

105 學年度「機電實作專題成果展」
構想書

作品中文名稱：六旋翼搭載光達與3D 建圖應用

作品英文名稱：

Application of Airborne LiDAR on Measuring and Point
Cloud 3D Modeling

國立中山大學/機電與機械工程學系/孫侑宏/B023022061

國立中山大學/機電與機械工程學系/方奕博/B023021017

國立中山大學/機電與機械工程學系/邱奕嘉/B023021003

指導教授：彭昭暉 副教授

主辦單位：國立中山大學機械與機電工程學系

一、摘要

利用光載雷達點雲資料的高密度、高精度的特性，將光載雷達裝在於六旋翼上，並結合 GPS 與 INS 獲得載體速度位置與姿態等訊息，測量學校校園地形與座標並進行 3D 建模，以離線的方式展現於電腦螢幕上，嘗試以統計的觀點改善建模與濾波所耗費的時間，使雷射打點技術更適合用於大範圍測量。

二、動機與目的

空載光達（Airborne LiDAR, Airborne Light Detection And Ranging）是近年來新興的一項技術，它結合了全球定位系統（GPS）及慣性導航系統（INS），配合雷射測距和光學掃描技術，可在短時間內獲得高精度與高密度的多重回波點雲資料。點雲資料具高程資訊與位置座標資訊，地形的垂直剖面清晰可見，可用於地形觀測、國土測量、森林監測、災害防治或者都市規劃等三維建物模型。因此，空載光達已成為世界各國進行大面積三維地表資料測製的主流與趨勢[4]，其相關研究所獲得的精密資料有助於各項建設規劃與災害評估，若延伸應用在自動車領域中更可提供精密的三維地圖[3]，因此在一個全球自動化的年代裡 LiDAR 的技術必扮演一個不可或缺的角色。

台灣在 921 大地震與接二連三的天災人禍後土地早已不堪負荷，加上近年來環境保護意識抬頭，人們開始注重計畫性開發、地形測量與災害防治，而且自動化時代的來臨，使得三維環境資料建立的重要性與日俱增。近期發生美濃大地震後，身為台南人的我不禁思考，若是能夠將空載光達裝置應用在救災與災害防治中，在災害第一時間獲得現場地形，是否能降低災害的傷亡率與救災效率。且相較以往以直升機與輕型民航機搭載光達進行測量，六旋翼載光達裝置成本低且更適合應用於空間狹小之環境。

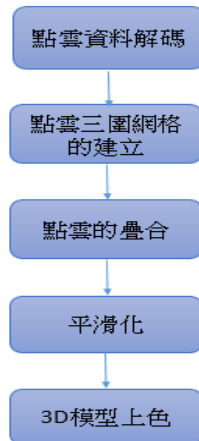
本計畫以六旋翼搭載光達、影像鏡頭，並結合 GPS 與 INS 獲得載體速度位置與姿態等訊息，利用空載雷達點雲資料的高密度、高精度特性，先在校園中進行地形資料的收集，進行 3D 建模與地物辨識，並嘗試以統計學的方式進行濾波與建模，減少點雲濾波所需的時間，以離線的方式展現於電腦螢幕上，令使用者無需親至現場即可對現場情形進行瀏覽研究內容。

三、研究內容

本計畫的重點著重於上空遙測與 3D 建模，其中有點雲數據的收集、六旋翼飛行路線規劃、資料後續處理，與最重要的 3D 模型的建立和針對不同地形各種演算法的優缺討論，以校園地形為目標建立三維模型，模擬空載光達在獲取點雲資料後如何最佳化的將三維模型建立出來，從中討論其過程中發生之所有問題並一一想辦法解決，實際的了解演算法演算過程，而非僅僅使用市面上之套裝軟體進行操作，如此更能了解其中優劣，進而才有機會精進現有的光達技術。

透過校園模擬之各種狀況，可以作為往後將光達應用於都市模型的建立，更有利於都市規劃道路規劃，以及災害現場情形的了解，使人們提早規劃救災害防救模擬與應變，減少救援難度，或者無人車所需之 3D 導航，並讓其更接近於真實情況，令使用者無需親至現場即可對現場情形進行瀏覽。

3D 建模流程：



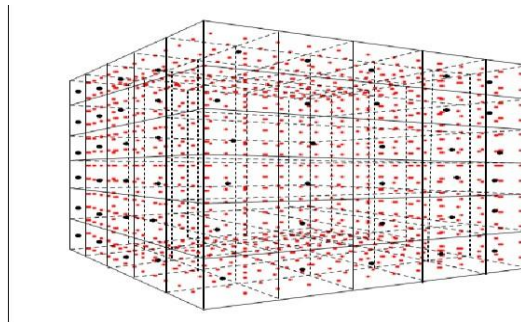
圖一、3D 建模流程

(1)點雲資料解碼

點雲為可透過三維座標的描述，得知點位於空間中的分布情形的距離資料，因此可以透過點雲資料的疊合出一個三維地圖。進行資料處理前，首先我要瞭解三維座標間的轉換關係，常用的方法為三維旋轉與四元子旋轉。

(2)點雲三圍網格的建立

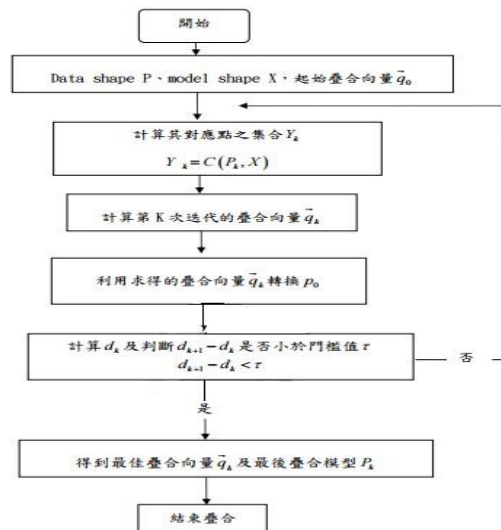
先將點雲資料空間化為無數網格，再將網格中未有點雲之網格去除，以減少資料處理量。



圖二、點雲三圍網格

(3)點雲的疊合

使用 ICP(Iterative closest point)反覆最近點演算法來處理點雲的疊合過程，建立一個疊圖地圖。[6]



圖三、疊圖流程圖

(4) 平滑化

利用插值法將不規則三角網格之模型表面平滑化，使其表面更貼近物體表面。

(5) 3D 模型上色

以分層設色圖的方式，依其所對應的高度，將其繪上顏色。

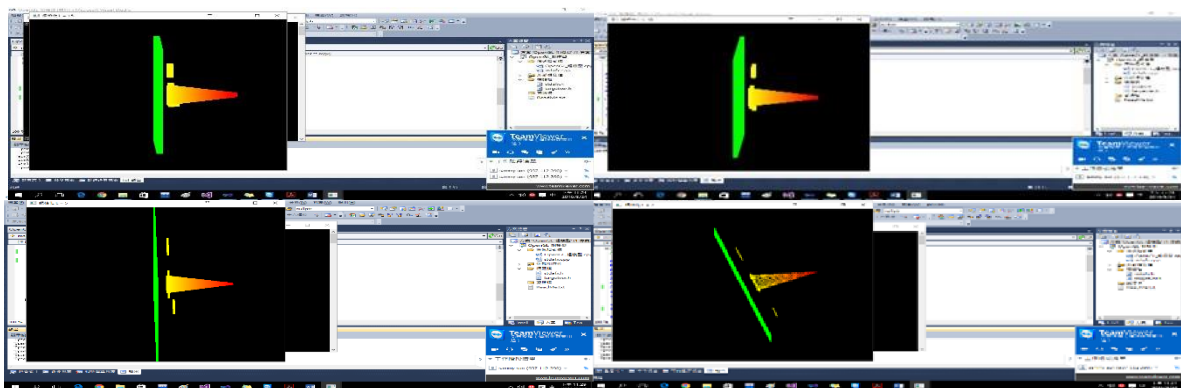
四、結果與討論

本計畫主要功能：

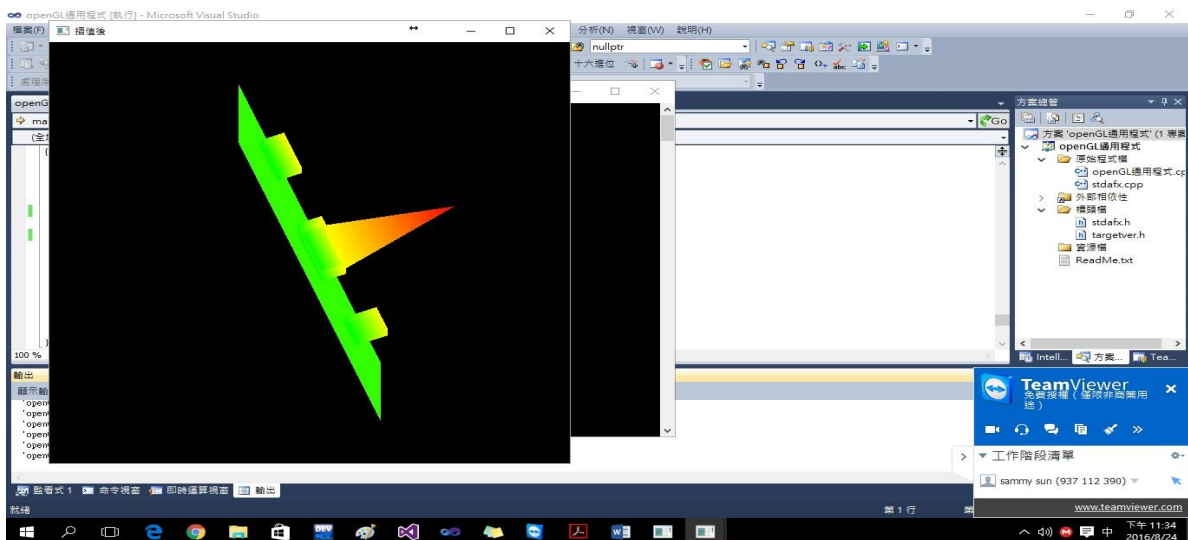
1. 打點測量顯示尺寸
2. 加快過往建模之速度與濾波速度
3. 快速獲得地面高程資訊

本計畫未作平滑化前的建模情形如下圖四，隨網格粗細之不同所建出之模型輪廓大致相同，但尺寸上會有所差異，而且網格過小將導致模型有孔隙，如圖四，以統計之方式求出最佳之網格大小，與有效網格之點雲量設定，使點雲濾波與建模找出最佳參數最後在資料空白處以插值的手段，使模型更加平滑更加漂亮，並且輔以矩陣運算求得滑鼠游標所在之位置座標，以求得量測物之尺寸。

因為點雲資料動輒千萬筆甚至於近億，因此先將點雲集合以網格代表，可以大幅減少過去以點雲建模所需的時間，也可將統計的觀念帶入濾波中，減少大量的點雲運算，使 3D 點雲建模的時間大幅減少，令此技術能夠更適用於精密測量，無論是工業的品質監管、國土測量或是救災現場的探勘都能有所幫助。



圖四、不同網格大小之模型



圖五、插值後之模型

五、致謝

首先我想感謝在過去的一年裡彭昭暉老師為我們的付出，每個禮拜三總會在百忙中抽空與我們開會討論，在討論過程進行中，藉由看大量的參考文獻，來補充計畫的不足點，並且向請教教授相關論文問題，學術性和實務性兼具，適時給予我們寶貴的指導與建議，更加明確與了解專題的方向，讓我們少走許多冤枉路，也讓我們能夠在這一年裡有所成長突破，此外也要感謝實驗室優秀的學長姐在研究一開始時，帶領我們了解相關的理論基礎，如 OpenGL 的環境設置，當我們在操作實驗時，學長姐也會在一旁指導我們；當遇到問題時，他們也會樂意與我們討論，分享一些過去的經驗，幫助我們找到解決問題的辦法，沒有老師與學長姐無私地付出與教導，就沒有我們這一年來的成長與進步。

六、參考文獻

1. 劉進金，史天元，空載光達與國家空間資訊基礎建設。通訊季刊/73/73。11-17。
2. 史天元、彭森祥、徐偉城，應用空載雷射掃描儀進行地震災區變形研究，農委會 91-農科-5.1.1-林-R1 (8) 計畫報告，2002，共 123 頁。
3. 陳宏仁，謝有忠，空載光達的應用方向，GEO TOPIC 地質專題，26-30
4. 黃紹東，徐明鑑，黃英婷，蘇惠璋。應用空載光達 (LiDAR) 技術於國土利用調查資料庫建置之研究。第二十七屆測量及空間資訊研討會論文集。393-403
5. 傅桂霖，林俐玲教授，鄭皆達教授，陳鴻烈教授，林德貴教授，空載光達 (LiDAR) 於崩塌測計模式應用 Airborne LiDAR Data for Installing a Landslide Geomorphometric Model，2012，共 50 頁
6. 何心瑜，史天元教授，空載光達作業流程及品質管理之研究，國立交通大學土木工程學系碩士論文，2006，共 97 頁
7. 林郁珊，張智安教授，應用空載全波形光達資料於波形分析與地物分類，國立交通大學 土木工程學系碩士論文，2012，共 97 頁