

CAD 與產品資料管理系統間的設計變更探討

Design changes between CAD and PDM systems

計劃編號: NSC 90-3323e-002-221
執行期限: 90年8月1日至91年7月31日
主持人: 尤春風 you@w3.me.ntu.edu.tw
執行單位: 臺灣大學機械系

摘要

縮短設計變更時間可大大減少產品生命週期，並增進企業生產力。提出CAD與PDM系統間之設變傳遞方法，運用該系統以建模、觸發工程資料、幾何、製造特徵之設變資料，系統間的設變藉由設變網路路徑作設變資料傳遞，該系統可提供彈性化、虛擬整合的方式以建構設變傳遞系統運作環境，透過設變網路的定義與推理邏輯將設變影響項目與設變順序計算出來，並進行實際設變資料更改。最後，舉出CAD與PDM系統間設變傳遞作為案例，以驗證系統之可行性。

關鍵詞：設計變更、STEP標準、產品資料管理、設變傳遞

Reducing the time for engineering changes can greatly shorten a product's life cycle and improve the productivity of enterprises. This work proposes an approach to engineering change propagation between CAD and PDM, product data management, systems. A system for modeling and triggering changes of models of engineering data, geometries, and features, using STEP AP 214 and AP224, is developed. Change

in CAD and PDM systems can propagate along a defined path. Affected items and propagation sequences of engineering changes are inferred with the help of an ECP network. Engineering change issued between a STEP-based solid modeling system and a PDM system is implemented to demonstrate the capability of the ECP system.

Keywords: engineering change, STEP, product data management, change propagation

二、計劃緣由及目的

設計變更在產品開發週期中扮演重要的角色，隨著產品開發多樣化，客制化需求的增加，設計變更的頻率也隨之增加，目前企業中的設變工作多是運用表單方式處理，從設計變更需求，設計變更實施計畫，設計變更通知等表單與工程師的討論，再由工程師進行圖檔設計變更，變更之後的相關產品資料隨著圖檔送簽以進行版本變更，因此隨著設計變更流程的拉長，紙張與時間的浪費也隨之增加，因此整合性工程管理系統的重要性也日益凸顯。在設計變更的實施上，CAD與PDM系統管理的資料比例最重，然而兩者間缺乏良好的溝通機制。

設計變更為產品開發上重要的一環，CAD與PDM間資料的溝通可視為 CE (Concurrent Engineering) 與 CIM 應用上的關鍵點[Oh 2001]，而兩系統的溝通主要在解決異質性資料庫的整合問題，以STEP為基礎的設變傳遞機制運用標準化整合性產品導向模型以符合該需求。

Bodington提出企業資訊整合的五層式架構：商業整合、資訊整合、資料分享、資料整合與基礎架構階層[Bodington 2000]，其中資訊整合階層結合AP214 ARM與PDM Enabler模型的VEnIM模型，作為整合供應鏈中不同產品資料管理系統或工程系統資料的標準化企業資料倉儲。Waterbury提出三層式CAX標準整合架構[Waterbury 2000]，包含：以STEP為基礎的中介模型、EXPRESS-X模型對應機制與中介模型執行器，中介模型則以PDM schema與PDM Enabler作為主要模型，中介模型執行器則以API形式用以根據不同的需求轉換出不同的資料模型。

實例探討部分，針對STEP為基礎PDM與CAD系統間設變應用作為案例發展出一套設變傳遞系統，其中PDM系統為基於PDM schema[Kindrick 2000]、PDM Enabler[DEC. 1998]與Yeh and You[Yeh 2002b]所提之整合式PDM系統資料模型建置出來的系統，而CAD系統則是採用本實驗室的Spring Solid CAD系統之STEP模組，各系統採用Urban所提出之SDM方式，利用STEP標準模型為GCS，操作性映射定義在每個系統之STEP模組內，以解決異質平台內的設變傳遞機制。

三、研究方法

為解決設計變更實施時即時的跨系統變更項目之修改問題，ECP系統運用STEP標準介面與異質性系統

溝通，提供設變網路建模與觸發機制，以協助工程師在運用某資訊系統修改工程資料時，能即時計算出設變範圍與影響項目之順序，使設變實施時相關設變資料遺漏現象減少。ECP系統由建模而來，經由Rose建模工具產生C++程式碼與資料庫定義，系統架構則參考Urban所定義之複合式操作與結構映射方式建構。

ECP系統如圖1所示，包含ECP建模與ECP傳遞，ECP建模模組是用來定義設變的傳遞路徑，ECP傳遞模組則是用以執行與觸發設變時的規則。ECP建模中包含五個步驟：高階建模、類別階段建模、實例階段建模、ECP路徑建模、ECP方向建模。在高階建模中，定義出設變所涵蓋的資訊系統與相關的資料模型，在類別階段建模中，定義資料模型的類別與資料表，在實例階段建模中，進一步指定資料模型的物件與資料庫相對應的紀錄，對於類別階段與實例階段建模，可藉由剖析EXPRESS模型、Part 21檔案、資料庫資料記錄以協助建模，在ECP路徑建模中，則是定義物件關聯性並加以修改，在ECP方向建模中則是將路徑建模加上傳遞方向與相關的更改規則，具備方向後的設變傳遞路徑即為所定義的ECP網路。

為觸發ECP網路，設變相關的資訊系統需有處理新增、刪除、修改資料的介面，以觸發或接受ECP網路中相關節點，ECP傳遞模組便是運用該介面以處理跨系統的資料處理。設變發生時，ECP系統會先決定影響的設變範圍，再透過ECP引擎計算設變項目的順序，接著觸發節點上處理程序與規則以處理設變資料。

設變的系統架構是利用Spring實體模型系統與產品資料管理系統之間的設變傳遞以驗證該ECP系統，整個系統架構如圖2所示，CAD

與PDM系統均是三層式STEP為基礎之資訊系統，底層均包含指向資料庫的連結，系統中利用ODBC協定與MFC之CRecordset以處理系統中的資料庫操作，兩系統各開發一套資料處理介面：CADDBManager, PDMDBManager，以處理設變時的資料更改，在ECP系統中存在ECPDBManager連結此兩資料處理介面，以接受CADDBManager所觸發的設變，ECP系統接著搜尋出相對應的ECP網路及所有相關的CAD與PDM節點，並決定設變的路徑與順序以完成CAD至PDM的設變。

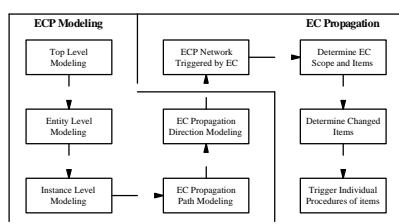


圖 1 ECP 系統模組之運作程序

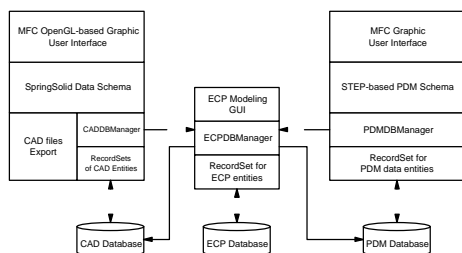


圖 2 設變實例的系統架構

為使設變之傳遞能跨不同系統呼叫其函數，運用COM元件技術將ECP系統、CAD之STEP介面、特徵編輯STEP介面與PDM之STEP介面之功能函數運用介面開放成為元件伺服器，論文中運用MFC中的自動化物件方式達成此目的，如圖3(a)所示用戶端可呼叫伺服器系統所提供的開放介面以運用伺服器內的操作，自動化伺服器是繼承MFC中IUnknown、IDispatch介面而來，提供用戶端提出操作需求後，如圖3(b)所示的方式呼叫自動化物件。

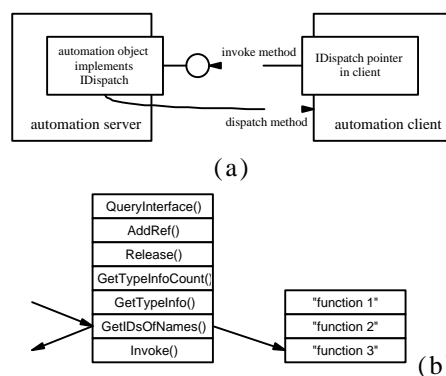


圖 3 ECP 系統中 COM 元件伺服器

四、設變傳遞網路建模

ECP系統運用ECP網路以建構設變時的資料關聯性與傳遞方向，ECP網路的範圍代表設變實施時參與系統物件的範圍，網路的節點代表參與物件，節點間的連結代表關聯，節點間的方向化的連結代表物件間設變傳遞的方向。

設變傳遞網路建模的前處理除了CAD圖檔納管至PDM系統以建立產品定義、產品結構、相關屬性外，製造特徵資料的修改在論文中為工程資料變更的重要操作，由於目前CAD系統所輸出之STEP交換檔缺乏製造特徵資料之輸出，故運用STEP CAD Viewer與STEP AP224標準以設計特徵編輯系統，如圖4所示。在匯入CAD圖檔後，左方的樹狀結構顯示產品結構樹與製造特徵樹兩類資料，產品結構樹除了產品間之組立關係外，也顯示每個產品的幾何與拓樸資訊。

設變網路建模之操作畫面如圖5所示，系統之主要是提供ECP建模模組的功能，左邊的樹狀視界(view)顯示出某節點所相關的節點與ECP網路中的所有節點資訊，右視界可以讓使用者拖拉、修改與定義ECP網路，不同系統的資料節點在視界中是

以不同樣式或顏色表示，而連結節點的方向性連結代表設變的傳遞方向。當設變網路件完成後，可經由編號與傳遞路徑模擬得到相關的設變項目順序。

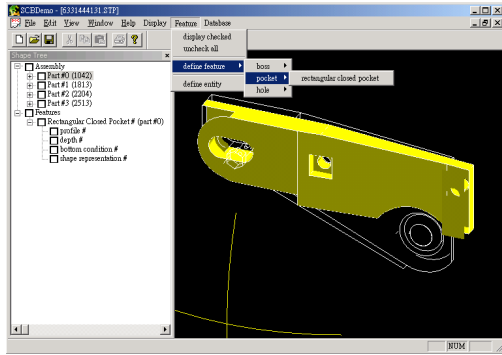


圖 4 STEP AP224 標準之特徵編輯系統

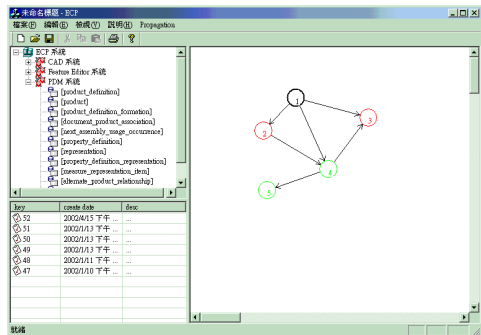


圖 5 ECP 系統之使用者介面

應用ECP五項建模程序，Spring Soild CAD系統與STEP為基礎 PDM系統間的資料模型簡圖以圖6表示，粗體圓圈代表PDM系統所管理之資料模型，而細體圓圈代表CAD系統所管理之資料模型，兩者就高階的觀點上，是利用Part與Product、Assembly與Assembly間的對應來作資料整合，此圖並不足以顯示類別階段的資料關聯性，因此對於每一節點作類別展開是需要的，如圖7便是以Product為主的類別展開。

類別階段之展開可以協助瞭解系統中的資料模型，由於一個類別可能產生多個實例，為在設變發生時正確的以該實例為出發點作設變傳

遞，實例階段的ECP 建模變成ECP系統中最重要的一環，同時也是ECP網路展開的依據，圖8表示CAD系統與PDM系統實例階段ECP 建模的一種結果，箭頭代表設變傳遞的方向。

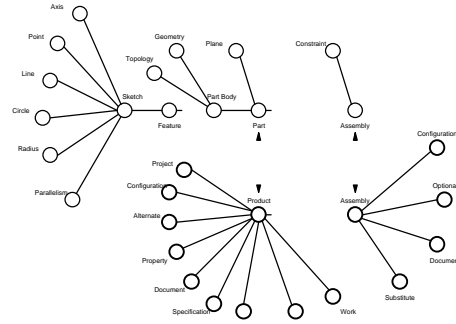


圖 6 Spring Soild CAD 系統與 PDM 系統間的高階資料模型

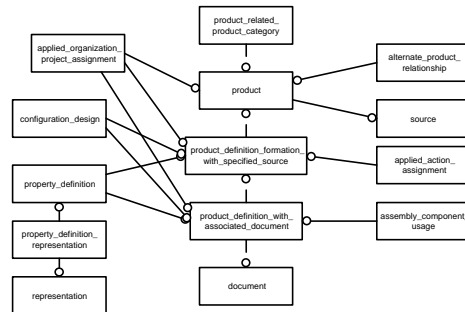


圖 7 Product 資料模型之類別階段展開

ECP 建模中的實例階段，先是基於已存在資料庫之資料拉出其關聯，圖9表示組立圖中資料的關聯性，此關聯性可以定義出跨系統資料庫的資料關聯，如結點26為存在PDM系統的資料，運用論文中之系統可自由地建立1~26間的關聯。

在建模出資料的關聯性之後，接著必須建模出設變的傳遞方向，藉由原類別階段的 association、aggregation關聯的協助，如圖10，可以定義出設變傳遞方向，如圖11。此外，如結點5, 8 (同為part)的相同意義之結點可以做結合，以虛線合併成一個節點表示。

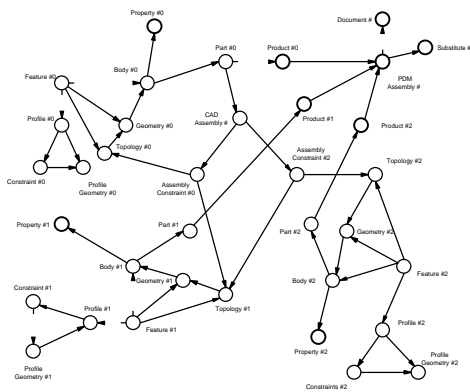


圖 8 CAD 與 PDM 系統案例階段的範例

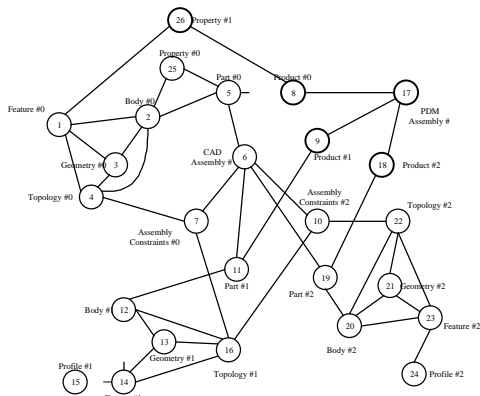


圖 9 組立件之資料關聯性

五、設變傳遞之觸發

ECP 設變網路之運用是透過 ECP 系統內之設變觸發機制完成，ECP 系統之設變觸發模組為自動化 COM 元件伺服器，提供其他系統動態呼叫，同時也可呼叫其他系統所提供之 COM 自動化伺服器。當 CAD 系統上設變實施時，由於螺絲尺寸之變更而需更改製造特徵資料，當使用者變更特徵資料並確認後，製造特徵編輯器接著呼叫 ECP 系統之自動化伺服器，系統會以特徵資料搜尋所相關的 ECP 網路，若該網路存在則取出網路資料並透過 ECP 系統內所運用之排序法則計算出設變發生順序，在決定出設變相關活動與順序後，每個工作項目利用系統介面之 COM 元件方

法，運用相關的自動化伺服器中的物件，其中包括：CAD 系統之 STEP 介面、PDM 系統之 STEP 介面、製造特徵編輯器之 STEP 介面。

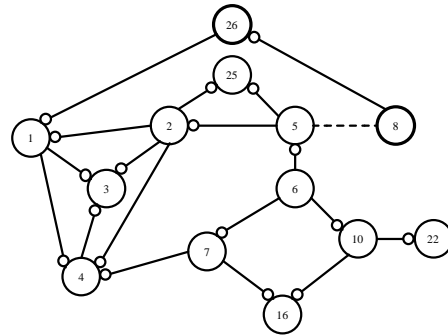


圖 10 組立件資料的關聯

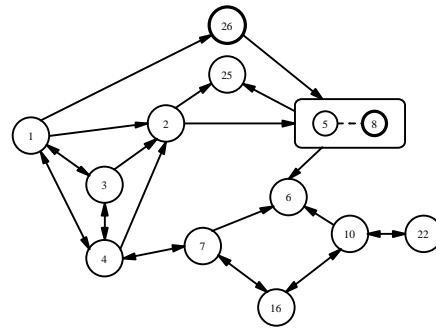


圖 11 組立件的 ECP 傳遞方向

所運用的設變傳遞觸發順序是運用拓樸排序與最短路徑方法 [Horowitz 1999] 來推理，拓樸排序為圖形結構的資料結構，運用 AOV-network 的方向性圖形，每個頂點代表工作或活動，而邊代表工作之間的優先順序，即邊 (V_i, V_j) 代表 V_i 的工作必先處理完後才能去處理 V_j 的工作。拓樸排序的運用可以圖 12 作為範例， $V_1 \sim V_8$ 代表八個活動，為求得該範例之拓樸排序，先將該圖形結構利用相鄰矩陣表示，其中 $V_{ij}=1$ 表示圖形中 V_i 與 V_j 間存在方向性的邊 $\langle V_i, V_j \rangle$ ，列之和代表等點的外分支度，行之和代表頂點的內分支度，從圖形結構之相鄰矩陣可得到其相

鄰串列表示，經過拓樸排序的結果可得 V1、V6、V2、V4、V3、V7、V5、V8。

AOV-network拓樸排序法則如下：

1. 在網路中任意挑選沒有前行者的頂點；
2. 輸出此節點並將此頂點所連結的邊刪除；
3. 重複步驟1與2直到輸出所頂點。

ECP系統之ECP網路觸發模組內除了拓樸排序外，也提供最短路徑方法，最短路徑法中運用網路中邊的加權以定義設變網路中結點間所需時間，故可計算使用最少時間完成所有節點工作之方向化網路，最短路徑之計算法則是利用Dijkstra演算法，其過程如下：

定義：

$$D[I] = A[F, I] \quad (I = 1, N)$$

$$S = \{F\}$$

$$V = \{1, 2, \dots, N\}$$

D為N個位置的矩陣，用以儲存某頂點至其他頂點的最短距離，F表示起始點，A[F, I]表示F至I節點的距離，V是網路中所有頂點的集合，S則是頂點的集合。

1. 從V-S集合中找到頂點t使得D[t]為最小值，並將t放入S集合中，直到V-S為空集合為止。

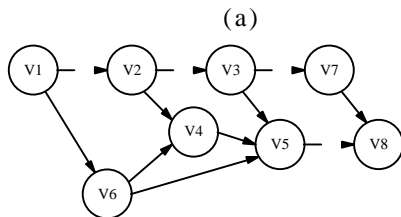
2. 根據下面公式調整D陣列之值：

$$D[I] = \min(D[I], D[t]+A[t,I])$$

$$(I, t) \in E$$

I為t的相鄰各頂點

3. 回到步驟2執行。



	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	1	0	0	0	1	0	0
2	0	0	1	1	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	1	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	1	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0

(b)

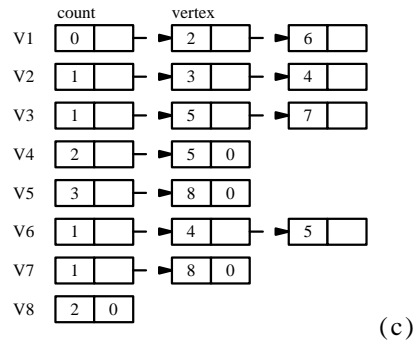


圖 12 拓樸排序之運算方式

運用邊之權重將使ECP網路所計算出的實行順序產生變化，該權重的設定將視節點間資料存取時間的不同而不同，經驗值的運用將佔有相當的比重，運用此運算法則所得的ECP網路其所需時間將最少，可視為設變執行時間之最短路徑。

當設變產生時，相關的資料庫管理員會觸發 *ECPDBManager* 搜尋出該案例相關的ECP網路，設變的範圍與項目，再利用具方向性的ECP網路作拓樸排序，即可得到設變的相關的項目，所得到的設變項目依序為：1, 26, 3, 4, 7, 16, 10, 22, 2, 5 (=5,8), 25, 6用以傳遞設變，再經由節點上所定義的規則，依序改變所對應的CAD與PDM系統之資料項，可知feature#0之設變先影響PDM中的property#1，接著影響Body#0屬性，接著依序觸發topology #0 (node 4), assembly constraint #0 (node 7), (node 16),

(node 10), (node 22), (node 2), (node 5'), (node 25), (node 6) 以完成設變，由於各節點的處理規則是彈性設計的，因此使用者可自行針對相關的節點去定義設變規則。*ECPDBManager*在觸發該結點作設變處理時主要利用以下三種方式：1. 直接修改資料庫中的資料；2. 顯示對話框以填寫或修改資料庫中的資料；3. 傳遞訊息。

六、結論與成果

為整合不同資訊系統間的設變傳遞問題，運用STEP標準與整合性設變傳遞機制以處理CAD與PDM系統間設計變更資料，對於CAD與PDM系統介面，運用AxM建模方式與模型轉換方式以建構UML模型，並配合UML建模工具產生實際的系統程式，對於設變之建模與傳遞上，透過系統模型的分析與使用者的設定以建構設變傳遞網路，主要提出的方法如下：

1. 利用符合STEP標準之系統介面與整合性設變傳遞系統，以完成不同資訊系統之資料整合。
2. 建構用以分析工程設變所觸發之相關資訊系統資料模型之設變傳遞建模系統，提供使用者自訂之設變傳遞路徑。
3. 利用符合STEP標準之系統介面，觸發設變傳遞系統中所定義之設變傳遞網路，並運用所提供之路徑計算法則以完成設變傳遞之計算。
4. 藉由文中所開發之設變傳遞系統，實際解決CAD、PDM系統間工程設變傳遞的問題。

參考文獻

[Bodington 2000] R. Bodington and

L. Lammer, "Integrating the Enterprise Using PDM Schema And the PDM Enablers," *Proceedings of Product Data Technology Europe 2000*, pp.13-20, 2000.

[DEC. 1998] Digital Equipment Corporation et al., *Product Data Management Enablers Joint Proposal*, OMG, 1998.

[Kindrick 2000] J. Kindrick, M. Hauser, and R. Barra, *Usage Guide for the STEP PDM Schema*, Release 4.1, PDM Implementor Forum, 2000.

[Oh 2001] Y. Oh, S. Han, and H. Suh, "Mapping Product Structures Between CAD And PDM Systems Using UML," *Computer-Aided Design*, 33, pp.521-529, 2001.

[Waterbury 2000] S.C. Waterbury, "Toward A Standardized Architecture for Cax Model Integration And Synthesis," *Proceedings of Product Data Technology Europe 2000*, pp.105-110, 2000.

[Yeh 2002] S.C. Yeh and C.F. You, "STEP-Based Data Schema for Implementing Product Data Management System," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol.15, No.1, pp.1-17, 2002.

[Yoo 1997] S.B. Yoo and S.K. Cha, "Integrity Maintenance in a Heterogeneous Engineering Database Environment," *Data and Knowledge Engineering*, Vol.21, pp.347-363, 1997.