



(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 I451243 B

(45)公告日：中華民國 103 (2014) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：098146524

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 31 日

(51)Int. Cl. : G06F11/20 (2006.01)

(30)優先權：2009/01/23 美國

61/146,654

(71)申請人：普安科技股份有限公司(中華民國) INFORTREND TECHNOLOGY, INC. (TW)

新北市中和區中山路3段102號6樓、7樓、8樓

(72)發明人：施明文 MICHAEL GORDON SCHNAPP (US)；方慶華 FANG, CHINGHUA (TW)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

TW 200729167

EP 1816563A2

US 5375232

US 2007/0022266A1

審查人員：王鵬翔

申請專利範圍項數：52 項 圖式數：33 共 0 頁

(54)名稱

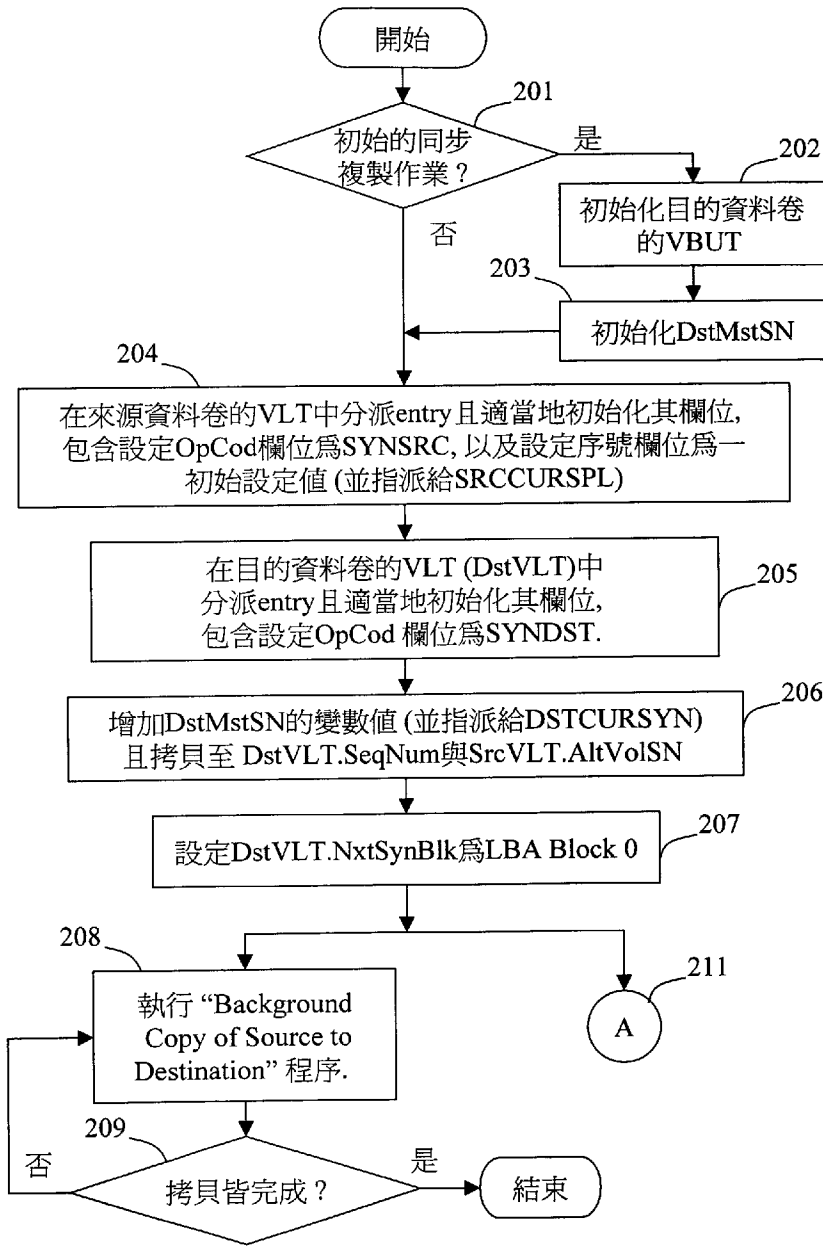
單一架構下進行資料卷複製的方法及其裝置

METHOD AND APPARATUS FOR PERFORMING VOLUME REPLICATION USING UNIFIED ARCHITECTURE

(57)摘要

本發明係為一種單一架構下進行資料卷複製的方法及其裝置。每一資料卷具有一專屬的資料卷記錄表(VLT)與一專屬的資料卷區塊更新表(VBUT)。資料卷記錄表(VLT)主要用於紀錄一鏡射對(mirroring pair)中兩資料卷間的關係；資料卷區塊更新表(VBUT)則用於追蹤本身每一資料區塊的狀態。利用資料卷記錄表(VLT)與資料卷區塊更新表(VBUT)之間的交互操作應用，可以在單一架構下實現資料卷拷貝(volume copy)與資料卷鏡像(volume mirror)等多種複製方式。並且，每一資料卷都只需管理兩個專屬的表，即可處理與其他多個資料卷間不同的複製關係。因此，本發明提出的技術有簡化同步複製架構與減少表格管理的好處，可以使儲存系統的運作更具效率。

A method and an apparatus for performing volume replication using a unified architecture are provided. Each volume has an exclusive volume log table (VLT) and an exclusive volume block update table (VBUT). The VLT is mainly used for recording the relationship between two volumes of a mirroring pair, and the VBUT is used for tracking the state of each data block of the volume itself. By means of the cross operations and applications between the VLT and the VBUT, various volume replication processes such as volume copying and volume mirroring can be enabled under a unified architecture. Specifically, for each volume, different replication relationships with other volumes can be handled merely by administering its two exclusive tables. Hence, the method and the apparatus provided by the present invention can advantageously simplify the architecture for synchronization replication and reduce the burdens of administering tables, thereby making the operation of a storage system more efficient.



第4A圖

發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98146524

※申請日：98.12.31

※IPC 分類：

G06F11/20

(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

(中文) 單一架構下進行資料卷複製的方法及其裝置

(英文) Method And Apparatus For Performing Volume

Replication Using Unified Architecture

二、中文發明摘要：

本發明係為一種單一架構下進行資料卷複製的方法及其裝置。每一資料卷具有一專屬的資料卷記錄表(VLT)與一專屬的資料卷區塊更新表(VBUT)。資料卷記錄表(VLT)主要用於紀錄一鏡射對(mirroring pair)中兩資料卷間的關係；資料卷區塊更新表(VBUT)則用於追蹤本身每一資料區塊的狀態。利用資料卷記錄表(VLT)與資料卷區塊更新表(VBUT)之間的交互操作應用，可以在單一架構下實現資料卷拷貝(volume copy)與資料卷鏡像(volume mirror)等多種複製方式。並且，每一資料卷都只需管理兩個專屬的表，即可處理與其他多個資料卷間不同的複製關係。因此，本發明提出的技術有簡化同步複製架構與減少表格管理的好處，可以使儲存系統的運作更具效率。

三、英文發明摘要：

A method and an apparatus for performing volume replication using a unified architecture are provided. Each volume has an exclusive volume log

table (VLT) and an exclusive volume block update table (VBUT). The VLT is mainly used for recording the relationship between two volumes of a mirroring pair, and the VBUT is used for tracking the state of each data block of the volume itself. By means of the cross operations and applications between the VLT and the VBUT, various volume replication processes such as volume copying and volume mirroring can be enabled under a unified architecture. Specifically, for each volume, different replication relationships with other volumes can be handled merely by administering its two exclusive tables. Hence, the method and the apparatus provided by the present invention can advantageously simplify the architecture for synchronization replication and reduce the burdens of administering tables, thereby making the operation of a storage system more efficient.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(4A)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

● **五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**

無。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種資料卷複製的方法及其裝置，尤指一種在單一架構下進行資料卷拷貝(volume copy)與資料卷鏡像(volume mirror)的方法及其裝置。

【先前技術】

在現代社會中，儲存裝置被廣泛地應用於各式各樣的電腦系統或儲存系統之中。依照儲存的目的，有些儲存裝置是用來儲存系統運作時需要常態性存取的資料，此類儲存裝置稱為主要儲存裝置(primary storage device)。而另一些儲存裝置則是用來儲存主要儲存裝置的備份資料，此類儲存裝置稱為次要儲存裝置(secondary storage device)，以便當主要儲存裝置失效或損壞時，可以取代主要儲存裝置而讓系統維持正常運作，以增加系統的可靠性(reliability)。

儲存裝置可以是硬式磁碟機(hard disk drive)、磁帶(tape)、記憶體紀錄裝置(memory drive)、光儲存記錄裝置(optical storage drive)或其他可以用於儲存資料的儲存裝置。這些儲存裝置都稱為「實體儲存裝置」(physical storage device, PSD)。

儲存系統(或電腦系統)在管理資料時，實際上並不是以一個實體儲存裝置(PSD)為單位，而是利用儲存虛擬化(storage virtualization)技術，將一或數個實體儲存裝置(PSD)的不同區段結合成一個邏輯碟(Logical Drive, LD)或分割區(partition)。若是控制器將邏輯碟(Logical Drive, LD)或分割區(partition)映射(map)出去供主機(host)存取，則稱為一個邏輯單元(logical unit)

number, LUN)。一個邏輯碟(Logical Drive, LD)或分割區(partition)可以進一步地劃分為一或多個資料儲存區域(data storage area), 稱之為媒體區(media extent)。許多儲存系統會對其部份或全部的資料卷(volume)做整體地資料複製(replicate)至其他資料卷(volume)之中, 如此當原始資料損壞或無法讀取時, 可以利用複製資料來恢復原始資料, 或者以複製資料代替原始資料作為其他應用。

若是稱複製資料的來源是來源資料卷(source volume), 複製資料的儲存位置是目的資料卷(destination volume), 以資料卷(volume)為單位製作複製資料具有以下用途: 來源資料卷(source volume)的備份、報告、歸檔, 或者用來代替來源資料卷(source volume)進行任何需要來源資料卷(source volume)的操作, 例如: 模擬、預報、資料採礦(data mining)等。尤其, 許多資料存取的操作都需要先對欲存取的資料做鎖定(locking), 如此不可避免地會影響資料讀寫的績效, 亦會影響主機(host)對資料的正常存取; 因此, 若利用目的資料卷(destination volume)代替來源資料卷(source volume)進行上述操作, 則可以在不影響來源資料卷(source volume)的績效下提供主機(host)資料存取的服務。

「資料卷拷貝(volume copy)」與「資料卷鏡像(volume mirror)」是業界常用的兩種資料卷複製方式。其中, 資料卷拷貝(volume copy)是用於拷貝複製作業一開始之時間點(也是分離(split)指令下達時間點)的來源資料卷(source volume)的資料, 通常只有一一次性拷貝; 資料卷鏡像(volume mirror)則是兩資料卷間要一直維持著資料同步的關係, 也就是目的資料卷是來源資料卷的鏡像(mirror)。在習知技術中, 資料卷拷貝(volume copy)與資料卷鏡像(volume mirror)是用不同的架構來實行此兩種資料複製方式。而且, 在習知技術中, 一鏡射對(mirroring pair)中的兩資料卷(來源資料卷與

目的資料卷) 需各自管理一個追蹤表(tracking table)，用來紀錄兩資料卷每一相對應區塊(block)的鏡射狀態、以及每一區塊資料在鏡射(mirroring)的過程中有沒有被更改。一鏡射對(mirroring pair)需要二個各自儲存在來源資料卷(source volume)與目的資料卷(destination volume)的追蹤表(tracking table)。如果資料卷 A 分別和資料卷 B、C、D 建立鏡射對(mirroring pair)的關係，則資料卷 A 就需管理 3 個追蹤表(tracking table)。上述習知技術的特性讓資料卷拷貝(volume copy)與資料卷鏡像(volume mirror)作業執行起來既複雜又沒有效率。

因此，如果有單一架構可以涵蓋「資料卷拷貝(volume copy)」與「資料卷鏡像(volume mirror)」的實施、且簡化追蹤表(tracking table)的管理；或者是說，如果有單一架構可以讓「資料卷拷貝(volume copy)」與「資料卷鏡像(volume mirror)」只是同一資料卷同步函數(single unified volume synchronization function)的操作選項(operational options)的話，如此一定可以有效地促進儲存系統的運作績效。

【發明內容】

本發明之目的係在提供一種在單一架構下即可進行資料卷拷貝(volume copy)、資料卷鏡像(volume mirror)等多種不同方式之資料卷複製的方法及其裝置。

依據本發明之一特色，提出一種進行資料卷複製的方法，讓一目的資料卷與一來源資料卷的資料同步(sync)，其包含：在該來源資料卷的一資料卷記錄表(VLT)中配置一第一項目(entry)，並且初始化該第一項目的複數個欄位，包括設定一第一欄位的序號為

一初始設定值(initial setting value)、以及設定一第二欄位的操作代碼(OpCod)為一代表來源資料卷狀態的操作代碼；其中更指派該第一欄位的該初始設定值(initial setting value)給一第一變數；在該目的資料卷的一資料卷記錄表(VLT)中配置一第二項目(entry)，並且初始化該第二項目的複數個欄位，包括設定一第二欄位的操作代碼(OpCod)為一代表目的資料卷狀態的操作代碼；增加該目的資料卷的一主要序號變數的值，並將該主要序號變數的值拷貝至該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中紀錄序號的一第一欄位，以及拷貝至該來源資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第一項目(entry)中紀錄另一資料卷的 VLT entry 的序號的一第四欄位；其中更指派該目的資料卷的該主要序號變數的現行值給一第二變數；設定該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中一第四欄位為一起始位址，其中該第四欄位用於紀錄下一個要進行同步複製的資料區塊的索引號(DstVLT.NxtSynBlk)；以及由該起始位址開始，執行一背景拷貝來源資料卷至目的資料卷(Background Copy of Source to Destination)的程序。

依據本發明之另一特色，提出一種進行資料卷複製的方法，係應用於一目的資料卷與一來源資料卷在一同步複製(sync)作業的過程、完成之時或完成之後發生一分離事件，其包含：在該來源資料卷的一資料卷記錄表(VLT)中配置一第一項目(entry)，並且初始化該第一項目的複數個欄位，包括設定一第一欄位的序號為一初始設定值(initial setting value)、以及設定一第二欄位的操作代碼(OpCod)為一代表來源資料卷狀態的操作代碼；在該目的資料卷的一資料卷記錄表(VLT)中配置一第二項目(entry)，並且初始化該第二項目的複數個欄位，包括設定一第二欄位的操作代碼(OpCod)

為一代表目的資料卷狀態的操作代碼；增加該目的資料卷的一主要序號變數的值，並將該主要序號變數的值拷貝至該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中紀錄序號的一第一欄位，以及拷貝至該來源資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第一項目(entry)中紀錄另一資料卷的 VLT entry 的序號的一第四欄位；其中更指派該目的資料卷的該主要序號變數的現行值給一第二變數；設定該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中一第四欄位為一起始位址，其中該第四欄位用於紀錄下一個要進行同步複製的資料區塊的索引號(DstVLT.NxtSynBlk)；增加該來源資料卷的一主要序號變數的值，並將該來源資料卷的該主要序號變數的值拷貝至該來源資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第一項目(entry)中紀錄序號的該第一欄位；其中更指派該來源資料卷的該主要序號變數的值給該第一變數；在該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)中配置一第三項目(entry)，並且初始化該第三項目的複數個欄位，包括設定一第二欄位的操作代碼(OpCod)為一代表分離狀態的操作代碼；再次增加該目的資料卷的該主要序號變數的值並將之指派給一第三變數，並將增加後的該目的資料卷的該主要序號變數的值拷貝至該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第三項目(entry)中紀錄序號的一第一欄位；以及判斷該目的資料卷與該來源資料卷的該同步複製(sync)作業是否已經完成。

依據本發明之又一特色，提出一種磁碟陣列控制器，可應用於進行一實體儲存裝置陣列(PSD Array)中複數個資料卷間的資料複製，係包含：一記憶體，用來緩衝傳送於一主機及該實體儲存裝置陣列之間通過該磁碟陣列控制器的資料；以及一中央處理電路，利用該複數個資料卷各自專屬的一資料卷記錄表(VLT)與一資料卷區塊更

新表(VBUT)進行資料複製作業；其中，該資料卷記錄表(VLT)的一項目(entry)具有一第一欄位，用於紀錄一序號(SeqNum)的、一第二欄位，用於紀錄一操作代碼(OpCod)、一第三欄位，用於紀錄與之產生關係的一另一資料卷身分(AltVolID)、以及一第四欄位，用於紀錄與之產生關聯的該另一資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該項目(VLT entry)的序號(AltVolSN)或者紀錄本身下一個要進行複製的資料區塊(block)的一索引號(NxtSynBlk)；以及其中，該資料卷區塊更新表(VBUT)的一項目(entry)紀錄一資料區塊(block)的更新狀態資訊。

依據本發明之又一特色，提出一種進行資料卷複製的方法，其包含：形成一第一鏡射對，該第一鏡射對係由一第一資料卷與一第二資料卷所組成；管理該第一資料卷的一資料卷記錄表(VLT)與一資料卷區塊更新表(VBUT)，其中，該資料卷記錄表(VLT)用於紀錄該第一資料卷與該第二資料卷形成一鏡射對後的同步狀態資訊，該資料卷區塊更新表(VBUT)用於紀錄該第一資料卷的每一資料區塊(block)的更新狀態資訊；形成一第二鏡射對，該第二鏡射對係由該第一資料卷與一第三資料卷所組成；以及管理該第一資料卷的該資料卷記錄表(VLT)與該資料卷區塊更新表(VBUT)，其中，該資料卷記錄表(VLT)用於紀錄該第一資料卷與該第三資料卷形成一鏡射對後的同步狀態資訊，該資料卷區塊更新表(VBUT)用於紀錄該第一資料卷的每一資料區塊(block)的更新狀態資訊。

【實施方式】

本發明主要是提出一種在單一架構下實現「資料卷拷貝(volume copy)」與「資料卷鏡像(volume mirror)」等多種資料卷複

製的方式。每一資料卷(volume)，在與另一資料卷間形成一鏡射對(mirroring pair)時，就建立其專屬的「資料卷記錄表(Volume Log Table, VLT)」與「資料卷區塊更新表(Volume Block Update Table, VBUT)」。之後，無論該資料卷(volume)再跟多少數量的其他資料卷間建立同步(synchronization)或鏡像(mirror)關係的連結，都只需管理一個專屬的「資料卷記錄表(Volume Log Table, VLT)」與一個專屬的「資料卷區塊更新表(Volume Block Update Table, VBUT)」。因此，本發明提出的技術有簡化複製架構與減少表格管理的好處，可以使儲存系統的運作更具效率。

進行資料卷複製的做法是：先建立一來源資料卷(source volume)與一目的資料卷(destination volume)間為一個「鏡射對(mirroring pair)」的關係，此時會開始進行第一次將來源資料卷(source volume)鏡射(mirroring)至目的資料卷(destination volume)的程序，稱為「同步複製(synchronizing 或 sync)」。同步複製(sync)的過程中，當主機(host)對來源資料卷(source volume)發出資料寫入要求時，如果資料寫入的區塊(block)還未拷貝至關聯的目的資料卷(destination volume)，則只要對來源資料卷(source volume)寫入資料；否則要同時對同一鏡射對(mirroring pair)中的兩資料卷的對應區塊(block)寫入相同的資料。第一次的同步複製(sync)（或稱為鏡射(mirroring)）完成後，鏡射對(mirroring pair)中的兩資料卷進入同步(synchronization)的狀態，因此之後任何來源資料卷(source volume)的資料更動都必須同時複製至目的資料卷(destination volume)。此時的目的資料卷(destination volume)可以稱做是來源資料卷(source volume)的「鏡像(mirror)」。依照應用的需要，可以設定在某個時間點中止鏡射對(mirroring pair)中兩資料卷間的鏡像(mirror)關係，此操作稱為「分離(split)」。分離(split)

指令的下達，意謂目的資料卷(destination volume)保存了分離(split)指令下達的時間點的來源資料卷(source volume)的狀態；且意謂此時間點之後，切斷來源資料卷(source volume)與目的資料卷(destination volume)間「鏡射對」的關係，該兩資料卷可以各自獨立地被存取或更新，並不需維持彼此間各自更動資料的一致。

分離(split)操作可能發生在來源資料卷(source volume)鏡射(mirroring)至目的資料卷(destination volume)期間或之後的任何時間點，或者甚至一直沒有分離(split)操作發生。其中一種做法是：在鏡射(mirroring)作業一開始馬上下達分離(split)指令。此種方式是要複製來源資料卷(source volume)在命令下達時間點（即分離(split)時間點）的狀態，且通常只有一性命令，稱為「資料卷拷貝(volume copy)」。相對的，若是兩資料卷間基本上是維持著鏡像(mirror)關係，且在同步複製(sync)的期間、完成之時、或完成之後一直沒有任何分離(split)事件發生，兩資料卷間一直維持在同步(synchronization)狀態，此種資料卷複製的關係稱為「資料卷鏡像(volume mirror)」。

請參照第 1 圖，係為應用本發明之電腦系統 1 的硬體架構示意圖。電腦系統 1 包含有一主機(Host)11 與一儲存虛擬化子系統(Storage Virtualization Subsystem, SVS)12。雖於此實施例當中僅有一主機 11 與一儲存虛擬化子系統 12 相互連接，實際應用時可用一主機 11 連接多個儲存虛擬化子系統 12，或是多個主機 11 連接一個儲存虛擬化子系統 12，或是多主機 11 連接多儲存虛擬化子系統 12。

主機 11 可為一主機電腦，如一伺服器系統、工作站、個人電腦系統等。儲存虛擬化子系統 12 包含有一儲存虛擬化控制器

(Storage Virtualization Controller, SVC)13，以及一連接至儲存虛擬化控制器 13 之實體儲存裝置陣列(Physical Storage Device Array, PSD Array) 14。該儲存虛擬化控制器 13 可為一磁碟陣列控制器或是一 JBOD 模擬器。在此雖然僅繪示一個實體儲存裝置陣列 14 連接至儲存虛擬化控制器 13，但實際應用時可使用一個以上的實體儲存裝置陣列 14，而且主機 11 也可為一儲存虛擬化控制器。

儲存虛擬化控制器(SVC)13 接受由該主機 11 傳來的輸出入請求及相關資料（控制訊號及資料訊號），並執行此輸出入請求而將此輸出入請求映射至實體儲存裝置陣列 14 進行資料存取，並將相關資料回覆給主機（如果有的話）。而實體儲存裝置陣列 14 包含有複數個實體儲存裝置（Physical Storage Device, PSD），這些實體儲存裝置可為，舉例而言，硬碟。儲存虛擬化控制器 13 可用來加強效能及/或改進資料安全性(data availability)，或是用來增加對主機 11 而言的單一邏輯媒體單元的儲存容量。

資料卷(volume)是一種虛擬的邏輯儲存單位。儲存虛擬化控制器(SVC)13 將實體儲存裝置陣列 14 儲存虛擬化為一至數個邏輯儲存裝置，並呈現給主機 11 存取資料。主機 11 可以決定該一至數個邏輯儲存裝置要規劃為幾個資料卷(volume)；每個資料卷(volume)都有自己的檔案系統。一資料卷(volume)可能涵蓋一至數個實體儲存裝置(PSD)，或者其部份區域，或者只有一個實體儲存裝置(PSD)的部分區域。第 1 圖中為方便表示，假設一個資料卷(volume)的儲存區域剛好涵蓋一個實體儲存裝置(PSD)；但是，本發明的其他實施例並不以此為限，如前所述，本發明中所稱一個

資料卷(volume)的範圍可能是一個實體儲存裝置(PSD)的部分區域、或是涵蓋一至數個實體儲存裝置(PSD)，或者其部份區域。

電腦系統 1 在進行資料卷(volume)複製時，係將整個來源資料卷(source volume)的全部內容完整地複製至目的資料卷(destination volume)。如以第 1 圖為例，可能是將資料卷 A 15a 整體複製至資料卷 B 15b，或者是其他可能的實施例。此時，扮演資料提供者的資料卷 A 15a 是來源資料卷(source volume)，接受複製資料的資料卷 B 15b 是目的資料卷(destination volume)。來源資料卷與目的資料卷的容量大小未必相同；但是，通常目的資料卷的容量需要大於或等於來源資料卷的容量，以容納所有從來源資料卷複製而來的資料。

一個資料卷的容量可能是數個 Giga-bytes 至數百個 Giga-bytes，甚至是 Tera-Bytes 以上，要將這麼多的資料由一個資料卷完整地複製(或稱為「同步(sync)」或「鏡射(mirroring)」)至另一個資料卷需要一些時間。完成複製之後，若沒有下分離(split)指令，兩資料卷間會維持「同步」的狀態。在兩資料卷間是「鏡射」或「同步」關係期間，主機 11 仍隨時可以對來源資料卷(source volume)存取資料；再者，來源資料卷(source volume)，或分離(split)之後的目的資料卷(destination volume)，也可以各自與其他資料卷建立任何一種資料卷複製的關係連結。為紀錄以上資訊，請參照第 2A 圖與第 2B 圖，依據本發明之一實施例，本發明設計每一資料卷產生時，即建立一本身專屬的資料卷記錄表(Volume Log Table, VLT)30 用以紀錄本身與其他所有資料卷間的同步狀態資訊，以及建立一本身專屬的資料卷區塊更新表(Volume Block Update Table, VBUT)40 用以紀錄本身每一資料區塊(block)的更新狀態資訊。依據本發明之另一實施例，本發明設計每一資料卷，

在與另一資料卷間形成一鏡射對(mirroring pair)時，即建立一專屬的資料卷記錄表(Volume Log Table, VLT)30 用以紀錄兩資料卷間的同步狀態資訊，以及建立一專屬的資料卷區塊更新表(Volume Block Update Table, VBUT)40 用以紀錄本身每一資料區塊(block)的更新狀態資訊。

第 2A 圖僅繪示 VLT 30 中一個項目(entry)所包含的欄位做為代表。實際上運作時，一個 VLT 30 可能包含有一至複數個 VLT 項目(VLT entry)，每次該 VLT 30 擁有者與其他資料卷間建立新關係或做狀態改變時，即會產生一個新的 VLT entry。一個 VLT entry 包含了 4 個欄位：第一欄位 31 紀錄序號(SeqNum)，第二欄位 32 紀錄操作代碼(OpCod)，第三欄位 33 紀錄與之產生關係的另一資料卷的身分 (AltVolID)，而第四欄位 34 的紀錄內容有兩種可能：一種是紀錄與之產生關聯的另一資料卷的 VLT entry 的序號 (AltVolSN)、一種是紀錄自己下一個要進行複製(synchronizing)的資料區塊(block)的索引號(NxtSynBlk)。以上四個欄位的順序只是本發明的一實施例，於其他實施例中，該四個欄位可以其他順序排列；只要能完整記載以上四個欄位的資訊，即應視為在本發明的精神與範圍之中。該四個欄位的細節更進一步說明如下。

每一 VLT entry 建立之初，其第一欄位 31 的序號(SeqNum)是一初始設定值(initial setting value)。該初始設定值(initial setting value)，若以來源資料卷(source volume)為例說明，可以為“0(null)”，表示擁有該 VLT 30 的來源資料卷(source volume)與第三欄位 33 所紀錄的目的資料卷(destination volume)之間還未分離(split)。之後若是進行分離作業，則該序號(SeqNum)的值便由一主要序號變數(MstSN, Master Sequence Number)指派。該主要序號變數，若以序號(SeqNum)的初始設定值(initial setting value)是

“0(null)”的例子來說，是由“1”開始累加；亦即，第一個進入分離(split)狀態的 VLT entry 的序號是“1”、第二個是“2”...其餘以此類推。總而言之，只要 VLT entry 的第一欄位 31 的值不是“0”，即表示擁有該 VLT 30 的來源資料卷(source volume)與第三欄位 33 所紀錄的目的資料卷(destination volume)之間已經分離(split)；反之，若是“0”代表還未分離(split)。

若是目的資料卷(destination volume)，其 VLT entry 的第一欄位 31 的序號(SeqNum)的初始設定值(initial setting value)，可以為“1”，表示第一個發生的同步複製(sync)事件；之後發生的同步複製(sync)事件所對應的 VLT entry 的序號，亦是由一主要序號變數(MstSN)指派，該主要序號變數(MstSN)可以由“2”開始累加。至於目的資料卷(destination volume)是否已經與來源資料卷(source volume)分離，則是從其 VLT entry 的第二欄位 32 來判斷，與第一欄位 31 的序號(SeqNum)無關。

當然在其他實施例中，來源資料卷(source volume)與目的資料卷(destination volume)的 VLT entry 的第一欄位 31 的序號(SeqNum)的初始設定值(initial setting value)亦可設為其他數字；再者，主要序號變數(MstSN)累加的偏移量(offset)也可以不是“1”。例如，初始設定值(initial setting value)可以設為“2”，而主要序號變數(MstSN)累加的偏移量(offset)可以設為“2”，則主要序號變數(MstSN)會以 2、4、6...的方式指派給先後出現的 VLT entry 的第一欄位 31 的序號(SeqNum)。須注意的是：若來源資料卷(source volume)的 VLT entry 的第一欄位 31 的序號(SeqNum)的初始設定值(initial setting value)不是“0(null)”，則以序號(SeqNum)是否是初始設定值(initial setting value)來判斷來源資料卷是否進入分離(split)狀態。例如：初始設定值(initial setting value)設定為“1”時，

序號(SeqNum)是“1”即表示來源資料卷(source volume)尚未與目的資料卷(destination volume)分離(split)；而分離(split)之後的 VLT entry 的序號(SeqNum)則由初始設定值(initial setting value)加上一偏移量(offset)，再指派給該 VLT entry。

本發明定義三種 VLT entry 的第二欄位 32 的操作代碼(OpCod)，表示資料卷處於三種不同的狀態，列舉如下：

SYNSRC：表示該資料卷在兩資料卷同步關係中扮演「來源資料卷(source volume)」的角色；

SYNDST：表示該資料卷在兩資料卷同步關係中扮演「目的資料卷(destination volume)」的角色；

SYNSPL：表示該目的資料卷(destination volume)已經從來源資料卷(source volume)分離(split)出來。

以上三種操作代碼(OpCod)亦會影響 VLT 30 之第四欄位 34 的紀錄內容。若是同一 VLT entry 的第二欄位 32 的操作代碼是“SYNSRC”或“SYNSPL”，則第四欄位 34 紀錄：與之產生關聯的另一資料卷的 VLT entry 的序號(AltVolSN)；若是同一 VLT entry 的第二欄位 32 的操作代碼是“SYNDST”，則第四欄位 34 紀錄：自己下一個要進行複製(synchronizing)的資料區塊(block)的索引號(NxtSynBlk)。

值得注意的是，雖然前文以“SYNSRC”、“SYNDST”以及“SYNSPL”分別表示該資料卷當時的狀態是“來源資料卷(source volume)”、“目的資料卷(destination volume)”或“已經分離(split)”；但本發明不以此為限，在其他實施例中可以用其他代號來表示該三種狀態。

第 2B 圖僅繪示 VBUT 40 中一個項目(entry)所包含的欄位作為代表。實際上運作時，一個 VBUT 40 包含有複數個 VBUT 項目

(VBUT entry)，每一 VBUT entry 代表其所屬的資料卷的一個資料區塊(block)；也就是該資料卷有多少資料區塊，其 VBUT 40 就對應有多少 VBUT entry。一個 VBUT entry 可以包含 2 個欄位：第一欄位 41 是保留欄位；第二欄位 42 紀錄其對應的 VLT entry 的序號，表示該 VBUT entry 所對應的資料區塊的資料是因該序號的 VLT entry 的事件而更新，藉此追蹤該資料卷的每一資料區塊的狀態，例如：該資料區塊是否已經同步(synchronize)、該資料區塊是否在同步後又因主機 11 存取資料而產生改變。一個 VBUT entry 的資料長度可以是 32 bits，或是其他適當的長度。在其他實施例中，一個 VBUT entry 未必要包含兩個欄位，若是需要更加精簡，可以只包含一個第二欄位 42 即可。

本發明所提出之單一架構下實現「資料卷拷貝(volume copy)」與「資料卷鏡像(volume mirror)」的複製方法，即是利用 VLT 30 和 VBUT 40 的互相操作應用而實現，其詳細內容將於後文中描述。而應用本發明方法的裝置是第 1 圖中的儲存虛擬化控制器(SVC)13，其一實施例的架構示意圖如第 3 圖所示。

儲存虛擬化控制器 13 之主要目的是將實體儲存裝置(PSD)之各區段之組合映射(map)形成主機 11 可見之邏輯儲存裝置。由該主機 11 發出之輸出入請求(Host IO)於控制器 13 接收之後會先被剖析並解譯，且相關之操作及資料會被編譯成實體儲存裝置(PSD)的輸出入請求。

此實施例中，SVC 13 包含有一主機端輸出入裝置連結控制器(Host-side IO Device Interconnect Controller)131、一中央處理電路(Central Processing Circuit, CPC)132、一記憶體 133 以及一裝置端輸出入裝置連結控制器(Device-side IO Device Interconnect Controller)134。此處雖以分開的功能方塊描述，但於實際應用時，

部份甚至全部的功能方塊(functional block)皆可整合在一單一晶片上。

主機端輸出入裝置連結控制器 131 連接至主機 11 及中央處理電路 132，用來作為儲存虛擬化控制器 13 及主機 11 之間的介面及緩衝，其可接收由主機 11 傳來的輸出入請求和相關資料，並且將其轉換至中央處理電路 132。

記憶體 133 係連接於中央處理電路 132，其作為一緩衝器，用來緩衝傳送於主機 11 及 PSD 陣列 14 之間通過中央處理電路 132 的資料。實際應用時，記憶體 133 可以是 DRAM（動態隨機存取記憶體 Dynamic Random Access Memory），該 DRAM 亦可為 SDRAM（同步動態隨機存取記憶體 Synchronous Dynamic Random Access Memory）。

裝置端輸出入裝置連結控制器 134 係為介於中央處理電路 132 及 PSD 陣列 14 間，用來作為儲存虛擬化控制器 13 及 PSD 陣列 14 間之介面及緩衝。裝置端輸出入裝置連結控制器 134 接收由中央處理電路 132 傳入之輸出入請求及相關資料，並將其映射及/或傳送至 PSD 陣列 14。

中央處理電路 132 是儲存虛擬化控制器 13 之運算核心。當中央處理電路 132 接收到來自主機端輸出入裝置連結控制器 131 之主機輸出入請求時，中央處理電路 132 會將此輸出入請求剖析，並且執行一些操作以回應此輸出入請求，以及將所請求之資料及/或報告及/或資訊，由儲存虛擬化控制器 13 經由主機端輸出入裝置連結控制器 131 傳送至主機 11。本發明之資料卷複製的方法可以程式編碼的方式實現，且將該程式編碼儲存於中央處理電路 132 內部的記憶體，例如：ROM（圖中沒有繪示）之中，或是儲存於

中央處理電路 132 外部的記憶體 133 中，以供中央處理電路 132 執行。

實行本發明之資料卷複製的方法有一些需要注意的原則，說明如下：

第一原則、任何正在進行同步複製作業(sync operation)的資料卷，皆不可被指派為另一同步複製作業的目的資料卷(destination volume)。換句話說，如果需要某一正參與同步複製作業的資料卷做為另一同步複製作業的目的資料卷，則需要先將正在進行的同步複製作業停止且將該資料卷分離出來，該資料卷才能做為另一同步複製作業的目的資料卷。

第二原則、一個正在進行同步複製作業且未分離(unsplit)的目的資料卷(destination volume)，不能單獨呈現出來讓主機(host)存取資料；只有來源資料卷(source volume)可以做為主機存取的標的。因為這樣的特性，如果目的資料卷暫時下線(off line)，它可以再回到線上並以原來的同步組態(sync configuration)讓同步複製作業繼續進行。同樣的理由，因為目的資料卷(destination volume)不能做為主機之輸出入要求的單獨標的，所以它也不可以做為任何其他同步複製作業的來源資料卷(source volume)，除非它已經分離(split)。

第三原則、在一同步複製作業進行期間且在來源資料卷(source volume)與目的資料卷(destination volume)分離之前，若有「再同步(Resync)」作業啟動實施於該兩資料卷，該兩資料卷必須立即經由下列步驟分離(split)：設定來源資料卷(source volume)的 VLT entry 的序號為最新的(up-to-date)序號，且增加一個“SYNSPL entry”到目的資料卷(destination volume)的 VLT 之中。之後，再同步(Resync)作業即可啟動實施。

第四原則、在一同步複製作業進行期間且在兩資料卷分離之前，若是目的資料卷(destination volume)下線(off line)，且此時來源資料卷(source volume)因主機的輸出入要求而做了資料更新，且更新的區塊已經同步複製(sync)過了，則該兩資料卷必須立即經由下列步驟分離(split)：設定來源資料卷(source volume)的 VLT entry 的序號為最新的(up-to-date)序號。當目的資料卷(destination volume)回到線上，來源資料卷(source volume)的 VLT entry 的序號欄位 31 會被檢查。如果該欄位 31 不是初始設定值(initial setting value)，例如：0 (null)，則目的資料卷(destination volume)會經由下列方式被登記為已經分離(split)：增加一個“SYNSPL entry”到目的資料卷(destination volume)的 VLT 之中。之後，可以再啟動同步複製作業以再同步(Resync)兩資料卷的資料。

第五原則、在一同步複製作業進行期間且兩資料卷已經分離，假如來源資料卷(source volume)做了資料更新但是卻無法先將更新區塊的原始資料拷貝至目的資料卷(destination volume)，則會有一個「錯誤位元(error bit)」設立在最近的“SYNSRC entry”上。在這種情況下，如果目前的同步複製作業尚未結束，任何嚐試進行再同步(Resync)作業的動作皆會被禁止，直到目前的同步複製作業結束。上述將錯誤位元(error bit)設立在來源資料卷(source volume)的 VLT entry 上只是本發明的一實施例，在其他實施例中，錯誤位元(error bit)亦可以設立在目的資料卷(destination volume)的 VLT entry 上，或者另外將錯誤位元(error bit)獨立儲存在另一紀錄表之中。

在說明實行本發明方法之詳細流程前，先將一些使用代號的定義說明如下：

DstMstSN—目的資料卷的主要序號(Master Sequence Number)
變數；

SrcMstSN—來源資料卷的主要序號(Master Sequence Number)
變數；

DstVBUT—對應於目的資料卷中正進行處理的資料區塊的
VBUT entry；

SrcVBUT—對應於來源資料卷中正進行處理的資料區塊的
VBUT entry；

DstVLT—目的資料卷中目前正進行的 VLT entry；

SrcVLT—來源資料卷中目前正進行的 VLT entry。

請參照第 4A 圖至第 4C 圖，係描繪本發明中同步複製(sync)來源資料卷至目的資料卷之一實施例的流程圖，其中來源資料卷與目的資料卷之間沒有分離(split)，兩資料卷間維持著同步(sync)或鏡像(mirror)的關係。以下流程的描述請同時參照第 2A 圖與第 2B 圖。第 4A 圖的程序一開始時，先確認是否是初始的同步複製作業(step 201)。若是，則先初始化目的資料卷的 VBUT 40 (step 202) 以及初始化目的資料卷的 DstMstSN 變數(step 203)。初始化的方式是設定 VBUT 40 中每一 entry 與 DstMstSN 變數各自等於一初始設定值，該初始設定值，於一實施例中可以是“0 (null)”，或者在其他實施例中，可以是其他的初始設定值。

若 step 201 判斷的結果不是初始的同步複製作業、或是 step 202 與 step 203 結束後，則進入 step 204：在來源資料卷的 VLT 30 中分派 entry (SrcVLT)且適當地初始化其欄位，包括設定第二欄位 32 的操作代碼為“SYNSRC”、設定第一欄位 31 的序號為一初始設定值，例如：“0 (Null)”。除此之外，更將此序號的初始設定值指派給一第一變數；於此實施例中稱為“SRCCURSPL”變數。接下來

進入 step 205：在目的資料卷的 VLT 30 中分派 entry (DstVLT)且適當地初始化其欄位，包括設定第二欄位 32 的操作代碼為“SYNDST”。然後進入 step 206：將 DstMstSN 變數值增加 1 個單位，且拷貝至 DstVLT 的第一欄位 31（表示為 DstVLT.SeqNum）以及 SrcVLT 的第四欄位 34（表示為 SrcVLT.AltVolSN）。除此之外，更將該 DstMstSN 的現行變數值指派給一第二變數，於此實施例中稱為“DSTCURSYN”變數。然後進入 step 207：設定 DstVLT 的第四欄位 34（表示為 DstVLT.NxtSynBlk）為 Block index 0（Block index 為 0 的區塊）。

以上的步驟皆完成後，接下來會有兩個程序並行處理：step 208 所表示的“Background Copy of Source to Destination”程序（其詳細流程描述於第 6 圖）、以及由節點 A 211 進入後因出現主機輸出入要求(Host IO)而啟動的程序（描述其詳細流程的第 4B 圖與第 4C 圖將於後文中說明）。

step 208 所呼叫的“Background Copy of Source to Destination”程序主要是在背景執行將來源資料卷的資料拷貝至目的資料卷的作業。在此作業進行期間，會有一判斷條件不停地詢問：是否所有的資料拷貝皆已完成(step 209)？若是，則所有的流程結束；否則，繼續進行“Background Copy of Source to Destination”程序。“Background Copy of Source to Destination”程序的詳細內容將於第 6 圖中介紹。

如前文所提及的，要將一個容量龐大的來源資料卷完整地拷貝至目的資料卷是需要一段作業時間。在此作業時間，主機 11 仍然會如往常一般隨時對來源資料卷存取資料。請注意，由於此時目的資料卷間尚未與來源資料卷分離(split)，根據前文所述的第二原則：一個正在進行同步複製作業且未分離(unsplit)的目的資料

卷，不能單獨呈現出來讓主機(host)存取資料。因此，在此流程中只有來源資料卷可以做為主機 11 存取的標的。

請參照第 4B 圖，由節點 A 211 進入本流程後，首先在 step 212 詢問：是否有任何 Host IO 要對來源資料卷存取資料？若否，則停留在 step 212 的詢問狀態；若是，則進入 step 213：解析該 Host IO 並分解為 1 至複數個邏輯碟(Logical Drive, LD)輸出入要求(LD IO)，每一 LD IO 皆對應到來源資料卷中一個欲存取的資料區塊(block)。接下來的流程分為兩個方向：一是回到 step 212 繼續判斷是否有其他 Host IO 要對來源資料卷存取資料；另一是根據該一至複數個 LD IO 同時並行執行第 4C 圖的流程(step 214)。也就是說如果有 n 個 LD IO 要對來源資料卷中 n 個資料區塊(block)進行存取，則就會引發 n 個第 4C 圖的流程(steps 214-1...214-n)同時執行。其中任何一個 LD IO 所對應的流程執行完畢，便進入 step 215 判斷是否所有並行處理的流程(steps 214-1...214-n)都完成了。若否，則停留在 step 215 的詢問狀態；若是，則回報主機(Host)此 Host IO 已處理完畢(step 216)，然後回到 step 212 繼續判斷是否有其他 Host IO 要對來源資料卷存取資料。

值得注意的是，在第 4B 圖中，只要一有 Host IO 出現要對來源資料卷存取資料，該 Host IO 便立即由 step 212 進入流程處理，無論之前的 Host IO 是否已經處理完成。

請參照第 4C 圖，係針對存取每一資料區塊(block)之 LD IO 所做的處理程序，相當於第 4B 圖中一個 step 214 的處理方塊。首先判斷該 Host IO 是否是對來源資料卷寫入資料(step 220)？若否，表示該 Host IO 是要讀取資料，則直接由來源資料卷的相對應資料區塊(source volume block)讀取資料(step 221)，然後結束此流程，回到第 4B 圖進入 step 215 進行判斷。若 step 220 的判斷結果為

“是”，則進一步判斷目的資料卷是否是可存取的(step 222)？若當時目的資料卷無法被存取，則設定「同步錯誤旗標(SyncErrorFlag)」為“真(TRUE)”(step 223)，然後只拷貝 Host IO 所欲寫入的資料至來源資料卷的相對應資料區塊(source volume block)(step 230)，然後結束此流程，回到第 4B 圖進入 step 215 進行判斷。若 step 222 的判斷結果為“是”，則呼叫“目的資料卷之資料卷區塊更新表的一致性檢查(Sync Process DstVBUT Entry Consistency Check)”程序並檢查其傳回值是否是“偽(FALSE)”(step 224)？其中“目的資料卷之資料卷區塊更新表的一致性檢查(Sync Process DstVBUT Entry Consistency Check)”程序的詳細流程描繪於第 5 圖，將於下文中說明。若 step 224 的判斷結果為“是”，則發出一失敗訊息(step 225)。若 step 224 的判斷結果為“否”或 step 225 執行之後，進一步判斷該來源資料卷要被寫入之區塊的索引號碼是否小於 DstVLT.NxtSynBlk（目的資料卷的 VLT entry 的第四欄位 34 所記載的下一個要進行同步的資料區塊的索引號(NxtSynBlk)）(step 226)？若 step 226 的判斷結果為“是”，表示將寫入資料的來源資料卷的資料區塊已經同步複製(sync)至目的資料卷之中，因此 Host IO 所欲寫入的資料亦須拷貝至目的資料卷的相對應資料區塊(step 227)，以保持兩資料卷的資料處於同步狀態。之後進一步判斷 DstVBUT.SeqNum 是否等於 DSTCURSYN（第二變數）的值（目的資料卷的 VBUT entry 的序號是否等於 DSTCURSYN 變數值）(step 228)？若 step 228 的判斷結果為“否”，則令 DstVBUT.SeqNum 等於 DSTCURSYN（第二變數）(step 229)，表示目的資料卷的相對應資料區塊是在 DSTCURSYN（第二變數）代表的事件中更新資料。若 step 228 的判斷結果為“是”或 step 229 執行之後，執行 step 230：拷貝 Host IO 所欲寫入的資料至來源資料卷的相對應資

料區塊(source volume block)。若 step 226 的判斷結果為“否”，亦執行 step 230：拷貝 Host IO 所欲寫入的資料至來源資料卷的相對應資料區塊(source volume block)。最後結束第 4C 圖的流程，回到第 4B 圖進入 step 215 進行判斷。

請參照第 5 圖，係為本發明中目的資料卷之資料卷區塊更新表的一致性檢查(Sync Process DstVBUT Entry Consistency Check)程序之一實施例的流程圖。本程序係為前文中第 4C 圖的 step 224 所呼叫的程序，其主要有三個判斷條件，只要有任一判斷條件符合，本程序即回傳一個“偽(FALSE)”訊息(step 305)；相對的，如果三個判斷條件皆不符合，則回傳一個“真(TRUE)”訊息(step 304)。該三個判斷條件的內容詳述如下：

第一、判斷 DstVBUT.SeqNum 是否大於 DSTCURSYN（第二變數）的值（目的資料卷中正進行處理的 VBUT entry 的序號是否大於 DSTCURSYN 變數值）(step 301)？由於本流程實施時，目的資料卷並未與來源資料卷分離，因此這種情況不應發生，所以當此條件符合時，本程序即回傳一個“偽(FALSE)”訊息(step 305)；否則，則繼續測試下一個判斷條件。

第二、判斷 DstVBUT.SeqNum 是否等於 DSTCURSYN（第二變數）的值（目的資料卷中正進行處理的 VBUT entry 的序號是否等於 DSTCURSYN 變數值）並且 DstVLT.NxtSynBlk（目的資料卷中目前正進行的 VLT entry 的第四欄位 34 所記載的“下一個要進行同步複製的資料區塊的索引號(NxtSynBlk)”）是否小於或等於正在進行資料修改之區塊的索引值 (step 302)？由於第二個判斷條件中的兩個判斷式是互相矛盾的，因此當第二個判斷條件符合時，本程序即回傳一個“偽(FALSE)”訊息(step 305)；否則，則繼續測試下一個判斷條件。

第三、判斷 DstVLT.NxtSynBlk (目的資料卷中目前正進行的 VLT entry 的第四欄位 34 所記載的“下一個要進行同步複製的資料區塊的索引號(NxtSynBlk)”)是否大於正在進行資料修改之區塊的索引值 (表示該資料區塊已經同步複製過了) 並且“Check Volume Block In-Sync”程序是否回傳一“偽(FALSE)”值 (step 303)? 其中“Check Volume Block In-Sync”程序的詳細流程描繪於第 8 圖，將於下文中說明。由於目的資料卷中所有已經同步複製過的資料區塊都應該保持當時的狀態直到目的資料卷從來源資料卷分離，因此當第三個判斷條件符合時，本程序即回傳一個“偽(FALSE)”訊息 (step 305); 否則，則回傳一個“真(TRUE)”訊息 (step 304)。

請參照第 8 圖，係為本發明中檢查資料卷區塊是否已在同步狀態(Check Volume Block In-Sync)程序之一實施例的流程圖；本程序為前文第 5 圖的 step 303 所呼叫的程序，亦為後文中其他程序所呼叫。本程序主要有五個判斷條件，只要有任一判斷條件符合，本程序即回傳一個“偽(FALSE)”訊息 (step 607); 相對的，如果五個判斷條件皆不符合，則回傳一個“真(TRUE)”訊息 (step 606)。該五個判斷條件的內容詳述如下：

第一、DstVBUT.SeqNum (目的資料卷中正進行處理的 VBUT entry 的序號) 是否是初始設定值(initial setting value)，例如：“0 (NULL)” (step 601)? 如果判斷結果為“是”，表示該資料區塊還在初始化操作的階段，當然不會“已在同步(In-Sync)狀態”，因此回傳一個“偽(FALSE)”訊息；否則，則繼續測試下一個判斷條件。

第二、DstVBUT.SeqNum (目的資料卷中正進行處理的 VBUT entry 的序號) 所對應的目的資料卷的 VLT entry 是否找不到，或者雖有找到但是讀不到或兩者資料不一致 (step 602)? 如果判斷結

果為“是”則回傳一個“偽(FALSE)”訊息(step 607)；否則，則繼續測試下一個判斷條件。

第三、DstVLT.OpCod (目的資料卷中目前正進行的 VLT entry 的第二欄位 32 所記載的“操作代碼(OpCod)”)不是“SYNDST”，或者 DstVLT.AltVolID (目的資料卷中目前正進行的 VLT entry 的第三欄位 33 所記載的“另一產生關聯之資料卷的身分(AltVolID)”)不是其對應的來源資料卷的 ID 代碼(step 603)？如果以上判斷結果為“是”，則回傳一個“偽(FALSE)”訊息(step 607)；否則，則繼續測試下一個判斷條件。

第四、與 DstVBUT.SeqNum (目的資料卷中正進行處理的 VBUT entry 的序號)相同的 SrcVLT.AltVolSN (來源資料卷的 VLT entry 的第四欄位 34 所記載的目的資料卷的 VLT entry 的序號(AltVolSN))的來源資料卷之 VLT entry，是否找不到，或者雖有找到但是讀不到或記載的資料不一致(step 604)？如果以上判斷結果為“是”，則回傳一個“偽(FALSE)”訊息(step 607)；否則，則繼續測試下一個判斷條件。

第五、SrcVBUT.SeqNum (來源資料卷中正進行處理的 VBUT entry 的序號)是否大於或等於 SrcVLT.SeqNum (來源資料卷中目前正進行的 VLT entry 的第一欄位 31 所記載的序號(SeqNum))(step 605)？如果以上判斷結果為“是”，表示該來源資料卷之資料區塊的資料在同步複製至目的資料卷後又再被更改，因此回傳一個“偽(FALSE)”訊息(step 607)；否則，則回傳一個“真(TRUE)”訊息(step 606)。

請參照第 6 圖，係為本發明中背景拷貝來源資料卷至目的資料卷(Background Copy of Source to Destination Volume)程序之一實施例的流程圖；本程序為前文第 4A 圖的 step 208 所呼叫的程

序，亦為後文中其他程序所呼叫。對於目的資料卷的 VBUT entry 所代表的每一資料區塊(step 401)，呼叫並執行“檢查/拷貝來源資料卷的區塊資料至目的資料卷(Check/Copy Block from Source to Destination)”程序(step 402)，該程序的詳細流程描繪於第 7 圖，將於下文中說明。step 402 的程序執行完後，判斷是否還有其他資料區塊尚未進行同步複製(sync) (step 403)？如果以上判斷結果為“是”，則將 DstVLT.NxtSynBlk (目的資料卷中目前正進行的 VLT entry 的第四欄位 34 所記載的“下一個要進行同步複製的資料區塊的索引號(NxtSynBlk)”)的區塊號碼增加 1 個單位(step 404)，然後回到 step 401 針對下一個資料區塊再進行一次 steps 402-403 的流程。如果 step 403 的判斷結果為“否”，則設定 DstVLT.NxtSynBlk (目的資料卷中目前正進行的 VLT entry 的第四欄位 34 所記載的“下一個要進行同步複製的資料區塊的索引號(NxtSynBlk)”)的值為“-1” (step 405)，表示所有資料區塊的同步複製皆已完成，然後結束此程序。請注意，以上將 DstVLT.NxtSynBlk 的值設為“-1”表示同步複製完成，只是本發明的一實施例；於其他實施例中，任何以其他適當的數字達到同樣效果的表達方式都應視為不脫離本發明的精神，例如：設定 DstVLT.NxtSynBlk 的值為“-2”。

請參照第 7 圖，係為本發明中檢查/拷貝來源資料卷的區塊資料至目的資料卷(Check/Copy Block from Source to Destination Volume)之一實施例的流程圖；本程序為第 6 圖的 step 402 所呼叫的程序。首先判斷 DstVBUT.SeqNum (目的資料卷中正進行處理的 VBUT entry 的序號) 是否小於 DSTCURSYN (第二變數) 的變數值(step 501)？如果以上判斷結果為“是”，則再進一步判斷目的資料卷是否已經與來源資料卷分離並且 SrcVBUT.SeqNum (來源資料卷中相對應的 VBUT entry 的序號) 是否大於或等於

SRCCURSPL (第一變數) 的值(step 502)? 如果以上判斷結果為“是”，表示該來源資料卷的資料區塊有被修改過且其修改前的原始資料沒有先拷貝至目的資料卷，造成目的資料卷的該相對應區塊的資料與來源資料卷不同步，因此標示該目的資料卷的該相對應區塊的 VBUT entry 為“DATA INVALID(資料無效)” (step 503)，然後結束此程序。如果 step 502 的判斷結果為“否”，呼叫“Check Volume Block In-Sync”程序(其詳細流程描繪於第 8 圖且已在前文中說明)並判斷其傳回值是否為“偽(FALSE)” (step 504)? 如果以上判斷結果為“是”，表示該來源資料卷和目的資料卷的相對應資料區塊還未同步，因此將來源資料卷的區塊資料拷貝至目的資料卷(step 505)，然後設定 DstVBUT.SeqNum (目的資料卷中正進行處理的 VBUT entry 的序號) 等於 DSTCURSYN (第二變數) 的變數值(step 506)，最後結束此程序。若是 step 504 的判斷結果為“否”，表示該來源資料卷和目的資料卷的相對應資料區塊已經同步複製過了，因此不做任何處理，直接結束此程序。

回到 step 501，如果其判斷結果為“否”，則再進一步判斷目的資料卷是否已經與來源資料卷分離(step 507)? 如果以上判斷結果為“是”，則跳過該資料區塊(step 508)，然後結束此程序；如果 step 507 的判斷結果為“否”，則發出一失敗訊息(step 509)，然後結束此程序。

請參照第 9A 圖至第 9D 圖，係描繪本發明中同步複製(sync)來源資料卷至目的資料卷之另一實施例的流程圖，其中來源資料卷與目的資料卷已經分離(split)，此分離(split)的時間點可能在同步複製(sync)的過程中、完成之時或完成之後。第 9A 圖至第 9D 圖的流程可以接續在第 4A 圖的 steps 201-207 之後，表示來源資料卷與目的資料卷在進行同步複製(sync)的過程或之後的某一時

間點發生了分離(split)事件。以下流程的描述請同時參照第 2A 圖與第 2B 圖。首先將 SrcMstSN 的序號值增加 1 個單位且拷貝至 SrcVLT 的第一欄位 31 (SrcVLT.SeqNum)；除此之外，更將此 SrcMstSN 序號的現行值再指派給前述之第一變數 (SRCCURSPL) (step 701)。接下來在目的資料卷的 VLT 30 中分派 entry (DstVLT) 且適當地初始化其欄位，包括設定第二欄位 32 的操作代碼為“SYNSPL” (step 702)。然後將 DstMstSN 變數值增加 1 個單位且拷貝至 DstVLT 的第一欄位 31 (DstVLT.SeqNum)；除此之外，更將此 DstMstSN 的序號現行值指派給一第三變數（於此實施例中稱為“DSTCURSPL”變數） (step 703)。請注意，DstMstSN 的變數值在進入此步驟增加 1 個單位前，已於前述第 4A 圖的 step 206 指派給第二變數(DSTCURSYN)，因此第三變數(DSTCURSPL)與第二變數(DSTCURSYN)的值理論上相差 1 個單位。以上的步驟皆完成後，接下來會有兩個程序並行處理：step 705 所表示的“Background Copy of Source to Destination”程序（其詳細流程描述於第 6 圖且已在前文中說明）、以及由節點 B 706 進入後因出現主機輸出入要求(Host IO)而啟動的程序（描述其詳細流程的第 9B 圖至第 9D 圖將於後文中說明）。

step 705 所呼叫的“Background Copy of Source to Destination”程序主要是在背景執行將來源資料卷的資料拷貝至目的資料卷的作業。在此作業進行期間，會持續進行 step 704 的判斷：是否來源資料卷至目的資料卷的同步作業皆已全部完成？若以上判斷結果為“是”，則背景拷貝(background copy)的流程結束；否則，持續進行“Background Copy of Source to Destination”程序(step 705)，直到 step 704 的判斷結果為“是”而結束背景拷貝的流程。

請參照第 9B 圖，由節點 B 706 進入本流程後，首先在 step 707 詢問：是否有任何 Host IO 要對來源資料卷(source volume)或目的資料卷(destination volume)存取資料？請注意：由於本流程中目的資料卷已經與來源資料卷分離，因此該兩資料卷皆可獨立地做為 Host IO 資料存取的對象。若 step 707 的判斷結果為“否”，則停留在 step 707 的詢問狀態；若 step 707 的判斷結果為“是”，則進入 step 708：解析該 Host IO 並分解為 1 至複數個邏輯碟(Logical Drive, LD)輸出入要求(LD IO)，每一 LD IO 皆對應到來源資料卷或目的資料卷中一個欲存取的資料區塊(block)。接下來的流程分為兩個方向：一是回到 step 707 繼續判斷是否有其他 Host IO 要對來源資料卷或目的資料卷存取資料；另一是根據該一至複數個 LD IO 同時並行執行第 9C 圖與第 9D 圖的流程(step 709)；也就是說如果有 n 個 LD IO 要對來源資料卷或目的資料卷中 n 個資料區塊(block)進行存取，則就會引發 n 個第 9C 圖與第 9D 圖的流程(steps 709-1...709-n)同時執行。其中任何一個 LD IO 所對應的流程執行完畢，便進入 step 711 判斷是否所有並行處理的流程(steps 709-1...709-n)都完成了。若否，則回到節點 D 710，停留在 step 711 的詢問狀態；若是，則回報主機(Host)此 Host IO 已處理完畢(step 712)，然後回到 step 707 繼續判斷是否有其他 Host IO 要對來源資料卷或目的資料卷存取資料。

值得注意的是，在第 9B 圖中，只要一有 Host IO 出現要對來源資料卷或目的資料卷存取資料，該 Host IO 便立即由 step 707 進入流程處理，無論之前的 Host IO 是否已經處理完成。

請參照第 9C 圖與第 9D 圖，係針對存取每一資料區塊(block)之 LD IO 所做的處理程序，相當於第 9B 圖中一個 step 709 的處理方塊。首先由第 9C 圖的 step 720 判斷該 Host IO 是否是對來源資

料卷或目的資料卷寫入資料？若否，表示該 Host IO 是要讀取資料，則由節點 C 732 進入第 9D 圖進行讀取資料的相關流程；第 9D 圖的相關流程細節將於後文中說明。若 step 720 的判斷結果為“是”，表示該 Host IO 是要寫入資料，則進一步判斷目的資料卷是否是可存取的(step 721)？若當時目的資料卷無法被存取，則設定「同步錯誤旗標(SyncErrorFlag)」為“真(TRUE)” (step 726)。之後判斷該 Host IO 是否是針對來源資料卷寫入資料(step 727)？若以上判斷結果為“是”，則將 Host IO 所欲寫入的資料拷貝至來源資料卷的相對應資料區塊(step 728)。回到 step 721，若其判斷結果為“是”，表示當時的目的資料卷是可以存取的，之後進一步判斷該 Host IO 是否是針對來源資料卷寫入資料(step 722)？若以上的判斷結果為“是”，則呼叫並執行“Check/Copy Block from Source to Destination”程序(step 723)，以檢查並決定是否需要先將來源資料卷之該處理資料區塊的原始資料先行複製至目的資料卷的相對應資料區塊。“Check/Copy Block from Source to Destination”程序的詳細流程描述於第 7 圖且已在前文中說明。若 step 722 的判斷結果為“否”，則進一步判斷該 Host IO 是否是針對目的資料卷寫入資料且只有資料區塊的部份需要被修改(step 724)？若其判斷結果為“是”，也是進入 step 723；若 step 724 的判斷結果為“否”或 step 723 執行之後，則將 Host IO 所欲寫入的資料拷貝至其所欲寫入的來源資料卷或目的資料卷的相對應資料區塊(step 725)。在 step 725 與 step 728 之後，進一步判斷該 Host IO 是否是針對來源資料卷寫入資料 (step 729)？若以上判斷結果為“否”，則將第三變數 (DSTCURSPL) 的值指派給 DstVBUT.SeqNum (step 730)，表示目的資料卷的相對應資料區塊是在 DSTCURSPL 代表的事件中更新資料。若 step 729 的判斷結果為“是”，則將第一變數 (SRCCURSPL)

(step 731) 的值指派給 SrcVBUT.SeqNum，表示來源資料卷的相對應資料區塊是在 SRCCURSPL 代表的事件中更新資料。最後結束第 9C 圖的流程，由節點 D 710 回到第 9B 圖，然後進入 step 711 進行判斷。

若是 step 720 的判斷結果為“否”，則由節點 C 732 進入第 9D 圖進行讀取資料的相關流程。首先判斷該 Host IO 是否是針對目的資料卷讀取資料(step 733)？若以上判斷結果為“是”，則進一步判斷要被讀取資料的資料區塊所對應的 VBUT entry 是否被標示為“DATA INVALID(資料無效)” (step 734)？若以上判斷結果為“是”，則回覆一錯誤(error)訊息(step 736)，然後結束第 9D 圖的流程，由節點 D 710 回到第 9B 圖。若 step 734 的判斷結果為“否”，則進一步判斷：目的資料卷的同步錯誤旗標(SyncErrorFlag)是否曾被設立起來、並且 DstVBUT.SeqNum (目的資料卷中正進行處理的 VBUT entry 的序號) 是否小於前述第二變數(DSTCURSYN)的變數值、並且 SrcVBUT.SeqNum (來源資料卷中正進行處理的 VBUT entry 的序號) 是否大於或等於第一變數(SRCCURSPL)的變數值(step 735)？若以上判斷結果為“是”，則標示該要被讀取資料的資料區塊所對應的 VBUT entry 為“DATA INVALID(資料無效)” (step 737)，然後回覆一錯誤(error)訊息(step 736)，並結束此流程，由節點 D 710 回到第 9B 圖。若 step 735 的判斷結果為“否”，則判斷該 Host IO 是否是針對來源資料卷讀取資料(step 738)？若以上判斷結果為“是”，則由來源資料卷的資料區塊讀取資料(step 740)，然後結束此流程，由節點 D 710 回到第 9B 圖。若 step 738 的判斷結果為“否”，則進一步判斷：該 Host IO 是否是針對目的資料卷讀取資料、並且 DstVBUT.SeqNum (目的資料卷中正進行處理的 VBUT entry 的序號) 是否小於前述第二變數(DSTCURSYN)

的變數值(step 739)? 若以上判斷結果為“是”，表示該欲讀取的資料區塊的資料尚未與來源資料卷的相對應資料區塊同步，因此轉由來源資料卷的相對應資料區塊讀取資料(step 740)。若 739 的判斷結果為“否”，則沒有以上疑慮，直接由目的資料卷的資料區塊讀取資料(step 741)，然後結束此流程，由節點 D 710 回到第 9B 圖。

以下舉一實際範例，說明在本發明中資料卷如何藉由管理其資料卷記錄表(VLT)與資料卷區塊更新表(VBUT)而達成在單一架構下實現「資料卷拷貝(volume copy)」與「資料卷鏡像(volume mirror)」等多種不同的同步複製方式。

請參照第 10A 圖與第 11A 圖，係分別是資料卷 A (VolA)在時間點 T 的 VLT 與 VBUT 之示意圖。觀察第 10A 圖，由其第二欄位 32 與第三欄位 33 可以知道：在時間點 T 時，資料卷 A (VolA)分別是資料卷 B、C、E (VolB、VolC、VolE)的來源資料卷；再由第一欄位 31 的序號可知：資料卷 A (VolA)已經與資料卷 B、C (VolB、VolC)分離（因為其序號不為“0”），但是沒有與資料卷 E (VolE)分離（因為其序號為“0”）；再由第四欄位 34 可知：資料卷 A (VolA)在資料卷 B、C、E (VolB、VolC、VolE)的 VLT 中對應的序號都是“1”。再觀察第 11A 圖，圖中的最上一行(row)與最左一列(colume)係以十六進位表示每個 VBUT entry 的索引號碼；以下第 11B 圖至第 11D 圖、與第 13A 圖至第 13D 圖也是同樣的表達方式。第 11A 圖中，請同時參照第 10A 圖，VBUT entry 中儲存的序號為“1”者（例如：VBUT entry 的索引號為 0x01、0x12、0x25、0x3A 者）表示：其所對應的資料區塊(block)是在資料卷 A (VolA)與資料卷 B (VolB)分離後因 Host IO 的存取而有資料變動的資料區塊。同理，第 11A 圖中，VBUT entry 中儲存的序號為“2”者（例如：VBUT entry 的索引號為 0x04、0x16、0x28、0x2E、0x31 者）表示：其所對應

的資料區塊(block)是在資料卷 A (VolA)與資料卷 C (VolC)分離後因 Host IO 的存取而有資料變動的資料區塊。其他 VBUT entry 中儲存的序號為“0”者表示：資料卷 A (VolA)自第一次分離作業後至時間點 T 為止都沒有資料變動的資料區塊所對應的 VBUT entry。說明：前文及後文中的“0x”皆是代表十六進位。

請參照第 10B 圖與第 11B 圖，係分別是資料卷 B (VolB)在時間點 T 的 VLT 與 VBUT 之示意圖。由第 10B 圖可以知道：在時間點 T 時，資料卷 B (VolB)是資料卷 A (VolA)的目的資料卷且已經分離；同時，資料卷 B (VolB)又是資料卷 D (VolE)的來源資料卷，但還未分離。第 10B 圖之第一個 VLT entry 的第四欄位 34 所顯示的“-1”代表：資料卷 B (VolB)與資料卷 A (VolA)已經同步複製完成；而第二個 VLT entry 的第二欄位 32 所顯示的“SYNSPL”操作代碼(OpCod)代表：資料卷 B (VolB)與資料卷 A (VolA)已經分離。若一資料卷是扮演目的資料卷的角色，則其第二欄位 32 所儲存的操作代碼(OpCod)常是“SYNDST”與“SYNSPL”成對出現。再觀察第 11B 圖，請同時參照第 10B 圖，VBUT entry 中儲存的序號為“1”者表示：其所對應的資料區塊(block)是在資料卷 B (VolB)與資料卷 A (VolA)建立同步複製的關係後，已經同步過的資料區塊。又，VBUT entry 中儲存的序號為“2”者表示：其所對應的資料區塊(block)是在資料卷 B (VolB)與資料卷 A (VolA)分離後因 Host IO 的存取而有資料變動的資料區塊。

請參照第 10C 圖與第 11C 圖，係分別是資料卷 C (VolC)在時間點 T 的 VLT 與 VBUT 之示意圖。由第 10C 圖可以知道：在時間點 T 時，資料卷 C (VolC)是資料卷 A (VolA)的目的資料卷且兩者已經分離，但還未同步複製完成。第 10C 圖之第一個 VLT entry 的第四欄位 34 所顯示的“C”是“NxtSynBlk”之意，代表：資料卷 C

(VolC)下一個要進行同步複製的資料區塊(block)的索引號是“0x0C”;因為此欄位所儲存的值不是“-1”,由此可知資料卷 C (VolC)還未從資料卷 A (VolA)同步複製完成。而第二個 VLT entry 的第四欄位 34 所顯示的“2”是“AltVolSN”之意,代表:資料卷 C (VolC)已經與資料卷 A (VolA)分離,且對應於資料卷 A (VolA)之 VLT entry 的序號為“2”。再觀察第 11C 圖,請同時參照第 10C 圖,VBUT entry 中儲存的序號為“1”者表示:其所對應的資料區塊(block)是在資料卷 C (VolC)與資料卷 A (VolA)建立同步複製的關係後,已經同步過的資料區塊。又,VBUT entry 中儲存的序號為“2”者表示:其所對應的資料區塊(block)是在資料卷 C (VolC)與資料卷 A (VolA)分離後因 Host IO 的存取而有資料變動的資料區塊。由於初始化程序後賦予每個 VBUT entry 之序號的初始值為“0”,且時間 T 時資料卷 C (VolC)只扮演是資料卷 A (VolA)的目的資料卷的角色,因此 VBUT entry 中其他序號為“0”者表示:資料卷 C (VolC)中還未同步複製或者沒有因為 Host IO 而有資料改變的資料區塊。

請參照第 10D 圖與第 11D 圖,係分別是資料卷 D (VolD)在時間點 T 的 VLT 與 VBUT 之示意圖。第 10D 圖顯示只有一個 VLT entry,表示:資料卷 D (VolD)是資料卷 B (VolB)的目的資料卷,兩者尚未分離,且下一個要進行同步複製的資料區塊(block)的索引號是“0x19”。參照第 11D 圖,可以明顯看出:在索引號為“0x19”之前的 VBUT entry 的序號都是“1”,其後的都是“0”,表示資料卷 D (VolD)很單純地在進行從資料卷 B (VolB)同步複製資料的作業。因為資料卷 D (VolD)尚未與資料卷 B (VolB)分離,因此 Host 看不到資料卷 D (VolD),也不會有 Host IO 要求對資料卷 D (VolD)存取資料。

請參照第 10E 圖，係為資料卷 E (VolE) 在時間點 T 的 VLT 示意圖。圖中顯示只有一個 VLT entry，表示：資料卷 E (VolE) 是資料卷 A (VolA) 的目的資料卷，兩者尚未分離，且下一個要進行同步複製的資料區塊(block)的索引號是“0x####”。

整理第 10A 圖至第 10E 圖所表達的資訊可知，在時間點 T 時，資料卷 A (VolA) 分別是資料卷 B、C、E (VolB、VolC、VolE) 的來源資料卷，資料卷 B 是資料卷 D (VolD) 的來源資料卷，且：

一、資料卷 B (VolB) 與資料卷 A (VolA) 之間已經分離，且已經同步複製完成；

二、資料卷 C (VolC) 與資料卷 A (VolA) 之間已經分離，但還未同步複製完成；

三、資料卷 D (VolD) 與資料卷 B (VolB) 之間尚未分離，亦未同步複製完成；

四、資料卷 E (VolE) 與資料卷 A (VolA) 之間尚未分離，亦未同步複製完成。

經過一段時間 t 後，也就是在時間點 T+t 時，資料卷 A、B、C、D、E (VolA、VolB、VolC、VolD、VolE) 的 VLT 如第 12A 圖至第 12E 圖所示，資料卷 A、B、C、D (VolA、VolB、VolC、VolD) 的 VBUT 如第 13A 圖至第 13D 圖所示。以上各圖與第 10A 圖至第 10E 圖以及第 11A 圖至第 11D 圖一樣，都是依據前文所述的原則與方法記載資訊。各圖的詳細內容可以依照第 10A 圖至第 10E 圖以及第 11A 圖至第 11D 圖的描述，以此類推予以解讀，因此本文中不再多做贅述。總結來說，第 12A 圖至第 12E 圖以及第 13A 圖至第 13D 圖表示：

一、資料卷 A (VolA) 與資料卷 B (VolB) 之間啟動「再同步 (Resync)」作業，且兩資料卷間尚未分離，亦未同步複製完成；

二、資料卷 D (VolD)與資料卷 B (VolB)之間已經分離，且已經同步複製完成；

三、資料卷 C (VolC)與資料卷 A (VolA)之間仍然在“已經分離但未同步複製完成”的狀態，不過其“NxtSynBlk”已由“0x0C”推進至“0x27”；

四、資料卷 E (VolE)與資料卷 A (VolA)之間仍然在“尚未分離亦未同步複製完成”的狀態。

由以上說明可知，本發明提出每一資料卷皆有其專屬的「資料卷記錄表(VLT)」與「資料卷區塊更新表(VBUT)」，利用 VLT 與 VBUT 之間的交互操作應用，可以在單一架構下實現「資料卷拷貝(volume copy)」與「資料卷鏡像(volume mirror)」等多種複製方式。並且，每一資料卷(volume)，無論跟多少數量的其他資料卷間建立何種同步複製(sync)的關係，都只需管理一個專屬的 VLT 與一個專屬的 VBUT。因此，本發明提出的技術有簡化同步複製架構與減少表格管理的好處，可以使儲存系統的運作更具效率。

【圖式簡單說明】

第 1 圖、描繪應用本發明之電腦系統的硬體架構示意圖；

第 2A 圖、描繪本發明提出之資料卷記錄表(Volume Log Table, VLT)的資料結構；

第 2B 圖、描繪本發明提出之資料卷區塊更新表(Volume Block Update Table, VBUT)的資料結構；

第 3 圖、描繪應用本發明方法之儲存虛擬化控制器(SVC)之一實施例示意圖；

第 4A 圖～第 4C 圖、描繪本發明中同步複製(sync)來源資料

卷(source volume)至目的資料卷(destination volume)之一實施例的流程圖，其中來源資料卷(source volume)與目的資料卷(destination volume)之間沒有分離(split)；

第 5 圖、描繪本發明中目的資料卷之資料卷區塊更新表的一致性檢查(Sync Process DstVBUT Entry Consistency Check)之一實施例的流程圖；

第 6 圖、描繪本發明中背景拷貝來源資料卷至目的資料卷(Background Copy of Source to Destination Volume)之一實施例的流程圖；

第 7 圖、描繪本發明中檢查/拷貝來源資料卷的區塊資料至目的資料卷(Check/Copy Block from Source to Destination Volume)之一實施例的流程圖；

第 8 圖、描繪本發明中檢查資料卷區塊是否已在同步狀態(Check Volume Block In-Sync)之一實施例的流程圖；

第 9A 圖～第 9D 圖、描繪本發明中同步複製(sync)來源資料卷(source volume)至目的資料卷(destination volume)之一實施例的流程圖，其中來源資料卷(source volume)與目的資料卷(destination volume)已經分離(split)，此分離(split)的時間點可能在同步複製(sync)的過程中、完成之時或完成之後；

第 10A 圖～第 10E 圖、描繪本發明中資料卷記錄表(VLT)在時間點 T 時之一實際範例；

第 11A 圖～第 11D 圖、描繪本發明中資料卷區塊更新表(VBUT)在時間點 T 時之一實際範例，係對應於第 10A 圖～第 10D 圖；

第 12A 圖～第 12E 圖、描繪本發明中資料卷記錄表(VLT)在時間點 T+t 時之一實際範例；

第 13A 圖～第 13D 圖、描繪本發明中資料卷區塊更新表 (VBUT) 在時間點 $T+t$ 時之一實際範例，係對應於第 12A 圖～第 12D 圖。

【主要元件符號說明】

- 1...電腦系統
- 12...儲存虛擬化子系統
- 13...儲存虛擬化控制器
- 131...主機端輸出入裝置連結控制器
- 132...中央處理電路
- 133...記憶體
- 134...裝置端輸出入裝置連結控制器
- 14...實體儲存裝置陣列
- 15a-15e...資料卷
- 30...資料卷記錄表(VLT)
- 31... 資料卷記錄表的第一欄位
- 32... 資料卷記錄表的第二欄位
- 33... 資料卷記錄表的第三欄位
- 34... 資料卷記錄表的第四欄位
- 40... 資料卷區塊更新表(VBUT)
- 41... 資料卷區塊更新表的第一欄位
- 42... 資料卷區塊更新表的第二欄位

七、申請專利範圍：

1. 一種進行資料卷複製的方法，讓一目的資料卷與一來源資料卷的資料同步(sync)，其包含：

在該來源資料卷的一資料卷記錄表(VLT)中配置一第一項目(entry)，並且初始化該第一項目的複數個欄位，包括設定一第一欄位的序號為一初始設定值(initial setting value)、以及設定一第二欄位的操作代碼(OpCod)為一代表來源資料卷狀態的操作代碼；其中更指派該第一欄位的該初始設定值(initial setting value)給一第一變數；

在該目的資料卷的一資料卷記錄表(VLT)中配置一第二項目(entry)，並且初始化該第二項目的複數個欄位，包括設定一第二欄位的操作代碼(OpCod)為一代表目的資料卷狀態的操作代碼；

增加該目的資料卷的一主要序號變數的值，並將該主要序號變數的值拷貝至該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中紀錄序號的一第一欄位，以及拷貝至該來源資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第一項目(entry)中紀錄另一資料卷的 VLT entry 的序號的一第四欄位；其中更指派該目的資料卷的該主要序號變數的現行值給一第二變數；

設定該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中一第四欄位為一起始位址，其中該第四欄位用於紀錄下一個要進行同步複製的資料區塊的索引號(DstVLT.NxtSynBlk)；以及

由該起始位址開始，執行一背景拷貝來源資料卷至目的資料卷(Background Copy of Source to Destination)的程序。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加一步驟：判斷是否有一主機輸出入要求(Host IO)要對該來源資料卷存取資料。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加一步驟：將該主機輸出入要求(Host IO)分解為至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)，每一該邏輯碟輸出入要求(LD IO)皆對應到該來源資料卷中一個欲存取的資料區塊(block)。
4. 如申請專利範圍第 3 項所述之進行資料卷複製的方法，其中對該至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)的每一並行執行以下步驟：
 - 判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是一寫入要求；
 - 判斷該目的資料卷是否是可存取的；
 - 判斷一目的資料卷之資料卷區塊更新表的一致性檢查(Sync Process DstVBUT Entry Consistency Check)程序是否有傳回一“偽(FALSE)”訊息；
 - 判斷該來源資料卷之一欲寫入區塊的索引號碼是否小於該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中的該第四欄位所記載的下一個要進行同步的資料區塊的索引號(DstVLT.NxtSynBlk)；
 - 判斷該目的資料卷的一資料卷區塊更新表(VBUT)中一正進行處理之資料區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)是否等於該第二變數的值；以及
 - 拷貝該主機輸出入要求(Host IO)的資料至該來源資料卷的該欲寫入區塊。
5. 如申請專利範圍第 4 項所述之進行資料卷複製的方法，其中判斷結果是該目的資料卷之資料卷區塊更新表的一致性檢查(DstVBUT Entry Consistency Check)程序傳回該“偽(FALSE)”訊

息，則更增加一步驟：發出一失敗訊息。

6. 如申請專利範圍第 4 項所述之進行資料卷複製的方法，其中判斷結果是該來源資料卷之該欲寫入區塊的該索引號碼小於該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中的該第四欄位所記載的下一個要進行同步的資料區塊的索引號(DstVLT.NxtSynBlk)，則更增加一步驟：拷貝該主機輸出入要求(Host IO)的資料至該目的資料卷的一資料區塊，該資料區塊的位址係對應於該來源資料卷的該欲寫入區塊。
7. 如申請專利範圍第 4 項所述之進行資料卷複製的方法，其中判斷結果是該目的資料卷的該資料卷區塊更新表(VBUT)中對應該欲寫入區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)不等於該第二變數的值，則更增加一步驟：設定該目的資料卷的該資料卷區塊更新表(VBUT)中紀錄對應該欲寫入區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)等於該第二變數的值。
8. 如申請專利範圍第 3 項所述之進行資料卷複製的方法，其中對該至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)的每一並行執行以下步驟：
 - 判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是一寫入要求；以及
 - 從該來源資料卷的一欲讀取區塊讀取資料。
9. 如申請專利範圍第 3 項所述之進行資料卷複製的方法，其中對該至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)的每一並行執行以下步驟：
 - 判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是一寫入要求；
 - 判斷該目的資料卷是否是可存取的；
 - 設定一同步錯誤旗標(SyncErrorFlag)為“真(TRUE)”；以及
 - 拷貝該主機輸出入要求(Host IO)的資料至該來源資料卷的該欲寫入區塊。
10. 如申請專利範圍第 3 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更

增加一步驟：判斷對應該至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)的程序是否都已執行完成。

11. 如申請專利範圍第 10 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加一步驟：回報送出該主機輸出入要求(Host IO)的一主機(Host)，該主機輸出入要求(Host IO)已處理完畢。
12. 如申請專利範圍第 1 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加一步驟：判斷是否是一初始的同步複製作業。
13. 如申請專利範圍第 12 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加以下步驟：

初始化該目的資料卷的一資料卷區塊更新表(VBUT)；以及
初始化該目的資料卷的該主要序號變數。

14. 一種進行資料卷複製的方法，係應用於一目的資料卷與一來源資料卷在一同步複製(sync)作業的過程、完成之時或完成之後發生一分離事件，其包含：

在該來源資料卷的一資料卷記錄表(VLT)中配置一第一項目(entry)，並且初始化該第一項目的複數個欄位，包括設定一第一欄位的序號為一初始設定值(initial setting value)、以及設定一第二欄位的操作代碼(OpCod)為一代表來源資料卷狀態的操作代碼；

在該目的資料卷的一資料卷記錄表(VLT)中配置一第二項目(entry)，並且初始化該第二項目的複數個欄位，包括設定一第二欄位的操作代碼(OpCod)為一代表目的資料卷狀態的操作代碼；

增加該目的資料卷的一主要序號變數的值，並將該主要序號變數的值拷貝至該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中紀錄序號的一第一欄位，以及拷貝至該來源

資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第一項目(entry)中紀錄另一資料卷的 VLT entry 的序號的一第四欄位；其中更指派該目的資料卷的該主要序號變數的現行值給一第二變數；

設定該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中一第四欄位為一起始位址，其中該第四欄位用於紀錄下一個要進行同步複製的資料區塊的索引號(DstVLT.NxtSynBlk)；

增加該來源資料卷的一主要序號變數的值，並將該來源資料卷的該主要序號變數的值拷貝至該來源資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第一項目(entry)中紀錄序號的該第一欄位；其中更指派該來源資料卷的該主要序號變數的值給該第一變數；

在該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)中配置一第三項目(entry)，並且初始化該第三項目的複數個欄位，包括設定一第二欄位的操作代碼(OpCod)為一代表分離狀態的操作代碼；

再次增加該目的資料卷的該主要序號變數的值並將之指派給一第三變數，並將增加後的該目的資料卷的該主要序號變數的值拷貝至該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第三項目(entry)中紀錄序號的一第一欄位；以及

判斷該目的資料卷與該來源資料卷的該同步複製(sync)作業是否已經完成。

15. 如申請專利範圍第 14 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加一步驟：執行一背景拷貝來源資料卷至目的資料卷(Background Copy of Source to Destination Volume)程序。

16. 如申請專利範圍第 14 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加一步驟：判斷是否有一主機輸出入要求(Host IO)要對該來源資料卷或該目的資料卷存取資料。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加一步驟：將該主機輸出入要求(Host IO)分解為至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)，每一該邏輯碟輸出入要求(LD IO)皆對應到該來源資料卷或目標資料卷中一欲存取資料區塊(block)。

18. 如申請專利範圍第 17 項所述之進行資料卷複製的方法，其中對該至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)的每一並行執行以下步驟：

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是一寫入要求；

判斷該目的資料卷是否是可存取的；

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是要存取該來源資料卷；

執行一檢查/拷貝來源資料卷的區塊資料至目的資料卷(Check/Copy Block from Source to Destination Volume)的程序；
以及

拷貝該主機輸出入要求(Host IO)的資料至該來源資料卷的該欲存取資料區塊。

19. 如申請專利範圍第 17 項所述之進行資料卷複製的方法，其中對該至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)的每一並行執行以下步驟：

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是一寫入要求；

判斷該目的資料卷是否是可存取的；

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是要存取該來源資料卷；

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是要存取該目的資料卷並且只有該欲存取資料區塊的部分會被修改資料；以及

拷貝該主機輸出入要求(Host IO)的資料至該目的資料卷的該欲存取資料區塊。

20. 如申請專利範圍第 17 項所述之進行資料卷複製的方法，其中對該至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)的每一並行執行以下步驟：

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是一寫入要求；

判斷該目的資料卷是否是可存取的；

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是要存取該來源資料卷；

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是要存取該目的資料卷並且只有該欲存取資料區塊的部分會被修改資料；

執行一檢查/拷貝來源資料卷的區塊資料至目的資料卷(Check/Copy Block from Source to Destination Volume)的程序；以及

拷貝該主機輸出入要求(Host IO)的資料至該目的資料卷的該欲存取資料區塊。

21. 如申請專利範圍第 17 項所述之進行資料卷複製的方法，其中對該至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)的每一並行執行以下步驟：

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是一寫入要求；

判斷該目的資料卷是否是可存取的；

設定一同步錯誤旗標(SyncErrorFlag)為“真(TRUE)”；以及

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是要存取該來源資料卷。

22. 如申請專利範圍第 21 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加一步驟：拷貝該主機輸出入要求(Host IO)的資料至該來

源資料卷的該欲存取資料區塊。

23. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項或第 20 項或第 21 項或第 22 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加以下步驟：

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是要存取該來源資料卷或是該目的資料卷；以及

設定該來源資料卷的一資料卷區塊更新表(VBUT)中對應該欲存取資料區塊的序號(SrcVBUT.SeqNum)等於該第一變數的值。

24. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項或第 20 項或第 21 項或第 22 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加以下步驟：

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是要存取該來源資料卷或是該目的資料卷；以及

設定該目的資料卷的一資料卷區塊更新表(VBUT)中對應該欲存取資料區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)等於該第三變數的值。

25. 如申請專利範圍第 17 項所述之進行資料卷複製的方法，其中對該至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)的每一並行執行以下步驟：

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是一寫入要求；

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是存取該目的資料卷；以及

判斷該目的資料卷的一資料卷區塊更新表(VBUT)中對應該欲存取資料區塊的一項目(entry)是否被標示為“資料無效(DATA INVALID)”。

26. 如申請專利範圍第 25 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加以下步驟：回覆一錯誤(error)訊息。

27. 如申請專利範圍第 25 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加以下步驟：

判斷該目的資料卷的一同步錯誤旗標(SyncErrorFlag)是否曾被設立起來、並且該目的資料卷中正進行處理的該資料卷區塊更新表(VBUT)的該項目(entry)的序號(DstVBUT.SeqNum)是否小於該目的資料卷的該第二變數的值、並且該來源資料卷中正進行處理的該資料卷區塊更新表(VBUT)的該項目(entry)的序號(SrcVBUT.SeqNum)是否大於或等於該第一變數的值。

28. 如申請專利範圍第 27 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加以下步驟：

標示該目的資料卷的該資料卷區塊更新表(VBUT)中對應該欲存取資料區塊的該項目(entry)為“資料無效(DATA INVALID)”；以及

回覆一錯誤(error)訊息。

29. 如申請專利範圍第 27 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加以下步驟：

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是存取該來源資料卷；以及

從該來源資料卷的該欲存取區塊讀取資料。

30. 如申請專利範圍第 27 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加以下步驟：

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是存取該來源資料卷；

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是存取該目的資料卷並且判斷該目的資料卷中正進行處理的該資料卷區塊更新表(VBUT)的該項目(entry)的序號(DstVBUT.SeqNum)是否小於該

目的資料卷的該第二變數的值；以及

從該來源資料卷的該欲存取區塊讀取資料。

31. 如申請專利範圍第 27 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加以下步驟：

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是存取該來源資料卷；

判斷該主機輸出入要求(Host IO)是否是存取該目的資料卷並且判斷該目的資料卷中正進行處理的該資料卷區塊更新表(VBUT)的該項目(entry)的序號(DstVBUT.SeqNum)是否小於該目的資料卷的該第二變數的值；以及

從該目的資料卷的該欲存取區塊讀取資料。

32. 如申請專利範圍第 17 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加一步驟：判斷對應該至少一邏輯碟輸出入要求(LD IO)的程序是否都已執行完成。

33. 如申請專利範圍第 32 項所述之進行資料卷複製的方法，其中更增加一步驟：回報送出該主機輸出入要求(Host IO)的一主機(Host)，該主機輸出入要求(Host IO)已處理完畢。

34. 如申請專利範圍第 4 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該目的資料卷之資料卷區塊更新表的一致性檢查(Sync Process DstVBUT Entry Consistency Check)程序係包含以下三個判斷步驟：

判斷該目的資料卷的該資料卷區塊更新表(VBUT)中該正進行處理之資料區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)是否大於該第二變數的值；

判斷該目的資料卷的該資料卷區塊更新表(VBUT)中該正進行處理之資料區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)是否等於該第

二變數的值，並且該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中的該第四欄位所記載的下一個要進行同步的資料區塊的索引號(DstVLT.NxtSynBlk)是否小於或等於正在進行資料修改之區塊的索引值；以及

判斷該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中的該第四欄位所記載的下一個要進行同步的資料區塊的索引號(DstVLT.NxtSynBlk)是否大於正在進行資料修改之區塊的索引值，並且一檢查資料卷區塊是否已在同步狀態(Check Volume Block In-Sync)的程序是否回傳一“偽(FALSE)”值。

35. 如申請專利範圍第 34 項所述之進行資料卷複製的方法，其中只要該目的資料卷之資料卷區塊更新表的一致性檢查(Sync Process DstVBUT Entry Consistency Check)程序的該三個判斷步驟的任一的判斷結果為“是”，則回傳該“偽(FALSE)”訊息。

36. 如申請專利範圍第 34 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該目的資料卷之資料卷區塊更新表的一致性檢查(Sync Process DstVBUT Entry Consistency Check)程序的該三個判斷步驟的所有判斷結果皆為“否”，則回傳一“真(TRUE)”訊息。

37. 如申請專利範圍第 1 項或第 15 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該背景拷貝來源資料卷至目的資料卷(Background Copy of Source to Destination Volume)程序係包含以下步驟：

對於該目的資料卷的一資料卷區塊更新表(VBUT)的每一項目(VBUT entry)所代表的每一資料區塊，呼叫並執行一檢查/拷貝來源資料卷的區塊資料至目的資料卷(Check/Copy Block from Source to Destination)程序；以及

判斷是否還有任何該資料卷區塊更新表(VBUT)中所紀錄的資料區塊尚未進行同步複製(sync)。

38. 如申請專利範圍第 37 項所述之進行資料卷複製的方法，如果判斷結果是該資料卷區塊更新表(VBUT)中還有資料區塊尚未進行同步複製(sync)，則將該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中該第四欄位所紀錄的下一個要進行同步複製的資料區塊的索引號(DstVLT.NxtSynBlk)增加 1 個單位。
39. 如申請專利範圍第 37 項所述之進行資料卷複製的方法，如果判斷結果是該資料卷區塊更新表(VBUT)中所有的資料區塊都已同步複製(sync)完成，則設定該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該第二項目(entry)中該第四欄位(DstVLT.NxtSynBlk)的值為一預設值，該預設值代表所有資料區塊的同步複製皆已完成。
40. 如申請專利範圍第 39 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該預設值是“-1”。
41. 如申請專利範圍第 18 項或第 20 項或第 37 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該檢查/拷貝來源資料卷的區塊資料至目的資料卷(Check/Copy Block from Source to Destination Volume)的程序係包含以下步驟：
- 判斷該目的資料卷的一資料卷區塊更新表(VBUT)中一正進行處理之資料區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)是否小於該第二變數的值；
- 判斷該目的資料卷是否已經與該來源資料卷分離(split)，並且該來源資料卷的一資料卷區塊更新表(VBUT)中一正進行處理之資料區塊的序號(SrcVBUT.SeqNum)是否大於或等於該第一變數的值；以及
- 執行一檢查資料卷區塊是否已在同步狀態(Check Volume

Block In-Sync) 的程序，並且檢查該程序是否回傳一“偽 (FALSE)”值。

42. 如申請專利範圍第 41 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該檢查/拷貝來源資料卷的區塊資料至目的資料卷(Check/Copy Block from Source to Destination Volume)的程序更包含以下步驟：

拷貝該來源資料卷的區塊資料至該目的資料卷；以及

設定該目的資料卷的該資料卷區塊更新表(VBUT)中該正進行處理之資料區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)等於該第二變數的值。

43. 如申請專利範圍第 18 項或第 20 項或第 37 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該檢查/拷貝來源資料卷的區塊資料至目的資料卷(Check/Copy Block from Source to Destination Volume)的程序係包含以下步驟：

判斷該目的資料卷的一資料卷區塊更新表(VBUT)中一正進行處理之資料區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)是否小於該第二變數的值；

判斷該目的資料卷是否已經與該來源資料卷分離(split)，並且該來源資料卷的一資料卷區塊更新表(VBUT)中一正進行處理之資料區塊的序號(SrcVBUT.SeqNum)是否大於或等於該第一變數的值；以及

標示該目的資料卷的該資料卷區塊更新表(VBUT)中對應該正進行處理之資料區塊的一項目(entry)為“資料無效(DATA INVALID)”。

44. 如申請專利範圍第 18 項或第 20 項或第 37 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該檢查/拷貝來源資料卷的區塊資料至目的

資料卷(Check/Copy Block from Source to Destination Volume)的程序係包含以下步驟：

判斷該目的資料卷的一資料卷區塊更新表(VBUT)中一正進行處理之資料區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)是否小於該第二變數的值；

判斷該目的資料卷是否已經與該來源資料卷分離(split)；
以及

跳過該正進行處理之資料區塊，如果判斷結果是該目的資料卷已經與該來源資料卷分離；或者，發出一失敗訊息，如果判斷結果是該目的資料卷沒有與該來源資料卷分離。

45. 如申請專利範圍第 34 項或第 41 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該檢查資料卷區塊是否已在同步狀態(Check Volume Block In-Sync)的程序係包含以下五個判斷步驟：

判斷該目的資料卷的該資料卷區塊更新表(VBUT)中該正進行處理之資料區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)是否等於一初始設定值(initial setting value)；

判斷該目的資料卷的該資料卷區塊更新表(VBUT)中該正進行處理之資料區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)所對應的該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的項目(entry)是否找不到，或者雖有找到但是讀不到或兩者資料不一致；

判斷該目的資料卷的該資料卷記錄表(VLT)中目前正進行的項目(entry)的該第二欄位 32 所記載的操作代碼(DstVLT.OpCod)是否不是該代表目的資料卷狀態的操作代碼，或者該目的資料卷該資料卷記錄表(VLT)中目前正進行的項目(entry)的一第三欄位 33 所記載的另一產生關聯之資料卷的身分(DstVLT.AltVolID)是否不是其對應的該來源資料卷的身分代

碼；

判斷與該目的資料卷的該資料卷區塊更新表(VBUT)中該正進行處理之資料區塊的序號(DstVBUT.SeqNum)相同的該來源資料卷的該資料卷記錄表(VLT)中目前正進行的項目(entry)的該第四欄位所記載的另一資料卷的序號(SrcVLT.AltVolSN)的該來源資料卷的該資料卷記錄表(VLT)中的項目(entry)，是否找不到，或者雖有找到但是讀不到或記載的資料不一致；以及

判斷該來源資料卷的該資料卷區塊更新表(VBUT)中該正進行處理之資料區塊的序號(SrcVBUT.SeqNum)是否大於或等於該來源資料卷的該資料卷記錄表(VLT)中目前正進行的項目(entry)的該第一欄位 31 所記載的序號(SrcVLT.SeqNum)。

46. 如申請專利範圍第 45 項所述之進行資料卷複製的方法，其中只要該檢查資料卷區塊是否已在同步狀態(Check Volume Block In-Sync)的程序的該五個判斷步驟的任一的判斷結果為“是”，則回傳該“偽(FALSE)”訊息。

47. 如申請專利範圍第 45 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該檢查資料卷區塊是否已在同步狀態(Check Volume Block In-Sync)的程序的該五個判斷步驟的所有判斷結果皆為“否”，則回傳一“真(TRUE)”訊息。

48. 如申請專利範圍第 45 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該初始設定值(initial setting value)是“0(null)”。

49. 一種磁碟陣列控制器，可應用於進行一實體儲存裝置陣列(PSD Array)中複數個資料卷間的資料複製，係包含：

一記憶體，用來緩衝傳送於一主機及該實體儲存裝置陣列之間通過該磁碟陣列控制器的資料；以及

一中央處理電路，利用該複數個資料卷各自專屬的一資料卷記

錄表(VLT)與一資料卷區塊更新表(VBUT)進行資料複製作業；

其中，該資料卷記錄表(VLT)的一項目(entry)具有一第一欄位，用於紀錄一序號(SeqNum)的、一第二欄位，用於紀錄一操作代碼(OpCod)、一第三欄位，用於紀錄與之產生關係的一另一資料卷身分(AltVolID)、以及一第四欄位，用於紀錄與之產生關聯的該另一資料卷的該資料卷記錄表(VLT)的該項目(VLT entry)的序號(AltVolSN)或者紀錄本身下一個要進行複製的資料區塊(block)的一索引號(NxtSynBlk)；以及

其中，該資料卷區塊更新表(VBUT)的一項目(entry)紀錄一資料區塊(block)的更新狀態資訊。

50. 一種進行資料卷複製的方法，其包含：

形成一第一鏡射對，該第一鏡射對係由一第一資料卷與一第二資料卷所組成；

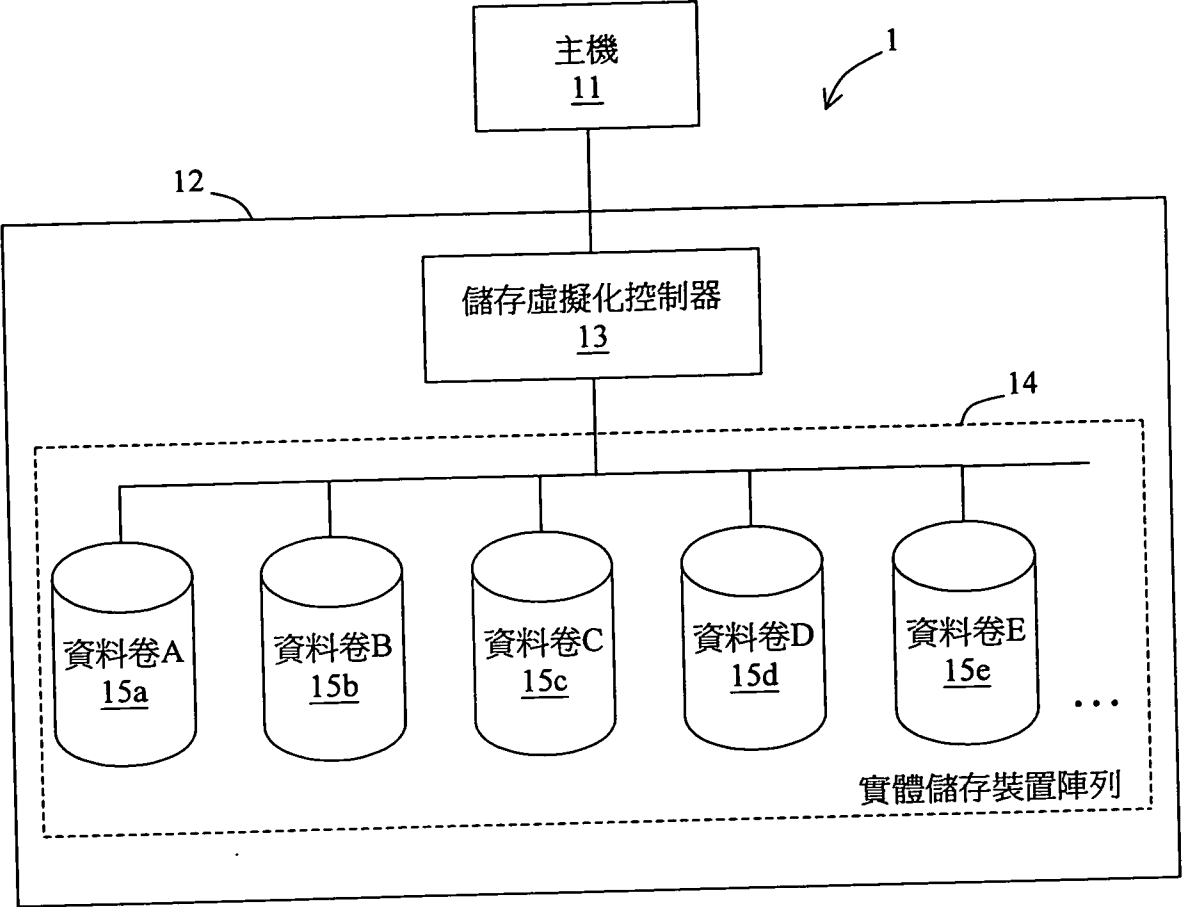
管理該第一資料卷的一資料卷記錄表(VLT)與一資料卷區塊更新表(VBUT)，其中，該資料卷記錄表(VLT)用於紀錄該第一資料卷與該第二資料卷形成一鏡射對後的同步狀態資訊，該資料卷區塊更新表(VBUT)用於紀錄該第一資料卷的每一資料區塊(block)的更新狀態資訊，以進行該第一資料卷與該第二資料卷間的同步複製(sync)作業；

形成一第二鏡射對，該第二鏡射對係由該第一資料卷與一第三資料卷所組成；以及

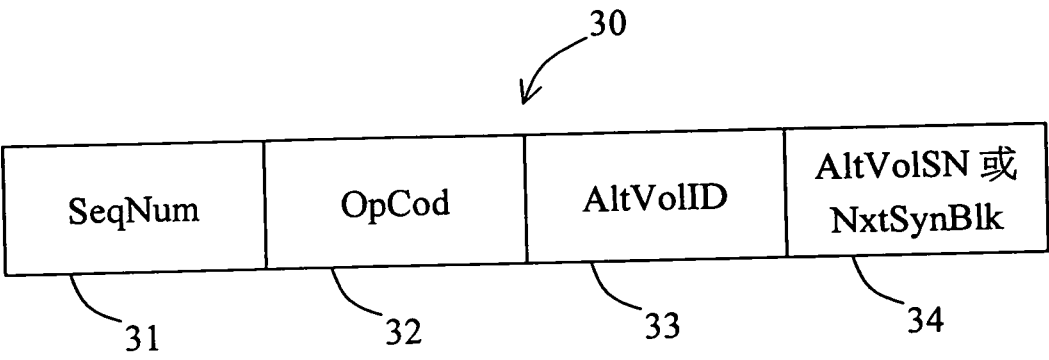
管理該第一資料卷的該資料卷記錄表(VLT)與該資料卷區塊更新表(VBUT)，其中，該資料卷記錄表(VLT)用於紀錄該第一資料卷與該第三資料卷形成一鏡射對後的同步狀態資訊，該資料卷區塊更新表(VBUT)用於紀錄該第一資料卷的每一資料區塊(block)的更新狀態資訊，以進行該第一資料卷與該第三資

料卷間的同步複製作業。

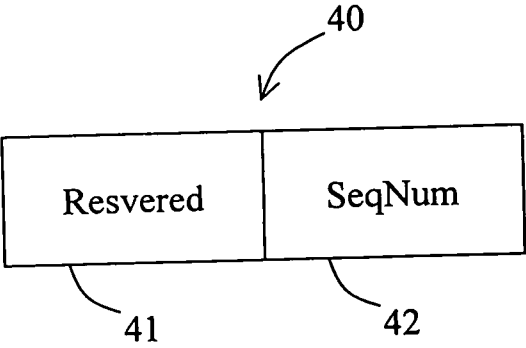
51. 如申請專利範圍第 50 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該第一鏡射對中的該第一資料卷與該第二資料卷間係進行資料卷拷貝(volume copy)或資料卷鏡像(volume mirror)兩種複製作業的其中之一。
52. 如申請專利範圍第 50 項所述之進行資料卷複製的方法，其中該第二鏡射對中的該第一資料卷與該第三資料卷間係進行資料卷拷貝(volume copy)或資料卷鏡像(volume mirror)兩種複製作業的其中之一。



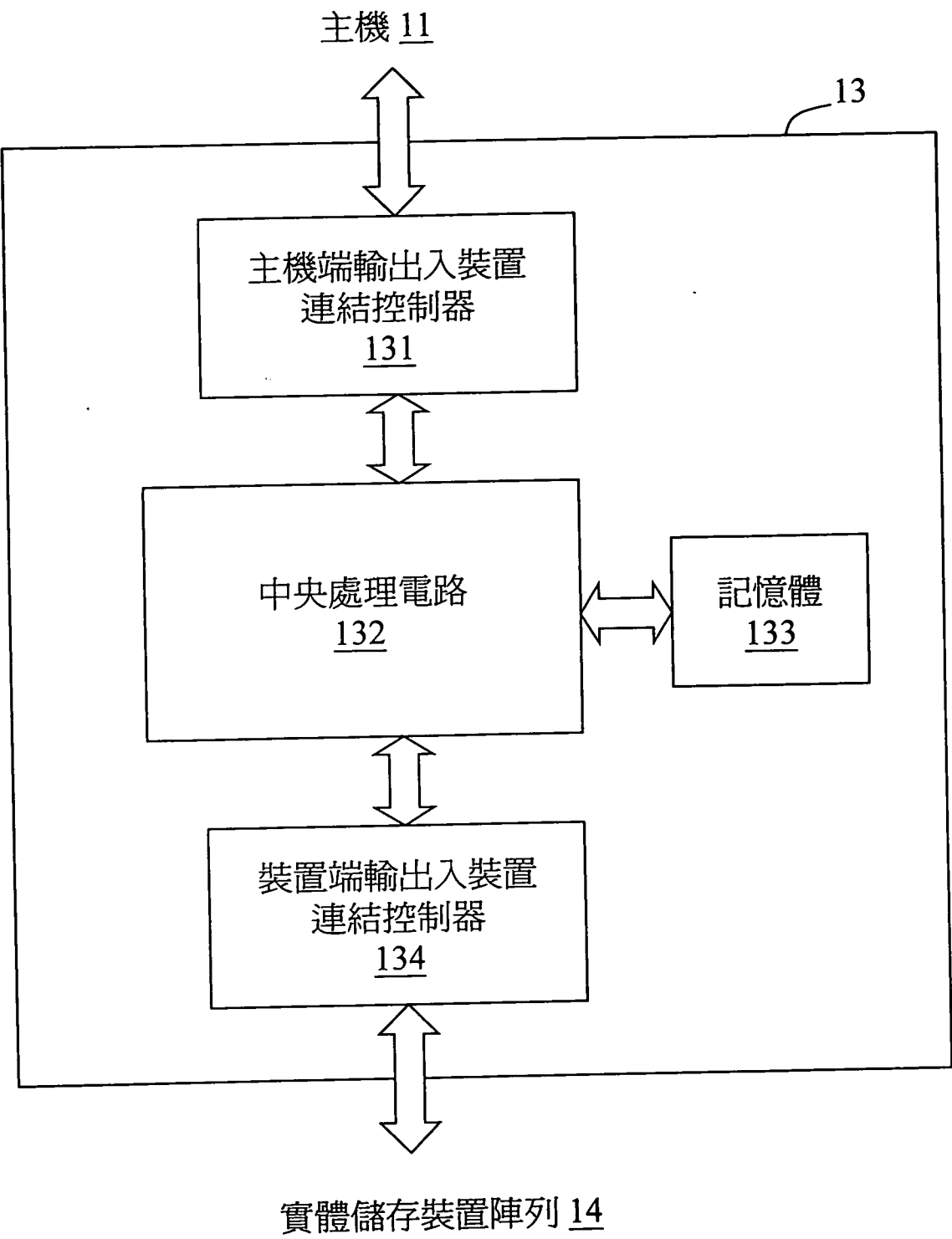
第1圖



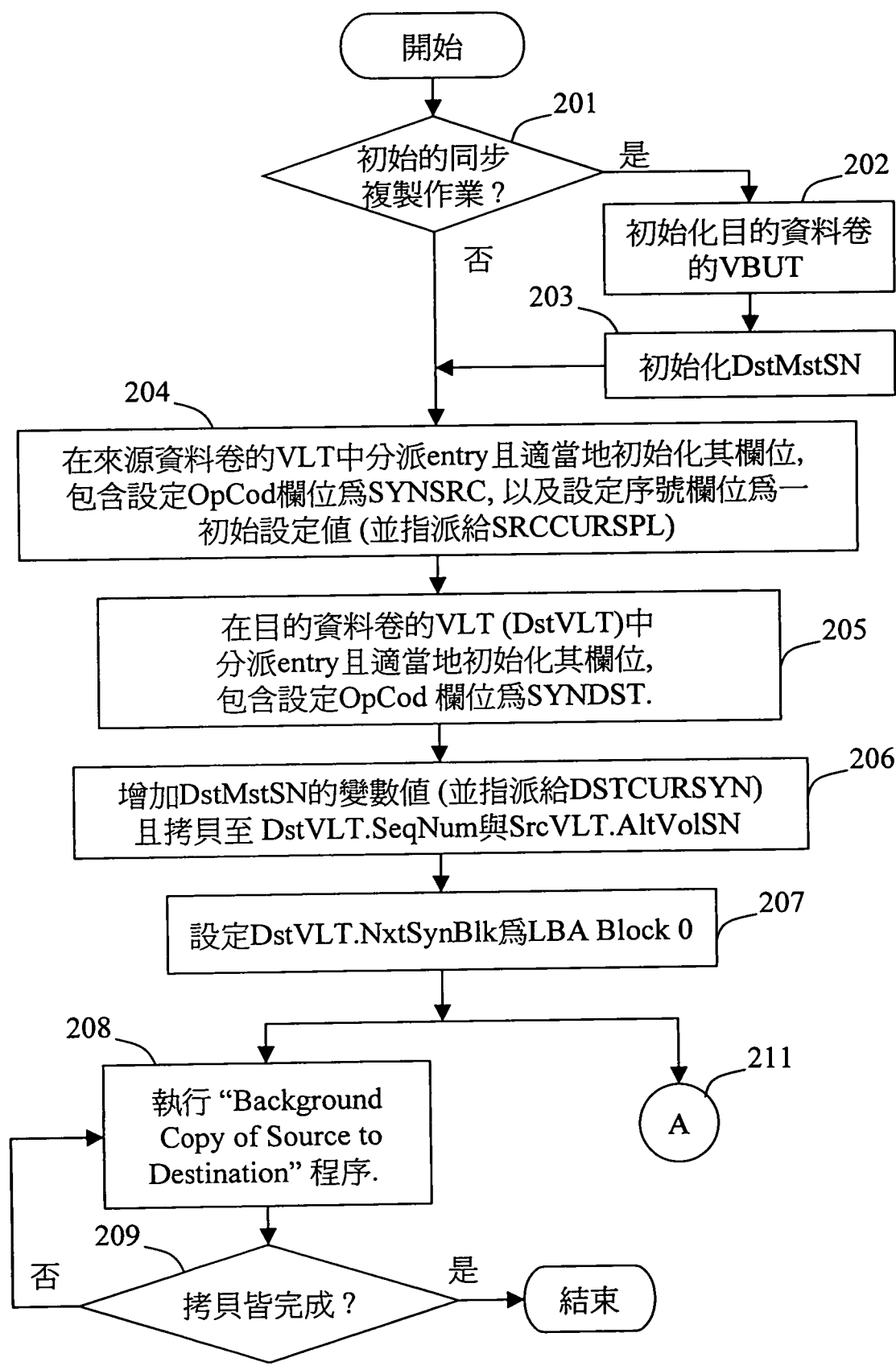
第2A圖



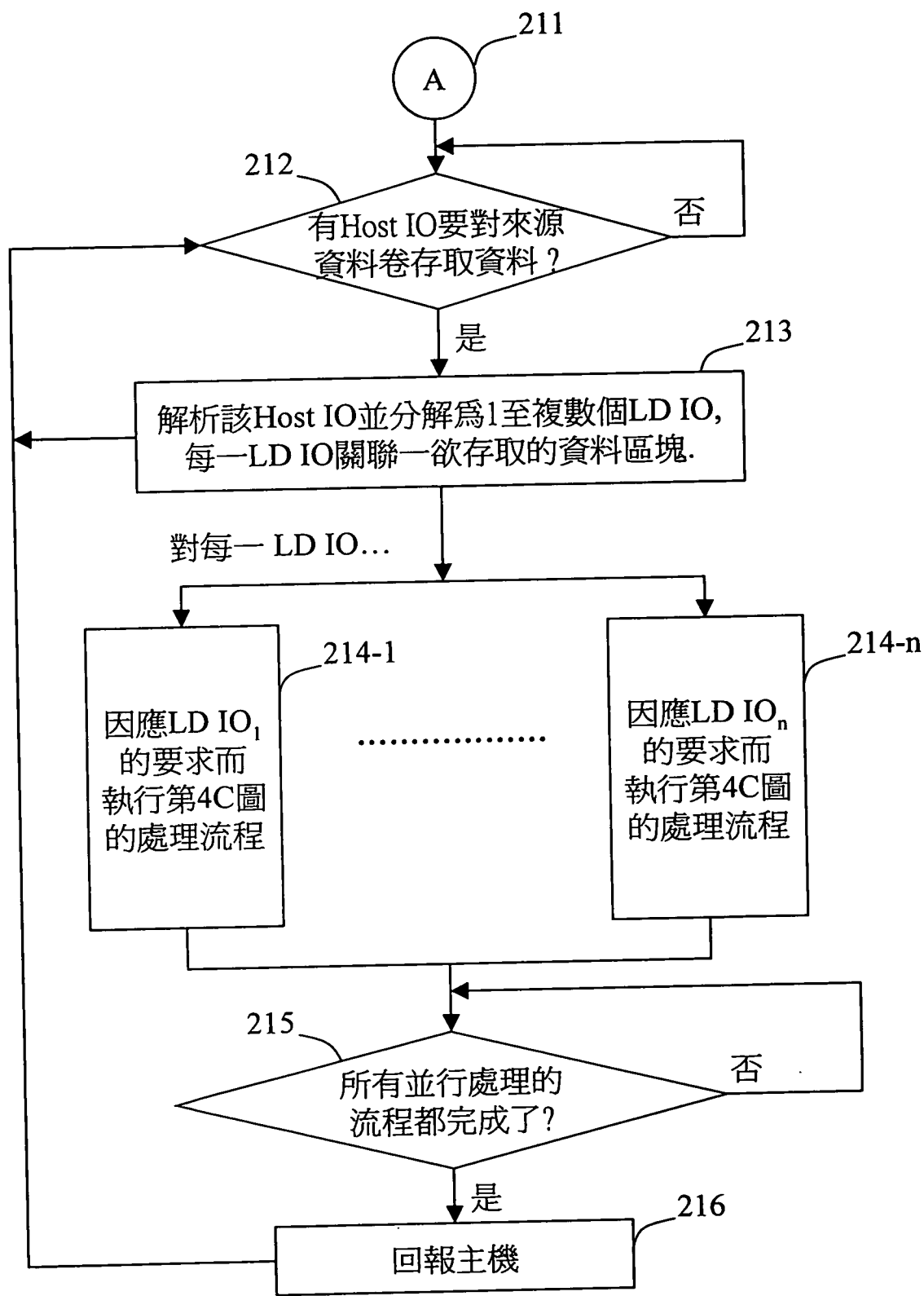
第2B圖



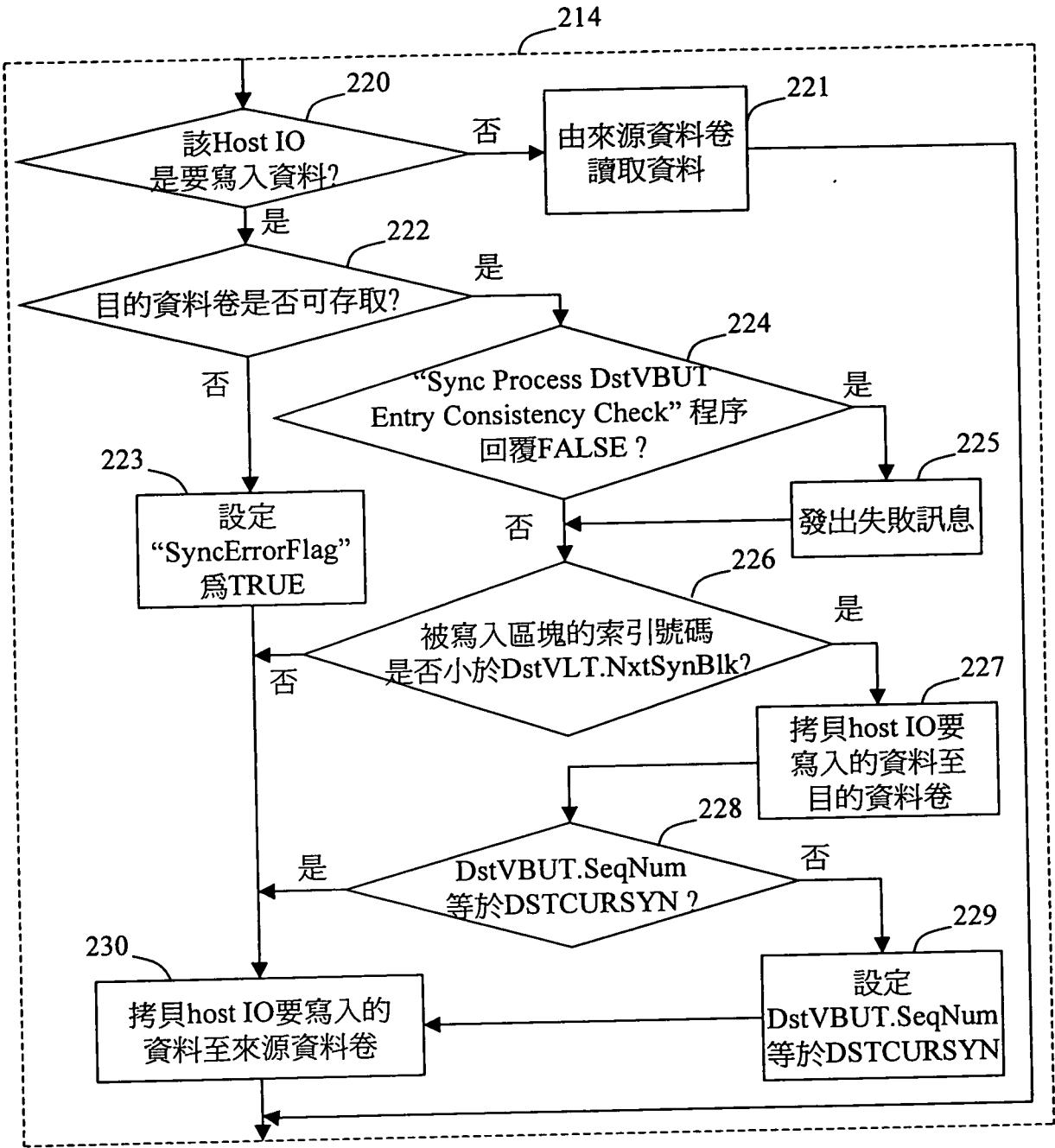
第3圖



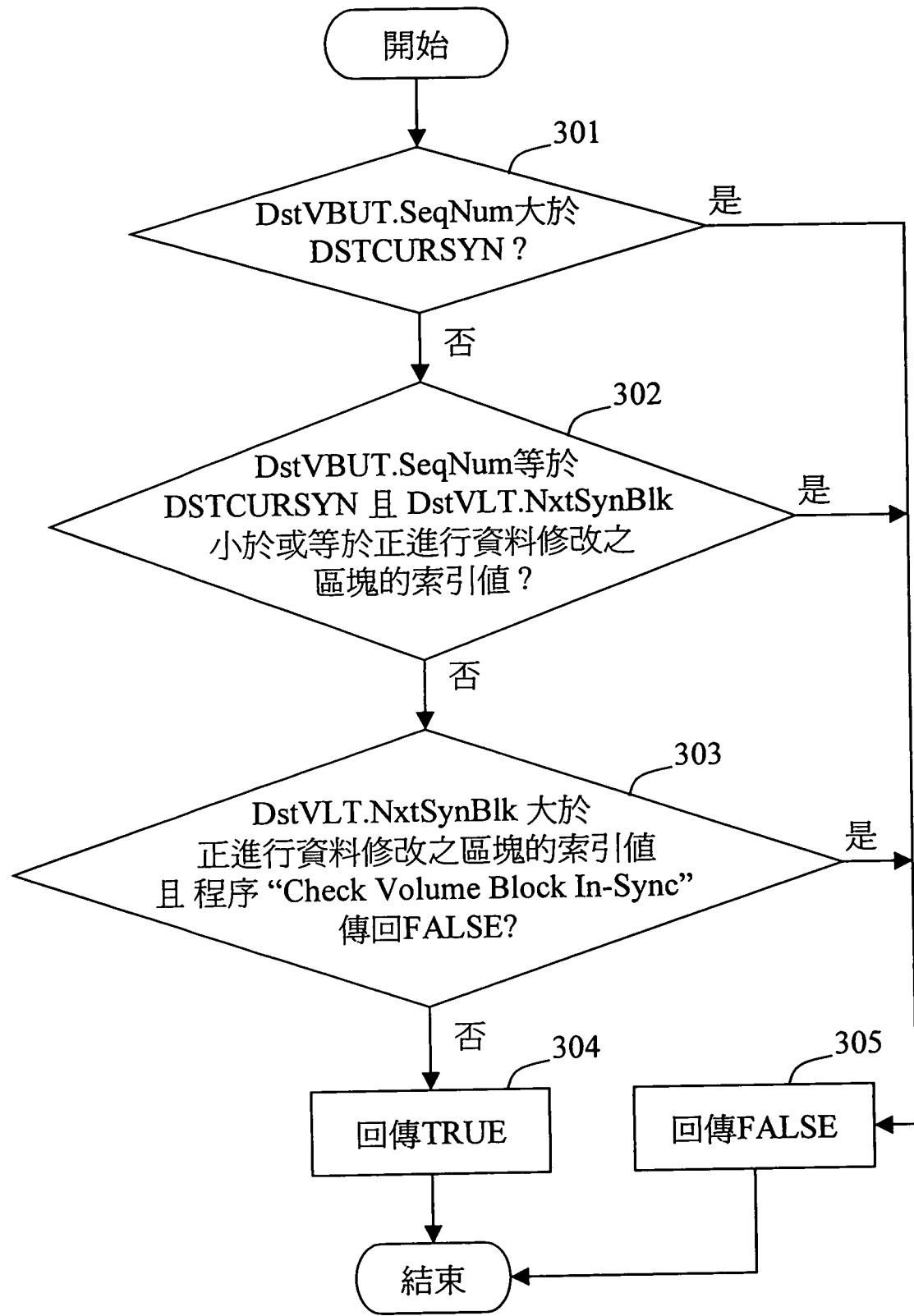
第4A圖



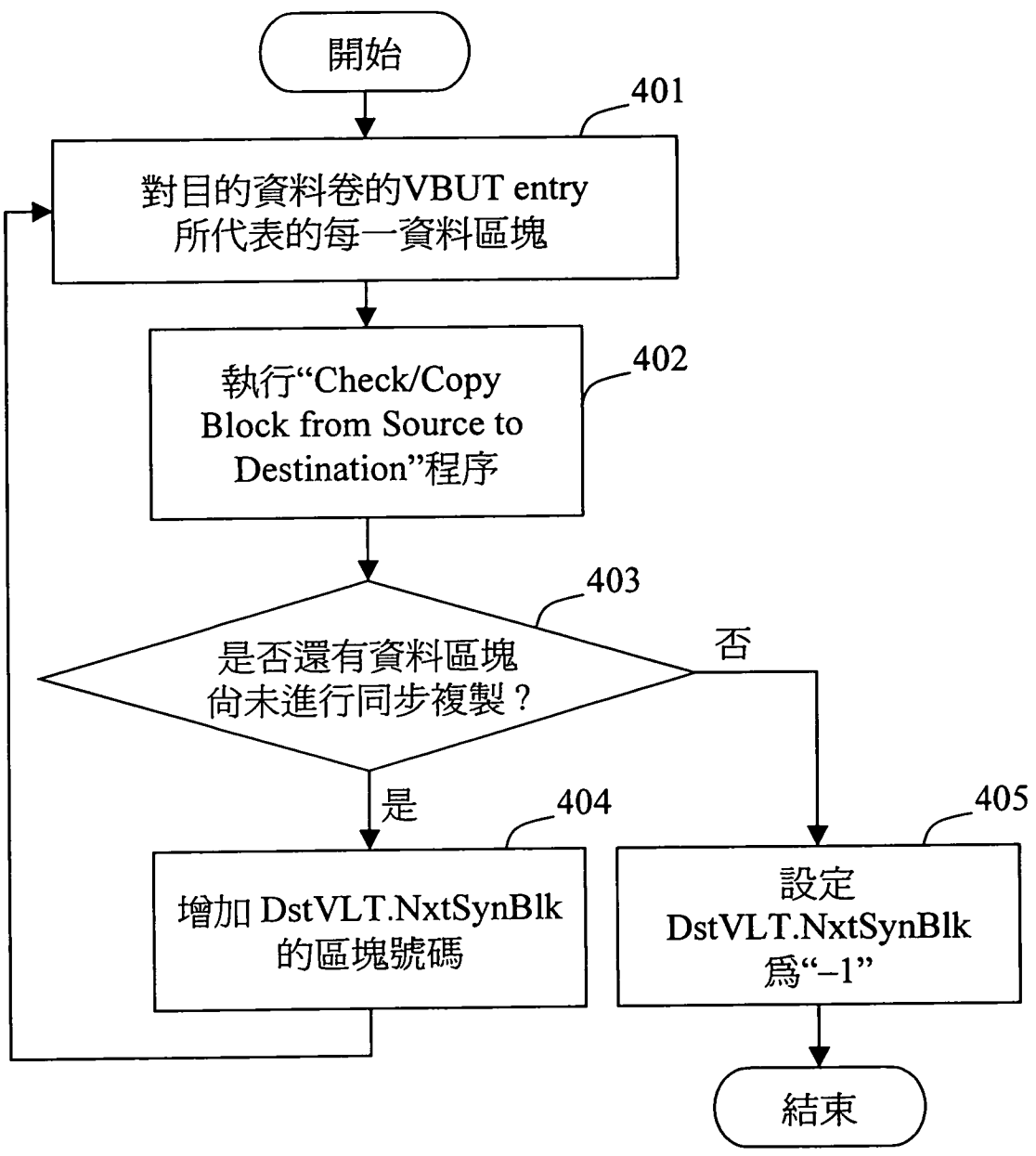
第4B圖



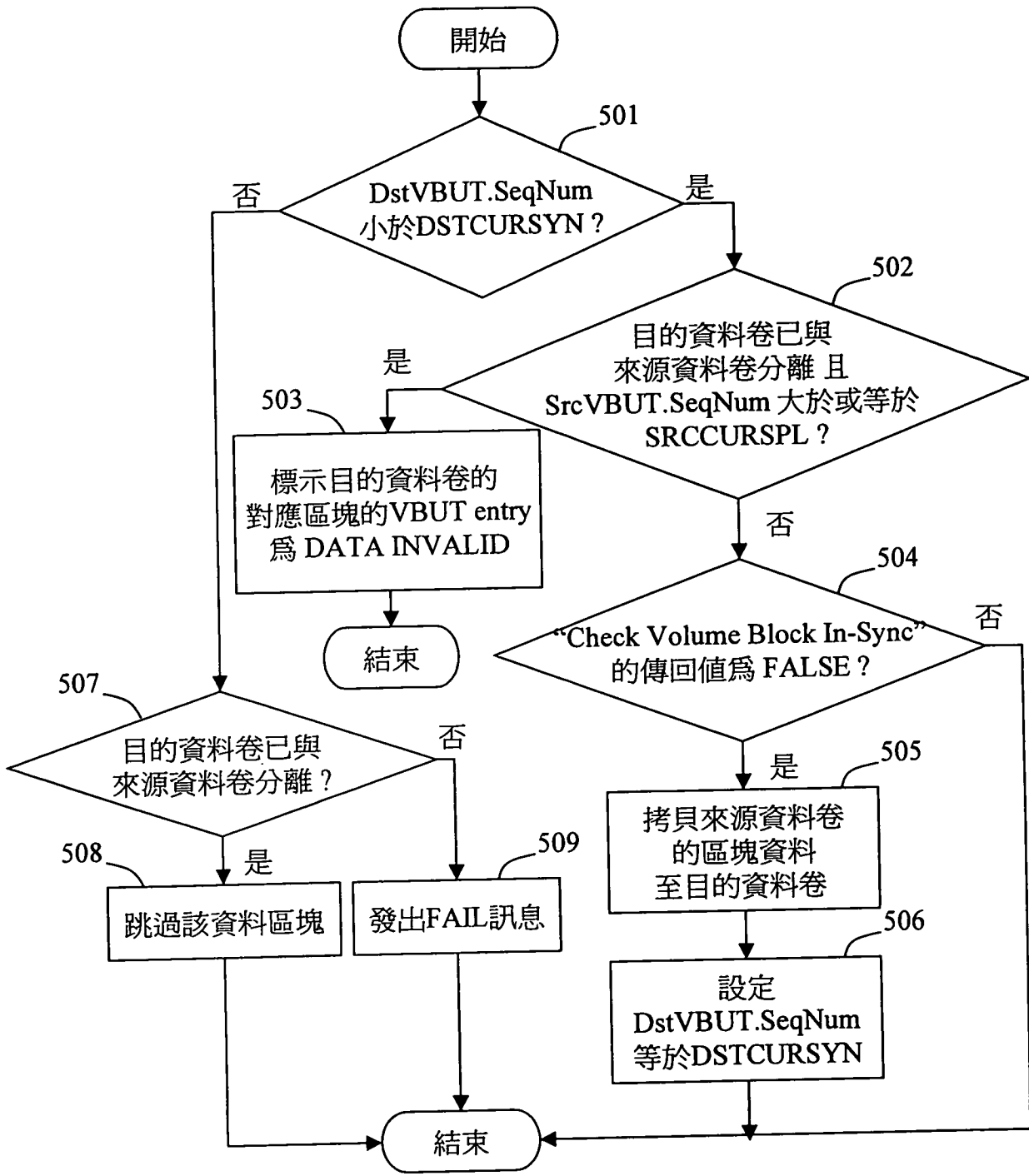
第4C圖



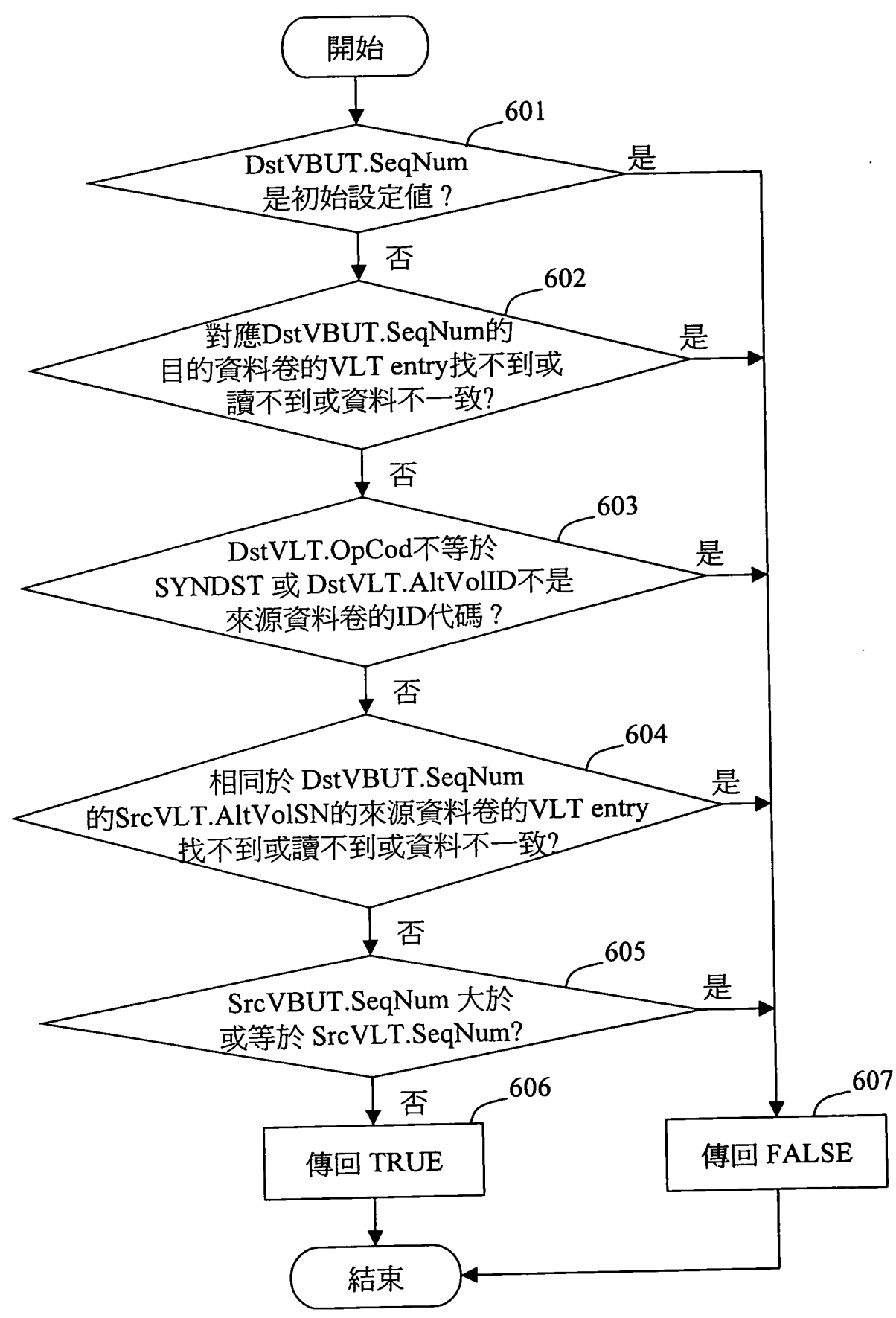
第5圖



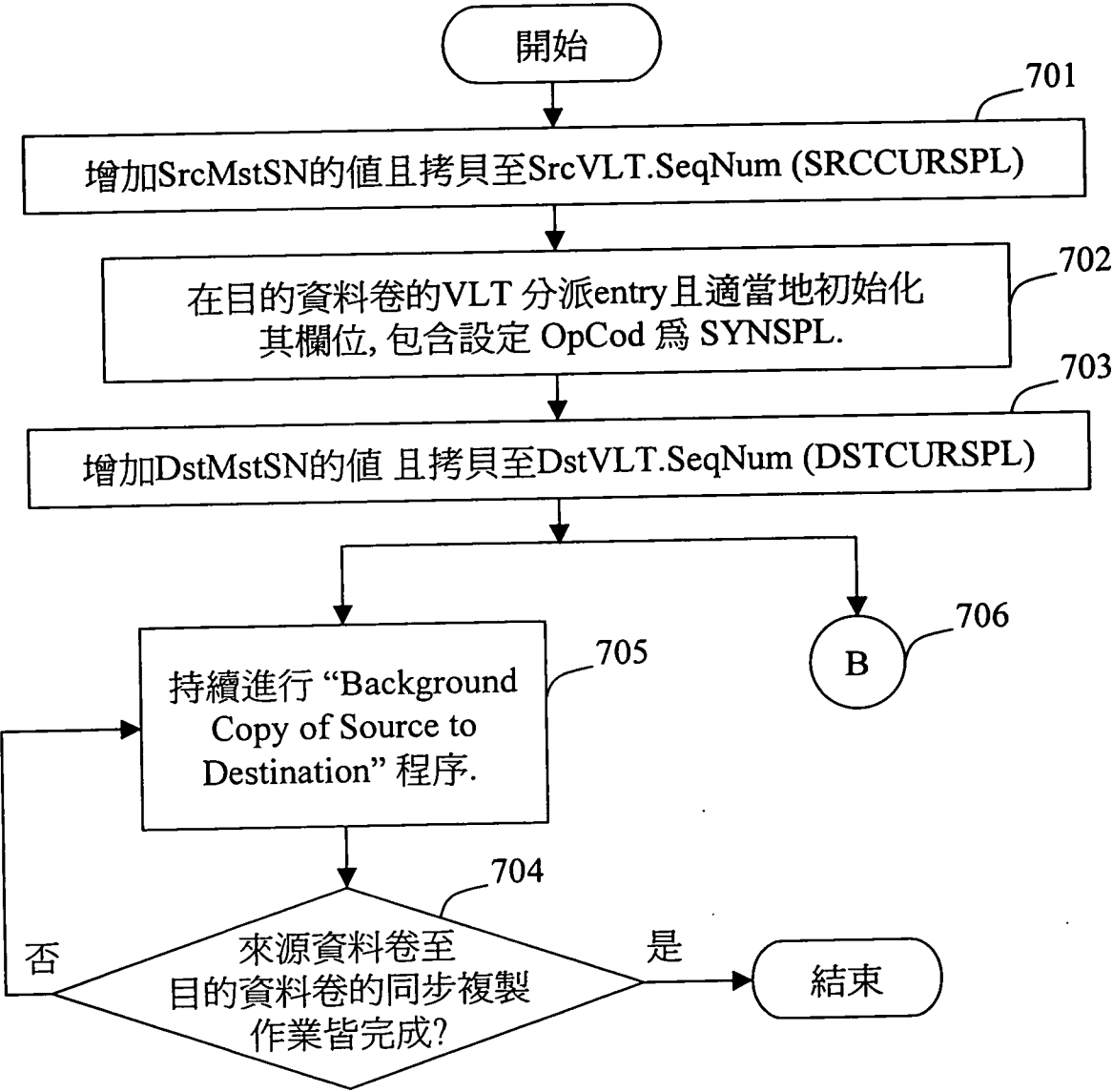
第6圖



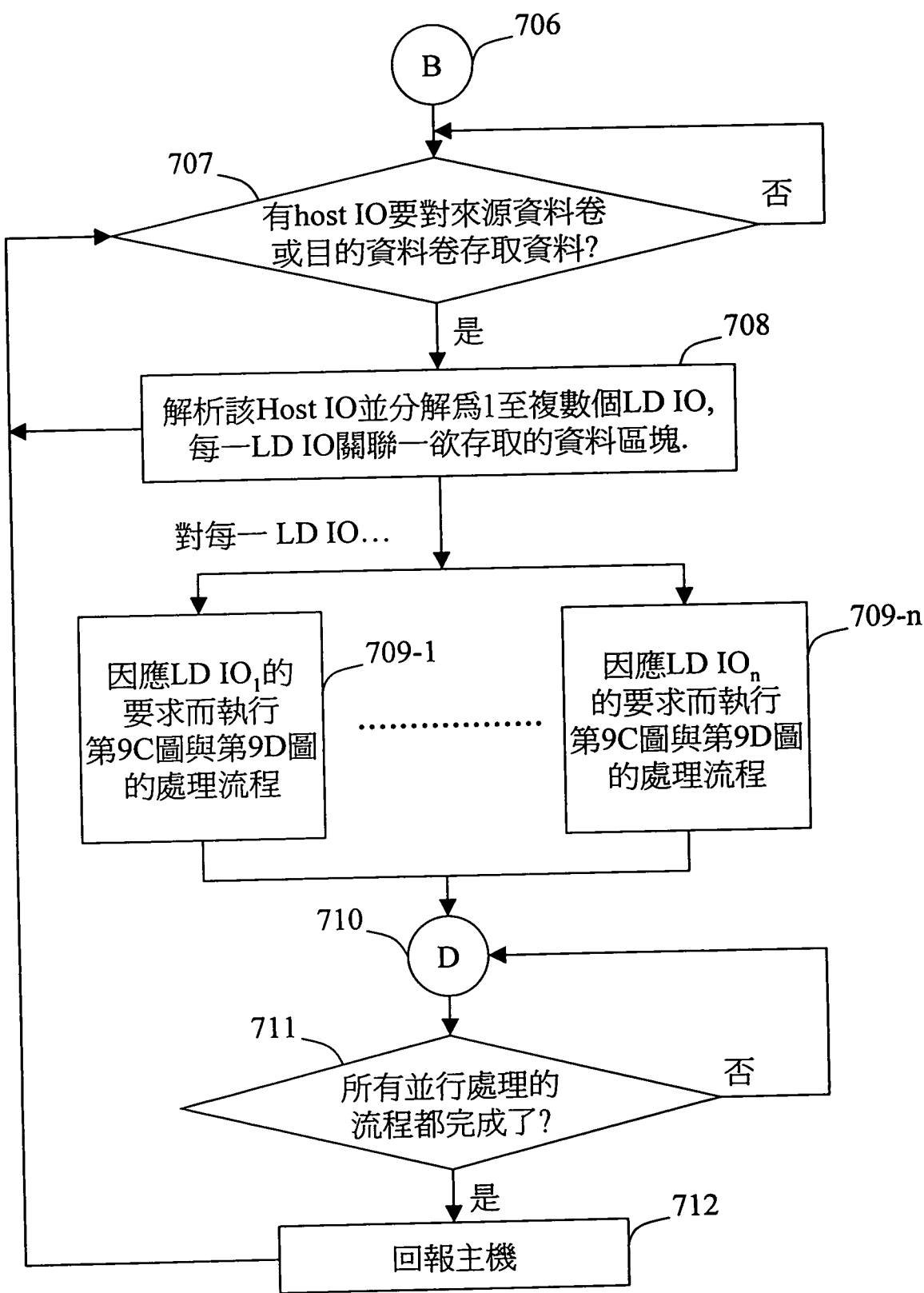
第7圖



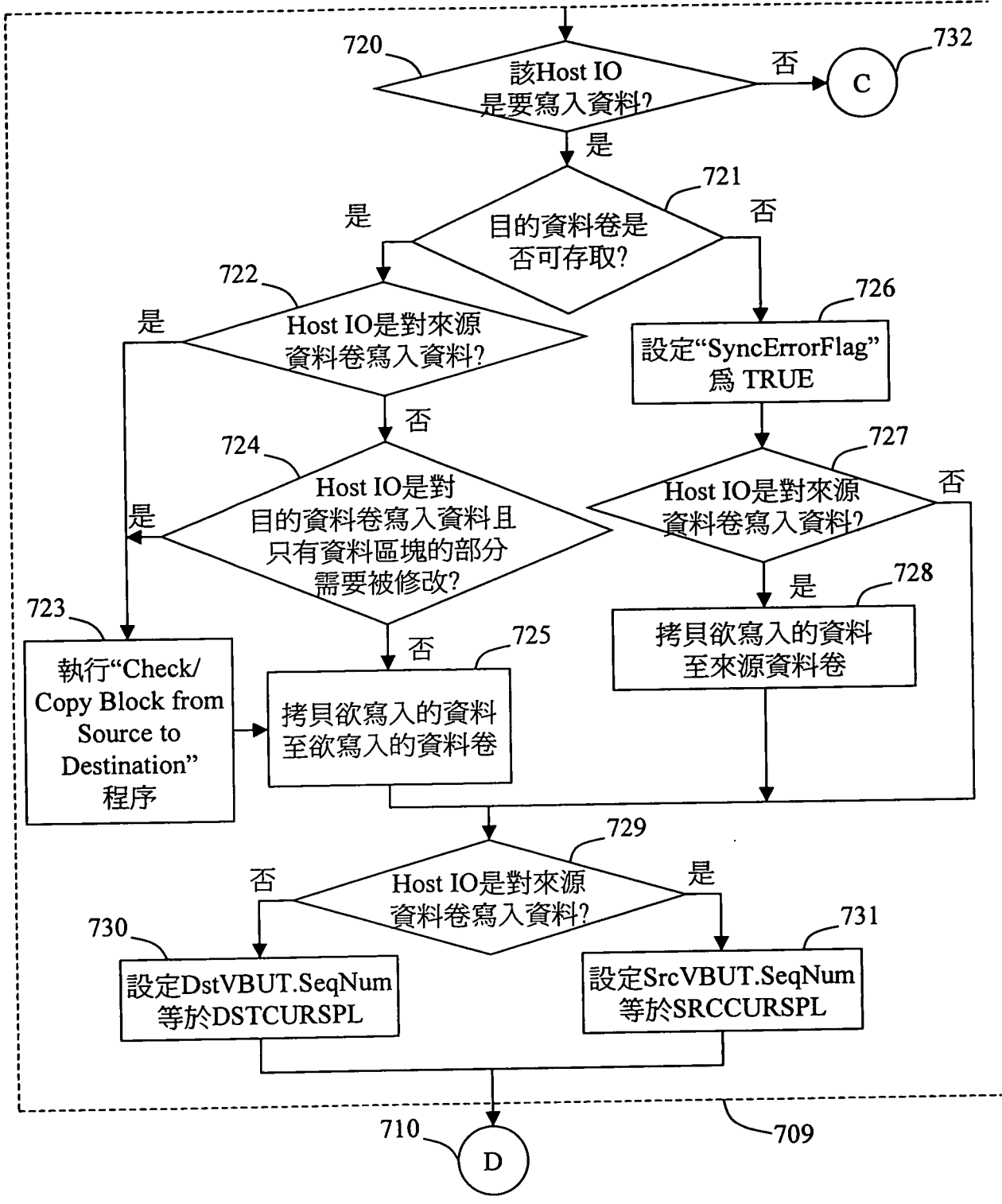
第8圖



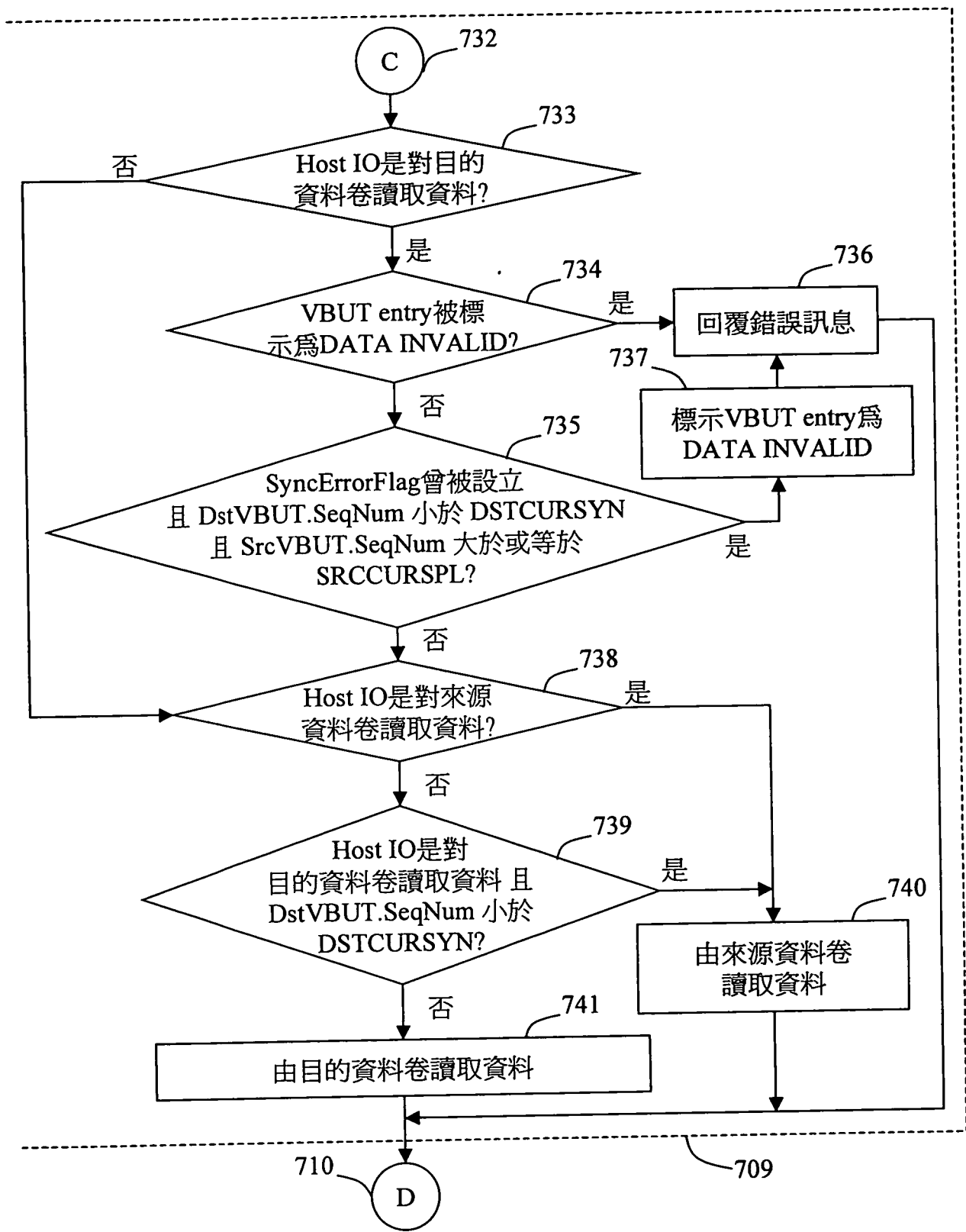
第9A圖



第9B圖



第9C圖



第9D圖

31	32	33	34
SeqNum	OpCod	AltVolID	AltVolSN or NxtSynBlk
1	SYNSRC	VolB	1
2	SYNSRC	VolC	1
0	SYNSRC	VolE	1

第10A圖

31	32	33	34
SeqNum	OpCod	AltVolID	AltVolSN or NxtSynBlk
1	SYNDST	VolA	-1
2	SYNSPL	VolA	1
0	SYNSRC	VolD	1

第10B圖

31	32	33	34
SeqNum	OpCod	AltVolID	AltVolSN or NxtSynBlk
1	SYNDST	VolA	C
2	SYNSPL	VolA	2

第10C圖

31	32	33	34
SeqNum	OpCod	AltVolID	AltVolSN or NxtSynBlk
1	SYNDST	VolB	19

第10D圖

31	32	33	34
SeqNum	OpCod	AltVolID	AltVolSN or NxtSynBlk
1	SYNDST	VolA	####

第10E圖

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
30	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

第11A圖

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1
10	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
20	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2
30	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1

第11B圖

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	2
10	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0
30	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

第11C圖

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

第11D圖

31	32	33	34
SeqNum	OpCod	AltVolID	AltVolSN or NxtSynBlk
1	SYNSRC	VolB	1
2	SYNSRC	VolC	1
0	SYNSRC	VolE	1
0	SYNSRC	VolB	4

第12A圖

31	32	33	34
SeqNum	OpCod	AltVolID	AltVolSN or NxtSynBlk
1	SYNDST	VolA	-1
2	SYNSPL	VolA	1
3	SYNSRC	VolD	1
4	SYNDST	VolA	1A

第12B圖

31	32	33	34
SeqNum	OpCod	AltVolID	AltVolSN or NxtSynBlk
1	SYNDST	VolA	27
2	SYNSPL	VolA	2

第12C圖

31	32	33	34
SeqNum	OpCod	AltVolID	AltVolSN or NxtSynBlk
1	SYNDST	VolB	-1
2	SYNSPL	VolB	3

第12D圖

31	32	33	34
SeqNum	OpCod	AltVolID	AltVolSN or NxtSynBlk
1	SYNDST	VolA	####

第12E圖

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
10	2	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
20	0	0	2	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	2	2	2
30	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	0

第13A圖

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	4	4	1	4	4	1	1	1	4	1	4	1	1	4	4	1
10	4	1	4	1	4	1	4	1	1	4	1	2	1	1	1	1
20	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2
30	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2	1	1

第13B圖

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2
10	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	2	1	1	0	1	2	1	2	0	1	1	1
30	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

第13C圖

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
10	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1
20	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1
30	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1

第13D圖