



捷運工程於 BIM 建築資訊模型 結合混合實境應用之前導研究

新北市政府捷運工程局局長 / 李政安

新北市政府捷運工程局科長 / 陳加乘

新北市政府捷運工程局管理師 / 王仲民

財團法人臺灣營建研究院博士、組長 / 黃正翰

財團法人臺灣營建研究院專案副理 / 吳書嫻

財團法人臺灣營建研究院專案副理 / 謝禎謙

關鍵字：混合實境、MR、建築資訊模型、捷運工程管理

摘要

營建工程產業相較於其他科技產業，應用新科技之步伐較為緩慢，現今資訊科技發達，隨著新科技發展蓬勃，於工程產業結合混合實境技術（Mixed Reality，簡稱MR）是未來重要趨勢之一，除了MR可即時互動體驗外，亦可解決工程之介面衝突與設備維護等相關應用。故因捷運工程龐大的施工量體及維護需求，本研究透過導入建築資訊模型（BIM）應用於設施維護及工程管理面向，並結合新科技MR混合實境技術，以提升設備

維護管理效率，減少捷運施工困難及排除管線衝突，協助現場設計施工與系統維護之財產管理應用之情境。

一、前言

新北市近年來各產業發展迅速，人口及都市空間發展變化極大，為解決整體交通問題、帶動地區發展，新北市政府參考國外大型都會成功經驗，著手規劃捷運三環六線的建設藍圖，來服務新興開發地區，將捷運核心延伸至外圍地區，利用轉乘機制擴大整體

服務網面，以建立大臺北地區更完整及便捷的服務路線，提供整體都市再發展動力。

在捷運工程上針對各階段不同單位之間相互溝通的效率與完整性，迄今皆為執行工程專案成敗的關鍵因素，為更加強化各階段溝通執行上之便利性，導入MR虛擬實境技術於設計階段、施工階段與維運階段，研擬展示情境應用方式，透過混合實境之穿戴式設備相關使用情境研擬及設備導入結合BIM建築資訊模型，協助推動捷運工程專案檢討工程各階段之各介面衝突與未來設備巡檢維護作業之便利性。

二、研究背景

捷運三環六線中，第一環為文湖線加環狀線、第二環由萬大至樹林線與中和新蘆線相連、第三環由板南線、土城等線延伸至三鶯及機場線。另外六線則為原先三線，淡海輕軌、汐止民生線、安坑輕軌，及新增的三線，八里、深坑和五泰輕軌，全部完成後共涵蓋19個行政區，捷運三環六線可帶動沿線24處約1700公頃整體開發區，在大臺北市境內日運量可達到180萬人次。

捷運場站的BIM模型，概念上即為將傳統紙本圖面的資訊數位化，以資料庫的方式儲存運用，有了建物的數位資料後，等於有了所有衍生資料的骨幹，讓數位資訊能夠對應空間，後續才有機會導入資訊系統，將所

有的應用串接在一起。

BIM模型因為包含大量捷運工程相關資訊，除了最基本的應用之外，當相關資訊系統建置完成後，後續還有許多衍生的應用方式，若以正確方式規劃使用，輔以MR設備能夠展現空間感、及能夠空出雙手的優勢，將可以進一步增進BIM模型帶來的價值，其使用MR技術進行多人檢核與溝通，應用於土木工程的设计過程、施工管理、營運管理等全生命週期管理過程，這使得各階段的溝通協調更為便利，設計變更時增加修改效率與準確度、減少人為錯誤，進而提高BIM模型提供給參與者的使用效益，實為值得探討的問題。

因此本研究將協助捷運工程透過MR技術輔助設計階段檢核設計空間與機電管線建置合適性，在施工階段於施工前結構體完成時甚至可使用MR將機電管線呈現於施作完成之結構體，預先檢核結構物體內管線走向，降低機電工程管線與空間規劃變更設計之風險，此為營建產業未來努力的方向，但除了高階技術的呈現之外，一般的傳統文書施工圖本、測量工具、工程筆等隨身物品還是必須的，此時若需要挪用一隻手甚至兩隻手來操作行動裝置，會降低巡檢效率，因此，為了能夠使巡檢人員能夠在捷運工程的施工現場，更便利的透過MR混合實境結合BIM模型，可導入MR相關設備及其應用，為施工人員帶來更為便利的科技應用體驗，以下將針



對各階段導入MR技術應用內容說明。

三、各階段導入MR技術應用說明

BIM模型由於所含資訊量龐大，並且包含許多設計細節，若只從平面螢幕上瀏覽，不容易感受實際空間感，且BIM軟體操作需要一定熟練度，初學者不容易從中快速定位到需要的空間。目前雖然有部分解決方案能夠簡化模型導覽的操作，但對於完全不熟悉電腦操作的使用者，還是有一定門檻存在。

本研究運用Microsoft HoloLens 2執行相關工作項目，其導入安坑輕軌運輸系統工程K9車站之設計階段BIM模型，且此MR設備可透過手勢操作，使用方式較為直覺，可以讓從未使用過BIM軟體的使用者快速上手，不需要花額外時間熟悉快速鍵等操作，BIM工程師以外的一般使用者也能夠開始使用模型，取得模型資訊及看到最後實際完工的狀況，以便在設計初期就能提供回饋，進而減少現場修正的成本及減少浪費。

BIM模型要能在MR環境下應用，需要一套雲端資訊系統服務，於MR環境下提供各式功能，並處理、同步及儲存BIM模型及應用數據，讓所有資訊能在雲端進行管理，另需包含使用者認證機制，以確保資料安全，此MR資訊系統服務簡稱為MR系統，本研究針對以下兩式情境模擬相關MR應用方式。

(一) 設計與施工階段之情境模擬

由於設計作業整合上，須先從前端業主與使用單位的需求進行整合工作，且設計經常會快速變動調整，透過BIM整合建築結構與機電模型，避免相關碰撞問題產生，但整合過程中常會面臨多方顧問討論時，不易透過以往傳統2D平面圖呈現各系統配置進行溝通，造成溝通上的誤解而拖慢整體專案時程及增加成本，透過MR裝置呈現BIM模型及資訊，讓協同合作的過程更加順利並減少認知誤差。

1. 於MR虛擬環境瀏覽BIM模型

建模人員於軟體內建置的BIM模型，經過模型精密轉檔及處理後，透過MR系統在MR設備內開啟，須能透過雙手移動及縮放BIM模型，以利清楚檢視模型細節並找出可能的問題點，如圖1所示。

2. BIM模型系統拆分及切換

由於BIM模型元件眾多，不容易從龐大的BIM模型快速找到所需資訊，系統需要能將BIM模型進行具實務意義的拆分，讓使用者能夠快速切換、分解組合各系統，如圖2，以利在日常檢修作業時，增進BIM模型使用效率。

3. 模型切割

由於機電管線經常位於天花板或管架上，通常視點不易從錯縱複雜的結構及管線

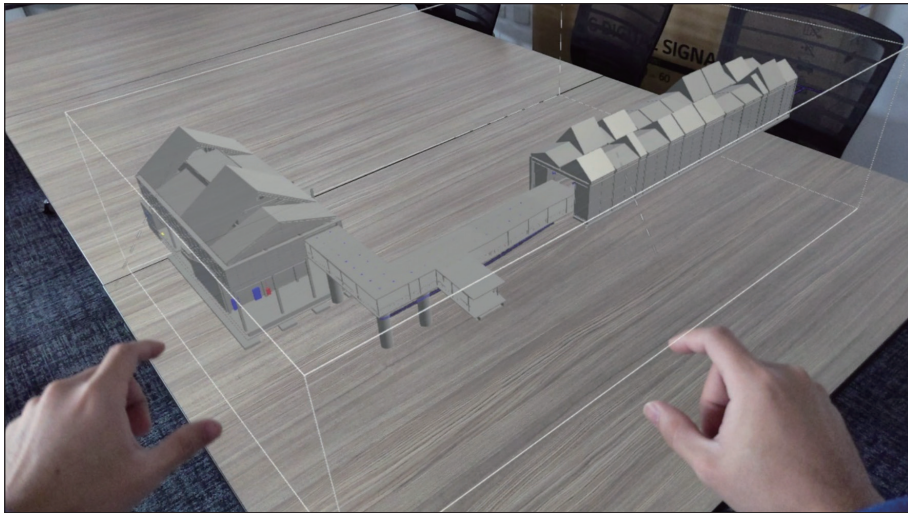


圖 1 虛擬實境 BIM 模型 -MR 環境瀏覽示意圖 (資料來源：本研究彙整)

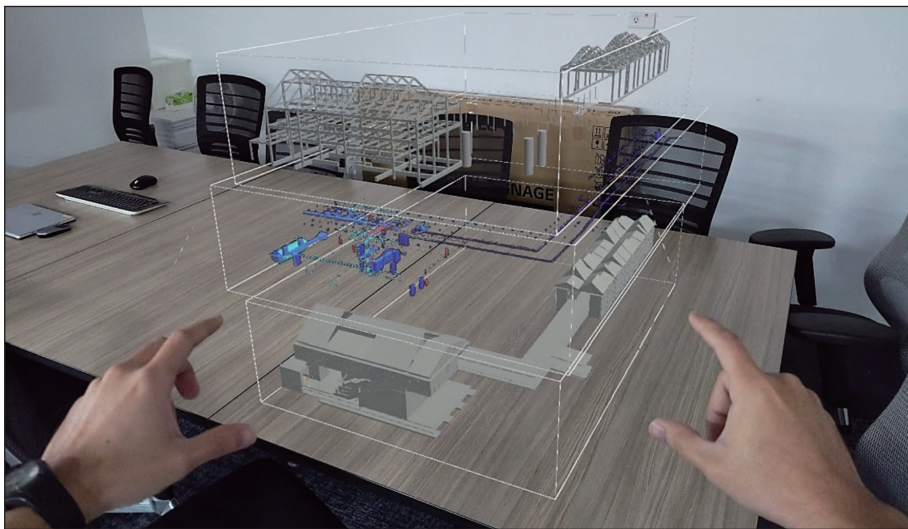


圖 2 虛擬實境 BIM 模型 -系統拆分示意圖 (資料來源：本研究彙整)

中尋找所需元件，MR系統需具備切割模型功能，如圖3，以將阻礙視線的元件排除，用以直觀檢討特地區域複雜管線配置與空間規劃等項目。

4. 衝突點檢視

BIM模型內的碰撞點，若牽涉到多個系統間的干涉，不容易於平面螢幕呈現複雜的相對關係，若以MR裝置呈現，可以更加自由

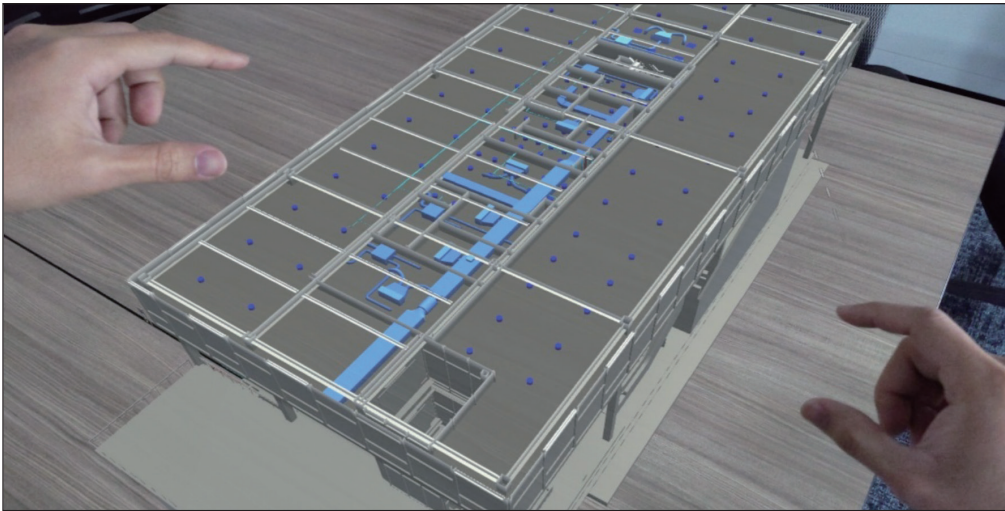


圖 3 虛擬實境 BIM 模型 - 剖切功能示意圖 (資料來源：本研究彙整)

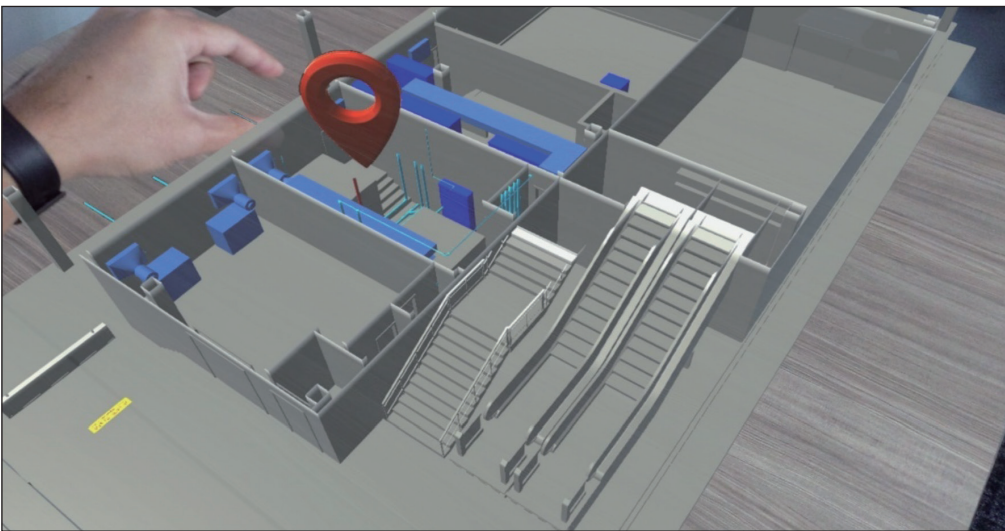


圖 4 虛擬實境 BIM 模型 - 衝突點定位檢視示意圖 (資料來源：本研究彙整)

移動視點，確認周遭物件是否有影響碰撞因素，如圖4所示。尤其針對BIM模型內管線及結構衝突，使用者可以在MR環境下檢討最佳解決方式，讓設計整合更加順暢。

5. 議題檢視、管理

於設計與施工階段，經常有各種界面需要整合，過程中需要多方顧問協調，整合議題可藉由雲端平台統一紀錄、追蹤、管理，



圖 5 虛擬實境 BIM 模型 - 多方協調示意圖 (資料來源：本研究彙整)

讓專案參與人員能在MR環境下協同討論，並於平板裝置或個人電腦管理相關紀錄，如圖5。

6. BIM資訊查詢

使用者除了BIM模型以外，需要經常查看BIM資訊，MR系統需讓使用者能夠輕鬆存取BIM模型中的重要資訊，如圖6，作為討論依據及檢核正確性。

7. 真實比例檢視、模型定位

當討論大範圍整合時，通常會利用建築微縮模型進行溝通；當討論細部時，則會需要以真實尺度1:1呈現BIM模型，並且於必要時，將BIM模型疊合至現場環境，以確認模型與現場的差異，如圖7所示。

8. 模型量測

由於MR環境下的BIM模型允許使用者自由縮放，目視模型無法判斷尺寸，需要一套工具讓使用者進行量測並取得模型內確切尺寸，如圖8所示。

(二) 維運階段之情境模擬

捷運工程的營運維護階段在建築生命週期所佔的時間最長，也是真正發揮使用價值的階段，建物內的各種設備皆有相關的維護檢修規劃，傳統透過紙本表單進行管理及記錄留存，不易即時傳遞，且需要花大量時間彙整，長期累積的大量資料也難以調閱。

透過數位化作業流程可以大幅改善以上

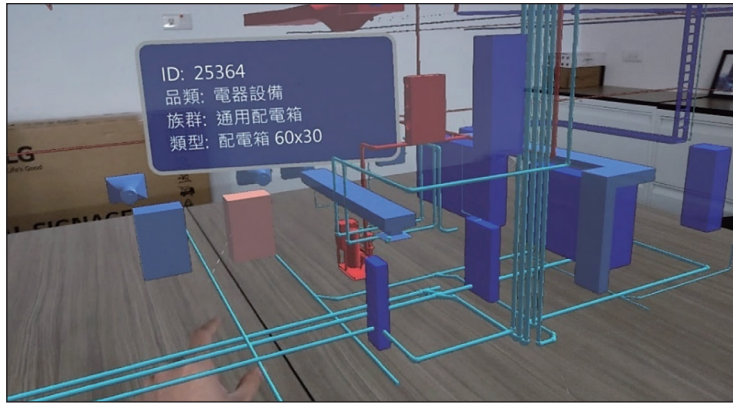


圖 6 虛擬實境 BIM 模型 -BIM 資訊查詢示意圖 (資料來源：本研究彙整)

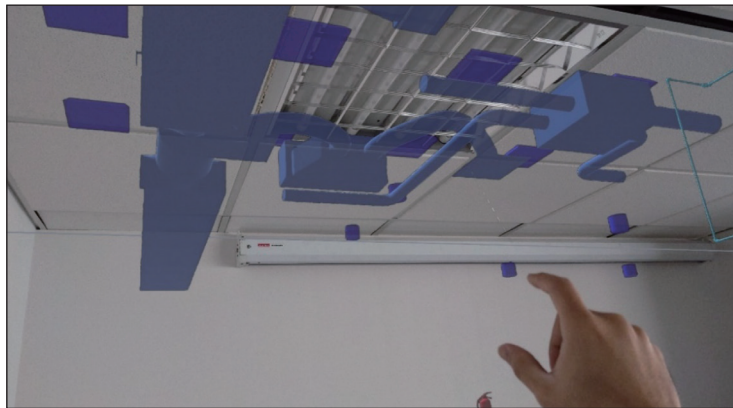


圖 7 虛擬實境 BIM 模型 - 現場真實比例檢視示意圖 (資料來源：本研究彙整)



圖 8 虛擬實境 BIM 模型 - 模型量測檢視示意圖 (資料來源：本研究彙整)



問題，但對於特定需要雙手操作的檢修作業，多帶一台手持電子裝置會成為作業負擔，透過MR裝置的手勢偵測功能，可以讓現場人員得以空出雙手進行作業，同時在檢修作業取得正確資訊。

1. 遠距技術支援

第一線人員在現場檢修專業設備時，當遇到較為複雜的技術問題時，可透過MR系統

遠端請求原廠專業技師協助，透過MR設備的空間定位功能，將操作指示標註於現場的相對空間內，讓現場能夠快速排除狀況，如圖9所示。

原廠技師亦可透過MR系統傳送設備技術文件如操作維修手冊等，讓現場人員能夠查閱相關資料，同時空出雙手進行作業，如圖10所示。



圖 9 遠距技術支援示意圖（資料來源：Microsoft）



圖 10 使用者操作示意圖（資料來源：Microsoft）



2. 遠距支援檢修紀錄影像

檢修作業後結束，為避免同一類問題重複發生，遠端協助的紀錄影像，可同步至MR系統，做為教育訓練或相關維修紀錄用途，增進日後服務品質及效率。

3. 查閱設備文件

透過MR裝置的文件檢視功能，現場人員得以在不干擾作業的同時，調閱相關的設備技術文件，如圖11。

4. 派工單檢視、維護紀錄

維運階段中維護作業流程，通常包含各式檢查表及派工單，作業結束後需要額外花時間彙整，透過MR系統整合工單紀錄，維運過程中的所有維修派工紀錄及相關維護表單，可儲存同步至雲端，在網頁介面下亦可進行管理及查看。

四、研究結果

(一) 研究成果

為提升產業執行效率，將捷運工程生命週期導入MR混合實境之新技術，避免管線與建築結構發生衝突，更能了解管線於圖面上配置，實際在現場配置後呈現的走向與規劃是否利於施作與檢核，進而控制進度與成本。於管理方面，捷運工程各式設備在完工之後被使用的過程中，關於當初購置廠商、保固商、產品規格、操作手冊等相關資訊，都可以在BIM模型技術的幫助下更有效的完整保存，運用MR實境技術達到最佳的使用與呈現方式。藉由MR與BIM等技術，將工程整個專案生命週期，進行視覺化呈現、降低各式風險，進而節省時間、成本及提升專案品質。



圖 11 查閱設備文件示意圖（資料來源：Microsoft）



本研究案將捷運工程BIM模型導入Microsoft HoloLens 2呈現設計、施工及維運階段模型於實際案場，將MR技術結合BIM模型實際於各階段進行模擬，進而模擬建築結構與機電系統碰撞衝突、機械設備維運資訊管理、維修派工作業等項目，以降低變更設計、提升現場施作精確性與營運維護資料完整性。因此本研究將運用MR技術之經驗以期將導入更多類型工程，使營建產業結合更多元的智慧科技應用，提升工程上混合實境的應用成效，增進相關產業高科技發展趨勢。

參考文獻

1. 周淵清、陳宜民，「BIM 結合 VR 之工程應用」，中興工程，第 145 期，P.15-P.20，108 年 10 月。
2. 黃琬淇、周淵清、許睿叡、廖翊含，「虛擬實境技術於工程實務之應用」，土木水利，48 卷 1 期，P.17-P.21，110 年 2 月。
3. Haythem Bahri, David Krcmarik, Reza Moezzi, Jan Koci, "Efficient Use of Mixed Reality for BIM system using Microsoft HoloLens", International Federation of Automatic Control, 2019.
4. Microsoft HoloLens 2 on web, <https://www.microsoft.com/zh-tw/hololens>