

(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



(10) 国際公開番号

WO 2010/137164 A1

PCT

(43) 国際公開日

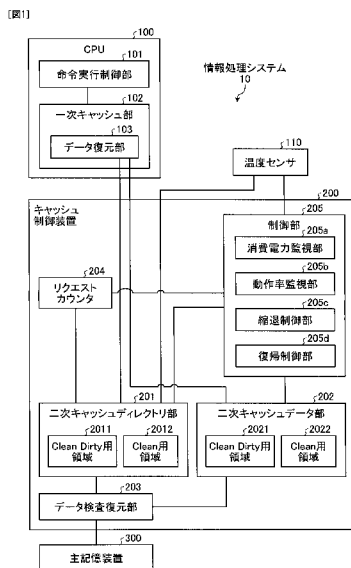
2010 年 12 月 2 日(02.12.2010)

- (51) 国際特許分類:
G06F 12/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/059871
- (22) 国際出願日: 2009 年 5 月 29 日(29.05.2009)
- (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 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 坂田 英樹 (SAKATA, Hideki) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 5 号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: CACHE CONTROL DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING CACHE

(54) 発明の名称: キャッシュ制御装置およびキャッシュ制御方法



10 INFORMATION PROCESSING SYSTEM
101 COMMAND EXECUTION CONTROL UNIT
102 PRIMARY CACHE UNIT
103 DATA RESTORING UNIT
110 TEMPERATURE SENSOR
200 CACHE CONTROL DEVICE
204 REQUEST COUNTER
205 CONTROL UNIT
205a ELECTRIC POWER CONSUMPTION MONITOR UNIT
205b OPERATION RATE MONITOR UNIT
205c DEGENERATION CONTROL UNIT
205d RETURN CONTROL UNIT
201 SECONDARY CACHE DIRECTORY UNIT
2011 AREA FOR Clean Dirty
2012 AREA FOR Clean
202 SECONDARY CACHE DATA UNIT
2021 AREA FOR Clean Dirty
2022 AREA FOR Clean
203 DATA INSPECTION RESTORING UNIT
300 MAIN MEMORY UNIT

(57) Abstract: A cache control device (200) has a area (2022) for Clean on a secondary cache data unit (202), wherein the area is allocated to store only the information identical to that stored on a main memory device (300). Further, the cache control device (200) monitors information on electric power consumption of the cache control device (200), judges whether the information on the electric power consumption is equal to or more than a predetermined threshold value, monitors an operation rate of a cache memory, and judges whether the operation rate is equal to or lower than a predetermined threshold value. Subsequently, the cache control device (200) control to degenerate the area (2022) for Clean on the secondary cache data unit (202) in the case where the information on the electric power consumption is judged to be equal to or more than the predetermined threshold value or in the case where the operation rate of the secondary cache memory is judged to be equal to or lower than the predetermined threshold value.

(57) 要約: キャッシュ制御装置 (200) は、主記憶装置 (300) 上に格納されている情報と同一の情報のみを記憶する Clean 用領域 (2022) を二次キャッシュデータ部 (202) 上に有する。そして、キャッシュ制御装置 (200) は、自装置の消費電力に関する情報を監視し、消費電力に関する情報が所定の閾値以上であるかを判定し、また、キャッシュメモリの動作率を監視し、動作率が所定の閾値以下であるかを判定する。続いて、キャッシュ制御装置 (200) は、消費電力に関する情報が所定の閾値以上であると判定された場合、または、二次キャッシュメモリの動作率が所定の閾値以下であると判定された場合には、二次キャッシュデータ部 (202) 上の Clean 用領域 (2022) を縮退するように制御する。

WO 2010/137164 A1



(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,
NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： キャッシュ制御装置およびキャッシュ制御方法

技術分野

[0001] この発明は、キャッシュメモリを制御するキャッシュ制御装置およびキャッシュ制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より、処理速度を上げるために、主記憶装置ではなくアクセス速度の速いキャッシュメモリにデータを確保するキャッシュ制御回路が知られている。近年、このようなキャッシュ制御回路において、半導体製造技術が向上し微細化が進むにつれ、集積度や漏れ電流の増大により消費電力が大きく、省電力化が注目されている（例えば、特許文献１～７参照）。

[0003] 例えば、省電力を目的とした技術として、動作クロックや電圧を変動するように制御する技術が知られている（例えば、特許文献８、９参照）。具体的には、キャッシュ制御回路に動作クロックの制御を行う外部回路または電圧の変動制御を行うための外部回路が設けられ、これらの外部回路が動作クロックや電圧を変動させる。

[0004] また、省電力化を目的とした技術として、消費電力が高い場合に、キャッシュメモリを一時的に切り離す技術が知られている（例えば、特許文献１０～１２）。具体的には、消費電力が高いと判定された場合に、主記憶装置上に格納されておらずキャッシュメモリにのみ存在するデータであるDirtyなデータをキャッシュメモリから主記憶装置へ書き出した後に、キャッシュメモリを切り離す処理を行う。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特開平８－４５２７５号公報

特許文献２：特開平２－０４０１９４号公報

特許文献３：特開平９－２７４７９６号公報

特許文献4：特開平2－310762号公報

特許文献5：特開2008－146812号公報

特許文献6：特開平8－8991号公報

特許文献7：特開平11－177637号公報

特許文献8：特開平5－94227号公報

特許文献9：特開2004－303206号公報

特許文献10：特開2001－109729号公報

特許文献11：特表2003－530640号公報

特許文献12：特開平2－151950号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上記の動作クロックや電圧を変動する技術では、動作クロックの制御を行う外部回路または電圧の変動制御を行うための複雑な外部回路が必要であり、回路規模が大きくなり、製造コストが大きくなるという課題があった。

[0007] また、上記のキャッシュメモリを切り離す技術では、キャッシュメモリに格納されたD i r t yなデータを主記憶装置へ書き出すので、D i r t yなデータを主記憶装置へ書き出す処理負荷が高くなる場合があり、切り離し処理を行うまでに時間が掛かる結果、即時に消費電力の削減を行えないという課題があった。

[0008] 開示の技術は、上記に鑑みてなされたものであって、回路規模を大きくすることなく、消費電力の即時削減を行うことを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本願の開示するキャッシュ制御装置は、一つの態様において、消費電力が所定の閾値以上であると判定された場合、または、キャッシュメモリ動作率が所定の閾値以下であると判定された場合には、主記憶装置上に格納されている情報と同一の情報のみを記憶する同一情報記憶領域を縮退するようにキャッシュメモリを制御する。

発明の効果

[0010] 本願の開示するキャッシュ制御装置の一つの態様によれば、回路規模を大きくすることなく、消費電力の即時削減を行うことができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0011] [図1] 図1は、実施例1に係る情報処理装置の構成を示すブロック図である。

[図2] 図2は、二次キャッシュディレクトリ部のデータ構成について説明するための図である。

[図3] 図3は、実施例1に係るキャッシュ制御装置の切り離し処理および復帰処理の流れを示すフローチャートである。

[図4] 図4は、実施例1に係るキャッシュ制御装置のキャッシュ登録処理の流れ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

[0012] 以下に添付図面を参照して、この発明に係るキャッシュ制御装置およびキャッシュ制御方法の実施例を詳細に説明する。

実施例 1

[0013] 以下の実施例では、実施例1に係るキャッシュ制御装置の構成および処理の流れを順に説明し、最後に実施例1による効果を説明する。

[0014] [キャッシュ制御装置の構成]

まず最初に、図1を用いて、実施例1に係るキャッシュ制御装置200を含む情報処理システム10の構成を説明する。図1は、実施例1に係るキャッシュ制御装置200の構成を示すブロック図である。

[0015] 図1に示すように、この情報処理システム10は、CPU100、温度センサ110、キャッシュ制御装置200、主記憶装置300を有し、バス等を介してそれぞれ接続されている。以下にこれらの各部の処理を説明する。

[0016] CPU100は、プロセッサコアブロックであって、命令実行制御部101および1次キャッシュ部102を有する。命令実行制御部101は、一次

キャッシュ経由で主記憶装置 300 から命令を取り出し、命令の実行・演算を行なう。

[0017] 1 次キャッシュ部 102 は、データ復元部 103 を有し、命令実行部 101 からのリクエストを受け、データのアクセスを一次キャッシュに対して行なう。また、1 次キャッシュ部 102 は、一次キャッシュにデータが登録されていなかった場合には、二次キャッシュをアクセスする。温度センサ 110 は、自装置の温度を測定し、温度情報をキャッシュ制御装置 200 の制御部 205 に通知する。

[0018] データ復元部 103 は、キャッシュ制御装置 200 から受信したデータを復元する。具体的には、データ復元部 103 は、キャッシュ制御装置 200 からデータとデータ反転フラグとを受信すると、反転フラグを用いてデータを反転させるか否かを判断する。つまり、データ復元部 103 は、データ反転フラグが「1」である場合には、データを反転させてデータを復元する。

[0019] キャッシュ制御装置 200 は、一次キャッシュ部 102 からのリクエストを受け、データのアクセスを二次キャッシュに対して行なう。そして、キャッシュ制御装置 200 は、二次キャッシュに登録されていなかった場合は、主記憶装置 300 をアクセスする。また、二次キャッシュに登録されていた場合、データ部から読み出して一次キャッシュ部 102 へ応答する。

[0020] また、キャッシュ制御装置 200 は、二次キャッシュディレクトリ部 201、二次キャッシュデータ部 202、データ検査復元部 203、リクエストカウンタ 204、制御部 205 を有する。以下にこれらの各部の処理を説明する。

[0021] 二次キャッシュディレクトリ部 201 は、二次キャッシュデータ部 202 に登録されたデータの状態に関する状態情報を記録する。また、二次キャッシュディレクトリ部 201 は、C l e a n な登録データに関する状態情報および D i r t y な登録データに関する状態情報を記憶する C l e a n / D i r t y 用領域 2011 と、C l e a n な登録データに関する状態情報のみを記憶する C l e a n 用領域 2012 とを有する。

- [0022] ここで二次キャッシュディレクトリ部201が記憶する状態情報について具体的に説明する。図2は、二次キャッシュディレクトリ部のデータ構成について説明するための図である。具体的には、二次キャッシュディレクトリ部201は、図2に示すように、登録データのアドレスを示す「物理アドレス」、二次キャッシュにおける登録データの状態を示す「ステータス」、登録データの状態を示す「反転フラグ」、一次キャッシュにおける登録データの状態を示す「一次キャッシュステータス」を記憶する。
- [0023] 例えば、二次キャッシュにおける登録データの状態を示す「ステータス」において、「00:invalid」である場合には、登録データが無効であることを示し、「10:clean」である場合には、登録データが主記憶装置300のデータと一致していることを示し、「11:dirty」である場合には、登録データが主記憶装置300のデータと一致していないことを示す。
- [0024] また、例えば、登録データの状態を示す「反転フラグ」が「0」である場合には、登録データがそのまま登録されていることを示し、「反転フラグ」が「1」である場合には、登録データが反転して登録されていることを示す。
- [0025] また、例えば、一次キャッシュにおける登録データの状態を示す「一次キャッシュステータス」において、「00:invalid」である場合には、登録データが無効であることを示し、「10:clean」である場合には、登録データが主記憶装置300のデータと一致していることを示し、「11:exclusive」である場合には、登録データが主記憶装置300のデータと一致していない場合があることを示す。
- [0026] 二次キャッシュデータ部202は、記録されたデータ本体が格納されている。また、二次キャッシュデータ部202は、Cleanな登録データおよびDirtyな登録データを記憶するClean/Dirty用領域2021と、Cleanな登録データのみを記憶するClean用領域2022とを有する。

- [0027] つまり、二次キャッシュデータ部202は、Clean/Dirty用領域2021とClean用領域2022とで大きく二つに分けられている。なお、領域の分割は、例えばWay方向で行なってもよい。ここで、Dirtyなデータとは、CPU100により更新されたデータであり、主記憶装置300上に格納されておらずキャッシュメモリにのみ存在するデータのことをいう。一方、Cleanなデータとは、主記憶装置300上に格納されているデータと同一のデータのことをいう。
- [0028] ここで、Clean/Dirty用領域2021またはClean用領域2022のデータの登録先を分ける処理について説明する。なお、詳細な処理の流れについては、後に図5を用いて詳述する。二次キャッシュデータ部202は、CPU100からのリクエストがstore命令である場合には、そのデータがDirtyとなる可能性があるため、Clean/Dirty用領域2021へ登録する。また、CPU100からのリクエストがread命令である場合には、そのデータがCleanであるため、Clean用領域2022またはClean/Dirty用領域2021へ登録する。
- [0029] データ検査復元部203は、データ中の「1」の数を数え、データ長の半分よりも多い場合、反転したデータを二次キャッシュデータ部202へ送る。そうでなかった場合には、そのままのデータを送る。また、データ検査復元部203は、データが反転した場合は、さらに二次キャッシュディレクトリ部201へ反転したことを通知する。またwrite backの際は、二次キャッシュディレクトリ部201から反転フラグを受け取り、復元したデータを主記憶装置300へと送る。
- [0030] リクエストカウンタ204は、所定の時間内における二次キャッシュへのリクエスト数を測定し、制御部205に通知する。制御部205は、二次キャッシュデータ部202に対して縮退制御処理および復帰制御処理を行うが、特に、消費電力監視部205a、動作率監視部205b、縮退制御部205c、復帰制御部205dを有する。
- [0031] 消費電力監視部205aは、自装置の消費電力に関する情報を監視し、消

費電力に関する情報が所定の閾値以上であるかを判定する。具体的には、消費電力監視部 205 a は、消費電力に関する情報として、温度センサ 110 から温度情報を受信し、自装置の温度が所定の閾値以上であるかを判定する。この結果、消費電力監視部 205 a は、自装置の温度が所定の閾値以上である場合には、その旨を縮退制御部 205 c に通知する。

[0032] また、消費電力監視部 205 a は、縮退制御部 205 c によって縮退制御が行われた後においては、温度センサ 110 から温度情報を受信し、自装置の温度が所定の閾値以下であるかを判定する。この結果、消費電力監視部 205 a は、自装置の温度が所定の閾値以下である場合には、その旨を復帰制御部 205 d に通知する。

[0033] 動作率監視部 205 b は、二次キャッシュメモリの動作率を監視し、二次キャッシュメモリ動作率が所定の閾値以下であるかを判定する。具体的には、動作率監視部 205 b は、二次キャッシュメモリの動作率として、リクエストカウンタ 204 から所定の時間内における二次キャッシュへのリクエスト数を受信し、リクエスト数が所定の閾値以下であるかを判定する。この結果、動作率監視部 205 b は、リクエスト数が所定の閾値以下である場合には、その旨を縮退制御部 205 c に通知する。

[0034] また、動作率監視部 205 b は、縮退制御部 205 c によって縮退制御が行われた後においては、リクエストカウンタ 204 から所定の時間内における二次キャッシュへのリクエスト数を受信し、リクエスト数が所定の閾値以上であるかを判定する。この結果、消費電力監視部 205 a は、リクエスト数が所定の閾値以上である場合には、その旨を復帰制御部 205 d に通知する。

[0035] 縮退制御部 205 c は、消費電力に関する情報が所定の閾値以上であると判定された場合、または動作率が所定の閾値以下であると判定された場合には、二次キャッシュデータ部 202 の Clean 用領域 2022 を縮退するように制御する。具体的には、縮退制御部 205 c は、消費電力監視部 205 a から自装置の温度が所定の閾値以上である旨の通知を受信した場合には

、速やかに二次キャッシュデータ部 202 の Clean 用領域 2022 の切り離しを行う。

[0036] また、縮退制御部 205 c は、動作率監視部 205 b からリクエスト数が所定の閾値以下である旨の通知を受信した場合には、二次キャッシュディレクトリ部 201 の Clean 用領域 2012 の初期化を行ない、初期化が完了した後、二次キャッシュデータ部 202 の Clean 用領域 2022 の切り離しを行う。

[0037] つまり、この切り離し処理を行うことで、切り離された Clean 用領域 2022 が消費していた電力が削減される。また、Clean 用領域 2022 が切り離されて、キャッシュミスが増加することにより、主記憶装置 300 にアクセスする回数が増える結果、CPU 100 の動作率が低下するため、CPU 100 の動作電力も削減される。

[0038] また、Clean なデータについては、主記憶装置 300 上にも存在するため、Clean なデータを登録した Clean 用領域 2022 が切り離されたとしても、再度主記憶装置 300 をアクセスする事によってデータが取得出来る。従って、この切り離し動作において、Dirty なデータを主記憶装置へ書き出す処理が不要であるため、縮退制御処理を即時に実行することが可能である。

[0039] なお、二次キャッシュデータ部 202 の Clean 用領域 2022 の切り離し方法については、アクセスを抑止する方法、クロックの印加を抑止する方法、パワーゲートを用いて電源供給を停止する方法などが考えられるが、消費電力が削減されるのであれば、いずれの方法を用いていてもかまわない。

[0040] 復帰制御部 205 d は、消費電力に関する情報が所定の閾値以下であると判定された場合、または動作率が所定の閾値以上であると判定された場合には、二次キャッシュデータ部 202 の Clean 用領域 2022 を復帰するように制御する。

[0041] 具体的には、復帰制御部 205 d は、消費電力監視部 205 a から自装置

の温度が所定の閾値以下である旨の通知を受信した場合には、温度状態が回復したと判断して、二次キャッシュディレクトリ部201のClean用領域2012の初期化を行ない、初期化が完了した後、二次キャッシュデータ部202のClean用領域2022の再接続を行う。

[0042] また、復帰制御部205dは、動作率監視部205bからリクエスト数が所定の閾値以上である旨の通知を受信した場合には、二次キャッシュデータ部202のClean用領域2022の再接続を速やかに行う。

[0043] つまり、キャッシュ制御装置200は、自装置の温度が所定の閾値以上となっている場合には、消費電力がオーバーしている状態であり、省電力の即時性が求められるため、二次キャッシュディレクトリ部201のClean用領域2012の初期化を行わずに、速やかにClean用領域2022の切り離しを行う。その後、キャッシュ制御装置200は、消費電力がオーバーした状態が解消して、二次キャッシュデータ部202のClean用領域2022の再接続を行う直前に二次キャッシュディレクトリ部201のClean用領域2012の初期化を行う。

[0044] 一方、キャッシュ制御装置200は、二次キャッシュへのリクエスト数が所定の閾値以下となっている場合には、消費電力がオーバーしている状態ではなく、省電力の即時性が求められているわけではないため、二次キャッシュディレクトリ部201のClean用領域2012の初期化を行った後に、Clean用領域2022の切り離しを行う。その後、キャッシュ制御装置200は、二次キャッシュへのリクエスト数が所定の閾値以上となった場合には、Clean用領域2022を即時に復帰させたいので、二次キャッシュデータ部202のClean用領域2022の再接続を速やかに行う。

[0045] 主記憶装置300は、情報処理装置のメインメモリを備えており、CPU100による演算処理に必要な命令およびデータをすべて格納している。そして、これらの命令およびデータのうち、頻繁に使用されるものが二次キャッシュデータ部202やCPU100内の一次キャッシュ部102に格納されている。

[0046] [キャッシュ制御装置による処理]

次に、図 3、図 4 を用いて、実施例 1 に係るキャッシュ制御装置 200 による処理を説明する。図 3 は、実施例 1 に係るキャッシュ制御装置の切り離し処理および復帰処理の流れを示すフローチャートである。図 4 は、実施例 1 に係るキャッシュ制御装置のキャッシュ登録処理の流れを示すフローチャートである。

[0047] 図 3 に示すように、キャッシュ制御装置 200 の消費電力監視部 205 a は、消費電力に関する情報として、温度センサ 110 から温度情報を受信し、自装置の温度が所定の閾値以上であるかを判定する（ステップ S 101）。この結果、自装置の温度が所定の閾値以上であると判定された場合には（ステップ S 101 肯定）、縮退制御部 205 c は、二次キャッシュデータ部 202 の Clean 用領域 2022 の切り離しを速やかに行う（ステップ S 102）。

[0048] その後、消費電力監視部 205 a は、縮退制御部 205 c によって縮退制御が行われた後においては、温度センサ 110 から温度情報を受信し、自装置の温度が所定の閾値以下であるかを判定する（ステップ S 103）。

[0049] この結果、自装置の温度が所定の閾値以下であると判定された場合には（ステップ S 103 肯定）、復帰制御部 205 d は、二次キャッシュディレクトリ部 201 の Clean 用領域 2012 の初期化を行ない（ステップ S 104）、初期化が完了した後、二次キャッシュデータ部 202 の Clean 用領域 2022 の再接続を行う（ステップ S 105）。

[0050] 一方、自装置の温度が所定の閾値以上でないと判定された場合には（ステップ S 101 否定）、動作率監視部 205 b は、二次キャッシュメモリの動作率として、リクエスト数が所定の閾値以下であるかを判定する（ステップ S 106）。この結果、リクエスト数が所定の閾値以下でないと判定された場合には（ステップ S 106 否定）、S 101 の処理に戻る。

[0051] また、リクエスト数が所定の閾値以下であると判定された場合には（ステップ S 106 肯定）、縮退制御部 205 c は、二次キャッシュディレクトリ

部201のClean用領域2012の初期化を行ない（ステップS107）、初期化が完了した後、二次キャッシュデータ部202のClean用領域2022の切り離しを行う（ステップS108）。

[0052] その後、動作率監視部205bは、縮退制御部205cによって縮退制御が行われた後においては、リクエストカウンタ204から所定の時間内における二次キャッシュへのリクエスト数を受信し、リクエスト数が所定の閾値以上であるかを判定する（ステップS109）。この結果、リクエスト数が所定の閾値以上でないと判定した場合には（ステップS109否定）、S109の処理に戻る。

[0053] また、リクエスト数が所定の閾値以上であると判定された場合には（ステップS109肯定）、復帰制御部205dは、二次キャッシュデータ部202のClean用領域2022の再接続を速やかに行う（ステップS105）。

[0054] 次に、実施例1に係るキャッシュ制御装置200のキャッシュ登録処理の流れを説明する。図4に示すように、キャッシュ制御装置200は、CPU100からのリクエストがストア命令であって、かつ、二次キャッシュデータ部202のClean用領域2022にヒットしたか判定する（ステップS301）。

[0055] この結果、キャッシュ制御装置200は、ストア命令でない、または、Clean用領域2022にヒットしていないと判定した場合には（ステップS301否定）、二次キャッシュデータ部202にヒットしたかを判定する（ステップS302）。

[0056] この結果、キャッシュ制御装置200は、二次キャッシュデータ部202にヒットしたと判定した場合には（ステップS302肯定）、一次キャッシュのリプレイスデータがDirtyなデータであるかを判定する（ステップS303）。

[0057] その結果、キャッシュ制御装置200は、一次キャッシュのリプレイスデータがDirtyなデータである場合には（ステップS303肯定）、反転

フラグに従って二次キャッシュにライトバックする（ステップS 3 0 4）。そして、キャッシュ制御装置 2 0 0 は、リクエストされたデータを二次キャッシュデータ部 2 0 2 から読み出し、データ反転フラグとともにCPU 1 0 0 へ転送する（ステップS 3 1 5）。

[0058] また、キャッシュ制御装置 2 0 0 は、一次キャッシュのリプレイスデータがD i r t y なデータでない場合には（ステップS 3 0 3 否定）、二次キャッシュにライトバックせずに、リクエストされたデータを二次キャッシュデータ部 2 0 2 から読み出し、データ反転フラグとともにCPU 1 0 0 へ転送する（ステップS 3 1 5）。

[0059] 一方、キャッシュ制御装置 2 0 0 は、S 3 0 2 において、CPU 1 0 0 からのリクエストが二次キャッシュデータ部 2 0 2 にヒットしていないと判定した場合には（ステップS 3 0 2 否定）、リクエストがリード命令であるか判定する（ステップS 3 0 5）。この結果、キャッシュ制御装置 2 0 0 は、リクエストがリード命令である場合には（ステップS 3 0 5 肯定）、C l e a n 用領域 2 0 2 2 に空きがあるか判定する（ステップS 3 0 6）。この結果、キャッシュ制御装置 2 0 0 は、C l e a n 用領域 2 0 2 2 に空きがある場合には（ステップS 3 0 6 肯定）、空きエントリを使用する（ステップS 3 0 9）。

[0060] また、キャッシュ制御装置 2 0 0 は、C l e a n 用領域 2 0 2 2 に空きがない場合には（ステップS 3 0 6 否定）、C l e a n / D i r t y 用領域 2 0 2 1 に空きがあるか判定する（ステップS 3 0 7）。この結果、キャッシュ制御装置 2 0 0 は、C l e a n / D i r t y 用領域 2 0 2 1 に空きがある場合には（ステップS 3 0 7 肯定）、空きエントリを使用する（ステップS 3 0 9）。

[0061] また、キャッシュ制御装置 2 0 0 は、C l e a n / D i r t y 用領域 2 0 2 1 に空きがない場合には（ステップS 3 0 7 否定）、リプレイス対象をC l e a n 用領域 2 0 2 2 に決定し、C l e a n 用領域 2 0 2 2 で一番使用されていないエントリを削除して空きを作る（ステップS 3 0 8）。

- [0062] そして、キャッシュ制御装置 200 は、主記憶装置 300 データを読み出し（ステップ S 310）、読み出したデータに「1」の方が多いか判定する（ステップ S 311）。そして、キャッシュ制御装置 200 は、読み出したデータに「1」の方が多い場合には（ステップ S 311 肯定）、データを反転させる（ステップ S 312）。また、キャッシュ制御装置 200 は、読み出したデータに「1」の方が少ない場合には（ステップ S 311 否定）、データを反転しない（ステップ S 313）。
- [0063] その後、キャッシュ制御装置 200 は、二次キャッシュデータ部 202 へデータを登録し（ステップ S 314）、二次キャッシュにライトバックせずに、リクエストされたデータを二次キャッシュデータ部 202 から読み出し、データ反転フラグとともに CPU 100 へ転送する（ステップ S 315）。
- [0064] 一方、キャッシュ制御装置 200 は、S 301 において、CPU 100 からのリクエストがストア命令であって、かつ、二次キャッシュデータ部 202 の Clean 用領域 2022 にヒットしたと判定した場合には（ステップ S 301 肯定）、Clean 用領域 2022 のヒットしたエントリを削除する（ステップ S 316）。
- [0065] そして、キャッシュ制御装置 200 は、Clean/Dirty 用領域 2022 に空きがあるか判定する（ステップ S 317）。この結果、キャッシュ制御装置 200 は、Clean/Dirty 用領域 2022 に空きがある場合には（ステップ S 317 肯定）、上記したステップ S 309 に進む。
- [0066] また、キャッシュ制御装置 200 は、Clean/Dirty 用領域 2022 に空きがない場合には（ステップ S 317 否定）、Clean/Dirty 用領域 2021 の一番使用されていないエントリのデータが Clean なデータであるか判定する（ステップ S 318）。
- [0067] この結果、キャッシュ制御装置 200 は、Clean/Dirty 用領域 2021 の一番使用されていないエントリのデータが Clean なデータである場合には（ステップ S 318 肯定）、リプレイス対象を Clean/D

i r t y用領域2021に決定する。そして、キャッシュ制御装置200は、C l e a n / D i r t y用領域2021のC l e a nなデータのエントリを削除して空きを作って（ステップS319）、上記したステップS310に進む。

[0068] また、キャッシュ制御装置200は、C l e a n / D i r t y用領域2021の一番使用されていないエントリのデータがC l e a nなデータでない場合には（ステップS318否定）、リプレイス対象をC l e a n / D i r t y用領域2021に決定する。そして、キャッシュ制御装置200は、反転情報とともにD i r t y n aデータをデータ復元部へ103転送し、C P U 100が反転情報に従って復元したデータを主記憶装置300へ書き出して空きを作って（ステップS320）、上記したステップS310に進む。

[0069] [実施例1の効果]

上述してきたように、キャッシュ制御装置200は、主記憶装置300上に格納されている情報と同一の情報のみを記憶するC l e a n用領域2022を二次キャッシュデータ部202上に有する。そして、キャッシュ制御装置200は、自装置の消費電力に関する情報を監視し、消費電力に関する情報が所定の閾値以上であるかを判定し、二次キャッシュメモリの動作率を監視し、動作率が所定の閾値以下であるかを判定する。続いて、キャッシュ制御装置200は、消費電力に関する情報が所定の閾値以上であると判定された場合、または、二次キャッシュメモリの動作率が所定の閾値以下であると判定された場合には、二次キャッシュデータ部202上のC l e a n用領域2022を縮退するように制御する。このため、キャッシュ制御装置200は、C l e a n用領域2022の縮退制御において、D i r t yなデータを主記憶装置300へ書き出す処理が不要となるため、縮退制御処理を即時に実行することができる。この結果、キャッシュ制御装置200は、回路規模を大きくすることなく、消費電力の即時削減を行うことができるという効果を奏する。

[0070] また、実施例1によれば、キャッシュ制御装置200は、二次キャッシュ

メモリの動作率が所定の閾値以下であると判定された場合には、Clean用領域2022に記憶されたデータの状態を示すキャッシュディレクトリの初期化を行なって、Clean用領域2022を縮退するように制御する。このため、キャッシュ制御装置200は、キャッシュの使用頻度が高くなった場合には、二次キャッシュデータ部202のClean用領域2022の再接続を速やかに行うことが可能である。

[0071] また、実施例1によれば、キャッシュ制御装置200は、Clean用領域2022が縮退するように制御された後においては、消費電力に関する情報を監視し、消費電力に関する情報が所定の閾値以下であるかを判定する。また、キャッシュ制御装置200は、Clean用領域2022が縮退するように制御された後においては、二次キャッシュメモリの動作率を監視し、動作率が所定の閾値以上であるかを判定する。そして、キャッシュ制御装置200は、消費電力に関する情報が所定の閾値以下であると判定された場合、または、二次キャッシュメモリの動作率が所定の閾値以上であると判定された場合には、Clean用領域2022が復帰するように制御する。このため、キャッシュ制御装置200は、消費電力オーバーが解消された場合やキャッシュの使用頻度が高くなった場合には、Clean用領域2022の復帰処理を即時に実行することが可能である。

[0072] また、実施例1によれば、キャッシュ制御装置200は、消費電力に関する情報が所定の閾値以下であると判定された場合には、Clean用領域2012に記憶されたキャッシュディレクトリの初期化を行なって、二次キャッシュデータ部202のClean用領域2022が復帰するように制御する。このため、キャッシュ制御装置200は、Clean用領域2022の再接続を行う直前に二次キャッシュディレクトリ部201のClean用領域2012の初期化を行って、縮退制御を行う際には、二次キャッシュディレクトリ部201のClean用領域2012の初期化を行わないので、速やかにClean用領域2022の切り離しを行うことが可能である。

[0073] また、実施例1によれば、キャッシュ制御装置200は、自装置の消費電

力に関する情報として、自装置の温度を監視し、温度が所定の閾値以上であるかを判定するので、自装置の温度を用いて、自装置の消費電力が高いか否かを判定することが可能である。

[0074] また、実施例 1 によれば、キャッシュ制御装置 200 は、キャッシュメモリの動作率として、所定時間における二次キャッシュデータ部 202 へのリクエスト数を監視し、所定時間内のリクエスト数が所定の閾値以下であるかを判定するので、所定時間内のリクエスト数を用いて、キャッシュメモリの動作率が高いか否かを判定することが可能である。

実施例 2

[0075] さて、これまで本実施例について説明したが、上述した実施例以外にも、種々の異なる形態にて実施されてよいものである。そこで、以下では実施例 2 として本発明に含まれる他の実施例を説明する。

[0076] (1) システム構成等

また、図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部または一部を、各種の負荷や使用状況などに応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することができる。例えば、縮退制御部 205 c と復帰制御部 205 d を統合してもよい。さらに、各装置にて行なわれる各処理機能は、その全部または任意の一部が、CPU および当該 CPU にて解析実行されるプログラムにて実現され、あるいは、ワイヤードロジックによるハードウェアとして実現され得る。

[0077] また、本実施例において説明した各処理のうち、自動的におこなわれるものとして説明した処理の全部または一部を手動的におこなうこともでき、あるいは、手動的におこなわれるものとして説明した処理の全部または一部を公知の方法で自動的におこなうこともできる。この他、上記文書中や図面中で示した処理手順、制御手順、具体的名称、各種のデータやパラメータを含む情報については、特記する場合を除いて任意に変更することができる。

[0078] (2) プログラム

なお、本実施例で説明したキャッシュ制御方法は、あらかじめ用意されたプログラムをパーソナルコンピュータやワークステーションなどのコンピュータで実行することによって実現することができる。このプログラムは、インターネットなどのネットワークを介して配布することができる。また、このプログラムは、ハードディスク、フレキシブルディスク（FD）、CD-ROM、MO、DVDなどのコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録され、コンピュータによって記録媒体から読み出されることによって実行することもできる。

符号の説明

- [0079] 100 CPU
- 101 命令実行制御部
- 102 一次キャッシュ部
- 103 データ復元部
- 110 温度センサ
- 200 キャッシュ制御装置
- 201 二次キャッシュディレクトリ部
- 2011 Clean／Dirty用領域
- 2012 Clean用領域
- 202 二次キャッシュデータ部
- 2021 Clean／Dirty用領域
- 2022 Clean用領域
- 203 データ検査復元部
- 204 リクエストカウンタ
- 205 制御部
- 205a 消費電力監視部
- 205b 動作率監視部
- 205c 縮退制御部

2 0 5 d 復帰制御部

3 0 0 主記憶装置

請求の範囲

- [請求項1] 主記憶装置上に格納されている情報と同一の情報のみを記憶する同一情報記憶領域を有するキャッシュメモリと、
- 自装置の消費電力に関する情報を監視し、当該消費電力に関する情報が所定の閾値以上であるかを判定する消費電力監視部と、
- 前記キャッシュメモリの動作率を監視し、当該動作率が所定の閾値以下であるかを判定する動作率監視部と、
- 前記消費電力監視部によって前記消費電力に関する情報が所定の閾値以上であると判定された場合、または、前記動作率監視部によって前記動作率が所定の閾値以下であると判定された場合には、前記キャッシュメモリの同一情報記憶領域を縮退するように制御する縮退制御部と、
- を備えることを特徴とするキャッシュ制御装置。
- [請求項2] 前記縮退制御部は、前記動作率監視部によって前記動作率が所定の閾値以下であると判定された場合には、前記同一情報記憶領域に記憶された情報の状態を示すキャッシュディレクトリの初期化を行なって、前記キャッシュメモリの同一情報記憶領域を縮退するように制御することを特徴とする請求項1に記載のキャッシュ制御装置。
- [請求項3] 前記消費電力監視部は、前記縮退制御部によって前記同一情報記憶領域が縮退するように制御された後においては、前記消費電力に関する情報を監視し、当該消費電力に関する情報が所定の閾値以下であるかを判定し、
- 前記動作率監視部は、前記縮退制御部によって前記同一情報記憶領域が縮退するように制御された後においては、前記動作率を監視し、当該動作率が所定の閾値以上であるかを判定し、
- 前記消費電力監視部によって前記消費電力に関する情報が所定の閾値以下であると判定された場合、または、前記動作率監視部によって前記動作率が所定の閾値以上であると判定された場合には、前記キャ

ッシュメモリの同一情報記憶領域が復帰するように制御する復帰制御部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のキャッシュ制御装置。

[請求項4] 前記復帰制御部は、前記消費電力監視部によって前記消費電力に関する情報が所定の閾値以下であると判定された場合には、前記キャッシュディレクトリの初期化を行なって、前記キャッシュメモリの同一情報記憶領域が復帰するように制御することを特徴とする請求項 1 に記載のキャッシュ制御装置。

[請求項5] 前記消費電力監視部は、前記自装置の消費電力に関する情報として、自装置の温度を監視し、当該温度が所定の閾値以上であるかを判定することを特徴とする請求項 1 に記載のキャッシュ制御装置。

[請求項6] 前記動作率監視部は、前記キャッシュメモリの動作率として、所定時間における前記キャッシュメモリへのリクエスト数を監視し、当該リクエスト数が所定の閾値以下であるかを判定することを特徴とする請求項 1 に記載のキャッシュ制御装置。

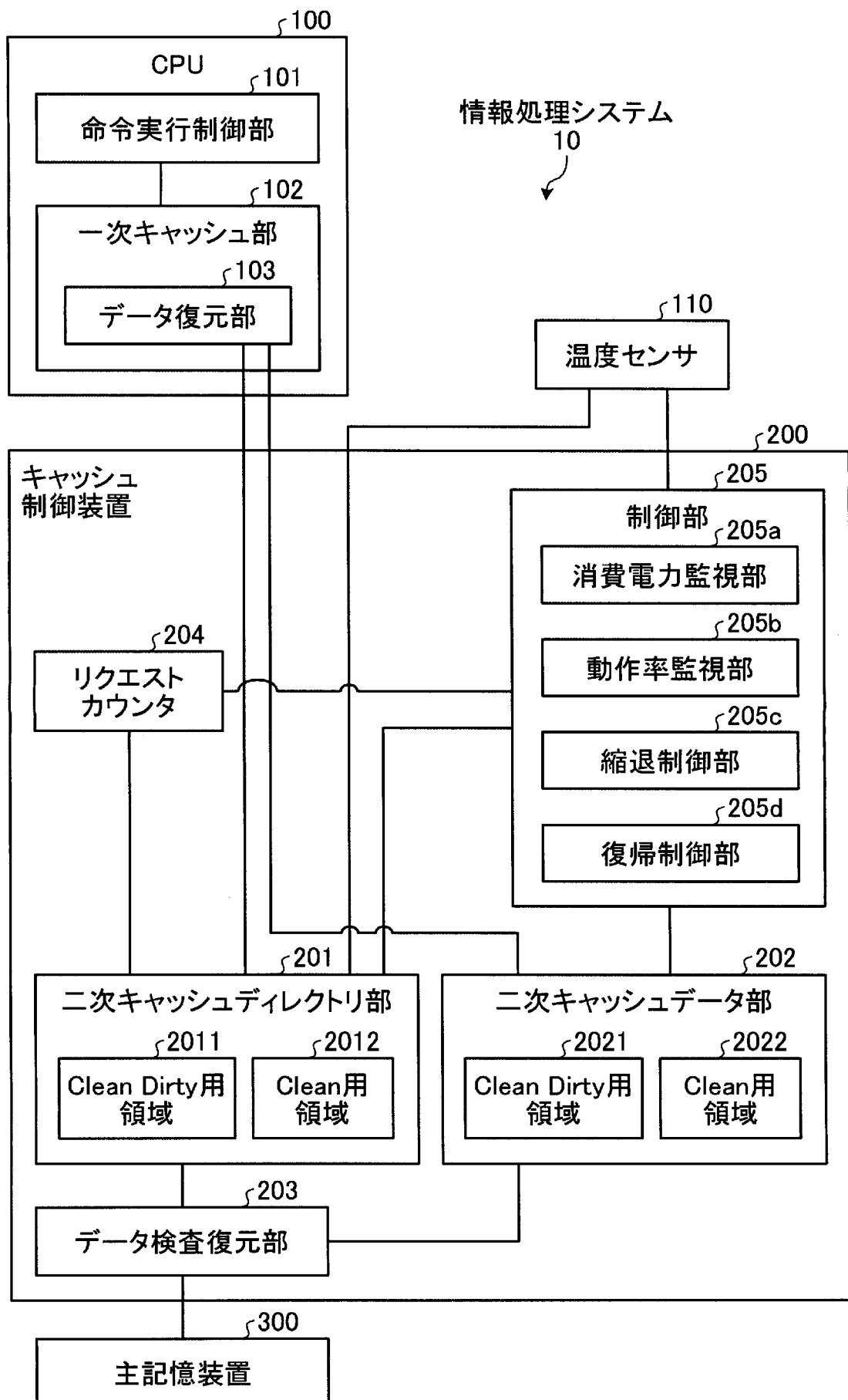
[請求項7] 自装置の消費電力に関する情報を監視し、当該消費電力に関する情報が所定の閾値以上であるかを判定する消費電力監視ステップと、

前記キャッシュメモリの動作率を監視し、当該動作率が所定の閾値以下であるかを判定する動作率監視ステップと、

前記消費電力監視ステップによって前記消費電力に関する情報が所定の閾値以上であると判定された場合、または、前記動作率監視ステップによって前記動作率が所定の閾値以下であると判定された場合には、前記キャッシュメモリにおける主記憶装置上に格納されている情報と同一の情報のみを記憶する同一情報記憶領域を縮退するように制御する縮退制御ステップと、

を含んだことを特徴とするキャッシュ制御方法。

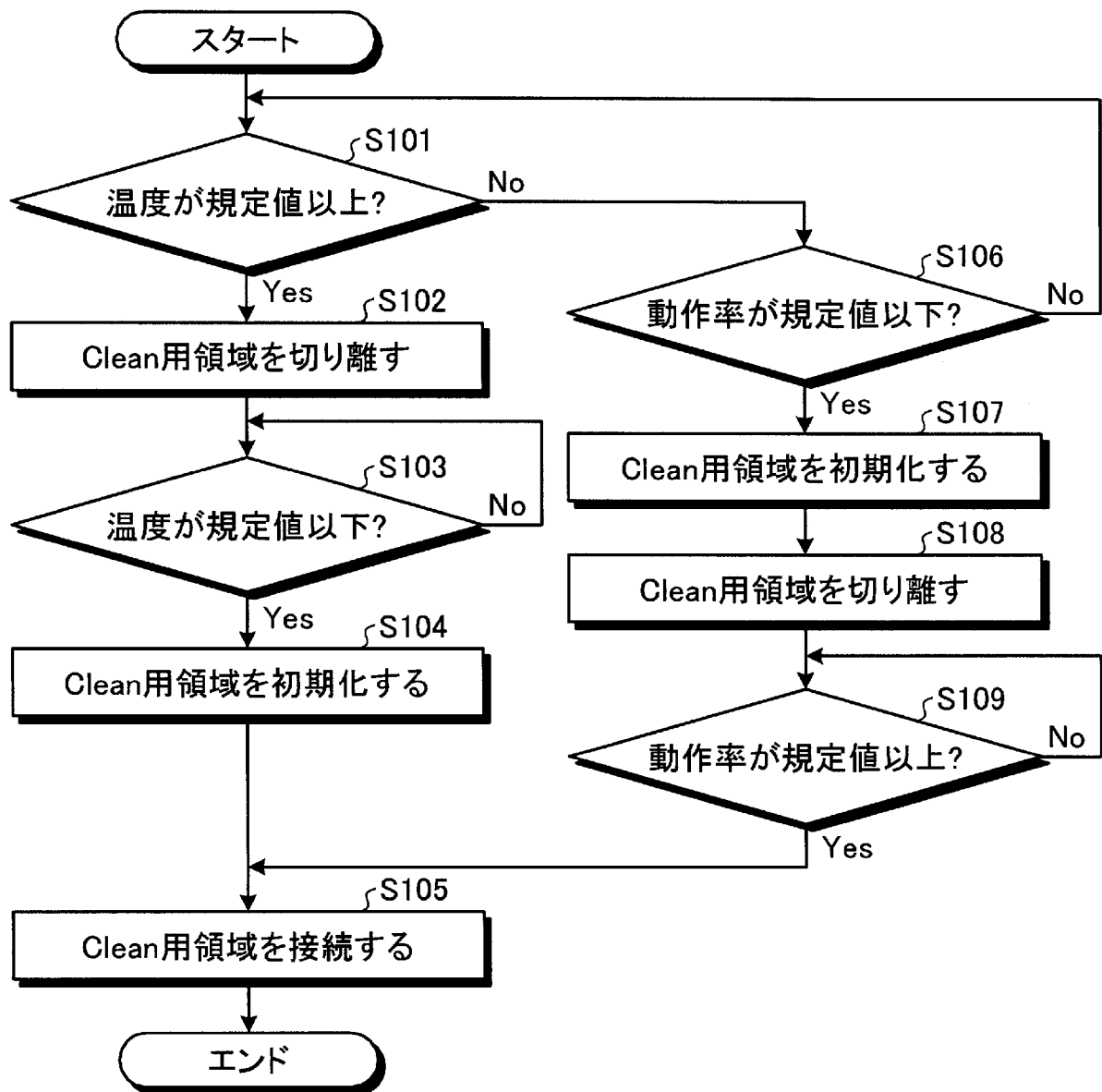
[図1]



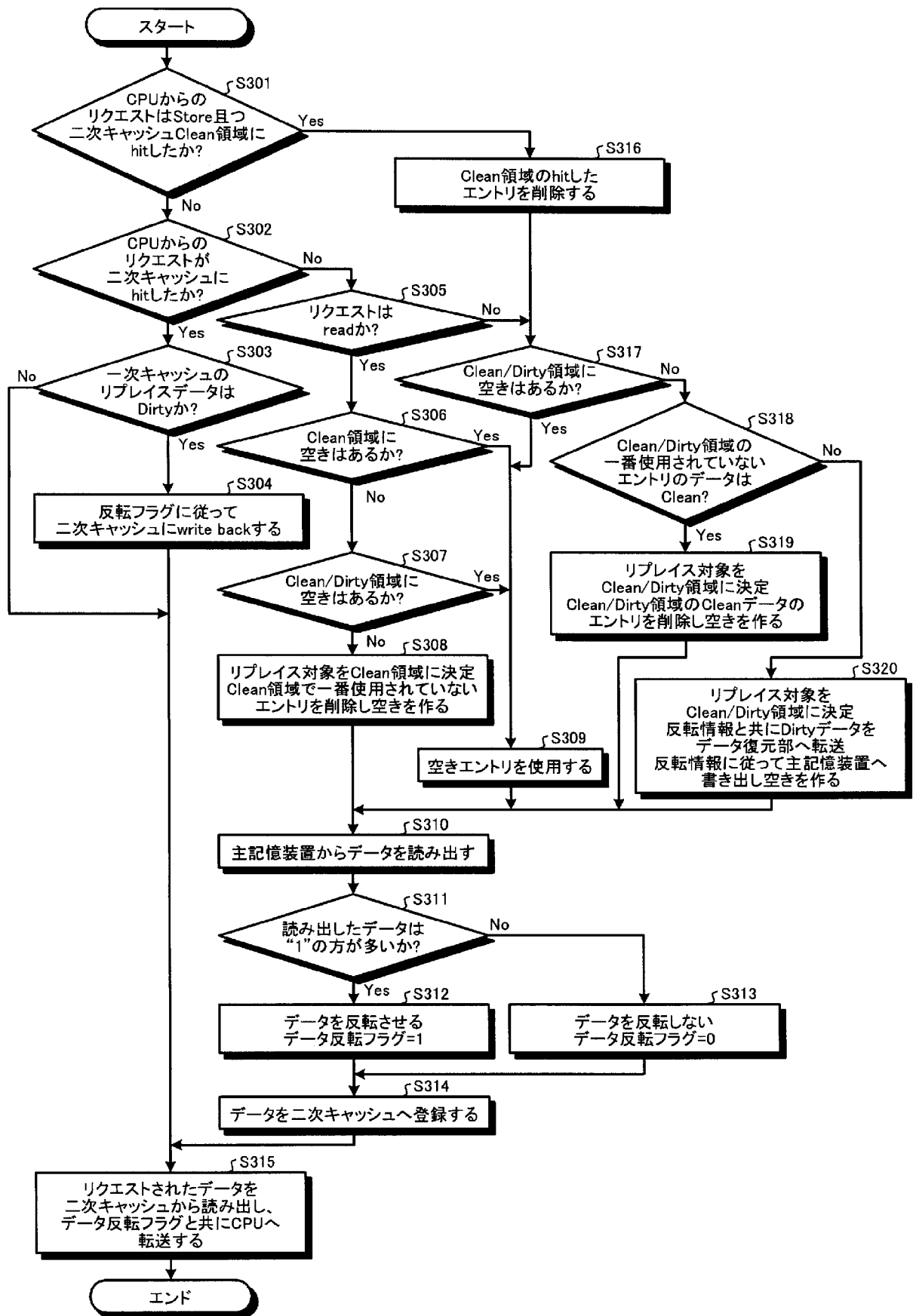
[図2]

物理アドレスの一部	ステータス	データ反転 フラグ	一次キャッシュ ステータス
登録データブロックの アドレスから indexを抜いたもの	00:invalid 10:clean 11:dirty	0:反転無し 1:反転あり	00:無効 10:clean 11:exclusive

[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/059871

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F12/08(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)

G06F12/08-12/12, G06F1/26-1/32, G06F1/04-1/14

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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 10-124202 A (International Business Machines Corp.), 15 May, 1998 (15.05.98), Full text; all drawings & US 5870616 A & GB 2317976 A & CN 1180196 A	1-7
A	JP 2009-514114 A (Intel Corp.), 02 April, 2009 (02.04.09), Full text; all drawings & WO 2007/078724 A2 & US 2007/0156992 A1 & DE 112006002835 T5	1-7

☒ 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
01 July, 2009 (01.07.09)

Date of mailing of the international search report
14 July, 2009 (14.07.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/059871

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-505306 A (Intel Corp.), 05 February, 2009 (05.02.09), Full text; all drawings & WO 2007/024435 A2 & US 2007/0043965 A1 & DE 112006002154 T5 & CN 101243379 A & KR 10-2008-0030674 A	1-7
A	JP 2006-309734 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 09 November, 2006 (09.11.06), Full text; all drawings & WO 2006/106890 A1 & US 2009/0077319 A1 & CN 101151599 A	1-7
A	JP 2005-316842 A (NEC Corp.), 10 November, 2005 (10.11.05), Full text; all drawings & US 2005/0246499 A1	1-7
A	JP 9-50401 A (Toshiba Corp.), 18 February, 1997 (18.02.97), Full text; all drawings & US 5761715 A & GB 2304215 A	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G06F12/08 (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. G06F12/08-12/12, G06F1/26-1/32, G06F1/04-1/14

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 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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 1 0 - 1 2 4 2 0 2 A (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレイション) 1 9 9 8 . 0 5 . 1 5 , 全文, 全図 & U S 5 8 7 0 6 1 6 A & G B 2 3 1 7 9 7 6 A & C N 1 1 8 0 1 9 6 A	1-7

☒ 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

0 1 . 0 7 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 7 . 2 0 0 9

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)

清木 泰

5 N

9 6 4 3

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

C (続き) . 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 2009-514114 A (インテル・コーポレーション) 2009.04.02, 全文, 全図 & WO 2007/078724 A2 & US 2007/0156992 A1 & DE 112006002835 T5	1-7
A	J P 2009-505306 A (インテル・コーポレーション) 2009.02.05, 全文, 全図 & WO 2007/024435 A2 & US 2007/0043965 A1 & DE 112006002154 T5 & CN 101243379 A & KR 10-2008-0030674 A	1-7
A	J P 2006-309734 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2006.11.09, 全文, 全図 & WO 2006/106890 A1 & US 2009/0077319 A1 & CN 101151599 A	1-7
A	J P 2005-316842 A (日本電気株式会社) 2005.11.10, 全文, 全図 & US 2005/0246499 A1	1-7
A	J P 9-50401 A (株式会社東芝) 1997.02.18, 全文, 全図 & US 5761715 A & GB 2304215 A	1-7