



(21) 申請案號：106113462

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 04 月 21 日

(51) Int. Cl. :

*H04L12/751 (2013.01)**H04L12/58 (2006.01)*

(71) 申請人：思銳科技股份有限公司 (中華民國) ESTINET TECHNOLOGIES INC. (TW)

新竹市新竹科學工業園區科技五路 2 號 4 樓

國立交通大學 (中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72) 發明人：王協源 WANG, SHIE YUAN (TW) ; 李易昀 LEE, I YUN (TW)

(74) 代理人：賴正健；陳家輝

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：13 項 圖式數：8 共 35 頁

## (54) 名稱

網路拓樸實機模擬方法與系統

METHOD AND SYSTEM FOR SIMULATING A NETWORK TOPOLOGY WITH A PHYSICAL MACHINE

## (57) 摘要

一種網路拓樸實機模擬方法與系統，方法採用一多埠的實體交換器，根據一網路拓樸分割為多個虛擬交換器，每個虛擬交換器模擬網路上的交換器節點，其中每個虛擬交換器的多個虛擬連接埠各對應了一個實體連接埠。進行網路模擬時，應用了連接埠對照表，使得每一個虛擬交換器的每一個虛擬連接埠都可以一對一對應到一個實體連接埠，使用虛擬區域網路轉換表設定模擬封包的虛擬區域網路標籤，使得可順利運行在虛擬交換器中，以及管理虛擬連接埠所對應的虛擬區域網路識別碼，使用輸出連接埠對照表決定模擬封包的輸出連接埠，以及以一卸除虛擬區域網路標籤對照表讓封包還原到原始虛擬區域網路識別碼。

The disclosure is related to a method and a system for simulating a network topology with a physical machine. In the method, a physical switch with multiple ports is adopted, and is divided into multiple virtual switches according to a network topology. Each virtual switch simulates a node in a network, and every virtual port of a virtual switch corresponds to a physical port. While the simulation is in operation, a connection port table is applied to allowing the virtual port of the virtual switch to one-to-one correspond to one physical port; a VLAN conversion table is used to manage the VLAN IDs for the virtual ports and to configure a VLAN tag applied to a simulated packet so that the packet can operate in the virtual switch; an output port table is used to determine the output port of the simulated packet; and a pop-off VLAN tag table is used to allow the packet to restore to its original VLAN ID.

指定代表圖：

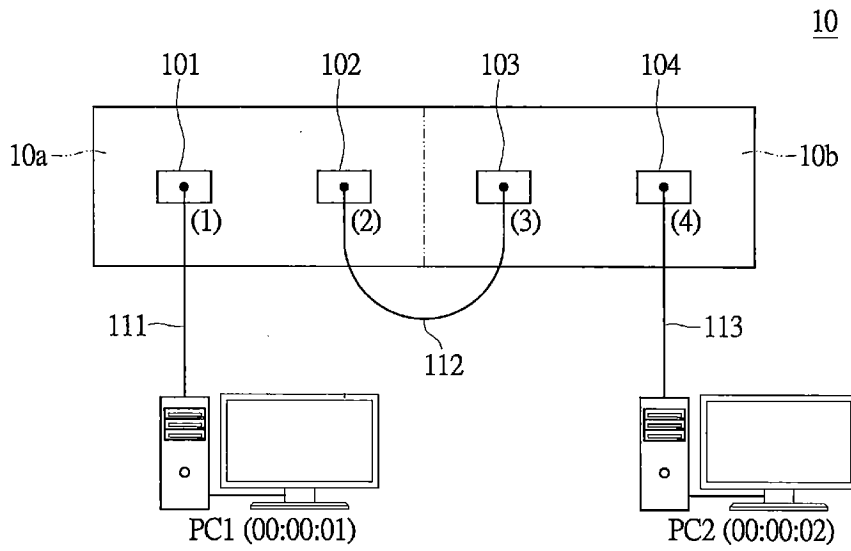


圖1

符號簡單說明：

10 . . . 實體交換器

101,102,103,104 . . .

• 連接埠

1,2,3,4 . . . 編號

10a . . . 第一虛擬交換器

10b . . . 第二虛擬交換器

111,112,113 . . . 連線

PC1,PC2 . . . 終端裝置

## 發明摘要

※ 申請案號：106113462

※ 申請日：106/04/21

※IPC 分類：*H04L 12/751*(2013.01)  
*H04L 12/58*(2006.01)

## 【發明名稱】

網路拓樸實體模擬方法與系統

METHOD AND SYSTEM FOR SIMULATING A NETWORK

TOPOLOGY WITH A PHYSICAL MACHINE

## 【中文】

一種網路拓樸實體模擬方法與系統，方法採用一多埠的實體交換器，根據一網路拓樸分割為多個虛擬交換器，每個虛擬交換器模擬網路上的交換器節點，其中每個虛擬交換器的多個虛擬連接埠各對應了一個實體連接埠。進行網路模擬時，應用了連接埠對照表，使得每一個虛擬交換器的每一個虛擬連接埠都可以一對一對應到一個實體連接埠，使用虛擬區域網路轉換表設定模擬封包的虛擬區域網路標籤，使得可順利運行在虛擬交換器中，以及管理虛擬連接埠所對應的虛擬區域網路識別碼，使用輸出連接埠對照表決定模擬封包的輸出連接埠，以及以一卸除虛擬區域網路標籤對照表讓封包還原到原始虛擬區域網路識別碼。

## 【英文】

The disclosure is related to a method and a system for simulating a network topology with a physical machine. In the method, a physical switch with multiple ports is adopted, and is divided into multiple virtual switches according to a network topology. Each virtual switch simulates a node in a network, and every virtual port of a virtual switch corresponds to a physical port.

While the simulation is in operation, a connection port table is applied to allowing the virtual port of the virtual switch to one-to-one correspond to one physical port; a VLAN conversion table is used to manage the VLAN IDs for the virtual ports and to configure a VLAN tag applied to a simulated packet so that the packet can operate in the virtual switch; an output port table is used to determine the output port of the simulated packet; and a pop-off VLAN tag table is used to allow the packet to restore to its original VLAN ID.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：圖 1。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

實體交換器 10

連接埠 101, 102, 103, 104

編號 1, 2, 3, 4

第一虛擬交換器 10a

第二虛擬交換器 10b

連線 111, 112, 113

終端裝置 PC1, PC2

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

網路拓樸實機模擬方法與系統

METHOD AND SYSTEM FOR SIMULATING A NETWORK  
TOPOLOGY WITH A PHYSICAL MACHINE

## 【技術領域】

本發明關於一種網路模擬技術，特別是指通過一個實際網路設備模擬網路中的節點的網路拓樸實機模擬方法與系統。

## 【先前技術】

在架構真實網路之前，常見會先經過一連串測試，包括在特定網路拓樸下網路流量的測試、負載能力測試、傳輸率測試、連線佈局的測試、通訊協定運作測試等，更包括實體設備的安裝與設定。

測試的方式可以真實架構一個網路來測試，雖然這是最接近真實情況的測試方式，卻有成本過高與效率不彰的問題，特別是，一旦網路拓樸改變，可能需要花很多時間重新設定。

另可以軟體方式模擬網路進行測試，可以隨意針對不同網路拓樸執行測試，能在真實架設網路前取得測試結果，然而，軟體測試的方法會受限於執行軟體的電腦的處理能力，包括處理器效能與記憶體等的限制，使得測試結果不準確。

## 【發明內容】

根據本揭露書所揭示的網路拓樸實機模擬系統與方法的實施例，網路拓樸實機模擬方法主要是運作在一實體交換器上，用以模擬一個網路拓樸，亦不排除可以將多部實體交換器連結後擴大

模擬的網路拓樸，如此，不但可以節省以架構真實網路來測試某個網路拓樸的成本，更解決了現有以軟體程式模擬實際網路所遇到各種限制產生的錯誤數據的問題。

在網路拓樸實機模擬方法中，根據實施例，係以一多埠的實體交換器根據一網路拓樸模擬出多個虛擬交換器，各虛擬交換器具有多個虛擬連接埠，各虛擬連接埠對應一個實體連接埠。進行模擬時，此實體交換器分割形成的多個虛擬交換器的其中之一虛擬交換器接收到封包，並引用一連接埠對照表，以識別封包進入的虛擬交換器以及虛擬連接埠，虛擬連接埠對應一個實體交換器的一實體連接埠。並解析封包，以取得一目的地與是否載有虛擬區域網路標籤的資訊，之後引用一虛擬區域網路轉換表，根據封包接入的虛擬連接埠賦予封包一虛擬區域網路標籤，其中記載了虛擬區域網路識別碼，再引用一輸出連接埠對照表，進入虛擬交換器的封套用一傳輸規則，使得系統可以根據封包的目的地與所賦予的虛擬區域網路識別碼決定一輸出連接埠，之後在輸出封包前，先卸除封包被賦予的虛擬區域網路識別碼，使之還原到原始狀態，再由輸出連接埠輸出。

其中，在不同的情況下，若進入虛擬交換器的封包已經載有原始虛擬區域網路識別碼，系統將提供取代原始虛擬區域網路識別碼的虛擬區域網路識別碼；若封包並未載有原始虛擬區域網路識別碼，即賦予一個此虛擬交換器內部尚未被使用虛擬區域網路識別碼，使得封包可以順利運行在此虛擬交換器內。

在此網路拓樸實機模擬系統中，根據實施例，提供一實體交換器，實體交換器包括多個實體連接埠，系統將根據一網路拓樸分割為多個虛擬交換器，各虛擬交換器具有多個虛擬連接埠，各虛擬連接埠對應一個實體連接埠。當模擬一個網路時，各虛擬交換器模擬網路的一個節點，各虛擬連接埠模擬各節點的一個連接埠。

系統以實體交換器模擬多個虛擬交換器的方法中，主要是提出了幾種對照資訊，儲存在一非暫態記憶媒體中，其中儲存的資料包括各虛擬交換器的虛擬交換器編號，以及各虛擬連接埠的一虛擬連接埠編號，更儲存了一連接埠對照表，用以記載虛擬交換器的多個虛擬連接埠的編號與所對應的實體交換器上原有實體連接埠的編號；一虛擬區域網路轉換表，用以設定封包進入虛擬交換器的虛擬區域網路標籤，並記載各虛擬交換器的各虛擬連接埠對應的虛擬區域網路識別碼；一輸出連接埠對照表，用以記載封包目的地與封包所賦予的虛擬區域網路識別碼對照的一輸出連接埠，以及一卸除虛擬區域網路標籤對照表，用以記載虛擬區域網路識別碼所對照封包的原始虛擬區域網路識別碼。

其中各虛擬交換器的多個虛擬連接埠的數量與編號係依照網路拓樸為動態可變化，且用以模擬大型網路時，可以通過組合多個實體交換器擴張網路拓樸。

為了能更進一步瞭解本發明為達成既定目的所採取之技術、方法及功效，請參閱以下有關本發明之詳細說明、圖式，相信本發明之目的、特徵與特點，當可由此得以深入且具體之瞭解，然而所附圖式僅提供參考與說明用，並非用來對本發明加以限制者。

### 【圖式簡單說明】

圖 1 顯示本發明網路拓樸實機模擬系統中實體交換器模擬多個虛擬交換器的示意圖；

圖 2A 與圖 2B 顯示本發明網路拓樸實機模擬系統中虛擬交換器的連接埠配置示意圖；

圖 3 顯示本發明網路拓樸實機模擬系統中實體交換器內的電路系統實施例圖；

圖 4 顯示封包進入虛擬交換器的網路拓樸實機模擬方法流程



實施例圖；

圖 5 示意描述本發明網路拓樸實機模擬系統運作的流程圖；

圖 6 顯示以本發明網路拓樸實機模擬系統模擬實際網路與現有軟體模擬方式的目標與達成流量曲線圖；

圖 7 顯示以本發明網路拓樸實機模擬系統模擬實際網路與現有軟體模擬方式的流量偏移曲線圖；

圖 8 顯示以本發明網路拓樸實機模擬系統模擬實際網路與現有軟體模擬方式的中央處理器使用率曲線圖。

### 【實施方式】

本發明揭露書揭露一種網路拓樸實機模擬方法與系統，提出一個以一實體的網路設備模擬真實網路拓樸的技術方案，主要方式是採用多連接埠的實體交換器（switch），根據要模擬的真實網路拓樸分割為多個虛擬交換器，虛擬交換器與相關連接埠數量與連接關係可以隨著需要修改。在網路拓樸實機模擬方法實施例中，應用了幾個對照表作為實體（交換器、連接埠）與虛擬（交換器、連接埠）之間的轉換，以實現模擬真實網路拓樸的目的。如此，可以取代實際架構一個真實網路的測試方式，並克服了現行以軟體模擬真實網路的方式無法真正模擬出網路封包往來的實際狀態，因為以軟體方式模擬網路的方式會受限於執行模擬的計算機的數據處理能力與相關硬體，使得模擬結果不準確。

所述模擬網路拓樸的對象可以為一種軟體定義網路（Software-Defined Networks, SDN），軟體定義網路為一種新一代的網路架構，其利用集中式的控制器（controller）取代過往分散式網路系統中交換器（switch）的控制平面（control plane），軟體定義網路讓其中的交換器只需負責資料平面（data plane）的部分，使得集中式的控制器可以達到對控制需求的的優化。軟體定義網路採用的集中式控制器可以實現拓樸（topology）的優化與較

佳的路徑規劃等。此外透過一種封包轉送的開放流（OpenFlow）協定使得控制器和交換器之間的溝通有一個標準且公開的準則，如此一來就不用受限於各家開發廠商自訂的規範，進而使得網路管理者可以撰寫或是優化自己想要的控制器的各種應用（applications），進而達到具多功能性的應用模組。

架構一個網路拓樸實體模擬系統時，預備至少一部實體交換器，決定模擬對象的網路拓樸，根據所需節點（亦如交換器）的數量與連接關係設定多個虛擬交換器與各虛擬交換器的多個虛擬連接埠。基本實施樣態可參考圖 1 所示的網路拓樸實體模擬系統中的示意圖。

如圖 1 所示，在模擬網路拓樸時，預備實體交換器 10，此例的實體交換器 10 包括有 4 個實體連接埠，連接埠 101, 102, 103 與 104 編號分別為 1, 2, 3, 4，用以模擬包括有兩個交換器節點的網路拓樸時，根據模擬網路拓樸的節點連接關係以連接埠（port）為單位分割為多台虛擬交換器（slice switch），如此例將實體交換器 10 分割為兩個虛擬交換器：第一虛擬交換器 10a 與第二虛擬交換器 10b，個別虛擬交換器（10a, 10b）模擬網路中的一個節點。

此例中，根據模擬網路的連接關係將 4 個實體連接埠（連接埠 101, 102, 103 與 104）分為兩組，第一虛擬交換器 10a 包括有連接埠 101 與 102，可依照需求重新編號來設定兩個虛擬連接埠的編號；第二虛擬交換器 10b 包括有連接埠 103 與 104，也可重新編號來設定兩個虛擬連接埠編號。其中每個虛擬交換器（10a, 10b）的每個虛擬連接埠皆一對一對應到實體交換器 10 的其中之一實體連接埠（101, 102, 103, 104），系統並採用一個連接埠對照表記載了實體連接埠與虛擬連接埠的對應編號，以提供相互查詢，並讓系統轉換使用。

根據圖例，第一虛擬交換器 10a 的連接埠 101 以實體連線 111 連接終端裝置 PC1（網路位址：00:00:01），另一連接埠 102 與第

二虛擬交換器 10b 的连接埠 103 以實體連線 112 連接，第二虛擬交換器 10b 的连接埠 104 則是以實體連線 113 連接終端裝置 PC2（網路位址：00:00:02）。完成實體連線設定後，可以開始模擬具有兩個相互連線的交換器（10a, 10b）與連接兩個終端裝置（PC1, PC2）的網路拓樸。例如，測試時，可由終端裝置 PC1 發出封包傳送到終端裝置 PC2，封包經過實體交換器 10 所模擬的第一虛擬交換器 10a 與第二虛擬交換器 10b，並經過實際的連線（111, 112, 113），最後到達終端裝置 PC2。值得一提的是，在封包傳遞的過程中，都是經過實際的網路設備與實體連線（如 RJ-45、光纖等），更能反映出真實網路的狀況。

根據實施例，一部實體交換器包括有多個實體連接埠，系統將根據要模擬的網路拓樸分割為多個虛擬交換器，各虛擬交換器可包括相同或不同數量的連接埠，每個虛擬交換器的虛擬連接埠都是一對一對應到原本實體交換器的某個實體連接埠，並在一實施例中，各虛擬交換器的多個虛擬連接埠的數量與編號依照網路拓樸為動態可變化，可參考圖 2A 與圖 2B 顯示的網路拓樸實機模擬系統中實體交換器上配置虛擬連接埠的示意圖。

圖 2A 顯示有一實體交換器 20，具有 16 埠實體連接埠，根據需求分割為多個虛擬交換器：第一虛擬交換器 201（設有 4 埠）、第二虛擬交換器 202（設有 4 埠）、第三虛擬交換器 203（設有 3 埠）與第四虛擬交換器 204（設有 5 埠），個別的虛擬交換器所包括的連接埠數量係依照要模擬的網路拓樸而定，並不一定是相同的。另設有一管理介面 205，可以連接外部電腦設備，管理者可以藉此設定實體交換器 20。若以模擬軟體定義網路（SDN）為例，管理介面 205 用以連接一軟體定義網路控制器（SDN controller），圖中顯示為控制器 22。特別的是，管理介面 205 根據多個虛擬交換器的數量模擬出與控制器 22 之間相同數量的連線，各連線具有一網路識別資訊。此例以實體交換器 20 模擬了 4 部虛擬交換器

(201, 202, 203, 204)，因此管理介面 205 與軟體定義網路控制器（控制器 22）之間將模擬出 4 條連線，個別對應了一部虛擬交換器，可以網路位址（IP address）或識別碼（ID）來識別連線。

並且，從控制器 22 的角度來看，分別連線的每一個虛擬交換器為獨立運行的交換器，連線運作在特定通訊協定下，有獨立的處理程序，彼此之間不會影響。當實施揭露書所描述的網路拓樸實機模擬方法時，控制器 22 仍然運作在原本的設計中，無須更改。以軟體定義網路為例，軟體定義網路控制器將可運作在開放流（OpenFlow）協定下。

更者，在網路拓樸實機模擬系統架構下，具有擴充性，可以使用多台實體交換器擴大網路拓樸，模擬大型網路。不同的實體交換器模擬的多個虛擬交換器可以實體連線連接，再分別以管理介面連線控制器 22，同樣地，控制器 22 仍是直接經管理介面 205 模擬的多個實體連線控制不同的虛擬交換器。

圖 2B 則示意顯示實體交換器 20 的面板，面板上設有多個實體連接埠，此例共有 16 個，可以分割為多個虛擬交換器（201, 202, 203, 204），多個虛擬交換器（201, 202, 203, 204）之間以一或多個連接埠經實體連線（乙太網路或光纖）連接，表示在實際網路上兩個節點的連線，且個別虛擬交換器（201, 202, 203, 204）分別連接其他終端裝置 PC3, PC4, PC5 與 PC6。

根據實施例之一，在實體交換器 20 上分割形成的多個虛擬交換器（201, 202, 203, 204）個別為獨立運作的虛擬交換器，在軟體定義網路的實施例中，各虛擬交換器即為模擬每個軟體定義網路交換器（SDN switch）。

值得一提的是，當網路拓樸改變，只需要修改內部虛擬交換器與虛擬連接埠的設定，包括重新設定虛擬連接埠編號，以及改變一對一對照的連接埠對照表，不需要更改實體連線就可改變模擬的網路拓樸。相較於現行架構實際網路系統不易改變網路拓

樸，或是現行軟體模擬網路需要重新設定網路拓樸的測試方式，揭露書所描述的網路拓樸實機模擬系統僅需改變各種轉換對照表就可方便而快速改變網路拓樸。

在揭露書描述的網路拓樸實機模擬系統中，實體交換器內設有處理來往封包的控制電路，例如一種網路實體層（PHY）控制電路，用以控制各連接埠的運行，可在模擬特定網路拓樸時，使得各連接埠傳送的封包可以運行在一種傳輸率（line rate）下，用以在不同的虛擬交換器之間轉送封包，達到模擬實際網路拓樸的目的。

實體交換器內的電路系統實施例可參考圖 3 顯示的示意圖，圖中示意顯示實體交換器 30 內的電路單元，包括一個處理器 303，處理器 303 用以處理實體交換器 30 上多個實體連接埠（31, 32）來往的封包數據，更是依照系統中多個虛擬交換器與相關虛擬連接埠的設定執行模擬特定網路拓樸。此例中，處理器 303 用以管理實體交換器 30 的控制設定與運行；包括有連接多個實體連接埠（31, 32）的一或多個網路實體層（Network Physical Layer）控制器（301, 302），此例顯示有第一網路實體層控制器 301 與第二網路實體層控制器 302，第一網路實體層控制器 301 涵蓋了多個實體連接埠 31，第二網路實體層控制器 302 涵蓋了多個實體連接埠 32，此例各組介面有 8 個連接埠。每一個實體連接埠（31, 32）用來連接其他網路裝置。

第一網路實體層控制器 301 與第二網路實體層控制器 302 分別設有各自的實體層識別碼（PHY ID），每一個實體連接埠（31, 32）也都有各自的介面識別碼（interface ID），如連接埠編號（port number），實體交換器 30 運行時，來往各連接埠的封包將記載來源與目的實體層識別碼與介面識別碼，特別在分割多個虛擬交換器時，可以藉由識別碼使得封包可以來往於不同虛擬交換器的不同連接埠之間。

值得一提的是，當以實體交換器 30 經由分割多個虛擬交換器來模擬特定網路拓樸時，虛擬交換器之間交換的網路封包係由各連接埠的第一網路實體層控制器 301 與第二網路實體層控制器 302 處理，包括封包匹配（matching）、轉送（forwarding）與傳送（transmission），並且是在實體連線上以特定傳輸率運作，並不涉及實體交換器 30 中的數據處理能力，也就是不會被處理器 303 的硬體效能限制所影響，而可保有測試的高準確性。

在網路拓樸實機模擬方法中，將實體交換器 30 的實體連接埠（31, 32）分割為分屬多個虛擬交換器的虛擬連接埠，需要重新編號虛擬連接埠，這些資訊將儲存在記憶體 304 中。根據實施例，實體交換器 30 設有非暫態（non-transitory）記憶媒體，這可以是交換器內的記憶體 304，亦不排除是連接的外部記憶媒體。記憶體 304 電性連接處理器 303，其中儲存的資料包括執行網路拓樸實機模擬方法的作業程式，由處理器 303 執行，資料還包括了實現此方法的各種資訊，包括各虛擬交換器的虛擬交換器編號，以及各虛擬連接埠的虛擬連接埠編號等。如此，可以在一個實際交換器內要運作多個虛擬交換器，提出一套轉換邏輯，特別是實現網路拓樸實機模擬方法的幾種對照表，避免各虛擬交換器的流程（flow rules）在運作於同一個實際交換器中的衝突。

實體交換器 30 設有連接外部裝置的管理介面 305，電性連接處理器 303，管理介面 305 用以連接網路拓樸中的控制器 33，由控制器 33 根據虛擬交換器編號控制實體交換器 30 所模擬出的多個虛擬交換器。

根據網路拓樸實機模擬方法的實施例，在實體交換器內模擬出的多個虛擬交換器有各自的傳輸規則（flow rule），傳輸規則記載根據封包的目的地決定輸出的連接埠，使得系統可以根據封包的目的地與所賦予的虛擬區域網路識別碼決定一輸出連接埠。如圖 1 所示的示意圖，其中有兩個虛擬交換器（10a, 10b），分別連

接終端裝置 PC1 與 PC2，形成一個網路拓樸：終端裝置 PC1--第一虛擬交換器 10a--第二虛擬交換器 10b--終端裝置 PC2。當終端裝置 PC1 要傳送封包到終端裝置 PC2 時，第一虛擬交換器 10a 內部需要有一個傳輸規則（flow rule），也就是得知目的地在連接第二虛擬交換器 10b 的終端裝置 PC2 時，經連接埠 101 接收的封包要由連接埠 102 輸出；當第二虛擬交換器 10b 經連接埠 103 接收封包後，解析封包知道目的地是終端裝置 PC2，就建立由連接埠 104 輸出到終端裝置 PC2 的傳輸規則。

以上第一虛擬交換器 10a 的傳輸規則與第二虛擬交換器 10b 的傳輸規則不能儲存在同一個規則表（flow table）中，就實體交換器內的處理器而言，無法處理這些互相衝突的規則。

因此，揭露書所描述的網路拓樸實機模擬系統引入連接埠編號（port number）或識別碼的機制，先賦予實體交換器中的每個連接埠一個編號，就如前述的介面識別碼；更引入虛擬區域網路識別碼（VLAN ID），每個虛擬交換器被賦予一個範圍的虛擬區域網路識別碼，使得在多個虛擬交換器內來往的封包記載了連接埠編號與虛擬區域網路識別碼，透過轉換對照表在多個虛擬交換器之間達成封包轉送的目的。

每個虛擬交換器設有唯一而識別用的交換器識別碼，即前述的虛擬交換器編號，因為虛擬交換器係提供資料路徑，因此這個虛擬交換器編號用於封包轉送時識別路徑的目的，可稱資料路徑識別碼（datapath ID），每個虛擬交換器設有一個資料路徑識別碼，可以讓控制器識別虛擬交換器。更者，每個虛擬交換器的虛擬連接埠都設有虛擬連接埠編號（vport1, vport2...），且應用上應該重新編號而從 1 或 0 開始編號，每個虛擬連接埠編號對應了一個實體連接埠編號（port1, port2...），兩者對照設有一連接埠對照表（port-mapping table），用以記載虛擬連接埠編號與實體連接埠編號的對照關係。

對此網路拓樸實體模擬系統中的控制器而言，如前述軟體定義網路控制器，每一個連線的虛擬交換器都是獨立而不同的交換器。運作時，每一個虛擬交換器設有各自的傳輸規則，在一個網路拓樸中，虛擬交換器之間具有一個連接關係，因此每兩個虛擬交換器之間根據各自的傳輸規則形成一個轉送傳輸規則（forwarding flow rule），儲存在交換器內記憶體記載的一橋接傳輸表（bridging flow table）中，這個橋接傳輸表記載了目的地位址（如 IP 位址、連接埠編號）與虛擬區域網路識別碼（VLAN ID），也就是用以比對封包標頭（header）中記載的目的地位址（如位址、連接埠編號）與虛擬區域網路識別碼。

每一個虛擬交換器被賦予一個不重疊的虛擬區域網路識別碼的範圍（range of VLAN ID），使得系統可以分辨記載於橋接傳輸表中的各個虛擬交換器的傳輸規則。根據實際虛擬區域網路識別碼的使用，每個虛擬交換器的虛擬區域網路識別碼的範圍可以彈性調整。在此一提的是，若橋接傳輸表與封包標頭記載虛擬區域網路識別碼的欄位有 12 位元（12 bits），則提供虛擬區域網路識別碼可達  $2^{12}=4096$ ，足夠用於分配虛擬區域網路識別碼範圍。

續參考圖 1 顯示在一個實體交換器中設有兩個虛擬交換器（10a, 10b）。舉例來說，第一虛擬交換器 10a 的虛擬區域網路識別碼範圍設為 1 到 10，記載為[1,10]；第二虛擬交換器 10b 的虛擬區域網路識別碼範圍為 11 到 20，記載為[11,20]。當有封包進入某個虛擬交換器卻沒有攜帶虛擬區域網路識別碼時（沒有虛擬區域網路標籤（VLAN tag）），系統將依照封包進入的虛擬交換器的虛擬區域網路識別碼範圍賦予此封包一個虛擬區域網路標籤（提供一個虛擬區域網路識別碼，可稱 push 程序），也就使得此類沒有虛擬區域網路標籤的封包可參與上述橋接傳輸表中的傳輸規則，套用所處虛擬交換器的傳輸規則，以及虛擬連接埠與實體連接埠之間轉換的連接埠對照表。由於每個虛擬交換器有不同範圍的虛



擬區域網路識別碼，傳輸規則也就不會有衝突的問題。

虛擬交換器解析封包標頭資訊，取得封包目的地資訊，據此設定輸出的虛擬連接埠編號，依照封包標頭記載的目的地位址轉送封包而由目前虛擬交換器輸出，在此封包要離開此虛擬交換器的處理流程（pipeline）之前，虛擬交換器內程序將卸除賦予此封包的虛擬區域網路標籤（可稱 pop off 程序），還原封包原有的標頭內容，再輸出封包。

以上封包進入虛擬交換器的網路拓樸實機模擬方法流程實施例可參考圖 4，此例以圖 1 顯示一個實體交換器分割為兩個虛擬交換器為範例。

當有封包進入一個測試網路中的一個節點，也就是一個實體交換器分割形成的虛擬交換器（步驟 S401）時，此時將使用系統提供的連接埠對照表（如表一）識別所進入的虛擬交換器以及接入的連接埠（步驟 S403），表一用以記載虛擬交換器的多個虛擬連接埠的編號與所對應的實體交換器上原有實體連接埠的編號，此例顯示為實體交換器內實體連接埠編號（1, 2, 3, 4...）以及各實體連接埠對應到的虛擬交換器（10a, 10b）中重新編號的虛擬連接埠編號（1/1, 1/2, 2/1, 2/2...）。此例中，實體連接埠編號 1, 2 分割為第一虛擬交換器；實體連接埠編號 3, 4 分割為第二虛擬交換器。第二欄中的「1/1」的前一碼「1」表示第一虛擬交換器 10a，後一碼「1」表示第一虛擬交換器 10a 的第一個連接埠編號；「1/2」的前一碼「1」表示第一虛擬交換器 10a，後一碼「2」表示第一虛擬交換器 10a 的第二個連接埠編號。同理，第二欄中的「2/1」的前一碼「2」表示第二虛擬交換器 10b，後一碼「1」表示第二虛擬交換器 10b 的第一個連接埠編號；「2/2」的前一碼「2」表示第二虛擬交換器 10b，後一碼「2」表示第二虛擬交換器 10b 的第二個連接埠編號。

實體連接埠編號	虛擬交換器/虛擬連接埠編號
1	1/1
2	1/2
3	2/1
4	2/2

(表一)

如步驟 S405，運作於交換器內的軟體程序解析封包，得到封包的目的地，以及是否載有虛擬區域網路標籤的資訊，在步驟 S407 中，判斷封包有否載有虛擬區域網路標籤 (VLAN tag)，引用虛擬區域網路轉換表 (如表二)，此虛擬區域網路轉換表用以設定模擬封包進入虛擬交換器的虛擬區域網路標籤，其中根據封包接入的虛擬連接埠賦予封包符合虛擬交換器運作的虛擬區域網路標籤，虛擬區域網路轉換表並記載一個虛擬區域網路識別碼 (VLAN ID)，確保封包可以在系統中被順利轉送到目的地。

其中，虛擬區域網路轉換表記載各虛擬交換器的各虛擬連接埠所對應的虛擬區域網路識別碼。表二第一欄是實體連接埠編號 (1, 2, 3, 4)，第二欄則是描述封包由此實體連接埠進入時其封包表頭內是否記載有虛擬區域網路識別碼的狀態，第二欄若填「-」，表示對應封包表頭內沒有虛擬區域網路標籤 (non-VLAN tag) 的情況，第二欄其餘非「-」的情況則是填入在網路中已設定存在的原始虛擬區域網路識別碼。以表二實施例而言，第二欄數值為「1」是對應由此實體埠進來的封包其原始虛擬區域網路識別碼恰好是「1」的情況。第三欄表示系統程序賦予封包的虛擬區域網路識別碼，此例顯示，進入第一虛擬交換器的第一虛擬連接埠「1/1」(對應實體連接埠編號 1) 的封包原始並未有虛擬區域網路識別碼 (第二欄標示「-」)，即賦予虛擬區域網路識別碼「1」；若進入第一虛擬交換器的第一虛擬連接埠「1/1」(對應實體連接埠編號 1) 的封

包原始載有虛擬區域網路識別碼「1」，則改賦予為虛擬區域網路識別碼「2」，用以取代原始的識別碼。套用表二後，虛擬區域網路識別碼「1」和虛擬區域網路識別碼「2」為第一虛擬交換器內部所用；虛擬區域網路識別碼「11」和虛擬區域網路識別碼「12」為第二虛擬交換器內部所用。最後，當封包離開第一虛擬交換器和第二虛擬交換器之前，系統程序即依照表二卸除所賦予的虛擬區域網路識別碼或將所改變的虛擬區域網路識別碼還原到其原始的虛擬區域網路識別碼。

需要一提的是，若進入某虛擬交換器的封包已經載有虛擬區域網路識別碼，系統提供取代原始識別碼的另一虛擬區域網路識別碼，而又不能與已經使用中的虛擬區域網路識別碼重複。因此，系統需要提供每個虛擬交換器一個範圍內的多個虛擬區域網路識別碼，且多個虛擬交換器的範圍也不得重複。

實體連接埠編號	原始虛擬區域網路識別碼	虛擬區域網路識別碼 (VLAN ID)
1	-	1
1	1	2
2	-	1
2	1	2
3	-	11
3	1	12
4	-	11
	1	12

(表二)

當封包被賦予新的虛擬區域網路識別碼，也就是屬於某個虛擬區域網路，之後，進入某個虛擬交換器的封包將套用進入對應的傳輸規則，例如表三記載的輸出連接埠對照表，其中記載封包

目的地與封包所屬的虛擬區域網路識別碼所對照的輸出連接埠，傳輸規則將以封包新的虛擬區域網路識別碼運作，如步驟 S409。每個虛擬交換器的傳輸規則係記錄在實體交換器記憶體中的橋接傳輸表，傳輸規則記載根據解析封包得到的目的地資訊決定輸出的實體連接埠。

在步驟 S411 中，系統解析封包取得目的地資訊，目的地如圖 1 的終端裝置 PC1（位址 00:00:01）或終端裝置 PC2（位址 00:00:02），套用傳輸規則後，例如表三（需對照表二），依照封包的目的地位址與虛擬區域網路識別碼決定封包輸出的實體交換器上的實體連接埠。舉例來說，參考表三顯示的實施例，同時參考圖 1 示意圖，當封包的目的地位址為終端裝置 PC1（位址：00:00:01）且新的虛擬區域網路識別碼為「1」時，輸出實體連接埠編號為「1」；當封包的目的地位址為終端裝置 PC1（位址：00:00:01）且新的虛擬區域網路識別碼為「11」時，則輸出實體連接埠編號為「3」；當封包的目的地位址為終端裝置 PC2（位址：00:00:02）且新的虛擬區域網路識別碼為「1」時，輸出實體連接埠編號為「2」；當封包的目的地位址為終端裝置 PC2（位址：00:00:02）且新的虛擬區域網路識別碼為「12」時，輸出實體連接埠編號為「4」。

目的地位址	虛擬區域網路識別碼	輸出連接埠編號
00:00:01	1	1
00:00:01	2	1
00:00:01	11	3
00:00:01	12	3
00:00:02	1	2
00:00:02	2	2
00:00:02	11	4

00:00:02	12	4
----------	----	---

(表三)

最後，如步驟 S413，在封包通過實體輸出連接埠之前，系統程序先卸除封包被賦予的虛擬區域網路識別碼，還原成封包原本有虛擬區域網路標籤或沒有虛擬區域網路標籤的樣態，並保有原本的資料。卸除虛擬區域網路標籤而還原原本樣態的對照表可參考表四，表四為一卸除虛擬區域網路標籤對照表，用以記載各封包的虛擬區域網路識別碼所對照的一原始虛擬區域網路識別碼，為表二的反向對照，第一欄記載運作於虛擬交換器的虛擬區域網路識別碼 (VLAN ID)，此例顯示為「1, 2, 11, 12」，卸除程序 (pop off) 還原封包原始虛擬區域網路識別碼「-, 1, -, 1」。針對這實施例，「-」代表卸除虛擬區域網路識別碼，「1」則代表要把被改變過的「2」或「12」虛擬區域網路識別碼還原成原始的「1」虛擬區域網路識別碼。

虛擬區域網路識別碼	原始虛擬區域網路識別碼
1	-
2	1
11	-
12	1

(表四)

最後自所決定的輸出連接埠輸出，若是進入另一虛擬交換器，重新執行圖 4 描述的實施例流程，重新應用新的一組連接埠對照表、虛擬區域網路轉換表、輸出連接埠對照表與卸除虛擬區域網路標籤對照表。

圖 5 顯示為本發明網路拓樸實機模擬系統運作的流程圖，此圖描述了封包進入以實體交換器模擬出的多個虛擬交換器所模擬的網路的流程，所述網路為以實體交換器分割多個虛擬交換器所

模擬出一個網路拓樸，封包由一連接此網路的終端裝置所發出。根據實施例，此網路拓樸實機模擬系統係用以模擬軟體定義網路時，整個流程係由實體交換器所連接的軟體定義網路控制器所控制，軟體定義網路控制器分別以實體或虛擬的連線連接各虛擬交換器，控制各虛擬交換器的傳輸規則。

一開始，終端裝置產生封包，並由網路中的某一虛擬交換器輸入到系統中，主要是經由虛擬交換器的一虛擬連接埠接入網路（步驟 51），同時將解析封包標頭，用以取得虛擬區域網路、來源與目的地等資訊。系統在實體交換器的電路系統中運行，此時引入連接埠對照表（步驟 52），可以將接入的虛擬連接埠對照到一個實體連接埠。

接著判斷封包是否載有虛擬區域網路標籤（VLAN tag）（步驟 53），此虛擬區域網路標籤可能為前一個網路設備所賦予的資訊，在不影響封包原本樣貌的前提下，系統引入一虛擬區域網路轉換表（步驟 54），若封包沒有虛擬區域網路標籤，則根據封包接入的虛擬連接埠賦予一個新的虛擬區域網路標籤，對照一虛擬區域網路識別碼；若封包已經載有虛擬區域網路標籤，系統則根據連接的虛擬連接埠賦予一新的虛擬區域網路標籤，以取代封包舊有的虛擬區域網路標籤。相關資訊先暫存於系統的記憶體中。

此時，由軟體定義網路控制器，或是實體交換器中的記憶體中取得橋接傳輸表（步驟 55），套用所處虛擬交換器的傳輸規則，並以新賦予的虛擬區域網路識別碼運行。之後，參照輸出連接埠對照表，根據封包的目的地資訊與封包所賦予的虛擬區域網路識別碼，對照得出一輸出連接埠（步驟 56），輸出前，系統程序將依照卸除虛擬區域網路標籤對照表卸除所賦予的虛擬區域網路標籤（步驟 57），還原封包原來進入虛擬交換器的資料，包括回復到原本沒有虛擬區域網路標籤，或是有虛擬區域網路標籤的原始狀態。最後，封包經輸出連接埠輸出（步驟 58）。

以下，以幾個表格顯示的實驗數據描述揭露書所揭示的網路拓樸實機模擬系統在模擬實際網路與現有軟體模擬方式的比較，藉此證明網路拓樸實機模擬系統的優點。

先參考圖 6 顯示網路拓樸實機模擬系統與以軟體模擬網路的目標流量與達成流量的曲線圖，此例以每 300 秒產生六個 TCP 流量為實驗流量。

此曲線圖縱軸表示網路系統設計時欲達成的流量 (Gbit/sec)，橫軸則表示目標流量 (Gbit/sec)，圖中表示揭露書所揭示的網路拓樸實機模擬系統的達成流量曲線 61，顯示當目標流量愈來愈高時，達成流量曲線 61 可以成幾乎正比的方式增加，表示模擬系統可以正確反應出實際網路的狀況。反之，軟體模擬系統的達成流量曲線 62 雖一開始可以隨著目標流量增加而增加，但是到了流量至 6Gbit/sec 後，即逐漸成緩降的曲線，不能隨著模擬網路的目標流量增加而持續增加，顯示出軟體模擬系統在高目標流量的限制。

圖 7 顯示網路拓樸實機模擬系統模擬實際網路與現有軟體模擬方式的流量偏移曲線圖，此圖縱軸表示流量偏移 (Gbit/sec)，橫軸表示目標流量 (Gbit/sec)。

此圖顯示當模擬網路的目標流量持續增加時，網路拓樸實機模擬系統的流量偏移曲線 71 維持在低量偏移的狀況，顯示本發明提出的網路拓樸實機模擬系統在模擬網路時，不會產生過高的流量偏移問題，相較於軟體模擬系統顯示的流量偏移曲線 72 有持續攀高的問題，本發明網路拓樸實機模擬系統用有較好的模擬效果。

圖 8 接著顯示以本發明網路拓樸實機模擬系統模擬實際網路與現有軟體模擬方式的中央處理器使用率曲線圖，此圖縱軸表示中央處理器使用路 (% )，橫軸表示目標流量 (Gbit/sec)。

如前述討論，軟體模擬系統係運行於一電腦系統中，模擬數據完全倚賴電腦系統的中央處理器的處理能力，以及相關記憶

體、暫存器的效能，使得硬體效能會隨著處理數據增加而降低，可以反映在此曲線圖的中央處理器使用率曲線 82 上。其中，由於網路拓樸實機模擬系統係以一原本就是設計用來處理封包數據的實體交換器來模擬實際網路，因此在運作上，可以不受到目標流量增加，也就反映在此圖曲線 81 上。

其中顯示網路拓樸實機模擬系統在目標流量增加時，中央處理器使用率（%）沒有增加的趨勢，反之，軟體模擬系統因為倚賴硬體的處理能力，一旦模擬網路的目標流量增加，就會增加中央處理器使用率，使得硬體效能會影響模擬數據，而產生不正確模擬結果的問題。

是以，根據以上實施例所描述的網路拓樸實機模擬方法與系統，是以實體的交換器分割連接埠的方式模擬出多個虛擬交換器，並具有可擴充性，使得網路模擬運行在實際的網路設備上。網路拓樸實機模擬方法以實體交換器模擬網路拓樸，或以多部實體交換器連結後擴大模擬的網路拓樸，如此，根據發明目的，以及實驗數據的佐證，可證網路拓樸實機模擬系統不但可以節省以架構真實網路來測試某個網路拓樸的成本，更解決了現有以軟體程式模擬實際網路所遇到各種限制產生的錯誤數據的問題。

惟以上所述僅為本發明之較佳可行實施例，非因此即侷限本發明之專利範圍，故舉凡運用本發明說明書及圖示內容所為之等效結構變化，均同理包含於本發明之範圍內，合予陳明。

### 【符號說明】

實體交換器 10	連接埠 101, 102, 103, 104
編號 1, 2, 3, 4	
第一虛擬交換器 10a	第二虛擬交換器 10b
連線 111, 112, 113	終端裝置 PC1, PC2
實體交換器 20	控制器 22



第一虛擬交換器 201	第二虛擬交換器 202
第三虛擬交換器 203	第四虛擬交換器 204
管理介面 205	終端裝置 PC3, PC4, PC5, PC6
實體交換器 30	處理器 303
實體連接埠 31, 32	第一網路實體層控制器 301
第二網路實體層控制器 302	記憶體 304
管理介面 305	控制器 33
達成流量曲線 61, 62	流量偏移曲線 71, 72
中央處理器使用率曲線 81, 82	
步驟 S401~S413 網路拓樸實機模擬方法流程	
步驟 51~58 網路拓樸實機模擬方法流程	

## 申請專利範圍

1. 一種網路拓樸實機模擬方法，應用於一網路拓樸實機模擬系統，該網路拓樸實機模擬系統包括一實體交換器，該實體交換器包括多個實體連接埠，根據一網路拓樸分割為多個虛擬交換器，各虛擬交換器具有多個虛擬連接埠，各虛擬連接埠對應一個實體連接埠；其中，各虛擬交換器模擬一網路的一個節點，各虛擬連接埠模擬各節點的一個連接埠，該方法包括：

該實體交換器分割形成的多個虛擬交換器的其中之一一  
虛擬交換器接收一封包；

引用一連接埠對照表，識別該封包進入的該虛擬交換器  
以及一虛擬連接埠，該虛擬連接埠對應一該實體交換  
器的一實體連接埠；

解析該封包，以取得一目的地與是否載有一虛擬區域網  
路標籤的資訊；

引用一虛擬區域網路轉換表，根據該封包接入的該虛擬  
連接埠賦予該封包一虛擬區域網路標籤，其中記載一  
個虛擬區域網路識別碼；

引用一輸出連接埠對照表，進入該虛擬交換器的該封包  
套用一傳輸規則，根據該封包的目的地與所賦予的該  
虛擬區域網路識別碼決定一輸出連接埠；以及

卸除該封包被賦予的該虛擬區域網路識別碼，由該輸出  
連接埠輸出。

2. 如請求項 1 所述的網路拓樸實機模擬方法，其中，若進入該虛  
擬交換器的該封包已經載有一原始虛擬區域網路識別碼，提供  
取代該原始虛擬區域網路識別碼的該虛擬區域網路識別碼；若  
該封包並未載有該原始虛擬區域網路識別碼，即賦予該虛擬區  
域網路識別碼。

3. 如請求項 2 所述的網路拓樸實機模擬方法，其中每個虛擬交換器設有一個範圍的多個虛擬區域網路識別碼，且該多個虛擬交換器的各虛擬區域網路識別碼的範圍不得重複。
4. 如請求項 1 所述的網路拓樸實機模擬方法，其中各虛擬交換器的傳輸規則係記錄在該實體交換器的一記憶體的一橋接傳輸表中。
5. 如請求項 4 所述的網路拓樸實機模擬方法，其中該傳輸規則記載根據該封包的目的地決定輸出的連接埠。
6. 如請求項 1 至 5 其中之一所述的網路拓樸實機模擬方法，其中通過組合多個該實體交換器擴張該網路拓樸。
7. 一種網路拓樸實機模擬系統，包括：
  - 一實體交換器，該實體交換器包括多個實體連接埠，根據一網路拓樸分割為多個虛擬交換器，各虛擬交換器具有多個虛擬連接埠，各虛擬連接埠對應一個實體連接埠；其中，各虛擬交換器模擬一網路的一個節點，各虛擬連接埠模擬各節點的一個連接埠；以及
  - 一非暫態記憶媒體，儲存的資料包括各虛擬交換器的一虛擬交換器編號，以及各虛擬連接埠的一虛擬連接埠編號；以及包括：
    - 一連接埠對照表，用以記載該虛擬交換器的該多個虛擬連接埠的編號與所對應的該實體交換器上原有實體連接埠的編號；以及
    - 一虛擬區域網路轉換表，用以設定一封包進入該虛擬交換器的一虛擬區域網路標籤，並記載各虛擬交換器的各虛擬連接埠對應的一虛擬區域網路識別碼；
    - 一輸出連接埠對照表，用以記載一封包目的地與該封包所賦予的該虛擬區域網路識別碼對照的一輸出連接埠；以及

一卸除虛擬區域網路標籤對照表，用以記載該虛擬區域網路識別碼所對照該封包的一原始虛擬區域網路識別碼。

8. 如請求項 7 所述的網路拓樸實機模擬系統，其中各虛擬交換器的該多個虛擬連接埠的數量與編號係依照該網路拓樸為動態可變化。
9. 如請求項 7 所述的網路拓樸實機模擬系統，其中該實體交換器更包括一管理介面，用以連接該網路拓樸中的一控制器，由該控制器根據該虛擬交換器編號控制該實體交換器所模擬出的該多個虛擬交換器。
10. 如請求項 9 所述的網路拓樸實機模擬系統，其中該管理介面根據該多個虛擬交換器的數量模擬出與該控制器之間相同數量的連線，各連線具有一網路識別資訊。
11. 如請求項 10 所述的網路拓樸實機模擬系統，其中該網路拓樸形成一軟體定義網路，該控制器為一軟體定義網路控制器。
12. 如請求項 7 所述的網路拓樸實機模擬系統，其中該非暫態記憶媒體儲存一橋接傳輸表，用以記載各虛擬交換器的傳輸規則。
13. 如請求項 7 至 12 其中之一所述的網路拓樸實機模擬系統，其中通過組合多個該實體交換器擴張該網路拓樸。

圖式

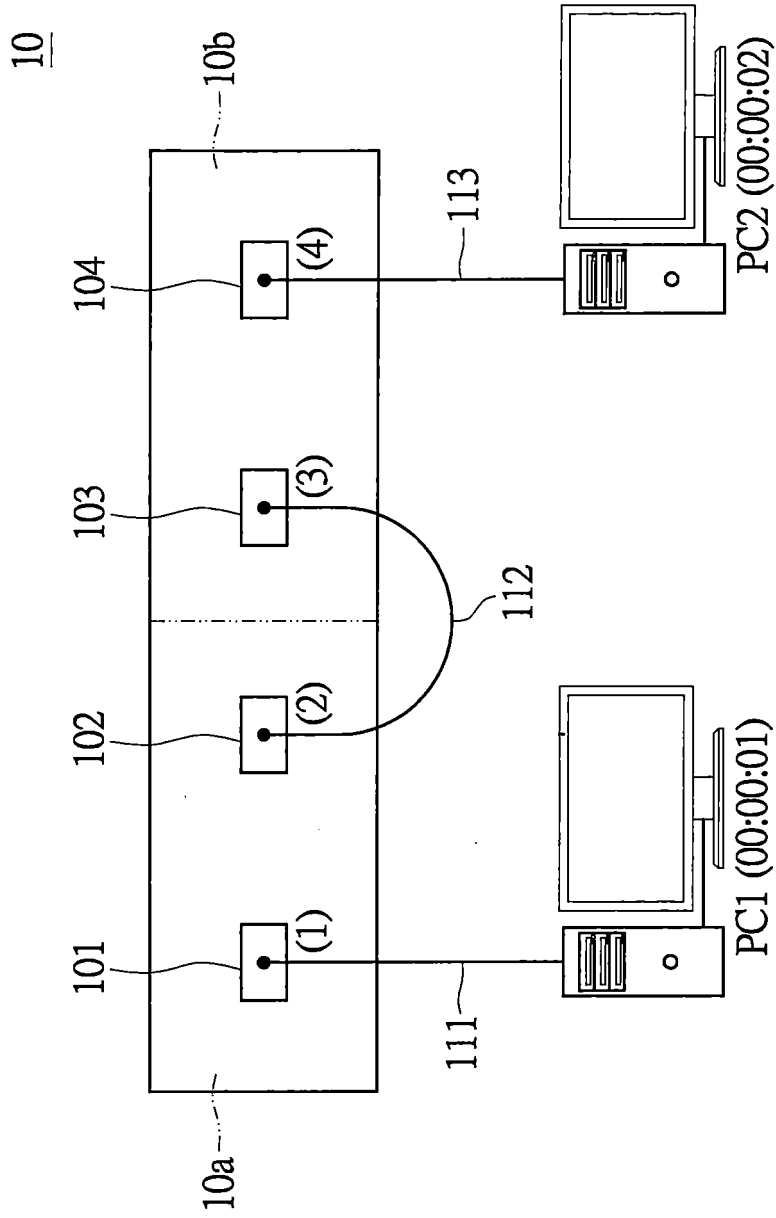


圖1

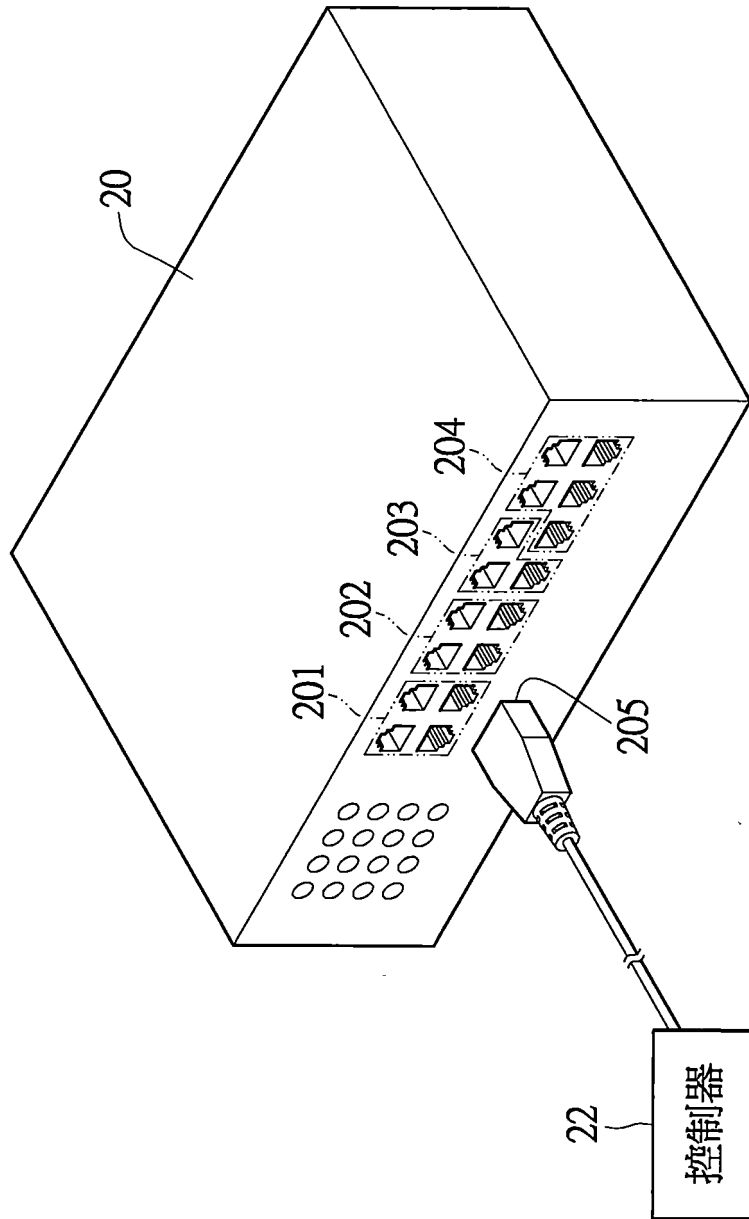


圖2A

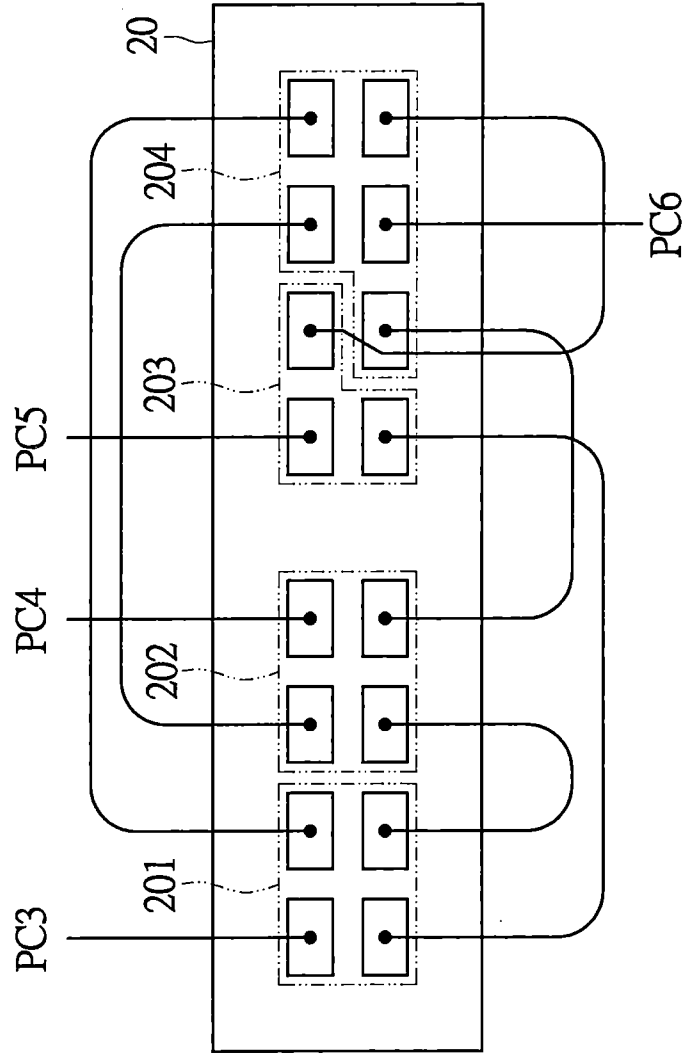


圖2B

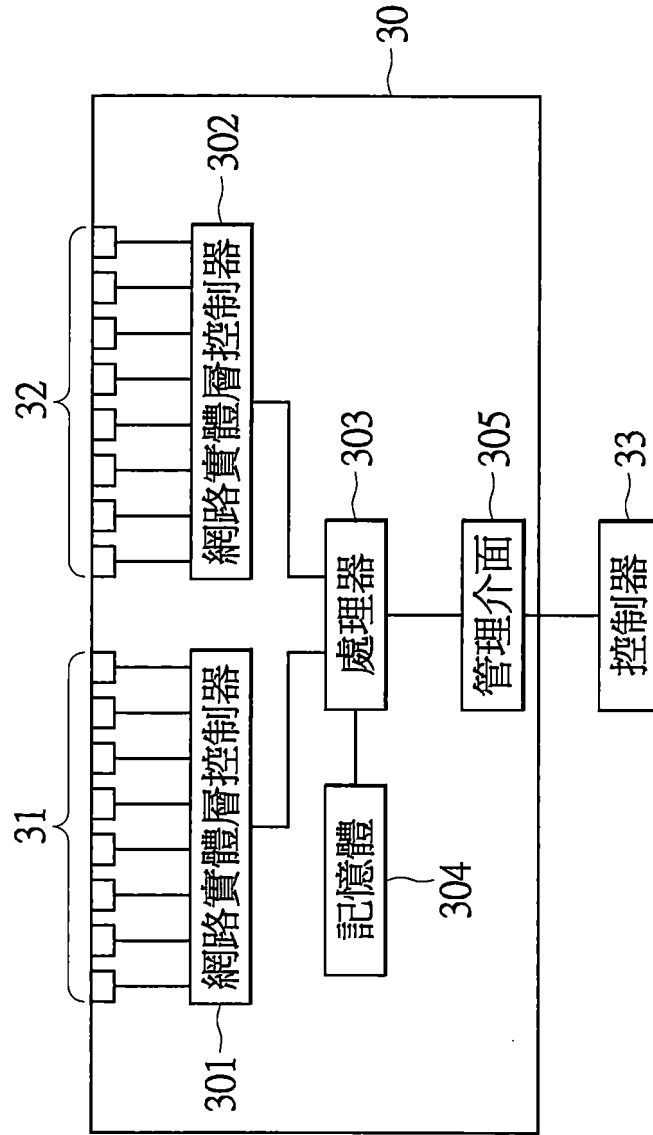


圖3



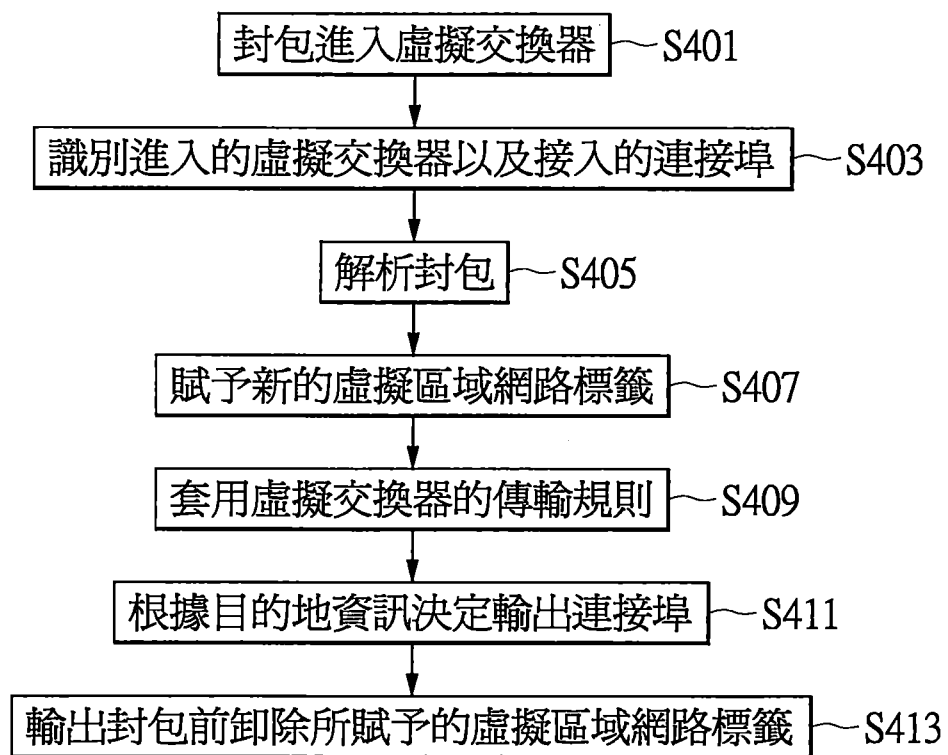


圖4

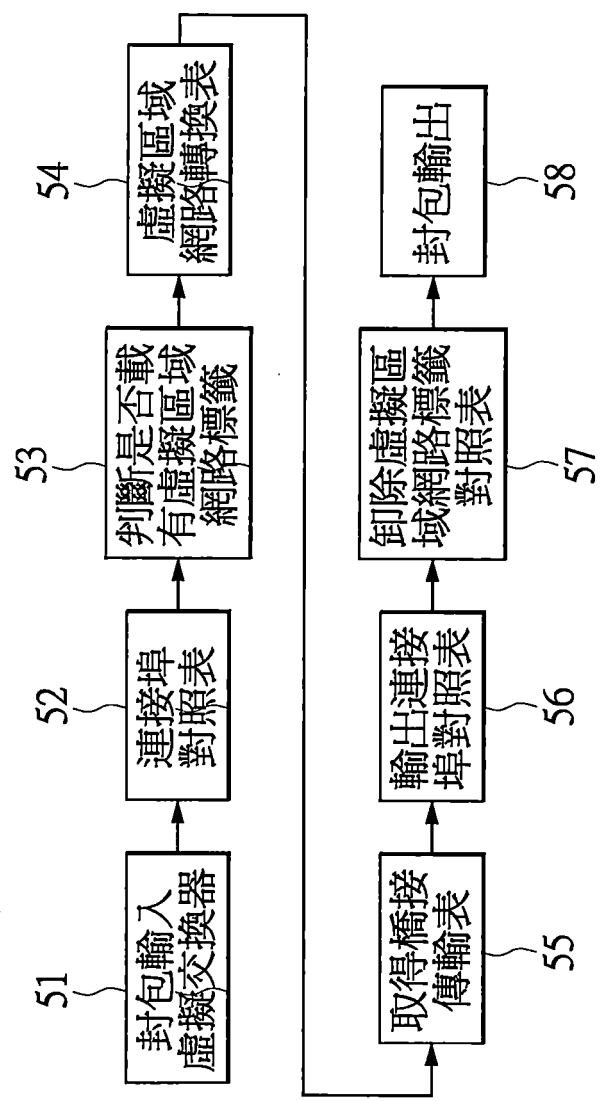


圖5

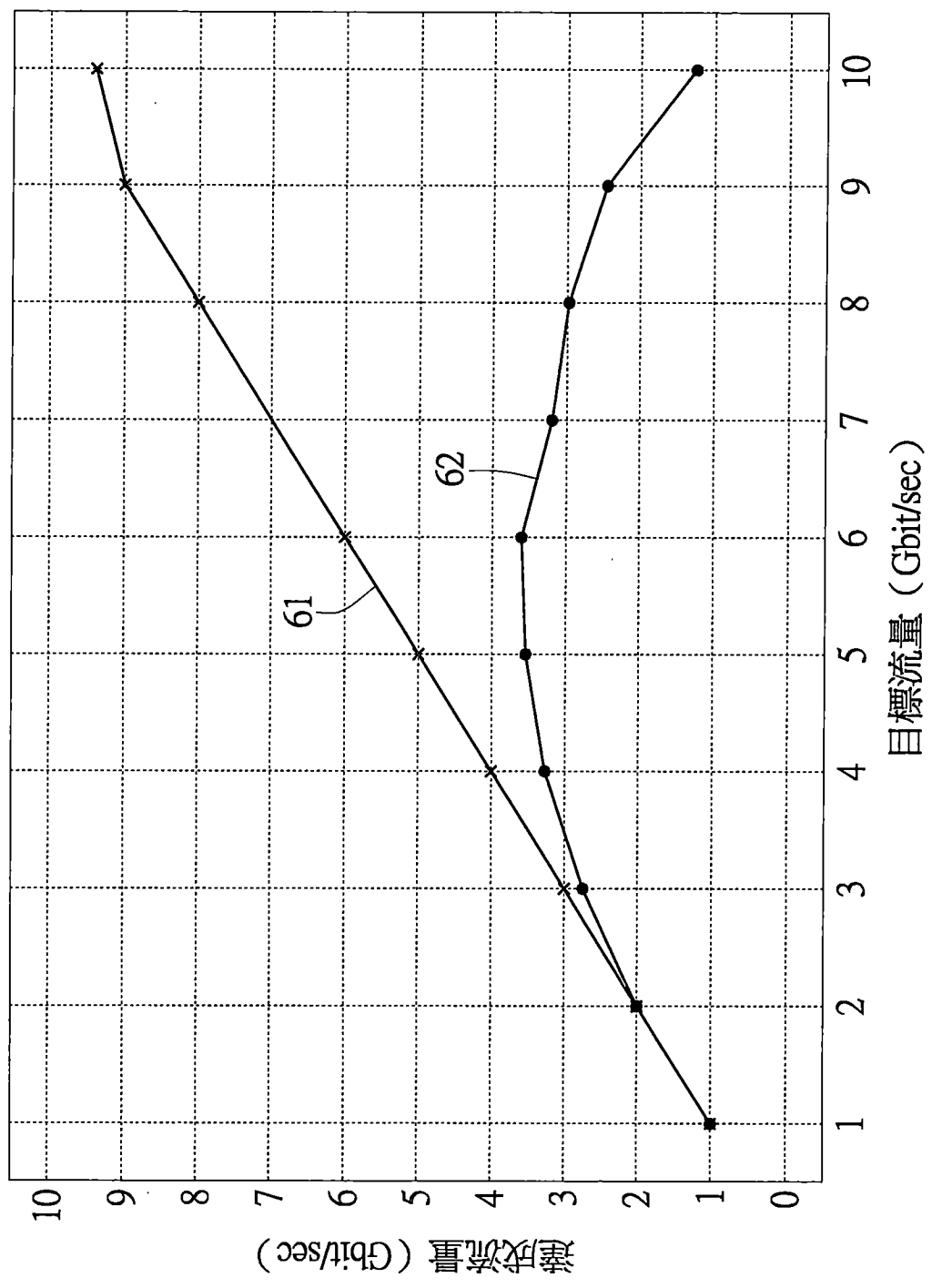


圖6

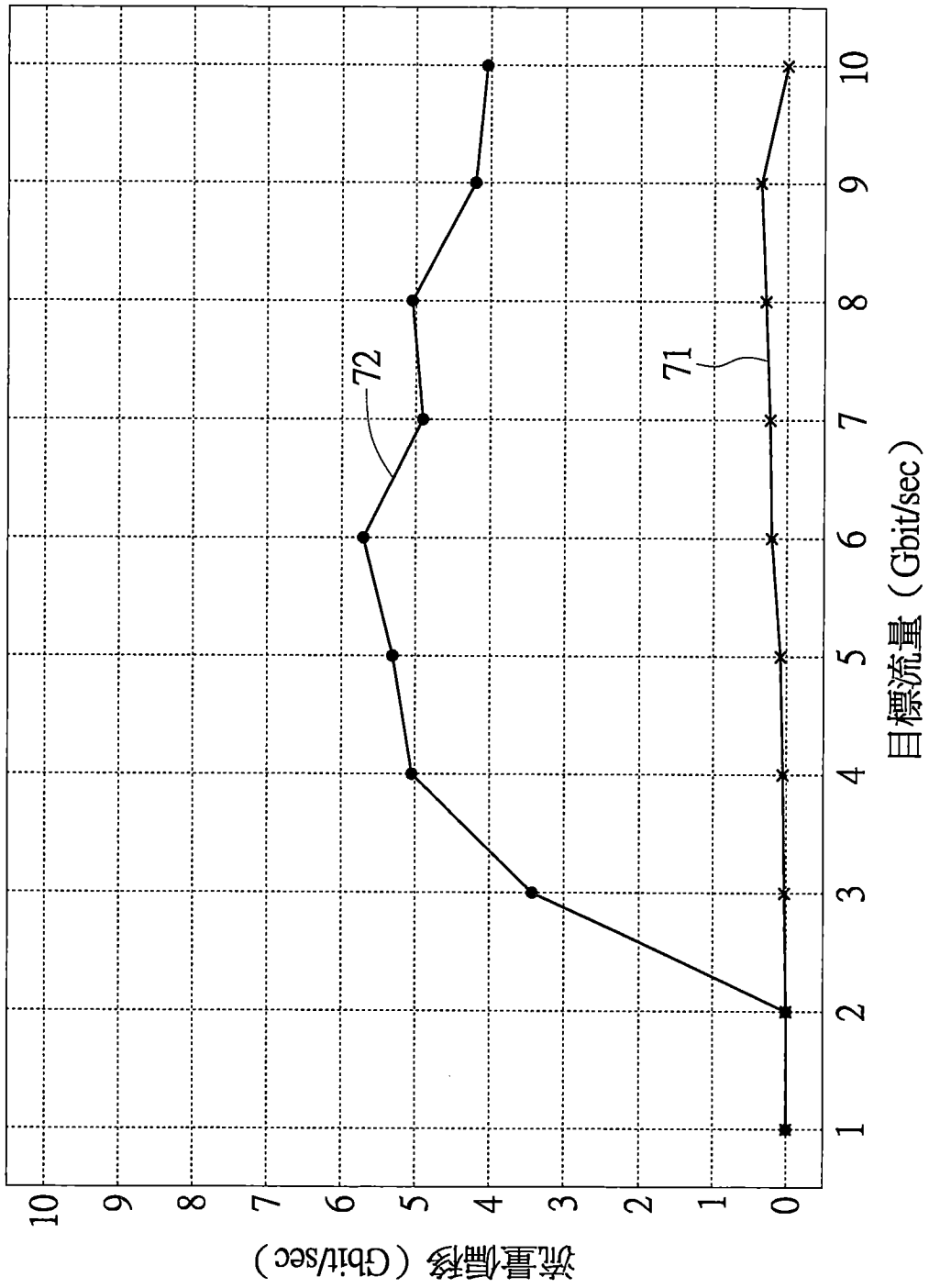


圖7

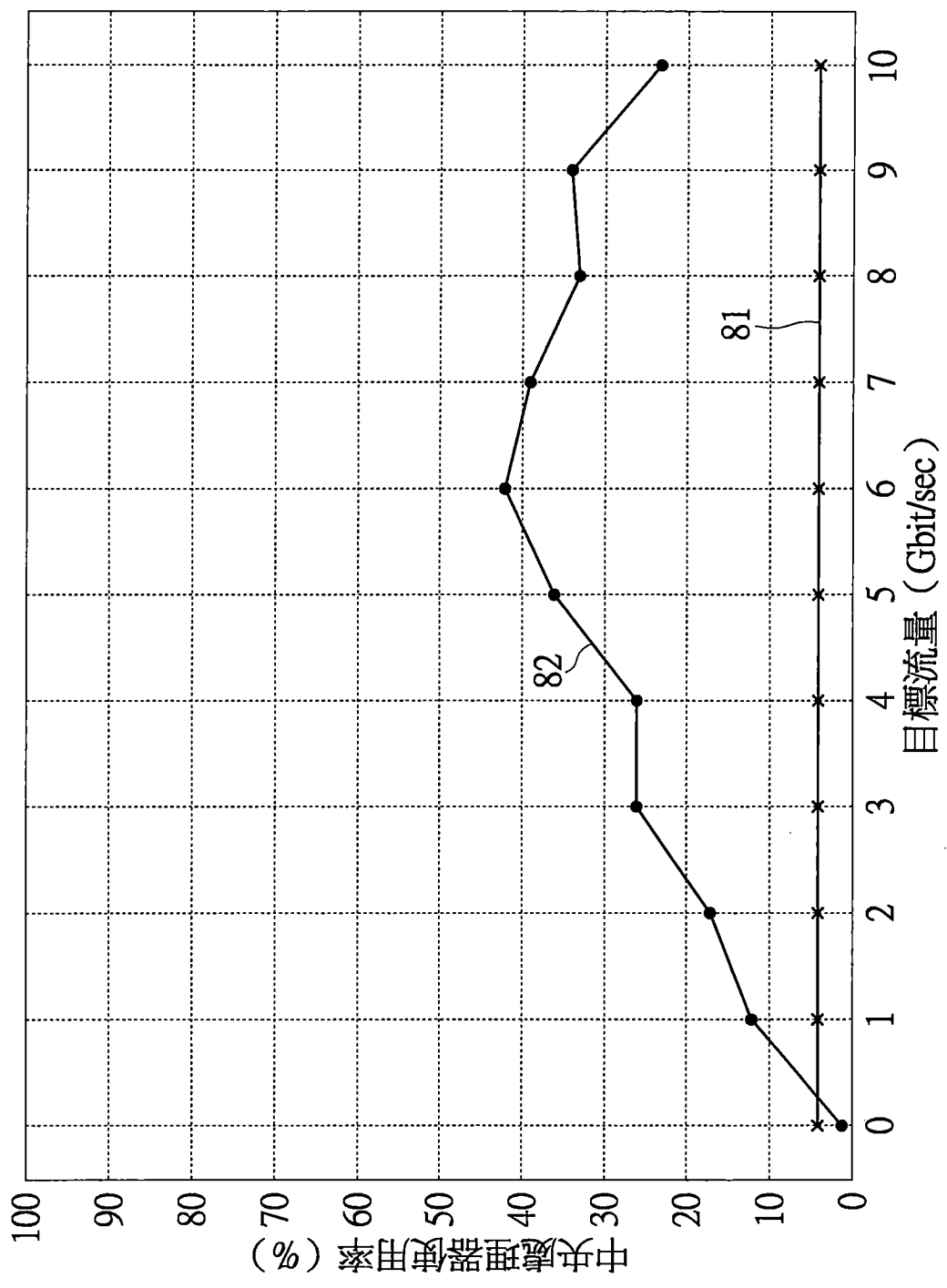


圖8