

# 資料中心基礎設施改善經驗分享

文：林士基

台達電子工業股份有限公司

## 前言

資料中心已在企業扮演不可缺席的角色，如何在相同可靠性的架構下降低建置及營運成本，將有效提高企業競爭力。

本文將針對資料中心的基礎設施有耗電的設備進行探討，如何規劃可以滿足 IT 設備初期需求並可擴充的架構，且降低整體用電量的案例，從 PUE 的量測得到改善評估，討論從節能角度評估 ROI 的可行性。

## 資料中心耗電設備

資料中心服務的房客簡單說有伺服器、儲存設備及網路通訊設備等，為滿足這些設備不中斷的服務必須於電力及空調設備，在規劃有冗餘功能的系統將會降低設備使用率，導致設備的效率降低及耗電增加。

Green Grid 提供評估系統效能的量測方法 PUE(Power Usage Effectiveness)，PUE 定義如下：

**PUE=資料中心總用電 / IT設備用電**

其中IT設備用電包括所有的IT設備的負載，如同伺服器、儲存和網路設備，甚至輔助設備如KVM、顯示器、工業電腦用於監控資料中心。

資料中心總用電包括支持IT設備負載條件的用電，如：

- 電力系統:如UPS、配電及開關、電池和配電損失。
- 空調系統：如冰水機組、機房空調機(CRAC,CRAH)、水泵及冷卻水塔等。
- 伺服器、儲存設備及網路設備等。
- 其他雜項設備，如資料中心照明負載、監控門禁系統及消防系統。

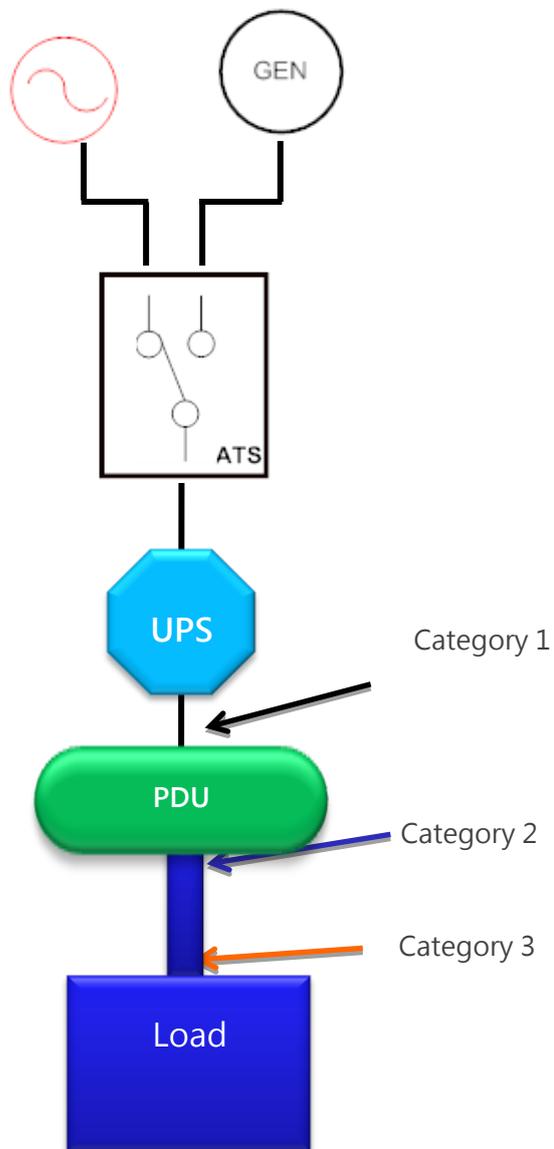


圖1 資料中心PUE量測位置

相對的各系統的可靠性及電力系統量測位置會對 PUE 有不同的結果，因此 IT 設備用電量測位置有三處，分為 UPS 的輸出、PDU(配電設備)的輸出及 IT 設備的實際用電如圖 1 標示說明，提供給使用者量測依據，作為能源使用效率評估的比較基準，此三種量測在量測位置及取樣時間有差異，但這三種 PUE 量測均可以為下列改變作來評估依據：

- 是否有機會提高資料中心的運營效率。
- 如何建置比較有競爭力的資料中心。
- 隨時間提高資料中心設計及營運效能。
- 是否可以利用額外的 IT 設備的資源。

我們將使用此 PUE 定義中的第二類 PDU 輸出為量測位置(舊機房因資料採集困難將使用 UPS 輸出為計算基礎)，作為我們新機房能源使用狀況的評估依據。

## 資料中心新建及改善計畫

### A.既有機房狀況

舊大樓內的機房已經使用超過 10 年，IT 設備增加造成電力容量由原本的冗餘架構變為擴容使用，可靠性已經明顯下降，日積月累的機櫃內線纜，也影響到機櫃內散熱及可用性如下圖 2-1。加上傳統老舊的空間配置規劃，未能於機房內有適當的氣流，導致冷熱風混合，降低了空調的效率如圖 2-2。同時，舊機房亦無環境及基礎設置監控系統，消防系統也非機房專用，僅僅提供手持滅火器，已經不能滿足營運要求。舊機房使用狀況說明如下：

1. 總用電約 70,730W
2. 既設有 20 的伺服器櫃及 3 個網路櫃
3. 使用面積約 193 米平方公尺
4. 使用人數約 2600 人

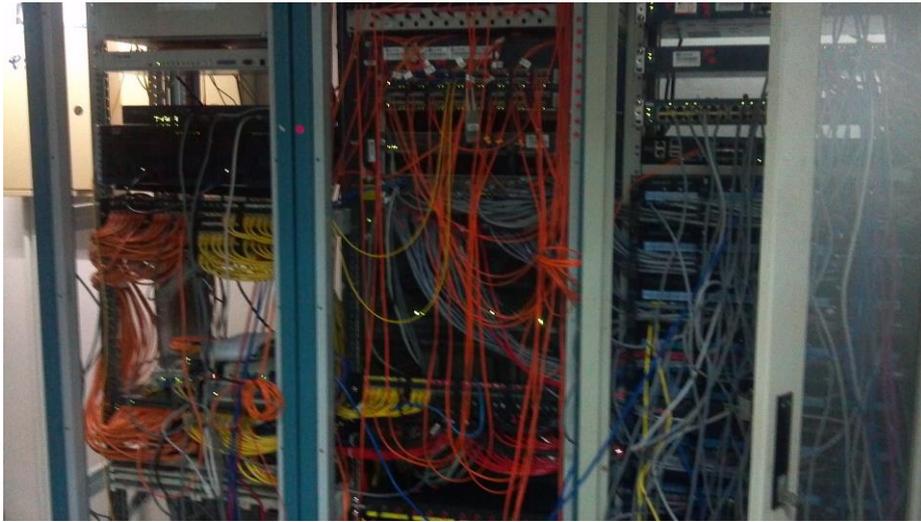
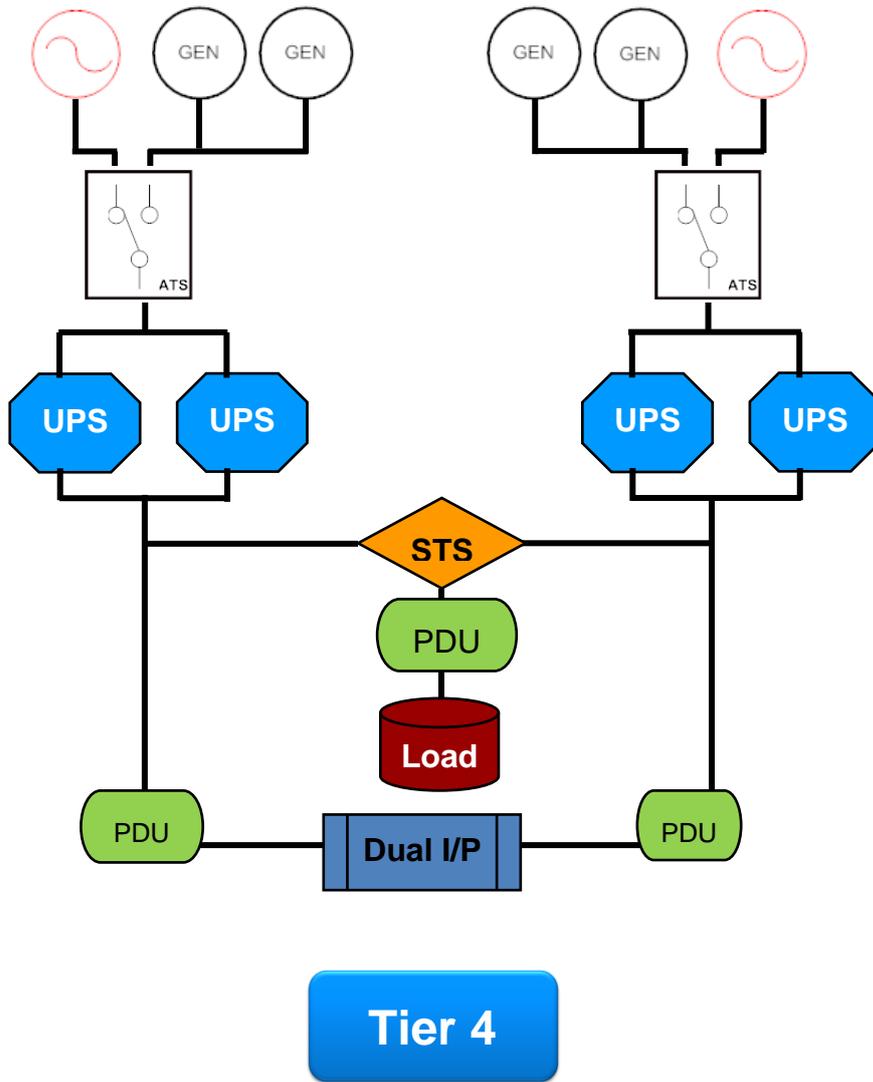


圖 2-1 機房的歷史包袱



圖 2-2 機房內空間規劃不當，無法有效散熱，空間使用率也低



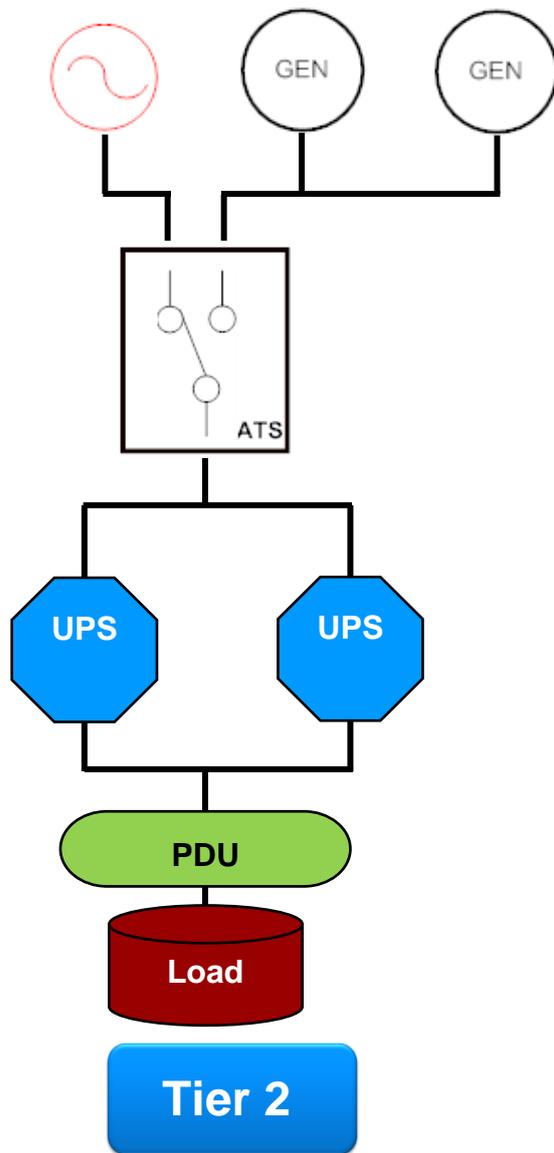


圖 2-3 TIA 942 建議 Tier2 及 Tier 4 架構

## B.改善目標及計劃

很幸運我們有機會參與規劃建置新機房或於舊大樓改善舊機房的討論，透過與機房管理者彙整的 IT 設備數量及未來 5 年預估成長所會增加的設備數量，

來估算機房的使用面積需求(機櫃數量)、用電量、空調制冷量及環境管理等基礎設施。

當然以使用者的第一反應會希望全部選擇最高等級的設計方案，但費用要最低，可以想像這種事情似乎很難發生在現實的社會裡，因此與使用者開會討論，確認下列主要需求：

1. 系統架構對應 TIA 942 的需求 Tier 2
2. 中高密度運用(最大 12 Kva/Rack)
3. 機房基礎設施管理系統
4. 節能要求( $PUE_1 < 1.5$ )
5. 極早期及主動消防系統
6. 冷熱通道規劃
7. 機房用電量需可以成長 50%，機櫃空間需有 30%的擴充能力。
8. 人員進出機房需分流，方便管理及施工

在充分瞭解需求將其轉變成實體的設備量，並且善加運用環境規劃節能計劃，經過計算及討論確認下列事項可以達成：

1. 22 個伺服器櫃及 8 個網路櫃
2. UPS 容量初期需要 90Kva 以上，可以成長到 135Kva，並且為 N+X 的系統設計
3. 空間規劃為主機房、網路區、電力室、操作室及儲存室等
4. 冷通道 120 公分以上，熱通道 90 公分以上
5. 整體環境將有 1/3(從歷史資料上有 121 天)的時間氣溫低於 15°C，可以結合熱交換器進行節能。
6. 建立兩套冰水系統的交替運行，並透過水冷及氣冷不同的系統，避免停水的困擾。再者運用夜間室外溫度較低之特性，於夜間運行氣冷冰水系統，日間運行水冷冰機系統，如室外環境氣溫低於冰水回水溫度(目前設定 2°C 溫度差以上)，亦可使用熱交換氣作為部分降溫，在由冰水機系統作送水溫度(7.2°C)的控制。

7. 室外溫度低於 15°C時，可以依室內的發熱量作到自然冷卻，如發熱量過大或太集中，系統將會自動啟動冰水機系統補足制冷需求。

將上述的概念，於規劃圖紙上依設備擺放、樓高狀況及動線規劃出平面圖，轉成 3D 的圖像將可以讓使用者更清楚整體佈置，如下圖 3-1 及 3-2。



圖 3-1 與建物相關 3D 規劃圖



圖 3-2 機房配置 3D 規劃圖

如此的規劃是否可以在可靠性不妥善的狀況下，做到節能的要求，我們依規劃使用的產品及解決方案的特性，計算此機房於運行的狀況下可能的 PUE 值，如下表 3-1，因此機房並非於樓頂層，且直接與外牆接觸的部份已經規劃為維修通道，環境熱負荷量將影響有限，位置選擇也供獻部分節能。

	熱量( kW)
IT 設備用電(80Kw 估算)	80.0
UPS 效率(91%)	7.9
PDC 及配電損失(1 %)	0.8
機櫃式空調用電 (依當下負載 300 w/Unit*12 台)	3.6
其他設備用電 (如監視系統、消防系統等)	1.0
環境熱負荷 (因無對外窗及日照問題)	2.0
照明(42 W *28 units · 50%開)	0.6
冰水系統用電(COP=3.8 估)	25.2
PUE	1.51

表 3-1 機房能源使用效率概算(PUE)

從設計確認到工程完工的施工期約 50 天，完工照片如下圖 3-3 至圖 3-6。



圖 3-3 伺服器機房(冷通道)

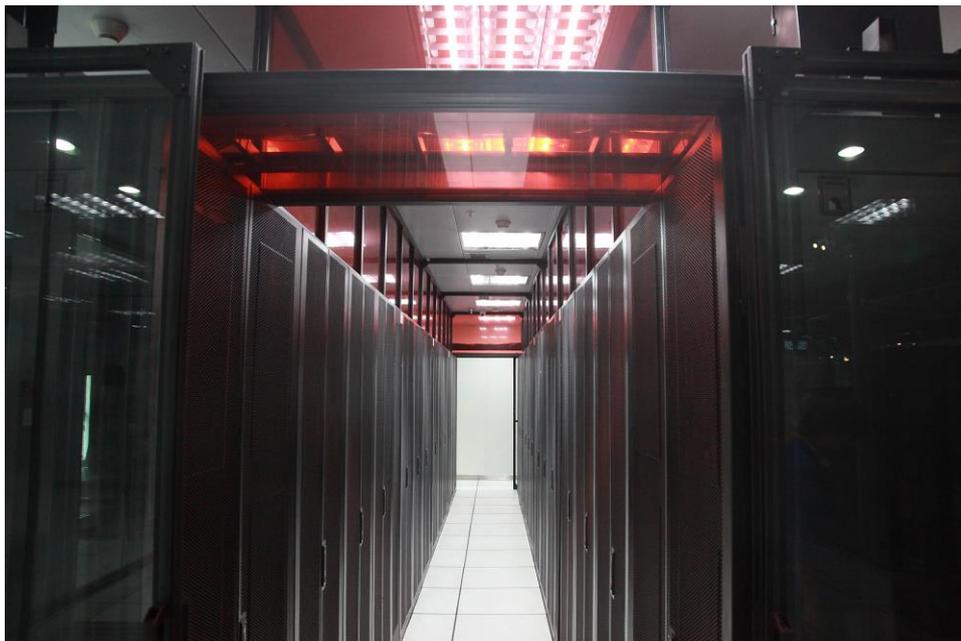


圖 3-4 伺服器機房(熱通道及熱通道封閉)



圖 3-5 網路機房(使規劃冷通道封閉)



圖 3-6 室外設備配置，包括氣冷及水冷冰機及熱交換器等設備

## C.目標檢驗

針對幾項達成的目前說明如下：

### C-1 電力可靠性滿足 Tier 2

UPS 系統採用模塊化設計，最大可以擴容到 200Kva/Kw(Pf=1)，初期可以做到 N+X 的冗餘，UPS 的控制器、電力模塊、靜態旁路開關等均為熱抽換設計，大大降低系統修復時間，且電力模塊亦內建有控制器的功能，UPS 具有多個控制器的設計，達到於控制器也冗餘的功能，如 UPS 需進行修復，在修復過程亦可以為 UPS 保護輸出，可說是做到 MTTR(Mean Time To Recover)趨近於 0 的概念。

UPS 輸出設計為雙迴路供電，避免人員操作錯誤及開關故障所造成的斷電問題，也滿足 IT 設備需要雙電源供電的需求。日後如要將電力系統更新為從 UPS 到 IT 設備雙路供電，僅需將其中一路配電櫃(PDC:Power Distribution Cabinet)電源改接到新的 UPS 輸出即可達成。

機櫃內配電亦採用模組化概念，單一配電設備 PDU(Power Distribution Unit)可以提供 6.6 KVA 的容量，於每一機櫃內配置兩只安裝於後方兩測，達到雙電源供電。如需要提供更高的機櫃用電密度，每一機櫃設計有多達 4 只 PDU 可供安裝，又不會占用機櫃內安裝 IT 設備的 U 數空間(目前設計的機櫃為 42U 高)，達到垂直擴容節省機房空間。

### C-2 機房能源使用效率 PUE 的改善

舊機房在負載幾乎滿載的情況下，總用電量約為 70.7 KW，PUE 約為 1.85。於新機房啟用後總用電下降為 53.0 KW，新機房 PUE 為 1.41(2012.10~2013.2

平均值)·整體機房節能約 23.7%·但就基礎設置的節能來看節能比例就快接近 50%·有顯著的改善效率。

於今年二月再針對送水系統增加變頻功能·三月份量測到的 PUE 值也進一步改善到 1.34。

### C-3 空間或占地面積的改善

如何降低機房所占面積以及基礎設施所占的比例?對於部分機房用戶來說·面積根本不是問題·但對於那些位於商業區的資料中心機房和舊機房的擴容改造·或者是辦公室改建為機房的用戶來說·所需的面積將會是個令人頭痛的問題·這裡所談的占用面積將包括伺服器及網路機房、監控室及儲存測試區、輸入出配電櫃及 UPS 系統及空調系統等。

此案舊機房總共使用 193 米平方的室內空間·新機房在扣除來賓參訪走道·實際的機房面積為 164 米平方的室內空間·在考慮未來擴容需求之下·做到 15%的面積節省。減少機房的占地面積·同時也降低機房裝修成本、配電及配管的工程費用、消防系統及氣體成本·每月的空間使用費用也有 29 米平方的減少(約 8.9 坪)。

此建置過程中其他成效有：

1. 機房基礎設施管理系統·成果如下圖 4-1 及 4-2 所示
2. 極早期及主動消防系統
3. 冷熱通道規劃
4. 未來擴充能力及線纜管理功能
5. 將整體機房分成 4 大區·伺服器、網路、電力及操作展示區·達成人員分流及管理要求。
6. 採用高達 96%效率的 UPS·於低載 30%負荷就可以達到 90%的效率。

7. 建置緊急排熱系統，於市電停電情況下，能偵測冰水溫度及熱通道的溫度狀況，自動啟動排熱功能，延長機房因停電無空調導致熱當機的時間。

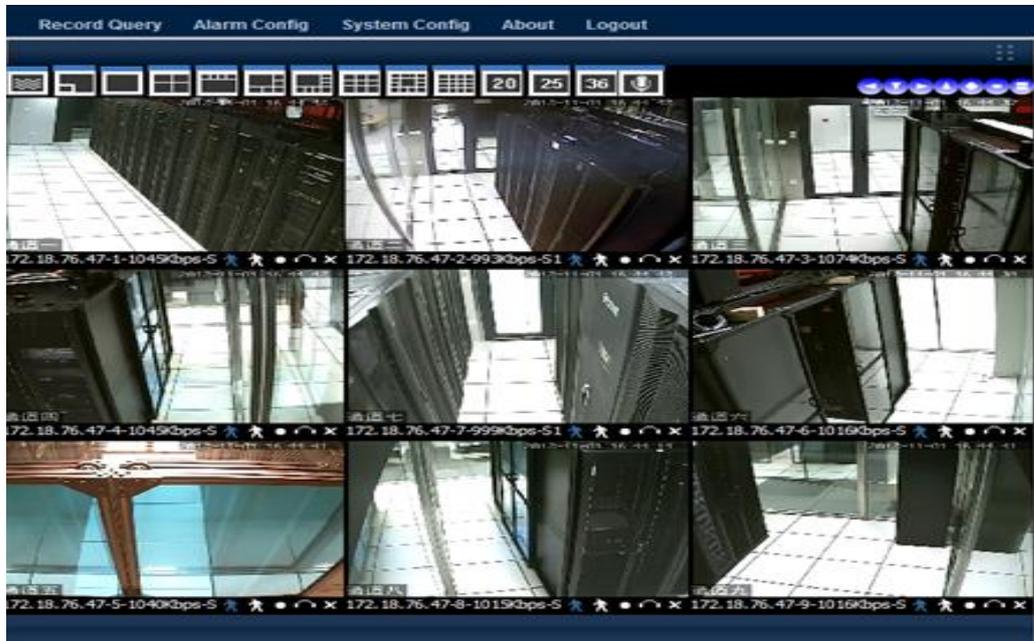


圖 4-1 環境監控系統(1)

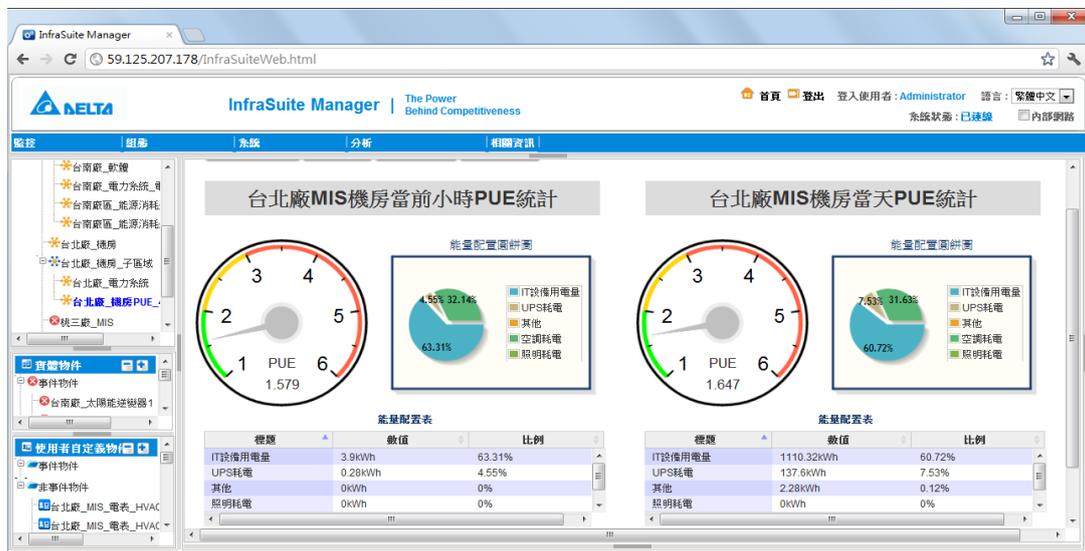


圖 4-2 環境監控系統(2)

## 結論

於建置機房前充分的討論並設定目標，透過專業人員及選用適當產品，可以達到對高可靠、節能、日後擴充、可管理性及維修性等要求。

採用節能產品會提高建置成本，但相對的可以降低日後的營運成本(電費、面積成本、消防系統及管理費用等)，本案電費節省約可以於 1.5~2 年的時間內將建置差額回收，機房使用十年以上來看，確實是值得投資。

## 參考文獻

1. The Green Grid, "The Green Grid Data Center Power Efficiency Metrics:PUE and DCiE" , 2007.
2. 李魁鵬，非製造業能源效率評鑑機制之研究計畫，綠基會委託研究計畫期末報告，經濟部能源局，2008年
3. ASHRAE,ASHRAE Handbook - HVAC Applications,Data Processing and Electronic Office Areas,2007
4. 張廣明、韓林，資料中心UPS供電系統的設計與應用，人民郵電出版社 2008.9
5. 電信網路機房\_節能應用技術手冊，經濟部能源局 2011
6. 2008 The Green Grid" SEVEN STRATEGIES TO IMPROVE DATA CENTER COOLING EFFICIENCY" RICH JONES