

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別：實習)

赴 NML 研習「GPS 載波相位與衛星雙向傳時相關技術」  
出國報告

服務機關：中華電信研究所  
出國人 職 稱：助理研究員  
姓 名：林信嚴  
出國地點：澳大利亞  
出國期間：90 年 11 月 02 日至 90 年 12 月 06 日  
報告日期：91 年 05 月 10 日

## 摘 要

澳洲國家量測實驗室 (NML) 為亞洲一流時頻研究機構，擁有自製之氫微射及離子陷阱式原子鐘，在 GPS 載波相位及衛星雙向傳時方面亦著有研究，目前與美國 NIST 及日本 CRL 皆已建立衛星雙向傳時及 GPS 載波相位傳時鏈路，於此二類實驗經驗豐富。今年度本實驗室將與 NML 測試衛星雙向傳時實驗，預計年底後將正式加入國際衛星雙向傳時鏈路。另於 GPS 載波相位研究方面，亦計畫與 CRL、NML 建立長期實驗基礎。建立 CRL、NML 衛星雙向傳時及 GPS 載波相位傳時鏈路可確立本實驗室於亞洲時頻實驗室於此方面之領導地位。本案乃中華電信公司九十年度資本支出派員出國需求計劃中「相位雜訊量測及校正技術」實習項目執行，並奉總公司同意准予赴美實習。本文包括目的、過程、NML 現況、SSOG Line-up test, GPS carrier 實習及心得等部份。

# 目錄

|  |    |
|--|----|
| <u>壹、目的</u> .....                              | 4  |
| <u>貳、過程</u> .....                              | 5  |
| <u>參、NML 現況</u> .....                          | 6  |
| <u>肆、SSOG-LINE UP TEST</u> .....               | 11 |
| <u>伍、GPS CARRIER PHASE STATUS OF NML</u> ..... | 18 |
| <u>陸、心得及建議</u> .....                           | 20 |

## 壹、目的

澳洲國家量測實驗室（NML）為亞洲一流時頻研究機構，擁有自製之氫微射及離子陷阱式原子鐘，在 GPS 載波相位及衛星雙向傳時方面亦著有研究，目前與美國 NIST 及日本 CRL 皆已建立衛星雙向傳時及 GPS 載波相位傳時鏈路，於此二類實驗經驗豐富。今年度本實驗室將與 NML 測試衛星雙向傳時實驗，預計年底後將正式加入國際衛星雙向傳時鏈路。另於 GPS 載波相位研究方面，亦計畫與 CRL、NML 建立長期實驗基礎。建立 CRL、NML 衛星雙向傳時及 GPS 載波相位傳時鏈路可確立本實驗室於亞洲時頻實驗室於此方面之領導地位今年度本實驗室將與 NML 測試衛星雙向傳時實驗，預計年底後將正式加入國際衛星雙向傳時鏈路。另於 GPS 載波相位研究方面，亦計畫與 CRL、NML 建立長期實驗基礎。建立 CRL、NML 衛星雙向傳時及 GPS 載波相位傳時鏈路可確立本實驗室於亞洲時頻實驗室於此方面之領導地位。

## 貳、過程

本案係依據 貴局委託本所「建立及維持我國時間與頻率國家標準」九十年度計畫辦理。並奉經濟部標準檢驗局(標檢 90(4)字第 14908 號函同意准予參加。此次實習自民國 90 年 11 月 12 日至民國 90 年 12 月 06 日止共 25 天。

行程如下：

90 年 11 月 12 日

啟程搭乘長榮班機 BR-315 由中正機場→布里斯本

90 年 11 月 13 日

啟程搭乘澳洲航空班機 QF-525 由布里斯本→雪梨市國際機場  
→友人接送至 NML 時頻實驗室室，報到。

90 年 11 月 14 日 90 年 12 月 5 日

開始研習頻率標準器技術

90 年 12 月 6 日

雪梨市國際機場澳洲航空班機 QF-510→布里斯本轉搭長榮  
BR-316 班機→中正機場返國

## 參、NML 現況

澳洲國家量測實驗室（NML）隸屬於澳洲聯邦科學與工業研究組織（Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization, CSIRO），成立目的為澳洲農業及商業公司提供技術、環境保護、及進行科技前瞻研究，其研究能力及業務包括農業、礦物、能源、製造、通訊、資訊技術、建築、衛生及環境方面。由於澳洲之地理位置獨特，為南半球最具科技實力之大國，亦有多個歐、美、日等實驗室與之合作。以下為 CSIRO 之簡介：

### CSISO

- 成立於 1926 年
- 澳洲全境共設有 65 個實驗室、6500 名職工及研究員，另有三座海外實驗室及六個國際駐地。
- 於 70 個國家有 700 個合作項目，包括世界其他研究機構及澳洲、跨國商業公司。

### 部門

- 物種多樣性
- 建築環境
- 化學及塑料
- 氣候及大氣

- 能源
- 農田作物
- 食品加工
- 林業、木材及造紙業
- 園藝學
- 通訊工業物理部門
- 綜合製造產品
- 土地和水
- 海洋
- 測量標準
- 肉類、奶製品及水產養殖
- 採礦及探礦
- 礦物處理和金屬生產
- 石油
- 藥品及人體健康
- 無線電天文學
- 服務
- 紡織品、服裝及鞋類

## CSIRO 的國際合作策略

1. 通過科技合作加強 CSIRO 之戰略研究基礎
2. 以風險、費用及效益分擔方式在重大研究項目上進行商業合作
3. 針對發展中國家，利用合約式研究/諮詢，以知識產權形式技

## 術移轉

4. 針對跨國性公司，頒發使用其開發技術之許可證
5. 透過國際正式協議與其他國家機構進行合作

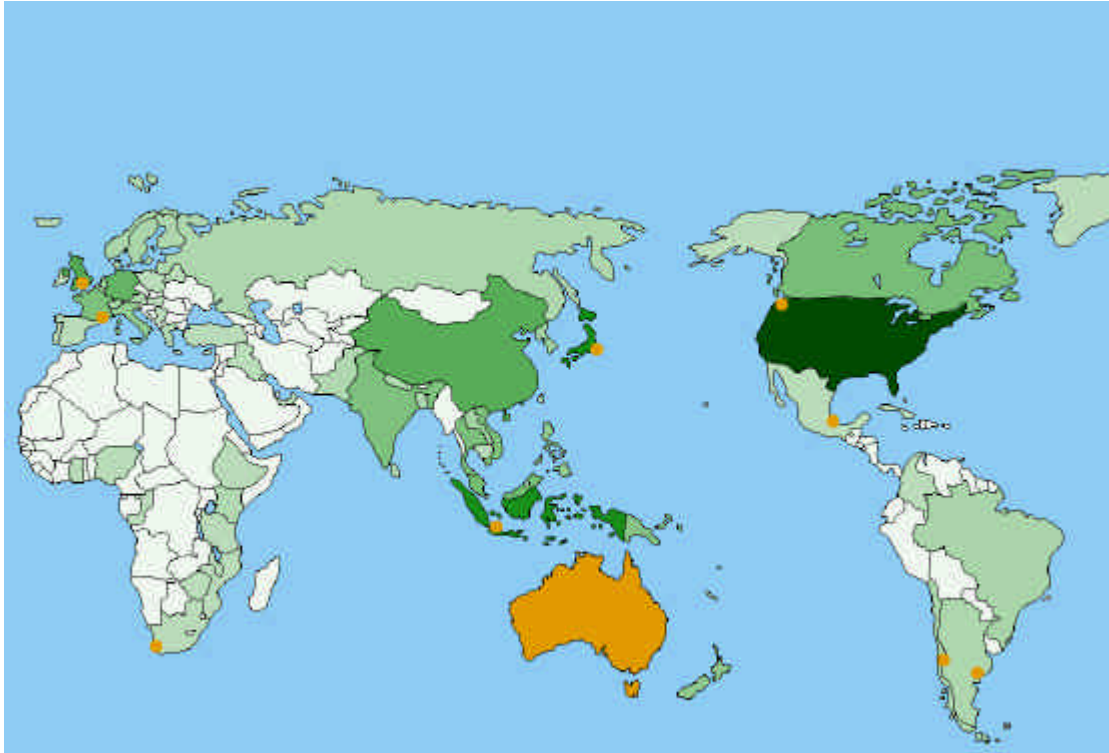


Figure.1 CSIRO 國際合作圖 顏色越深表合作越緊密

CSIRO 工作人員駐在點

## NML

NML 之全名為國家量測實驗室 ( National Measurement Laboratory ) , 為 CSIRO 之通訊工業物理部門 ( Telecommunications and Industrial Physics, TIP)中之重要實驗室 ( 另外三個實驗室為 Information and Communication Technologies, Service Industry Technologies, 及 Manufacturing Technologies ) 。 NML 之主要任務為

1. 維護及傳遞國家標準量測系統



2. 與其他國家實驗室比對以保證澳洲之國家標準與全球標準一致
3. 提供原級澳洲國家標準校正服務
4. 提供其他組織在量測技術上之諮詢及建議
5. 舉辦量測科學之研討會及訓練課程

本人此次研習地點即為 NML 實驗室之時頻部門，負責人為 Dr. Peter Fisk。目前主要研究範圍有

1. 氫微射頻率標準器之製作及維護
2. 鐳離子阱標準頻率震盪器之研究
3. GPS Carrier Phase Time and Frequency Transfer

另外 NML 亦自行研究並維護 Time Scale Algorithm, Primary NTP Server, HF Timing Signal Broadcasting。

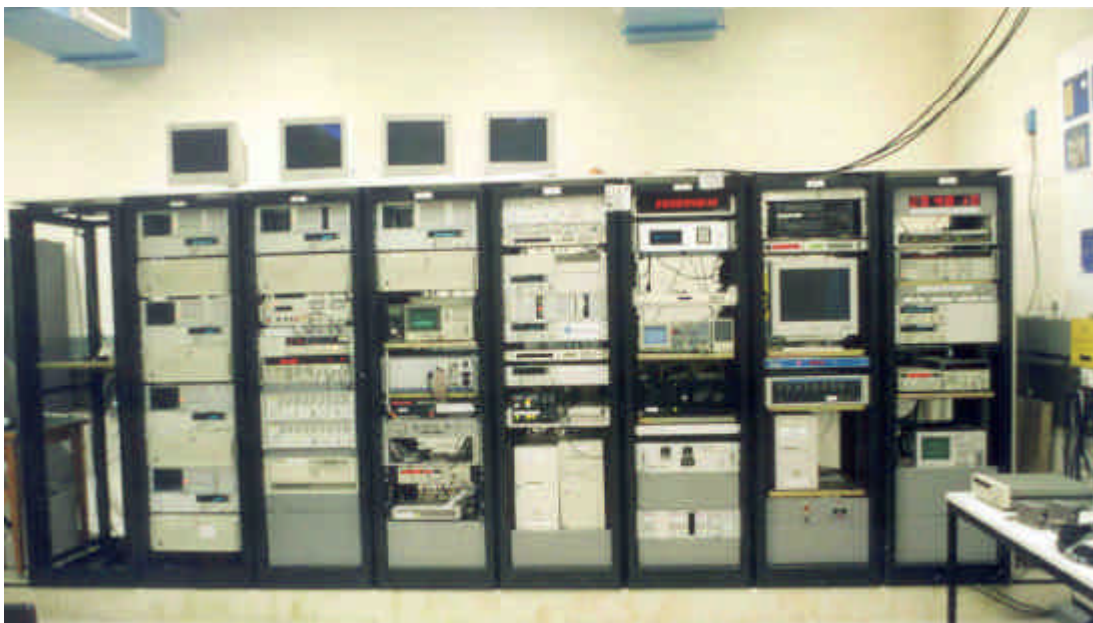


Figure 2. NML 時頻部門之資料處理室

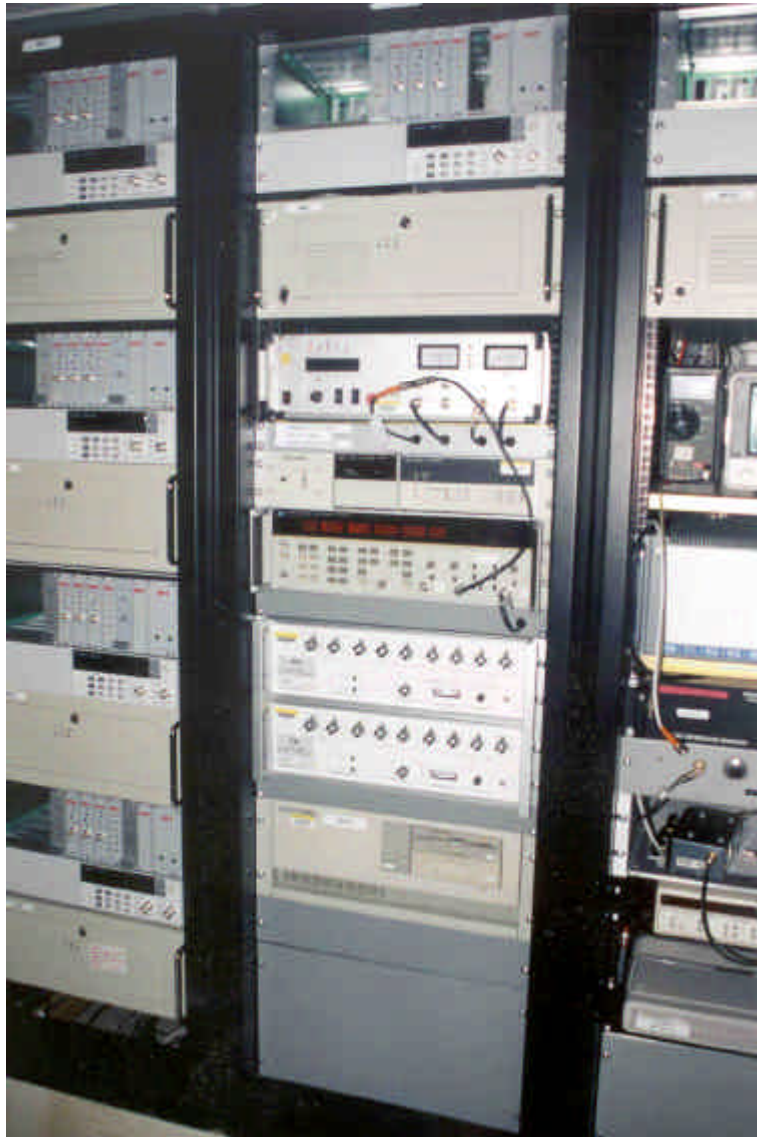


Figure 3 NML 之母鐘

## 肆、SSOG-Line Up Test

在測試期間之前一週 NML Time Section 負責人 Dr. Peter Fisk 出國，由 Dr. Bruce Warrington 負責安排測試。由於預定之傳送及接收衛星 IS-701 所屬公司 IntelSAT Inc. 作業問題，原本在台灣完成之 SSOG Line-up Test 申請頻道已由美商洛克希德公司租用，必須重新申請新頻段。澳洲方面也須重新向澳洲電信公司 TeleStra 申請頻段執照。原連絡技術部門改為連絡客戶部門，Dr. Bruce Warrington 經多方努力，終於及時完成申請，地面站 TL01 及 NML01 資料如下表

|  | TL01                  | NML01                 |
|--|-----------------------|-----------------------|
| Latitude:  | N 24° 57' 13.000"     | S 33° 46' 58.258"     |
| Longitude:   | E 121° 9' 52.000"     | E 156° 9' 5.945"      |
| Modem:   | Satre Modem           | NIST Modem            |
| Up link frequency                                      | 6376.25MHz            | 4151.25MHz            |
| Earth station  | Andrew C-Band Antenna | Andrew C-Band Antenna |
| LINK Satellite: IntelSAT: IS-701 NLO: E 180° 0' 0.000" |                       |                       |

另外敲定測試日期為 November 30, 2001 (Friday) UTC 3:00 (台灣時間 11:00)，測試過程如下：

1. 雙方設定 Modem 及地面發射站頻率，並調整極化方向

- TL之極化方向錯誤，Dr. Warrington 建議參照 NML 之衛星天線調整 (Figure 1)，經兩次調整後，極化方向正確，可開始測試

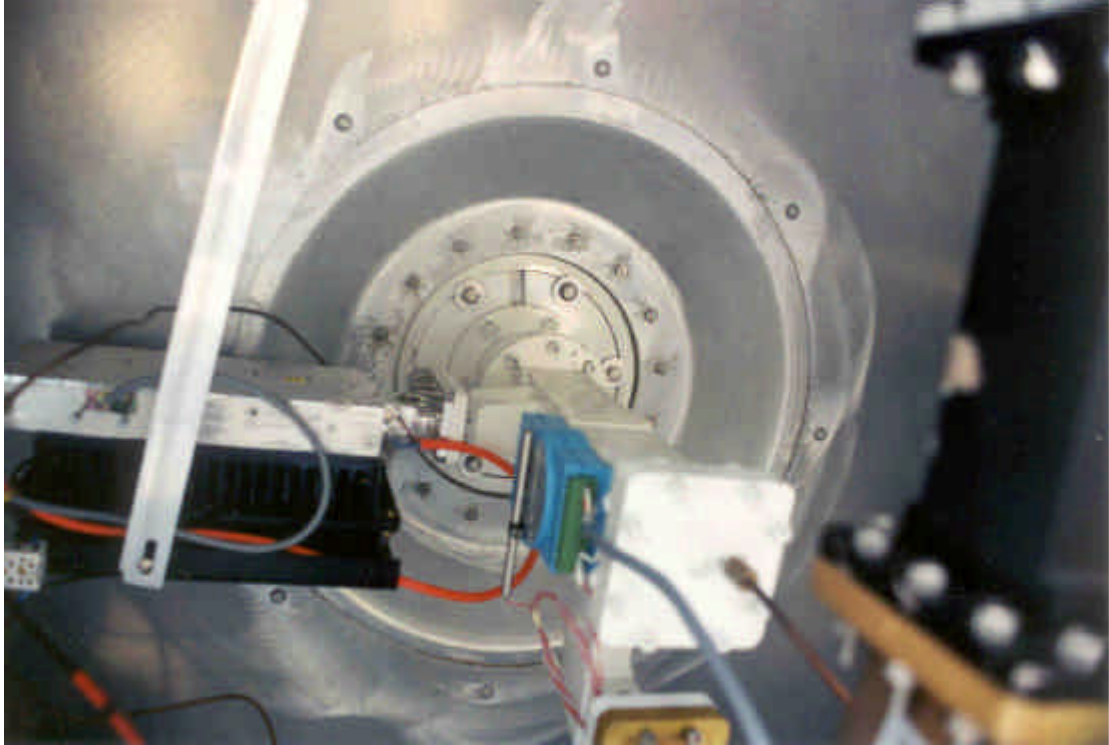


Figure 4 Andres C-Band Antenna 之極化方向設定

## 2. 發射 clean carrier 以確定中心頻率

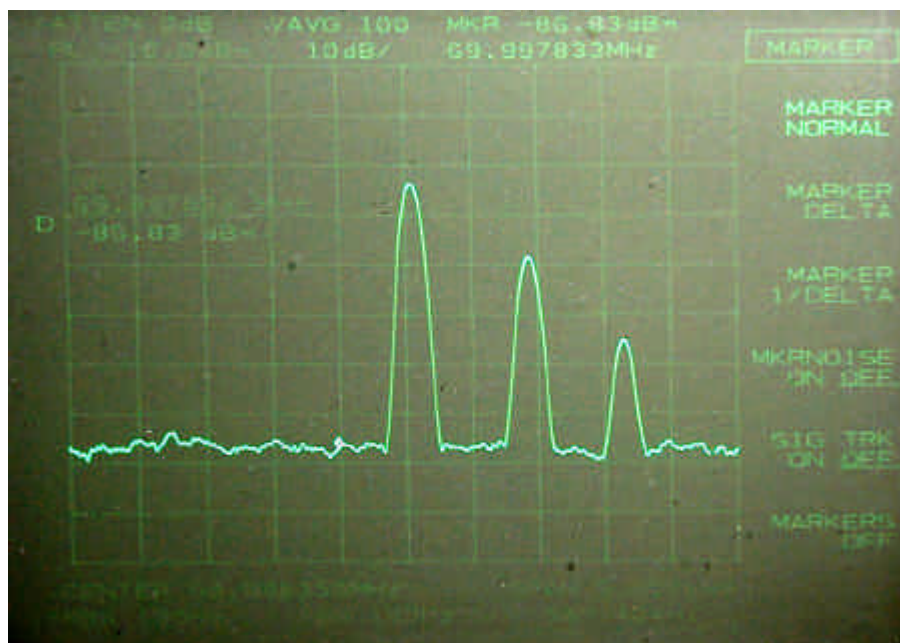


Figure 5

3. 發射 1 PPS 展頻信號

Figure 6 及 Figure 7 為直接由 RG-58 Cable 對傳，信號強度較強，及 1 PPS 展頻後

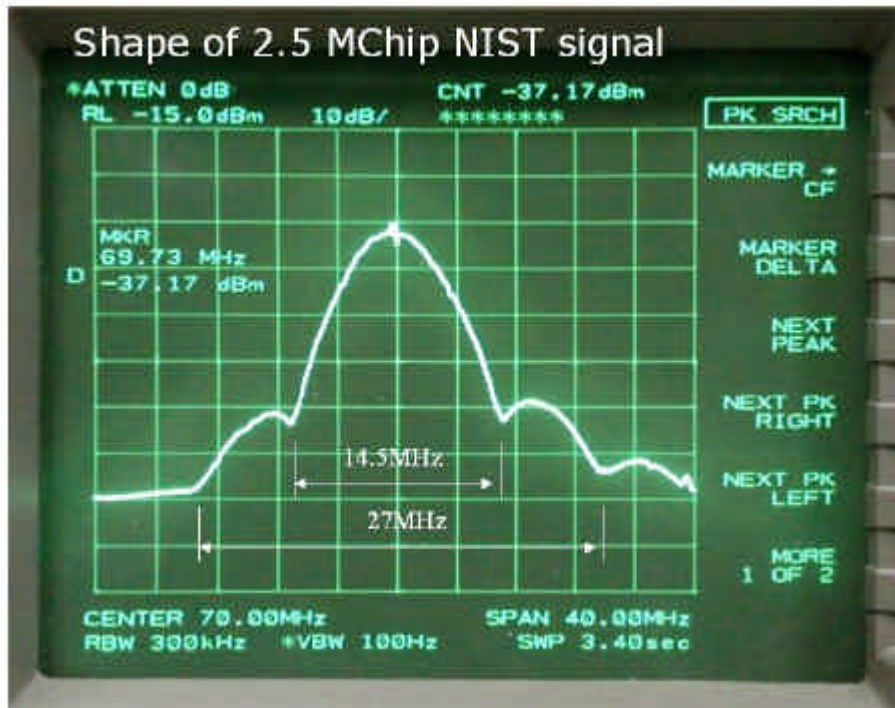


Figure 6.

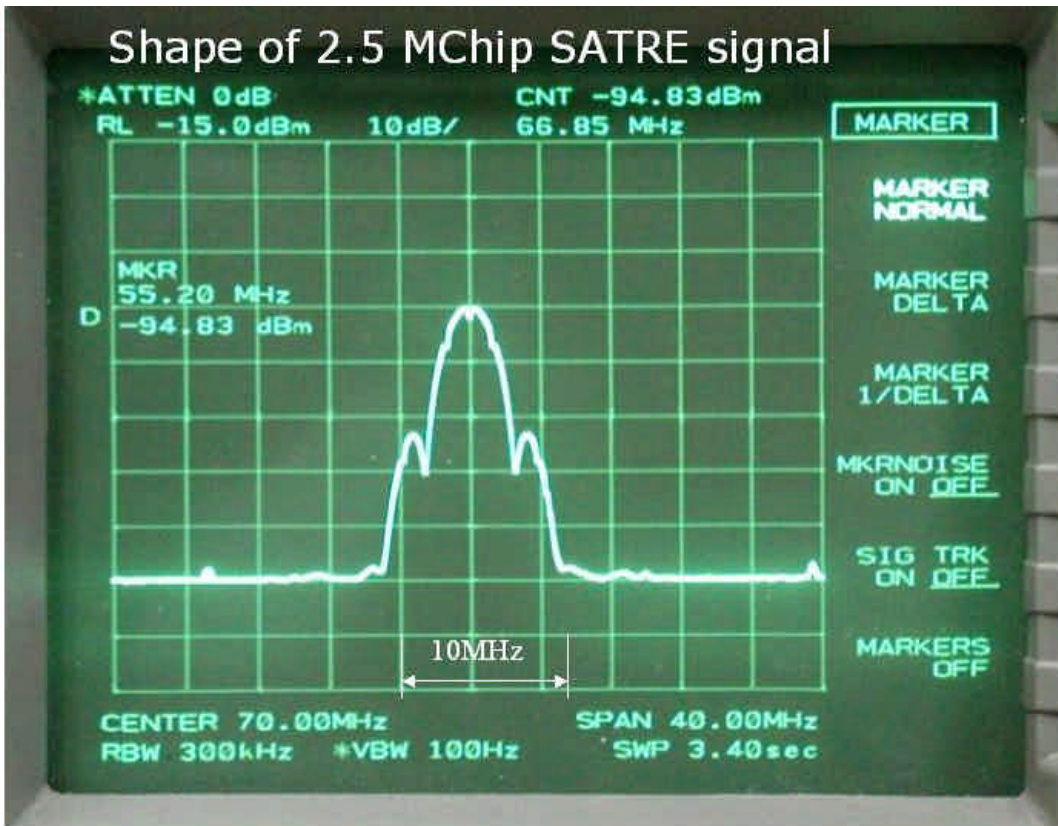


Figure 7

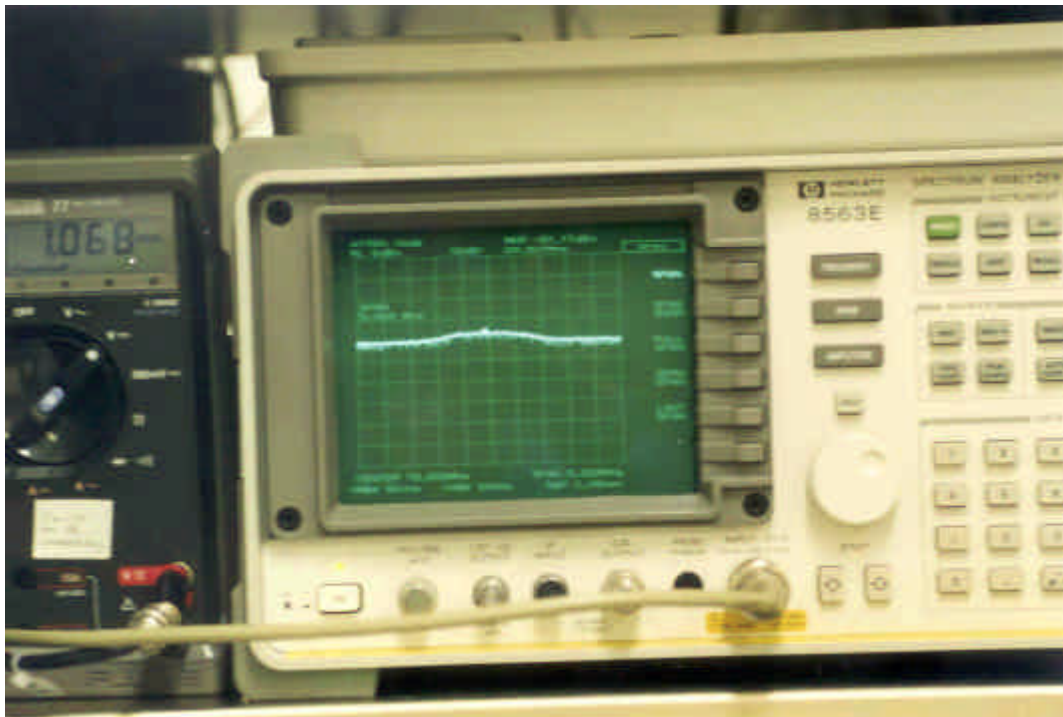


Figure 8

4. 以 1 dB 為單位，逐漸調低信號強度，確定最低可接受信號強度  
最低可接受信號強度為-35dBm
5. 以 1 dB 為單位，逐漸調高信號強度，確定最高可接受信號強度  
最高可接受信號強度為-25 dBm
6. 完成 SSOG Line-up Test

Figure 8 為已完成 SSOG Line-up Test，進行 TWSTT 傳時實驗，我們以 2.5 MHz Chip Rate 傳送 1 PPS 展頻信號，與 NML 對傳。由於 TL 之 up-link converter 只能調製 6,375MHz，解決方法是將 Satre Modem 之 RF Frequency 調至 71.25 MHz 以產生 6376.25MHz 之 RF 信號。實際運作時，由於衛星有些許之對地速度，故以微調 RF Frequency 至 71.242222515MHz 作為最終 RF Frequency。

```

SATRE TWSTT Modem 66 . TimeTech GmbH 1994-98 | 18 Dec 01*04:40:10 x NTP1
Transmitter Receive Measurement Display Global Set Modules Quit

Two-Way Time and Frequency Transfer
----- Transmitter: G/S Com Error -----
Config      : 2.5MChip_Code1
Frequency   : 71.250,000.000 Hz
RF Output   : -30.0 dBm 2.5MCh PN 2
----- Receiver: G/S Com Error -----
Config      : 2.5MChip_Code1
RF Frequency: 71.242,222.515 Hz
RF Signal   : -50.72 dBm 2.5MCh PN 1
C/No       : 62.2 dBHz
Lock status : Code + Carrier Lock
----- no errors logged -----

References: from laboratory
lpps in sync ext. 5MHz      48 C
GPS OK s; Ons; Signals: +++00000

Time      Delay [ns]  StDev [ns/s]
04:38:12 257,982,205.349 0.179 5.5146
04:38:22 257,982,260.461 0.161 5.5116
04:38:32 257,982,315.471 0.178 5.5059
04:38:42 257,982,370.631 0.205 5.5078
04:38:52 257,982,425.829 0.196 5.5121
04:39:02 257,982,480.961 0.177 5.5126
04:39:12 257,982,536.232 0.161 5.5173
04:39:22 257,982,591.496 0.155 5.5209
04:39:32 257,982,646.700 0.108 5.5217
04:39:42 257,982,701.957 0.145 5.5241
04:39:52 257,982,757.209 0.168 5.5260

remote control by Terminal 010.144.180.108
Delay : 257,982,853.981 /: 257,982,850.998 s; 0.136 [ns] v: 5.52359 [ns/s]
Receiving ...

```

Figure 9

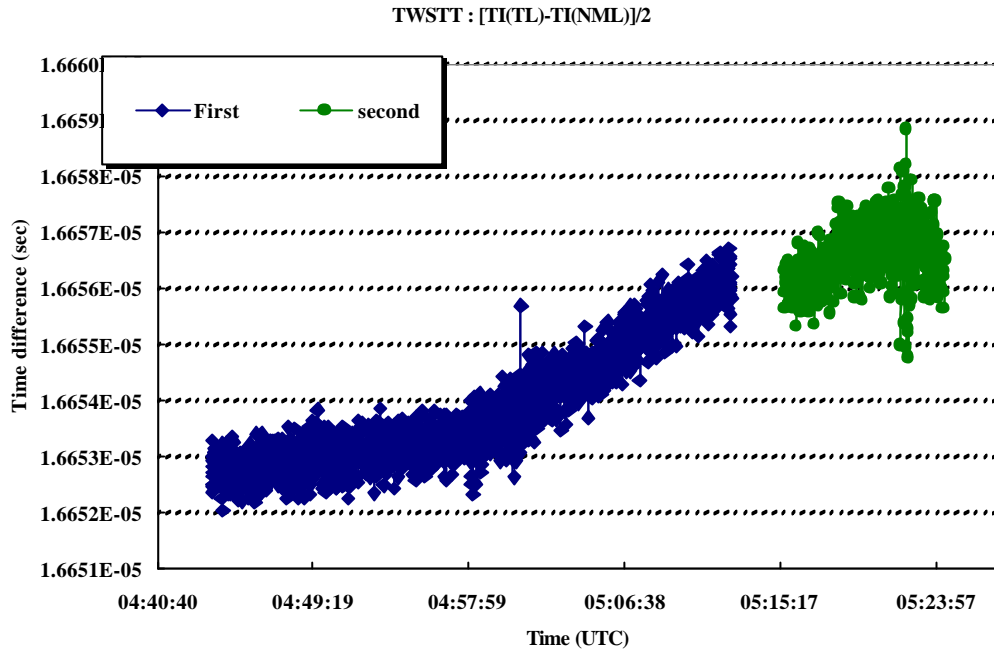


Figure 10

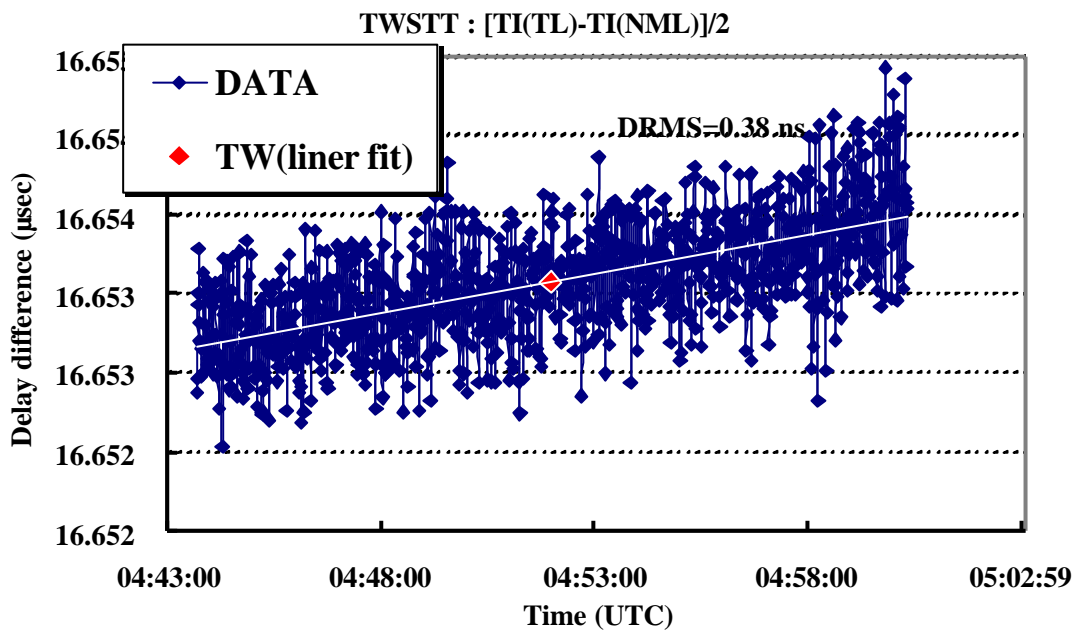


Figure 11

Figure 10,11 為未修正之 TWSTT 結果，DRMS 值為 0.38 ns 還有改善空間，預計正式實驗後可進一步改善。





Figure 12

Figure 12 為 SSOG Line-up test 時，NML 實際狀況，Dr. Peter Fisk 及 Dr. Bruce Warrington 皆親自操作。

## 伍、GPS Carrier Phase Status of NML

在國家時頻實驗室間作 Time or Frequency Transfer 主要有衛星雙向傳時及 GPS 共同觀測法，以相位差可以推導出實驗室間頻率偏移量。更精確的方法是利用 GPS 載波相位觀測量達成時頻傳送的目的。能獲得相當高之傳遞時頻穩定度。NML 與本所國家時頻標準實驗室對於 GPS 共同觀測法已有多年之經驗，與 BIPM 之 TAI 比對資料一直是以 GPS 共同觀測法作為主要方法。

有關利用 GPS 載波相位達成時間傳送之概念如 Figure 9 所示。二個基站分別擁有高精準度原子鐘、GPS 接收機及時間間隔計數器等，而且兩基站同時觀測載波相位以及虛擬距離，透過網際網路(Internet)及電話網路(PSTN)等，二基站之資料可相互進行傳遞，主要包括 GPS 載波相位觀測資料及其他相關之 GPS 導航訊息等。因此，我們可以進行載波相位差分運算，並且結合虛擬距離觀測量可以解算載波相位週波未定值 (Cycle ambiguity)，再者，結合硬體校正所估測之時間延遲，則可以獲得兩基站高精準度原子鐘之時間差。

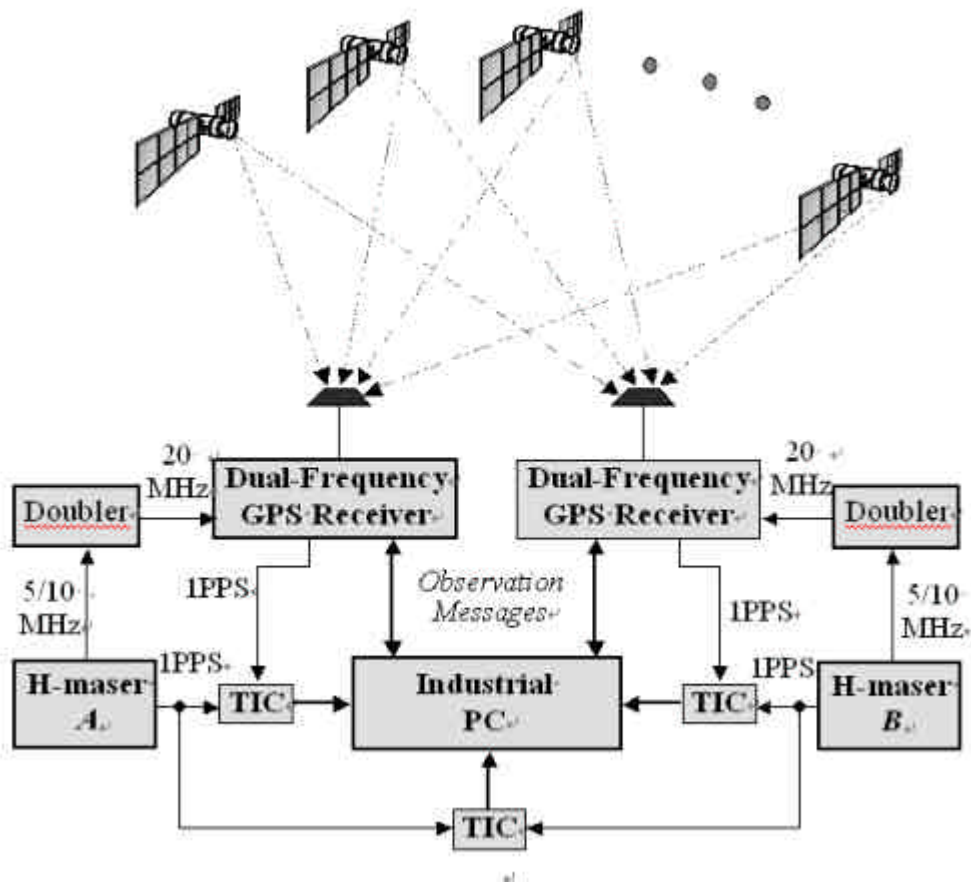


Figure 13

在短基線方面本實驗室已有相當經驗，長基線實驗主要選定日本與澳洲兩個亞洲國家。日本 CRL 為亞洲實力最強之時頻實驗室，NML 為南半球主要時頻實驗室，地理位置相當獨特；與 CRL 之實驗有助理研究員彭新民博士至日本作先期實驗，NML 方面則由本人作接洽。NML 從事 GPS 傳時研究以負責人 Dr. Peter Fisk 為主要研究人員，目前 NML 以 Java GPS receiver 作為 GPS common view 之接收設備，然而 GPS Carrier phase 實驗需要 Ashtech Z-12 T 或同等功能之 GPS 接收機，目前 NML 尚無此類儀器，或可由 TL 借用以完成實驗。

## 陸、心得及建議

澳洲國家量測實驗室，位於雪梨近郊，附近有大片森林，風景優美，氣候宜人。以南半球而言，為最先進之量測實驗室。研究人員雖僅有六人，但因無雜務干擾，研發能力很強。已有能力自製氫原子鐘及可能為下一代頻率標準之離子阱頻率標準器。在 NML 的研究者雜務少，工作自由不受干涉，研究人員也都相當敬業，故能有最好的成績。在短短三星期的實習心得如下；

1. 澳洲地理位置及環境特殊，為南半球主要國家，動植物分布也異於其他國家，CSIRO 的研究範圍旁及環境、農業對國家可有直接貢獻。
2. NML 實驗室規劃極佳，原子鐘組、量測設備及國際比對接收設備距離僅隔一層樓板，重要訊號皆用不易受溫、溼度影響之 Andrew Cable 連結。實驗室環境整齊清潔，值得效法。
3. NML 人員雖然只有六人，但不須負擔研究以外之雜務，計畫主持人（Dr. Peter Fisk）也很注意控制計畫經費及內容，盡量在有限人力及經費下做研究。
4. NML 之研究重點為標準維持、基礎研究、及國際比對。目標明確，行有餘力才觸及一般服務。其優點為可以集中人力專心作基礎研究。其氫原子鐘及二部離子阱鐘皆為自立開發、維護。並已加入 BIPM 之統計，足見 NML 之基礎研

究實力。

5. NML 有專人從事軟體設計，主要作業軟體為 Linux，除可節省大量經費外，軟體自主性亦強，可以設計出完全符合要求的軟體及界面。
6. NML 的多項設備皆自行設計、組合，可設計出符合理想的儀器，做精密研究，TL 限於人力及經費，可考慮與 NML 合作相關技術。建議可以由 GPS time and Frequency transfer 之技術開始互相交流，以節省經費並建立自己的技術能力。
7. NML 與 TL 同為亞洲國家實驗室。一般國際時頻會議多以法、德、義、英、美等歐盟及北美國家主導，亞洲之日本、韓國、台灣、澳洲等國相對邊陲，即使如日、澳之技術能力相當不錯之實驗室亦然。TL 可與 CRL, NML 做較緊密之合作先在亞洲建立經常性之合作關係，再尋求機會打入國際。

非常感謝公司各級長官的鼓勵及協助，使得本次實習能順利圓滿達成，此後職必將更努力於研發工作，貢獻研習成果。