

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

施工資訊運籌管理系統之研究(2/2)

A Continuous Acquisition and Life-cycle Support (CAL S) System for Construction Information Management(2/2)

計畫編號：NSC 89-2211-E-002-111

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：曾惠斌 國立臺灣大學土木工程學系

電子郵件信箱：hptserng@ce.ntu.edu.tw

一、中英文摘要

由於資訊及通訊技術的進步，資訊運籌管理(CALS)策略的發展可解決當前營建業所面臨的問題。基本上，CAL S是藉由作業程序的改造及資訊技術與標準的運用，建立一套共通的電腦化作業環境，將業務上所有必要的資訊電子化、標準化，並運用資料庫和網路系統使得所有資訊得以交換共用為目標的策略。而目前針對施工圖的標準，國際組織IAI所制定的IFC利用物件導向技術建立了營建圖形資訊的標準表達格式。然而IFC格式的圖檔目前尚無法在網際網路上解讀及瀏覽，圖檔所包含的物件屬性及參數資料亦無法直接透過資料庫存取。這樣的限制使得標準化的圖檔資料無法進一步透過網際網路來進行資訊拋轉及共享。

本研究嘗試應用IFC資訊標準建立營建圖檔資訊之網路共享機制。應用互動式網頁(ASP, Active Server Pages)撰寫IFC文件剖析器(Parser)和檔案轉換程式，使得IFC圖檔資料能在網路上解讀，以及利用虛擬實境模型語言(VRML, Virtual Reality Modeling Language)在瀏覽器上以3D形式展現；並且建立IFC網路共享資料庫使IFC圖檔的物件屬性及參數資料能透過資料庫進行存取，達成資訊拋轉及共享的目的。本研究之系統實作示範如何運用上述技術，使建築師/施工廠商、材料廠商以及業主之間能透過網際網路進行即時性、互動性的視覺溝通，並以估價作業來說明如何透過IFC共享資料庫，使工程圖檔資訊能有效率地拋轉給製圖作業人員，減少非標準化的傳統紙本作業之下所造成的資訊傳遞錯誤、漏失、缺乏效率等問題，作為發展營建業資訊運籌的基石。

關鍵詞：標準化、資訊共享、虛擬實境、物件導向

Due to the improvement of information and communication techniques, the development of the CAL S strategy can resolve construction's problems in the present time. Basically, by the remodeling of the operation procedures and the usage of the information's techniques and standards, CAL S establishes a connected-computerization environment, which strategy is to electronicize and standardize information and to use database and network system in order to reach the goal of information exchange and usage. Standardization of information is an important procedure before applying e-commerce to architecture / engineering / construction (A/E/C) industry. International Alliance for Interoperability (IAI) has developed a standardized data model called Industry Foundation Classes (IFC) to allow sharing of Information throughout the building industry. However, the IFC-format drawings still cannot be analyzed and browsed on the Internet.

This study attempts to apply IFC information standards to the Internet. In this study, Active Server Pages (ASP) is used to create IFC parser to allow IFC-format drawings to be analyzed. A tool is also developed to transfer IFC drawings into Virtual Reality Modeling Language (VRML) files. Moreover, a IFC database is built to allow users to share information. Finally, the techniques above are applied to create a website including 3 main functions: 3D electrical catalog, virtual design, and on-line estimation of cost.

二、前言

本研究計畫係『營建工程生命週期資料交換標準』之整合大型研究計畫中之子計畫之一，主要著重在營建工程中施工階段資訊共享機制之建立。研究內容須提供施工階段

所需的資訊給總計畫以便建立共通的 CASL 整合資料庫，且須承接規劃、設計、發包等階段的作業與資訊流程以利各階段的暢通。

本研究報告為本計畫之第二年期末報告，前期研究主要成果包括：

1. 探討分析國外工程資訊標準的建立與工程資訊交換狀況
2. 探討無標準化之環境下，工程資訊使用、交換與管理的問題。
3. 研擬公共工程資訊交換標準之機制與標準化原則。

本研究報告為本計畫之第二年期末報告，前期研究主要成果包括：

1. 針對施工進度管理、施工變更設計、施工詳圖製作、竣工圖製作、品質控制、估驗計價、請款計價等作業建立整合資訊系統。本年度主要以圖之標準為主。
2. 針對施工進度管理，擬定一個示範計畫(Pilot Project)測試整體研究的可行性及效益。

在傳統的紙本作業限制下，格式不一的圖檔和文件資料在傳遞的過程中經常發生錯誤、漏失的問題，使得許多同樣的資料必須一再地重複建立和檢查，徒然浪費許多時間和成本。因此，營建圖說資訊的標準化與電子化，成為當務之急。在資訊標準化的推展方面，國際標準組織(International Standard Organization, ISO)所制定的產品模型資料交換標準(Standard for Exchange of Product model data)以及 IAI 組織 (Industry Alliance for Interoperability)所制定的 IFC(Industry Foundation Classes)分別為整個工業界以及營建產業制定了一套產品資料的表達標準。標準化的營建圖(圖形)說(文件)資訊如何透過網際網路存取、傳遞及展示，是推展營建業電子商務之重要課題。在文件方面，應用 XML(eXtensible Markup Language)所制定的 A/E/C XML 標準，可以透過網際網路處理標準化的營建文件資訊。然而在圖形方面，符合 STEP 或 IFC 規範的營建圖檔目前無法直接在網路上解讀、存取及瀏覽。如果能應用現有的工具及環境，突破上述的限制，使完整的營建圖說資訊能透過網際網路存取及展示，不但能進一步地推動營建資訊的標準化，亦為發展營建業資訊運籌的重要

基礎。

本期計畫延續前期研究的成果，乃將施工進度管控的作業平台移植至網際網路上，利用網際網路無遠弗界的特性，擴大資料共享的範圍。本研究嘗試應用 IFC 資訊標準建立營建圖檔資訊之網路共享機制。在現有的網路環境及開發工具之下，符合國際 IFC 規範的營建圖形資訊能夠透過網際網路進行解讀、存取及展示，使得在傳統作業下不同來源、不同格式的營建圖形資訊能夠透過網路機制進行交換及溝通與整合，並使圖檔資料在不同的營建生命週期和使用之間能有效率地進行拋轉及共享，作為推展營建業電子商務之基礎。本研究之研究內容如下：

1. 研究 IFC 語法規範，撰寫 IFC 文件剖析器(Parser)，使得符合 IFC 規範之圖檔資訊能夠在網路上解讀。
2. 應用虛擬實境(Virtual Reality)技術，使 IFC 圖檔能透過網際網路瀏覽器以 3D 型態展示。
3. 建立 IFC 共享資料庫，使圖檔資訊能在各個營建生命週期和不同使用者之間進行資訊拋轉及共享。
4. 實作示範網頁，示範如何運用上述技術，使建築師、材料廠商及業主之間能透過網際網路進行即時性、互動性的視覺溝通，說明如何透過 IFC 共享資料庫，使圖檔資訊能有效率地拋轉給施工作業人員。受限於時間與人力，本研究之研究範圍為營建圖形資訊包含建築設計圖和廠商型錄。建築設計圖包含牆、柱、開口等物件；廠商型錄包含門與窗。牆、柱、開口、門窗皆以矩形為限，門窗樣式(Style)以 AutoCAD Architectural Desktop 2i 所內建者為例。

三、IFC 圖檔網路共享機制之建立

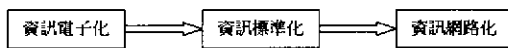
隨著繪圖軟體的普及，目前營建產業的圖檔繪製已幾乎全面電子化。IAI IFC、ISO STEP 等資訊交換標準的制定和推廣，以及 AutoCAD 的支援，圖檔資訊亦逐步邁向標準化。因此，如何將標準化的圖檔資訊進一步網路化，將成為下一階段的工作。然而，若只是透過網際網路來傳送圖檔的檔案，或讀取圖檔未經解譯的文字碼，並不能算是網路化。

以下敘述建立 IFC 標準化圖檔資訊之網路共享機制的的方法與流程。以下逐節介紹圖檔資訊標準化與網路化的整體作業流程，撰

寫 IFC 圖檔剖析器、VRML 圖檔輸出程式、以及 IFC 共享資料庫的建立。

1. 營建圖檔資訊化的作業流程

營建產業各生命週期階段以及參與人員之間依賴大量的圖說進行溝通。營建資訊化的意義係指營建資訊的產生、表達及拋轉，能夠透過表達格式一致的電子資料來進行。營建資訊化的整體流程可以分為資訊電子化、資訊標準化、資訊網路化等三個階段。



圖一：資訊標準化整體流程

相較於文件資訊化的推展，由於營建圖形資訊的複雜度，以及電腦處理的困難度較高，因此圖檔資訊化的推展進度比較慢。以下說明各個階段的工作項目及內容：

(i)、圖檔資訊電子化

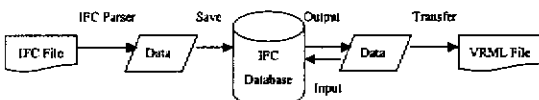
此階段的重點在於協助繪圖人應用電腦輔助設計(Computer Aided Design, CAD)，進行電子圖檔的繪製。隨著繪圖軟體的普及，圖檔電子化的作業已幾乎全面完成。

(ii)、圖檔資訊標準化

資訊標準化的意義在於，採用一致的表達方式，進行資訊交換及共享，解決傳統作業不同格式的资料在不同系統間傳遞時產生的介面問題。圖檔資訊標準是不同圖檔間的共同語言，如同國際間採用英語進行溝通。

(iii)、圖檔資訊網路化

資訊標準化的目的是為了資訊交換及共享，而網際網路提供資訊交換的場所。網路化不僅僅包含檔案的傳遞，圖檔資訊網路化的完整意義為：「使用者可以在網際網路環境下，進行圖檔資訊的解讀、存取、和展示。」因此，本階段的工作項目有三：圖檔資訊的解析、圖檔的展示、以及圖檔資訊的共享。



圖二：IFC 圖檔資訊網路化架構

本項工作的內容為，透過建立 IFC 網路共享資料庫，使透過 IFC Parser 所擷取之圖檔內含資訊，可以儲存於資料庫中，提供使用者存取，進行資料的拋轉及共享。本研究利用 Microsoft Access 關聯式資料庫，透過動態伺服器網頁(Active Server Pages, ASP)

建立操作介面，實作 IFC 網路共享資料庫。

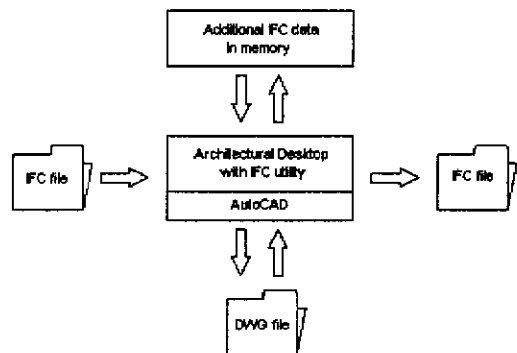
表一、圖檔資訊網路化之使用工具

工作項目	工作內容	使用工具
圖檔資訊解析	撰寫 IFC Parser	VB Script
圖檔圖形顯示	撰寫 IFC - VRML 檔案轉換程式	VB Script
圖檔資訊共享	建立 IFC 網路共享資料庫	MS Access

2. IFC 圖檔資訊之解析

本研究利用 AutoCAD Architectural Desktop 2i(以下簡稱 ADT 2i)繪圖軟體來產生 IFC 圖檔，此版本亦為至本研究進行階段為止，唯一的一套支援 IFC 圖檔輸入/輸出的繪圖軟體。ADT 2i 內建 IFC Utility，支援 IFC 1.5 版的 Schema，可將 AutoCAD 圖檔(*.dwg)與 IFC 圖檔(*.ifc)進行雙向轉換。然而 ADT 2i 並非完整支援 IFC 1.5 版的所有 Schema，僅針對繪製建築設計圖時常用的基本建築元件的幾何資料進行支援。

由此可知，施工進度管控的資料主要是以工程各參與者所關切的進度資料為主。圖三為三種不同層次的進度資料示意圖，其中，第一層級的綱要進度表(Master Schedule)主要使用者為業主與高階管理者，第二層級的總進度表(Summary Schedule)主要使用者為專案經理，第三層級之細部進度表(Detailed Schedule)主要使用者為工地主任或工班工頭。



圖三：AutoCAD 圖檔轉換機制

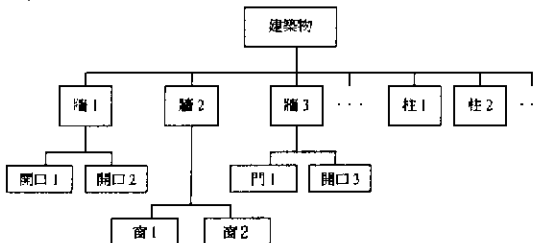
ADT 2i 採用物件化設計。繪製建築圖時，選取建築元件，輸入幾何資料，如座標、尺寸等，即可完成設計。若採用傳統繪圖方式，由於並非物件化資訊，其圖檔轉換成 IFC 格式後，不會包含建築物件及相關幾何資訊，而只被視為基本線條的集合。本研究限於時間與人力，僅以牆、開口、柱、門、窗等五種建築元件進行 IFC 圖檔資訊解析、展示、以及存取之示範。IFC 資訊標準乃依據物件導向技術制定，將實體建築元件及幾何資訊

以 schema 分別定義物件類別及屬性。IFC 圖檔本身可視為一個集合物件，其中包含了許多獨立的子物件，如牆、門、窗、樑、柱……等。本研究所採用的建築元件與 IFC Schema 的對應如下所示：

表二、建築物之 IFC Schema 對照表

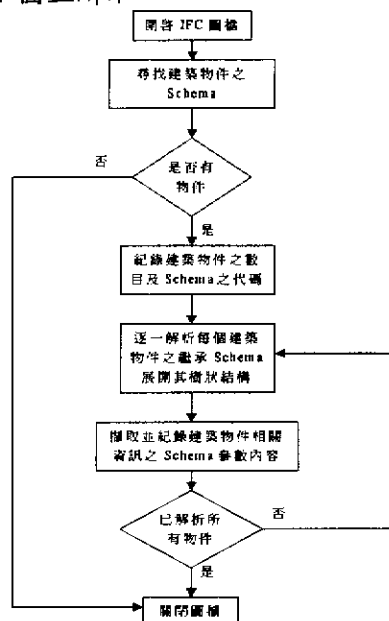
建築元件	IFC Schema
牆	IFCWall
開口	IFCOpeningElement
柱	IFCColumn
門	IFCDoor
窗	IFCWindow

這些建築元件的 Schema 利用其參數來定義物件屬性，用來紀錄實體物件的相關資訊。有些參數引用或參照了另外一個 Schema 的值。因此，每一個建築元件的 Schema，依 IFC 規則，透過引用與參照，形成了樹狀結構，如下。



圖四、IFC 圖檔之建築物物件關係示意圖

撰寫 IFC 圖檔剖析器的步驟為：首先確認圖檔內所包含建築元件的種類與數目，其次再針對每一個元件，找出其 Schema 的引用/參照關係，展開其樹狀結構圖，接著按照 Schema 的參數所定義的物件屬性擷取出建築元件之相關資訊。IFC 圖檔剖析器之作業流程如圖五所示：

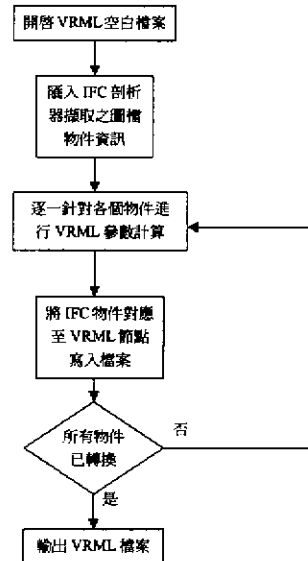


圖五、IFC 圖檔剖析器之流程圖

3. IFC 圖檔圖形之顯示

利用上節所述之方法，透過 IFC 剖析程式將 IFC 圖檔資訊擷取出來之後，接下來必須將圖檔資訊給使用者共享。圖檔資訊共享包含圖形的顯示，以及圖形物件資訊的拋轉。本節說明如何運用 VRML，將 IFC 圖檔物件以 3D 圖形的形式，在網際網路瀏覽器上顯示。

IFC 圖檔經由 IFC 剖析器解析後，可取得物件種類、數目、以及各個物件之幾何資訊。接下來進一步運用這些資訊，撰寫檔案轉換程式，將 IFC 圖檔轉換為可以透過瀏覽器顯示的 VRML 檔案。檔案轉換包含物件對應、參數計算、以及檔案輸出等步驟，其整體流程如圖六所示：

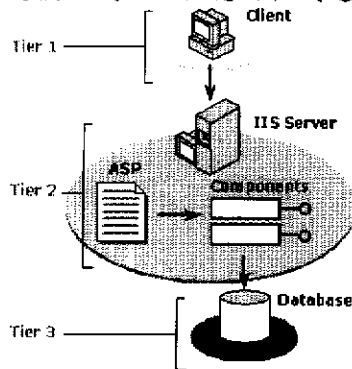


圖六、圖檔轉換程式之流程圖

4. IFC 網路共享資料庫之建立

IFC 共享資料庫的建立，為上節所述之資訊網路化第三階段的工作：圖檔資訊共享。經由 IFC 文件剖析器解析之圖檔資訊，儲存於資料庫，提供其他使用者透過網際網路進行資料存取，達成資訊共享的目的。本研究使用 Microsoft Access2000 建構 IFC 共享資料庫。而建立之 IFC 共項資料庫透過 3-Tier 架構進行資料之存取。3-Tier 架構如圖七所示。Tier 1 為表現層 (presentation layer)，為使用者介面，主要功能為提供使用進行資料輸入與指令操作；在 Three-tier 架構中，通常是使用瀏覽器作為客戶端之操作介面。Tier 2 為商業邏輯層 (business logic layer)，為儲存及執行應用程式的主機，將使用者輸入之資料及指令作適當的處理。Tier 3 為資料存取層 (data access layer)，為資料庫所在的主機，進行實體資料之處理，包括選取、更新、刪除等功能。資料庫伺服器 (Database Server)

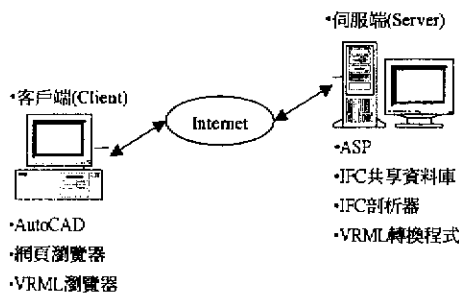
一般採用支援網路環境的資料庫系統，這些資料庫系統要能提供 ODBC、JDBC 或其獨有的網路連接方式，以供應用程式連結。



圖七、17 3-Tier 架構示意圖

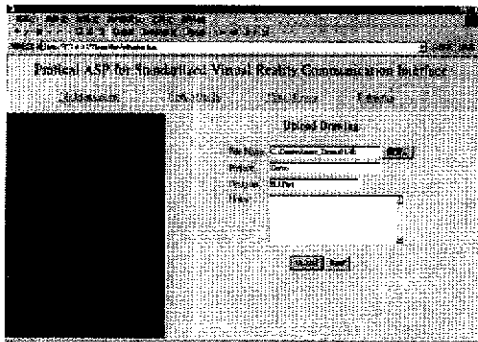
四、建築設計階段之電子商務系統實作

根據前述之方法，本研究之實作部份採用網站採用主從式(Client-Server)架構，Server 端架設 ASP 與 IFC 共享資料庫，Client 端則安裝 AutoCAD 繪圖軟體、網頁瀏覽器、以及 VRML 瀏覽器，如圖八所示。



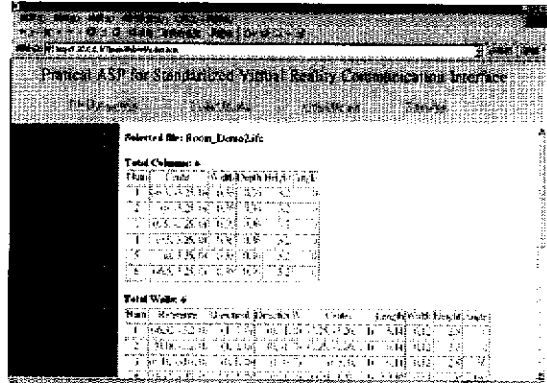
圖八、主從式網站架構圖

本系統可以解析建築師/施工廠商和材料商上傳的標準化圖檔，並轉換為 VRML 檔案，透過網頁展示，建立虛擬樣品屋和電子型錄。檔案上傳完成後，系統顯示上傳成功的訊息。檔案上傳後，系統的 IFC 剖析器便開始解析圖檔內容，並將擷取的圖檔物件資料紀錄至 IFC 共享資料資料庫。



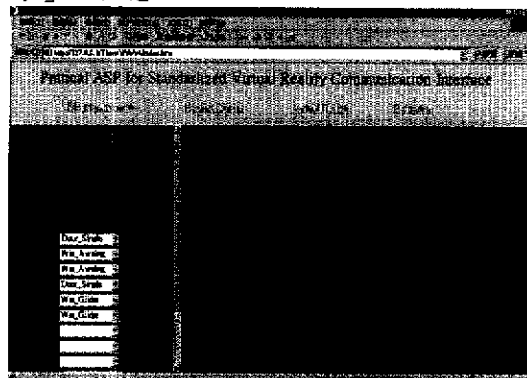
圖九、上傳設計圖之畫面

圖十顯示了剖析器自圖檔中解析的資訊，包含每個牆、柱、開口的座標、尺寸、方向、旋轉角等幾何資料。

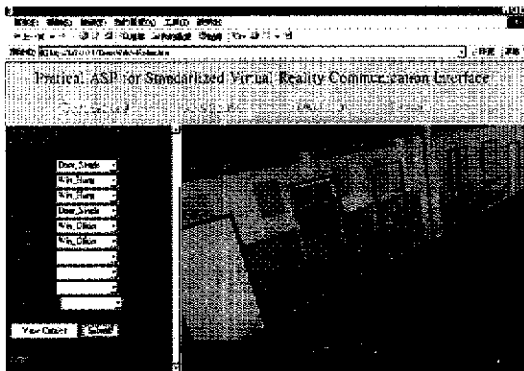


圖十、Room_Demo01.ifc 圖檔之資料解析

本研究欲協助廠商建立標準化的 3D 產品型錄，必須透過繪圖軟體之使用。以門窗為例，目前 IFC 只針對門窗的框架部分，定義幾個基本樣式。AutoCAD 依據 IFC 的定義，實作其門窗物件，內建於 A/E/C 物件集。使用者只要選取門窗樣式，編輯尺寸等屬性，即可建立 IFC 門窗圖檔。標準化的 IFC 圖檔，可以整合原先不同來源、不同格式的設計圖和產品型錄。更進一步地，由於 IFC 與 VRML 的物件導向特性，多個圖檔內的物件，可以插入至另一個圖檔之中。換言之，運用 IFC 圖檔建立之門窗型錄之門窗物件，可以插入至 IFC 建築設計圖之預留開口，並以虛擬實境展示其物件結合後的 3D 外觀。本系統一方面運用前述的機制，建立了設計圖檔和產品電子型錄資料庫，共享給建築師及施工廠商一個「視覺化施工管理及資訊共享」之概念。



圖十一、選取教室各開口欲施工置入之門窗



圖十二、施工置入門窗後之教室畫面

六、計劃成果自評

本研究依照預定進度，在建立共享資料庫部份，已實作出通用資訊存取的資料庫介面，所有自動化系統皆可透過此介面共享進度管控的資訊。在建立 3D 施工資訊共享標準化與資料交換之機制部份並建立實作系統。

圖檔資訊網路化包含了資訊的解析、存取及圖形顯示。本研究撰寫 IFC Parser 解析圖檔資訊，建立 IFC 共享資料庫進行資料拋轉，利用 VRML 作為展示 3D 圖形之語言。由於 AutoCAD 圖檔、IFC、VRML 同樣具有物件導向之性質，圖檔資訊在不同系統間表達方式不同，但具有相同的物件結構，因此圖檔資訊的解析、檔案格式的轉換、以及圖檔物件之間的結合與替換，都很容易進行。

本研究實作系統，實證了不同來源、不同內容的圖形資訊，只要符合 IFC 標準，圖檔資訊即可於網路環境進行共享與拋轉；此時圖檔資訊具有可重複利用以及可自由交換之特性，並能利用這些特性以一份設計圖進行虛擬產品展示、視覺化互動設計、以及線上估價作業，改善傳統作業環境下因資訊傳遞不連續以及資料格式不同，所產生之資料漏失、作業重複、以及資料無法共享所增加的時間與成本。

資訊標準必須被廣為認可並採用，才具有意義；IFC 標準和 STEP 標準目前都仍在制定和推廣階段，國內之營建產業採行資訊標準的比例也不高，因此目前全面推展營建業電子商務的環境尚未成熟。本研究著眼於未來資訊標準化之後，為營建業資訊運籌管理的推行預先建立機制及架構。

參考文獻

[1]Campbell, D.A.(2000)“Architectural Construction

Documents on the Web : VRML as a Case Study”, Automation in Construction, Elsevier, New York, NY, Vol.9, 129-138.

- [2]Chiou, Y. S. (1998), “An Interoperable Integrated Project Management System for Architecture, Engineering and Construction Product and Process Information,” M.S. Thesis, MIT, Cambridge, MA, USA.
- [3]Eastman, C. M. (1999), “Building Product Models, Computer Enviroments Supporting Design and Construction,” CRC Press, Boca Raton, USA.
- [4]Fowler, J. (1995), “STEP for Data Management, Exchange and Sharing,” Technology Appraisals Ltd., Great Britain.
- [5]Fu, M. C. and East, E. W. (1999), “The Virtual Design Review”, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Blackwell, Malden, MA, Vol.14, 25-35,
- [6]IAI(1999), ”Industry Foundation Classes Release 2.0”。
- [7]Luiten, G. T. and Tolman, F. P. (1997), “Automating Communication in Civil Engineering”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol.123, No.2.
- [8]王明德、謝尚賢、曾惠斌(1998) ,「公共工程圖檔交換標準之研究」, 行政院公共工程委員會研究報告, 台北。
- [9]余千智等八人(1999),「電子商務總論」, 智勝文化, 台北。
- [10]周開元(2000),「一般教室工程建築階段資訊共享技術之初步研究」, 碩士論文, 國立台灣大學, 台北。
- [11]郭尚君(1997),「應用物件導向技術在整合建築工程設計資訊之初步研究」, 碩士論文, 國立台灣大學, 台北。
- [12]郭榮欽(1998), 工程估價—Excel 應用, 全華科技圖書, 台北。
- [13]張瑞芬、彭定國(1997), ”發展以國際產品資料標準為基之工程資料管理系統”, 第十屆全國自動化科際學術研討會, 台中。
- [14]蘇建豪(1999),「營建工程資訊管理之標準資訊模型初步研究」, 碩士論文, 國立台灣大學, 台北。
- [15]戴或甫 (1998),「建築生產系統之虛擬實境模擬與研究」, 碩士論文, 國立成功大學, 台南。
- [16]譚羽文 (1998),「電腦模擬應用於建築系統整合之研究」, 碩士論文, 國立成功大學, 台南。