

雲端上可調式雙門檻的虛擬機器遷移策略

許俊傑

靜宜大學資訊管理系
g1010535@pu.edu.tw

王逸民

靜宜大學資訊管理系
ymwang@pu.edu.tw

摘要

本論文提出一個可同時滿足顧客服務品質及節省能源的虛擬機器(Virtual Machines; VMs)遷移策略，稱為可調式雙門檻的虛擬機器遷移策略。本論文改良[1]的高低雙門檻值遷移策略，首先參考[4]根據先前所有 VMs 執行的紀錄，將 VMs 依照其在執行過程中，對資源需求的穩定度分群，然後將相近穩定度的 VMs 集中到同一群伺服器執行。並且針對不同群的伺服器，設定不同的高低門檻值。當伺服器上的負荷大於高門檻時，遷移一些 VMs 到其他伺服器，以維持服務品質。反之，當伺服器上的負荷小於低門檻時，則將其所有的 VMs 遷移到其他伺服器，然後關掉該伺服器以節省能源。模擬結果顯示，相較於其他策略，我們的方法最節能，而且可減少 VMs 遷移產生的額外負載。

關鍵詞：雲端計算、節省能源、服務品質、虛擬機器

Abstract

This paper is meant to propose a placement policy, Adjustable Double-Threshold Migration Policy for Virtual Machines (VMs) on cloud. The purpose is to meet quality of service (QoS) and ensure energy saving at the same time by improving Double-Threshold Migration Policy [1]. In this paper, VMs are classified into different servers according to their past performance in stability of resource requirements during the experiment[4]. In contrast to unchangeable Double-Threshold Migration Policy [1], this paper sets different thresholds for classified servers. When a server is loaded past the high threshold, some VMs are migrated to other servers for the insurance of QoS. On the other hand, when the load is under the low threshold, the server is turned off after the migration of its VMs to other servers, so that energy is saved. Simulation results show that our method save more energy than other methods, and unnecessary migration costs are decreased.

Keywords: Cloud Computing, Energy Saving, QoS, Virtual Machines

1. 簡介

虛擬化 (Virtualization) 是雲端計算 (cloud computing) 中非常重要的技術之一，而其中有一項有趣的議題是：如何有效率的將虛擬機器 (Virtual

Machines; VMs) 分配到伺服器 (servers)，或稱為實體機器 (Physical Machines) 上執行。如圖1所示，其中服務分配系統 (service allocator) 必須先將 VMs 分配到適當的伺服器上，然後在執行過程中，有時必須動態的將某些 VMs 做遷移 (migration) [1]-[8]。上述問題考量的因素有二項：滿足顧客的服務品質 (Quality of Service; QoS) 及節省能源 (energy saving)。現分別簡述如下：

1. 滿足顧客的 QoS：

好的雲端服務必須給使用者穩定的 QoS、將違反 Service Level Agreements (SLAs) 的機會降到最低。為了達此目的，在 [1][4] 提及有些靜態的 VMs 分配法，會依照所有 VMs，在整個執行過程中所需資源的最大值 (peak demands)，先行排序，然後依照 Best Fit Decreasing (BFD)、First Fit Decreasing (FFD)、Worst Fit Decreasing (WFD) 等演算法，依序分配這些 VMs 到適合的伺服器上執行，而且在整個執行過程中，不再變動。這些靜態法的優點是容易滿足顧客的 QoS，缺點是會浪費較多伺服器的資源。

另外在 [4] 提及有些研究會利用動態法，定時依照目前 VMs 對資源的需求，動態調整 VMs 的分配，這種方法可以善用伺服器資源，但是必須花額外的負擔做 VMs 在伺服器間的遷移。而且必須隨時處理伺服器的超載，以維持好的 QoS。

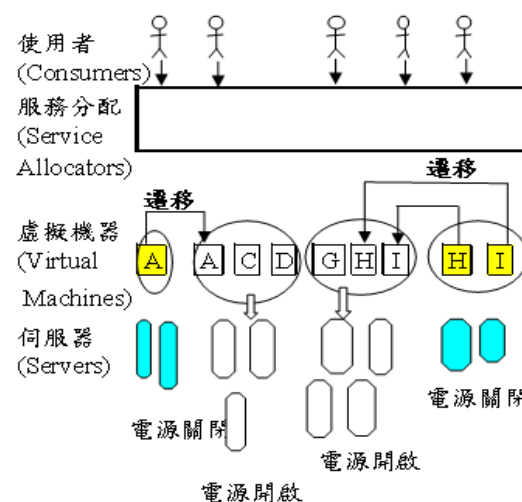


圖1 遷移輕負載VMs以減少開啟的伺服器[1]

2. 節省能源：

大型資料中心的能源的負擔日益增加，根據

[3]提及的報告顯示，在美國2011年所耗的電為1兆 kWh，幾乎是2006年的2倍。還有其他的研究顯示，當伺服器在閒置或使用率低時，仍然會消耗不少能量。例如在[6]中有關CPU使用率與能量消耗關係圖中提及，當CPU的閒置時(0%)的耗電量(約75Watts)，是使用率100%時耗電量(約140Watts)的一半左右。而[1]提及的相關研究更指出，閒置的機器耗電量高達CPU滿載時的70%。所以為了節省能源，許多論文都提出與傳統bin packing 結合的類似解法，盡可能將所有VMs分配到較少個數的伺服器上[1]-[4]。例如圖1顯示，VMs中的A、H、I，因為所在的伺服器使用率較低，因此遷移到鄰近的伺服器上執行，並且將原來的伺服器關機，以節省能源。

然而，如果太積極的將VMs集中到少數伺服器，會有下列問題：首先，VMs做遷移時，必須付出額外的費用，因此必須減少不必要的遷移。此外，因為每個VMs所需的資源，有些會因時間的演進而改變(變多或變少)。當所需的資源超過原先分配量時，可能會讓伺服器超載，而降低使用者服務品質，而且當伺服器負擔超過某個比例(例如70%以上)，所消耗的能量會快速上升[6]。然而，若所需的資源變少時，伺服器的使用率太低時，又會浪費資源。

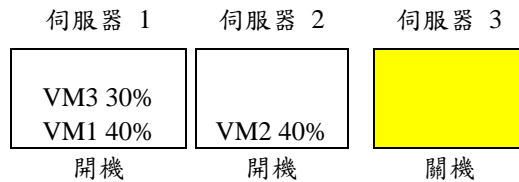
本論文提出一個可同時滿足顧客服務品質及節省能源的虛擬機器遷移策略，稱為可調式雙門檻的虛擬機器遷移策略。我們改良[1]的高低雙門檻值策略：當伺服器上的負荷大於高門檻時，遷移一些VMs到其他伺服器，以維持服務品質；反之，當伺服器上的負荷小於低門檻時，則將所有的VMs遷移到其他伺服器，然後關掉該伺服器以節省能源。首先參考[4]，根據前一段時間內所有VMs執行的紀錄，將VMs依照其在執行過程中，對資源需求的穩定度分類，然後將需求穩定度相近的VMs集中到同一群伺服器執行。不同於[1]的固定雙門檻值，我們執行不同穩定度的伺服器，設定不一樣的高低門檻值。模擬結果顯示，我們提出的可調式雙門檻分配策略，可以節省伺服器的能源，亦可減少不必要的VMs遷移。本論文其他部份包含：第二章是相關文獻探討，第三章是研究方法、實驗結果及討論，第四章則是結論。

2. 相關文獻探討

T.C. Ferreto 等人在[4]將VMs集中在伺服器上一起執行的動作，稱為伺服器合併(server consolidation)。他們認為伺服器合併必須定期執行，原因是使用者在VMs的工作量及所需資源，會在執行過程有變動，當某些VMs需求變大，使得所在的伺服器超載時，須遷移一些VMs到其他較空間的伺服器，然而要遷移哪些VMs(需求變大的VMs，還是其他的VMs)，則是有趣的議題。如

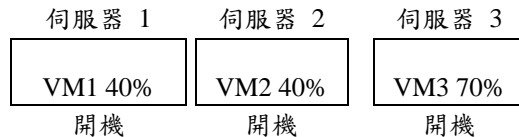
圖2所示，原來VM1和VM3在伺服器1，VM2在伺服器2上，一段時間後，VM3的需求量從30%增加到70%，顯然VM3在伺服器1和伺服器2都會超載，因此有二個解決方式：第一種是開啟伺服器3，將VM3分配到伺服器3執行；第二種則先將VM2遷移到伺服器1，再將VM3遷移到伺服器2，伺服器3則保持關機。第二種的方式雖然多了一次遷移，但少開啟一台伺服器。第一種則只做一次遷移，但多開啟一個伺服器。

原始的分配:



當 VM3 改變需求從 30% 增加到 70%

第一種可能：



第二種可能：

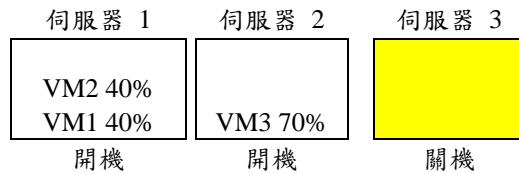


圖 2 當某 VM 需求量增加時，二種不同的遷移策略

[4]的作者認為先前有些策略，為了將開啟伺服器個數降到最少(節省能源)，遷移策略會過度積極。因此提出一個較為穩定的VMs遷移策略，稱為Dynamic Consolidation with Migration Control。在VM的執行過程中會發現，有些VMs對於資源的需求量變異很大，有些則較穩定，甚至有些則都不會變動。他們建議需要做VMs遷移時，盡量找資源的需求量變異大的VMs，至於資源的需求量較穩定的則盡量不動。實驗結果顯示，Consolidation with Control法雖然比Consolidation without Control多用一些伺服器，但遷移次數有很顯著的減少，相較之下，Consolidation with Control的表現較佳。此論著著重在節省能源(減少server開機數及降低遷移次數)，對於使用者QoS的問題則並未提及。

A. Beloglazov 等人在[1]建議：首先將VMs利用解決bin packing，經過稍許修改的Best Fit Decreasing法(簡稱MBFD)先行分配到適當的伺服

器上。然後在執行過程中，設定雙門檻值(double-threshold)：高門檻、低門檻。雙門檻的功能如下：

1. 當某伺服器的負擔大於高門檻值時，先從該伺服器中找出最少個數個 VMs(移出這些 VMs 就可以讓該伺服器的負擔降到比高門檻值小)，然後將這些 VMs 遷移到其他伺服器上執行，以降低該伺服器的負擔，顧及使用者的 QoS；
2. 另一方面，當某個伺服器的負擔低於低門檻值時，則將該伺服器上所有 VMs 先遷移到其他伺服器上執行，然後將該伺服器關掉，以節省能源。

根據[1]的實驗發現，作者建議高低門檻值差距定 40%(分別為 30% 和 70%)，可以在能量消耗及違反 SLA 間得到最佳解。

3. 研究方法、實驗結果及討論

我們改良[1]的雙門檻值 VMs 遷移策略：根據伺服器上執行 VMs 時，資源需求穩定度的差異，動態調整 VMs 遷移的高低門檻值，稱為可調式雙門檻的 VMs 遷移策略。可分為下列三個步驟：

1. 根據伺服器上執行 VMs 資源需求穩定度差異，將伺服器分類：我們根據前一段時間內，所有 VMs 執行的紀錄，將 VMs 依照其對資源需求的穩定度分類。然後將需求穩定度相近的 VMs 集中管理：也就是說，所有類似穩定度 VMs 盡量分給固定一群伺服器。所以會有一群伺服器，大部分都是執行穩定需求的 VMs，另一群伺服器大部分都是執行較不穩定需求的 VMs。
2. 可調式門檻值的設定：[1]會用固定一組高低門檻值，定時檢視各伺服器的負載，必要時做 VMs 的遷移。我們的方法則建議，根據上一步驟伺服器的分群，給予不同的門檻值設定。執行穩定度高 VMs 的伺服器，其高低門檻值彈性可以大一些，穩定度低者的高低門檻值差則必須小一些。
3. 被遷移的候選 VMs 選定：在執行過程中，某伺服器的負載超過高門檻，被遷移的候選 VMs 如何選定。我們建議和[1]相同：從該伺服器中找出最少個數個 VMs，當移出這些 VMs 就可以讓該伺服器的負擔降到高門檻值以下。至於某伺服器負載低於低門檻，則將遷移的 VMs 分別遷往屬性相近的伺服器執行，然後將該伺服器關閉，以節省能源。

我們利用模擬實驗以驗證可調式雙門檻遷移策略的可行性，表 1 為實驗的輸入資料，我們假設有 50 個使用者工作，每一個工作使用一個 VM，整個實驗共有三個時間點，T1 到 T3 為工作在三個時間點所需的資源比例，其中所需資源比率是從 0.1 到 0.5 到的隨機亂數。stdev 則是三個時間點所需資

源的標準差，標準差越大表示資源需求不穩定。例如 ID1 的三個時間點分別需要 0.5、0.4、0.3 個伺服器資源，標準差 0.1。

能源消耗的計算方式是參考[6]的模式，如表 2，當伺服器開啟，但閒置時(使用率為 0 時)消耗的能源，大約為伺服器使用率滿載(100%)時的約一半。一般而言，使用率在 50%到 80%為最佳。

表 1 模擬實驗的輸入資料

ID	T 1	T2	T3	stdev	ID	T 1	T2	T3	stdev
1	0.5	0.4	0.3	0.10	26	0.3	0.3	0.1	0.12
2	0.3	0.4	0.4	0.06	27	0.5	0.3	0.3	0.12
3	0.3	0.4	0.2	0.10	28	0.3	0.4	0.5	0.10
4	0.4	0.2	0.5	0.15	29	0.5	0.1	0.1	0.23
5	0.1	0.5	0.3	0.20	30	0.4	0.4	0.2	0.12
6	0.4	0.2	0.3	0.10	31	0.1	0.3	0.1	0.12
7	0.4	0.3	0.2	0.10	32	0.1	0.1	0.4	0.17
8	0.5	0.5	0.1	0.23	33	0.2	0.4	0.1	0.15
9	0.3	0.2	0.3	0.06	34	0.5	0.5	0.2	0.17
10	0.3	0.4	0.3	0.06	35	0.5	0.2	0.1	0.21
11	0.4	0.4	0.5	0.06	36	0.1	0.1	0.5	0.23
12	0.3	0.2	0.3	0.06	37	0.2	0.4	0.4	0.12
13	0.2	0.3	0.1	0.10	38	0.1	0.3	0.4	0.15
14	0.5	0.4	0.2	0.15	39	0.4	0.4	0.4	0.00
15	0.4	0.5	0.3	0.10	40	0.3	0.1	0.2	0.10
16	0.5	0.4	0.4	0.06	41	0.5	0.5	0.4	0.06
17	0.3	0.3	0.4	0.06	42	0.5	0.3	0.5	0.12
18	0.4	0.2	0.3	0.10	43	0.2	0.2	0.3	0.06
19	0.1	0.2	0.5	0.21	44	0.1	0.2	0.1	0.06
20	0.3	0.3	0.5	0.12	45	0.4	0.4	0.4	0.00
21	0.5	0.4	0.2	0.15	46	0.3	0.4	0.1	0.15
22	0.2	0.4	0.3	0.10	47	0.5	0.4	0.5	0.06
23	0.2	0.4	0.4	0.12	48	0.2	0.3	0.2	0.06
24	0.3	0.1	0.5	0.20	49	0.3	0.4	0.4	0.06
25	0.3	0.1	0.5	0.20	50	0.4	0.4	0.1	0.17

表 2 能源消耗計算方式

資源消耗比率	能量消耗(kWh)
0%	75
10%	78
20%	80
30%	84
40%	88
50%	91
60%	97
70%	102
80%	118
90%	135
100%	140

我們模擬二種遷移策略：雙門檻遷移策略和可調式雙門檻遷移策略。其中雙門檻遷移策略的門檻值大致參考[1]建議，高門檻為 0.7，低門檻則略加為 0.4。至於可調式雙門檻遷移策略，則先將工作依照 stdev 大小分為二群：0 到 0.1 的穩定群和大於 0.1 的不穩定群，執行穩定群的伺服器高低門檻為 0.8 和 0.3，執行不穩定群伺服器高低的門檻為 0.7 和 0.4。

實驗結果如表 3 顯示。可調式雙門檻遷移策略較節能，伺服器個數也最少，而且遷移負擔比雙門檻遷移策略少。

表 3 實驗結果

		雙門檻制	可調式雙 門檻制
能量 消耗	時間一	2423	2435
	時間二	2603	2413
	時間三	2369	2305
	總量	7395	7153
遷移 次數	時間一	0	0
	時間二	8	8
	時間三	9	6
	總次數	17	14
伺 服 器 數	時間一	24	23
	時間二	27	23
	時間三	24	22
	總次數	75	68

4. 結論及未來工作

滿足顧客服務品質及節省能源是雲端服務的重要考量，本論文提出的虛擬機器遷移策略可以同時滿足上述二項。我們將伺服器分為二群，分別服務對資源需求穩定度相異的 VMs。針對執行穩定需求 VMs 的伺服器，給較大彈性的門檻值，反之，對執行不穩定需求 VMs 伺服器，則限定較嚴格的門檻值。模擬結果顯示，我們提出的可調式雙門檻策略，可以節省伺服器的能源，亦可減少不必要的 VMs 遷移。

我們的實驗並沒有針對不同的資源分別考量，[1]的作者認為伺服器的能量消耗 CPU 影響最多，但是近年來 CPU 相關技術的進步使得記憶體和網路的因素日益重要。因此未來的 VMs 遷移策略必須同時將記憶體、磁碟、網路等一併考量。

致謝：

本論文之研究經費，主要由國科會計劃 NSC 102-2221-E-126-005 提供，在此致謝。

參考文獻

- [1] Anton Beloglazov, Jemal Abawajy, Rajkumar Buyya, Energy-aware resource allocation heuristics for efficient management of data centers for Cloud computing, *Future Generation Computer Systems* 28 (2012) 755-768.
- [2] Anton Beloglazov and Rajkumar Buyya, Optimal Online Deterministic Algorithms and Adaptive Heuristics for Energy and Performance Efficient Dynamic Consolidation of Virtual Machines in Cloud Data Centers, *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, Volume 24, No. 13, Pages: 1397-1420, 2012.
- [3] Weiwei Fang, Xiangmin Liang, Shengxin Li, Luca Chiaraviglio, Naixue Xiong, VMPlanner: Optimizing virtual machine placement and traffic flow routing to reduce network power costs in cloud data centers, *Comput. Netw.* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2012.09.008>
- [4] Tiago C. Ferreto, Marco A.S. Netto, Rodrigo N. Calheiros, and Cesar A.F. De Rose, Server consolidation with migration control for virtualized data centers, *Future Generation Computer Systems* 27 (2011) 1027-1034.
- [5] Í. Goiri, J.L. Berral, J.O. Fitó, F. Juli, R. Nou, J. Guitart, R. Gavaldà, J. Torres, Energy-efficient and multifaceted resource management for profit-driven virtualized data centers, *Future Generation Computer Systems* Volume 28, Issue 5, May 2012, Pages 718-731
- [6] Ching-Hsien Hsu, Kenn D. Slatger, Shih-Chang Chen, Yeh-Ching Chung, Optimizing energy consumption with task consolidation in clouds, *Information Science* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.ins.2012.10.041>.
- [7] Bahman Javadi, Jemal Abawajy, Rajkumar Buyya, Failure-aware resource provisioning for hybrid Cloud infrastructure, *Parallel Distrib. Comput.* 72 (2012) 1318-1331.
- [8] Xavier Leon, Leandro Navarro, A Stackelberg game to derive the limits of energy savings for the allocation of data center resources, *Future Generation Computer Systems* 29 (2013) 74-83.