

出國報告（出國類別：國際會議）

2018 IEEE系統、人與控制國際會議 出國報告

服務機關：行政院主計總處主計資訊處

姓名職稱：莊雄鈞 高級分析師

派赴國家：日本

出國期間：107 年 10 月 6 日至 107 年 10 月 10 日

報告日期：107 年 11 月

摘要

本總處為推動主計業務資訊化與自動化，主計業務系統包括：中央歲計會計系統、地方市縣會計系統及統計資料分平台等，陸續納入集中維運，各項資訊設施對電力能源需求愈來愈高，如能使用綠能資通訊技術，改善或減少基礎設施系統能源需求，則可節省能源成本，達到綠能減碳效果。

IEEE SMC 2018是IEEE Systems、Man and Cybernetics學會的旗艦會議，它為研究人員和從業人員提供了一個國際論壇，報告最新的創新和發展，在會議中可以了解系統科學相關主題最先進的技術與應用。其技術領域包括：基礎設施系統與服務、綠能資通訊技術、專家知識系統、機器學習、神經網絡及其應用等等。參與本次會議目的係希望藉由專家學者應用技術及案例之分享，期能協助找出節省能源減碳方向，作為本總處日後規劃資訊基礎設施之參考。

目 次

壹、 目的	3
貳、 過程	4
參、 重要內容摘要	10
肆、 心得與建議	14
伍、 結語	17

壹、 目的

政府機關各項業務皆已資訊化，資訊應用系統與日劇增，隨著資通訊技術進步發展，衍伸出更多自動化服務，加上雲端運算服務不停成長，對資料中心之需求與依賴愈來愈重，伴隨而來是用電龐大的資料中心；知名的國際電腦公司(如：微軟、Google及Facebook)或跨國企業為降低營運成本，皆積極研究尋找，如何構建節能資料中心的方法，以減少對電力資源之龐大需求。

希望透過會議之參與，了解國際上專家、學者及學校研究人員在資訊科技發展趨勢與未來應用之方向；期能利用綠能資通訊技術於資訊設備集中維運管理後，減少資通訊機房基礎設施系統的能源需求與消耗，及提高空間使用效率。

貳、 過程

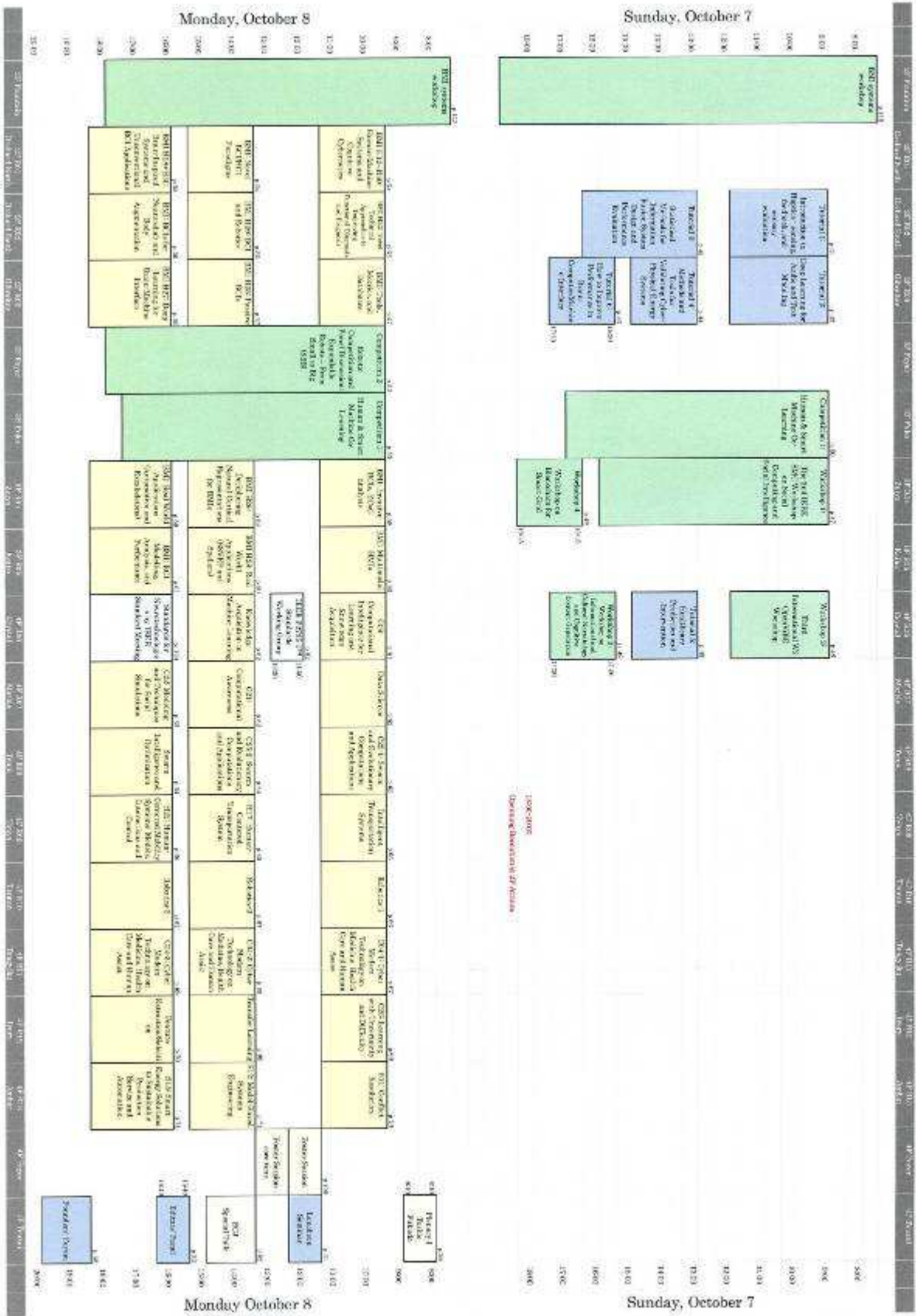
IEEE SMC學會每年輪流於世界各地，由各國會員辦理年會，本次會議(2018年會)於日本宮崎市舉行四天(107年10月7~10日)。今年度大會之主題為：製造以人為本的網路世界(The Making of a Human-Centered Cyber World)，並區分為系統工程科學、人機系統及網路等三大類，共計約90個領域議題，邀請全球各地學術研究單位與研究生，提出研究論文與報告。本次會議總計有來自55個國家的研究人員投稿，共1,291篇論文，其中741篇通過審查，安排於年會進行論文發表，依國家別區分，被接受的論文數量前5名順序如下：日本225篇、中國122篇、臺灣67篇、美國45篇、德國35篇。會議期間同時安排相關領域主題之workshop及tutorial分享研究成果與案例經驗。本次會議各領域議題、議程、場次及部分照片集錦如下：

SYSTEMS SCIENCE & ENGINEERING	HUMAN-MACHINE SYSTEMS	CYBERNETICS
Communications	Affective Computing	Agent-Based Modeling
Conflict Resolution	Assistive Technology	Artificial Immune Systems
Consumer/Industrial Applications	Augmented Cognition	Artificial Life
Control of Uncertain Systems	Brain-based Information	Biometric Systems and Bioinformatics
Cooperative Systems and Control	Communications	Computational Intelligence
Cyber-Physical Cloud Systems	Companion Technologies	Computational Life Science
Decision Support Systems	Design Methods	Cybernetics for Informatics
Discrete Event Systems	Entertainment Engineering	Evolutionary Computation
Distributed	Human Factors	Expert and Knowledge-

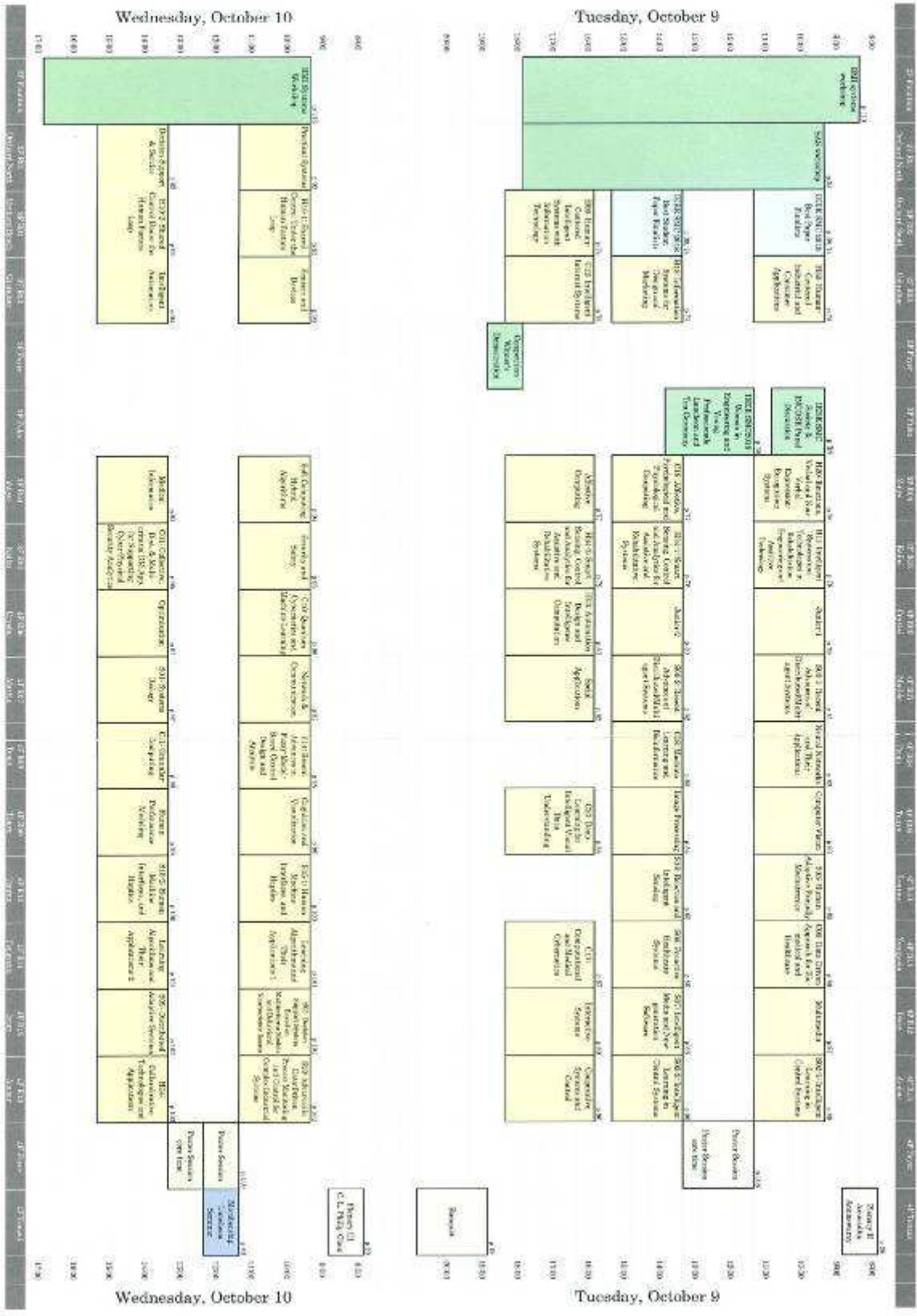
Intelligent Systems		Based Systems
Enterprise Information Systems	Human Performance Modeling	Fuzzy Systems and their Applications
Enterprise Architecture and Engineering	Human-Computer Interaction	Heuristic Algorithms
Fault Monitoring and Diagnosis	Human-Machine Cooperation and Systems	Hybrid Models of Neural Network, Fuzzy Systems and Evolutionary Computing
Grey Systems	Human-Machine Interface and Communications	Image Processing / Pattern Recognition
Homeland Security	Information Systems for Design/Marketing	Information Assurance and Intelligent
Infrastructure Systems and Services	Information Visualization	Multimedia Computation
Intelligent Green Production Systems	Interactive Design Science and Engineering	Intelligent Internet Systems
Intelligent Learning in Control Systems	Interactive and Digital Media	Knowledge Acquisition in Intelligent Machine Learning
Intelligent Power and Energy Systems	Kansei(sense/emotion) Engineering	Machine Vision
Intelligent Power Grid	Medical Informatics	Media Computing
Intelligent Transportation Systems	Mental Models	Medical Informatics
Intelligent Vehicle Systems and Control	Multimedia Systems	Neural Networks and their Applications
Large-Scale System of Systems	Multi-User Interaction	Optimization

Logistics Informatics and Industrial Security Systems	Resilience Engineering	Quantum Cybernetics
Manufacturing Systems/Automation	Supervisory Control	Quantum Machine Learning
Mechatronics	Systems Safety and Security	Self-Organization
Medical Mechatronics	Team Performance and Training Systems	Swarm Intelligence
Micro and/or Nano Systems	User Interface Design	
Model-Based Systems Engineering	Virtual and Augmented Reality Systems	
Quality/Reliability Engineering	Wearable Computing	
Robotic Systems	Web Intelligence and Interaction	
Service Systems and Organizations		
Smart Metering		
Smart Sensor Networks		
System Modeling and Control		
System of Systems		
Systems Biology		
Technology Assessment		

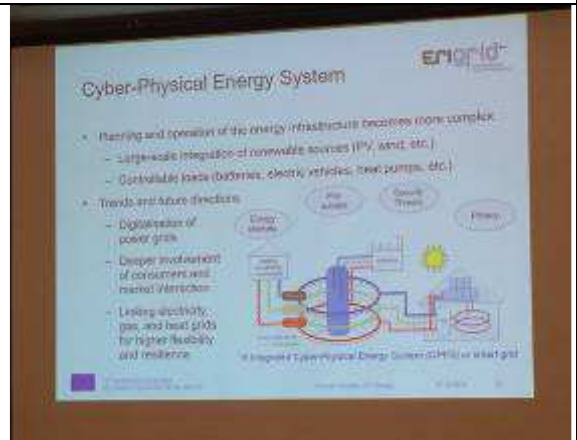
第1-2日議程（107年10月7-8日）



第3-4日議程（107年10月9-10日）



研討會會議照片集錦



參、重要內容摘要

一、分散式綠色資料中心成本最小化方法

分散式綠色資料中心 (DGDCs) 的基礎設施資源，係由多個異質性應用系統共享，為全球用戶提供高性能和低成本的靈活服務。如何在市場中極小化 DGDC 的營運總成本，是非常具有挑戰性的，例如：網路服務供應商 (ISP) 的頻寬價格、電力價格和再生綠色能源 (renewable green energy) 的可用性，都因地理位置各有不相同。與現有研究不同，這篇論文所提出的地理調度多應用任務 (Geographical Scheduling method of Multi-Application Tasks, GSMAT) 資源調度方法，係利用 DGDC 中的空間多樣性，通過經濟有效的安排，來最小化其供應商的總成本，滿足應用服務延遲要求，以達成應用系統的所有任務。在每個服務的時間點中，成本最小化的問題已被公式化，並通過提出的基於模擬退火的蝙蝠解決演算法 (Simulate dannealing-based Bat Algorithm, SBA) 進行優化處理。經由軌跡驅動 (trace-driven) 模擬實驗證明，GSMAT 的調度方法確實可以實現更低的成本和更高的資料處理量。

近年來雲端運算正被越來越多地企業、政府和學術機構選擇採用。雲端資料中心 (CDC) 中的基礎架構資源是共享，以提供全球用戶使用多個應用服務。每個 CDC 通常需要幾十兆瓦 (W)，為數萬台伺服器及冷卻系統提供電源。此外，考慮到服務效能和成本，每個 CDC 都是連接到多個網路服務供應商 (ISP)，在分散式 CDC 和用戶之間傳輸巨大的資料量。結果顯示，ISP 頻寬和電力能源成本占大多數 CDC 供應商的主要運營成本。

最近的數據顯示資料中心消耗的能量，在美國 2017 年約為 780 億度 (KWH)，這個數字約占美國總能耗的 2.9%，預計這個百分比將在 2020 年繼續增加到 4%。2017 年美國 80% 以上的能源都是通過燃燒生產的不可再生的石化燃料，例如煤、石油和天然氣。因此，越來越多的 CDC，安裝可再生能源設施減少使用

化石燃料造成的環境污染，並遷移到分散式雲資料中心（DGDC）。最近，有來自工業界和學術界兩個領域，正進行能源優化問題之研究，由於用戶的資訊作業首先必須經過多個ISP，遊歷於廣域網路之中，才能到達後端DGDC；目前典型的DGDC每天傳輸超過PB(1PB=1024TB)資料，因此他們受到ISP頻寬成本的巨大影響。現在已有研究證實，若不考慮ISP的網路頻寬價格的多樣性，可能導致成本提高。此外，DGDC通常也是位於不同的地方，電力的價格也表現出空間多樣性。影響成本的自然環境因素如下：風速、太陽輻射強度、現場空氣密度與濕度、最大可用能源和每個資料中心的伺服器數量等，都可能隨地理位置而變化。因為網路頻寬價格、電價和綠色能源的可用性都表現出空間多樣性，所以在ISP市場中最小化DGDC的總成本成為一個巨大的挑戰。

因此，必須提供GSMAT的方法，透過利用空間多樣性，最小化DGDC提供商的總成本，嚴格控管ISP頻寬和能源成本，並滿足所有任務作業的效能要求。這項工作包括將上述因素的空間多樣性轉化為優化問題，並用擬議的SBA蝙蝠演算法（如下頁）提供實務上近乎最優的解決方案，它考慮了許多的變化因素，包括電價、風速、太陽輻射和現場空氣密度，並可以智慧地安排所有在延遲限制(delay bound)範圍內將任務交給DGDC。它可在多個ISP中，以最佳配置方式指定所有的工作任務，並確定以最佳方式分配於每個GCDC中的每個伺服器。

Algorithm 1 SBA

```
1: Initialize positions and velocities of all bats
2: Initialize frequency, pulse rate and loudness of bat  $i$ 
3: Calculate the fitness value of each position, and store the
   optimal position in  $x_*$ 
4: Set the initial temperature  $\varrho_0$ 
5:  $t \leftarrow 0$ 
6: while  $t \leq T$  do
7:   Calculate the adaptation value of bat  $i$  in current tem-
   perature  $\varrho_t$  based on (22)
8:   Determine an alternative optimal position  $x'_*$  from po-
   sitions of all bats with the roulette strategy
9:   Adjust frequencies and update positions and velocities
   of all bats based on (23)–(25)
10:  Calculate the new fitness value of bat  $i$ 
11:  if  $rand > r_i$  then
12:    Choose a position from the best positions for bat  $i$ 
13:    Produce a new position around it with random walk
14:  end if
15:  if  $rand < A_i \ \&\& \ \hat{f}(x_i) < \hat{f}(x_*)$  then
16:    Accept the new solution for bat  $i$ 
17:    Increase  $r_i$  and decrease  $A_i$  based on (27)
18:  end if
19:  Rank bats and determine current optimal position  $x_*$ 
20:   $\varrho_{t+1} \leftarrow \varrho_t \phi$ 
21:   $t \leftarrow t+1$ 
22: end while
23: Output the best position of all bats,  $x_*$ 
```

二、虛實系統和人類系統：運輸交通和能源基礎設施的新視野

虛實系統(Cyber-Physical Systems, CPS)框架實現了多學科研究，這框架的基礎係結合物理的建模、估計、控制和自動化工具與以網路為中心的通信、傳感、網路和計算工具等。這帶來了新的研究方向，包括新的理論工具和新的技術，應用在各個領域，包括運輸、能源、醫療、製造和機器人。這些研究方向的一個共同組成部分是人類與虛實系統的相互作用，促成了新的實體物件-虛實系統和人類系統 (CPHS)。由於系統間相互作用的類型差異，最近出現不同類型的CPHS；這些互動可能是為了各種目的，因而導致需面對各種挑戰；

例如，HITL(Human-in-the-loop，係指機器或電腦系統無法為問題提供答案，尚需要人為干預的過程)互動發生時，需建立高效的基礎架構。HOTL(human-on-the-loop)互動發生時，則需提供高度監督和控制的CPS。這種CPHS在能源和交通運輸基礎設施中都出現了，第一類的例子是(1)有需求回應的智慧電網和(2)有共乘坐騎的城市移動，第二類的例子是(3)使用自動駕駛的飛行控制決策。

本次講座集中討論能源和運輸基礎設施中的CPHS，特別側重於上述三個例子。對此類CPHS進行綜合分析，重點介紹前景理論和控制方法等有助於模擬人類行為動力學的工具，以及人類行為認知建模中的概念，如機動能力、物理建模、系統辨識、自我調整控制和優化的系統理論原則。並提出上述三個實例的案例研究，及舉例說明如何設計高效的CPHS。

三、多尺度機器人系統-從遠端機器人到微型機器人運作

本講座概述了多尺度機器人技術，它是以30年前提出的蜂窩機器人系統(Cellular Robotics System)為基礎，從細胞級發展到組織級的多尺度智慧化的基本概念。它由許多元素組成，如何從個體到群體之社會層面，與生物系統進行模擬類比。它涵蓋了各種具有挑戰性的主題，例如：分散式自主機器人系統、個別單獨機器人、機器臂、運動機器人、護理服務機器人、醫療機器人和模擬器、micro和nano機器人系統、生物機器人系統、仿生系統等。主要是研究生物細胞的操縱和細胞組裝，並探討未來混合系統的應用領域，以提高人類的生活品質。

四、新的判別性和生成性學習演算法

近年來，深度學習掀起了機器學習的研究浪潮。由於其優異的性能，深度

學習在模式識別、圖像識別、語音辨識和視頻處理等領域的應用越來越多。本講座是為了討論一個非常快速和有效的歧視性學習-"廣泛的學習系統"。在不堆疊層狀結構的情況下，設計的神經網路將神經節點廣泛擴展，並在需要額外節點、輸入資料和連續進入神經網路時，逐步更新神經網路的權重。所設計的網路結構和學習演算法非常適合於巨量資料環境的建模和學習，並提出了幾個實驗結果。第二部分介紹了一種模糊生成學習演算法(Fuzzy Restricted Boltzmann Machine, FRBM)，FRBM是透過利用對稱的、不對稱的三角形模糊數(non-symmetric triangular fuzzy numbers, STFNs)或高斯模糊數和相應的學習演算法，替換實值權重和偏置項發展起來的一個變種演算法。實驗證明，FRBM特別是在遇到尚未學習的或有雜訊干擾的樣本時，能顯著提高學習精度和一般化能力。

肆、心得與建議

人類談論地球氣候暖化問題多年，氣候變化已愈來愈顯著，聯合國亦警告溫度升幅超過攝氏1.5°C水平，一切將不可逆轉。在1980年代曾預測到2005年，若能減少溫室氣體排放量20%，可限制升溫不多於1.5°C。但到2017年11月，第23屆聯合國國際氣候大會(COP23)在德國波昂的最新報告預測，地球溫度到2100年將上升3°C。如何落實本世紀末將全球升溫幅度控制在攝氏2°C內，甚至朝1.5°C邁進，正是各國必須共同努力達成的目標。同時隨著資通訊技術發展及科學應用上大量資料運算處理的需求，使得資料中心規模越來越大，對能源消耗無疑越來越大，如何節能減碳是目前大家必須面對與積極處理的議題。

有許多研究報告都指出，資料中心總用電量中約30%至50%的耗電來自於冷卻系統，因此要提升資料中心用電效率，達到節省成本目標，大都以冷卻系統

之節能為主要項目。知名的國際電腦公司(如：微軟、Google及Facebook等)，為降低營運成本皆積極研究尋找，如何構建節能資料中心的方法，以減少對電力資源之龐大需求。如:Google近幾年開始在資料中心維運上，運用DeepMind的機器學習技術，靠軟體或演算法來優化管理，找出更有效的機房動態管理機制，以減少機房能源的消耗。經過實測結果，啟用DeepMind機器學習模型來動態調整冷卻系統後，減少了冷卻設備的耗電多達4成，也讓整體資料中心的電力使用效率(Power Usage Effectiveness,PUE)值再降低近15%。而微軟公司為了節省冷卻伺服器需耗用的能源，將一座資料中心沉入英國奧克尼 (Orkney) 群島外海，試著研究是否有助於提高能源效率。整個資料中心由多台電腦組成，被置入一個白色圓筒內，經由海底電纜供電，將資料傳送至陸上和電腦網路相連；海底資料中心的優點是可節省冷卻成本。

為提升資料中心用電效率，節省成本，除冷卻系統節能之外，尚可以從電腦機房空間規劃、伺服器節能規劃及資料中心管理規劃等面向進行，以達到電力使用效率至少為1.6之PUE值；除了上述影響資料中心用電效率的幾個內部因素，而外在因素則是資料中心設置地點及綠色能源可用性等。觀察臺灣地區30年的氣候月平均(如附圖1，2)，在臺灣本島，較低溫地區依序為玉山、阿里山、陽明山，在北部最佳地點則是陽明山，若要利用自然環境均溫較低之優勢條件，減少資料中心空調系統的耗能需求，最佳設置地理位置可以考慮上述地點。

由於資料中心的能耗需求越來越高，其中又以空調系統能耗所占比例最高，因此空調冷卻系統的節能設計就成為資料中心規劃時之重要課題，亦是目前的資料中心如何降低成本的主要項目及國際趨勢。以本總處資通訊機房為例，目前設置24座42U標準機櫃，提供伺服器、儲存設備及網路設備使用，資通訊相關設備耗電約40KW，目前PUE值約2.1，如果經由調整空間及設備改善措

施等相關作為，進行節能優化降低維運成本，以PUE值1.6為目標，估算每日減少使用180度電，一個月以22工作日計算，每月約減4000度，若以每度4元計算，一年則可減省電費成本192千元。綜合本次會議資料與相關研究報告，茲就(一)整合與減少需求(二)精確掌握PUE值(三)調整空間配置(四)使用高效能設備等面向提出建議如下：

一、整合應用系統及伺服器

減少需求、整合應用系統、檢討現有設備使用率、減少閒置的設備等，定期透過這些管理措施，整合軟體應用系統及硬體主機，能夠最小化被供電的機器數量，從而降低了電能消耗需求；伺服器在待機時，就已經浪費1/3的能源，目前本總處已利用虛擬化技術進行伺服器整合，惟可持續藉由減少待機及實體伺服器數量，來提高運算資源利用率與能源利用效率，以降低資訊設備及冷卻系統的能源需求量。

二、確實量測PUE值溶入機房管理措施

可增加偵測點及不間斷地測量耗能，精確掌握PUE值，並回饋至機房環境控制系統，以進行空調冷卻系統之動態調節，才能準確地管理用電，追蹤資料中心用電量。由於資料中心外部的氣溫也會影響用電，氣溫越寒冷所需要冷卻的用電量越少。據經濟部統計資料顯示機房溫度調降1度，將影響約7%耗電，另因為伺服器或網路設備等，一般都能在常溫下運作，因此建議資料中心的溫控預設溫度可以調整到適當溫度即可，如攝氏27度，預設溫度不須太低，亦可減少冷卻系統耗能。

三、調整空間配置管理機房氣流

科技的發展結果，使得電腦的功能愈來愈強，但體積卻愈來愈小，由於本總處電腦機房原規劃係提供大型主機使用，建議可以透過空間調整及冷熱通道的設置規劃，強化既有機房的空間有效利用，縮小空調製冷範

圍，以減省能耗及維運成本。並確實隔離伺服器機櫃上的縫隙，防止伺服器後端的熱通道與前端的冷通道混合，確保冷通道的冷空氣不受熱氣影響，有助於減少冷卻所需的總能耗。

未來相關資訊設備若有增減時，亦應適時調整空間配置，將伺服器均衡擺設於適當位置分散熱原，避免局部高熱出現，反而需要耗費更多制冷的能源。因機櫃的進風與出風會隨著設備異動而更新，未來如有設備汰換與異動時，除應考量前述設備位置因素外，建議可進行機房散熱規劃與管理，透過量測氣流狀態瞭解設備對流場的影響，適時調整冷卻系統運作，節省能源與成本。

四、使用高效能設備

資訊設備、機電及冷卻設施可以採用高效能的節能產品，如：伺服器、UPS、高效能電源供應器、電壓調節器等設備，市場上已有輸出效能較佳，但耗電量低的產品，可減少能源使用，一般傳統設備估算從市電經過UPS、變壓器、PDU到資通訊設備，電力耗損約達14%~20%，因此這些配電途徑可透過高效能設備減少過程中之耗電。空調冷卻使用高效能機櫃式製冷系統，可降低用電量及損耗，並可提高冷卻空調系統動態調整之靈活性。另建議伺服器硬體部分只留下執行應用程式必須的元件，將不必要的元件移除，像是外部連接介面卡或是顯示卡，另外也可優化伺服器風扇運行，將風扇轉速控制在足夠讓機器維持可運行的溫度即可。這些細微的節電行為，將有積少成多的成效，亦是值得考慮的節能降低成本方法。

伍、結語

由於全球氣候變遷因素，能源議題一直是各國關注焦點，如何減少資通訊機房耗能需求，減省維運成本，更是大家積極要達成之目標。本報告期能透過前述相關節能與空間調整措施，提高能源與空間使用效率，以降低資通訊機房整體維運成本。

參考資料

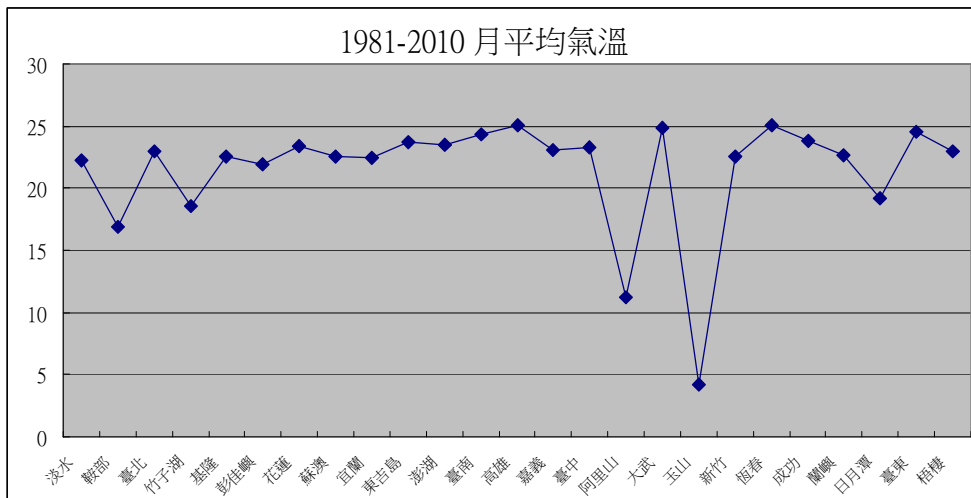


圖 1 臺灣地區30年氣候月平均(各地)

資料來源：中央氣象局

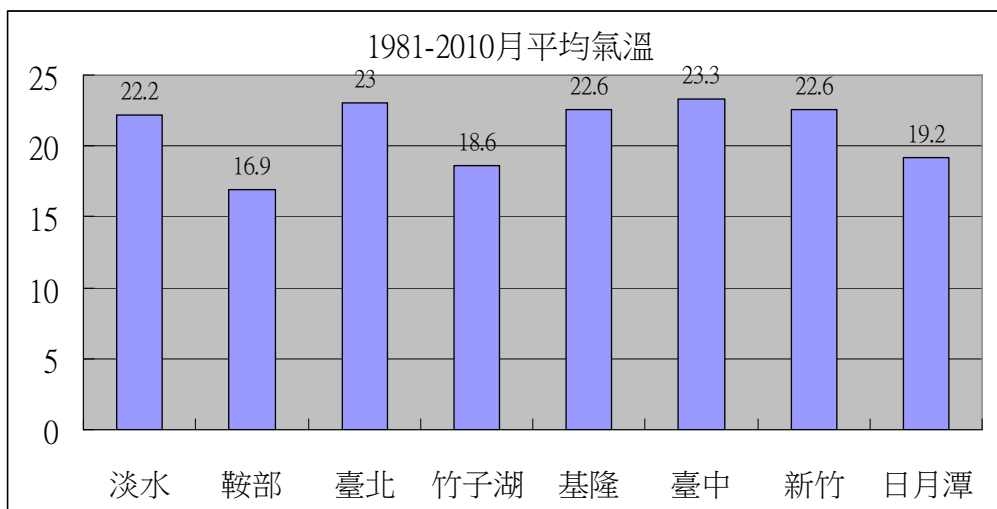


圖 2 臺灣地區30年氣候月平均(北、中部)

資料來源：中央氣象局