

全景影像偵察系統應用於城鎮戰之研究

作者／黃雯禧少校

提要

- 一、隨著數位化科技的快速發展，資訊傳輸量與速度都在與日俱增，建立即時並完整獲取情資的系統，已是各國相關部門不可或缺的重要基礎建設。本文基於全景影像的設計與發展，以空間情報科技的觀點來探討全景影像應用於偵察系統的解決方案及效能，並以「Google 地球(Google Earth)」¹為基礎的全景影像偵察系統進行驗證。
- 二、城鎮戰在近期世界各國的戰役中，已變成不可避免的戰爭型態，應是積極的調整相關編裝與作戰方式，以因應未來作戰需求。而台灣的作戰也從之前的「灘岸決勝」，延伸到濱海城鎮與政治、軍事、經濟重點城市，如何打贏城鎮戰是我們國軍不可避免的重要議題。
- 三、當全景影像研究成果應用於城鎮地區的監控、作戰區域的戰術運用及部隊任務研析等，除了拓展城鎮戰偵察應用範疇，對於我國在地理空間情報科技的技術提升也具有一定的貢獻。

關鍵詞：全景影像、城鎮戰、偵察、地理空間情報。

前言

人民居住的聚落，從早期的村莊、鄉鎮，逐步演變為城市，甚至發展成政治、經濟、軍事的重要都市，若一個都市遭到毀壞，將有可能影響到國家的運作。從近期世界發生的軍事衝突可以發現，多數的作戰地點均發生在都市城鎮，如索馬利亞「摩加迪休」、車臣「格洛茲尼城」、伊拉克「巴格達城」、「法魯加城」與近期的敘利亞「大馬士革」，城鎮地區將成為戰爭的必要地點或決勝點。

我國隨著經濟發展與現代化，不論是濱海城市或者北中南城市，都有高度的發展，從建築上的材質、建築量的多寡、交通規劃與民生設施，已發展到一定的規模。若發生台海戰役，則城鎮戰將無可避免。從作戰防禦的角度來看，濱海城鎮可以直接控制港口，阻敵上岸，或進行大規模行政下卸；敵軍機動所必經的內陸城鎮，則可以遲滯敵軍行動、削弱敵兵力；政治經濟都市，雖必定是敵軍所要攻擊區域，但是若利用城鎮設施嚴加防禦，將可以拒敵於外。

當部隊對城市實施防禦部署時，可先期運用當地人員、地圖與監視影像實

¹ 「Google 地球(Google Earth)」是由 Google 公司開發的虛擬地球儀軟體，並將衛星相片、航照照片與地理資訊佈置在地球的三維模型上面。

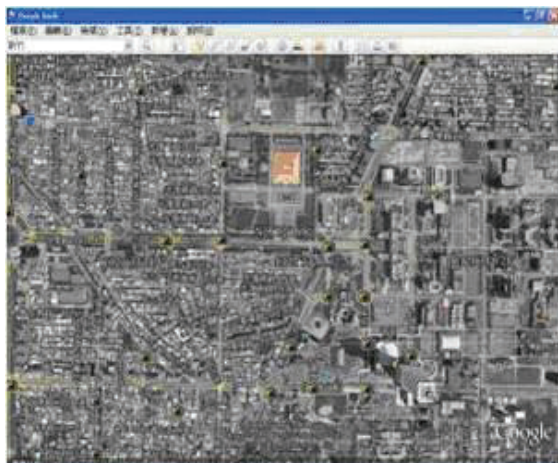


施陣地規劃，若敵人來襲，我們認為如果第一線深入作戰區的偵察人員能利用全景攝影設備結合全球定位系統(Global Positioning System, GPS)定位資訊回傳至指揮所，則戰場整備效能必能大幅提升，而作戰決策將更快速與正確。

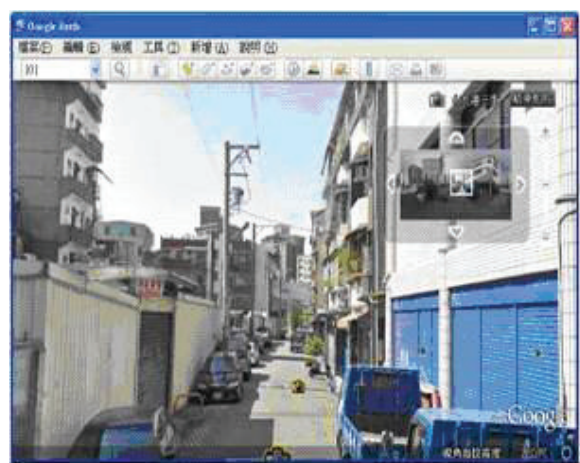
若以傳統照片、遙測照片與全景影像比較，傳統照片顯示的二維平面屬於區域型、片段的，能呈現的資訊較少，若為衛星遙測照片則需要考慮到衛星拍攝時間點、拍攝角度與拍攝環境（如雲層、降雨等）；而全景影像在一張照片即包含上、下、左、右、前、後的全方位資訊，也就是 360×360 度的球面影像，²例如目前在 Google Earth 的部分街道上所提供的街景視圖，³已具有影像偵察情資的概念，使用者可以藉由網路獲取感興趣地點的完整環場資訊（如圖一）。

圖一 Google Earth 街景視圖

(a)Google Earth 地圖



(b)全景街景影像



資料來源：〈台北信義區〉《Google 地圖》，<http://www.google.com/maps/views/streetview?gl=tw&hl=zhTW>，2015 年 3 月 20 日。

然而受限於時間及儲存量的限制，街景視圖提供的是定點、時間間隔長的靜態圖像而非連續的影片，無法實際應用於偵察任務層面。

為因應上述防衛作戰任務需要，本研究開發了一套成本低、使用便捷、具擴充性以及結合地理資訊的全景影像偵察系統，並且規劃於作戰各階段使用，將有助於提升現有偵察系統效能，甚至能運用到警用治安、特勤維安等任務。

全景影像具備以下優點：當我們用數張平面影像拼接成全景影像，所得到的視覺效果將超越原有的平面照片，配合現今電腦科技的擴增實境 3D(3 Dimensional)動畫瀏覽技術，給人的感覺是一個身歷其境的整體感，而非片段的圖片，也就是其所提供的資訊量及視覺效果遠大於原始的平面圖像。因此，我

² WIKIPEDIA, <http://en.wikipedia.org/wiki/Panorama>, 2015, p.1.

³ 陳冠璋，〈地圖結合與互動全景街道系統〉（台南：國立成功大學資訊科學與工程學系研究所碩士論文，民國 97 年），頁 41~45。

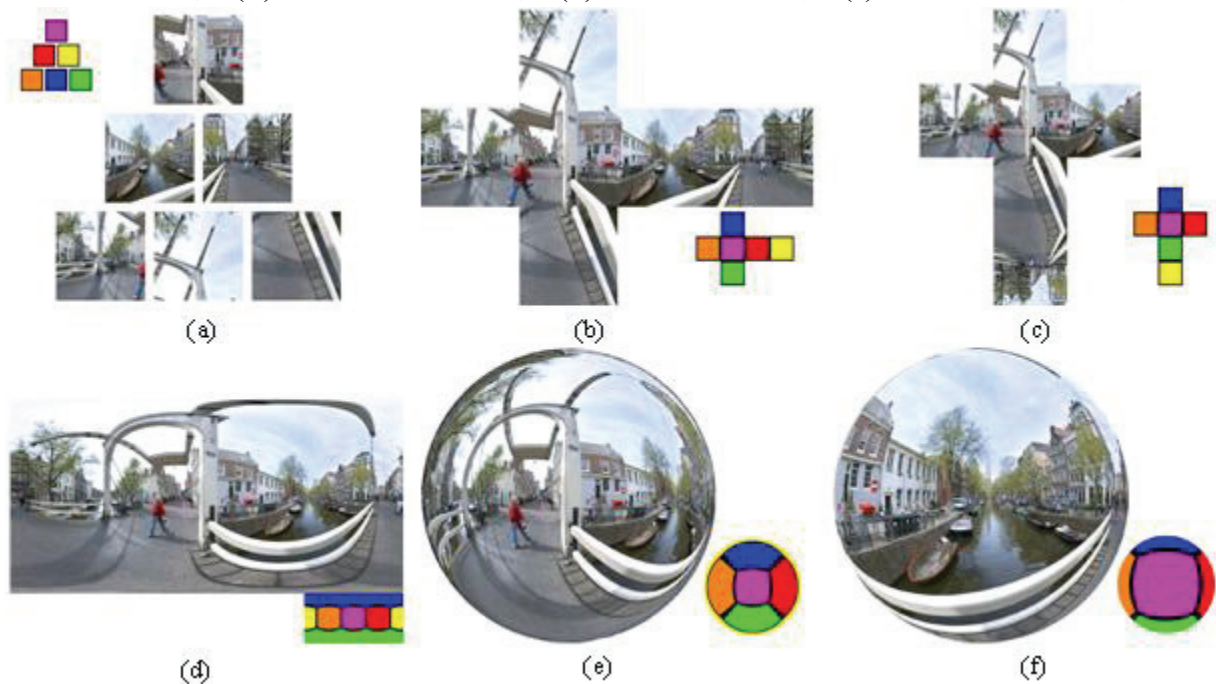
們利用全景影像拍攝技術，在城鎮戰中可以使用的機會，包含戰場先期偵察、通信網路建置、後勤資源整備與部隊部署，以取得先機，獲得作戰優勢。

全景影像

一、技術發展

全景影像是指一張可以涵蓋指定地點周圍的影像，就如同我們常見的世界地圖繪製原理一樣，都是以幾何投影的方式，將 3D 的球體表面以 2D(2 Dimensional)的平面圖像來展示，其差別在於世界地圖描繪的是地球的表面，觀察者是位於球體的外面；而全景影像描繪的是球體的內壁，觀察者是位於球體的中心。圖二所示為原始圖像轉換至其它不同座標後的成像結果。

圖二 全景影像的座標投影成像結果 (a)原始圖像 (b)水平接合圖像 (c) 垂直接合圖像 (d)經緯度投影圖像 (e)球面投影圖像 (f)凸鏡面投影圖像



資料來源：“Bixorama,” [Outerspace-software](http://www.outerspace-software.com/bixorama.html#examples), <http://www.outerspace-software.com/bixorama.html#examples>, 2015/3/21.

當我們用數張平面影像拼接成全景影像（如圖三），所得到的視覺效果已超越原有的平面照片，其概念雖然早在 1987 年就被提出，但是單就一張全景影像無法吸引人們太多的興趣。發展至今，配合電腦科技的擴增實境 3D 動畫瀏覽技術，給人的感覺是一個身歷其境的整體感，而非片段的圖片，也就是其所提供的資訊量及視覺效果遠大於原始的平面圖像。至此，全景影像的價值才得以彰顯，甚至大量運用在觀光旅遊等相關行業。



圖三 全景影像的拍攝與拼接



資料來源：“Technical,” Frompari, <http://fromparis.com/technical.html>, 2015/3/21.

二、應用探討

近年來，國內、外研究團隊對全景影像的研究，主要是全景影像的拍攝及拼接技術，然後將成果實際應用在實境導覽、3D 建模、視覺導航等，例如 Wu⁴ 及 Koyuncu⁵ 學者，就是採取逐一捕捉單一圖像方式，拼接成虛擬校園影像，將 360 度全景圖像和熱點結合，可以看到校園各處周圍環境。而日本的株岩根研究所則開發一種 3D 自動連續結合影像(Programmable Continuous Combined Image, PCCI)的技術，⁶此一技術可以利用連續的全景影像，配合簡單的人工編修（選取建築物邊界線），就可以很快建立出該建物的立體模型，並將拍攝影像所取得的照片貼附在建物模型上。

三、產製概述

目前獲得全景影像方法，大致可分為逐一捕捉單一圖像或同時採集圖像二種；逐一捕捉單一圖像的方式為使用單鏡頭相機、三腳架及雲台（為連結相機與三角架之裝置，具轉軸之平台，可讓相機左右平移與前後傾斜），拍攝一系列的照片，利用合適的軟體工具，執行影像處理與校準求得特徵點，再依特徵點逐一投影與融合，完成影像編輯、拼接、縫合等程序，展示一個完整的數位全景圖像。⁷另一種同時採集圖像方式則利用多攝影鏡頭的攝影機拍攝，在原廠設備已設定最佳參數的原則下，在幾乎同一時間拍攝情況下，迅速產生全景圖像，這個方法涵蓋各個方向的視野，⁸如圖四。

⁴ Wu, S., Wang, R. and Wang, J., “Campus Virtual tour System based on Cylindric Panorama,” 11th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, Beijing, China, vol.22, 2004, pp.1-6.

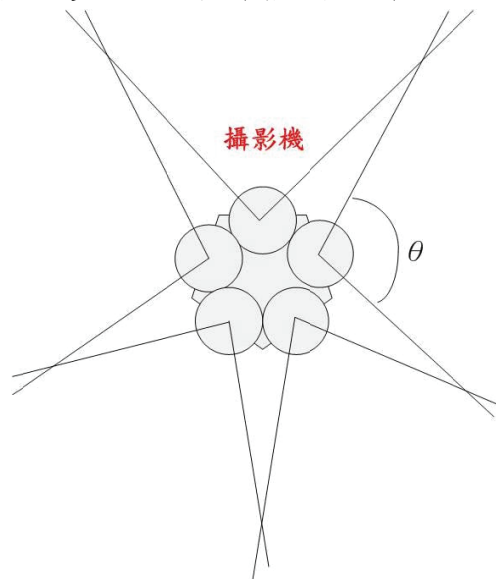
⁵ Koyuncu, B. and Kocabasoglu, P., “Virtual Campus,” International Journal of Computer, Vol.1, No.4, 2007, pp.280-284.

⁶ “Iwane,” <http://www.iwane.com/en/index.php#3dpcci>, 2015, p.1.

⁷ Li, Y., Shum, H.Y., Tang, C.K. and Szeliski, R., “Stereo Reconstruction from Multiperspective Panoramas,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.26, No.1, 2004, pp.45-62.

⁸ Haggren, H., Hyyppa, H., Jokinen, O., Kukko, A., Nuikka, M., Pitkanen, T., Pontinen, P. and Ronnholm, P., “Photogrammetric Application of Spherical Imaging,” Helsinki University of Technology Report, Finland, 2004, pp.1-10.

圖四 多指向外攝影機拍攝示意圖



資料來源：作者繪製

本文所提出全景影像偵察系統，係利用 LadyBug3 全景攝影機（如圖五）執行拍攝作業，⁹產製方式係將每張影像做投影至球形體上，影像區分成多個不同的區塊，運用投影分類演算法及位移，來區分每個區塊的紋路特性，算出精確的位移量後即可找出適當的接合區域，根據相鄰兩幅圖像重疊區域的相關性，確定匹配的領域，¹⁰以便進行每張影像接合的程式，最後達到環場影像接合目的。

圖五 LadyBug3 全景攝影機



資料來源：“Ladybug3,”Point GREY, http://www.ptgrey.com/products/ladybug3/Ladybug3_360_video_camera.asp, 2015/3/21.

圖像是全景影像播放的基本單元，可藉由圖像採集(Image Capture)、校正(Correction)、拼接與縫合，使其有如 360 度的圖像展示，在 Ladybug3 全景影像

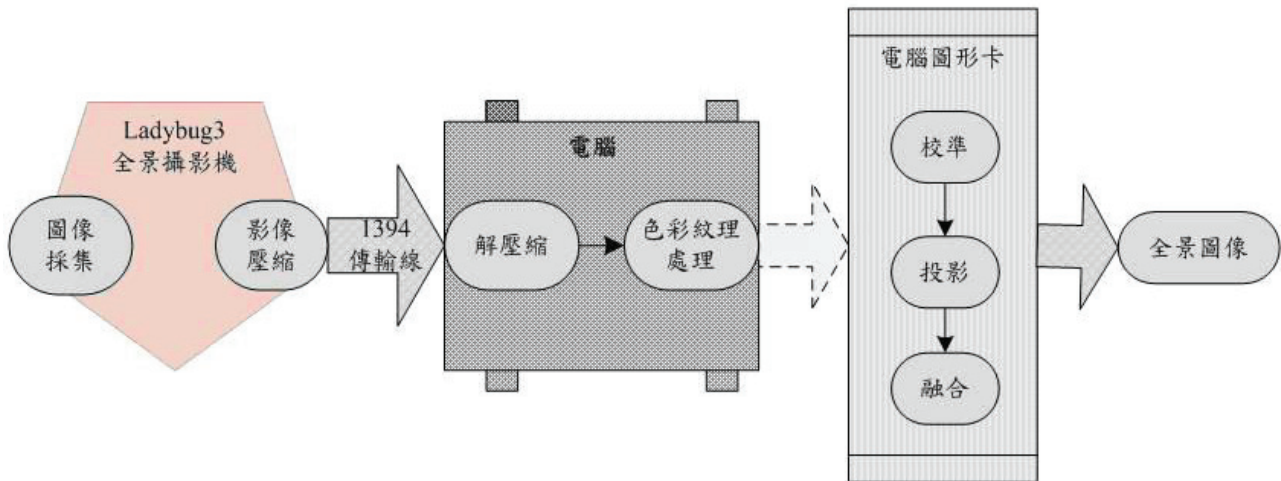
⁹ Point GREY, http://www.ptgrey.com/products/ladybug3/Ladybug3_360_video_camera.asp, 2015, p.1.

¹⁰ Technical Support Team, “Technical Application Note TAN2008010,” Point Grey Report, BC, Canada, 2008, pp.1-4.



攝影機影像產製流程，需經過幾個步驟來處理，這些步驟包括 JPEG¹¹ 圖像壓縮、解壓縮、色彩紋理處理、校準和縫合。在這些過程中，只有 JPEG 壓縮是經由相機處理，解壓縮和色彩紋理則由個人電腦處理，最後再完成影像校準，與拼接成一全景圖像，流程圖如圖六。

圖六 全景圖像產製流程圖



資料來源：作者整理繪製

地理空間情報科技

一、地理空間情報

地球上任何事件的發生，皆有其對應的時間與空間；而與事件發生的時空有關的情報即為地理空間情報(Geospatial Intelligence, GEOINT)。¹²地理空間情報科技是對地球周遭事物評估與視覺描繪的一種方式，分析情報所需的數據來源包括圖像、地理空間數據及其他遙測資料，例如：衛星、無人飛行載具或偵察機等，只要能將目標點的地理資訊與相關資料相結合，並藉此獲取我們所感興趣的情報者，都可稱之為地理空間情報（如圖七）。

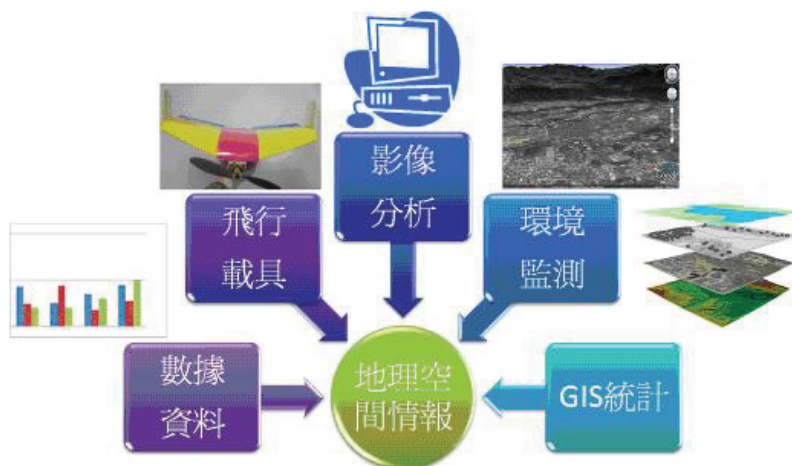
根據美國地理空間情報局(National Geospatial-Intelligence Agency, NGA)的定義，地理空間情報是指藉由影像及地理空間資訊的開發及分析，來描述、存取及繪製地球上某一區域的物理特性，以及與地理有關的活動¹³。現代科技利用衛星、偵察機或各種無人載具(Unmanned Aerial Vehicles, UAV)進行情資蒐集，並結合 GPS 定位、網際網路及無線傳輸的技術，以及電腦軟硬體與演算法的精進等，使得情報獲取速度及準確性都較以往大幅提升。

¹¹ JPEG，針對相片影像失真壓縮標準方法，由聯合圖像專業小組(Joint Photographic Experts Group)於 1992 年提出，1994 年獲得 ISO10918-1 的認證。

¹² Lin, C.Y., Natsev, A, Tseng, B.L., Hill, M, Smith, J.R., and Li, C.S., "Content Transcoding Middleware for Pervasive Geospatial Intelligence Access," IEEE International Conference on Multimedia and Expo, Vol.3, 2004, pp.2139-2142.

¹³ Robert, B.M., "Geospatial Intelligence Basic Doctrine," National Geospatial-Intelligence Agency, U.S.A, 2006, pp.5.

圖七 地理空間情報



資料來源：作者整理繪製

二、資料庫與操作平台

有完整的地理空間資訊資料庫及操作平台，才能支援進一步的資料分析及展示工作，並獲得我們想要的情報，也就是地理空間情報。地理空間資訊是描述地球表面特性的統稱，傳統的地理資訊獲取來源就是我們所熟知的地圖，藉由瞭解地圖所描繪的資訊，我們可以不受肉眼的視野限制，延伸對周遭地理環境的認知。

即使在早期沒有電腦的年代，紙本地圖已經是許多軍事及民生應用不可或缺的工具，例如加上等高線的地圖相當於描述了地表的高度變化，可以作為軍事部署的參考依據；包含街道巷弄以及建築物地標的地圖可以作為旅遊行程規劃的參考；若搭配指北針的運用，則可延伸作為導航及預防迷路的工具。紙本地圖所能提供的資訊有其先天的限制，例如：在二維的地圖上疊加許多圖層，將使得整張地圖顯得凌亂且難以判讀；如果將細部的街道巷弄等資訊清楚標示於地圖上，則必須把整張地圖加大（比例尺加大），而導致印刷及收藏不易的缺點。

隨著電腦科技的發展，地理資訊資料庫系統的開發，輕易解決上述紙本地圖的缺點，在結合遙感探測以及網路通訊科技的發展，地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 資料庫系統的儲存內容、展示效果及應用層面也都有顯著的擴展。除了可無限制疊加及選擇性的顯示，圖層資料也可以是各種形式，包括文字、影像及數據等。藉由視窗操作介面程式的操作及展示，使用者可以進行查詢、新增及修改資料外，輸出檢視畫面也可藉由電腦繪圖科技的協助，呈現 2D、3D、動畫的顯示效果，以及藉由畫面的縮放來呈現不同細

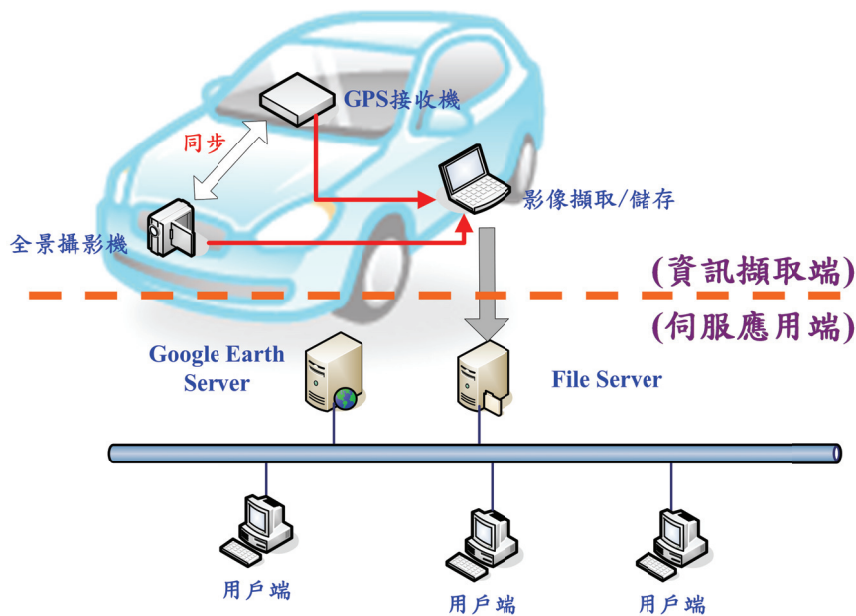


微程度的地理資訊等。在應用方面，不論是軍事應用的作戰規劃及戰場共同圖像展現，或是個人應用的汽車導航等，GIS 資料庫系統已是現實生活中不可或缺的一項工具。

三、偵察系統架構概述

本研究建立的系統架構概念（如圖八），主要分為影像資訊擷取端及伺服應用端。影像資訊擷取端通常屬於移動式的，設置地點是在車輛或飛行載具內，以機動方式進行影像資訊蒐集；而伺服應用端則為一個資訊處理及分析的場所，設置地點可以在建築物的室內空間或是機動中的車廂內。

圖八 全景影像偵察系統架構



資料來源：作者整理繪製

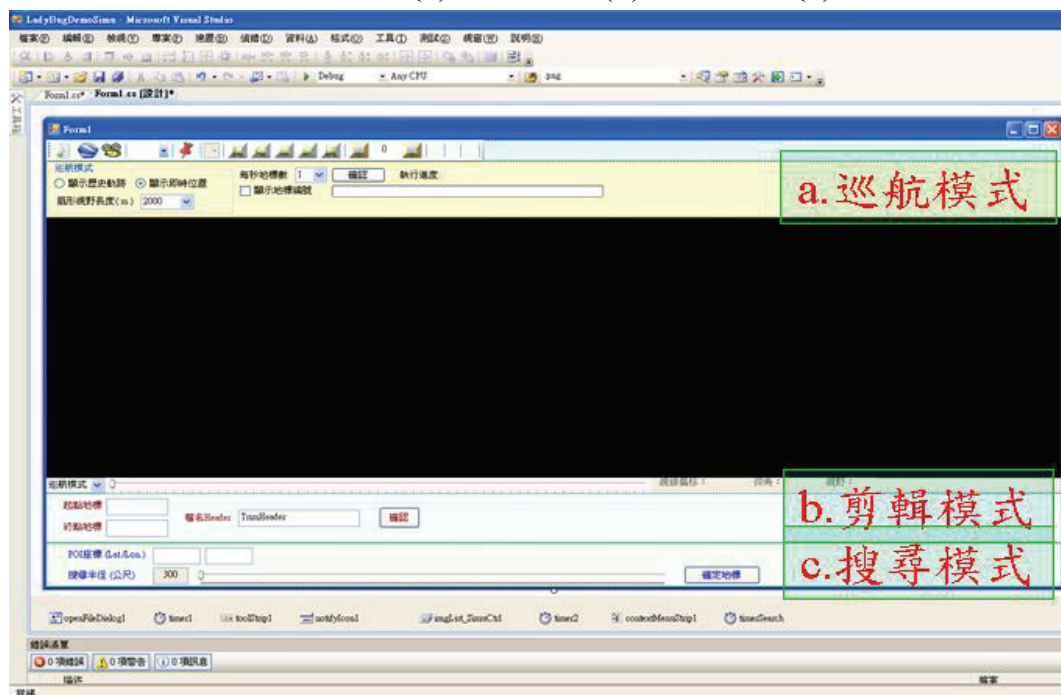
影像資訊擷取端的主要設備包括全景攝影機、GPS 接收機以及影像擷取/儲存裝置等三項。全景攝影機負責全景拍攝任務，GPS 接收機負責計算定位資訊，包括經度、緯度、高度、航速及航向等資料；而影像擷取/儲存裝置通常是一部高階的筆記型電腦，以滿足高速運算及大量儲存的需求。伺服應用端部分則包含檔案伺服器、Google Earth 伺服器與用戶端等三部分，檔案伺服器用來儲存資訊擷取端所獲得的全景影像及 GPS 數據資料；Google Earth 伺服器則提供 Google Earth 所需的圖資及地標等地理資訊；而用戶端則是分散於內部網路的個人電腦，電腦必須安裝 Google Earth 用戶端程式介面，以及本研究所設計的 Google 應用程式介面（Application Programming Interface, API）程式。為了簡化或測試方便，可將檔案伺服器合併於 Google Earth 伺服器，或是用戶端的電腦內，但不影響整個系統功能的完整性。

系統的運作方式，首先由搭載於車輛上的影像資訊擷取裝備隨著車子的移動，同步進行全景攝影以及 GPS 航跡資訊蒐集作業；一旦資訊蒐集完成後，儲存於筆記型電腦的影像資訊，可透過遠端連線等方式載入到伺服應用的檔案伺服器內，並結合 Google Earth 伺服器來提供用戶端的應用程式進行存取使用。

四、系統操作介面與功能

本研究程式的開發，結合 Google Earth API 類別庫，實現控制 Google Earth 用戶端的設計平台（如圖九）；設計功能模式可區分為巡航模式、搜尋模式、剪輯模式等三類，其中以巡航模式為全景影像行動中的展示，包含從啟動 Google Earth、開啟檔案、顯示全景影像及相關控制播放等；搜尋模式為設置關注點及半徑，瞭解事件半徑內可能包含的影像，作為重要事件影像查詢；剪輯模式可於原影像檔案設置所需影像起迄點，作為爾後影像拼接播放的應用，整體程式操作與功能分述如後。

圖九 操作介面平台(a)巡航模式(b)剪輯模式(c)搜尋模式



資料來源：作者整理繪製

(一)全景影像讀取與顯示

利用程式語法讀取拍攝影像檔案中的影像及 GPS 數據資料，截取出 Stream File 格式（影像與 GPS 數據合併的檔案）。利用指向位址的方式還原設備 6 個相機拍攝影像（如圖十）。再將各相機影像縫合為一個全景影像，作為連續全景影像偵察系統的展示（如圖十一）。

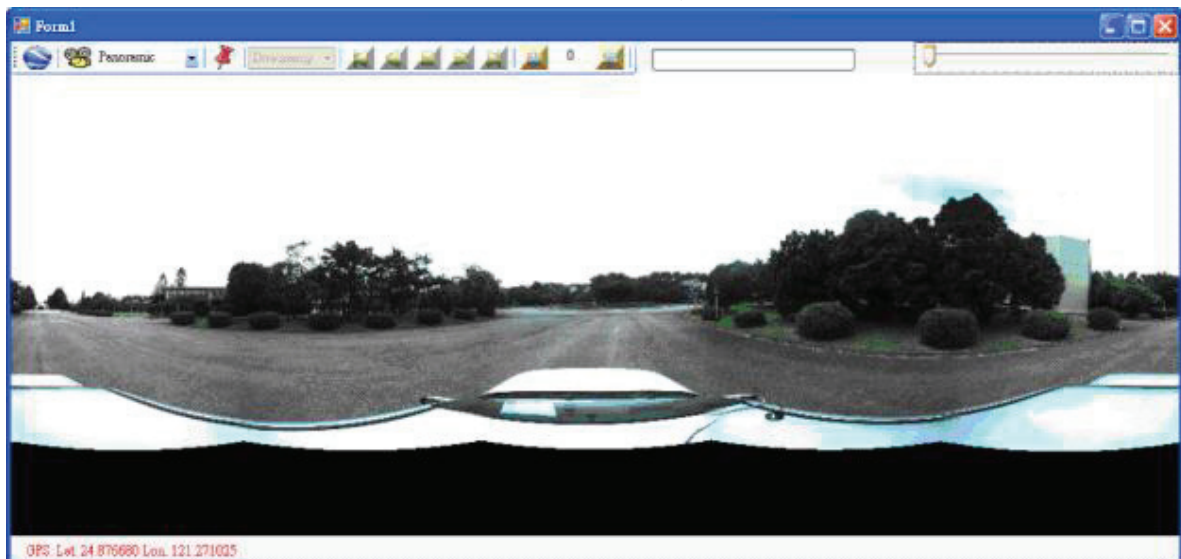


圖十 截取相機各方位拍攝圖像



資料來源：作者整理繪製

圖十一 全景影像展現



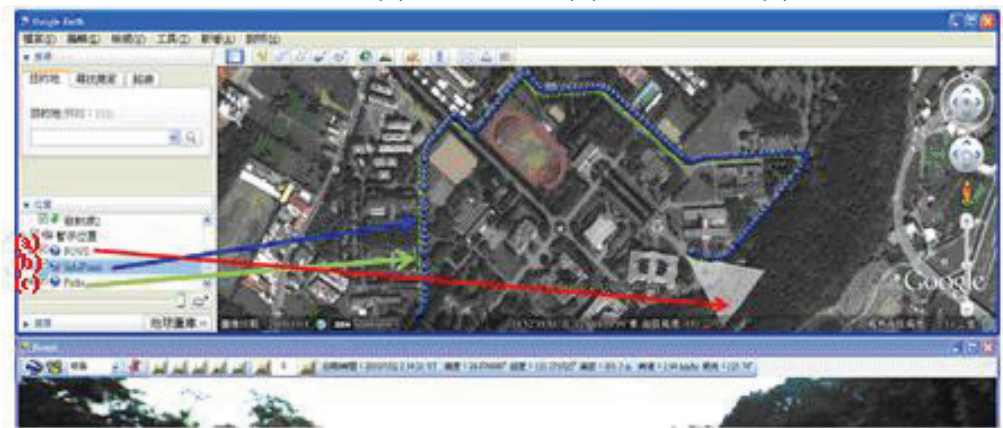
資料來源：作者整理繪製

(二) 影像地標建立

載入影像檔後，利用 Google Earth API、鎖孔標記語言（Keyhole Markup Language, KML）¹⁴及結合 GPS 資料，將連續全景影像的 GPS 資訊標示在 Google Earth 上，每個地標（Placemark）代表一個拍攝影像所在地點。在 Google Earth 均須透過 KML 才能在地圖上標示點、線、面三維空間影像資訊，在圖十二中分別展示影像地標、影像路徑及扇形視野。

¹⁴ KML 是一種 XML 語法與檔案格式，可用來儲存點、線、面與圖像等地理資料。

圖十二 建立影像地標(a)扇形視野(b)影像地標(c)影像路徑



資料來源：作者整理繪製

(三)Google Earth 與影像互動

只要在地圖上點擊任何一個影像地標，影像則會跳至地標所在位置播放（如圖十三）。

圖十三 Google Earth 與影像互動(a)地標資訊(b)影像地標(c)全景影像



資料來源：作者整理繪製

(四)全景影像播放

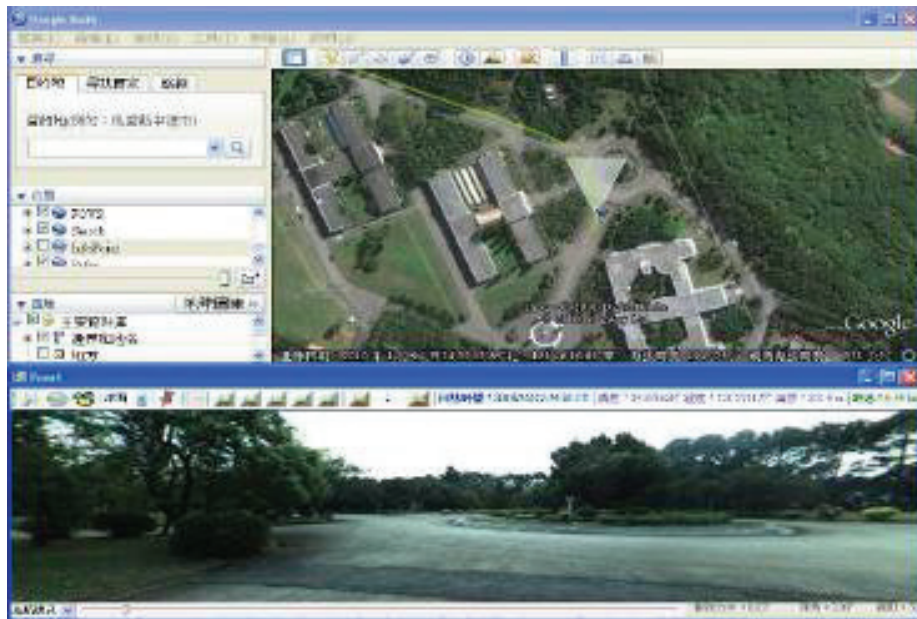
程式設計上分為控制影像前進、後退播放展示，與改變視窗顯示型態等兩個部分，所執行內容包含控制播放速度、控制或移動圖像播放功能、滑鼠滾輪滑動及操作平台上視野角度變化等。

(五)扇形視野標示

根據幾何分析，我們可以計算出特定位置的扇形視野區域，並以 Google Earth 來呈現（如圖十四）。



圖十四 扇形視野區域功能畫面



資料來源：作者整理繪製

(六)搜尋模式建立

當我們在某些地方偵察需要的情資，即可運用搜尋模式，利用 Google Earth 設定搜尋路線及偵察區域，再以重複播放、減慢速度與定點縮放，尋找有用的資訊。

城鎮戰環境分析、偵察與系統運用規劃

「城鎮」通常可能是一個國家人口聚集的中心、運輸樞紐、政府所在、財富的根源、工業中心、資訊的傳播網及通訊交換主要的位置。因為世界走向城市化的趨勢加快，使城鎮在軍事的意義上相對更形重要。台灣西部沿海具有「地狹人稠」的特色，隨著經濟快速發展，人口與城鎮的密集程度將只會更高，就國土防衛作戰觀點，未來城鎮作戰已無法避免，而且是必須深入研究的課題。

一、作戰環境分析

以台灣的城鎮環境來分析，城鎮以多條主要道路與次要道路組合而成，建築物多隨道路走勢興建，其相關環境可與軍事相結合之特性分述如下：

(一) 城鎮作戰空間的特性

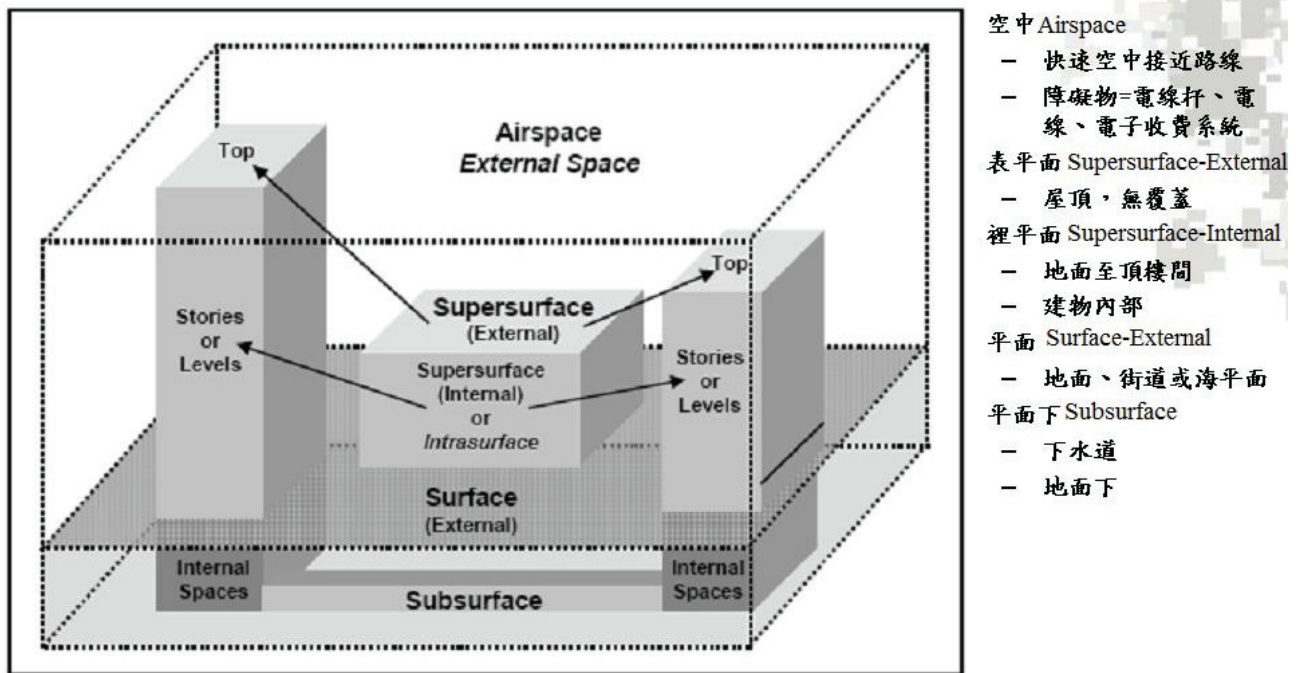
依據美國陸軍司令部城鎮作戰教則¹⁵：城鎮地區屬獨特的作戰空間，對攻防兩方而言，都有不同與多條的接近路線及射界，其作戰空間可區分為「建築物」、「街道」、「地下」及「空中」四個基本層面，是自地面上、地面、建築物

¹⁵ Understanding the Urban Environment, “URBAN OPERATIONS,” HEADQUARTERS DEPARTMENT OF ARMY, U.S.A, 2006, p.2-4.

內及地下所從事的多維空間作戰任務（如圖十五）。

圖十五 城鎮作戰空間之區分

城鎮戰的多維



資料來源：Understanding the Urban Environment, URBAN OPERATIONS, HEAPQUARTERS DEPARTMENT OF ARMY, U.S.A, 2006, p.2-4.

(二) 城鎮戰的特質¹⁶

城鎮因建築物的結構、街道分布狀況、周邊地形要點與各項民生設施等諸多特性，對軍事運用價值會有所不同；如何利用這些特性實施編組、運用不同的裝備與戰鬥技術，將是決定城鎮戰成敗的關鍵，現就相關特質分析如下：

1. 有利條件

- (1) 堅固建築，可有效掩蔽武器、人員與物資。
- (2) 高樓屋頂，可直接觀測，並可配置防空武器防止敵人空中攻擊。
- (3) 地區內之大型水溝、渠塘、圍牆等，均為良好之天然阻絕。
- (4) 城鎮之民生設施完備，可有效支援作戰；若戰爭發展不利，亦可讓部隊實施長期防禦。

2. 不利因素

- (1) 受建築物高度及街道影響，城鎮內觀測、射界及運動受限制，部隊指

¹⁶ 葉建成，《陸軍城鎮戰教範》(桃園)，第3版，民國101年10月，頁1-11-12。



揮掌握不易。

(2)戰車及大型車輛，在城鎮中運動受限，不易發揮其特性，且因目標過於明顯，易遭敵攻擊。

(3)城鎮戰鬥多為近接戰鬥，砲兵、陸航及空軍火力無法有效支援。

(4)通信連絡困難，有線電不易架設與維護，而無線電易受建築物干擾，影響傳輸。

(三)城鎮作戰的限制因素

1.對攻擊方而言

城鎮戰攻擊主要受限於「看不到」，當部隊蒐集攻擊城市的情資，律定作戰計畫後，部隊攻擊的節奏，就受到許多因素干擾，其重點如下：

(1)無法掌握城鎮中狀況（包含敵軍與我軍）。

(2)部隊於城鎮中展開後，觀測與連絡不易。

(3)易受建築物坍塌、道路破壞等因素，造成補給困難。

(4)通信設施受建築物影響，不易架設（無線電波更易遭受阻礙）。

2.對防禦方而言

防禦是城鎮戰中最易實施的，但是卻需要時間準備，如何利用城市的特性，掌握相關資源，是作戰指揮官所需要注意的。

(1)掌握敵攻擊路線，律定火力發揚（包含曲射武器）的地點。

(2)先期設立補給地點。

(3)當水電等民生設施因戰爭遭破壞，備援手段如何律定。

(4)觀測、掌握易遭敵封鎖之道路或地形要點。

二、國軍現行偵察手段與窒礙

國軍對城鎮地區可實施之偵察手段，¹⁷仍多以傳統方式實施，如下列所示：

(一)現地偵察

作戰前，由部隊長帶領幹部實施現地偵察，進而訂定作戰計畫，並依現況與戰況推演持續修訂，其窒礙如下：

1.僅可實施小區域偵察，若遇大範圍區域，將無法立即的實施偵察，獲取作戰參數。

2.在作戰時，無法有效搜索敵軍部署與敵軍動態。若仍要實施偵察，將折損大量官士兵。

(二)圖上偵察

¹⁷ 同註 16，頁 1-64。

因作戰時間急迫，由部隊長以現有的地圖、兵要及民間資訊等，做地形偵察，以為作戰計畫之訂定，其窒礙如下：

1. 部隊所持有的地圖、兵要須維持最新，以能與現況相結合。
2. 部隊未到過現場，作戰時須耗費時間熟悉戰場。
3. 當作戰區域因砲火改變地景、地物，部隊無法立即獲得最新情資。

(三) 部隊偵察

作戰地區較廣，且時間不允許部隊長實施現地偵察，則以編組（搜索小組或斥候）運用各種手段，如陸航、空軍偵察機、無人飛行載具等，對作戰區域實施現地偵察，其窒礙如下：

1. 須確保我空軍仍擁有空中優勢，且申請手續繁複，耗時較久，不利部隊掌握現況。

2. 空中偵察所獲取之圖資，為空中對地面拍攝，無法獲取建築物本身狀況、周邊之景物或敵人動態，展現之資訊有限。

(四) 民間監視設備

因應治安與交通管制需要，目前台灣多數城鎮，在重要路口、重要設施周邊均設置錄影監視器，在戰爭發起時，可以運用軍、公、民營支援協定，獲取相關影像，以作為戰場實況監視使用，其窒礙如下：

1. 所獲取之影像，僅止於定點，無法獲取涵蓋整個戰場之即時影像。

2. 作戰初期可以立即取得相關資訊，但若戰爭時間延長，城鎮遭遇斷電、錄影設施遭受破壞，此偵察手段將無法持續滿足部隊所需。

三、美方偵察手段與系統

(一) 偵察衛星

1991年波灣戰爭發生，美國與其多國部隊運用高科技武器裝備贏得戰爭。而各種衛星系統，更是有效運用在指揮管制、情報獲得、部隊導航與導彈預警等方面，雖然不是直接攻擊武器，卻為部隊帶來極大的戰爭效益。根據統計，在第二次波灣戰爭期間，美軍運用的衛星已經擔負著 95% 的偵察、90% 的通訊，以及 100% 的導航定位工作。¹⁸

目前美軍掌握著全世界數量最多、種類最齊全的遙感與偵察衛星，目前在軌道的軍用偵察衛星主要有「長曲棍球」、「鎖眼：KH-11、KH-12」等。其中「KH-12」是目前世界上分辨率最高的偵察衛星，其影像分辨率達 0.1 公尺。¹⁹當衛星飛越作戰之城鎮，將可獲取最清晰之影像。

¹⁸ 黃肇鑣，〈透視波灣戰爭-科技成就霸權地位〉《遠見雜誌》（台北），第 203 期，民國 92 年 5 月，頁 52~54。

¹⁹ 《百度百科》，<http://baike.baidu.com/view/1605474.htm>，2015 年 3 月 20 日。



(二)無人飛行載具

無人飛行載具的實際應用，開始於第二次世界大戰，如美國 RQ-1 遙控靶機與德國 V-1 火箭等均為代表作。而在 1960 年代越戰時期，美國火蜂式 BQM-34 更創下了執行 3,435 趟任務，存活率達 84% 的紀錄（如圖十六）。

目前世界各國發展 UAV 最快速且成效最為顯著的國家首推美國，美國也是全球 UAV 市場最大國。無人飛行載具具備輕、小、廉價、操控人員可實施換班，並且可掛載武器執行動作激烈或危險之攻擊任務。這些具體的功能及戰場特色，已由美軍對伊拉克、阿富汗等戰爭中實際驗證，未來重要性將日益提升。美軍現已規劃無人飛機未來發展 30 年計畫，預期將可大量減少戰場人員傷亡。

在相關科技研發方面，美國國防部於 2005 年持續增加空軍的採購經費，其中含採購諾斯洛普格魯曼的全球鷹偵察機(Global Hawk)系統、通用原子航太系統公司的掠奪者偵察機(Predator)系統，預估將無人飛機廣泛的運用到美國的三軍，遂行情報、監視、偵察或攻擊等任務。²⁰

圖十六 美國火蜂式 BQM-34 UAV



資料來源：“Uav-Drone,” Hooked-on-rc-airplanes, <http://www.hooked-on-rc-airplanes.com/uav-drone.html>, 2015/3/22.

(三)偵察機器人

在城鎮複雜的作戰環境中，如何避免人員傷亡，最直接方式是運用無人載具，當無人飛行載具已發展純熟，相對於地面載具亦有一定程度的發展。若敵人已在城鎮中部署，如何偵察、搜索，利用無人地面載具將是最安全、可靠的方式。

美國在地面無人載具發展，以 iRobot 公司發展的帕克伯特(Packbot)偵察型機器人、110 式「先見」(Model 110 First Look)可擲式機器人，²¹先見地面無人

²⁰ 謝游麟，〈防衛作戰之利器－無人飛行載具(UAV)〉《陸軍學術雙月刊》(桃園)，第 50 卷 533 期，2014 年 2 月，頁 102~104。

²¹ Peter Donaldson，〈地面無人載具在城鎮戰之運用〉《國防譯粹》(台北)，民國 103 年 3 月，頁 5。

載具配備標準感測器，包含四具攝影機，可提供全方位視角並具備可調整曝光與增高亮度功能，以及遙攝、傾照與 8 倍數位放大能力和紅外線照明裝置。可有效應用於城鎮作戰中各類型區域。

四、運用全景影像偵察之時機與環境

當城鎮作戰無法避免，我們就應該思考如何運用科技掌握戰場，並減少相關人員的傷亡。全景影像科技若能運用得宜，除了讓指揮官、幹部能先期掌握作戰區域，更能讓後續作戰人員，知道敵人如何部署，相關時機運用分析如下：

(一)先期計畫與部署

作戰計畫的訂定，最主要是依據任務、敵情、作戰地形、我軍能力等，在作戰地形中，除了現地偵察為最快瞭解作戰區域的方法，但受限空間、時間、人員等因素，若是以全景影像車，先期對作戰區域實施拍攝，再將影像情資傳輸至指揮所，由幕僚針對作戰場景實施分析，再由指揮官下定作戰決心，將可迅速、完整獲得戰場情報。

(二)通信資訊網路部署

城鎮地區環境複雜，各項通資系統開設困難度增加。因此，在城鎮戰作戰初期，便可運用全景影像分析城鎮建築物分布，對多波道、無線電通信開設，將可實施電波傳輸的分析與天線架設地點的選擇，如圖十六。另外，亦可先前瞭解城鎮既有線路配置狀況，對有線電架設將有幫助。

另外，許多大樓或建築物均為隱蔽及掩蔽良好之處所，除利於我軍隱掩蔽外，亦利於敵軍躲藏，故在未知是否具有敵情顧慮下，應先確定建築物是否安全，確認無敵情顧慮後始能進入作業，以確保各項通資系統開設之人員及裝備安全。此時利用小型全景攝影機搭配遙控平台，將有利通信台台長於現地研究並選定適當建築物，再依循建築物搜索步驟，確認開設場地安全，再進行通信連絡。

圖十六 陸區系統天線架設



資料來源：通測中心城鎮戰測考示範照片



(三)作戰實況掌握

開始作戰後，最難掌握的是敵人的動態，當運用搜索編組將容易造成人員傷亡。此時，利用小型全景攝影機搭配地面無人載具，以遠距離方式偵搜敵人動態（再以所獲得影像實施放大、縮小），將可以安全、即時獲得敵人所在區域的全景影像，戰場指揮官再依即時影像實施火力攻擊，或以兵力部署於敵人進攻或撤退路線，擾亂敵人作戰計畫。

(四)後續戰場復原

當作戰完畢，實施戰場復原時，透過全景攝影車輛對復原區域的影像獲得，指揮官同時於指揮所實施任務分配，協調軍公民營單位，徵調所需機工具與車輛，將可以最快速度，對所在城鎮實施復原。

結論

經由相關技術整合，我們將可以得到以下的成果：

- 一、於城鎮作戰地區運用全景影像偵察之可行性。
- 二、增進作戰區域偵察手段與效益。
- 三、全景影像可帶來之作戰效益。
- 四、城鎮戰之戰術思維改變。

地理空間情報科技發展結合了遙測、電腦及通訊等技術，是各國政府在執行國土防衛、災害防救以及特勤維安等重大任務所不可或缺的重要基礎建設，也是一個國家的國力展現。面對無可避免的城鎮作戰，如何更有效的預測及研判，進而實施城鎮防禦與戰法研擬，有賴我們將相關的科技整合運用。近年來，從各類型城鎮戰爭等相關實戰顯示，針對變化無常的戰場環境，指揮官要下達正確的決心與計畫、部隊要迅速達成作戰任務，就必須仰賴作戰空間地理資訊情報，惟有比敵軍先一步掌握戰場環境，才能掌握致勝契機。

本文所提出之全景影像技術，即是獲得即時、準確、大量的地理空間情報最佳手段，透過作戰前先期偵察，作戰時第一線操作手即時拍攝，作戰後，復原場地的詳實記錄，都將有助於指揮所幕僚作戰計畫規劃、指揮官命令下達。並以科技減少人員傷亡，同時獲得最大效益。惟本技術須仰賴 GPS 衛星定位，才能與 Google Earth 地理資訊相結合。但作戰時，美方是否會關閉 GPS 衛星或調整其誤差，我們無法掌握。因此，在使用本系統時，我們可以在作戰整備時，先期建立各城鎮的資料庫，而在作戰時，亦可偵察小範圍作戰區域，運用影像的交叉比對，掌握戰場的即時情資。

參考文獻

- 一、葉建成，「第一章/第一節/總則」，《陸軍城鎮戰教範》(桃園)，第3版，民國101年10月24日。
- 二、林浩瞭，〈全景影像偵察系統的設計與應用〉(桃園：國防大學理工學院電子工程研究所碩士論文，西元2011年6月)。
- 三、Peter Donaldson，〈地面無人載具在城鎮戰之運用〉《國防譯粹》(台北)，民國103年3月。
- 四、“URBAN OPERATIONS,” HEADQUARTERS DEPARTMENT OF ARMY, U.S.A, 2006.
- 五、Wu, S., Wang, R. and Wang, J., “Campus Virtual tour System based on Cylindric Panorama,” 11th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, Beijing, China, vol.22, 2004.
- 六、Koyuncu, B. and Kocabasoglu, P., “Virtual Campus,” International Journal of Computer, Vol.1, No.4, 2007.
- 七、Peleg, S. and Ben-Ezra, M., “Stereo Panorama with a Single Camera,” IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Fort Collins, CO , U.S.A, 1999.
- 八、Peleg, S., Ben-Ezra, M. and Pritch, Y., “Omnistereo: Panoramic Stereo Imaging,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 23, No.3, 2001.