綠色高熱量伺服器單櫃

國立交通大學機械工程學系 大四 楊砥柱 指導教授:陳俊勳

摘要

本創意研究計畫的目的是藉由重新設計機櫃的幾何形狀，改良機櫃或冷熱交換方式來提升高熱量伺服器單櫃的散熱效果與能源使用效率。綠色高熱量伺服器單櫃的概念為將傳統機櫃改變為密閉式的空間，並以絕熱之材料建構。冷、熱空氣藉由機櫃前側進入，冷空氣經由本身向下的流動性質沿著內部冷通道進一步將伺服器降溫，熱空氣再以其向上流動之性質沿著內部熱通道向上，最後經由外部熱通道排出。研究過程使用熱顯像儀對現有之IDC（internet data center）處用的刀鋒伺服器單櫃進行觀測，並且收集IDC廠房及刀鋒伺服器的周邊相關資料，再以熱影像儀之配套圖像軟體加以處理並配合RCI（the rack cooling index）分析能源效率。針對完善改進處以FLUENT軟體進行單櫃內流場模擬，再以FLUENT模擬之單櫃流場作為改善的基礎，設計出散熱與能源使用效率更為優異並且可以輕鬆擴充的機櫃。

創意重點

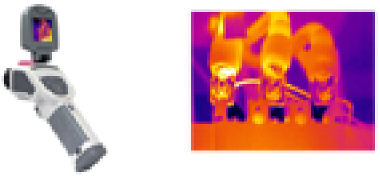
本創意研究計畫利用模擬軟體FLUENT做研究及探討，為了提高模擬軟體的準確性，我們必須在模擬之前針對實際狀況來進行模擬測試，當模擬與實驗值的誤差小於5%，用模擬軟體所得到的模擬情形才能夠被信任，也更接近真實情況。因此在進行綠色高熱量伺服器單櫃設計之前，必須先利用熱顯像儀之配套軟體實際的擷取目前現有刀鋒伺服器的機櫃之溫度分布，接著依照機櫃的幾何結構及散熱機制建立一同樣大小之模型來進行數值運算，當模擬後所得到的結果符合預期的誤差值以下時，就可以進行我們提出的創意及想法，構想過程中對機櫃加以改良的重點分別為以下三點:

1. 機櫃需要有許多的模組通過機櫃背面。
2. 機櫃的材質在未來的設計採用使用絕熱性的材料並且為密閉式的空　　間。
3. 機櫃的熱交換系統主要設計於機櫃上下端的冷熱交換處。

根據以上重點將模擬的結果由RCI指標進行檢驗及比較，經過不斷改進即可以得到最具高效能且有用的綠色高熱量伺服器單櫃，以下將實際操作的過程細分為三個部分介紹，分別為以下四列:

1. 實驗設備及使用方法

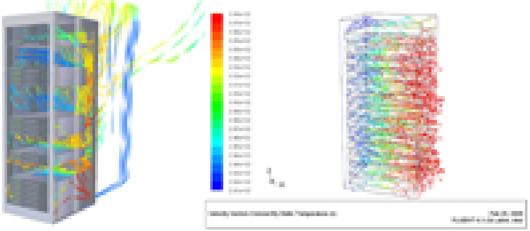
本構想首先將前往各大企業之機房，對各種品牌的各型號之刀鋒伺服器機櫃使用紅外線熱顯像儀SAT-S160進行拍攝，如圖5所示，紅外線熱像儀具有非接觸紅外線熱影像、溫度記錄、溫度分析、電力分析等等功能，一般適用於各種公共場合的體溫檢測，電力、電訊設備之過熱故障檢知檢測...等各型設備之溫度之熱能檢測及與使用前後對於溫度變化的研究等，此設備在本構想中對各重要伺服器單櫃的熱度變化，提供真實情況及數據，以便與模擬軟體使用RCI值進行驗證，並記錄伺服器的周邊環境。



圖中為熱顯像儀以及其所拍攝的影像。

2.數值模擬方法及步驟

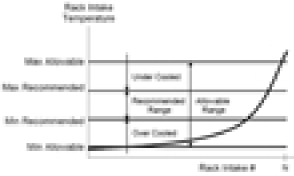
本構想的模擬軟體係以套裝軟體FLUENT作為數值模擬工具，利用FLUENT可以清楚的將溫度顯現於圖面上，溫度分布能與熱顯像儀的紅外線熱影像進行初步比較，並針對機櫃內部各種熱點輸出溫度數值，再依據RCI的指標運算結果進行單櫃的優化，另一方面模擬也可以提供流場的畫面，經由物理現象的理解，可以讓我們針對機櫃內幾何結構及散熱機制做更好的設計建議，創新發明必須要驗證數值模擬的可靠度是否正確，因此在設計綠色高熱量伺服器單櫃的模擬之前，需與實驗所得之結果進行驗證。



圖中為使用軟體所得之速度及溫度分佈。

3.RCI指標

以下是這次實驗重要的參考指標RCI的簡介，並以數學式將其定義表示出，實驗過程中有一個很重要的假設[RCI值越高表代表其效率越好]，因為本構想的目標在於機櫃的幾何形狀與散熱機制，RCI值雖然不能完全呈現出實際的情形，可是已經是目前較直接的無因次分析資料中心內機櫃的冷卻指標，當機櫃吸入口溫度超過最大建議溫度時，稱為過溫（over-temperature），$RCI_{HI}=100\%$代表沒有過溫存在且所有機櫃吸入口溫度小於最大建議溫度，即吸入口平均溫度都在最大建議溫度範圍內，則機櫃內的伺服器不會造成過熱當機的情況，但是為了避免此現象發生，刻意調降機櫃吸入口溫度，雖可避免機櫃發生過熱情形，但將造成能源的浪費，因此另一個無因次指標RCI_{LO}，指出吸入口平均溫度過高與過低都是不好的，應該設計在建議溫度範圍內，不僅可避免機櫃過熱造成伺服器的當機，又可減少過度的能源浪費，圖7為RCI值的建議範圍與容許限制的圖表。



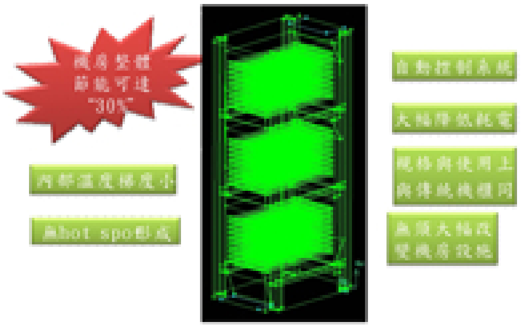
$$RCI_{HI}=\left[1-\frac{\sum(T_x-T_{max-rec})_{T_x>T_{max-rec}}}{(T_{max-all}-T_{max-rec})n}\right]\times100\%$$

$$RCI_{LO}=\left[1-\frac{\sum(T_{min-rec}-T_x)_{T_x<T_{min-rec}}}{(T_{min-rec}-T_{min-all})n}\right]\times100\%$$

圖中為RCI之允許範圍及其定義。

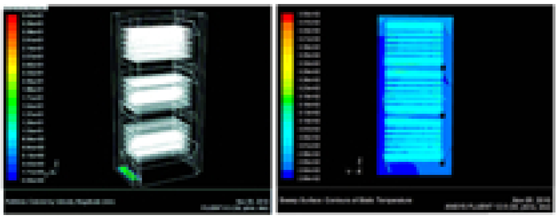
創意成果

在得到設計方向後我們會在考量安全無虞的情況下開始畫出可執行的設計，並開出實體的綠色高熱量刀鋒伺服器機櫃，經過重新設計後之機櫃在節能(RCI_{LO})與散熱(RCI_{HI})的比值都會有大幅的提升，使得企業現有之機房在[illegible]之下冷卻效能得到提升，由於模組適組不需要消耗大量成本，因此可以大幅改良有創意的設計和構想的高熱量單櫃。



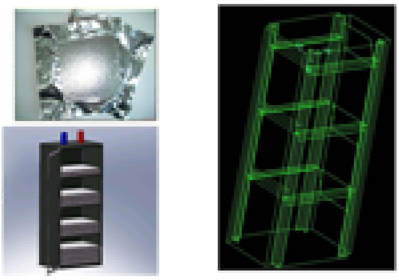
未來IDC的能耗將因「綠色高熱量伺服器單櫃」的出現大幅降低，現今在運作的機房仍耗費大的能量但其使用效率[illegible]，為了提高能源的使用效率，現行的ESCO模式可說是相對的幫助，[illegible]「綠色高熱量伺服器單櫃」的出現，既有機房之業主[illegible]，新建機房之業主也在綠色高熱量伺服器單櫃的幫助下，輕鬆達成節能的IDC。

創意成果將為一具有高效能、高冷卻能力、高穩定性之機櫃，這些機櫃會針對市場上主流的伺服器規格加以設計，並且可以在完善機房時以簡單的模組方式，從新的機櫃加入到機房當中，完全不會影響整體的運作，也就是說再也不需要一味降低IDC的空調溫度或是重新設計整體流場。



圖中分別為速度場(左)及溫度場(右)圖。

此新模式將傳統的IDC做出變革，藉由絕熱材料及密封式的設計能將多方面的因素都整合到了機櫃中；像是改善的整體流場規劃以及IDC的許多內部設備如(高架地板一層)，都整合在內；在機房的建置過程當中無須再針對各個機房實際個別的設計，業主只需要選購合適的機櫃，便可以在啟動冷卻系統的情況下開始運作，並有效節省運作的成本。



圖中左上為真空絕熱板圖下為上入上出式機櫃，右方為其架構。

創意心得

目前網路資訊中心(IDC)的耗能甚鉅，主要是高電力密度的伺服器，在經過企業對設備的統合與升級的需求，IT產業乃推出體積更小的刀鋒伺服器，隨著刀鋒伺服器的普及與發展，高密度伺服器的耗電密度也越來越高，雖然伺服器的處理器越用，已經能夠發展更低功耗的產品，但是當伺服器密度太高，就會出現額外的散熱問題，許多熱點（hot spots）也隨之產生，傳統機房冷卻系統已不適合目前的散熱工作，這個時候用戶就會調降空調IDC的空調來解決問題，於是用電量會更節省，不僅造成能源浪費，也不符合經濟效益，若是從改進機房設計的為降低耗電量的思維，雖然可以有效的改善上述的問題，可是往往在大部分的業者以及IDC運作的條件，對於企業而言並不是個可以接受的選擇，於是高熱量的單櫃內部設計之重要性則日漸提升，個人在偶然的機會下發現家庭中的冰箱與機房中的機櫃有很多的相似處，他們的功能都在於隔絕與冷卻其內容物，而冰箱能比機櫃要更能夠把冷卻的範圍縮小(無須冷卻家庭中其他的空間)且冷卻效能較為完善，不需要對大範圍的面積進行冷卻，因此可以大幅提升用電效率以及冷卻效率，基本機櫃的冷卻方法是使用機房冷卻系統來進行降溫，其冷卻方法可略分為Bottom-up、Top-down及Reverse-Tile三種，如圖1所示在三種冷卻系統當中以Top-down的效果最為優異，不論是RCI_{HI}或RCI_{LO}的值都是最高的(詳見研究方法章節的RCI內容)，因此將以Top-down系統之概念加入綠色高熱量伺服器單櫃，當然也會考量台灣目前主流的Bottom-up配置，希望既有的機房能在最小的改變下得到改善，本構想利用數值模擬的方法對高密熱量之刀鋒伺服器單櫃作具有實效的改變，並且進一步開發實體及申請相關專利。