
Chapter 15: 雲端計算

Prof. Yuh-Shyan Chen

Department of Computer Science and
Information Engineering

National Taipei University

目錄

- 15-1 雲端計算簡介
- 15-2 雲端計算的演進和技術
- 15-3 雲端計算的架構
- 15-4 雲端計算的實例
- 15-5 雲端計算的服務品質協議
- 15-6 雲端計算的挑戰

雲端計算簡介

- 在雲端計算環境裡的資源 (例如CPU和儲存裝置) 就像是一般的水、電、瓦斯、電話等公用計算 (Utility Computing) 的使用方式，用戶可以透過Internet根據他們的需求 (On-demand) 來使用他們的資源，而且付費的方式是依據用戶的使用量計費 (Pay-as-you-go)。
- 雲端計算可說是一種新的服務模式，可以隨時、隨處、根據需求，方便使用共享的計算資源，像是網路、伺服器、儲存空間、應用程式和服務，而這些資源可以由服務的供應商來提供快速的佈署和較少的管理成本。

雲端運算的特色

- 隨時需求和自我服務、寬頻的網路存取、資源的預留、快速有彈性、可以量測的服務。
- 用戶不管對於服務的時間或是儲存空間都可以根據自己的需求而自動調整服務，透過寬頻網路來存取。
- 這些儲存空間、運算、記憶體、網路頻寬等資源同時可以提供給多個用戶使用，根據不同的用戶需求，快速有彈性地動態調整這些資源，並且依據用戶的使用量計費。

雲端運算的三種服務模式

- 軟體即服務 (Software-as-a-Service, SaaS)
 - 用戶在雲端的基礎架構上使用供應商的軟體服務，軟體可以透過各種不同的終端設備，利用瀏覽器來使用軟體，而無需擔心如何管理網路、伺服器、作業系統、儲存裝置等雲端基礎設備。
- 平台即服務 (Platform-as-a-Service, PaaS)
 - 用戶佈署開發應用程式所需的程式語言、程式庫、服務和工具的雲端基礎設施。使用者無需去管理或控制相關的雲端基礎設備，只需操控佈署的應用程式和設定應用的環境變數。

雲端運算的三種服務模式

- 基礎設施即服務 (Infrastructure-as-a-Service, IaaS)
 - 提供用戶運算、儲存、網路和其他基本的計算資源，在上面佈署或執行各種作業系統或應用軟體。使用者無需管理雲端的基礎設備、但是可以控制作業系統、儲存裝置和應用程式，也可控制網路的原件，例如防火牆。

圖15.1：雲端計算的生態環境



雲端運算的五種佈署方式

- 私有雲

- 組織自己建置雲端基礎設施。私有雲可能由組織自己或其他人建置、管理或營運，這些設備可能建置在組織內或組織外。

- 社群雲

- 由一些具有特定任務、安全需求、政策、承諾的社群所共同建置。社群雲也與私有雲一樣可能由組織自己或其他人建置、管理或營運，這些設備可能建置在組織內或組織外。

- 公有雲

- 主要是提供一般大眾用戶來使用，公有雲可能由企業、學術機構、政府組織所建置、管理或營運，這些設備建置在雲端的提供者內。

雲端運算的五種佈署方式

- 混合雲

- 兩種或兩種以上的雲端佈署模式 (私有雲、社群雲、公有雲) 混合而成，藉由標準或產業的技術將各自的特色組合起來使得資料和應用程式容易轉移。

- 虛擬私有雲

- 利用公有雲來建置自己的私有雲。

圖15.2：雲端計算的特色、服務類型和佈署模式



電腦計算的演進

- 1947年電晶體發明。
- 1957年，IBM推出704，是第一台具有浮點運算的大型主機電腦 (Mainframe)，之後1964年又推出System/360系列產品。
- 迷你電腦 (Minicomputer)，1964年DEC推出了PDP-8，1974年Xerox推出了Alto。
- Intel在1969年開發出第一顆微處理器4004。
- 1971年開發微處理器8008，所以個人電腦 (PC) 在1970年代也開始發展。
- 1975年MITS開始販售第一台家庭電腦 (Home Computer) Altair 8800，隨後Apple、Atari、Commodore也開始製造。
- 1981年，IBM進入這個市場，並且以個人電腦 (PC) 的名稱來銷售。

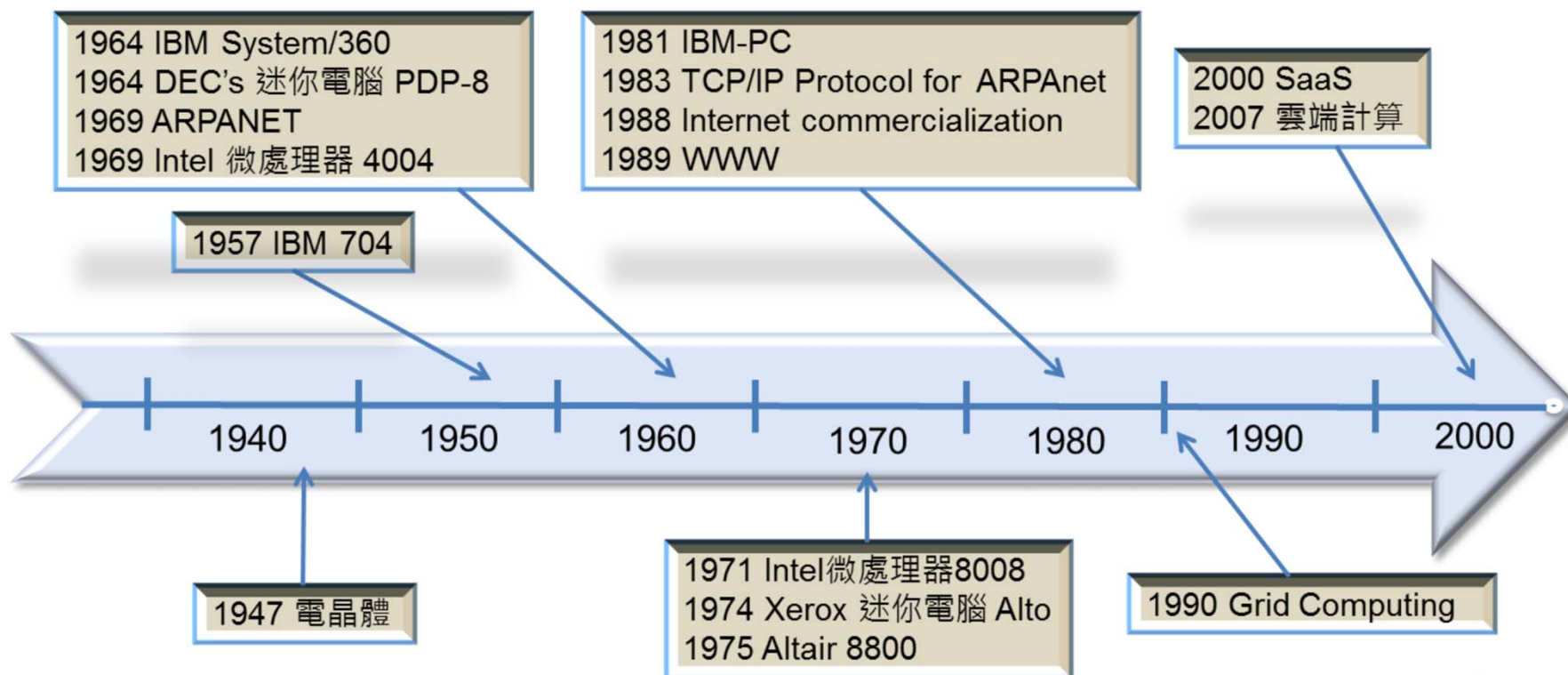
Internet的發展

- 1969年，ARPAnet開始發展，電腦間可以開始互相通訊。
- 1981年，已經有大約200個組織的電腦在這個網路上互相聯結。
- 1983年，網路協定開始採用TCP/IP，把所有的子網路連接到ARPAnet，這種連接所有網路的網路就稱為Internet。
- 1988年起，Internet開始用在商業上的服務，像是電子郵件、Telnet、Usenet等。
- 1989年Berners-Lee發明了網際網路 (World Wide Web，WWW)。

雲端計算的演進

- 現今在Internet上有許多的多媒體網站、線上購物、路線規劃、通訊平台、社交網站、還有辦公室的相關應用程式，像是文書處理和試算表。這種佈署的概念被稱作軟體即服務 (Software-as-a-Service)，在2000年非常風行。
- 類似的佈署觀念被用在硬體的資源上，特別是計算能力和儲存空間。以此觀念建置稱為網格計算 (Grid Computing)，開始於1990年代。
- 雲端計算的名詞出現在2007年，主要的觀念是將硬體和軟體一起佈署。最開始是由Google、IBM和六所美國的大學開始研究。

圖15.3：雲端計算演進的重要里程碑



網格計算和公用計算

- 網格計算利用大量異構計算機的未用資源 (CPU和磁碟存儲)，作為在分散式網路中的一個虛擬計算叢集，為解決大規模的計算問題提供了一個模型。網格計算和傳統的高速計算 (例如叢集計算) 不同的地方在於它提供鬆散耦合、異質性和分散的特性。
- 公用計算是整合計算資源，例如CPU、儲存裝置和服務，而且可以計量的服務。這種方式可以達到以較低的初始成本來使用計算資源。計算服務已經演進到所謂需求即用的方式，而雲端計算更是將這種概念運用到將計算、應用程式和網路都當成服務。

自主計算 (Autonomic Computing)

- 由於計算系統愈來愈複雜，所以需要自主計算來協助，而自主計算主要是減少人為的操作來改進系統的效率，換言之，系統只需人的高階指示，便能自己管理自己。
- IBM從2001年起，開始發展自我管理的系統，克服日漸複雜的電腦系統管理，減少因為複雜性帶來的困難。
- 自主計算使用高階策略來自我決策，將持續檢查和最佳化它的狀態，自動自我調整去適合現況。

Web 服務、服務導向架構、Web 2.0

- Web服務可以在不同訊息的產品平台上將應用軟體整合起來，使得在一個應用程式的資訊可以在另外一個應用程式上使用，也可以使得內部的應用程式可以透過Internet使用。
- 服務導向架構一般是提供使用者一些服務，像是Web-based的應用程式，就是一種SOA-based的服務。例如，在一家公司裡不同的部門可能使用不同的程式語言來開發和部屬SOA服務。使用者將使用這些定義好的介面方便存取。XML在SOA服務中，通常被用來當作介面。

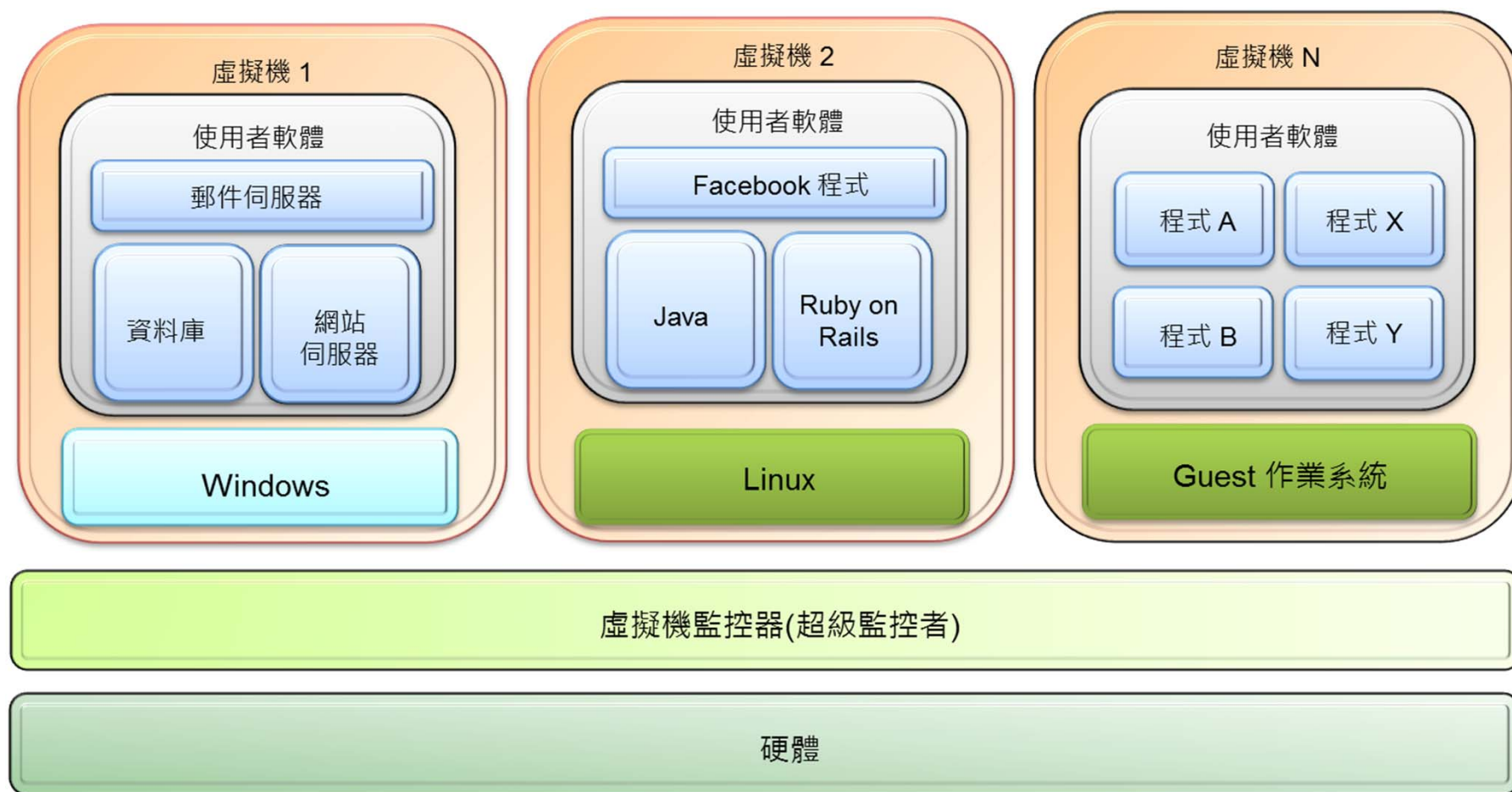
Web 服務、服務導向架構、Web 2.0

- Web 2.0是將網路在WWW上分享資訊、容易溝通、使用者為中心和互相合作。在傳統的網頁上使用者只是被動地瀏覽一些網頁內容，然而在Web 2.0的網站上，使用者可以透過虛擬社群中與使用者產生內容的互動。在Web 2.0典型的例子，如社交網站、部落格 (Blog)、Wiki百科全書 (Wiki)、影音分享網站等。

虛擬化技術

- 電腦系統資源的虛擬化主要的想法是將處理器、記憶體和I/O設備等資源，增進資源的分享和使用率。虛擬化技術可以在一個實體機器上執行許多的作業系統和軟體。
- 在軟體層中有一個虛擬機監控器 (Virtual Machine Monitor, VMM)，也稱作超級監控者 (Hypervisor)，當作存取實體機器以提供Guest作業系統虛擬機的橋樑。

圖15.5：虛擬機運作在虛擬機監控上



VMware ESXi

- VMware是虛擬化市場的先驅。它的產品包含桌上型電腦或伺服器的虛擬化到高階的管理工具。
- ESXi是VMware中的虛擬機監控器，它是一個裸機 (Bare-Metal) 的超級監控者，也就是說它直接安裝在實體伺服器上，無須事先安裝Host作業系統。
- 提供處理器、記憶體和I/O的虛擬化。它特別採用 Memory ballooning和 Page sharing 的技術，可以達到記憶體過量使用 (Overcommit memory)，使得在一台實體伺服器上增加虛擬機的數量。

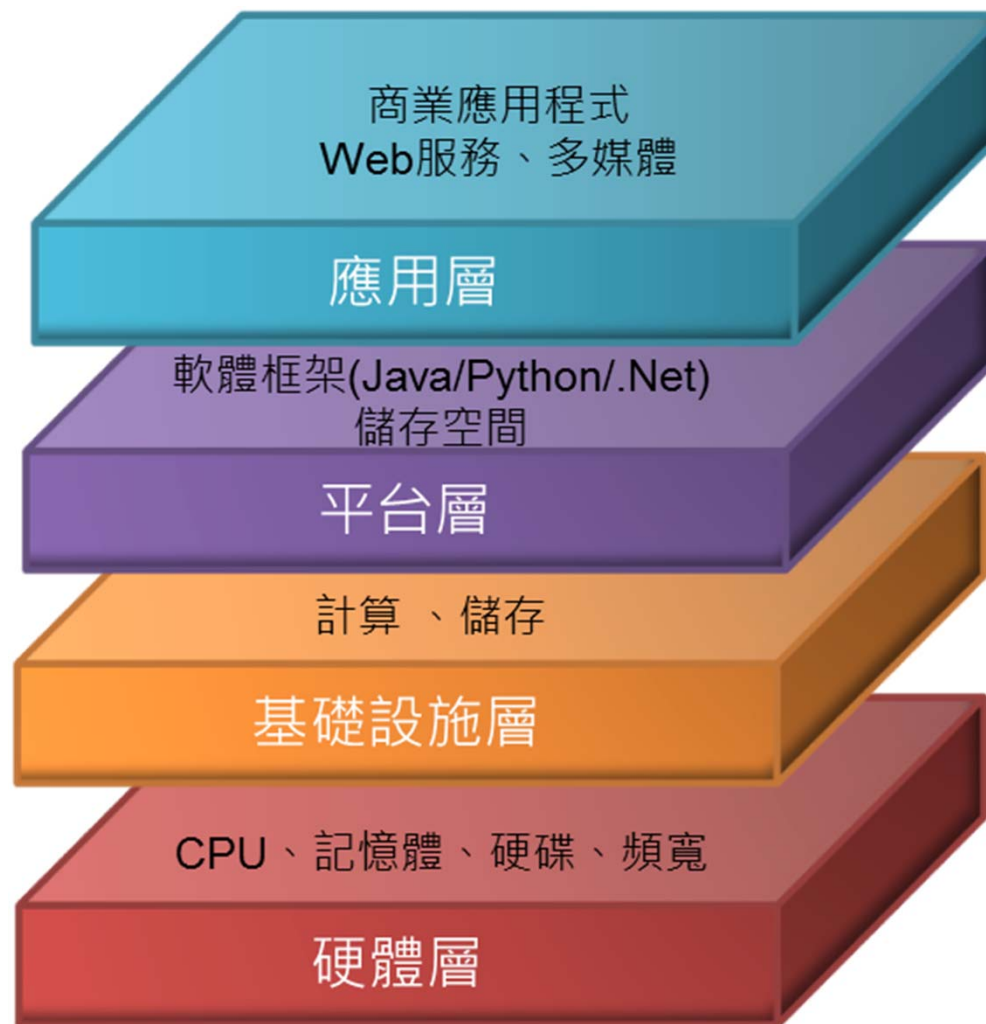
Xen

- 開始是一個開放原始碼的產品，提供商業或是開放原始碼虛擬化產品的基礎。
- 它開始創造Para-virtualization的技術，也就是說藉由特殊的核心程式，Guest作業系統可以直接和超級監控者溝通，大大提升執行的效率。
- 現在許多商業的產品，例如Citrix XenServer和Oracle VM都是採用Xen為基礎開發。

KVM (Kernel-based Virtual Machine)

- 是Linux虛擬化的一個子系統，此外因為現有核心程式 (Kernel) 的記憶體管理和排程的功能使得KVM可以比一般的超級監控者更容易控制整台機器。
- KVM協助硬體完成虛擬化，可以改善執行的效率而且可以支援許多不同的作業系統，例如Windows、Linux和UNIX。

圖15.6：雲端計算架構



硬體層

- 負責管理雲端的實體資源，包括實體伺服器、路由器、交換器、電力和冷卻系統。
- 實務上，實體層通常由資料中心來維運。資料中心通常包含數千台機架式的伺服器，透過交換器、路由器來連結。
- 通常在實體層需要處理包括硬體的設定、容錯的事項、流量的管理、電力和冷卻系統的管理。

基礎設施層

- 這一層也稱作虛擬層，這一層主要是藉由虛擬化技術像是Xen、KVM、VMware將實體資源分割成儲存和計算資源池。
- 基礎設施層在雲端計算中是一個基本的元素，藉由虛擬化的技術可以達到動態資源分配的特色。

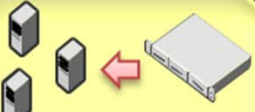
平台層

- 這一層是架構在基礎設施層之上，包含作業系統和應用程式框架。
- 主要功能是減少應用程式直接佈署到虛擬機中的負擔。
- 例如，Google App Engine在平台層中提供API去實作在Web應用程式中的儲存、資料庫和商業邏輯。

應用層

- 這層是位於架構中的最上層，應用層包含實際的雲端應用程式。
- 與傳統程式不同的地方在於雲端應用程式具有自動調整的特性，所以可以達到較好的效率、可用性和較低的營運成本。

圖15.7：雲端計算的服務模式

服務的種類	主要的存取和管理工具	服務內容
 軟體即服務	瀏覽器	雲端應用程式 社交網路、Office 套裝軟體 顧客關係管理、多媒體
 平台即服務	雲端佈署環境	雲端平台 程式語言、應用程式框架 Mashups 編輯程式、結構化資料
 基礎設施 即服務	虛擬化基礎設施管理	雲端基礎設施 伺服器、存儲裝置 防火牆、負載平衡

基礎設施即服務 (IaaS)

- 主要是提供計算、儲存裝置、通訊等資源的虛擬化或虛擬機。
- 這些虛擬機可以由超級監控者Xen、KVM的管理下執行，而且可以透過資源池的管理工具依據使用的需求來動態調整虛擬機的數量和運作。
- 基礎設施即服務還提供其他虛擬機映像 (VMI)、防火牆、IP位置、虛擬區域網路 (VLAN)、和軟體套件 (Software bundle)。

基礎設施即服務 (IaaS)

- 透過Internet可以依照需求在資料中心的資源池中動態提供這些資源。
- 基礎設施即服務的例子有 Amazon EC2、Google Compute Engine、Rackspace Cloud、Flexiscale、GoGrid、Joyent Cloud、RightScale等。

平台即服務 (PaaS)

- 主要是提供開發的平台，包括作業系統、程式語言的執行環境、資料庫、網頁伺服器等等。
- 應用程式開發人員能夠在這個雲端平台上開發和執行他們的軟體而無需考慮購買和維護軟硬體的成本和複雜度。而且應用程式在平台即服務上執行，會依據應用程式的需求自動調整相關的資源，無須手動調整。

平台即服務 (PaaS)

- 為了開發者的方便性，平台即服務通常提供多種的程式語言，例如Python和Java (在Google App Engine)、.Net (在Microsoft Windows Azure)、Ruby (在Heroku)、Apex (在Force.com)。
- 平台即服務的例子有Amazon Elastic Beanstalk、Google App Engine、Microsoft windows Azure、Heroku、Force.com、EngineYard、Mendix等。

軟體即服務 (SaaS)

- 主要是將應用程式在雲端上安裝和執行、而雲端的使用者透過終端使用軟體，而無須管理相關的基礎設施和平台。
- 軟體即服務不同於傳統的應用程式，在於具有高度的彈性，例如在應用程式執行時，可以複製多份到虛擬機上同時執行以達成工作需求的改變，而負載平衡也可將工作分配到其他的虛擬機上。
- 為了滿足許多的雲端用戶，雲端應用程式可以是多租戶的模式，也就是一個伺服器可以同時服務許多的雲端用戶。
- 軟體即服務的例子有Google Apps、Microsoft Office 365、Salesforce.com、Quickbooks Online等。

公有雲 (Public Cloud)

- 在公有雲中，服務供應商提供他們的計算、儲存和應用程式資源給一般大眾使用。
- 通常是由一個大型組織所提供的雲端模式 (例如 Amazon Web Service (AWS)、Google和Microsoft)。
- 企業或用戶透過資源供應商提供基礎設施服務，利用Internet來存取服務，並且通常採用依據用戶使用量計費的收費方式。
- 這種模式的好處是在初期不用大量投資成本在基礎設施，但是由於缺乏較好的控制資料、網路和安全的機制，所以在許多企業的運用中大大降低效能。

私有雲 (Private Cloud)

- 私有雲也稱作內部雲 (Internal Cloud)，私有雲是為了一個組織自己使用所設計的。
- 一個私有雲可能由組織自己建置也可能委託外部的供應商建置。
- 私有雲在效率、可靠度和安全上有高度的控制能力。但是仍然需要自己購買、建置和管理，沒有初期無須建置成本的好處。

社群雲 (Community Cloud)

- 社群雲主要是一些組織有共同特定的考量 (例如任務、安全要求，政策法規) 共享基礎設施，可能由自己、第三方或是外部的供應商來管理。
- 所需花的費用比私有雲少比公有雲多。

混合雲 (Hybrid Cloud)

- 混合雲是結合公有雲和私有雲，保有各自的特點又採用所有的優點。
- 在混合雲中，有一部分的服務在公有雲中執行，一部分在私有雲中執行。
- 混合雲比公有雲和私有雲更有彈性，它比公有雲具有更緊密的控制和安全性，可以有較佳的隨取即用的好處。
- 另一方面，在設計混合雲時需要仔細考慮公有雲和私有雲結合的分割點。

虛擬私有雲 (Virtual Private Cloud)

- 虛擬私有雲用來解決公有雲和私有雲的局限性。
- 虛擬私有雲本質上是公有雲上運作。
- 主要的差別在於虛擬私有雲利用虛擬私人網路 (VPN) 技術，允許服務供應商來設計自己的拓撲和安全設定，如防火牆規則。
- 虛擬私有雲基本上是完全的設計，因為它不只是虛擬化伺服器 and 應用程式，也有基本的通訊網路。
- 此外，對於大多數企業來說，虛擬私有雲由於使用虛擬網路層，從自有的服務基礎設施提供到雲端基礎設施。

Amazon EC2

- Amazon EC2 是Amazon 提供的雲端計算平台，於2006 年開始提供服務。
- EC2使用Xen 的虛擬化技術來執行使用者上傳的映像檔，許多Linux 的版本都有內建Xen 軟體及系統核心，因此可以在虛擬機中執行多種作業系統。
- EC2 平台的特色是可以客製虛擬平台，可以依照使用者的需求進行不同的配置。

Amazon EC2

- EC2 只是雲端計算平台，無提供資料儲存的服務，因此有資料儲存上的需求，通常都會搭配Amazon提供的Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) 資料儲存平台來作為儲存空間，且S3 的儲存空間相當大，EC2 企業用戶基本上都會一起租用，讓整體使用更方便。

圖 15.8：Amazon EC2網站



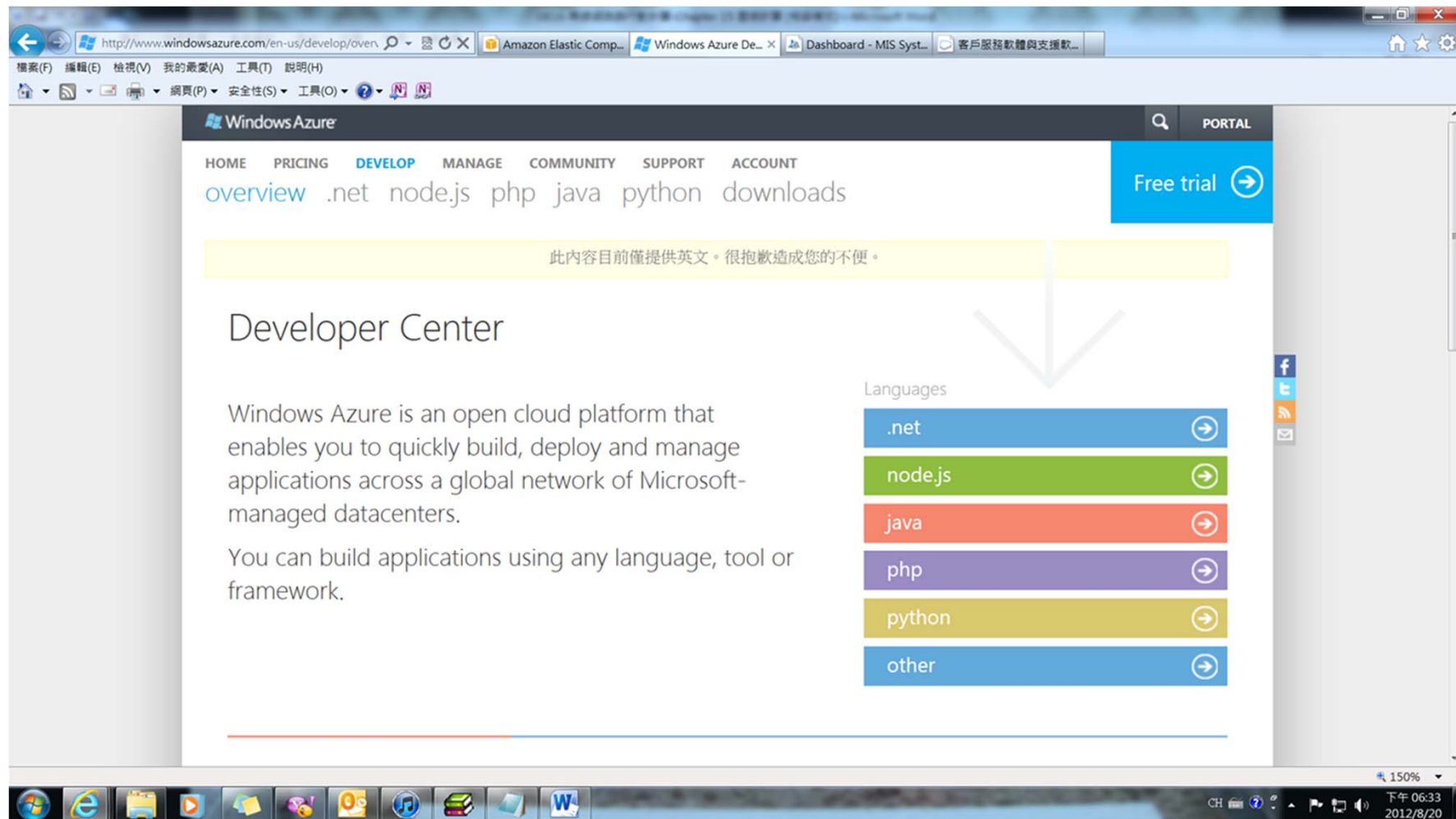
Microsoft Windows Azure

- Windows Azure 是微軟於2008 年發表、於2010 年正式運轉的雲端平台。
- Windows Azure 服務平台包含了五個主要部份：Windows Azure、Live Services、Microsoft .NET Services、SQL Services、Share Point Services & Dynamics CRM Services。
- Windows Azure 是Microsoft一次重大的變革，在Internet架構上打造新的雲端平台，希望借助全球的Windows 使用者的桌面和瀏覽器，讓Windows 實現從PC 到雲端領域的轉型。

Microsoft Windows Azure

- Azure 平台的特色是同公司的Live 服務全部整合在一起，對於微軟的愛好者是一項利多。
- 在免費方案方面，新推出在高峰和非高峰時間入站的數據傳輸全部免費，並於2011 年7 月1 日開始實行，以此做為鼓勵使用者加入的策略。

圖 15.9：Microsoft Windows Azure 網站



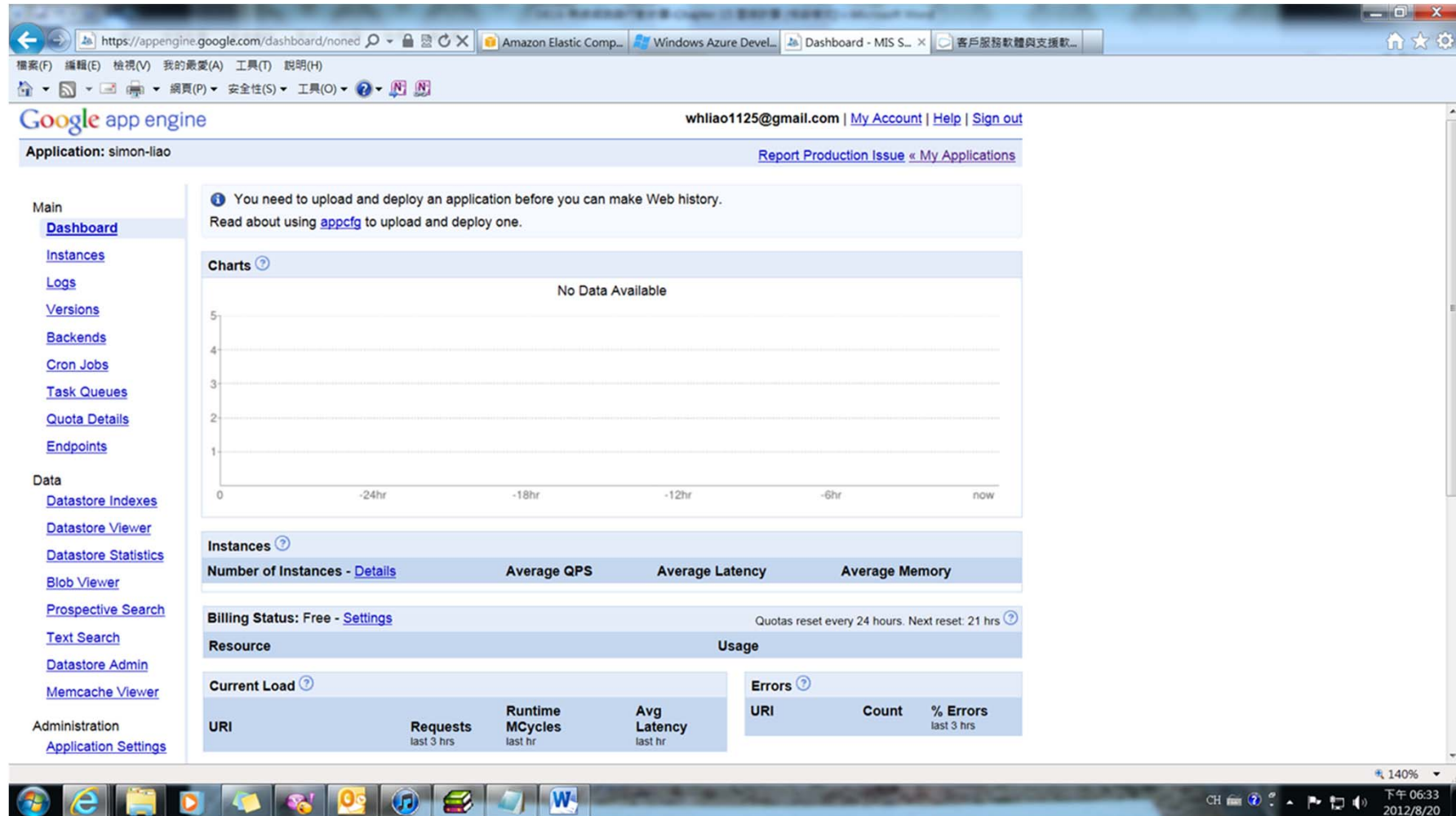
Google App Engine

- Google App Engine 是Google所提供的服務，是一個開發及管理網路應用程式的雲端平台。提供給使用者一個安全、快速、穩定的開發環境，並協助使用者更方便地去建置可靠的網路應用程式。
- GAE 的首要目標是讓使用者操作容易，因此GAE提供了完整的服務，讓使用者只需專心開發自己的Web 應用程式，由Google 來管理資料庫、網路資源、作業系統的部份。

Google App Engine

- GAE 平台的特性是動態易擴充的運算、儲存與網路資源，並提供10 個免費的開發應用程式。如果付費後，可額外加購CPU Time、I/O頻寬、儲存空間與電子信箱等資源。
- 因為GAE 在一定的額度內提供免費的服務，因此吸引較多一般使用者的使用願意。目前GAE 支援的程式語言有Java、Python。資料庫的部份則是Big table 及GData，測試環境是Apache、HTTP Server。

圖 15.10 : Google App Engine網站



Salesforce.com 網站

- Salesforce.com 是在雲端環境中提供軟體的公司。
Salesforce.com是第一個知名和成功的SaaS應用程式的公司。
- 該公司現已推出Force.com，一套完整工具和應用服務，獨立軟體供應商和企業IT部門可以使用它來建立任何業務應用程序，並運行在相同的基礎設施，提供Salesforce CRM應用程序。
- 超過10萬個商業應用程式已經在Force.com平台上運行。
- 另一個競爭的對手是NetSuite公司，它提供了一個更加完整的業務包括ERP，CRM，會計和電子商務工具的軟體套件。

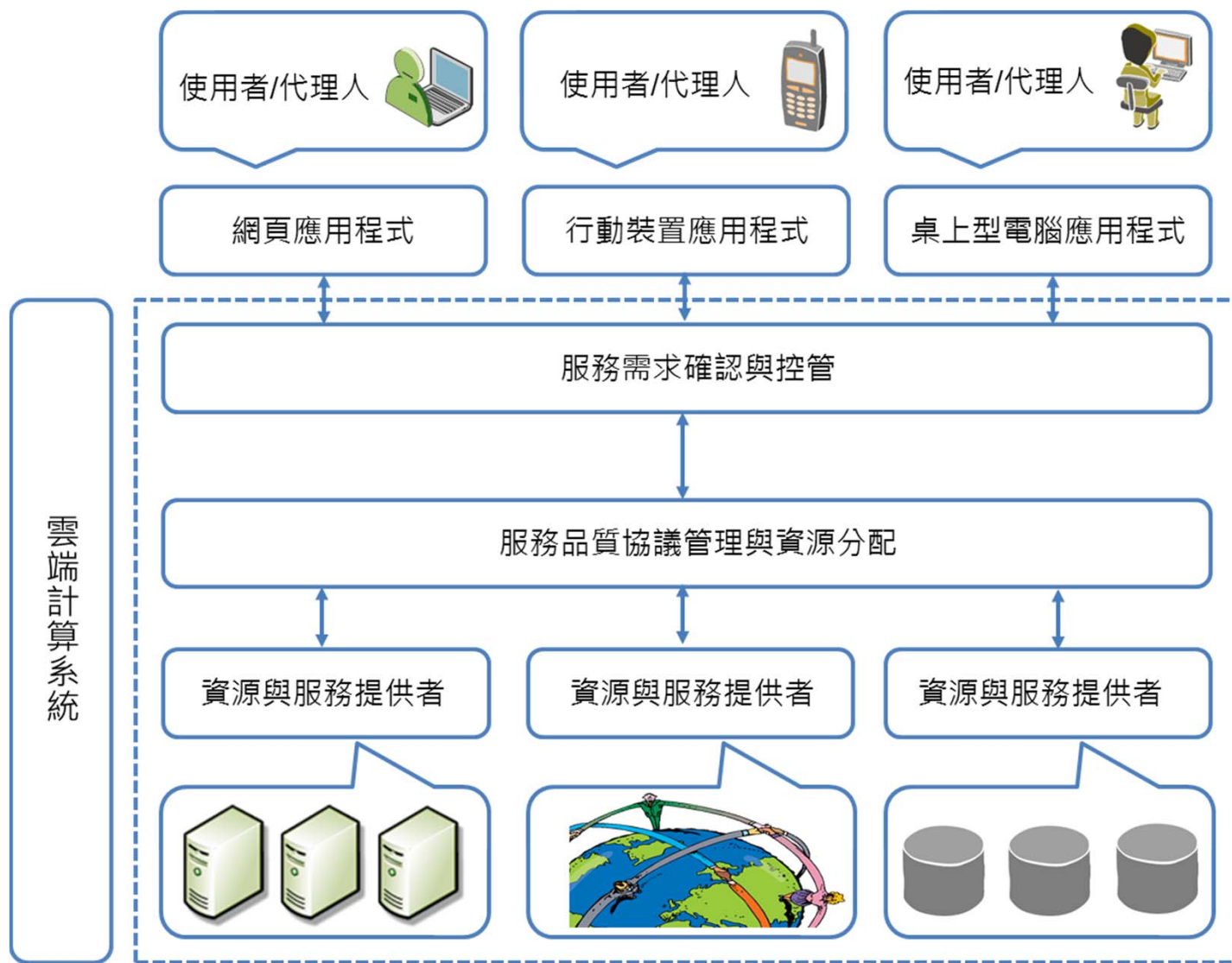
圖 15.11：Salesforce.com 網站



雲端計算的系統架構

- 使用者提交他們的需求給雲端系統，雲端系統中的服務需求審查器對許可控制來負責。
- 服務品質協議管理層負責資源的分配。
- 服務品質協議用來制定服務提供者和消費者間的電子商務、計算和委外程序等最起碼的期待和義務。
- 服務品質協議包含一般和技術的規範，像是當事人、價格策略，服務的資源需求等。

圖15.12：雲端計算的系統架構



雲端計算的服務品質協議的好處

- 加強客戶的滿意程度

- 一個清楚且簡要的服務品質協議可以增加客戶的滿意程度，幫助供應商注重消費者的需求，確保將心力放在正確的方向。

- 改善服務品質

- 服務品質協議中的每一個項目都對應到關鍵績效指標 (KPI)，在組織內部可確保客戶的服務品質。

- 改善雙方的關係

- 一個清楚的服務品質協議明確制定服務的獎賞和懲罰條款，客戶可以根據服務品質協議中的服務品質目標的規範來監控這些服務。

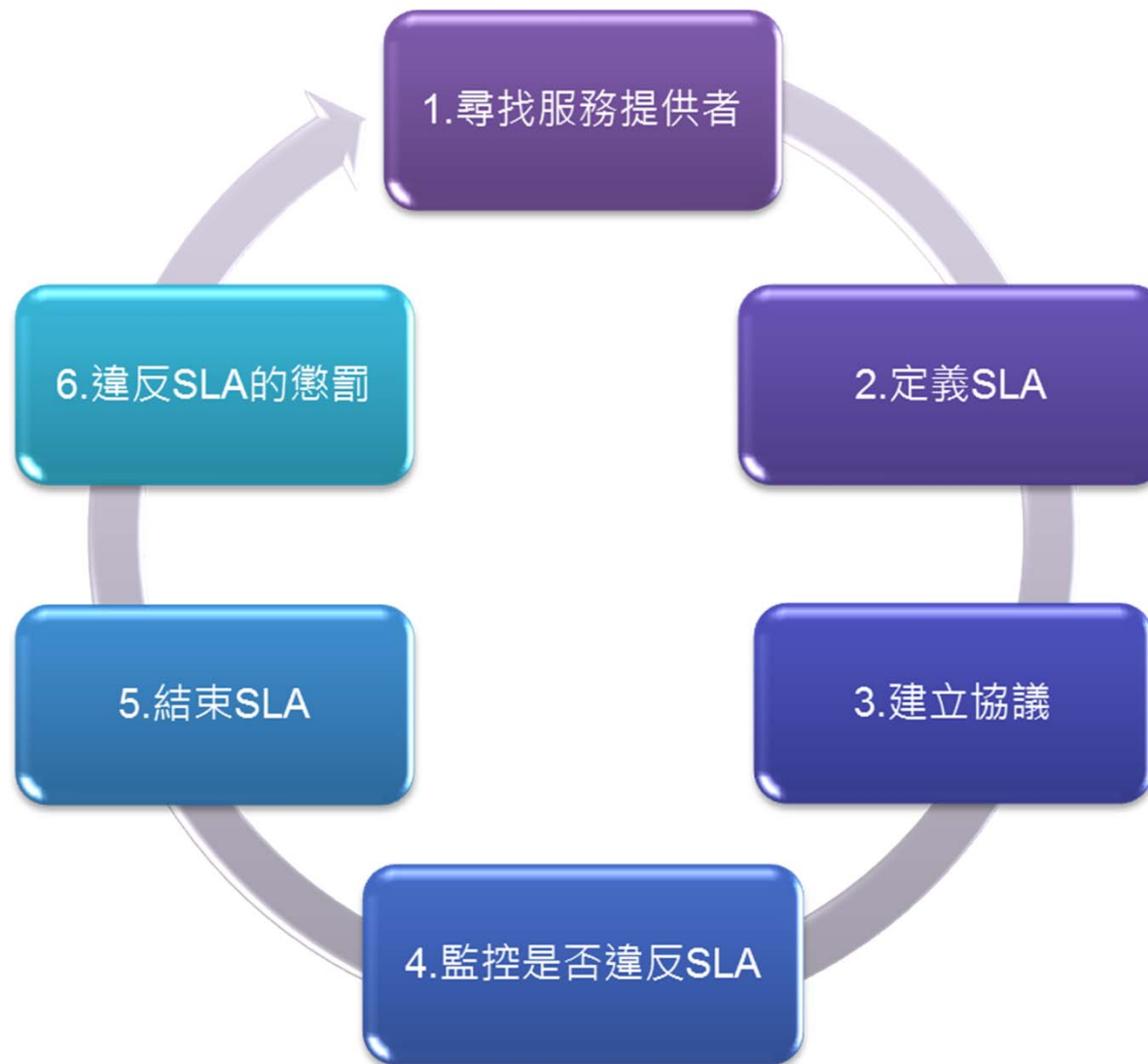
服務品質協議主要的元素

- 目的：使用服務品質協議的目標。
- 限制：為了確保服務品質的需求所需採取的步驟或行動。
- 有效期間：服務品質協議執行的時間。
- 範圍：在服務品質協議中規範服務的範圍。
- 當事人：包含那些組織或個人和他們的角色 (供應商和客戶)。
- 服務品質目標 (Service Level Objective, SLO)：雙方同意的服務品質，例如可用性、效率和可靠度。

服務品質協議主要的元素

- 懲罰：如果服務沒有達到服務品質目標或是效率不佳等，將會有懲罰機制。
- 選擇性的服務：有些不是強制但是需要的服務。
- 管理：為了確保達到服務品質目標的程序，為了這些程序相關組織需要付的責任。

圖15.13：雲端計算的生命週期



生命週期的六個步驟

- 尋找服務提供者：根據使用者的需求去尋找服務提供者。
- 定義服務品質協議：服務品質協議包含服務、當事者、懲罰機制和服務品質的參數。在這個步驟中，雙方可以經由協商來達成協議。
- 建立協議：建立服務品質協議的樣板，並且填入雙方協議的內容，雙方開始遵循協議。
- 監控是否違反服務品質協議：監控提供者的服務效率是否違反服務品質協議的內容。

生命週期的六個步驟

- 結束服務品質協議：由於時間到期或雙方違反協議都必須結束服務品質協議。
- 違反服務品質協議的懲罰：如果任一方違反服務品質協議，必須履行協議中的懲罰內容。

雲端計算的挑戰

- 使用者隱私 (Privacy)
- 資料安全 (Security)
- 資料套牢 (Lock-in)
- 服務可用性 (Availability)
- 資料復原 (Recovery)
- 效率 (Performance)
- 可擴張性 (Scalability)
- 能源效益 (Energy-efficiency)
- 可程式性 (Programmability)

安全、隱私和法規

- 雲端計算的環境中，使用了許多第三方 (Third-party) 的服務和基礎設施去處理重要的資料和執行緊急的運算，所以安全和隱私會影響整個雲端計算的運作。
- 法規問題也是需要重視的，當資料放在雲端中，雲端的提供者可以選擇全球的任何地方來儲存這些資料。而存放這些資料的實際資料中心地點卻會受到當地法規的限制。
- 例如某些特定的加密技術不允許在某些國家使用，而有些國家的法律也限定一些敏感的資料 (例如病歷) 只能儲存在自己的國家內。

資料套牢和標準

- 使用者也許會因為服務不符他們的需求，所以想將資料或應用程式移出雲端。然而在現今的雲端環境中，雲端的基礎設施或平台並沒有提供標準的方法去儲存資料和應用程式。因此，他們並不具備透通性，資料也不能任意轉移。
- 雲端計算互通論壇 (CCIF, Cloud Computing Interoperability Forum) 是由Intel、Sun、Cisco等廠商所組成，主要是在雲端計算的生態環境中，透過採用廣泛的雲端計算工業技術，使得各個廠商可以無間隙的一起合作。

資料套牢和標準

- 雲端計算互通論壇發展了一個“統一雲端介面”(Unified Cloud Interface, UCI)，主要是建立一套在雲端基礎設施中標準的程式存取。
- 硬體虛擬化方面，“開放虛擬格式”(Open Virtual Format, OVF) 主要是制定軟體在虛擬機上封裝和散佈的格式，使得虛擬裝置 (Virtual appliance) 在任何的超級監控者下都可以執行。

可用性、容錯和回復

- 使用者希望他們的應用程式放在雲端環境中，可以得到某些服務品質的保證。
- 這些品質包括服務的可用性、全體的效能或當系統有問題時他們可以得知損失的程度。
- 服務品質協議 (SLA, Service Level Agreement) 包含了許多服務品質的需求，用來設定使用者和提供者之間的保證。
- 服務品質協議制定了提供服務的細節，包括可用性、效率的保證。此外這些協議必須所有相關的人或廠商都同意，甚至制定違反協議時要如何賠償。

資源管理和能源效益

- 另外一個對雲端計算服務提供者所需面對的重要議題是如何有效管理虛擬資源池。
- 動態虛擬機的對應策略中，如果高優先權的工作可以比低優先權的工作先分配資源，那可能藉由暫停、搬移、重新開始虛擬機來達成。
- 由於資料中心消耗大量的能源，伺服器消耗電力，而為了冷卻系統也要額外花費電力。除了費用的花費外，資料中心因為冷卻系統排出的二氧化碳(CO₂)將會影響地球的環境。

結論

- 本章中介紹了雲端計算的演進，從Internet、WWW、電子商務、Web 2.0。
- 也介紹雲端計算中重要的關鍵技術，像是硬體 (例如虛擬化、多核心CPU)、Internet技術 (例如Web服務、服務導向架構、Web 2.0)、分散式計算 (例如公用計算、網格計算) 和系統管理 (例如自主計算、資料中心自動化)。
- 雲端計算主要的概念是以服務為主，所以主要分成基礎設施即服務、平台即服務、軟體即服務三種，當然還有許許多多的不同服務運作。

結論

- 雲端計算在現階段已經廣為人知，而且各國、各組織、各廠商都致力於雲端計算這個領域發展，目前雲端計算的標準是急需制定的，它將會大大影響雲端計算的進展。
- 此外目前可以積極利用現存的計算、儲存、軟體服務加以整合創造新的附加價值，將使雲端計算更廣為使用。

習題

1. 雲端計算有那些基本的特色? (15-1)
2. 雲端計算主要分成那三種服務模式? (15-1)
3. 說明雲端計算演進的重要里程碑。(15-2)
4. 雲端計算的進展主要來自許多技術的進步，例如硬體、Internet、分散式計算和系統管理。試說明這些技術的內容。(15-2)
5. 雲端計算主要分成那三種服務模式? 試詳細說明。(15-3)
6. 雲端計算主要分成那五種佈署方式? 試詳細說明。(15-3)

習題

7. 說明並比較下列各家雲端服務公司的服務內容和特色，Amazon EC2、Microsoft Windows Azure、Google App Engine和Salesforce.com。(15-4)
8. 制定良好的服務品質協議可以帶來那些好處？(15-5)
9. 服務品質協議包含那些元素？(15-5)
10. 服務品質協議包含那六個步驟？(15-5)
11. 雲端計算有那些挑戰？(15-6)

參考文獻

1. M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, R. H. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. A. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica, M. Zaharia, “Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing,” Technical Report No. UCB/EECS-2009-28, EECS Department, University of California, Berkeley, 2009.
2. M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, R. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica, and M. Zaharia, “A View of Cloud Computing,” Communications of the ACM, Vol. 53, No. 4, pp. 50–58, 2010.

參考文獻

3. A. Beloglazov, J. Abawajyb, R. Buyya, “Energy-Aware Resource Allocation Heuristics for Efficient Management of Data Centers for Cloud Computing,” *Future Generation Computer Systems*, Vol. 28, No. 5, pp. 755-768, 2012.
4. M. Bohm, S. Leimeister, C. Riedl, H. KRcmar, “Cloud Computing and Computing Evolution,” <http://www.theseus.joint-research.org/wp-content/uploads/2011/07/BoehmEtAl2009c1.pdf>, 2009.

參考文獻

5. S. Bose, A. Pasala, D. R. A, S. Murthy, G. Malaiyandisamy, “SLA Management in Cloud Computing: A Service Provider's Perspective,” Cloud Computing: Principles and Paradigms, Edited by R. Buyya, J. Broberg, A. Goscinski, John Wiley & Sons, 2011.
6. J. Broberg, R. Buyya, Z. Tari, “MetaCDN: Harnessing ‘Storage Clouds’ for High Performance Content Delivery,” Journal of Network and Computer Application, Vol, 32, No. 5, pp. 1012-1022, 2009.

參考文獻

7. R. Buyya, S. K. Garg, R. N. Calheiros, “SLA-oriented Resource Provisioning for Cloud Computing: Challenges, Architecture, and Solutions,” International Conference on Cloud and Service Computing, 2011.
8. R. Buyya, C.-S. Yeo, S. Venugopal, J. Broberg, and I. Brandic, “Cloud Computing and Emerging IT Platforms: Vision, Hype, and Reality for Delivering Computing as the 5th Utility,” Future Generation Computer Systems, Vol. 25, No. 6, pp. 599–616, June 2009.

參考文獻

9. A. D. Costanzo, M. D. de Assunção, R. Buyya, “Harnessing Cloud Technologies for a Virtualized Distributed Computing Infrastructure,” IEEE Internet Computing, Vol. 13, No. 5, pp. 24-33, 2009.
10. V. C. Emeakarohaa, M. A. S. Netto, R. N. Calheiros, I. Brandic, R. Buyya, C. A. F. D. Rose, “Towards Autonomic Detection of SLA Violations in Cloud Infrastructures,” Future Generation Computer Systems, Vol. 28, No. 7, pp.1017-1029, 2012.

參考文獻

11. I. Foster, Y. Zhao, I. Raicu, S. Lu, “Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared,” Grid Computing Environments Workshop (GCE), 2008.
12. A. Goyal, S. Dadizadeh, “A Survey on Cloud Computing,” Technical Report for CS 508, University of British Columbia, 2009.
13. J. Guitart, M. M.As, O. Rana, P. Wieder, R. Yahyapour, W. Ziegler, “SLA-based Resource Management and Allocation,” Market-Oriented Grid and Utility Computing, Edited by R. Buyya, K. Bubendorfer, John Wiley & Sons, 2010.

參考文獻

14. L. M. Kaufman, “Data Security in the World of Cloud Computing,” IEEE Security & Privacy, Vol. 7, No. 4, pp. 61-64, 2009.
15. J. Y. Li, M. K. Qiu, M. Zhong, G. Quan, X. Qin, Z. H. Gu, “Online Optimization for Scheduling Preemptable Tasks on IaaS Cloud Systems,” Journal of Parallel and Distributed Computing, Vol. 72, No 5, pp.666–677, 2012.
16. W.-H. Liao, S.-C. Su, “A Dynamic VPN Architecture for Private Cloud Computing,” IEEE International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC 2011), 2011.

參考文獻

17. F. Lombardi, R. D. Pietro, “Secure Virtualization for Cloud Computing,” *Journal of Network and Computer Application*, Vol, 34, No. 4, pp. 1113-1122, 2011.
18. S. Marston, Z. Li, S. Bandyopadhyay, J. Zhang, A. Ghalsasi, “Cloud Computing—The Business Perspective,” *Decision Support Systems*, Vol. 51, No. 1, pp. 176–189, 2011.
19. P. Mell, T. Grance, “The NIST Definitoon of Cloud Computing,” *National Institute of Standards and Technology*, 2011.

參考文獻

20. S. Ried, H. Kisker, P. Matzke, “The Evolution of Cloud Computing Markets,” Forrester Research, 2010.
21. B. P. Rimal, E. Choi, I. Lumb, “A Taxonomy and Survey of Cloud Computing Systems,” International Joint Conference on INC, IMS and IDC, 2009.
22. B. Sotomayor, R. S. Montero, I. M. Llorente, I. Foster, “Virtual Infrastructure Management in Private and Hybrid Clouds,” IEEE Internet Computing, Vol. 13, No. 5, pp. 14-22, 2009.

參考文獻

23. S. N. Srirama, P. Jakovits, E. Vainikko, “Adapting Scientific Computing Problems to Clouds Using MapReduce,” *Future Generation Computer Systems*, Vol. 28, No. 1, pp. 184-192, 2012.
24. S. Subashini, V. Kavitha, “A Survey on Security Issues in Service Delivery Models of Cloud Computing,” *Journal of Network and Computer Application*, Vol, 34, No. 1, pp. 1-11, 2011.
25. W. Voorsluys, J. Broberg, R Buyya, “Introduction to Cloud Computing,” *Cloud Computing: Principles and Paradigms*, Edited by R. Buyya, J. Broberg, A. Goscinski, John Wiley & Sons, 2011.

參考文獻

26. M. A. Vouk, “Cloud Computing—Issues, Research and Implementations,” *Journal of Computing and Information Technology*, Vol. 16, No. 4, pp. 235-246, 2008.
27. Y. Wei, M. B. Blake, “Service-Oriented Computing and Cloud Computing: Challenges and Opportunities,” *IEEE Internet Computing*, Vol. 14, No. 6, pp. 72-75, 2010.
28. Wikipedia, “Cloud Computing,” http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing, 01/09/2012.

參考文獻

29. L. Wu, R. Buyya, “Service Level Agreement (SLA) in Utility Computing Systems,” Performance and Dependability in Service Computing: Concepts, Techniques and Research Directions, Edited by V. Cardellini, E. Casalicchio, K. R. L. J. C. Branco, J. C. Estrella, F. J. Monaco, IGI Global, 2012.
30. L. Wu, S. K. Garg, R. Buyya, “SLA-based Admission Control for a Software-as-a-Service Provider in Cloud Computing Environments, “ Journal of Computer and System Sciences, Vol. 78, No 5, pp.1280-1299, 2012.

參考文獻

31. Q. Zhang, L. Cheng, R. Boutaba, “Cloud Computing: State-of-the-Art and Research Challenges,” Journal of Internet Services and Applications, Vol. 1, No. 1, pp. 7-18, 2010.
32. D. Zissis, S. Lekkas, “Address Cloud Computing Security Issues,” Future Generation Computer Systems, Vol. 28, No. 3, pp.583-592, 2012.