

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 11 月 17 日(17.11.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/181479 A1

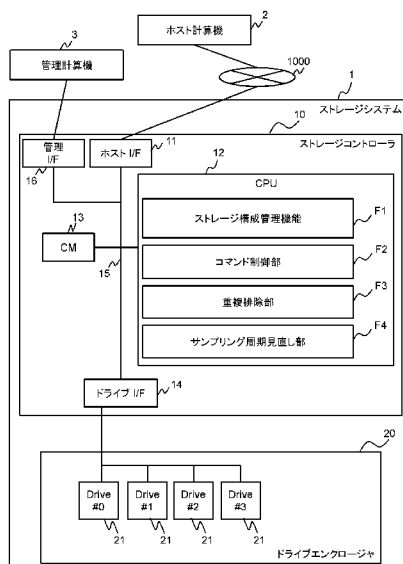
- (51) 国際特許分類:
G06F 3/06 (2006.01) **G06F 12/00** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/063559
- (22) 国際出願日: 2015 年 5 月 12 日(12.05.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 吉井 義裕 (YOSHII, Yoshihiro); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 渡辺 恭男 (WATANABE, Yasuo); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 大平 良徳 (OHIRA, Yoshinori); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人ウィルフォート国際特許事務所 (WILLFORT INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒1030016 東京都中央区日本橋小網町 1 9-7 日本橋 TCビル 1 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: STORAGE SYSTEM AND STORAGE CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: ストレージシステムおよび記憶制御方法

FIG. 1



- 1 Storage system
- 2 Host computer
- 3 Management computer
- 10 Storage controller
- 11 Host interface
- 14 Drive interface
- 16 Management interface
- 20 Drive enclosure
- 21 Drive
- F1 Storage configuration management function
- F2 Command control unit
- F3 Deduplication unit
- F4 Sampling period update unit

(57) Abstract: This storage system is designed to: divide data into a plurality of chunks of data (pieces of data) in a deduplication process; select one or more chunks of data from among the plurality of chunks of data in accordance with a sampling period which indicates that, on average, one chunk of data be selected from among each N chunks of data; and calculate a fingerprint, such as a hash value, for each of one or more characteristic chunks of data, which are the selected one or more chunks of data, and determine whether data including the one or more characteristic chunks of data is a duplication. The storage system changes the sampling period on the basis of the results of past deduplication processes.

(57) 要約: ストレージシステムが、重複排除処理において、データを複数のチャンクデータ（データ部分）に分割し、平均してチャンクデータ N 個につき 1 個のチャンクデータを選択することを意味するサンプリング周期に従い、複数のチャンクデータから 1 以上のチャンクデータを選択し、選択された 1 以上のチャンクデータである 1 以上の特徴チャンクデータの各々について、ハッシュ値のようなフィンガープリントを算出しその特徴チャンクデータを含むデータが重複か否かを判定するようになっている。ストレージシステムは、過去の重複排除処理の結果を基に、サンプリング周期を変更する。



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,

GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：ストレージシステムおよび記憶制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、概して、データの重複排除に関する。

背景技術

[0002] 近年、重複排除技術が広く使われるようになってきている。重複排除技術とは、一般に、重複する複数のデータのうちの1つのデータ以外を削除することで容量消費を削減する技術である。すべてのデータについて、重複データが存在するか否かのチェックを行うと、計算量が多い。このため、各データについてハッシュ関数を用いた演算等を行うことで、ハッシュ値等のデータの代表値を算出し、代表値の一致しているデータ間のみで比較処理を行う方法を取ることが多い。また、この代表値の算出方法は、ハッシュ関数を用いる方法に限定されるものではなく、重複データから算出される値が必ず同一である演算方法であれば何でもよい。以下では、重複排除技術で用いられるハッシュ値等の代表値のことを、「フィンガープリント」と呼ぶ。フィンガープリントは、テーブルのような管理情報に登録される。

[0003] 一般的、ストレージシステムが保持するフィンガープリント数は、記憶容量の増加に伴って増える。ストレージシステムが多くのフィンガープリントを有する場合、ストレージシステムのパフォーマンスは低下する。なぜなら、フィンガープリントが登録されるフィンガープリント管理情報のサイズが大きくフィンガープリントの検索範囲が大きいからであり、また、フィンガープリント管理情報の更新回数が多いからである。例えば、データ4KBに対してフィンガープリントが128ビットである場合、1PB分のデータには4TB分のフィンガープリントをフィンガープリント管理情報に登録する必要がある。フィンガープリントの算出およびフィンガープリント管理情報の更新等をハードウェアにオフロードしようすると、高速処理可能な高価なハードウェアが必要になる可能性があり、結果として、ストレージシステ

ムの価格が上昇し得る。

[0004] 特許文献1では、データセットの一部にアンカーが存在し、データセットからアンカーが特定され、特定されたアンカーがアンカーデータベースに存在しないときに、特定されたアンカーがアンカーデータベースに格納される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：US8,165,221

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] フィンガープリント管理情報に登録されるフィンガープリントの数（以下、登録FP数）を減らすことができれば、フィンガープリント管理情報のサイズが小さくなる、言い換えれば、フィンガープリントの検索範囲が小さくなるので、検索のオーバーヘッドが減ることが期待され、且つ、フィンガープリントをフィンガープリント管理情報に登録する回数が減るので、フィンガープリント管理情報の更新のオーバーヘッドも減ることが期待される。登録FP数を減らすための方法として、すべてのデータのうちの一部のデータについてのみそれぞれフィンガープリントを算出する方法が考えられる。しかし、その方法では、削減効果（例えばデータ削減量または削減率）が低下してしまうことがある。

課題を解決するための手段

[0007] ストレージシステムが、重複排除処理において、データを複数のチャンクデータ（データ部分）に分割し、平均してチャンクデータN個につき1個のチャンクデータを選択することを意味するサンプリング周期に従い、複数のチャンクデータから1以上のチャンクデータを選択し、選択された1以上のチャンクデータである1以上の特徴チャンクデータの各々について、ハッシュ値のようなフィンガープリントを算出しその特徴チャンクデータを含むデ

ータが重複か否かを判定するようになっている。ストレージシステムは、過去の重複排除処理の結果を基に、サンプリング周期を変更する。

発明の効果

[0008] データ削減効果の低下を軽減することと重複排除のパフォーマンスを向上することの両方を実現することが期待できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施例1に係る計算機システムの全体構成を示すブロック図である。

[図2]実施例1に係るドライブの記憶領域の論理的な構成を示すブロック図である。

[図3]実施例1に係る重複排除の動作概要図を示す。

[図4]実施例1に係るアドレス管理テーブルの構成例を示す。

[図5]実施例1に係るフィンガープリント管理テーブルの構成例を示す。

[図6]実施例1に係るサンプリング周期管理テーブルの構成例を示す。

[図7]実施例1に係る重複排除処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図8]実施例1に係るサンプリング周期見直し処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図9]実施例2に係る統計管理テーブルの構成例を示す。

[図10]実施例2に係るサンプリング周期管理テーブルの構成例を示す。

[図11]実施例2に係る削減効果画面の一例を示す

[図12]実施例2に係るサンプリング周期見直し処理の流れの一例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

[0010] 以下、幾つかの実施例を説明する。

[0011] 以下の説明では、「×××テーブル」の表現にて情報を説明することがあるが、情報は、どのようなデータ構造で表現されていてもよい。すなわち、情報がデータ構造に依存しないことを示すために、「×××テーブル」を「×××情報」と呼ぶことができる。また、以下の説明において、各テーブル

の構成は一例であり、１つのテーブルは、２以上のテーブルに分割されてもよいし、２以上のテーブルの全部又は一部が１つのテーブルであってもよい。

[0012] また、以下の説明では、要素の識別情報として、ＩＤ又は名前が使用されるが、それに代えて又は加えて他種の識別情報が使用されてもよい。

[0013] また、以下の説明では、同種の要素を区別しないで説明する場合には、参照符号又は参照符号における共通番号を使用し、同種の要素を区別して説明する場合は、その要素の参照符号を使用又は参照符号に代えてその要素に割り振られたＩＤを使用することがある。

[0014] また、以下の説明では、Ｉ／Ｏ（Input/Output）要求は、ライト要求又はリード要求であり、アクセス要求と呼ばれてもよい。

[0015] また、以下の説明では、「記憶部」は、メモリを含んだ１以上の記憶デバイスでよい。例えば、記憶部は、主記憶デバイス（典型的には揮発性のメモリ）及び補助記憶デバイス（典型的には不揮発性の記憶デバイス）のうちの少なくとも主記憶デバイスでよい。

[0016] また、以下の説明では、「ＰＤＥＶ」は、物理的な記憶デバイスを示し、典型的には、不揮発性の記憶デバイス（例えば補助記憶デバイス）でよい。ＰＤＥＶは、例えば、ＨＤＤ（Hard Disk Drive）又はＳＳＤ（Solid State Drive）でよい。

[0017] また、以下の説明では、「ＲＡＩＤ」は、Redundant Array of Independent (or Inexpensive) Disksの略である。ＲＡＩＤグループは、複数のＰＤＥＶで構成され、そのＲＡＩＤグループに関連付けられたＲＡＩＤレベルに従いデータを記憶する。ＲＡＩＤグループは、パリティグループと呼ばれてもよい。パリティグループは、例えば、パリティを格納するＲＡＩＤグループのことでよい。

[0018] また、以下の説明では、機能部（例えばストレージ構成管理部、コマンド制御部、重複排除部およびサンプリング周期見直し部）を主語として処理を説明する場合があるが、機能部は、プログラムがプロセッサ（例えばＣＰＵ

(Central Processing Unit)) によって実行されることで、定められた処理を、適宜に記憶部（例えばメモリ）及び／又はインターフェースデバイス（例えば通信ポート）等を用いながら行うため、処理の主語がプロセッサとされてもよい。機能部を主語として説明された処理は、プロセッサあるいはそのプロセッサを有する装置又はシステムが行う処理としてもよい。また、プロセッサは、処理の一部または全部を行うハードウェア回路を含んでもよい。複数の機能部のうちの少なくとも一部がハードウェア回路で実現されてもよい。プログラムは、プログラムソースから計算機のような装置にインストールされてもよい。プログラムソースは、例えば、プログラム配布サーバまたは計算機が読み取り可能な記憶メディアであってもよい。プログラムソースがプログラム配布サーバの場合、プログラム配布サーバはプロセッサ（例えばCPU）と記憶部を含み、記憶部はさらに配布プログラムと配布対象であるプログラムとを記憶してよい。そして、プログラム配布サーバのプロセッサが配布プログラムを実行することで、プログラム配布サーバのプロセッサは配布対象のプログラムを他の計算機に配布してよい。また、以下の説明において、2以上の機能部が1つの機能部として実現されてもよいし、1つの機能部が2以上の機能部として実現されてもよい。

[0019] また、以下の説明では、管理システムは、一以上の計算機で構成されてよい。具体的には、例えば、管理計算機が情報を表示する場合（具体的には、例えば、管理計算機が自分の表示デバイスに情報を表示する、或いは、管理計算機（例えば管理サーバ）が表示用情報を遠隔の表示用計算機（例えば管理クライアント）に送信する場合）、管理計算機が管理システムである。また、例えば、複数の計算機で管理計算機と同等の機能が実現されている場合は、当該複数の計算機（表示を表示用計算機が行う場合は表示用計算機を含んでよい）が、管理システムである。管理計算機（例えば管理システム）は、表示システムを含むI/Oシステムに接続されたインターフェースデバイスと、記憶部（例えばメモリ）と、インターフェースデバイス及び記憶部に接続されたプロセッサとを有してよい。表示システムは、管理計算機が有す

る表示デバイスでもよいし、管理計算機に接続された表示用計算機でもよい。I/Oシステムは、管理計算機が有するI/Oデバイス（例えばキーボード及びポインティングデバイス、タッチパネル）でもよいし、管理計算機に接続された表示用計算機又は別の計算機でもよい。管理計算機が「表示用情報を表示する」ことは、表示システムに表示用情報を表示することであり、これは、管理計算機が有する表示デバイスに表示用情報を表示することであってもよいし、管理計算機が表示用計算機に表示用情報を送信することであってもよい（後者の場合は表示用計算機によって表示用情報が表示される）。また、管理計算機が情報を入出力するとは、管理計算機が有するI/Oデバイスとの間で情報の入出力を行うことであってもよいし、管理計算機に接続された遠隔の計算機（例えば表示用計算機）との間で情報の入出力を行うことであってもよい。情報の出力は、情報の表示であってもよい。

[0020] また、以下の説明では、「ホストシステム」は、ストレージシステムにI/O要求を送信するシステムであり、インターフェースデバイスと、記憶部（例えばメモリ）と、それらに接続されたプロセッサとを有してよい。ホストシステムは、1以上のホスト計算機で構成されてよい。少なくとも1つのホスト計算機は、物理的な計算機でよく、ホストシステムは、物理的なホスト計算機に加えて仮想的なホスト計算機を含んでよい。

[0021] また、以下の説明では、「ストレージシステム」は、1以上のストレージ装置でよく、複数のPDEV（例えば1以上のRAIDグループ）と、複数のPDEVに対するI/Oを制御するストレージコントローラとを有してよい。ストレージコントローラは、複数のPDEVに接続されるバックエンドのインターフェースデバイスと、ホストシステム及び管理システムのうちの少なくとも1つに接続されるフロントエンドのインターフェースデバイスと、記憶部と、それらに接続されたプロセッサとを有してよい。ストレージコントローラは、冗長化されていてもよい。

[0022] また、以下の説明では、「VOL」は、論理ボリュームの略であり、論理的な記憶デバイスでよい。VOLは、実体的なVOL（RVOL）であって

もよいし、仮想的なVOL（VVOL）であってもよい。また、VOLは、そのVOLを提供するストレージシステムに接続されているホストシステムに提供されるオンラインVOLと、ホストシステムには提供されない（ホストシステムからは認識されない）オフラインVOLとがあってもよい。「RVOL」は、そのRVOLを有するストレージシステムが有する物理的な記憶部（例えば、1以上のRAIDグループ）に基づくVOLでよい。「VVOL」としては、外部接続VOL（EVOL）と、容量拡張VOL（TPVOL）と、スナップショットVOLとのうちの少なくとも1種類でよい。EVOLは、外部のストレージシステムの記憶空間（例えばVOL）に基づいておりストレージ仮想化技術に従うVOLでよい。TPVOLは、複数の仮想領域（仮想的な記憶領域）で構成されており容量仮想化技術（典型的にはThin Provisioning）に従うVOLでよい。スナップショットVOLは、オリジナルのVOLのスナップショットとして提供されるスナップショットVOLとがあってもよい。TPVOLは、典型的にはオンラインVOLでよい。スナップショットVOLは、RVOLであってもよい。「プール」は、論理的な記憶領域（例えば複数のプールVOLの集合）であり、用途ごとに用意されてよい。例えば、プールとして、TPプールと、スナップショットプールとのうちの少なくとも1種類があってもよい。TPプールは、複数の実領域（実体的な記憶領域）で構成された記憶領域でよい。TPプールからTPVOLの仮想領域に実領域が割り当てられてよい。スナップショットプールは、オリジナルのVOLから退避されたデータが格納される記憶領域でよい。1つのプールが、TPプールとしてもスナップショットプールとしても使用されてもよい。「プールVOL」は、プールの構成要素となるVOLでよい。プールVOLは、RVOLであってもよいしEVOLであってもよい。プールVOLは、典型的にはオフラインVOLでよい。VOLは、LU（Logical Unit）と呼ばれてもよい。

[0023] また、以下の説明において、「重複データ」（および「重複チャンクデータ」）は、重複する連続したデータ（チャンクデータ）である。データにお

いて、重複した連続範囲がW個存在する場合、そのデータには、W個の重複データが存在する。言い換えれば、「重複データ」（および「重複チャンクデータ」）は、その全域が重複しているデータである。

実施例 1

[0024] 図1は、実施例1に係る計算機システムの全体構成を示すブロック図である。

[0025] I/O要求を発行するホスト計算機2と、I/O要求を受信するストレージシステム1と、ストレージシステム1を管理する管理計算機3とがある。ホスト計算機2は、ホストシステムの一例であり、管理計算機3は、管理システムの一例である。

[0026] ストレージシステム1は、例えば、コントローラ10と、ドライブエンクロージャ20とを備える。ストレージシステム1は、通信ネットワーク1000を介して、ホスト計算機2とデータブロック（I/O要求に応答してI/Oされたデータブロック）を送受信する。コントローラ10は、1つであってもよいし、2つ以上であってもよい。ドライブエンクロージャ20は、1つであってもよいし、2つ以上であってもよい。以下、ホスト計算機2をホスト2と略記する場合がある。

[0027] コントローラ10は、例えば、ホストI/F（Interface）11と、CPU（Central Processing Unit）12と、キャッシュメモリ（以下、CMと略記する場合がある）13と、ドライブI/F14と、管理I/F16とを有する。これらの要素11～14及び16は、何れも2つ以上であってもよい。これらの要素11～14及び16は、双方向のデータ伝送が可能な内部バス15によって接続されている。

[0028] 通信ネットワーク1000は、例えば、SAN（Storage Area Network）によって構成することができる。SANは、例えば、Fibre Channel、Ethernet（登録商標）、および／または、InfiniBand等によって構成することができる。通信ネットワーク1000は、LAN、インターネット網、専用線網、またはそれらの組み合わせであって

もよい。

[0029] ホスト I/F 11 は、通信ネットワーク 1000 とコントローラ 10 とを接続するための I/F である。ホスト I/F 11 は、例えば、「上位通信部」、「第 1 通信部」、「上位装置用インターフェース部」等と呼ぶこともできる。ホスト I/F 11 は、通信ネットワーク 1000 と内部バス 15 との間に介在しており、データブロックの送受信を制御する。

[0030] ホスト I/F 11 は、ホスト 2 から I/O (Input/Output) 要求を受信する。I/O 要求には、I/O 先を示す情報 (アクセス先情報) と、I/O コマンドとが関連付けられている。I/O 先情報は、I/O 先 VOL を識別する情報と、その VOL における I/O 先領域を特定するアドレス情報とを含む。I/O 先 VOL の識別情報としては、例えば、LUN (Logical Unit Number) がある。VOL における I/O 先領域を特定するアドレス情報としては、例えば LBA (Logical Block Address) がある。I/O コマンドは、ライトコマンドまたはリードコマンドである。

[0031] CPU 12 は、1 以上のコンピュータプログラム (以下「プログラム」という) を実行することで、様々な機能 F1 ~ F4 を実現する。プログラムは、コントローラ 10 内の不揮発性メモリ領域 (不図示) に格納されてもよいし、コントローラ外のドライブ 21 等に格納されてもよい。ストレージ構成管理部 F1 は、例えば、RAID グループの構成、プール構成、仮想ボリューム構成などのストレージの各種構成を管理する機能である。コマンド制御部 F2 は、ホスト 2 から受信したリードコマンドやライトコマンドなどを処理し、その結果をホスト 2 に返す機能である。重複排除部 F3 は、データの重複排除処理を行う機能である。サンプリング周期見直し部 F4 は、サンプリング周期見直し処理を行う機能である。

[0032] CPU 12 は、ホスト 2 から I/O コマンドを受信すると、I/O コマンドに関連付けられている I/O 先情報を抽出し、I/O 先情報から I/O 先領域を特定する。CPU 12 は、特定した I/O 先領域に対応する 1 以上の論理ページをそれぞれ提供する 1 以上のドライブ 21 を特定する。そして、

CPU 12は、特定した各ドライブ21に対し、論理ページのアドレスが関連付けられたI/Oコマンドを送信する。各ドライブ21に送られるI/Oコマンドには、論理ページのアドレスの他に、そのI/Oコマンドの送信先ドライブ21を特定するための識別情報（例えばドライブ番号）が関連付けられてよい。本実施例では、CPU 12が重複排除部F3を実行しているが、重複排除部F3は、専用のハードウェア（例えばASIC（Application Specific Integrated Circuit）またはFPGA（Field-Programmable Gate Array））であってもよい。

[0033] CM13は、データブロックを一時的に保持する。以下、データブロックをデータと略記する場合がある。CM13は、不揮発性メモリによって構成されてもよい。不揮発性メモリは、フラッシュメモリ、または磁気ディスクメモリ等であってもよい。若しくは、CM13は、揮発性メモリにバックアップ電源を備える構成であってもよい。揮発性メモリは、DRAM（Dynamic Random Access Memory）等であってもよい。バックアップ電源は、例えば、リチウムイオン二次電池などのバッテリーであってもよい。ホストI/F11、CPU 12、および/または、ドライブI/F14は、内部バス15を介して、CM13にデータブロックを入出力してもよい。

[0034] ドライブI/F14は、コントローラ10とドライブエンクロージャ20とを接続するためのI/Fである。ドライブI/F14は、例えば、「下位通信部」、「第2通信部」、「記憶装置用インターフェース部」等と呼ぶこともできる。

[0035] ドライブI/F14は、内部バス15とドライブ21との間に介在しており、データブロックの送受信を制御する。ドライブI/F14は、SASまたはFibre Channel等に対応するI/Fであってもよい。ドライブI/F14は、ドライブ21から受信したデータブロックをCM13に送信してもよい。

[0036] ドライブエンクロージャ20は、複数のドライブ21（例えばドライブ#0、#1、#2、#3）を有する。ドライブ21は、PDEVの一例である

。ドライブ 21 の数は、幾つであってもよい。ドライブ 21 は、HDD (Hard Disk Drive) であつたり、SSD (Solid State Drive) 等の他の不揮発性メモリであってもよい。ドライブエンクロージャ 20 に接続されるドライブ 21 は HDD や SSD が複数種類が混在していてもよい。また、ドライブ 1/F14 とドライブ 21 は、SAS (Serial Attached SCSI)、FC (Fibre Channel)、または SATA (Serial AT Attachment) によって接続されてもよい。

[0037] ドライブエンクロージャ 20 のドライブ 21 は、そのドライブ 21 が提供する論理ページのアドレスが指定された I/O コマンド (ライトコマンドまたはリードコマンド) をコントローラ 10 から受信すると、その I/O コマンドに応じた処理を実行する。

[0038] ストレージシステム 1 は、2 つ以上のドライブエンクロージャ 20 を有してもよい。この場合、ドライブ 1/F14 が複数のポートを有しており、1 つのドライブエンクロージャ 20 が、ドライブ 1/F14 の 1 つのポートに接続されてもよい。または、2 つ以上のドライブエンクロージャ 20 と、1 つのドライブ 1/F14 とが、所定のスイッチ装置 (不図示) を介して接続されてもよい。または、2 つ以上のドライブエンクロージャ 20 が、カスケード接続されてもよい。

[0039] 管理 I/F16 は、管理計算機 3 が接続される図示しない通信ネットワーク (又は通信ネットワーク 1000) とコントローラ 10 とを接続するための I/F である。管理 I/F16 は、図示しない通信ネットワーク (又は通信ネットワーク 1000) と内部バス 15 との間に介在しており、管理計算機 3 との通信を制御する。

[0040] 図 2 は、ドライブ 21 の記憶領域の論理的な構成を示すブロック図である。

[0041] ドライブ 21 は、その記憶領域の論理的な構成として、例えば、メタデータ領域 (制御情報領域) 22 と、データ領域 23 とを有する。

[0042] データ領域 23 には、コントローラ 10 からのライトコマンドに付随する

データブロックが格納される。

[0043] メタデータ領域 22 には、データ領域 23 を制御又は管理するための管理情報が格納される。管理情報は、例えば、アドレス管理テーブル 24 と、フィンガープリント管理テーブル 25 と、サンプリング周期管理テーブル 26 とを含む。各テーブルの詳細は後で図を用いて説明する。これらのテーブル 24～27 の全部または必要な一部を、CM13 にキャッシュさせることにより、コントローラ 10 がテーブル内の情報に高速にアクセスできるようにしてもよい。なお、テーブル 24～27 は、ドライブ 21 に代えて、コントローラ 10 内のメモリ（例えば CM13）に格納されてもよい。

[0044] 図 3 は、重複排除の動作概要図を示す。

[0045] 論理アドレス空間 31 は、ホスト 2 がアクセスする空間であり、物理アドレス空間 32 は、最終記憶媒体（本実施例ではドライブ 21）におけるアドレス空間である。論理アドレス空間 31 と物理アドレス空間 32 との間は、アドレス管理テーブル 24 によってマッピングされる。

[0046] 重複排除処理は、論理アドレス空間 31 と物理アドレス空間 32 との間で行われる。論理アドレス空間 31 は、「チャンク」と呼ばれる領域単位で分割して管理される。チャンク 33 のサイズは、固定長でもよいし可変長でもよい。チャンクサイズ分のデータを「チャンクデータ」と言うことがある。また、複数のチャンクデータに分割されるデータ（言い換えれば、複数のチャンクデータの集合）を「データセット」と言うことがある。データセットは、1 以上のデータブロックまたはその一部でよい。「データブロック」は、I/O コマンドに付随するデータである。

[0047] 例えば、重複排除処理は、チャンク 33 単位で行われてよい。重複チャンクデータを検出するために、チャンクデータごとに、ハッシュ関数を用いた演算等を行うことでハッシュ値のような代表値を算出し、代表値が同一の複数のチャンクデータのうちの 1 つのチャンクデータ以外の各々を「重複チャンクデータ」とであると特定し、重複チャンクデータを削除することができる。チャンクデータの代表値のことを、本実施例では「フィンガープリント」

と呼ぶ。図中では、チャンク 3 3 の中に記載しているアルファベットが、そのチャンク 3 3 のフィンガープリント 3 4 を表している。このとき、チャンク 3 3 の中でも、ある特定の条件を満たすチャンクのことを「特徴チャンク」と呼び、特徴チャンクに対応したチャンクデータのことを「特徴チャンクデータ」と呼ぶことにする。また、特徴チャンクデータのフィンガープリントのことを、通常のフィンガープリント 3 4 と区別するために「特徴フィンガープリント」と呼ぶことにする。図中では特徴チャンク 3 5 とそれ以外のチャンク 3 3 とを区別するために、特徴チャンクデータのフィンガープリントには下線が付与されている。

[0048] 特徴チャンクデータ条件（特徴チャンクデータとして管理されるチャンクデータ）は、例えば、ファイルの先頭チャンクデータであること、または、フィンガープリントをある整数で割った余りが 0 になるチャンクデータであることであってよい。本実施例では、特徴チャンクデータ条件は、固定ではなく、可変である。具体的には、本実施例では、特徴チャンクデータは、サンプリング周期に従いサンプリングされたチャンクデータであり、サンプリング周期が可変である（「サンプリング周期」については後述する）。

[0049] 通常、過去に重複チャンクデータが格納されたかどうかを検索するために、すべてのチャンクデータにそれぞれに対応するすべてのフィンガープリント 3 4 をフィンガープリント管理情報に登録しておく必要がある。本実施例では、フィンガープリント管理情報の一例が、フィンガープリント管理テーブル 2 5 である。テーブル構造の詳細は図を用いて後述する。チャンクデータを新規に格納する場合（非重複チャンクデータを格納する場合）、次に同じチャンクデータが格納されたときにそのチャンクデータを重複チャンクデータであると特定し除外するために、フィンガープリント管理テーブルに、新規のチャンクデータのフィンガープリント 3 4 と新規のチャンクデータの格納先チャンクの論理アドレスとが登録される。フィンガープリント管理テーブル 2 5 に登録されるフィンガープリント 3 4 の数は、一般に、記憶容量（例えば V O L 容量）の増加に伴って増える。このため、ストレージシステ

ム 1 が多くのフィンガープリントを有する場合、複雑なテーブル構造を採用するとストレージシステム 1 のパフォーマンスは低下する。フィンガープリントの算出およびフィンガープリント管理テーブル 25 の更新等をハードウェアにオフロードしようとする、高速処理可能で高価なハードウェアが必要になる可能性があり、結果として、ストレージシステム 1 の価格が上昇し得る。パフォーマンスの低下を抑止するためには、フィンガープリント管理テーブル 25 に登録するフィンガープリント 34 の数を可能な限り削減できることが好ましい。しかし、ここで、あるフィンガープリント 34 をテーブルに登録しなかった場合は、以後、同じフィンガープリント 34 が得られるチャンクデータがストレージシステム 1 にライトされても、そのフィンガープリント 34 はフィンガープリント管理テーブル 25 に登録されていないため、重複チャンクデータを検出できず、削減効果（重複排除率）が下がってしまうことが発生する。

[0050] そこで、本実施例では、実際の環境においては、重複データの範囲はチャンク 33 よりも大きいことがある点に着目される。フィンガープリント管理テーブル 25 に登録されるフィンガープリント 34 は、特徴フィンガープリント 36 だけに限定される。そして、次に、特徴フィンガープリント 36 を持つチャンクデータがライトされたときには、当該チャンクデータの前後（前か後のどちらかだけでもよい）の論理アドレスのデータが読み出されて（例えばチャンク単位で読み出されて）、一致しているかどうかを Bit-by-Bit（または Byte-by-Byte）で確認される。実際の環境においては、重複しているデータの範囲はチャンク 33 よりも大きい場合、ある特徴フィンガープリント 36 を含んでいるデータは、その周辺も一致している確率が高い。よって、重複しているデータの範囲が大きい場合では、フィンガープリント管理テーブル 25 に登録されるフィンガープリント 34 を間引かれても、特徴チャンクデータ周辺が一致しているかどうかを確認することにより、フィンガープリント 34 が間引かれない場合と同程度の削減効果を得ることが期待できる。また、フィンガープリント管理テーブル 25

にフィンガープリントを登録するオーバヘッドを削減することができるため、重複排除のスループット性能を向上することができる。すなわち、本実施例では、削減効果の低下を軽減することとパフォーマンスを向上することの両方を実現することが期待できる。

[0051] 本図面において、特徴フィンガープリント「A」は、フィンガープリント管理テーブル25に登録されるが、特徴フィンガープリント36ではないフィンガープリント「B」は、フィンガープリント管理テーブル25に登録されない。しかし、特徴チャンクデータの後のチャンクデータでありフィンガープリント「B」が得られるチャンクデータについては、特徴チャンクデータの周辺を比較するときに、フィンガープリント「B」が得られるチャンクデータが「重複チャンクデータ」とであると検出することができる。

[0052] ここで、フィンガープリント管理テーブル25に登録するフィンガープリントを間引く（サンプリング）する頻度のことを、本実施例において「サンプリング周期」と呼ぶことにする。サンプリング周期とは、具体的には、特徴チャンク35の数に対する全チャンク33の数の比率である。「平均してN個のチャンク33ごとに1つの特徴チャンク35を選ぶ場合は、サンプリング周期は「N」である」という表現を採用することができる。

[0053] 特徴チャンクデータの選び方として、フィンガープリントをある整数で割った余りが0になるチャンクデータ、という方法を採用する場合、サンプリング周期とフィンガープリントを割る数を同じにすればよい。具体的には、サンプリング周期が「4」の場合、算出されたフィンガープリントを「4」で割ったときの余りが「0」になるチャンクデータが、特徴チャンクデータとして選出される。この理由は、フィンガープリントを算出する方法として、SHA-1などの暗号学的ハッシュ関数が使用された場合、算出されるフィンガープリントは、ほぼランダムな値となるため、フィンガープリントをサンプリング周期である「4」で割った余りが「0」になる確率は、ほぼ $1/4$ に等しくなるからである。

[0054] 削減効果を低下させることなくチャンクデータをサンプリングする（フィ

ンガープリントの算出対象となるチャンクデータを選ぶ) ためには、データセットにおける重複範囲(重複データ)の中に、特徴チャンクデータが少なくとも1つ含まれている必要がある。たとえば、4KB単位の固定長のチャンクデータにデータセットを区切り、そのデータセットのうちの32KBのデータが重複データであることを想定する。この場合、32KBの重複データの中には、 $32\text{KB} / 4\text{KB} = 8$ 個のチャンクデータが含まれる。この8個のチャンクデータの中に、1つでも特徴チャンクデータが存在すれば、特徴フィンガープリントの検索と特徴チャンクデータの周辺データの比較により、32KBの重複データを重複排除可能である。一方、32KBの重複データの中に特徴チャンクデータが1つも含まれていなければ、32KBの重複データが重複排除の対象にならないため、削減効果が低下する。よって、サンプリング周期と平均重複長(重複データの平均サイズ(データ長))と削減効果(重複排除率)との関係を考慮したうえで、サンプリング周期を選択する必要がある。もしサンプリング周期を「4」にした場合、32KBの重複データの中に1つでも特徴チャンクデータが含まれる確率Pは、例えば以下の計算式で算出することができる。

$$P = 1 - (1 - 1/4)^{(32\text{KB}/4\text{KB})}$$

[0055] 一般化すると、サンプリング周期N、平均重複長 L_A 、チャンクサイズ L_C において、重複データが重複排除対象になる確率P(N, L_A , L_C)は、以下の計算式で算出することができる。

$$P(N, L_A, L_C) = 1 - (1 - 1/N)^{(L_A/L_C)} \cdots \text{式(1)}$$

[0056] このP(N, L_A , L_C)はNの増加に対して単調減少であり、かつNが十分大きいときには $1 - e^{-(L_A/(L_C * N))}$ に収束するため、以下の不等式が成立する。ここで、eはネイピア数を表している。

$$P(N, L_A, L_C) > 1 - e^{-(L_A/(L_C * N))}$$

[0057] よって、この確率P(N, L_A , L_C)が「1」に近づくようにサンプリング周期Nを選べばよい。例えば、サンプリング周期Nを、 $N = L_A / (2 * L_C)$ となるように選ぶ場合、以下の不等式が成立し、平均重複長 L_A のデータに対して少なくとも

も 8 割以上の確率で重複排除対象とすることが可能になる。

$$P(N, L_A, L_C) > 1 - e^{-2} \doteq 0.864$$

[0058] 図 4 は、アドレス管理テーブル 24 の構成例を示す。

[0059] アドレス管理テーブル 24 は、論理アドレスから物理アドレスを得るための論物変換テーブルである。アドレス管理テーブル 24 は、チャンクごとにエントリを有する。各エントリに格納される情報は、論理アドレス 241 と物理アドレス 242 である。

[0060] 論理アドレス 241 は、チャンクの論理アドレスを示し、具体的には、ホスト 2 がアクセスするアドレス空間上のポインタである。論理アドレス 241 は、上述のチャンク 33 ごとに割当てられる。物理アドレス 242、ドライブ 21 の格納先領域を表すアドレスである。重複排除を実施することによって、重複チャンクデータを格納している複数の論理アドレスにそれぞれ対応した複数の物理アドレスが、同じ物理アドレスとされる。これにより、データ量（ドライブ 21 の消費される領域の数）が削減される。

[0061] 図 5 は、フィンガープリント管理テーブル 25 の構成例を示す。

[0062] フィンガープリント管理テーブル 25 は、ドライブ 21 に格納されているデータセットの中から（または、ドライブ 21 に未書込みのデータセットであり CM 13 上のデータセット（いわゆるダーティのデータセット）の中から）、重複チャンクデータを検索する際に使用される管理テーブルである。フィンガープリント管理テーブル 25 が有するエントリに格納される情報は、特徴フィンガープリント 251 と、論理アドレス 241 である。

[0063] 特徴フィンガープリント 251 は、特徴チャンクデータから算出されたフィンガープリントである。論理アドレス 241 は、特徴チャンクデータの格納先論理アドレスを表す。

[0064] フィンガープリント管理テーブルのエントリには、論理アドレス 241 に代えて物理アドレスが登録されてもよい。しかし、特徴チャンクデータの周辺データが一致しているかどうかを確認するためには、特徴チャンクデータの周辺データを読み出す必要があるため、論理アドレスを登録しておくこと

により、アドレス管理テーブル 2 4 を参照するオーバーヘッドを削減可能である。

[0065] 図 6 は、サンプリング周期管理テーブル 2 6 の構成例を示す。

[0066] サンプリング周期管理テーブル 2 6 は、動的に変更されるサンプリング周期を管理するためのテーブルである。サンプリング周期管理テーブル 2 6 は、ゾーンごとにエントリを有し、各エントリに格納される情報は、L U N 2 6 1 と、ゾーン # 2 6 2 と、集計数 2 6 3 と、合計重複長 2 6 4 と、平均重複長 2 6 5 と、サンプリング周期 2 6 6 とである。なお、本実施例において、「ゾーン」とは、論理記憶空間の一例であり、V O L を分割することにより得られた複数の V O L 領域（V O L 部分）の各々を意味する。ゾーンは、V O L より大きな単位であってもよい。ゾーンは、固定長でもよいし、可変長でもよい。たとえば、ファイルシステムにおいては、各特定ディレクトリがゾーンでよい。本実施例では、サンプリング周期は、ゾーン単位で変更可能である。ゾーンごとに、平均重複長が異なることがあり得る。本実施例では、ゾーンごとに、平均重複長がモニタリングされ、ゾーンごとに、サンプリング周期の見直しが行われる。これにより、より高い削減効果が期待できる。

[0067] L U N 2 6 1 は、ホストが V O L を識別するための識別番号である。ゾーン # 2 6 2 は、ゾーンの識別番号である。集計数 2 6 3 は、ゾーン内の重複チャンクデータの数を表す。合計重複長 2 6 4 は、ゾーン内の重複データの合計長を表す。平均重複長 2 6 5 は、重複データの長さの平均値であり、具体的には、合計重複長 2 6 4 を集計数 2 6 3 で割った値（例えばそのうちの商）である。上述の通り、1 つの重複データがチャンクよりも大きい場合は、平均重複長 2 6 5 は、チャンク 3 3 の長さよりも大きくなることがある。サンプリング周期 2 6 6 は、当該ゾーンについて現在設定されているサンプリング周期を表す。

[0068] 以下、本実施例で行われる処理を説明する。

[0069] 図 7 は、重複排除処理の流れの一例を示すフローチャートである。図では

明記していないが、重複排除を実施する契機は、ホスト2からのライトコマンドに応答してデータをドライブ21にライトするときでもよいし、ホスト2からのライトコマンドとは関係なく、周期的に実施されてもよい。一般に、前者の動作は、「インライン動作」と呼ばれ、後者の動作は、「ポストプロセス動作」と呼ばれる。本実施例において、重複排除処理は、インラインとポストプロセスのどちらで実施されてもよい。

[0070] 重複排除部F3は、データセットを受信する（ステップ5101）。このデータセットは、チャンクデータでもよいし、チャンクデータよりも大きい長さのデータ（論理的に連続なアドレスのデータ）でもよい。インラインの場合、受信したデータセットは、ホスト2からライトされたデータセット（例えばCM13に格納されたいわゆるダーティデータ）である。一方、ポストプロセスの場合、受信したデータセットは、ドライブ21から読み出されたデータセット（例えば、コントローラ10があらかじめ定めた固定長のデータ）である。

[0071] 次に、重複排除部F3は、受信したデータセットに対してチャンキングを実施する（ステップ5102）。「チャンキング」とは、受信されたデータセットをチャンク33単位に分割する処理のことである。チャンク33が固定長の場合には、あらかじめ定められたチャンクサイズにデータセットを分割する処理が実施される。一方、チャンク33が可変長の場合には、あらかじめ定められたルールに従ってデータセットが分割される。可変長でチャンキングする方法については、たとえば以下の文献で説明されている。

Zhu, K.Li, and H. Patterson, "Avoiding the disk bottleneck in the Data Domain deduplication file system" The 6th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST '08), February 2008.

[0072] 次に、重複排除部F3は、サンプリング周期管理テーブル26を参照し、該当するゾーン262に対応したサンプリング周期266を特定する（ステップ5103）。

[0073] 次に、重複排除部F3は、ステップ5103で特定したサンプリング周期

266に従い、データセットに含まれるチャンクデータの中から特徴チャンクデータを選択する（ステップ5104）。

[0074] 重複排除部F3は、当該チャンクに対して求めたフィンガープリントが既にフィンガープリント管理テーブル25に登録済みかどうかを判定する（ステップ5105）。具体的には、重複排除部F3は、当該チャンクに対して算出した特徴フィンガープリント36と同じ特徴フィンガープリントをフィンガープリント管理テーブル25における特徴フィンガープリント251から検索する。

[0075] ステップ5104の判定結果が偽の場合（ステップ5105：No）、重複排除部F3は、フィンガープリント管理テーブル25に、当該特徴フィンガープリント251と、当該特徴チャンクデータの論理アドレス241との組に登録する（ステップ5109）。例えばポストプロセス動作の場合、当該チャンクデータが、ドライブ21に格納されてよく、その場合、当該チャンクデータの物理アドレス242と論理アドレス241との組が、アドレス管理テーブル24に登録されてよい。一方、インライン動作の場合、当該チャンクデータの物理アドレス242と論理アドレス241との組は、既にアドレス管理テーブル24に登録されている。

[0076] ステップ5105の判定結果が真の場合（ステップ5105：Yes）、重複排除部F3は、当該チャンクデータと、当該チャンクデータとフィンガープリントが一致したチャンクの前後のチャンクをドライブ21から読み出し、同じデータかどうかを比較し、重複データかどうかを確認する（ステップ5106）。データが一致しなくなる範囲までこの処理を繰り返す。より具体的には、フィンガープリント管理テーブル25を参照し、当該チャンクのフィンガープリントと一致するエントリに格納されている論理アドレス241を取得する。そして、アドレス管理テーブル24を参照し、その論理アドレス241に該当するエントリの、前後の論理アドレス241のエントリから物理アドレス242を取得し、ドライブ21からデータをキャッシュメモリ13に読み出す。読み出したデータはCPU12がBit-by-Bitで

一致しているかどうかを確認する。このとき、一致しているかどうかの確認は、図示はしていないが、コントローラ 10 上に搭載された ASIC または FPGA などの専用のハードウェアが行ってもよい。

[0077] 次に、重複排除部 F 3 は、サンプリング周期管理テーブル 26 を更新する（ステップ 5107）。具体的には、例えば、重複排除部 F 3 は、サンプリング周期管理テーブル 26 を参照し、当該チャンクデータが属しているゾーン（LUN およびゾーン #）に一致するエントリを特定する。重複排除部 F 3 は、そのエントリについて集計数 263 の値に、「1」を加算し、合計重複長 264 の値に、ステップ 5106 で求めた重複データの長さを加算し、平均重複長 265 の値を、加算後の合計重複長 264 を加算後の集計数 263 で割った値（例えばそのうちの商）に変更する。なお、ポストプロセス動作の場合、ステップ 5107 において、重複排除部 F 3 は、ステップ 5106 で特定された重複データをドライブ 21 から削除し、重複データの論理アドレス 241 に対し、重複データと同じデータの物理アドレス 242 を対応付けてよい。一方、インライン動作の場合、ステップ 5107 において、重複排除部 F 3 は、ステップ 5106 で特定された重複データを CM 13 から削除し、重複データの論理アドレス 241 に対し、重複データと同じデータの物理アドレス 242 を対応付けてよい。いずれにしても、ステップ 5105 : No の場合、算出された特徴フィンガープリントはフィンガープリント管理テーブル 25 に登録されない。

[0078] 重複排除部 F 3 は、データセットの中のすべてのチャンクに対して重複データがあるかを調べたかどうかを判定する（ステップ 5108）。具体的には、例えば、重複排除部 F 3 は、データセットの中に、ステップ 5104 を実行しておらず、かつ、ステップ 5106 において、既に重複かどうかを確認済みでないチャンクが、まだ残っているかどうかを判定する。

[0079] ステップ 5108 の判定結果が真の場合（ステップ 5108 : Yes）、処理が終了する。一方、ステップ 5108 の判定結果が偽の場合（ステップ 5108 : No）、ステップ 5104 に戻る。

[0080] 図8は、サンプリング周期見直し処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0081] サンプリング周期見直し処理は、繰り返し（例えば、定期的にまたは不定期的に）、実行される。この処理では、サンプリング周期見直し部F4が、過去の重複排除の実施結果に基づき、サンプリング周期を見直す（例えば、重複排除率を最大化するサンプリング周期を選択する）。この処理は、サンプリング周期管理テーブル26を用いて行われ、ゾーンごとに実施される。この処理では、サンプリングをした場合でも削減効果（重複排除率）が下がらないようにするために、サンプリング周期は、重複データに含まれるチャンクデータが重複排除対象になる確率が十分高くなるように設定する。

[0082] 具体的には、サンプリング周期を平均重複長/ $(X \times \text{チャンクサイズ})$ に近づける。Xはストレージコントローラがあらかじめ定めた値でもよい。また、Xは管理計算機3に表示されたGUI（Graphical User Interface）経由でストレージ管理者によりコントローラ10に設定されてもよい。Xを変更することにより、サンプリングによって重複排除に成功する確率が変化する。たとえば、 $X=2$ に設定した場合、前述の通り重複データに含まれるチャンクデータが重複排除対象になる確率は8割を超える。

[0083] サンプリング周期見直し部F4は、サンプリング周期管理テーブル26を参照し、処理対象となるゾーンに対応したエントリから、平均重複長265と、サンプリング周期266とを取得する（ステップ5201）。

[0084] 次に、サンプリング周期見直し部F4は、サンプリング周期266を平均重複長265/ $(X \times \text{チャンクサイズ})$ に変更する。

実施例 2

[0085] 以下、実施例2を説明する。その際、実施例1との相違点を主に説明し、実施例1との共通点の説明を省略または簡略する。なお、実施例2の説明では、実施例1と異なる要素については、参照符号の末尾に「 $\prime$ 」という記号は付加する。

[0086] 実施例2では、より高度なサンプリング周期見直し処理が実施される。実

施例1では、サンプリング周期を平均重複長／（2＊チャンクサイズ）に近づけるという制御が実施された。重複長（重複データの長さ）の平均値と重複長の最頻値（重複長の分布において最も多い重複長）がほぼ同程度であれば、この制御により、削減効果の低下を軽減できるサンプリング周期を選ぶことが可能になる。

[0087] しかし、例えば、重複長の平均値と重複長の最頻値が一致しない場合、このアプローチが必ずしも最適ではないと考えられる。

[0088] そこで、実施例2では、サンプリング周期見直し部F4´が、重複長ごとの削減効果を集計することにより、削減効果を予測する。重複長ごとに削減効果を集計するため、実施例1と比較して、計算オーバーヘッドや削減効果を集計しておくためのメモリ量が増えることになるが、より正確な削減効果を予測することが可能になる。

[0089] 削減効果を予測することが可能になることにより、目標とする重複排除性能もしくは削減効果を達成するために必要十分なサンプリング周期を選択することが可能になる。ただし、重複排除性能と削減効果のどちらを重視するかはユースケースによって異なるため、どういう状態を最適と考えるかを定めることが好ましい。

[0090] そこで、本実施例では、削減効果の低下をどこまで許容するか目標値が設定される。削減効果は、サンプリング周期を「1」にしたときがもっとも高い。なぜなら、チャンクデータごとにフィンガープリントの算出および比較が行われることになるからである。サンプリング周期「1」のときの削減効果からの低下率を百分率で表した値を、本実施例において「目標削減率」と定義する。例えば、目標削減率＝90％の場合、削減効果が、サンプリング周期「1」の場合の削減効果の90％を達成するような最大のサンプリング周期を選定することが目標とされる。

[0091] 目標削減率は、例えば、管理計算機3´に表示されたGUI（Graphical User Interface）経由でストレージ管理者によりコントローラ10´に設定されてもよい。例えば、目標削減効果の数値（単位は％）それ自体が、スト

レージ管理者により入力されてもよいし、３段階の性能優先度「High」、「Middle」、「Low」の中からストレージ管理者所望の性能優先度が選択されてもよい。「High」は、目標削減率＝６０％、「Middle」は、目標削減率＝８０％、「Low」は、目標削減率＝１００％でよい。このように、性能優先度が高いほど、目標削減率が小さく、性能優先度が低いほど、目標削減率が高くてよい。性能優先度は３段階に限られないでよい。

[0092] 図９は、実施例２に係る統計管理テーブル２７の構成例を示す。

[0093] 統計管理テーブル２７は、コントローラ１０が有する管理情報に含まれる要素である。統計管理テーブル２７は、重複長（重複データの長さ）ごとに削減効果を集計した度数分布である。統計管理テーブル２７は、ゾーンごとに存在し、そのゾーンの統計情報を保持する。統計管理テーブル２７は、例えば、対応するゾーンの基になっているドライブ２１のメタデータ領域２２、または、ＣＭ１３のようなメモリに格納される。統計管理テーブル２７は、ゾーンに対応するサンプリング周期を変更することにより削減効果がどの程度変化するかを予想するために使用される。統計管理テーブル２７は、重複長範囲ごとにエントリを有する。各エントリに格納される情報は、重複長範囲２７１、削減量２７２、予測削減量２７３および予測最大削減量２７４である。

[0094] 重複長範囲２７１は、重複長を度数分布で集計するための範囲であり、一般には度数分布の階級ともよばれる。重複長は、重複排除処理の実行結果から求めることができる。図中では、重複長範囲２７１の値は、指数関数的に増えているが、線形に増えてもよい。なお、重複長範囲２７１の値として、「[0KB, 4KB)」は、0KB以上4KB未満を意味する。

[0095] 削減量２７２は、Ｐ個の重複データにそれぞれ対応したＰ個の個別削減量の合計値（累積削減量）である。個別削減量は、重複排除前のデータ長と重複データのデータ長との差分である。予測削減量２７３は、削減量２７２と変更後のサンプリング周期とに基づいて算出された予測値（重複長範囲における削減量の予測値）である。図９においては、サンプリング周期を「４」

から「8」に変更した場合の予測値である。予測最大削減量 274 は、最も削減効果が最大となるサンプリング周期（本実施例では「1」）を選択した場合の削減効果の予測値である。予測最大削減量 274 は、予測削減量 273 と同じ方法で算出可能である。

[0096] 統計管理テーブル 27 の最終エントリにおいて、重複長範囲 271 の値は、「合計値」であり（重複長範囲それ自体ではなく）、削減量 272、予測削減量 273 および予測最大削減量 274 の各々は、そのカラムにおける値（カラム値）の合計値である。

[0097] 以下、予測削減量の算出方法を説明する。

[0098] サンプリング周期がより長くなる場合、平均重複長が比較的小さいと、削減効果の低下は比較的大きい可能性が高い。逆に、サンプリング周期がより短くなる場合、平均重複長が比較的小さいと、削減効果の低下は比較的小さい可能性が高い。この関係を定式化することが考えられる。

[0099] 連続して重複している範囲の中に、特徴チャンクデータが 1 つでも含まれていれば、その範囲のデータについて重複排除処理を実施することが可能である。上述の通り、サンプリング周期 N 、平均重複長 L_A 、チャンクサイズ L_C において、重複データが重複排除対象になる確率 $P(N, L_A, L_C)$ は、実施例 1 で説明した式 (1) で求めることができる。

[0100] ここで、サンプリング周期 N 、平均重複長 L_A 、チャンクサイズ L_C において、実際に重複排除処理を実施し、得られた削減量を $D(N, L_A, L_C)$ と定義する。また、サンプリングを全くしない（すなわちサンプリング周期「1」）の場合の削減量を $D(1, L_A, L_C)$ とする。この場合、 $P(N, L_A, L_C)$ の確率で重複排除に成功し、 $1 - P(N, L_A, L_C)$ の確率で重複排除に失敗しており、成功したデータについてだけ集計した削減効果が、 $D(N, L_A, L_C)$ であるといえるので、以下の式がおおよそ成立する。実際は、平均値周りの揺らぎがあるのでこのような単純な式では算出できないが、サンプリング周期を決定するための指標としては十分である。

$$D(N, L_A, L_C) \div D(1, L_A, L_C) * P(N, L_A, L_C)$$

$$D(1, L_A, L_C) \doteq D(N, L_A, L_C) / P(N, L_A, L_C)$$

[0101] 同じ考え方で、サンプリング周期を「N」から「N'」に変更した場合の削減効果も算出可能である。具体的には、サンプリング周期N、平均重複長 L_A 、チャンクサイズ L_C において、重複データが重複排除対象になる確率を $P(N, L_A, L_C)$ 、重複排除による削減量を $D(N, L_A, L_C)$ とした場合、サンプリング周期NをN'に変更したときの削減量 $D(N', L_A, L_C)$ は、次の式で見積もることができる。

$$D(N', L_A, L_C) = D(N, L_A, L_C) * P(N', L_A, L_C) / P(N, L_A, L_C) \cdots \text{式(2)}$$

[0102] ここで、 $P(N, L_A, L_C) = 1 - (1 - 1/N)^{(L_A/L_C)}$ の式により $P(N, L_A, L_C)$ を算出し、 $D(N, L_A, L_C)$ は、実際に重複排除を実施することにより算出する。このように削減効果を重複長ごとに集計した度数分布を作成することにより、削減効果の予測が可能になる。度数分布の階級を多くするほど、削減効果の予測の精度は高くなるが、細かくしすぎると統計管理テーブル27のサイズが増えてしまうので適切な値に設定する必要がある。

[0103] 以下、具体例を挙げて、見積りを説明する。

[0104] 図9において、重複長が0KBから4KBにおける削減量272の実測値が40,000KBである。なおチャンクサイズ L_C は4kBと仮定する。この区間における平均重複長 L_A は図示はしていないが、重複排除処理の途中で厳密に算出されてもよいし、簡単のために区間の中央値 $((0\text{KB} + 4\text{KB}) / 2 = 2\text{KB})$ として算出されてもよい。ここでは後者の2kBを平均重複長として計算する。まとめると、 $N=4$ 、 $L_A=2\text{KB}$ 、 $L_C=4\text{KB}$ における削減効果 $D(4, 2\text{KB}, 4\text{KB}) = 40,000\text{KB}$ である。よって、サンプリング周期を「8」に変更した場合の予測削減量273は、以下の式で求めることができる。

$$\begin{aligned} D(8, 2\text{KB}, 4\text{KB}) &= D(4, 2\text{KB}, 4\text{KB}) * P(8, 2\text{KB}, 4\text{KB}) / P(4, 2\text{KB}, 4\text{KB}) \\ &= 40,000\text{KB} * (1 - (1 - 1/8)^{(1/2)}) / (1 - (1 - 1/4)^{(1/2)}) \\ &= 19,283\text{KB} \end{aligned}$$

[0105] 予測最大削減量274も $N=1$ を代入することで、以下のように見積もり値を

算出することができる。

$$\begin{aligned} D(1, 2KB, 4KB) &= D(4, 2KB, 4KB) * P(1, 2KB, 4KB) / P(4, 2KB, 4KB) \\ &= 40,000KB * (1 - (1 - 1/1)^{(1/2)}) / (1 - (1 - 1/4)^{(1/2)}) \\ &= 298,564KB \end{aligned}$$

[0106] 図10は、実施例2に係るサンプリング周期管理テーブル26'の構成例を示す。

[0107] サンプリング周期管理テーブル26'の各エントリに格納される情報は、実施例1で説明した情報に加えて、更に、削減量267、削減率268、および、目標削減率269がある。

[0108] 削減量267は、対応するゾーンについての削減量の合計値であり、具体的には、そのゾーンに対応した統計管理テーブル27における削減量272の合計値である。削減率268は、現在のサンプリング周期で得られている削減量が予測最大削減量の何%に相当しているかを示し、具体的には、削減量267を統計管理テーブル27の最終エントリにおける予測最大削減量274で割った値が百分率で表現された値である。目標削減率269は、上述の通りあらかじめ設定された削減率の目標値である。本実施例では、目標削減率は、ゾーンごとに設定可能であるが、LUNまたはコントローラ10'単位のようなより大きな単位で設定されてもよい（例えばより大きな単位で設定された場合、その単位に属する全てのゾーンについて、その単位について指定された目標削減率が設定されてよい）。

[0109] 図11は、削減効果画面の一例を示す。

[0110] 削減効果画面40は、例えば、ゾーンごとの画面でよく、そのゾーンに対応した統計管理テーブル27を基に、例えば、サンプリング周期見直し部F4'または管理計算機3'により管理計算機3'（またはホスト計算機2等の他の計算機）に表示される画面（例えばGUI）である。

[0111] 削減効果画面40において、横軸は、重複長であり、縦軸は、削減量272（累積削減量）を重複長範囲271が大きいものからの累積分布を表示したものである。累積分布を表示することにより、横軸における最小値に対応

した、縦軸における値が、削減量 272 の合計値（最終エントリにおける削減量 272 の値）に対応する。

[0112] 図中では、参照符号 410 が、削減量 272 の累積分布を示し、参照符号 411 が、予測削減量 273 の累積分布を示し、参照符号 412 が、予測最大削減量 274 の累積分布を示す。また、実線は、実測値を意味し、破線は、実測値に基づく予測値を意味する。図 11 では、これらの累積分布のすべてが表示されているが、これらの累積分布のうちの少なくとも 1 つが表示されるのであってもよい。

[0113] このように削減効果を可視化をすることにより、サンプリング周期を変更することにより、削減量がどのように変化するかを視覚的に見せることが可能になる。

[0114] 図 12 は、実施例 2 に係るサンプリング周期見直し処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0115] この処理は、ゾーンごとに繰り返し実施される。この処理では、サンプリング周期管理テーブル 26、および、当該ゾーンに対応する統計管理テーブル 27 が用いられる。

[0116] サンプリング周期見直し部 F4 は、サンプリング周期管理テーブル 26 を参照し、処理対象となるゾーンに対応したエントリからサンプリング周期 266 を取得する（ステップ 5301）。

[0117] 次に、サンプリング周期見直し部 F4 は、取得したサンプリング周期 266 と、統計管理テーブル 27 の削減量 272 とを用いて、重複長範囲 271 ごとに、予測最大削減量 274 を算出する（ステップ 5302）。予測最大削減量 274 は、上述の通り、式（2）を用いて算出される。

[0118] 次に、サンプリング周期見直し部 F4 は、（削減量 272 の合計値）／（予測最大削減量 274 の合計値）＞目標削減率 269 の不等式が成立するかどうかを判定する（ステップ 5303）。

[0119] ステップ 5303 の判定結果が真の場合、さらにサンプリング周期を長くしても目標削減率 269 以上の削減率を達成できる可能性があるということ

である。そこで、サンプリング周期見直し部 F 4 ' は、サンプリング周期を増やししながら、（変更後のサンプリング周期における予測削減量 2 7 3 の合計値） / （予測最大削減量 2 7 4 の合計値） > 目標削減率 2 6 9 の不等式を満たすかどうかを判定することで、その不等式を満たす変更後サンプリング周期 N' の最大値を算出する（ステップ 5 3 0 4）。具体的には、例えば、下記が行われてよい。

（ステップ 5 3 0 4 - 1）サンプリング周期見直し部 F 4 ' は、変更後のサンプリング周期 N' を、「X」から、「 $X + \alpha$ 」に増やす。「X」の初期値は、現在のサンプリング周期 N と同じ値である。増加量「 α 」は、例えば 1 以上の整数であり、具体的には、例えば「1」である。増加量「 α 」は、固定値でもよいし可変値でもよい。

（ステップ 5 3 0 4 - 2）サンプリング周期見直し部 F 4 ' は、ステップ 5 3 0 4 - 1 で更新後のサンプリング周期 N' について、予測削減量 2 7 3 を重複長範囲 2 7 1 ごと算出することで、予測削減量 2 7 3 の合計値を算出する。

（ステップ 5 3 0 4 - 3）サンプリング周期見直し部 F 4 ' は、（変更後のサンプリング周期における予測削減量 2 7 3 の合計値） / （予測最大削減量 2 7 4 の合計値） > 目標削減率 2 6 9 の不等式を満たすかどうかを判定する。

「（変更後のサンプリング周期における予測削減量 2 7 3 の合計値） / （予測最大削減量 2 7 4 の合計値）」は、「期待削減量」と呼ぶことができる。「変更後のサンプリング周期における予測削減量 2 7 3 の合計値」は、ステップ 5 3 0 4 - 2 で算出された値である。ステップ 5 3 0 4 - 3 の判定結果が真の場合、再度ステップ 5 3 0 4 - 1 が実施される。

（ステップ 5 3 0 4 - 4）ステップ 5 3 0 4 - 3 の判定結果が偽の場合、サンプリング周期見直し部 F 4 ' は、現在の「X」ではなく直前回の「X」の値を、変更後のサンプリング周期 N' の最大値と決定する。

[0120] 一方、ステップ 5 3 0 3 の判定結果が偽の場合（ステップ 5 3 0 3 : No）、現在のサンプリング周期では目標削減率を達成できていないということ

である。そこで、

サンプリング周期見直し部F 4 ´ は、サンプリング周期を減らしながら、（変更後のサンプリング周期における予測削減量 2 7 3 の合計値） / （予測最大削減量 2 7 4 の合計値） > 目標削減率 2 6 9 の不等式を満たすかどうかを判定することで、その不等式を満たす変更後サンプリング周期 N ´ の最大値を算出する（ステップ 5 3 0 5）。具体的には、例えば、下記が行われてよい。

（ステップ 5 3 0 5 - 1）サンプリング周期見直し部 F 4 ´ は、変更後のサンプリング周期 N ´ を、「Y」から、「Y - β 」に減らす。「Y」の初期値は、現在のサンプリング周期 N と同じ値である。減少量「 β 」は、例えば 1 以上の整数であり、具体的には、例えば「1」である。減少量「 β 」は、固定値でもよいし可変値でもよい。

（ステップ 5 3 0 5 - 2）サンプリング周期見直し部 F 4 ´ は、ステップ 5 3 0 5 - 1 で更新後のサンプリング周期 N ´ について、予測削減量 2 7 3 を重複長範囲 2 7 1 ごと算出することで、予測削減量 2 7 3 の合計値を算出する。

（ステップ 5 3 0 5 - 3）サンプリング周期見直し部 F 4 ´ は、（変更後のサンプリング周期における予測削減量 2 7 3 の合計値） / （予測最大削減量 2 7 4 の合計値） > 目標削減率 2 6 9 の不等式を満たすかどうかを判定する。ここでの「変更後のサンプリング周期における予測削減量 2 7 3 の合計値」は、ステップ 5 3 0 5 - 2 で算出された値である。ステップ 5 3 0 5 - 3 の判定結果が真の場合、再度ステップ 5 3 0 5 - 1 が実施される。

（ステップ 5 3 0 5 - 4）ステップ 5 3 0 5 - 3 の判定結果が偽の場合、サンプリング周期見直し部 F 4 ´ は、現在の「Y」ではなく直前回の「Y」の値を、変更後のサンプリング周期 N ´ の最大値と決定する。

[0121] サンプリング周期見直し部 F 4 ´ は、当該ゾーンに対応する現在のサンプリング周期 2 6 6 の値を、ステップ 5 3 0 4 またはステップ 5 3 0 5 で算出した変更後サンプリング周期の値に更新する（ステップ 5 3 0 6）。

[0122] 以上のサンプリング周期見直し処理によれば、目標削減率より高い削減率が期待できるサンプリング周期のうちの最大のサンプリング周期が採用される。これにより、重複排除のパフォーマンスの向上と、削減効果の低下の軽減との両方を実現することができる。

[0123] 以上、幾つかの実施例を説明したが、これらは本発明の説明のための例示であって、本発明の範囲をこれらの実施例にのみ限定する趣旨ではない。本発明は、他の種々の形態でも実行することが可能である。

[0124] 例えば、チャンクサイズが可変の場合、複数のチャンクデータにそれぞれ対応した複数のチャンクサイズの平均値（または、最大値または最小値のような1以上のチャンクサイズに基づく値）が、サンプリング周期の見直しにおいて使用するチャンクサイズとして採用されてよい。

[0125] また、例えば、サンプリング周期の見直しにおいて、複数の重複データについて、重複長の平均値（平均重複長）に代えて、重複長の最頻値が採用されてもよい。重複長の平均値も最頻値も、複数の重複データにそれぞれ対応した複数の重複データ長（重複長）のうちの少なくとも1つの重複データ長に基づく値である統計重複データ長の一例である。

[0126] また、管理情報に含まれる要素のうち少なくともサンプリング周期管理テーブル26、26'および統計管理テーブル27が保持する情報が管理計算機3により収集され、管理計算機3が、サンプリング周期見直し処理や、削減効果画面の表示処理等を行ってもよい。

符号の説明

[0127] 1：ストレージシステム

請求の範囲

[請求項1]

記憶デバイスと、

フィンガープリント管理情報を記憶する記憶部を有するコントローラと

を有し、

前記コントローラは、（A）乃至（C）を含んだ重複排除処理を実行し、

（A）データを、複数のデータ部分である複数のチャンクデータに分割する、

（B）平均してチャンクデータN個につき1個のチャンクデータを選択することを意味するサンプリング周期に従い、前記複数のチャンクデータから1以上のチャンクデータを選択する、

（C）選択された1以上のチャンクデータである1以上の特徴チャンクデータの各々について（c1）乃至（c4）を実行する、

（c1）特徴チャンクデータの代表値である特徴フィンガープリントを算出する、

（c2）算出した特徴フィンガープリントに適合する特徴フィンガープリントが前記フィンガープリント管理情報に登録済みか否かを判定する、

（c3）（c2）の判定結果が偽の場合、前記算出された特徴フィンガープリントを前記フィンガープリント管理情報に登録する、

（c4）（c2）の判定結果が真の場合、前記算出された特徴フィンガープリントを前記フィンガープリント管理情報に登録せず、特徴チャンクデータとその前後のデータとのうちの少なくともその特徴チャンクデータを含む重複データを、前記記憶デバイスに格納しない又は前記記憶デバイスから削除する、

前記コントローラは、過去の重複排除処理の結果を基に、前記サンプリング周期を変更する、

ストレージシステム。

[請求項2] 前記過去の重複排除処理の結果は、複数の重複データにそれぞれ対応した複数の重複データ長のうちの少なくとも1つの重複データ長に基づく値である統計重複データ長を含む、
請求項1記載のストレージシステム。

[請求項3] 前記統計重複データ長は、前記複数の重複データ長の平均値または最頻値である、
請求項2記載のストレージシステム。

[請求項4] (B)において使用されるサンプリング周期は、複数の論理記憶空間である複数のゾーンにそれぞれ対応した複数のサンプリング周期のうちの、処理対象の論理記憶空間に対応したサンプリング周期であり、

前記コントローラは、論理記憶空間ごとに、統計重複データ長をモニタリングし、

前記コントローラは、論理記憶空間ごとに、サンプリング周期を更新する、

請求項2記載のストレージシステム。

[請求項5] 前記複数の論理記憶空間の各々は、論理ボリュームの一部領域、又は、ファイルシステム内のディレクトリである、
請求項4記載のストレージシステム。

[請求項6] 前記コントローラは、定期的または不定期的に、過去の重複排除処理の結果を基に現在のサンプリング周期が適切かどうかの判定を含んだサンプリング周期見直し処理を実行し、

前記コントローラは、前記サンプリング周期見直し処理において、判定結果が真の場合に、前記サンプリング周期を更新する、

請求項2記載のストレージシステム。

[請求項7] 前記コントローラは、現在のサンプリング周期と、チャンクデータのサイズであるチャンクサイズと、前記統計重複データ長とを用いて

前記判定を行う、

請求項 6 記載のストレージシステム。

[請求項8] 前記コントローラは、複数の重複データ長範囲にそれぞれ対応した複数の累積削減量に基づいて、現在のサンプリング周期を変更する、請求項 2 記載のストレージシステム。

[請求項9] 前記コントローラは、現在のサンプリング周期を、複数の重複データ長範囲にそれぞれ対応した複数の累積削減量および複数の予測最大削減量に基づいて得られた値が目標値以上になるようなサンプリング周期のうちの最大値に変更する、請求項 8 記載のストレージシステム。

[請求項10] 前記コントローラは、現在のサンプリング周期について複数の重複データ長範囲にそれぞれ対応した複数の累積削減量に従う第 1 の累積分布と、現在のサンプリング周期について複数の重複データ長範囲にそれぞれ対応した複数の最大予測累積削減量に従う第 2 の累積分布と、変更後のサンプリング周期について複数の重複データ長範囲にそれぞれ対応した複数の予測累積削減量に従う第 3 の累積分布とのうちの少なくとも 1 つを表示する、請求項 2 記載のストレージシステム。

[請求項11] (A) 乃至 (C) を含んだ重複排除処理の過去の結果を参照し、

(A) データを、複数のデータ部分である複数のチャンクデータに分割する、

(B) 平均してチャンクデータ N 個につき 1 個のチャンクデータを選択することを意味するサンプリング周期に従い、前記複数のチャンクデータから 1 以上のチャンクデータを選択する、

(C) 選択された 1 以上のチャンクデータである 1 以上の特徴チャンクデータの各々について (c 1) 乃至 (c 4) を実行する、

(c 1) 特徴チャンクデータの代表値である特徴フィンガープリントを算出する、

(c 2) 算出した特徴フィンガープリントに適合する特徴フィンガープリントがフィンガープリント管理情報に登録済か否かを判定する、

(c 3) (c 2) の判定結果が偽の場合、前記算出された特徴フィンガープリントを前記フィンガープリント管理情報に登録する、

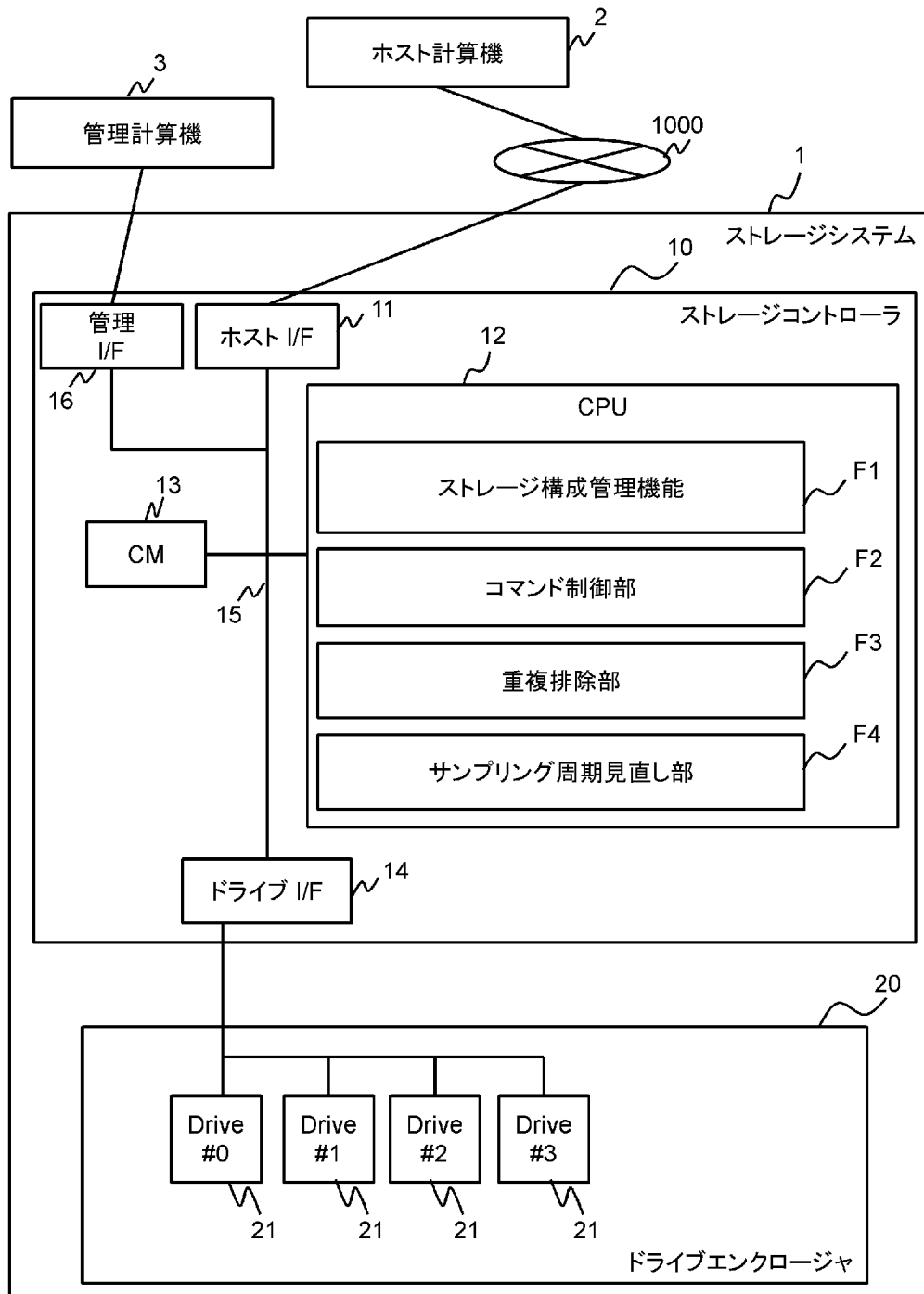
(c 4) (c 2) の判定結果が真の場合、前記算出された特徴フィンガープリントを前記フィンガープリント管理情報に登録せず、特徴チャンクデータとその前後のデータとのうちの少なくともその特徴チャンクデータを含む重複データを、前記記憶デバイスに格納しない又は前記記憶デバイスから削除する、

過去の重複排除処理の結果を基に、前記サンプリング周期を更新する、

記憶制御方法。

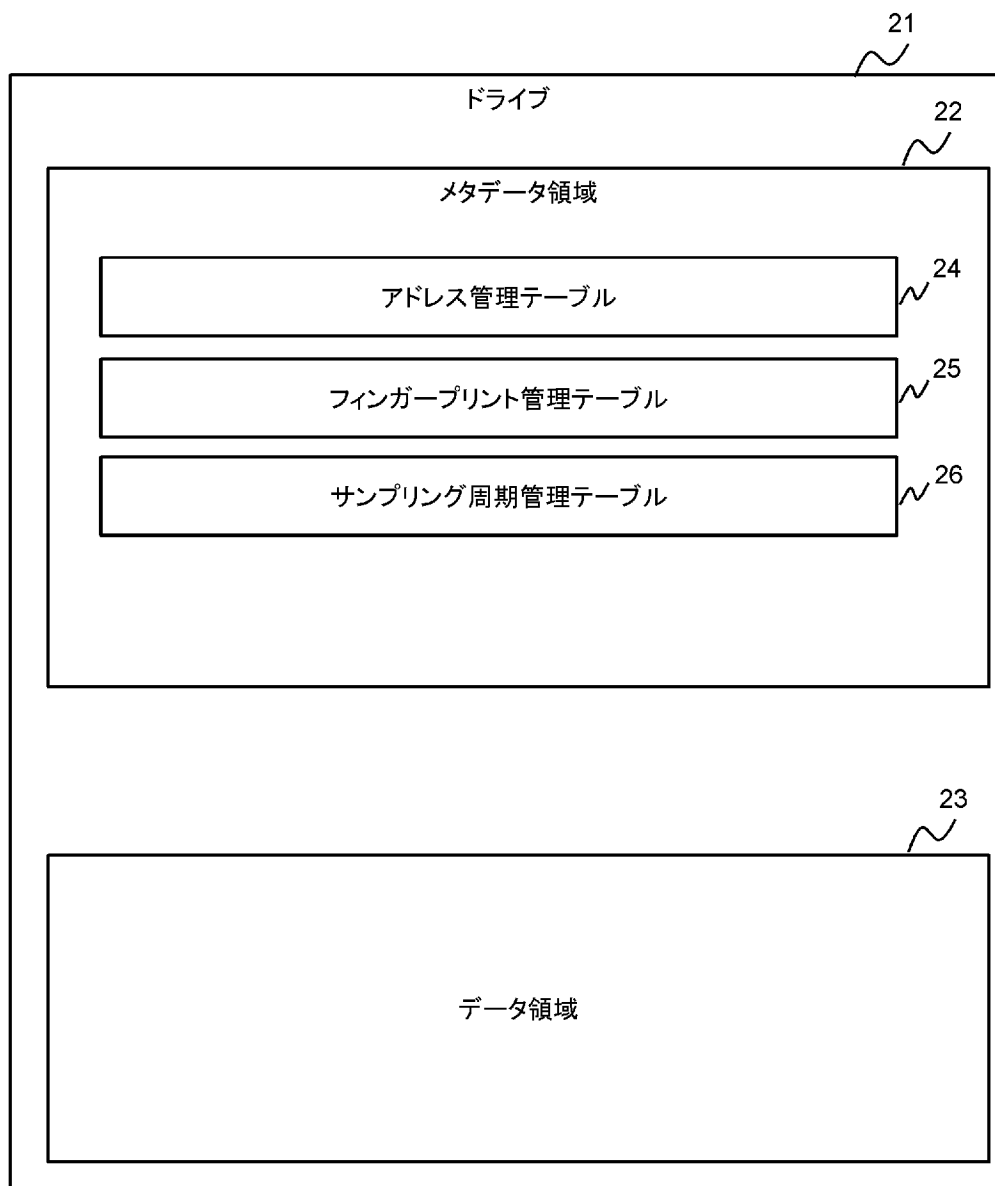
[図1]

FIG. 1



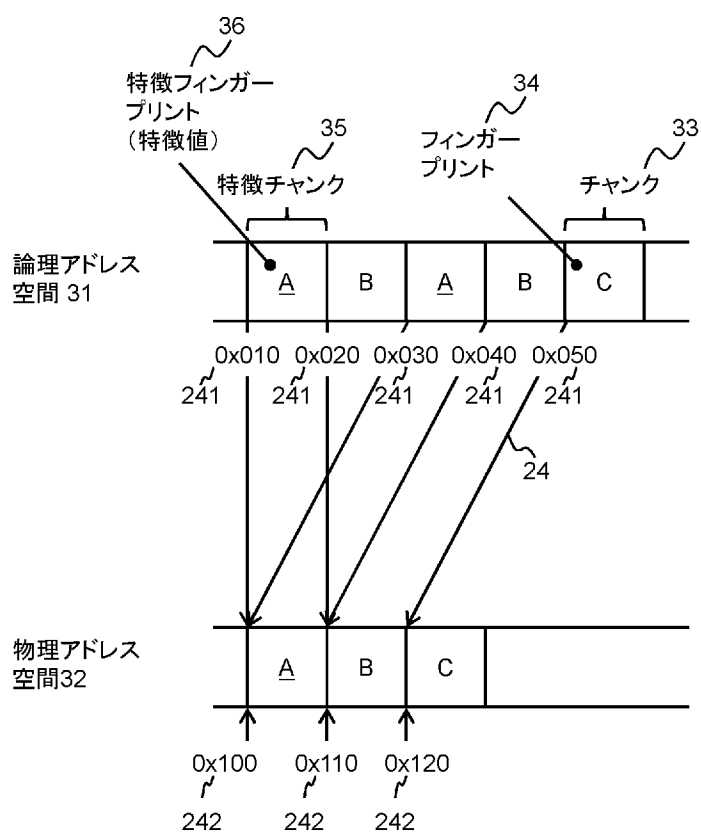
[図2]

FIG. 2



[図3]

FIG. 3



[図4]

FIG. 4

24

アドレス管理テーブル	
241 論理アドレス	242 物理アドレス
0x010	0x100
0x020	0x110
0x030	0x100
0x040	0x110
0x050	0x120

[図5]

FIG. 5

25

フィンガープリント管理テーブル	
251 特徴フィンガープリント	241 論理アドレス
A	0x10

[図6]

FIG. 6

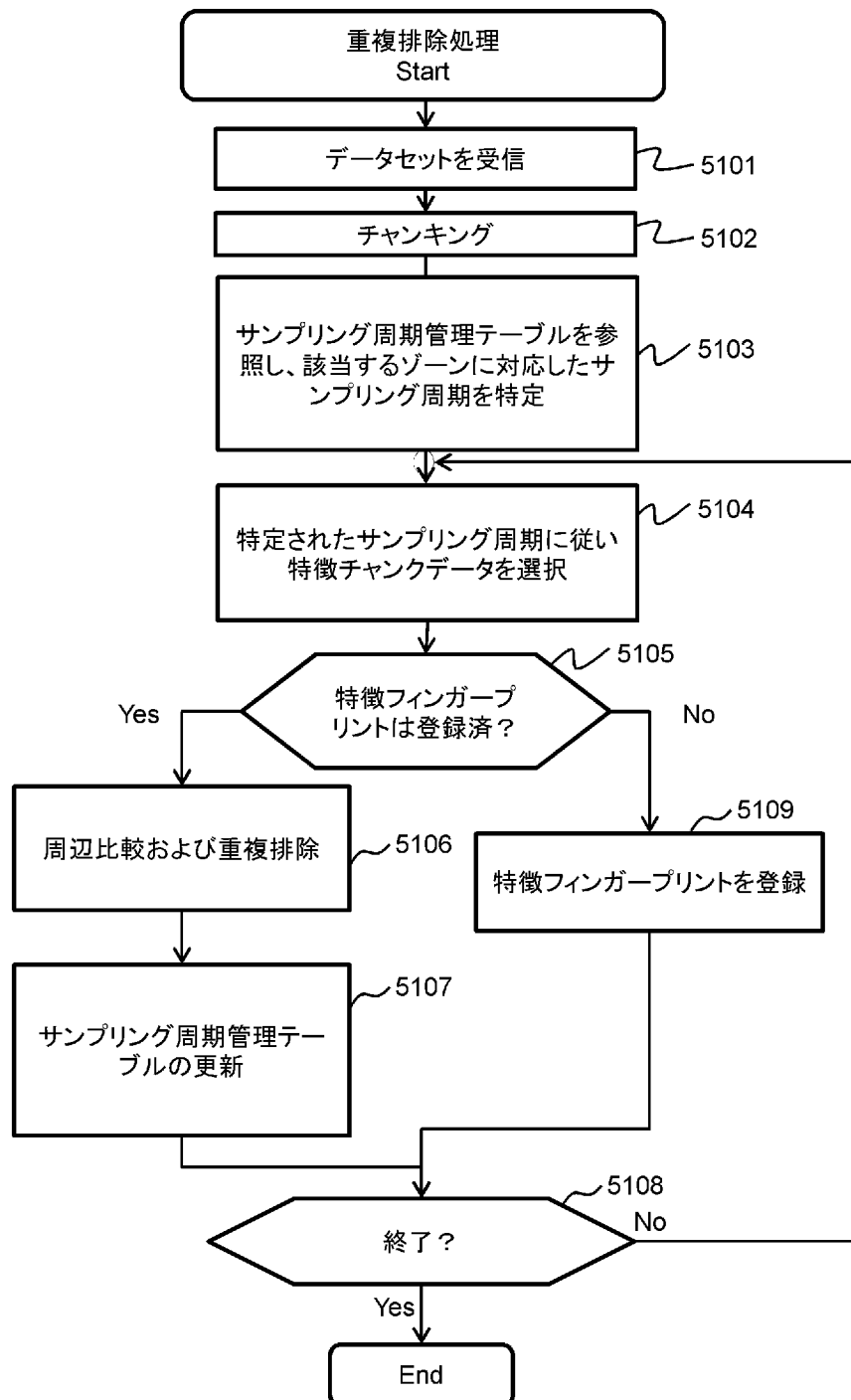
26

サンプリング周期管理テーブル

LUN#	ゾーン#	集計数	合計 重複長	平均 重複長	サンプリング周期
0	0	100	3200	32	4
0	1	100	400	4	4
0	2	50	400	8	4
1	0	50	6400	128	4
1	1	50	3200	64	16
1	2	50	3200	64	16

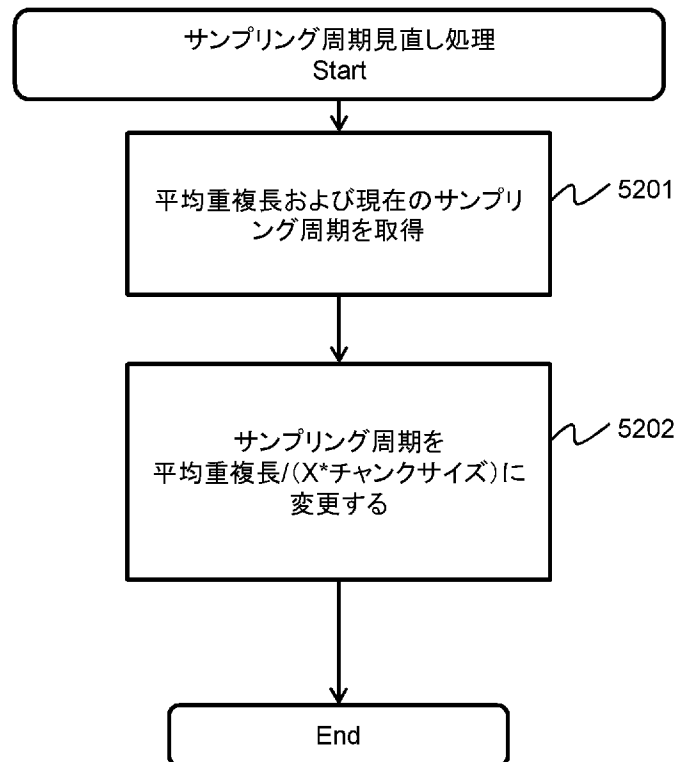
[図7]

FIG. 7



[図8]

FIG. 8



[図9]

FIG. 9

統計管理テーブル				
LUN0/ ゾーン#0	重複長範囲	削減量 (サンプリング周期=4)	予測削減量 (サンプリング周期=8)	予測最大削減量 (サンプリング周期=1)
	[0KB, 4KB)	40,000KB	19,283KB	298,564KB
	[4KB, 8KB)	80,000KB	41,432KB	228,258KB
	[8KB, 16KB)	160,000KB	91,351KB	276,757KB
	[16KB, 32KB)	1,600,000KB	1,072,876KB	1,946,421KB
	[32KB, 64KB)	800,000KB	659,765KB	826,170KB
	≥ 64KB	1,000,000KB	1,000,000KB	1,000,000KB
	合計値	3,680,000KB	2,884,798KB	4,576,179KB

[図10]

FIG. 10

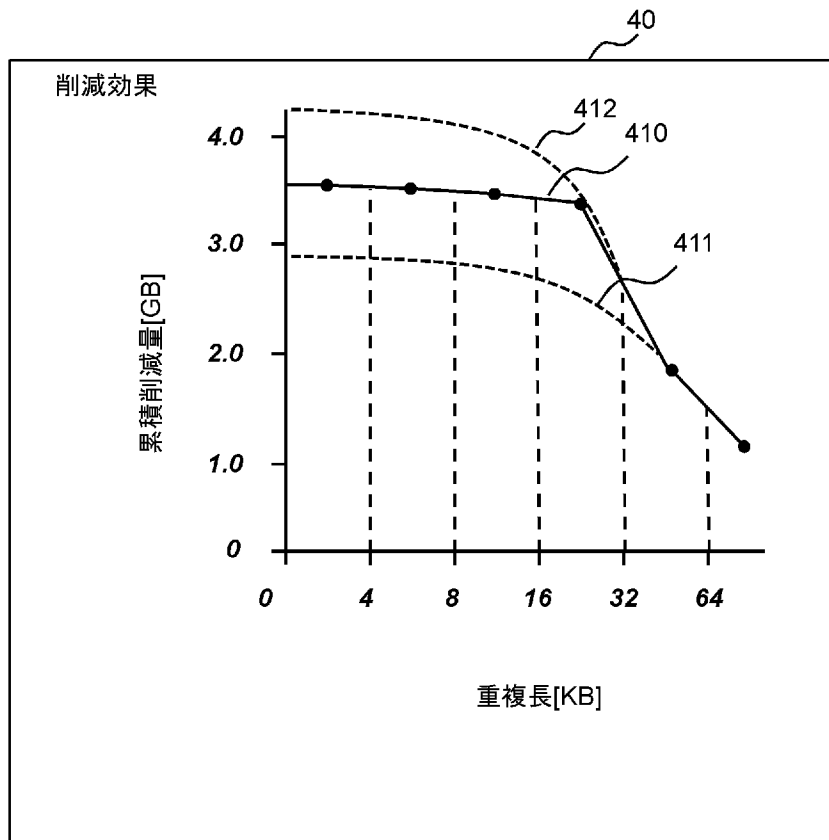
26

サンプリング周期管理テーブル

261	262	263	264	265	266	267	268	269
LUN	ゾーン#	集計数	合計 重複長	平均 重複長	サンプリング 周期	削減量 [MB]	削減率	目標削減率
0	0	100	3200	32	4	3,680MB	95%	90%
0	1	100	400	4	4	2,000MB	70%	90%
0	2	50	400	8	4	2,500MB	95%	90%
1	0	50	6400	128	4	5,600MB	98%	90%
1	1	50	3200	64	16	2,000MB	90%	90%
1	2	50	3200	64	16	2,000MB	90%	90%

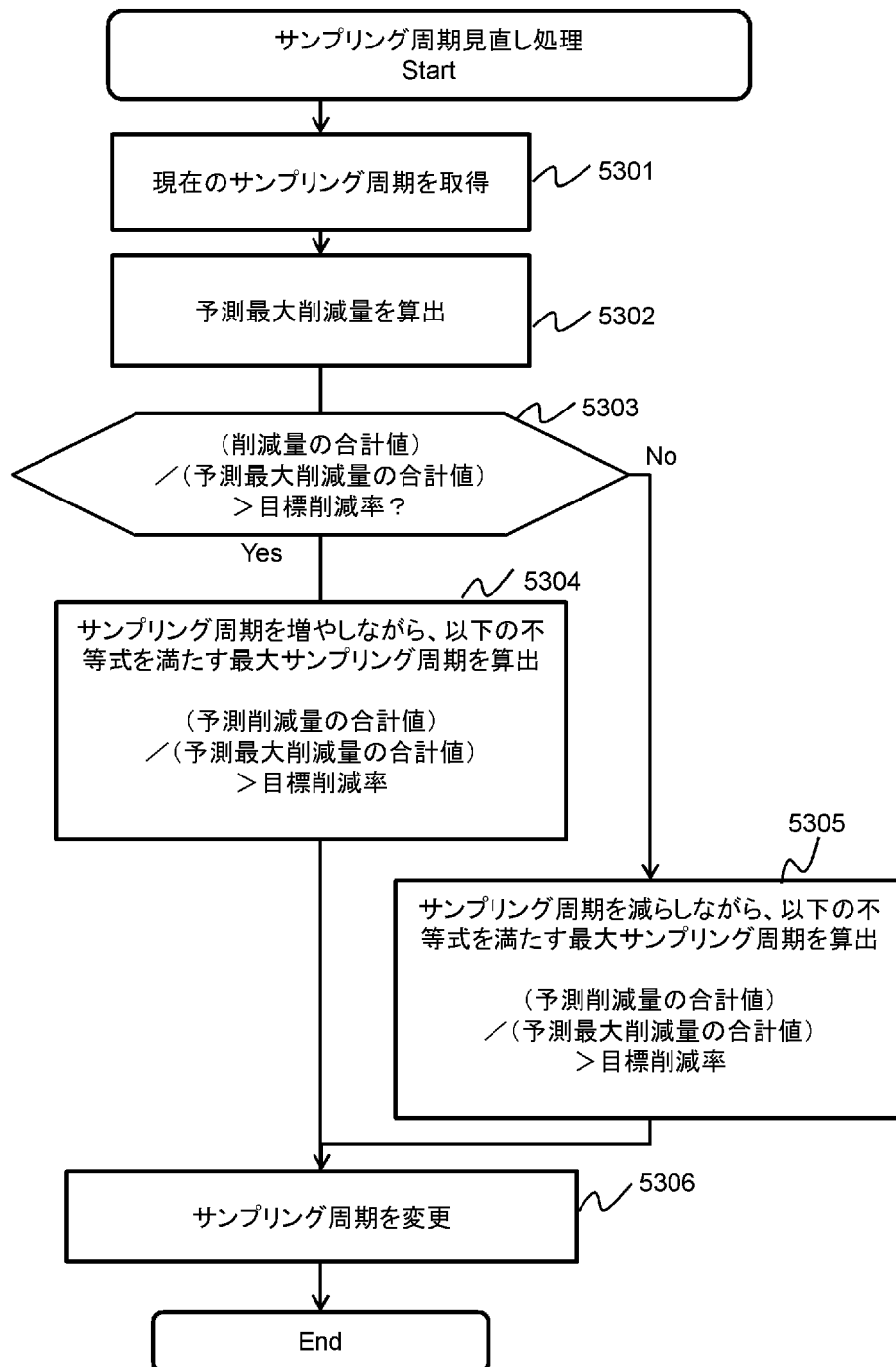
[図11]

FIG. 11



[図12]

FIG. 12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063559

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F3/06(2006.01)i, G06F12/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F3/06, G06F12/00, G06F13/10, G06F17/30, H03M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-175421 A (NEC Corp.), 08 September 2011 (08.09.2011), paragraphs [0013] to [0084]; fig. 1 to 13 (Family: none)	1-11
A	WO 2014/087508 A1 (Hitachi, Ltd.), 12 June 2014 (12.06.2014), paragraphs [0006] to [0235]; fig. 1 to 18 (Family: none)	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 June 2015 (29.06.15)

Date of mailing of the international search report
07 July 2015 (07.07.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06F3/06(2006.01)i, G06F12/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06F3/06, G06F12/00, G06F13/10, G06F17/30, H03M

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	J P 2 0 1 1 - 1 7 5 4 2 1 A（日本電気株式会社） 2 0 1 1 . 0 9 . 0 8, 段落 [0 0 1 3] - [0 0 8 4], 図 1 - 1 3（ファミリーなし）	1 - 1 1
A	W O 2 0 1 4 / 0 8 7 5 0 8 A 1（株式会社日立製作所） 2 0 1 4 . 0 6 . 1 2, 段落 [0 0 0 6] - [0 2 3 5], 図 1 - 1 8（ファミリーなし）	1 - 1 1

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 9 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 7 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

古河 雅輝

5 T

3 2 4 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 8