

## 網路化快速原型機製程知識管理系統建構之研究

王中行

東海大學工業設計系(所) 副教授 E-mail:cswang@mail.thu.edu.tw

張庭瑞

南開技術學院工業工程與管理系 講師 E-mail:t237@nkc.edu.tw

### 摘要

快速原型製造(Rapid Prototyping Manufacturing, RPM)被視為二十一世紀產品模型開發最重要的利器之一，要如何有效的建立一套快速原型製程知識管理系統，以提升產品開發效率與加速市場競爭力，實為值得研究探討的主題。本研究以統一建模語言(Unified Modeling Language, UML)方法架構下，利用 Lotus Domino Notes 軟體作為發展環境，來建構快速原型工作平台，以達到整合快速原型工件圖檔管理、RP 產品資料與其製程知識管理的目標，以有效的應用在快速原型系統上，提升現有的技術，達成快速原型系統與整個產品設計開發、製造資料庫整合，以完成建構快速原型機製程知識工程管理系統；本研究更進一步將快速原型機台與網路技術結合，使遠端使用者可經由網路監控快速原型機台的動作，具體達成在網路設計與製造環境下，以遠端監控快速原型製造之目標。本研究並以日內瓦輪機構元件的快速原型製程知識管理為例，來驗證系統架構，說明達成整個系統建立之可行性。

**關鍵詞：**快速原型、統一建模語言、製程知識管理、網路設計與製造。

## 一、前言

隨著資訊技術的發展，網際網路縮短了地域與時間的藩籬，使得產品的設計與製造，在邁向國際化、全球化的腳步上，已成爲必然之趨勢。以現今先進製造技術而言，快速原型(Rapid Prototyping, RP)已被廣泛應用，其無論在產品造形設計、機械零組件、模具組件，甚至於生醫材料、醫療器材...等原型產品開發上，都已大量應用此一技術[1]。由於快速原型機可接受的 CAD 工件圖檔，但 CAD 檔案格式種類各異，必須要先轉成 RP 標準之 STL 格式才可讀入快速原型機台；又在 RP 相關設計知識、製程管理上，要如何進行整合發展，以建立一套以網路爲基之遠端快速原型(Tele-RP)監控與 RP 製程知識管理系統，達成 RP 之設計製造與知識管理系統，實爲值得研究探討的方向[2]、[3]。

本研究主要利用物件導向概念以及統一建模語言(Unified Modeling Language, UML)方法論，以知識工程管理軟體 — Lotus Domino Notes 爲環境平台，建構一個 RP 製程系統管理網站，利用安全控管及流程監控能力來管理網站，以增加設計團隊的互動、資源的充分利用、避免異地空間的限制，以操控遠端 RP 機台，完成透過網際網路(Internet)或區域網路(LAN)來完成整個系統，達成 RP 工件圖檔管理、文件檔案管理、相關製程資訊整合...等目的。

本研究具體達成的目標有二：(1) 建立 RP 之製程知識管理系統：在整合 RP 設計與製造的目標下，進行 RP 製程知識管理，首先以統一建模語言(Unified Modeling Language, UML)方法論爲基礎，完成 PR 製程的設計與分析，再利用 Lotus Notes 軟體建構整個系統，達到結合工件圖

檔管理、產品資料與製程知識管理的目標，以有效的應用在 RP 系統上，進而達成 RP 製程知識管理系統與整個設計與製造資料庫的結合。(2) 建立共享 RP 機台的目標：遠端使用者可在任何具備 3D CAD 軟體與瀏覽器的電腦平台上，透過網際網路，就可利用產生 RP 標準的 STL 檔案格式，傳送建構 3D 模型，並利用 CCD 網路相機監控 RP 機台，完成架設一低成本之 Desktop-based 的 RP 系統，使在任何地方、任何使用者，都可藉由網路控制、遠端操作快速原型機於網路伺服器端，達到敏捷和快速產品製造之遠端 RP 系統監控目標。

## 二、文獻探討

建立一套以網路設計與製造爲基之快速原型之製程知識管理系統，爲本研究之主要目標，在方法上，本研究以 UML 爲發展架構，利用 Lotus Domino Notes 爲工具，進行系統之設計與開發，在相關文獻探討上，分爲 UML 架構建立、快速原型製造方法、以及產品製程知識管理等三方面，加以說明如下。

### 2.1 UML 架構

統一建模語言(UML)是一種公認的軟體藍圖繪製標準語言，是當代三位物件導向大師 Booch, Rumbaugh 與 Jacobson 於 1997 年所提出的一套物件導向建模語言，以整合規劃、設計、執行等三方面，來處理日益龐大的軟體系統開發 [4]。它以一种視覺化的模式語言方式，透過圖形的表達呈現真正的語意，將系統視覺化和文件規格所用的符號加以統一，爲用戶提供了一套完整的視圖（用例圖、類別圖、對象圖、狀態圖、活

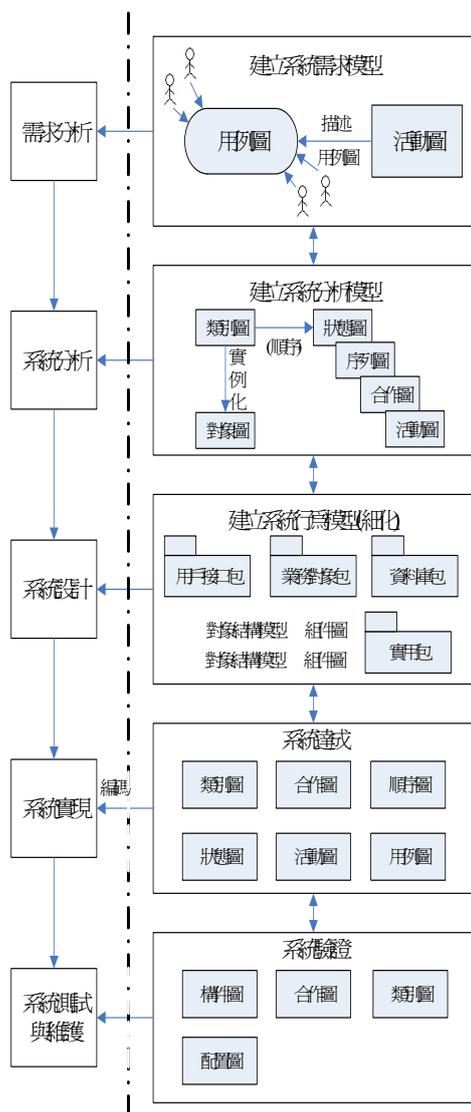


圖 1 UML 建模過程中各個視圖之映射關係

動圖、組件圖、配置圖、順序圖) 表示法, 以提供參與系統軟體開發的各工作人員(開發人員、分析人員、測試人員、管理人員、製造人員), 達成一種交流溝通的圖控語言介面, 使軟體系統開發從需求分析、架構、元件、程式、硬體、均透過這套符號圖控繪製系統, 一一加以描述, 圖

1 即說明以 UML 作為系統建模過程中, 各個視圖之映射關係[5]。目前以 UML 架構作為發展應用於各領域, 包括: 產品設計、人機介面、機械系統、醫療軟體、商業系統...等系統軟體開發, 以作為該領域系統建模與分析解決問題的最佳程序。目前所使用的 UML 系統規劃建構軟體以 Rational Rose 以及 Microsoft Visio 為主[6]。

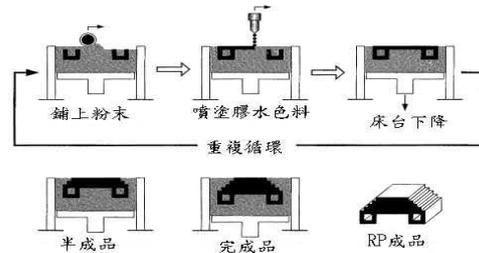


圖 2 3DP 快速原型機台加工製程說明

## 2.2 快速原型製造

快速原型製造技術與傳統的 CNC 加工機成形方式大不相同, RPM 的原理乃是利用層層堆疊製造(Layer Manufacturing)的概念, 即任何一個 3D 物體可視為沿著某一軸向, 將其切成一層層厚度的 2D 薄片, 若能製造出 2D 的薄層物體, 然後堆疊起來, 就可以產生一個 3D 的實體。本研究進行使用的 RP 機型為 3D-Printing(3DP)類型, 此種 RP 製程類似噴墨印表機方式, 以逐層堆疊噴覆產品成型達成, 其方式簡單說明如下:

- (1) 首先在 CAD/CAM 系統中建構封閉的 3D 實體模型, 並確保所有水平截面均為封閉。
- (2) 將 3D 實體模型轉為 STL 格式, 即以多個三角形來趨近模型曲面。曲率變化大的模型需要較多的三角形, 故 STL 的檔案會較大。
- (3) 將產品模型 STL 檔案匯入快速原型機, 進行切層運算, 並開始進行 RP 成型加工。

3DP 快速原型的作業流程，可參考圖 2，其執行步驟為：鋪上粉末→噴塗黏著劑（膠水與色料）→床台下降→逐層加工→加工完成→移除多餘粉末、拿出成品→完成 RP 實體。

### 2-3 產品製程知識管理

產品製程知識管理是提供一種結構化的方法，有規則、有效率的來組織、存取、整合、管理及控制所有產品製造資料，與管理產品生命週期相關的資訊方式[7]。相關研究中，彭定國、張瑞芬[8]以 STEP-based 與 EXPRESS-based 的概念和技術，發展工程變更資料模式，並建立以產品結構模式為基礎，而定義出工程變更相關資料模式，且提出適用於異質性作業環境需求的資訊整合架構，達成不同系統間的資訊交流與分享。葉慶元[9]係以建構研發中心的工程文件管理系統，以研發單位為虛擬使用環境，以文件儲存結構、文件特徵分類和屬性加註法、檢索的運作機構三個觀點來描述系統建構過程，再應用網路與資料庫等工具來做為設計過程的工程文件資料管理。Huang 等[10]提出並建立以 Web 為基礎的工程變更管理系統架構，支援工程變更管理的整個活動及程序，使其對同時產生的各部門的資訊，能提供最佳的資訊分享、存取、處理、及即時的溝通和回饋。李榮顯、陳裕民[11]結合同步工程之原理、方法與技術及物件模式技術，建立物件導向之產品開發知識模式與聯盟同步工程之工程知識管理方法論，並利用 UML 進行系統模式化分析與設計，以有效率及系統化的方式協助聯盟同步工程產品開發過程中虛擬多功能團隊之知識管理與分享，使提昇產品開發之效率，進而協助產業提高生產力與競爭力。尤春風[12]強調以 STEP 為基，以設計變更為手段，提出 CAD 與 PDM 系統間之工程設計變更傳遞方法

(Engineering Change Propagation)，建構以分析工程設變傳遞建模系統，該系統可提供彈性化、虛擬整合的運作環境，進行實際設變資料更改，解決 CAD、PDM 系統間資料版次問題。另一方面，針對網路知識管理與利用 Lotus Domino Notes 為環境平台之相關研究上，莊博鈞[13]利用 UML 來做系統分析使系統模式化，開發建立衝壓模具設計知識管理系統，並以複合引伸模具為例印證此系統之特性。盧永晟[14]以網路資訊管理系統為基礎架構，利用單一的資料模型、系統核心、傳輸協定，及多元化的資料倉儲及 e-Box 的觀念，達到直接同步資料傳輸，建立協同設計的方式與其他系統的連結能力。Barthes 等[15]提及完善的知識管理系統讓研發計畫更有效率，該系統是建立在 Lotus Notes 環境平台，以應用於自動化工業領域，其優點為可縮短傳送資訊的時間與蒐集知識與組織資訊的轉換，達成建立以 Lotus Notes 主要的兩個資料庫，一個為儲存所有文件，另一為公共資訊資料庫，完成整個同步工程知識管理系統。

### 三、UML 架構下之 RP

本研究使用 UML 方法為手段，以物件導向之視覺化圖形來建構及紀錄 RP 製程，來進行系統開發的過程，整個系統架構可分為下列五個階段，來進行 RP 製程管理系統之分析及研究[16]：

(1) 分析階段：藉由對系統需求的分析，以使用者按例圖來建立系統整體功能的描述，並對每項功能模組再以交互圖詳述功能需求，並結合靜態圖和行為圖對每項功能進行輔助描述。

- (2) 設計階段：對於需求分析階段所得到的模型，進行反覆篩選，並根據現實環境，將模型擴展和轉換為可行的技術實現方案。
- (3) 實現階段：結合實際狀況，選擇適當編碼工具，進行程式編碼，並根據編碼產生的問題，再對模型做出適當的調整。
- (4) 配置階段：使用實現圖來描述開發系統的軟體硬體配置。
- (5) 測試階段：使用前幾個階段的模型，對系統進行測試，並及時對測試過程中出現的錯誤進行修正。

### 3.1 UML 架構下 RP 使用案例建立

使用案例圖(用例圖)主要功能是用來記錄使用者所期望之系統需求，並描述使用者與系統間為完成需求之溝通，以描述各活動間的互動關係，其可分為兩個觀點：(1)由系統外部表達系統的功能。(2)由系統內部描述系統的運作。

本研究以建立使用者案例圖之建模程序，將快速原型製造流程之知識管理，轉換成軟體系統規格。根據需求定義，分析上，以快速原型製造工作室(Rapid Prototyping Manufacturing Studio, RPMS)為名，建立一個虛擬工作團隊，並依照各個成員所司職務，以用例圖來表示各個成員與客戶的關係，如圖 3 與圖 4 所示。圖 3 是 RPMS 團隊成員間之關係，用以完整說明產品開發團隊中，製程工程師、研發工程師、線上工程師、知識管理人員，所負責的工作職掌，以及與客戶間的互動關係。圖 4 說明製程工程師、研發工程師、線上工程師對於客戶與顧客的需求，在工作

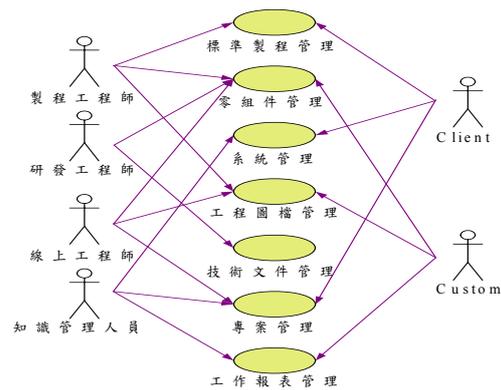


圖 3 RPMS 團隊成員與客戶之用例圖

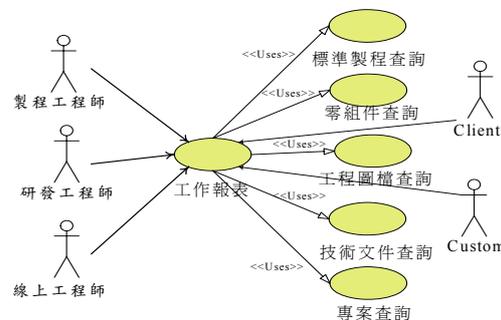


圖 4 工程師查詢系統之用例圖

報表中，可將份內負責之工程資料提供使用者，如：查詢標準製程、零組件、工程圖檔、技術文件及專案，如此一來不僅達到協同工作的目的，也同時縮短開發的時間。

### 3.2 建立 RP 循序圖

圖 5 之 RPMS 團隊工作循序圖是參照圖 3 之內容加以繪製而成，當 RPMS 團隊接到客戶訂單要製作 RP 產品模型時，首先搜尋相關製程資料，並將客戶的零組件檔案下載到伺服器，透過轉檔傳送到 3DP 機台進行產品建構，此圖說明「系統管理」、「製程管理」、「客戶訂單」、「零組件製程」

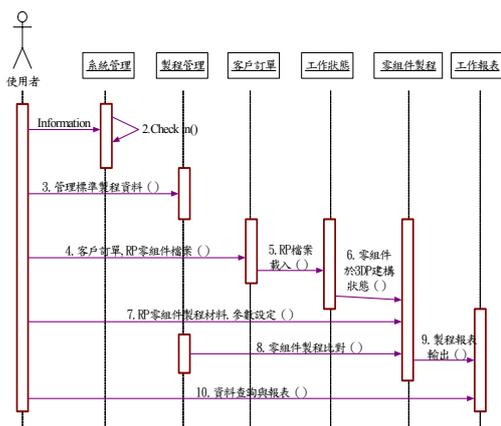


圖 5 RPMS 團隊工作流程之循序圖

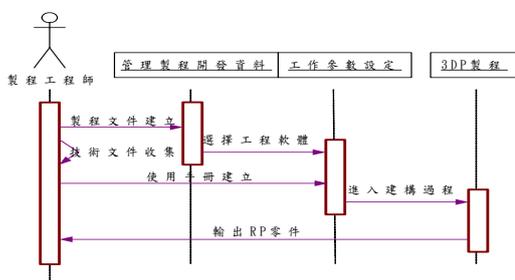


圖 6 製程工程師之循序圖

(粉末種類、膠水比例、切層厚度、零組件大小比例)，完成產品建構流程。

### 3.3 建構快速原型製程知識管理

以 Lotus Domino R6 為整個系統核心，利用以 UML 所建立的系統架構，其所提供之工具，開發所需之應用程式，同時整合相關圖形、文字檔，應用軟體，如：MS Office (Word, Excel, Access, PowerPoint)、PDF、Web Pages、Scanned Image、CAD 應用軟體(Pro/E, SolidWorks, AutoCAD)等支援 OLE 功能的應用軟體，分別來處理整個系統的資料型態、圖檔資料工具，如圖 7 所示，圖 8 說明以 3DP 之快速原型機為主之知識管理系統架構。

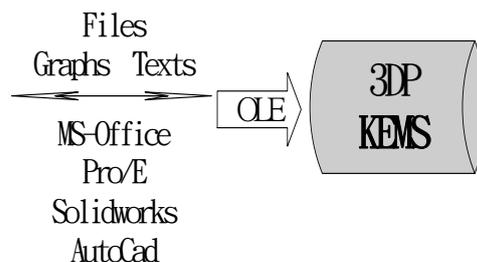


圖 7 達成建立 3DP 知識工程管理系统

與「工作報表」間的互動關係。

圖 6 是以製程工程師之循序圖為例，說明圖 4 之工程師研發團隊之查詢用例，依產品開發應用工程師領域的不同(機械、工業設計、工工...等)，分別在製程知識資料庫中搜尋相關的技術文件，再依照專業知識，選用工程軟體(例如：Pro/E、3D Studio Max、SolidWorks...等)，完成設計開發產品，建構工程圖檔，以符合客戶需求，在產品圖檔完成後，將圖檔轉換成 STL 檔案格式，匯入到 RP 機台建構，並設定工作參數

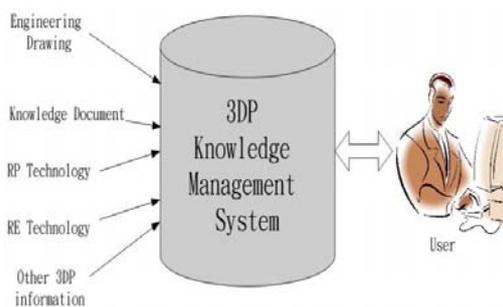


圖 8 以 3DP 為基礎之 RP 知識管理系统

#### 四、實例驗證

在 RP 機台的遠端網路監控部分，大體上可分為遠端客戶端(Client)及近端伺服器端(Server)，整個監控的程序均在網路下進行，如圖 9 所示 [17][18]。本研究中，Client 經由 Internet 連接到伺服器端，藉由應用程式介面(Application Program Interface, API) IBM Desktop on Call 以及 Lotus Domino Notes 兩項軟體，透過瀏覽器在網頁遠端監控 3D Printing 機台，其中經由架設於 3DP 上的 CCD 或 Web-Camera，在客戶端可以即時看到 3DP 建構零組件中的影像，而 3DP 經由 PC-based 主機板和 RS-232 傳輸技術與伺服器端電腦連結，使得在各地的使用者可直接透過瀏覽器，直接在網頁上操作 RP 機台以建構成品。

整個程序進行的步驟，可分為：

##### (1) 連結 Web-Cam 與 PC，架設 Web-Cam 於 RP 機台上：

首先在 3DP 快速原型機上架設 Web-Cam，3DP 由 RS-232 傳輸到電腦，見圖 10，利用網路的技術，並透過切層軟體 (ZCorp System 402C)，可調整相關工作參數 (設定粉末種類、切層厚度、建構位置)、所要製作的 RP 零組件，便可在電腦上看見 RP 建構之圖層影像，並可涵蓋整個 RP 的工作層，如圖 11 與圖 12。

##### (2) 遠端 PC 控制 3D Printing 快速原型機：

利用軟體 IBM Desktop on Call 監控 Server 端作業系統的方式來達到遠端控制的目的。經由遠端使用者的登入及密碼確認操作，可控制 3D Printing 快速原型機的動作，透過 Web-Cam 影像視窗，若建構時發現缺陷，可立刻停止列印動作，並除錯校正

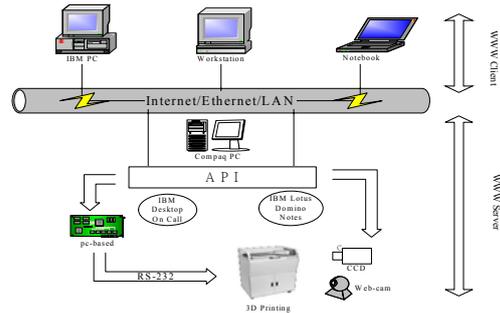


圖 9 網路監控 RP 架構圖



圖 10 Web-Cam 架於 3DP 上

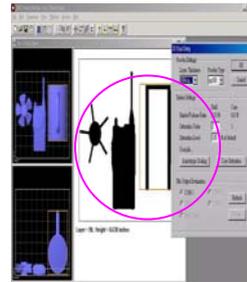


圖 11 RP 工件成型區設定圖形介面

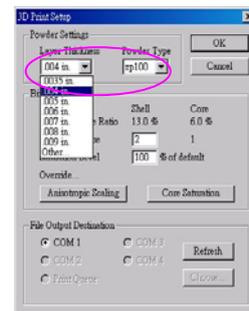


圖 12 RP 工作參數—積層厚度、材料設定

後，再繼續列印動作，如圖 13 與圖 14。

### (3) RP 製造網路化部分：

本系統在網站設置方面，已將 RP 相關資訊、STL 檔案、工件圖、RP 零組件圖、相關站台，做動態連結的動作，且將 RP 成品圖放在網頁上供使用者瀏覽，遠端使用者可連結到網站上獲得 3DP 相關資訊，如圖 15 之 RP 製程知識管理首頁。

以 Lotus Domino Notes 軟體，建構一個以使用者之物件導向 RP 製程知識管理系統，如圖 16。此系統主要可分為 3 大部分：(1)人機介面層(2)功能層(3)資訊層；在人機介面層中，是以 RP 知識管理系統做為遠端客戶端與 Domino 伺服器互相連結、溝通的橋樑；在功能層，以 Notes 為整合環境平台，其安全控管部分(Access Control List, ACL)可將使用者依權限分類，各司所職，資料依功能分為 CAX 檔案、文件檔、RP 相關知識；在資訊層裡，其資料皆儲存於 Server 中，其管理模式可分為工程圖檔、技術文件、專業知識...等管理，達成遠端監控快速成型機與 RP 製程知識管理系統的整合[20]。

相關進行步驟，分述如下：

#### (1) 建立 Lotus Domino Notes 系統：

在伺服器端安裝 Domino 伺服器，客戶端安裝 Notes 工作站，在 PDM 系統的應用方面，首先要先開啓 Domino 伺服器，遠端的 PC User 登錄 Lotus Domino Notes 系統以連結到資料庫，進入使用者操作介面 — Notes Client 端之使用標題、書籤標籤視窗、搜尋、電子郵件、行事曆、人員目錄等功能設定，在 Notes 工作區內建立有 TeleRP\_DB、3DP KEMS\_DB、RP KM\_DB、Cam\_DB、RP



圖 13 IBM DtOc 操作介面登入畫面



圖 14 Web-Cam 即時影像擷取



圖 15 RP 製程知識管理系統首頁

Discuss Zone...等資料庫系統，儲存圖檔、技術文件、經驗法則...等資料，如圖 17。

#### (2) 使用者群組、權限的設定：

應用 Lotus Domino Notes 系統中的管理員功能，設定人員與群組並分門別類，利用 ACL 使用權控制清單的功能設定人員的權限及密碼，分為七個等級權限，依照每位使

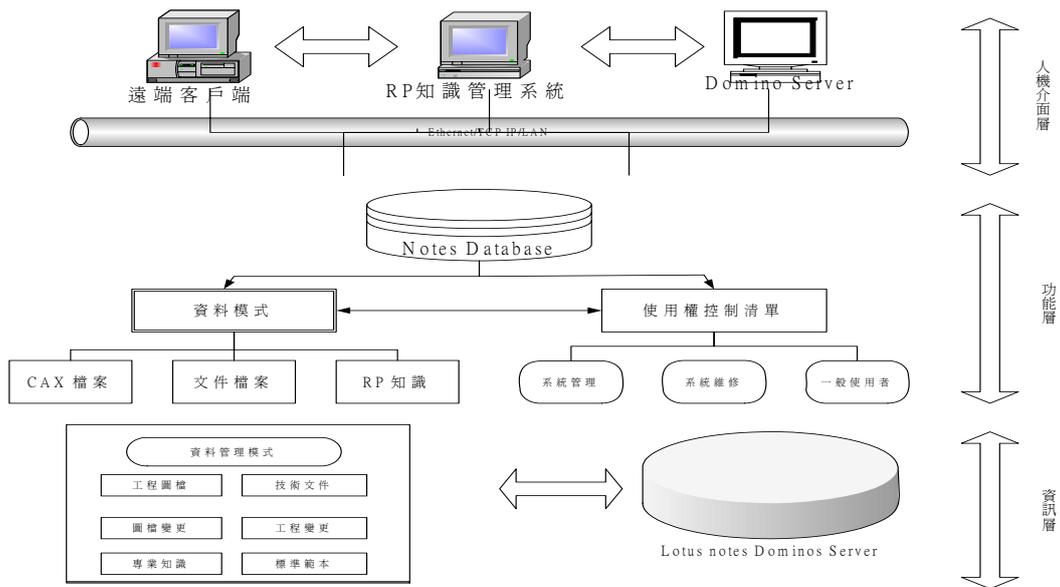


圖 16 RP 製程知識管理架構圖

用者的個人特性，安排職務工作，各司所職，並加以管理利用權限做不同等級的區分，如圖 18。

(3) 以同步工程、物件導向為基礎，作工件圖、文件、知識管理[21]：

同步工程的觀念再整合產品設計、製造及相關製程，並以物件導向的設計方式進行資料導向的設計，以達成整合同步工程與物件導向在整個系統架構的建立。



圖 17 Notes 之工作區

(4) 資料庫之建立：

Notes 是一種文件式資料庫，資料庫中依功能分為 CAX 檔案、文件檔、RP 相關知識，其資料皆儲存於 Server 中，在設計時所應用 CAD 軟體所繪製之圖檔，將以檔案或 OLE 方式來做圖檔的連結，只要 CAD 軟體有支援 OLE 功能，皆可載入文件中，若在開發期間產品尺寸或設計需要變更時，可立即進行工程變更，並以版次作為區



圖 18 ACL 設定

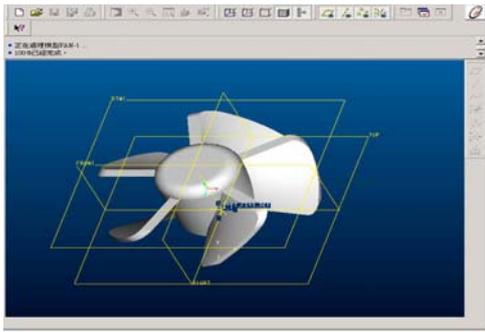


圖 19 工程圖檔的繪製(Pro/E)



圖 20 工程圖檔的繪製(Pro/E)與傳輸(Notes)



圖 21 機構元件相關文件資料庫圖

別，如圖 19 為利用 Pro/E 完成工程圖的繪製，圖 20 為圖檔以 OLE 方式在 Notes 系統間傳輸。

(5) 架設電子看板討論區：

由於 Notes 系統支援類似 BBS 的電子討論區，如此可使進入 RP 管理系統網站的使用者，發表對於網站的意見、看法，也可以將所設計的工件圖、RP 相關文件、RP 製程知識等，由客戶端電腦上傳到 Domino 伺服器，提供各地的 User 最新的資訊。

(6) 資料庫與 3D Printing 快速原型機的結合：

讓各地的使用者可經由 Notes 系統的架設，而連結到伺服器瀏覽資料庫內的工件圖，將工件圖傳到工作站並轉成 STL 檔案格式，提供 3D Printing 快速原型機作建構實體的檔案，如此便可達成遠端監控快速成型機與 RP 知識管理系統的整合，完成 TeleRP 的目標。

日期	時間	主題	作者	審核者
chen	2002/12/25	372	chen	chen
chen	2002/12/25	384	chen	chen
all chen	2003/03/4	440	chen	chen
chen	2003/03/02	372	chen	chen
chen	2003/03/02	377	chen	chen
chen	2003/03/02	377	chen	chen
chen	2003/03/02	424	chen	chen
chen	2003/03/02	373	chen	chen
chen	2003/03/02	376	chen	chen
chen	2003/03/02	384	chen	chen
chen	2003/03/02	377	chen	chen
chen	2003/03/02	248	chen	chen
chen	2003/03/02	384	chen	chen
chen	2003/03/02	371	chen	chen
chen	2003/03/02	387	chen	chen
chen	2003/03/02	372	chen	chen
chen	2003/03/02	344	chen	chen
chen	2003/03/02	239	chen	chen
chen	2003/03/02	406	chen	chen
chen	2003/03/02	379	chen	chen
chen	2003/03/02	385	chen	chen
chen	2003/03/02	414	chen	chen
chen	2003/03/02	409	chen	chen

圖 22 審核文件通知

A	B	C	D	E	F	G
1	Geneva Mechanism Design					
2						
3						
4	1. 給定設計規格					
5	分度數：n 中心距：Cd 原動件轉速：N					
6						
7	2. 計算原動件與分度盤之外徑					
8						
9	輸入					
10	分度數	4	原動件分配角	45		
11	中心距	50	分度盤外徑	70.71068		
12			原動件外徑	70.71068		
13						
14	3. 參照相關設計規格					
15						
16	依轉速與分度數查詢相關表格取得設計值					
17	依選用材料之性質計算適當設計參數值					
18						

圖 23 日內瓦輪設計條件輸入



圖 24 日內瓦輪設計文件與圖面



圖 25 日內瓦輪機構之 Notes 文件

實作案例討論上，係以日內瓦輪設計與製造，進行探討 RP 原型開發知識管理系統與遠端實作系統之整合[22]。一方面驗證理論觀念，另一方面可達成協同虛擬團隊之目標。在開發日內瓦輪機構元件時，工程師藉由 Notes 平台下之快速原型製程知識管理系統，由資料庫內之技術文件、專業知識、標準範本、工程圖檔...等文件，獲得與客戶訂單之元件相關開發技術並加以設計，符合顧客需求，如圖 21。在設計過程中，工程師間可由工程圖檔、尺寸變異、設計知識的審核文件，交由該領域的管理員審核並提出意見，最後完成機構元件設計。客戶在技術討論區發表意見和設計人員溝通，如圖 22。

本研究可依照日內瓦輪機構之分度個數、基圓大小...等設計參數進行設計變更，開發出多樣化的元件。日內瓦輪在機構設計完成後，儲存成知識文件置於資料庫內，該文件可利用 OLE 方式開啓 CAD 圖檔顯示該元件，同時連結相關製程資料，讓開發團隊與客戶瞭解產品研發階段及相關知識，如圖 23、24、25。

## 五、 結論

本研究主要是以遠端快速原型以及快速原型製程資料管理為主體架構，利用物件導向之 UML 分析方法為應用理論，並以日內瓦輪機構元件作為系統之驗證範例，具體達成之目標如下：

- (1) 對於快速原型機整個工件的成型過程提供監控視窗，以即時的顯示製造流程。使用者可透過瀏覽器直接操控機台，達成遠距快速原型的目標。
- (2) 以物件導向與知識工程的觀念、技術，提出系統化、同步式之快速原型產品設計方法，提高產品設計之效率與品質，進而達到縮短開發時間、降低成本的目標。
- (3) 透過 Notes 文件資料庫的建立，達到文件資訊共享、即時意見的表達、同步進行產品開發...等目的，並經由系統的安全控管、簽核流程、跨平台設計...等功能，完成工程資料管理。

## 誌謝

感謝國科會提供本研究(計畫編號 NSC 91-2212-E-029-001)所需之經費，使得本研究得以順利完成，特此至上萬分的謝意。

## 參考文獻

1. Wright, P.K., (2001), *21<sup>st</sup> Century Manufacturing*, Prentice Hall, Ch4.
2. Luo, R.C., Tzou, J.H., and Chang, Y.C., (2001), "Desktop Rapid Prototyping System with Supervisory Control and Monitoring through Internet", *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Vol. 6, No. 4, pp. 399-409.
3. Luo, R.C., Lee, W.Z., Tzou, J.H., and Leong, H.T., (1999), "Tele-Control of Rapid Prototyping Machine via Internet for Automated Tele-Manufacturing", *IEEE International Conference on Robotics & Automation*, Detroit, Michigan, pp. 2203-2208.
4. 周斯畏, (2002), *物件導向系統分析與設計—使用UML與C++*, 全華科技圖書股份有限公司。
5. Boggs, (2002), *Mastering UML with Rational Rose*, SYBEX Publishing, Ch. 1.。
6. Kim, C.H., Weston, R.H., Hodgson, A., and Lee, K.H., (2003), "The Complementary Use of IDEF and UML Modeling Approaches", *Computer in Industry*, Vol. 50, No. 35-56.
7. 劉祖華等, (2001), *產品資料管理*, 滄海書局, 第2~5章。
8. 彭定國、張瑞芬, (1997), "發展以國際產品資料為基之工程資料管理系統", *第十屆全國自動化科技學術研討會論文集*, pp. 857-864。
9. 葉慶元, (1998), *研發中心的工程文件管理系統之架構研究*, 台灣科技大學機械工程所碩士論文。
10. Huang, G.Q., Huang, J., and Mak, K.L., (2001), "Agent-based Workflow Management in Collaborative Product Development on the Internet", *Computer Aided Design*, Vol. 32, pp. 133-144.
11. 李榮顯、陳裕民, (2002), "聯盟同步工程工程資料管理方法、技術與系統研發", *90年國科會結案報告*。
12. 尤春風, (2002), "CAD與產品資料管理系統間的設計變更探討", *90年國科會結案報告*。
13. 莊博鈞, (2001), *衝壓模具設計知識管理系統建置之研究*, 大葉大學機械工程研究所碩士論文。
14. 盧永晟, (2001), *創新式協同產品設計系統*, 國立台灣大學機械工程研究所碩士論文。
15. Barthes, J.P.A., and Tacla, C.A., (2002), "Agent-supported Portals and Knowledge Management in Complex R&D Projects", *Computers in Industry*, Vol. 48, pp. 3-16.
16. Oh, Y., Han, S.H. and Suh, H., (2001), "Mapping Product Structures between CAD and PDM Systems Using UML", *Computer-Aided Design*, Vol. 33, pp. 521-529.
17. Jiang, Pingyu and Fukuda, Shuichi, (2001), "Tele RP-an Internet Web-based Solution for Remote Rapid Prototyping Service and Maintenance", *Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 14, No. 1, pp. 83-91.
18. Huang, G.Q., (2002), "Web-based Support for Collaborative Product Design Review", *Computer in Industry*, Vol. 48, pp. 71-88.
19. Liu, D.T., Xu, X.W., (2001), "A Review of Web-based Data Management Systems",

*Computer in Industry*, Vol. 44, pp. 251-262.

20. 張育誠，(2002)，建置 *Domino* 系統，資策會教育訓練處。
21. Xu, X.W., and Liu. T., (2003), “A Web-enabled PDM System in a Collaborative Design Environment”, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 19, pp. 315-328.
22. Yin, G.F., Tian, G.Y., and Taylor, D., (2002), “A Web-Based Remote Cooperative Design for Spatial Cam Mechanisms”, *Int. J. Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 20, pp. 557-563.

# Web-Based Rapid Prototyping Manufacturing Process and Its Engineering Knowledge Management System

Chung-Shing. Wang

Associate Professor, Department of Industrial Design, Tung Hai University

E-mail: cswang@mail.thu.edu.tw

Teng-Ruey Chung

Lecturer, Department of Industrial Engineering and Management, Nan-Kai College

E-mail: t237@nkc.edu.tw

## Abstract

Rapid prototyping manufacturing is thought as the most powerful product model development method in today's advanced manufacturing technology 21<sup>st</sup> century. How to establish a process for knowledge management system in rapid prototyping is a good research topic. This paper dedicated to combine the rapid prototyping fabrication process and its remote monitoring on the Internet. The system aims to build a knowledge engineering management system (KEMS) for the rapid prototyping process in a client – server architecture for the web design and manufacturing. The client site can watch the operation of the RP process and also send commands directly via Internet web to the RP server site. The idea for the remote monitoring of rapid prototyping (Tele-RP) can be achieved. UML-based model is used for the RP product data management (PDM) algorithm. The Lotus Domino Notes is as the integrated working platform for the whole system structure. The integrated system for the 3D printing RP and its knowledge engineering management can be reached. Geneva mechanism made by rapid prototyping machine is used for demonstrated the whole process for proving the process of this research.

**Keywords:** *Rapid Prototyping, Unified Modeling Language (UML), Knowledge Engineering Management System (KEMS), Web-based Design and Manufacturing.*