

全球定位系統與三維雷射掃描應用於變形監測之研究

學生：支秉榮

指導教授：陳春盛 博士

國立交通大學土木工程學系

摘 要

單一參考站即時動態定位測量之理想水平及垂直精度分別為 $10\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ 及 $20\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ ，但在實際作業時受到基線長度、觀測時段、參考站位置、大氣條件、電磁或其它干擾等因素的影響，往往會大幅降低其觀測精度。基於即時動態測量 (RTK) 之技術所具有之機動性、即時獲得精確點位坐標等特性，大幅縮短一般 GPS 靜態測量所需的時間，將即時動態理論應用於地表之監測可達到精確、快速的變位監測，以期當三維方向的位移量產生後立即了解各方向的地表位移情況。

本研究以三個設置於穩固不易變動點位上的參考站組成 GPS 網絡，利用模擬即時動態定位的方法進行資料解算，並就單一參考站 RTK 定位與 VRS 技術解算之成果加以比較與分析。於基線長度約 30 公里的情況下，使用虛擬參考站 (VRS) 的成果確實優於單一參考站 RTK 定位，可以大幅減少因基線長度增加而增加之電離層和對流層誤差影響量，提供一定精度的定位成果，也是傳統三角三邊測量、水準測量和靜態 GPS 測量所無法達到的即時性監測。

A Study of Using Global Positioning System and 3D Laser Scanner on Deformation Monitoring

Student : Ping-Jung Chih

Advisor : Dr. Chun-Sung Chen

**Department of Civil Engineering
National Chiao Tung University**

Abstract

The precision of the RTK is $10 \text{ mm} \pm 2\text{ppm}$ for the horizontal and $20 \text{ mm} \pm 2\text{ppm}$ for the vertical distances. However, these precisions are limited when the baseline distance is shorter than 10 km. In many actual conditions, the distance of a baseline is much more longer than 10 km, may be 30, 50, even it 70 km. Therefore, the precision of a long baseline of RTK is a hot study topic for RTK users.

This paper aims to study the precision of a baseline whose distance is more than 30 km. Using more than three reference stations, a virtual reference station (VRS) can be produced for RTK surveying. From the results, the precision of the VRS is better than traditional RTK which has only a single reference station.

誌謝

一轉眼已在交大待了三年，因為考上高考的關係無法於去年跟班上同學一起畢業，但是在這一邊工作一邊唸書的第三年，讓我學到學校沒有教的社會經驗，體會到在職生白天工作晚上唸書的辛苦與壓力，領到了人生的第一份薪水。而這本論文的完成也代表著我的學生生涯將暫時畫上一個句號，在這裡首先要感謝的是測量組的陳春盛老師、黃金維老師、史天元老師以及李振燾老師在課業上的提攜與指導。也感謝博士班的勢芳、思源、大綱等多位學長在我計畫方面給予的協助與幫忙，已經畢業的美利與蕙菁在剛進研究所時不厭其煩的帶領我們進入狀況。早我一年畢業的阿福、福利、朗哲、介嵐哥、BOSS、勇者、大雄、亘昶、米粉以及珊姐等好同學，雖然你們沒有等我一起畢業，但是還是非常感激你們這兩年陪我渡過的美好時光。同組學弟阿達、粘、印淞，感謝你們收留我跟你們擠一間研究室以及在計畫上的全力協助與配合，還有貓哥、展鵬、祐廷、佩珊、元俊、家桂以及羅學長，謝謝你們陪我渡過這研究所的最後一年。感謝女友孟儒給予我適當的空間與體諒讓我能順利完成論文，以及我最敬愛的家人—爸、媽以及小弟，沒有你們的支持與鼓勵就沒有今日的我。這篇論文的完成主要感謝我的指導老師 陳春盛教授。最後還要感謝口試委員楊潔豪校長、李振燾老師以及李瓊武博士對本論文的不吝指教。

目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目 錄.....	iv
圖 目 錄.....	vi
表 目 錄.....	viii
第一章 前言.....	1
1-1 研究動機.....	1
1-2 研究方法.....	2
1-3 論文架構.....	3
第二章 理論基礎.....	4
2-1 GPS 相對定位原理.....	4
2-2 RTK 定位理論.....	9
2-3 國內外相關研究.....	11
2-3-1 多參考站 RTK.....	11
2-3-2 虛擬參考站.....	12
2-3-3 e-gps 之網絡 RTK 技術.....	14
2-4 三維雷射掃描.....	16

2-4-1 三維雷射掃描原理.....	16
2-4-2 三維雷射掃描儀.....	17
第三章 實驗說明及資料處理.....	19
3-1 實驗場說明.....	19
3-2 實驗方法說明.....	23
3-3 資料處理.....	26
3-3-1 Bernese 4.2 版軟體介紹及計算流程.....	26
3-3-2 以後處理方式進行 VRS 計算.....	28
第四章 研究成果及分析.....	32
4-1 單一參考站模擬動態定位分析.....	32
4-2 VRS 模擬動態定位分析.....	37
4-3 實驗區變形分析.....	40
4-4 三維雷射掃描成果.....	44
第五章 結論與建議.....	50
參考文獻.....	53
附錄一 Bernese 4.2 模擬動態定位解算成果.....	56
附錄二 虛擬參考站 RINEX 檔案.....	65
作者簡歷.....	68

圖目錄

圖 1-1 實驗區點位分佈圖	3
圖 2-1 GPS 衛星相對定位	7
圖 2-2 傳統 RTK 架構	10
圖 2-3 GPS 網絡	12
圖 2-4 時間差量原理測示意圖	16
圖 2-5 三角法:單相機原理示意圖	17
圖 2-6 三角法:雙相機原理示意圖	17
圖 3-1 動態 GPS 架構	29
圖 3-2 GPS 網絡和虛擬參考站點位分佈	30
圖 3-3 VRS 觀測資料 RINEX 格式檔頭	31
圖 4-1 第一次觀測單一參考站 Y540 南北方向計算成果	32
圖 4-2 第一次觀測單一參考站 Y540 東西方向計算成果	33
圖 4-3 第一次觀測單一參考站 Y540 高程方向計算成果	33
圖 4-4 第二次觀測單一參考站 Y540 南北方向計算成果	34
圖 4-5 第二次觀測單一參考站 Y540 東西方向計算成果	34
圖 4-6 第二次觀測單一參考站 Y540 高程方向計算成果	35
圖 4-7 第三次觀測單一參考站 Y540 南北方向計算成果	35
圖 4-8 第三次觀測單一參考站 Y540 東西方向計算成果	36
圖 4-9 第三次觀測單一參考站 Y540 高程方向計算成果	36

圖 4-10 第一次觀測使用 VRS 計算 Y540 各方向的變化量.....	38
圖 4-11 第二次觀測使用 VRS 計算 Y540 各方向的變化量.....	38
圖 4-12 第三次觀測使用 VRS 計算 Y540 各方向的變化量.....	39
圖 4-13 第一次觀測變形分析	43
圖 4-14 第二次觀測變形分析	43
圖 4-15 第三次觀測變形分析	44
圖 4-16 MENSIGS100 雷射掃描儀.....	45
圖 4-17 共軛基準點位置圖	45
圖 4-18 2004 年 2 月掃描物體模型	46
圖 4-19 2004 年 6 月掃描物體模型.....	47
圖 4-20 第一次掃描資料套球精度.....	48
圖 4-21 第二次掃描資料套球精度.....	49



表目錄

表 2-1 傳統測量方法與 3D 雷射掃描儀之比較	18
表 3-1 參考站 S903 點位資料一覽表	20
表 3-2 參考站 S802 點位資料一覽表	21
表 3-3 參考站 G060 點位資料一覽表	22
表 3-4 移動站 Y540 點位資料一覽表	22
表 3-5 GPS 點位及測試儀器廠牌型式一覽表 (第一次觀測)	24
表 3-6 GPS 點位及測試儀器廠牌型式一覽表 (第二次觀測)	24
表 3-7 GPS 點位及測試儀器廠牌型式一覽表 (第三次觀測)	25
表 4-1 單一參考站模擬動態定位 N、E、H 各方向之坐標標準差	37
表 4-2 VRS 模擬動態定位 N、E、h 各方向之坐標標準差	39

