蕭瑞祥、鄭哲斌、邱仲麟（2018），『SaaS 雲端服務軟體品質測試之研究』，*中華民國資訊管理學報*，第二十五卷，第四期，頁 447-474。

SaaS 雲端服務軟體品質測試之研究

蕭瑞祥
淡江大學資訊管理學系

鄭哲斌*
臺北城市科技大學資訊管理系

邱仲麟
淡江大學資訊管理學系碩士在職專班

摘要

SaaS 雲端服務具備靈活彈性、高擴充性以及隨選即用等特性。為確保使用者可使用高品質的 SaaS 服務並獲得上述實際效益，如何測試 SaaS 雲端服務品質是業界非常重要的議題之一。

有鑑於傳統的軟體測試無法有效的檢驗雲端服務之特性與品質，本研究期望建立一個較合適之測試程序來驗證 SaaS 雲端服務品質。爰先透過文獻分析彙整 SaaS 雲端服務主要特性，並參考軟體品質標準設計之品質模型，最後依功能性與非功能性雲端服務特性發展出較符合業界需求的測試程序。本研究以文獻內容分析法歸納出雲端測試特性，再設計出 SaaS 雲端服務品質特性所對應之檢測指標，結合實務專家意見訪談印證檢測方法與指標的適用性，並匯總建議。受訪專家表一致表示本研究發展之檢測指標適切，並提供了良好可遵循之檢測參考結果。本研究也採用層級分析法獲得雲端服務特性之權重，期望本研究所發展出之測試程序，能讓雲端服務使用者得以檢視業者將推出之 SaaS 雲端服務是否具備雲端特性，並能確保提供高服務品質與滿意度的雲端服務。

關鍵詞：雲端運算、雲端服務特性、ISO/IEC 25010、軟體品質測試、AHP

* 本文通訊作者。電子郵件信箱：james@mail.tpcu.edu.tw
2014/05/09 投稿；2015/04/28 修訂；2018/09/18 接受

Shaw, R.S., Cheng, C.P. and Chiu, C.L. (2018), ' A study of software quality testing for software as a service', *Journal of Information Management*, Vol. 25, No. 4, pp. 447-474.

A Study of Software Quality Testing for Software as a Service

Ruey-Shiang Shaw
Department of Information Management, Tamkang University

Che-Pin Cheng*
Department of Information Management, Taipei City University of Science and Technology

Chung-Lin Chiu
Executive Master's Program of Business Administration in Information Management, Tamkang University

Abstract

Purpose－SaaS have a lot of valuable characteristics, such as flexibility, scalability, high-demand and pay per use, etc. In view of the traditional software testing cannot effectively test SaaS quality, this study aims to establish a testing mechanism to ensure SaaS quality.

Design/methodology/approach－First defines SaaS characteristics mainly through literature analysis, then reference to international software quality standards to design quality model, and finally base on functional and non-functional SaaS characteristics to development testing procedures.

Findings－This study first uses content analysis from reference literatures to induct cloud testing, then designs SaaS cloud service quality characteristics to map testing indexes, and finally combine interviews with industry experts to verify applicability of testing methods and indexes and collect suggestions. This study also obtains the weight of SaaS characteristics.

* Corresponding author. Email: james@mail.tpcu.edu.tw
2014/05/09 received; 2015/04/28 revised; 2018/09/18 accepted

Research limitations/implications – Interviewed experts unanimous express applicability of this testing index study and provide proper testing reference for follow up to compliance in testing. These testing procedures can help user to assure those SaaS can fit cloud characteristics and ensure the quality of its services.

Practical implications – The results of this research can provide service providers as software shelves or quality of service testing.

Originality/value – This study established a testing mechanism to ensure SaaS quality and also obtain the weight of SaaS characteristics. Interviewed experts unanimous express applicability of this testing index study and provide proper testing reference for follow up to compliance in testing.

Keywords: cloud computing, SaaS characteristics, ISO/IEC 25010, software quality testing, AHP

壹、導論

在近幾年不論是在哪個產業或哪家企業，SaaS 都已變成重要的軟體服務提供模式（Susarla et al. 2009; Susarla et al. 2010）。Gartner（2012）研究指出，全球企業花費在 SaaS 服務，於 2013 年上升 17.9%到達 145 億美金。在雲端趨勢發展帶動下，軟體產業也將發生劇烈的變革，原本以軟體開發後銷售的模式，將逐漸被雲端服務的市場所取代。雲端服務具有快速部署、虛擬化、規模龐大、結構複雜及多種 IT 技術融合等特點（Benlian & Hess 2011），但其隱憂也可能因功能節點失效與系統故障而造成服務中斷。但近年來國際知名的雲端服務商都曾發生過不同程度的服務中斷事件，這樣的事件將造成嚴重業務衝擊，影響使用者對於雲端服務的信心（Benlian et al. 2012），也會限制了雲端服務的推廣與應用。

為了測試以雲端為基礎的軟體，用以來解決雲端在大規模可擴展性與動態配置等基礎建設獨特品質時，雲端服務技術與工具是必需（Kaur et al. 2012）。SaaS 服務技術架構複雜對台灣軟體服務商而言是難度相當高的挑戰，且國內軟體業者規模遠不及國際知名軟體企業。常見的現象如沒有專屬軟體測試人員或欠缺完善軟體品質管理流程與工具下，以致於無法進行完整的軟體品質測試，將可能導致所研發之雲端服務產品具有潛在的風險，一旦雲端服務發生問題時將對於服務廠商與使用者造成嚴重的後果。SaaS 評估過程中涉及的諸多因素和單一業務運營中的幾種產品之可用性之評估，將使得客戶難以為其業務需求選擇最可靠的產品（Vidhyalakshmi & Kumar 2017）。因此，為了確保提供高品質的服務與並避免服務中斷，需要在提供服務的資料中心內先進行內部雲端測試，同時也需要進行實際對外客戶服務的測試，而雲端服務測試正式最佳的解答（Kaur et al. 2012）。本研究之研究動機為研擬雲端特性與發展雲端服務品質模型，以作為服務測試指標、設計驗證方法與檢核程序，以期降低雲端服務軟體品質測試成本，並確保雲端服務的高品質。因此，本研究目的在於設計一套符合雲端服務特性之軟體品質測試機制，期能透過本驗證機制檢視雲端服務品質。本研究目的有以下幾點：

1. 探討雲端發展趨勢與現況分析，比較雲端與傳統軟體在開發與測試之差異與效益，進而歸納出雲端特性與相關定義。
2. 參考國際軟體品質標準，發展出符合雲端服務特性之軟體品質模型，及其對應之品質特徵與評量指標。
3. 依據服務品質模型與評量指標，設計雲端服務品質測試程序。
4. 發展出檢測指標衡量方式，透過專家意見與層級分析方法（AHP），分析獲得雲端服務評量各項指標之權重。

5. 最後再經實務專家意見訪談，印證檢測方法與指標的適用性與建議，提供雲端服務商在檢測上架之 SaaS 產品服務品質檢測程序的參考依據，以確保雲端服務品質與穩定效能。

貳、文獻探討

本研究為探討雲端運算發展趨勢與雲端定義瞭解，雲端服務開發與一般傳統開發有何不同，針對雲端特性進行研究，找出雲端品質指標並發展測試架構與測試程序。

一、雲端發展趨勢分析

軟體即服務（software as a service; SaaS）是使用者不需了解雲端中基礎設施的細節，不必具有相對應的專業知識，也不需要直接進行控制，只需知道自己真正需要什麼樣的資源以及如何透過網路來得到相關的應用服務（Benlian & Hess 2011）。SaaS 提供很大的彈性給使用者，而使用者不需擁有或維護該服務的基礎設施，只需訂閱或付費即可享有服務，使用者可以隨意的更換 SaaS 提供者，這也讓使用者有很高的議價空間（Choudhary 2007）。更簡單來說，SaaS 也就是讓使用者可在網際網路上直接使用軟體的服務模式（Armbrust et al. 2010; Cusumano 2010）。根據 CIO IT 經理人雜誌（2014）針對 2014 年 IT 預算調查中，發現台灣企業在 2013 年對於雲端投資僅佔 6.1%，但時至 2014 年則增加到 8.1%。但針對有意願導入雲端運算的統計卻下降為 31.9%，低於 2012 年的 35%與 2013 年的 40%。Herbert 與 Bartels（2011）研究企業不考慮使用 SaaS 服務原因包括：多數人認為雲端技術較新且不穩定將影響服務品質。除此之外，雲端服務尚有結構性的障礙，如：相容性、資安與資料互通等問題，造成導入意願較低。

二、雲端運算定義與特性

本研究參考國外研究文獻，包括美國國家標準技術研究 NIST（2012）發佈 SP 800-146 建議書，定義雲端運算為「使用無所不在、便利、隨需應變的網路，共享廣大的運算資源，可透過最少的管理工作及服務供應者互動，快速提供各項服務」。Gartner 的研究學者 David（2010）指出「雲端運算是一種透過網際網路技術，提供具有可擴充性與彈性的資訊服務給外部的使用者的模式」。Gillett（2008）研究指出「雲端服務具有資訊能力標準化，在終端設備透過網路連結，依需求自動調整架構以具備高可靠度，並採按量收費、網頁控制介面及自助式服務等特性」。

三、傳統軟體與雲端服務測試之差異

雖然 Baudoin 等（2015）學者針對雲端服務協議方面提出實務的指導方向，然而卻沒有對雲端服務測試提出具體的作法。為解決雲端服務品質問題造成使用者對於雲端服務信心的問題，本研究將發展雲端服務品質測試機制。周悅等人（2013）提到雲端和傳統軟體的特性不同，若使用傳統測試方法和工具對雲端進行測試時有很多限制和不足。

如同雲端服務軟體與一般傳統軟體在開發過程不同，雲端服務軟體測試也不同於一般傳統軟體測試。Kaur 等（2012）曾深入的分析並指出傳統軟體與雲端服務在測試上有何差異，如表 1 所示。

表 1：傳統軟體測試與雲端測試差異

項目	傳統軟體測試	基於雲端軟體測試
測試目標	檢查可用性與相容性 系統函數驗證程式品質	驗證雲端服務品質及可擴充性 驗證 SaaS 功能品質和性能
測試服務	內部軟體測試	由協力廠商提供隨選測試服務 針對 SLA 定義進行線上測試服務
測試和執行時間	在本地測試區中進行上線測試	由協力廠商執行需求測試 在雲端服務上執行線上測試
測試環境	在測試區配置專屬測試環境	使用可擴展之開放公有測試環境或私有測試環境進行測試 具備各種不同型態與異質運算資源
測試成本	測試所需硬體和軟體成本 測試過程中的技術人力成本	TaaS 和雲端測試服務租用費用 SaaS/雲端運算之技術人力成本
測試模擬	模擬線上服務使用者存取依權限產生流量資料進行測試	模擬虛擬/線上使用者存取雲端服務 模擬虛擬/線上雲端服務流量資料
安全測試	使用者的隱私 用戶端/伺服器存取安全測試 資料與訊息之完整性	SaaS 雲端服務安全功能驗證 SaaS/雲端 API 和連接安全性 端到端應用安全

資料來源：Kaur et al.（2012）

四、使用者拒絕使用雲端服務的原因

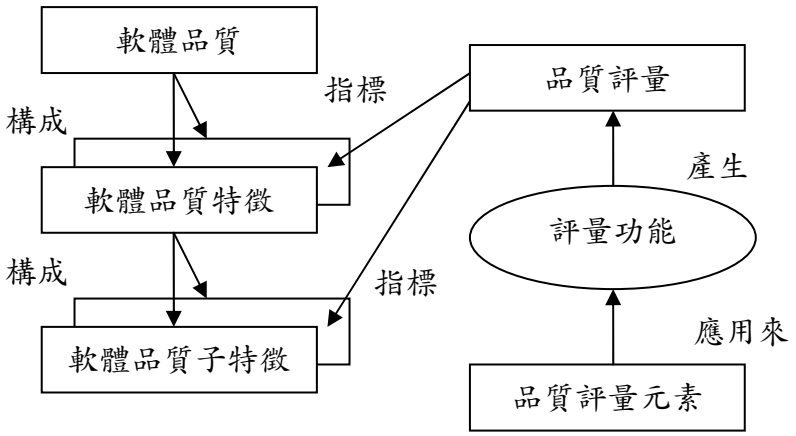
企業不考慮使用 SaaS 服務之原因，許多人認為雲端服務相關技術較新，使

用者擔心新技術不穩定將影響服務品質。通常企業暫不考慮採用 SaaS 的因素，大致可歸類出六個主要理由：(1)資訊安全問題；(2)整合的挑戰；(3)總成本問題；(4)缺乏客製化；(5)無法滿足所需的特定應用服務；(6)遷移或安裝的難度與風險（Lee & Chung 2009; Cusumano 2010; Benlian & Hess 2011; Herbert & Bartels 2011; Benlian et al. 2012）。Jifeng 等（2012）指出明確的使用環境讓使用者能夠更容易使用，並能減輕對 SaaS 服務的不確定性進而影響使用者對 SaaS 服務供應商之能力信任。若 SaaS 服務供應商提供一個良好的服務品質，讓使用者能習慣該服務並信任服務供應商之能力，使用者在使用 SaaS 服務後會增加其使用意圖（Liao et al. 2007）。

五、軟體品質測試

現存的軟體品質測試模式，幾乎都是以測量數個品質特性來衡量軟體產品品質。從 1970 年代開始，就陸續有許多軟體品質度量模式被提出。其中包括 Boehm 等（1978）、McCall 等（1977）、Dromey（1995）與 ISO/IEC-9126-1（2001）等許多模式。ISO/IEC 9126（2001）指出，軟體產品品質應分成兩個部分：(1)內部品質（Internal Quality）及外部品質（External Quality）；(2)使用品質（Quality in Use）。而在第一個內外部品質中，則又定義了六個品質特性（Characteristics），並且更進一步將這六個特性分解成數個子特性（Sub-characteristics）。同時，ISO/IEC 9126（2001）系列標準對各內外部品質子特性制訂了內外部的度量指標（Internal and External Metrics）以及使用品質度量指標（Quality in Use Metrics）。然而隨著雲端服務的特性與特質，這些軟體品質測試的指標是否也完全適用呢？又該如何調整呢？值得更進一步再探討。

雖然 Naseer 與 Nazar（2016）提出一個用來評估 SaaS 自由模式的質量架構，然而該模式並未以已驗證過的軟體品質模型為基礎，也沒有具體的評估項目與權重數值為參考。因此，本研究將研擬雲端服務特性之測試機制發展軟體品質模型，蘇國鵬（2012）提到軟體品質模型是軟體在特定環境下與使用者交互作業的產物，表示軟體對用戶需求的滿足程度。王峰（2012）評量軟體品質的原理是將軟體品質的概念具體分解為若干較小的層次，每層次都與軟體品質特徵密切相關，最低的軟體品質特徵再發展成為具體的量化指標，最後得出整體軟體品質評量模型。本研究將依據雲端特性並參考 ISO/IEC 25010（2011）軟體品質評量模型，發展符合雲端特性之品質特徵與子特徵作為測試標的，如圖 1。



資料來源：ISO/IEC 25010（2011）

圖 1：軟體品質評量模型

參、研究方法與設計

本研究希望發展出一套有效的雲端服務特性之軟體品質測試機制。

一、研究流程

本研究採用文獻內容分析法研究傳統軟體測試與雲端測試間之差異，發展出 SaaS 雲端服務品質特性所對應的品質檢測指標。最後發展出檢測指標衡量方式，再經實務專家意見訪談，印證檢測方法與指標的適用性與提出建議，作為雲端服務品質測試參考。

二、研究步驟

本研究分別討論雲端發展趨勢及雲端運算對資訊產業影響，分析雲端推動業務需求，並彙整各界之雲端特性研究歸納雲端服務特性及其定義，作為雲端服務測試範圍，再參考 ISO/IEC 25010（2011）國際軟體品質標準發展品質模型與測試指標。最後依據個別雲端特性及其品質評量指標發展測試程序。研究步驟與對應之研究目的如圖 2 所示。

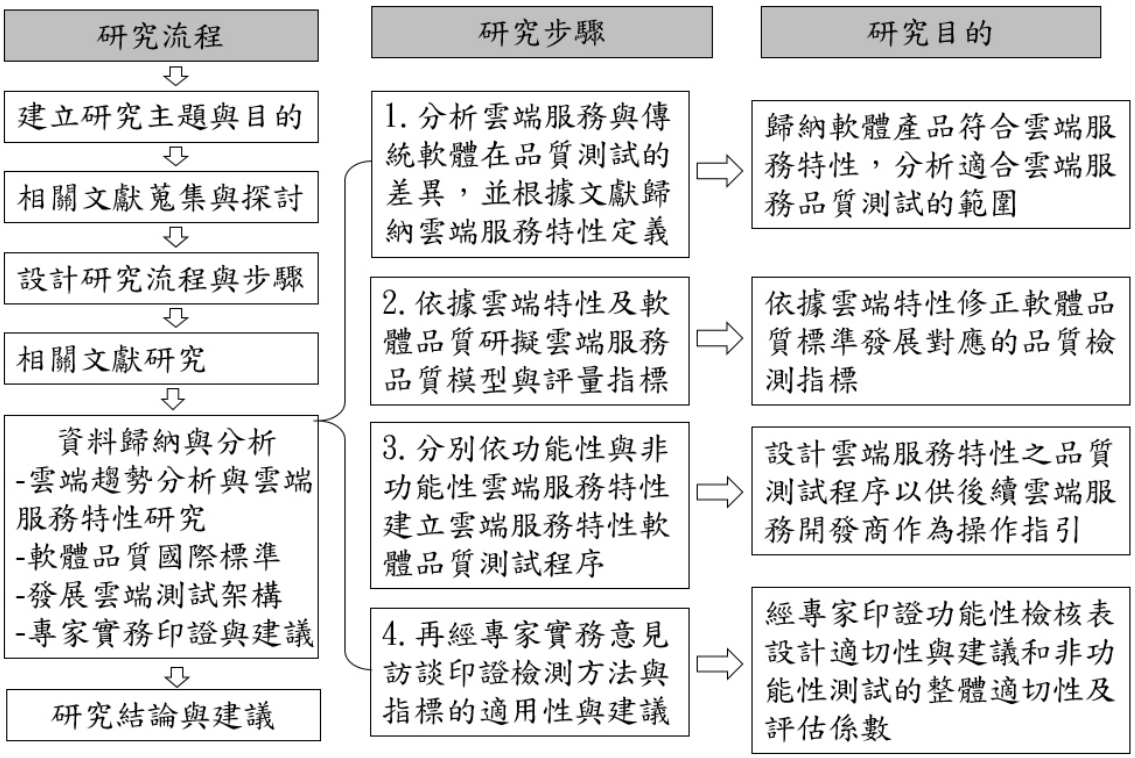


圖 2：研究步驟圖

肆、雲端軟體品質測試機制與發展

本研究先從雲端服務趨勢分析出發，進一步分析雲端服務關鍵特性，並參考國際軟體品質模型後，根據業界實務需求發展出雲端服務品質測試程序與評量指標，研究結果詳述如下。

一、分析雲端發展趨勢與 SaaS 雲端服務特性

（一）傳統軟體與雲端服務開發特性與測試機制之差異分析

近年來雲端運算發展趨勢下，軟體型態將更為豐富多樣。雲端服務模式下，軟體可以是一種服務，如同 SaaS 服務模式，也可以是 Web Services，也可以是線上訂購服務，如蘋果線上商店中的應用軟體。除了應用層面外，雲端服務之軟體開發環境與作業模式也將發生變化。雖然開發流程仍然符合傳統軟體開發生命週期，但基於雲端服務的開發工具外，開發環境與開發平臺也可透過雲端模式進行線上開發，並通過雲端實現協同作業及知識分享累積並獲得軟體重複使用的效益。

傳統軟體與雲端服務在開發過程有很大差異，雲端服務必須結合虛擬化雲端服務平台，具備分散處理與儲存能力。雲端服務開發捨棄傳統自行建置，而改採租用雲端資源進行產品開發，相較傳統軟體研發時需建立專屬開發與上線環境。因此雲端開發模式可節省軟硬體投資，將更多資源投入在研發創新，大幅提昇競爭優勢。

表 1 所比較的結果顯示，傳統測試機制將不適用於驗證雲端服務，雲端服務是建立在雲端基礎環境上，因此測試時應考量同樣以雲端環境來進行測試，再搭配雲端資源彈性擴充可快速部署測試環境資源，節省測試資源與時間。此外 SaaS 服務具有不同服務類型，因此雲端測試應該涵蓋如：Web Services 測試、網際網路應用測試、行動智慧終端裝置軟體測試等。

（二）分析 SaaS 雲端服務特性

SaaS 雲端服務也有別於傳統軟體研發後銷售的商業模式，使用者將透過網路取得服務，雲端服務商則由中央控管並同時提供服務給多個客戶，並且依照實際使用量來收費，其軟體之更新及維護機制，需可滿足個別客戶客製化需求，且兼具擴充性與彈性。因此 SaaS 服務比傳統軟體要求更高的品質，應該進行更嚴格的品質評量。

定義雲端服務特性是本研究評量雲端服務品質的先決條件，在為求雲端特性的全面性與完整性，本研究審慎檢視國內外各項研究文獻，以求精確找出雲端特性與其定義。本研究更蒐集國內目前大力著手雲端服務的研究，例如資策會雲端測試開發平台（資策會 2013）以及軟體品質協會雲端服務品質成熟度評估指標（軟體品質協會 2013）所定義之雲端特性，一併納入分析，以提供國內外趨勢比較之參考。

雲端服務特性定義也是本研究之測試範圍，有關雲端特性分析與彙整如表 2 所示。依據表 2 各研究機構對於雲端特性的描述，彙整出七項雲端服務特性，其描述與定義如下：

1. A1 終端設備經由網路連結：雲端服務可隨時透過網際網路存取應用服務，且用戶端無論規模、地點或使用設備類型，均可透過標準機制使用雲端服務。
2. A2 具備隨選自助服務：用戶端可依需求自行操作及使用雲端服務各項功能，不需再透過雲端服務供應端或與其客戶服務人員協助以達成使用目的。
3. A3 具備高可靠度與容錯機制：雲端服務商可根據需求變化，快速進行架構延展。
4. A4 大量服務連線與分散式架構：雲端服務運算資源可來自於不同實體環

境，且資訊架構採分散式之運算與儲存機制，可同時應付大量使用者的連線。

5. A5 可靈活調度資源：雲端服務供應端可以隨時依照用戶需求去動態且即時的取得相關資源以進行快速部署服務，或釋放不需要的資源以利資源有效運用。
6. A6 具備多租戶服務模式：雲端服務商提供的軟硬體資源會被所有用戶端共享共用，以降低整體成本。
7. A7 具備服務監控與度量機制：雲端服務供應端監控並記錄用戶端目前資源使用的狀況，以便計算用戶端可以使用多少服務項目或資源，進而計價該要支付多少費用。

表 2：雲端特性分析與彙整

雲端特性	國際分析			國內分析	
	Gillett (2008)	Gartner (2010)	NIST (2012)	軟體品質協會 (2013)	資策會 (2013)
A1.終端設備經由網路連結	V	V	V	V	
A2.具備隨選自助服務	V	V	V	V	V
A3.具備高可靠度與容錯機制	V				V
A4.大量服務連線與分散架構		V	V		V
A5.可彈性靈活調度資源	V	V	V	V	V
A6.具備多租戶服務模式	V	V	V	V	V
A7.具備服務監控與度量機制	V		V	V	V

二、研擬雲端服務品質模型與評量指標

雲端服務是由軟體建構而成，而軟體也是一項產品，好的產品需符合品質要求，因此建立軟體品質模型對於品質評量是非常關鍵的作業。Kaur 等（2012）指出雲端測試包括：壓力測試、負荷測試、效能測試、功能性測試、延遲測試。由於傳統測試無法適用於雲端環境，且目前傳統的軟體品質模型不能有效的評估雲端服務特性，本節重點在於提出符合雲端服務特性之品質模型與評量指標。

（一）ISO/IEC 25010 標準之雲端服務品質特徵

雲端服務雖是由軟體構成，但在滿足一般軟體特徵的同時，也應滿足雲端服務特性。本研究依據 ISO/IEC 25010 軟體品質模型，並在此模型基礎上修正後提出新的雲端服務品質特徵與模型。

2002 年所頒佈之 ISO/IEC 25000-25050 為軟體品質需求和評估標準，主要為修訂 ISO/IEC 9126 相關基礎上所制定。而國際標準組織於 2011 年 3 月發佈了 ISO/IEC 25010 軟體品質評量模型，用以彌補 ISO/IEC 9126 品質模型不足並加以取代，ISO/IEC 25010 為新的軟體品質評量標準。內容包括軟體內部及外部品質和軟體使用品質特徵的詳細品質模型。上述之內部和外部軟體品質特徵，被細部分解成一些子特徵，ISO/IEC 25010（2011）軟體品質評量標準一共描述了 8 個品質特徵和 31 個子特徵。

在軟體開發過程中，各階段均需不同型態的測試，以確保軟體的品質與可靠性，而不同型態的測試則仰賴不同的工具或平台（王豐勝 & 黃彥文 2013）。王峰（2012）指出，基於軟體品質層次的評價機制，對於評價指標選取的要求以及選取品質要素的可度量性等，在選取時可採用主觀或客觀的方式加以度量，但要特別注意方法的易度量性及相關數據的方便收集與計算。本研究對應雲端服務特性與定義，參考 ISO/IEC 25010（2011）品質特徵，修正建構適合評量雲端服務的品質模型。在修正過程中，依據雲端特性定義將部分子特徵不適用於雲端服務特性或難以用簡易檢測方式進行檢測之項目，予以排除列入非檢測範疇。例如：成熟性、易測試性及可取代性等。Kaur 等（2012）亦指出像功能性測試即是一種黑盒子式的測試，是基於其在特定軟體元件規格下的測試狀況。功能測試透過給予該軟體輸入資料與檢驗輸出結果進行測試，然而實際上在內部程式結構幾乎是不考慮到功能性測試。

依據上述，針對 ISO/IEC 25010 軟體品質特徵的基本定義原則，再延伸對應到雲端服務特性的主要品質特徵後，將其可列入檢測的軟體品質特徵說明如下。根據下面條列定義的原則，可延伸對應至本研究所提之雲端特性對應軟體品質特性，其對應分析結果如圖 3 所示。

1. 可攜性：使用者在雲端服務上的系統與資料，是否可從原本服務廠商，移植到另一服務廠商或自家機房的程度。
2. 易用性：在特定使用情境下，雲端服務被特定用戶操作使用，可以有效地達到特定目標的程度。
3. 可靠性：雲端服務在規定時間內或特定條件下執行特定功能的程度。雲端服務可靠性來自於整體之服務需求、資源調配設計和容錯機制。
4. 性能效率：特定條件下，雲端服務使用特定數量資源所能達到性能表現的程度。此處資源係指雲端服務所使用的資訊基礎環境資源，包括雲端服務所使用之硬體資源以及虛擬操作系統環境。
5. 相容性：在共用軟硬體資源的環境下，雲端服務支援異質平台的能力程度。
6. 安全性：使用者與系統依其許可權限適當地存取資料，並保護個別資訊不

受其他惡意攻擊影響的程度。除了資料儲存和讀取之外，安全性也應用於網路傳輸。安全性直接影響著雲端服務使用品質中的可信任度。

7. 可維護性：雲端服務的可被維護、重覆使用與修改的程度。其修改是包括功能更新和適應性修改，而可維護性評估也包括雲端服務版本更新和升級作業。

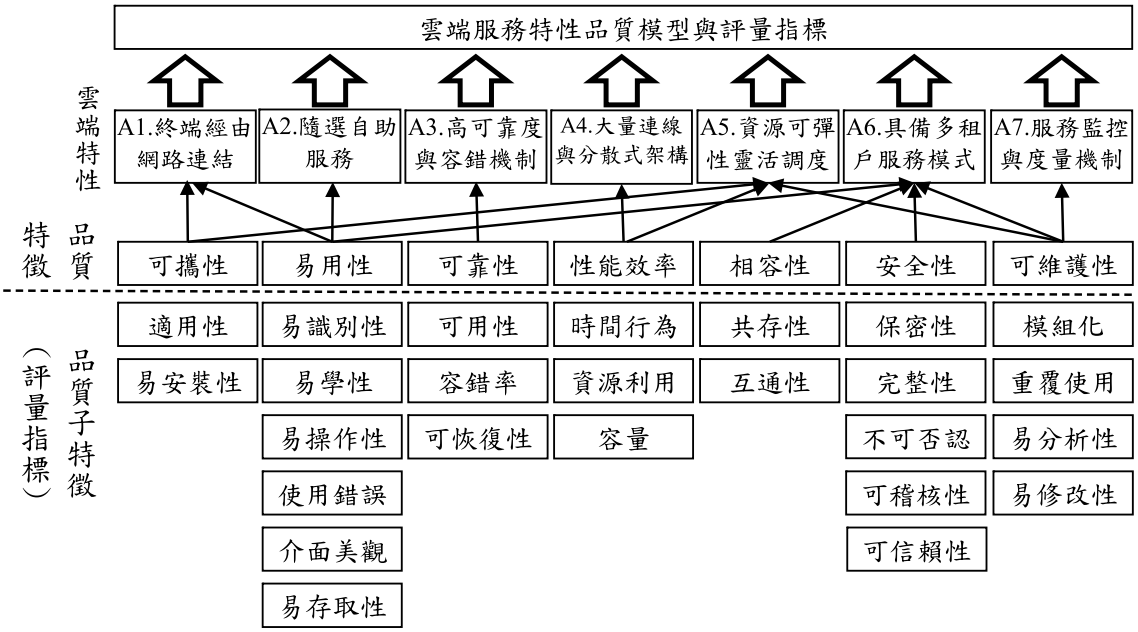


圖 3：雲端特性對應之軟體品質特性

（二）ISO/IEC 25010 標準之雲端服務品質模型與評量指標

ISO/IEC 25010（2011）提到軟體品質管理模型中子特徵是對主特徵的延伸定義，如圖 1 所示。因此，本研究將子特徵作為評量指標，用以評量雲端服務品質。通過分析 ISO/IEC 25010 品質模型的子特徵，發現部分子特徵不適用於雲端服務特性或難以用簡易檢測方式進行檢測，因此將部分檢測項目予以排除不列入檢測範疇。例如：成熟性、易測試性及可取代性等。修正後提供雲端服務特性品質模型與評量指標如表 3 所示。

表 3：ISO/IEC 25010 之雲端服務品質模型

軟體品質特徵	軟體品質特徵定義	軟體品質子特徵	ISO/IEC 25010 軟體品質子特徵定義 (ISO/IEC 25010 2011)	品質特徵非適合雲端檢測之文獻	對應雲端服務特性
功能適用性	雲端服務可以滿足相關功能需求	功能完整性	雲端服務功能覆蓋特定任務即用戶目標的程度	ISO/IEC 25010（2011）；Kaur 等（2012）；王峰（2012）	非檢測
		功能正確性	雲端服務提供所需功能產出正確的程度	SO/IEC 25010（2011）；Kaur 等（2012）；王峰（2012）	非檢測
		功能適合性	雲端服務是否易於完成特定任務或使用者目標的程度	SO/IEC 25010（2011）；Kaur 等（2012）；王峰（2012）	非檢測
可攜性	使用者在雲端服務相關應用系統與資料，可以移植到其他雲端服務環境或自身的作業環境中	適用性	雲端服務可適應不同的硬體、軟體、操作或使用環境的程度	根據定義適合雲端測試	A5
		易安裝性	雲端服務在特定環境下可有效率地被成功安裝或卸載的程度。易安裝性不是一個所有雲端服務都具有的屬性	根據定義適合雲端測試	A1
		可取代性	在相同環境下，雲端服務可替換功能相同的另一個特定雲端服務產品的程度	ISO/IEC 25010（2011）；Benlian & Hess（2011）	非檢測
易用性	在滿足雲端特性相關要求下，使用者可以有效的操作系統	易識別性	使用者識別雲端服務是否適合其需求的程度，雲端服務提供的功能是否可以輕鬆被用戶理解其作用	根據定義適合雲端測試	A2
		易學性	在特定使用情境下，雲端服務使用者是否可以高效率且無風險地學習使用並完成特定目標	根據定義適合雲端測試	A1, A2
		易操作性	雲端服務具有易於操作或控制的屬性	根據定義適合雲端測試	A2, A6
		使用者錯誤保護	防止使用者選取服務時，因誤解功能而犯錯，檢視服務系統是否會有檢查與防止使用者出錯的機制	根據定義適合雲端測試	A2

		操作介面美觀性	雲端服務使用者操作呈現介面是否讓使用者滿意	根據定義適合雲端測試	A2
		易存取性	滿足雲端特性可透過終端行動設備，隨時透過網路網路存取服務	根據定義適合雲端測試	A1
可靠性	雲端服務在特定服務時間內境特定環境條件下，服務執行規定功能的程度	成熟性	系統在正常運行下滿足可靠性要求的程度	ISO/IEC 25010（2011）；王峰（2012）	非檢測
		可用性	使用過程中，雲端服務是否能持續運作與被存取的程度	根據定義適合雲端測試	A3
		容錯性	當硬體或軟體發生錯誤時，雲端服務仍可正常運作的程度	根據定義適合雲端測試	A3
		可恢復性	雲端服務可以直接恢復發生干擾或突發事件影響中之資料的程度	根據定義適合雲端測試	A3
性能與效率	雲端服務可滿足SLA之服務效能要求	時間行為	影響時間、處理時間和服務吞吐率是否滿足需求的程度	根據定義適合雲端測試	A4, A5
		資源利用	執行功能時，服務所需的資源數量與類型	根據定義適合雲端測試	A4, A5
		容量	滿足要求的參數最大值	根據定義適合雲端測試	A5
相容性	在共享資源環境中，同時支援異質之基礎資訊環境	共存性	雲端服務共享環境與資源時，能夠正常運行不會為其他使用者帶來不良影響	根據定義適合雲端測試	A6
		互通性	同時支援不同廠牌的軟硬體環境，讓客戶可之間的系統與資料的移轉	根據定義適合雲端測試	A6
安全性	雲端服務使用者依據其帳號與權限設定，存取相關資料，並保持資料的安全性	保密性	雲端服務確保資料僅對授權使用者可存取的程度	根據定義適合雲端測試	A6
		完整性	雲端服務防止未授權存取或修改電腦程式或資料的程度	根據定義適合雲端測試	A6
		不可否認性	雲端服務動作可被證明曾發生並不可抵賴的程度	根據定義適合雲端測試	A6
		可稽核性	雲端服務的行為可被追蹤為其所獨有的程度	根據定義適合雲端測試	A6
		可信賴性	雲端服務主體或資源的身份可被證實屬實的程度	根據定義適合雲端測試	A6

可維護性	雲端服務具備容易修改與調整的維護特性	模組化	雲端服務某一功能模組變化對其他功能產生最小影響的程度	根據定義適合雲端測試	A6
		可重複使用	雲端服務可被用於一個以上系統或服務重複使用其資源的程度	根據定義適合雲端測試	A5
		易分析性	雲端服務監控記錄收集可評估診斷產品不足或失效原因或依使用量計價	根據定義適合雲端測試	A6, A7
		易修改性	在不發生缺陷或降低當前產品品質的前提下，雲端服務可被有效修改的程度	根據定義適合雲端測試	A6
		易測試性	可為雲端服務建立測試準則，並有效率的執行測試以確認是否達到測試準則的程度	ISO/IEC 25010（2011）；王峰（2012）	非檢測

註：「根據定義適合雲端測試」之定義係根據 ISO/IEC 25010（2011）軟體品質特徵定義。

三、建立雲端服務特性軟體品質指標驗證機制

從軟體品質評估模式可區分為二個主要方式。第一個是流程管理模式，藉由對軟體開發流程的全面規範和制定標準作業程序，代表性的管理模式為 CMMI 軟體成熟度模式整合和 ISO/IEC 9000 系列。另一種是軟體產品品質評量模式，其主要是先分析軟體產品品質的特性（Characteristic），定義品質特性下的品質準則（Criteria），最後建立標準的度量方式或測試程序，直接對軟體產品進行測試及量測，並建立軟體品質評估模型。其代表的管理模式為現在通用的軟體品質模型，例如 McCall 品質模型、Boehm 模型、ISO/IEC 9126 品質模型和 ISO/IEC 25010 品質模型。本研究結合上述兩種軟體品質評量方式，將雲端特性分為功能性測試與非功能性測試，其中功能性測試採用管理模式的方式製作評量檢核表來進行檢測。另外，非功能性測試則採用從軟體模型中找出衡量指標，再制訂計算公式，同時在測試過程中則以子特徵（評量指標）作為測試評量標的，並且在測試過程中，除驗證軟體品質子特徵外，也設計適當的評估指標量化計算方式，以進行測試驗證。Hwang 與 Yoon（1981）認為，多準則決策（Multiple Criteria Decision Making; MCDM）為決策者在多個質化或量化的評估準則下，對一組可行的替選方案進行評估，以決定各方案間之優劣或執行的優先順序。再則，多準則決策類型中若屬於判斷性的問題，如果遇到難以界定的方案並且試使用單一準則評估方式時，針對這類問題通常採用的技術是人類主觀管理（Human Subjective Management; HSM）或社會價值判斷理論（Social Judgment Theory），簡單來說就是經由統計分析並依據決策者的直接諮詢或判斷的結果求解（王小璠

2005）。因此，本研究中採用此評量方式。但由於並非所有的品質特徵評量指標都可以獲得量化的結果，故本研究採用定量（計算公式）和定性（檢核表）結合的方式對雲端服務進行評估。再則考慮到論文篇幅問題，僅列舉多租戶（功能性）以及高可靠度（非功能性）特性作為評量說明。

1. 功能性測試依據特性定義進行評量檢核表制訂的步驟：
   步驟 1：找出軟體品質模型中對應之品質特徵。
   步驟 2：依據特徵定義發展檢核表進行評量。
   步驟 3：檢核結果再以量化方式計算符合度。
2. 非功能性測試依據特性定義進行評量指標收集的步驟：
   步驟 1：找出軟體品質模型中對應之品質特徵。
   步驟 2：依據特徵定義設計計算公式並收集測試數據計算個別評量指標。
   步驟 3：計算整體符合度。

（一）多租戶服務模式特性測試

多租戶為 SaaS 雲端服務的重要特性之一，透過多租戶的架構 ，SaaS 服務供應商可以大量簡化操作並降低營運成本，在同一雲端資源池服務大量使用者（租戶）。服務供應商，為每個租戶提供一個單獨的使用環境，每個客戶的資料卻是獨立存放，彼此不互通。

針對多租戶特性對應品質模型其相關品質特徵屬於定性評估，因此在測試過程中，將以檢核表的方式檢視雲端服務供應商之多租戶架構設計，確保各租戶彼此獨立性為測試作業主要的目標。以技術而言，一般多租戶的架構乃透過隔離技術達成，多租戶的服務模式應該要支援租戶在運行時可自行調整服務，而不影響其他租戶。由於所有租戶共享相同的應用程式，但也需實現系統客製化需求，如涉及修改程式和應用程式重新部署作業，一旦為某一特定租戶進行客製服務時，其他租戶可能都會受到影響，並可能在更新過程中中斷服務。此外，當租戶數量增加時，上述干擾將更加頻繁和難以控制，也將導致非常嚴重的服務可用性問題。因此，單一租戶維護作業時能不影響其他客戶，應該是多租戶模式的重要關鍵要求。而多租戶則屬於功能性特性，其對應之品質特徵是具有可攜性、易用性、相容性、安全性與可維護性等，皆是屬於定性指標，本研究將依據個別子特徵設計檢核表進行評量。多租戶「檢核表」參考 Vashistha 與 Ahmed（2012）和 Gao 等（2013）以及軟體品質協會雲端服務品質成熟度評估指標（軟體品質協會 2013）內容彙整而成，如表 4 所示。

表 4：多租戶特性檢核表

軟體品質特徵	子特徵	檢核內容	符合程度 符合~不符合
易用性	易操作性	用戶界面-應用程式之使用者操作介面，是否支援客製調整並且可透過設定更改外觀而不影響其他用戶？	□ □
安全性	保密性	透過隔離技術讓每個客戶只可存取屬於自己專屬的區域如：虛擬資源、資料庫欄位、作業流程與 Web 服務？	□ □
	完整性	使用者操作系統時是否進行資料檢查，以確保資料完整性？	□ □
	不可否認性	使用者服務連線與操作是否具備的完善的授權管理，以便確保使用者依據授權進行系統操作？	□ □
	可稽核性	使用者服務連線與操作是否具備的完善的稽核機制並針對操作異動保留記錄資料以便後續追蹤稽核？	□ □
	可信賴性	過往三年是否發生過重大資安事件；是否通過資安認證（ISO/IEC 27001 與 FISMA..）；是否定期進行資訊安全測試（弱點掃描、滲透測試..）	□ □
相容性	共存性	資源池 - 雲端服務共享環境與資源時，能夠正常運行不會為其他使用者帶來不利的影響	□ □
		資料庫 - 單一租戶使用資料庫資料變更操作時，是否會影響其他人？	□ □
		業務流程 - 是否支援讓客戶依實際的需求，分派相關的業務流程給個別負責人？	□ □
	互通性	是否可依據不同效能、管理及擴充性等需求，支援各種不同型態與廠牌之資料庫，讓租戶可以進行資料庫相關維護作業，如：客製化或備份等作業？	□ □
可維護性	模組化	多租戶服務之系統修改、維護與更新作業是否可依據不同用戶需求彈性更新與修改程式，且不造成其他用戶的影響？	□ □
	易分析性	隨時監控並記錄用戶端目前資源使用的狀況，以便計算用戶端可以使用多少服務項目或資源，以及應該要支付多少費用？	□ □
	易修改性	業務邏輯，再不需更改程式的前題條件下，每個客戶是否可以依據自身需求修改應用服務中之業務邏輯進行客製化設定？	□ □

當完成檢核表評量後，可依據檢核結果，衡量該雲端服務針對多租戶特性品質特徵之符合程度。多租戶特性符合程度計算公式如下：

$$多租戶功能符合程度=(\sum_{i=1}^{n}\frac{符合功能問項的數量}{所有功能問項影數量})/n$$

其中 n 是品質子特徵項次的總數。多租戶特性符合程度檢核的範圍是 0~1。數值 1 表示該雲端服務完全符合多租戶特性。

（二）高可靠度與容錯機制測試說明

高可靠度與容錯機制是依據軟體品質可靠性進行評量與驗證。可靠性測試是指使用者對雲端服務系統之可靠性要求，通過對雲端系統進行測試驗證是否達到可靠性要求的一種測試方法，高可靠度與容錯機制可透過軟體品質特性中的可靠度與三個子特徵作為評量指標。可靠度評量指標之計算公式參考 Lee 等（2009）研究，以下為評量說明。

1. 可用性的公式計算為雲端服務的總運行時間，及雲端服務可被使用的時間的比值。有關可用性的公式如下：

$$可用性 = \frac{服務總運行時間 - 服務中斷時間}{服務總運行時間}$$

其中分母是雲端服務運行的總時間，而分子是該雲端服務可被使用的時間，分子可以透過以下計算得到「服務總運行時間－服務故障時間」。服務故障時間，是因任何故障原因造成服務中斷的時間，該服務無法使用的總時間。計算結果範圍是 0~1，越接近 1 表示的該雲端服務具有更高的可用性。

2. 容錯性是當發生錯誤或故障時，卻不影響運行狀況。容錯性計算已曾經發生過故障次數卻沒有造成服務中斷的比例。有關容錯性公式如下：

$$容錯性 = \frac{發生錯誤卻沒造成服務中斷事件次數}{錯誤發生總次數}$$

其中分母是確定發生故障的總數和分子是故障但不會引起失敗的次數。從參考雲端服務相關的軟硬體的日誌文件，可以找出發生故障的總數。因此，我們可以從日誌故障事件的總數和實際上真正發生故障的總數量之間的差異獲得分子的數值。容錯性範圍是 0~1，越接近 1 表示的雲端服務具有更高的故障容錯性。

3. 可恢復性是指曾經發生故障事件，但卻自動恢復不影響運作的比例。可以

計算為；其中分母是由發生故障的總次數。可恢復性範圍是 0~1，越接近 1 表示雲端服務具有較高的可恢復性。有關可恢復性公式如下：

$$\text{可恢復性} = \frac{\text{發生錯誤卻自動恢復正常的次數}}{\text{錯誤發生總次數}}$$

4. 高可靠度與容錯機制整體符合程度是由以上三個指標 * W 權重參數而得，W 為各指標的權重，其總和為 1。本研究假設 W=1/n，其中 n 為評量指標個數。高可靠度與容錯機制之範圍是 0~1，越接近 1 表示的雲端服務具有更高的可靠性與容錯機制。有關可靠性公式如下：

$$\text{可靠性} = W_{\text{可用性}} * \text{可用性} + W_{\text{容錯性}} * \text{容錯性} + W_{\text{可恢復性}} * \text{可恢復性}$$

四、實務專家意見訪談印證

針對上述之雲端服務軟體品質指標測試程序，為增加評量精確性，本研究更進一步邀請專家對本雲端服務軟體品質指標測試程序進行訪談，並挑選兩項雲端特性項目「A6.具備多租戶服務模式」及「A3.高可靠度與容錯機制」提供實務結果印證與建議，以使本雲端軟體品質指標驗證機制，能讓業界開發商更能貼切的瞭解雲端使用者對品質滿意的要求項目與指標。為了能收集到完整的雲端服務實際專家經驗與意見，本研究受邀之專家分別為具備開發者專業之測試技術顧問，與具備長期雲端服務使用經驗之資深使用者。期望從雲端服務「服務提供面」（供給方）與「軟體開發面」（需求方）兩種不同角度，交叉匯總出實務的需求交集成果。本研究中受訪專家的相關背景整理如表 5。

表 5：受訪專家相關背景資料表

編號	專家服務單位	專家職務	年資	公司規模	相關經驗背景
專家 1	外商軟體部門	資深業務協理	16 年	台灣辦公室 2000 多人	負責軟體測試以及雲端管理解決方案銷售與導入；具備多年軟體開發測試經驗，負責大型軟體測試中心測試專案，以及雲端服務建置與導入案。
專家 2	國內雲端測試中心主管	工程師	14 年	台灣辦公室 1500 多人	負責雲端軟體測試服務推廣與測試專案執行；具備多年軟體開發測試經驗，負責資訊安全與軟體測試管理標準化專案，以及雲端服務。

專家3	國內軟體開發公司負責人	總經理	15年	台灣辦公室20多人	負責軟體開發專案執行；具備多年軟體開發測試經驗，負責資訊安全與軟體開發專案。
專家4	國內校園計算中心程式人員	工程師	12年	台灣辦公室60多人	負責校務軟體開發專案與執行；具備多年軟體開發測試經驗。

訪談結果顯示，專家們對本研究之軟體品質指標測試程序所提供之檢核表中的各項目，均表達滿意與適切。唯因對於雲端差異化屬性較大的軟體特性的需求，則也相對的希望能有較多的彈性與若干建議，此種結果，實屬合理與正常。在對於多租戶檢核表部分，則在較多問項深度與廣度有不同看法，對於個別差異化要求的雲端服務，檢核表雖與關鍵業務相關，但若所能呈現出來的服務品質深度不夠時，則可能仍會造成品質落差。本研究將專家意見結果彙整如表6。

表6：多租戶測試機制（功能性）之專家認同與建議匯總表

主題	特性檢核項目	服務提供方專家認同（打V）				軟體開發方專家認同（打V）				綜合建議
		專家I		專家II		專家III		專家IV		
		適切性	有用性	適切性	有用性	適切性	有用性	適切性	有用性	
多租戶服務模式特性測試	易用性檢核	V	V	V	V	V	V	V	V	提供方： ・若雲端服務操作介面具客製化，是否支援自行調整。 ・是否具備作業環境即可操作系統進行評估。
										開發方： ・是否具備多國語言操作介面以及功能說明可供使用者選擇。 ・是否支援多。
	安全性檢核	V	V	V	V	V	V	V	V	提供方： ・列舉保密性使用哪種技術以確保保密性之要求。 ・應提供不同資訊服務重要程度之不同資訊安全度等級防護措施。
										開發方： ・是否使用資料加密技術防止資料遺失。 ・是否定義進行災害復原演練。

	相容性檢核	V	V	V	V	V	V	V	V	提供方： ・可加強評估終端使用相容性。 ・可考量是否與使用者既有環境系統界接便利性。 ・對於互通性可加強資料與服務的互通。
										開發方： ・是否支援多國語系輸入。 ・是否開放 API 且具備說明文件可便於其他系統界接。
	可維護性檢核	V	V	V	V	V	V	V	V	・無建議。

表 7：高可靠度與容錯特性測試機制（非功能性）之專家認同、權重係數與建議匯總表

主題	特性檢核項目	服務提供方專家認同（打 V）		軟體開發方專家認同（打 V）		綜合建議
		專家 I	專家 II	專家 III	專家 IV	
高可靠度與容錯機制測試	可用性評量適切	V	V	V	V	・無建議。
	容錯性評量適切	V	V	V	V	・無建議。
	可恢復性評量適切	V	V	V	V	・無建議。
	可靠性評量適切	V	V	V	V	提供方： ・不同類型之雲端服務對於可用性、容錯性與可恢復性的要求並不一致，因此應視個別服務類型而有所不同。
						開發方： ・雲端服務整體可靠性關係硬體、網路及應用系統各自的穩定度，應從使用者角度來度量服務整體的可靠性。

五、雲端特性層級分析及整體權重

本研究進而邀請了 10 位至少具有兩年以上經驗之雲端服務方面的供應面專家及使用面專家（如表 8），針對本研究分析獲得之雲端服務特性所對應軟體品質特徵（如圖 3），發放問卷並進行層級分析（Analytic Hierarchy Process; AHP）的調查資料彙總，以計算出量化的權重係數。專家問卷回收 10 份，有效回收率為 100%。依照 AHP 問卷及九等的評比尺度，利用 Expert Choice 11.0 軟體依圖 3 之層級進行分析，計算出個別及整體的原始軟體品質特徵權重值（如圖 4 右邊）。再依據本研究所分析雲端特性定義的原則，將軟體品質特徵的權重值分別加總至所對應延伸的雲端特性項目中。此處軟體品質特徵的權重值的分配，因礙於目前尚無更精準的實證分配理論與法則，本研究採算術平均數的方式予以分配加入所對應的雲端特性項目中。例如軟體品質特徵項目「可攜性」經本研究分析應分別延伸對應至兩項雲端特性項目時，則將「可攜性」該項的軟體品質特徵權重值 0.141 除以 2 後獲得 0.0705 之權重值，然後分別加入所對應的「A1.終端設備經由網路連結」與「A5.可彈性靈活調度資源」中。透過此種權重值加總方式，進而獲得本研究各項雲端特性的權重值（如圖 4 左邊）。

本研究雲端特性層級分析結果中（圖 4），前三高主要的雲端特性權重值分別是：「A6.具備多租戶服務模式」、「A2.隨選自助服務」與「A3.高可靠度與容錯機制」。由此可知一般企業採用雲端服務最重視之品質考量，是較著重在要能滿足用戶端多模式的服務模式，並且期望能夠滿足用戶端隨選自助服務以提供彈性應用。此外還需要有著高度可靠與容錯機制來滿足用戶對雲端的使用信賴。

表 8：雲端特性層級分析問卷受訪專家背景資料表

雲端服務供應面專家				雲端服務使用面專家			
專家編號	專家服務單位	專業領域年資	專家職務	專家編號	專家服務單位	專業領域年資	專家職務
專家 1	雲端測試中心主管	14 年	工程師	專家 6	外商軟體部門	16 年	資深業務協理
專家 2	軟體開發公司負責人	15 年	總經理	專家 7	校園計算中心程式人員	12 年	設計師
專家 3	雲端測試中心設計師	4 年	程式設計師	專家 8	一般公司業務使用經理	6 年	經理
專家 4	雲端測試中心設計師	6 年	程式設計師	專家 9	外商公司業務使用部門	4 年	職員

專家 5	軟體開發專案經理	4 年	專案經理	專家 10	一般公司櫃檯服務人員	4 年	職員

第二層對應	權重值	構面權重
A1.終端經由網路連結	0.0962	5
A2.隨選自助服務	0.0256	2
A3.高可靠度與容錯機制	0.206	3
A4.大量連線與分散式架構	0.055	6
A5.資源可彈性靈活調度	0.1568	4
A6.具備多租戶服務模式	0.43	1
A7.服務監控與度量機制	0.0313	7

第二層	權重值	構面權重	第三層	個別權重	個別矩	整體權重	總體矩
可攜性	0.141	3	易安裝性	0.669	1	0.094	2
			適用性	0.331	2	0.047	8
易用性	0.077	7	易操作性	0.359	1	0.028	16
			易存取性	0.268	2	0.021	18
			使用者錯誤保護	0.132	3	0.010	22
			易學性	0.117	4	0.009	23
			操作介面美觀性	0.068	5	0.005	24
			易識別性	0.055	6	0.004	25
可靠性	0.206	2	可用性	0.535	1	0.110	1
			容錯性	0.247	2	0.051	7
			可恢復性	0.218	3	0.045	9
性能與效率	0.110	5	容量	0.510	1	0.056	5
			資源利用	0.382	2	0.042	11
			時間行為	0.107	3	0.012	21
相容性	0.135	4	互通性	0.669	1	0.090	3
			共存性	0.331	2	0.045	10
安全性	0.238	1	完整性	0.335	1	0.080	4
			保密性	0.226	2	0.054	6
			可稽核性	0.172	3	0.041	12
			不可否認性	0.146	4	0.035	13
			可信賴性	0.121	5	0.029	15
可維護性	0.094	6	可重複使用	0.365	1	0.034	14
			易修改性	0.235	2	0.022	17
			模組化	0.201	3	0.019	19
			易分析性	0.198	4	0.019	20

圖 4：軟體品質特徵對應至雲端特性之層級分析與權重值

六、小結

本研究因篇幅與時間限制，僅以多租戶與可靠度做為範例。後續可依據本研究所提出之品質模型與評量指標發展程序，建立完整雲端服務特性品質測試機制。此外，本研究亦透過專家訪談來修正評量機制，專家對於多租戶檢核表之問項建議可依據不同類型之雲端服務，將來可在檢核表之問項加強廣度與深度查核，以增加檢核精確性。在本研究所定義非功能特性之評量指標數值為 0~1，未

來可依據雲端服務之業務關鍵性分類，進一步定義其服務等級，如：C 級需符合 99%；B 級需符合 99.9%；A 級需符合 99.99%。而功能特性之評量指標數值。因本研究嘗試找出關鍵雲端服務特性，因此定義指標值 1 為合格，其餘皆須改善。未來因應雲端不同屬性與服務模式，可定義其相關之次要特性，可將次要特性符合度，以相對評比的方式，容許該定性評量符合度小於 1。

伍、結論與未來展望

一、結論

SaaS 雲端服務將是未來的重要趨勢，不管是使用者或服務供應商都將面臨劇烈轉變。對於使用者而言，採用 SaaS 雲端服務可不需投資資訊軟硬體環境，節省建置與維護成本，只要透過終端設備與網路即可依使用量開始付費與使用服務，因此可因應業務需求快速提供更即時的資訊服務以達成業務目標。對於服務供應商而言，透過開發與銷售雲端服務，可有效降低營運成本，將更多資源投入在創新研發上。而雲端服務的推動，對於資訊產業來說，不只是新技術導入，而是整個資訊服務模式的改變，因此雲端運算的推動，有賴服務供應商能提供高品質的雲端服務以增加使用者信心，得以慢慢改變原本自行開發與建置的資訊服務模式。

本研究希望能提出一套適合國內資訊服務產業之雲端服務品質評量機制，因此本研究先分析雲端發展趨勢與傳統軟體測試與雲端測試之間差異，再找出 SaaS 雲端服務特性來滿足與改善使用者對於使用雲端服務的需求。再則進一步為驗證雲端服務供應商所開發之雲端服務確實遵守與符合雲端特性，參考 ISO/IEC 25010 國際軟體品質標準為基礎，發展出 SaaS 雲端服務品質特性所對應的品質檢測指標。依據不同評量指標設計評量計算方式，並經專家意見訪談印證檢測方法與指標的適用性與建議。同時本研究也邀請實務專家進行問卷調查，採用層級分析方式獲得個別及整體的原始軟體品質特徵權重值，進而彙總得出各項雲端特性的權重值，期望研究結果能作為雲端服務品質測試參考。SaaS 雲端服務供應商可應用本測試機制檢驗其所開發之雲端服務產品，確保可符合雲端服務特性，並滿足軟體品質需求。服務使用者得以檢視服務供應商所提供之 SaaS 服務，是否充分利用雲端特性，以達成與具備服務不中斷與資源可彈性擴充之效益。

二、未來展望

本研究在 SaaS 雲端服務特性測試提出了一個品質模型與評量指標，但仍存在以下的問題：

1. 雲端產業持續發展中，雲端服務特性應隨著技術與市場演進而持續修正。
2. 本研究僅針對 SaaS 雲端服務模式提供特性與品質模型研究，未來可依據不同服務屬性設計適合之雲端特性驗證機制。
3. 本研究之雲端特性品質模型與評量指標，雖列舉一範例並列出考量權重因素的專家係數作法，未來研究可找出更多不同指標間之權重參數讓評量驗證機制更為完備。

參考文獻

CIO IT 經理人雜誌（2014），『2014 CIO 大調查』，第 31 期，頁 41-68。

王小璠（2005），*多準則決策分析*，滄海書局，台北。

王峰（2012），『基於層次分析法的軟件質量評估模型分析與研究』，*現代電子技術*，第 35 卷，第 24 期，頁 21-23。

王豐勝、黃彥文（2013），『軟體測試品質革新的未來趨勢－雲端測試之架構設計與驗證』，*軟體品質協會品質月刊*，第 49 卷，第 2 期，頁 22-27。

周悅、覃文闖、胡一鳴（2013），『應用走向雲端的性能測試挑戰』，*微型機與應用*，第 32 卷，第 17 期，頁 1-2。

軟體品質協會（2013），台灣 SaaS 雲端服務品質成熟度評估指標研究報告。

資策會（2013），資策會雲端測試開發平台，http://www.cloudopenlab.org.tw/index.do（存取日期 2014/12/20）。

蘇國鵬（2012），『基於 ISO/IEC 25010 標準的構件質量模型的建立與評價方法研究』，廈門大學軟體工程碩士論文。

Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A.D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I. and Zaharia, M. (2010), 'A view of cloud computing', *Communication ACM*, Vol. 53, No. 4, pp. 50-58.

Baudoin, C., Martino, B.D. and Edwards, M. (2015), 'Practical guide to cloud service agreements version 2.0', Cloud Standards Customer Council.

Benlian, A., Koufaris, M. and Hess, T. (2012), 'Service quality in software-as-a-service: developing the SaaS-qual measure and examining its role in usage continuance', *Journal of Management Information Systems*, Vol. 28, No. 3, pp. 85-126.

Benlian, A. and Hess, T. (2011), 'Opportunities and risks of software-as-a-service: findings from a survey of it executives', *Decision Support Systems*, Vol. 52, No. 1, pp. 232-246.

Boehm, B.W., Brown, J.R., Kaspar, H., Lipow, M., MacLeod, G.J. and Merritt, M.J. (1978), 'characteristics of software quality', TRW Software Series TRW-SS-79-09.

Choudhary, V. (2007), 'Comparison of software quality under perpetual licensing and software as a service', *Journal of Management Information Systems*, Vol. 24, No. 2, pp. 141-165.

Cusumano, M. (2010), 'Cloud computing and SaaS as new computing platforms', *Communications of the ACM*, Vol. 53, No. 4, pp. 27-29.

David, C. (2010), 'Cloud computing key initiative overview', Gartner Inc.

Dromey, R.G. (1995), 'A model of software product quality', *IEEE Transactions on Software Engineering* , Vol. 21, No. 2, pp. 146-162.

Gao, J., Bai, X., Tsai, W.T. and Uehara, T. (2013), 'SaaS testing on cloud – issue, challenges, and needs', *2013 IEEE Seventh International Symposium on Service-Oriented System Engineering*, pp. 409-415.

Gartner. (2012), 'Gartner says worldwide software-as-a-service revenue to reach $14.5 billion in 2012', Gartner Inc., available at http://www.gartner.com/newsroom/id/1963815 (accessed 25 May 2017)

Gillett, F.E. (2008), 'Future view: The new tech ecosystems of cloud, cloud services, and cloud computing', Forrester Research, Inc.

Herbert, L. and Bartels, A. (2011), 'How SaaS will change technology sourcing strategy', Forrester Research, Inc., pp. 4-6.

Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, NY.

ISO/IEC 25010. (2011), 'ISO / IEC 25010 systems and software quality requirements and evaluation(SQuaRE)-system and software quality models', International Organization for Standard (ISO), Geneva.

ISO/IEC JTC1/SC7/ ISO/IEC 9126-1. (2001), 'Software engineering – Product quality – Part 1: Quality model', International Standards Organization/ International Electro technical Commission.

Jifeng, L., Sulin, B. and Han, Z. (2012), 'The effectiveness of online shopping characteristics and well-designed websites on satisfaction', *MIS Quarterly*, Vol. 36, No, 4, pp. 1131-1144.

Kaur, A., Singh, N. and Singh, G. (2012), 'An overview of cloud testing as a service', *International Journal of Computers and Technology*, Vol. 2, No. 2, pp. 18-23.

Lee, K.C. and Chung, N. (2009), 'Understanding factors affecting trust in and satisfaction with mobile banking in Korea: A modified DeLone and McLean's model perspective', *Interacting with Computers*, Vol. 21, No. 5-6, pp. 385-392.

Lee, J.Y., Lee, J.W., Cheun, D.W. and Kim, S.D. (2009), 'A quality model for evaluation

software-as-a-service in cloud computing', *2009 Seventh ACIS International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications*, pp. 261-266.

Liao, C., Chen, J.L. and Yen, D.C. (2007), 'Theory of planning behavior (TPB) and customer satisfaction in the continued use of e-service: An integrated model', *Computers in Human Behavior*, Vol. 23, No. 6, pp. 2804-2822.

McCall, J.A., Richards, P.K. and Walters, G.F. (1977), 'Factors in software quality', RADC TR-77-369, I, II, III, US Rome Air.

Naseer, M. and Nazar, M. (2016), 'A framework for selection of SaaS by evaluating the quality of freemium model', *2016 6th International Conference on Innovative Computing Technology, INTECH 2016*, pp. 78-82.

Susarla, A., Barua, A. and Whinston, A,B. (2009), 'A transaction cost perspective of the "Software as a Service" business model', *Journal of Management Information Systems*, Vol. 26, No. 2, pp. 205-240.

Susarla, A., Barua, A. and Whinston, A,B. (2010), 'Multitask agency, modular architecture, and task disaggregation in SaaS', *Journal of Management Information Systems*, Vol. 26, No. 4, 87-118.

Vashistha, A. and Ahmed, P. (2012), 'SaaS multi-tenancy isolation testing challenges and issues', *International Journal of Soft Computing and Engineering*, Vol. 2, No. 5, pp. 49-50.

Vidhyalakshmi, R. and Kumar, V. (2017), 'CORE framework for evaluating the reliability of SaaS products', *Future Generation Computer Systems*, Vol. 72, No. 1, pp. 23-36.