



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201324357 A1

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：100144245

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 12 月 01 日

(51)Int. Cl. : **G06F9/455 (2006.01)**

G06F9/50 (2006.01)

(71)申請人：東海大學(中華民國) (TW)

臺中市西屯區台中港路 3 段 181 號

(72)發明人：楊朝棟(TW)；鄭翔耀(TW)；王冠傑(TW)

(74)代理人：周金城

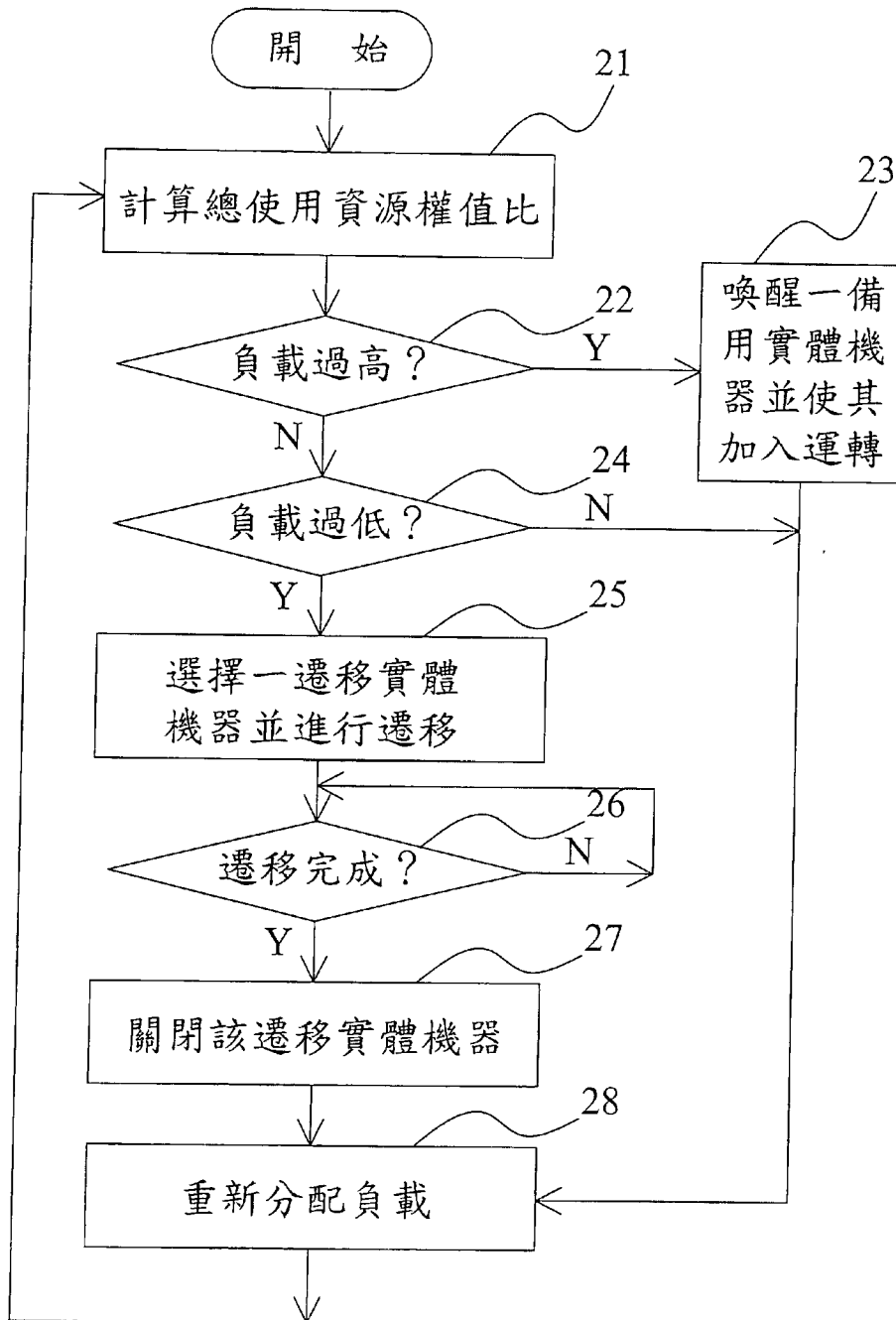
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：3 共 24 頁

(54)名稱

虛擬機叢集之綠能管理方法

(57)摘要

一種綠能管理方法，係以虛擬機叢集之總使用資源權值比，來判斷應否增開或關閉實體機器之運轉。當總使用資源權值比高於最大容許使用資源權值比時，自非運轉中之實體機器中選擇一備用實體機器，並將其喚醒加入成為運轉中之實體機器，另外，當總使用資源權值比低於最小臨界使用資源權值比時，自運轉中之實體機器中選擇一遷移實體機器，並將其中之虛擬機器遷移至其他運轉中之實體機器後再予關閉，以及執行一資源分配程序，以分配運轉中之實體機器的負載。因此，可靈活地調度運轉中之實體機器的數量，達成綠能管理的目的。



發明專利說明書

(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：(00)44245

※申請日：2009.12.9

※IPC 分類：G06F 9/455 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

G06F 9/50 (2006.01)

虛擬機叢集之綠能管理方法

二、中文發明摘要：

一種綠能管理方法，係以虛擬機叢集之總使用資源權值比，來判斷應否增開或關閉實體機器之運轉。當總使用資源權值比高於最大容許使用資源權值比時，自非運轉中之實體機器中選擇一備用實體機器，並將其喚醒加入成為運轉中之實體機器，另外，當總使用資源權值比低於最小臨界使用資源權值比時，自運轉中之實體機器中選擇一遷移實體機器，並將其中之虛擬機器遷移至其他運轉中之實體機器後再予關閉，以及執行一資源分配程序，以分配運轉中之實體機器的負載。因此，可靈活地調度運轉中之實體機器的數量，達成綠能管理的目的。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

21~28 流程步驟

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種虛擬機叢集(Virtual Machine Cluster)，且特別是有關於一種虛擬機叢集之綠能管理方法(Green Power Management Method)。

【先前技術】

自從電腦面市以來，人類的生活對於電腦的依賴也極其迅速地竄升，電腦的應用更是普遍地存在於家庭、辦公場所、娛樂場所、商場、餐廳、運輸載具、學校等等各種不同的生活場域中。於今而言，電腦早已成為人們生活中之必需品，其重要性真是不可同日而語。

隨著數位科技之不斷演進，電腦的軟、硬體也有著難以言喻之發展。早期，遍布各個場所之單獨使用的單處理器核心電腦已能滿足大部分使用者之服務需求，然而，為符合使用者對於愈趨於複雜之工作及服務速率之要求，於是，一方面，發展出了應用網路來連結多台電腦，以分散服務工作，達成廣泛而迅速之服務效能；另一方面，更發展出多處理器核心之電腦，來作為伺服器主機，以進一步提昇其服務效能。

近來，隨著雲端技術的發展，集合多台伺服器主機之網路服務系統，乃成為雲端服務之基本系統架構，其中，為了避免伺服器主機之低使用率，很自然地就有了在單一伺服器主機中執行更多不相容之應用程式的需求。因此，在每一伺服器主機之實體機器上，藉由虛擬機器(Virtual Machine)

模擬軟體，來將伺服器主機邏輯地分割為多台虛擬機器，達成共享資源之目的，便成為最佳之雲端服務系統架構，其除了能提供更多之應用程式執行以共享資源外，更可增進伺服器主機之服務可靠度。

在由多台伺服器主機等實體機器所構成之虛擬機叢集的雲端服務系統架構中，要能精確地控制其負載變動並不容易，以致當系統運轉在過高或過低負載時，其能源消耗常有不經意地浪費之情形產生，實不符現代化之環保綠能要求，而有加以改善之必要。

【發明內容】

有鑑於此，本發明之目的是提供一種虛擬機叢集之綠能管理方法，其可藉由控制虛擬機叢集之負載率，達成能源節約之功效。

為達上述及其他目的，本發明提供一種綠能管理方法，適用於虛擬機叢集之綠能管理。其中，虛擬機叢集係由 P 台例如是伺服器主機(Host)之實體機器所構成，且有 p 台實體機器係處於運轉中之狀態而具有至少一虛擬機器，其餘 $P-p$ 台實體機器則為關機備用之狀態。

此綠能管理方法包括下列步驟：計算虛擬機叢集之總使用資源權值比，所謂總使用資源權值比乃係指所有虛擬機使用資源權值之和，相對於運轉中之 p 台實體機器可用資源權值之和的比值而言；當總使用資源權值比高於例如是可由使用者設定之最大容許使用資源權值比(Maximum tolerant occupied resource weight ratio) λ 且 $p < P$ 時，

自非運轉中之實體機器中選擇一備用實體機器，並將所選擇之備用實體機器喚醒加入成為運轉中之實體機器，亦即 $p=p+1$ ；當總使用資源權值比低於例如是可由使用者設定之最小臨界使用資源權值比 (Minimum critical occupied resource weight ratio) β 且 $p>1$ 時，自運轉中之實體機器中選擇一遷移實體機器，並將所選擇之遷移實體機器中之虛擬機器，遷移至其他運轉中之實體機器後，關閉所選擇之遷移實體機器，亦即 $p=p-1$ ；以及執行一資源分配程序，以分配運轉中之實體機器的負載。

其中，總使用資源權值比 θ_{LOAD} 係以實體機器之處理器及記憶體之資源使用量來計算。其計算式例如可以下式來計算：

$$\theta_{Load} = \sum_{i=1}^n (VM_{jiCPUuse} * VM_{jiRAMallocate}) / \sum_{j=1}^p (PM_{jCPU} * PM_{jRAM})$$

計算式中， j 為實體機器編號， i 為虛擬機器編號， p 為虛擬機叢集之運轉中實體機器數、 n 為虛擬機器總數， $VM_{jiCPUuse}$ 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的處理器負載率， $VM_{jiRAMallocate}$ 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的記憶體分配量， PM_{jCPU} 為 j 實體機器中之處理器資源量， PM_{jRAM} 為 j 實體機器中之記憶體資源量。

其中，所選擇之備用實體機器，係選擇加入運轉後，重新計算之總使用資源權值比，將會最接近於 $(\lambda + \beta)/2$ 之非運轉中實體機器。

其中，所選擇之遷移實體機器，係選擇具有最低負載或具有最少虛擬機器之運轉中實體機器。

其中之資源分配程序，係為平均分配運轉中之實體機

器負載之一動態資源分配程序，其包括下列步驟：計算每一虛擬機器之虛擬機使用資源權值、每一實體機器之實體機使用資源權值與運轉中實體機器之實體機平均使用資源權值；以及

當任一實體機器之實體機使用資源權值與實體機平均使用資源權值的差值高於例如是可由使用者設定之遷移預設值時，執行下列遷移步驟：

找出具有最大實體機使用資源權值之實體機器，以其作為遷移來源機；

找出具有最小實體機使用資源權值之實體機器，以其作為遷移目的機；

計算遷移來源機之實體機使用資源權值與實體機平均使用資源權值間的遷移差值；

在遷移來源機中找出具有最接近前述遷移差值之虛擬機使用資源權值的虛擬機器，以其作為遷移虛擬機；以及

將遷移虛擬機遷移至遷移目的機。

其中，前述之虛擬機使用資源權值、實體機使用資源權值與實體機平均使用資源權值，係以虛擬機器或實體機器使用實體機器中之處理器及記憶體的资源量來計算。

其中，前述之虛擬機使用資源權值、實體機使用資源權值與實體機平均使用資源權值，係以下式來計算：

$$VM_{jiRate} = (VM_{jiCPUuse} * VM_{jiRAMallocate}) / \sum_{i=1}^n (VM_{jiCPUuse} * VM_{jiRAMallocate})$$

$$HOST_{jRate} = \sum_{i=1}^v VM_{jiRate}$$

$$\alpha = 1/p$$

計算式中，j 為實體機器編號，i 為虛擬機器編號，p

為虛擬機叢集之運轉中實體機器數、 n 為虛擬機器總數， v 為每一實體機器所有之虛擬機器數， VM_{jiRate} 為代表 j 實體機器中之 i 虛擬機器的虛擬機使用資源權值之虛擬機使用資源比，亦即， j 實體機器中之 i 虛擬機器的使用資源佔虛擬機叢集之已使用資源百分比， $VM_{jiCPUuse}$ 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的處理器負載率， $VM_{jiRAMallocate}$ 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的記憶體分配量， $HOST_{jRate}$ 為代表 j 實體機器之實體機使用資源權值之實體機使用資源比，亦即， j 實體機器中之所有虛擬機器的虛擬機使用資源比的和， α 為代表實體機平均使用資源權值之實體機平均使用資源比。

綜上所述，由於本發明所提供之一種綠能管理方法，係可將虛擬機叢集之負載率，控制在使用者設定之一定範圍內，而不會有負載過高或過低之情形，另外，並可動態地將高負載率之實體機器中的虛擬機器，遷移至低負載率之實體機器中，因此，可達成能源節約之功效。

為讓本發明之上述和其他目的、特徵、和優點能更明顯易懂，下文特以較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下：

【實施方式】

請參圖 1 所示，其為實施本發明較佳實施例之一種綠能管理方法的系統架構圖。如圖所示，本發明所提供之一種綠能管理方法，係開發為網頁架構之管理工具 (Web-based Management Tool)，用以執行虛擬機叢集 10

之綠能管理。

其中，虛擬機叢集 10 係由總數為 P 台、且有 p (圖中為 4) 台係處於運轉中之例如是伺服主機(Host)之實體機器 11、12、13、14...等 (未開機之 $P-p$ 台關機備用實體機器未繪出) 所構成，每一運轉中之實體機器 11、12、13、14 均執行有 Xen Hypervisor 軟體，以在實體機器 11、12、13、14 上模擬出乙台以上之虛擬機器 $vmxx$ ，並以 OpenNebula 軟體來加以管理及進行虛擬機器 $vmxx$ 之線上遷移(Life Migration)。

請一併參圖 2 所示，其為根據本發明較佳實施例之一種綠能管理方法流程圖。如圖所示，此綠能管理方法在步驟 21 中，首先計算虛擬機叢集之總使用資源權值比。所謂總使用資源權值比乃係指所有虛擬機器 $vmxx$ 之虛擬機使用資源權值和，相對於運轉中之 p 台實體機器 11、12、13、14 可用資源權值之和的比值而言。

其次，在步驟 22 中，判斷運轉中之 p 台實體機器 11、12、13、14 的負載是否有過高之情形？且當運轉中之 p 台實體機器 11、12、13、14 的總使用資源權值比，高於可由使用者設定之最大容許使用資源權值比 λ 時，代表其負載過高，此時，如尚有非運轉中之實體機器，亦即 $p < P$ 之條件也成立時，即可在步驟 23 中，自非運轉中之實體機器中選擇乙台備用實體機器，並將所選擇之備用實體機器喚醒加入成為運轉中之實體機器。也就是說，運轉中之實體機器數將由 p 更新為 $p+1$ ，然後進入步驟 28 中，將原即處於運轉中之實體機器 11、12、13、14 的部分虛擬機器 $vmxx$ ，

遷移至甫加入運轉之備用實體機器中，以重新分配運轉中實體機器之負載。

步驟 22 中，如判斷負載並未過高時，便進入步驟 24，以判斷運轉中之 p 台實體機器 11、12、13、14 的負載是否有過低之情形？且當運轉中之 p 台實體機器 11、12、13、14 的總使用資源權值比，低於可由使用者設定之最小臨界使用資源權值比 β 時，代表其負載過低，此時，如有兩台以上之運轉中實體機器，亦即 $p > 1$ 之條件也成立時，即可在步驟 25 中，自運轉中之實體機器 11、12、13、14 中選擇乙台作為遷移實體機器，並將所選擇之遷移實體機器中之虛擬機器 VMXX，遷移至其他運轉中之實體機器中，再搭配步驟 26 來檢查遷移工作是否已完成？且當判斷遷移工作已完成後，進入步驟 27，以關閉所選擇之遷移實體機器，使其成為關機備用實體機器。也就是說，運轉中之實體機器數將由 p 更新為 $p-1$ ，然後再進入步驟 28 中，選擇性地執行分配運轉中之實體機器負載的資源分配程序。

步驟 21 中，總使用資源權值比 θ_{LOAD} 係以實體機器 11、12、13、14 之處理器及記憶體的资源使用量來計算。其計算式例如可以下式來計算：

$$\theta_{Load} = \sum_{i=1}^n (VM_{jiCPUuse} * VM_{jiRAMallocate}) / \sum_{j=1}^p (PM_{jCPU} * PM_{jRAM}) \quad \dots\dots (1)$$

式中，j 為實體機器編號，i 為虛擬機器編號，p 為虛擬機叢集之運轉中實體機器數、n 為虛擬機器總數， $VM_{jiCPUuse}$ 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的處理器負載率， $VM_{jiRAMallocate}$ 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的記憶體分配量， PM_{jCPU} 為 j 實體機器中之處理器資源量， PM_{jRAM} 為 j 實體機器中之記憶

體資源量。

步驟 23 中，選擇備用實體機器時，係選擇將備用實體機器加入運轉後，再重新計算之總使用資源權值比，將會最接近於 $(\lambda + \beta)/2$ 之非運轉中實體機器為原則，以使得備用實體機器加入運轉後，虛擬機叢集之實體機器能夠運轉在較佳之負載狀態。

步驟 25 中，選擇遷移實體機器時，係選擇具有最低負載或具有最少虛擬機器之運轉中實體機器 11、12、13、14 為原則，以利於遷移工作之進行。

以下將一併參考圖 3 之流程圖，來說明步驟 28 中之資源分配程序，是如何重新分配運轉中之實體機器 11、12、13、14 的負載。圖 3 中，所執行之資源分配程序，係為能夠平均分配運轉中之實體機器 11、12、13、14 負載的動態資源分配程序。

如圖所示，此動態資源分配程序首先在步驟 31 中，計算每一虛擬機器 VMXX 之虛擬機使用資源權值、每一實體機器 11、12、13、14 之實體機使用資源權值與實體機平均使用資源權值。

其中，虛擬機使用資源權值、實體機使用資源權值與實體機平均使用資源權值等，係以虛擬機器 VMXX 使用實體機器 11、12、13、14 中之處理器及記憶體的資源量來計算，以分別取得代表虛擬機使用資源權值之虛擬機使用資源比、代表實體機使用資源權值之實體機使用資源比及代表實體機平均使用資源權值之實體機平均使用資源比。所使用之計算式如下：

$$VM_{jiRate} = (VM_{jiCPUuse} * VM_{jiRAMallocate}) / \sum_{i=1}^n (VM_{jiCPUuse} * VM_{jiRAMallocate}) \dots\dots (2)$$

$$HOST_{jRate} = \sum_{i=1}^v VM_{jiRate} \dots\dots (3)$$

$$\alpha = 1/p \dots\dots (4)$$

其中，j 為實體機器 11、12、13、14 之編號，i 為虛擬機器 vmXX 之編號，p 為虛擬機叢集 10 之運轉中實體機器 11、12、13、14 總數，亦即 4，n 為虛擬機叢集 10 之虛擬機器 vmXX 總數，亦即 14，v 為每一實體機器 11、12、13、14 所有之虛擬機器數，亦即分別為 5、2、3 與 4，VM_{jiRate} 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的虛擬機使用資源比，VM_{jiCPUuse} 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的處理器負載率，VM_{jiRAMallocate} 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的記憶體分配量，HOST_{jRate} 為 j 實體機器之實體機使用資源比，α 為實體機平均使用資源比。

前述計算式(1)、(2)、(3)、(4)中，雖然是以實體機器 11、12、13、14 中之虛擬機器 vmXX 的處理器負載率 VM_{jiCPUuse} 及記憶體分配量 VM_{jiRAMallocate} 來進行百分比計算，並據以取得分別代表虛擬機使用資源權值、實體機使用資源權值、實體機平均使用資源權值之虛擬機使用資源比 VM_{jiRate}、實體機使用資源比 HOST_{jRate}、實體機平均使用資源比 α 及總使用資源權值比 θ_{LOAD}。然熟習此藝者當知，亦可將例如是儲存體等實體機器 11、12、13、14 之其他資源一併納入考量，或以其他不同之計算方式，來進行其權值比重的運算。

在計算取得每一虛擬機器 VM_{XX} 之虛擬機使用資源權值、每一實體機器 11、12、13、14 之實體機使用資源權值與實體機平均使用資源權值後，即可在步驟 32 中判斷是否需進行虛擬機器之遷移，且當判斷有任一實體機器 11、12、13、14 之實體機使用資源權值與實體機平均使用資源權值的差值高於例如是可由使用者設定之遷移預設值 σ 時，即可進行步驟 33~37 之遷移。

在步驟 33 中，首先找出具有最大實體機使用資源權值之實體機器，以其作為遷移來源機，然後在步驟 34 中，找出具有最小實體機使用資源權值之實體機器，以其作為遷移目的機，再進入步驟 35，以計算遷移來源機之實體機使用資源權值與實體機平均使用資源權值間的遷移差值，之後，在步驟 36 中，於遷移來源機中找出具有最接近前述遷移差值之虛擬機使用資源權值的虛擬機器，以其作為遷移虛擬機，最後在步驟 37 中，將遷移虛擬機遷移至遷移目的機，即可完成此一回合之資源分配，而進入下一回合之循環。

以下係假設圖 1 之實體機器 11、12、13、14 均為具有 8 處理器核心與 8192 仟位元組(Kbytes)記憶體之伺服器，因此，每一實體機器 11、12、13、14 可用之處理器負載率即為 $8 \times 100 = 800$ 。另外，每一實體機器 11、12、13、14 中之虛擬機器 VM_{XX} 的處理器負載率 $VM_{jiCPUuse}$ 、記憶體分配量 $VM_{jiRAMallocate}$ 及依前述式(2)~(3)所計算之值，則如下表所示(表中之記憶體分配量 $VM_{jiRAMallocate}$ 的單位為 Kbytes)：

實體機器	虛擬機器	VM _{ji} CPUuse	VM _{ji} RAMallocate	VM _{ji} Rate	HOST _j Rate
11	Vm01	95	512	0.08	0.45
	Vm02	100	1024	0.17	
	Vm03	40	2048	0.14	
	Vm04	10	512	0.01	
	Vm05	30	1024	0.05	
12	Vm06	70	1024	0.12	0.17
	Vm07	60	512	0.05	
13	Vm08	10	1024	0.02	0.05
	Vm09	15	512	0.01	
	Vm10	20	512	0.02	
14	Vm11	45	1024	0.08	0.33
	Vm12	60	512	0.05	
	Vm13	30	512	0.03	
	Vm14	100	1024	0.17	

假設遷移預設值 $\sigma = 0.05$ ，且因式(4)計算所得之實體機平均使用資源比 $\alpha = 1/4 = 0.25$ ，故其差值($\text{HOST}_{j\text{Rate}} - \alpha$)分別為 0.20、-0.08、-0.20 及 0.08，而有差值大於遷移預設值 σ 之情形，必須進行遷移。其中，實體機器 11 具有最大實體機使用資源比 0.45，故可以其作為遷移來源機，實體機器 13 具有最小實體機使用資源比 0.05，故可以其作為遷移目的機，另外，虛擬機器 vm02 之虛擬機使用資源比 VM_{ji}Rate 為 0.17，係最接近於實體機器 11 之遷移差值 0.20

者，故可以其作為遷移虛擬機，而將其遷移至實體機器 13 中，完成遷移後之結果如下表所示：

實體機器	虛擬機器	$VM_{ji}CPUuse$	$VM_{ji}RAMallocate$	$VM_{ji}Rate$	$HOST_{jRate}$
11	Vm01	95	512	0.08	0.28
	Vm03	40	2048	0.14	
	Vm04	10	512	0.01	
	Vm05	30	1024	0.05	
12	Vm06	70	1024	0.12	0.17
	Vm07	60	512	0.05	
13	Vm02	100	1024	0.17	0.22
	Vm08	10	1024	0.02	
	Vm09	15	512	0.01	
	Vm10	20	512	0.02	
14	Vm11	45	1024	0.08	0.33
	Vm12	60	512	0.05	
	Vm13	30	512	0.03	
	Vm14	100	1024	0.17	

經一次遷移後，重新計算其差值($HOST_{jRate}-\alpha$)分別為 0.03、-0.08、-0.03 及 0.08，而仍有差值大於遷移預設值 σ 之情形，必須再一次進行遷移。其中，實體機器 14 具有最大實體機使用資源比 0.33，故可以其作為遷移來源機，實體機器 12 具有最小實體機使用資源比 0.17，故可以其

作為遷移目的機，另外，虛擬機器 vm11 之虛擬機使用資源比 VM_{jiRate} 為 0.08，係最接近於實體機器 14 之遷移差值 0.08 者，故可以其作為遷移虛擬機，而將其遷移至實體機器 12 中，完成遷移後其差值 $(HOST_{jRate} - \alpha)$ 將分別為 0.03、0、-0.03 及 0，而達成負載平衡之效果。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內所作之各種更動與潤飾，亦屬本發明之範圍。因此，本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 係顯示實施本發明較佳實施例之一種綠能管理方法的系統架構圖。

圖 2 係顯示根據本發明較佳實施例之一種綠能管理方法的流程圖。

圖 3 係顯示圖 2 之資源分配程序的流程圖。

【主要元件符號說明】

10 虛擬機叢集

11、12、13、14 實體機器

21~37 流程步驟

七、申請專利範圍：

1. 一種綠能管理方法，適用於一虛擬機叢集之綠能管理，該虛擬機叢集具有 P 台實體機器，其中之 p 台實體機器係運轉中而具有至少一虛擬機器，包括下列步驟：

計算該虛擬機叢集之一總使用資源權值比；

當該總使用資源權值比高於一最大容許使用資源權值比 λ 且 $p < P$ 時，自非運轉中之該些實體機器中，選擇一備用實體機器，並將該備用實體機器喚醒加入成為運轉中之實體機器；

當該總使用資源權值比低於一最小臨界使用資源權值比 β 且 $p > 1$ 時，自運轉中之該些實體機器中，選擇一遷移實體機器，並將該遷移實體機器中之該至少一虛擬機器，遷移至其他運轉中之實體機器後，關閉該遷移實體機器；以及

執行一資源分配程序，以分配運轉中之該些實體機器之負載。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之綠能管理方法，其中該總使用資源權值比，係以該些實體機器之處理器及記憶體的資源使用量來計算。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之綠能管理方法，其中該總使用資源權值比 θ_{LOAD} 之計算式如下：

$$\theta_{Load} = \sum_{i=1}^n (VM_{jiCPUuse} * VM_{jiRAMallocate}) / \sum_{j=1}^P (PM_{jCPU} * PM_{jRAM})$$

其中，j 為實體機器編號，i 為虛擬機器編號，p 為虛擬機叢集之運轉中實體機器數、n 為虛擬機器總數， $VM_{jiCPUuse}$ 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的處理器負載率， $VM_{jiRAMallocate}$

為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的記憶體分配量， PM_{jCPU} 為 j 實體機器中之處理器資源量， PM_{jRAM} 為 j 實體機器中之記憶體資源量。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之綠能管理方法，其中該備用實體機器，係選擇加入運轉後，重新計算之該總使用資源權值比最接近於 $(\lambda + \beta)/2$ 之一非運轉中實體機器。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之綠能管理方法，其中該遷移實體機器，係選擇具有最低負載之一運轉中實體機器。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之綠能管理方法，其中該遷移實體機器，係選擇具有最少虛擬機器之一運轉中實體機器。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之綠能管理方法，其中該資源分配程序係為平均分配運轉中之該些實體機器負載之一動態資源分配程序，包括下列步驟：

計算每一虛擬機器之一虛擬機使用資源權值、每一實體機器之一實體機使用資源權值與運轉中實體機器之一實體機平均使用資源權值；以及

當任一實體機器之該實體機使用資源權值與該實體機平均使用資源權值的差值高於一遷移預設值時，執行下列遷移步驟：

找出具有最大該實體機使用資源權值之該實體機器，以作為一遷移來源機；

找出具有最小該實體機使用資源權值之該實體機器，以作為一遷移目的機；

計算該遷移來源機之該實體機使用資源權值與該實體機平均使用資源權值的一遷移差值；

在該遷移來源機中找出具有最接近該遷移差值之該虛擬機使用資源權值的該虛擬機器，以作為一遷移虛擬機；以及

將該遷移虛擬機遷移至該遷移目的機。

8. 如申請專利範圍第 7 項所述之綠能管理方法，其中該虛擬機使用資源權值、該實體機使用資源權值與該實體機平均使用資源權值，係以使用該實體機器中之處理器及記憶體的资源量來計算。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之綠能管理方法，其中該虛擬機使用資源權值、該實體機使用資源權值與該實體機平均使用資源權值，係以下式來計算：

$$VM_{jiRate} = (VM_{jiCPUuse} * VM_{jiRAMallocate}) / \sum_{i=1}^n (VM_{jiCPUuse} * VM_{jiRAMallocate})$$

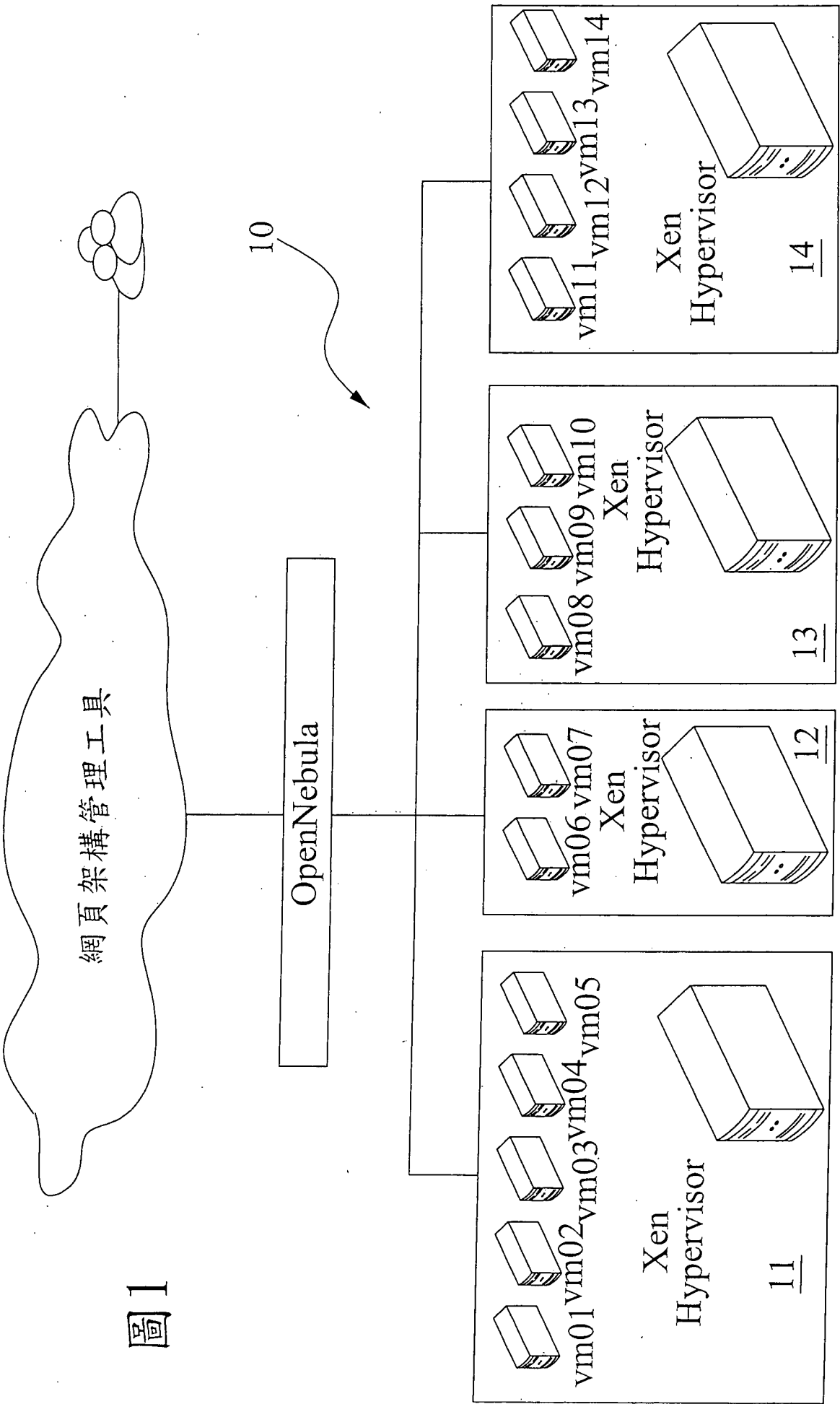
$$HOST_{jRate} = \sum_{i=1}^v VM_{jiRate}$$

$$\alpha = 1/p$$

其中，j 為實體機器編號，i 為虛擬機器編號，p 為虛擬機叢集之運轉中實體機器數、n 為虛擬機器總數，v 為每一運轉中實體機器所有之虛擬機器數， VM_{jiRate} 為代表 j 實體機器中之 i 虛擬機器的該虛擬機使用資源權值之虛擬機使用資源比， $VM_{jiCPUuse}$ 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的處理器負載率， $VM_{jiRAMallocate}$ 為 j 實體機器中之 i 虛擬機器的記憶體分配量， $HOST_{jRate}$ 為代表 j 實體機器之該實體機使用資源權值之實體機使用資源比， α 為代表該實體機平均使用資源權值之實體機平均使用資源比。

10. 如申請專利範圍第 7 項所述之綠能管理方法，其中該遷移預設值可由使用者設定。

11. 如申請專利範圍第 1 項所述之綠能管理方法，其中該最大容許使用資源權值比 λ 及該最小臨界使用資源權值比 β ，係可由使用者設定。



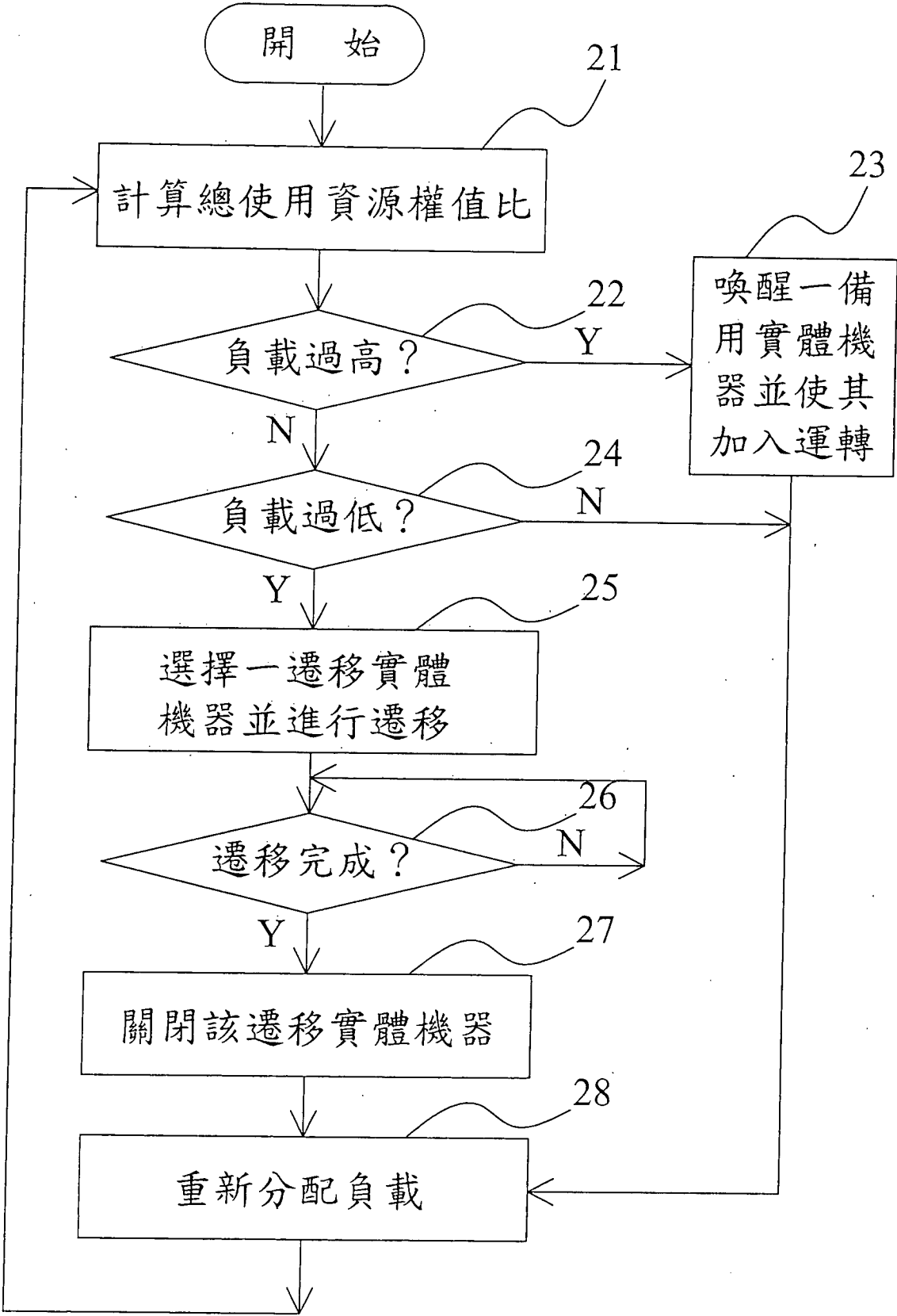


圖2

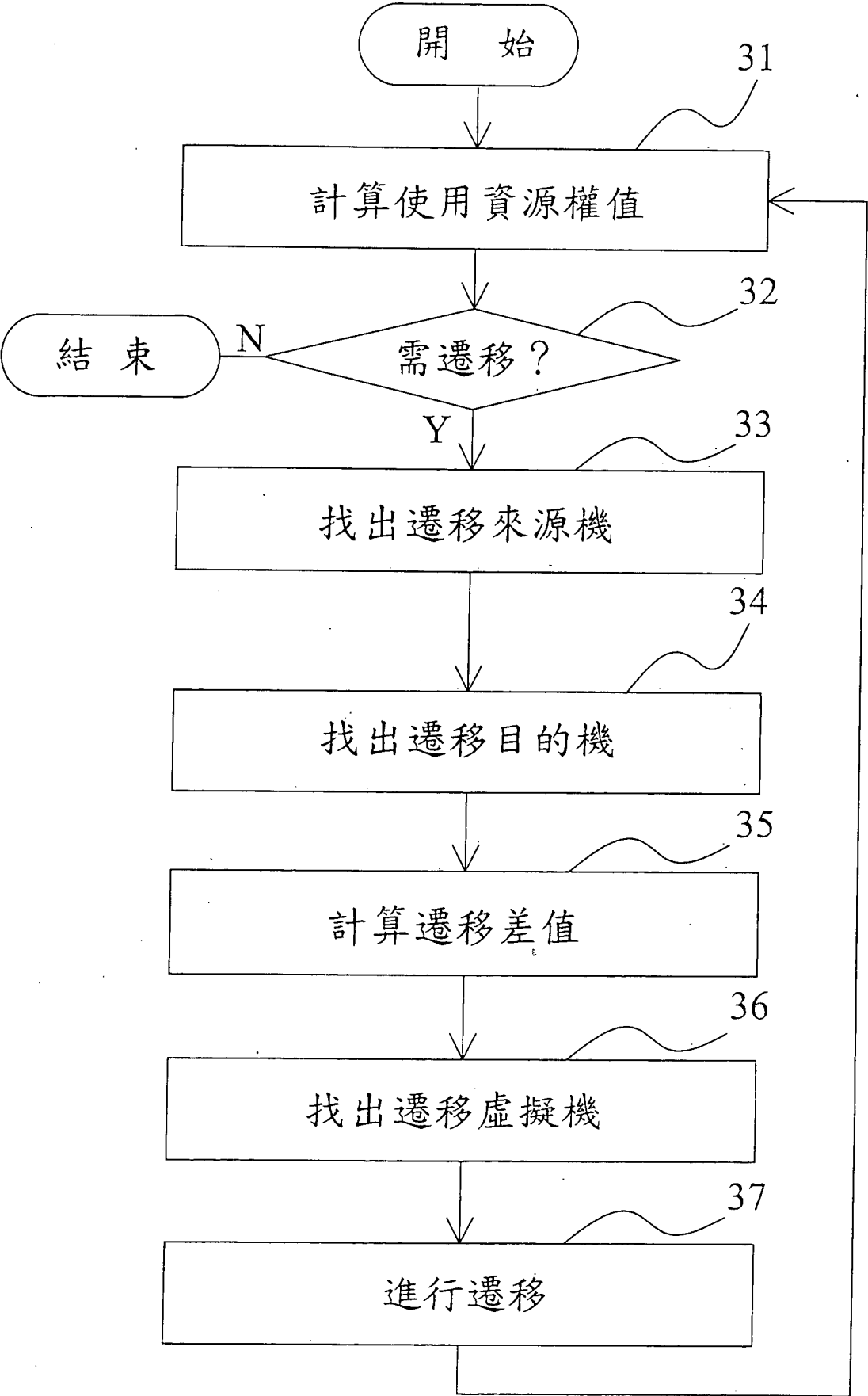


圖3