

【0021】

具体的には、図2に示すように、例えば、ストレージネットワークの各ノードが線形接続されている場合において、ノードN₁₀（現状ノード）のホットストレージにデータ「A」が記憶され、そのデータ「A」が所定の自発移動条件を満たすとする。ここで、ユーザ端末Uからデータ「A」についての取得要求を受け付けるノードN₅₀が需要地点ノードとなる。現状ノードに記憶されているデータ「A」は、需要地点ノードとなるノードN₅₀側からのアクセスが多い場合、ノードN₁₀に隣接する（ノードN₅₀方向の）ノードN₂₀のアクセス偏在性が高くなる。よって、アクセス偏在性が高いほど、つまり、単一方向からデータ「A」がアクセスされるほど、現状ノードが需要地点ノードである確率が低く、より最適な（需要地点ノードに近い）ノード（最適ノードN₃₀）への移動する価値が高いことを示す。

40

図2においては、後記する最適ノード選択処理により、需要地点ノードN₅₀により近いノードN₃₀を最適ノードとして選択し、ノードN₁₀に記憶されていたデータ「A」を、ノードN₃₀に自発移動させた例を示している。

この最適ノード選択処理の詳細については、図11を参照して後記する。

【0022】

〔強制移動〕

次に、強制移動について説明する。

あるノードに新しいデータを記憶させようとしてデータ溢れが生じた際に、上記の（制御1）のように、そのノードに記憶されているデータのうち、有用性（有用性評価値）の

50

低いデータをアーカイブ操作し、コールドストレージに記憶することができる。ただし、他ノードが、さらに有用性評価値の低いデータを保持していた場合、自ノードのホットストレージに、より有用性評価値の高いデータを保持しておくためには、容量溢れが生じたノードの有用性評価値が最小のデータをアーカイブする代わりに、他ノードにおいて有用性評価値がさらに低い最小のデータをアーカイブすべきである。

つまり、強制移動では、あるノードのホットストレージ容量が溢れたとき、そのノードの有用性評価値が最小のデータが、ストレージネットワークを構成するノード（後記する移動可能ノード）全体で有用性評価値が最小でない場合には、ノード（移動可能ノード）全体のうち、有用性評価値が最小のデータを持つノードを強制移動先ノードとして選択する。そして、選択した強制移動先ノードに、ホットストレージ容量が溢れたノードの有用性評価値が最小のデータを移動する。

10

この強制移動の詳細については、後記する。

【0023】

〔リアルタイム要求に応じたデータ生成間隔調整〕

つぎに、リアルタイム要求に応じたデータ生成間隔調整について説明する。

データを生成（収集）するデバイス（Publisher）は、所定の時間間隔ごとに、所定の時間内でリアルタイムに生成したデータの集合を、1つのデータ群として、ノードに送信している。このデータ群（広い意味での「データ」と称する。）を生成するデバイスに関して、リアルタイムな要求度（例えば、データ生成後、所定時間内のアクセス数に比例した値）が高い場合には、データ生成間隔を短くすることで、そのデバイスのA o I（Age of Information）を低減することができる。なお、A o Iは、情報の鮮度（提供された最新のデータに関する、生成時刻からの経過時間を示す）を意味する。

20

また、このデータ（データ群）に関して、一定時間内のアクセス数が多いデータと少ないデータとが存在する。この記憶されるデータについて、A o Iを考慮しないと、必要以上にストレージを無駄に消費してしまう可能性がある。例えば、アクセス数の少ないデータ（データ群）を生成するデバイスにおいて、A o Iを大きくすると、データ容量の大きいデータを1つのデータとして生成し、ノードに送信してホットストレージに記憶することとなる。これに対し、例えば、あるデバイスの60分周期でのデータ群（データ）の生成を、10分周期での生成とすれば、1つのデータのデータ容量を小さくできる。よって、そのデータに関する移動のための転送エネルギー（ネットワーク負荷）を低減することができる。これにより、データ移動の利用から除外されるリンクを減らし、本実施形態におけるデータ配置先（最適ノード）の候補となる移動可能ノード（詳細は後記）を増やすことができる。

30

よって、リアルタイム要求度が高いデバイスの最新データは、A o Iをより小さく、つまり、データ生成間隔を短くするように調整する。一方、リアルタイム要求度の低いデバイスの最新データは、A o Iをより大きく、つまり、データ生成間隔を長くするように調整する。

【0024】

以下、本実施形態に係るデータ管理システム1000等について説明する。

【0025】

<本実施形態>

図3は、本実施形態に係るデータ管理システム1000を含むストレージネットワークの全体構成を示す図である。

図3に示すように、データ管理システム1000は、データ管理装置1と、上記した「自発移動」を実現するために用いられる装置群である、自発移動条件判定装置21、自発移動先選択装置22およびアーカイブ指示装置23と、上記した「強制移動」を実現するために用いられる装置群である、強制移動対象データ選択装置31および強制移動先選択装置32と、上記した「データ生成間隔調整」を実現するために用いられる生成間隔調整装置40とを備える。

40

データ管理装置1は、ストレージネットワークにおいてストレージデバイスとして機能

50

する、上記した各ノードであり、ホットストレージで構成される有限容量蓄積部 100 と、コールドストレージで構成される無限容量蓄積部 105 とを備える。そして、複数の上記データ管理システム 1000 がネットワークを介して接続され、全体としてストレージネットワークを構築する。

【0026】

自発移動に関する装置群である、自発移動条件判定装置 21、自発移動先選択装置 22 およびアーカイブ指示装置 23 は、1つのデータ管理装置 1 ごとに設けられ、これらの装置間および当該データ管理装置 1 に通信接続される。

強制移動に関する装置群である、強制移動対象データ選択装置 31 および強制移動先選択装置 32 は、1つのデータ管理装置 1 ごとに設けられ、これらの装置間および当該データ管理装置 1 に通信接続される。

10

また、データ生成間隔調整に関する装置である生成間隔調整装置 40 は、1つのデータ管理装置 1 ごとに設けられ、当該データ管理装置 1 およびデータを生成するデバイス (Publisher) に通信接続される。

【0027】

これらの自発移動条件判定装置 21、自発移動先選択装置 22、アーカイブ指示装置 23、強制移動対象データ選択装置 31、強制移動先選択装置 32、生成間隔調整装置 40 は、制御部、入出力部、記憶部 (いずれも図示省略) を備えるコンピュータにより構成される。各装置は、自身が行う処理において各データ管理装置 1 の後記する状態情報が必要な場合には、自身と接続されるデータ管理装置 1 の記憶部 12 に記憶された状態情報を参照して処理を実行する。各装置が備える機能の詳細な説明は、データ管理装置 1 の詳細な説明の中で併せて記載する。

20

【0028】

データ管理装置および各装置の説明

次に、図 3 等を参照して、データ管理装置 1、および、「自発移動」「強制移動」「データ生成間隔調整」に関する各装置の詳細について説明する。

データ管理装置 1 は、通信接続されたデバイス (Publisher) P からのデータを、ホットストレージ (有限容量蓄積部 100) に記憶するとともに、必要に応じて、ホットストレージ (有限容量蓄積部 100) からコールドストレージ (無限容量蓄積部 105) ヘデータを移動するアーカイブを実行する。また、データ管理装置 1 は、上記した、「自発移動」「強制移動」「リアルタイム要求に応じたデータ生成間隔調整」を上記した各装置と連携して行うことにより、より適切なデータ配置制御を行う。

30

このデータ管理装置 1 は、制御部 10 と、入出力部 11 と、記憶部 12 とを備える。

【0029】

入出力部 11 は、他のデータ管理装置 1 や、データを生成する各デバイス (Publisher)、自身が収容する複数のユーザ端末 (Subscriber) 等との間で情報の入出力を行う。また、入出力部 11 は、自身と通信接続される各装置 (自発移動条件判定装置 21、自発移動先選択装置 22、アーカイブ指示装置 23、強制移動対象データ選択装置 31、強制移動先選択装置 32、生成間隔調整装置 40) との間で情報の入出力を行う。この入出力部 11 は、通信回線を介して情報の送受信を行う通信インタフェースと、不図示のキーボード等の入力装置やモニタ等の出力装置との間で情報の入出力を行う入出力インタフェースとから構成される。

40

【0030】

記憶部 12 は、ハードディスクやフラッシュメモリ、RAM (Random Access Memory)、データ読み取り/書き込みモジュール等により構成される。

この記憶部 12 (記憶手段) は、上記したホットストレージで構成される有限容量蓄積部 100 と、上記したコールドストレージで構成される無限容量蓄積部 105 を含んで構成される。

また、記憶部 12 には、さらに、自身が記憶するデータに対するアクセス元 (他のデータ管理装置 1 やユーザ端末) とそのアクセス数や、他のデータ管理装置 1 の記憶容量に関

50

する情報（ホットストレージの空き容量等）、他のデータ管理装置 1 との接続状況（例えば、リンクの使用量）の情報（以下、これらの情報をまとめて「状態情報」と称する。）等が保存される。なお、上記したストレージネットワークの各ノードによるネットワーク構成において、リンクが用いられている場合、リンクの使用状況（状態情報）として、各リンクの使用量の合計や使用量の平均といった統計値を用いる。

そして、この記憶部 1 2 には、制御部 1 0 の各機能部を実行させるためのプログラムや、制御部 1 0 の処理に必要な情報（所定の閾値等）が記憶される。

【 0 0 3 1 】

制御部 1 0 は、データ管理装置 1 が実行する処理の全般を司り、図 3 に示すように、状態監視部 1 1 0 と、取得要求処理部 1 2 0 と、自発移動処理部 1 3 0 と、データ蓄積部 1 4 0 と、強制移動処理部 1 5 0 とを含んで構成される。

10

【 0 0 3 2 】

状態監視部 1 1 0 は、各データ管理装置 1 のデータ毎のアクセス元およびその処理回数（後記するアクセス数「A」）や、各データ管理装置 1 間のリンクの使用状況（リンク使用量）、各データ管理装置 1 の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）の空き容量や有用性評価値が最小のデータ等の情報（状態情報）を取得し、記憶部 1 2 に記憶しておく。

なお、状態監視部 1 1 0 において、ストレージネットワーク内のどのデータ管理装置 1 から状態情報等を取得できるかは、予め設定される。例えば、ストレージネットワークが線形接続で構成される場合において、隣接する N ホップ（N は正の整数）までのデータ管理装置 1 から状態情報等を取得できるものとして設定される（詳細は後記）。そして、状態監視部 1 1 0 は、隣接する各データ管理装置 1 の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）に記憶されるデータのうち、有効性評価値が最小のデータの（最新の）情報を取得し記憶しておく。

20

また、状態監視部 1 1 0 は、自身が有限容量蓄積部 1 0 0 および無限容量蓄積部 1 0 5 に格納するデータについても同様にアクセス元およびアクセス数の情報を計測し、記憶部 1 2 に記憶しておく。

【 0 0 3 3 】

取得要求処理部 1 2 0 は、自身のデータ管理装置 1 が収容するユーザ端末（図示省略）や他のデータ管理装置 1 から、データの取得要求（リクエスト）を受信し、記憶部 1 2 内の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）または無限容量蓄積部 1 0 5（コールドストレージ）に記憶されているデータを、応答情報として返信する。

30

また、取得要求処理部 1 2 0 は、その取得要求（リクエスト）が自身の記憶部 1 2 に記憶したデータではなく、他のデータ管理装置 1 が記憶するものである場合には、当該他のデータ管理装置 1 に向けて、取得要求を転送する。

取得要求処理部 1 2 0 は、取得要求を受け付けると、そのデータのアクセス元および取得要求があった回数（アクセス数「A」）を、状態監視部 1 1 0 に出力することにより記憶部 1 2 に記憶させる。

【 0 0 3 4 】

自発移動処理部 1 3 0 は、あるデータについて、上記した有用性評価値とアクセス偏在性とを算出する。なお、この有用性評価値とアクセス偏在性とを算出する対象となるデータ（以下「対象データ」と称する。）は、例えば、あるデータが取得要求（リクエスト）を受けた際に、それを契機としてそのデータを算出対象としてもよいし、有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）に記憶された各データを、所定の時間間隔で抽出し、算出対象としてもよい。

40

そして、自発移動処理部 1 3 0 は、算出した有用性評価値とアクセス偏在性とを自発移動条件判定装置 2 1 に送信する。そして、自発移動処理部 1 3 0 は、自発移動条件判定装置 2 1 が、有用性評価値とアクセス偏在性とに基づく所定の自発移動条件を満たすと判定した場合に、その対象データを、自発移動の対象となるデータ（以下、「自発移動対象データ」と称する。）であるとする。

また、自発移動処理部 1 3 0 は、自発移動対象データについて、移動先となる最適ノ-

50

ドを選択した結果を自発移動先選択装置 2 2 から受け取り、そのデータ管理装置 1 に移動（自発移動）させる。

以下、自発移動処理部 1 3 0 の機能と、自発移動に関する各装置が備える機能の詳細を、図 4 等を参照して説明する。

【 0 0 3 5 】

図 4 は、本実施形態に係る自発移動処理部 1 3 0 の機能と、自発移動に関する各装置が備える機能の詳細を説明するための図である。

図 4 に示すように、自発移動処理部 1 3 0 は、有用性評価部 1 3 1、アクセス偏在性算出部 1 3 2、自発移動実行部 1 3 3 およびアーカイブ実行部 1 3 4 を含んで構成される。

【 0 0 3 6 】

有用性評価部 1 3 1 は、各データ（対象データ）について、現時点までのアクセス数に基づく今後の（現時点から将来における）アクセス数の予測値が大きいものほど高い値となる評価値として、有用性評価値を算出する。

具体的には、有用性評価部 1 3 1 は、例えば、十分に時間が経過するとアクセスが無くなるという前提のもと、時間軸に対する累積アクセス数のある値に収束する関数で近似し、その収束値と時刻 t における累積アクセス数の差を有用性評価値とする。

有用性評価部 1 3 1 は、各データ（対象データ）について有用性評価値を算出すると、その情報を、自発移動条件判定装置 2 1 に送信する。

【 0 0 3 7 】

アクセス偏在性算出部 1 3 2 は、あるデータを保持するノードに隣接する各ノードからの、当該データに対するアクセス数の偏りを示すものとしてアクセス偏在性を算出する。以下、具体的に説明する。

図 5 は、本実施形態におけるアクセス偏在性を説明するための図である。

ここでは、ストレージネットワークのトポロジが、ノード $N_1, N_2, N_3, \dots, N_7$ の線形接続であるものとして説明する。前提として、各ノード（データ管理装置 1）は、近接したノードやリンクの状態情報を収集する。また、図 5 に示すノード N_4 が保持するデータ D_x が、時刻 t までに計 M 回アクセスされたものとする。その内訳は、ノード N_i が収容するユーザ端末から A^i_t 回（ $\sum_{i=1}^7 A^i_t = M$ ）である。ここで、「 A^i_t 」回は、時刻 t におけるノード i でのアクセス数である。ただし、ノード N_4 では 2 ホップより先は状態情報等を取得できないものとし、データ D_x に対して、ノード N_2 より先からは（ $A^1_t + A^2_t$ ）回、ノード N_6 より先からは（ $A^6_t + A^7_t$ ）回、アクセスがあったとする情報をノード N_4 が取得する。

【 0 0 3 8 】

図 5 に示す例において、例えば、

$$\max \left(\sum_{i=1}^3 A^i_t, A^4_t, \sum_{i=5}^7 A^i_t \right) = \sum_{i=1}^3 A^i_t$$

のとき、データ D_x はノード N_3 の方向から、より多くのアクセスがある。このため、アクセス偏在性算出部 1 3 2 は、

$$\sum_{i=1}^3 A^i_t / M$$

を、アクセス偏在性とする。

アクセス偏在性算出部 1 3 2 は、各データ（対象データ）についてアクセス偏在性を算出すると、その情報を、自発移動条件判定装置 2 1 に送信する。

【 0 0 3 9 】

図 4 に戻り、自発移動条件判定装置 2 1 は、有用性評価部 1 3 1 が算出した有用性評価値と、アクセス偏在性算出部 1 3 2 が算出したアクセス偏在性とに基づき、所定の自発移動条件を満たす場合に、そのデータを、自発移動の対象となるデータ（自発移動対象データ）であると判定する。

【 0 0 4 0 】

この所定の自発移動条件は、例えば、有用性評価値およびアクセス偏在性の両方が十分に高いと評価される条件である。具体的には、有用性評価値が所定の閾値（所定の第 1 閾値）以上であり、かつ、アクセス偏在性が所定の確率（割合）（所定の第 2 閾値）以上で

10

20

30

40

50

ある、という条件を満たすことが自発移動条件となる。この所定の閾値および所定の確率（割合）は、予め設定される。

自発移動条件判定装置 2 1 は、そのデータを、自発移動対象データであると判定した旨の情報を自発移動先選択装置 2 2 に送信する。

【 0 0 4 1 】

自発移動先選択装置 2 2 は、データにアクセスする際のユーザ端末の通信コストが削減される位置にある他ノードを、自発移動対象データを保持するノードからの移動先となるノードを示す最適ノード（自発移動先ノード）として選択する。

この最適ノード選択処理は、以下に示す所定手順で実行される。

なお、ここでは図 5 で示すように、ノード N_4 が保持するデータ D_x が、自発移動対象データであるものとして説明する。

10

【 0 0 4 2 】

（手順 1）候補ノード（ノード N_4 が状態情報を取得可能なノード）から、アクセス偏在性が高い方向以外にあるノードを除く。なお、ここでは、例として 2 ホップ先のノードまでを、その自発移動対象データを保持するノード（データ管理装置 1）が状態情報を取得可能なノード（候補ノード）として説明する。ここでは、ノード N_4 からみて候補ノードは、ノード N_2, N_3, N_4, N_5, N_6 となる。

よって、（手順 1）では、例えば、ノード N_4 からみて、アクセス偏在性の高い方向がノード N_3 側である場合、候補ノードからノード N_5, N_6 が除かれ、ノード N_2, N_3, N_4 に候補ノードが絞り込まれる。

20

これにより、ユーザ端末がデータにアクセスする際の通信コストが増加する位置にある候補ノードが除外される。つまり、通信コストが削減される位置にある候補ノードに絞り込まれる。

【 0 0 4 3 】

（手順 2）候補ノードまでのリンク使用状況に基づき、移動可能ノードを選択する。

例えば、各リンクに予め設定されている上限使用量に対して、時刻 t におけるリンク使用量とデータ D_x のサイズの和が小さい場合、当該リンクをデータ移動に用いることができると判断する。

具体的には、図 5 に示す、ノード N_4 が状態情報を取得可能なリンクのうち、リンク L_{23} のみが、上記の和の値が上限使用量を超えて条件を満たさない場合に、候補ノード（ノード N_2, N_3, N_4 ）のうち、リンク L_{23} を移動時の通信経路に含めないノード N_3, N_4 が移動可能ノードとして選択される。

30

【 0 0 4 4 】

（手順 3）移動可能ノードの保持するデータの有用性評価値の最小値に基づき、保持可能ノードを選択する。

例えば、データ D_x の有用性評価値が S_x であり、ノード N_3, N_4 の保持するデータの有用性評価値の最小値がそれぞれ S^3_{min}, S^4_{min} ($S^3_{min}, S^4_{min} < S_x$) である場合、移動可能ノードのうち、保持可能ノードとしてノード N_3, N_4 が選択される。

なお、データ D_x の有効性評価値 S_x がそのデータ D_x を保持するノード（ノード N_4 ）における最小値であり、移動可能ノードの保持するデータの中でも最小値の場合、つまり、 $S_x = S^4_{min} < S^3_{min}$ である場合には、自発移動先選択装置 2 2 は、その旨の情報を、アーカイブ指示装置 2 3 に送信する。そして、アーカイブ指示装置 2 3 が、そのデータ D_x を保持するノード（ノード N_4 ）において、当該データ D_x をアーカイブさせる指示情報を、自発移動処理部 1 3 0（アーカイブ実行部 1 3 4）に送信する。アーカイブ実行部 1 3 4 は、ホットストレージからコールドストレージへ移動するアーカイブを、そのデータ D_x について実行する。

40

【 0 0 4 5 】

（手順 4）データ D_x を保持可能ノードまで移動し保持した際の「移動のための転送エネルギー（通信コスト）」と、ユーザ端末による「データ取得の転送エネルギー（通信コスト）」との和が最小となる最適ノードを選択する。

50

例えば、簡易的なモデルとして、転送エネルギーの大きさは、データサイズと通信ホップ数に比例する値として計算する。具体的には、図5に示す例において、データ D_x を保持可能ノードであるノード N_3 に移動する場合、移動のための転送エネルギーは、移動通信ホップ数が「1」であり、データ D_x のサイズを DS_x としたとき、 $C \times DS_x \times 1$ (C は比例定数)となる。

【0046】

ユーザ端末によるデータ取得の転送エネルギーは、データ D_x を移動しない(データ D_x をノード N_4 で保持する)場合との差分を計算する。

[ノード N_2 より先]

ノード N_2 から先のノードが収容するユーザ端末からは、今後、 $S_x \times (A^1_t + A^2_t) / M$ (回)のアクセスが予想され、ノード N_3 にデータ D_x を移動することで、1ホップ近づくため、 $C \times DS_x \times 1 \times (A^1_t + A^2_t) / M$ の削減効果がある。

10

[ノード N_3]

ノード N_3 が収容するユーザ端末からは、今後、 $S_x \times A^3_t / M$ (回)のアクセスが予想され、ノード N_3 にデータ D_x を移動することで、1ホップ近づくため、 $C \times DS_x \times 1 \times A^3_t / M$ の削減効果がある。

[ノード N_4]

ノード N_4 が収容するユーザ端末からは、今後、 $S_x \times A^4_t / M$ (回)のアクセスが予想され、ノード N_3 にデータ D_x を移動することで、1ホップ遠ざかるため、 $C \times DS_x \times 1 \times A^4_t / M$ の増加効果がある。

20

[ノード N_5]

ノード N_5 が収容するユーザ端末からは、今後、 $S_x \times A^5_t / M$ (回)のアクセスが予想され、ノード N_3 にデータ D_x を移動することで、1ホップ遠ざかるため、 $C \times DS_x \times 1 \times A^5_t / M$ の増加効果がある。

[ノード N_6 より先]

ノード N_6 から先のノードが収容するユーザ端末からは、今後、 $S_x \times (A^6_t + A^7_t) / M$ (回)のアクセスが予想され、ノード N_3 にデータ D_x を移動することで、1ホップ遠ざかるため、 $C \times DS_x \times 1 \times (A^6_t + A^7_t) / M$ の増加効果がある。

【0047】

なお、自発移動先選択装置22は、(手順3)において、保持可能ノードとしてノード N_3 、 N_4 が選択されている場合には、(手順4)においては、ノード N_3 、 N_4 が対象となる。

30

そして、自発移動先選択装置22は、(手順4)において、移動のための転送エネルギーと、ユーザ端末によるデータ取得の転送エネルギーとの和を、各保持可能ノード(ここでは、ノード N_3 、 N_4)について求め、和が最小となるノードを最適ノード(自発移動先ノード)として選択する。

また、自発移動先選択装置22は、上記した(手順1)~(手順4)のすべてを実行する場合だけでなく、これらの手順のうちのいずれか1つまたは組み合わせを実行するようにしてもよい。

自発移動先選択装置22は、選択した最適ノード(自発移動先ノード:例えば、ノード N_3)の情報を、自発移動処理部130(自発移動実行部133)に送信する。

40

【0048】

図4に戻り、自発移動実行部133は、自発移動条件判定装置21が自発移動対象データであると判定したデータ(ここでは、データ D_x)を、自発移動先選択装置22が選択した最適ノード(自発移動先ノード:例えば、ノード N_3)に移動(自発移動)させる処理を実行する。

【0049】

なお、アーカイブ指示装置23は、自ノードのホットストレージに記憶されたデータのうち有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させる指示情報を、データ管理装置1に送信する。

50

そして、アーカイブ実行部 134 は、上記したように、処理対象であるデータの有効性評価値が、上記した移動可能ノードが保持するすべてのデータの中で最小値であると自発移動先選択装置 22 が判定した場合に、アーカイブ指示装置 23 からの指示情報を受け取って、ホットストレージ（有限容量蓄積部 100）からコールドストレージ（無限容量蓄積部 105）へ移動するアーカイブを、そのデータについて実行する。

【0050】

図 3 に戻り、データ蓄積部 140 は、データを生成（収集）するデバイス（Publisher）P や他のデータ管理装置 1 等からネットワークを介して、データ（例えば、ライブデータ）を受信する。そして、データ蓄積部 140 は、データを受信すると、そのデータの容量を確認する。そして、データ蓄積部 140 は、自身の有限容量蓄積部 100（ホットストレージ）の空き容量があり格納可能であれば、そのデータを有限容量蓄積部 100 に記憶する。

10

一方、データ蓄積部 140 は、自身の有限容量蓄積部 100（ホットストレージ）に空き容量がない場合には、状態情報を取得可能な隣接するいずれかのデータ管理装置 1 の有限容量蓄積部 100（ホットストレージ）に、当該データを格納できる空き容量があるか否かを、例えば、状態監視部 110 が取得した情報に基づき判定し、空き容量があれば、そのデータ管理装置 1 に当該データを転送する。

そして、データ蓄積部 140 は、状態情報が取得可能な全てのデータ管理装置 1 の有限容量蓄積部 100（ホットストレージ）に空き容量がなければ、その旨の情報（受信したデータの情報）を強制移動対象データ選択装置 31 に送信する。

20

【0051】

なお、データ蓄積部 140 は、他のデータ管理システム 1000 の上記した自発移動先選択装置 22 により、自身のデータ管理装置 1 が、最適ノード（自発移動先ノード）として選択され、自発移動処理部 130 による自発移動の結果、データを受信することもある。この場合、その自発移動されてきたデータについてのデータ蓄積部 140 の処理は、データ管理装置 1 それぞれにおいて状態情報が取得可能な隣接するデータ管理装置 1 が異なるため、上記のデータ蓄積部 140 による処理が自発移動後のデータ管理装置 1 において同様に行われる。

【0052】

強制移動処理部 150 は、データ（例えば、ライブデータ）を受信し記憶部 12 に記憶しようとする際において、状態情報が取得可能な（自身を含む）全てのデータ管理装置 1 の有限容量蓄積部 100（ホットストレージ）に空き容量がない場合に、強制移動するかアーカイブするかを決定する。強制移動処理部 150 は、この決定について、強制移動対象データを、自身の無限容量蓄積部 105（コールドストレージ）にアーカイブした際の所定の損失（後記する「アーカイブ評価値」と）と、強制移動対象データを、強制移動先ノードに強制移動させた際の損失（後記する「強制移動評価値」と）とを比較して行う。

30

なお、強制移動対象データは、強制移動対象データ選択装置 31 が、自身のデータ管理装置 1 の有限容量蓄積部 100（ホットストレージ）に記憶されたデータのうちの有用性評価値が最小のデータを強制移動対象データとして選択したデータである。また、強制移動先ノードは、強制移動先選択装置 32 が、有用性評価値が最小のデータを持つノード（データ管理装置 1）を強制移動先ノードとして選択したノードである。

40

以下、強制移動処理部 150 の機能と、強制移動に関する装置群の詳細を、図 6 等を参照して説明する。

【0053】

図 6 は、本実施形態に係る強制移動処理部 150 の機能と、強制移動に関する装置群の詳細を説明するための図である。

図 6 に示すように、強制移動処理部 150 は、アーカイブ評価部 151、強制移動評価部 152、処理決定部 153、アーカイブ実行部 154 および強制移動実行部 155 を含んで構成される。

【0054】

50

ここで、時刻 t において、状態情報が取得可能な全てのデータ管理装置 1 の有限容量蓄積部 100 (ホットストレージ) に空き容量がないものとする。また、ノード N_i の有用性評価値の最小のデータをデータ D_{min}^i とする。そして、後記する図 7 に示すように、ノード N_4 が新規データ D_{new} を受信したものとして説明する。

【0055】

まず、強制移動対象データ選択装置 31 は、データ蓄積部 140 から、新規データ D_{new} を受信した旨の情報を取得すると、自身のデータ管理装置 1 の有限容量蓄積部 100 (ホットストレージ) に記憶するデータの中で、有用性評価値が最小のデータ (ここでは、データ D_{min}^4) を、強制移動対象データとして選択する。

有用性評価値が最小のデータ (ここでは、データ D_{min}^4) を、強制移動対象データとして選択するのは、有用性評価値が低いほど、今後のアクセス数が少なく、そのノード (データ管理装置 1) から移動させても影響が少ないからである。

なお、強制移動対象データ選択装置 31 は、自身のデータ管理装置 1 の有限容量蓄積部 100 (ホットストレージ) に記憶する各データについて、上記した自発移動処理部 130 内の有用性評価部 131 (図 4) と同様に、今後 (現時点から将来における) アクセス数の予測値が大きいものほど高い値となる評価値として有用性評価値を算出する。

強制移動対象データ選択装置 31 は、強制移動対象データを選択すると、その強制移動対象データの情報を、強制移動処理部 150 (アーカイブ評価部 151) と強制移動先選択装置 32 とに送信する。

【0056】

アーカイブ評価部 151 は、強制移動対象データ (ここでは、データ D_{min}^4) を他のノードに移動させずに、自身の無限容量蓄積部 105 (コールドストレージ) にアーカイブさせた場合のアーカイブ評価値を算出する。

このアーカイブ評価値は、アーカイブ後のリアルタイムにデータ取得ができない経済的損失の総量 (所定の損失) を示す。ここで、アーカイブされたデータに対するアクセスがあったとき、リアルタイムにデータを取得できない補償として経済的損失 CP が発生するものとする。

例えば、アーカイブ評価部 151 は、強制移動対象データ (データ D_{min}^4) をアーカイブする際の有用性評価値が S_{min}^4 であるとき、アーカイブ評価値を $S_{min}^4 \times CP$ とする (図 7 の符号 a)。

【0057】

強制移動先選択装置 32 は、強制移動対象データについての移動可能ノードのうち、有用性評価値が最小のデータを保持するノードを、強制移動先ノードとして選択する。

なお移動可能ノードは、自発移動先選択装置 22 での説明と同様であり、そのノードが状態情報を取得可能なノード (候補ノード) のうち、当該候補ノードまでのリンク使用量と強制移動対象データ (データ D_{min}^4) のサイズに基づき、各リンクの上限使用量で当該データが移動不可となるリンクを使用するノードを除いたノードである。

ここで、ノード N_4 の強制移動対象データ (データ D_{min}^4) についての移動可能ノードがノード N_3, N_4, N_5, N_6 であるとし、有用性評価値が最小のデータ ($\min(S_{min}^i | 3 \leq i \leq 6) = S_{min}^5$) を保持するノード N_5 が、強制移動先ノードとして選択される。

強制移動先選択装置 32 は、強制移動先ノードを選択すると、その強制移動先ノードの情報を、強制移動処理部 150 (強制移動評価部 152) に送信する。

【0058】

強制移動評価部 152 は、「強制移動によるデータ転送エネルギー (通信コスト)」と、「強制移動先ノードでアーカイブされたデータのアーカイブ評価値」との和を、強制移動評価値として算出する。

具体的には、強制移動対象データ (データ D_{min}^4) のデータ移動で生じる転送エネルギーを $TC (= C \times D \times S_{min}^4 \times 1)$ とする (図 7 の符号 b)。なお、 C は比例定数である。

また、ノード N_5 が強制移動対象データ (データ D_{min}^4) を受信時に容量溢れが生じ、

10

20

30

40

50

データ D^5_{min} がアーカイブされるとし、そのアーカイブ評価値が $S^5_{min} \times CP$ となる（図 7 の符号 c）。

これにより、強制移動評価部 152 は、 $TC + S^5_{min} \times CP$ を、強制移動評価値として算出する。

【0059】

図 6 に戻り、処理決定部 153 は、新規データ D_{new} を受信したノードのアーカイブ評価値と、強制移動評価値とを比較し、小さい方を処理の実行対象として選択する。

例えば、処理決定部 153 は、 $S^4_{min} \times CP < TC + S^5_{min} \times CP$ であれば、データ D^4_{min} を、自身の無限容量蓄積部 105（コールドストレージ）にアーカイブすると決定する。

10

一方、処理決定部 153 は、 $S^4_{min} \times CP > TC + S^5_{min} \times CP$ であれば、データ D^4_{min} を、強制移動先ノード（ノード N_5 ）に強制移動すると決定する。

【0060】

アーカイブ実行部 154 は、処理決定部 153 が、アーカイブを実行すると決定した場合に、新規データ D_{new} を受信したノード（ノード N_4 ）の有用性評価値が最小のデータ（データ D^4_{min} ）を、有限容量蓄積部 100（ホットストレージ）から無限容量蓄積部 105（コールドストレージ）に移動するアーカイブを実行する。

【0061】

強制移動実行部 155 は、処理決定部 153 が、強制移動すると決定した場合に、新規データ D_{new} を受信したノード（ノード N_4 ）の有用性評価値が最小のデータである強制移動対象データ（データ D^4_{min} ）を、強制移動先ノード（ノード N_5 ）に移動（強制移動）する。

20

【0062】

図 3 に戻り、生成間隔調整装置 40 は、リアルタイム要求度が高いデバイス（Publisher）については、そのデバイスの最新データの A o I を小さく保つために、データ生成間隔を短くするように調整する。また、生成間隔調整装置 40 は、リアルタイム要求度が低いデバイスについては、ネットワーク負荷を小さくするため、そのデバイスのデータ生成間隔を長くするように調整する。

【0063】

ここで、データ管理装置 1 の状態監視部 110 は、各データに関し、データ生成後の所定時間内におけるそのデータへのアクセス数の情報を取得し記憶部 12 に記憶している。そして、生成間隔調整装置 40 は、記憶部 12 に記憶されたこのアクセス数の情報を参照し、各データに関し、所定時間内のアクセス数に比例する値をリアルタイム要求度として算出する。

30

生成間隔調整装置 40 は、リアルタイム要求度に応じて、データを生成するデバイスについて、データ生成間隔を長短（調整）する指示情報を生成する。そして、生成間隔調整装置 40 は、そのデータを生成するデバイスに対して、生成した指示情報を送信することにより、データ生成間隔をデバイス単位で調整する。

【0064】

この生成間隔調整装置 40 による、データ生成間隔の調整処理は、例えば、データ管理装置 1 が、有限容量蓄積部 100（ホットストレージ）または無限容量蓄積部 105（コールドストレージ）に記憶された、あるデータに対するユーザ端末からの取得要求を受信した際に行うようにしてもよい。また、生成間隔調整装置 40 は、有限容量蓄積部 100（ホットストレージ）および無限容量蓄積部 105（コールドストレージ）に記憶された各データを生成するデバイスについて、所定の時間間隔で、データ生成間隔の調整を行うようにしてもよい。

40

【0065】

< 本実施形態の構成についての变形例 >

以上説明した本実施形態に係るデータ管理システム 1000 では、図 3 に示すように、データ管理装置 1 が、制御部 10 内に自発移動処理部 130 と強制移動処理部 150 との

50

両方を備えるとともに、自発移動に関する装置群（自発移動条件判定装置 2 1、自発移動先選択装置 2 2、アーカイブ指示装置 2 3）および強制移動に関する装置群（強制移動対象データ選択装置 3 1、強制移動先選択装置 3 2）を備えるものとして説明した。

しかしながら、本発明の実施形態は図 3 に示すデータ管理システム 1 0 0 0 に限定されない。例えば、図 8 のデータ管理システム 1 0 0 0 A で示すように、図 3 で示した強制移動に関連する機能（強制移動処理部 1 5 0 および強制移動に関する装置群）を備えない構成にしてもよい。データ管理システム 1 0 0 0 A のデータ管理装置 1 A は、有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）、無限容量蓄積部 1 0 5（コールドストレージ）、自発移動処理部 1 3 0、自発移動に関する装置群等を備えることにより、自身の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）の記憶容量が不足する場合であっても、データ削除せずに記憶しておくことができる。さらに、自発移動処理部 1 3 0 が、有用性評価値およびアクセス偏在性に基づく所定の自発移動条件を満たすデータ（自発移動対象データ）を、最適ノードに移動しておくことができる。よって、ユーザ端末からアクセスされる可能性の高い有用なデータを、より転送エネルギーの少ない最適なノード（データ管理装置 1 A）の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）に記憶させておくことができる。

10

【 0 0 6 6 】

また、図 9 のデータ管理システム 1 0 0 0 B で示すように、図 3 で示した自発移動に関連する機能（自発移動処理部 1 3 0 および自発移動に関する装置群）を備えない構成にしてもよい。データ管理システム 1 0 0 0 B のデータ管理装置 1 B は、有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）、無限容量蓄積部 1 0 5（コールドストレージ）、強制移動処理部 1 5 0、強制移動に関する装置群等を備えることにより、新たなデータを記憶しようとする際に、自身の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）の記憶容量が不足する場合であっても、データ削除せずに記憶しておくことができる。さらに、強制移動処理部 1 5 0 が、各データ管理装置 1 B の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）に空き容量がない場合であっても、データ管理装置 1 B の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）に記憶されたデータのうち、有用性評価値が最小のデータ（強制移動対象データ）を、他のデータ管理装置 1 B に強制移動させ、新たなデータを自身の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）に記憶することができる。

20

【 0 0 6 7 】

また、本実施形態に係るデータ管理システム 1 0 0 0（図 3）、1 0 0 0 A（図 8）、1 0 0 0 B（図 9）において、生成間隔調整装置 4 0 を備えない構成にすることもできる。

30

【 0 0 6 8 】

< データ管理装置の処理 >

次にデータ管理システム 1 0 0 0（図 3 参照）が実行する処理について説明する。ここでは、自発移動、強制移動、生成間隔調整に関する各処理内容について具体的に説明する。

なお、図 8 で示すデータ管理システム 1 0 0 0 A、および、図 9 で示すデータ管理システム 1 0 0 0 B においても同様の処理を行う。

【 0 0 6 9 】

自発移動によるデータ配置制御

まず、データ管理システム 1 0 0 0 の自発移動によるデータ配置制御について説明する。

40

なお、ここでは、データ管理装置 1 の状態監視部 1 1 0（図 3）が、状態情報を取得可能な隣接する他のデータ管理装置 1 から、データ毎のアクセス元およびその処理回数（アクセス数）の情報や、各リンク使用量等の状態情報を予め取得しているものとする。

また、自発移動処理部 1 3 0（および自発移動に関する装置群）は、例えば、取得要求処理部 1 2 0 が、データの取得要求（リクエスト）を受信し、記憶部 1 2 内の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）に記憶されているデータを送信したことを契機として、そのデータについて、以下に示す自発移動によるデータ配置制御を実行してもよい。また、自発移動処理部 1 3 0 は、記憶部 1 2 内の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）に記憶されている各データについて、所定の時間間隔で、以下に示す自発移動によるデータ配置処理を実行してもよい。その際、自発移動処理部 1 3 0 は、例えばアクセス数の多

50

いデータから順に、自発移動によるデータ配置処理を実行するようにしてもよい。

【 0 0 7 0 】

図 1 0 は、本実施形態に係るデータ管理システム 1 0 0 0 の自発移動によるデータ配置制御の流れを示すフローチャートである。

まず、データ管理装置 1 (自発移動処理部 1 3 0) の有用性評価部 1 3 1 (図 4 参照) は、対象となるデータ (対象データ) の今後のアクセス数の予測に基づく有用性評価値を算出する (ステップ S 1 0) 。

そして、有用性評価部 1 3 1 は、算出した有用性評価値を、自発移動条件判定装置 2 1 に送信する。

【 0 0 7 1 】

次に、自発移動処理部 1 3 0 のアクセス偏在性算出部 1 3 2 は、アクセス元の隣接ノードに関する偏りを示すアクセス偏在性を算出する (ステップ S 1 1) 。

アクセス偏在性算出部 1 3 2 は、算出したアクセス偏在性の情報を、自発移動条件判定装置 2 1 に送信する。

【 0 0 7 2 】

続いて、自発移動条件判定装置 2 1 は、その対象データが、有用性評価値およびアクセス偏在性に関する所定の自発移動条件を満たすか否かを判定する (ステップ S 1 2) 。

所定の自発移動条件は、例えば、有用性評価値が所定の閾値 (所定の第 1 閾値) 以上であり、かつ、アクセス偏在性が所定の確率 (所定の第 2 閾値) 以上であること、という条件である。

ここで、所定の自発移動条件を満たさなかった場合は (ステップ S 1 2 No)、処理を終了する。一方、所定の自発移動条件を満たす場合には (ステップ S 1 2 Yes)、自発移動条件判定装置 2 1 が、そのデータを、自発移動の対象となるデータ (自発移動対象データ) であるとし、自発移動先選択装置 2 2 にその情報を送信し、次のステップ S 1 3 に進む。

【 0 0 7 3 】

ステップ S 1 3 において、自発移動先選択装置 2 2 は、自発移動対象データの移動先となる最適ノード (自発移動先ノード) を選択する。この最適ノード選択処理の詳細は、後記する (図 1 1 参照) 。そして、自発移動先選択装置 2 2 は、選択した最適ノード (自発移動先ノード) の情報を、自発移動処理部 1 3 0 (自発移動実行部 1 3 3) に送信する。

【 0 0 7 4 】

次に、自発移動実行部 1 3 5 は、自発移動対象データを、ステップ S 1 3 において選択した最適ノード (自発移動先ノード) となるデータ管理装置 1 に移動 (自発移動) させる処理を実行する (ステップ S 1 4) 。

【 0 0 7 5 】

このようにすることで、データ管理システム 1 0 0 0 のデータ管理装置 1 (自発移動処理部 1 3 0) は、有用性評価値およびアクセス偏在性に基づく所定の自発移動条件を満たすデータ (自発移動対象データ) を、最適ノードに移動しておくことができる。よって、ユーザ端末からアクセスされる可能性の高い有用なデータを、より転送エネルギーの少ない最適なノード (データ管理装置 1) の有限容量蓄積部 1 0 0 (ホットストレージ) に記憶しておくことができる。

【 0 0 7 6 】

〔最適ノード選択処理〕

図 1 1 は、本実施形態に係るデータ管理システム 1 0 0 0 の最適ノード選択処理の流れを示すフローチャートである。

この最適ノード選択処理は、図 1 0 で示す自発移動によるデータ配置制御におけるステップ S 1 3 において、自発移動先選択装置 2 2 が実行する処理である。

【 0 0 7 7 】

まず、自発移動先選択装置 2 2 (図 3) は、自発移動対象データを記憶するノード (自身と接続されるデータ管理装置 1) における、状態情報を取得可能なノード (候補ノード

10

20

30

40

50

)を特定する。そして、自発移動先選択装置22は、アクセス偏在性が高い方向以外にあるノードを除く(ステップS131:手順1)。

【0078】

次に、自発移動先選択装置22は、候補ノードまでのリンク使用状況に基づき、移動可能ノードを選択する(ステップS132:手順2)。

【0079】

続いて、自発移動先選択装置22は、移動可能ノードそれぞれが保持するデータの有用性評価値の最小値を、データ管理装置1の記憶部12を参照して確認する。そして、自発移動先選択装置22は、その確認した有用性評価値が、自発移動対象データの有用性評価値よりも小さい場合に、その確認した有用性評価値のデータを保持する移動可能ノードを、保持可能ノードとして選択する(ステップS133:手順3)。

10

【0080】

そして、自発移動先選択装置22は、自発移動対象データを、保持可能ノードまで移動し保持させた際の「移動のための転送エネルギー(通信コスト)」と、ユーザ端末による「データ取得の転送エネルギー(通信コスト)」との和が最小となるノードを、保持可能ノードの中から最適ノードとして選択する(ステップS134:手順4)。

このようにして、自発移動先選択装置22は、自発移動対象データに関する最適ノードを選択することができる。

【0081】

強制移動によるデータ配置制御

20

次に、データ管理システム1000の強制移動によるデータ配置制御について説明する。

なお、ここでは、データ管理装置1の状態監視部110(図3)が、状態情報を取得可能な隣接する他のデータ管理装置1から、各データ管理装置1間のリンクの使用状況(リンク使用量)、各データ管理装置1の有限容量蓄積部100(ホットストレージ)の空き容量や有用性評価値が最小のデータ等の情報(状態情報)を取得しているものとする。

また、状態情報を取得可能な全てのデータ管理装置1の有限容量蓄積部(ホットストレージ)に空き容量がないものとする。

この強制移動処理部150および強制移動に関する装置群は、データ蓄積部140が新たなデータを受信したことを契機として処理を開始する。

【0082】

30

図12は、本実施形態に係るデータ管理システム1000の強制移動によるデータ配置制御の流れを示すフローチャートである。

まず、データ管理装置1のデータ蓄積部140は、新たなデータを受信すると、そのデータの容量を確認する。そして、データ蓄積部140は、自身の有限容量蓄積部100(ホットストレージ)に、新たなデータを格納できるだけの空き容量があるか否かを判定する(ステップS20)。

そして、データ蓄積部140は、空き容量があれば(ステップS20 Yes)、その新たなデータを、有限容量蓄積部100(ホットストレージ)に記憶する(ステップS21)。一方、空き容量がなければ(ステップS20 No)、データ蓄積部140は、その新たなデータの情報を、強制移動対象データ選択装置31に送信し、次のステップS22に進む。

40

【0083】

ステップS22において、強制移動対象データ選択装置31は、自身と接続されるデータ管理装置1の有限容量蓄積部100(ホットストレージ)に記憶する各データについて、有用性評価値を算出し、有用性評価値が最小のデータを、強制移動対象データとして選択する。

強制移動対象データ選択装置31は、強制移動対象データを選択すると、その強制移動対象データの情報を、強制移動処理部150(アーカイブ評価部151)と強制移動先選択装置32とに送信する。

【0084】

50

次に、アーカイブ評価部 151 は、強制移動対象データを、自身の無限容量蓄積部 105 (コールドストレージ) にアーカイブさせた場合のアーカイブ評価値を算出する (ステップ S23)。

【0085】

続いて、強制移動先選択装置 32 は、強制移動対象データについての移動可能ノードのうち、有用性評価値が最小のデータを保持するノードを、強制移動先ノードとして選択する (ステップ S24)。

強制移動先選択装置 32 は、選択した強制移動先ノードの情報を、強制移動処理部 150 (強制移動評価部 152) に送信する。

【0086】

そして、強制移動評価部 152 は、強制移動対象データを強制移動先ノードに移動した場合の「強制移動によるデータ転送エネルギー (通信コスト)」と、強制移動先ノードに記憶される有用性評価値が最小のデータがアーカイブされた場合のアーカイブ評価値 (「強制移動先ノードでアーカイブされたデータのアーカイブ評価値」と) の和を、強制移動評価値として算出する (ステップ S25)。

【0087】

次に、処理決定部 153 は、ステップ S23 で算出した、新たなデータを受信したノードのアーカイブ評価値と、ステップ S25 で算出した強制移動評価値とを比較し、小さい方を処理の実行対象として決定する (ステップ S26)。

ここで、処理決定部 153 は、新たなデータを受信したノードのアーカイブ評価値の方が、強制移動評価値より小さければ、アーカイブ処理を実行すると決定する。一方、処理決定部 153 は、強制移動評価値の方が、新たなデータを受信したノードのアーカイブ評価値より小さければ、強制移動を実行すると決定する。

なお、処理決定部 153 は、新たなデータを受信したノードのアーカイブ評価値と、強制移動評価値とが同じであれば、予め決めておいた方の処理を実行してもよいし、ランダムにどちらかの処理を決定してもよい。

【0088】

次に、ステップ S26 において処理決定部 153 がアーカイブ処理を実行すると決定した場合には、アーカイブ実行部 154 が、新たなデータを受信したノードの有用性評価値が最小のデータ (強制移動対象データ) を、有限容量蓄積部 100 (ホットストレージ) から無限容量蓄積部 105 (コールドストレージ) に移動するアーカイブを実行する (ステップ S27)。そして、ステップ S20 に戻る。

【0089】

一方、ステップ S26 において処理決定部 153 が強制移動を実行すると決定した場合には、強制移動実行部 155 が、新たなデータを受信したノードの有用性評価値が最小のデータ (強制移動対象データ) を、強制移動先ノードに移動 (強制移動) する (ステップ S28)。そして、ステップ S20 に戻る。

【0090】

このようにすることで、データ管理システム 1000 のデータ管理装置 1 (強制移動処理部 150) は、各データ管理装置 1 の有限容量蓄積部 100 (ホットストレージ) に空き容量がない場合であっても、各データ管理装置 1 の有限容量蓄積部 100 (ホットストレージ) に記憶されたデータのうち、有用性評価値が最小のデータ (強制移動対象データ) を、他のデータ管理装置 1 に強制移動させ、新たなデータを自身の有限容量蓄積部 100 (ホットストレージ) に記憶することができる。

【0091】

リアルタイム要求に応じたデータ生成間隔調整

次に、データ管理システム 1000 の生成間隔調整装置 40 (図 3) によるリアルタイム要求に応じたデータ生成間隔調整について説明する。

なお、ここで、記憶部 12 には、各データに対するアクセス数の情報が、状態監視部 110 を介して記憶されているものとする。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 2 】

図 1 3 は、本実施形態に係るデータ管理システム 1 0 0 0 のデータ生成間隔調整の流れを示すフローチャートである。

まず、データ管理装置 1 の取得要求処理部 1 2 0 が、自身のデータ管理装置 1 が収容するユーザ端末（図示省略）や他のデータ管理装置 1 から、データの取得要求（リクエスト）を受信し、記憶部 1 2 内の有限容量蓄積部 1 0 0（ホットストレージ）または無限容量蓄積部 1 0 5（コールドストレージ）に記憶されているデータを、応答情報として返信する（ステップ S 3 0）。

【 0 0 9 3 】

次に、生成間隔調整装置 4 0 は、取得要求を受けたデータについて、所定時間内のアクセス数に比例する値をリアルタイム要求度として算出する（ステップ S 3 1）。

なお、生成間隔調整装置 4 0 は、データ管理装置 1 の取得要求処理部 1 2 0 を監視し、取得要求を受けたデータの情報を得てもよいし、取得要求処理部 1 2 0 がデータを返信した旨の情報を生成間隔調整装置 4 0 に送信するように設定しておくことにより、そのデータに関する情報を取得してもよい。

続いて、生成間隔調整装置 4 0 は、リアルタイム要求度が高いほど、データ生成間隔を短く調整する指示情報を生成し、そのデータを生成したデバイス（Publisher）に送信する（ステップ S 3 2）。

【 0 0 9 4 】

このようにすることで、データ管理システム 1 0 0 0 の生成間隔調整装置 4 0 は、リアルタイム要求度が高いデバイスの最新データは、A o I をより小さく、つまり、データ生成間隔を短くするように調整できる。一方、生成間隔調整装置 4 0 は、リアルタイム要求度の低いデバイスの最新データは、A o I をより大きく、つまり、データ生成間隔を長くするように調整できる。よって、そのデータに関する移動のためのネットワーク負荷を低減することが可能となる。

【 0 0 9 5 】

< ハードウェア構成 >

本実施形態に係るデータ管理装置 1（1 A，1 B）や各装置（自発移動条件判定装置 2 1、自発移動先選択装置 2 2、アーカイブ指示装置 2 3、強制移動対象データ選択装置 3 1、強制移動先選択装置 3 2、生成間隔調整装置 4 0）は、例えば図 1 4 に示すような構成のコンピュータ 9 0 0 によって実現される。

図 1 4 は、本実施形態に係るデータ管理装置 1（1 A，1 B）および各装置の機能を実現するコンピュータ 9 0 0 の一例を示すハードウェア構成図である。コンピュータ 9 0 0 は、CPU（Central Processing Unit）9 0 1、ROM（Read Only Memory）9 0 2、RAM 9 0 3、HDD（Hard Disk Drive）9 0 4、入出力 I / F（Interface）9 0 5、通信 I / F 9 0 6 およびメディア I / F 9 0 7 を有する。

【 0 0 9 6 】

CPU 9 0 1 は、ROM 9 0 2 または HDD 9 0 4 に記憶されたプログラムに基づき動作し、制御部 1 0（図 3，図 8，図 9 等）による制御を行う。ROM 9 0 2 は、コンピュータ 9 0 0 の起動時に CPU 9 0 1 により実行されるブートプログラムや、コンピュータ 9 0 0 のハードウェアに係るプログラム等を記憶する。

【 0 0 9 7 】

CPU 9 0 1 は、入出力 I / F 9 0 5 を介して、マウスやキーボード等の入力装置 9 1 0、および、ディスプレイやプリンタ等の出力装置 9 1 1 を制御する。CPU 9 0 1 は、入出力 I / F 9 0 5 を介して、入力装置 9 1 0 からデータを取得するとともに、生成したデータを出力装置 9 1 1 へ出力する。なお、プロセッサとして CPU 9 0 1 とともに、GPU（Graphics Processing Unit）等を用いても良い。

【 0 0 9 8 】

HDD 9 0 4 は、CPU 9 0 1 により実行されるプログラムおよび当該プログラムによって使用されるデータ等を記憶する。通信 I / F 9 0 6 は、通信網（例えば、NW（Netw

10

20

30

40

50

ork) 920) を介して他の装置からデータを受信してCPU 901へ出力し、また、CPU 901が生成したデータを、通信網を介して他の装置へ送信する。

【0099】

メディアI/F 907(データ読み取り/書き込みモジュール)は、記録媒体912に格納されたプログラムまたはデータを読み取り、RAM 903を介してCPU 901へ出力する。CPU 901は、目的の処理に係るプログラムを、メディアI/F 907を介して記録媒体912からRAM 903上にロードし、ロードしたプログラムを実行する。記録媒体912は、DVD(Digital Versatile Disc)、PD(Phase change rewritable Disk)等の光学記録媒体、MO(Magneto Optical disk)等の光磁気記録媒体、磁気記録媒体、半導体メモリ等である。

10

【0100】

例えば、コンピュータ900が本発明のデータ管理装置1(1A, 1B)や上記各装置として機能する場合、コンピュータ900のCPU 901は、RAM 903上にロードされたプログラムを実行することにより、データ管理装置1(1A, 1B)や各装置の機能を実現する。また、HDD 904には、RAM 903内のデータが記憶される。CPU 901は、目的の処理に係るプログラムを記録媒体912から読み取って実行する。この他、CPU 901は、他の装置から通信網(NW 920)を介して目的の処理に係るプログラムを読み込んでよい。

【0101】

<効果>

20

以下、本発明に係るデータ管理システム1000(1000A)等の効果について説明する。

本発明に係るデータ管理システムは、ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、ノードであるデータ管理装置1(1A)を含むデータ管理システム1000(1000A)であって、データ管理システム1000は、データを記憶するためのホットストレージおよびコールドストレージを有するデータ管理装置1、並びに、当該データ管理装置1を自ノードとし接続される、自発移動条件判定装置21、自発移動先選択装置22およびアーカイブ指示装置23を備えており、自発移動条件判定装置21は、ホットストレージに記憶されたデータが、当該データへのアクセスに関する所定の自発移動条件を満たす場合に、当該データを自発移動対象データと判定し、自発移動先選択装置22は、データにアクセスする際のユーザ端末の通信コストが削減される位置にある、自ノード以外の他ノードを、自発移動対象データを保持するノードからの移動先となるノードを示す自発移動先ノードとして選択し、アーカイブ指示装置23は、自ノードのホットストレージに記憶されたデータのうち、将来のアクセス数の予測が大きいほど高い値を示す有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させる指示情報を、データ管理装置1に送信し、データ管理装置1は、自発移動対象データを自発移動先ノードに移動し、指示情報を受け取ると、自ノードのホットストレージに記憶された有用性評価値が最小のデータ、自ノードのコールドストレージに移動させることを特徴とする。

30

【0102】

40

このように、データ管理システム1000(1000A)は、データ管理装置1(1A)の記憶部12にホットストレージとともに、コールドストレージを備えることにより、ホットストレージに空き容量がない場合には、コールドストレージにデータを移動し記憶しておくことができる。

また、自発移動条件判定装置21は、アクセスに関する所定の自発移動条件を満たすデータを自発移動対象データとして選択する。自発移動先選択装置22は、ユーザ端末の通信コストが削減される位置にある自発移動先ノードを選択する。そして、データ管理装置1が、自発移動対象データを自発移動先ノードに移動させることができる。

よって、ユーザ端末からアクセスされる可能性の高い有用なデータを、ユーザ端末からの通信コストが少ないノードに移動させておくことができる。

50

また、データ管理装置 1 は、アーカイブ指示装置 2 3 からの指示情報を受け取り、自ノードのホットストレージに記憶された有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させることができる。よって、データ管理システム 1 0 0 0 (1 0 0 0 A) によれば、ストレージデバイスの記憶容量が不足する場合であっても、データを削除せずに記憶しておくことができる。

【 0 1 0 3 】

また、データ管理システム 1 0 0 0 (1 0 0 0 A) において、ホットストレージに記憶されたデータの所定時間内のアクセス数に比例する値をリアルタイム要求度として算出し、リアルタイム要求度が高いほど、データ生成間隔を短く調整する指示情報を生成し、当該データを生成するデバイスに、指示情報を出力する生成間隔調整装置 4 0 を、さらに備えることを特徴とする。

10

【 0 1 0 4 】

このようにすることで、データ管理システム 1 0 0 0 (1 0 0 0 A) の生成間隔調整装置 4 0 は、リアルタイム要求度の高いデバイスのデータ生成間隔を短くすることにより、A o I を低減することができる。また、生成間隔調整装置 4 0 は、リアルタイム要求度の低いデバイスのデータ生成間隔を長くすることにより、データを移動させる際のネットワーク負荷を低減することができる。

【 0 1 0 5 】

また、データ管理装置は、ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、ノードであるデータ管理装置 1 (1 A) を含むデータ管理システム 1 0 0 0 (1 0 0 0 A) のデータ管理装置 1 (1 A) であって、データ管理システム 1 0 0 0 は、データ管理装置 1、並びに、当該データ管理装置 1 を自ノードとし接続される、自発移動条件判定装置 2 1、自発移動先選択装置 2 2 およびアーカイブ指示装置 2 3 を備えており、データ管理装置 1 は、データを記憶するためのホットストレージおよびコールドストレージを有し、ホットストレージに記憶されたデータにおいて、当該データへのアクセスに関する所定の自発移動条件を満たすと自発移動条件判定装置 2 1 により判定されたデータである自発移動対象データを、データにアクセスする際のユーザ端末の通信コストが削減される位置にあり、自発移動対象データを保持するノードからの移動先のノードとして自発移動先選択装置 2 2 により選択された、自ノード以外の他ノードである自発移動先ノードに移動し、自ノードのホットストレージに記憶されたデータのうち、将来のアクセス数の予測が大きいほど高い値を示す有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させる指示情報をアーカイブ指示装置 2 3 から受け取り、自ノードのホットストレージに記憶された有用性評価値が最小のデータ、自ノードのコールドストレージに移動させることを特徴とする。

20

30

【 0 1 0 6 】

このように、データ管理装置 1 (1 A) は、自発移動条件判定装置 2 1 が判定した自発移動対象データを、自発移動先選択装置 2 2 が選択した自発移動先ノードに移動することができる。よって、ユーザ端末からアクセスされる可能性の高い有用なデータを、ユーザ端末からの通信コストが少ないノードに移動させておくことができる。

また、データ管理装置 1 は、アーカイブ指示装置 2 3 からの指示情報を受け取り、自ノードのホットストレージに記憶された有用性評価値が最小のデータを、自ノードのコールドストレージに移動させることができる。よって、データ管理装置 1 (1 A) は、ストレージデバイスの記憶容量が不足する場合であっても、データを削除せずに記憶しておくことができる。

40

【 0 1 0 7 】

また、自発移動条件判定装置は、ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、ノードであるデータ管理装置 1 (1 A) を含むデータ管理システム 1 0 0 0 (1 0 0 0 A) の自発移動条件判定装置 2 1 であって、データ管理システム 1 0 0 0 は、データを記憶するためのホットストレージおよびコールドストレージを有するデータ管理装置 1 および自発移動条件判定装置 2 1 を備えており、自

50

発移動条件判定装置 2 1 は、ホットストレージに記憶されたデータが、当該データへのアクセスに関する所定の自発移動条件を満たす場合に、当該データを自発移動対象データと判定することを特徴とする。

【 0 1 0 8 】

このように、自発移動条件判定装置 2 1 は、アクセスに関する所定の自発移動条件を満たすデータを自発移動の対象となるデータを示す自発移動対象データと判定することができる。

自発移動条件判定装置 2 1 が判定するアクセスに関する所定の自発移動条件は、例えば、有用性評価値とアクセス偏在性の両方が所定の閾値よりも高い場合に、そのデータを自発移動対象データと判定することである。このような、アクセスに関する所定の自発移動条件によれば、将来アクセスされる可能性が高く、そのデータを保持するノードが、取得要求を受け付けるノードを示す需要地点ノードである確率の低い場合に、自発移動対象データと判定されるため、ユーザ端末の通信コストの削減効果の高いデータを選択して移動させることができる。

【 0 1 0 9 】

また、自発移動先選択装置は、ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、ノードであるデータ管理装置 1 (1 A) を含むデータ管理システム 1 0 0 0 (1 0 0 0 A) の自発移動先選択装置 2 2 であって、データ管理システム 1 0 0 0 は、データを記憶するためのホットストレージおよびコールドストレージを有するデータ管理装置 1、並びに、当該データ管理装置 1 を自ノードとし接続される、自発移動条件判定装置 2 1 および自発移動先選択装置 2 2 を備えており、自発移動先選択装置 2 2 は、ホットストレージに記憶されたデータにおいて、当該データへのアクセスに関する所定の自発移動条件を満たすと自発移動条件判定装置 2 1 により判定されたデータである自発移動対象データについて、当該データにアクセスする際のユーザ端末の通信コストが削減される位置にある、自ノード以外の他ノードを、自発移動対象データを保持するノードからの移動先となるノードを示す自発移動先ノードとして選択することを特徴とする。

【 0 1 1 0 】

このように、自発移動先選択装置 2 2 は、ユーザ端末の通信コストが削減される位置にある他ノードを、自発移動先ノードとして選択することができる。よって、自発移動先選択装置 2 2 は、自発移動対象データを移動させた場合に、ユーザ端末からの通信コストを削減させることができる。

【 0 1 1 1 】

また、アーカイブ指示装置は、ストレージデバイスとして機能するノードが複数で構成されるストレージネットワークにおける、ノードであるデータ管理装置 1 (1 A) を含むデータ管理システム 1 0 0 0 (1 0 0 0 A) のアーカイブ指示装置 2 3 であって、データ管理システム 1 0 0 0 は、データを記憶するためのホットストレージおよびコールドストレージを有するデータ管理装置 1 およびアーカイブ指示装置 2 3 を備えており、アーカイブ指示装置 2 3 は、データ管理装置 1 のホットストレージに記憶されたデータのうち、将来のアクセス数の予測が大きいほど高い値を示す有用性評価値が最小のデータを、当該データ管理装置 1 のコールドストレージに移動させる指示情報を、データ管理装置 1 に送信することを特徴とする。

【 0 1 1 2 】

このように、アーカイブ指示装置 2 3 は、指示情報をデータ管理装置 1 に送信することにより、ホットストレージに記憶された有用性評価値が最小のデータを、コールドストレージに移動させることができる。よって、アーカイブ指示装置 2 3 は、ユーザ端末から将来アクセスされる可能性の低い、つまり、有用性の低いデータを、コールドストレージに移動させることができる。

【 0 1 1 3 】

なお、本発明は、以上説明した実施形態に限定されるものではなく、多くの変形が本発

10

20

30

40

50

明の技術的思想内で当分野において通常の知識を有する者により可能である。

例えば、図 15 のデータ管理装置 1 C で示すように、図 3 で示したデータ管理システム 1 0 0 0 における、自発移動に関する装置群（自発移動条件判定装置 2 1、自発移動先選択装置 2 2、アーカイブ指示装置 2 3）、強制移動に関する装置群（強制移動対象データ選択装置 3 1、強制移動先選択装置 3 2）、および、生成間隔調整装置 4 0 の各機能を、データ管理装置 1 C として組み込み、1 つの筐体の装置としてもよい。この場合、自発移動条件判定装置 2 1、自発移動先選択装置 2 2、アーカイブ指示装置 2 3 の各機能を、自発移動処理部 1 3 0 C として組み込む。強制移動対象データ選択装置 3 1、強制移動先選択装置 3 2 の各機能を、強制移動処理部 1 5 0 C として組み込む。また、生成間隔調整装置 4 0 の機能を制御部 1 0 内に生成間隔調整部 1 6 0 として組み込む。

10

このようにしても、本実施形態に係るデータ管理システム 1 0 0 0 と同様の作用効果を奏することができる。さらに、図 15 に示すデータ管理装置 1 C において、自発移動処理部 1 3 0 C、強制移動処理部 1 5 0 C、生成間隔調整部 1 6 0 のいずれかを備えない構成にすることもできる。

【符号の説明】

【0 1 1 4】

1, 1 A, 1 B データ管理装置

1 0 制御部

1 1 入出力部

1 2 記憶部（記憶手段）

20

2 1 自発移動条件判定装置

2 2 自発移動先選択装置

2 3 アーカイブ指示装置

3 1 強制移動対象データ選択装置

3 2 強制移動先選択装置

4 0 生成間隔調整装置

1 0 0 有限容量蓄積部（ホットストレージ）

1 0 5 無限容量蓄積部（コールドストレージ）

1 1 0 状態監視部

1 2 0 取得要求処理部

30

1 3 0 自発移動処理部

1 3 1 有用性評価部

1 3 2 アクセス偏在性算出部

1 3 3 自発移動実行部

1 3 4 アーカイブ実行部

1 4 0 データ蓄積部

1 5 0 強制移動処理部

1 5 1 アーカイブ評価部

1 5 2 強制移動評価部

1 5 3 処理決定部

40

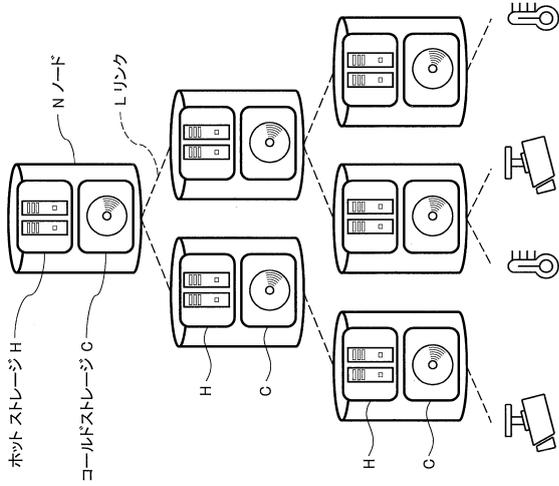
1 5 4 アーカイブ実行部

1 5 5 強制移動実行部

1 0 0 0, 1 0 0 0 A, 1 0 0 0 B データ管理システム

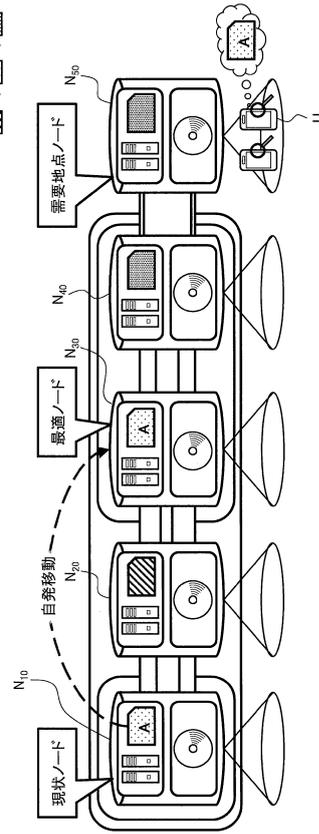
【図面】

【図 1】



【図 2】

※有用性評価値
 ▨ < ▩ < ▪ < ▫



10

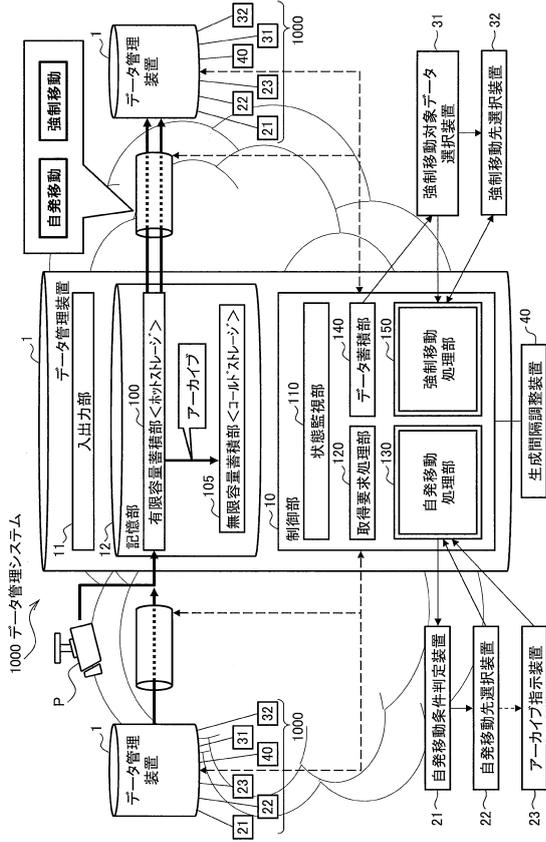
20

30

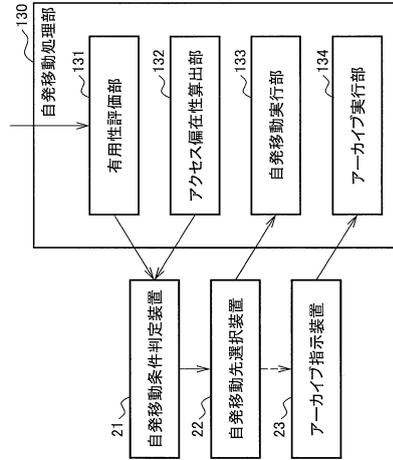
40

50

【図3】



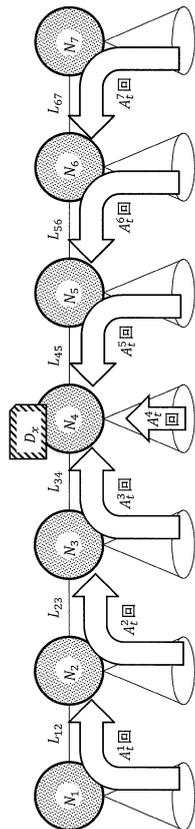
【図4】



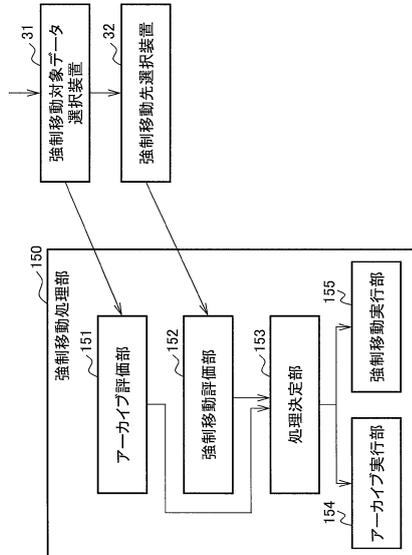
10

20

【図5】



【図6】

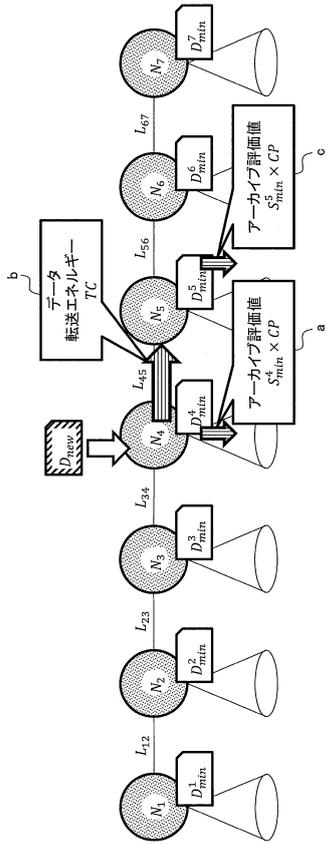


30

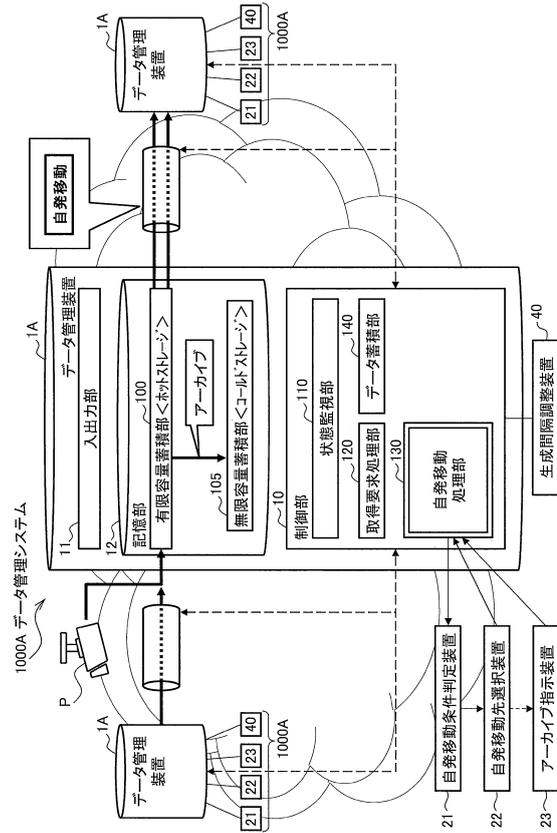
40

50

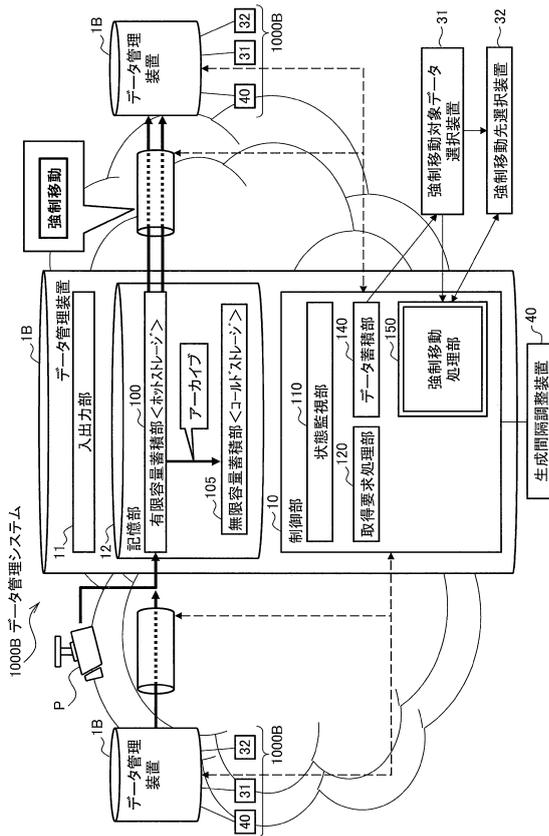
【図 7】



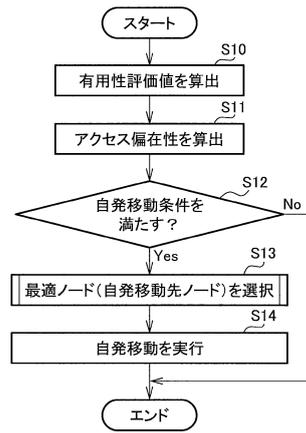
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

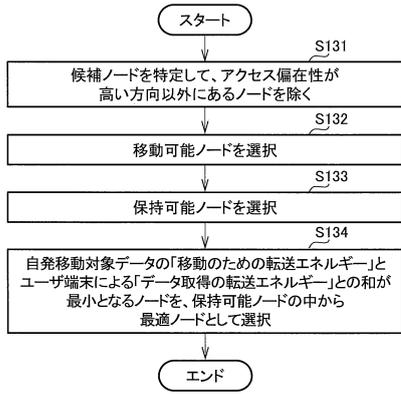
20

30

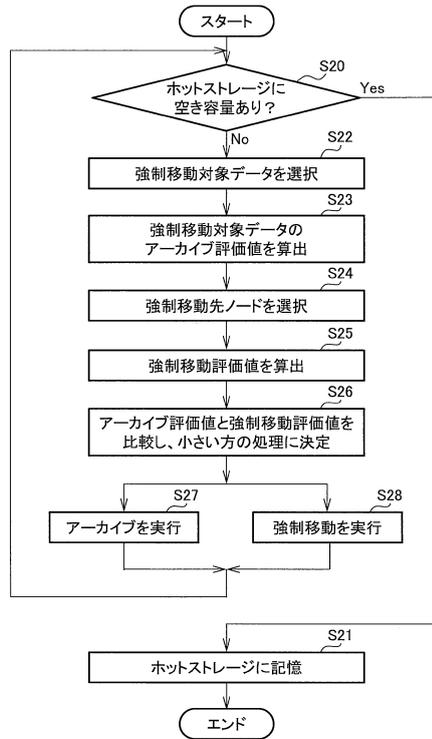
40

50

【図 1 1】



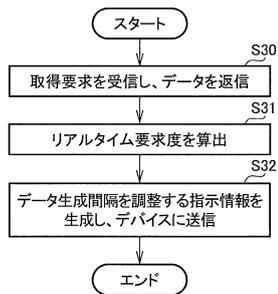
【図 1 2】



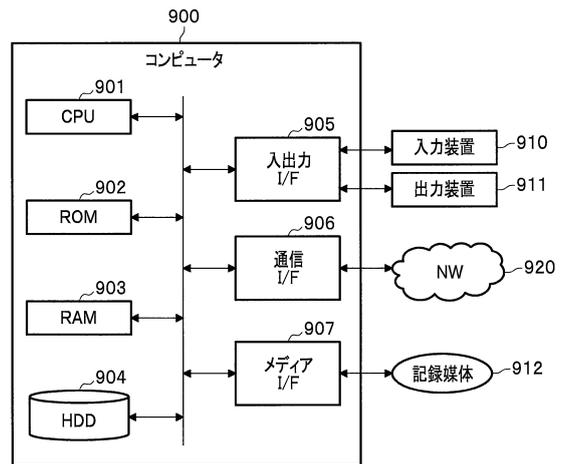
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

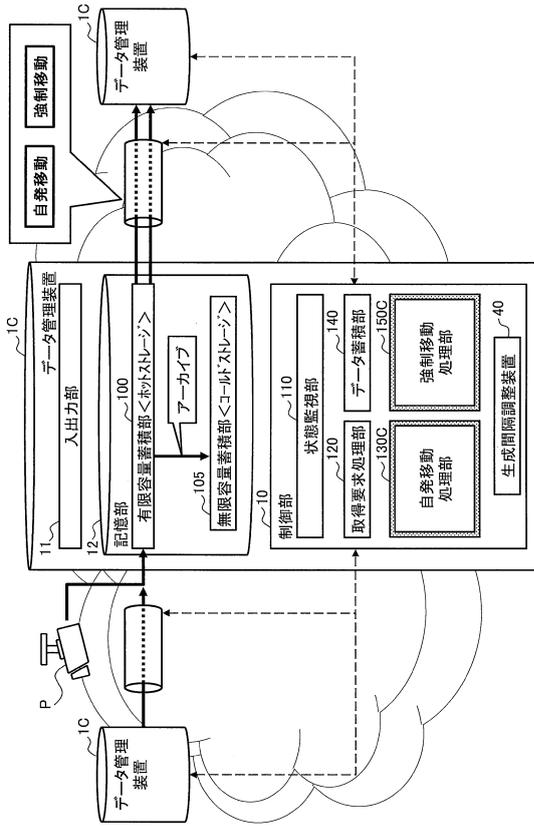


30

40

50

【図 15】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 村瀬 勉

愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内

(72)発明者 伊藤 智稀

愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内

審査官 早川 学

(56)参考文献

特開2000-207370(JP,A)

特開2003-271316(JP,A)

特開2005-050007(JP,A)

特開2018-005446(JP,A)

特開2006-252247(JP,A)

米国特許出願公開第2019/0034445(US,A1)

米国特許第08984027(US,B1)

中国特許出願公開第110139234(CN,A)

IRIE, Ryo et al., A Novel Automated Tiered Storage Architecture for Achieving both Cost Saving and QoE, 2018 IEEE 8th International Symposium on Cloud and Service Computing (SC2) [online], IEEE, 2018年12月09日, pp.32-40, [検索日:2023.01.04], Internet URL:<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8567370>

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G06F 16/00 - 16/958