



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I761608 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 04 月 21 日

(21)申請案號：107135421

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 10 月 08 日

(51)Int. Cl. : G06F12/02 (2006.01)

G06F13/14 (2006.01)

(30)優先權：2018/01/19 美國

62/619,723

2018/03/23 美國

15/934,940

(71)申請人：南韓商三星電子股份有限公司(南韓) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)
南韓(72)發明人：張牧天 CHANG, MU TIEN (TW)；張 安德魯 CHANG, ANDREW (US)；姜 冬
岩 JIANG, DONGYAN (US)；鄭宏忠 ZHENG, HONGZHONG (CN)

(74)代理人：林孟閱；盧佩君；陳怡如

(56)參考文獻：

CN 105095113A

US 8732403B1

審查人員：林剛煌

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：8 共 59 頁

(54)名稱

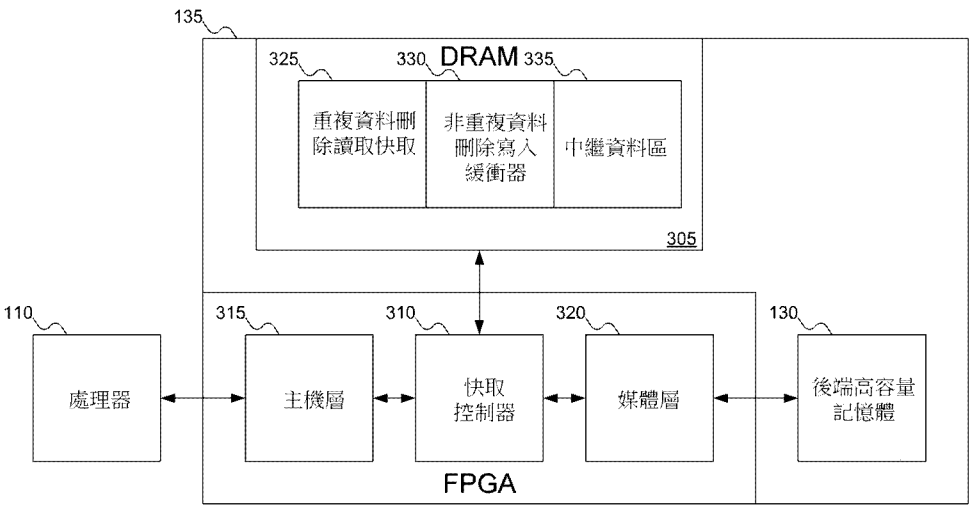
重複資料刪除快取及其方法

(57)摘要

本發明揭露一種能重複資料刪除快取及其方法。能重複資料刪除快取包括能重複資料刪除讀取快取及不能重複資料刪除寫入緩衝器。能重複資料刪除快取包括重複資料刪除引擎以管理從能重複資料刪除讀取快取的讀取以及寫入，且返回指示寫入是否成功的寫入狀態訊號。能重複資料刪除快取包括快取控制器，包括：確定是否能夠在能重複資料刪除讀取快取找到請求的位址的快取命中/未中檢查；當能在能重複資料刪除讀取快取找到所請求的資料時管理資料存取的命中塊；當不能在能重複資料刪除讀取快取找到所請求的資料時管理資料存取的未中塊；將與對資料存取有關的資訊儲存在能重複資料刪除讀取快取的歷史儲存。

A dedupable cache and a method thereof are disclosed. The dedupable cache includes a dedupable read cache and a non-dedupable write buffer. The dedupable cache includes a deduplication engine to manage reads from and writes to the dedupable read cache, and returns a write status signal indicating whether a write was successful or not. The dedupable cache includes a cache controller, which includes: a cache hit/miss check to determine whether an address in a request may be found in the dedupable read cache; a hit block to manage data accesses when the requested data may be found in the dedupable read cache; a miss block to manage data accesses when the requested data is not found in the dedupable read cache; and a history storage to store information about accesses to the data in the dedupable read cache.

指定代表圖：



【圖3】

符號簡單說明：

- 110:處理器
- 130:主記憶體/記憶體/後端大容量記憶體
- 135:重複資料刪除快取/能重複資料刪除的快取
- 305:DRAM/快取DRAM
- 310:快取控制器
- 315:主機層
- 320:媒體層
- 325:能重複資料刪除的讀取快取
- 330:不能重複資料刪除的寫入緩衝器
- 335:中繼資料區



I761608

【發明摘要】

【中文發明名稱】重複資料刪除快取及其方法

【英文發明名稱】DEDUPE CACHE AND METHOD THEREOF

【中文】本發明揭露一種能重複資料刪除快取及其方法。能重複資料刪除快取包括能重複資料刪除讀取快取及不能重複資料刪除寫入緩衝器。能重複資料刪除快取包括重複資料刪除引擎以管理從能重複資料刪除讀取快取的讀取以及寫入，且返回指示寫入是否成功的寫入狀態訊號。能重複資料刪除快取包括快取控制器，包括：確定是否能夠在能重複資料刪除讀取快取找到請求的位址的快取命中/未中檢查；當能在能重複資料刪除讀取快取找到所請求的資料時管理資料存取的命中塊；當不能在能重複資料刪除讀取快取找到所請求的資料時管理資料存取的未中塊；將與對資料存取有關的資訊儲存在能重複資料刪除讀取快取的歷史儲存。

【英文】A dedupable cache and a method thereof are disclosed. The dedupable cache includes a dedupable read cache and a non-dedupable write buffer. The dedupable cache includes a deduplication engine to manage reads from and writes to the dedupable read cache, and returns a write status signal indicating whether a write was successful or not. The dedupable cache includes a cache controller, which includes: a cache hit/miss check to

determine whether an address in a request may be found in the dedupable read cache; a hit block to manage data accesses when the requested data may be found in the dedupable read cache; a miss block to manage data accesses when the requested data is not found in the dedupable read cache; and a history storage to store information about accesses to the data in the dedupable read cache.

【指定代表圖】圖3。

【代表圖之符號簡單說明】

110：處理器

130：主記憶體/記憶體/後端大容量記憶體

135：重複資料刪除快取/能重複資料刪除的快取

305：DRAM/快取 DRAM

310：快取控制器

315：主機層

320：媒體層

325：能重複資料刪除的讀取快取

330：不能重複資料刪除的寫入緩衝器

335：中繼資料區

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】重複資料刪除快取及其方法

【英文發明名稱】DEDUPE CACHE AND METHOD THEREOF

[相關申請的交叉參考]

【0001】 本申請主張在 2018 年 1 月 19 日提出申請、序號為 62/619,723 的美國臨時專利申請的權利，所述美國臨時專利申請出於所有目的併入本申請供參考。

【技術領域】

【0002】 本發明概念大體來說涉及資料快取，且更具體來說涉及在快取中使用能重複資料刪除的記憶體。

【先前技術】

【0003】 能重複資料刪除的記憶體提供了一種增加系統中的“可用”記憶體的方式。通過檢測重複資料並只儲存資料的單個副本，可使用原本可用來儲存重複資料副本的儲存來儲存其他資料。更具體來說，即使請求使用不同的位址，然而請求對相同資料值進行存取的各種不同應用也可全部指向相同的物理位址。由於兩個、三個或更多個不同的邏輯位址可映射到相同的物理位址，因此資料的附加副本原本所需要的儲存可用於儲存其他資料，從而使得記憶體看起來儲存比其物理上能夠儲存的總體資料多的總體資料。

【0004】 但是能重複資料刪除的記憶體也會引入自身的問題。管理哪些位址指向相同的資料是困難的，且資料存取（讀取及寫入二者）可能最終比其他儲存形式更慢。儘管在使用存取相對慢的資料（例如，硬碟驅動器）時不一定是巨大的困難，但是當應用於較快的儲存器件時，這種延遲可能是一個明顯的限制。且儲存器件正常運行得越快，重複資料刪除（data deduplication）的總體影響可能變得越大。舉例來說，動態隨機存取記憶體（Dynamic Random Access Memory，DRAM）存取對與重複資料刪除固態磁片（Solid State Disk，SSD）或其他形式的快閃記憶體記憶體相關聯的延遲而言敏感得多，重複資料刪除固態磁片或其他形式的快閃記憶體記憶體則比硬碟驅動器對延遲更敏感。

【0005】 仍舊需要一種在快取中使用能重複資料刪除的記憶體來加速對後端記憶體中的資料進行的存取的方式。

【發明內容】

【0006】 根據本發明的實施例，提供一種能重複資料刪除的快取，所述能重複資料刪除的快取包括：快取記憶體，所述快取記憶體包括能重複資料刪除的讀取快取及不能重複資料刪除的寫入緩衝器；重複資料刪除引擎，使用所述能重複資料刪除的讀取快取來管理資料讀取及寫入，所述重複資料刪除引擎能夠操作以發送寫入狀態訊號，所述寫入狀態訊號指示對所述能重複資料刪除的讀取快取的寫入請求是否成功；以及快取控制器，所述快取控制器包括：快取命中/未中檢查邏輯，檢查是否能夠在所述能重複資料刪除的讀取快取中找到請求中的位址；命中塊，當所述快取

命中/未中檢查邏輯指示能夠在所述能重複資料刪除的讀取快取中找到所述位址時，從所述快取記憶體存取第一資料；未中塊，當所述快取命中/未中檢查邏輯指示不能夠在所述能重複資料刪除的讀取快取中找到所述位址時，從後端高容量記憶體存取第二資料；以及歷史儲存，將與對所述第一資料的存取有關的資訊儲存在所述能重複資料刪除的讀取快取中。

【0007】 根據本發明的實施例，提供一種能重複資料刪除的快取的方法，所述方法包括：接收要寫入資料的寫入請求；確定所述資料位於能重複資料刪除的讀取快取中的快取行中，所述能重複資料刪除的讀取快取是快取記憶體中的第一區，所述快取記憶體包括不能重複資料刪除的寫入緩衝器作為第二區；使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效；以及將所述資料儲存在所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器中。

【0008】 根據本發明的實施例，提供一種能重複資料刪除的快取的方法，所述方法包括：接收要讀取資料的讀取請求；確定所述資料不處於能重複資料刪除的讀取快取中的多個快取行中，所述能重複資料刪除的讀取快取是快取記憶體中的第一區，所述快取記憶體包括不能重複資料刪除的寫入緩衝器作為第二區；從後端高容量記憶體讀取所述資料；選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中的第一快取行；將所述資料提供到重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所述第一快取行；以及回應於所述讀取請求，發送所述資料。

【圖式簡單說明】

【0009】

圖 1 示出根據本發明概念實施例的使用重複資料刪除快取的機器。

圖 2 示出圖 1 所示機器的其他細節。

圖 3 示出圖 1 所示重複資料刪除快取的示例性佈局。

圖 4 示出包括重複資料刪除引擎的圖 1 所示重複資料刪除快取。

圖 5 示出圖 3 到圖 4 所示快取控制器的細節。

圖 6A 到圖 6B 示出根據本發明概念實施例的圖 1 所示重複資料刪除快取處理寫入請求的示例性流程的流程圖。

圖 7 示出根據本發明概念實施例的圖 1 所示重複資料刪除快取使圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取中的快取行無效的示例性流程的流程圖。

圖 8A 到圖 8C 示出根據本發明概念實施例的圖 1 所示重複資料刪除快取處理讀取請求的示例性流程的流程圖。

【實施方式】

【0010】 現在將詳細參照本發明概念的實施例，所述實施例的實例示出在附圖中。在以下詳細說明中，闡述許多具體細節以使得能夠透徹地理解本發明概念。然而，應理解，所屬領域中的一般技術人員無需這些具體細節便可實踐本發明概念。在其他情形中，未對眾所周知的方法、程式、元件、電路及網路予以詳細闡述，以避免使實施例的各個方面不必要地模糊不清。

【0011】 應理解，儘管本文中可能使用“第一”、“第二”等用語來

闡述各種元件，然而這些元件不應受這些用語限制。這些用語僅用於區分各個元件。舉例來說，在不背離本發明概念的範圍的條件下，可將第一模組稱為第二模組，且類似地，可將第二模組稱為第一模組。

【0012】 本文中在對本發明概念的說明中所使用的術語僅用於闡述具體實施例，而並非旨在限制本發明概念。除非上下文中清楚地另外指明，否則在對本發明概念的說明及隨附權利要求書中所使用的單數形式“一（a/an）”及“所述（the）”旨在也包含複數形式。還應理解，本文中所用用語“和/或（and/or）”指代且囊括相關聯的列出項中的一個或多個項的任意及所有可能組合。還應理解，當在本說明書中使用用語“包括（comprises 和/或 comprising）”時，是指明所陳述特徵、整數、步驟、操作、元件和/或元件的存在，但不排除一個或多個其他特徵、整數、步驟、操作、元件、元件和/或其群組的存在或添加。圖式中的元件及特徵未必按比例繪示。

【0013】 進行重複資料刪除的動態隨機存取記憶體（DRAM）在給定的 DRAM 單元內實現增強的邏輯容量，但一般來說比普通的 DRAM 操作慢。這種較慢的性能可能阻礙使用進行重複資料刪除的 DRAM 作為普通 DRAM 快取。

【0014】 為解決這些顧慮，進行重複資料刪除的 DRAM 快取中的記憶體可被劃分成重複資料刪除 DRAM 讀取快取及不進行重複資料刪除的寫入緩衝器。由於對重複資料刪除 DRAM 進行的寫入慢，因此傳統的 DRAM 可用作寫入緩衝器（write buffer，WB）。讀取請求（大部分）將由進行重複資料刪除的讀取快取（read

cache，RC）來服務，但寫入將由正常的 DRAM WB 來服務。

【0015】 舉例來說，如果物理 DRAM 是 8 吉位元組（gigabyte，GB），則物理 DRAM 可被分區成 4 GB 物理重複資料刪除 DRAM RC（提供總共 8 GB 虛擬容量）及 4 GB 物理 DRAM WB。重複資料刪除引擎只針對由重複資料刪除 DRAM RC 使用的特定 4 GB 範圍運行重複資料刪除機制。

【0016】 但應注意，即使重複資料刪除 DRAM 可用於讀取快取，然而仍然可能發生寫入，此會影響重複資料刪除 DRAM。舉例來說，來自主機的 64 位元組（byte，B）更新可影響儲存在重複資料刪除 DRAM RC 中的資料（寫入命中），或者當資料當前不處於重複資料刪除 DRAM RC 中時（讀取未中）時可能需要來自後端大容量記憶體 2 千位元組（kilobyte，KB）填充。為解決對重複資料刪除 DRAM RC 進行寫入的情況，可使用新的 WR_Status 訊號：如果寫入成功，則重複資料刪除引擎返回 ACK（確定應答），否則重複資料刪除引擎返回 NAK（否定應答）。如果快取控制器接收到 NAK，則快取控制器將取消快取填充（即，將不對所述 2 KB 填充進行快取）。

【0017】 因此，為處理重複資料刪除 DRAM RC 寫入命中，重複資料刪除 DRAM 快取可更新 RC 中繼資料以使快取行無效，且接著向重複資料刪除引擎寫入 64 B 的零（使快取行無效）（此還可涉及對重複資料刪除 DRAM RC 進行垃圾收集）。在此過程完成之後，重複資料刪除 DRAM 快取可仿佛不存在重複資料刪除 DRAM RC 寫入命中一樣繼續進行操作（即，重複資料刪除 DRAM 快取可仿佛存在重複資料刪除 DRAM RC 寫入未中一樣繼續進行操

作)。

【0018】 為對重複資料刪除 DRAM RC 填充進行處理，重複資料刪除 DRAM 快取可讀取歷史及 RC 中繼資料，以選擇要從重複資料刪除 DRAM RC 逐出的一個快取行。如果所選擇的快取行包含有效資料，則重複資料刪除 DRAM 快取可更新 RC 中繼資料以將快取行標記為無效並向重複資料刪除引擎寫入 2 KB 的零以使快取行無效。接著（一旦所選擇的快取行無效），重複資料刪除 DRAM 快取便可向重複資料刪除引擎寫入新的快取行資料，同時重複資料刪除引擎返回 WR_Status 訊號。如果重複資料刪除引擎返回 ACK，則重複資料刪除 DRAM 快取可更新 RC 中繼資料以將快取行標記為有效。另外，如果重複資料刪除引擎返回 NAK，則重複資料刪除 DRAM 快取便可丟棄將資料寫入到重複資料刪除 DRAM RC 的請求。

【0019】 以上本發明概念致力於解決使用能重複資料刪除的記憶體時寫入性能會潛在地較低的問題。但是使用能重複資料刪除的記憶體還存在另一個問題：不能保證寫入操作。舉例來說，假設將執行重複資料刪除 DRAM RC 填充操作，但重複資料刪除 DRAM RC 中的每一個快取行均儲存有有效資料。如果被選擇進行無效的快取行指向已經過重複資料刪除的資料（也就是說，所述快取行所指向的資料也被其他快取行指向），則使所述快取行無效將不會釋放任何實體記憶體（physical memory）。作為另外一種選擇，在重複資料刪除 RC 寫入命中的情形中，重複資料刪除引擎可能無法以零來對快取行進行重寫，如果資料也正由另一個快取行使用的話。對這種缺乏寫入完成保證的問題存在兩種解決方案：

接受寫入不能得到保證的情況，或者重試進行寫入操作以嘗試保證寫入操作完成。

【0020】 為實現後者，可執行寫入重試。如果寫入失敗（即，重複資料刪除引擎從所嘗試的寫入返回 NAK 訊號），則可選擇使另一個快取行無效（根據重複資料刪除 DRAM 快取的實施方式而定，可能涉及回寫）以及進行寫入重試。

【0021】 由於使另一個快取行無效可能使重複資料刪除引擎能夠完成對重複資料刪除 DRAM RC 的寫入操作，因此寫入重試可能會成功。但是如果作為寫入重試的一部分而被選擇進行無效的快取行指向也經歷重複資料刪除的資料，則寫入重試可能會再次失敗。因此，使快取行無效及重試寫入這一過程可根據需要重複多次。通常，重試過程的結束條件是：成功寫入（由來自重複資料刪除引擎的 ACK 訊號指示）、逐出一組中的每一個快取行、或嘗試預定次數的寫入重試。如果發生後面兩種情況，則重複資料刪除 DRAM 快取行可簡單地默認將結果返回到處理器而不成功地完成所需的寫入操作。

【0022】 圖 1 示出根據本發明概念實施例的使用重複資料刪除快取的機器。在圖 1 中，示出機器 105。機器 105 可包括處理器 110。處理器 110 可為任何種類的處理器：例如，英特爾至強（Intel Xeon）、賽揚（Celeron）、安騰（Itanium）或原子處理器（Atom processor）、超微半導體（AMD）皓龍處理器（Opteron processor）、先進精簡指令集計算（Reduced Instruction Set Computing，RISC）機器（Advanced RISC Machine，ARM）處理器等。儘管圖 1 在機器 105 中示出單個處理器 110，然而機器 105 可包括任意數目的處

理器，所述處理器中的每一者可為單核處理器或多核處理器，且可以任意所需要的組合進行混合。處理器 110 可運行器件驅動器 115，器件驅動器 115 可支援對儲存器件 120 的存取：不同的器件驅動器可支援對機器 105 的另一些元件的存取。

【0023】 機器 105 還可包括記憶體控制器 125，記憶體控制器 125 可用於管理對主記憶體 130 的存取。記憶體 130 可為任意種類的記憶體，例如，快閃記憶體、動態隨機存取記憶體（DRAM）、靜態隨機存取記憶體（Static Random Access Memory，SRAM）、永久隨機存取記憶體（Persistent Random Access Memory）、鐵電隨機存取記憶體（Ferroelectric Random Access Memory，FRAM）或非揮發性隨機存取記憶體（Non-Volatile Random Access Memory，NVRAM）（例如，磁阻隨機存取記憶體（Magnetoresistive Random Access Memory，MRAM））等。記憶體 130 還可為由不同的記憶體類型形成的任何所需要的組合。機器 105 還可包括重複資料刪除快取 135（其還可被稱為“重複資料刪除快取（deduplication cache）”），如以下所闡述。

【0024】 儘管圖 1 將機器 105 繪示為伺服器（其可為獨立伺服器（standalone server）或機架式伺服器（rack server）），然而本發明概念的實施例可包括任意所需類型的機器 105 而不具有限制。舉例來說，機器 105 可由臺式電腦或膝上型電腦或可受益于本發明概念實施例的任意其他器件取代。機器 105 還可包括專用的可攜式計算器件、平板電腦、智慧型電話及其他計算器件。

【0025】 圖 2 示出圖 1 所示機器 105 的其他細節。在圖 2 中，通常，機器 105 包括一個或多個處理器 110，所述一個或多個處理器

110 可包括記憶體控制器 125 及時脈 205，記憶體控制器 125 及時脈 205 可用於協調機器 105 的組件的運行。處理器 110 也可耦合到記憶體 130，記憶體 130 可例如包括隨機存取記憶體（random access memory，RAM）、唯讀記憶體（read-only memory，ROM）、或其他狀態保持媒體（state preserving media）。處理器 110 還可耦合到儲存器件 120 及網路連接件 210，網路連接件 210 可為例如乙太網連接件或無線連接件。處理器 110 還可連接到匯流排 215，匯流排 215 可附接有使用者介面 220 及可使用輸入/輸出引擎 225 來管理的輸入/輸出介面埠、以及其他元件。

【0026】 圖 3 示出圖 1 所示重複資料刪除快取 135 的示例性佈局。在圖 3 中，重複資料刪除快取 135 可分解成四個一般元件：DRAM 305、快取控制器 310、主機層 315 及媒體層 320。DRAM 305 充當重複資料刪除快取 135 的實際記憶體，且可被劃分成三個區：能重複資料刪除的讀取快取 325、不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 及中繼資料區 335。能重複資料刪除的讀取快取 325 可用作重複資料刪除記憶體以儲存可由處理器 110 從重複資料刪除快取 135 讀取的資料。不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 可用作傳統的（即，非重複資料刪除）記憶體以儲存將從處理器 110 寫入的資料。中繼資料區 335 可將與能重複資料刪除的讀取快取 325 中的快取行及不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 有關的資訊：例如，哪些快取行是有效的或無效的，以及哪些快取行經過緩衝以寫入到後端大容量記憶體 130。圖 3 中未示出重複資料刪除引擎，重複資料刪除引擎管理對能重複資料刪除的讀取快取 325 進行的實際資料寫入：以下參照圖 4 對重複資料刪除引擎進行論述。能重複

資料刪除的讀取快取 325、不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 及中繼資料區 335 可佔據 DRAM 305 的任意所需要的百分比。舉例來說，如果 DRAM 305 包括總共 8 吉位元組 (GB)，則能重複資料刪除的讀取快取 325 及不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 可能各自包括近似 4 GB 的儲存 (中繼資料區 335 需要佔據相對小量的 DRAM 305)。在給定預期的重複資料刪除比率的條件下，能重複資料刪除的讀取快取 325 可接著類比比其物理容量大的容量。舉例來說，如果能重複資料刪除的讀取快取 325 包括 4 GB 的實體記憶體且具有等於 2.0 的目標重複資料刪除比率，則能重複資料刪除的讀取快取 325 可模擬 8 GB 的虛擬記憶體。應注意，重複資料刪除快取 135 支持與能重複資料刪除的讀取快取 325 的虛擬容量一樣多的快取行，能重複資料刪除的讀取快取 325 的虛擬容量可 (且有可能) 超過能重複資料刪除的讀取快取 325 的物理容量可支援的快取行的數目。

【0027】 儘管圖 3 示出 DRAM 305 包括能重複資料刪除的讀取快取 325 及不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 二者且表明它們二者提供不同的功能，然而它們二者還可具有一些功能重疊。舉例來說，在本發明概念的一些實施例中，儘管不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 可儲存從處理器 110 寫入的資料 (且所述資料最終應被寫入後端高容量記憶體 130)，然而不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 還可充當“讀取快取” (即使不經歷重複資料刪除)，也可從不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 讀取資料。因此，對於將被寫入後端高容量記憶體 130 的資料而言，相較於“瞬間 (transient)”儲存而言可更多地考慮不能重複資料刪除的寫入緩

衝器 330。在本發明概念的這種實施例中，任何時候提到檢查能重複資料刪除的讀取快取 325 的具體的快取行時可被理解為也檢查不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 的快取行，以及視情況從能重複資料刪除的讀取快取 325 或不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 讀取資料，且資料可僅在不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 滿了或者在不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 中的快取行被無效以為新的快取行騰出空間時被寫入後端大容量記憶體 130。在本發明概念的這種實施例中，可僅在資料既未儲存在能重複資料刪除的讀取快取 325 中也未儲存在不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 中時針對所請求的資料對後端大容量記憶體 130 進行存取。

【0028】 快取控制器 310 可充當重複資料刪除快取 135 後面的“大腦”，從而對寫入或讀取什麼資料進行管理、選擇要被無效或要進行寫入的快取行等。快取控制器 310 可使用主機層 315 來與處理器 110 進行交互作用（即，從處理器 110 接收請求/資料以及向處理器 110 發送資料），且使用媒體層 320 來與記憶體 130（在圖 3 中標記為“後端大容量記憶體”）進行交互作用。記憶體 130 可為包含重複資料刪除快取 135 的模組的一部分，或者記憶體 130 可與重複資料刪除快取 135 分開（且通過通訊路徑進行通訊）。

【0029】 如圖 3 所示，快取控制器 310、主機層 315 及媒體層 320 可使用現場可程式化閘陣列（field programmable gate array, FPGA）來實施。但本發明概念的實施例可支援任何所需要的實施方式，包括其他硬體設計（例如，使用可程式化唯讀記憶體（Programmable Read Only Memory, PROM）或可程式化唯讀記憶體的任何變型（例如，可擦可程式化唯讀記憶體（Erasable

PROM，EPROM）或電可擦可程式化唯讀記憶體（Electrically Erasable PROM，EEPROM）或專門設計的電路）及軟體設計。另外，儘管圖 3 示出使用單個 FPGA 實施的快取控制器 310、主機層 315 及媒體層 320，但是本發明概念的實施例可支援使用多個單獨的元件的實施方式，所述多個單獨的元件接著使用通訊路徑（例如，網路互連件）進行連接。

【0030】 圖 4 示出包括重複資料刪除引擎的圖 1 所示重複資料刪除快取 135。在圖 4 中，DRAM 305、快取控制器 310、主機層 315 及媒體層 320 可相同於圖 3 所示的那些組件，且記憶體控制器 125 可相同於圖 1 所示記憶體控制器 125。但另外地，在圖 4 中示出重複資料刪除引擎 405 及網路互連件 410。網路互連件 410 可在 DRAM 305、快取控制器 310 及重複資料刪除引擎 405 之間提供通訊。重複資料刪除引擎 405 可管理從 DRAM 305 的包括進行重複資料刪除的記憶體（例如，圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325）的部分進行的資料讀取以及向所述部分進行的資料寫入（應注意，可直接對 DRAM 305 的不包括進行重複資料刪除的記憶體的部分進行存取，而無需使用重複資料刪除引擎 405）。

【0031】 如上所述，重複資料刪除引擎 405 管理進行重複資料刪除的記憶體。為此，重複資料刪除引擎 405 可支援指示重複資料刪除引擎 405 執行重複資料刪除的訊號（在圖 4 中被示出為標記為“Dedup”的訊號）以及載明要進行存取的位址及（潛在地）要使用的資料的讀取/寫入指令（在圖 4 中被示出為標記為“RD/WR”的訊號）。但另外地，重複資料刪除引擎 405 還可提供寫入狀態訊號（在圖 4 中被示出為標記為“WR_Status”的訊號）。寫入狀態訊號

可用於指示具體的寫入操作成功還是失敗。以下參照圖 5 進一步論述寫入狀態訊號的使用。

【0032】 圖 5 示出圖 3 到圖 4 所示快取控制器 310 的細節。在圖 5 中，快取控制器 310 可包括風險管理器（hazard manager）505、快取命中/未中檢查 510、命中塊 515、未中塊 520 及歷史儲存 525。一旦圖 1 所示能重複資料刪除的快取 135 從圖 1 所示處理器 110 接收到資料請求，風險管理器 505 便可跟蹤各種命令序列（例如，寫入後讀取（read-after-write）及寫入後寫入（write-after-write））來確保資料依賴性可得到正確地處置。舉例來說，假如快取控制器 310 將接收要寫入儲存在圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 中的資料的請求，且接著接收要在所述資料已被寫入圖 1 所示後端大容量記憶體 130 之前讀取所述資料的請求，則風險管理器 505 可指引所述讀取請求從圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 存取資料。快取命中/未中檢查 510 可判斷是否可在圖 1 所示能重複資料刪除的快取 135 中找到進行存取的具體位址。由於這種判斷可通過對圖 3 所示中繼資料區 335 進行存取來施行，因此快取命中/未中檢查 510 可與讀取/寫入訊號一起發送讀取請求以對圖 3 所示中繼資料區 335 進行存取。

【0033】 一旦快取命中/未中檢查 510 已判斷出具體請求是否存取已處於圖 1 所示能重複資料刪除的快取 135 中的位址，便可視情況將控制轉交給命中塊 515 或未中塊 520。命中塊 515 可用於存取當前儲存在圖 1 所示能重複資料刪除的快取 135 中的快取行；未中塊 520 可用於從圖 3 所示後端大容量記憶體 130 存取資料。命中塊 515 及未中塊 520 可與讀取/寫入訊號一起發送讀取和/或寫

入請求以存取圖 3 所示 DRAM 305 中的資料：另外，未中塊 520 還可從圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 接收寫入狀態訊號。最後，歷史儲存 525 可用於確定關於圖 1 所示能重複資料刪除的快取 135 中的快取行的存取歷史的資訊：舉例來說，在適當的時候選擇快取行來進行逐出。另外，各種網路互連件（例如，圖 5 所示網路互連件）可支援快取控制器 310 的各個元件之間的通訊。

【0034】 現在已對圖 3 所示能重複資料刪除的快取 135 的硬體、快取控制器 310 進行了解釋，還可解釋圖 3 所示能重複資料刪除的快取 135 的操作。當圖 1 所示能重複資料刪除的快取 135 從圖 1 所示處理器 110 接收到請求時，存在兩種類型的請求及兩種可能的快取結果：所述請求可為讀取請求或寫入請求，且所涉及的資料可引起快取命中或快取未中。因此存在總共四種可能的情形，以下論述這四種可能的情形中的每一種情形。

讀取請求、快取命中

【0035】 如果圖 1 所示處理器 110 發出讀取請求，且資料當前儲存在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中，則圖 5 所示快取命中/未中檢查 510 將在對圖 3 所示中繼資料區 335 進行讀取之後確定為這種情形。由於所涉及的資料當前處於圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中，因此可將控制轉交給圖 5 所示命中塊 515，命中塊 515 可向圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 發送讀取請求來請求從圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 讀取資料。圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 可接著將資料返回到圖 5 所示命中塊 515，命中塊 515 可接著通過主機層 315 將資料返回到圖 1 所示處理器 110。

讀取請求、快取未中

【0036】 如果圖 1 所示處理器 110 發出讀取請求，且資料當前未儲存在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中，則圖 5 所示快取命中/未中檢查 510 將在對圖 3 所示中繼資料區 335 進行讀取之後確定為這種情形。由於所涉及的資料當前未處於圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中，因此可將控制轉交給未中塊 520，未中塊 520 可通過圖 3 所示媒體層 320 從圖 3 所示後端大容量記憶體 130 請求資料。

【0037】 一旦已對資料進行了讀取，圖 5 所示未中塊 520 便可判斷在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中是否存在當前未儲存有效資料的快取行。如果在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中存在當前未儲存有效資料的可用快取行，則圖 5 所示未中塊 520 可選擇這種快取行來儲存資料。否則，圖 5 所示未中塊 520 可從圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 選擇含有有效資料的快取行進行逐出。這種選擇過程可使用來自圖 5 所示歷史儲存 525 的資料，且可使用任何所需要的演算法來選擇快取行進行逐出：最近最少使用（Least Recently Used，LRU）或最近最不頻繁使用（Least Frequently Used，LFU）是可用于選擇快取行進行逐出的眾所周知的演算法實例。

【0038】 為從圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 逐出快取行，圖 5 所示未中塊 520 可向圖 3 所示 DRAM 305 發送寫入操作以寫入圖 3 所示中繼資料區 335 中來將快取行標記為無效。未中塊 520 還可向圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 發送寫入操作以在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中重寫實際資料：舉例

來說，通過寫入足夠的零來填充快取行。

【0039】 一旦快取行被逐出且資料變為無效，所述快取行便能夠自由接收資料，就像快取行在開始時可用的情形一樣。因此，圖 5 所示未中塊 520 可接著向圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 發送寫入操作以將資料（早先從圖 1 所示後端高容量記憶體讀取的資料）寫入圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中。圖 3 所示快取控制器 310 可接著通過圖 3 所示主機層 315 將資料返回到圖 1 所示處理器 110。

寫入請求、快取命中

【0040】 如果圖 1 所示處理器 110 發出寫入請求，且資料當前儲存在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中，則圖 5 所示快取命中/未中檢查 510 將在對圖 3 所示中繼資料區 335 進行讀取之後確定為這種情形。由於所涉及的資料當前處於圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中，因此可將控制轉交給命中塊 515。

【0041】 由於圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 當前儲存將被替換的資料，因此圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 的快取行中的資料也應被處置。儘管可向圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的快取行寫入新資料，然而向進行重複資料刪除的記憶體寫入資料是相對慢的操作（且在任何情況下，儲存在圖 1 所示後端高容量記憶體 130 中的資料也需要進行更新）。因此，並非向圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 寫入資料，可使圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的快取行無效。這樣，如果資料隨後由處理器 110 讀取，則可從圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330（如果其中仍存在新的值）或從圖 1

所示後端高容量記憶體 130 檢索新的值（如以上在標記為“讀取請求、快取未中”的情形中所闡述）。

【0042】 為使圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 的快取行無效，圖 5 所示命中塊 515 可向圖 3 所示 DRAM 305 發送寫入操作以寫入圖 3 所示中繼資料區 335 中來將快取行標記為無效。命中塊 515 還可向圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 發送寫入操作以對圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的實際資料進行重寫：舉例來說，通過寫入足夠的零來填充快取行。

【0043】 一旦已從圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 使資料無效，圖 5 所示命中塊 515 便可將資料寫入圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330。由於圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 不使用進行重複資料刪除的記憶體，因此將資料寫入圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 比將資料寫入圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 快。隨後，在適當的時候，可通過圖 3 所示媒體層 320 將資料從圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 沖刷到圖 3 所示後端高容量記憶體 130：舉例來說，如果圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 已變滿的話。

寫入請求、快取未中

【0044】 如果圖 1 所示處理器 110 發出寫入請求，且資料當前未儲存在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中，則圖 5 所示快取命中/未中檢查 510 將在對圖 3 所示中繼資料區 335 進行讀取之後確定為這種情形。由於所涉及的資料當前未處於圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中，因此控制可轉交給未中塊 520。

【0045】 圖 5 所示未中塊 520 可將資料寫入圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330。隨後，在適當的時候，可通過圖 3 所示媒體層 320 將資料從圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 沖刷到圖 3 所示後端高容量記憶體 130：同樣，舉例來說，如果圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 已變滿的話。

【0046】 以上論述示出可如何在快取中使用能重複資料刪除的記憶體來改善總體性能。但使用能重複資料刪除的記憶體可引入另一種問題，具體來說可引起“讀取請求、快取未中”以及“寫入請求、快取命中”的情形。應注意，在這兩種情形中，可將資料寫入圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325。所述問題源自以下事實：由於圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 類比比其物理容量大的容量。即使快取行可為可用的，圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 的實體記憶體也可為滿的，在這種情形中資料可能無法成功寫入圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325。另外，使圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的快取行無效可能無法釋放任何實體記憶體。舉例來說，如果被選擇進行無效的快取行參考也由另一個快取行參考的資料，則使所選擇的快取行無效不會使資料實際上從圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 的實體記憶體釋放。這一問題可被闡述為缺乏寫入保證。

【0047】 一種解決方案是簡單地接受向圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 進行的寫入可能失敗。這種解決方案至少在“讀取請求、快取未中”的情形中是合理的：在最差情形中，至少在資料可實際上在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中被快

取之前，資料實際上不會被快取，從而需要從圖 1 所示後端高容量記憶體 130 進行存取（至少在資料可實際上在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中被快取之前）。且即使在“寫入請求、快取命中”的情形中，所述解決方案在存在使存取相同資料的所有快取行無效的方式時是可接受的（以避免對其他快取行進行的存取對圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 的過期資料進行存取）。但仍存在其他解決方案。

【0048】 另一種解決方案是使多個快取行無效，直到資料可被成功寫入圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 為止（或直到已進行了閾值次數的重試為止）。如果在嘗試向圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 寫入資料之後，圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 在寫入狀態訊號中返回 NAK，則圖 3 所示快取控制器 310 可（通過圖 5 所示命中塊 515 或圖 5 所示未中塊 520）選擇圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 的快取行來使其無效。在使所選擇的快取行無效之後，圖 3 所示快取控制器 310 可（同樣，通過圖 5 所示命中塊 515 或圖 5 所示未中塊 520）重試向圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 進行原始寫入。這一過程可根據需要重複進行，直到對圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 進行的寫入成功（由寫入狀態訊號上的 ACK 指示）為止或直到已發生閾值次數的重試為止。

【0049】 圖 6A 到圖 6B 示出根據本發明概念實施例的圖 1 所示重複資料刪除快取 135 處理寫入請求的示例性流程的流程圖。在圖 6A 中，在方塊 605 處，圖 3 所示快取控制器 310 可從圖 1 所示處理器 110 接收寫入請求。在方塊 610 處，圖 5 所示快取命中/未中

檢查 510 可判斷圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 是否包括含有將被重寫的資料的快取行。如果不含有此種快取行，則在方塊 615 處，圖 5 所示命中塊 520 可將來自寫入請求的資料儲存在圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 中，在方塊 620 處，圖 3 所示快取控制器 310 可將資料從圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 沖刷到圖 1 所示後端大容量記憶體 130，且在方塊 625 處，圖 3 所示快取控制器 310 可將資料從圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 擦除。

【0050】 另一方面，在方塊 610 處，如果圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 不包括含有將通過寫入請求進行重寫的資料的快取行，則在方塊 630 處（圖 6B），圖 5 所示命中塊 515 可使所述快取行無效（通過在圖 3 所示中繼資料區 335 中將快取行標記為無效以及通過圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 向快取行寫入零）。在方塊 635 處，圖 5 所示命中塊 515 可判斷圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 是以 ACK 訊號還是以 NAK 訊號作出回應。如果圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 返回 ACK 訊號，則處理過程可繼續進行圖 6A 所示方塊 615 來完成寫入請求。否則，在方塊 640 處，圖 5 所示命中塊 515 可判斷是否已達到最大次數的重試。如果尚未達到最大次數的重試，則在方塊 645 處，圖 5 所示命中塊 515 可選擇另一個快取行來使其無效，且處理過程可返回方塊 630 來使重新選擇的快取行無效。否則，在方塊 650 處，命中塊 515（及圖 3 所示快取控制器 310）可報告從圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 擦除資料存在問題，此後處理過程可結束。

【0051】 圖 7 示出根據本發明概念實施例的圖 1 所示重複資料刪

除快取 135 使圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的快取行無效的示例性流程的流程圖。在圖 7 中，在方塊 705 處，圖 3 所示快取控制器 310 可在圖 3 所示中繼資料區 335 中將快取行標記為無效（通過向圖 3 所示中繼資料區 335 寫入適當的值）。在方塊 710 處，圖 3 所示快取控制器 310 可向圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 發送寫入請求以向所涉及的快取行的資料中寫入零，從而確保過期資料無法佔據 DRAM 空間。

【0052】 圖 8A 到圖 8C 示出根據本發明概念實施例的圖 1 所示重複資料刪除快取 135 處理讀取請求的示例性流程的流程圖。在圖 8A 中，在方塊 805 處，圖 3 所示快取控制器 310 可接收要從圖 1 所示後端大容量記憶體 130 讀取資料（或者從圖 3 所示 DRAM 305 讀取資料，如果其中儲存有資料的話）的讀取請求。在方塊 810 處，圖 5 所示快取命中/未中檢查 510 可檢查是否在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中找到所請求的資料。如果在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的快取行中找到所請求的資料，則在方塊 815 處，圖 5 所示命中塊 515 可向圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 發送讀取請求以從圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的快取行讀取所請求的資料，且在方塊 820 處，圖 3 所示快取控制器 310 可將所請求的資料發送回圖 1 所示處理器 110，此後處理過程結束。

【0053】 如果在圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中或不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 中的快取行中均未找到所請求的資料，則在方塊 825 處，圖 5 所示未中塊 520 可從圖 1 所示後端大容量記憶體 130 讀取資料。在方塊 830 處，圖 5 所示未中塊

520 可選擇圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 的快取行來儲存資料。應注意，所選擇的快取行可為當前未儲存有效資料的快取行、或儲存有效資料的快取行（且因此需要首先使其無效）。在方塊 835 處（圖 8B），圖 5 所示未中塊 520 判斷所選擇的快取行是否含有有效資料。如果所選擇的快取行含有有效資料，則在方塊 840 處，圖 5 所示未中塊 520 可使用以上在圖 7 中概述的示例性流程來使所述快取行無效。接著，一旦知曉所述快取行不含有有效資料，則在方塊 845 處，圖 5 所示未中塊 520 可向圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 發送寫入請求來將所請求的資料寫入圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的所選擇的快取行。也就是說，在方塊 845 處，圖 5 所示未中塊 520 可將所請求的資料提供到圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 來嘗試將所請求的資料寫入圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的所選擇的快取行。

【0054】 在方塊 850 處，圖 5 所示未中塊 520 可判斷圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 回應於寫入請求返回的是 ACK 還是 NAK。應注意，無論在方塊 835 處所選擇的快取行是否含有有效資料，圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 均可返回 NAK，這是因為即使在利用空閒的快取行時圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 可能仍會達到其最大物理容量。如果圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 返回 ACK 訊號，則寫入成功：在方塊 855 處，圖 5 所示未中塊 520 可在圖 3 所示中繼資料區 335 中將所述快取行標記為含有有效資料，且處理過程可繼續進行圖 8A 所示方塊 820 來將所請求的資料發送回圖 1 所示處理器 110。

【0055】 另一方面，如果圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 返回

NAK 訊號，則圖 4 所示重複資料刪除引擎 405 不能夠將資料寫入圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的快取行。在這種情形中，在方塊 860 處（圖 8C），圖 5 所示未中塊 520 可判斷是否已達到最大次數的重試。如果尚未達到最大次數的重試，則在方塊 865 處，圖 5 所示未中塊 520 可選擇另一個快取行來使其無效，且處理過程可返回方塊 840 來使重新選擇的快取行無效。否則，在方塊 870 處，未中塊 520（及圖 3 所示快取控制器 310）可報告將資料寫入圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 存在問題，此後處理過程可結束。

【0056】 如以上參照圖 3 所論述，在本發明概念的一些實施例中，圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 還可充當傳統的快取，位於圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 旁邊。在本發明概念的這種實施例中，提到檢查圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中是否具有所請求的快取行或存取所述所請求的快取行可被理解為相似地涉及對圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 進行檢查或存取。舉例來說，在圖 8A 中，可將方塊 810 修改成檢查圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 以及圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 中是否具有包含資料的快取行，且可將方塊 815 修改成：根據可在何處實際上找到資料而定，從圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中或圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 中讀取資料。相似地，如果在圖 8C 所示方塊 870 中，資料不能夠被成功寫入圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325，則作為替代，可將資料寫入圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330。或者，可將示例性流程圖修改

成從圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 或圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330 選擇可被寫入資料的快取行，而非嘗試首先將資料寫入圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的快取行中。

【0057】 在圖 6A 到圖 8C 中，示出了本發明概念的一些實施例。但所屬領域中的技術人員將認識到，通過改變所述方塊的次序、通過省略方塊、或通過包括圖式中所未示出的鏈路，本發明概念還可具有其他實施例。所述流程圖的所有這種變型均應被視為本發明概念的實施例，而無論是否明確地如此闡述。

【0058】 本發明概念的實施例與現有技術相比提供幾個技術優點。首先，在圖 1 所示重複資料刪除快取 135 中使用能重複資料刪除的記憶體會避免在圖 3 所示快取 DRAM 305 中儲存相同資料的多個副本，從而使得能夠在相同物理量的記憶體中儲存更多（唯一）的資料（或作為另外一種選擇，使用較小的記憶體占用量來儲存相同量的資料）。舉例來說，如果圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 包括 4GB 的記憶體（其預期的重複資料刪除比率為 2），則圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 在理論上可儲存與在 8GB 的不能重複資料刪除的快取記憶體中能夠儲存的資料一樣多的唯一資料。第二，通過使用圖 3 所示不能重複資料刪除的寫入緩衝器 330，對於其中應用正在寫入資料（而不僅僅是讀取資料）的情況而言會避免在對能重複資料刪除的記憶體進行的寫入中所固有的延遲。第三，通過在使圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 中的快取行無效之後支持寫入重試，會減少與無法保證對圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 進行的寫入有關的

問題（且儘管仍存在甚至在幾次快取行無效之後對圖 3 所示能重複資料刪除的讀取快取 325 的寫入可能仍不會成功的可能性，但是發生這種情況的可能性相當低）。

【0059】 以下論述旨在提供對可在其中實施本發明概念某些方面的一個或多個適合的機器的簡短大體說明。所述一個或多個機器可至少部分地通過以下來控制：來自例如鍵盤、滑鼠等傳統輸入器件的輸入；以及自另一機器接收到的指令、與虛擬實境(**virtual reality** , **VR**) 環境、生物特徵回饋(**biometric feedback**)、或其他輸入訊號的交互作用。本文中所用用語“機器(**machine**)”旨在廣泛地囊括單一機器、虛擬機器器、或由以通訊方式耦合的一起運行的機器、虛擬機器器、或器件形成的系統。示例性機器包括：計算器件，例如個人電腦、工作站、伺服器、可攜式電腦、掌上型器件、電話、平板電腦(**tablet**) 等；以及運輸器件，例如私人或公共運輸（例如汽車、火車、計程車等）。

【0060】 所述一個或多個機器可包括嵌入式控制器，例如可程式化或不可程式化邏輯器件或陣列、應用專用積體電路(**Application Specific Integrated Circuit** , **ASIC**)、嵌入式電腦、智慧卡等。所述一個或多個機器可利用連接至一個或多個遠端機器（例如通過網路介面、資料機、或其他通訊耦合）的一個或多個連接。機器可採用例如內聯網(**intranet**)、互聯網、局域網、廣域網路等實體網路和/或邏輯網路的方式進行互連。所屬領域中的技術人員將理解，網路通訊可利用各種有線和/或無線短距離或長距離載體及協議，所述載體及協議包括射頻(**radio frequency** , **RF**)、衛星、微波、電氣及電子工程師學會(**Institute of Electrical and Electronics**

Engineers, IEEE) 802.11、藍牙®、光學、紅外、纜線、鐳射等。

【0061】 可通過參照或結合相關聯資料來闡述本發明概念的實施例，所述相關聯資料包括當由機器存取時使得所述機器執行任務或定義抽象資料類型或低層階硬體上下文的功能、流程、資料結構、應用程式等。相關聯資料可儲存在例如揮發性和/或非揮發性記憶體（例如，隨機存取記憶體（random access memory, RAM）、唯讀記憶體（read only memory, ROM）等）中，或儲存於包括硬驅動器、軟碟、光學儲存、磁帶、快閃記憶體、記憶體、記憶棒（memory stick）、數位視訊盤、生物儲存等其他儲存器件及其相關聯儲存媒體中。相關聯資料可採用資料包、串列資料、並行資料、傳播訊號等形式通過包括實體網路和/或邏輯網路在內的傳輸環境來遞送，且可以壓縮或加密格式使用。相關聯資料可用於分散式環境中，且可在本地和/或遠端存放以供機器存取。

【0062】 本發明概念的實施例可包括包含可由一個或多個處理器執行的指令的有形的非暫時性機器可讀媒體（machine-readable medium），所述指令包括用於執行本文所述本發明概念的要素的指令。

【0063】 上述方法的各種操作可通過能夠執行所述操作的任何適合的手段（例如，各種硬體元件和/或軟體元件、電路和/或模組）來執行。軟體可包括用於實施邏輯功能的可執行指令的有序列表，且可被收錄在任何“處理器可讀媒體”中以由指令執行系統、裝置或器件（例如，單核處理器或多核處理器或者含有處理器的系統）使用或與指令執行系統、裝置或器件結合使用。

【0064】 結合本文中所揭露的實施例闡述的方法或演算法的方

塊或步驟以及功能可直接以硬體實施、以由處理器執行的軟體模組實施或者以兩者的組合來實施。如果以軟體實施，則可將功能作為一個或多個指令或代碼儲存在有形的非暫時性電腦可讀媒體上或通過有形的非暫時性電腦可讀媒體傳送。軟體模組可駐留在隨機存取記憶體（RAM）、快閃記憶體記憶體、唯讀記憶體（ROM）、電可程式化唯讀記憶體（EPROM）、電可擦可程式化唯讀記憶體（EEPROM）、暫存器、硬碟、可移式盤（removable disk）、壓縮磁碟唯讀記憶體（compact disk ROM，CD ROM）或所屬領域中所知的任何其他形式的儲存媒體中。

【0065】 已參照所示實施例闡述並示出了本發明概念的原理，應認識到，所示實施例可在排列及細節上加以修改而並不背離此類原理，且可以任何所需方式加以組合。並且，儘管以上論述著重於具體實施例，然而預期存在其他配置。具體來說，儘管本文中使用的例如“根據本發明概念的實施例”等表達，然而這些短語意在籠統地提及實施例可能性，而並非旨在將本發明概念限制為具體實施例配置。本文所用的這些用語可提及相同或不同的實施例，這些相同或不同的實施例可組合成其他實施例。

【0066】 前述說明性實施例不應被視為限制本發明概念。儘管已闡述了幾個實施例，然而所屬領域中的技術人員將易於理解，可對這些實施例作出許多修改，而此並不實質上背離本揭露的新穎教示內容及優點。因此，所有這種修改均旨在包含於由權利要求書所界定的本發明概念的範圍內。

【0067】 本發明概念的實施例可擴展到以下聲明，但並不僅限於此：

【0068】 聲明 1、本發明概念的實施例包括一種能重複資料刪除的快取，所述能重複資料刪除的快取包括：

快取記憶體，所述快取記憶體包括能重複資料刪除的讀取快取及不能重複資料刪除的寫入緩衝器；

重複資料刪除引擎，使用所述能重複資料刪除的讀取快取來管理資料讀取及寫入，所述重複資料刪除引擎能夠操作以發送寫入狀態訊號，所述寫入狀態訊號指示對所述能重複資料刪除的讀取快取的寫入請求是否成功；以及

快取控制器，包括：

快取命中/未中檢查邏輯，檢查是否能夠在所述能重複資料刪除的讀取快取中找到請求中的位址；

命中塊，當所述快取命中/未中檢查邏輯指示能夠在所述能重複資料刪除的讀取快取中找到所述位址時，從所述快取記憶體存取第一資料；

未中塊，當所述快取命中/未中檢查邏輯指示不能夠在所述能重複資料刪除的讀取快取中找到所述位址時，從後端大容量記憶體存取第二資料；以及

歷史儲存，將與對所述第一資料的存取有關的資訊儲存在所述能重複資料刪除的讀取快取中。

【0069】 聲明 2、本發明概念的實施例包括根據聲明 1 所述的能重複資料刪除的快取，其中所述快取控制器還包括風險管理器以管理所述能重複資料刪除的讀取快取及不能重複資料刪除的寫入緩衝器中的資料依賴性。

【0070】 聲明 3、本發明概念的實施例包括根據聲明 1 所述的能

重複資料刪除的快取，其中所述能重複資料刪除的讀取快取類比儲存比在物理上配備在所述能重複資料刪除的讀取快取中的快取行多的快取行。

【0071】 聲明 4、本發明概念的實施例包括根據聲明 1 所述的能重複資料刪除的快取，其中所述快取記憶體還包括中繼資料區，所述中繼資料區儲存與所述能重複資料刪除的讀取快取中的快取行有關的資訊。

【0072】 聲明 5、本發明概念的實施例包括根據聲明 1 所述的能重複資料刪除的快取，其中：

所述快取控制器能夠操作以從處理器接收要寫入資料的第一寫入請求並將所述資料儲存在所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器中；以及

所述命中塊能夠操作以在所述快取行被所述第一寫入請求修改時向所述重複資料刪除引擎發送第二寫入請求以使所述能重複資料刪除的讀取快取中的快取行無效。

【0073】 聲明 6、本發明概念的實施例包括根據權利要求 5 所述的能重複資料刪除的快取，其中所述第二寫入請求包括要向所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行寫入零的請求。

【0074】 聲明 7、本發明概念的實施例包括根據聲明 5 所述的能重複資料刪除的快取，其中所述快取控制器還能夠操作以在所述快取記憶體的中繼資料區中將所述快取行標記為無效。

【0075】 聲明 8、本發明概念的實施例包括根據聲明 5 所述的能重複資料刪除的快取，其中所述命中塊還能夠操作以回應於所述第二寫入請求從所述重複資料刪除引擎接收否定應答訊號，從所

述能重複資料刪除的讀取快取逐出第二快取行，並在從所述能重複資料刪除的讀取快取逐出所述第二快取行之後向所述重複資料刪除引擎重新發送所述第二寫入請求。

【0076】 聲明 9、本發明概念的實施例包括根據聲明 1 所述的能重複資料刪除的快取，其中：

所述快取控制器能夠操作以從處理器接收讀取請求以讀取資料並將所述資料發送到所述處理器；以及

所述未中塊能夠操作以從所述後端高容量記憶體檢索所述資料並向所述重複資料刪除引擎發送寫入請求以將所述資料寫入所述能重複資料刪除的讀取快取中。

【0077】 聲明 10、本發明概念的實施例包括根據聲明 9 所述的能重複資料刪除的快取，其中所述未中塊還能夠操作以回應於所述寫入請求而從所述重複資料刪除引擎接收否定應答訊號，從所述能重複資料刪除的讀取快取逐出快取行，並在從所述能重複資料刪除的讀取快取逐出所述快取行之後向所述重複資料刪除引擎重新發送所述寫入請求。

【0078】 聲明 11、本發明概念的實施例包括一種方法，所述方法包括：

接收要寫入資料的寫入請求；

確定所述資料位於能重複資料刪除的讀取快取中的快取行中，所述能重複資料刪除的讀取快取是快取記憶體中的第一區，所述快取記憶體包括不能重複資料刪除的寫入緩衝器作為第二區；

使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效；以

及

將所述資料儲存在所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器中。

【0079】 聲明 12、本發明概念的實施例包括根據聲明 11 所述的方法，所述方法還包括：

將所述資料從所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器沖刷到後臺大容量記憶體；以及

將所述資料從所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器擦除。

【0080】 聲明 13、本發明概念的實施例包括根據聲明 11 所述的方法，其中使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效包括：

在所述快取記憶體中的中繼資料區中將所述快取行標記為無效；以及

通過重複資料刪除引擎向所述快取行寫入零。

【0081】 聲明 14、本發明概念的實施例包括根據聲明 13 所述的方法，其中使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效還包括在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收確定應答。

【0082】 聲明 15、本發明概念的實施例包括根據聲明 13 所述的方法，其中使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效還包括：

在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收否定應答；

從所述能重複資料刪除的讀取快取選擇要逐出的第二快取行；

使所述第二快取行無效；以及

通過所述重複資料刪除引擎向所述第二快取行寫入零。

【0083】 聲明 16、本發明概念的實施例包括根據聲明 11 所述的方法，其中將所述資料儲存在所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器中包括：無論所述資料是否處於所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行中，均將所述資料儲存在所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器中。

【0084】 聲明 17、本發明概念的實施例包括一種方法，所述方法包括：

接收要讀取資料的讀取請求；

確定所述資料不處於能重複資料刪除的讀取快取中的多個快取行中，所述能重複資料刪除的讀取快取是快取記憶體中的第一區，所述快取記憶體包括不能重複資料刪除的寫入緩衝器作為第二區；

從後端大容量記憶體讀取所述資料；

選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中的第一快取行；

將所述資料提供到重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所述第一快取行；以及

回應於所述讀取請求，發送所述資料。

【0085】 聲明 18、本發明概念的實施例包括根據聲明 17 所述的方法，其中選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中的第一快取行包括：選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中當前未儲存資料的所述第一快取行。

【0086】 聲明 19、本發明概念的實施例包括根據聲明 17 所述的方法，其中選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中的第一快取行

包括：

回應於來自所述快取記憶體中的中繼資料區的能重複資料刪除的讀取快取中繼資料以及歷史資料，選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中當前儲存有效資料的所述第一快取行進行逐出；以及

使所述第一快取行無效。

【0087】 聲明 20、本發明概念的實施例包括根據聲明 19 所述的方法，其中使所述第一快取行無效包括：

在所述快取記憶體中的所述中繼資料區中將所述第一快取行標記為無效；以及

通過所述重複資料刪除引擎向所述第一快取行寫入零。

【0088】 聲明 21、本發明概念的實施例包括根據聲明 17 所述的方法，其中將所述資料提供到重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所述第一快取行包括：在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收確定應答。

【0089】 聲明 22、本發明概念的實施例包括根據聲明 17 所述的方法，其中將所述資料提供到重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所述第一快取行包括：

在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收否定應答；

響應於來自所述快取記憶體中的中繼資料區的能重複資料刪除的讀取快取中繼資料及歷史資料，選擇所述能重複資料刪除的讀取快取的當前儲存有效資料的第二快取行進行逐出；

使所述第二快取行無效；以及

將所述資料提供到所述重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料

寫入所選擇的所述第二快取行。

【0090】 聲明 23、本發明概念的實施例包括一種製品，所述製品包括非暫時性儲存媒體，所述非暫時性儲存媒體上儲存有指令，所述指令在由機器執行時引起以下操作：

接收要寫入資料的寫入請求；

確定所述資料位於能重複資料刪除的讀取快取中的快取行中，所述能重複資料刪除的讀取快取是快取記憶體中的第一區，所述快取記憶體包括不能重複資料刪除的寫入緩衝器作為第二區；

使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效；以及

將所述資料儲存在所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器中。

【0091】 聲明 24、本發明概念的實施例包括根據聲明 23 所述的製品，所述非暫時性儲存媒體上儲存有另一些指令，所述另一些指令在由所述機器執行時引起以下操作：

將所述資料從所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器沖刷到後臺高容量記憶體；以及

將所述資料從所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器擦除。

【0092】 聲明 25、本發明概念的實施例包括根據聲明 23 所述的製品，其中使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效包括：

在所述快取記憶體中的中繼資料區中將所述快取行標記為無效；以及

通過重複資料刪除引擎向所述快取行寫入零。

【0093】 聲明 26、本發明概念的實施例包括根據聲明 25 所述的方法，其中使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效還包括在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收確定應答。

【0094】 聲明 27、本發明概念的實施例包括根據聲明 25 所述的製品，其中使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效還包括：

在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收否定應答；
從所述能重複資料刪除的讀取快取選擇要逐出的第二快取行；

使所述第二快取行無效；以及

通過所述重複資料刪除引擎向所述第二快取行寫入零。

【0095】 聲明 28、本發明概念的實施例包括根據聲明 23 所述的製品，其中將所述資料儲存在所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器中包括：無論所述資料是否處於所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行中，均將所述資料儲存在所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器中。

【0096】 聲明 29、本發明概念的實施例包括一種製品，所述製品包括非暫時性儲存媒體，所述非暫時性儲存媒體上儲存有指令，所述指令在由機器執行時引起以下操作：

接收要讀取資料的讀取請求；

確定所述資料不處於能重複資料刪除的讀取快取中的多個快取行中，所述能重複資料刪除的讀取快取是快取記憶體中的第一區，所述快取記憶體包括不能重複資料刪除的寫入緩衝器作為第

二區；

從後端高容量記憶體讀取所述資料；

選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中的第一快取行；

將所述資料提供到重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所述第一快取行；以及

回應於所述讀取請求，發送所述資料。

【0097】 聲明 30、本發明概念的實施例包括根據聲明 29 所述的製品，其中選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中的第一快取行包括：選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中當前未儲存資料的所述第一快取行。

【0098】 聲明 31、本發明概念的實施例包括根據聲明 29 所述的製品，其中選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中的第一快取行包括：

回應於來自所述快取記憶體中的中繼資料區的能重複資料刪除的讀取快取中繼資料以及歷史資料，選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中當前儲存有效資料的所述第一快取行進行逐出；以及

使所述第一快取行無效。

【0099】 聲明 32、本發明概念的實施例包括根據聲明 31 所述的製品，其中使所述第一快取行無效包括：

在所述快取記憶體中的所述中繼資料區中將所述第一快取行標記為無效；以及

通過所述重複資料刪除引擎向所述第一快取行寫入零。

【0100】 聲明 33、本發明概念的實施例包括根據聲明 29 所述的

製品，其中將所述資料提供到重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所述第一快取行包括：在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收確定應答。

【0101】 聲明 34、本發明概念的實施例包括根據聲明 29 所述的製品，其中將所述資料提供到重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所述第一快取行包括：

在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收否定應答；

響應於來自所述快取記憶體中的中繼資料區的能重複資料刪除的讀取快取中繼資料及歷史資料，選擇所述能重複資料刪除的讀取快取的當前儲存有效資料的第二快取行進行逐出；

使所述第二快取行無效；以及

將所述資料提供到所述重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所選擇的所述第二快取行。

【0102】 因此，考慮到本文所述實施例的各種變更，此詳細描述及隨附材料旨在僅為說明性的，而不應視為對本發明概念的範圍進行限制。因此，作為本發明概念所主張的權利要求範圍是可落於以下權利要求書及其等效形式的範圍及精神內的所有這種修改。

【符號說明】

【0103】

105：機器

110：處理器

115：器件驅動器

120：儲存器件

125：記憶體控制器

130：主記憶體/記憶體/後端大容量記憶體

135：重複資料刪除快取/能重複資料刪除的快取

205：時脈

210：網路連接件

215：匯流排

220：使用者介面

225：輸入/輸出引擎

305：DRAM/快取 DRAM

310：快取控制器

315：主機層

320：媒體層

325：能重複資料刪除的讀取快取

330：不能重複資料刪除的寫入緩衝器

335：中繼資料區

405：重複資料刪除引擎

410：網路互連件

505：風險管理器

510：快取命中/未中檢查

515：命中塊

520：未中塊

525：歷史儲存

605、610、615、620、625、630、635、640、645、650、705、

710、805、810、815、820、825、830、835、840、845、850、855、
860、865、870：步驟

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種能重複資料刪除的快取，包括：

快取記憶體，所述快取記憶體包括能重複資料刪除的讀取快取及不能重複資料刪除的寫入緩衝器；

重複資料刪除引擎，使用所述能重複資料刪除的讀取快取來管理資料讀取及寫入，所述重複資料刪除引擎能夠操作以發送寫入狀態訊號，所述寫入狀態訊號指示對所述能重複資料刪除的讀取快取的寫入請求是否成功；以及

快取控制器，包括：

快取命中/未中檢查邏輯，檢查是否能夠在所述能重複資料刪除的讀取快取中找到請求中的位址；

命中塊，當所述快取命中/未中檢查邏輯指示能夠在所述能重複資料刪除的讀取快取中找到所述位址時，從所述快取記憶體存取第一資料；

未中塊，當所述快取命中/未中檢查邏輯指示不能夠在所述能重複資料刪除的讀取快取中找到所述位址時，從後端大容量記憶體存取第二資料；以及

歷史儲存器，將與對所述第一資料的存取有關的資訊儲存在所述能重複資料刪除的讀取快取中。

【第2項】 如申請專利範圍第1項所述的能重複資料刪除的快取，其中所述能重複資料刪除的讀取快取類比儲存比在物理上配備在所述能重複資料刪除的讀取快取中的快取行多的快取行。

【第3項】 如申請專利範圍第1項所述的能重複資料刪除的快取，其中所述快取記憶體更包括中繼資料區，所述中繼資料區儲存與所述能重複資料刪除的讀取快取中的快取行有關的資訊。

【第4項】 如申請專利範圍第1項所述的能重複資料刪除的快取，其中：

所述快取控制器能夠操作以從處理器接收要寫入資料的第一寫入請求並將所述資料儲存在所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器中；以及

所述命中塊能夠操作以在快取行被所述第一寫入請求修改時向所述重複資料刪除引擎發送第二寫入請求以使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效。

【第5項】 如申請專利範圍第4項所述的能重複資料刪除的快取，其中所述第二寫入請求包括要向所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行寫入零的請求。

【第6項】 如申請專利範圍第4項所述的能重複資料刪除的快取，其中所述快取控制器更能夠操作以在所述快取記憶體的中繼資料區中將所述快取行標記為無效。

【第7項】 如申請專利範圍第4項所述的能重複資料刪除的快取，其中所述命中塊更能夠操作以回應於所述第二寫入請求從所述重複資料刪除引擎接收否定應答訊號，從所述能重複資料刪除的讀取快取逐出第二快取行，並在從所述能重複資料刪除的讀取快取

逐出所述第二快取行之後向所述重複資料刪除引擎重新發送所述第二寫入請求。

【第8項】 如申請專利範圍第1項所述的能重複資料刪除的快取，其中：

所述快取控制器能夠操作以從處理器接收讀取請求以讀取資料並將所述資料發送到所述處理器；以及

所述未中塊能夠操作以從所述後端高容量記憶體檢索所述資料並向所述重複資料刪除引擎發送寫入請求以將所述資料寫入所述能重複資料刪除的讀取快取中。

【第9項】 如申請專利範圍第8項所述的能重複資料刪除的快取，其中所述未中塊更能夠操作以回應於所述寫入請求而從所述重複資料刪除引擎接收否定應答訊號，從所述能重複資料刪除的讀取快取逐出快取行，並在從所述能重複資料刪除的讀取快取逐出所述快取行之後向所述重複資料刪除引擎重新發送所述寫入請求。

【第10項】 如申請專利範圍第1項所述的能重複資料刪除的快取，其中所述的能重複資料刪除的快取包括重複資料刪除記憶體，其中所述重複資料刪除記憶體中的資料是經歷重複資料刪除的。

【第11項】 一種能重複資料刪除的快取的方法，包括：

從處理器接收要寫入資料的寫入請求；

確定所述資料位於能重複資料刪除的讀取快取中的快取行中，所述能重複資料刪除的讀取快取是能重複資料刪除的快取的

快取記憶體中的第一區，所述快取記憶體包括不能重複資料刪除的寫入緩衝器作為第二區；

使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效；以及

將所述資料儲存在不能重複資料刪除的寫入緩衝器中。

【第12項】 如申請專利範圍第11項所述的方法，其中使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效包括：

在所述快取記憶體中的中繼資料區中將所述快取行標記為無效；以及

通過重複資料刪除引擎向所述快取行寫入零。

【第13項】 如申請專利範圍第12項所述的方法，其中使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效更包括在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收確定應答。

【第14項】 如申請專利範圍第12項所述的方法，其中使所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行無效更包括：

在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收否定應答；

從所述能重複資料刪除的讀取快取選擇要逐出的第二快取行；

使所述第二快取行無效；以及

通過所述重複資料刪除引擎向所述第二快取行寫入零。

【第15項】 如申請專利範圍第11項所述的方法，其中將所述資料儲存在所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器中包括：無論所述資

料是否處於所述能重複資料刪除的讀取快取中的所述快取行中，均將所述資料儲存在所述不能重複資料刪除的寫入緩衝器中。

【第16項】 一種能重複資料刪除的快取的方法，包括：

從處理器接收要讀取資料的讀取請求；

確定所述資料不處於能重複資料刪除的讀取快取中的多個快取行中，所述能重複資料刪除的讀取快取是能重複資料刪除的快取的快取記憶體中的第一區，所述快取記憶體包括不能重複資料刪除的寫入緩衝器作為第二區；

從所述能重複資料刪除的快取的外部的後端大容量記憶體讀取所述資料；

選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中的第一快取行；

將所述資料提供到重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所述第一快取行；以及

回應於所述讀取請求，發送所述資料。

【第17項】 如申請專利範圍第16項所述的方法，其中選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中的第一快取行包括：選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中當前未儲存資料的所述第一快取行。

【第18項】 如申請專利範圍第16項所述的方法，其中選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中的第一快取行包括：

回應於來自所述快取記憶體中的中繼資料區的能重複資料刪除的讀取快取中繼資料以及歷史資料，選擇所述能重複資料刪除的讀取快取中當前儲存有效資料的所述第一快取行進行逐出；以及

使所述第一快取行無效。

【第19項】 如申請專利範圍第18項所述的方法，其中使所述第一快取行無效包括：

在所述快取記憶體中的所述中繼資料區中將所述第一快取行標記為無效；以及

通過所述重複資料刪除引擎向所述第一快取行寫入零。

【第20項】 如申請專利範圍第16項所述的方法，其中將所述資料提供到重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所述第一快取行，所述第一快取行在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收確定應答。

【第21項】 如申請專利範圍第16項所述的方法，其中將所述資料提供到重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所述第一快取行包括：

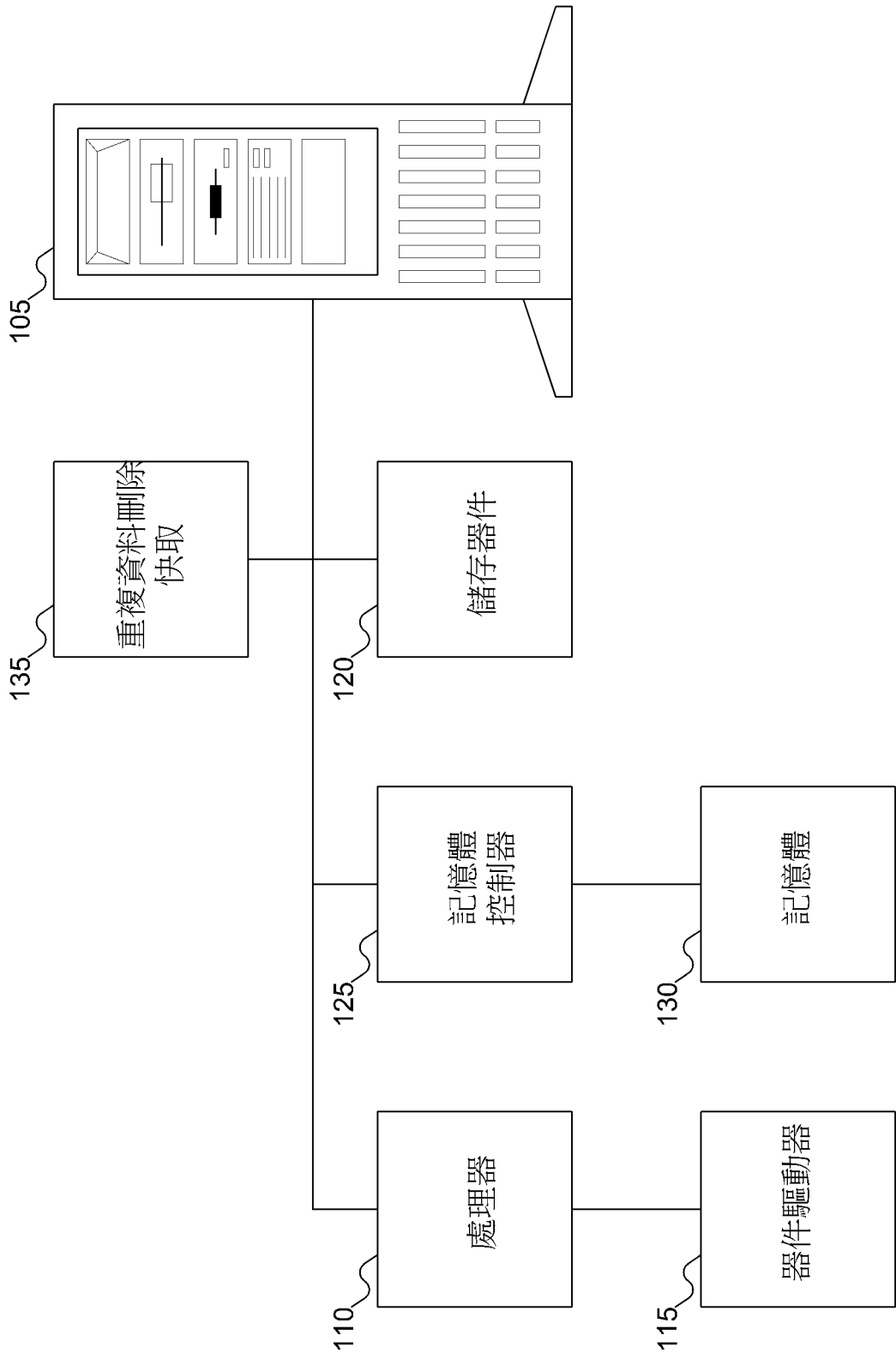
在寫入狀態訊號上從所述重複資料刪除引擎接收否定應答；

響應於來自所述快取記憶體中的中繼資料區的能重複資料刪除的讀取快取中繼資料及歷史資料，選擇所述能重複資料刪除的讀取快取的當前儲存有效資料的第二快取行進行逐出；

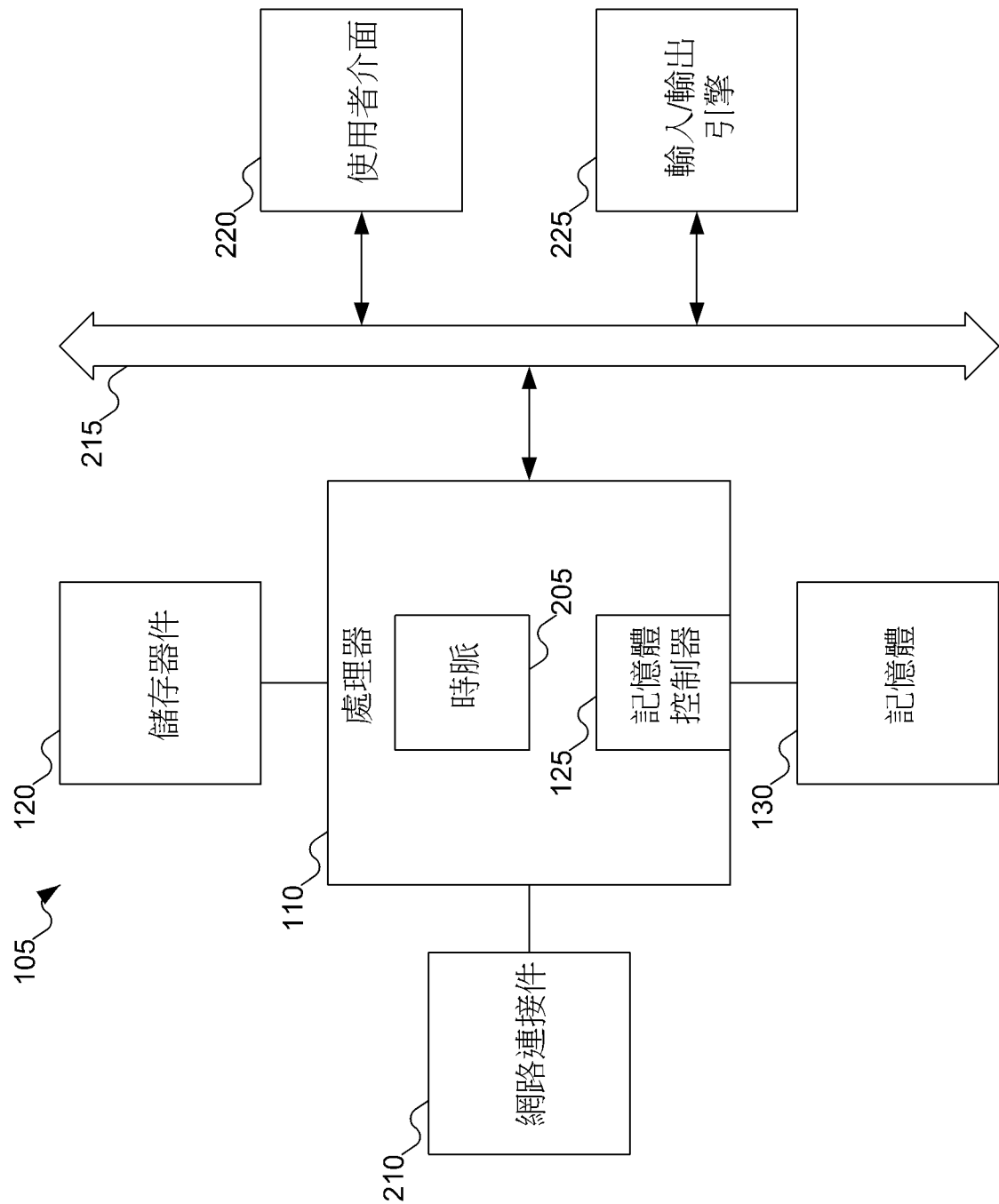
使所述第二快取行無效；以及

將所述資料提供到所述重複資料刪除引擎以嘗試將所述資料寫入所選擇的所述第二快取行。

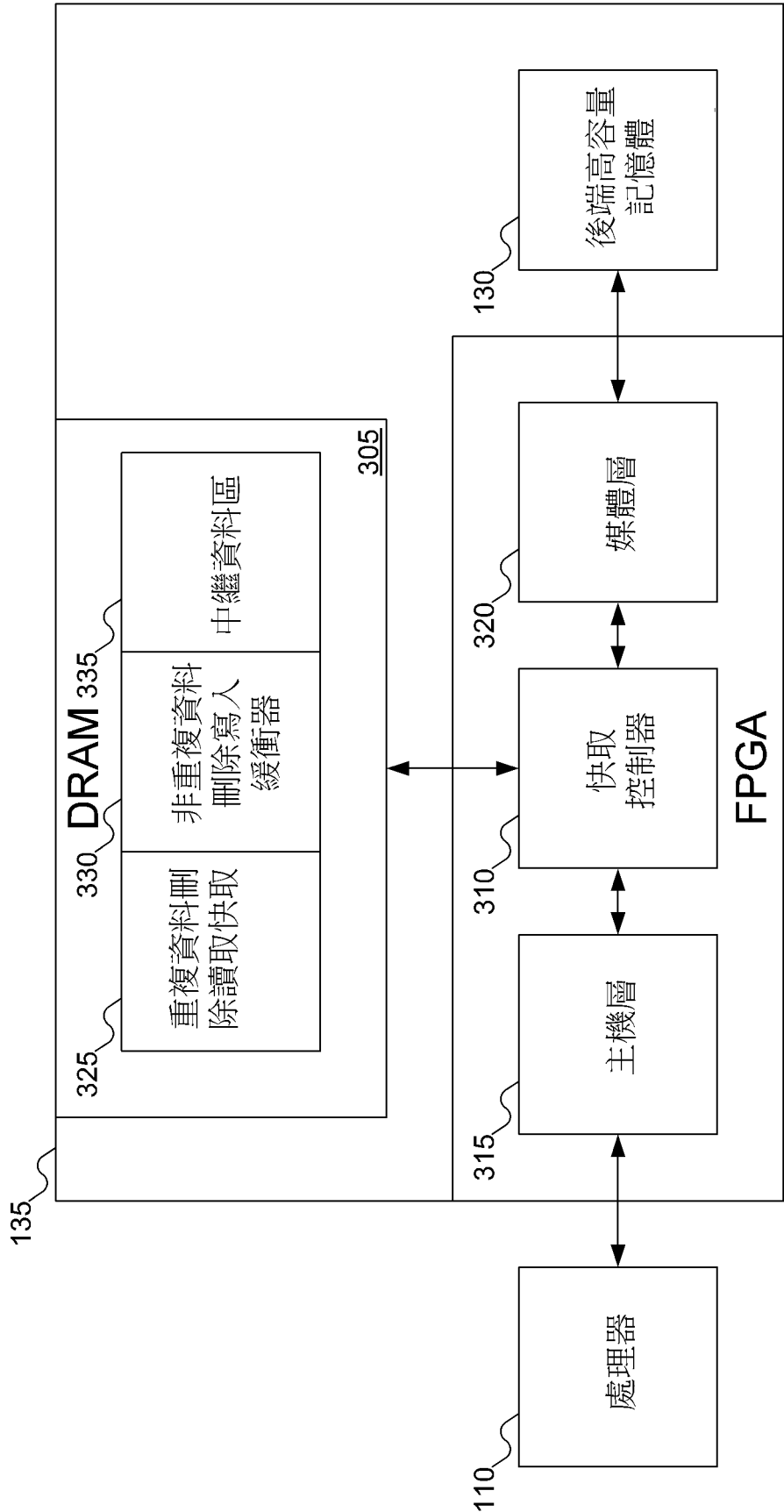
【發明圖式】



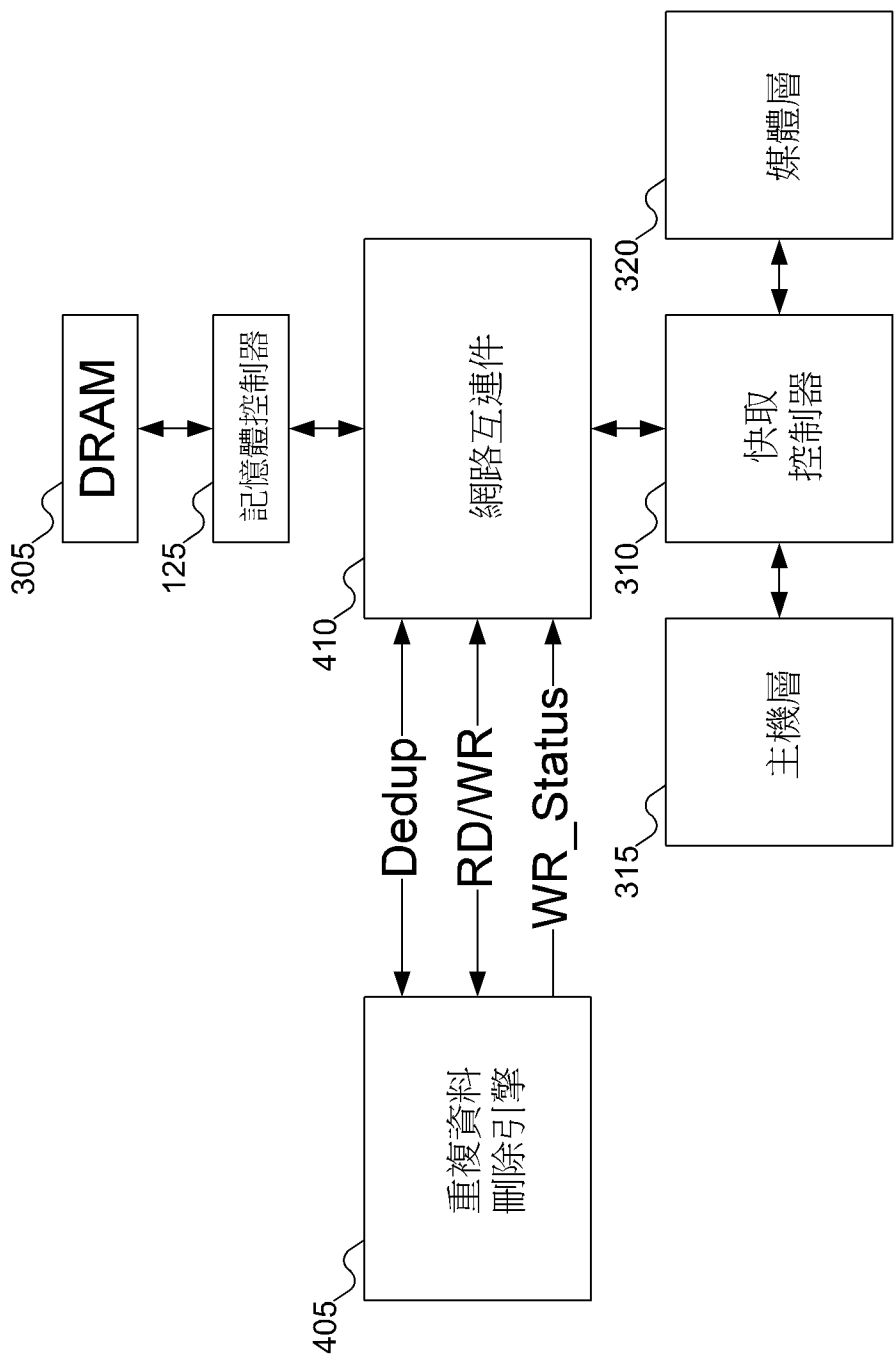
【圖1】



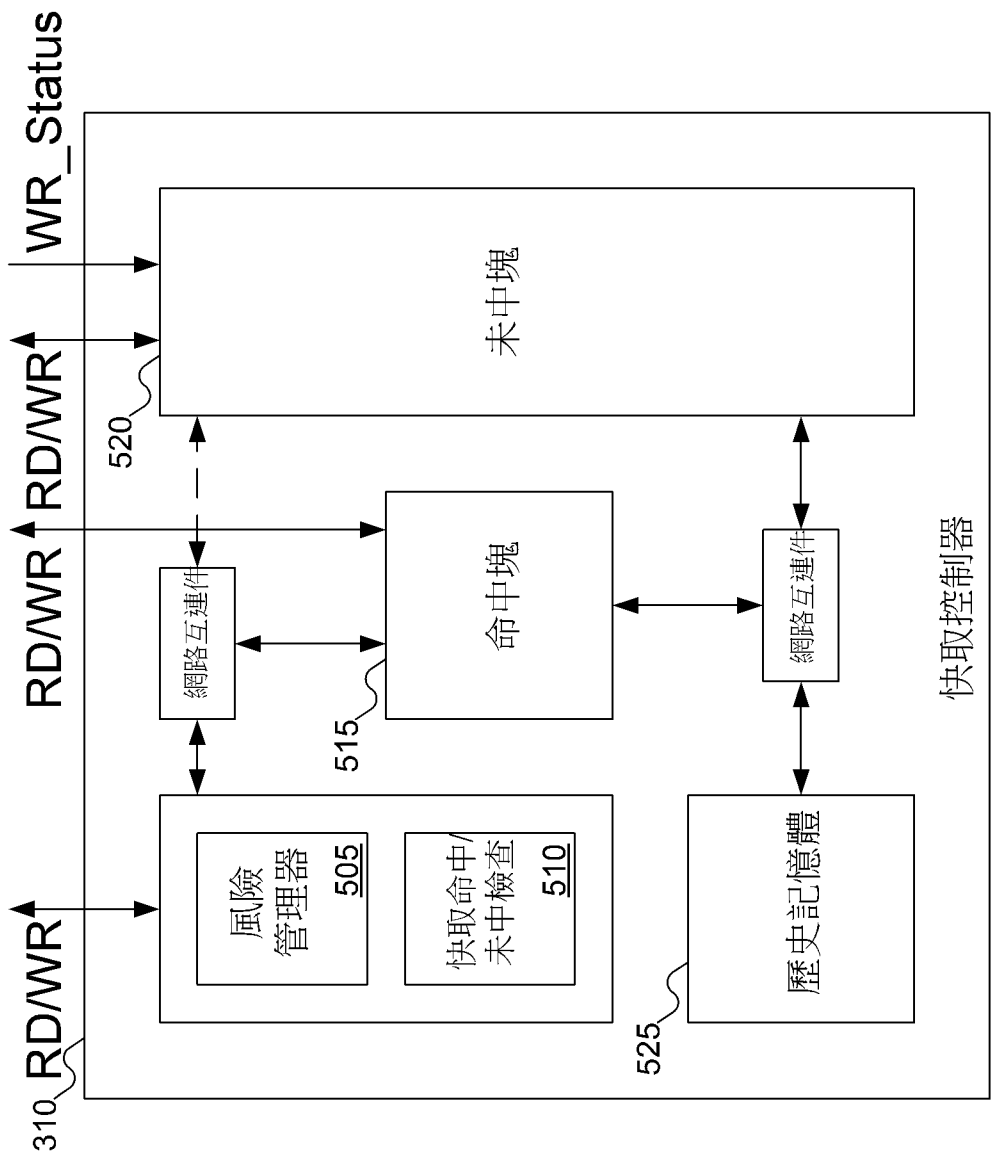
【圖2】



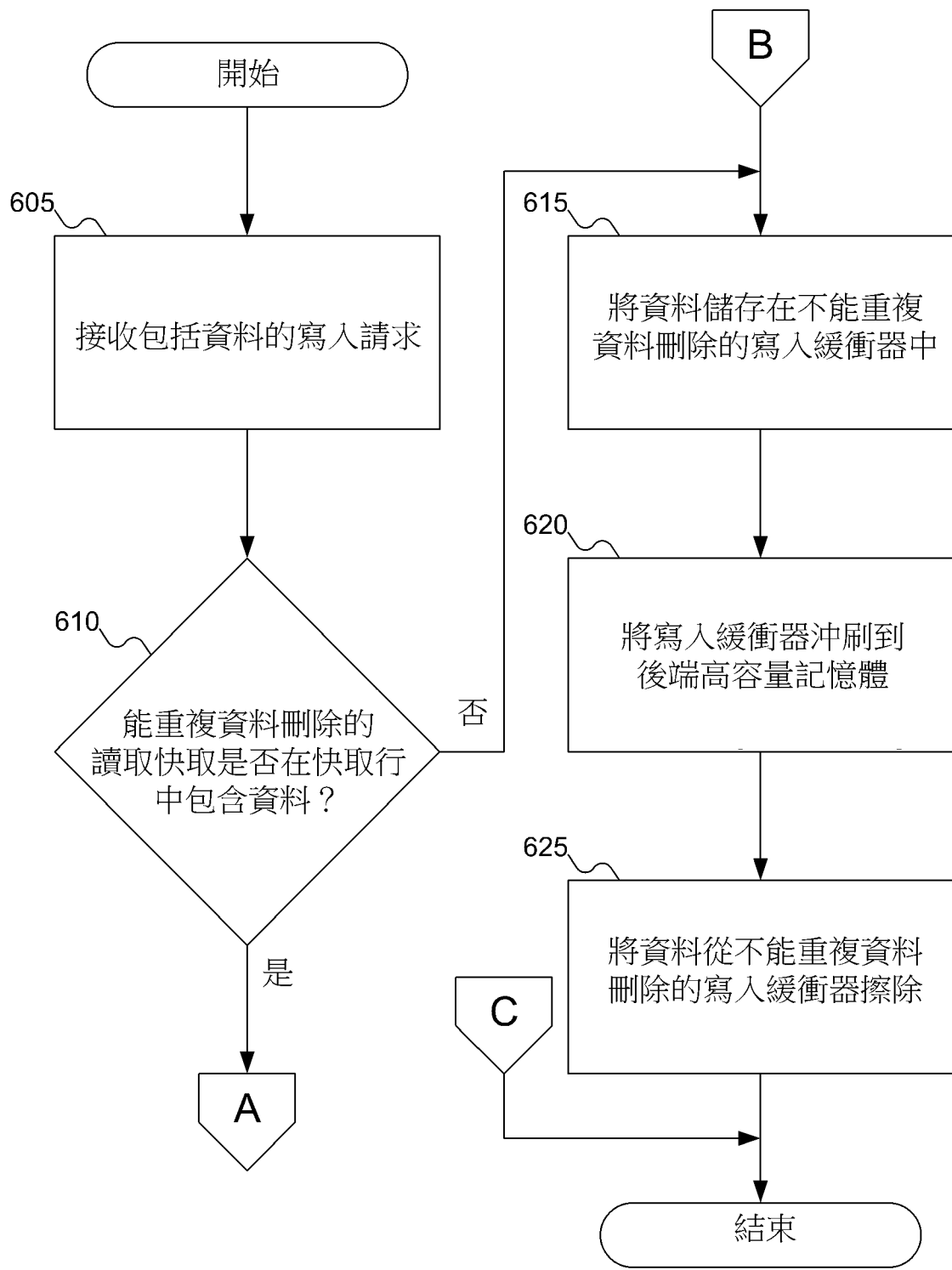
【圖3】



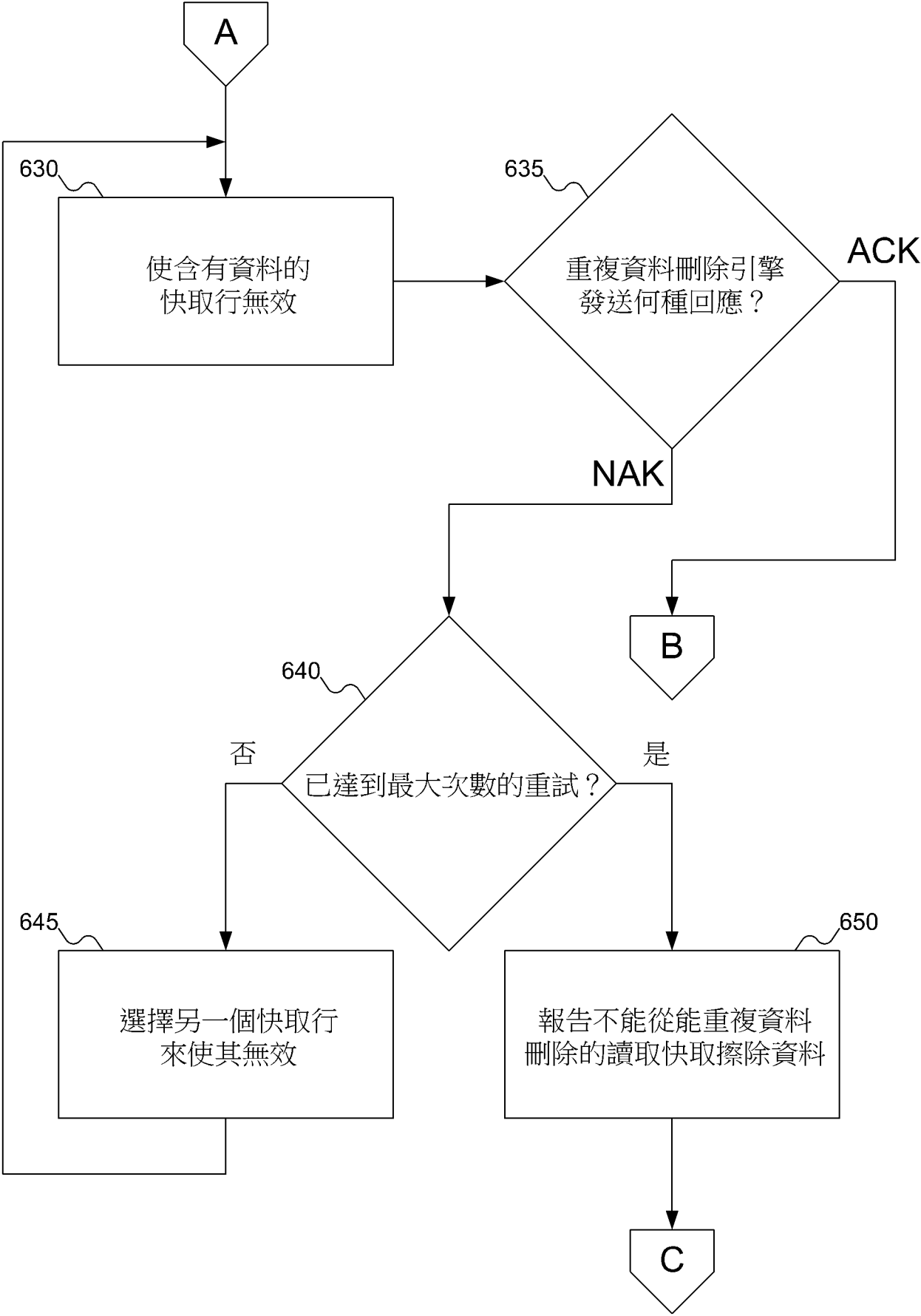
【圖4】



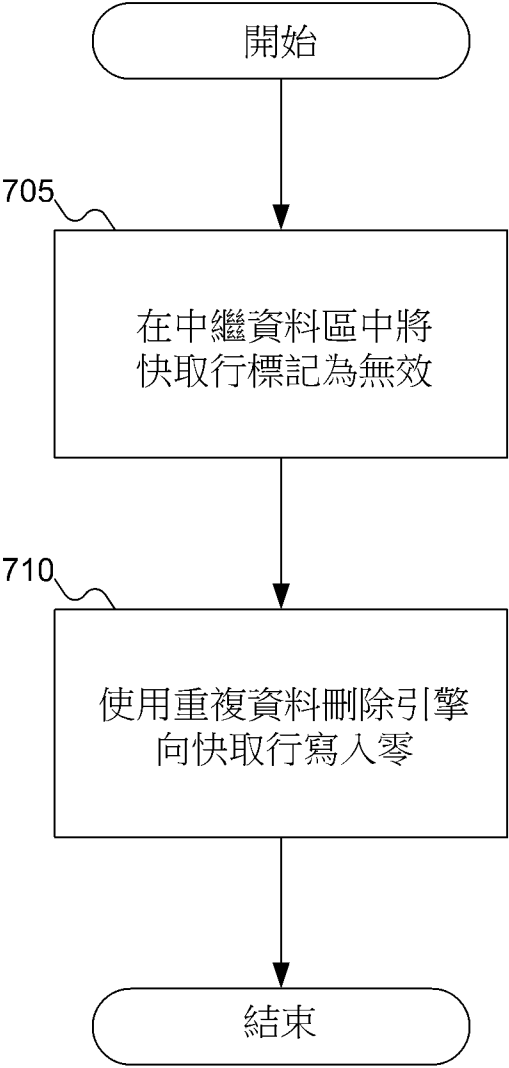
【圖5】



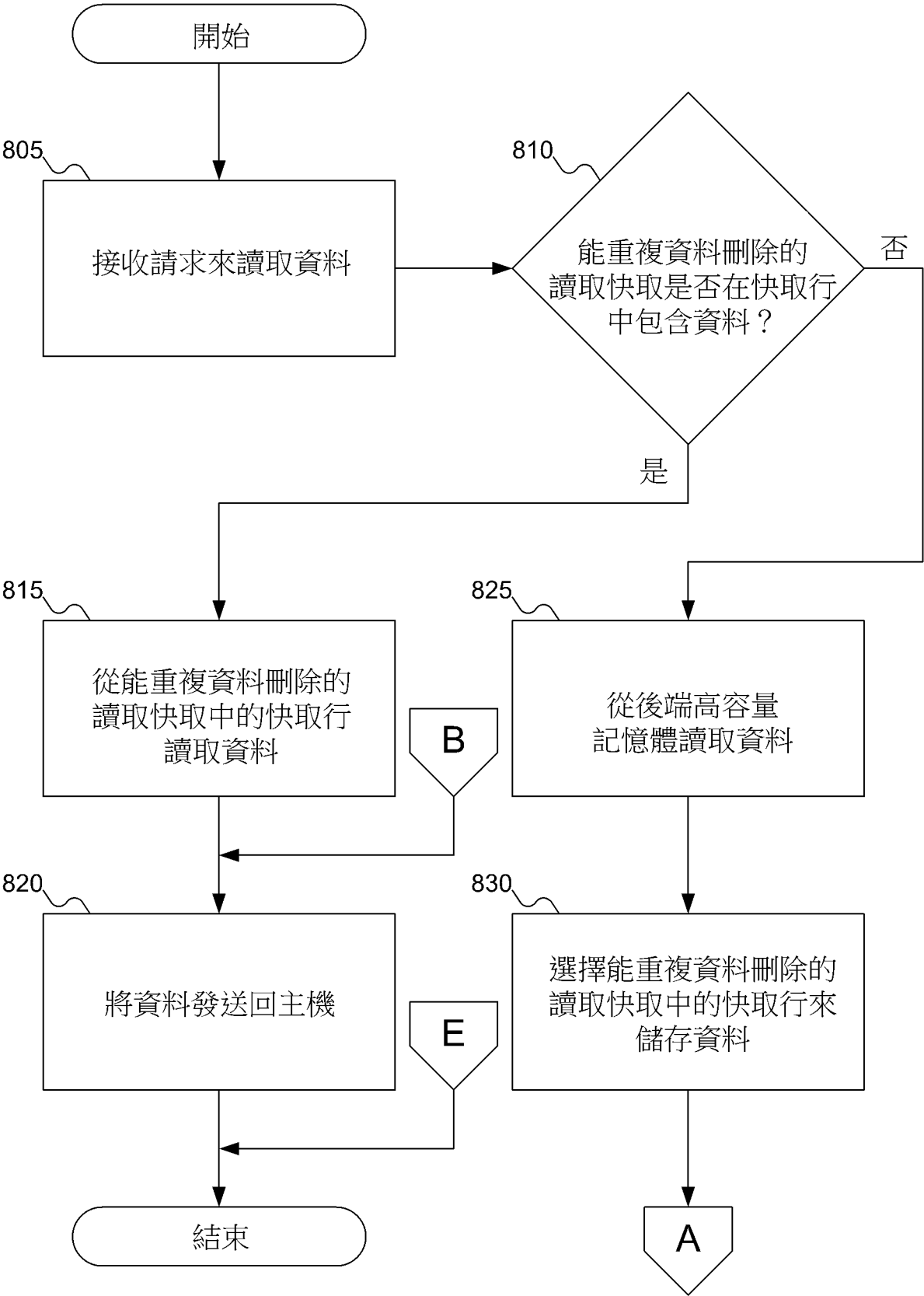
【圖6A】



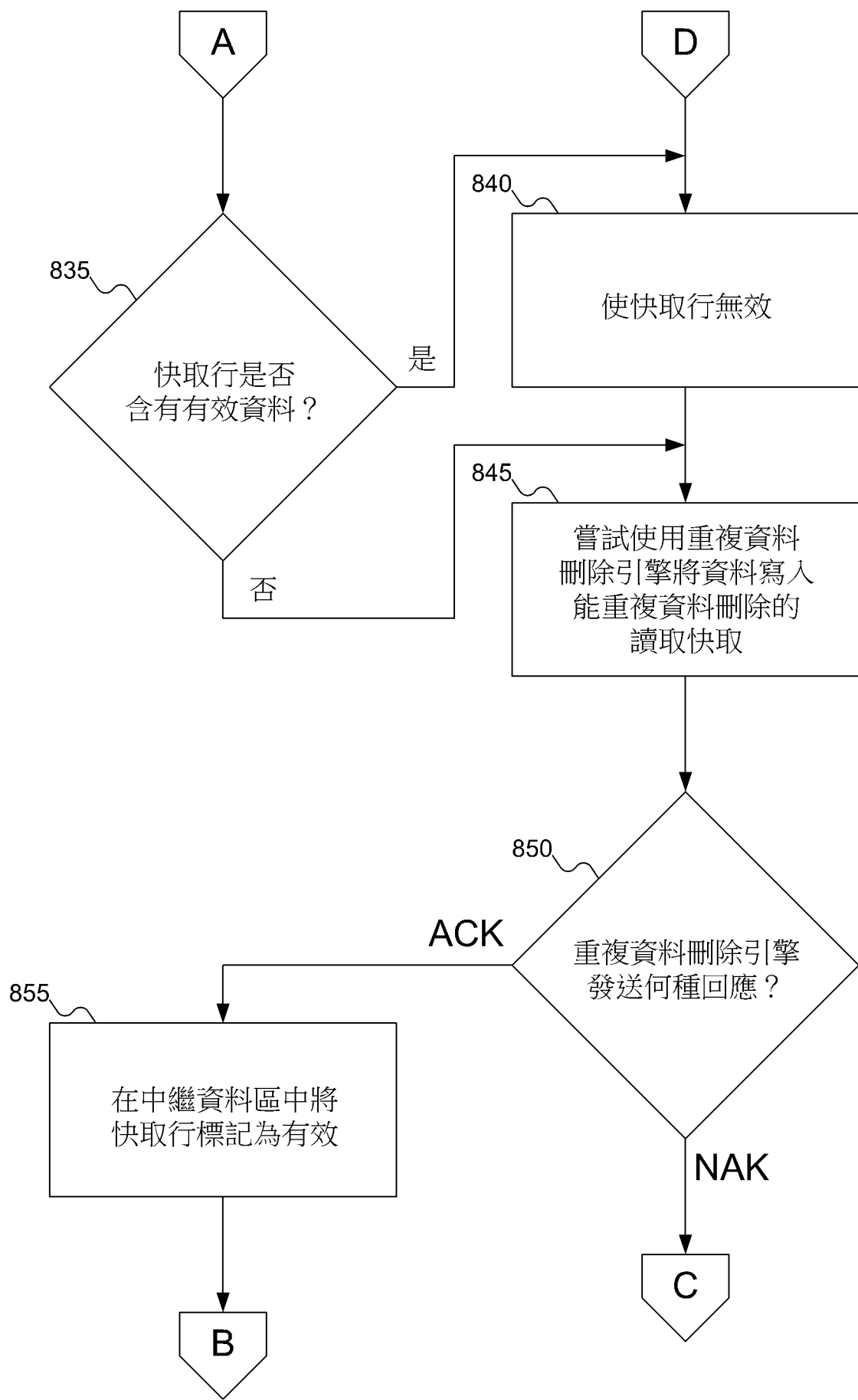
【圖6B】



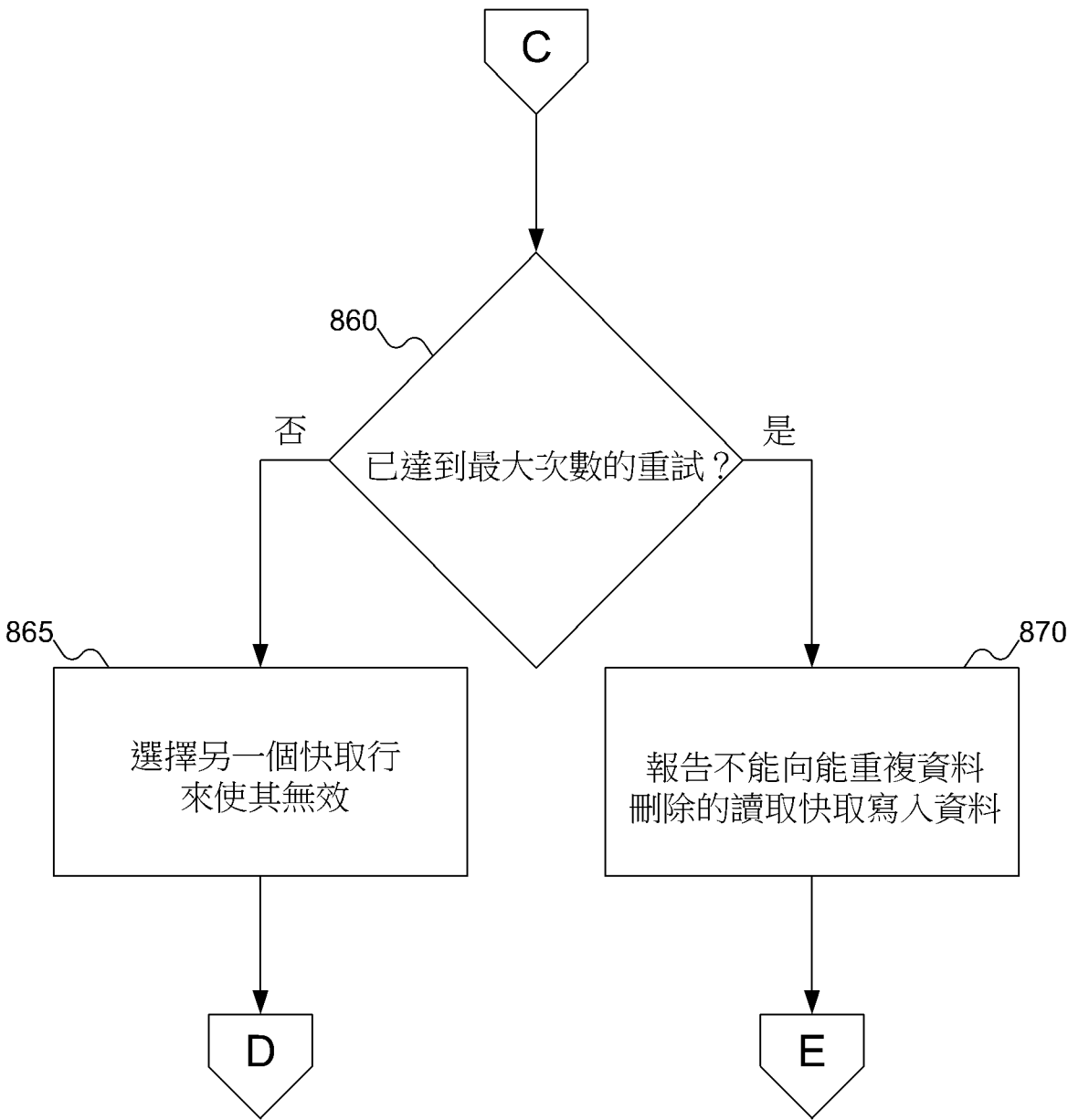
【圖7】



【圖8A】



【圖8B】



【圖8C】