

以格網服務為導向之行動學習架構

廖慶榮

中原大學資訊管理學系

cjliao@cycu.edu.tw

戚玉樑

中原大學資訊管理學系

maxchi@cycu.edu.tw

歐陽芳泉

中原大學資訊管理學系

richardo@ms2.seeder.net

摘要

在本篇論文中，我們提出了一個 m-Learning Grid 的平台架構，主要解決了數位學習平台上資源分散而無法有效共享的問題，並且促成了各個學習物件彼之間能夠協同的作業且有效地再使用。由於在 Web 服務中對於資源的描述仍缺乏良好的定義與服務層級協調分派的能力，因此無法有效管理各地分散的資源並達成服務間的協同作業。相對於此，由 Web 服務與格網技術所衍生的格網服務架構，則提供了對於各項服務良好的描述以及管理的基礎結構。因此 m-Learning Grid 以格網服務技術為基礎，結合行動無線裝置與相關技術提供了一個行動的、協同作業的、資源能有效控管與分享的無線學習平台。並且利用 TME GAIA 當成格網引擎，實作此平台，在實驗中，製作遵循 SCORM 標準的英文學習物件，利用 Nokia 7210 手機來進行學習。

關鍵詞：格網服務、行動學習格網、服務導向架構、Web 服務

A Grid Service Oriented Framework for Mobile Learning

Abstract

In this paper, a grid framework for mobile learning was proposed to solve the problem which cannot share the learning resources distributed among the different e-Learning platforms. Moreover, this framework makes the learning objects can collaborative work and reuse effectively. Since web services is still short in well definition and dispatch ability in service layer for resources description, so that the distributed resources cannot effectively be managed and reached the collaboration among the services. For this reason, a grid service framework generated from web services and grid technology which supported well services descriptions and management mechanism. The m-Learning Grid is based on grid service technologies combined with mobile devices and related technologies to support a m-Learning platform which is mobile, collaboratively, resource can be effectively managed and shared. TME GAIA is used to grid engine to implement the platform. In the experiment, English learning objects followed the SCORM standard were produced, and then access to learn by the Nokia 7210 mobile phone.

Key Word : Grid Service, m-Learning Grid, Service Oriented Architecture (SOA), Web Service

一、簡介

數位化網路的技術突破了地域疆界和時間的限制，使每個人透過網路即可無遠弗屆地獲取新知，節省查詢資訊所需花費的金錢與時間。因此，透過網路的便捷，使得數位學習（e-Learning）成為取得知識的新形態，並且隨著產官學界的推動呈現愈來愈普及的趨勢，例如國家型數位學習計畫 [2]。近年來，e-Learning儼然已成為現代人學習各領域知識的另一條最佳途徑，根據eMarketer的研究報告指出，2002年時全球的線上學習市場產值約介於60億到70億美元之間，估計到2010年時，數位學習市場將成長到五百億元的規模，成長幅度超過6倍 [3]。根據經濟部技術處委託資策會ECRC-FIND進行的「2002年我國家庭資訊通信技術應用概況之調查研究」，2002年我國家庭上網普及率達53%，連網家庭有58%利用寬頻上網，在家上網的網路使用者中有20%曾在家上網購買過商品或服務。我國在家上網的網友中有17%在受訪的最近一個月內在家中利用線上學習。寬頻網路用戶使用線上學習的比率（18%）較窄頻用戶（14%）高；年紀較長者使用線上學習的比率較年輕者高，35歲以上使用線上學習的比率皆超過20%，未滿35歲的受訪者使用線上學習的比率皆不超過15% [3]。在另一方面，交通部在2002年9月所發表的行動電話用戶數是兩千三百六十六萬五千七百九十五萬戶，而在同年10月，台灣的總人口數為二千二百四十九萬六千兩百八十五人，行動電話的普及率已經到達百分之一百零五，扣除嬰兒外，平均每人擁有兩支或兩支以上的行動電話 [1]。由於輕便的手持式裝置如手機及PDA逐漸搭載了較高的處理器與記憶體，配合高速的傳輸規格，使得這些較小體積的掌上型客戶端設備亦能處理簡易的工作，例如：上網、玩小遊戲、收發E-Mail等等。因此，這些輕便並具有簡易運算能力的手持式裝置於是成為客戶端設備的另一項選擇；e-Learning也衍生出另一種使用這些小型客戶端裝置的形態—行動學習（Mobile Learning, m-Learning）。e-Learning與m-Learning可謂本質相同，只是使用了不同的客戶端設備來存取學習的資源。Ring 發現最適合進行無線學習的數種內容，其中有一項就是語言學習 [23]，因此在本研究中，我們選擇英文學習為行動學習的內容主題。

目前結合了e-Learning和XML為主的各項技術產生了諸如 IMS [17]、SCORM [26]、ULF [30]等標準，這些標準使用XML作為基礎，將每一份e-Learning的教材分別定義並加以描述

成為一個學習物件（Learning Object, LO）。透過XML加以描述的一個LO，便得以在不同的學習平台下相互流通與重覆使用。然而，現今e-Learning還面臨了幾個問題：(1)隨著數位學習的資源愈來愈多，使得e-Learning的資源分散於各地，難以有效分享與重覆使用；(2)e-Learning的元件大多是系統相依（system dependent）的，難以和其他外部系統相結合；(3)各個LO之間無法相互繫結，缺乏服務層級的協議（service-level agreements）以達成工作流程的統籌控管與協同作業。為了解決這些問題，有些學者提出以Web服務（Web Service）作為其解決方案 [11][12][18]；然而，描述Web服務目前的規範語言，例如Web服務描述語言（Web Service Description Language, WSDL） [31] 仍有不完備之處，因此欠缺了服務層級的狀態管理與流程整合的能力。有鑑於此，本研究以格網服務（Grid Service）的技術為核心，提出一個新的行動學習架構，以解決上述之問題，此架構我們簡稱為行動學習格網（m-Learning Grid）。

本篇論文其餘架構將分為第二章之文獻探討，第三章將詳細描述我們所提出之行動學習格網的架構與研究方法，實作結果將在第四章作討論，最後在第五章提出本篇論文的結論與未來工作。

二、文獻探討

2.1 格網計算

格網計算（Grid Computing）的觀念主要在於資源共享的社群觀點，相對於叢集運算而言，除了不再侷限於區域網路，並且更重視各節點的自治權。所謂的自治權簡言之係指各節點可以有自已的電腦硬體規格、軟體架構與網路拓樸。格網計算的概念與理想在近幾年漸漸地被重視與探討，其雛型也慢慢地被具體地描繪出來。在格網計算裡的「格網」一詞一般稱為「運算格網」，根據 Ian Foster 等學者對運算格網的定義，強調的是格網的社群（social）觀以及政策觀（policy），而不是在於格網的體系結構 [10]。他們對一個運算格網的看法是：「以動態（dynamic）的方式來協調資源分享以及跨多個虛擬組織（VO）的問題」，「可以彈性的、安全的、協調的達到資源分享的目的，而這些資源是可以以動態的方式在虛擬組織內取得的」 [7]。所謂的虛擬組織，泛指在一個公司或組織內資源分享規則下許多設備或個體的集合；這些資源分享的規則是必須在資源提供者與消費者之間定義清楚的，例如什麼

東西被分享？誰被允許可以分享？在哪種情況下可以被分享？至於這些分享的資源則可以是電腦、軟體、資料或是其他的資源。

整體而言，在格網計算的核心觀念裡，最重要的就是「動態」和「跨組織」的能力，因為這兩種能力都是早期的叢集運算所無法達到的。Ian Foster 認為運算的格網應具備了三個基本的特色：第一，格網的資源不應遭到集中式的管理；第二，格網必須是使用標準、開放及一般化的通訊協定及介面；第三，格網是用來達到高價值的服務品質[6]。因為格網系統的本質不同於叢集的系統，在叢集系統中的主機都是受到中央集中式的管理；此外，格網的基礎結構必須是開放的，因為相關的驗證、授權、資源發現和存取等功能元件也是建構在此基底之上，所以必須使用標準、開放的通訊協定及介面；最後，格網本身的價值是用來達到大規模的資源整合，這些資源可以來自不同的組織，每個組織可能都有自己的政策與機制，在此情形下格網應該能提供多個服務構面的品質，包含了安全性 (security)、可靠性 (reliability) 和效能 (performance) 等等。

2.2 格網的架構與格網服務

相對於格網的概念逐漸地成形，關於格網的架構也逐漸演進。格網的架構從許多現有的文獻中可以歸納發現大致有三種不同的表現方式，而每一種架構的觀點也企圖表達一種特定格網的概念 [20]，分述如下：

(1) N-Tier 格網架構：

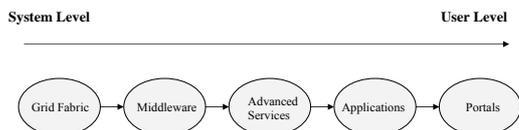


圖 1 N-Tier 格網架構

在這種架構中，將格網的應用程式分割成不同的層級(Layer)，就如同 OSI 七層式架構中將應用程式與實體層分開一樣，讓系統開發人員只需專注在某一層的領域上開發應用程式，如圖 1 所示。

(2) 以角色為基礎的格網架構：

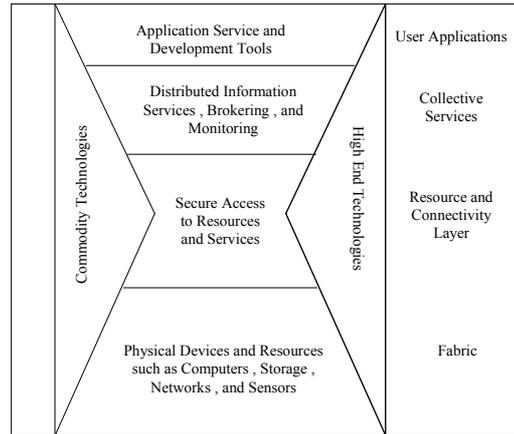


圖 2 以角色為基礎的格網架構

在此架構中強調的是在格網裡的角色，由下至上分別為實體 (Fabric) 層、資源與連結 (Resource and Connectivity) 層、服務 (Service) 層，以及應用 (Application) 層等四層，如圖 2 所示，它清楚地指明了系統的基礎元件，以及這些元件的目的及功能，並且也表達了元件之間的互動關係。

(3) 以服務為基礎的格網架構：

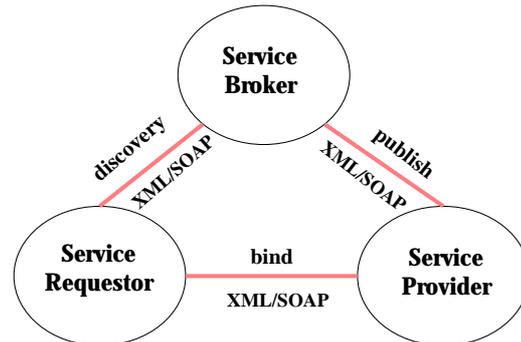


圖 3 以服務為導向的格網架構

最近幾年來，系統的發展漸漸地朝向以「服務」為導向的觀念，因此在這樣的概念下，格網計算衍生出了一個以服務為導向的新架構 (見圖 3) — 開放式格網服務架構 (Open Grid Service Infrastructure, 簡稱 OGSi) [24][27][28]，OGSi 的理念與規範由 GGF(Global Grid Forum) 錯誤! 找不到參照來源。的學者們共同制定，目前由這些規範實作出的體系結構稱之為 OGSA(Open Grid Service Architecture) [25]，而根據此體系結構之概念與規範所發展之應用程式則普遍稱為「格網服務」(Grid Service)，格網運算發展至今，格網服務的概念已成為格網的重要基礎 [5][8][9]。

在格網服務的概念裡，各種運算的、儲存的資源，以及網路、程式、資料庫等等，都是視為一個「服務」。在格網服務之前的格網環境裡，這些資源都沒有統一化的介面定義語言，而且不具一般化與彈性的形式。因此在格

網服務裡決定採用了 Web 服務的概念來建構其基礎的結構，以改善上述的缺點。一個標準的格網服務應包含下列的服務 [15]：

1. 安全性的服務—支援使用者的驗證、授權和私密性設定。
2. 資訊性的服務—允許使用者查看可以使用的資源。
3. 工作傳送的服務—允許使用者傳送工作至任何已經通過授權的電腦資源。
4. 協同排程 (co-scheduling) 的服務—允許多數資源能夠同時被排程。
5. 使用者支援的服務—提供使用者存取跨越一整個格網的資源，並具備容錯 (fault tolerance) 的能力。

2.3 格網服務、Web 服務與 e-Learning

由於格網服務部份採用了與 Web 服務相同的架構及想法，因此格網服務可謂是特定的一種 Web 服務。在 Web 服務的架構裡以服務為性質區分成三種不同的角色：服務仲介者、服務提供者以及服務需求者（見圖 3）。服務仲介者扮演媒介 Web 服務的角色，它可以接受來自服務供應者的註冊請求，也可以處理來自服務需求者的查詢要求。服務提供者將開發好的 Web 服務，以 WSDL 格式描述並儲存成一個檔案發佈至服務仲介者，公佈給各界潛在的需求者以供查詢。因此當服務需求者發起服務的請求，服務仲介者便能提供適當的查詢以及鏈結適當的 Web 服務。而以上所涉及的角色及其進行的作業均是以 XML 為內容的 SOAP 格式來進行。

然而，Web 服務的架構雖然提供了媒介彼此雙方的機制，解決了傳統 Web 服務提供者與需求者間互不相識、無法繫結等問題，但是卻缺乏了對於資源的調派、分享與協同作業等等能力。下表列出了格網服務與 Web 服務的相異處：

表 1 格網服務與 Web 服務之比較

比較項目	格網服務	Web 服務
服務的發佈、搜尋與繫結	●	●
跨異質性的平台	●	●
動態地發佈與繫結服務	●	
能整合分佈於不同地理區域上的資源	●	
能即時監看各節點及服務之狀態與效能	●	
服務層級的協議	●	
服務間工作流程的管理	●	
容錯移轉 (failover)	●	

格網的技術從起初的格網計算直到納入 Web 服務的格網服務，一方面代表了新的發展趨勢，一方面也無非是為了得到產業界的支持。集合了格網技術與 Web 服務的格網服務，無縫地集成各種異質地、動態地、地理上分佈的資源，實現資源全面意義上的共用，建立虛擬組織 (VO)，這些都是 Web 服務所無法實現的。另一方面，也由於格網服務具備有如此多的優點，無疑是對於數位學習平台資源分散難以整合與協同作業等等問題提出了一個更好的解決方案，因此目前已經漸漸有學者進行相關的研究，例如 Brusilovsky 等人提出了分散式的學習活動 [4]，Fuji 等人提出學習資源再使用的相關技術 [13]，A.Masevicius 提出了以 GLOBUS 為基礎架構來建置格網數位學習平台 [21]，Gaeta 等學者也提出以格網技術來整合學習資源的概念 [14]，Reklaitis 等學者提出以服務為導向應用在數位學習的觀念 [22]。然而，目前這些研究僅止於提出研究的主題與觀念，卻仍未提出一個較具體的作法與實驗結果。

三、系統架構與研究方法

根據上述的文獻探討，可以發現格網服務相對 Web 服務於資源管理與服務的協議上有更好的機制，因此在本研究中，我們將格網服務的技術結合 m-Learning，利用 TME GAIA [29] 作為建置格網服務環境的發展工具，將多台電腦相連形成一個格網環境，並將現有的 LO 元件對映成為標準的格網服務，使得學習物件能以服務的型態包裝起來，並具備格網服務所具有的各项優點，我們將此一平台架構稱為行動學習格網 (m-Learning Grid)。接下來，將會詳細描述此一平台架構。

3.1 m-Learning Grid 的概念與架構

整個 m-Learning Grid 的架構如圖 4 所示，以下將系統分成三個部份來說明。

- (1) 在圖 4 的左方可看到有許多的學習物件服務 (LO Services)，可能由不同的內容創造者 (Content Creators) 來提供。這些 LO Services 實際上可能分佈在不同的地理環境上，例如台灣、

美國、中國大陸或是歐洲等各地。此外，這些 LO Services 也可能寄宿 (Hosting) 於異質性的平台架構 (例如：.Net 或 J2EE) 或者不同的作業系統 (例如：Windows 或 Linux) 之上。每一個包含有 LO Services 的節點，可以有自己的平台架構、作業系統、軟體架構與組織政策，在系統邏輯架構中，我們稱其為一個虛擬組織 (Virtual Organization, VO)。

- (2) 在圖4的中間，服務註冊處 (Service Registry) 負責讓每個 LO Service 可以將服務登錄於此，以便讓服務的需求者 (Service Requestor) 可以繫結 (Bind) 此一服務。值得注意的是，在 m-Learning Grid 中的服務註冊處與 Web 服務的服務註冊處最大的不同是，在 m-Learning Grid 中的服務註冊處可以由格網內任何一個節點的主機來擔任。因為 m-Learning Grid 是建構於格網的架構下，因此每個節點的主機是對等的 (Peer-to-Peer)；此外，格網的核心引擎會定期的監看格網內各節點主機以及已註冊之服務的存活狀態，因此各節點的資訊將可以被分享與交換。換言之，在 m-Learning Grid 中的 LO Service 是動態地存在，可以被動態地搜尋、發佈與繫結。m-Learning Grid 中每一個節點的主機，也都能當作是服務的註冊處而具備有搜尋服務的能力。
- (3) 在圖4的右方顯示 m-Learning Grid 的客戶端，這些客戶端可以是可攜帶的小型行動裝置，例如筆記型電腦、PDA 以及手機等。這些行動裝置只要透過適當的應用程式介面，即可連接到我們的 m-Learning Grid 服務註冊處，以存取所需的服務。

在 m-Learning Grid 的系統架構上，係依據上述的概念所發展。本研究所使用之學習物件由廖慶榮之「數位學習問題解答環境」此一平台所提供 [19]，以「英語線上學習」為主題，並經封裝以符合 SCORM 1.2 [26] 之標準，實作中所使用的行動裝置主要以具備 Java 功能的手機為主。

在 m-Learning Grid 中，每個 VO 皆負責提供一個 LO Service，並且可以動態地增加與移除。我們定義了其中一個 VO 作為服務註冊處的角色，稱作學習物件服務仲介者 (LO Services Broker)。在邏輯上，LO Services Broker 是可以由 m-Learning Grid 裡的任何一台主機擔任，但是基於手機透過 GPRS 連線必須指明一個閘道來進入系統，因此必須定義其中一個 VO 來負責此項工作。在另一方面，由於格網服務具有容錯 (fault tolerance) 的能力，因此我們可以佈建幾台主機負責相同的服務來搭建容錯的架構，以確保重要服務的安全性與穩定性，如圖5中的 VO₅。在正常的情形下，格網的核心引擎會根據系統效能與網路狀態挑選 VO₅ 裡最佳的一台主機來讓客戶端繫結該服務；而在該主機發生錯誤時，系統將啟動容錯移轉 (failover) 的機制，讓第二台效能較好的主機來繼續執行該服務。在系統的運作流程方面，當客戶端使用手機，透過基地台連結進入 m-Learning Grid 的 LO Services Broker 以後，即可在手機中看到可獲得的服務；另一方面，LO Services Broker 能在 m-Learning Grid 中藉由 LO Services 所設定的後設資料 (Metadata) 來找尋使用者所欲要求之服務來提供給需求之客戶端。整體來說，在我們的 m-Learning Grid 裡只建置了五個 VO 來分別提供不同的服務；但是在邏輯上，m-Learning Grid 之中的 VO 是可以動態無限延展的。

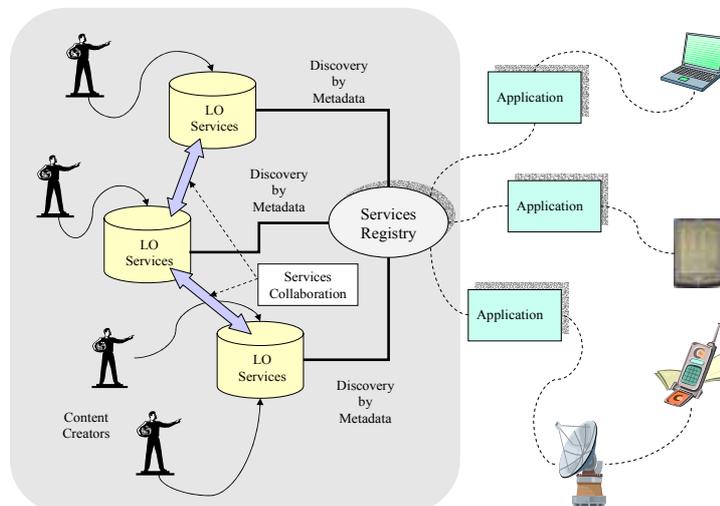


圖 4 m-Learning Grid 的架構

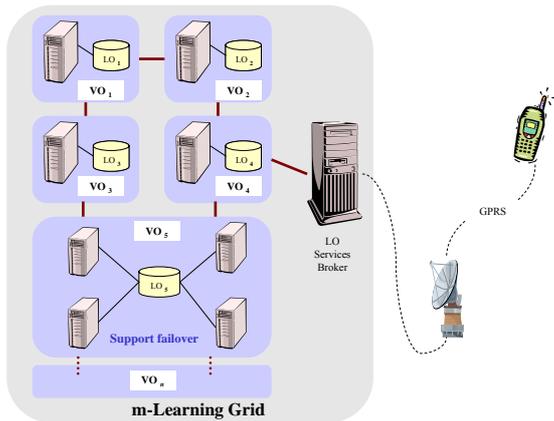


圖5 m-Learning Grid 實作之平台架構

3.2 LO Service之運作

在本節中，我們將進一步的描述一個 LO Service 將如何地被繫結。整體來說，LO Service 採用了和格網服務相同的技術與概念，將服務的查詢與註冊交給服務的仲介者 (Broker) 來處理；一個格網服務從服務需求者發出請求至服務的繫結流程如圖 6 所示。

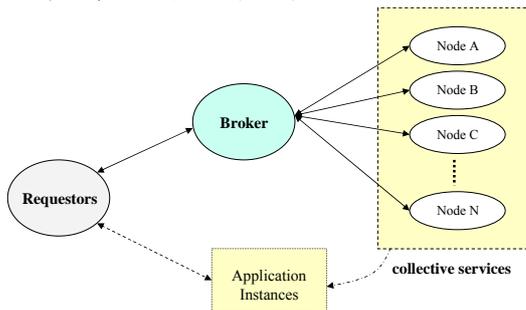


圖 6 格網服務的整體流程

首先，服務提供者提供服務並向服務仲介者發佈註冊。當服務需求者發出請求後，會有三種介面幫助服務需求者完成服務的取得，分別為一個服務註冊介面 (Registry)、一或多個服務生成介面 (Factory) 以及一個服務繫結介面 (Mapper)。當服務需求者藉由註冊介面搜尋到所需之服務時，服務的生成介面會有以下的處理步驟，如圖 7 所示。

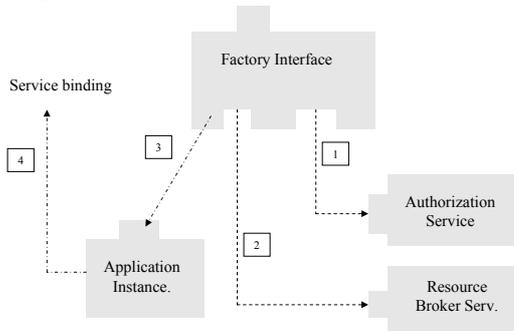


圖 7 格網服務的實體化與繫結

- (1) 首先，格網的核心引擎會對使用者作授權之驗證，以確定使用者之權限可以執行此一服務；
- (2) 接著資源的仲介者將於格網內挑選合適的節點主機來執行該服務；
- (3) 通知提供服務的節點主機產生一個應用程式的實體 (instance)。
- (4) 最後，透過服務繫結介面，來完成服務需求者和應用程式之繫結。

如此即可完成一學習物件服務，讓使用者取得學習內容。

四、實作結果與討論

根據上節所描述之 m-Learning Grid 的架構，我們以「英語線上學習」為主題，在每個節點主機上安裝 TME GAIA [29] 作為格網之引擎，用來建置格網服務，分別建置了五個 VO 以提供五種不同之 LO Service。每個 LO Service 皆以 Microsoft LRN 3.0 Toolkit 包裝，以符合 SCROM 1.2 [26] 之國際標準。m-Learning Grid 的實作平台規格如下表所示：

表2 m-Learning Grid的實作平台規格

節點名稱	平台規格	提供之學習物件服務
VO ₁	Celeron 2.0 G / RAM 256 / HD 40G / RedHat 9 / MySQL4.0.12	每日一句
VO ₂		生活用語
VO ₃		電腦科技
VO ₄	P-4 1.6 G HT/ RAM 256 / HD 40 G / Linux RedHat 9 MySQL4.0.12	商用英文
VO ₅	Celeron 1.7 G / RAM 256 / HD 40G / Linux RedHat 9 MySQL4.0.12	系統學習記錄：記錄使用者之各項資訊，包括上線之狀態、學習之記錄等。
VO ₅		
VO ₅		
VO ₅	P-4 2.4G HT/ RAM 256 / HD 40 G / Windows XP / SQL Server 2000	
其它		
格網引擎	TME GAIA 1.0 Beta1	
學習物件之標準	SCORM (Sharable Content Object Reference Model) Specification, version 1.2.	
手機規格	Nokia 7210 Support for Java MIDP1.0	

手機模擬器	Nokia 7210 MIDP SDK1.0 以及 Sun J2ME Wireless Toolkit1.0
網路	100Base 區域網路，網路線為 Cat5 規格
Switch	D-Link 8 Port 10/100Mbps High-Speed Switch

在我們實作的m-Learning Grid裡，VO₄至VO₅分別提供了「每日一語」、「生活用語」、「電腦科技」與「商用英文」等四種不同的學習物件服務。除此之外，我們希望記錄學習者的上線狀態與學習記錄，因此我們建置了VO₅以提供另一項系統服務來完成該任務；由於這項系統服務必須負責記載學習者的重要資訊，以供學習者上線時可以根據其學習記錄等各項資訊來提供個人化之服務，因此我們在VO₅中以四台主機來搭建容錯之系統，讓其中一台主機發生錯誤的時候可以啟動容錯移轉的機制以便讓該服務能夠繼續執行下去。最後，我們將VO₅設定為手機進入系統時的開道，即 m-Learning Grid 裡的 LO Services Broker；在實際上，學習者可以任意選擇VO₅裡任何的一個節點來進入系統。在客戶端設備方面，本研究使用Nokia 7210作為實驗之手機裝置，以Java J2ME MIDP1.0規格為主撰寫手機之應用程式，並事先於 Nokia 與 Sun 所提供

之手機模擬器上測試。

在系統的運作上，我們將以一個實際的例子來作說明。首先，LO Services必須先行發佈於GAIA Server之上。接者學習者必須先從我們的平台取得客戶端的MIDP手機程式，並安裝於手機上。之後學習者透過輸入一組經過授權核可之帳號與密碼，便可利用手機透過電信業者提供之GPRS服務，連接進入m-Learning Grid的LO Services Broker，亦即VO₅內的一個節點主機。接著，LO Services Broker 會列出學習者可以選用的服務，即為「每日一語」、「生活用語」、「電腦科技」與「商用英文」等四項服務，如圖8。假設當學習者選擇了「每日一語」之服務，格網的引擎（GAIA Server）便會根據該服務所提供之後設資料（Metadata）來尋找該服務，此一Metadata 即存在於描述該服務的 WSDL 裡。最後，當學習者於VO₁中取得並繫結該服務之際，GAIA Server也會為學習者自動繫結VO₅的系統服務，以提供VO₁所需之學習者資訊；如此一來，VO₁將可以根據學習者的學習狀態與學習進度，來提供學習者尚未學習過或最適合的學習內容。Nokia7210手機模擬器之



圖 8 m-Learning Grid 上 Nokia7210 之手機模擬情形

執行情形與流程如圖8所示。

在本例中，VO₁ 與 VO₅ 各自負責自己所提供之服務，雖然各司其職，但卻是以協同作業之方式來提供學習者最適化、最穩定的服務內容與服務品質，展現了服務間協調合作的能力。此外，從 VO₁ 到 VO₅ 除了在地理的分佈上是分散的，在軟、硬體的架構方面也是異質的，充分符合格網強調各節點自治權的精神。整體來說，在 m-Learning Grid 中透過格網核心引擎的統籌控管，讓這些分佈於各地的學習資源能夠以服務的型態予以整合並且分享，同時各節點所提供之服務亦能動態地協同作業，以提供系統更完善、更穩定的能力與服務品質。

五、結論與未來工作

在本篇論文中，我們提出了一個 m-Learning Grid 的平台架構，此架構以格網服務技術為基礎，結合行動無線裝置與相關技術提供了一個行動的、協同作業的、資源能有效控管與分享的無線學習平台。並且利用 TME GAIA 當成格網引擎，實作此一以格網服務為架構的行動學習平台。在實驗中，製作英文學習的學習物件，利用 Nokia 7210 手機來進行行動英文學習。學習資源的內容提供者將可以在自己偏好的開發平台上發展學習物件，然後透過加入 m-Learning Grid 的格網組織架構，即可動態地發佈服務並且和組織內的其它服務協同作業。另一方面，學習者也可以使用手機透過 m-Learning Grid 即時地、動態地搜尋到所需之服務，並獲得系統所提供之最適化內容與穩定的服務品質。m-Learning Grid 平台主要解決了數位學習平台上資源分散而無法有效共享的問題，並且促成了各個學習物件彼之間能夠協同的作業且有效地再使用。再加上所有學習物件均遵守 SCORM 標準，那麼教材製作與學習內容分享與再使用將會變的更加容易。

然而，目前來說我們僅將 m-Learning Grid 的平台建置於中原大學資訊管理系的區域網路內，尚未與其它院系的學習資源相連接。在未來，我們希望能與校內或校外的其它院系合作，佈建跨區域網路的、Internet 的 m-Learning Grid 廣域網路組織，以便讓更多的學習資源能夠被分享、重覆使用，甚至讓各校院系所提供的學習物件服務能夠彼此的協同作業，形成一個廣大的學習資源網。此外，也將針對客戶端裝置的程式予以改良，讓不同的客戶端裝置能夠有最適化的呈現；我們亦期盼 m-Learning Grid 的架構能符合未來的 3G 潮流，以便讓 m-Learning Grid 的平台能夠相

容於更多的掌上型裝置。

誌謝

本文承蒙國科會計畫部分補助，計畫編號 NSC90-2520-S-240-001-X3 與 NSC91-2213-E-033-057，特此誌謝。

參考文獻

- [1] 交通部電信總局，<http://www.dgt.gov.tw/flash/index.shtml>
- [2] 國科會數位學習國家型科技計畫，<http://www.nsc.gov.tw>
- [3] 經濟部技術處 Internet 應用研究計畫/資策會ECRC-FIND
- [4] P. Brusilovsky and H. Nijhavan, "A Framework for Adaptive E-Learning based on Distributed Reusable Learning Activities," in *Proceedings of E-Learn 2002, World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education*, Montreal, Canada, Vol. 1, pp. 154-161, Oct. 2002.
- [5] I. Foster, "The Grid: A New Infrastructure for 21st Century Science," *Physics Today*, Vol. 55, No. 2, pp. 42-47, 2002.
- [6] I. Foster, "What is the Grid? A three point checklist," 2002.
- [7] I. Foster and C. Kesselman, "Computational Grids," Chapter 2, in *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*. Morgan-Kaufman, 1999.
- [8] I. Foster, C. Kesselman, J. Nick, and S. Tuecke, "The Physiology of the Grid: An Open Grid Services Architecture for Distributed Systems Integration," Open Grid Service Infrastructure WG, Global Grid Forum, Jun. 2002.
- [9] I. Foster, C. Kesselman, J. Nick, S. Tuecke, "Grid Services for Distributed System Integration," *Computer*, Vol. 35, No. 6, 2002.
- [10] I. Foster, C. Kesselman, and S. Tuecke, "The Anatomy of the Grid Enabling Scalable Virtual Organizations," *International J. Supercomputer Applications*, Vol. 15, No. 3, 2001.
- [11] G. Fox, "Education and the enterprise with the Grid," Chapter 43, in F. Berman, G. Fox and T. Hey eds, *Grid Computing: Making the Global Infrastructure a Reality*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2003.
- [12] G. Fox, S.H. Ko, K. Kim, S. Oh, and S. Lee, "Integration of Hand-Held Devices into Collaborative Environments," in *proceedings of the 2002 International Conference on Internet Computing (IC-02)*, Las Vegas, Jun., 2002.

- [13] T. Fuji and T. Tanigawa, "The Methodology for Reuse of E-Learning Resources," in *Proceedings of E-Learn 2002, World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education*, Montreal, Canada, Vol. 1, pp. 305-310, Oct. 2002.
- [14] M. Gaeta, P. Ritrovato, and S. Salerno, "Implementing New Advanced Learning Scenarios Through GRID Technologies," in *Proceeding of First LeGE-WG International Workshop on Educational Models for GRID Based Services*, Lausanne, Switzerland, Sep. 2002.
- [15] D. Gannon, R. Bramley, et al., "Programming the Grid : Distributed Software Components, P2P and Grid Web Services for Scientific Applications," <http://www.extreme.indiana.edu/~gannon/ProgGrid/ProgGridsHTML.htm>
- [16] Global Grid Forum (GGF) , <http://www.gridforum.org/>
- [17] IMS, <http://www.imsproject.org>
- [18] K. Krauter, R. Buyya, and M. Maheswaran, "A taxonomy and survey of grid resource management systems for distributed computing," *Software – Practice and Experience*, Vol. 32, No. 2, pp. 135-164, Feb. 2002.
- [19] C.J. Liao, "A WWW-Based e-Learning Problem-Solving Environment," *Proceedings of Conference of Information to Apply & Develop*, pp. 90-95, Taipei, Taiwan, Dec. 2002. (in Chinese)
- [20] Gregor von Laszewski, Gail W. Pieper, eds., "Gestalt of the Grid", 2002 <http://www-unix.mcs.anl.gov/~laszewsk/papers/vonLaszewski--gestalt.pdf>
- [21] V. Reklaitis, K. Baniulis, and A. Masevicius, "Towards e-learning application architecture based on GLOBUS framework," in *Proceedings of Euroweb 2002 Conference*, St Anne's College Oxford, UK, Dec. 2002.
- [22] V. Reklaitis, K. Baniulis, and T. Okamoto, "Shaping e-Learning Applications for a Service Oriented Grid," in *Proceeding of 2nd International LeGE-WG Workshop on e-Learning and Grid Technologies : a Fundamental Challenge for Europe*, Paris, France, Mar. 2003.
- [23] G. Ring, "Case Study: Combining Web and WAP to Deliver e-Learning," <http://www.learningcircuits.org/2001/jun2001/ring.html>, 2001.
- [24] OGSi Working Group , <https://forge.gridforum.org/projects/ogsi-wg>
- [25] OGSA Working Group , <https://forge.gridforum.org/projects/ogsa-wg>
- [26] SCORM, <http://www.adlnet.org>
- [27] S. Tuecke et. al, Grid Service Specification, http://www.gridforum.org/ogsi-wg/drafts/draft-ggf-ogsi-gridservice-05_2002-11-04.pdf, 2002.
- [28] S. Tuecke, K. Czajkowski, I. Foster, J. Frey, S. Graham, C. Kesselman, T. Maguire, T. Sandholm, P. Vanderbilt, and D. Snelling , Open Grid Services Infrastructure (OGSI) Version 1.0.; Global Grid Forum Draft Recommendation, 2003.
- [29] TME GAIA , <http://www.themindelectric.com/>
- [30] ULF, <http://www.saba.com>
- [31] Web Services Description Language (WSDL) version 1.1, <http://www.w3.org/TR/wsdl>