



# 整合BIM技術於設施資訊管理平台建置及應用

蘇郁智、陳彥貝／國立台北科技大學土木防災研究所博士班研究生

林祐正／國立台北科技大學土木防災研究所副教授

建築資訊模型 (Building Information Modeling, BIM) 主要概念在於透過 3D 視覺化模型，並利用資料庫與物件導向技術，整合建築物之相關資訊，進而利用資訊分析與模擬建築物的各項應用 [1]。在建築物的營運維護階段中，其所應用的層面相當廣泛，如日常巡檢管理、設備問題通報、維護工作及備品管理…等，各項作業皆包含大量的文件及資訊，若將所有的文件及資料皆存入於 BIM 模型中，則可能造成 BIM 模型負荷過大。BIM 模型雖涵蓋了豐富的建築物資訊，但存放的資訊應為建築物或設備的關鍵識別資料，如空間資訊、設備編號、設備名稱及設備位置…等資訊，其它應用所衍生的資訊應盡量儲存於外部位置。然而在目前常見的 BIM 軟體中，主要功能大多為模型建置及模型分析應用等作業，若要整合外部資料庫或文件則較為困難，且軟體操作介面並非針對所需

應用的作業需求而設計，使用者需耗費許多時間在介面操作上。有鑑於此，本文將以 BIM 模型為基礎，建置一套 BIM 設施資訊整合與管理 (BIM-based Facility Information Integration and Management, BIM-FIIM) 平台，並根據應用需求客製化平台操作介面，提供使用者可將外部系統之資料庫或文件與 BIM 模型進行整合，在客製化的介面中快速地進行應用作業 (如圖 1 所示)。

## 文獻回顧

近年來 BIM 的研究與應用已經持續延伸至設施管理 (Facility Management, FM) 應用，例如王昌昀 (2012) 以捷運全生命週期 BIM 技術提出可應用之發展，針對營運管理階段提出操作介面簡易、獨立資料庫、行動化、主動預警、空間管理及後續維護等方

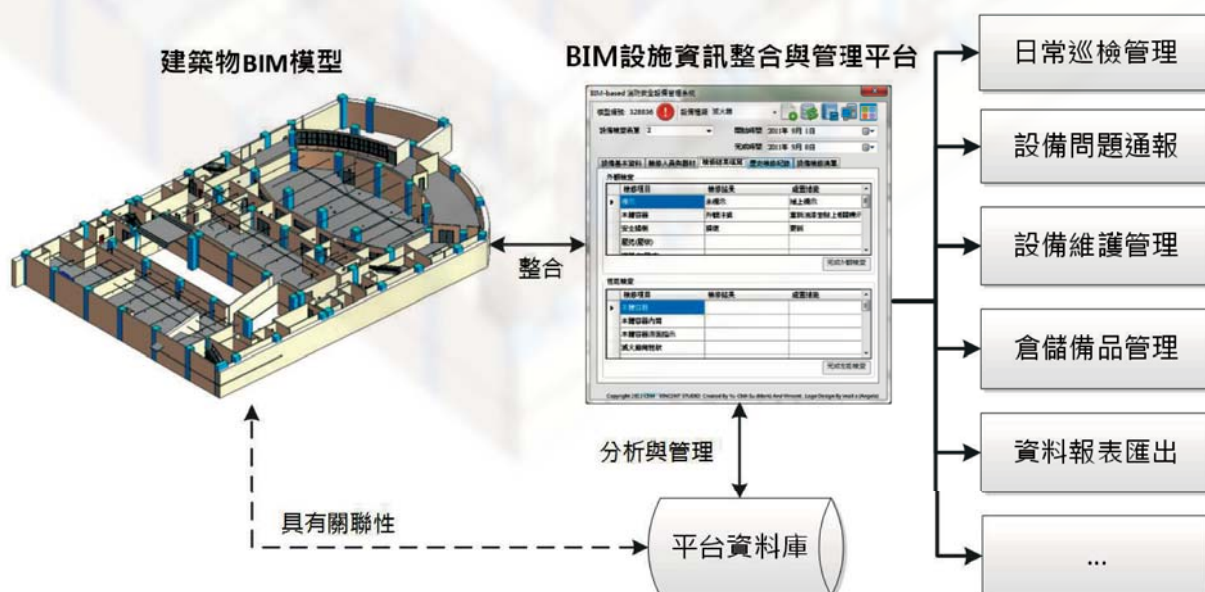


圖 1 BIM 資訊整合與管理平台概念示意圖

向建議參考 [2]。Becerik-Gerber 等人 (2012) 利用網路問卷調查及訪談方式探討 BIM 技術如何能解決目前設施管理之問題，以及研究 BIM 技術在可能維護管理階段應用內容 [3]。Jason Lucas 等人 (2012) 該篇文章主要為針對一醫院建置時規劃後續設施管理與相關醫療交付資訊規劃之案例研究，透過相關資訊管理架構與模型建置，有效地支援醫療設施管理與客製等資訊 [4]。Richard Davies (2013) 針對大型醫院專案建置 BIM 系統讓現場人員透過以 BIM 為基礎的系統工具與行動式平板電腦進入設計資訊，可即時地並取得或傳遞工地現場施工品質與流程資訊，最後並提出相關資訊作為後續營運管理使用 [5]。Mohamed Marzouk (2014) 運用 BIM 與無線感測系統監測地下鐵室內環境品質，提供數據資料作為維護管理之優先指標 [6]。Ali Motamedi (2014) 提出 FM Visual Analytics System (FMVAS) 以整合專業知識、IFC 資訊整合交換、BIM 為基礎與可視化功能，協助人員推估並辨識設備之根本問題並解決之 [7]。雖然上述已經有許多的 BIM 技術研究議題著重於營運管理階段，但較少有 FM 系統整合之研究，因此本研究探討整合 BIM 技術建置設施資訊管理平台之應用，以提升設施管理之效能。

## 平台規劃與設計

BIM-FIIM 平台是一個以 BIM 模型為基礎的平台，提供使用者於平台中整合外部資料庫資料，在平台中進行分析與管理等應用，進而將結果利用 BIM 模型中的物件資訊進行 3D 視覺化顯示，達到資料整合之功能。本文主要探討在營運維護階段時，管理單位（以下稱管理者）如何利用已建置完成之 BIM 模型，藉由網路架構整合設備管理資訊與 BIM 模型。本文將 BIM-FIIM 平台規劃為三層式架構 (Three-tier architecture)，分別為展示層 (Presentation Layer)、應用程式層 (Application Layer) 及資料層 (Data Access Layer)，藉以區隔 BIM 執行軟體、平台程式與資料庫；除了 BIM-FIIM 平台的三層式架構外，為使 BIM 模型管理者不因 BIM-FIIM 平台的導入，而影響原有的作業流程，因此在平台架構中將 BIM 模型原有管理作業獨立至 BIM 管理層。圖 2 說明 BIM-FIIM 平台架構，以下分別說明各層之內容：

### ■ 管理層

管理層主要作用為提供 BIM 管理者利用 BIM 維護軟體 (如 Revit、Tekla、ArchiCAD … 等) 管理主要 BIM 模型之用。主要 BIM 模型為 BIM 模型的原始檔案，BIM 管理者必須確保主要 BIM 模型內容與建築物現況一致，方能利用主要 BIM 模型進行其他應用。現行常見的 BIM 軟體多為主從式 (Client-Server) 的協同作業架構，因此 BIM 管理者可於任何電腦利用 BIM 軟體直接地讀取伺服器中的主要 BIM 模型進行維護。最後可將主要 BIM 模型匯出為 BIM 應用模型，避免主要 BIM 模型在應用過程中受到不必要地變動。

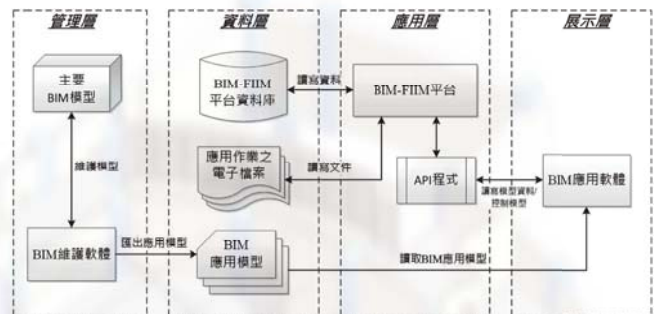


圖 2 BIM-FIIM 平台架構圖

### ■ 資料層

資料層負責資料庫或文件檔案的存取。在 BIM-FIIM 平台中，資料層中包含 BIM 應用模型、BIM-FIIM 平台資料庫及應用作業之電子檔案。BIM 應用模型為 BIM 管理者所提供，作為 BIM-FIIM 平台中的 BIM 模型檔案；BIM-FIIM 平台資料庫為平台存取資料的主要來源，並儲存 BIM 模型物件與平台資料的整合內容，使兩者產生關聯；另外，因 BIM 應用作業所產生的電子文件，如 CAD 圖檔、Excel、PDF、報表 … 等文件，本文統稱為應用作業之電子檔案。

### ■ 應用層

應用層作為展示層與資料層的溝通橋樑，主要負責處理使用者提出之請求，並進行與應用有關的資料處理與分析。BIM-FIIM 平台透過 BIM 軟體所提供的應用程式介面 (Application Programming Interface, API)，處理與分析 BIM 應用軟體與資料層中的各項資料。BIM-FIIM 平台可建置於伺服器端 (Server) 或展示端 (Client) 中，不論建置哪一端，其執行時必須同時地開啟 BIM 應用軟體，方能有效地利用 BIM-FIIM 平台

整合 BIM 模型。當 BIM-FIIM 平台接收到 Client 端所傳送的要求 (Request) 時, API 程式即可自動地依據要求內容對 BIM 模型進行資料擷取與分析, 再將執行結果回傳至 Client 端的系統中。

### ■ 展示層

展示應用程式的使用者介面, 並負責接收使用者的資料輸入及顯示 BIM 模型與其他應用資訊。BIM 應用軟體與 BIM 維護軟體的不同之處, 在於 BIM 應用軟體主要利用 BIM 模型進行各種應用, 如碰撞分析、4D 模擬、數量估算、模型整合及設備管理 … 等, 無模型建置的功能。因此, 作業人員可利用 BIM 應用軟體及 BIM-FIIM 平台簡易地存取 BIM 模型與平台資料庫之資訊, 進行各項應用作業。

透過以上之架構, BIM-FIIM 平台可在不影響主要 BIM 模型的前提下, 利用 API 程式將 BIM 應用模型物件資訊快速地與平台資料庫進行整合, 進而客製化許多應用之需求於平台中。此外, BIM-FIIM 平台資料庫更可與其他系統進行整合, 如網頁系統、行動裝置應用程式 … 等, 延伸 BIM-FIIM 平台的應用範圍。

在 BIM-FIIM 平台的架構中, 可能因系統環境的不同, 而影響整體系統開發內容。在開發系統前, 必須先行確立整體系統環境、開發語言及功能需求等內容。考量 BIM 模型圖形與資料龐大, 本文將 BIM 軟體分作兩大部分進行選用, 分別為 BIM 模型建置與 BIM 模型整合展示。在 BIM 模型建置的部分選用 Autodesk Revit; 而 BIM 模型整合展示則選用 Autodesk Navisworks。在此專案中, Navisworks 為 BIM-FIIM 平台展示 BIM 應用模型的核心。Navisworks 提供建築、工程和營造專業人員更精確控制專案結果, 並能夠整合大量的 BIM 模型, 使所有專案相關人員一同整合、共用和審核 BIM 模型及多種 3D 格式資料。提供一個有效的整合、分析和溝通工具, 協助專案團隊在施工或翻新之前, 更妥善協調各領域、解決衝突及規劃專案。因此, 在 BIM-FIIM 平台的開發架構中, BIM 維護軟體即為 Revit, 而 BIM 應用軟體即為 Navisworks, 進一步利用 Navisworks 的軟體開發工具 (Software Development

Kit, SDK) 開發 API 程式。

在 Navisworks API 的部分, 提供開發人員客製化及擴展 Navisworks 的功能, 其 API 共可分為兩種類型, 分別為 COM API 及 .NET API, 而兩種類型都是利用 .NET 程式語言進行開發, 必要時可同時整合兩種類型進行客製化程式開發。COM API 發展時間較 .NET API 早, 因此 COM API 涵蓋較完整的 Navisworks 功能, 但未來是否會繼續釋出新的 API 較不確定; 而 .NET API 為較新發展的 API, 其 API 程式結構比起 COM API 更為直覺, 且未來會持續更新 API 所涵蓋的功能。利用以上兩種類型的 API, 開發人員可開發自動化程式、外掛程式 (Plug-in) 及控制項程式。自動化程式可在不開啟 Navisworks 的狀況下, 利用 API 自動化存取 Navisworks 的模型資料; 外掛程式則必須要開啟 Navisworks 程式, 方能啟用外掛程式的擴展功能; 而控制項程式可藉由 ActiveX 或 .NET 控制項附加至其他的應用程式中, 例如視窗程式、網頁系統或 PowerPoint … 中, 透過程式開發進行客製化整合。在 Navisworks 的三種版本中, API 僅支援付費的 Manage 及 Simulate 版本, 而免費的版本並不支援 API 的開發功能。

確定 BIM-FIIM 平台之開發環境後, 本文將系統的使用者分為行動作業人員及辦公作業人員, 使用的電腦分別規劃為筆記型電腦及桌上型電腦。圖 3 說明系統開發工具與架構, 主要利用 VB.NET 程式語言與 Navisworks 所開放的 SDK 開發 BIM-FIIM 平台及 API 程式。BIM-FIIM 平台藉由 API 程式, 可讀取 BIM 模型中的物件資訊, 並透過 ADO.NET 連結至網路伺服器中的 SQL Server 資料庫, 將讀取之資訊存入相關資料表中; 反之, 亦可透過 ADO.NET 擷取 SQL Server 中的相關資訊, 展示於 BIM-FIIM 平台的介面上, 並可利用 API 程式快速控制 BIM 模型的視點, 提供使用者快速瀏覽及更新相關資訊。在檔案存取的部分, 所有的 BIM 應用模型皆儲存於伺服器中, 當使用者開啟 BIM 應用模型時,

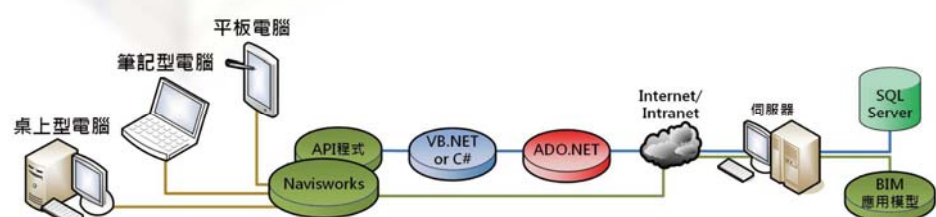


圖 3 系統開發工具與架構示意圖

BIM-FIIM 平台會自動將該模型下載至本地的電腦，進行後續應用作業。整體開發環境中，資料庫採用的工具為 Microsoft SQL Server；程式開發語言採用 VB.NET，並利用 Microsoft Visual Studio 作為開發工具。

當完成 BIM-FIIM 平台開發後，使用者仍利用 Navisworks 瀏覽 BIM 應用模型，但在增益集 (Plugin) 中掛載了開發完成的 BIM-FIIM 平台。BIM-FIIM 平台開啟後，在 Navisworks 軟體介面整合了 BIM-FIIM 平台，使用者除可利用 Navisworks 原有的功能 (如 BIM 模型整合、物件圖層控制、物件資訊查詢、4D 模擬、數量計算及碰撞分析 … 等) 之外，亦可透過 BIM-FIIM 平台，讀取平台資料庫資訊與文件，進而與 BIM 模型進行整合 (如圖 4 所示)。因此，未來可將日常巡檢管理、設備問題通報、維護工作及備品管理 … 等營運管理作業內容，依據需求客製化開發使用者介面，整合於 BIM-FIIM 平台中，充分利用 BIM 模型之特性，使其達到更高的應用效益。

## 平台管理平台建置

BIM-FIIM 平台雖提供使用者一個良好的 BIM 模型整合外部資料的方法，但最為重要的仍是應用作業的流程與內容，開發者方能利用該流程與內容，進行客製化的使用者介面開發。本文以日常設備巡檢作業作為應用目標，以該作業之流程與需求，介紹 BIM-FIIM 平台的應用介面與使用流程。在應用介面的部分，依據日常設備巡檢作業，本文規劃以回報設備問題、讀取設備檔案文件及查閱設備歷史資料等需求，開發應用介面於 BIM-FIIM 平台中 (如圖 5 所示)，其平台應用方法如下所述：



圖 4 BIM-FIIM 平台應用介面

### ■ 點選設備物件

當作業人員在巡檢的過程中，發現設備有異常的現象，即可於 BIM 模型搜尋該設備位置，並點選設備物件。當點選設備物件時，Navisworks 將自動呈現設備物件之資訊，但若僅依據 Navisworks 的功能，作業人員並無法查閱更細部的設備資訊，例如設備通報紀錄、設備相關文件檔案 … 等，故需利用 BIM-FIIM 平台進行後續作業應用。

### ■ 取得設備資料

開啟 BIM-FIIM 平台後，作業人員可在平台介面上擷取設備資料。當作業人員按下擷取設備資料按鈕時，平台會自動透過 API 程式擷取使用者所點選的設備物件資料，進而自動寫入平台中。當平台取得設備物件編號後，即可依據編號至平台資料庫中，取得相關細部資料，如相關檔案及歷史資料等。

### ■ 查看相關檔案

在相關檔案的頁籤中，作業人員可查看該設備之相關文件檔案，如設備維修手冊。若作業人員欲加入相關文件至該設備中，亦可利用此頁籤之介面進行文件上傳作業，上傳完成的文件將被儲存至網路伺服器中，其他作業人員亦可利用 BIM-FIIM 平台查閱該上傳之文件。

### ■ 查看歷史紀錄

在傳統的紙本作業中，作業人員若欲查閱該設備的歷史維護資料，常需耗費許多時間翻閱紙本文件。整合了 BIM-FIIM 平台後，作業人員可在歷史紀錄頁籤中，快速查看該設備之歷史回報紀錄及處理狀態，進而瞭解該設備在先前維護的狀況，進而判斷設備異常的可能性。

### ■ 選擇回報問題

在回報狀態的頁籤中，本文考量巡檢作業為一種移動性的作業，作業人員若需要輸入許多文字敘述方能完成回報動作，則需耗費大量的時間在資料輸入。因此，在此頁籤的表單介面中，大部分的資料欄位皆由系統自動輸入，例如設備編號、檢查人員及回報時間，而作業人員僅需利用下拉式選單選擇設備狀況，即可將設備問題回報於平台資料庫中，節省資料輸入所耗費之時間。



圖 5 BIM-FIIM 平台介面

重複以上作業流程，巡檢作業人員可藉由 BIM-FIIM 平台及 BIM 模型快速地進行巡檢作業，並簡易地將巡檢作業結果與 BIM 模型物件進行整合。本文在上述所提出之作業流程，僅針對巡檢作業進行探討。不過，在其他應用作業中，只要作業人員清楚地了解該作業流程與內容，亦能提出給平台開發者，客製化開發與 BIM 模型整合的作業介面，使 BIM 模型充分利用至其他作業流程中。

## 建立「整合 BIM 技術應用平台」

在營運維護階段中，許多維護作業內容會因企業或公司的作業流程而有所不同，但現行常見的 BIM 應用軟體中，其功能大多是針對大多數人的需求所開發，並未針對單一客戶進行開發，因此有許多功能並非使用者所需要，或是尚未提供使用者需求之功能。若要充分應用 BIM 模型在營運維護作業上，則必須依據使用者需求客製化開發系統，延伸 BIM 模型的應用層面。BIM 資訊整合與管理平台即為一個客製化的系統，提供使用者將特定作業之需求及流程，開發作業介面至該平台中，進而以 BIM 模型為基礎，進行各項應用作業。本文介紹 BIM 資訊整合與管理平台之系統架構、開發內容及應用方式，提供開發者在整合 BIM 技術應用時之參考。

BIM-FIIM 平台的開發，主要為了彌補 BIM 應用軟體在功能上的不足，但仍是以 BIM 應用軟體為核心，因此在開發 BIM-FIIM 平台時，BIM 應用軟體的選擇會影響整體平台的實用性及可行性。本文選用之 BIM 應用軟體為 Navisworks，其最大的優點在於能夠整合大量的 BIM 模型，並提供完整的軟體開發工具，因此相當適合作為 BIM-FIIM 平台的開發基礎。在客製化的 BIM-FIIM 平台協助下，作業人員可利用 BIM 模型進行各項應用作業，例如本文在平台應用方法中所介紹的案例。然而雖 BIM-FIIM 平台可整合 BIM 模型進行相關應用，但並非一味地將所有作業流程整合至 BIM-FIIM 平台中，應適度地利用其他系統進行前置或後續作業應用，如利用網頁系統讀取 BIM-FIIM 平台所回報的異常資料，再進行後續的派工作業，方能使整體作業流程發揮較佳的效率。

## 參考文獻

1. Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Liston Kathleen, (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.
2. 王昌昀、蘇瑞育、蔣定棟，BIM 於捷運車站生命週期應用，捷運技術半年刊，Vol. 94，2012，pp.15-22。
3. Becerik-Gerber, B.; Jazizadeh, F.; Li, N.; Calis, G. (2012). "Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management." J. Constr. Eng. Manage., 138(3), 431-442.
4. Lucas, J.; Bulbul, T.; Thabet, W.; Anumba, C. (2013). "Case Analysis to Identify Information Links between Facility Management and Healthcare Delivery Information in a Hospital Setting." J. Archit. Eng., 19(2), 134-145.
5. Davies R.; Harty C. (2013). "Implementing 'Site BIM': A Case Study of ICT Innovation on a Large Hospital Project." Automation in Construction, 30, 15-24.
6. Marzouk M.; Abdelaty A. (2014). "BIM-based Framework for Managing Performance of Subway Stations." Automation in Construction, 41, 70-77.
7. Motamedi, A.; Hammad A.; Asen Y. (2014) "Knowledge-assisted BIM-based Visual Analytics for Failure Root Cause Detection in Facilities Management." Automation in Construction, 43, 73-83.