

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

智慧型個人化多媒體學習內容管理系統之研製(2/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2524-S-009-001-

執行期間：93年05月01日至94年04月30日

執行單位：國立交通大學資訊科學學系(所)

計畫主持人：曾憲雄

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 4 月 29 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

智慧型個人化多媒體學習內容管理系統之研製(2/3)

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 93 - 2524 - S - 009 - 001

執行期間： 93 年 05 月 01 日至 94 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

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 四 年 四 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

智慧型個人化多媒體學習內容管理系統之研製(2/3)

計畫編號：NSC 93-2524-S-009-001

執行期限：93 年 5 月 1 日至 94 年 4 月 30 日

主持人： 曾憲雄 教授 國立交通大學 資訊科學系

一、中文摘要

隨著網際網路的盛行，網路學習的概念已被廣泛的接受。然而，各個系統所使用的不同格式教材，使的難以互相分享彼此間的教學資源，造成教材製作成本的提高。雖然國際組織所提出的SCORM, IMS, LOM等等標準可些微的解決教材在互操作性、再用性與分享性上之困難。但在本土化教材、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，本計畫之目標在於發展一個智慧型個人化內容管理系統(Intelligent Multimedia Content Management System, IMCMS)，以根據學習者的學習能力與評估後的學習成果來提供學習者適當的個人化標準學習教材。在第2年中，本計畫以第一年所提出的教材標示語言(Teaching Material Markup Language, TMML) 與教學活動模型(Instructional Activity Model, IAM)架構為主要基礎，繼續針對 SCORM 教材之編輯工具與學習元件資源庫(Learning Object Repository, LOR)之管理機制做深入分析與研究。目前，要製作出符合 SCORM 2004 中 Sequencing & Navigation (SN)規范的教材是件相當困難的事情，如無有效易用的編輯工具，則 SCORM 2004 標準將難以被廣泛接受，因此，在今年度中，我們應用 High Level Petri Nets (HLPN) 來分析 SN 的規則架構，提出了物件導向課程塑模(Object Oriented Course Modeling, OOCM)機制來有效的建構出符合 SN 標準的課程，並實際發展出 OOCM 的編輯工具，此工具可有效的幫助教師或使用者快速的編輯出 SCORM 2004 的教材。另外，我們亦提出一 Level-wise Content Management Scheme (LCMS)來管理符合 SCORM 標準之學習物件資源庫，以提供使用者有效地查詢(Searching)、檢索(Retrieving)與管理(Maintaining) LOR。而在本年度之計畫執行期間，我們總共發表了 4 篇期刊論文，其中有 3 篇為 SCI，與 4 篇國際會議論文。

關鍵詞：網路學習、SCORM、編輯工具、學習物件資源庫。

Abstract

As internet usage becomes more popular over the world, e-learning system in the past ten years has been accepted globally. However, the different formats of teaching materials among e-learning systems result in difficulty of the sharing the resources and increasing the cost of creating teaching materials. Although the SCORM, IMS, LOM, etc. proposed by international organizations can overcome the issues of interoperability, reusing, and sharing, most existing e-learning systems can not satisfy the personalized instruction, and course and exercise sequencing. Thus, the features of local culture, personalized teaching strategy, and automatic course and exercise sequencing are still required. Therefore, this subproject aims to develop an Intelligent Multimedia Content Management System (IMCMS) to provide personalized teaching materials for learners in accordance with their learning aptitudes and evaluation results of learning. In second year, based upon the results in the first year, Teaching Material Markup Language (TMML) and Instructional Activity Model (IAM), we analyzed and developed the authoring tool of SCORM compliant course and management scheme of learning object repository (LOR). At present, it is very difficult to create a SCORM 2004 compliant course with sequencing rules in Sequencing & Navigation (SN) specification. Without efficient authoring tool, SCORM 2004 standard could be not become popular. Therefore, in this year, based upon High Level Petri Nets (HLPN) theory, we proposed the Object Oriented Course Modeling (OOCM) scheme to efficiently create SCORM 2004 compliant course with desired sequencing rules in SN. Besides, an OOCM authoring tool was also developed, which could offer teachers to efficiently construct SCORM compliant course. Moreover, we also proposed a management approach, called *Level-wise Content Management Scheme* (LCMS), to efficiently maintain, search, and retrieve the learning contents in SCORM compliant learning object repository (LOR). During the progress of subproject, we have published 4 journal papers including 3 SCI papers and 4 international conference papers.

Keywords: E-Learning, SCORM, Authoring Tool, Learning Object Repository (LOR).

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。目前一些國際標準組織已開始著手規範網路教材文件的標準，以導入文件交換與共享的概念。目前著名國際組織與教材標準約有：AICC [1]、IMS[2]、IEEE LOM [3]、ADL SCORM [5]等等。而目前各國標準中，SCORM (Sharable Content Object Reference Model)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。然而，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 [7][18][16]。

因此，在總計劃中，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 個子計劃。在第 2 年中，本計畫以第一年所提出的教材標示語言 (Teaching Material Markup Language, TMML)與教學活動模型 (Instructional Activity Model, IAM) 架構為主要基礎，繼續針對 SCORM 教材之編輯工具與學習元件資源庫 (Learning Object Repository, LOR) 之管理機制做深入分析與研究。目前，要製作出符合 SCORM 2004 中 Sequencing & Navigation (SN) 規範 [6] 的教材是件相當困難的事情，如無有效與易用的編輯工具，則 SCORM 2004 標準將難以被廣泛接受，雖然，目前亦有相關之編輯工具被提出與開發 [4][17][19]，但其所提供之編輯方式因無考量到 SN 規範之規則定義與結構特殊性，因此造成使用者難以理解與使用，因此，在今年度中，我們運用物件導向的概念，提出了一系統化的方法，稱為物件導向課程塑模 (Object Oriented Course Modeling, OOCM) 機制。並應用 High Level Petri Nets (HLPN) [8][9][10][11][12][13][14][15] 來分析 SN 的規則定義與架構，將 SN 規範與架構模組化成幾個基本的順序元件 (Sequencing Object)，稱為 Object Oriented Activity Tree (OOAT)。每一 OOAT 如同一中介軟體 (Middleware)，代表在學習活動中一個基本的課程架構並相對應於在 SCORM 中，一個具有相關順序規則的活動樹 (Activity Tree, AT) 架構。因此，利用這些基本的 OOAT，便可有效地規劃與製作出具有複雜順序規則的 SCORM 學習活動。此外，亦提出 PN2AT 與 AT2CP 演算法來將利用 OOAT 所規劃的 HLPN 課程轉換成 SCORM 的 AT 架構並將其相關之學習資源包裝成符合 SCORM 標準的課程。此外，利用 OOCM 機制，一個圖形化的編輯工具亦被發展來提供教師與使用者有效的編輯出符合 SCORM 2004 的教材。另

外，我們亦提出一 Level-wise Content Management Scheme (LCMS) 來管理符合 SCORM 標準之學習物件資源庫，以提供使用者有效地查詢 (Searching)、檢索 (Retrieving) 與管理 (Maintaining) LOR。此 LCMS 機制分為 *Constructing Phase* 與 *Searching Phase*。前者從 SCORM 的教材中利用 CP2CT 處理來建置 Content Tree (CT) 並利用 Clustering 技術來建構與管理一個如同 Directed Acyclic Graph (DAG) 的 Multistage Graph 並儲存有有學習物件 (Learning Object, LO) 間的關係，稱為 Level-wise Content Clustering Graph (LCCG)。後者可根據使用者查詢來利用我們所提出的 LCCG Content Searching Algorithm (LCCG-CSAlg) 來搜尋此 LCCG 架構，以同時擷取具有一般概念與細部概念的學習內容

三、結果與討論

在此章節中，將針對本子計畫之內容與目前成果進行說明與介紹。

3.1 Object Oriented Course Modeling (OOCM)

因在目前 SCORM 2004 所提出的 Sequencing & Navigation (SN) 規範 [6] 中，具有複雜的規則與架構定義，所以要製作出符合 SN 規範的教材變的相當的困難，雖然有相關之編輯工具被提出與開發 [4][17][19]，但因無考量到 SN 規範之規則定義與結構特殊性，故依然難以使用。因此，本計劃運用物件導向的概念，提出了一系統化的方法，稱為物件導向課程塑模 (Object Oriented Course Modeling, OOCM) 機制。

3.1.1 The Scheme of OOCM

圖 1 為 OOCM 的流程架構，包含以下 4 個處理：

- (1) **OOAT Modeling with HLPN**: 應用 HLPN 來分析 SN 的規則定義與架構，將 SN 規範與架構模組化成 5 基本的順序元件，稱為 Object Oriented Activity Tree (OOAT)。每一 OOAT 如同一中介軟體 (Middleware)，代表在學習活動中一個基本的課程架構並相對應於在 SCORM 中，一個具有相關順序規則的活動樹 (AT) 架構。
- (2) **Course Construction with OOAT**: 使用這些 OOAT 可建構具有複雜順序規則的 SCORM 學習活動之 HLPN 模型架構。
- (3) **PN2AT Process**: 將 HLPN 的課程模型轉換成符合 SCORM 標準架構且具有相關順序規則 (Rules) 的活動樹架構。
- (4) **AT2CP Process**: 將轉換後的 AT 架構與相關的實體教材資料包裝成 SCORM 的教材包裹檔案 (Content Package File)。

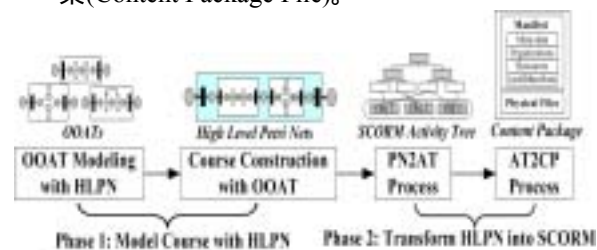


圖 1: The Flowchart of Object Oriented Course Modeling (OOCM)

3.1.2 The OOAT Modeling with High Level Petri Nets (HLPN)

每一個 OOAT 相當於 SCORM 2004 活動樹中的一個叢集(Cluster),此為 SN 的基本順序規則定義區塊,每一個 cluster 皆有一個 *Sequencing Definition Model (SDM)* 來定義其相關之順序行為。在今年度中,我們先就 SDM 的 10 的定義中的 6 個:(1) Sequencing Control Modes (2) Sequencing Rules (3) Rollup Rules (4) Objectives (5) Objective Map 與(6) Delivery Controls 作為考量,因為這 6 個規則定義可規劃出 SN 中大部分的順序型為導引。而利用 HLPN 裡論所提出的 OOAT 架構之定義如下:

Definition 1: The HLPN of Object-Oriented Activity Tree (OOAT) is a 6-tuple,

OOAT = (P, T, Σ, A, G, E), where

- P** = { p_1, p_2, \dots, p_m } 為 Place 的有限集合 **P** 包含 5 種形式: P_G 為 Global Objective、 P_L 為 Local Objective、 P_M 為 Transition 間的連接器 (Connector)、 P_R 檢查是否 Transition 將執行 Rollup 處理、 P_W 檢查是否 Transition 將定義 Global Objective (P_G)。此外, P_{in} and P_{out} 為一 P_M , 用來表示輸入與輸出的 Place。 P_G 與 P_L 包含 Token, 用來記錄在 Tracking Status Model (TSM)中的狀態資訊。
- T** = { t_1, t_2, \dots, t_n } 為 Transition 的有限集合 ($P \cap T = \emptyset$)。 **T** 包含 4 種型態: T_A 為一學習活動或一子 OOAT 元件、 T_M 為 OOAT 間的連接器(Connector) T_R 處理與它相關子結點的學習狀態之 Rolls up 處理、 T_O 將根據它的 P_L 來設定 P_G 。
- Σ** = $\langle C_{TSM}, C_O \rangle$ 為 Token 的非空有限顏色集合 (Color Set)。 C_{TSM} 為 SN 中之 *Tracking Status Model (TSM)*, 其紀錄學習者的 *Activity Progress Information*、*Attempt Progress Information* 與 *Objective Progress Information* 資訊。 C_O 為 *ordinary color*、為一不帶有資訊的 Token, 用來初使與驅動一學習處理。
- $A \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ 為有向邊之有限集合。 \overrightarrow{PT} 為從 Place 至 Transition、 \overleftarrow{TP} 為從 T 至 Place。
- G**: 為 *Guard Function*。 Transition ($t \in T$) 的 Firing Rule $G(t)$ 定義 SDM 中的 “if-else” 格式。可產生相對應的順序行為。其定義如下:
 - $G(T_A)$: 定義 SDM 中的 Sequencing Rule 與根據先前的學習活動來指出學習者是否可學習下一個活動課程。
 - $G(T_R)$: 根據 SDM 中的 Rollup Rule 定義來控制一活動的 Rollup Process。
 - $G(T_O)$: 根據 T_A 的 P_L 來設定 P_G 的學習狀態。
- E**: 為 *Arc Expression Function*。 $E(a), \forall a \in A$, 為多少與何種 Token Color 將從 Input Place 被移除與加到 Output Place。 OOAT 中的 *Expression Functions* 定一如表 1 所示。

而圖 2 為 OOAT 之 HLPN 的基本示意圖。根據 SN 規範,我們提出 5 個 OOAT 元件: 1. *Linear*、2. *Choice*、3. *Condition*、4. *Loop* 與 5. *Exit* 來塑模不

同的學習策略 圖 3 為 5 個 OOAT 的基本架構與相對應的課程架構及相關的 Guard Function 定義。表 2 為其相關的 **Sequencing Definition Model (SDM)**, 包含 *Sequencing Control Mode (SCM)* 用來控制瀏覽行為、*Objective* 用來定義評估條件的需求與 *Sequencing Rules* 用來在學習活動中定義課程順序的評估條件。此處,每一個 OOAT 的 *Guard Function* 皆可對應到 SDM 中的 *Sequencing Rule*。

表 1. The Arc Expression Function $E(a)$ and its Related Token Color.

Arc Expression Function	Token
$E(\overrightarrow{P_G T_A}), E(\overrightarrow{P_G T_M})$	$\langle C_O + C_{TSM} \rangle$
$E(\overrightarrow{T_A P_L}), E(\overrightarrow{T_R P_L}), E(\overleftarrow{P_L T_R}), E(\overleftarrow{P_M T_R}),$ $E(\overrightarrow{T_R P_M}), E(\overrightarrow{T_O P_G}), E(\overleftarrow{P_L T_O}), E(\overleftarrow{P_L T_A})$	$\langle C_{TSM} \rangle$
$E(\overrightarrow{T_A P_M}), E(\overrightarrow{P_M T_A}), E(\overleftarrow{T_A P_G}), E(\overleftarrow{T_M T_G}),$ $E(\overleftarrow{P_M T_M}), E(\overleftarrow{T_M P_M}), E(\overleftarrow{P_W T_O}), E(\overleftarrow{P_R T_R})$	$\langle C_O \rangle$

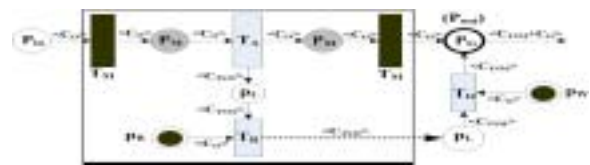


圖 2: The Diagram of HLPN of OOAT

表 2. The Related SDM definition of OOAT.

OOAT Types	Sequencing Control Mode	Objective	Sequencing Rules
Linear	Flow → next Forward Only → true Choice Exit → false		
Choice	Choice Exit → true		
Conditional Linear	Flow → next Forward Only → true Choice Exit → true	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfied by Measure = true • Maximum Satisfied 	<ul style="list-style-type: none"> • Precondition Rule: $\bullet T_A \# \langle C_O \rangle$ when condition else STOP (2, 2) 20-1
Conditional Choice	Flow → next Choice Exit → true	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfied by Measure = true • Target Objective ID = OR P_i • Used Satisfied Status = true • Used Translated Status 	<ul style="list-style-type: none"> • Precondition Rule: $\bullet T_A \# \langle C_O \rangle$ when condition else STOP (2, 2) 20-1
Loop	Flow → true Choice Exit → true	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfied by Measure = true • Maximum Satisfied Translated • Measure = 0, 1, 2 	<ul style="list-style-type: none"> • Precondition Rule: $\bullet T_A \# \langle C_O \rangle$ when condition else STOP (2, 2) 20-1
Exit	Flow → true Forward Only → true Choice Exit → true		<ul style="list-style-type: none"> • Precondition Rule: $\bullet T_A \# \langle C_O \rangle$ when condition else STOP (2, 2) 20-1

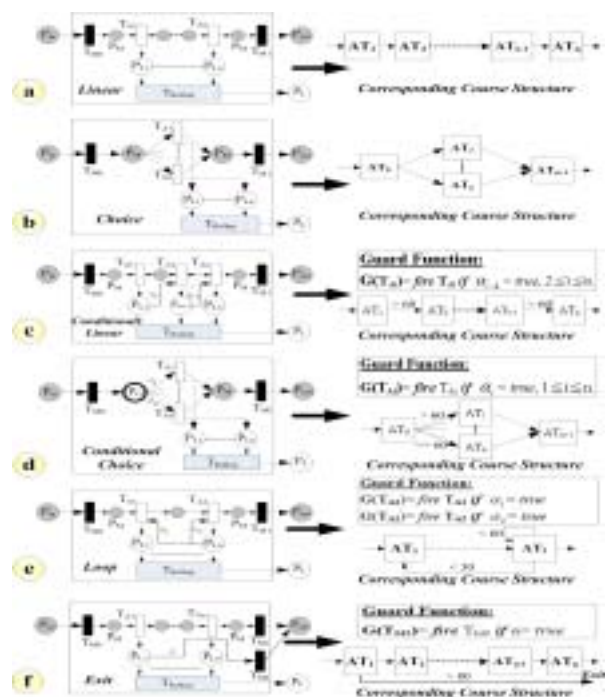


圖 3: The Five Sequencing Components of OOATs

3.1.3 Activity Tree Transformation Process

我們亦提出PN2AT與AT2CP演算法來將利用OOAT所規劃的HLPN課程轉換成SCORM的AT架構並將其相關之學習資源包裝成符合SCORM標準的課程。其演算法介紹如下：

- **PN2AT:**轉換每一個非終端的Transition成為一個具有相關順序定義的Cluster並彙整以建構一AT的架構。
- **AT2CP Process:** 將PN2AT轉換後的AT架構與其相關的實體教材包裝成一符合SCORM標準的課程檔案並用XML做描述。

圖4為PN2AT與AT2CP的處理示意圖，而其演算法可參考下列之PN2AT與AT2CP演算法。

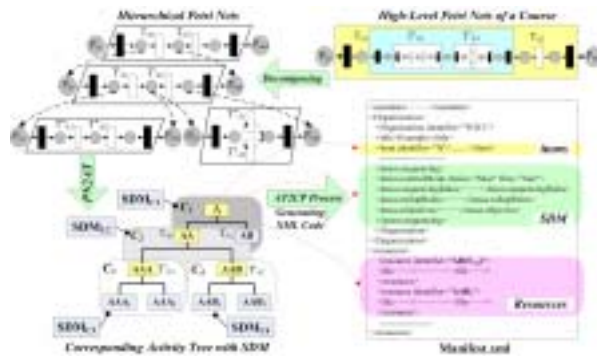


圖4: An Example of PN2AT and AT2CP Process



3.1.4 The Prototypical Framework of OOCM Authoring Tool

圖 5 為利用 OOCM 機制所發展的 OOCM 編輯工具架構圖，其說明如下：

- (1) **Learning Object Importer:** 可匯入現存之學習資源或使用者定義之學習元件至 Learning Object Pool。
- (2) **Course Sequencing Constructor:** 提供使用者利用從 OOAT 函式庫中插入 OOAT 的方式來編輯具有複雜順序規則的 SCORM 課程。
- (3) **SCORM Content Package Transformer:** 利用 PN2AT 與 AT2CP 演算法來轉換圖形表示的課程架構成為 SCORM 課程。

圖 6 為此 OOCM 編輯工具的使用畫面。

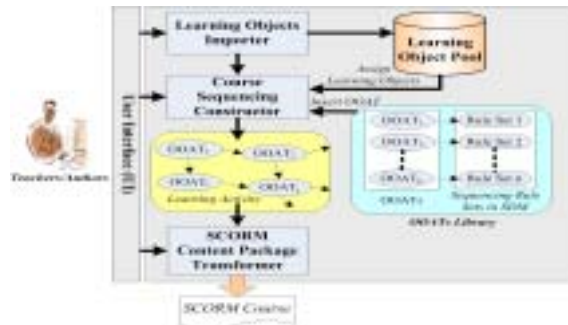


圖 5: The Prototypical Architecture of OOCM Authoring Tool

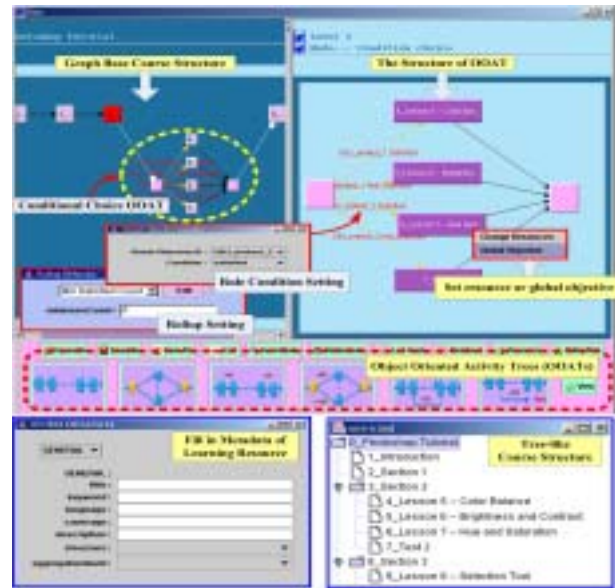


圖6: The Screenshot of the OOCM Authoring Tool

3.2 Level wise Content Management Scheme (LCMS)

而為了針對儲存有大量符合SCORM標準教材之學習物件資源庫(LOR)提供有效的管理機制，以提供使用者有效查詢(Searching)、檢索(Retrieving)與管理(Maintaining) LOR，我們亦提出一Level-wise Content Management Scheme (LCMS)。

3.2.1 The Processes of LCMS

如圖 7 所示, LCMS 機制分為 *Constructing Phase* 與 *Searching Phase*。前者從 SCORM 的教材中利用 CP2CT 處理來建置 Content Tree(CT)並利用 Clustering 技術來建構與管理一個如同 Directed Acyclic Graph (DAG)的 Multistage Graph 並儲存有有學習物件(Learning Object, LO)間的關係，稱為 Level-wise Content Clustering Graph (LCCG)。

後者可根據使用者查詢來利用我們所提出的 LCCG Content Searching Algorithm (LCCG-CSAlg) 來搜尋此 LCCG 架構，以同時擷取具有一般概念與細部概念的學習內容

Constructing Phase 包含以下 3 個處理步驟：

- **Content Package to Content Tree (CP2CT) Process:** 轉換 SCORM 的教材成為帶有代表性特徵向量樹狀(Representative Feature Vector)的 Content Tree(CT)。
- **Level-wise Content Clustering Process:** it

clusters LOs according to content trees (CTs) to establish the *level-wise content clustering graph* (LCCG) for creating the relationships among LOs. 依據 CT 來叢集 LO 以建立 *level-wise content clustering graph* (LCCG), 其可建構各 LO 間之關係。

- **LCCG Maintaining Process:** 監督 LCCG 中之各節點的情況, 如需要便進行重建 LCCG 之處理。

Searching Phase 包含以下處理:

- **SCORM Metadata Searching:** 利用 SCORM 的 Metadata 來搜尋 LCCG 的主要進入點。
- **Level-wise Content Searching:** 從入口節點來細部搜尋 LCCG 的各個相關子點, 以提供更精確的 LO 擷取。

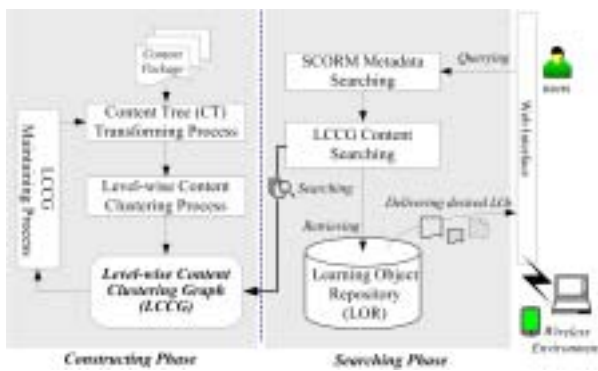


圖7: The Flowchart of Level-wise Content Management Scheme (LCMS)

3.2.2 Content Package to Content Tree (CP2CT) Process

為了要建立 LO 間之關聯性(Relationship), 每份 SCORM 教材將被轉換至所規劃的 CT 架構。其 CT 定義如下:

Definition 2: Content Tree = (N, E), where

- $N = \{n_0, n_1, \dots, n_m\}$.
- $E = \{n_i n_{i+1} \mid 0 \leq i < 3 \text{ (the depth of CT)}\}$.

在 CT 中, 每一個節點稱為“Content Node (CN)”, 並包含一特徵向量(Feature Vector) \vec{V} , 其定義此點之代表性特徵。E 表示上層之節點 n_i 連結至下層之節點 n_{i+1} 的邊。

我們應用**向量空間模型(Vector Space Model, VSM)**方法[20][21]來表示CT中每一節點的特徵。於是, 利用**Term Frequency - Inverse Document Frequency (TF-IDF) 權重機制(Weighting Scheme)**[22][23][24][25][26], 每一個CN能被表示為一 N 維度向量 $\langle tf_1 \times idf_1, tf_2 \times idf_2, \dots, tf_n \times idf_n \rangle$, 此處 tf_i 為 i -th term (keyword) 的字頻(Frequency)與 $idf_i = \log(n/df(t))$ 為文件中 i -th term 的 *Inverse Document Frequency (IDF)* (此處 n 為文件總數與 $df(t)$ 為包含此term 的文件數)。因在CT中, 具有固定深度, 因此可方便作為階層式之分群處理。此方式將可建立LO間之關聯性。不過因為不同教材的CT具有不同的深度, 因此在轉換中, 太淺的CN節點將被建立一虛擬節

點(Virtual Node, VN)來作為其下層之子節點, 以構成相同深度之CT架構。而此虛擬節點之特徵向量將與其父節點相同。圖8展示CP2CT process的處理過程。

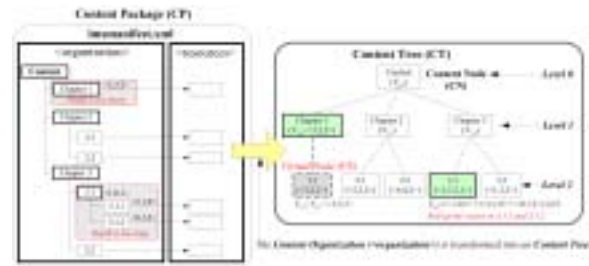


圖8: The Corresponding Content Tree (CT) of the Content Package (CP) by CP2CT process

3.2.3 Level-wise Content Clustering Process

在經過前述步驟之後, 每一 CT 將皆具有用來分群使用特徵向量, 可用來建立不同教材間之關聯性。因此, 我們針對 CT 的各層來分別做分群處理。而經過階層式分群處理後之架構稱為 LCCG, 利用此 LCCG, 可快速的擷取所要的 LO 即與其相關連之 LO 資訊。

LCCG 為一固定層數之樹狀架構, 其具有單層節點之關聯性定義存在。其定義如下所示:

Definition 3: LCCG = (N, E), where

- $N = \{(CF_0, CL_0), (CF_1, CL_1), \dots, (CF_m, CL_m)\}$. 每一節點儲存有 *Cluster Feature (CF)* 與 *Child List (CL)*, 稱為 *LCC-Node*. 其中, CL 儲存下一層中所包含之子 *AsiG-Node* 的 CF 值。
- $E = \{n_i n_{i+1} \mid 0 \leq i < 3 \text{ (the depth of ASI-Graph)}\}$. 上層之節點 n_i 連結至下層枝節點 n_{i+1} 的邊。

LCCG 的深度與 CT 深度相同。每一層將管理其下層之分群結果資訊, 例如: 上層將儲存有下層之分群結果, 以作為搜尋、查詢之用。此外, 此 *Cluster Feature (CF)* 將儲存一群集(Cluster)的相關資訊。此 CF 的方法與 *Balance Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies (BIRCH)* [27] clustering algorithm 是相似的, 其定義如下:

Definition 3: 一群集(Cluster)中之 Cluster Feature (CF) 被定為 Triple:

$CF = (N, \vec{VS}, CS)$, where

- N : 代表一群集中的 CN 的個數。
- $\vec{VS} = \sum_{i=1}^N \vec{V}_i$. 代表群集中所有 CN 特徵向量 (\vec{V}) 的合。
- $CS = \left| \sum_{i=1}^N \vec{V}_i / N \right| = |\vec{VS} / N|$. 代表群集中特徵向量合的平均。此 $|\cdot|$ 符號代表特徵向量的 *Euclidean distance*. 此 (\vec{VS} / N) 值可視為一群值之群中心(**Cluster Center, CC**)。

此外, 在做分群處理時, 如果有一具有特徵向量 \vec{V} 的CN被插入一叢集 $CF_A = (N_A, \vec{VS}_A, CS_A)$ 中, 故新的 $CF_A = (N_A + 1, \vec{VS}_A + \vec{V}, (|\vec{VS}_A + \vec{V}|) / (N_A + 1))$ 。

3.2.4 Level-wise Content Clustering Algorithm (LCCAlg):

根據 LCCG-Graph 的定義，本計畫提出了 Level-wise Content Clustering Algorithm，稱為 LCCAlg，用來建構 LCCG-Graph。此 LCCAlg 包含 3 步驟：1) *Single Level Clustering Phase*、2) *Content Cluster Refining Phase* 與 3) *Concept Generalizing Phase*。圖 9 展示出此 LCCAlg 的流程架構圖。



圖 9: The Flowchart of Level-wise Content Clustering Algorithm (LCCAlg)

(1) Single Level Clustering Phase:

此步驟中，CT 的每一層之 CN 將可用不同的相似度標準(Similarity Threshold)來作分群處理。此分群處理將從最底層開始處理至最高層，例如：從 Item Level 至 Assessment Level。而所有的分群結果將儲存在 LCCG。此外，兩 CN 間的相似度評估準則(Similarity Measure)為文件分群(Document Clustering) [28][29] 中利用最普遍的餘弦函數(Cosine Function)。其意義為當有兩個 CN, N_A 與 N_B 時，此相似度評估準則可利用下式來作計算：

$$\text{Similarity} = \cosine(V_A, V_B) = \frac{V_A \cdot V_B}{|V_A| |V_B|}$$

，此處 V_A 與 V_B 是 N_A 與 N_B 各自的特徵向量(Feature vectors)。此數值越大則表示此兩向量越相似。例如：兩 CN 非常相似，則此餘弦值將近似於 1。

(2) Content Cluster Refining Phase:

由於此 SLCAlg 演算法利用遞增式的插入 CT 方式來執行分群處理，故 CN 的輸入順序將影響到分群結果。為了消除因輸入順序(Input Order)所引起的問題，所以需再執行一分群修飾處理步驟(Content Cluster Refining Phase)。給予 SLCAlg 的分群結果，Content Cluster Refining Phase 利用原始分群之群中心(Cluster Centers)當作輸入且再執行 SLCAlg 處理來修正原始分群的正確性，直到分群結果不再改變為止。此外，兩分群之相似度可利用下面 Similarity Measure 公式來作計算：

$$\text{Similarity} = \cos(CC_A, CC_B) = \frac{CC_A \cdot CC_B}{|CC_A| |CC_B|} = \frac{(\overline{VS}_A / N_A) \cdot (\overline{VS}_B / N_B)}{CS_A * CS_B}$$

再經過相似度計算之後，如果有兩分群必須合併成一個新的分群，則此新分群之新的 CF 為： $CF_{\text{new}} = (N_A + N_B, \overline{VS}_A + \overline{VS}_B, |(\overline{VS}_A + \overline{VS}_B) / (N_A + N_B)|)$ 。

(3) Concept Generalizing Phase:

此概念簡化步驟是利用來確使在 LCCG 中，其 LCC-Node 中的 CN 所得到之特徵向量更具客觀與代表性。於是，我們提出一個 Roll-up Operation，其利用其所包含之子節點(CN)所屬於之群中心來計算 CN 的特徵向量。

因此，根據所建構之架構並搭配所提出之搜尋演算法，便可提供使用者有效查詢(Searching)、檢索(Retrieving)與管理(Maintaining) LOR。圖 10 為雛型系統之使用畫面。



圖 10: The Screenshot of LCMS Prototypical System

四、計畫成果自評

在第 2 年中，本計畫主要針對 SCORM 教材之編輯工具與學習元件資源庫(Learning Object Repository, LOR)之管理機制做深入分析與研究。所發展之 SCORM 編輯工具，便可提供給子計畫 2 與子計畫 3 使用，以製作相關之系統測試教材。而所發展之 LOR 管理機制更有效的提供各子計畫快速檢索所欲使用之試題與教材資料。因此，本子計畫之研究成果有效的提供給各子計畫進行研究與整合，並已針對第 3 年之研究進度作妥善之規劃與管理，以期有更完善之研究成果。

本子計畫主要之成果與貢獻如下：

目前，要製作出符合 SCORM 2004 中 Sequencing & Navigation (SN) 規範的教材是件相當困難的事情，如無有效易用的編輯工具，則 SCORM 2004 標準將難以被廣泛接受，因此，在今年度中，我們應用 High Level Petri Nets (HLPN) 來分析 SN 的規則架構，提出了物件導向課程塑模(Object Oriented Course Modeling, OOCM) 機制來有效的建構出符合 SN 標準的課程，並實際發展出 OOCM 的編輯工具，此工具可有效的幫助教師或使用者快速的編輯出 SCORM 2004 的教材。另外，我們亦提出一 Level-wise Content Management Scheme (LCMS) 來管理符合 SCORM 標準之學習物件資源庫，以提供使用者有效地查詢(Searching)、檢索(Retrieving)與管理(Maintaining) LOR。

1. 提出物件導向課程塑模(Object Oriented Course Modeling, OOCM) 機制，其應用 High Level Petri Nets (HLPN) 來分析 SN 的規則架構，以有效的建構出符合 SN 標準的課程，
2. 提出 Level-wise Content Management Scheme (LCMS) 來管理符合 SCORM 標準之學習物件資源庫，以提供使用者有效地查詢(Searching)、檢索(Retrieving)與管理(Maintaining) LOR。
3. 實際發展 OOCM 編輯工具與 LCMS 管理系統以驗證其效能與可用性。

在本計畫第一年之執行期間，我們總共發表了4篇期刊論文[30][31][32][33]，其中有3篇為SCI[30][31][32]，與4篇國際會議論文[34][35][36][37]。

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

5、參考文獻

- [1] Aviation Industry CBT Committee (AICC) 2004, AICC - Aviation Industry CBT Committee. <http://www.aicc.org>
- [2] Instructional Management System (IMS) 2004, IMS Global Learning Consortium. <http://www.imsproject.org/>
- [3] IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC) 2004, IEEE LTSC | WG12. <http://ltsc.ieee.org/wg12/>
- [4] Reload Editor (Reload) 2004, Reload Project, <http://www.reload.ac.uk>
- [5] Sharable Content Object Reference Model (SCORM) 2004, Advanced Distributed Learning. <http://www.adlnet.org/>
- [6] Sequencing and Navigation (SN) 2004, 'Sharable Content Object Reference Model (SCORM) Sequencing and Navigation (SN) Version 1.3', Advanced Distributed Learning. <http://www.adlnet.org/index.cfm?fuseaction=DownFile&libid=648&bc=false>
- [7] P. Brusilovsky and J. Vassileva. Course Sequencing Techniques for Large-Scale Web-based Education. *Journal of Engineering Education and Lifelong Learning*, Vol. 13, 2003, pp. 75-94.
- [8] K. Jensen, *Coloured Petri Nets. Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use*. Monographs in Theoretical Computer Science, Springer-Verlag, 1997.
- [9] K. Jensen, *An Introduction to the Theoretical Aspects of Coloured Petri Nets*. In: J.W. de Bakker, W.-P. de Roever, G. Rozenberg (eds.): *A Decade of Concurrency*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 803, Springer-Verlag, 1994, pp. 230-272.
- [10] K. Jensen and G. Rozenberg, *High-level Petri Nets. Theory and Application*. Springer-Verlag Publishers, 1991.
- [11] J. Lee and L.F. Lai, A High-Level Petri Nets Based Approach to Verifying Task Structures. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 14, No. 2, 2002, pp. 316-335.
- [12] X. Li and W. Yu, Object Oriented Fuzzy Petri Net for Complex Knowledge System Modeling. *Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Control Applications*, 2001, pp. 476-481.
- [13] F.H. Lin, Modeling Online Instruction Knowledge for Virtual Training Systems using Petri Nets. *Proceedings of IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing*, Victoria, B.C., Canada, Vol. 1, ISBN: 0-7803-7080-5, 2001, pp. 212-215.
- [14] X.Q. Liu, et al, Knowledge Aggregation And Navigation High-Level Petri Nets-based in E-learning. *Proceedings of the First International Conference on Mache Learning and Cybernetics*, Beijing, China, 2002, pp. 420-425.
- [15] T. Murata, Petri Nets: Properties, Analysis and Applications", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 77, No. 4, 1989, pp. 541-580.
- [16] L. Sheremetov and A.G. Arenas, EVA: An Interactive Web-based Collaborative Learning Environment. *Computers & Education*, Vol. 39, Issue 2, 2002, pp. 161-182.
- [17] Timothy K. Shih, J. C.S. Hung, W.C. Ko, W.C. Chang, and N. H. Lin, "COLLABORATIVE COURSEWARE AUTHORIZING BASED ON SCORM METADATA", *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia & Expo 2003 (ICME 2003)*, Taipei, Taiwan, July, 2003. Retrieved 4 September 2004 from <http://www.mine.tku.edu.tw/scorm/>
- [18] J. Vassileva and R. Deters, Dynamic Courseware Generation on The WWW. *British Journal of Educational Technology*, Vol. 29, Issue. 1, 1998, pp. 5-14.
- [19] J.T. D. Yang, C.Y. Tsai, and T.H. Wu, "Visualized Online Simple Sequencing Authoring Tool for SCORM-compliant Content Package", *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Advanced Learning technologies (ICALT 2004)*, Finland, August, 2004.
- [20] V.V. Raghavan, and S.K.M. Wong, "A Critical Analysis of Vector Space Model in Information Retrieval," *Journal of the American Soczety for Information Science*, 37, 1986, pp. 279-287.
- [21] D. R. Cutting, D. R. Karger, J. O. Pedersen, J. W. Tukey, "Scatter/Gather: A Cluster-based Approach to Browsing Large Document Collections," *Proceedings of the Fifteenth Internrtional Conference on Research and Development in Information Retrieval*, 1992, pp. 318-329.
- [22] G. Salton and M.J. McGill, *Introduction to Modern Information Retrieval*, New York: McGraw & Hill, 1983.
- [23] H. Avancini, A. Lavelli, B. Magnini, F. Sebastiani, and R. Zanoli, "Expanding Domain-Specific Lexicons by Term Categorization," *Proceedings of ACM Symposium on Applied Computing*, 2003, pp. 793-797.
- [24] F. Debole and F. Sebastiani, "Supervised Term Weighting for Automated Text Categorization," *Proceedings of ACM Symposium on Applied Computing*, 2003, pp. 784-788.
- [25] C.Y. Wang, Y.C. Lei, P.C. Cheng, and S.S. Tseng, "A Level-wise Clustering Algorithm on Structured Documents," *Proceedings of NCS2003, Taiwan*.
- [26] Y.C. Lei, A Level-wise Clustering Algorithm on Structured Documents, *Master Thesis*, Department of Computer Information Science, National Chiao Tung University, Taiwan, 2003.
- [27] T. Zhang, R. Ramakrishnan, and M. Livny., "BIRCH: An Efficient Data Clustering Method for Very Large Databases," *Proceedings of ACM-SIGMOD Int. Conf. Management of Data*, 1996, pp. 103-114.
- [28] F. Sebastiani, "Machine Learning in Automated Text Categorization," *ACM Computing Surveys*, Vol. 34, No. 1, 2002, pp. 1-47.
- [29] W.C. Wong and A. Fu, "Incremental Document Clustering for Web Page Classification," *Proceedings of IEEE Int. Conf. on Info. Society in the 21st century: emerging technologies and new challenges (IS2000)*, 2000.
- [30] J.M. Su, S.S. Tseng, C.Y. Chen, J.F. Weng, and W.N. Tsai, "Constructing SCORM Compliant Course Based on High Level Petri Nets," *accepted by the International Journal Computer Standards & Interfaces*, 2005. (SCI)
- [31] J.M. Su, S.S. Tseng, C.Y. Wang, Y.C. Lei, Y.C. Sung, and W.N. Tsai, "A Content Management Scheme in SCORM Compliant Learning Object Repository," *to appear on the Journal of Information Science and Engineering (JISE)*, Vol. 21, No. 5, September, 2005. (SCI)
- [32] J.M. Su, S.S. Tseng, C.T. Chen, and W.N. Tsai, "Adaptive Learning Environment for Pedagogical Needs," *Journal of Information Science and Engineering (JISE)*, Vol. 20, No. 6, November, 2004, pp.1057-1077. (SCI)
- [33] J.M. Su, J.H. Chen, Wei Wang, J.Y. Chen, P.C. Sue, S. S. Tseng, and W.N. Tsai, "Design and Implementation of SCORM Compliant Intelligent Learning System," *Global Chinese Journal for Computers in Education (GCJCE)*, Vol. 2, No. 1, 2004, pp. 45-58.
- [34] J.M. Su, S.S. Tseng, J.F. Weng, K.T. Chen, Y.L. Liu, and Y.T. Tsai, "An Object based Authoring Tool for Creating SCORM Compliant Course," *Proc. of the IEEE 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA 2005)*, Taipei, Taiwan, March, 2005, pp. 209-214.
- [35] J.M. Su, S.S. Tseng, C.Y. Chen, and J.F. Weng, "Constructing SCORM Compliant Course Based on High Level Petri Nets," *the IADIS International Conference of Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2004)*, Lisbon, Portugal, 2004.
- [36] P.C. Sue, J.F. Weng, J.M. Su, and S.S. Tseng, "A New Approach for Constructing the Concept Map", *Proc. of the 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2004)*, Joensuu, Finland, Aug, 2004, pp. 76-80.
- [37] W. Wang, J.F. Weng, J.M. Su, and S.S. Tseng, " Learning Portfolio Analysis and Mining in SCORM Compliant Environment", the 34th Frontiers in Education Conference (FIE 2004), October, 2004.