

「2022 中華民國營建工程學會第二十屆營建產業永續發展研討會」

## 整合BIM與AR應用於虛擬設計及施工之研究

\*何忠憲 (Zhong-Xian He)

國立台北科技大學土木與防災所  
碩士研究生

林祐正(Yu-Cheng Lin)

國立台北科技大學土木與防災所  
教授

### 摘要

隨著建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)在營建產業的普及，營建相關利益者可利用該項技術之3D視覺化特性，對專案的細節進行不同的模擬及討論，達到虛擬設計及施工(Virtual Design and Construction, VDC)的目的。但在後期卻未建立一套完善交付機制，導致在營運維護階段，若專案所有者需對管線進行維修時，僅能憑藉著工程人員之經驗來猜測管線位置並進行施工，在此過程中除了會降低施工的精確度外，也會衍生出認知的差異性。因此，本研究提出整合BIM與擴增實境(Augment Reality, AR)系統應用於VDC之模式，並透過系統的開發，將BIM模型透過AR技術與現地進行結合，使工程人員可透過該系統了解工程的相關資訊，期望有效的降低認知的差異性，並提高施工之精確度，避免產生錯誤的施工。

**關鍵詞：**建築資訊模型、虛擬設計及施工、擴增實境、Unity

## The Study of Integration of BIM and AR in Virtual Design and Construction

### Abstract

With the use of building information modeling (BIM) in the construction industry, stakeholders in construction project can apply the 3D visualization of this technology to simulate and discuss the details of the project in different ways to achieve the purpose of virtual design and construction. However, there are many limitations regarding to the use of BIM technology during the process for virtual design and construction (VDC). In order to enhance the performance of communication, the study propose approach and system for the integration of BIM and augment Reality (AR). The proposed system was applied in a selected case study in Taiwan to verify our proposed methodology and to demonstrate the effectiveness of proposed system. Finally, the study identifies the advantages, limitation, and suggestions for further applications.

**Keywords :** Building Information Modeling, Virtual Design and Construction,

## Augmented Reality, Unity

### 一、研究動機與目的

建築資訊模型的應用涵蓋了建築生命週期中從規劃階段到營運維護階段間全部的階段，藉著優異的視覺化以及虛擬的特性也使得營建產業可以於虛擬的環境中，進行各種不同的分析，對專案進行虛擬的設計以及施工。然而目前卻缺乏一套良好的交付流程，導致於營運維護階段中需要對機電管線進行維修工程時，檢修單位因無法取得相關圖說，僅能憑經驗來進行判斷以及施工，在此過程中可能因團隊間認知上的差異導致錯誤的判斷及施工產生。倘若能開發以擴增實境技術為基礎並與建築資訊模型整合之系統，並建立一套交付流程且應用於虛擬設計及施工中，則可使BIM模型與現地結合，達到虛實整合之效果。透過虛實整合的討論方式，則可減少相關工程人員於認知上的誤差，以更加方便且迅速的方式檢視需要被維修的管線位置，從而做出更加正確的施工決策，並免錯誤的決策。

### 二、文獻回顧

建築資訊模型是近年來在營建產業被廣泛推廣及應用的技術之一。BIM手冊將BIM定義為「一個塑模技術及一組相關於此技術的，用以產生、溝通與分析建築模型的流程」(謝尚賢, 2013)。而BIM模型乘載著來自不同專案的團隊的資訊，隨著設計的優化團隊成員還可藉由同一顆BIM模型獲取各自所需的資訊。BIM還可以為建築生命週期不同階段帶來不同的應用，主要是因為BIM主要的五個特性，分別是：可視化、參數化、衝突檢查、分析模擬以及施工模擬。BIM的技術應用已經在全球的AEC/FM產業中受到多國重視，而BIM的應用為竣工後的營運維護階段，帶來了更多的利益(郭韋良和謝尚賢, 2017)。

虛擬設計及施工是一種對於設計-施工專案的多學科整合性績效模型的管理，包含了專案的產品、工作流程以及組織，用來支援設計施工及營運團隊的明確商業目標(Kunz & Fischer, 2012)。史丹佛大學創造了一個專案模型，又稱為產品組織流程模型，分別包含了產品(Product)模型、組織(Organization)模型以及流程(Process)模型，因此又稱為POP模型。同時又將模型以功能(Function)、形式(Form/Scope)以及表現(Behavior)三種要素來進行表達及分析。而VDC的目的就是利用POP模型來模擬建築專案交付的複雜性，試圖在問題發生之前找出避免或解決的方法(Khanzode & Fischer et al, 2016)。

擴增實境是一種藉由電腦運算將虛擬物件與現實環境整合在一起的技術。而它的定義大致上可分為兩種，一是由以下三種內容的組成，分別是將

虛擬與現實整合、即時互動以及三維空間的標記(R. Azuma, 1997)。二是將真實環境及虛擬環境分成系統的兩端，越接近真實環境的是擴增實境(Augmented Reality)，越接近虛擬環境的是虛擬實境(Virtual Reality)，而介於中間的是混和實境(Mixed Reality)(Milgram & Kishino, 1994)。

### 三、研究內容

現今於專案竣工後，因未有一套完整的交付機制，導致於專案交付時，後來的專案所有者，將不會取得專案中水管或是電管的相關的建築資訊，但儘管營造單位於專案交付時有交付相關圖說給專案所有者，也因傳統的2D圖紙無法有效的表達管線的3D空間特性，因此在後期需要對此類管線進行翻新或維修時，檢修單位僅能透過經驗來判斷管線的走向進行施工，而在BIM的加入以後，雖可利用相關軟體檢視管線的相關資訊，但卻因軟硬體的限制，導致BIM模型無法與現地進行結合。

因此本研究將建置整合BIM與AR之應用程式並提出一套交付模式以改善過往之缺點，而在交付模式中，大致可將角色分為以下六類：(1)業主、(2)專案經理、(3)BIM工程師、(4)現場工程師、(5)後期專案擁有者及(6)檢修單位。其角色關係如圖1所示：

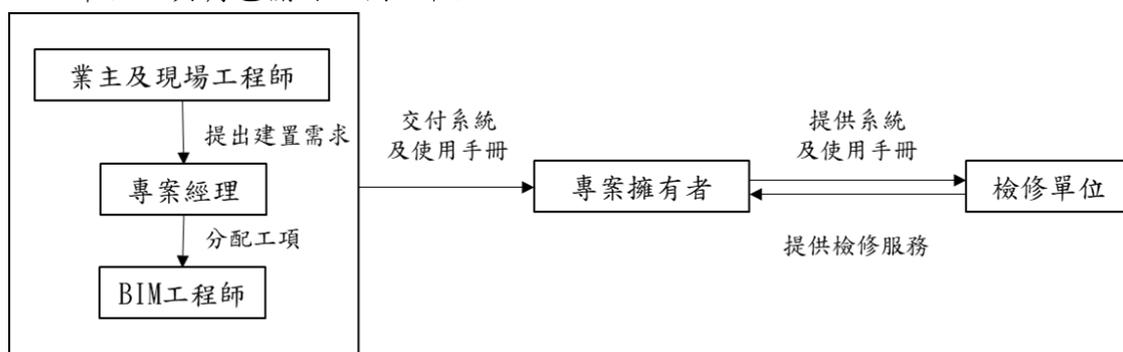


圖1：整合BIM與AR系統應用於VDC情境之角色關係圖

依據構想，資訊手冊中將會包含相關圖說外，也將包含AR程式的下載方式及使用方式。使用者僅需步驟操作，即可利用系統並依據自身或是行動裝置的移動，對BIM模型進行上、下、左、右、前、後等不同角度的檢視。為了順利進行AR系統之建置，建議業主方應於工程初期決定營運維護階段時，是否導入該系統的使用，並最晚於施工階段前提出需求，以利後續建置或更新BIM模型的工作進行。

而在系統設計時，考量到若花費過多時間於操作及學習系統將無法受益於使用該系統所縮短工程時間之益處，因此本系統應將功能極簡化，移除額外的設定，以利使用者可以用更好的效率使用該系統。並且為了突顯機電管線之三維空間關係，BIM模型將會進行材質外觀處理，以利使用者清楚分辨不同管線，並考量到裝置效能不同，因此在模型元件的精細度上，將不會要求過高。以及考量到工程專案交付特性及成本，因此系統內資料庫將以離

線方式建置，節省後期維護雲端資料庫之成本。

因此本研究在考量環境因素後選用以下軟硬體作為系統開發之基礎，而其系統建置流程如圖2所示：

- BIM軟體：Revit、3ds Max
- 擴增實境系統開發軟體：Unity、Vuforia
- QR Code產出及資料儲存軟體：Excel、Autodesk Drive
- 硬體：Samsung Galaxy TAB S7+

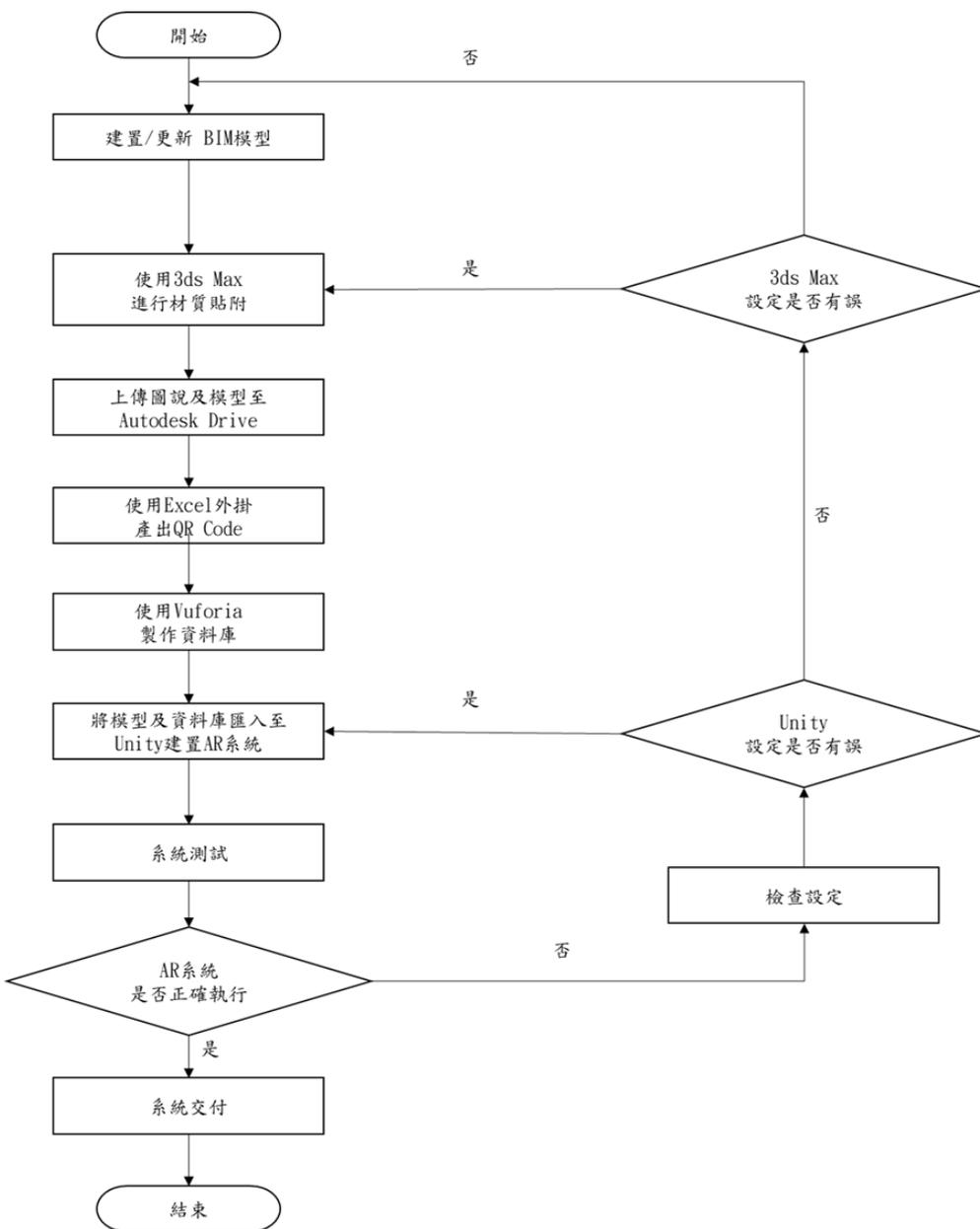


圖2：系統建置流程圖

本研究將所需應用到的軟硬體進行規劃與設計後大致分為以下六項系統核心：

1. 相機模組：為系統進行畫面之捕捉。

2. QR Code模組：為系統判別應顯示何種模型之圖形辨識檔。
3. BIM模型：為系統顯示之虛擬主體。
4. 資料庫：為系統進行資料檢索及處存之數據庫。
5. 互動模組：利用裝置中之加速度感應器等感測裝置進行運算，使用者即可藉由自身的移動來檢視模型，藉此來達到空間上的互動。
6. 圖形顯示模組：將虛擬物件及真實環境進行結合並顯示。

#### 四、案例導入

導入案例為北部某科技大學之教學大樓，建築形式為地上八層，地下五層之建物；該建物用途為學生的教學空間外，也在寒暑假時會將教室出租給校外人士舉行活動使用，因此在進行機電管線維修工程時，為避免工程之噪音等因素干擾到學生及使用場地之人員，故應最大化的避免工程之錯誤所導致之延宕完工，並盡可能地縮短施工時間。因此在營運維護階段若能導入整合BIM與AR系統之系統及應用模式，將能在施工現場透過該系統檢視機電管線之局部BIM模型，並且得益於擴增實境技術，系統顯示出之模型將與現地環境進行結合，發揮出虛實整合之優點，此為以往於電腦中檢視BIM模型時無法帶來的。在此案例中將由校方決定是否與營運維護階段中導入整合BIM與AR之系統，一旦確認導入系統後，校方也將與承攬工程之營造廠進行討論並擬定系統建置範圍，避免不必要的系統建置，而在建築工程進行中時，現場工程師也可依據自身經驗向業主以及專案經理提出系統建置之需求，一旦確認需求之必要性後，專案經理也將依據目前的工程進度，將工項分配給BIM工程師進行模型及系統之建置。在營造廠將專案完整交付給校方前，營造廠內部則須不斷對模型及系統進行檢查，且在確認系統建置正確性的同時，營造廠也將同步產出資訊手冊，將系統之使用步驟、下載方式，以及於建置範圍中之管線以包含QR Code之圖說形式，裝訂成冊。在未來營造廠專案交付給校方時，除建物本身之外，營造廠也將同時交付該資訊手冊給予校方作為後續之利用。圖3呈現本案例BIM模型及整合BIM與AR之管線結果。

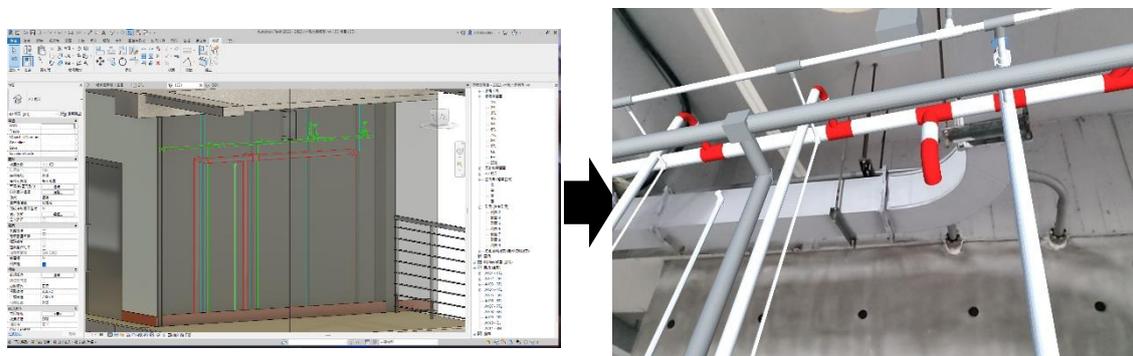


圖3：BIM模型及AR系統中之管線

## 五、結論與建議

1. BIM模型可藉由AR技術與施工現場進行結合，除可利用該系統更加快速的找到管線位置外，也使BIM模型可視化的優點得到進一步提升。
2. 透過導入整合BIM模型與AR技術之系統，使團隊成員進行VDC討論之地點將不再受限於固定位置，同時團隊成員利用VDC技術時，受益於AR技術虛實整合之特性，可減少人員因想像力不同所造成的認知誤差，避免錯誤的施工發生，並提升整體工程之精確度。
3. 系統建置過程過於費時，若能透過API的撰寫，將模型檔案自動在不同的軟體中進行轉換，將會省去大量建置時間。
4. 模型會因使用者與QR Code間之距離及環境光源造成定位偏差，建議未來可透過多點定位方式，增進系統定位之準確度。
5. 部分裝置可能因效能不足無法運行系統，建議可運用不同遊戲引擎或方式建置AR系統。

## 六、參考文獻

1. 謝尚賢，認識 BIM 技術，捷運技術半期刊，第 47 期，台北市政府捷運工程局，pp.3，2013。
2. 郭韋良、謝尚賢，全球 BIM 指引之發展簡介，第 4 期，第四十四卷，中國土木水利工程學會，pp.4，2017。
3. John Kunz and Martin Fischer, “Virtual Design and Construction Themes Case Studies and Implementation Suggestions,” CIFE Working Paper, Stanford University, pp.1, 2012.
4. Atul Khanzode, Martin Fischer, Dean Reed, & Glenn Ballard . “A Guide to Applying the Principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process,” CIFE Working Paper, Stanford University, pp.9 , 2016.
5. R. Azuma. A Survey of Augmented Reality. Teleoperators and Virtual Environments, pp. 355–385, 1997.
6. P. Milgram ,A. F. Kishino. Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Transactions on Information and Systems, E77-D ( 12 ) , pp. 1321-1329, 1994.