

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

智慧型多媒體學習內容管理系統之研製、應用與評估

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC92 - 2524 - S - 009 - 001

執行期間： 92 年 05 月 01 日至 93 年 04 月 30 日

計畫主持人：曾憲雄 教授 國立交通大學 資訊科學系

共同主持人：蔡文能 教授 國立交通大學 資訊工程系

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學資訊科學系

中 華 民 國 九 十 三 年 二 月 二 十 八 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

總計畫：智慧型多媒體學習內容管理系統之研製、應用與評估

計畫編號：NSC92 - 2524 - S - 009 - 001

執行期限：92 年 5 月 1 日至 93 年 4 月 30 日

主持人：曾憲雄 教授 國立交通大學 資訊科學系
共同主持人：蔡文能 教授 國立交通大學 資訊工程系

一、中文摘要

隨著網際網路的興盛與普及，使的網路學習環境的設計與開發已受到重視，如何設計一個適當的網路學習環境，更成為目前各國發展學習科技的重要前瞻議題。由於網路的資源豐富，目前一些國際標準組織已開始著手規範網路文件標準，希望在兼顧製作的方便性外，更能導入文件交換與共享的概念。目前國外著名的教材標準包括 AICC、IMS、LOM 以及美國政府推動的 SCORM (Sharable Content Object Reference Model) 等等。綜觀目前各國提出的標準中，SCORM 可說是最受國際廣泛支持與採用的數位學習元件標準，其目的在於提供可再用與分享的課程元件撰寫準則。SCORM 將 E-Learning 系統上的教材視為元件，透過 API(Application Program Interface) 來操作與分享這些教材元件，目的是讓網路上不同的學習管理系統，可以分享所開發設計的學習教材，達到重複使用的目的。由於目前 SCORM 在個人化教學的部分仍存在許多問題，例如：在本地化教材、個人化教學與課程、試題自動化上之定義仍嫌不足。另外，在個人化教學與課程、試題自動化上，目前所提出的網路學習系統亦無法呈現出完善的效能與成果，甚至有些系統根本就忽視此考量。

因此，在本計劃中，我們規劃並建置一套**[智慧型多媒體學習內容管理系統]**，其中包含 3 個子計畫，在第一年中，各子計畫之執行成果分別為：**子計畫 1：「智慧型個人化多媒體學習內容管理系統之研製」**：針對前導計畫所提出之 2 層次架構教材標準，**教材標示語言(Teaching Material Markup Language, TMML)**，來發展 SCORM/TMML 之標準教材轉換與編輯工具，並提出 IAM 架構，以達到學習活動(Learning Activity)之管理與再使用，亦發展 IAM 學習系統以產生適性化之學習課程並驗證與 SCORM 之相容性。**子計畫 2：「智慧型個人化題庫系統之建置與管理」**：利用學習者的試題資料來建構概念影響關係圖，以診斷出學習者之學習障礙所在，並規劃 TMML 之試題標籤。**子計畫 3：「行動學習載具上通用型多媒體學習內容存取播放機制之研發」**：整合 W3C 的標準到 SCORM/TMML 中，並利用派翠網路來規劃多媒體教材之呈現順序與發展 SMIL 編輯工具來快速的編輯多媒體教材與自動轉換成為 SMIL 檔案格式。各子計劃間皆互相關聯與支援，以有效整合各子計劃

之研究成果。而在本年度之計畫執行期間，我們總共發表了 3 篇期刊(Journal)論文與 12 篇會議(Conference)論文，其中包含 1 篇最佳論文與 1 篇佳作論文。

關鍵詞：網路學習、SCORM、學習內容管理系統、題庫、行動載具。

Abstract

With accelerated growth of computer and communication technologies, researchers have attempted to adopt computer network technologies for research on education. Notable examples include the development of computer-aided tutoring and testing systems. Clearly, the development of tutoring systems and learning environments has become an important issue in both computer science and education. However, most existing e-learning systems represent student profile, learning management data, test bank and subject contents with different formats, resulting in the difficulties of sharing, reusing, and recombining those e-learning resources. Therefore, several international organizations have proposed teaching material standards, such as AICC, IMS, and SCORM (Sharable Content Object Reference Model), etc. By employing these standards, different learning management systems can share their teaching materials to other systems as well as reuse or recombine them.

SCORM is currently one of the most popular standard. It is a product of the U.S. Government's initiative in Advanced Distributed Learning (ADL). Although SCORM has many advantages to offer reusing, sharing, and recombining teaching material among different standards, several important features for providing personalized learning facilities have been ignored. For example, it is difficult to provide personalized learning sequences or subject contents with current SCORM-based standards. In addition, for personalized instruction, and course and exercise sequencing, existing e-learning systems can't fulfill good performance and result yet.

Therefore, in this project, Implementation, Application, and Evaluation of an Intelligent Multimedia Content Management System (IAEIMCMS), we try to develop an intelligent multimedia content management system by employing and extending the SCORM/TMML standard. The

entire project consists of three subtasks. In first year, the executable results are described as follows: Subproject 1, "Design and Implementation of an Intelligent Multimedia Content Management System", based upon TMML (Teaching Material Markup Language) in previous project, develops transformation and authoring tools of standardized teaching materials. Moreover, we also propose an IAM to solve the issues of managing and reusing the learning activity in SCORM and develop an IAM system to generate the adaptive learning content and verify the compatible between IAM system and SCORM RTE. Subproject 2, "Implementation and Management of an Intelligent Personalized Test Bank", uses the test records of learners to create the Concept Effect Relationships (CER) which is used to diagnose the learning problems of learner. Moreover, subproject 2 also designs the metadata of test items for TMML. Subproject 3, "Design and Implementation of a Universal Access Mechanism to Multimedia Learning Content", integrates the standard of W3C into SCORM/TMML, uses Petri Net to plan the rendering sequence of multimedia teaching materials, and develops SMIL authoring tool to fast edit the multimedia teaching material and automatically transform it into SMIL format.

In addition, during the progress of project, we have publish 3 journal papers and 12 conference papers including 2 best award papers.

Keywords: E-Learning、SCORM、Learning Content Management System (LCMS)、Test Item Bank、Mobile Device.

二、計畫緣由與目的

隨著網際網路的興盛與普及，使的網路學習環境的設計與開發已廣泛的受到重視，而如何設計一個適性化的網路學習環境，更成為目前各國發展學習科技的重要前瞻議題。由於網路的資源豐富，目前一些國際標準組織已開始著手規範網路文件標準，希望在兼顧製作的方便性外，更能導入文件交換與共享的概念。目前國外著名的教材標準包括：航空業 AICC [1]推出的 AGRs 與 CMI 規範，IMS[2] 制訂之 QTI、LIP、Content Packaging 等規範。美國政府推動之 ADL [3]制訂之 SCORM (Sharable Content Object Reference Model) 皆為被廣泛討論之規範。其他如 IEEE LOM [4]、LMML [5]、ARIADNE [6]、荷蘭開放大學的 EML [7]及大陸地區目前正在制定的遠距教學技術標準 DLTS [8]等等。綜觀目前各國提出的標準中，SCORM 因集各家標準之所長，已成為最受國際廣泛支持與採用的數位學習標準規範，其目的在於提供可再用與分享的課程元件撰寫準則。SCORM 將 E-Learning 系統上的教材視為元件，透過 API(Application Program Interface)來操作與分享這些教材元件，目的是讓網路上不同的學習管理系統，可以分享所開發設計的學習教材，達到重複使用的目的。由於目前 SCORM 在個人化教學的部分仍存在許多問題，例如：在本土化教材、個人化教學與課程、試題自動化上之定義仍嫌不足。另外，在個人化教學與課程、試題自

動化上，目前所提出的網路學習系統亦無法呈現出完善的效能與成果，甚至有些系統根本就忽視此考量。

因此，在本計劃中，我們以開放原始碼的精神與元件設計方式，來規劃並建置一套[智慧型多媒體學習內容管理系統]，其中包括子計畫 1：「智慧型個人化多媒體學習內容管理系統之研製」、子計畫 2：「智慧型個人化題庫系統之建置與管理」與子計畫 3：「行動學習載具上通用型多媒體學習內容存取播放機制之研發」等 3 個子計畫。其中，子計畫一與子計畫二皆以 SCORM 國際標準為基礎，針對個人化、學習歷程與教材內容等標準做延伸。子計畫一針對多媒體學習內容提供有效的管理與個人化之教材，而子計畫二根據子計畫一所發展之多媒體學習內容物件庫與個人資訊來提供子計畫一所需要的個人化題庫，子計畫三透過所有可能之行動學習載具，讓學習者能夠在任何時間、任何地點、利用有線或無線網路，存取子計畫一與二所提供之多媒體學習內容資訊，以達到延伸學習者的學習時間與學習空間之目的。

在第一年中，3 個子計畫的工作規劃與進度分別詳述如下。

- 子計畫 1 - 「智慧型個人化多媒體學習內容管理系統之研製(Design and Implementation of an Intelligent Multimedia Content Management System)」：針對前導計畫所提出之 2 層次架構教材標準，教材標示語言 (Teaching Material Markup Language, TMML)，發展出 SCORM/TMML 之標準教材轉換與編輯工具，以提供教師與編輯者快速的編輯出符合 SCORM/TMML 的標準化教材。此 TMML 標準規範與教材轉換與編輯工具，便可提供給子計畫 2 與子計畫 3 使用，進而達到建置標準示範模式之目的。並針對 SCORM 1.3 中，複雜之學習活動(Learning Activity)難以管理之問題，提出 IAM 架構，以達到學習活動之管理與再使用，亦發展 IAM 學習系統以產生適性化之學習課程並驗證與 SCORM 之相容性。
- 子計畫 2 - 「智慧型個人化題庫系統之建置與管理(Implementation and Management of an Intelligent Personalized Test Bank)」：在學習過程中，評估與測驗是非常重要的環，不僅可以瞭解學生的學習成效，更可以對克服學習障礙提供有用的線索。因此，子計畫 2 利用學習者的試題資料來建構概念影響關係圖，以診斷出學習者之學習障礙所在，並規劃出符合本土化與標準化之試題標籤，以增加 TMML 在智慧型題庫系統上之完整性。並利用子計畫 1 所發展之教材編輯工具來發展智慧型題庫中之試題元件。
- 子計畫 3 - 「行動學習載具上通用型多媒體學習內容存取播放機制之研發 (Design and Implementation of a Universal Access Mechanism to Multimedia Learning Content)」：通用型多媒體學習內容存取播放機制 (Universal Access) 是透過所有可能之行動學習載具 (Mobile Learning Terminal

Devices), 讓學習者能夠在任何時間、任何地點、利用有線或無線網路, 存取數位學習內容資訊, 以達到延伸學習者 (Learners) 的學習時間與學習空間之目的。因此, 子計畫 3 整合 W3C 的標準到 SCORM/TMML 中, 以規劃 TMML 在行動載據上之規範完整性, 並利用派翠網路來規劃多媒體教材之呈現順序與發展 SMIL 編輯工具來快速的編輯多媒體教材與自動轉換成為 SMIL 檔案格式。

三、結果與討論

在此章節中, 將針對本計畫各研究子計畫之內容與目前成果進行說明與介紹。

3.1 子計畫 1: 「智慧型個人化多媒體學習內容管理系統之研製(Design and Implementation of an Intelligent Multimedia Content Management System)」

在此章節中將詳述子計畫 1 第一年之研究規劃與成果。

3.1.1 教材標記語言(Teaching Material Markup Language, TMML)之轉換與編輯工具

在目前已制定出的各種標準規範中, SCORM 因集合各家標準之所長, 而成為目前最受廣泛採用的標準, 而其主要參照了 IMS、LOM 與 AICC 等標準之規範。因此, 在 2001 年, 由台灣國立交通大學曾憲雄教授所領導的研究團體, 在國科會科教處的支持下, 著手將 SCORM 加以延伸, 發展成為更完善的兩層次教材標記語言(Teaching Materials Markup Language, TMML), 此 TMML 不但承襲了 SCORM 的標籤與結構, 並詳細規劃其學科之內容, 其完整架構如圖 1 所示。

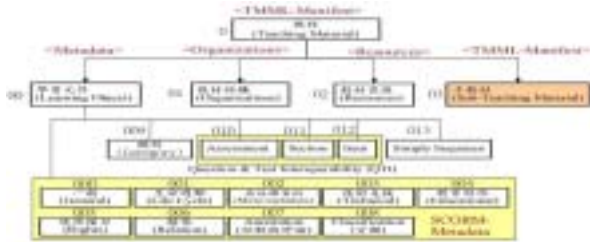


圖 1: TMML 之整體組織架構圖

本子計畫繼續架構在 TMML 架構上, 作其規範上之延伸與強化, 因此, 為了使我們所延伸與修訂出的 TMML 教材標準能快速與方便提供給教師與學習者使用, 因此我們發展了一教材標準化之轉換機制來快速的轉換傳統教材成為符合 SCORM/TMML 的標準教材。其轉換流程之系統展示請參考圖 2 所示。



圖 2: 傳統教材標準化之轉換流程

而為了提供教師或使用者能快速與方便編輯出符合 TMML 格式的標準教材, 因此我們在建制了一套符合本標準的線上教材編輯工具, 其運作流程如圖 3 所示。使用者只需要登入至此系統, 即可使用此教材編輯工具, 不需要個別安裝系統, 具有極大的方便性。此外, 此編輯工具亦可作為子計畫 2 之試題編輯工具, 提供快速編輯符合 TMML 標準化試題之介面。



圖 3: 線上標準教材編輯流程

3.1.2 教學活動模型(Instructional activity Model, IAM)

如前所述, TMML 採用 SCORM 為發展基礎, 並融入了 Simple Sequence Specification (SSS) 與 Question & Test Interoperability (QTI) 等規範。然而在目前的 SSS 中, 對於龐大的學習活動樹(Activity Tree, AT) 存在著不易管理與重新使用的問題, 且對於個人化的學習, 如何應用教育理論(Pedagogical Theory) 來提供更適性化的學習環境, 也是本計畫中所關心的。因此, 在本計畫中, 我們運用教育理論與物件導向方法論(OOM) 來分別將 AT 的結構加以延伸與模組化, 使不同之 AT 彼此具有關聯性與教育理論之實體意義, 可便於管理與重新使用, AT 模組化之概念可參考圖 4 所示。於是我們提出了教學活動模型(Instructional Activity Model, IAM), 此模型由許多具有互關聯性(Inter-relation) 與特殊屬性的小 AT 節點組成, 因此藉由這些互關聯性與屬性, 這些 AT 節點便可簡易的被管理、重組與整合, IAM 架構之示意圖如圖 5 所示。此外, 針對一般領域與特殊領域, 我們也分別提出 2 個啟發式演算法(Heuristic Algorithm) 瀏覽 IAM 架構, 以動態的產生學習內容(Learning Content) 給使用者。IAM 具有延伸性與彈性, 因此可以藉由延伸機制來應用教育理論以符合特殊的需要。

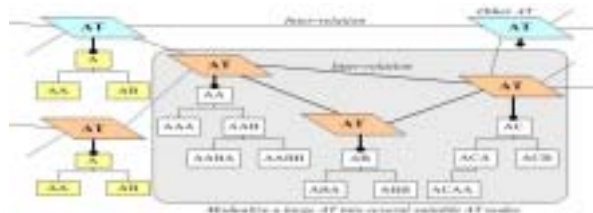


圖 4: AT 模組化之概念

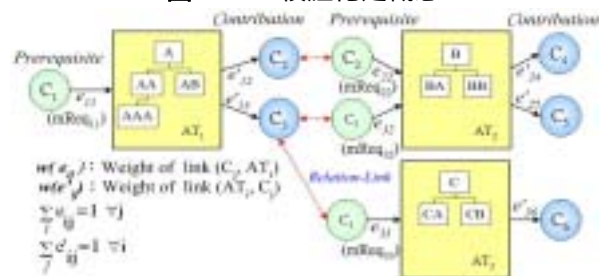


圖 5: IAM 示意圖

因此，IAM 即為一學習活動或課程之圖形化表示，其包含一些 AT、包含先備知識(Prerequisite)與貢獻(Contribution)之能力(Capability)、包含具有 $mReq_{ij}$ 的 e_{ij} 與 e'_{ij} 的關係邊(Relation Edge), 及一些評估函數(Measure Functions), 所以，它可以被表示為 $IAM=(AT_{set}, C_{set}, E_{set}, E'_{set})$ ，此處：

- $AT_{set} = \{AT_1, AT_2, \dots, AT_n\}$.
- $C_{set} = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$.
- E_{set} 為所有 Prerequisite Edges 的集合, 被表示為 $E_{set} = \bigcup E_j, E_j = \bigcup (e_{ij}, mReq_{ij}), e_{ij} \in AT_j$.
- E'_{set} 為所有 Contribution Edges 的集合, 被表示為 $E'_{set} = \bigcup E'_j, E'_j = \bigcup e'_{jk}, e'_{jk} \in AT_j$.

而圖6則為IAM之實際例子，圖7為IAM架構之學習處理演算法之流程圖。

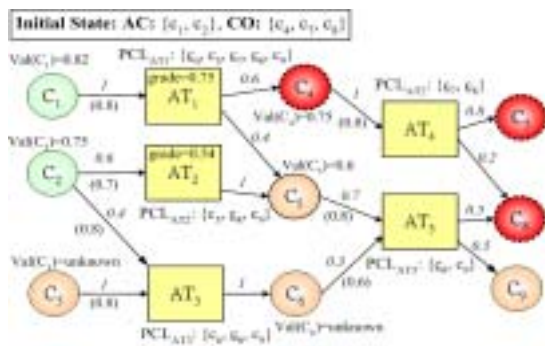


圖 6：IAM 之例子



圖 7：IAM 之學習處理流程

此外，本子計畫所提出之IAM更融入了Gagne的 Learning Outcome[15] (包含 Verbal Information、Intellectual Skills、Cognitive Strategies、Motor Skills 與 Attitude 等 5 種能力)、學習風格[19](包含 Visual、Auditory 與 Kinesthetic 等 3 種)與 Bassing 的教材組織[14](包含 Logical、Psychological 與 Eclectic Organization 等 3 種組織架構)等教育理論，以提供更人性化的學習內容給使用者作學習，其詳細的定義與內容可參考[26]。

3.1.3 IAM系統

在本子計畫中，我們亦針對所提出之IAM架構，實際發展了一個IAM系統，此系統將SCORM RTE 1.3作為學習管理系統平台，IAM系統負責產生適性化的課程以傳送給SCORM RTE來展示給學習者進行學習。如圖8所示，IAM系統主要部分，分為2個模組：**1. IAM Module** - 包含IAM Controller、IAM

Model 與 IAM Database 及 **2. AT Tree Inference Engine Module** - 包含 AT Parser 與 DRAMA Inference Engine。在IAM Module中，IAM Controller 主要管理IAM Model及負責和Controller與AT Tree IE Module作通訊。當有學習者登入系統時，IAM系統將分配一個Controller給學習者來負責學習過程中所有的事件管理。而當學習者要求學習課程時，SCORM RTE 將透過 Controller 送要求至 IAM Controller，此IAM Controller將擷取學習者的個人資訊與IAM Model以通知AT Parser來萃取出正確的規則資訊(Rules)並傳遞給在AT Tree IE Module中所內嵌的推論引擎，稱為DRAMA [12, 20, 21, 22]，以進行課程推論處理，並產生適合的課程送交SCORM RTE進學習。因此，此系統可證實我們所提出之IAM系統可與任何SCORM/TMML相容之學習管理系統相容。

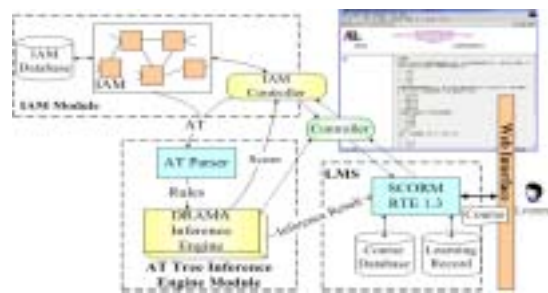


圖 8：建構在 SCORM RTE 1.3 上之 IAM 系統架構

圖9為IAM系統之管理者介，以方便觀察學習者之學習狀態。而為了方便編輯IAM架構中所需之推論規則，因此本計畫中亦發展了一IAM編輯工具，如圖10所示。



圖 9：IAM系統之管理者介面



圖 10：IAM模型之編輯工具

3.2 子計畫2：「智慧型個人化題庫系統之建置與管理 (Implementation and Management of an Intelligent Personalized Test Bank)」

此章節將針對子計畫 2 在第一年中，探討目前與建立智慧型個人化題庫內容、管理機制與運作模式相關的標準，並對於達到學習障礙診斷能力所必須制訂的題庫標準及相關工具進行規劃。

3.2.1 個人化學習障礙之診斷

為了從測驗中診斷學習上的問題，必須就整體課程結構深入探究。在傳統上，課程多作樹狀結構的安排(如圖 11 所示)，但這種樹狀結構的安排所表達的除了課程內容之外，對於評估診斷並無助益；所以，我們必須思索能表達更多有利評估診斷活動的架構。

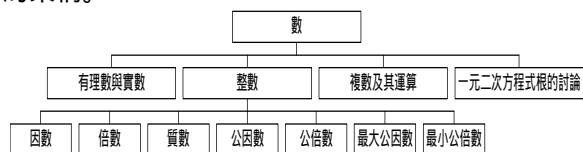


圖 11：傳統課程樹狀結構圖

因此，近年來有些學者認為：在科學及工程課程中，每個單元都會有一些學習重心，我們稱之為概念 (concept)；同時，這些概念的學習大多需要依照某種順序，稱之為“認知順序”(Epistemologically Order) [13][18]。這樣的順序用來規範各概念間的學習先後關係，即 $A \rightarrow B$ ，其中 A、B 代表兩個概念，連線的方向表示概念 A 在學習上的順序先於概念 B [16][17]。因此，基於這種基本的學習概念與模式，我們有必要重新建構如圖 12 的課程結構。在這樣的課程結構中，包含了概念間先後的學習認知順序。藉著這樣結構化的認知順序，可以找出學生學習的癥結點，提升學生的學習成效。

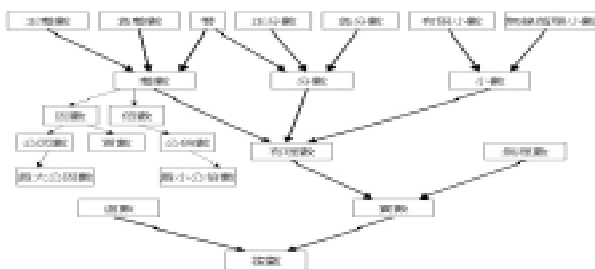


圖 12：數學課程概念影響關係圖

4.2 概念影響關係圖之建立

首先利用一個二維的概念影響關係表，建立概念間的相互關聯性，表示概念的形成內涵與概念之間的先後次序關係。在概念繼承關係表內填入代表兩個概念是否具有繼承關係的“1”與“0”。例如，為了要建立圖 13 之概念影響關係圖，必須建立如表 1 的概念影響關係表[27]。這個概念影響關係表是一個二維的方陣，假設一個課程中共有 n 個概念，每個概念以 C_i 或 C_j 代表之，其中 $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ 。

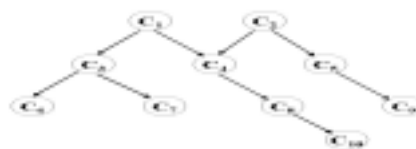


圖 13：概念影響關係圖 (1)

表 1：概念影響關係表

		Child C_j										NC
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	
Parent C_i	C_1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
	C_2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
	C_3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
	C_4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	C_5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	C_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	C_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NP	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	

其中 NC 表示概念所包含的子概念個數，NP 表示概念所被包含的父概念個數。假設共有 10 道試題，分別為 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_{10}$ ，且整個課程經過分析後，共可得到 10 個概念，分別為 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_{10}$ ，其概念影響關係圖如圖 7，概念影響關係表如表 1 所示。為了表現每道題目所包含的概念內涵與各概念在該道題目中的相對比重關係，必須建立如表 2 所示的概念分配表，其中概念欄與試題列的交叉項 e_{ij} 代表 C_j 這個概念在題目 Q_i 中所佔的比重。

表 2：概念分配表

		C_j									
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
Q_i	Q_1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q_2	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0
	Q_3	0	0	3	1	2	0	0	0	0	0
	Q_4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
	Q_5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	Q_6	1	0	0	0	0	4	1	0	0	0
	Q_7	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
	Q_8	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2
	Q_9	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0
	Q_{10}	0	0	0	0	0	1	0	2	0	5
	Sum	6	5	5	6	7	6	6	5	5	7
	Error	1	0	3	1	2	4	6	0	0	0
	ER(C_j)	0.16	0	0.6	0.16	0.28	0.66	1	0	0	0

4.3 概念影響關係之診斷演算法

經由概念分配表 (表 2) 可以求得每個概念的錯誤比率 $ER(C_j)$ $ER(C_j) = \frac{\sum_r e_{rj}}{\sum_i e_{ij}}$ ，其中 e_{ij} 代表第 r 題答錯的題目中，第 j 個概念的比重值； e_{ij} 代表整份試題中，第 i 題的第 j 個概念的比重值。

假設某學生 Q_3 、 Q_6 、 Q_7 答錯，其餘答對，由表 2 可得 $ER(C_1) = (0+1+0)/6 = 0.16$ ， $ER(C_2) = (0+0+0)/5 = 0$ ， $ER(C_3) = (3+0+0)/5 = 0.6$ ，...；因此，可以得到一個新的概念影響關係圖，如圖 10 所示。

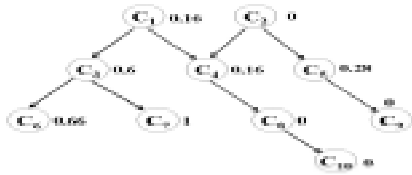


圖 14: 概念影響關係圖(2)

透過圖 14，可以找出所有的原始學習路徑如下：

PATH1 : $C_1 \rightarrow C_3 \rightarrow C_6$

PATH2 : $C_1 \rightarrow C_3 \rightarrow C_7$

PATH3 : $C_1 \rightarrow C_4 \rightarrow C_8 \rightarrow C_{10}$

PATH4 : $C_2 \rightarrow C_4 \rightarrow C_8 \rightarrow C_{10}$

PATH5 : $C_2 \rightarrow C_5 \rightarrow C_9$

在學習診斷的過程中，必須設定一個臨界值，用以代表對錯誤率的容忍程度。當 $ER(C_j) \leq$ 時，即認定學生對於 C_j 這個概念的認知程度已經到達一個符合要求的水準；若 $ER(C_j) >$ 時，可以認定學生對於 C_j 這個概念的認知或瞭解程度尚未到達一個要求的水準，必須加強學習。假設 δ 為 0.3，由上述的例子可得到補救學習路徑如下：

PATH1 : $C_3 \rightarrow C_6$

PATH2 : $C_3 \rightarrow C_7$

再對補救學習路徑計算出權重：

$$weight(PATH_i) = \frac{\sum_j error(C_{ij})}{\sum_j sum(C_{ij})}$$

其中 $error(C_{ij})$ 代表第 i 條路徑中第 j 個概念的錯誤總比重值， $sum(C_{ij})$ 代表第 i 條路徑中第 j 個概念的總比重值。由上例中可得

$weight(PATH1) = 0.64$ 及 $weight(PATH2) = 0.82$

再利用如下的法則判斷該學習路徑是否對學生的學習成效造成顯著的負面影響：

IF $weight(Path_i) \geq \delta$

THEN select $Path_i$ as the critical path.

其中 Critical path 代表對學生有確實顯著負面影響的學習路徑。假定 $\delta=0.7$ ，則關鍵學習路徑為 PATH2；同時可知，此學生對 C_6 、 C_7 的學習成效不佳，其原因在於對 C_3 的認知或瞭解程度不足。

3.2.2 TMML 標準之試題診斷延伸

而為了提供進行學習障礙診斷所需的資訊，本子計畫亦在 TMML 的 QTI 中之 Section 與 Item 部分規劃出幾個新的標籤，包括鑑別度 (Discrimination level)、難易度 (Difficulty level)、信度 (Reliconcept)、效度 (Validity)、能力指標編號 (Concept Number)、能力指標名稱 (Concept Name)、能力指標說明 (Concept Description)。以下為新標籤的用途說明：

- (1) **信度 (Reliconcept)**: 測驗工具最重要的特徵 - 正確性、有效性，指測驗確實能測量的特質，亦即測驗分數的正確性。
- (2) **效度 (Validity)**: 指測驗分數的一致性、穩定性、可靠性、可預測性，亦即一個測驗能夠測出所想要測量的特質的程度；簡言之，即是測驗在使用目的上的有效性。
- (3) **鑑別度 (Discrimination level)**: 表示此試題

可分別出學習者能力之鑑別程度。

- (4) **難易度 (Difficulty level)**: 表示此試題之困難程度。
- (5) **能力指標 (Concept Number)**: 為政府推行的九年一貫課程中所定義的學生能力標記[11]。以國小一年級為例，能力指標名稱「數與量」中，編號 N-1-01 在描述學生是否能進行 100 以內的數數，認識「個位」與「十位」的位名，並進行位值單位的換算（即能力指標說明）；而編號 N-1-02 在描述學生是否能作連加、連減與加減混合運算（能力指標說明）。

3.3 子計畫3：「行動學習載具上通用型多媒體學習內容存取播放機制之研發 (Design and Implementation of a Universal Access Mechanism to Multimedia Learning Content)」

在第一年，子計畫3已經完成相關基礎研究並依照計畫完成了內容調適機制與內容呈現機制雛型建置。目前開始後續同步通訊與內容傳遞等的相關研究，工作成果詳述如下。

3.3.1 內容調適機制 (Content Adaptation Mechanism)

傳遞內容到手機與 PDA 等無線裝置來呈現是一種挑戰，因為不同的裝置有不同的內容呈現之需求，例如：作業系統、螢幕與音訊/視訊能力及記憶體極限等等。此外，對於在哪裡、如何與何時存取學習內容，學習者也皆有不同之喜好。因此，我們需要一個機制能在任一平台、任意格式下來製造適性化的內容，並在任意時間與地點來透過任意的網路以傳遞到任何的裝置。W3C[10]便提出通用型存取播放機制 (Universal Access Mechanism)，如圖 15 所示。

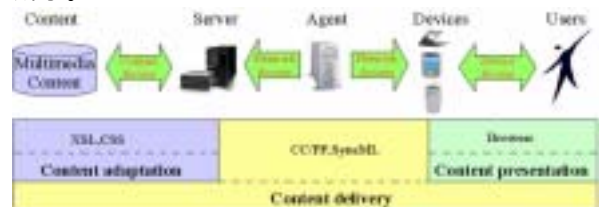


圖 15：Concept of Universal Access

XML 檔案搭配 XSL 可以提供多樣的內容呈現方式，因此，如何根據不同的無線裝置之能力來搭配合適的 XSL 以呈現適當的內容呈現便成為一個重要的問題。因此，在本子計畫之第一年中，我們提出一個內容適性化機制 (Content Adaptation Mechanism)，如圖 16 所示。在此機制中，所需求的內容以 XML 格式來表示，而根據 XML Schema，可簡易地知道資源中所有型態之特性 (Property)。其中，CC/PP Parser 會在同一時間剖析 CC/PP 檔案利用設備的資訊，CC/PP 將從儲存庫 (Library) 中選擇一個合適的 XSL 文件。如果沒有合適的文件，則 XSLT Agent 將根據設備的資訊 (例如：可支援之色彩、螢幕大小與聲音功能等) 來產生一個特別的 XSL 檔案。

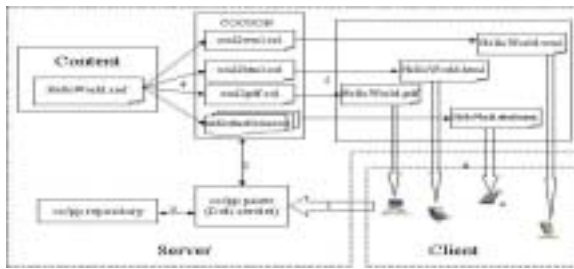


圖 16：內容調適機制 (Content Adaptation Mechanism)

目前的多媒體學習內容中，通常包含多種不同的媒體格式，且皆具有不同的撥放時間特性，因此對於教師與教材編輯者來說，如何控制不同媒體間之時間關係(Temporal Relationship)以達到協調一致，是件重要的問題。而派翠網路(Petri Net)可以用來作為多媒體元件間如何彼此同步的分析依據，因此我們採用一個延伸的派翠網路，稱為 MOPN (Multimedia Object Petri Net)。MOPN 能在持續時間特性 (Duration Property) 上提供塑模函式 (Modeling Function) 來分析多媒體內容元件間之時間與順序之關係，也就是顯像規劃 (Rendering Plan)。其解釋如下：一個 MOPN 是一個三維元件 (Triple)， $MOPN = (PN, D, MF)$ ，PN 表示一般的派翠網路，D 表示持續時間函數 (Duration Function)，而 MF 表示型式 (Modality) 的集合。每一個元件被分配一個型式 (撥放型式) 與持續時間 (所需撥放時間)，如圖 17 所表示，原有的教材內容包含多種媒體格式，例如：視訊 (Video)、文字 (Text) 與影像 (Image)。因此，我們使用 Petri Net 來模擬此工作流程，如圖 18 所示，我們使用 MOPN 來模擬多媒體元件的呈現順序。例如：圖 1 具有文字 1 將先呈現，接著圖 2 具有文字 2、與圖 3 具有文字 3，而在同一時間中，視訊檔案將被連續撥放。這些內容可被具有 MS IE 6.0 且支援 HTML+TIME 的 PC 或 NB 上撥放。



圖 17：具有多種媒體格式 (Video、Text、Image) 之多媒體內容

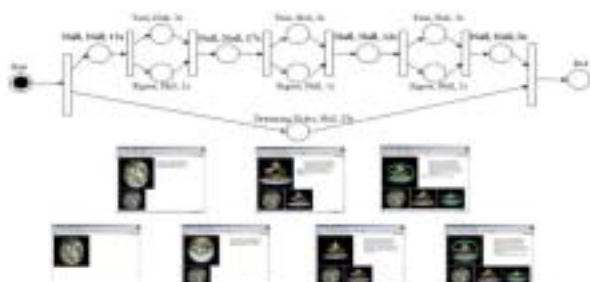


圖 18：使用 MOPN 所表示之內容元件撥放關係圖

而對於沒有支援 HTML+TIME 的瀏覽器

(Browser)，原始的內容將被剖析與轉換成為 HTML 格式，在轉換處理過程中，元件的時序 (Time) 與順序資料 (Sequence Information) 將被移除，因此，此轉換過的元件便可適應裝置的處理能力。在圖 19 中，可發現原有的時序與順序資料已被移除。因此，所有的元件將同時出現在使用者的行動裝置上。

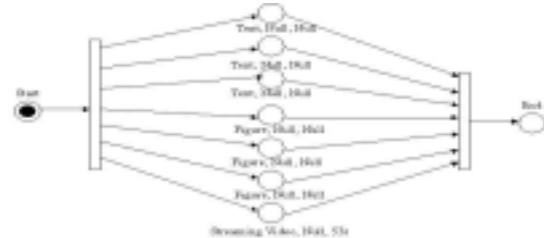


圖 19：使用 MOPN 所表示之不支援 HTML+TIME 的內容元件撥放關係圖

3.3.2 SMIL 編輯工具 (Authoring Tool)

為了分享與再使用網路上不同型態的資源，我們使用 W3C 所制定的同步多媒體整合語言 (Synchronized Multimedia Integration Language, SMIL) [10] 來整合多樣的媒體資源，並利用先前所介紹之 Petri Net 來強化 SMIL 的時間屬性 (Temporal Attribute) 功能。我們所提出的 SMIL 編輯與顯像工具如圖 20 所表示。此系統架構由顯像中心 (Rendering Center) 與伺服器管理 (Server Management) 兩元件所組成。利用此系統架構，使用者可以利用 Petri Net 來將顯像規劃 (Rendering Plan) 過程以視覺化的方式呈現，可方便編輯。此系統便將所編輯的視覺化資訊自動轉換成 SMIL 檔案格式，然後傳送至媒體伺服器 (Media Server) 作處理，因此，嵌入在客戶端裝置 (Client) 的撥放程式便可進行撥放 SMIL 檔案。因此，利用此 SMIL 編輯工具，可快速的輔助使用者編輯教材架構並轉換成為 SMIL 檔案。而撥放 SMIL 檔案的結果則如圖 21 所表示。

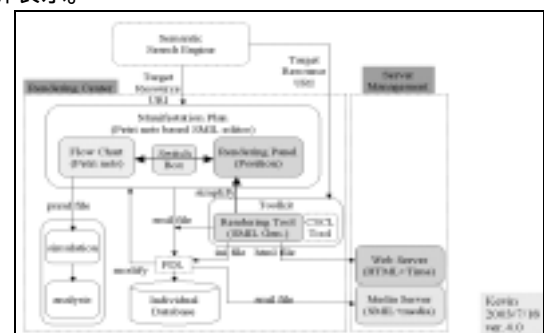


圖 20：Petri Nets 式之同步多媒體顯像環境架構 (Synchronized Multimedia Rendering Environment Architecture)

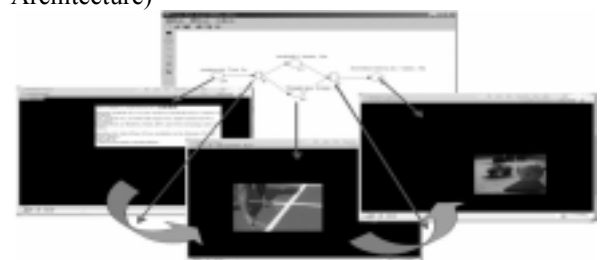


圖 21：SMIL 撥放結果

4、計畫成果自評

針對智慧型多媒體內容管理系統相關的標準及工具等相關研究主題，本計畫共規劃了3個子計畫來進行的分析與研究，包含：子計畫1：智慧型個人化多媒體學習內容管理系統之研製、子計畫2：智慧型個人化題庫系統之建置與管理、子計畫3：行動學習載具上通用型多媒體學習內容存取播放機制之研發。各子計畫間皆互相關聯與支援，以有效整合各子計畫之研究成果。

在第1年中，子計畫1針對前導計畫所提出之2層次架構教材標準，教材標示語言(Teaching Material Markup Language, TMML)，發展出 SCORM/TMML 之標準教材轉換與編輯工具，以提供教師與編輯者快速的編輯出符合 SCORM/TMML 的標準化教材。此 TMML 標準規範與教材轉換與編輯工具，便可提供給子計畫2與子計畫3使用，進而達到建置標準示範模式之目的。並針對 SCORM 1.3 中，複雜之學習活動(Learning Activity)難以管理之問題，提出 IAM 架構，以達到學習活動之管理與再使用，亦發展 IAM 學習系統以產生適性化之學習課程並驗證與 SCORM 之相容性。

而子計畫2利用學習者的試題資料來建構概念影響關係圖，以診斷出學習者之學習障礙所在，並規劃出符合本土化與標準化之試題標籤，以增加 TMML 在智慧型題庫系統上之完整性。並利用子計畫1所發展之教材編輯工具來發展智慧型題庫中之試題元件。子計畫3並整合 W3C 的標準到 SCORM/TMML 中，以規劃 TMML 在行動載具上之規範完整性，並利用派翠網路來規劃多媒體教材之呈現順序與發展 SMIL 編輯工具來快速的編輯多媒體教材與自動轉換成為 SMIL 檔案格式。

因此，本計畫有效整合各子計畫之研究成果，並已針對第2年之研究進度作妥善之規劃與管理，以其有更完善之研究成果。

本計畫各子計畫主要之成果與貢獻如下：

子計畫1：

1. 針對前導計畫提出之教材標示語言(Teaching Material Markup Language, TMML)來發展教材標準化之轉換機制，以提供方便與快速之傳統教材之 SCORM/TMML 標準化轉換與發展線上編輯工具介面，以快速的編輯出符合 SCORM/TMML 之標準教材。
2. 提出教學活動模型架構(IAM)，以有效的管理、再使用龐大的學習活動樹，並導入教育理論，以提供更個人化的教材內容。
3. 並實際發展 IAM 系統，以產生適性化之學習課程並驗證其與 SCORM RTE 1.3 系統平台之相容性。

子計畫2：

1. 利用試題資料來建構概念影響關係圖，以診斷學習者之學習障礙所在。
2. 規劃試題在 TMML 中的延伸標籤，以符合架構在本土化與標準化。
3. 設計標準化試題之編輯工具。

子計畫3：

1. 整合 W3C 的標準到 SCORM/TMML 中，包括 XML、RDF、CC/PP 來描述行動學習載具的設備特性 (device profile description) 以及學習者特性 (learner profile description)。
2. 利用派翠網路來規劃多媒體教材之呈現順序。
3. 發展 SMIL 編輯工具來快速的編輯多媒體教材與自動轉換成為 SMIL 檔案格式。

在本計畫第一年之執行期間，我們總共發表了3篇期刊(Journal)論文[27, 28, 30]與12篇會議(Conference)論文[23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37]，其中，[25]為GCCCE 2003之最佳論文，而[26]為NCS 2003之佳作論文。

(計畫網站：<http://e-learning.nctu.edu.tw>)

5、參考文獻

- [1] AICC (Aviation Industry CBT Consortium), <http://www.aicc.org>
- [2] IMS (Instructional Management System), <http://www.imspjct.org/>
- [3] SCORM (Sharable Content Object Reference Model), <http://www.adlnet.org/Scorm/scorm.cfm>
- [4] LTSC (IEEE Learning Technology Standards Committee), <http://ltsc.ieee.org/wg12/>
- [5] LMML (Learning Material Markup Language), <http://www.lmml.de>
- [6] ARIADNE (Alliance for Remote Instructional and Authoring and Distribution Networks for Europe), <http://www.ariadne-eu.org>
- [7] EML(Educational Modelling Language), <http://eml.ou.nl/eml-ou-nl.htm>
- [8] 遠距教學技術標準 DLTS (Distance Learning Technology Standards), http://www.cernet.edu.cn/html/keyanzf/yuancheng_jiaoyu.shtml
- [9] XML (eXtensible Markup Language), <http://www.w3c.org/xml/>
- [10] W3C, World Wide Web Consortium, <http://www.w3.org>
- [11] 台灣教育部資訊網, <http://www.edu.tw/>
- [12] S. S. Tseng, G. J. Hwang, M. F. Jiang, C. J. Tsai, and Y. T. Lin, 專家系統 導論/工具/應用, 文魁資訊股份有限公司, Taiwan, 2002.
- [13] 陳柏華, 夏延德 (民 88)。Polya I 的導引核心與知識庫：理念與實作，碩士學位論文，中原大學資訊工程研究所。
- [14] Nelson L. Bassing, *Teaching in Secondary Schools*, Boston: Houghton Mifflin Company, pp. 51-55. 1963.
- [15] R.M. Gagne, "Learning Outcomes and Their Effects," *American Psychologist*, No.4, 1984.
- [16] Chia-Lin Hsaio and G.J. Hwang (2000), "A concept map constructing algorithm for supporting learning diagnosis on computer network", *The 4th Global Chinese Conference on Computers in Education*, Singapore, May 29-31, 2000.

- [17] D.H. Jonassen, K. Beissner, and M. Yacci, "Structural Knowledge: Techniques for Representing, Conveying, and Acquiring Structural Knowledge," Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1993.
- [18] J.D. Novak, "Applying Learning Psychology and Philosophy of Science to Biology Teaching," *The American Biology Teacher*, Vol.43, pp. 12-20, 1981.
- [19] R. Sternberg and E. Grigorenko, *Styles of Thinking in the School*, Branco Weiss Institute, May 1998.
- [20] C. J. Tsai, S. S. Tseng, and Y. C. Wu, "A New Architecture of Object-Oriented Rule Base Management System," *Proc. of Tools Asia'99*, Nanjing, China, Sep., 1999.
- [21] C. J. Tsai, and S. S. Tseng (2002), "Building A CAL expert system based upon two-phase knowledge acquisition," *Expert Systems with Applications* 22, pp. 235-248.
- [22] Y.C. Wu (1999), *An Approach to Object-oriented Rule Base Management System*, master thesis, Department of Computer and Information Science, National Chiao Tung University.
- [23] C.C. Yang, J.M. Su, S.S. Tseng, et al, "詩作風格知識庫之研究 - 以蘇軾近體詩為例," *Proc. of 文學與資訊科技會議 2003*, 中壢, Taiwan, 2003.
- [24] Jun-Ming Su, Shian-Shyong Tsen, Chun-Han Chen, Yu-Chang Sung, Tong-Hsin Su, and Wen-Nung Tsai, "A Study of Standardization of Traditional Teaching Materials," *Proc. of ICEE2003*, International Conference on Engineering Education, Valencia, Spain, July 2003.
- [25] J.M. Su, J.H. Chen, W. Wang, J.Y. Chen, P.C. Sue, S.S. Tseng, and W.N. Tsai, "A Study of the Intelligent Learning System with SCORM standard in E-Learning," *Proc. of GCCCE2003*, Nanjing, China, 2003. (Best Paper Award)
- [26] Ching-Tai Chen, Jun-Ming Su, Shian-Shyong Tseng, Huan-Yu Lin, Chang-Zhuo Chen, and Yi-Li Liu, "Adaptive Learning Environment for Pedagogical Needs," *Proc. of NCS 2003*, Dec. 2003. (佳作)
- [27] Gwo-Jen Hwang (2003), "A Concept Map Model for Developing Intelligent Tutoring Systems", *Computers & Education*, Vol. 40. No. 3, pp. 217-235.
- [28] G.J. Hwang, Jia-Lin Hsiao and Judy C.R. Tseng (2003), "A Computer-Assisted Approach for Diagnosing Student Learning Problems in Science Courses", *Journal of Information Science and Engineering*, Vol. 19, No.2, pp. 229-248.
- [29] S.J.H. Yang and C.C. Chen, 2003, "An Integrated Approach for Workflow Process Modeling and Analysis Using UML and Petri Nets," *MIS Review*, pp. 47-75, NSC 92-2524-S-008 -001.
- [30] S.J.H. Yang, J.J.P. Tsai, and C.C. Chen, March-April, 2003, "Fuzzy Rule Base Systems Verification Using High Level Petri Nets," *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, vol. 15, no. 2, March-April 2003, pp. 457-473, NSC 92-2524-S-008 -001. (SCI, EI)
- [31] Stephen J.H. Yang, Norman W.Y. Shao, Rick C.S. Chen, 2003, "Design and Implementation of a Universal Access Mechanism to Multimedia Learning Content," 2003 international Conference on Computer-Assisted Instruction, B4-1, April 2003. NSC 92-2524-S-008 -001.
- [32] 楊鎮華, 柯華葳, May, 2003, "智慧型多媒體學習輔具在閱讀障礙上之應用," *ICCAI 2003*, Taipei, Taiwan, NSC 92-2524-S-008 -001.
- [33] Stephen J.H. Yang, Norman W.Y. Shao, Rick C.S. Chen, 2003, "A Multimedia Content Adaptation Mechanism to Implement Universal Access on Learning Environment", *NCS2003*, Dec. 2003. NSC 92-2524-S-008 -001.
- [34] Stephen J.H. Yang, Norman W.Y. Shao, Kevin C.Y. Kuo, 2003, "A SMIL Editor and Rendering Tool for Multimedia Synchronization and Integration", *NCS2003*, Dec. 2003. NSC 92-2524-S-008 -001.
- [35] Norman W.Y. Shao, Stephen J.H. Yang, Addison Y.S. Sue, 2003, "A Content Management System for Adaptive Learning Environment", *IEEE Fifth International Symposium on Multimedia Software Engineering (MSE)*, Dec. 10-12, 2003 NSC 92-2524-S-008 -001.
- [36] Stephen J.H. Yang, Norman W.Y. Shao, Addison Y.S. Sue, 2003, "Personalized Metadata Mechanism Applied to Adaptive Mobile Learning", *Second IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE 2003)*, March 23-25, 2004 (Accepted), NSC 92-2524-S-008 -001.
- [37] Irene Chen, Stephen J.H. Yang, Norman W.Y. Shao, 2003, "Applying Multi-Sensory Learning Model with Mobile Handheld Devices to Pervasive Learning", *Second IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE 2003)*, March 23-25, 2004 (Accepted), NSC 92-2524-S-008 -001.