



國家時間與頻率標準實驗室民國 105 年度計畫執行報告

建立及維持國家時間與頻率標準計畫(3/4)

全程計畫：自民國 103 年 1 月至 106 年 12 月止
本年度計畫：自民國 105 年 1 月至 105 年 12 月止

經濟部標準檢驗局委辦

執行單位：中華電信研究院

民國 106 年 1 月

民國 105 年度計畫執行報告摘要記錄表

計畫名稱	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		計畫編號	104-1403-05-05-01	
主辦單位	經濟部標準檢驗局	執行機構	中華電信研究院		
計畫主持人	楊文豪	電話	03-4244931	傳真	03-4245474
協同主持人	廖嘉旭	電話	03-4244441	傳真	03-4245474
計畫分類	<input type="checkbox"/> 研究發展類 <input type="checkbox"/> 技術推展類 <input checked="" type="checkbox"/> 行政配合類				
執行期限	本年度計畫自 民國 105 年 1 月起至 105 年 12 月止				
	全 程計畫自 民國 103 年 1 月起至 106 年 12 月止				
經費概算	全程計畫經費		133,722 (千元)		
	本年度預算	31,929(千元)	實支數	31,929 (千元) 實際與預算支用比 100 (%)	
計畫連絡人	邱紫瑜	電話	03-4244228	傳真	03-4245474
<p>計畫摘要：本計畫之執行，旨在配合經濟部標準檢驗局因應國內工業發展及經濟持續成長之需求，建立及維持時間與頻率國家最高標準，確保量測的一致性與準確性，並與國際標準一致，提供國內量測校正之追溯依據，以達到促進產業升級及提昇科技研究水準之目標，本年度進行以下項目之研究工作：</p> <p>(一)國家標準實驗室維持及性能提昇</p> <p>(二)時頻校核技術研究</p> <p>(三)標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣</p>					

專有名詞中英對照

英文縮寫	英文全名	中文解釋
AOS	Astrogeodynamical Observatory, Space Research Centre P. A. S.	波蘭天文地球動力天文台太空研究中心
ANSI	American National Standard Institute	美國國家標準研究所
APLAC	Asia Pacific Laboratory Accreditation Corp.	亞太實驗室認證組織
APMP	Asia-Pacific Metrology Programme	亞太計量組織
A*STAR	Agency of Science, Technology and Research, Singapore	新加坡科技研究局
ATF	Asia-Pacific Time and Frequency Workshop	亞太時頻論壇
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures(法文)	國際度量衡局
CCTF	Comite Consultatif du Temps et des Frequences(法文)	國際度量衡委員會時間與頻率諮詢委員會
CGPM	Conference Generale des Poids et Measures (法文)	國際度量衡大會
CIPM	Comite International des Poids et Mesures	國際度量衡委員會
CMC	Calibration and Measurement Capability	校正量測能力
DPN	Dual pseudo-random noise	新一代雙電碼
EFTF	European Frequency and Time Forum	歐洲時頻論壇
ESA	European Space Agency	歐洲太空總署
EUROMET	European Metrology Collaboration	歐洲量測組織

英文縮寫	英文全名	中文解釋
GPS	Global Positioning System	全球定位系統
GPS AV	Global Positioning System All-in-view method	全球定位系統全視觀測法
GPS CP	Global Positioning System Carrier Phase method	全球定位系統載波相位觀測法
GPS CV	Global Positioning System Common-view method	全球定位系統共視法
IEN	Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Italy	義大利國家電子研究院
ISO	International Organization for Standardization	國際標準化組織
iFCS	IEEE International Frequency Control Symposium	國際電機電子工程師協會國際頻率信號控制研討會
IGS	International GNSS Service	國際衛星導航服務
ION	The Institute of Navigation	美國導航協會研討會
KRISS	Korea Research Institute of Standard and Science, Rep. Of Korea	韓國標準與科學研究院
KCDB	Key Comparison Data Base	關鍵比對資料庫
METAS	Federal Institute of Metrology (CH)	瑞士聯邦量測研究所
MRAAC	Mutual Recognition Arrangement Advisory Committee	相互認可協議指導委員會
NICT	National Institute of Information and communications Technology, Japan	日本獨立行政法人情報通信研究機構
NIM	National Institute of Metrology, Beijing, P. R. China	大陸北京計量研究院

英文縮寫	英文全名	中文解釋
NIST	National Institute of Standard and Technology, USA	美國標準與技術研究院
NMIA	National Measurement Institute, Australia	澳洲標準量測研究院
NMIJ	National Metrology Institute of Japan	日本獨立行政法人產業技術總和研究所
NPL	National Physical Laboratory, United kingdom	英國國家物理實驗室
NRC	National Research Council of Canada	加拿大國家研究會
NTSC	National Time Service Center	中國大陸中國科學院 國家授時中心
NTP	Network Time Protocol	網路校時服務
OCXO	Oven Controlled crystal Oscillator	溫爐控制晶體振盪器
OP	Observatoire de Paris (LNE-SYRTE)	巴黎天文台
ORB	Observatoire Royal de Belgique	比利時皇家天文台
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany	德國物理與技術研究院
PTTI	Precise Time and Time Interval Meeting	精密時間與時間間隔 研討會
ROA	Real Instituto Observatorio de la Armada en San Fernando	西班牙皇家天文台
SDR	Software Define Receiver	軟體接收機
SGOF	Study Group on Optical Fibre Links	光纖傳時研究小組
SP	Technical Research Institute of Sweden	瑞典國家技術研究所
SU	Institute of Metrology for Time and	俄羅斯聯邦太空與時

英文縮寫	英文全名	中文解釋
	Space	間量測研究所
TAF	Taiwan Accreditation Foundation	財團法人全國認證基金會
TAI	International Atomic Time (法文)	國際原子時
TCTF	Technical Committee on Time and Frequency	時間與頻率技術委員會
TL	Telecommunication Laboratories, CHT Co. Ltd., Taiwan	台灣中華電信研究院
TWSTFT	Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer	衛星雙向傳時
USNO	U. S. Naval Observatory, USA	美國海軍觀測所
UTC	Coordinated Universal Time (法文)	世界協調時
VSL	Van Swinden Laboratorium, the Netherlands	荷蘭標準量測研究院
VCO	Voltage Controlled Oscillator	壓控振盪器
WGNSS	Working Group on GNSS Time Transfer	導航衛星傳時工作組
WGMRA	Working Group on Mutual Recognition Arrangement	時間與頻率技術委員會相互認可協議工作小組

目 錄

壹、基本摘要.....	1
貳、年度國家時間與頻率標準實驗室大事紀要.....	4
參、報告內容.....	6
一、執行績效檢討.....	6
(一) 與計畫符合情形.....	6
1. 進度與計畫符合情形.....	6
2. 配合計畫與措施.....	7
(二) 資源運用情形.....	8
1. 人力運用情形.....	8
2. 設備購置與利用情形.....	9
3. 經費運用情形.....	10
(三) 人力培訓情形.....	12
1. 國外出差人員一覽表.....	12
2. 國內受訓一覽表.....	16
(四) 標準維持情形.....	17
二、成果效益檢討.....	23
(一) 國家標準實驗室維持與性能增進.....	23
(二) 時頻校核技術研究.....	52
(三) 標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣.....	99
(四) 其他.....	121
三、結論與建議.....	124
肆、附件.....	125
(一) 新台幣一百萬以上儀器設備清單.....	126
(二) 各種報告(技術報告、論文、出國報告)一覽表.....	127
(三) 研究成果統計表.....	130
(四) 附則.....	161
(五) 標準系統能量與校正服務資料表.....	166
(六) 校正服務滿意度調查.....	168

壹、基本摘要內容

計畫名稱：建立及維持國家時間與頻率標準計畫

審議編號：105-1403-05-05-01

主管機關：經濟部標準檢驗局

執行單位：中華電信研究院

計畫主持人：楊文豪

聯絡人：邱紫瑜

聯絡電話：(03) 4244228

傳真號碼：(03) 4245474

期程：103 年 1 月至 106 年 12 月

經費：

(全程)：133,722 仟元

(年度)：31,929 仟元

執行情形：年報

1. 執行進度：預定 (%)	實際 (%)	比較 (%)
年度：100	100	0
總年度：75	75	0

2. 經費支用：預定(千元)：31929	實際(千元)：31929	支用比率(%)：100%
年度經費 31,929 千元	年度 31,929 千元	100 %
總經費 133,722 千元	累計 95,474 千元	71.4%

3. 主要執行內容：有關 105 年度之各項重要研究項目及目標摘要如下：

(一) 國家標準實驗室維持與性能提升

此項目旨在國家時頻標準之建立、維持與系統性能之提升，其要點如下：

1. 維持並提升國家標準頻率之穩定度及準確度達到優於 $9.0E-15$ ，時刻差值與國際度量衡局(Bureau International des Poids et Mesures, BIPM)同步在 45 奈秒以內，並提供國內實驗室一級標準件之校正。
2. 持續參與國際度量衡局，共同維持世界協調時(Coordinated Universal Time, UTC)及國際原子時(International Atomic Time, TAI) 等國際標準，在國際時頻機構擁有代表席位。
3. 提升時頻校正能量與系統自動化設計，提供 TAF(Taiwan Accreditation Foundation) 認可實驗室之精密儀器校正服務，減少因儀器所造成實驗室工作誤差，並降低其量測不確定度。
4. 近來本實驗室 UTC(TL)之穩定度維持在 $1.0E-14 \sim 3.0E-15$ (30 days

stability)，精確度約為 15 ns/month，皆已經達到國際先進水準。但現有的 2 部俄羅斯製氫鐘皆已老舊故障，無法提供備援，僅剩一部瑞士製氫鐘作為母鐘參考源。一旦發生故障，必然降低 UTC(TL)之穩定度，並使時刻差值(UTC-UTC(TL))變大。為避免此唯一可用的氫鐘故障，影響實驗室效能，乃至無法進行國際傳時比對及國內精密校正業務，已新購一部具有自動調整功能之主動式氫微射頻率標準器做為參考源，以增加實驗室所維持標準之可靠度。預計在新購氫鐘穩定後，持續進行時間評量(Time Scaling)技術性能研究，可在本實驗室現有之時間評量系統基礎上，進一步提升 UTC(TL)之短、中期穩定度。

5. 維持「時間源比較系統」正常運作，以提供正確、不中斷之服務品質。
6. 提供國內廠商主、被動式元件之短期穩定度量測服務，並進行相關研究，以提升量測技術及精度。
7. 建立追溯至微波頻率標準的精密光頻量測系統
8. 瞭解國際時頻發展趨勢，與世界知名實驗室建立合作關係，並交換技術經驗，促進本實驗室技術水準之提升。

(二) 時頻校核技術研究

此項目旨在進行國際間之時頻標準比對與研究，以達到維持與追溯國際標準之目標，並促進國際合作關係之建立。其要點為：

1. 持續進行 GPS(Global Positioning System, 全球定位系統)雙頻多通道共視法觀測(GPS CV)、GPS 雙頻多通道全視法觀測(GPS AV)、GPS 載波相位觀測(GPS CP)、GPS P3 觀測、BIPM TAIPPP 先鋒計畫觀測等，並將資料傳送 BIPM，進而完成追溯及參與先鋒研究。
2. 持續進行國際衛星雙向傳時實驗，包括：持續進行亞太地區之衛星雙向傳時網路、建設與歐洲德國物理與技術研究院(PTB)，及亞美之間的衛星雙向傳時實驗，並拓展聯繫歐美重要時頻中心的雙向比對鏈路，以增進國際合作關係。深入衛星雙向傳時特性探討及新技術研發，以提升傳時效能。
3. 積極參與 CIPM CCTF 之 TAI 貢獻實驗室代表大會、GNSS 技術工作委員會、ATFT 技術工作委員會及衛星雙向傳時技術參與實驗室委員會等，或參加國際時頻技

術研討會，以掌握國外技術發展趨勢及增進國際合作關係。

(三) 標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣

此項目係針對國內校正實驗室及廠商進行國家時頻標準之傳遞及推廣應用，其要點為：

1. 維持網際網路校時等時頻傳遞系統，以滿足全國社會民生，及產業界之資訊、通訊、控制系統等設備，對於數位化校時之使用需求。
2. 留意並滿足亞太實驗室認證組織 (Asia Pacific Laboratory Accreditation Coop., APLAC)和國內 TAF 等單位，對於國際實驗室間傳時比對，及國內實驗室間能力試驗之要求。
3. 開發新的時頻傳遞技術，舉辦技術比對活動或國內外之研討會，以增進技術交流，並提升實驗室之知名度與重要性。
4. 持續進行低頻系統於公共民生訊息傳播之應用推廣，爭取公部門對於低頻傳播系統建置經費的支持，早日完成低頻傳播系統建置。若民國 105 年未爭取到系統建設資源，則將適時辦理總結作業。

貳、105 年度國家時間與頻率標準實驗室大事紀要

日期	技術成果與活動	人事與國際合作
105.01.01		開發衛星雙向傳時比對接收機，協助日本 NICT 改善衛星雙向傳時比對穩定度。
105.01.01		開發衛星雙向傳時比對接收機，協助韓國 KRISS 改善衛星雙向傳時比對穩定度，並協助與日本 NICT 進行載波相位衛星雙向傳頻比對。
105.01.05	經濟部標準檢驗局 104 年度委辦計畫期末審查會議	
105.01		林信嚴研究員赴美國參加 PTTI 2016 研討會發表論文
105.03.17	經濟部標準檢驗局舉辦 106 年綱要計畫書審查會議	
104.03.13		完成 BIPM G1 實驗室巡迴校正，校正完成後本實驗室 TAI link 之總不確定度可望繼續維持在 2 ns 以內
105.03.07-105.03.11		林晃田博士接受日本認證機構 IAJapan 邀請，赴日本國家實驗室(NMIJ)及日本情報通信研究機構(NICT)擔任國際同儕評鑑技術評審。
105.04.10-105.09.17		BIPM 協調由德國 PTB、法國 OP、美國 NIST、大陸 NTSC 等提供經費，邀請同仁擔任技術顧問前往協助建立上述實驗室之 SDR 衛星鏈路。
105.04		林信嚴研究員赴英國參加 EFTF 2016 研討會發表論文
105.05.8-05.16		曾文宏研究員赴美國紐奧良參加 IEEE IFCS 2016 研討會發表論文
105.07.19 ~持續進行		開發衛星雙向傳時比對接收機，協助中國大陸 NTSC 改善衛星雙向傳時比對穩定度。
105.08.01 ~持續進行		開發衛星雙向傳時比對接收機，協助德國 PTB 改善衛星雙向傳時比對穩定度。

105.08.23 ~持續進行		開發衛星雙向傳時比對接收機，協助法國 OP 改善衛星雙向傳時比對穩定度。
105.09.12 ~持續進行		開發衛星雙向傳時比對接收機，協助美國 NIST 改善衛星雙向傳時比對穩定度。
105.9.28~105.9.29		舉辦 MEDEA GPS 傳時及校正技術研討會
105.11.14~105.11.15		廖嘉旭博士、林晃田博士、黃毅軍研究員參加於越南舉辦之 APMP TCTF、APMP TCQS 年度會議
105.11.16~105.11.18		廖嘉旭博士與林晃田博士參加越南舉辦之 APMP symposium & GA 會議
105.12.16		黃毅軍研究員榮獲中國電機工程師學會 105 年度「優秀青年電機工程師獎」
105.12.06~105.12.09		林晃田博士接受中國大陸之認證機構 CNAS 邀請，赴北京計量院(NIM)擔任國際同儕評鑑技術評審。

參、報告內容

一、執行績效檢討

(一) 與計畫符合情形

1. 進度與計畫符合情形

預定工作進度查核點	預定完成日期	實際完成日期	進度是否符合
➤ 第一季維持與國際度量衡局之時刻差小於45奈秒 (此精度為全球領先水準)	105.03	105.03	符合
➤ 年度累積完成校正服務12件	105.03	105.03	符合
➤ 第一季提供平均每日超過2.1億次之校時服務	105.03	105.03	符合
➤ 上半年維持與國際度量衡局之頻率穩定度與準確度小於 9×10^{-15}	105.06	105.06	符合
➤ 年度累積完成校正服務24件	105.06	105.06	符合
➤ 上半年提供平均每月超過2萬次之網頁連結服務	105.06	105.06	符合
➤ 前三季繼續保持與國際度量衡局之時刻差小於45奈秒	105.09	105.09	符合
➤ 年度累積完成校正服務36件	105.09	105.09	符合
➤ 完成短基線遠端時頻比對追溯評估	105.09	105.09	符合
➤ 完成研發接收機量測技術提升國際衛星雙向傳時比對穩定度	105.09	105.09	符合
➤ 本年度繼續保持與國際度量衡局之時刻差小於45奈秒	105.12	105.12	符合
➤ 本年度維持與國際度量衡局之頻率穩定度與準確度小於 8×10^{-15}	105.12	105.12	符合
➤ 年度累積完成校正服務50件	105.12	105.12	符合
➤ 完成光學實驗室環境與光梳量測系統建置	105.12	105.12	符合
➤ GNSS接收機儀器位準穩定性與溫度關聯性研究報告	105.12	105.12	符合
➤ 提供本年度平均每日2.2億次之校時服務	105.12	105.12	符合
➤ 透過未來電信網路傳遞精準時間評估分析	105.12	105.12	符合
➤ 協助舉辦ATF 2016研討會	105.12	105.12	符合

2. 配合計畫及措施

合作單位	合作計畫內容與成效	期間
	無委託研究案	

(二)資源運用情形

1. 人力運用情形

(1) 人力配置

主持人	分項計畫(分項及主持人)	子計畫 (名稱及主持人)	年度 人月	實際 人月	差異
楊文豪	廖嘉旭	國家標準實驗室維持及性能增進 (林信嚴)	60	58	
		時頻校核技術 (林晃田)	48	42	
		時頻傳遞 (林清江)	36	29	
合計			144	129	

(2) 計畫人力

分類		職稱					學歷					合計
年度	狀況	研究 員級	副研 究員 級	助理 研究 員級	研究 助理 員級	研究 助理 員級 以下	博士	碩士	學士	專科	其他	
105	預計	48	84			12	48	72		24		144
(人 月)	實際	41	76			12	41	64		24		129

2. 設備採購與利用情形

儀器設備名稱及數量金額 (單位：元)	採購時間 (民國)		運用情形					備註
	預定	實際	優良	佳	尚可	稍差	不佳	
網路校時設備(492,160 元)	105.10	105.10	V					

3. 經費運用情形

(1) 預算執行情形

單位：千元

科目	全年度預算數	累計分配預算(1)	累計實支數(2)	暫付款(3)	應付款(4)	保留數(5)	合計 (6)=(2)+(3)+(4)+(5)	執行率 (6)/(1) %	備註
經常支出									
直接費用	28,894.84	28,894.84	28,894.84				28,894.84	100	
公費	1,045	1,045	1,045				1,045	100	
營業稅	1,497	1,497	1,497				1,497	100	
小計	31,436.84	31,436.84	31,436.84				31,436.84	100	
資本支出									
機械設備	492.16	492.16	492.16				492.16	100	
小計	492.16	492.16	492.16				492.16	100	
合計	31,929	31,929	31,929				31,929	100	不足部分由本院吸收

(2) 歲入繳庫情形

單位：元

科目	實際發生數	說明
財產收入		
不動產租金		
動產租金		
廢舊物資售價		
技術移轉		
權利金		
技術授權		
製程使用		
其他		
罰金罰款收入		
罰金罰款		
其他收入		
供應收入— 資料書刊費		
服務收入— 教育學術收入 技術服務	804,000	校正件數 62 件
審查費		
業界合作廠商配合款		
收回以前年度歲出		
其他雜項		
合計	804,000	校正件數 62 件

(三)人力培訓情形

計畫名稱：建立及維持國家時間與頻率標準計畫

國家標準實驗室計畫國外出差人員一覽表

出差性質	主要內容	出差機構及國家	期間(民國)	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益
參加會議	赴英國 York 參加 2016 EFTF 研討會暨 CCTF WG meeting	英國	105.04.03 ~ 105.04.09	林信嚴	時間評量技術研究	EFTF 研討會實際參與會議者涵蓋歐、亞、美等先進國家時頻實驗室之研究人員。會中將針對各項時頻相關主題進行探討，本次出席 EFTF 研討會發表論文二篇，並與其他地區相關實驗室研究人員進行議題討論，可提升台灣時頻研究水準。
參加會議	赴美國 Monterey 參加 2016 PTTI 研討會暨 CCTFWG 討論會	美國	105.01.24 ~ 105.01.30	林信嚴	時間評量技術研究	PTTI 研討會為美國海軍天文台(US Navy Observatory, USNO) 與美國導航協會研討會(The Institute of Navigation, ION)合辦，討論領域針對頻率與時間前沿研究及時頻於導航方面之應用。除美國先進實驗室外，歐亞時頻實驗室之研究人員皆會與會，參加此會議可促進實驗室間相互合作關係，提昇本實驗室國際能見度及貢獻度。
參加會議	赴美國紐奧良參加 IEEE IFCS 2016 研討會發表論文	美國紐奧良	105.05.8 ~ 105.05.16	曾文宏	時頻校核技術研究	IEEE 國際頻率信號控制研討會(International Frequency Control Symposium, IFCS)為重要的國際性時頻研討會，本次會議上發表 2 篇已接受之論文，會議期間主要就各種振盪器與時頻傳遞等新技術發展與各實驗室的同僚作交流，並瞭解量測設備的最新產品。最後一天參觀美國雷射干涉重力波偵測站(LIGO)之相關設施，LIGO 去年九月成功偵測到重力波，於今年二月正式發表成果受國際社會矚目，觀摩該實驗室可瞭解最精密的頻率量測技術。
參加會議	參加 2016 NCSLI	美國聖保羅	105.07.24	廖嘉旭	協同主持人	本會議為 NCSLI 年度 workshop & Symposium，實際

	workshop & Symposium		~ 105.07.31			<p>參與會議者涵蓋美、歐、亞等校正及標準實驗室之研究人員。會中針對各項校正及標準相關主題進行探討，目的為各國學術界與產業界研究人員交換量測技術的發展趨勢與成果，並展出最新之量測儀器，參展廠商有上百家，應是量測領域會議中最大的展示之一，參展廠商大致可分類成：儀器販售、計量機構、儀器修復、認證組織、PT 執行機構、協助建立實驗室之廠商等。</p> <p>與各國專家共同研討，同時了解量測技術最新發展趨勢，和其他學術機構及實驗室建立互動關係。本次出席此會發表論文，並與其他地區相關實驗室研究人員進行議題討論，有利於提升台灣時頻研究水準。</p>
參加會議	赴加拿大參加 CPEM 2016 研討會並發表論文	加拿大	105.07.09 ~ 105.07.17	黃毅軍	時頻校核技術研究	<p>CPEM (Conference on Precision Electromagnetic Measurements) 為由 BIPM、IEEE、NIST 等六個單位永久主辦兩年一度之重要的國際性量測技術研討會，其論文集為 EI 等級。精密量測技術攸關國家下一代產業的發展，參加該會目的在發表論文，並瞭解國際上相關量測技術的最新發展趨勢，有利於掌握先機增加合作機會。並可投稿 IEEE Trans. IM 特刊，藉以提昇實驗室論文水準。</p>
參加會議	參加 APNOMS 2016 國際研討會並發表論文	日本金澤市	105.09.05 ~ 105.09.10	王嘉綸	GNSS 時頻校核技術研究	<p>APNOMS 2016 亞太網路維運管理研討會議為年度重要的國際性網路管理技術研討會議，三天的議程包括 Tutorials、Keynote Speech、Technical Session、Innovation Session、海報會議及產品展</p>

					<p>示等，相關內容涵蓋全球電信網路發展現況、網路維運技術、新一代網路性能之時頻同步需求及電信等相關應用。本此投稿 2016 APNOMS 國際研討會論文，投稿網路效能監測主題(Network Monitoring and Measurements)，題目為" Primary Reference Time Clocks Performance Monitoring Using GNSS Common-View Technique in Telecommunication Networks "，並於會議中進行發表。論文摘要如下：隨著通訊技術持續演進與發展，對於高精度時間($\pm 1.5 \mu s$)及更多同步信號可用性的需求與日俱增。為滿足國內產業對高精度時間追溯的需求，實驗室導入高精度 GPS 遠端時頻比對技術應用在新一代網路中 PRTC 監測並維持時間同步追溯效能評估，進而提昇網路品質與效能。參與會議不僅可以發表自己的研究成果，並且與其他各界進行學術交流過程中，增加了與其他實驗室溝通的機會，有助於實驗室國際能見度的提升。</p>
參加會議	赴美國 Boulder 參加衛星雙向傳時工作組 (WGTWSTFT) 年度會議	美國	105.09.05 ~ 105.09.10	林信嚴	<p>時間評量技術研究</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 衛星雙向傳時工作組會議 (CCTF TWSTFT Working Group Meeting) 係由國際度量衡局 (BIPM) 及時間與頻率諮詢委員會 (CCTF) 下各時頻國家標準實驗室所組成之工作小組。以推動國際間衛星雙向傳時技術及比對量測事宜，並制定各項設備及傳時實驗之標準使用程序。本實驗室為該小組之正式成員，參加會議為本室之權利及義務。 2. 歐、亞、美各先進國家時頻實驗室皆將出席此

						<p>會議，參加會議可促進實驗室間相互合作關係，提昇本實驗室國際能見度及貢獻度。</p> <p>3. 會議將由各國實驗室報告其最新狀況，並討論標準制定各國實驗室現況及世界標準時之產生方式。會議上本實驗室將報告 TL 最新狀況及未來研究方向，與各國專家交流。</p>
參加會議	參加亞太計量組織大會及技術委員會會議 (APMP 2016 GA, TC meetings, and TCQS Workshop) 等會議	越南峴港	105.11.11 ~ 105.11.19	廖嘉旭 林晃田 黃毅軍	協同主持人 時頻校核技術研究 時頻校核技術研究	<p>本實驗室為 APMP 正會員，參加 APMP 2015 會議，可讓亞太地區標準實驗室之間的合作更向前邁進，對於提升本實驗室在國際上的能見度與貢獻度有莫大的幫助。</p> <p>本實驗室為 APMP TCTF 及 TCQS 委員實驗室，希望藉由參與此次會議掌握全球最新的量測技術發展趨勢、協調全球相互認可協議之工作、了解各國時頻標準制訂方向，以促使我國相關資通業務發展與國際接軌。促進區域標準之一致，達成國際標準的相互認可，進一步增進亞太地區時頻技術發展與我國相關產業對區域經濟的貢獻與影響力。</p>

註：出差性質請依下列事由填寫- (1) 觀摩研習 (2) 受訓 (3) 參加會議

國家標準實驗室計畫國內受訓一覽表

訓練名稱	主要內容	訓練機構	期間	參加人員姓名	在本計畫擔任工作	對本計畫之助益
2016 年 TAF 實驗室校正領域資深評審員在職訓練	評鑑團隊領導及合作溝通技巧訓練	全國認證基金會 TAF	105.05.22~23	廖嘉旭 林晃田	計畫經理、實驗室負責人 品質主管、時間校核技術	熟悉評鑑團隊領導及合作溝通技巧訓練，有助於計畫團隊之合作溝通及後續評鑑案之進行
2016 年實驗室品質及報告簽署人在職訓練	TAF 實驗室認證規範更新說明及討論	全國認證基金會 TAF	105.11.21	林晃田	品質主管、時間校核技術	了解 TAF 實驗室之認證規範更新內容及實驗室品質維持要點

(四)標準維持情形：

標準件校正日期及追溯來源詳如下表

編號	有關儀器標準件	校正日期(民國)	追溯來源
1	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 300	83.11 替代 CS160 提供母鐘信號 89.7.18 不穩定並重新啟動 89.7.27 送日本換銻束管 90.06.26 修復驗收 完成參與國家時頻維持 91.06.28 替代 CS809 提供母鐘信號 92.5.19 頻率不穩定改由 CS1712 提供母鐘信 號 98.04 故障 98.12 送美國原廠維修 99.06.01 修復完成，現使用於遊校。 102.06 故障除役	BIPM
2	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 160	83.11 故障送修，83.12 修護與 UTC(TL)持續 比對；85.09 故障送修，86.04 修護與 UTC(TL) 持續比對 89.7.10 送日本換銻束管 90.06.24 修復驗收完成。 98.09 故障除役	BIPM
3	銻束頻率標準器 HP5061A, S/N 1712	90.10 成參與國家時頻維持 92.5.19 頻率不穩 定改由 CS1712 提供母鐘信號 93.12.21 改由 HM76053 提供母鐘信號 99.11 故障待修中 102.04 修復驗收完成	BIPM
4	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 474	84.5.2 新購驗收完成參與國家時頻維持 89.8.11 故障送修 90.05.20 修復驗收完成。 99.11 故障除役	BIPM
5	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 1132	87.06 新購驗收完成參與國家時頻維持 91.12.5 送日本換銻束管 92.6.30 修復驗收完成參與國家時頻維持 102.06 故障除役	BIPM
6	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 809	85.05 新購驗收完成參與國家時頻維持 90.10.01 替代 CS1498 提供母鐘信號 91.06.28 故障並重新啟動 91.12.5 送日本換銻束管 92.6.30 修復驗收完成參與國家時頻維持 99.04. 故障	BIPM

編號	有關儀器標準件	校正日期(民國)	追溯來源
7	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 1012	86.06 新購驗收完成參與國家時頻維持 92.10.13 故障送日本換銻束管 93.6.30 修復驗收完成參與國家時頻維持 99.08. 故障除役	BIPM
8	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 1500	89.06 新購驗收完成參與國家時頻維持 93.3.2 故障 94.01.06 送日本換銻束管 94.8.1 參與國家時頻維持	BIPM
9	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 1498	89.04 新購驗收完成參與國家時頻維持 89.12 替代 CS300 提供母鐘信號 97.08 故障 98.03 修復驗收完成參與國家時頻維持	BIPM
10	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 1104	95.11.2 送美國換銻束管 96.2.5 修復驗收完成 96.2.16 參與國家時頻維持(新加入) 101.05 轉為遊校用 105.09 故障除役	BIPM
11	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 2365	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
12	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 2366	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
13	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 2367	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
14	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 2368	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
15	銻束頻率標準器 Symmetricom, S/N 2630	99.08 新購驗收完成 101.02 參與國家時頻維持	BIPM
16	銻束頻率標準器 Symmetricom, S/N 2634	99.08 新購驗收完成 101.02 參與國家時頻維持 105.09 轉為遊校用	BIPM
17	銻束頻率標準器 Symmetricom, S/N 2636	99.08 新購驗收完成 101.02 參與國家時頻維持	BIPM
18	銻束頻率標準器 Symmetricom, S/N 2853	99.11 新購驗收完成 101.05 參與國家時頻維持	BIPM
19	銻束頻率標準器 Symmetricom, S/N 2910	100.10 新購驗收完成 101.04 參與國家時頻維持	BIPM

編號	有關儀器標準件	校正日期(民國)	追溯來源
20	氫微射頻率標準器 KVARZ, S/N 76052	88.01 參與國家時頻維持 89.11 時間產生單元故障 90.02 修復驗收完成參與國家時頻維持 99.06 由 HM76052 提供母鐘信號 101.02 改由 HM-0057 提供母鐘信號 102.07 修復驗收完成參與國家時頻維持	BIPM
21	氫微射頻率標準器 KVARZ, S/N 76053	88.01 參與國家時頻維持 93.12.21 改由 HM76053 提供母鐘信號 101.7 故障 105.03 修復驗收完成參與國家時頻維持	BIPM
22	氫微射頻率標準器 T4-Science, S/N 0057	99.06 新購驗收完成 101.02 提供母鐘信號 104.06 停止提供母鐘訊號	BIPM
23	氫微射頻率標準器 Microsemi, S/N 01000000311	103.09 新購驗收完成參與國家時頻維持 104.06 提供母鐘信號	BIPM
24	相位微調器 AOG model 110 S/N 0042	90.10.04 參與國家標準實驗室母鐘維持 每日持續性監測 90.10.04 0.00004 ns/s Advance	國家標準實驗室母鐘
25	SDI 5MHZ 分配器	供應標準頻率(5MHz)	國家標準實驗室母鐘
26	切換控制器	每日持續性監測	
27	SDI PD-10-RM-B, S/N 13AR13-07	供應標準時間(1PPS)	國家標準實驗室母鐘
28	時間差計數器, SR620	83.6.27 更換損壞之 S/N 2410A00790 每日持續性監測 90.12 替代 HP5370 持續性監測	國家標準實驗室母鐘
29	ESA24K-1 CODAN-5900	每日持續性監測	國家標準實驗室母鐘
30	Ashtech/Z-XII3T Metronome, S/N RT919994504	每日持續性監測	國家標準實驗室母鐘
31	IRT FRU-1030 S/N 0206082	每日持續性監測	國家標準實驗室母鐘

說明：(參考標準時頻系統維持及追溯方塊圖)

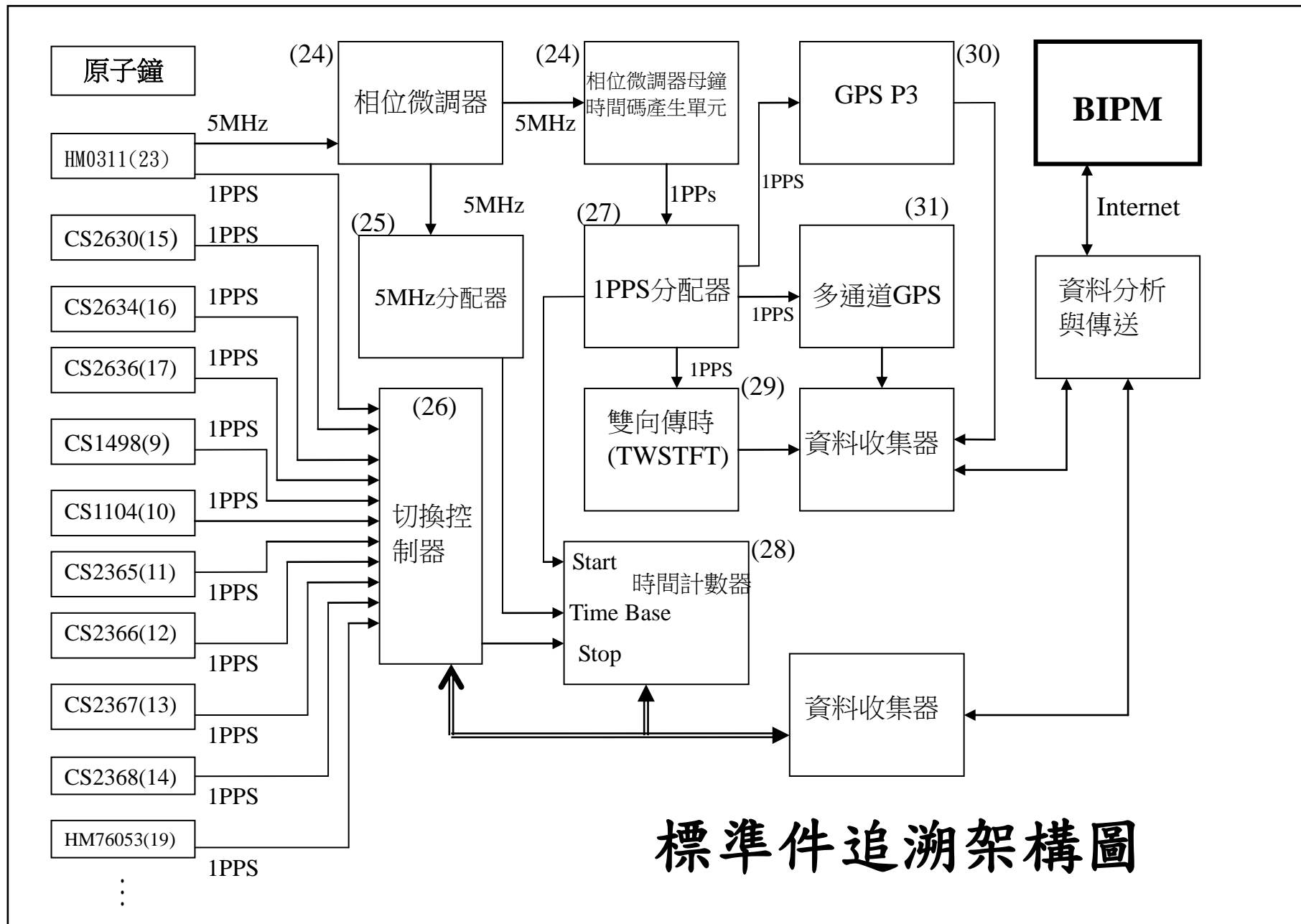
標準件追溯架構如附圖

本實驗室之時頻標準是經原級銫束頻率標準器及氫微射頻率標準器比對產生。所謂原級頻率或時間標準是在運作時不需提供外在校正(CCIR Recommendation 686 之定義)，其中所用 HP 5071A 是目前世界上穩定性最佳的商用化銫原子鐘，目前母鐘產生標準信號採用方式係在原子鐘群中長期仔細比對後找出最穩定之原子鐘當母鐘訊號參考源(目前使用 Microsemi, 序號 0100000311 的氫鐘)，經相位微調器(24)微調後產生台灣國家標準頻率(5 MHz)及標準時刻 UTC(TL),UTC(TL)經時間差計數器(28)與原子鐘群、GPS (30)接收信號比對。比對結果送至 BIPM，由 BIPM 統計出所有原子鐘與 UTC(BIPM)之時間差值、頻率偏移、權重。計算結果每個月由 BIPM 公佈於網站，經本實驗室分析所得結果，用來決定相位微調器所需微調的值，使本實驗室產生之協調時能緊密地追溯至 BIPM。

銫原子鐘本身為原級標準器，平常除需檢查各個工作指示燈初步判定其工作是否正常外，其工作性能則需時間差計數器之時間比對來分析。

為使我國時頻最高標準與國際標準一致，民國 105 年度 12 月止執行 4 項國際比對，其相關資訊如下表所示。

比對項目	主辦單位	比對國家/機構	比對月份 (民國)	比對結果公佈處
原子鐘頻率比對	BIPM	BIPM(55 個實驗室)	105.01~持續進行	公佈於 BIPM Time Section 網站
GPS 傳時比對	BIPM	BIPM(55 個實驗室)	105.01~持續進行	公佈於 BIPM Time Section 網站
亞美 TWSTFT 之傳時比對	NICT、USNO	日本 NICT、韓國 KRISS、美國 KPGO、美國 USNO、台灣 TL	105.01~105.08	公佈於 BIPM Time Section 網站
亞太 TWSTFT 之傳時比對	NICT	日本 NICT、韓國 KRISS、台灣 TL	105.01~持續進行	公佈於 BIPM Time Section 網站



標準件追溯架構圖

二、成果效益檢討

本計畫執行情形，將依據計畫架構 (1)國家標準實驗室維持與性能增進、(2)時頻校核技術、(3)標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣及(4)其他，逐項說明如下：

(一) 國家標準實驗室維持與性能增進

本實驗室主要任務為：建立及維持國家時間與頻率的最高標準，並透過國際比對活動確保與國際標準的一致性。對外直接參與國際度量衡局，共同維持世界協調時(UTC)及國際原子時(TAI)；對內則提供國內產業時頻量測及校正之追溯源頭，並藉由資訊、通信等技術傳遞國家標準時間，以滿足社會大眾對標準時頻應用之需求。我國時頻標準之國際接軌與產業服務示意圖如圖 1.1。

與國際標準協調一致、建立國際地位

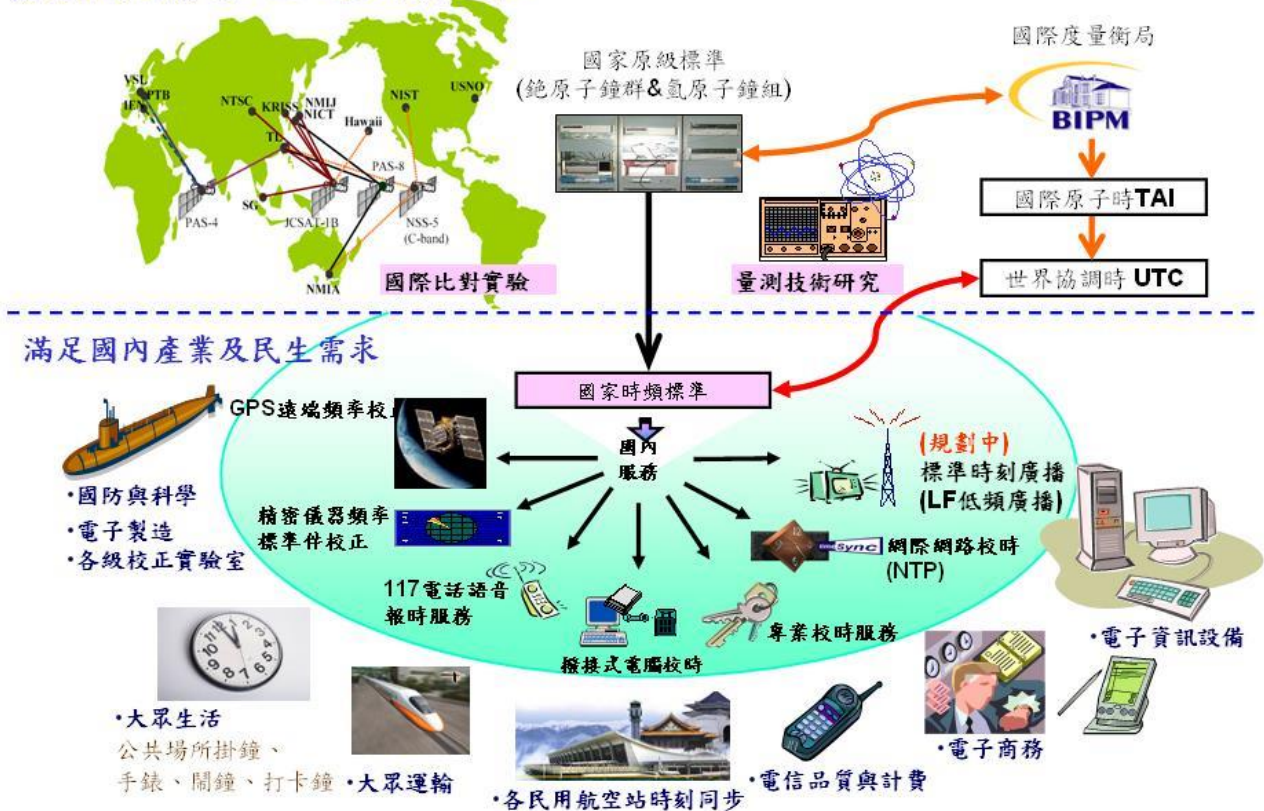


圖 1.1、我國時頻標準之國際接軌與產業服務示意圖

服務產業與應用

- 提供符合全球相互認可資格之精密儀器設備之頻率標準件校正服務，為國內各級時頻標準實驗室之追溯源。

- 透過 NTP(Network Time Protocol) 網際網路校時，提供電腦與資訊設備等自動定期校時服務。
- 提供安全可靠的撥接式專線電腦校時服務，應用於公共電視、廣播電台、民航局近場雷達及塔台飛航管制等單位。
- 專線式校時系統應用於電信公司，解決視訊網路時間誤差及計費問題。
- 精準時頻技術的研究與推廣，合作對象包括中山科學研究院、國內各大學等。

產業效益

- NTP 網際網路校時準確且便利，滿足資、通訊產業之需求。
- 提供電子資訊社會一個公正可信賴的時間，作為交易紀錄及通信計費等用途，以避免系統運作的混亂。
- 標準頻率是現代電子設備的核心，攸關電信系統、導航設施，及許多精密電子產業的品質與精確性。

時間的維持：

國家時間的維持在於準確與可靠，因此實驗內部各個環節，包括原子鐘的維持、訊號的傳送、時間的量測以及國際比對實驗的進行，都需要良善的管理與規劃，以確保時間的精準。近幾年本實驗室積極參與國際的時頻比對計畫，透過技術合作向歐、美、日等先進實驗室，學習到許多經驗，使維持時間標準技術能力大幅提升，漸漸的累積後，目前實驗室對國際也可以有些許貢獻。

時間的傳遞：

- 本實驗室提供精密儀器設備之頻率標準件校正服務，為國內各級時頻標準實驗室之追溯源，過去待校件需送至校正實驗室進行校正。一般而言，振盪器會因受環境或其他如開/關機與車輛運送等因素之影響，不易確保振盪器之準確性及穩定性。於是本實驗室發展遠端時頻校核技術，利用觀測 GPS 碼或載波相位達成時頻同步之目的，依此方式校正之振盪器及時鐘，其特性受到國家標準實驗室之監控，對環境變化等因素之影響將被偵測並加以補償，進而達到精準追溯至國家標準之目的，可省去運送往返之時間，且有助於提高設備的運用及競爭力。

- 為了提供一般民眾所需的標準時刻，本實驗室於民國 87 年推出 NTP (Network Time Protocol) 網際網路校時服務，以計算網路上封包(Packet) 的往返延遲(Round Trip Delay)，估算待校計時器與標準源之時間差，作為修正的依據。由於網際網路之普及，NTP 已成為一項準確且便利的校時方法。
- 撥接式電腦校時服務是以數據機撥接方式，擷取本院時間伺服器信號，並透過補償網路時間延遲的方式，達成相當準確之校時目的，此服務不需要透過網際網路，因此較為安全，主要使用在民航局塔台飛航管制等系統。

為維持標準實驗室之基本運轉與提升國家標準之性能，除持續改善實驗室背景雜訊，及提供精密儀器頻率校正及各項時間同步服務外，亦進行提升高精度時頻量測技術研究、建立標準時刻產生技術及持續時間評量技術研究等，期能維持 UTC(TL) 與 UTC 之相位差在 ± 45 ns 左右。本計畫執行情形如下：

(1.1) 國家標準時間維持及性能增進

(1.1.1) 執行項目

國家標準時間的維持現況及其品質、權重分析

(1.1.2) 執行內容(執行期間：105.01~105.12)

隨 BIPM 於 2013 年啟用新 TAI 時間評量演繹法，本實驗室 UTC(TL) 之調整策略已轉以氫鐘之短期預測為主。每月月中 BIPM 公布 UTC 與 UTC(TL) 差值後依據 BIPM 計算結果評估母鐘之參考氫鐘斜率，於公布空窗期間則以現有銻鐘叢集之時間評量結果產生之虛擬時鐘 TA(TL) 作為調整依據。本實驗室之銻鐘叢集評量演繹法及調整方法已於 2016 年歐洲時頻論壇發表論文一篇。

2015 年實驗室原有 14 部銻鐘，且多已達使用壽年，2016 年有三部耗盡銻源故障，一部擔任遊校，銻原子鐘叢集僅剩 10 部運轉。但為求有限經費下之最大效益，本實驗室之購鐘經費將以氫鐘為優先，僅於可用銻鐘數量過少時以逐年更換銻管或新購方式維持一定數量，避免多部銻鐘於短時間內同時故障，以維持 TA(TL) 之穩定性並提供遊校需要。

氫鐘之短期穩定度較銫鐘為佳，目前為國家母鐘以氫鐘為參考源，並以 TA(TL)調整 UTC(TL)以兼顧 UTC(TL)之短、中、長期穩定度。2016 年底止本實驗室 4 部氫鐘皆已平穩運轉，待收集長期數據後，擬進一步研究氫鐘加銫鐘叢集之複合時間評量演繹法，以提升 TA(TL)穩定度並用以調整 UTC(TL)。

為使 UTC(TL)與 BIPM 發布之 UTC 建立追溯關係及使本實驗室原子鐘群貢獻權重至 TAI，本實驗室之原子鐘相位記錄系統必需不間斷記錄本計畫各原子鐘與 UTC(TL)之相位差，並上傳 BIPM，以利 BIPM 統合其他國家實驗室原子鐘相位記錄產生世界標準頻時 UTC，本實驗室並據 BIPM 月報資料與 UTC 建立追溯關係，本實驗室原子鐘相位記錄有主系統及備援系統各一套，24 小時不間斷連續運作，原系統採輪詢方式切換各原子鐘之 1 PPS 輸入，並量測與母鐘 1 PPS 之相位差，無法同時真實記錄所有原子鐘相位差，並會引入母鐘之短期雜訊，同時僅可由 AC 單一電源供電，AC 電源中斷時亦會中斷紀錄。本實驗室於今年汰換備援系統，改以 UTC(TL) 1 PPS 分配方式同時記錄所有原子鐘之相位差，並以 AC+DC 雙電源備援電力供應。目前新系統已開始運轉，若其長期結果與主系統一致，將改以備援系統為主系統，並待經費允可時再次換另一舊相位記錄系統。

(1.1.3) 結果

由於 TAI 採用新權重計算方式，2015 年 1 月起氫鐘占權重比例較銫鐘大幅上升，本實驗室之氫鐘或為新購，或為新維修完成，無法提供較大權重。2016 年 10 月時排名 15 名(表 1)。2016 年 11 月止所有 4 部氫鐘皆可貢獻權重，預期之後本實驗室之貢獻權重將會緩步上升。

在 UTC(TL)穩定度及準確度方面，由於新母鐘參考源美製氫鐘可預測性較高，TL 之 5 日穩定度約為 $1.4E-15$ ，較 2015 年之穩定度 $4.5E-15$ 左右大為進步，僅落後於德國 PTB、俄羅斯 SU、美國 USNO 等實驗室。長期穩定度則進步為 $1.0E-15$ 左右，落後 PTB、USNO、NIST、OP 等實驗室，但領先 NICT、KRIS、NIM 等亞洲實驗室。

在準確度方面，隨新母鐘參考源美製氫鐘逐漸穩定，以長期以 BIPM 月報、中期以虛擬時鐘、短期以氫鐘特性調整之架構相當成功，2015 年 11 月~2016 年 11 月 UTC-UTC(TL)維持於 0~12 ns 間，UTC_r-UTC(TL)則維持於-5~15 ns 間，達成全年差值維持在±45 ns 以內之目標。

另外新相位記錄系統初步結果相當優異，其量測能力較舊系統為佳，短期穩定約優於舊系統半個數量級，相對舊系統而言可更精準量測記錄氫鐘之短期性質，對於提升未來 TA(TL)之短期特性將有幫助。

(1.1.4)自評與建議

所有時頻實驗室之標準時頻皆以 BIPM 每月公布之 UTC 月報為唯一標準，但 BIPM 公布月報時間約為次月之 12 日左右，故當月至次月 BIPM 公布月報前，UTC(TL)並無絕對準確之調整依據，此空窗期可長達 40~45 天左右，在此期間擁有穩定運轉噴泉式銫鐘之先進實驗室可以以噴泉式銫鐘之輸出作為輔助參考標準，有效提升各實驗室 UTC(k)之短期穩定度。USNO、PTB、SU、NIST 之 5 日短期穩定度已優於 1E-15。本實驗室並無噴泉式銫鐘，可見之未來也無建置可能，穩定度欲超越歐美先進實驗室實有困難。目前透過虛擬時鐘方式加強預測方法外插推估母鐘參考氫鐘於空窗期內之行為再加以調整也有一定成效，未來將繼續朝此方向努力。其次若本實驗室可組成氫鐘叢集，將有助於推升 UTC(TL)之穩定度，預計 2017 年新購氫鐘穩定後，加上原有氫鐘應足以維持穩定之主要及備用母鐘系統及進行氫鐘叢集之時間評量研究。

2016 年銫鐘叢集已有 3 部耗盡銫源故障，僅剩 10 部運轉。為求有限經費下之最大效益，本實驗室之購鐘經費將以氫鐘為優先，但為避免剩餘 11 部銫鐘於短時間內同時故障，建議於 2018 年再更新一部銫鐘，以維持 TA(TL)之穩定性並提供遊校需要。

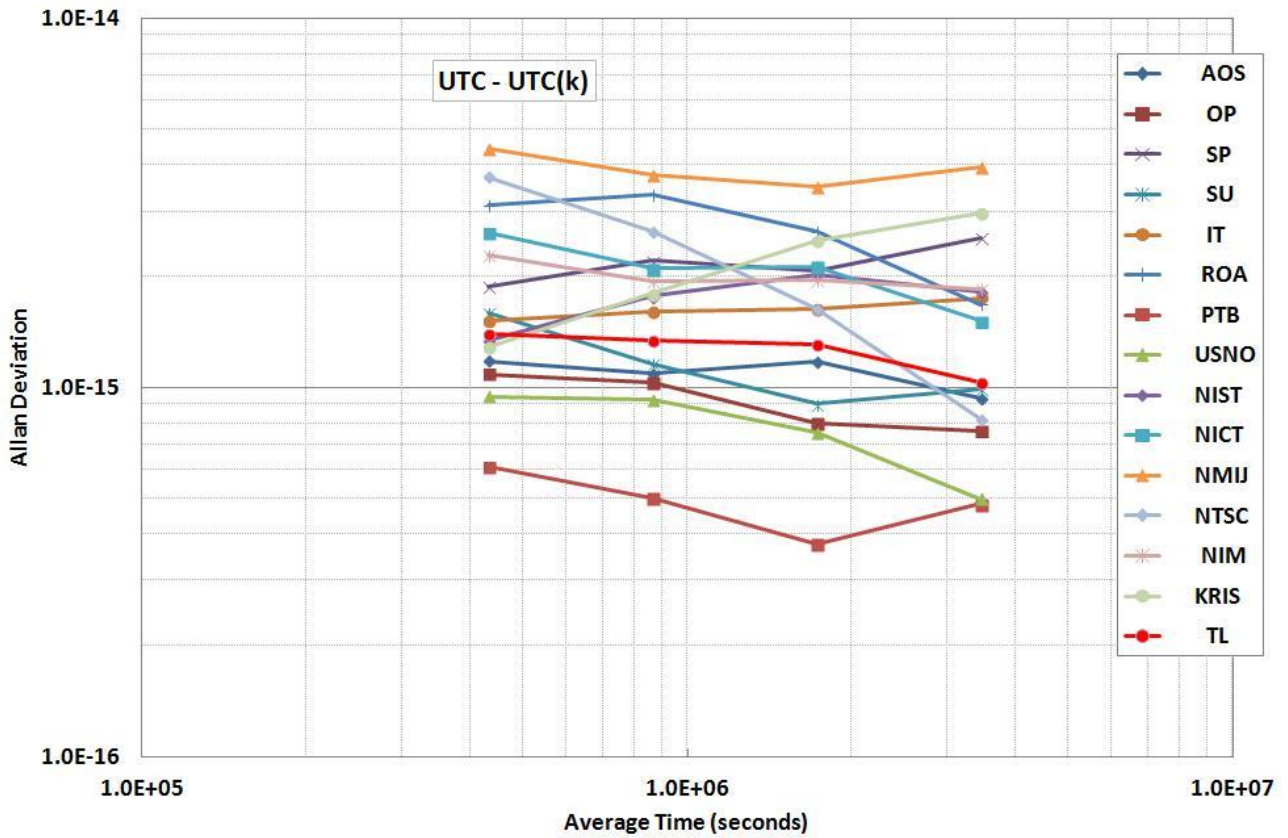
2013 年起 BIPM 開始發佈 UTC 之即時版本(UTC rapid, UTC_r)，可將空窗期縮短為 7 天，但因參與原子鐘群與 UTC 不同，UTC_r 與 UTC 最大約有 5 ns 之相

位差，以中、短期而言並不穩定，但仍不失為一相對穩定之參考標準，可持續關注其發展，適當時機引入作為 UTC(TL)之另一參考標準。

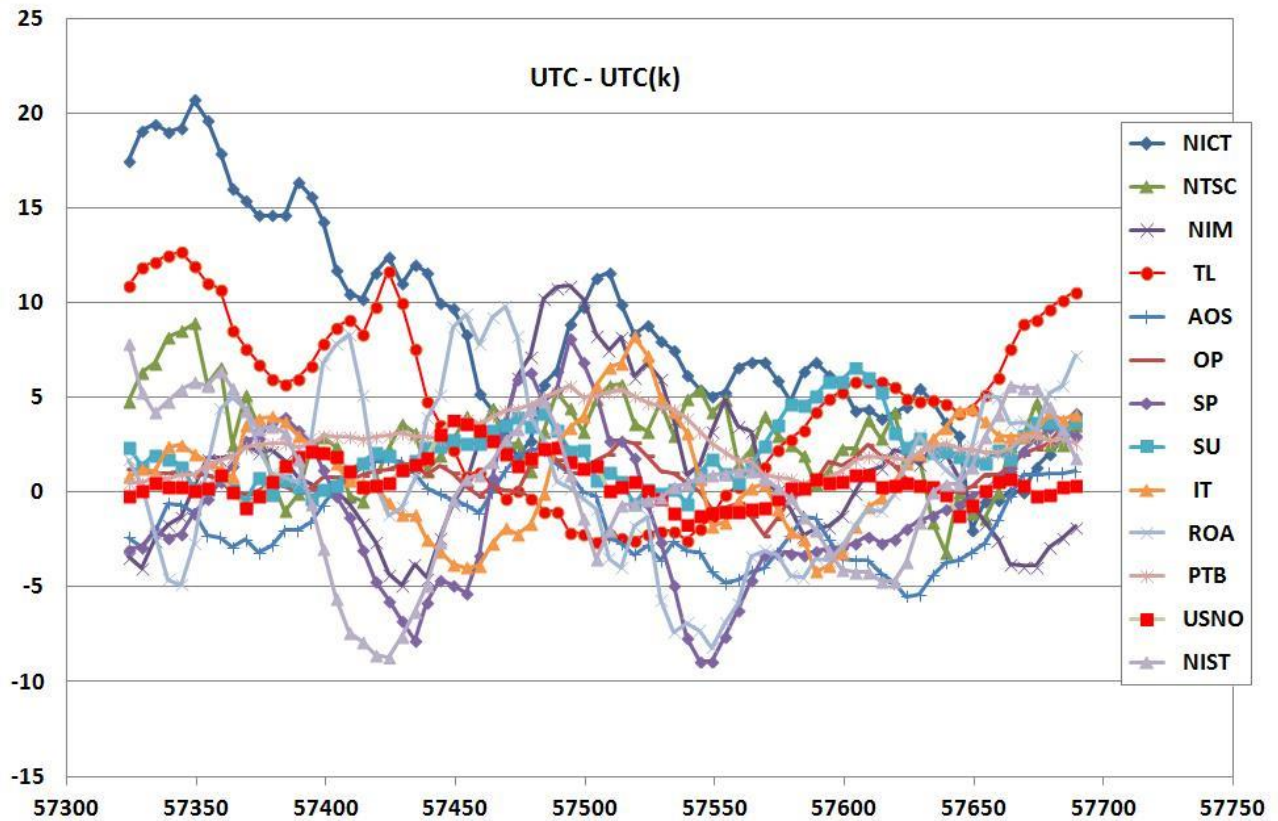
新相位記錄系統已上線，初步量測結果優於舊系統，並有雙電源備援可防未來可能發生電力短缺時期造成之供電不穩定，建議於未來再次換另一套舊系統，以使主記錄系統及備援記錄系統有相同之量測能力。

表一、2016 年 10 月世界時頻實驗室佔 TAI 權重前 16 名排名

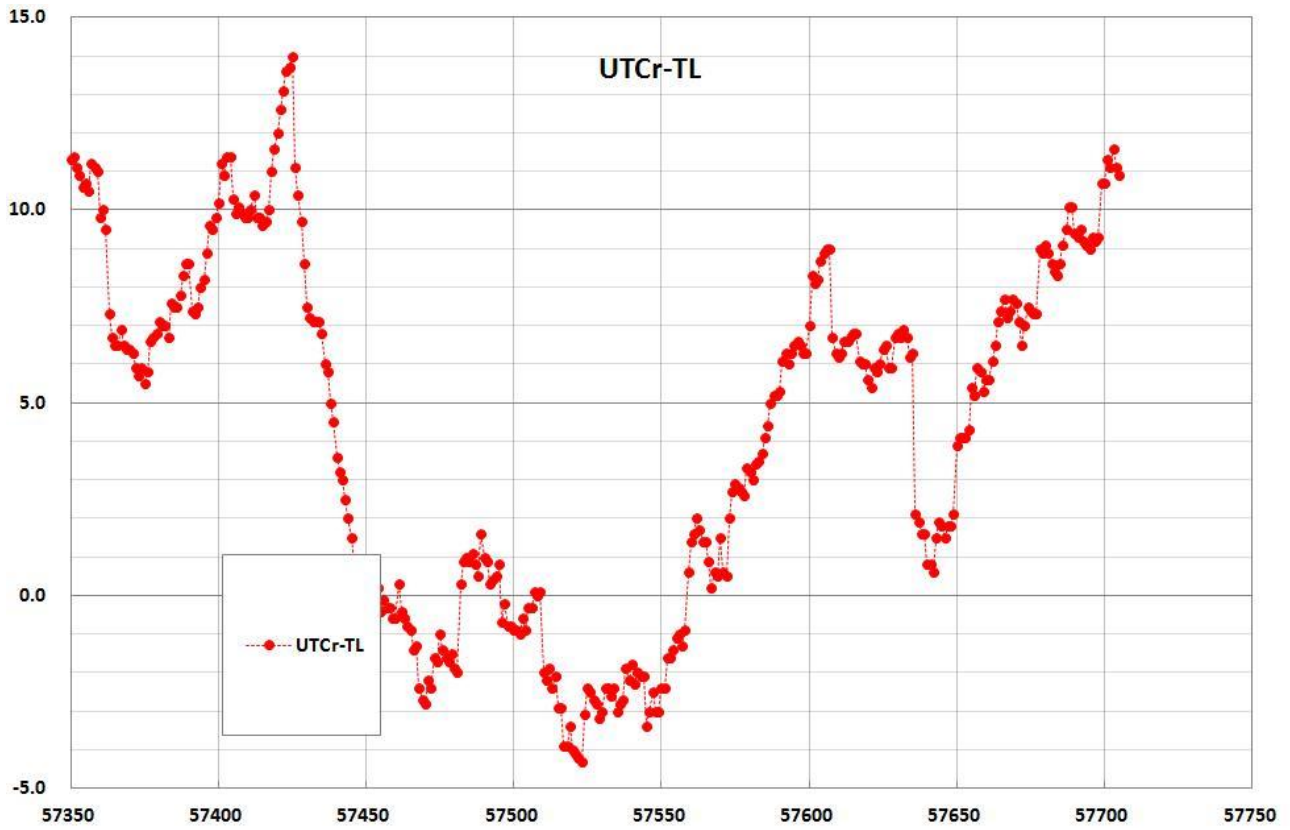
Rank	Lab	權重 %	氫鐘平均%/氫鐘數	銻鐘平均%/銻鐘數	每鐘平均%/總鐘數
1	USNO	34.82	0.884/31	0.079/41	0.458/76
2	SU	9.351	0.935/10	-/00	0.935/10
3	SP	6.271	0.560/08	0.094/19	0.232/27
4	NIST	5.973	0.634/08	0.100/09	0.351/17
5	NICT	4.603	0.173/06	0.119/30	0.128/36
6	NTSC	4.23	0.102/05	0.149/25	0.141/30
7	F	4.204	0.793/04	0.064/16	0.210/20
8	IT	3.461	0.801/04	0.051/05	0.385/09
9	APL	3.193	1.039/03	0.038/02	0.639/05
10	NIM	2.22	0.293/06	0.066/07	0.171/13
11	PL	2.133	0.346/03	0.109/10	0.164/13
12	PTB	1.878	0.260/04	0.094/03	0.209/09
13	KRIS	1.694	1.039/01	0.131/05	0.282/06
14	NMIJ	1.605	0.357/04	0.059/03	0.229/07
15	TL	1.337	0.217/03	0.069/10	0.103/13
16	CH	1.317	0.617/02	0.041/02	0.263/05



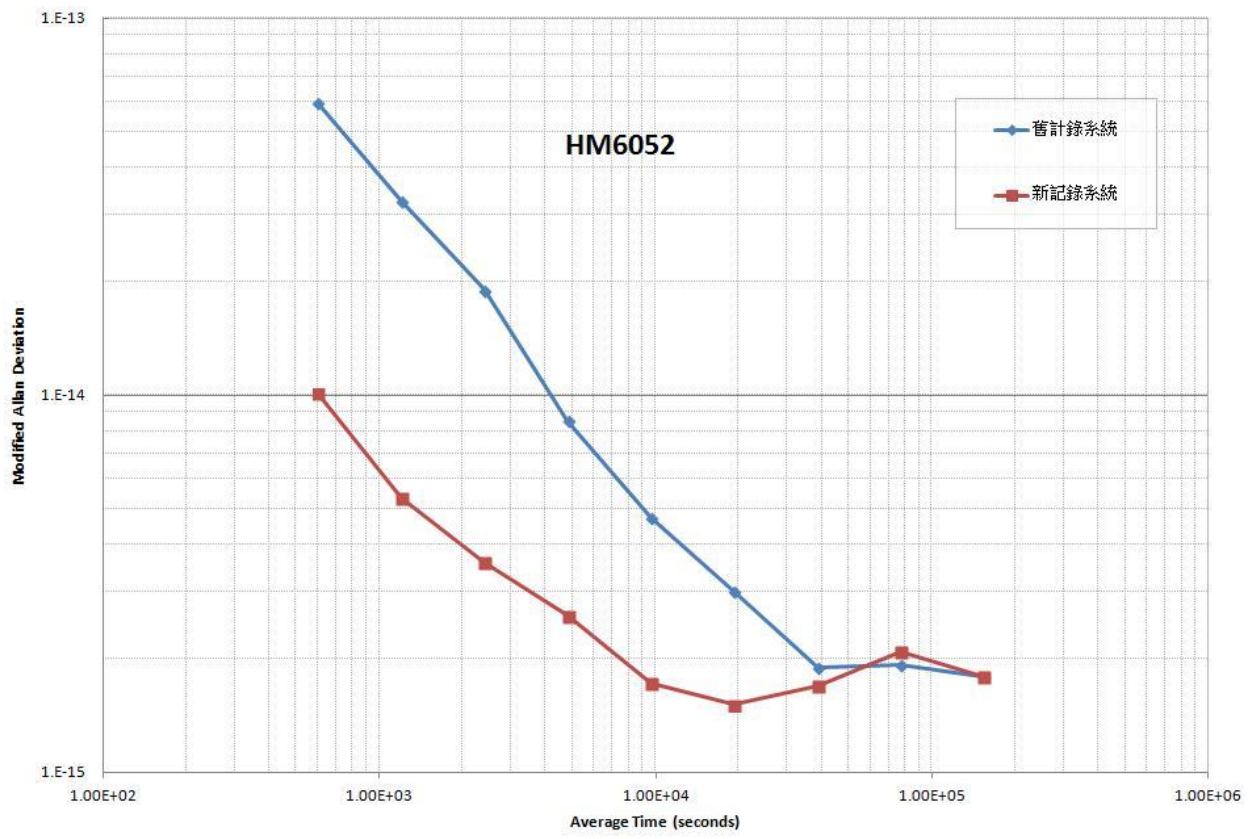
2016年1月~2016年10月世界及亞洲主要實驗室頻率穩定度



2016年1月~2016年10月世界及亞洲主要實驗室 UTC-UTC(k) 差值



2016年1月~2016年11月 UTCr-UTC(TL) 差值



新舊相位記錄系統穩定度結果比較

(1.1.2)長期參與國際度量衡局(BIPM)，共同維持協調世界時(UTC)及國際原子時(TAI) (執行期間：105.01~105.12)

105年度BIPM Circular T346(2016 NOVEMBER 10)發佈資料中，所顯示共同參與維持協調世界時之標準時頻標準實驗室如下所示：

CIRCULAR T 346
2016 NOVEMBER 10, 15h UTC

ISSN 1143-1393

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE DE LA CONVENTION DU METRE
PAVILLON DE BRETEUIL F-92312 SEVRES CEDEX TEL. +33 1 45 07 70 70 FAX. +33 1 45 34 20 21 tai@bipm.org

The contents of the sections of BIPM Circular T are fully described in the document "Explanatory supplement to BIPM Circular T" available at ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/publication/notes/explanatory_supplement_v0.1.pdf

1 - Difference between UTC and its local realizations UTC(k) and corresponding uncertainties.
From 2015 July 1, 0h UTC, TAI-UTC = 36 s. From 2017 January 1, 0h UTC, TAI-UTC = 37 s.

Date 2016	0h UTC	SEP 28	OCT 3	OCT 8	OCT 13	OCT 18	OCT 23	OCT 28	Uncertainty/ns Notes		
MJD		57659	57664	57669	57674	57679	57684	57689	uA	uB	u
Laboratory k		[UTC-UTC(k)]/ns									
AOS (Borowiec)		-1.5	-0.2	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	0.4	2.7	2.7
APL (Laurel)		2.7	2.5	2.1	0.8	-1.7	-2.7	-2.0	0.3	10.9	10.9
AUS (Sydney)		862.1	894.0	914.3	924.4	955.5	967.0	982.5	0.4	5.9	5.9
BEV (Wien)		29.0	26.2	20.0	23.4	24.1	26.2	41.6	0.3	2.6	2.7
BIM (Sofiya)		4670.3	4699.5	4735.6	4763.9	4784.2	4809.8	4856.5	1.5	9.2	9.4
BIRM (Beijing)		5.4	6.5	8.5	8.8	6.6	7.1	8.0	1.5	20.0	20.1
BY (Minsk)		-4.5	-2.7	-2.6	-4.3	2.0	2.7	6.4	1.5	8.6	8.8
CAO (Cagliari)		-15673.6	-15783.9	-15893.0	-15997.5	-16107.6	-16216.5	-16321.9	8.0	20.0	21.6
CH (Bern-Wabern)		4.7	4.7	5.6	6.0	6.3	7.5	9.3	0.3	1.6	1.7
CNES (Toulouse)		-1.9	2.3	3.7	1.7	0.8	-1.0	-4.2	0.4	4.1	4.1
CNM (Queretaro)		3.2	6.3	6.5	0.1	-6.1	-10.3	-7.9	2.5	11.2	11.4
CNMP (Panama)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DFNT (Tunis)		7160.7	7344.7	7538.8	7746.5	7933.3	8120.3	8309.3	0.7	20.0	20.0
DLR (Oberpfaffenhofen)		-	-13.3	-17.0	-29.0	-29.2	-28.0	18.9	0.7	2.7	2.8
DMDM (Belgrade)		0.0	13.2	3.9	4.0	-8.1	-22.5	-19.9	0.3	7.3	7.3
DTAG (Frankfurt/M)		129.4	130.8	134.1	133.4	138.0	146.5	155.9	0.3	7.6	7.6
EIM (Thessaloniki)		8.3	-4.3	10.5	9.6	13.1	10.2	6.7	2.5	7.9	8.2
ESTC (Noordwijk)		2.8	1.0	1.1	2.3	2.3	1.2	2.3	0.3	5.5	5.5
HKO (Hong Kong)		476.5	483.9	491.5	503.3	508.3	523.3	531.8	0.3	7.3	7.3
IFAG (Wetzell)		-936.9	-938.1	-941.7	-942.0	-953.7	-952.7	-961.4	0.3	5.4	5.4
IGNA (Buenos Aires)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IMBH (Sarajevo)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INCP (Lima)		9.4	-0.2	7.5	18.2	26.3	18.5	23.7	5.0	20.0	20.6
INPL (Jerusalem)		174.5	174.9	175.8	190.1	183.4	189.5	192.9	1.5	8.7	8.9
INTI (Buenos Aires)		88.1	93.4	56.9	124.1	125.2	125.7	140.8	2.5	20.0	20.2
INXE (Rio de Janeiro)		-23.6	-27.6	-33.3	-37.4	-37.2	-40.1	-37.3	0.4	20.0	20.0
IT (Torino)		3.0	2.9	3.0	3.2	4.2	3.8	4.1	0.3	1.3	1.4
JATC (Lintong)		1.2	3.4	4.3	7.5	7.2	6.8	7.6	0.5	10.1	10.2
JV (Kjeller)		-83.1	-79.9	-85.5	-90.7	-92.5	-94.4	-94.1	0.7	20.0	20.0
KEBS (Nairobi)		-6568.8	-6850.7	-7132.5	-7423.6	-7694.7	-7976.0	-8260.7	1.5	20.0	20.1
KIM (Serpong-Tangerang)		1542.7	1554.5	1569.7	1593.2	1626.0	1621.1	1653.0	2.0	20.0	20.1
KRIS (Daejeon)		-0.3	1.7	5.1	8.5	12.8	17.0	20.6	0.3	11.0	11.1
KZ (Astana)		-72.8	-59.3	-44.5	-33.7	-25.7	-13.2	-12.0	1.5	8.6	8.8
LT (Vilnius)		1514.9	1521.7	1520.0	1548.6	1545.4	1548.2	1547.3	2.0	11.2	11.4
MASM (Bayanzurkh)		-231.6	-257.1	-278.5	-22.1	-40.3	-62.2	-83.1	0.4	20.0	20.0 (1)
MBM (Podgorica)		-149.7	156.6	474.3	771.6	1091.2	-243.7	62.2	5.0	20.0	20.6 (2)

MIKE (Espoo)	16.0	14.7	13.3	11.9	10.0	7.5	5.6	0.7	4.1	4.1
MKEH (Budapest)	-51342.2	-51546.4	-51738.7	-51956.9	-52165.1	-52361.9	-52567.1	1.5	20.0	20.1
MSL (Lower Hutt)	-113.4	-90.4	-99.7	-95.6	-106.7	-80.3	-63.3	1.5	20.0	20.1
MTC (Makkah)	699.8	707.3	716.1	726.7	735.0	747.5	754.7	0.3	7.3	7.3
NAO (Mizusawa)	23.6	20.6	21.4	14.7	3.7	1.9	9.2	2.0	20.0	20.1
NICT (Tokyo)	-0.4	0.0	0.0	1.3	2.0	2.7	4.2	0.3	2.1	2.1
NIM (Beijing)	-2.5	-3.8	-3.9	-3.9	-2.9	-2.4	-1.8	0.3	1.7	1.8
NIMB (Bucharest)	1307.1	1322.2	1337.4	1349.2	1349.4	1359.1	1385.8	4.5	7.9	9.1
NIMT (Pathumthani)	244.8	241.7	237.7	227.7	229.5	230.3	225.1	1.0	20.0	20.0
NIS (Cairo)	329.7	511.4	709.4	894.9	1070.2	1244.5	1432.5	1.6	20.0	20.1
NIST (Boulder)	4.1	5.6	5.5	5.5	4.5	3.3	1.8	0.3	1.7	1.7
NMIJ (Tsukuba)	-2.9	-2.5	-2.6	-3.0	-2.8	-3.1	-3.3	0.3	2.2	2.2
NMLS (Sepang)	-614.8	-621.1	-624.4	-632.7	-624.9	-626.5	-634.8	1.0	20.0	20.0
NPL (Teddington)	11.0	8.6	7.2	7.0	7.1	8.5	10.1	1.0	7.1	7.2
NPLI (New-Delhi)	5.8	7.3	5.1	1.7	-0.7	-2.3	-0.4	0.3	19.9	19.9
NRC (Ottawa)	7.6	17.1	19.5	26.2	24.5	26.7	30.6	0.7	11.2	11.2
NRL (Washington DC)	-	-54.3	-74.1	-90.7	-102.0	-109.8	-115.1	0.4	20.0	20.0
NTSC (Lintong)	0.0	2.4	2.9	4.7	2.5	2.5	3.5	0.5	1.7	1.8
ONBA (Buenos Aires)	-2187.0	-2189.9	-2209.0	-2188.4	-2188.7	-2190.8	-2218.7	2.5	11.2	11.5
ONRJ (Rio de Janeiro)	3.8	2.8	-2.7	-5.0	-3.3	-1.2	4.8	1.0	7.3	7.4
OP (Paris)	0.9	1.3	2.0	2.3	2.6	3.5	3.8	0.3	1.3	1.4
ORB (Bruxelles)	0.0	1.2	1.5	1.6	2.1	3.6	4.5	0.3	5.4	5.4
PL (Warszawa)	3.3	9.5	17.0	5.7	5.7	-0.4	-0.5	0.3	3.3	3.3
PTB (Braunschweig)	2.1	2.3	2.9	2.9	2.7	2.8	2.6	0.2	0.9	0.9
ROA (San Fernando)	5.0	3.6	3.7	3.3	5.2	5.6	7.2	0.3	1.3	1.4
SASO (Riyadh)	-389.2	-391.5	-396.4	-397.9	-392.8	-397.3	-402.1	0.7	7.3	7.4
SCL (Hong Kong)	-11.4	-15.0	-14.6	-17.7	-22.0	-23.0	-26.2	6.0	14.1	15.3
SG (Singapore)	-2.4	-1.5	-2.4	-7.1	-9.5	-8.0	-4.4	0.7	5.8	5.9
SIQ (Ljubljana)	-1663.8	-1685.6	-1670.9	-1650.9	-1675.3	-1659.3	-1694.2	0.4	7.2	7.2
SMD (Bruxelles)	-1.8	0.4	5.1	6.1	3.0	2.3	-2.3	0.4	7.3	7.4
SMU (Bratislava)	-910.0	-913.3	-913.9	-929.4	-938.3	-941.6	-947.9	1.5	9.2	9.4
SP (Boras)	0.7	1.1	2.2	2.8	3.4	3.3	3.0	0.3	1.3	1.3
SU (Moskva)	2.3	1.8	3.0	3.7	3.7	3.3	3.8	1.4	6.5	6.6
TL (Chung-Li)	6.1	7.6	8.9	9.1	9.7	10.2	10.6	0.3	2.2	2.2
TP (Praha)	-24.8	-17.4	-14.0	-7.7	-2.9	2.1	9.4	0.3	5.8	5.8
UA (Kharkov)	8.2	5.0	-1.1	-0.7	1.4	6.4	17.2	1.5	8.1	8.3
UME (Gebze-Kocaeli)	-62.4	-68.1	-71.3	-73.9	-69.2	-74.8	-77.1	0.5	7.3	7.3
USNO (Washington DC)	0.6	0.7	0.4	-0.2	-0.1	0.3	0.4	0.2	1.0	1.1
VMI (Ha Noi)	-2.5	2.3	18.9	23.6	19.1	22.5	19.9	1.3	20.0	20.1 (3)
VSL (Delft)	1.7	-4.4	-9.3	-13.4	-10.6	-1.1	4.7	0.3	1.3	1.4
ZA (Pretoria)	6.9	6.0	7.5	9.0	7.6	5.8	6.1	0.4	20.0	20.0

- Notes on section 1:

- (1) MASM : Apparent time step of UTC(MASM) of about -275 ns on MJD 57672.125.
(2) MBM : Apparent time step of UTC(MBM) of about 1650 ns on MJD 57680.0.
(3) VMI : ERRATUM, Corrected values of UTC-UTC(VMI) in Section 1 of Circular T345:

MJD	UTC-UTC(VMI) /ns
57634	6.9
57639	1.3
57644	-3.2
57649	-9.1
57654	-13.1
57659	-2.5

2 - Difference between the normalized frequencies of EAL and TAI.

	Interval of validity	f(EAL)-f(TAI)	
Steering correction	57659 - 57689	6.483x10** ⁻¹³	(2016 SEP 28 - 2016 OCT 28)
New correction	57689 - 57719	6.483x10** ⁻¹³	(2016 OCT 28 - 2016 NOV 27)
New correction foreseen	57719 - 57749	6.486x10** ⁻¹³	(2016 NOV 27 - 2016 DEC 27)

3 - Duration of the TAI scale interval d.

Table 1: Estimate of d by individual PSFS measurements and corresponding uncertainties. All values are expressed in 10**-15 and are valid only for the stated period of estimation.

Standard	Period of Estimation	d	uA	uB	ul/Lab	ul/Tai	u	uSrep	Ref(uS)	Ref(uB)	uB(Ref)	Note
PTB-CS1	57659 57689	-20.97	6.00	8.00	0.00	0.13	10.00	PFS/NA		T148	8.	(1)
PTB-CS2	57659 57689	-8.74	3.00	12.00	0.00	0.13	12.37	PFS/NA		T148	12.	(1)
IT-CsF2	57659 57689	-0.80	0.43	0.17	0.22	0.20	0.55	PFS/NA		T318	0.19	(2)
NIM5	57664 57684	-0.94	0.60	1.40	0.20	0.28	1.56	PFS/NA		T340	1.4	(3)
PTB-CSF2	57659 57689	-1.51	0.13	0.20	0.04	0.13	0.27	PFS/NA		T287	0.41	(4)
SYRTE-FORb	57659 57689	-0.80	0.20	0.28	0.10	0.20	0.41	0.7 [1]		T328	0.34	(5)

Notes:

- (1) Continuously operating as a clock participating to TAI
- (2) Report 02 NOV. 2016 by INRIM
- (3) Report 03 NOV. 2016 by NIM
- (4) Report 04 NOV. 2016 by PTB
- (5) Report 04 NOV. 2016 by LNE-SYRTE
- [1] CIPM Recommendation 2 (CI-2015) : Updates to the list of standard frequencies in Proces-Verbaux des Seances du Comite International des Poids et Mesures, 104th meeting (2015), 2016, 47 p.

Table 2: Estimate of d by the BIPM based on all PSFS measurements over the period MJD 57299-57689, and corresponding uncertainties.

Period of estimation	d	u
57659-57689	-1.25x10**-15	0.22x10**-15 (2016 SEP 28 - 2016 OCT 28)

4 - Relations of UTC and TAI with predictions of UTC(k) disseminated by GNSS.

[UTC-UTC(USNO)_GPS] = C0', [TAI-UTC(USNO)_GPS] = 36 s + C0'
 [UTC-UTC(SU)_GLONASS]= C1', [TAI-UTC(SU)_GLONASS]= 36 s + C1'

For this edition of circular, S0' = 1.1 ns, SI' = 6.3 ns

2016	0h UTC	MJD	C0' /ns	N0'	C1' /ns	N1'
	SEP 28	57659	-0.2	89	212.7	76
	SEP 29	57660	0.0	89	217.2	72
	SEP 30	57661	0.8	89	219.6	70
	OCT 1	57662	-2.0	90	222.6	81
	OCT 2	57663	-4.7	89	225.9	77
	OCT 3	57664	-4.5	86	225.6	86
	OCT 4	57665	-1.8	89	221.3	85
	OCT 5	57666	-1.3	90	217.0	83
	OCT 6	57667	-1.0	89	215.7	87
	OCT 7	57668	-0.5	89	217.6	86
	OCT 8	57669	-3.2	89	220.9	88
	OCT 9	57670	-2.2	89	223.1	90
	OCT 10	57671	-1.5	89	221.3	88
	OCT 11	57672	-2.0	89	220.6	89
	OCT 12	57673	-0.7	89	224.0	82
	OCT 13	57674	-4.2	86	228.5	88
	OCT 14	57675	-9.9	80	227.7	89
	OCT 15	57676	-1.9	89	226.2	84
	OCT 16	57677	-0.6	89	226.3	87
	OCT 17	57678	-0.3	90	224.0	90
	OCT 18	57679	-2.2	89	223.8	89
	OCT 19	57680	-1.7	89	225.8	87
	OCT 20	57681	-0.4	89	226.4	89
	OCT 21	57682	1.6	89	226.1	90
	OCT 22	57683	0.5	89	226.5	89
	OCT 23	57684	0.8	89	229.0	89
	OCT 24	57685	1.3	89	231.4	88
	OCT 25	57686	0.7	90	231.5	89
	OCT 26	57687	0.0	89	227.7	89
	OCT 27	57688	0.6	89	222.8	89
	OCT 28	57689	0.3	89	221.1	89

5 - Time links used for the computation of TAI, calibrations information and corresponding uncertainties.

Link	Type	Equipment	Cal_ID1/Cal_ID2	uStb/ns	uCal/ns	uAg/ns	A1/ns	YYMM
APL /PTB	GPSPPP	AP__ /PT07	NA_A1 /1001-2014	0.3	11.2	10	24.3	1511
AUS /PTB	GPSPPP	AU01 /PT07	1002-2010/1001-2014	0.3	5.8	3		
BEV /PTB	GPSPPP	BE1_ /PT07	1012-2016/1001-2014	0.3	2.5	0		
BIM /PTB	GPS MC	BM37 /PT07	2004-2008/1001-2014	1.5	9.2	6		
BIRM/PTB	GPS MC	BIRM /PT07	NC /1001-2014	1.5	20.0			
BY /PTB	GPS MC	BY46 /PT07	NA /1001-2014	1.5	8.6	5		
CAO /PTB	GPS MC	CA__ /PT07	NC /1001-2014	8.0	20.0			
CNES/PTB	GPSPPP	CS22 /PT07	1101-2016/1001-2014	0.3	4.0	0		
CNM /PTB	GPS MC	CN00 /PT07	NA_A1 /1001-2014	2.5	11.2	10	-27.3	0804
CNMP/PTB	NL							
DFNT/PTB	GPS P3	DN__ /PT07	NC_A1 /1001-2014	0.7	20.0		10.3	1507
DLR /PTB	GPS P3	DL05 /PT07	1012-2016/1001-2014	0.7	2.5	0		
DMDM/PTB	GPSPPP	ZM68 /PT07	NA /1001-2014	0.3	7.3	2		
DTAG/PTB	GPSPPP	DT01 /PT07	NA /1001-2014	0.3	7.6	3		
EIM /PTB	GPS MC	EI__ /PT07	1011-2007/1001-2014	2.5	7.8	6		
ESTC/PTB	GPSPPP	ES04 /PT07	1012-2012/1001-2014	0.3	5.4	2		
HKO /PTB	GPSPPP	HK02 /PT07	NA_A1 /1001-2014	0.3	7.3	2	11.6	1509
IFAG/PTB	GPSPPP	IF13 /PT07	1011-2011/1001-2014	0.3	5.4	2		
IGNA/PTB	NL							
IMBH/PTB	NL							
INCP/PTB	GPS MC	CP__ /PT07	NC /1001-2014	5.0	20.0			
INPL/PTB	GPS MC	IL02 /PT07	NA_A1 /1001-2014	1.5	8.7	5	-45.5	1209
INTI/PTB	GPS MC	IN__ /PT07	NC /1001-2014	2.5	20.0			
INXE/PTB	GPSPPP	NXRA /PT07	NC /1001-2014	0.3	20.0			
JV /PTB	GPS P3	JV__ /PT07	NC_A1 /1001-2014	0.7	20.0		130.0	1509
KEBS/PTB	GPS MC	KE__ /PT07	NC /1001-2014	1.5	20.0			
KIM /PTB	GPS MC	KI02 /PT07	NC_A1 /1001-2014	2.0	20.0		-30.6	0901
KRIS/PTB	GPSPPP	KR01 /PT07	1003-2005/1001-2014	0.3	11.2	10		
KZ /PTB	GPS MC	KZ01 /PT07	2002-2008/1001-2014	1.5	8.6	5		
LT /PTB	GPS MC	LT01 /PT07	1007-2006/1001-2014	2.0	11.2	10		
MASM/PTB	GPSPPP	MN__ /PT07	NC /1001-2014	0.4	20.0			
MBM /PTB	GPS MC	ME__ /PT07	NC /1001-2014	5.0	20.0			
MIKE/PTB	GPS P3	MI04 /PT07	1102-2015/1001-2014	0.7	4.0	0		
MKEH/PTB	GPS MC	MK01 /PT07	NC /1001-2014	1.5	20.0			
MSL /PTB	GPS P3	MS0_ /PT07	NC /1001-2014	1.5	20.0			
MTC /PTB	GPSPPP	MC02 /PT07	NA_A1 /1001-2014	0.3	7.3	2	32.6	1503
NAO /PTB	GPS MC	NA__ /PT07	NC /1001-2014	2.0	20.0			
NICT/PTB	GPSPPP	NC01 /PT07	1001-2014/1001-2014	0.3	2.0	1		
NIMB/PTB	GPS MC	MB__ /PT07	1007-2006/1001-2014	4.5	7.8	6		
NIMT/PTB	GPS P3	MTT0 /PT07	NC /1001-2014	1.0	20.0			
NIS /PTB	GPS P3	IS_1 /PT07	NC_A1 /1001-2014	1.6	20.0		+16.4	1303
NMIJ/PTB	GPSPPP	NMOD /PT07	NA_A1 /1001-2014	0.3	2.0	1		
NMLS/PTB	GPS P3	LSM1 /PT07	NC_A1 /1001-2014	1.0	20.0		+3.3	1311
NPLI/PTB	GPSPPP	LI2P /PT07	NC /1001-2014	0.3	20.0			
NRC /PTB	GPS P3	NR1C /PT07	1001-2003/1001-2014	0.7	11.2	10		
NRL /PTB	GPSPPP	RL__ /PT07	NC /1001-2014	0.3	20.0			
ONBA/PTB	GPS MC	ON__ /PT07	1002-2004/1001-2014	2.5	11.2	10		
ONRJ/PTB	GPS P3	RJ01 /PT07	NA_A1 /1001-2014	1.0	7.3	2	+5.6	1302
ORB /PTB	GPSPPP	OR1Z /PT07	1001-2012/1001-2014	0.3	5.4	2		
PL /PTB	GPSPPP	PL_3 /PT07	1101-2013/1001-2014	0.3	3.2	2		
SASO/PTB	GPS P3	SA00 /PT07	NA_A1 /1001-2014	0.7	7.3	2	32.8	1312
SCL /PTB	GPS MC	SC__ /PT07	1001-1993/1001-2014	6.0	14.1	10		
SG /PTB	GPS P3	SGBK /PT07	1001-2010/1001-2014	0.7	5.8	3		
SIQ /PTB	GPSPPP	SI01 /PT07	2002-2014/1001-2014	0.3	7.1	1		
SMD /PTB	GPSPPP	SD21 /PT07	2002-2011/1001-2014	0.3	7.3	2		
SMU /PTB	GPS MC	SM00 /PT07	NA_A1 /1001-2014	1.5	9.2	6	57.8	0908
SU /PTB	GPS MC	SU19 /PT07	NA_A1 /1001-2014	1.5	7.1	5	-7.8	1411
TL /PTB	GPSPPP	TLT1 /PT07	NA_A1 /1001-2014	0.3	2.0	1		
TP /PTB	GPSPPP	TP04 /PT07	1002-2009/1001-2014	0.3	5.8	3		
UA /PTB	GPS MC	UA04 /PT07	2003-2011/1001-2014	1.5	8.1	4		
UME /PTB	GPSPPP	UM01 /PT07	NA_A1 /1001-2014	0.5	7.3	2	25.4	1507
VMI /PTB	GPS P3	VM__ /PT07	NC /1001-2014	1.3	20.0			
ZA /PTB	GPSPPP	ZA__ /PT07	NC /1001-2014	0.3	20.0			

Link	Type	Equipment	Cal_ID	uStb/ns	uCal/ns	uAg/ns	Al/ns	YYMM
AOS /PTB	TWGPPP	AOS01 /PTB01	NA_A1	0.4	2.5	0		
CH /PTB	TWGPPP	CH01 /PTB01	0284-2012	0.3	1.4	1		
IT /PTB	TWGPPP	IT02 /PTB01	0374-2014	0.3	1.0	0		
JATC/NTSC	INT LK	INTDLY		0.2	10.0	10		
NIM /PTB	TWGPPP	NIM01 /PTB03	0417-2016	0.3	1.5	0		
NIST/PTB	TWGPPP	NIST01/PTB01	0393-2015	0.3	1.5	0		
NPL /PTB	TWGPPP	NPL01 /PTB01	NA_A1	1.0	7.1	1		
NTSC/PTB	TWSTFT	NTSC02/PTB03	0418-2016	0.5	1.5	0		
OP /PTB	TWGPPP	OP01 /PTB01	0377-2014	0.3	1.0	0		
ROA /PTB	TWGPPP	ROA01 /PTB01	0380-2014	0.3	1.0	0		
SP /PTB	TWGPPP	SP01 /PTB01	0381-2014	0.3	1.0	0		
USNO/PTB	TWGPPP	USNO01/PTB01	0395-2016	0.3	1.0	0		
VSL /PTB	TWGPPP	VSL01 /PTB01	0295-2015	0.3	1.0			

=====

(1.2) 健全全國時頻追溯體系

(1.2.1) 協助 TAF 完成實驗室評鑑案，健全全國時頻追溯體系

(1.2.1.1) 達成項目

上半年協助財團法人全國認證基金會(TAF)，參與完成業界校正實驗室之評鑑案共 15 件。

(1.2.1.2) 執行內容(執行期間：105.01~105.12)

配合 TAF 評鑑申請案時程安排，進行評鑑案文件審查、現場評鑑及評鑑所發現不符合事項之複查等工作。以確保業界實驗室所維持的品質系統與校正技術能力，符合 ISO/IEC 17025 的規範。

(1.2.1.3) 結果

本年度配合 TAF 安排之時程，參與完成：台灣松下電器公司、中華航空公司修護工廠、捷耀光通訊股份有限公司、天熙儀測科技股份有限公司、大電力研究中心、台灣電檢中心、台証科技公司、東元電機公司、國家標準電量實驗室、花蓮空軍實驗室等校正實驗室的評鑑案，共 15 件。另外，協助 TAF 進行行政院原子能委員會輻射偵測中心、台灣電力股份有限公司綜合研究所、財團法人台灣電子檢驗中心等校正實驗室之評鑑總結報告審查工作。

(1.2.1.4) 應用及效益

健全我國時頻標準的追溯體系，間接促進產製水準之提升，有利於國際間時頻標準之相互認可，以減少非關稅之貿易障礙，同時對中華民國實驗室認證體系之維繫與推廣亦有所貢獻。

(1.2.1.5) 未來工作重點

因應未來國內時頻實驗室認證之需求，將繼續支持及配合 TAF，協助評鑑作業，同時亦持續提升本實驗室之校正能量，使我國時頻領域的認證制度更加健全。

(1.2.1.6) 自評與建議

度量衡標準之追溯、維持及傳遞，是國家標準實驗室之重要任務。本實驗室所維持之國家時頻標準，長期追溯國際度量衡局(BIPM)之國際標準，並且提供國內業界量測校正之追溯源頭。除提供時頻校正服務外，近年來本實驗室亦配合全國認證基金會(TAF)作業，積極推動國內之實驗室認證制度，提供合格的評審員，實地參與實驗室評鑑工作，將國際品質制度的規範要求，落實於國內次級實驗室中。在提升校正技術及取得國際相互認可等方面，都有很大的助益。

(1.2.2) 精密儀器頻率校正服務

(1.2.2.1) 達成項目：

提供高精度儀器校正服務，協助國內廠商校正件追溯至國家標準。

(1.2.2.2) 執行內容(執行期間：105.01~105.12)

執行內容及具體方法如下：

- (a) 藉由各種國際時頻校核技術，長期追溯至國際度量衡局(BIPM)之國際標準，提供國內量測校正追溯之來源。
- (b) 提供高精度之儀器頻率校正服務。
- (c) 配合 TAF 之評鑑業務，在技術上輔導國內具有規模及投資意願之公私機構成立次級實驗室，達到檢校分級制度。
- (d) 本實驗室將持續關注國際間有關時頻不確定度評估方式的最新進展，即時加以運用，以符合國際標準實驗室相互認可協議(Global MRA)之基本需求，並提供國內次級實驗室作為參考。

(1.2.2.3) 結果

本年度送校廠商計有 44 家，所送件數計有 62 件(預定完成 50 件)，總收入為:新臺幣 804,000 元整。

中華電信研究院 105 年度 1~12 月校正報告總覽表

編號	報告編號	廠商	校正儀器(廠牌/型號)	收件日期	完成日期	實收金額
1	FTC-2015-12-38	優力國際安全認證有限公司	微電腦石英鐘測試儀 TAI TIEN/QWA-5A/5A121 2001	104.12.09	105.02.03	8,500
2	FTC-2015-12-39-1	台灣羅德史瓦茲有限公司	銩頻率標準器 SYSTEM-2000/659	104.12.09	105.01.18	16,000
3	FTC-2015-12-39-2	台灣羅德史瓦茲有限公司	銩頻率標準器 PTS GPS10RB/101016	104.12.09	105.01.18	16,000

4	FTC-2015-12-39-3	台灣羅德史瓦茲有限公司	計數器 CREDIX FC-300/590209050	104.12.09	105.01.18	8,500
5	FTC-2015-12-39-4	台灣羅德史瓦茲有限公司	計數器 Agilent 53131A/MY47008331	104.12.09	105.01.18	8,500
6	FTC-2015-12-40	財團法人台灣電子檢驗中心	銩頻率標準器 WAVETEK/909/009090 01747604	104.12.16	105.01.13	16,000
7	FTC-2015-12-42	台灣是德科技股份有限公司	銩頻率標準器 FLUKE 910R/286844	104.12.21	105.01.18	16,000
8	FTC-2015-12-43	財團法人工業技術研究院	計數器 SR620/3836	104.12.29	105.01.13	8,500
9	FTC-2016-01-01	台灣是德科技股份有限公司	銩頻率標準器 HP5071A/3249A00522	105.01.07	105.01.18	16,000
10	FTC-2016-01-02	財團法人自行車暨健康科技工業研究發展中心	計時器 TS001/002	105.01.07	105.01.18	8,500
11	FTC-2016-01-03	台灣恩智浦半導體股份有限公司(量測科技股份有限公司代送)	銩頻率標準器 HP5071A/3249A00735	105.01.08	105.01.18	16,000
12	FTC-2016-01-04	台灣檢驗科技股份有限公司	Quartz Watch/Clock Analyzer/SIGMOTEK/ QWA-3A/267	105.01.19	105.02.03	8,500
13	FTC-2016-01-05	台達電子工業股份有限公司	銩頻率標準器 FE-5650A/09562	105.01.20	105.02.17	16,000
14	FTC-2016-01-06	財團法人工業技術研究院	銩頻率標準器 Symmetricom/8040C/1 13830101008	105.01.29	105.03.03	16,000

15	FTC-2016-01-07-1	安立知股份有限公司	鈹頻率標準器 FE-5680A/SN12454	105.01.29	105.03.30	16,000
16	FTC-2016-01-07-2	安立知股份有限公司	計數器 MF-1601A/SNMT-0458 5	105.01.29	105.03.30	8,500
17	FTC-2016-03-08	致茂電子股份有限公司	石英晶體振盪器 HP105B/2848A01892	105.03.01	105.03.18	8,500
18	FTC-2016-03-09-1	儀寶電子股份有限公司	鈹頻率標準器 FS-725/65164	105.03.02	105.03.16	16,000
19	FTC-2016-03-09-2	儀寶電子股份有限公司	石英晶體振盪器 FTS-1050A/0398	105.03.02	105.03.16	8,500
20	FTC-2016-03-09-3	儀寶電子股份有限公司	計數器 AG-53132A/MY40003 244	105.03.02	105.03.16	8,500
21	FTC-2016-03-09-4	儀寶電子股份有限公司	計數器 AG-53150A/US405016 20	105.03.02	105.03.16	8,500
22	FTC-2016-03-10-1	世界通全球驗證股份有限公司	鈹頻率標準器 Symmetricom/8040C/1 44030101025	105.03.11	105.04.27	16,000
23	FTC-2016-03-10-2	世界通全球驗證股份有限公司	計頻器 Keysight/53230A/MY5 0004089	105.03.11	105.04.27	8,500

24	FTC-2016-03-11	正儀科技股份有限公司	銩頻率標準器 SRS/FS-725/84211	105.03.21	105.04.11	16,000
25	FTC-2016-03-12	財團法人工業技術研究院-智慧計量系統實驗室	Universal Counter/Agilent 53132A/MY47001971	105.03.25	105.04.11	8,500
26	FTC-2016-04-13	太一電子檢測有限公司	銩頻率標準器 SRS/FS-725/84913	105.04.12	105.05.04	20,000
27	FTC-2016-04-14	量測科技股份有限公司	銩頻率標準器 SRS/FS-725/107820	105.04.22	105.05.04	16,000
28	FTC-2016-04-15	財團法人台灣電子檢驗中心	銩頻率標準器 SRS/FS-725/121109	105.04.27	105.05.16	16,000
29	FTC-2016-05-16-1	財團法人台灣電子檢驗中心	銩頻率標準器-信號產生器 Wavetek 909-keysight 33522B/SM009090017 47603-MY52812554	105.05.04	105.05.25	16,000
30	FTC-2016-05-16-2	財團法人台灣電子檢驗中心	銩頻率標準器-信號產生器 Wavetek 909-keysight 33522B/SM009090017 47603-MY52812554	105.05.04	105.05.25	16,000
31	FTC-2016-05-17-1	台灣檢驗科技股份有限公司	石英晶體振盪器 FTS/1050A/407	105.05.11	105.05.25	8,500
32	FTC-2016-05-17-2	台灣檢驗科技股份有限公司	計數器 HP/5335A/3145A15055	105.05.11	105.05.25	8,500
33	FTC-2016-05-18	陸軍飛彈光電基地勤務廠	銩頻率標準器-計頻器 Symmetricom 5071A-HP 5345A OPT12/US45382352-31 03A13918	105.05.23	105.06.08	16,000
34	FTC-2016-06-19	正儀科技股份有限公司	銩頻率標準器 FEI/FE-5680A/0803-14 07005	105.06.03	105.06.20	16,000
35	FTC-2016-07-20	鴻海精密工業股份有限公司	銩頻率標準器 RACAL-DANA-9475/ RIC1913	105.07.06	105.07.25	16,000

		新竹園區 分公司				
36	FTC-2016-07-21-1	台証科技 股份有限 公司	銩頻率標準器-計頻器 SRS PRS10-HP 53132A/031592-3546A 02654	105.07.11	105.07.29	16,000
37	FTC-2016-07-21-2	台証科技 股份有限 公司	銩頻率標準器 SRS/PRS10/031570	105.07.11	105.07.29	16,000
38	FTC-2016-07-22	台灣電力 股份有限 公司	計頻器 BK PRECISION 1823A/1823112450901 0013	105.07.29	105.08.08	8,500
39	FTC-2016-08-23	筑波科技 股份有限 公司	Rubidium Counter/SR625/5910	105.08.04	105.08.10	16,000
40	FTC-2016-08-24	台灣檢驗 科技股份 有限公司	閃頻器 MONARCH/Phaser-Str obe Pbx Kit 115/B2580213	105.08.16	105.08.24	8,500
41	FTC-2016-09-25-1	宇正精密 科技股份 有限公司	銩頻率標準器 SRS/FS-725/65722	105.09.06	105.10.26	16,000
42	FTC-2016-09-25-2	宇正精密 科技股份 有限公司	銩頻率標準器 SRS/FS-725/65722	105.09.06	105.10.26	16,000
43	FTC-2016-09-25-4	宇正精密 科技股份 有限公司	銩頻率標準器-計時器 SRS/FS-725_ESCORT/ EFC-3203A/65722_981 10081	105.09.06	105.10.26	8,500
44	FTC-2016-09-25-5	宇正精密 科技股份 有限公司	銩頻率標準器-計頻器 SRS/FS-725_Agilent/A G53131A/65722_(ISM 1-A)	105.09.06	105.10.26	8,500
45	FTC-2016-09-26	財團法人 台灣電子 檢驗中心	訊號產生器-銩頻率標 準器 Agilent E8257D-Wavetek 909/MY45470469-SM0 0909001747603	105.09.19	105.10.19	30,000
46	FTC-2016-09-27	儀寶電子 股份有限 公司	QUARTZ WATCH/CLOCK ANALYZER/TAI TIEN/QWA-3B/101	105.09.30	105.10.12	8,500

47	FTC-2016-09-28	翔鐸有限公司	時間測定器 SOUKOU/CTS-1000/1 4C110015	105.09.30	105.10.17	8,500
48	FTC-2016-10-29	財團法人 工業技術 研究院- 智慧計量 系統實驗室	銩頻率標準器 HP/5065A/2816A01581	105.10.03	105.10.17	16,000
49	FTC-2016-10-30-1	伯堅股份 有限公司	銩頻率標準器 PTF/PTF4211A/903000 6201	105.10.12	105.11.07	16,000
50	FTC-2016-10-30-2	伯堅股份 有限公司	計頻器 Advantest R5373/130400856	105.10.12	105.11.07	8,500
51	FTC-2016-10-31	世界通全 球驗證股 份有限公 司	ESG-D SERIES SIGNAL GENERATOR/E4433B/ MY43350264	105.10.13	105.11.07	8,500
52	FTC-2016-10-32	財團法人 工業技術 研究院- 量測技術 發展中心	數位電表 Agilent/34410A/MY47 023474	105.10.20	105.10.28	8,500
53	FTC-2016-10-33	陸軍飛彈 光電基地 勤務廠	銩頻率標準器 HP/5071A/3249A00682	105.10.24	105.11.07	16,000
54	FTC-2016-11-34	昭俐科技 檢測有限 公司	銩頻率標準器-計頻器 SRS/FS725-Agilent/531 31A/121100	105.11.02	105.11.09	16,000
55	FTC-2016-11-35	內政部國 土測繪中 心	GPS 接收機-銩頻率標 準器 TOPCON/NET G3-STANDFORD/FS7 25/401-01629 - 107448	105.11.07	105.11.30	20,000
56	FTC-2016-11-36-1	在宥科技 股份有限 公司	Microsemi/ SyncServer S650/SCA161500003	105.11.29	105.12.07	8,500
57	FTC-2016-11-36-2	在宥科技 股份有限 公司	Microsemi/ SyncServer S650/SCA162300029	105.11.29	105.12.07	8,500
58	FTC-2016-12-37	優力國際 安全認證 有限公司	微電腦石英鐘測試儀 TAI TIEN/QWA-5A/5A121 2001	105.12.08	105.12.28	8,500

59	FTC-2016-12-38-1	台灣羅德史瓦茲有限公司	銩頻率標準器 SYSTEM-2000/659	105.12.08	105.12.20	16,000
60	FTC-2016-12-38-2	台灣羅德史瓦茲有限公司	銩頻率標準器 PTS GPS10RB/101016	105.12.08	105.12.20	16,000
61	FTC-2016-12-38-3	台灣羅德史瓦茲有限公司	計頻器 Agilent/53131A/MY47 008331	105.12.08	105.12.20	8,500
62	FTC-2016-12-39	台灣是德科技股份有限公司	銩頻率標準器 Fluke/910R/286844	105.12.08	105.12.21	16,000
					小計	804,000

(1.2.2.4)應用及效益

參與維持國際的時頻標準，健全全國時頻追溯體系，以滿足次級時頻實驗室在標準追溯、品質系統認證及國際相互認可等方面的需求，有助於促進國內工商產業之發展。

(1.2.2.5)未來工作重點

加強推廣及宣導時頻校正服務，敦促廠商定期送校，滿足業界時頻校正服務之需求。未來將秉持著服務社會大眾之宗旨，持續提供國家標準時間與其應用，並開發新的校正能量，以滿足國內產業及社會大眾之需求。

(1.2.2.6)自評與建議

精密儀器頻率校正，是維持時頻追溯鏈完整重要的一環。但是基於公益服務性質以及與次級校正服務作區隔等原因，此一部份的服務收入難以大幅增加。未來主管機關若能適時推動各項收費計時機制(如停車、通訊等)成為法定計量，將有助於民眾公平交易，及提升時頻標準的重要性。

(1.3) 高精度頻率量測技術研究

(1.3.1) 執行項目

於國家實驗室建置光梳頻率量測系統及完成查核點報告一篇(2016/11)。

(1.3.2) 執行內容(執行期間：105.01~105.12)

我們於 2014 年下旬開始研究建置光梳雷射可行的做法，並於該年對外的委託研究計畫案期末報告徵詢中央大學物理系光梳雷射光譜實驗室鄭王曜教授的建議。傳統上應用於精密光頻量測的鈦藍寶石光梳雷射雖然具備功率高(數十瓦以上)的好處，但其設備架構太龐大與複雜，若冒然引入國家實驗室而未能訓練足夠專業背景的操作人員恐有不易維護的困擾，經評估較不適合轉移到中華電信研究院。另一種方式是向工研院量測中心購買摻鉕光纖光梳雷射(erbium-doped fiber comb laser)，其展頻出來的信號在頻譜上分佈於 1200~1800 nm，符合通信波段的範圍，其功率亦可達到 100 mW。後者主要的優勢是光纖光梳雷射較鈦藍寶石光梳雷射所佔體積小且重量輕，在移動或搬運後不需花費太多時間重新調整；優勢之二是該設備係國內科研機構自行開發的成熟商品，未來在維修或技術支援上有一定保障；優勢之三是價格較國外同級品至少便宜一半以上。前述兩種方式經內部討論後決定引進後者來符合本實驗室的需求。因此於 2015 年初提出以光纖光梳雷射為核心搭配相關光學&微波設備所構成的光學拍頻架構以建置光頻量測系統，並於同年九月完成基礎建置與初步測試。雖然已成功量得待測雷射的頻率值，但隨後發現量測架構的設計仍有考慮不周之處。例如待測雷射與光纖光梳雷射的拍頻信號轉換成電訊號後的功率太低且帶其他的雜訊，造成不易讀取量測數據或量測結果準確性失真，因此需要在拍頻架構中加入濾波及功率放大等相關元件改善前述的情況。這個問題已於 2016 年透過相關元件的加入及架構的調整獲得有效的改善，並於今年 11 月完成『光梳頻率量測系統於國家實驗室之建置』查核點報告一篇。

(1.3.3) 結果

圖一是本實驗室目前所建置之光梳頻率量測架構示意圖。光纖光梳雷射展

頻出來的信號在頻譜上分佈於 1200~1800 nm，符合通信波段的範圍，其功率大於 100 mW。另外亦可額外提供 778~884 nm 頻譜分佈，功率大於 10 mW 的選項以應用於未來其他方面的研究。

示意圖中窄線寬雷射代表待測件，需要事先以波長儀量測其概略的頻率值後來決定 $f_n = n \times f_{rep} + f_o$ 中的 n 值，因波長儀的解析度為 120 MHz，而重複頻率 f_{rep} 為 500 MHz，如此一來才不會誤判 n 值。接下來透過光路設計讓光梳雷射與待測雷射進行拍頻，並以光偵測器將光信號轉成電信號，由於該光偵測器對 1 GHz 以上的頻率不敏感，因此只會得到幾根拍頻的結果(可以對控制重複頻率的頻率合成器進行微調以確認哪一根拍頻是所需要的結果)，相關拍頻數值的變化可用頻率信號解析儀來觀察。接著用適合的 RF 低通濾波器濾掉不要的結果，再用 RF 放大器將所要的拍頻功率放大，並用頻率波形分析儀進行相關結果的觀察。若要讀取精確的數據並分析待測雷射之頻率準確度與穩定度則需使用本實驗室的頻率計數器配合記錄電腦來讀取資料。實驗室的頻率計數器係 SR620，最高可量測頻率上限為 300 MHz。由於待測雷射跟光梳雷射拍頻一定有一個小於 250 MHz 的值，即光梳雷射頻率重複率 500 MHz 的一半，因此無需另外購買其他頻率計數器。

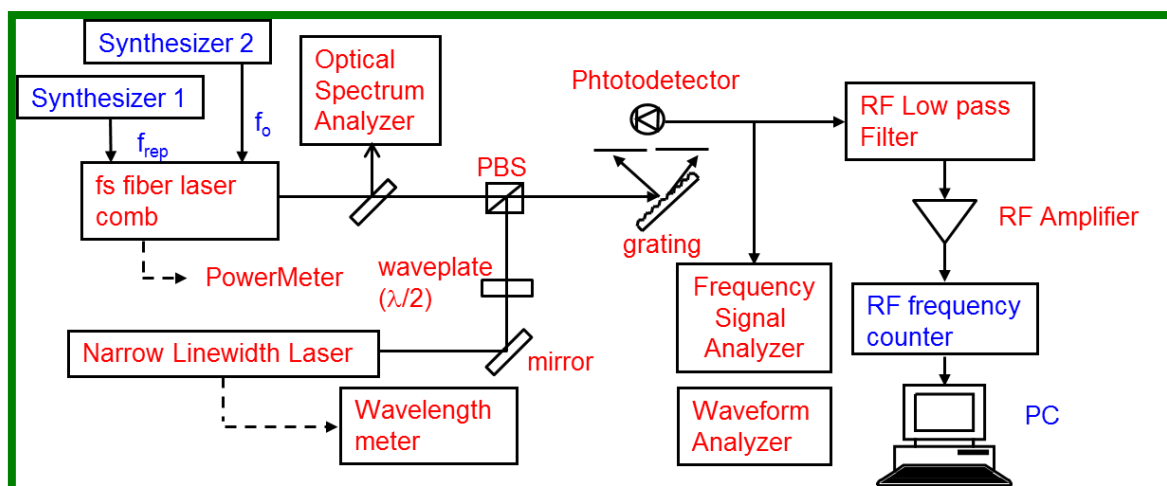


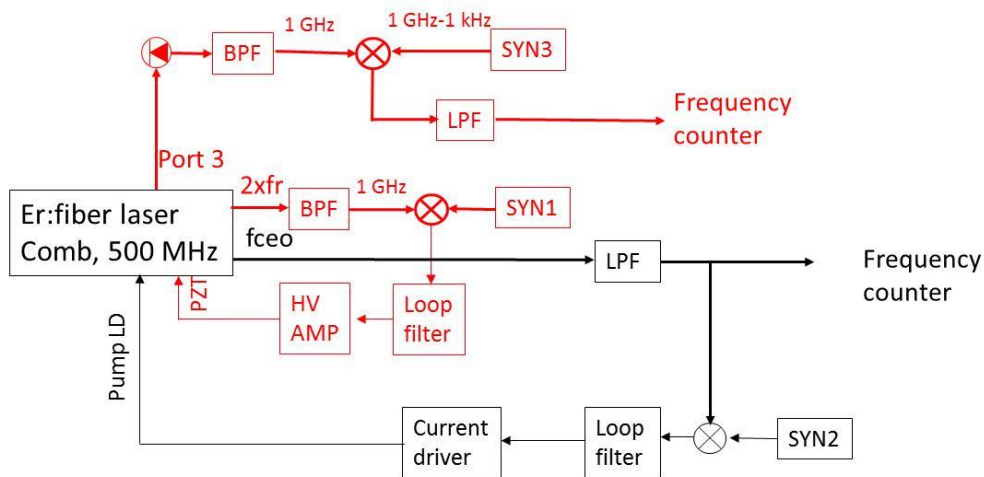
圖 1.2、實驗室建置之光梳頻率量測架構示意圖

為確認光梳頻率量測系統可以有效運作，重要的測試包括：(A)光纖光梳雷射功能測試(B)光梳頻率量測系統功能測試(待測雷射頻率量測)，相關結果如

下：

(A)光纖光梳雷射功能測試：

包含頻率重複率(f_r)與頻率偏移(f_{ceo})測試，測試架構如圖 1.3 所示。 f_r 的二階諧波和 f_{ceo} 分別鎖到一台信號產生器(SYN1 和 SYN2)上，由 port 3 偵測 f_r 和另外一台信號產生器(SYN3)降頻至 1 kHz 經過低通濾波後，由頻率計數器記錄其頻率穩定度。依照 Allan deviation 的算法，其 1 秒的頻穩定度應小於或等於 5×10^{-13} 。偏差頻率的測試則是將 $f-2f$ 偵測到的 f_{ceo} 分一半送到頻率計數器記錄其頻率殘餘擾動，此殘餘擾動(1s)應小於 100 mHz (擾動太大可調整 waveplate)。光梳雷射的穩定度和不確定度主要受限於重複率的穩定度，如果重複率的頻率穩定度滿足上述量測值，則可符合採購規格，準確度則與微波參考源相同。



All SYNs and frequency counters are referenced to H-maser or Cs clock.

圖 1.3、頻率重複率(f_r)與頻率偏移(f_{ceo})的測試架構

前述使用的三台信號產生器分別為 Agilent E4400B (SYN1, Output Power: 7dBm)、HP 83630L (SYN2, Output Power: 0dBm)以及 Agilent E4423B (SYN3, Output Power: 7dBm)，參考外頻皆為國家標準實驗室母鐘信號。由 port 3 偵

測 f_r 和信號產生器 SYN3 降頻至 1 kHz 經過低通濾波後，由頻率計數器(Agilent 53132A，參考外頻至實驗室母鐘)記錄其一秒的頻率穩定度為 1.8×10^{-13} (符合規格小於或等於 5×10^{-13} 的要求)。 f_{ceo} 的殘餘擾動則以本實驗室之 Agilent 53230A 頻率計數器(參考外頻至實驗室母鐘)讀取，可進行即時的統計分析。當讀取一定的筆數後，Allan Deviation(有單位，非相對值)大約落在 84.5 mHz 左右(符合規格小於 100 mHz 的要求)。

(B)光梳頻率量測系統功能測試(待測雷射頻率量測)

頻率量測架構如圖 1.4 所示，待測雷射(以窄線寬雷射為例)和光纖雷射光梳先由 3 dB 的光纖耦合器(fiber coupler)耦合在一起，經由準直器(collimator)準直後，透過 PBS(Polarization Beam Splitter)將雷射偏極投影到同一方向(如果光梳雷射或待測雷射端有裝置偏極控制器，PBS 可以省略)，再由光柵分光後由光偵測器測得拍頻，透過低通濾波器濾出拍頻，再由頻率計數器記錄其頻率，整套系統需能成功地量得待測雷射的頻率穩定度。若要決定光梳雷射拍頻時所對應的 comb mode，可將光梳雷射暫時關掉，此時圖右上角的波長儀即可加以協助判定。

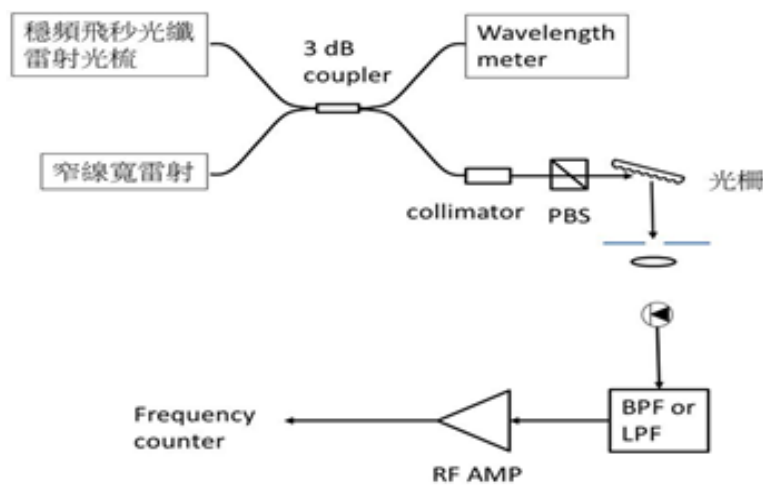


圖1.4、以光測

架構圖

纖光梳雷射量待測雷射頻率

接著藉由降低光梳重複率 f_r ，觀察拍頻 f_b 的變化來判斷量到的拍頻是待測雷射頻率 f_L 與哪一側 comb mode 所得到的差值。同時也可藉由改變光梳頻率偏

移 f_{ceo} ，觀察拍頻的變化來判斷 f_{ceo} 的正負符號。在本次測試中，上述關係為： $(nf_r + f_{\text{ceo}}) - f_L = f_b$ ，其中 $f_{\text{ceo}} = +99 \text{ MHz}$ ， $f_b = 314.5 \text{ MHz}$ ， $f_L = 192496.765 \text{ GHz}$ （波長儀量到的頻率），將相關數值帶入前面關係式可以得到 n 值為 384994（最接近的整數值）。因此以光纖雷射光梳量到之待測雷射頻率 $f_L = 384994 \times 500 \text{ MHz} + 99 \text{ MHz} - 314.5 \text{ MHz} = 192496.785 \text{ GHz}$ 。這個值與波長儀量到的頻率有 20 MHz 的偏差，兩者相對誤差約為 1×10^{-7} ，而該款波長儀 Bristol 621A NIR 規格之頻率準確度為 $\pm 0.2 \text{ ppm}$ ($\pm 2 \times 10^{-7}$)，因此量到結果尚落於合理的範圍內。另外，我們也收集了一段時間的拍頻結果來計算待測雷射的頻率穩定度，當選擇其中表現較穩定的一段數據時，一秒的頻率穩定度為 2.3×10^{-10} 。

(1.3.4) 應用及效益

- (a) 建立光頻量測與目前微波頻率標準之間的追溯鏈，解決了原先需以複雜頻率鍊量測精密光頻的問題，使國家標準時頻實驗室除了提供目前微波頻率的校正服務外，亦能成為為國內精密光學研究團隊的追溯中心，以服務雷射、光學儀器、微波設備相關的業者。
- (b) 建立光頻研究的基礎，擴展相關研究領域如無線通訊拓展至 sub-THz 波段、穩頻雷射系統的應用開發乃至於新型光頻振盪器的開發設計等。
- (c) 未來若有機會發展國內自主光頻標準技術，光梳頻率量測系統絕對是必要的量測工具。

(1.3.5) 未來工作重點

- (a) 除了待測雷射信號與光梳雷射某一模態間的差頻值可以被取出外，不同模態之間差頻值也是可以被取出的。透過適當的組合產生 0.5 GHz、1 GHz、1.5 GHz、2 GHz... 等 500 MHz 頻率整數倍數的信號理論上不是問題。若能配合適當的光學&微波元件，包括光偵測器、濾波器和功率放大器以及信號傳送等相關材料，有機會可以產生 40 GHz 以上，間距 500 MHz 且可追溯至原子鐘等級精度

的微波頻率信號，將微波頻率校正服務的能量由 40 GHz 繼續往上提升。

(b)以光纖光梳雷射為核心之精密光頻量測系統，可將原子鐘等級的精確度 ($1.0E-13$)由目前國家實驗室於微波段的 40 GHz 量測能量提升至光頻段 (1200~1800nm 甚至於可見光之頻率)。然而目前用於通訊範圍 1550 nm 左右的商用雷射(不具備穩頻功能)的頻率穩定度與所建立之量測系統差距尚有 2~3 左右的數量級。為了驗證所建立之系統的光頻量測能力，發展與建置可鎖頻至原子能階躍遷之穩頻雷射成為光頻量測領域能夠順利推展的重點，否則無法以直接量測待校件的方式確認光梳頻率量測系統真正的能力。

(1.3.6)自評與建議

要有效率得操作光梳頻率量測系統需要具備光學方面的背景知識，原因是光纖光梳雷射經過數次開關機後其內部元件因熱脹冷縮的偏移可能導致鎖模 (mode-locked)狀態變差，此時需要微調其內部光學偏振片的角度並配合雷射二極體適當的輸出電流大小才能改善；另外，透過微調設備內部之光學偏振片的角度亦可改變偏差頻率的位置，嘗試移動偏差頻率至雜訊最小的地方將有助於光梳雷射鎖頻時間的提升。

(二) 時頻校核技術

本年度本工作項目主要是進行目前國際度量衡局所採用之 GPS 國際比對技術及衛星雙向傳時比對技術的研究。執行情形如下所述：

(2.1) GNSS遠端時頻校正系統時間追溯鏈路建立

(2.1.1) GNSS遠端時頻校正系統建立及追溯鏈路品質的提升

(2.1.1.1) 達成項目：

GNSS遠端時頻校正系統比對能量維持及追溯鏈路品質的提升

(2.1.1.2) 執行內容(執行時間：105.01~105.12)

GNSS 傳時為目前全球最精確的時頻比對技術之一，此技術可應用於國際傳時比對及提供國內產業時頻追溯之服務。在國際比對方面，相關比對結果已成為現今國際原子時(International Atomic Time, TAI)及世界協調時(Coordinated Universal Time, UTC)計算的重要依據。在國內時頻追溯方面，實驗室自主研發之 GNSS 遠端時頻校正系統亦建立了國內完整的時頻追溯體系，提供精密儀器量測及高品質的時頻校正服務。

採用導航衛星進行傳時比對之特點在於毋須租用衛星且架設方便；使用者僅需在衛星信號強度良好之地點安裝天線及接收機設備，並搭配相關衛星觀測資料後處理之演算法，即可進行遠端時頻比對並追溯國家標準。同時，隨著所使用觀測量的不同，GNSS 傳時比對系統的精確度範圍由 1 奈秒到 10 奈秒不等(不確定度 < 5 ns)。

以 GNSS 導航衛星而言，GPS 為主要代表系統，在進行遠端時頻比對時，通常於短基線的範圍內(<1000 km)採用共視法(Common-View)觀測可有效的消除信號傳遞路徑中共同的誤差量，以提高精確度。GPS 共視法係利用 GPS 衛星做為參考時間源，來進行異地實驗室間之時頻比對，此方式可滿足客戶因時頻標準件搬運不便、需持續運轉或業務需求等因素無法送校的需求。圖 1 為導航衛星時頻比對示意圖，當實驗室 K1 及 K2 進行時頻比對時，實驗室透過接收機接收來自相同衛星的訊號，並將解算的結果與實驗室 UTC(TL)時間相比，再經由資料交

換可進一步分析 Clock(K1)與 Clock(K2)間的時間差，此架構我們稱為導航衛星共視比對架構。

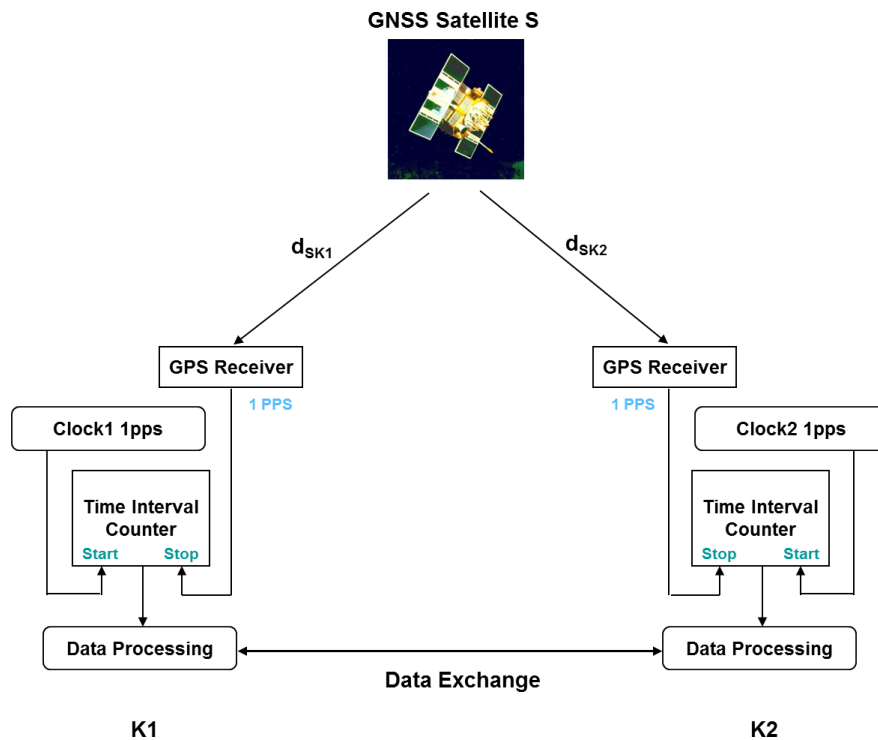


圖 2.1 導航衛星時頻比對示意圖

伴隨著多星系 GNSS 時代的來臨(如：美國 GPS、俄羅斯 GLONASS、歐盟 Galileo、中國的 Beidou)，GNSS 系統提供更多星系觀測資料及現代化信號，現今已成為日常生活中導航、定位及時間同步不可或缺的關鍵科技，並廣泛應用於軍事、民生、交通運輸、科學研究及農業生產等領域。許多重要應用及研究多使用多星系導航系統來達成。因此以多星系導航系統為基礎的 GNSS 技術研發，已是必然的趨勢，本實驗室亦將持續更新及建置多星系傳時比對系統，以期提升實驗室國際比對能力並維持國內時頻追溯的最高標準。本實驗室自 2012 年起陸續進行 GNSS 傳時比對系統(TTS4、GTR50、PolarX4)建置與更新，本年度 2016 維持的 GNSS 傳時比對系統及天線陣列設備如圖 2.2。



TTS4



GTR50



PolaRx4



圖 2.2 實驗室傳時 GNSS 傳時比對系統及天線陣列

為維持國內時頻鏈路的可追溯性(如圖 2.3、圖 2.4)並與國際標準保持一致，定期且持續性的校正及評鑑是有必要的。實驗室自 2013 年起，GNSS 遠端時頻校正系統陸續通過全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation)及國際專家評鑑，並將實驗室 GNSS 遠端時頻校正能力登錄於國際度量衡局(Bureau international des poids et mesures, BIPM)關鍵比對資料庫中(key comparison database, KCDB)，符合國際 ISO/IEC 17025 規範及全球相互認可協定(Mutual Recognition Arrangement)之要求。2015 年起新增遠端時間校正量別，系統登錄 BIPM KCDB 的擴充不確定度為 35 ns(信賴水準為 95%)。在標準頻率追溯方面，系統遠端頻率校正的相對擴充不確定度持續維持在 $2.0E-13$ 水準。國家時間與頻率標準實驗室遠端時頻校正能量之建立及維持，提供國內產

業優質的標準時頻追溯鏈路，滿足精密儀器量測及高品質的遠端時頻校正之需求。

由於現今無線通訊技術的快速發展，對於頻率以及時間準確度的要求與日俱增，且隨著即時服務與高速可靠資料傳輸需求的增加，精確時間與頻率的同步對於電信網路的效能扮演極重要的角色。因為精確的時頻同步可確保系統能正確地傳送及接收資料，否則當網路同步失效時將導致整個頻譜無效和更廣泛的服務降級。圖 5 為通信網路對於時間與頻率同步的需求。在行動通訊 CDMA、WIMAX-TDD、LTE-TDD 及 Smart Grid PMU(Phasor Measurement Unit)系統中，同步的需求大約在微秒等級(micro-second)。目前電信網路主要的同步方式有四種：TDM (Time Division Multiplexing) link、GPS, SYNC-E (Synchronous Ethernet) link 及 IEEE 1588 PTP。其中 GPS 為實現同步最有效的方法之一，採用此方式之優點在於系統可輕易達成微秒等級的同步需求。因應國內產業時間同步及追溯需求的急遽增加，實驗室乃進行 GNSS 遠端時頻校正系統時間追溯網路之建立，以期持續降低國內時頻追溯鏈路之不確定度。發展高精度 GNSS 傳時比對技術並健全國內時頻追溯鏈路，是本實驗室重要的目標。透過時頻追溯鏈路參考平台，可將 GNSS 遠端時頻校正技術推廣至國內各次級實驗室、電子及儀器設備廠商使用，滿足其追溯至國際 SI 單位的需求並促進其產業升級。此外，因應未來高精度時間(或相位)及更多同步信號可用性的需求，如電信、通訊、智慧電網及科學研究等，時頻追溯鏈路參考平台及 GNSS 遠端傳時扮演了極關鍵的角色，未來可將此技術應用在先進網路中(4G、5G)主參考時鐘性能(Primary Reference Time Clock)監測及時間同步的追溯。

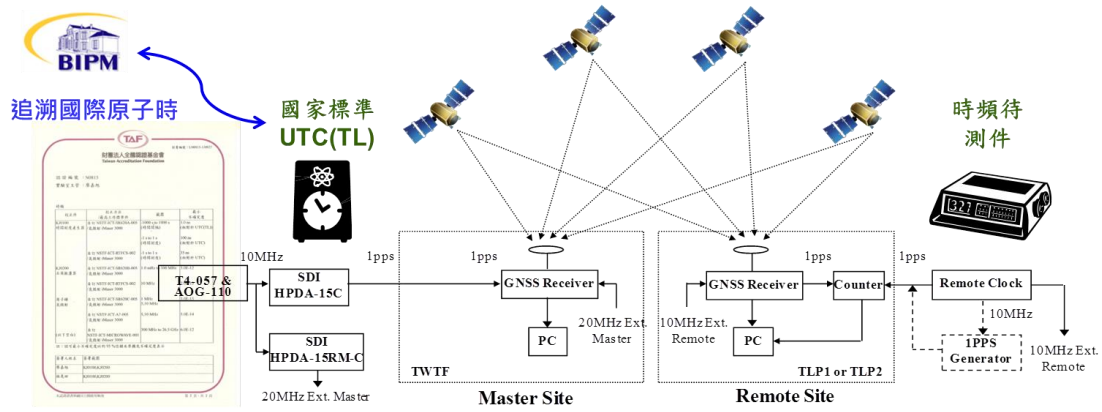


圖 2.3、GNSS 導航衛星時頻比對追溯示意圖

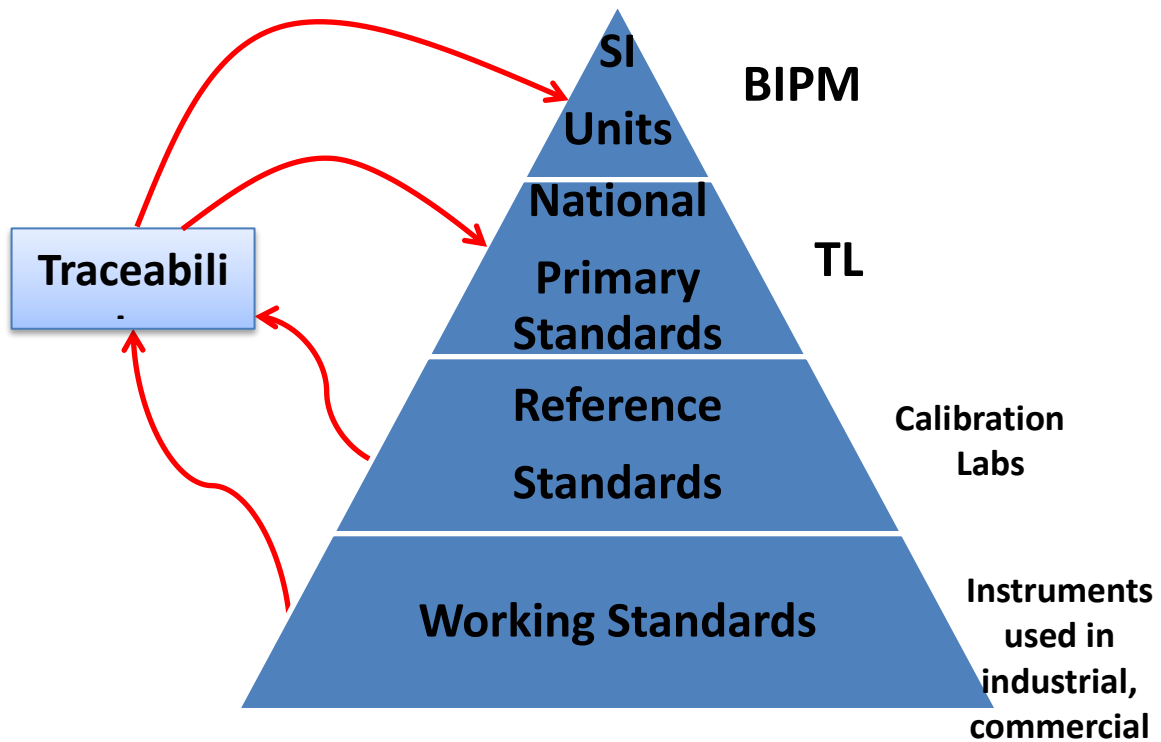


圖 2.4、TL 遠端時間追溯鏈路

Application	Frequency Accuracy	Time accuracy
GSM	5×10^{-8}	N/A
CDMA	5×10^{-8}	$1 \mu s$ ($10 \mu s$ holdover)
WiMAX (FDD mode)	5×10^{-6}	N/A
WiMAX (TDD mode)	5×10^{-6}	$1 \mu s$ ($25 \mu s$ holdover)
LTE (FDD mode)	5×10^{-8}	N/A
LTE (TDD mode)	5×10^{-8}	$3 \mu s$ inter-cell
Smart Grid DME	N/A	1ms
Smart Grid PMU	N/A	$<1 \mu s$

圖 2.5、通信網路時間與頻率同步需求


(2.1.1.3) 結果

(a) 國內時間鏈路追溯之參考平台比對能量維持與提供遠端校正服務

目前實驗室採用自主開發之GNSS遠端校正系統來建置國內時間鏈路追溯之參考平台。此參考平台由Septentrio PolaRx4 PRO GNSS雙頻接收機、SR620時間間隔計數器及記錄電腦組成，每日自動產生標準CGGTTS(CCTF Group on GNSS Time Transfer Standards)傳時比對資料供時間追溯比對。此外，為提升與參考平台間短基線比對之穩定度與可靠性，實驗室於頂樓建置了一系列天線平台，可供傳時設備追溯使用。本年度除了保持國內追溯鏈路體系的健全外，系統亦追溯至國際SI單位與國際標準保持一致，並維持登錄BIPM KCDB (The BIPM key comparison database)關鍵比對資料庫中遠端時頻校正能力，如圖2.6。

Calibration and Measurement Capabilities

Time and Frequency, Chinese Taipei, TL (Telecommunication Laboratories, ChungHwa Telecom Co. Ltd.)

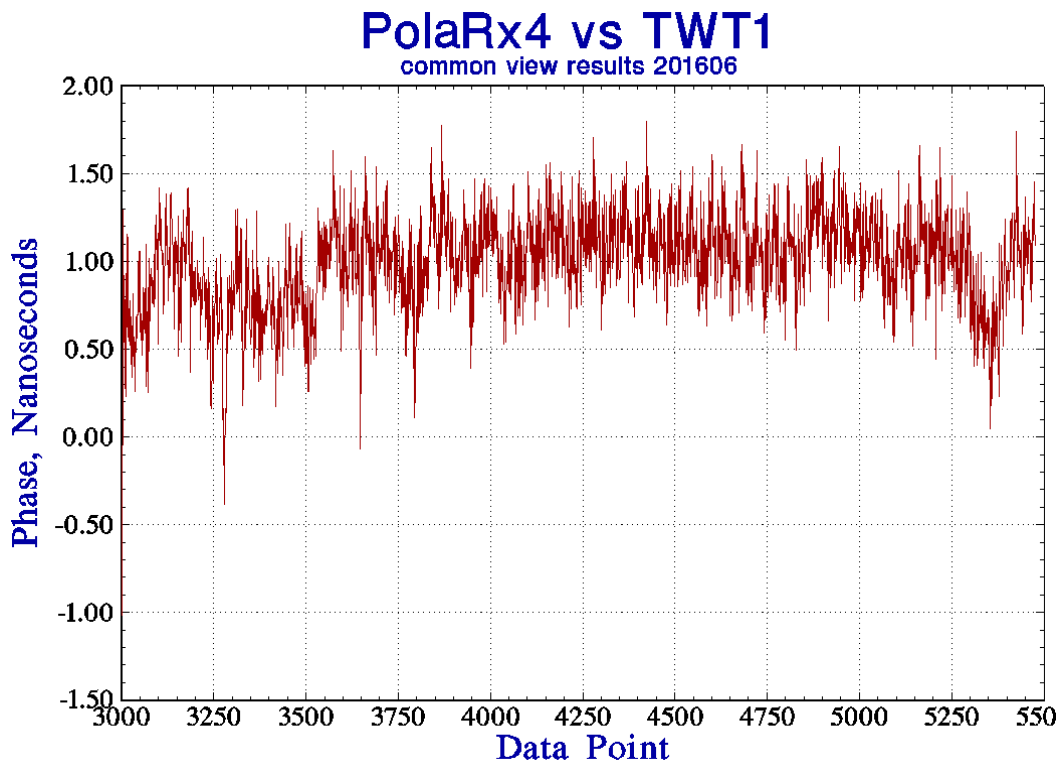


Calibration or Measurement Service			Measurand Level or Range			Measurement Conditions/Independent Variable		Expanded Uncertainty					NMI Service Identifier	Comments
Quantity	Instrument or Artifact	Instrument Type or Method	Minimum value	Maximum value	Units	Parameter	Specifications	Value	Units	Coverage factor	Level of Confidence	Is the expanded uncertainty a relative one?		
Time interval	Time difference source	Direct time interval measurement	-1000	1000	s	1 PPS amplitude	> 0.5 V (50 Ω)	1.0	ns	2	95%	No	NSTF-ICT-SR620A-005	Included best DUT's effect Approved on 10 March 2015
						Measurement time	86400 s							
Time scale difference	Local clock vs. UTC	Comparison against predicted UTC	-0.5	0.5	s	1 PPS amplitude	> 0.5 V (50 Ω)	100	ns	2	95%	No	NSTF-ICT-SR620A-005	Included best DUT's effect Approved on 10 March 2015
						Measurement time	86400 s							
Time scale difference	Remote clock vs. UTC	GPS common-view time transfer	-0.5	0.5	s	Averaging time	1 d	35	ns	2	95%	No	NSTF-ICT-RTFCS-002	Included best DUT's effect Approved on 10 March 2015
						Baseline length from TL	< 1000 km							
Frequency	General frequency source	Direct frequency measurement	1	3.0E+08	Hz	Measurement time	86400 s	3.0E-12	Hz/Hz	2	95%	Yes	NSTF-ICT-SR620B-005	Included best DUT's effect Approved on 10 March 2015
						Amplitude	> 0.5 V (50 Ω)							
Frequency	Local frequency standard	Phase comparison	1	1	MHz	Measurement time	86400 s	3.0E-13	Hz/Hz	2	95%	Yes	NSTF-ICT-SR620C-005	Included best DUT's effect Approved on 10 March 2015
						Amplitude	> 0.5 V (50 Ω)							
Frequency	Remote frequency standard	GPS common-view	10	10	MHz	Averaging time	1 d	2.0E-13	Hz/Hz	2	95%	Yes	NSTF-ICT-RTFCS-002	DUT's effect Approved on 10 March 2015
						Baseline length from TL	< 1000 km							

The BIPM key comparison database.

1/2

圖2.6、TL維持登錄BIPM KCDB資料庫中之遠端追溯能量



TL維持登錄BIPM KCDB資料庫中遠端時頻校正能力2016

協助太一電子建立並維持遠端頻率校正系統，對其標準件鈷鐘進行追溯及校正（如圖2.7），提供業界near real time 時頻比對，提升次級實驗室標準件穩定度並建立完整國內追溯鏈路。太一電子其標準件校正結果如下：

校正結果：量測委校儀器輸出 10 MHz 之信號

- (1) 頻率準確度(如圖 2.8)： $[(f_t - f_r) / f_r] = -6.6 \times 10^{-12}$
- (2) 頻率穩定度(如圖 2.8)：

取樣時間(秒)	頻率穩定度
9.6000e+02	4.24E-12
1.9200e+03	1.89E-12
3.8400e+03	1.29E-12
7.6800e+03	6.88E-13
1.5400e+04	5.87E-13
3.0700e+04	5.49E-13

6.1400e+04	2.50E-13
1.2300e+05	2.20E-13

擴充不確定度： 2.9×10^{-10} ，涵蓋因子：2



圖2.7、太一電子鈷標準件遠端時頻追溯

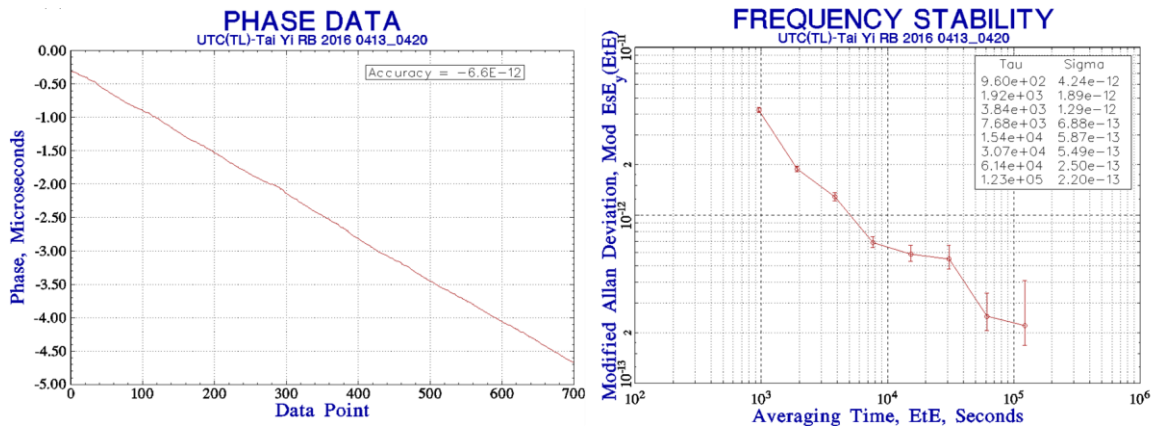


圖2.8、2016年太一電子遠端頻率校正結果

(b) 電信網路基準主時鐘 PRTC(Primary Reference Time Clock)監測應用

隨著行動通訊網路的普及與技術的快速演進，對於高精度時間(或相位)及更多同步信號可用性的需求與日俱增。因此如何評估網路中主要參考時鐘性能(Primary Reference Time Clock)及維持時間同步的追溯就顯得相當關鍵。目前國際行動通訊標準規範皆已提及微秒(μs)等級的時間同步需求，在新一代行動通訊標準需求更達幾十奈秒(ns)等級以上精度。如圖 2.9 電信網路基準主時鐘 PRTC 遠端監測示意圖，透過本實驗室時間追溯鏈路平台，可滿足國內通信產業對高精度時間追溯的需求。依據 ITU-T G.8272 中定義適用於 PRTC 輸出的時間誤差的要求，其中，基準主時鐘 PRTC 的時間輸出相對於經認可的時間標準(如：UTC)應準確至 100 奈秒以內。本年度透過本實驗室自主開發之時間追溯鏈路平台，針對目前電信基準主時鐘 PRTC 進行遠端時間監測實驗，其時間誤差(Time Error)及時間偏差 TDEV(τ)結果如圖 2.10 所示，實驗結果顯示該 PRTC 時間輸出相對於經認可的時間標準 UTC(TL)其時間誤差約在 60 奈秒以範圍內，相當不錯，符合 ITU-T G.8272 規範之需求，也代表實驗室自主開發之遠端時間追溯系統可應用於電信網路時間同步之監測，提供網路服務商進一步同步信號分析與預測及更完整的同步相關資訊。此外，客戶端或次級實驗室待測標準件可藉由 GNSS 遠端時頻校正系統輕易地追溯至國家標準時間 UTC(TL)，並經由國家時頻實驗室追溯至國際 SI 單位。此方式將有助於國內產業時頻量測品質及技

術能力提昇，進而提高其國際市場的競爭力。

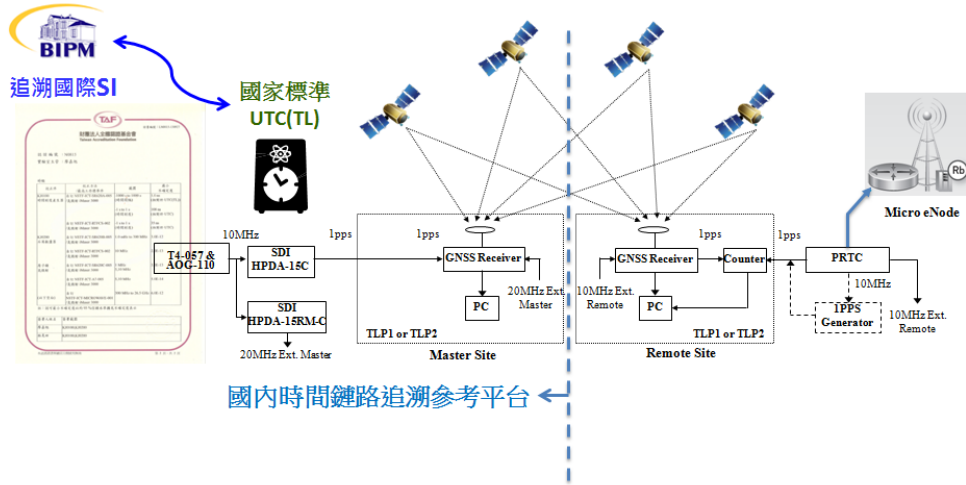


圖 2.9、電信網路基準主時鐘 PRTC 遠端監測示意圖

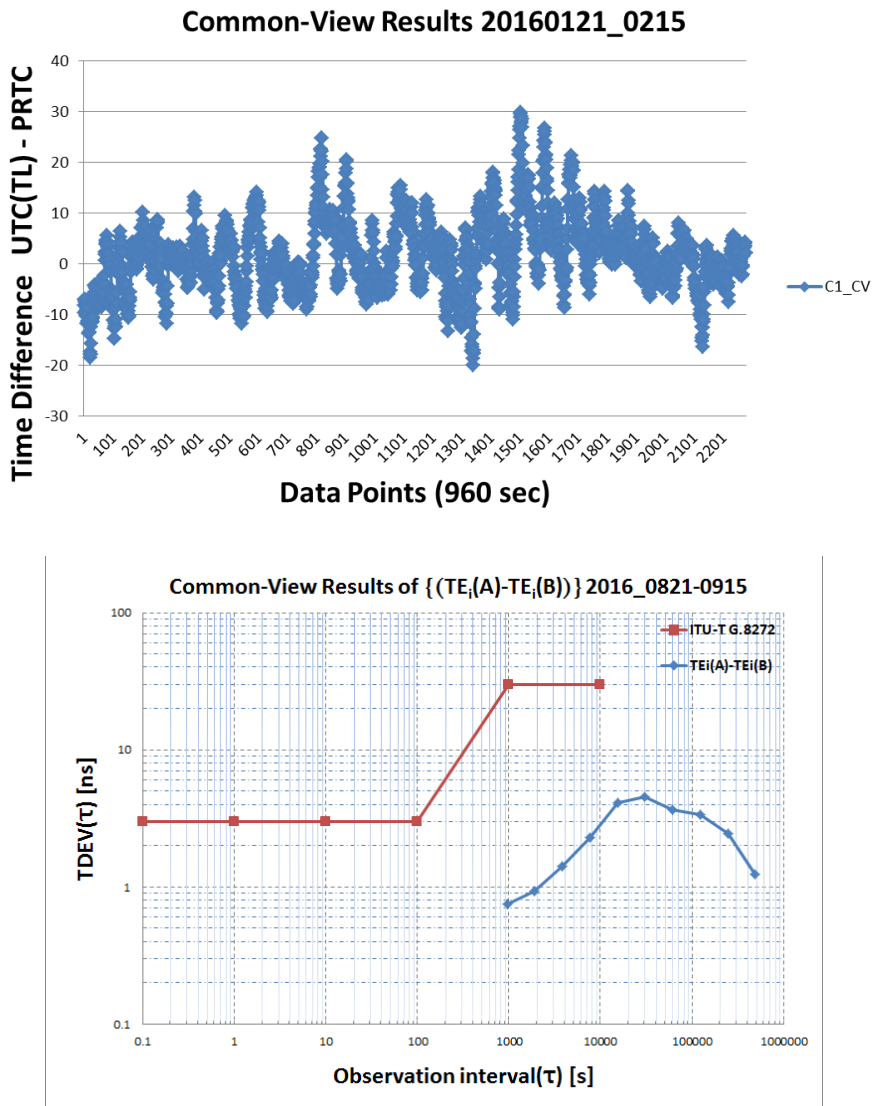


圖 2.10、電信網路基準主時鐘 PRTC 遠端監測結果

(c) 系統時間與頻率追溯鏈路不確定度的評估(2016 年)

在頻率不確定度評估方面，以 $\sigma_y(\tau)$ 作為A類不確定度評估的最佳估測。時間信號不確定度評估方面，我們採用 time deviation $\sigma_x(\tau)$ 平均一天的結果作為A類不確定度評估。除了由一系列觀測量經過統計分析所得的A類評估外，不確定度的來源還包括由非統計方法得到的B類評估（造成系統誤差可能的因素，如硬體規格、環境及溫度影響等）。A類量測不確定度 u_a 可由上述的 $\sigma_x(\tau)$ 得到，而B類量測不確定度 u_b 則是以對事件即將發生的相信程度為依據的假設機率密度函數求出的，由各項量測不確定度平方和開根號即可求得組合量測不確定度 $U_c = K\sqrt{U_a^2 + U_b^2}$ ，其中K代表擴充係數，代表所需要的可靠度或信心水準，若K值指定2，則表示量測結果Y約有95%信心水準，其可靠區間為Y-Uc至Y+Uc。本年度評估結果顯示實驗室建置之國內時間參考平台，其時間與頻率追溯鏈路追溯至國際SI單位。如圖2.4所示，系統追溯的總不確定度分別約35 ns及2.0E-13，滿足現今高精度時間與頻率同步及追溯的需求。

(2.1.1.4)應用及效益

為了與國際標準保持一致，健全國內時間追溯體系，滿足高精度時間同步及追溯的需求。此外時間與頻率參考平台的建置亦可滿足相關時間同步應用的需求，其效益如下：

- 1、協助國內次級實驗室、電子及儀器設備商等，時頻量測品質及技術能力提升，有助於國際市場的競爭力。
- 2、遠端時間追溯平台(a)提供亞太地區時間比對參考點(b)建立國內產業時間追溯鏈路之最高標準。
- 3、滿足現今及未來高精度時間同步及追溯的需求。

(2.1.1.5)未來工作重點

發展高精度GNSS傳時比對技術並健全國內時頻追溯鏈路，是本實驗室重要的目標。透過時頻追溯鏈路參考平台，可將GNSS遠端時頻校正技術推廣至國內各次級實驗室、電子及儀器設備廠商使用，滿足其追溯至國際SI單位的需求並

促進其產業升級。此外，因應未來高精度時間(或相位)及更多同步信號可用性的需求，如電信、通訊、智慧電網及科學研究等，標準時間與頻率追溯鏈路參考平台及 GNSS 遠端傳時扮演了極關鍵的角色，未來將應用此技術在先進網路中(4G、5G)主參考時鐘性能(Primary Reference Time Clock)監測及時間同步的追溯，期盼能進一步對網路同步進行監測及提升網路整體效能。

(2.1.2) 導航衛星先進觀測技術研究

(2.1.2.1) 達成項目

GNSS 接收機儀器位準穩定性與溫度關聯性研究。

(2.1.2.2) 執行內容(執行期間：105.1~105.12)

電離層全電子含量會對電磁波產生折射效應，造成電磁波傳播訊號延遲，是誤差的重要來源。用 GNSS 雙頻接收機觀測資料來決定電離層全電子含量，即可決定電磁波訊號延遲時間。但要以 GNSS 雙頻接收機觀測全電子含量，需要先知道接收機與衛星的儀器位準偏差，這是儀器處理不同頻率訊號時的時間差異 (frequency-dependent instrumental bias)，通常以 differential code bias (DCB) 表示。本研究探討 GNSS 接收機儀器位準穩定性與溫度關聯性。已完成單一 GNSS 接收機儀器位準值的估算方法，在電離層環境穩定的寧靜情況下，能估算出可靠的接收機儀器位準值，與國際機構所發布的接收機儀器位準值相差在 1 ns 內，符合儀器位準估算值變異之常態範圍。並發現當電離層環境不穩定時，國際機構所估算接收機儀器位準值的精準度會受影響，尤其是低緯度地區觀測站之接收機儀器位準值很可能精準度欠佳。亦即，GNSS 接收機儀器位準估算值的穩定性與電離層的穩定性有關。至於接收機儀器位準與溫度之間的關聯性並不明顯，除非是在太陽活動性下降至極為寧靜時期，否則看不到儀器位準值隨溫度變化之關係。可能是接收機儀器位準值隨溫度的變化程度，比起儀器位準估算值本身的誤差，要小很多。此外，高太陽活動性會激發高電離層擾動性。接收機儀器位準估算方法的瑕疵可能使得儀器位準估算值隨著太陽活躍程度的增加而增加；這種儀器位準估算值的誤差來源，值得未來進一步探討。再者，高太陽活動期春秋季接收機儀器位準值較高之現象可能不具儀器電氣特性上的實際意義，而只是反映出春秋季電離層擾動程度比冬夏季者高。另外，接收機儀器電氣特性之長期衰老趨勢可能呈線性或某種形式之持續增加或減少儀器位準水平。

(2.1.2.3) 結果

(2.1.2.3.1) 單一 GNSS 接收機儀器位準之估算方法

單一接收機儀器位準的估算方法，是將訊號的總延遲時間表示成兩部分，一為衛星與接收機延遲時間之和，另一為電離層傾斜全電子含量 (oblique TEC) 延遲時間。而傾斜 TEC 延遲時間又表示成垂直全電子含量 (vertical TEC) 延遲時間乘以傾斜因子。

單一接收機對於某一顆 GNSS 衛星的觀測量，可寫成 GNSS 觀測方程組如下：

$$\Phi_1 = \rho - \frac{q}{f_1^2} + k_1 + \lambda_1 N_1$$

$$\Phi_2 = \rho - \frac{q}{f_2^2} + k_2 + \lambda_2 N_2$$

$$P_1 = \rho + \frac{q}{f_1^2} + k_1$$

$$P_2 = \rho + \frac{q}{f_2^2} + k_2$$

其中 ρ 為接收機與衛星間的距離； q 為電離層全電子含量之項，其值為 $40.3 \cdot \text{TEC}$ ； f_1 ， f_2 分別為 link 1，link 2 使用的頻率； N_1 ， N_2 為載波相位模稜值 (ambiguity)； k_1 為 link 1 的衛星延遲值與接收機延遲值之和， k_2 為 link 2 的衛星延遲值與接收機延遲值之和。這個方程組有 4 個方程式，卻有 6 個未知數，所以無法求得唯一解。

令 $\Delta k = k_1 - k_2$ ， $\Delta N = N_1 - N_2$ ，GNSS 觀測方程組改寫如下：

$$\Phi_1 - \Phi_2 = -q \left(\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2} \right) + (k_1 - k_2) + (N_1 - N_2) = -q \left(\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2} \right) + \Delta k + \Delta N$$

$$P_1 - P_2 = q \left(\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2} \right) + (k_1 - k_2) = q \left(\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2} \right) + \Delta k$$

其中 Δk 就是未知的儀器位準，是 GNSS 衛星 DCB 與接收機 DCB 之和。另外，還可導出一個不含電離層全電子含量的關係式如下：

$$(\Phi_1 - \Phi_2) + (P_1 - P_2) = 2(k_1 - k_2) + (N_1 - N_2) = 2\Delta k + \Delta N$$

若 Δk 能夠決定，則由這個關係式就可以決定 ΔN ，進而決定電離層全電子含量之項 q 。

一般方法是將電離層垂直全電子含量 (VTEC) 表示成經緯度位置 (β , s) 的函數，可用二維空間的二次多項式來描述。傾斜因子 (M) 是衛星仰角 (e) 的函數，以 $M(e)$ 表示。亦即

$$q = M(e) \cdot VTEC = M(e) \cdot (c_0 + c_1 \cdot s + c_2 \cdot s^2 + c_3 \cdot \beta + c_4 \cdot \beta^2 + c_5 \cdot s \cdot \beta)$$

其中 (β , s) 是電波穿過電離層的緯度經度與參考點的緯度經度之間的差值，參考點一般選用接收機所在位置，或是衛星軌跡投影區域的中間位置。

在此令

$$F_{12} = \frac{f_2^2 - f_1^2}{f_1^2 f_2^2}$$

方程式可改寫如下：

$$Y = F_{12} \cdot M(e) \cdot (c_0 + c_1 \cdot s + c_2 \cdot s^2 + c_3 \cdot \beta + c_4 \cdot \beta^2 + c_5 \cdot s \cdot \beta) + \Delta k$$

現在以下標 i 表示時間序列。讓 y_{oi} 表示各時刻的實際觀測量， e_i , β_i , s_i 表示各時刻的已知自變量，而 Y_i 表示各時刻的理論值或預測值：

$$Y_i = F_{12} \cdot M(e_i) \cdot (c_0 + c_1 \cdot s_i + c_2 \cdot s_i^2 + c_3 \cdot \beta_i + c_4 \cdot \beta_i^2 + c_5 \cdot s_i \cdot \beta_i) + \Delta k$$

在此，常數 $c_0 - c_5$ 與 Δk 可使用最小方插法來估算。

令 N 為時間序列觀測樣本數目，誤差函數表示如下：

$$E = \sum_{i=1}^N (Y_i - y_{oi})^2$$

則最小誤差發生於

$$\frac{\partial E}{\partial x} = 2 \cdot \sum_{i=1}^N (Y_i - y_{oi}) \frac{\partial Y_i}{\partial x} = 0$$

其中 x 表示 $c_0 - c_5$ 與 Δk ，而

$$Y_i - y_{oi} = F_{12} \cdot M(e_i) \cdot (c_0 + c_1 \cdot s_i + c_2 \cdot s_i^2 + c_3 \cdot \beta_i + c_4 \cdot \beta_i^2 + c_5 \cdot s_i \cdot \beta_i) + \Delta k - y_{oi}$$

以 c_2 為例，

$$\frac{\partial Y_i}{\partial c_2} = F_{12} \cdot M(e_i) \cdot s_i^2$$

將觀測量移到等號右邊並消去共同常數後，完整的聯立方程組如下：

$$\begin{aligned}
F_{12} \cdot \sum_{i=1}^N (c_0 + c_1 s_i + c_2 s_i^2 + c_3 \beta_i + c_4 \beta_i^2 + c_5 s_i \beta_i) \cdot M(e_i)^2 + \Delta k \cdot \sum_{i=1}^N M(e_i) &= \sum_{i=1}^N y_{oi} \cdot M(e_i) \\
F_{12} \cdot \sum_{i=1}^N (c_0 + c_1 s_i + c_2 s_i^2 + c_3 \beta_i + c_4 \beta_i^2 + c_5 s_i \beta_i) \cdot M(e_i)^2 s_i + \Delta k \cdot \sum_{i=1}^N M(e_i) s_i &= \sum_{i=1}^N y_{oi} \cdot M(e_i) s_i \\
F_{12} \cdot \sum_{i=1}^N (c_0 + c_1 s_i + c_2 s_i^2 + c_3 \beta_i + c_4 \beta_i^2 + c_5 s_i \beta_i) \cdot M(e_i)^2 s_i^2 + \Delta k \cdot \sum_{i=1}^N M(e_i) s_i^2 &= \sum_{i=1}^N y_{oi} \cdot M(e_i) s_i^2 \\
F_{12} \cdot \sum_{i=1}^N (c_0 + c_1 s_i + c_2 s_i^2 + c_3 \beta_i + c_4 \beta_i^2 + c_5 s_i \beta_i) \cdot M(e_i)^2 \beta_i + \Delta k \cdot \sum_{i=1}^N M(e_i) \beta_i &= \sum_{i=1}^N y_{oi} \cdot M(e_i) \beta_i \\
F_{12} \cdot \sum_{i=1}^N (c_0 + c_1 s_i + c_2 s_i^2 + c_3 \beta_i + c_4 \beta_i^2 + c_5 s_i \beta_i) \cdot M(e_i)^2 \beta_i^2 + \Delta k \cdot \sum_{i=1}^N M(e_i) \beta_i^2 &= \sum_{i=1}^N y_{oi} \cdot M(e_i) \beta_i^2 \\
F_{12} \cdot \sum_{i=1}^N (c_0 + c_1 s_i + c_2 s_i^2 + c_3 \beta_i + c_4 \beta_i^2 + c_5 s_i \beta_i) \cdot M(e_i)^2 s_i \beta_i + \Delta k \cdot \sum_{i=1}^N M(e_i) s_i \beta_i &= \sum_{i=1}^N y_{oi} \cdot M(e_i) s_i \beta_i \\
F_{12} \cdot \sum_{i=1}^N (c_0 + c_1 s_i + c_2 s_i^2 + c_3 \beta_i + c_4 \beta_i^2 + c_5 s_i \beta_i) \cdot M(e_i) + \Delta k \cdot \sum_{i=1}^N 1 &= \sum_{i=1}^N y_{oi} \cdot 1
\end{aligned}$$

對於包含最高仰角的一整條衛星投影軌跡，上面的二次多項式擬合 (fitting) 是合適的選擇。這個估算方法適用於寧靜日 (quiet day) 夜間之無擾動電離層，中緯度地區寧靜日電離層垂直全電子含量可呈現很好的二次式曲線擬合。

但在低緯度地區，即使是寧靜日夜間，電離層也常有或多或少的擾動，電離層垂直全電子含量通常不會呈現二次式曲線分布。故上述二維空間二次多項式加上儀器位準的估算方法所獲得的結果通常欠佳。然而，在 04 - 07 LT 時段，電離層垂直全電子含量曲線能保有一致的趨勢；亦即全電子含量先降至最低點然後回升，呈現稍帶有偏斜的谷槽形狀曲線。此時段的全電子含量在時間序列可用三次多項式來描述；相似地，在二維空間也可用三次多項式來描述。前述使用二維空間二次多項式的情況是求解 $c_0 - c_5$ 與 Δk 共 7 個未知數的聯立方程組。而現在使用二維空間三次多項式，會多出 4 個項，亦即 $c_6 \cdot \beta \cdot s^2$, $c_7 \cdot \beta^2 \cdot s$, $c_8 \cdot s^3$, 以及 $c_9 \cdot \beta^3$ 。其偏微分表示式如下：

$$\frac{\partial Y_i}{\partial c_6} = F_{12} \cdot M(e_i) \cdot \beta_i \cdot s_i^2$$

$$\frac{\partial Y_i}{\partial c_7} = F_{12} \cdot M(e_i) \cdot \beta_i^2 \cdot s_i$$

$$\frac{\partial Y_i}{\partial c_8} = F_{12} \cdot M(e_i) \cdot s_i^3$$

$$\frac{\partial Y_i}{\partial c_9} = F_{12} \cdot M(e_i) \cdot \beta_i^3$$

所以是求解 $c_0 - c_9$ 與 Δk 共 11 個未知數的聯立方程組。解方程組後就同時獲得電離層垂直全電子含量，以及衛星與接收機儀器位準之和。這方法就是本研究的新嘗試。

現在已可從 IGS 或 CODE 等國際機構取得相當精準的衛星儀器位準值。使用本方法估算得到衛星與接收機儀器位準之和，然後減去衛星儀器位準值，就得到接收機儀器位準值。

(2.1.2.3.2) 單一 GNSS 接收機儀器位準之估算結果

在低緯度地區寧靜日之 04 - 07 LT 期間電離層全電子含量先降至最低點然後回升，呈現稍有偏斜的谷槽形狀曲線，在時間序列以及二維空間分布都可用三次多項式來描述。推導出來的聯立方程組可求解電離層垂直 TEC ($c_0 - c_9$)，以及衛星與接收機儀器位準總和 (Δk)。

衛星與接收機儀器位準總和 (Δk) 估算出來後，減去已知的衛星儀器位準值，就得到接收機的儀器位準值。衛星儀器位準值可從國際機構 (e. g. IGS) 所發布的全球電離層圖 (global ionosphere map; GIM) 獲得，衛星儀器位準的估算值一般都已達相當好的精準度。各個國際機構均採用巨大全球觀測網路的全天觀測資料進行衛星儀器位準與網內節點接收站儀器位準的估算。發布 GIM 的主要國際機構有 JPL (Jet Propulsion Laboratory; 噴射推進實驗室，位於美國加州)、CODE (Center for Orbit Determination in Europe; 歐洲軌道決定中心，位於歐洲瑞士)、以及 ESA (European Space Agency; 歐洲太空總署，位於歐洲比利時)。而 GIM 的統合機構是 IGS (International GNSS Service; 國際 GNSS 服務中心，位於美國加州); IGS 將 JPL、CODE、ESA 等主要機構以及其它次要機構的結果加權平均後，決定出最終版本的 GIM。上述 ESA 的 GIM 檔案

中有特定觀測站的儀器位準值但沒有各衛星的儀器位準值，其餘的 GIM 檔案中均有各衛星與各特定觀測站的儀器位準值。本實驗室觀測站 TWTF 的觀測資料獲 JPL、CODE、與 ESA 採用，可在 JPL、CODE、ESA、與 IGS 的 GIM 檔案中找到 TWTF 接收機儀器位準值。故本研究以 TWTF 觀測資料來測試本研究新嘗試的接收機儀器位準估算方法。

2016 年 day of year (Doy) 001 - 005 (1 月 1 日至 1 月 5 日) TWTF 於 04-07 LT 期間持續接收到 GPS PRN 6, 17, 19, 28 這 4 顆衛星資料。各主要國際機構所估算的衛星儀器位準值 (ns) 表列如下：

表 2.1、JPL 估算的衛星儀器位準

JPL	Doy 1	2	3	4	5
PRN 6	-7.027	-6.986	-6.975	-6.990	-6.980
17	2.833	2.839	2.850	2.904	2.844
19	5.640	5.611	5.622	5.676	5.651
28	2.798	2.733	2.780	2.799	2.774

表 2.2、CODE 估算的衛星儀器位準

CODE	Doy 1	2	3	4	5
PRN 6	-6.973	-6.921	-6.971	-6.905	-6.899
17	2.916	2.928	2.920	2.950	2.954
19	5.668	5.681	5.678	5.733	5.720
28	2.770	2.711	2.742	2.718	2.689

表 2.3、IGS 估算的衛星儀器位準

IGS	Doy 1	2	3	4	5
PRN 6	-7.016	-6.954	-6.973	-6.948	-6.939

17	2.858	2.883	2.885	2.927	2.899
19	5.659	5.646	5.650	5.704	5.686
28	2.777	2.722	2.761	2.758	2.732

由表 2.1 至表 2.3 可看出，衛星儀器位準通常已可精準到 0.1 ns 以內。另外，CODE 有提供月平均值；GPS PRN 6, 17, 19, 28 這 4 顆衛星的儀器位準月平均值分別為 -6.922, 2.906, 5.690, 與 2.754，與上述各表中所列數值差異亦小於 0.1 ns。所以，從國際機構獲得的衛星儀器位準值已相當精準。

虛擬碼距離觀測量的精密度遠不及相位距離觀測量的精密度，故將相位距離觀測量對齊 (alignment) 到虛擬碼距離觀測量，亦即以

$$[\Phi_1 - \Phi_2]_{align} = (\Phi_1 - \Phi_2) - \overline{\Phi_1 - \Phi_2} + \overline{P_1 - P_2}$$

取代虛擬碼距離觀測量，當作一維時間序列觀測資料。為了降低觀測誤差，先以最小方插法 (e.g. 一維時間三次多項式) 對此時間序列做平滑處理。平滑後的時間序列觀測量再運用最小方插法 (e.g. 二維經緯度三次多項式) 估算接收機與衛星儀器位準總和，然後得到接收機儀器位準值。2016 年 Doy 001 - 005 TWTF 的 04 - 07 LT 時段內有 4 顆衛星持續觀測資料，分別進行估算後再取平均值，得到 TWTF 接收機的儀器位準值。估算結果如表 2.4 所示。

表 2.4、TWTF 接收機儀器位準估算結果

多項式次數	Doy 1	2	3	4	5
2	5.914	4.032	4.567	5.296	8.356
3	4.162	2.740	2.996	3.087	2.807
4	4.535	2.296	4.007	3.273	3.443
5	4.593	2.447	4.162	4.015	3.565

當多項式次數為 2 時，接收機儀器位準值較分散而介於 4.0 - 8.4 ns 之間；但多項式次數為 3 時，位準值較集中且只介於 2.7 - 4.2 ns 之間。已知 3 次多項式是較符合當地時間 04 - 07 LT 期間電離層全電子含量的時間變化與空間分布情況，故用 3 次多項式所得到的結果比用 2 次者好。另外，使用 4 次或 5 次多

項式所得到的結果也通常沒有用 3 次的好。所以，使用 3 次多項式是正確的選擇。

表 2.5、TWTF 接收機儀器位準比較

機構	Doy 1	2	3	4	5
JPL	2.921	2.389	1.887	2.359	2.314
ESA	4.385	3.447	2.226	3.942	3.651
CODE	3.210	2.751	1.793	3.024	2.628
IGS	3.274	2.570	1.840	2.691	2.471
TL	4.162	2.740	2.996	3.087	2.807

表 2.5 顯示三個主要機構 JPL、ESA、CODE 的各日 TWTF 接收機儀器位準估算值差異，可達 1.4 ns (e.g. Doy 1)、1.1 ns (Doy 2)、1.6 ns (Doy 4)、1.3 ns (Doy 5)；與中緯度觀測站的接收機儀器位準估算值差異小於 1 ns 相比較，低緯度觀測站的接收機儀器位準估算值差異程度顯然較大，亦即低緯度接收機儀器位準估算值較不精準。因為 IGS 的估價是各機構估價的加權平均，故變異情況沒有上述所列者劇烈。另外，這五天期間內各機構自身的估價變異可達 1.1 ns (JPL)、2.1 ns (ESA)、1.4 ns (CODE)、1.4 ns (IGS)，都偏離了鄰近日變異小於 1 ns 的常態。這問題顯然是出在 Doy 003，這一天各機構的估價都偏小了，若移除 Doy 003，結果就正常。除了 Doy 003 之外，Doy 001 也是不容易估算精準的日子，例如，ESA 給出了偏大的估算值。本實驗室 (TL) 的估算值比 IGS 稍高，但除了 Doy 003 之外，與 IGS 的差異也在 1 ns 正常變異範圍內。Doy 003 這天各國際機構的估價都偏低，而 Doy 001 這天所有估價都偏高，值得看看這兩天的電離層全電子含量變化。

另外，CODE 也有發布觀測站儀器位準的月平均值版本。2016 年 1 月份的 TWTF 接收機儀器位準月平均值為 2.475 ns，平均效應消弭了 Doy 001 與 Doy 003 的大偏離。若不考慮 Doy 001，其餘 4 天期間本實驗室估算值的平均為 2.908 ns，

與 CODE 的月平均值相差僅約 0.5 ns，在 1 ns 常態變異範圍之內。

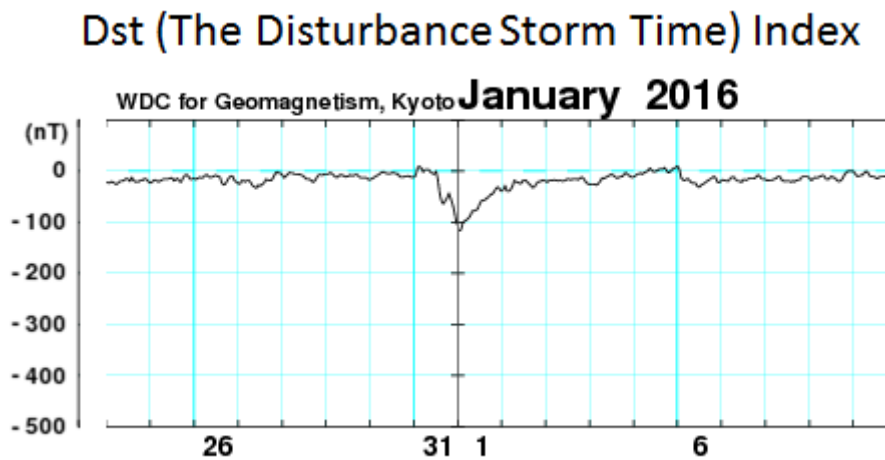


圖 2.11 Dst index 變化

(Source: World Data Center for Geomagnetism, Kyoto University)

磁暴是影響電離層電子密度穩定性的主要原因之一。2015 年 12 月 31 日發生一個已可算是中等規模的磁爆，Dst (the disturbance storm time) index 降逾 -100 nT。2015 年 12 月 31 日與 2016 年 1 月 1 日是此磁暴的主相位期 (main phase)，2-3 日是恢復期 (recovery phase)。Dst index 的變化如圖 2.11 所示，資料來源為日本京都大學世界地磁資料中心 (World Data Center for Geomagnetism, Kyoto University)。

下面以 CODE 的 1 月份 TWTF DCB 月平均值為準，計算並畫出這些天的電離層全電子含量曲線與相位擾亂曲線，如下所示。

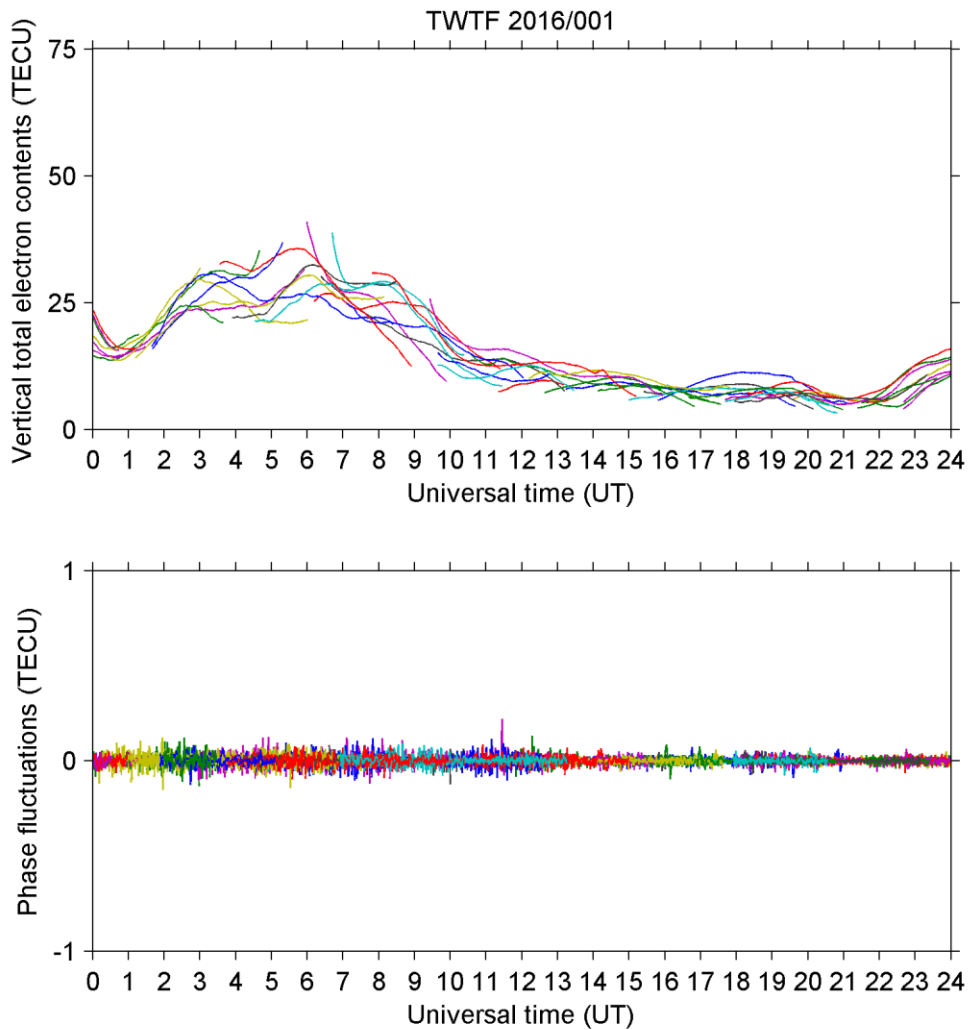


圖 2.12、2016/001 的垂直全電子含量與相位擾亂。

圖 2.12 畫出 Doy 001 (1 月 1 日) 的垂直全電子含量 (TEC) 與相位擾亂 (phase fluctuations)；其數量單位 TECU 代表每平方米面積上有 10^{16} 個電子。當 Dst index 降至最低值前，磁暴引發的電場變化會滲透進入電離層。在 00 UT (08 LT) 之前 TWTF 附近電離層感受到的是白天東向滲透電場，與原白天東向電場合成為增強的東向電場，造成電離層高度 (height) 抬升與全電子含量增加。所以 00 UT 附近出現相對較高的 TEC 值 (約為 15 TECU，其它日子則僅約為 10 TECU)。而當 Dst index 自最低點回升，TWTF 附近電離層感受到的是白天西向滲透電場，對電離層高度與全電子含量有抑制作用。磁暴主相位期間電離層常發生無規律或複雜的擾動，所以各衛星觀測到的 TEC 曲線規則性較差。相對

應的相位擾亂曲線也顯示出較大程度的隨機發散（相較於其它日子的相位擾亂曲線）。

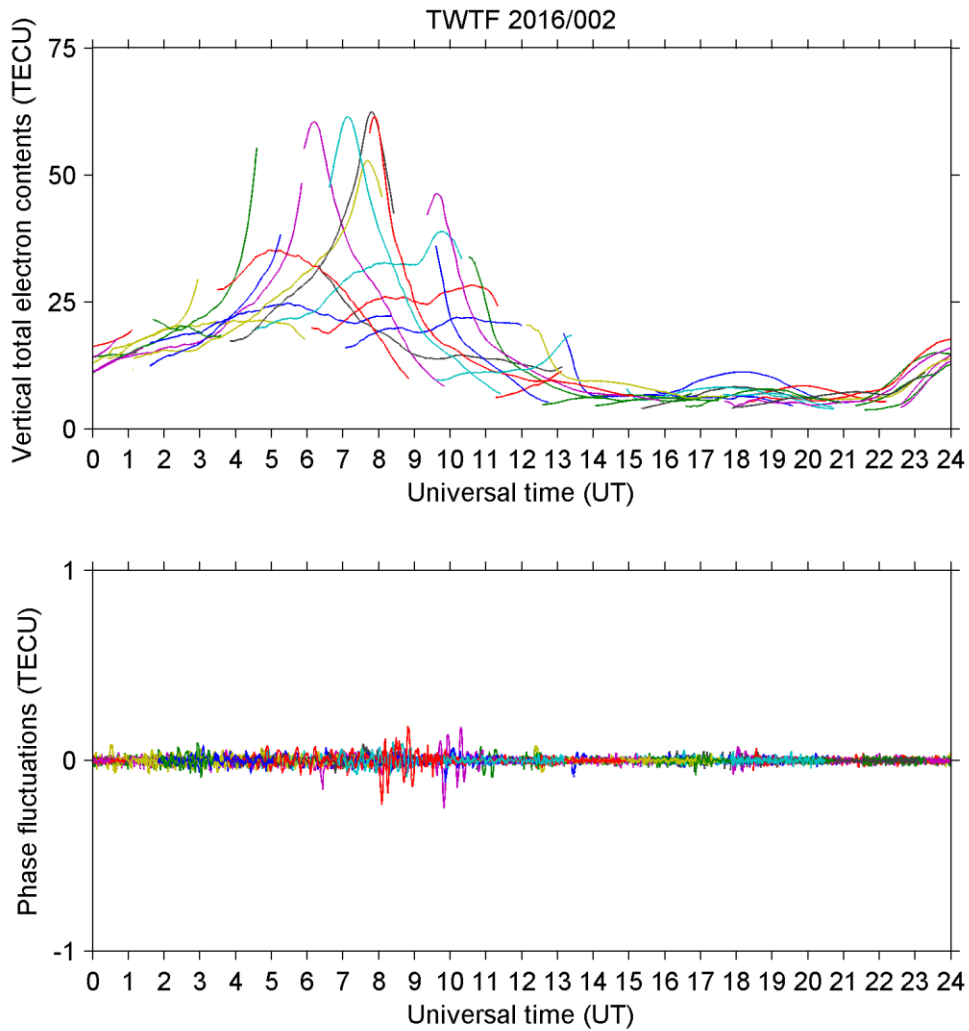


圖 2.13、2016/002 的垂直全電子含量與相位擾亂。

圖 2.13 與圖 2.14 分別畫出 Doy 002 與 003 之垂直全電子含量與相位擾亂。這兩天的白天 (e.g. 04-10 UT, i.e., 12-18 LT) 垂直全電子含量比 Doy 001 者大很多，但相位擾亂曲線隨機發散程度卻比 Doy 001 者小。

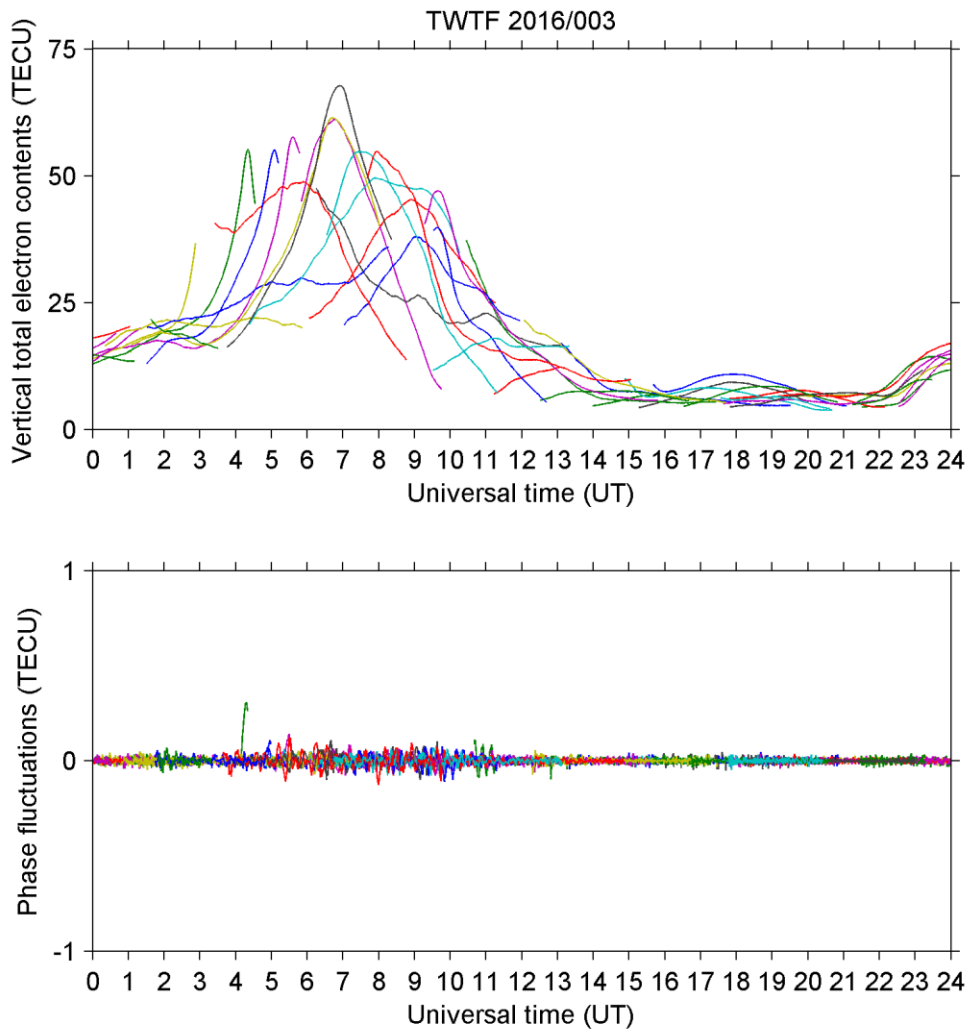


圖 2.14、2016/003 的垂直全電子含量與相位擾亂。

一般而言，磁暴恢復期的白天全電子含量會較低。這兩天全電子含量較高的原因可能是赤道噴泉效應增強。赤道噴泉效應源自白天東向電場將赤道地區的電子往低緯度地區運送，如噴泉般堆積在赤道兩側的低緯度地區。衛星訊號路徑進入此電子堆積的區域時，就反映出全電子含量驟升的變化趨勢；而離開此區域時就會反映出全電子含量驟降的變化趨勢。當驟升與驟降的趨勢反轉得太快太劇烈時，就在相位擾亂曲線上出現結構狀的小偏離，但不是像 Doy 001 的隨機發散。結構狀小偏離是因為低通濾波器的衰減能力有限，無法將曲線中的劇烈轉折（針尖）瞬間壓平；例如，Doy 003 在 04 與 05 UT 以及 Doy 002 在 08 與 10 UT 附近的線性結構小偏離。另一個也會造成白天全電子含量較高的原

因是電離層冬季異常現象。此現象是帶電粒子白天自電漿層沿磁力線向下擴散到電離層，使得電離層組成成分略有改變，並提高電子濃度，進而增加全電子含量。另外，微小的正弦形擾動很可能是輕微的電離層移行擾動所致。電離層移行擾動是磁暴恢復期常出現的疏密相間大尺度電子密度結構，源自極區向低緯度區移動。

Doy 003 的電離層全電子含量增高程度比 Doy 002 者大。值得注意的是，不論赤道噴泉效應或者電離層冬季異常現象所致電離層全電子含量大幅度增加，都表示空間中的電子密度分布不均勻，存在有空間梯度。此時將傾斜全電子含量表示成垂直全電子含量乘以傾斜因子的關係式，就存在有誤差；當電子密度空間梯度越大，誤差就會越大，成為估算儀器位準方法上的瑕疵。這很可能就是造成各國際機構估算 Doy 003 之 TWTF 接收機儀器位準時精準度變得較差的原因。

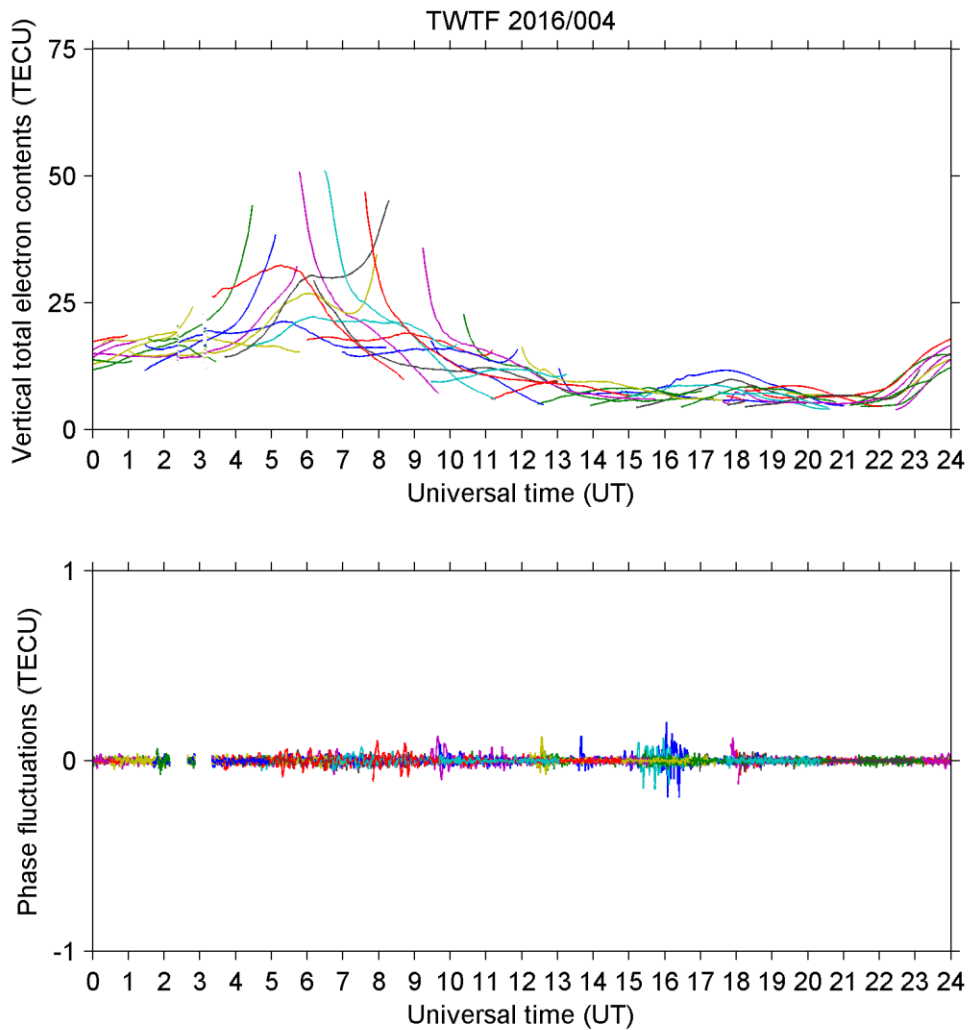


圖 2.15、2016/004 的垂直全電子含量與相位擾亂。

圖 2.15 畫出 Doy 004 的垂直全電子含量與相位擾亂。Doy 004 是一般寧靜日 (quiet day) 的情況。全電子含量在 04-08 UT (白天 12-16 LT) 之間出現最大值，在 20-23 UT (凌晨 04-07 LT) 之間出現最小值。赤道噴泉效應微弱而不顯著。相位擾亂曲線的隨機發散程度很低。雖然 05-10 UT 與 15-17 UT 有小電離層移形擾動通過，相位擾亂曲線出現正弦形微小擾動，但不影響儀器位準的估算。另外，Doy 005 也是寧靜日的情況，也沒有赤道噴泉效應，就不再贅述。

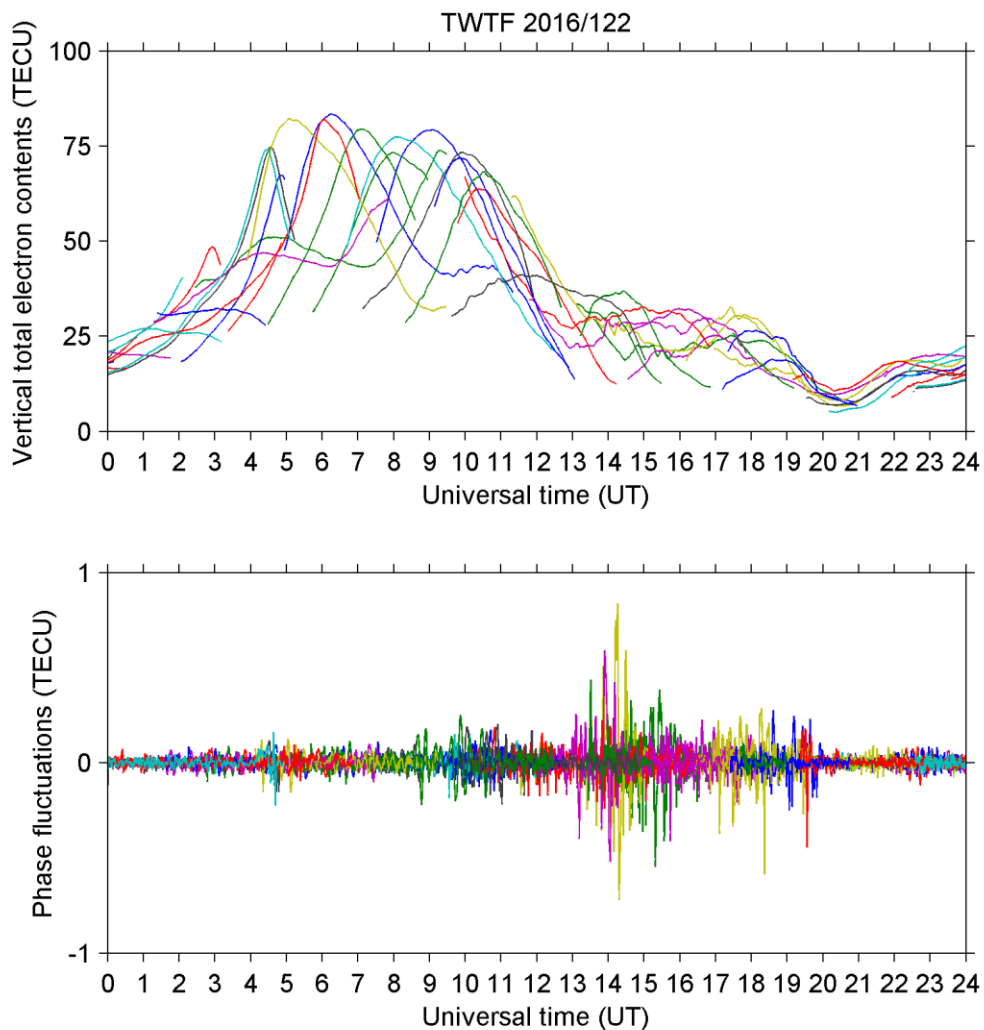


圖 2.16、2016/122 的垂直全電子含量與相位擾亂。

上述例子顯示鄰近日的接收機 DCB 短期變化，當有顯著的電離層活動或擾動時，如磁暴、赤道噴泉等，就可能影響接收機 DCB 估算值的精準度。還有，大規模的電離層移行擾動也會對接收機 DCB 估算有影響。如圖 2.16 所示，Doy 122 之 10-19 UT 顯著的正弦形相位擾亂曲線反映出大規模電離層移行擾動；該天 TWTF DCB 的 IGS 決定值為 0.946 ns，明顯偏離了正常值之 2.5 ns。另外，劇烈的赤道電漿泡也會影響接收機 DCB 的估算，將於日後的研究中探討與呈現。

由上面的測試結果可以做簡要結論如下：(1) 在電離層環境穩定的寧靜情況下，能估算出可靠的接收機儀器位準值。本研究所發展的估算方法可得到與國際機構所發布的接收機儀器位準值相差在 1 ns 之內成果，在常態變異之

範圍內。(2) 當電離層環境不穩定時，國際機構所估算接收機儀器位準值的精準度也會受影響，尤其是低緯度地區觀測站的接收機儀器位準估算值之精準度可能欠佳。亦即，GNSS 接收機儀器位準估算值的穩定性與電離層的穩定性有關。

這一節呈現了接收機 DCB 的鄰近日短期變化，下一節中將探討較長期間的變化，包括年變化與太陽循環變化。

(2.1.2.3.3) 接收機儀器位準與溫度關聯性

溫度的年變化為冬季溫度最低，夏季最高，春秋季介於兩者之間。若接收機儀器位準值 (DCB) 與溫度有正向或負向關聯，可直覺地假設：冬季的接收機 DCB 值應與夏季 DCB 值分別位於溫度變化的兩端，而春秋季 DCB 值處於過渡的中間位置。TWTF 觀測站最近較完整的年資料是 2014 年，但使用的是另一個廠牌型號的接收機 (接收機儀器位準 2014 年平均值約為 -1.9 ns)，不同於 2016 年的接收機 (年平均值約為 2.5 ns)。下面展示 CODE, IGS, and JPL 的 TWTF 2014 接收機儀器位準值與溫度的關聯性。

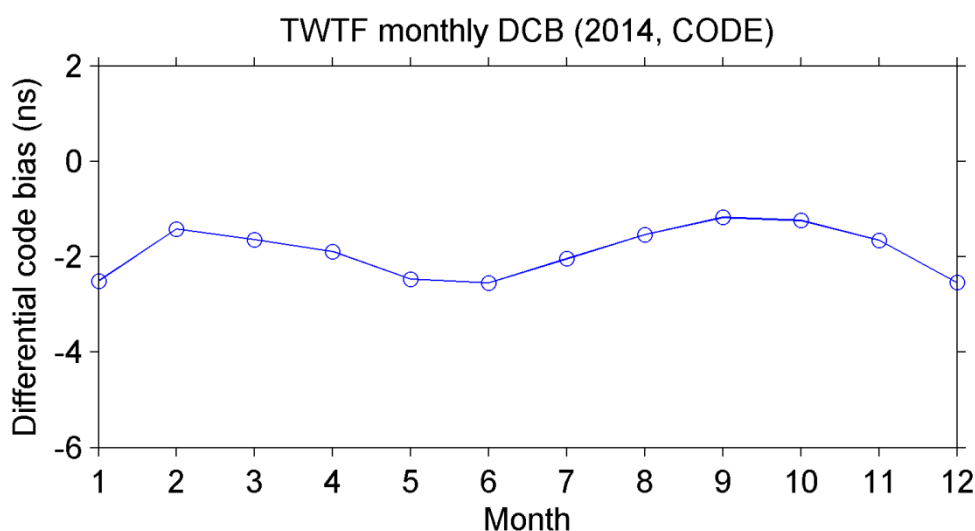


圖 2.17、TWTF 2014 接收機儀器位準月平均值的年變化。

圖 2.17 畫出 CODE 所估算 TWTF 2014 接收機儀器位準月平均值的年變化，

其結果顯示不符合前述接收機儀器位準值 (DCB) 與溫度變化的假設。圖中可看出冬季與夏季的 TWTF DCB 值高低多都有，分散在年平均值 -1.9 ns 的上下兩邊；但春秋季的 TWTF DCB 值都較高，例如，全都位於年平均值 -1.9 ns 的上半邊。冬季、春秋季、夏季的季平均值分別為 -2.033 ns, -1.488 ns, -2.151 ns。很意外地，春秋季的季平均值不但沒有落在冬季與夏季者的中間過渡範圍中，反而比冬季與夏季者都大。

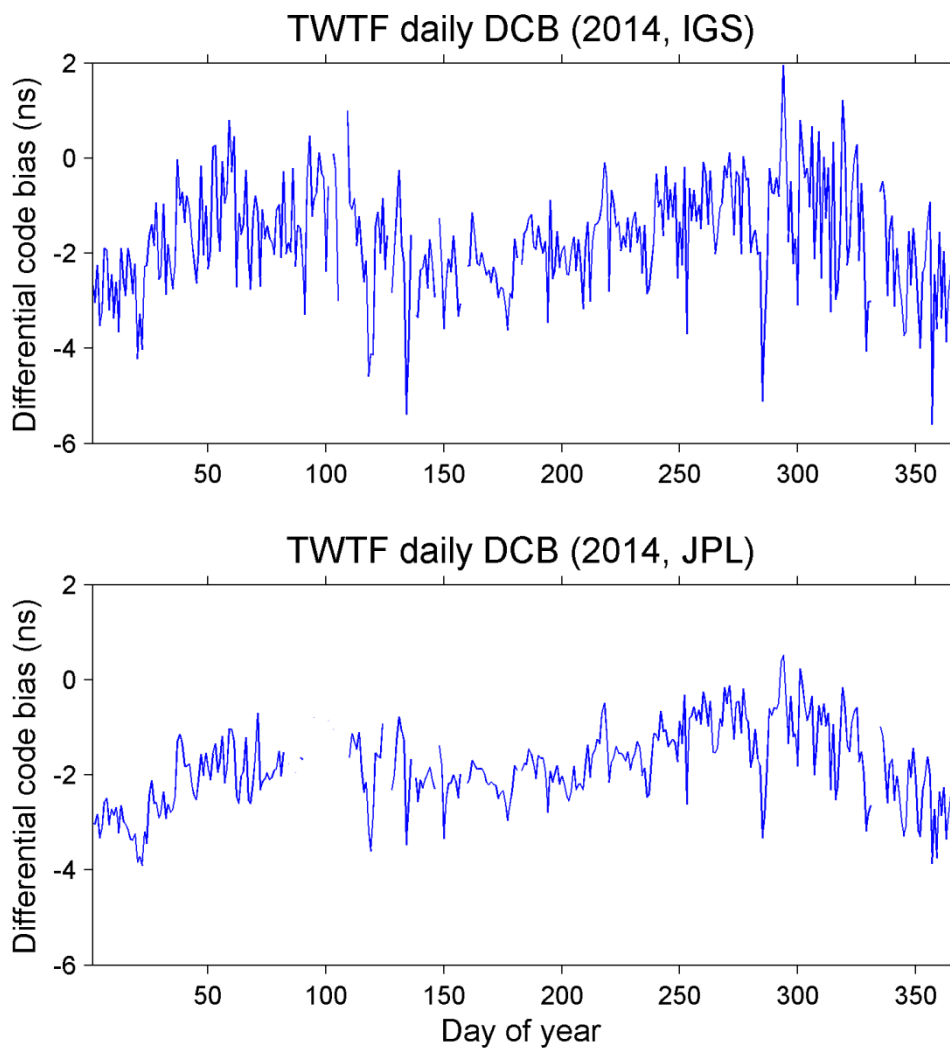


圖 2.18、TWTF 2014 每日接收機儀器位準值的年變化。

圖 2.18 畫出 TWTF 2014 每日接收機儀器位準值的年變化，上方小圖是 IGS 所估算的結果，下方小圖是 JPL 所估算。雖然都是使用全球觀測網路進行估算，

但在方法細節上，各機構稍有差異，所以估算結果可能有或多或少的差距。IGS 與 JPL 兩條 TWTF DCB 曲線顯示，年平均值都約為 -1.9 ns，且兩者的變化趨勢相同。冬季與夏季的 DCB 值分佈在年平均值的上下兩邊；但春秋季的 DCB 值大多位於年平均值的上半邊。附帶說明的是，IGS 統合各國際機構所估算的 DCB 值，經加權平均後產生最終版本的 DCB；IGS 廣納各機構的估算結果，所以欠缺資料的天數較 JPL 者少。

上面所展示的比較結果，不論是用 CODE 的 TWTF DCB 月平均值，或者是用 IGS、JPL 的每日 TWTF DCB 值，都顯示接收機儀器位準與溫度之間的關聯性並不明確。另外，雖然 IGS 與 JPL 的 TWTF DCB 變化趨勢相同，但各別的 DCB 估算值可能存在有 $1-2$ ns 的差距。這意味著低緯度地區觀測站的接收機 DCB 值估算成果較差，其精準度不像中緯度者常能在 1 ns 內。

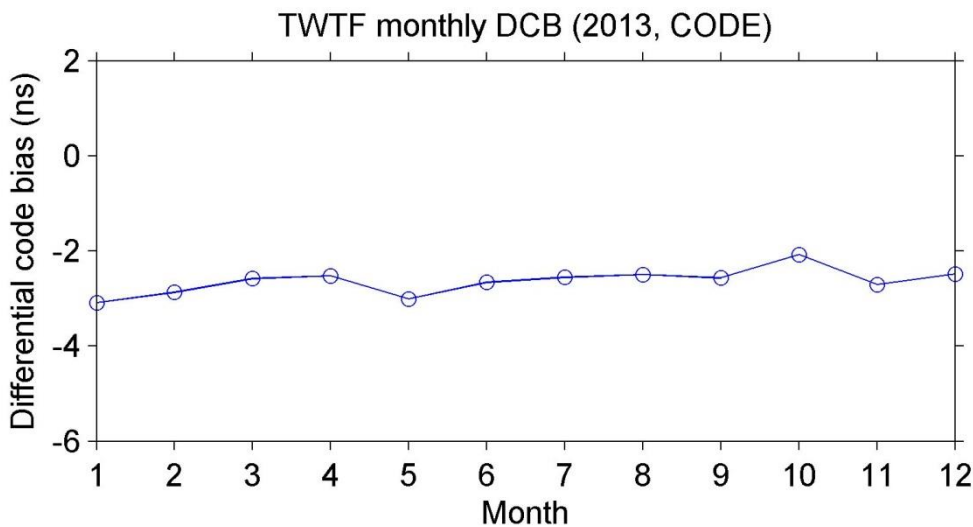


圖 2.19、TWTF 2013 接收機儀器位準月平均值的年變化。

春秋季有較高的接收機儀器位準，這種結果出乎預料，是有趣的新發現。這個發現可以再由 2013 年的資料加以確認。圖 2.19 畫出 CODE 估算之 TWTF 2013 接收機儀器位準月平均值的年變化，年平均值約為 -2.6 ns；冬季、春秋季、夏季的季平均值分別為 -2.786 ns， -2.437 ns， -2.680 ns。同樣可看出春秋

季之 TWTF DCB 值的水平比冬季與夏季者高。圖 2.20 畫出 IGS 與 JPL 估算之 TWTF 2013 每日接收機儀器位準值的年變化，兩條 DCB 曲線也都顯示春秋季之 TWTF DCB 值的水平比冬季與夏季者高。

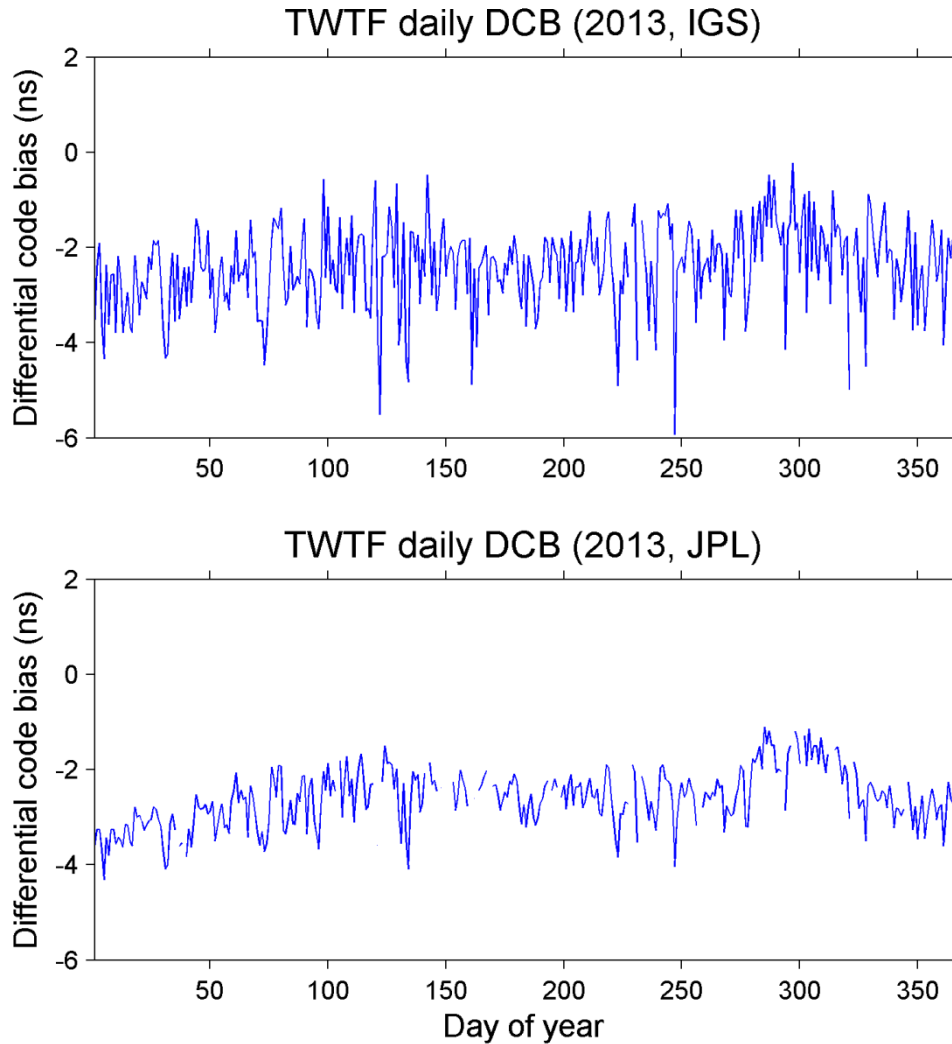


圖 2.20、TWTF 2013 每日接收機儀器位準值的年變化。

2013 年與 2014 年是第 24 太陽循環 (24th solar cycle) 的太陽活動極大期 (solar activity maximum period)。高太陽活動性會引發電離層活動增強現象，尤其是春秋季的電離層活動性增強，會比冬季與夏季者都大。因此，可臆測春秋季的接收機儀器位準估算值較高可能肇因於太陽活動性增強之效應。

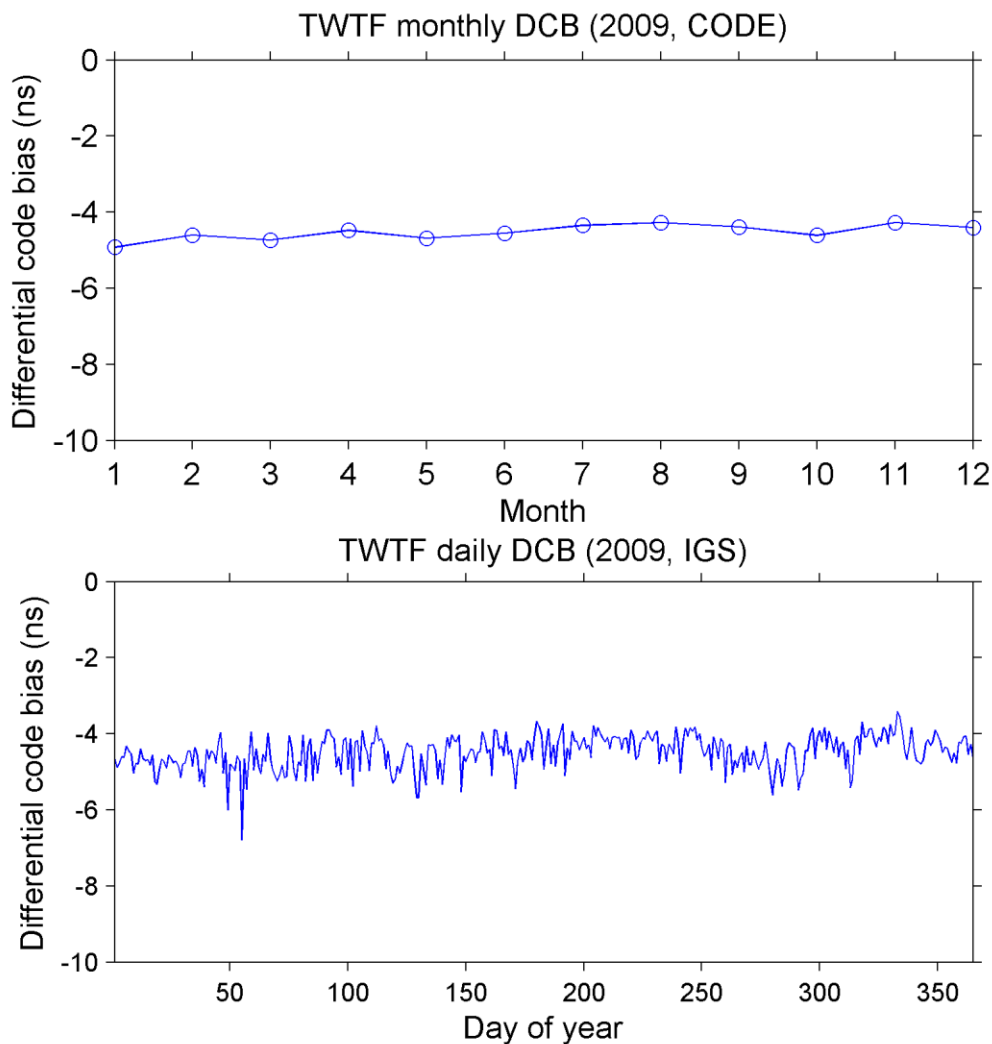


圖 2.21、TWTF 2009 每月與每日接收機儀器位準值年變化。

2009 年是第 24 太陽循環的起始年，是太陽活動微弱的一個年度，但對電離層的影響已開始呈現。圖 2.21 畫出 TWTF 2009 接收機儀器位準月平均值的年變化與每日 DCB 值的年變化。每月 DCB 平均值仍是由 CODE 所估算，如上方小圖所呈現；而每日 DCB 值因為 JPL 在 2009 年使用 TWTF 資料的天數少，不到 100 天，所以 TWTF 每日 DCB 值只畫出 IGS 所估算的結果，如下方小圖所呈現。這兩個小圖都顯示在太陽活動極小期，接收機儀器位準的年變化幅度不大。年平均值約為 -4.5 ns；冬季、春秋、夏季的季平均值分別為 -4.551 ns, -4.554 ns, -4.463 ns。冬季、春秋、夏季的 DCB 值水平都相互接近，差不多相同，沒能看出接收機儀器位準與溫度的明確關係。

第 23 太陽循環結束前的 2006, 2007, 2008 這三年，太陽黑子數已降至 30 以下，太陽活動性對電離層的影響已經衰減殆盡。此時終於出現春秋季接收機儀器位準的季平均值落在冬季與夏季者中間過渡範圍內之預期情況，符合季節與溫度關係之常識預測。各年度冬季、春秋季、夏季的接收機儀器位準季平均值 (ns) 如表 2.6 所示。

表 2.6、太陽活動極小期 TWTF DCB 之各季平均值

年度	冬季	春秋季	夏季	符合預測
2006	-5.193	-5.052	-4.875	Yes
2007	-4.981	-4.742	-4.647	Yes
2008	-4.826	-4.526	-4.441	Yes
2009	-4.551	-4.554	-4.463	Not clear

當太陽活動性下降至極為寧靜時期，可看到接收機儀器位準值在溫度低的冬季時數值小，在溫度高的夏季時數值大，在春秋季時則介於冬季與夏季者之間 (2006-2008)。當太陽循環重新開始，太陽活動性重新爆發時，儀器位準值與溫度的關係就開始變得不明確 (2009)。

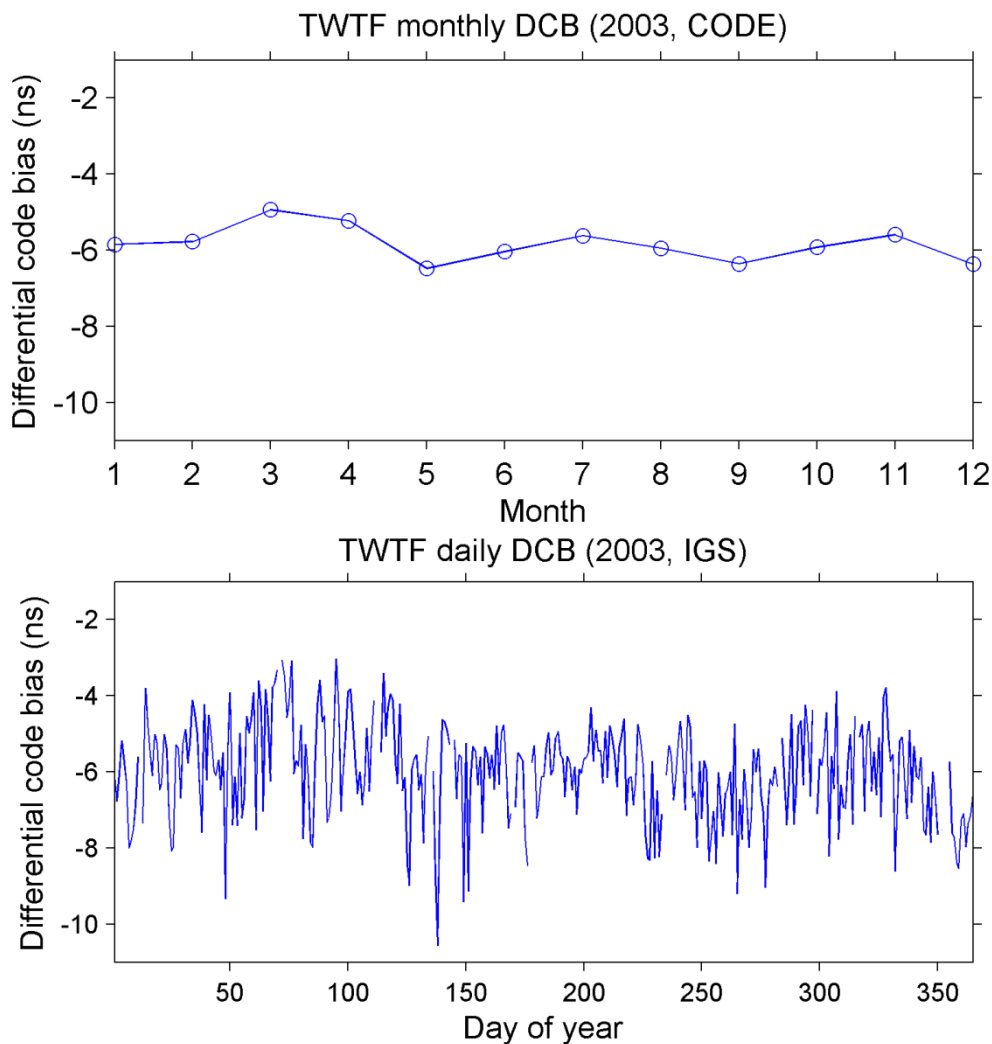


圖 2.22、TWTF 2003 每月與每日接收機儀器位準值年變化。

2003 年是第 23 太陽循環中屬於太陽活動性高的年份。圖 2.22 畫出 TWTF 2003 接收機儀器位準月平均值的年變化與每日 DCB 值的年變化，分別如上下兩個小圖所呈現。年平均值約為 -5.8 ns，冬季、春秋季、夏季的季平均值分別為 -5.894 ns, -5.609 ns, -6.022 ns。這兩個小圖都顯示在太陽活動性高時，春秋季的接收機儀器位準水平比冬季與夏季者的大，此結果與前面 2013 和 2014 年高太陽活動性時期者相同。

所以，春秋季之接收機儀器位準水平很可能隨著太陽活動性增強而增高，其變化幅度明顯大過真正的接收機儀器位準隨溫度變化的幅度。當太陽趨於寧靜而少活動時，才有可能看到接收機儀器位準隨溫度的變化。另外，接收機儀

器位準估算值的誤差程度也可能大過儀器位準隨溫度的變化程度。如果估算值的精準度欠佳，也是無法在太陽活性極小期看到接收機儀器位準隨溫度的變化情形。

先前的 TWTF 接收機運作時間為 2002 年 8 月至 2015 年 5 月，此期間歷經太陽活動性由高降到最低再轉回高的過程，可用以調查接收機儀器位準是否與太陽活動性有關聯。

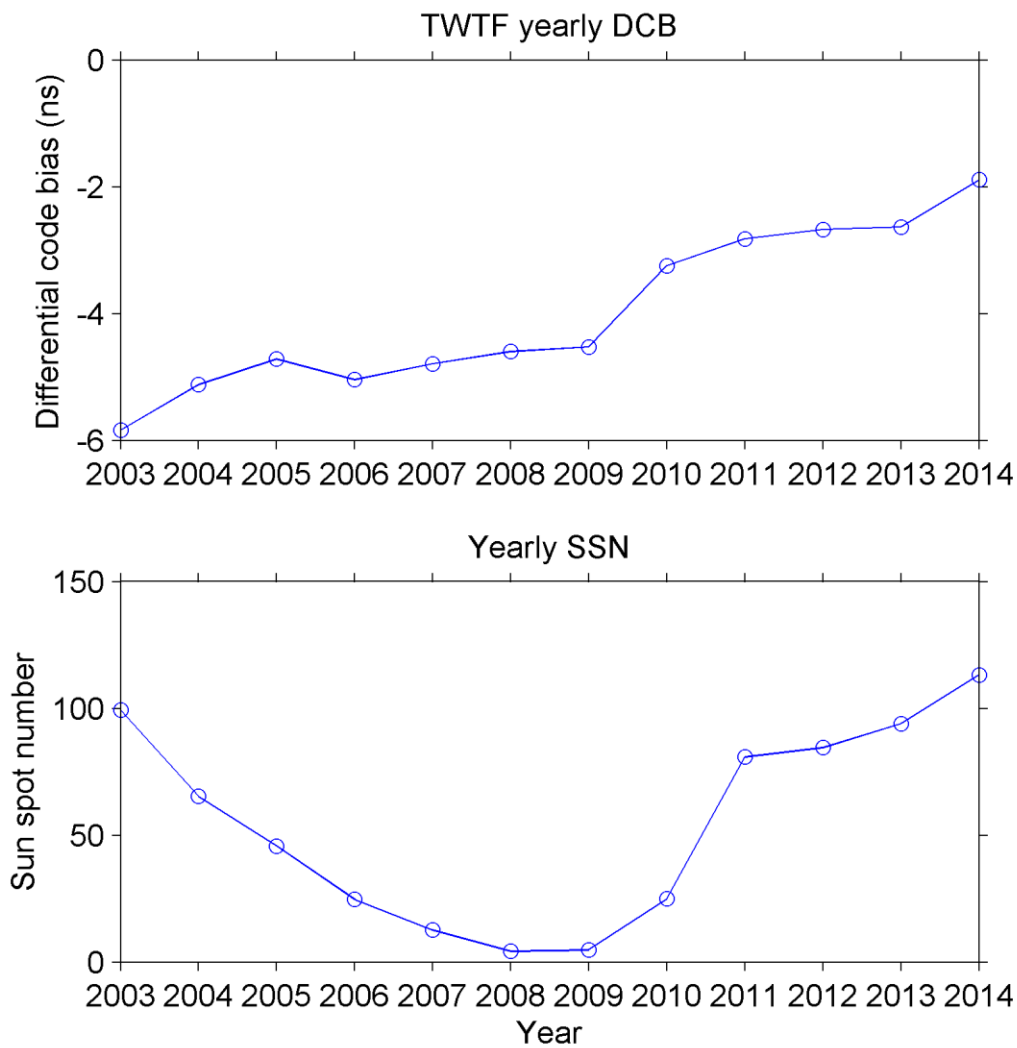


圖 2.23、TWTF 接收機儀器位準變化與太陽黑子數變化。

圖 2.23 畫出 2003-2014 這段期間 TWTF 接收機儀器位準年平均變化與太陽黑子數變化的對照圖。TWTF 接收機儀器位準呈現長期線性增加的變化趨勢，

與太陽活動性由高降到最低再轉回高的過程沒有明確之關聯。接收機儀器位準年平均值的變化可視為兩部分的組合，首先為與太陽活躍程度無關的部分，可於太陽活動性極小期時顯現出來；此部分或許可歸因為此接收機電氣特性的長期衰老趨勢就是偏向增加 DCB 水平；另一為與太陽活躍程度有關的部分，例如太陽黑子數大於 30 時就對接收機儀器位準值有所貢獻，貢獻量約為 0.3 ns (2005) 至 1.3 ns (2010)。所以，在太陽活動性極小期只表現出接收機電氣特性的長期衰老趨勢（在此為增加 DCB），而在太陽活動性極大期則同時表現出接收機電氣特性的長期衰老趨勢（增加 DCB）以及電離層活動性增強的趨勢（也是增加 DCB），故得到 DCB 近似長期線性增加的變化趨勢。

由上面的比較結果，可以在這裡做簡要結論如下：(1) 接收機儀器位準與溫度之間的關聯性不明顯，除非是在太陽活動性下降至極為寧靜時期，否則並不符合春秋季儀器位準值介於冬季與夏季者之間的常識預測。(2) 低緯度地區的觀測站 (e. g. TWTF) 的接收機儀器位準估算值通常精準度較差。(3) 春秋季時接收機儀器位準值較高之現象可能不具儀器電氣特性上的實際意義，而只是反映出高太陽活動期春秋季有較高程度之電離層擾動以及伴隨之接收機儀器位準估算方法瑕疵 (e. g. slant factor) 所共同造成的系統性偏差。(4) 接收機儀器位準估算方法的瑕疵可能使得儀器位準估算值隨著太陽活躍程度的增加而增加；這種儀器位準估算值的誤差來源，值得未來進一步探討。(5) 接收機電氣特性之長期衰老趨勢可能呈線性或其他形式之增加或減少儀器位準水平，在此 2003–2014 TWTF 接收機近似線性增加儀器位準水平。

(2.1.2.4) 應用及效益

已擁有能力從觀測資料直接求解 GNSS 接收機儀器位準，評估 GNSS 接收機儀器位準的穩定性，並得到觀測站附近的垂直全電子含量。利用本研究成果可得到低緯度時頻實驗室（例如台灣）附近的垂直全電子含量，用以建構當地的 GNSS 電離層全電子含量之空間分布圖，進而估算衛星訊號穿越電離層特定位置的延遲時間。

衛星雙向時頻傳送 (TWSTFT) 訊號在時頻實驗室附近幾百公里處上空穿越電離層，一般是利用全球電離層圖模型估算出其垂直全電子含量後換算成傾斜路徑延遲時間，精準度較差，尤其是在低緯度地區的誤差很大。應用兩個遠距時頻實驗室各自的 GNSS 觀測資料建構出當地的垂直全電子含量空間分布圖，精確估算各自的 TWSTFT 訊號穿越電離層的延遲時間，可大幅降低系統不確定性，促進次世代 TWSTFT 順利發展。

(2.1.2.5)未來工作重點

本研究未來工作重點是建構當地的 GNSS 電離層全電子含量之空間分布圖，探討電離層全電子含量對衛星時頻比對所造成的延遲；以及 monitor 電離層對衛星電磁波時頻傳送之衝擊，評估各種電離層擾動現象（電離層泡、電離層移行擾動等）對衛星時頻比對的影響，增進可靠性與穩定性。

(2.2) 衛星雙向傳時系統之建立及傳時品質提昇

(2.2.1) 維持衛星雙向傳時比對及研發接收機

(2.2.1.1) 達成項目

維持衛星雙向傳時例行比對及傳時接收機研發

(2.2.1.2) 執行內容(執行期間：民國 105.01~105.12)

國際間維持標準時頻的國家實驗室，持續測量彼此之間的時間頻率差異，稱為國際時頻傳遞，其比對數據用途為：一、提供給國際度量衡局(Bureau international des poids et mesures, BIPM)計算國際協調時(Coordinated Universal Time, UTC)；二、配合國際校正活動，使標準時間同步至國際協調時。衛星雙向傳時(Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer, TWSTFT)是目前最穩定的長距離(數千公里)時頻傳遞技術之一，其特點為：一、傳遞穩定度優於奈秒級，可用於比對實驗室之間的原子鐘；二、即時比對，可即時獲得與對方之時頻差值，利於同步；以及三、TWSTFT、導航衛星、以及光纖時頻傳送技術彼此互相獨立，可交叉驗證，並進而提升這些技術的測量一致性。

本實驗室使用 TWSTFT 的目的，在於持續監控 UTC(TL)，確保與 UTC 的同步性。目前本實驗室已使用氫微射頻率標準器(下稱氫鐘)做為國家時頻標準，與傳統銫原子鐘比較，雖然短期穩定度和權重皆較高，但對維持環境非常敏感，如電力與空調等，稍有變化就會造成氫鐘可觀的頻率飄移，再者，維持 UTC(TL)連續運轉需要許多設備串接而成，諸如頻率分配器、1PPS 分配器以及相位微調器等，只要其中一個設備斷電或毀損，都可能導致訊號瞬斷使得時間相位不連續，而違反本實驗室的 ISO/IEC 17025 規範。這時，使用 TWSTFT 能夠即時地測量出 UTC(TL)與外國標準時間的差值，做為調整 UTC(TL)的依據，保持時間相位的連續性，或是將此時間相位的落差值精密地反映在實驗室日誌，維持校正國內次級實驗室的追溯性。

其他技術亦能用來維持 UTC(TL)，例如：BIPM 發佈之 Circular T、IGS 發布的 GPSPPP、或是導航衛星 GPS P3 電碼等。為得知 UTC(TL)資訊，Circular T 空窗期為 30-45 天，而 GPSPPP 空窗期為 2 天，雖然這兩種技術皆有優於次奈秒級

的時間傳遞穩定度，但是在空窗期內完全無法得知 UTC(TL)的連續性，所以使用這兩種方法用來維持氫鐘並不充分。GPS P3 電碼和 TWSTFT 雖然都具備即時、無空窗期的特性，在每秒傳遞穩定度上如圖 2.24，奈秒級的 TWSTFT 更優於十奈秒級的 GPS P3。由於本實驗室維持的氫鐘能達到 1.8 奈秒的不確定度(參閱 Circular T)，位於國際領先群，因此，GPS P3 的穩定度已逐漸不敷使用，需要進行 TWSTFT 才能監控 UTC(TL)次奈秒級的連續性，保持在此不確定度範圍內。更精密的技術例如光纖、噴泉鐘、光鐘以及、及太空原子鐘叢集(Atomic Clock Ensemble in Space, ACES)等，由於建置和維持費用龐大，用來長期監控 UTC(TL)不甚實際。

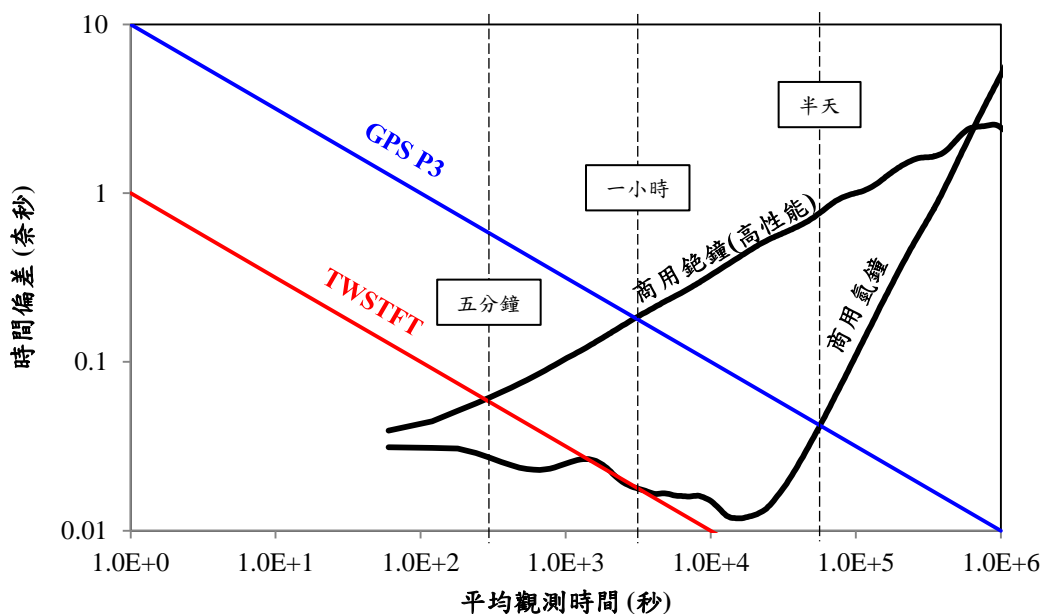


圖 2.24 時頻傳遞穩定度，平均測量時間越長，得到結果偏差越小，卻會抹除時鐘的短期特性。為了測量商用氫鐘反映其特性，使用 GPS P3 需耗時半天，而使用 TWSTFT 需進行一小時；測量商用鈹鐘，使用 GPS P3 需耗時一小時，而使用 TWSTFT 僅需五分鐘

TWSTFT 系統架構如圖 2.2.1 所示，本實驗室進行 TWSTFT，將標準時間藉由時間碼收發機產生時間碼訊號，藉由衛星地面站轉頻至 14 GHz (Ku 頻段上行) 發射電磁波到同步衛星上，同步衛星上的轉頻器接收到訊號轉頻至下行 12 GHz

(Ku 頻段下行)轉發至地面，兩實驗室接收到對方的訊號，測量其訊號的抵達時間，相減除以二即得到時間差值。由於電磁波在傳輸媒介中雙向路徑變化幾乎相同(對稱性佳)，因此兩個抵達時間相減就能消除訊號在路徑中的行進延遲，留下時間差值，其穩定度可達奈秒級。本實驗室持續進行衛星雙向傳時比對已有十餘年，105 年度維持比對的實驗室以及使用的衛星地面站如圖 2.25 及圖 2.26。

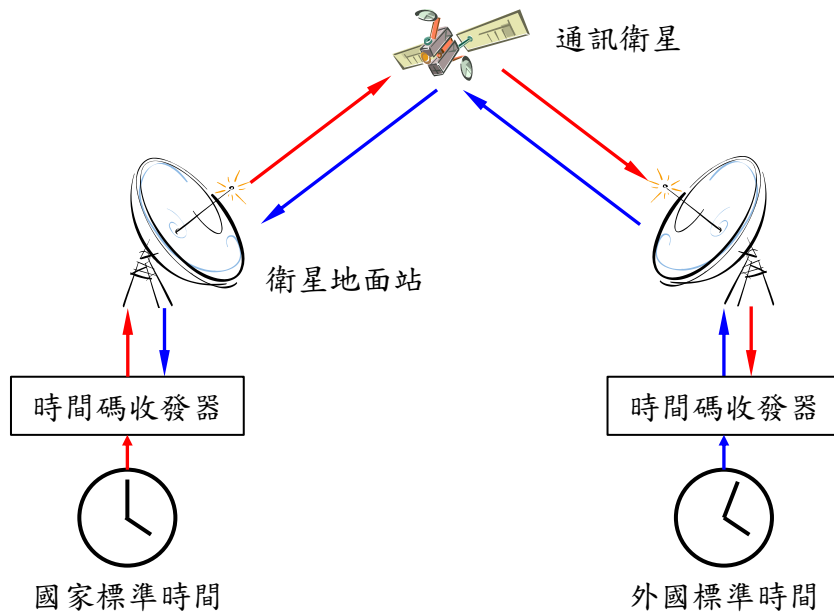


圖 2.25 使用 TWSTFT 進行國際時頻傳遞架構圖。主要利用時間碼收發機、衛星地面站以及通訊衛星頻道，彼此發射時間碼並且測量對方訊號的抵達時間，進而得到兩鐘時間差

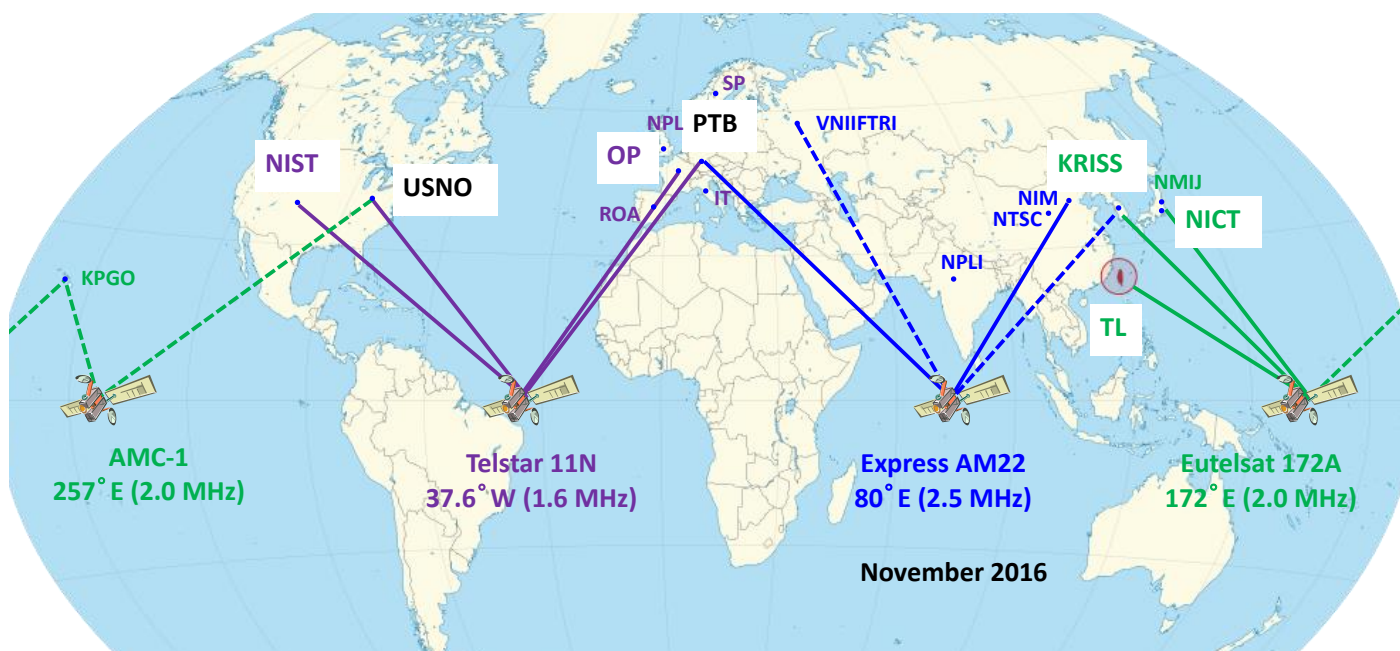


圖 2.26 TL 目前參與的衛星雙向傳時鏈路。實線部分為進行中，而虛線部分為擬建立或暫時中止。

由於海軍天文台(United States Naval Observatory, USNO)為目前全世界維持最多原子鐘的實驗室，並且維持全球定位系統(Global Positioning System, GPS)時系，更是國際原子時權重貢獻最多的實驗室，因此本實驗室與 USNO 建立比對鏈路可即時觀察時刻差，建立並維持亞美鏈路能夠幫助 UTC(TL)同步 UTC。由於亞美距離甚遠，單顆同步衛星難以同時涵蓋兩地，因此亞美之間需要經過中繼站方能建立比對鏈路，在日本 NICT 的協助之下透過夏威夷寇基國家公園地科天文台(Koike Park Geophysical Observatory, KPGO)做為中繼站，本實驗室從 2012 年 3 月 27 日開始與美國 USNO 比對標準時間，進行每日 24 小時傳時比對。然而此計畫合約於 2016 年 8 月底到期，KPGO 中繼站亦停止運轉，目前仍藉由參與國際會議進行協調，積極爭取恢復比對。雖然亞美鏈路中斷，但是亞太地區實驗室包含韓國 KRISS、日本 NICT、以及本實驗室仍持續進行 TWSTFT，稱為亞太鏈路。

(2.2.1.3) 結果

亞美鏈路於 2012 年 3 月 27 日(MJD 56013)起至 2016 年 8 月 31 日(MJD 57631)止，在日本 NICT 和美國 USNO 的協助下建立，可即時與美國 USNO 傳時比對。由於本實驗室和美國 USNO 基線甚長，無法透過單一同步衛星建立鏈路，因此本鏈路是透過夏威夷 KPGO 站中繼轉發的方式達成。本實驗室使用於亞美鏈路的衛星地面站，是從 2013 年 4 月起更新升降頻器為 Comtech EF Data 公司製造的 KST-2000A，最大的特點是可以輸入外部頻率，藉此升降頻率可追溯至國家標準頻率；並且在更換升降頻器後，發現比對結果比以往來得更穩定。其傳時比對結果如圖 2.27 所示，此圖說明國家標準時間透過亞美鏈路，和美國 USNO 的時間差測量值(藍點)，與 BIPM 公布之實際值(紅點)，可看出兩者有 1~2 奈秒的差異，此差異可能是因為 2015 起，BIPM 計算本實驗室的 TAI 是使用導航衛星技術的時頻比對值，文獻上記載導航衛星技術與 TWSTFT 比對結果會有數奈秒的歧異。另外，TWSTFT 測量值有許多異常點(outlier)，可能是中繼站運轉不穩定所導致。此鏈路在 2016 年 8 月底由於日本和美國合約到期而中止。圖 2.28 所示國家標準時間透過亞太鏈路，和日本 NICT 的時間差測量值(藍點)，與 BIPM 公布之實際值(紅點)，兩者約有差異數奈秒差異，最大可達 3 奈秒。2015 年 7 月起至今，韓國 KRISS 加入亞太鏈路，其結果如圖 2.29 所示。TWSTFT 和導航衛星時頻傳送技術之間的差異會增加 UTC 的不確定度，是目前進行國際時頻傳遞最需要深入了解的議題之一。

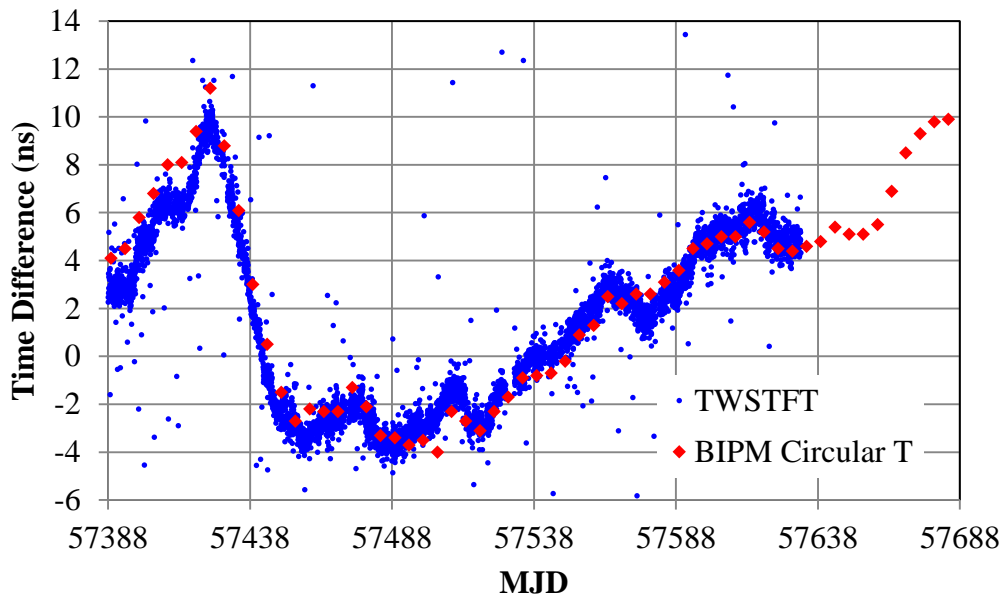


圖 2.27 2016 與美國 USNO 時間比對值(藍點)，以及 BIPM 公布之 Circular T(紅點)

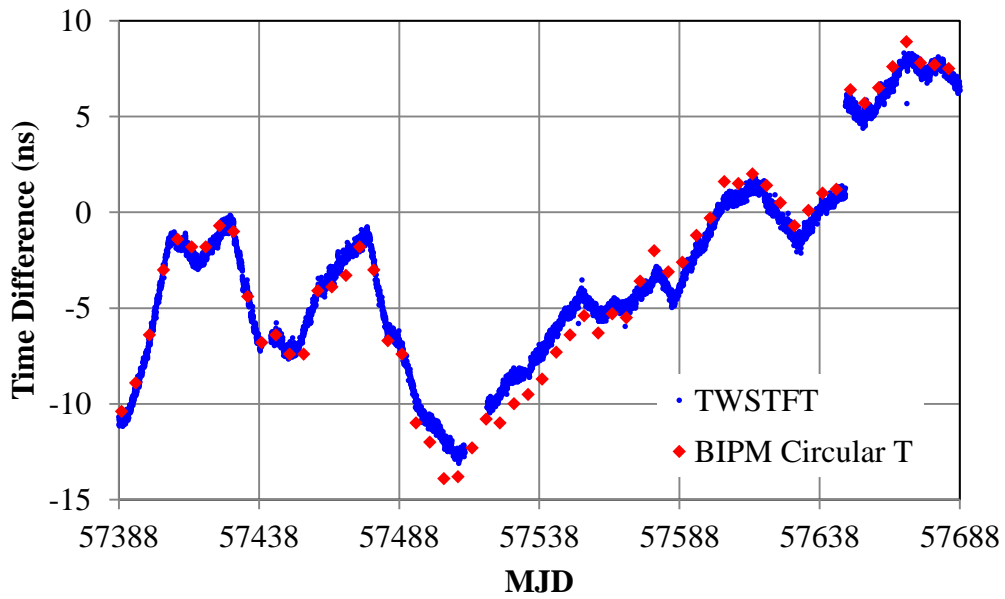


圖 2.28 2016 年與日本 NICT 國際比對值(藍點)，以及 BIPM 公布之 Circular T(紅點)

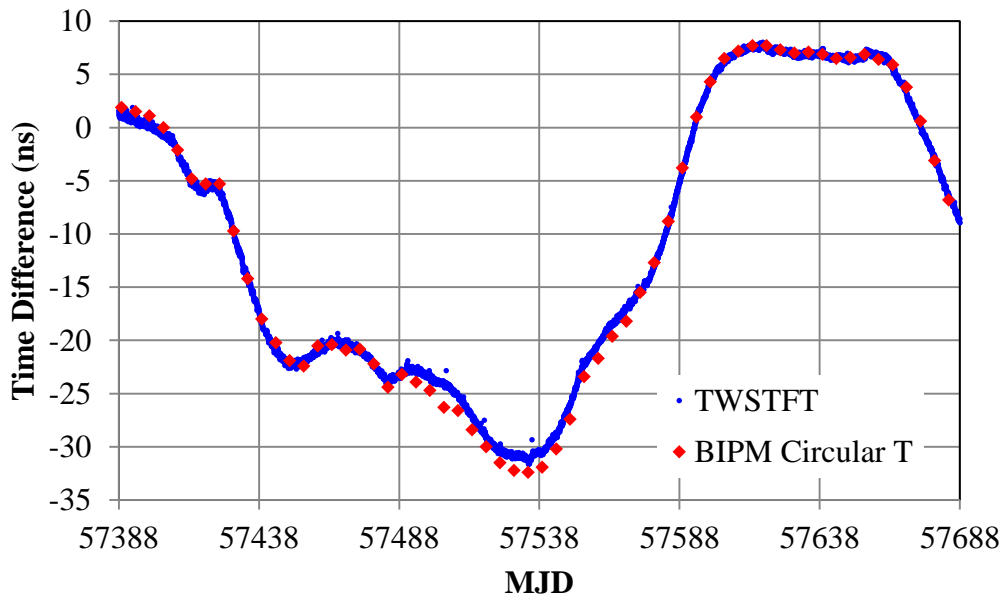


圖 2.29 2016 年與韓國 KRISS 時間差國際比對值(藍點)，以及 BIPM 公布之 Circular T(紅點)

本實驗室亦致力於時間碼收發機的影響。收發機是信到抵達時間的測量設備，為衛星雙向傳時比對技術的核心元件，發射機可能對於溫度敏感，接收機解碼亦可能有 DCB(differential code bias)的效應存在，這些因素將可能導致穩定度降低，未來擬致力探討並改善這些問題。為提升比對穩定度，本實驗室將使用類比數位轉換器以及電腦開發軟體無線電(software-defined radio, SDR)接收機，用以量測信號抵達時間，提升傳統接收機的性能。SDR 接收機架構如圖三，在時間碼收發機(Modem)的接收(Rx)端插入一個功率分配器，分配器的一個輸出連接原本的時間碼接收機，另一個輸出連接類比數位轉換器。轉換器將接收波形 $x(t)$ 等間隔取樣成數位電壓值 x_i ，電腦收到 x_i 之後計算出信號抵達時間。圖四所列為 SDR 設備，其 ADC 為 National Instrument 提供，型號 USRP N210，取樣頻率為 50MHz，其電壓解析度為 8bits，而電腦為研華公司提供。本年度完成安裝硬體及軟體安裝，後續將進行實際測量，並且分析與探討測量數據。

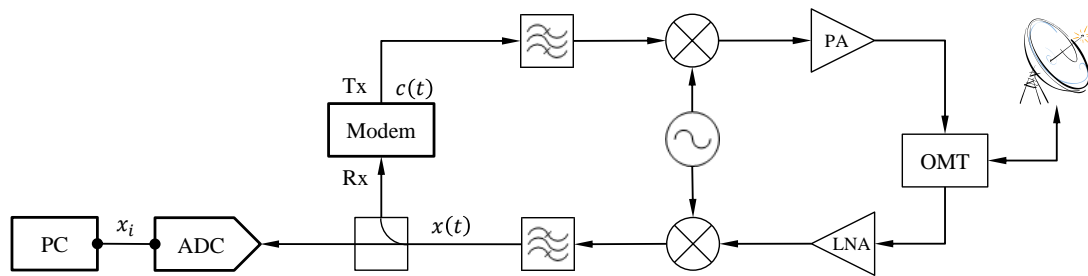


圖 2.30 使用類比數位轉換器(analog-to-digital converter, ADC)以及個人電腦(personal computer, PC)做為 SDR 接收機，用以接收時間碼，並計算出信號抵達時間

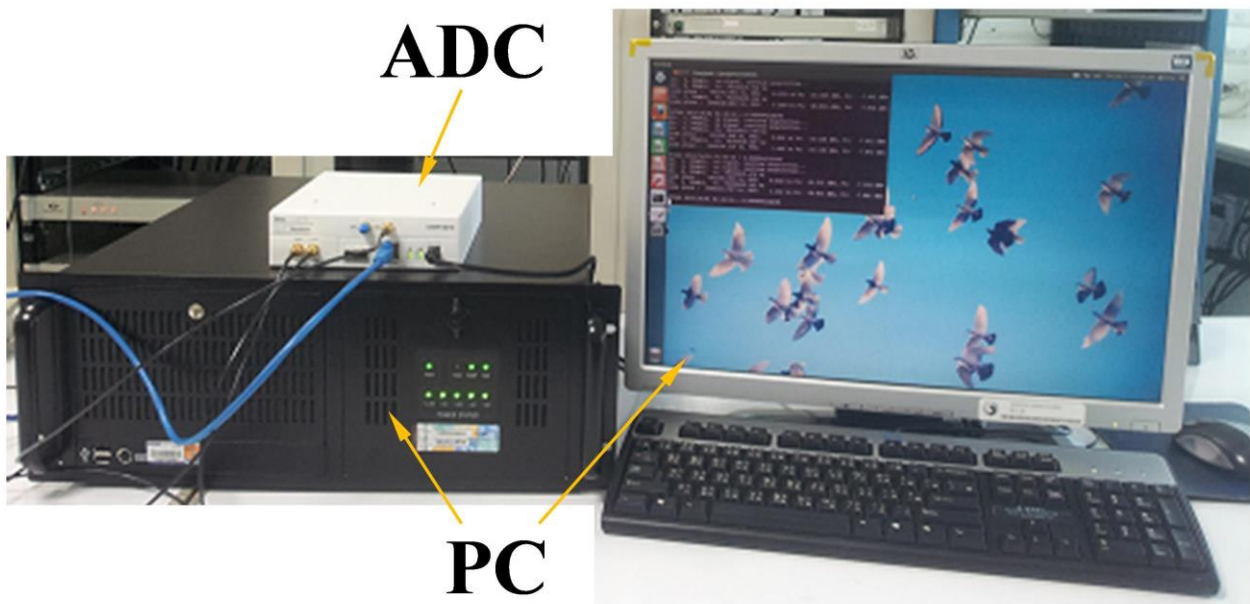


圖 2.31 SDR 接收機設備，包含 ADC 以及 PC。

(2.2.1.4) 應用及效益

本實驗室使用 TWSTFT 測量值和國際標準維持一致，此技術不僅可用來即時監控 UTC(TL)，而且在 Circular T 尚未發佈的空窗期，能夠用來預測 UTC(TL)的偏差。目前本實驗室已使用氫微射頻率標準器做為國家時頻標準，在短期穩定度上相較於以往使用銫原子鐘已經進步了一個數量級，僅有導航衛星比對鏈路已不敷需求，必須持續進行 TWSTFT。在校正應用上，BIPM 給予使用 TWSTFT 校正的實

驗室 1 奈秒不確定度，優於使用導航衛星比對的 2 奈秒，所以為了維持高品質國家時頻標準，必須建立 TWSTFT 鏈路，不僅降低國際校正活動的不確定度，更能提升原子鐘權重。

(2.2.1.5) 未來工作重點

發展高穩定度的衛星雙向傳時技術，是本實驗的重要目標。本實驗室靠著長期累積的經驗，對於技術有一定程度的掌握：在穩定度很高的衛星雙向傳時技術，對於電離層的影響必不可忽略，本實驗室致力發展電離層全電子含量觀測技術，以期改善高精密度衛星雙向傳時技術受到電離層的影響。再者，TWSTFT 設備部分置於室外，因為室外環境如溫度、濕度、天線指向等隨時間改變，所以設備特性可能會隨環境改變，導致訊號通過設備的延遲改變，例如溫度升降可能影響天線特性，或是導致電纜、板材的介電常數改變，濕度升高讓導波管內的溼氣比例增加，也導致介電常數上升，影響微波訊號通過的延遲，緩慢的環境條件變化等，都可能造成 TWSTFT 的測量誤差。本實驗室目前已成為活躍於國際社群的重要實驗室，在 TWSTFT 技術上的經驗與意見也愈能受到國際上的重視，針對上述議題、TWSTFT 和導航衛星時頻傳送之間的差異、不穩定來源、周日效應等，本實驗室歷年來已發表數篇 SCI 及 EI 國際論文並獲得引用。未來將透過維持 TWSTFT，提供並分析充分數據，不斷追求技術突破，進而吸引國際實驗室共同合作的意願，提升國際時頻傳遞的一致性。

(2.2.1.6) 自評與建議

TWSTFT 有即時、穩定性高、能夠長時間穩定運轉等特性，在歐陸實驗室例如德國 PTB、法國 OP 等，受 ESA 部分贊助持續進行，做為導航衛星 Galileo 時間的來源；日本 NICT 使用於監控兩座低頻(長波)台；美國 USNO 與德國 PTB 從 2003 年起也持續至少 8 次使用 TWSTFT 技術校正彼此標準時間；另外，俄羅斯 VNIIFTRI、中國大陸 NIM、NTSC、和印度 NPLI 也積極加入 TWSTFT 鏈路，維持各自導航衛星(GLONASS、北斗、以及 IRNSS)的時間源，因此，本實驗室必須積極

參與比對鏈路，以維持 UTC(TL)的穩定性。本實驗室，長年參與 CCTF TWSTFT 工作組會議，在 BIPM 工作小組會議上享有發言權，並在 APMP TCTF 組織擔任 TWSTFT 工作組協調員。CCTF 的 TWSTFT 工作組每年固定舉辦的工作會議會議，已成為時頻標準界的一大盛事，會議討論包括轉頻器費用的分攤、實驗的聯繫及操作，以及數據的交換與發表等，都必須溝通合作才能建立比對鏈路，近幾年來本實驗室透過和許多國際實驗室建立 TWSTFT 鏈路，已累積相當程度的人脈和經驗，實為大幅進步的主因，未來宜持續進行國際 TWSTFT 活動，以彰顯本實驗室研發能力以及提升我國的國際能見度。

(三) 標準時頻傳遞

(3.1) 標準時間同步服務運轉

(3.1.1) 目的

繼續維持各項時間同步服務以服務國人，以達成國內時頻標準一致的目標。

(3.1.2) 執行內容(執行期間：105.01~105.12)

- (a) 持續維持撥接式電腦校時及網際網路電腦校時系統，以提供優良品質的電腦校時服務，滿足國內電腦設備自動化校時之需求。
- (b) 維持廣播電視專用校時服務，以提供優良品質的廣播電視專用校時服務，滿足國內廣播電視業者校時需求。
- (c) 繼續提供標準時間信號，以維持經濟部及標準檢驗局辦公大樓國家標準時間之顯示看板。
- (d) 維持時間源比較系統正常運作，提供正確，不中斷之服務品質。本系統同時接受三個時間源，並即時互相比較，選擇出至少同時有兩個信息完全相同者，作為校時服務系統之時間來源，以確保送出去的信息是絕對正確。

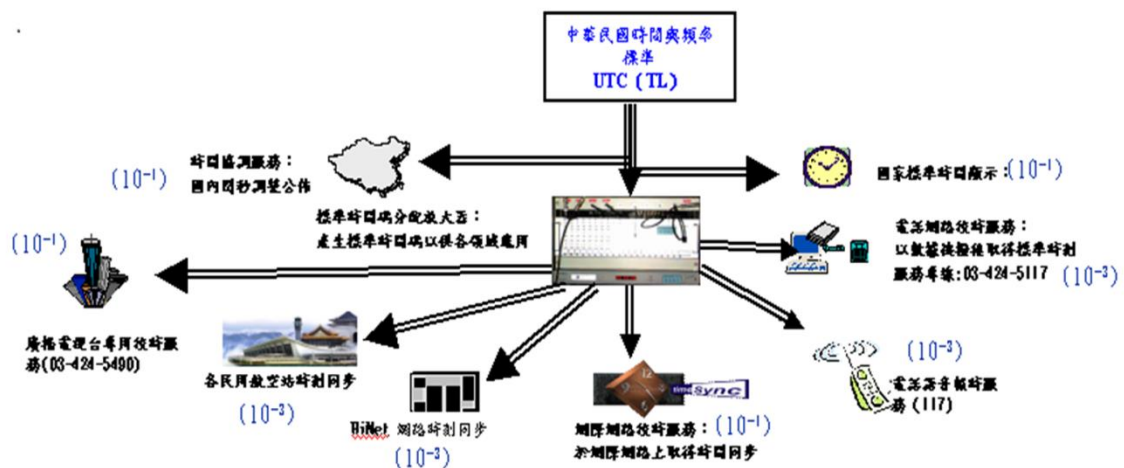


圖 3.1、國家標準時間同步服務示意圖

(3.1.3) 成果

提供多項校時服務，如：撥接式電腦校時系統、網際網路校時服務等。服

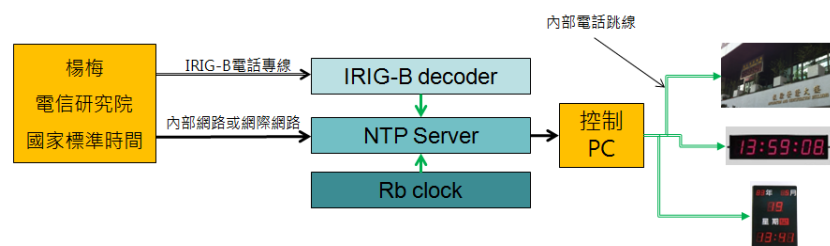
務範圍除涵蓋台灣地區之公、私立機關、學校、銀行、公司行號外，甚至在全球及大陸地區之台商及機構等亦多所連結。

因應國家標準顯示鐘可靠度提升方案如下：

目前經濟部、標準檢驗局總局、4 組南海路辦公室及基隆、台北、新竹、台中、台南、高雄等標檢局分局皆設有國家標準時間顯示鐘，其購置及維護皆由各部、局資訊人員自行採購維護，中華電信研究院提供技術協助。

經濟部、標檢局總局顯示鐘由於地點重要，必要時由中華電信研究院直接協助部(經濟部黃先生)、局(總局劉先生)相關人員進行維護。由於經濟部及標檢局總局之控制 PC 系統已相當老舊，皆使用 10 年以上。系統設計時採用工業電腦做為控制伺服器，雖其壽年遠較一般 PC 長，但標檢局總局及經濟部之控制 PC 皆曾因電源供應器風扇使用過久故障，內部無法散熱導致系統中斷，於更換備援 PC 後方恢復運作。

經濟部及總局已有備援 IEEE 1344 解碼及控制 PC，可於故障時隨時備援更換，但若線路故障，只能待線路恢復後再顯示標準時間。經濟部及總局國家標準時間顯示鐘放置地點及服務對象相對其他地點更為重要，若經費許可，建議以三重備援方式進行系統強化以及提高可靠度，(方案 1):



國家標準顯示鐘可靠度提升系統示意圖

方案 1 說明

1. 以低功率無風扇之工業電腦取代現有控制電腦，降低風扇故障導致系統中斷之機率。

2. 以網路校時為備援時間源，於 IRIG-B(IEEE 1344)時間碼專線故障時以備源時間源暫代。
3. 建立銩原子鐘時間源，於 IRIG-B(IEEE 1344)及網路校時線路皆中斷之情形下，可於數星期內仍維持與國家標準相差一毫秒以內之時間，直至故障排除，訊號恢復提供為止。
4. 網路由總局及經濟部相關人員申請，總經費約需 50-70 萬元及每月之網路費用。

若經費不足，則有下列方案可供選擇：

方案2. 購置附 IEEE 1344 輸入功能之 NTP 伺服器，及一低功率無風扇工業 PC。由總局及經濟部資訊人員申請及設定網路。於 IEEE 1344 專線線路中斷時系統可自動切換為以 NTP 為時間源，繼續提供國家標準時間顯示服務。所需經費約 35-40 萬元及每月之網路費用。

方案3. 購置 PC 一部，由總局及經濟部資訊人員申請及設定網路，以 NTP 取得國家標準時間並控制時間顯示器，於 IEEE 1344 專線線路中斷時以人工方式切換。經費約需 5 萬元及每月之網路費用。

方案4. 維持現狀，以現有備援 IEEE 1344 解碼及控制 PC 於故障時隨時備援更換，專線線路故障時則於故障排除後再行恢復標準鐘顯示。所需經費 0。

(3.1.1.4) 應用與效益

本實驗室提供多項校時服務，如：撥接式電腦校時系統、網際網路校時服務等。服務範圍除涵蓋台灣地區之公、私立機關、學校、銀行、公司行號外，甚至在全球及大陸地區之台商及研究機構等亦多所連結。此時間同步服務的需求量與日俱增。

(3.1.5) 未來工作重點

繼續維持各項優質的時間同步服務，滿足各界追溯標準時間的需求；並進行新技術之建立與服務(如低頻時頻廣播等)，提供社會大眾更精準、便利的標

準時頻信號。

(3.1.6) 自評與建議

過去由於同仁持續的努力，開發出多項方便實用的時間同步服務，其服務範圍廣泛而影響深遠。然而時間就如同空氣一般，平時感覺不到它的存在，狀況出現時才體會到它不可或缺；在此情況下，標準時間服務的提供往往被視為簡單而理所當然，不僅使維持服務的績效無法彰顯，甚至資源的投入也被誤以為多餘。我們認為服務的建立與維持是工作責任的擴大與延續，而這些對日用民生有實質幫助的服務，應該得到充分的肯定與持續的資源支持。

(3.2) 網際網路校時(NTP)及網站(WEB)服務

(3.2.1) 達成項目

網際網路校時服務及網站服務維運現況及分析

(3.2.2) 執行內容(執行期間：民國 105.01~105.12)

為提供一般民眾所需的標準時間，本實驗室於民國 87 年 6 月起，正式對外提供網際網路校時服務，透過網際網路校時，民眾可使用電腦與資訊設備取得國家標準時間。網際網路校時服務以 NTP(Network Time Protocol)協定為基礎(RFC)，此協定屬於網路架構(OSS)之應用層(Application Layer)，其校時原理是在假設客戶端(client)以及國家標準時間伺服器端(server)之間封包來回傳遞的延遲為相等的情況下，測量封包的往返延遲，計算出客戶端設備時間與國家標準時間之差值，並藉由此差值修正客戶端時間即可得到國家標準時間。由於網際網路的普及，網際網路校時服務已成為一準確且便利的校時方法，由於其準確且便利性，每天服務量非常龐大。

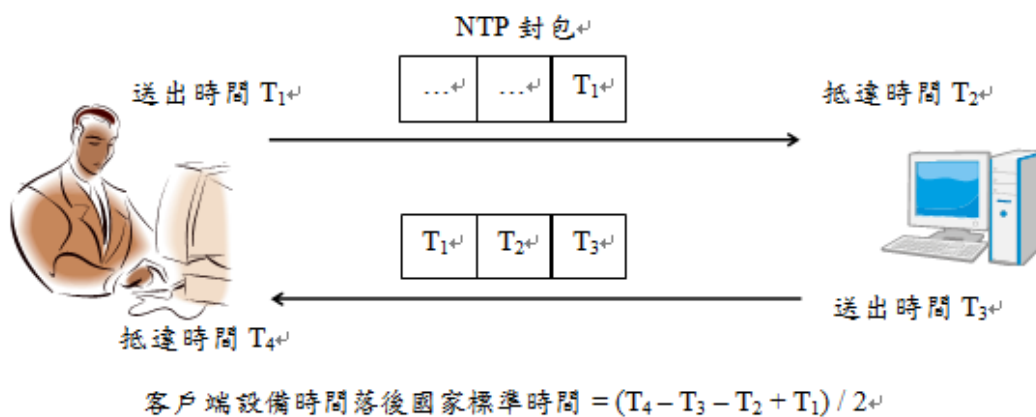


圖 3.2 網際網路校時原理示意圖

本實驗室提供網際網路校時服務，維持一路 4M 光纖網路、一路 2M 光纖網路、兩部原級伺服器以及五部網路伺服器穩定運轉。然而，在 103 年 1 月發現校時服務數量異常上升，如圖 3.3 所示，經查測後判斷為頻寬不足，肇因於當時全球多數 NTP 伺服器被攻擊，導致被攻擊的伺服器陸續關閉，數量大幅減少，根據 NTP 服務的方案，使用者被自動轉向可靠的伺服器校時，本實驗室維持安全

的 NTP 系統，因此請求量突然大增。然而，由於原有網路頻寬不足，因此龐大的需求拖垮了所有使用者的校時權益，包含本國民眾，導致 NTP 服務準確度大幅降低。

於此，本實驗室於 103 年 3 月升級光纖網路專線至 100M，以應付每日高達 25 億次的校時請求，並申請一路 IPv6 網路提供服務，始能維持可靠且準確的 NTP 服務。目前網際網路校時服務如圖 3.3 所示，包含兩部原級伺服器、六部網路伺服器、三部交換器、以及一部監視電腦保持穩定運轉。本實驗室網際網路校時服務的架構如圖一所示，首先兩部原級伺服器接上國家標準時間訊號(目前有 IRIG(IEEE 1344 擴充)、1PPS 以及 10MHz 三種)，轉換為 NTP 封包後，首先和六部網路伺服器同步，藉由這六部網路伺服器提供校時服務至網際網路。

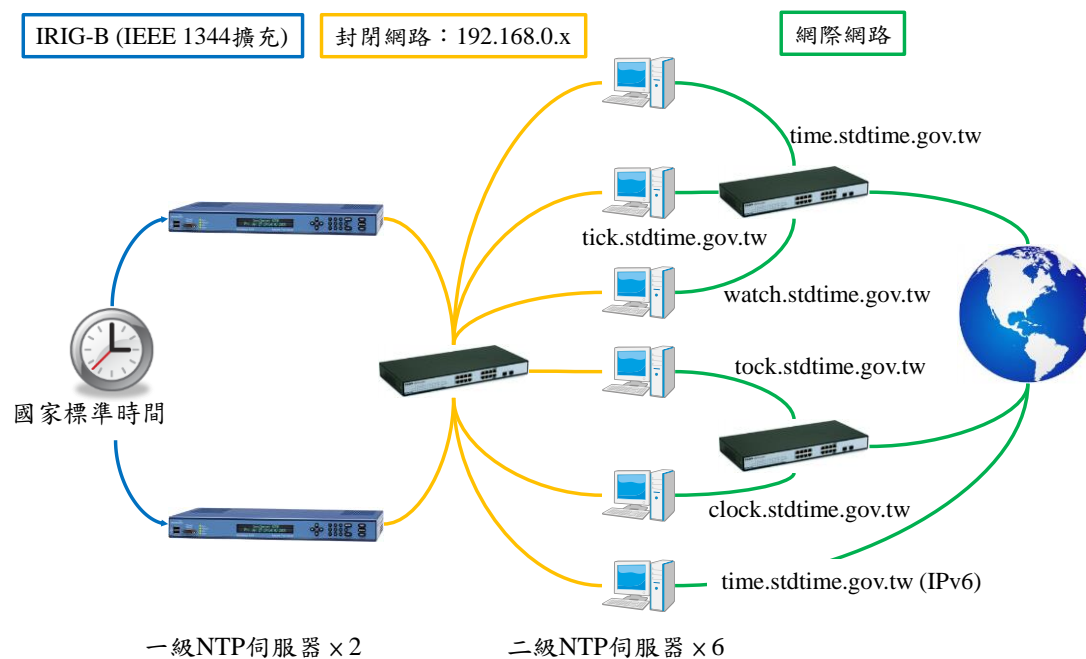


圖 3.3 本實驗室提供 NTP 服務架構圖

根據國際地球自轉組織(International Earth Rotation Service, IERS)公布的資訊，105 年 1 月 1 日上午 8 時會有正閏秒事件，屆時將會多出一秒，可能對資訊系統造成影響。為了自動通知及調整閏秒，以及因應 2038 年使用 32bit 伺服器可能發生的溢位問題，原有的服務必須升版，包括作業系統以及提供服務的軟體，因此，實驗室添購數部 64bit 伺服器，將原來老舊的 32bit 伺服器

汰舊換新，並且將原有的作業系統 Linux CentOS 6.11 升版至 7。在閏秒前一天至閏秒當下這段期間，由伺服器送出封包最前面 2 位元的閏秒指示(Leap Indicator, LI)欄位，將由 00 變成變成 01(正閏秒)或是 10(負閏秒)，指示伺服器即將於最後一秒調整伺服器時間。

由於 103 年初，國際上許多校時伺服器遭受惡意攻擊，導致服務中斷，迫使大量使用者轉向本實驗室維持良好的伺服器請求校時，本實驗室為了再提升其安全性，調整提供服務的系統架構，並且設定更嚴格的防火牆規則，讓每台伺服器僅提供單一服務、執行單一功能，在提供服務效能不變的情況下，大幅降低資訊安全危機。

標準時間同步部分，其架構如圖 3.3 所示，使用同軸纜線連接本實驗室之 IRIG-B(IEEE 1344 擴充)標準時序信號至兩台一級 NTP 伺服器，使伺服器提供 NTP 服務並同步國家標準時間。

內網部分，使用一台交換器連接 8 台設備 192.168.0.x mask 255.255.255.240，做為一、二級伺服器之間的網路同步。外網部分，使用三個獨立網路設備群，包含兩個 IPv4 網路以及一個 IPv6 網路，讓二級伺服器能夠向網際網路使用者提供服務。本實驗室公告這六部網路伺服器的網域名稱於網站首頁，讓民眾知悉，並且民眾可透過下載本實驗室提供之 NTP 客戶端軟體 NTPClient (<http://www.stdtime.gov.tw/chinese/exe/NTPClock.exe>)連上網路伺服器，來取得國家標準時間。

本實驗室提供網站服務，以宣揚國家標準時頻、提供校正服務收費項目、並且簡介目前最新的時頻校核、同步以及測量技術等說明內容，將本實驗室資源匯整上網供民眾閱覽，並且提供電子郵件信箱供民眾反應意見，作為與民眾溝通交流的橋樑。

同時，為宣揚國家標準時頻、提供校正服務收費項目、並且簡介目前最新的時頻校核、同步以及測量技術等，本實驗室提供網站服務(網址：<http://www.stdtime.gov.tw>)，將本實驗室資源匯整上網供民眾閱覽，並且提供電子郵件信箱供民眾反應意見，作為與民眾溝通交流的橋樑。

(3.2.3)結果

圖 3.1.2 總列 105 年度 NTP 服務的校時次數，每日約提供 2.5 億次校時請求。

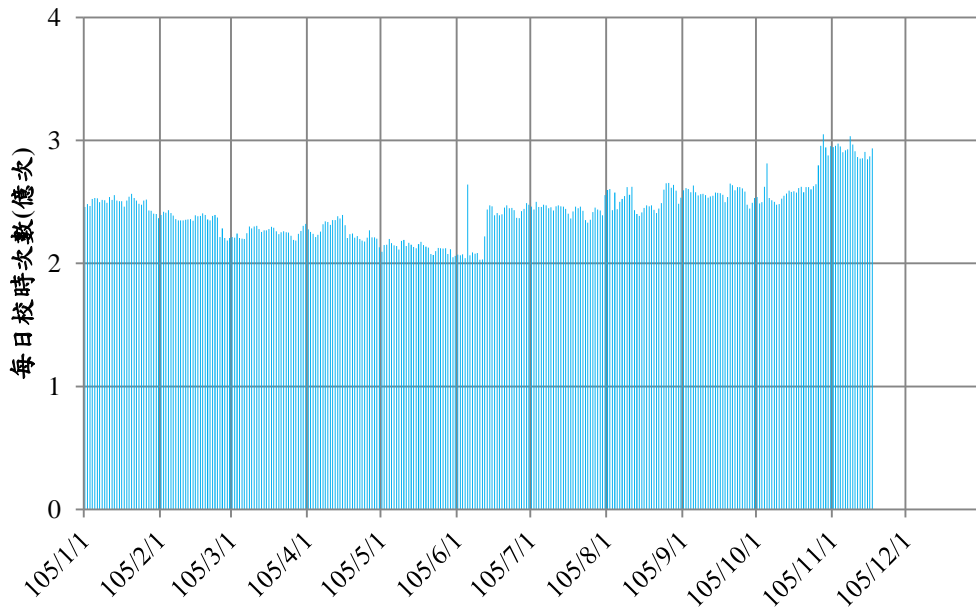


圖 3.4 105 年度網際網路校時服務每日次數統計，平常每日約 2~3 億次。

在維持網頁服務方面，本實驗室於 105 年逐漸更新內容，提供最新資訊以符合民眾預期：例如研究成果、本實驗室大事紀、校正能量的擴充等。其參訪人數有逐年上升的趨勢，如圖 3.5 所示，顯示民眾有逐漸有此需求。另外，民眾透過網頁的意見信箱(stdtime (at) gmail.com)聯繫本實驗室的次數逐漸增加，多數民眾來信諮詢校正業務、另有部分民眾提出 117 報時與 NTP 校時結果為何不一致的問題，經本實驗室研究員專業解說解答民眾的疑惑，於此，本實驗室未來擬加強宣導 117 報時及 NTP 校時的訊息判讀。

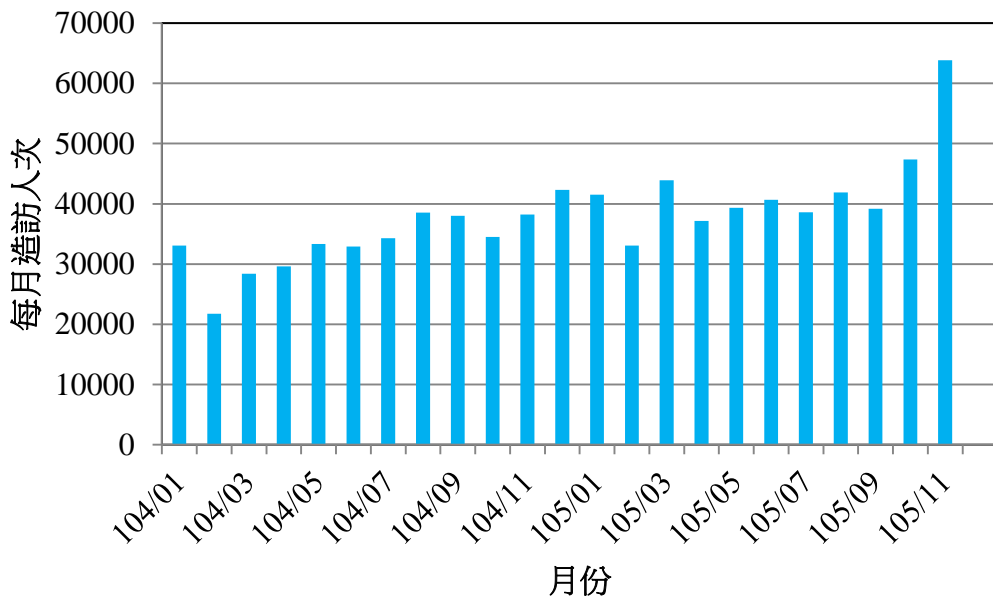


圖 3.5 本實驗室網站服務造訪人次統計，105 年度每月約 3~5 萬人次。

(3.2.4) 應用及效益

網際網路校時服務應用範圍甚廣，本實驗室藉由提供網際網路校時服務，使民眾方便、準確並且快速地查詢國家標準時間，透過維持網際網路校時服務的經驗，與民眾達成良好的互動。本實驗室提供網站服務，可建立與民眾之間的溝通交流管道，並了解民眾在何種情況下有國家標準時頻的需求，就觀察網頁造訪次數與日俱增的現象，可說明越來越多民眾有了解標準時頻概念的需求，網站上並提供聯絡資訊，105 年度接獲各企業行號、公司部門機關以及學術單位等來電或來信詢問網際網路服務的相關維運議題，共有十餘件，藉此，本實驗室可將民眾寶貴的建議以及業界需求納入未來發展重點，以期未來提供民眾更好的服務品質。

(3.2.5) 未來工作重點

由於網路普及，網際網路校時服務以及網站服務與民眾生活息息相關，為維持服務品質，定期監看訊務流量，作為提升網路速度之依據，並且進行故障排除，以期達到便民之目的。另外，為維持良好民眾互動，在網頁維運方針上將持續

更新網頁訊息以及答覆民眾常見的議題。NTP 服務已被廣泛運用於同步電子設備，其需求量與日俱增，我們提供 IPv6 服務，再者，因應本年度閏秒事件，為了使 NTP 服務維持不中斷，我們進行硬體汰舊換新，加入自動閏秒功能；並且導入新式防火牆，以阻隔惡意攻擊，降低資訊安全風險。伺服器於閏秒前後無間斷運轉，並且能讓運人員能遵照此程序，在伺服器異常時及時更換，保持 NTP 服務的效能、安全性與穩定性。

(3.3) 光纖傳時技術研究

(3.3.1) 進行項目

- 研究光纖網路傳送時頻信號技術，探討應用需求
- 添購光頻與微波頻率量測系統使用之頻率信號產生器暨頻譜分析儀
- 利用光纖線路進行微波頻率傳送及光電振盪器研究

(3.3.2) 執行內容(執行期間：105.01~105.12)

- 光纖具有長距離的傳輸能力，低雜訊以及不受外界電磁干擾的特性，成為傳送標準信號的最佳媒介。民國 101 年於國際度量衡局(BIPM)舉辦的 CCTF 會議上，確立利用光纖來傳遞時頻信號已成為國際高精度傳時的重要發展趨勢。
- 台灣各界對於精準時間(或相位)同步的需求日益增加，例如新一代 4G 的無線基地台網路同步，智慧電網相位同步量測以及金融高頻交易的時序監測等。對於這些未來社會的基礎建設，國際規範已論及微秒(μs)等級的時間同步要求；部分科研單位的研究需求更達奈秒(ns)等級之精度。這些需求不僅攸關台灣未來的科技基礎建設，更會影響相關資通新技術或新服務的發展。長期而言核心同步系統宜採用光纖專線以提高安全性與穩定度，並達到即時監控的目標；而利用光纖網路分送信號的方式，也是滿足未來大量設備(例如，小型基地台、物聯網等)同步需求最有效的方法。
- 由於光纖網路的建置或租用，需要高昂的費用。因此我們評估利用未來電信同步網路作標準時間傳遞的研究，評估可達到的精度，預計下半年完成技術報告。
- 光學實驗室於 102 年起開始規劃所需的實驗空間及測試平台，陸續籌備光學桌及採購光纖傳時相關設備，目前已有 1550 nm 及 1310 nm 波長的光發射器及光接收器、2 km~25 km 光纖線路、微波放大器等元件、可傳送 50 MHz~18 GHz 之微波頻率信號。由於目前科學儀器及通訊設備常使用到 300 MHz~50 GHz 之微波頻段，當進行光頻及微波頻信號量測及校正時，屢屢需要利用混頻器作升頻或降頻等處理，並以頻譜分析儀查核信號之特性是否

正確。以飛秒光纖雷射光梳鎖頻之量測系統為例，如圖 3.5 所示，光梳的頻率重複率(f_r)的二階諧波和頻率偏移(f_{ceo})分別鎖相到信號產生器(SYN1 和 SYN2)上，由 port 3 輸出的光信號經由檢光器轉成微波頻信號，再用頻譜分析儀觀看其頻譜與雜訊。此微波信號續透過另外一台信號產生器(SYN3)降頻至 1 kHz，通過低通濾波後，可由頻率計數器記錄其頻率穩定度，並持續記錄其長期穩定度。由於實驗室有多套量測系統需同時使用 3 部以上之信號產生器，因此規劃添購 1 部信號產生器。而實驗室原有的頻譜分析儀(9 kHz~26 GHz)，逾齡且故障待報廢，而另一部手持式方便型頻譜最高頻率只到 20 GHz，無法分析檢查 20 GHz 以上信號之頻譜與混附雜訊。於是上半年實驗室以本院經費添購一部高性能頻率信號產生器暨一部高階頻譜分析儀，來擴增實驗室量測能量。

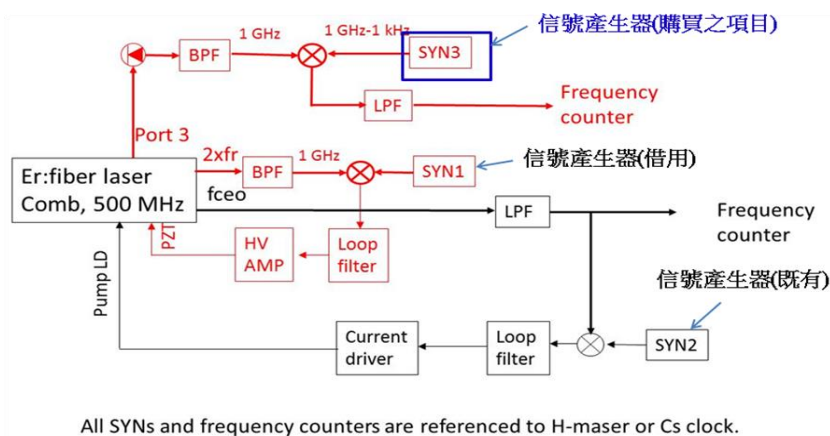


圖 3.6、飛秒光纖雷射光梳鎖頻之量測架構。系統中需使用 3 部信號產生器，如圖示 SYN1、SYN2、SYN3。

- 104 年我們利用光電設備及光纖線路進行 10 GHz 頻率信號傳送實驗，短期 1 秒的頻率穩定度為 $7.0E-13$ ，長期 1 萬秒的頻率穩定度為 $6.5E-15$ ，同一光纖延遲線路除了傳遞信號外，也可提供許多量測科技使用，例如振盪器研究。高性能微波振盪器對於衛星導航、雷達系統及精密科學量測等用途上，都扮演關鍵的角色。在多種產生低相位雜訊微波信號的新技術中，光電振盪器是一種極具潛力的技術，其係利用一段長距離光纖提供光與微波

混合回授路徑中長的時間延遲，以產生高品質因子(Q-factor)共振的目的。我們將採用光纖傳時技術的方法，透過觀測信號監測並補償光纖共振迴路的時間延遲變化量，以研究改善光電振盪器的長期穩定度的方法。相關技術及量測方法的建立，不僅可累積高頻振盪器基礎，也可增進頻率同步技術、光纖傳時及精密頻率量測等研發能量。

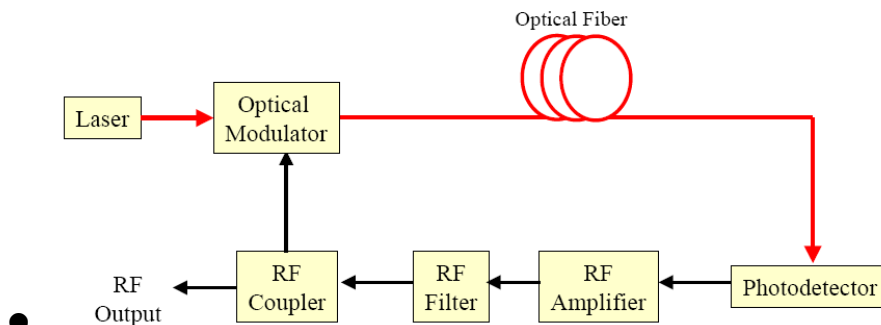


圖 3.7、光電振盪器的基本架構圖

(3.3.3) 成果

- 今年 6 月購入一部低雜訊頻率信號產生器(keysight N5183B)輸出頻率範圍從 100 kHz 到 20 GHz，頻率解析度可達 0.001 Hz；及一部頻譜分析儀(keysight N9030B)頻率範圍從 3 Hz 到 50 GHz。預期新設備可提升量測頻率範圍並改善信號雜訊，將可增進國家實驗室的頻率量測能力與品質。

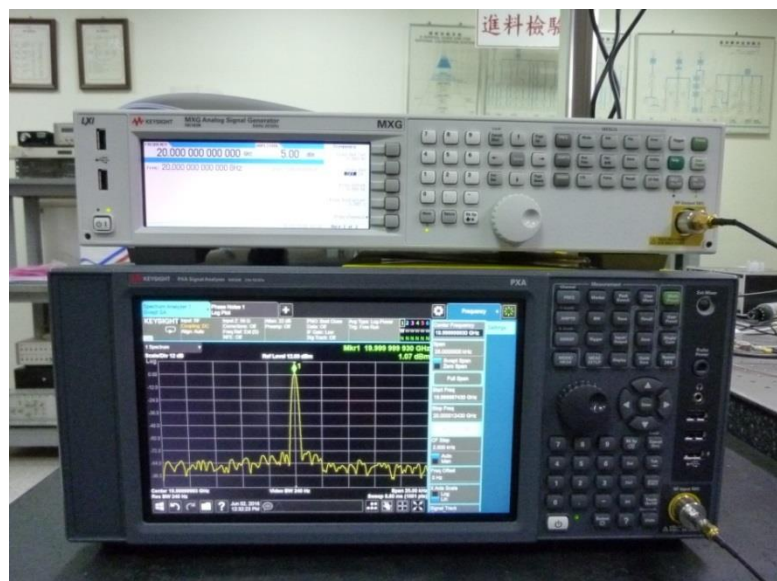


圖 3.8 新購之設備照片，由上而下分別為頻率信號產生器(N5183B)及
頻譜分析儀(N9030B)

- 進行「透過未來電信網路傳遞精準時間評估分析」，並撰寫技術報告，預計 10 月完成，圖 3.9 為電信同步網路主參考鐘(telecom grandmaster clock, T-GM)與 N 級邊界時鐘(Telecom Boundary clock, T-BC)用以傳遞同步時間信號。

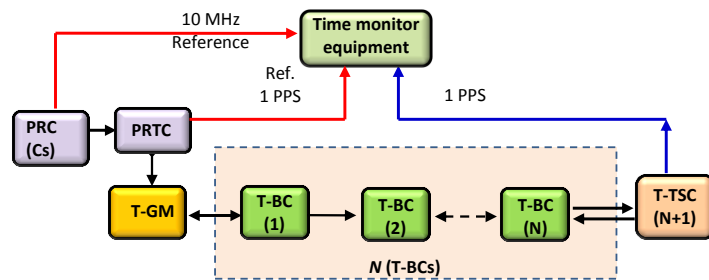


圖 3.9、電信網路傳遞精準時間評估分析

- 我們探討純光纖線路架構下的雙光迴路光電振盪器原理及改善機制，如圖 3.10 的實驗架構及圖 3.11 相位雜訊(phase noise)量測系統，我們發現適當微差異長度的帶通率波效果與傳統方式相同，且有助於維持高品質因子，圖 3.12 為光電振盪器輸出信號之相位雜訊比較圖，對於長度差異的量化理論分析，我們撰寫論文『A Quality Factor Enhanced Dual-loop Optoelectronic Oscillator』發表於今年 5 月的 IEEE 國際頻率信號控制研討會(International Frequency Control Symposium, IFCS)上。雖然近 5 年來光振盪器主流研究趨勢朝向小型化，即透過整合小型耳語廊模場共振腔(cavity of whispering gallery modes)或加入窄譜線光源之環型雷射架構以減少光纖長度達到小型化之目的，然而純光纖線路的研究還是整體技術的重要基礎，尤以傳送 10 公里以上光纖線路面臨瑞利散射(Rayleigh scattering)等非線性效應造成的雜訊，是光電振盪器與光纖傳頻所共同需要解決的問題。

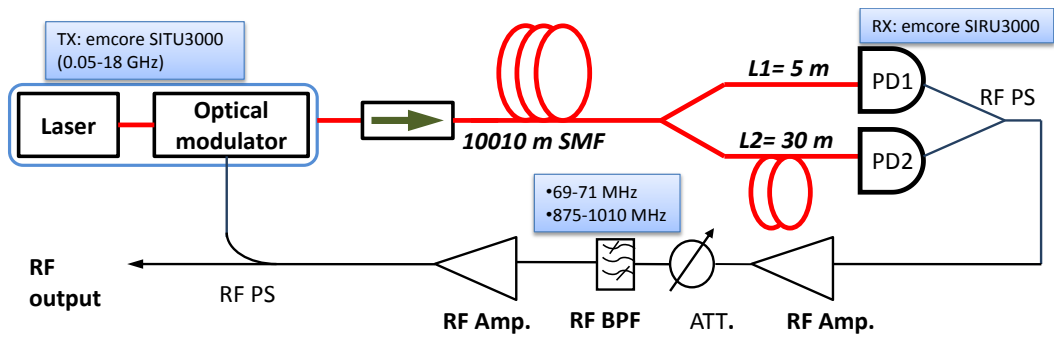


圖 3.10、雙光迴路光電振盪器實驗架構圖

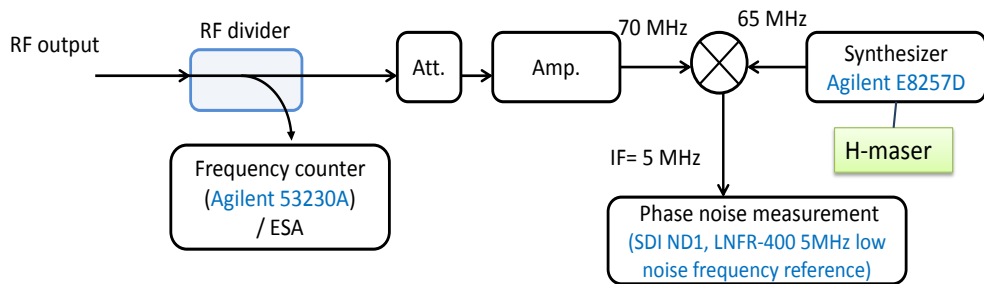


圖 3.11、相位雜訊量測系統架構圖

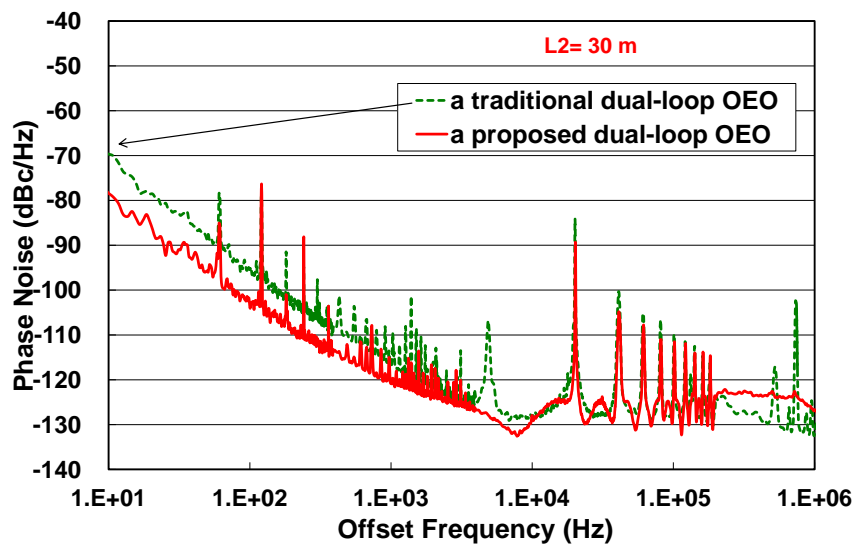


圖 3.12、光電振盪器輸出信號之相位雜訊比較

(3.3.5) 未來工作重點

- 評估使用未來電信網路傳遞標準時間可行性，可應用於相關時頻同步基礎建設
- 持續進行光纖系統時間與頻率實驗，分析並探討雜訊來源，以提升傳時

技術能力。

- 未來擬進行主動式光延遲補償技術實作，測試精準時頻信號傳遞與主動延遲補償機制。
- 持續更新及汰換老舊儀器，提升光頻量測及高頻微波的量測能力。

(3.4) APMP TCTF 國際合作推廣現況說明

(3.4.1) 主導研提及推動 2016 APMP TC Initiative 計畫

(3.4.1.1) 達成項目

2016 APMP TC Initiative 計畫~「亞太地區三個 GPS 一級校正實驗室間之比對實驗」之推展。

(3.4.1.2) 說明

- 本實驗室於 2014 年榮獲國際度量衡局(BIPM)選定為全球導航衛星系統(GNSS)接收機校正之一級(Group-1)實驗室，成為未來直接參加 BIPM 所舉辦 GNSS 接收機巡迴校正活動的全球八個實驗室之一(亞太地區僅我國、日本，與大陸獲選)，並可維持亞太地區最小的不確定度評估值。本實驗室亦將協助亞太計量組織(APMP)時頻技術委員會(TCTF)，規劃舉辦亞太地區之區域巡迴校正活動，讓其他非屬於 Group-1 的亞太地區標準實驗室，能透過參加區域內之比對活動，實現全球時頻標準完整追溯鏈之建立。
- 2015 年 9 月實驗室同仁參與 CCTF 大會及系列會議期間，與 BIPM 及亞太地區各會員實驗室有許多討論交流，特別是關於 GNSS 校正的一級實驗室角色及任務，有許多的意見交換。為使亞太地區的 GNSS 接收機巡迴事務更順利的推動，BIPM 的 Dr. Jiang 特別在 CCTF 大會結束後，再邀集亞太區三個一級實驗室(日本 NICT, 大陸 NIM 和本實驗室)的代表們，進行小型的討論會議。本實驗室依據亞太地區 GNSS 接收機校正現況的考量與實際需要，提出三個一級實驗室先規劃進行比對實驗以驗證一致性的建議，此建議為與會代表所同意。
- CCTF 會議之後，我們更積極以上述的規劃研提 2016 APMP 的 TC Initiative 計畫(以下簡稱 TCI 計畫)，並在 2015 年 APMP 年度大會期間通過執行委員會(executive committee, EC)審查而取得經費補助。本計畫將獲補助 5,800 美元，主要使用於接收機設備之運費等。

(3.4.1.3) 目前辦理情形

- 本 TCI 計畫原訂於 2016 年初開始進行 GNSS 接收機比對實驗，但因 BIPM 恰

好在年初開始推動亞太地區一級實驗室間的比對活動，經與日本 NICT 及大陸 NIM 討論後，決定調整 TCI 計畫之執行方式。規劃將 NIM 的 GPS 接收系統先送至 TL 進行接收量測，結束後送回北京，進行 NIM 與 NICT 之間的量測比對。後續再將 NIM-TL 及 NIM-NICT 兩段比對結果進行計算評估，即可完成此 TCI 計畫。

- 北京計量院的 GPS 接收系統於九月初運送至本實驗室，十月底完成量測後已送回北京。預計後續 NIM-NICT 間的比對量測可於 2017 年元月左右完成。
- 此 TCI 計畫之推動，有助於後續亞太計量組織(APMP)時頻技術委員會(TCTF)規劃舉辦亞太地區之區域巡迴校正活動，讓其他非屬於 Group-1 的亞太地區標準實驗室，透過參加區域內比對活動，實現全球時頻標準完整追溯鏈之建立。此亦為兩岸時頻之技術合作項目之一。

(3.4.1.4) 自評與建議

- 參加 APMP 年會等國際會議是快速取得國際合作訊息的方法，亦能迅速掌握有利時機進行溝通及爭取資源，對於國際合作事務及技術交流的推展很有助益。
- 本實驗室獲 BIPM 選定為 GNSS 接收機校正一級(Group-1)實驗室，歸功於實驗室歷來的表現與技術能力受到肯定。後續需更主動積極思考及規劃，加強與 TCTF 會員之間交流聯繫，才能在有限的計畫資源下，擴大實質的國際合作及影響力。

(3.4.2) 主導研提及推動 PTB 經費支持之 MEDEA 系列活動

(3.4.2.1) 達成項目

主導提案通過 MEDEA 審查小組之審查，獲德國物理與技術研究院(PTB)經費支持，主辦 2016 年 MEDEA-Kickoff workshop 系列活動。

(3.4.2.2) 說明

- 本案緣起為德國 PTB 提供經費資源，規劃在 2014 至 2017 年推動 MEDEA (Metrology-Enabling Developing Economies in Asia) project，以期結合亞太計量組織(APMP)及亞太法定計量論壇(APLMF)共同推展訓練活動，協助亞太地區開發中國家提升計量方面之技術能力。
- 本實驗室於 2016 年初主導「GPS 傳時技術訓練系列活動」之統籌規劃，並透過 APMP TCTF 向德國 PTB 提出申請，獲得 MEDEA 計畫審查小組審核通過，將由德國 PTB 全額補助辦理此活動。
- 系列活動主要包括：a) 2016 年 9 月 27 日至 29 日在本院舉辦三天技術訓練、b) 2016 年下半年至 2017 年 6 月間進行數個亞太實驗室間巡迴比對，及 c) 2017 年下半年於本院舉辦兩天總結會議以檢討巡迴比對之結果。其中 b)、c) 兩項將於細節確定後再另簽說明。
- 系列活動中規劃於今年 9 月舉辦的訓練已完成舉辦，除本實驗室技術專家擔任講師之外，將邀請亞太地區 GPS 校正一級實驗室(日本情報通信研究機構(NICT)、大陸北京計量院(NIM))，及澳洲國家標準實驗室(NMIA)等實驗室之 GPS 專家與會，協助 GPS 校正系統之介紹及訓練指導。
- 為配合今年 9 月份之訓練活動，北京 NIM 及澳洲 NMIA 之兩套 GPS 接收設備，亦於 9 月底前運抵本實驗室安裝，並在活動中現場演示。

(3.4.2.3) 辦理情形

- 會議首日(09/27)颱風來襲無法進行，因此將會議程內容適度精簡，時間由三天改為兩天。第二天(09/28)雖因颱風停班停課，考量學員遠來不易及整體會議品質，還是決定如期舉辦 09/28-29 兩天研討課程。
- 本次活動共有來自柬埔寨、印度、印尼、菲律賓、越南、泰國、蒙古、馬來西亞、斯里蘭卡、尼泊爾、哈薩克斯坦等 11 國 15 位人員接受訓練。(巴基

斯坦代表未能完成出國申請而取消)

- 活動的規劃除了由講師針對相關技術主題進行演講外，還包括來自 TL、NMIA 及 NIM 等三套設備現場操作及演示，有助於受訓人員的理解吸收。
- 雖然受到颱風干擾，所幸訓練會議仍有驚無險地順利完成，活動後參訓人員透過德國 PTB 的線上滿意度調查系統填寫受訓的意見，其中滿意在 “good” 及 “Perfect” 程度者高達九成，唯一負評是對颱風干擾的抱怨。
- 此技術訓練研討活動之後，將邀請泰國、馬來西亞、越南等三個實驗室參加巡迴比對活動，預計 2017 上半年結束比對，下半年再舉辦結果檢討之總結會議。

(3.4.2.4) 自評與建議

- 由於德國 PTB 規劃在 2014 至 2017 年推動 MEDEA (Metrology-Enabling Developing Economies in Asia) project，提供相當可觀的經費資源給亞太地區國家運用，是推展國際合作與技術推廣的難得機會。
- 本實驗室透過參加國際會議活動的機會，快速取得國際合作訊息，主動爭取資源舉辦此系列活動。如此不僅可實質提升亞太開發中國家之技術能力，亦有助於我國國際能見度、貢獻度及影響力之提升。
- 活動相關照片如下：







4



4



(四) 其他

(4.1) 榮譽

(4.1.1) 達成項目

國家時間與頻率標準實驗室黃毅軍博士榮獲中國電機工程師學會 105 年度「優秀青年工程師獎」。

(4.1.2) 成果說明

中國電機工程師學會於民國 1934 年 10 月成立於上海，其宗旨為配合國家政策、發展工業及繁榮經濟。學會領域包含電力、電信、資訊及電子四大領域。會員大多為電機學術界、產業界及企業界之精英領導者。該學會為表揚優秀工程教授及優秀工程師會員，激勵電機工程之發展，設置「傑出電機工程教授獎」、「傑出電機工程師獎」、及「優秀青年電機工程師獎」等三獎，每年評選在工程研究發展上有傑出成就者頒獎以資鼓勵。本年度「中國電機工程學會大會」將於 12 月 16 日在台電公司舉辦，屆時將頒發獎章予獲獎者。

黃博士擔任本院「建立及維持國家時間與頻率標準」研究員多年，在國際傳時領域有突出之技術貢獻，獲得國際度量衡局(BIPM)與歐美先進實驗室之重視，進而成立技術研究小組繼續對傳時技術深入探討，尤其研發創新接收機技術，使得國際時頻量測有突破性的進展，極為難得。其次，深入國際傳時技術研究與精進，六年內發表國際論文十餘篇，研發成果斐然。積極推動國際合作、技術交流活動等事務，其貢獻深受國際專家的肯定。協助國家最高時頻標準之建立、維持及傳遞，參與各項時間同步服務與活動之推展，提供社會、民生，及產業各界時頻同步校準，影響深遠，殊堪嘉許。

(4.2) 協助上尚科技公司測試其設備性能及相容性

(4.2.1) 執行內容：

上尚科技股份有限公司成立於 1989 年，主力產品為工廠自動化輔助系統、通訊整合系統等，近年將目標轉向雲端系列產品、主要目標市場為東南亞之電力、電信網絡、工業自動化等特殊業務應用。其多功能電子標籤產品 AT503-4K 曾獲第 14 屆經濟部中小企業創新研究獎。上尚科技於東南亞市場布局已久，於泰、馬、印度、印尼皆有設廠，為進一步提升其系統附加價值，於 2013 年起開始自主研發設計 IEEE 1588 主時鐘。

國家時間與頻率標準實驗室提供上尚科技 IEEE 1588 相關知識諮詢，協助建立其 IEEE 1588 主時鐘架構，及針對各市場需求之設計建議，同時協助測試其設備性能及相容性。

(4.2.2) 結果

2016 年上尚科技依循本實驗室建議，以其 IEEE 1588 主時鐘產品原型參加國際精確時鐘同步研討會 (International IEEE Symposium on Precision Clock Synchronization for Measurement, Control and Communication, ISPCS) 之互通性測試大會(Plugfest)，並順利通過電力、電信組態互通性測試。

(4.2.3) 自評與建議

上尚科技股份有限公司相關人員表示，東南亞市場尚未成熟但據相當潛力，其公司極願響應政府之南向政策，開發東南亞市場，希望政府可提供政策指引及聯絡窗口，以利市場拓展。



上尚科技股份有限公司之 IEEE 1588 主時鐘產品

三、結論與建議

- (一) TL 長期維持時間與頻率之國家標準，並善盡維持世界時頻標準之責任。
雖標檢局委辦經費不足，幸在中華電信之支持下設備得以汰舊更新，故所維持時頻標準之穩定度及準確度，與亞洲地區主要國家時頻實驗室相較，雖不遑多讓但吃力感已日重。
- (二) 本實驗室所提供多項時間同步服務，廣受社會大眾重視與使用，尤其網路校時服務每日服務流量已超過 2.2 億次，服務對象除涵蓋台灣地區之公、私立機關、學校、銀行、公司行號外，甚至在大陸地區之台商及國外機構等亦多所連結。提供精密儀器設備之頻率標準件校正服務，為國內各級時頻標準實驗室之追溯源。服務對象包括檢測實驗室、國防科技、電力公司、半導體產業、精密工業、電子產業、健康科技等產業。另提供通行全球約九十餘經濟體之全球相互認可的校正能量，並透過財團法人全國認證基金會(TAF)認可之二級實驗室傳遞國家量測標準，支援數億元檢測市場之規模。
- (三) 度量衡業務是憲法層級所定義，為國家建設的重要基石，國家標準實驗室為全國最高計量標準及國家計量政策之提供者。攸關產品及研發的品質、校正標準之追溯基礎，民生福祉、乃至尖端科技的研發與精進。
- (四) 參加 CCTF TWSTFT pilot study 及 CCTF 相關工作小組，實為長期以來實驗室同仁們共同的努力付出，辛苦建立起國際形象與影響力的展現。
- (五) 國家標準時間之服務目前已成功地推廣至許多機關使用並廣受好評，實驗室未來將持續提供高品質之標準時間信號供有需求之機關使用並提供相關技術支援與協助，但因本公司已民營化，在營運成本考量下無法像之前可投入大量經費挹注，未來建議由委辦機關增加相關推廣經費，以因應社會大眾之需求。
- (六) 民國 105 年度實驗室在人力、經費緊縮情況下，仍全力以赴，完成查核點及各項目標！

肆、附件

- (一) 新台幣一百萬元以上儀器設備清單
- (二) 各種報告一覽表(包括技術報告、論文、研討會一覽表)
- (三) 計畫執行成果摘要表(包括技術報告、論文等)
- (四) 標準能量統計表
- (五) 經濟部標準檢驗局度量衡及認證類委辦科技計畫績效評估報告
- (六) 滿意度統計

(一)國家標準實驗室計畫新台幣一百萬元以上儀器設備清單

儀器設備名稱	主要功能規格	平均單價	數量	總價	備註
無一百萬以上設備					

(二) 各種報告(技術報告、論文、研討會、出國報告、技術創新)

論文一覽表

項次	編號	論文名稱	刊出日期	作者	期刊(會議)名稱	國家
期刊 (SCI)	1	Stability improvement of an operational two-way satellite time and frequency transfer system	2016.3	黃毅軍、 Miho Fujieda、 Hiroshi Takiguchi、曾文宏、 曹恒偉	Metrologia 53(2)	BIPM
國際研討會 (EI reference)	1	TWSTFT Results by using Software-Defined Receiver Data	2016.4	黃毅軍、 曾文宏、 林信嚴、 Sung-hoon Yang、 Miho Fujieda	30 th EFTF	英國
國際研討會 (EI reference)	2	Introduction of Software-Defined Receivers in Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer	2016.5	黃毅軍、 曾文宏、 林信嚴、 Sung-hoon Yang、 Miho Fujieda	IEEE International Frequency Control Symposium 2016	美國
國際研討會 (EI reference)	3	A Quality Factor Enhanced Dual-loop Optoelectronic Oscillator	2016.06	曾文宏 馮開明	IEEE International Frequency Control Symposium 2016	美國
國際研討會 (EI reference)	4	A TWSTFT calibration guideline and the use of a GPS calibrator for UTC TWSTFT link calibrations	2016.01	Z. Jiang, D. Matsakis, V. Zhang, H. Esteban, D. Piester, 林信嚴, E. Dierikx	2016 Precise Time and Time Interval Conference	美國
國際研討會 (EI reference)	5	A Paper Clock Prediction Model for UTC(TL)	2016.04	林信嚴	2016 European Frequency and Time Forum	英國

國際研討會 (EI reference)	6	A New Scheme of TWSTFT Receiver for Multiple Access Interference Suppression	2016.07	黃毅軍 曹恒偉 林晃田 廖嘉旭	IEEE CPEM 2016	加拿大
國際研討會 (EI reference)	7	Primary Reference Time Clocks Performance Monitoring Using GNSS Common-View Technique in Telecommunication Networks	2016.10	王嘉綸 蕭師基 曾文宏 廖嘉旭 胡秀芳	2016 APNOMS (Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium)	日本
國際研討會	1	GPS Phase Fluctuations over Tromso, Norway in the Low Solar Activity Year	2016.05	陳瑋陞 李建志 褚芳達	2016 Taiwan Geosciences Assembly (TGA)	台灣
國內期刊	1	國家時頻標準實驗室之頻率校正品保方案	2016.11	林晃田、張博程、廖嘉旭	量測資訊雙月刊 172 期	台灣
兩岸研討會	1	低成本的 GPS 遠端國家標準時間與頻率追溯系統	2016.11	王嘉綸 廖嘉旭	11 th Cross-Strait Metrology Conference	台灣

文件報告一覽表

編號	報告名稱	刊出日期	頁數	語言	作者
1	GNSS 接收機儀器位準穩定性與溫度關聯性研究報告	105.05	35	中文	褚芳達
2	中華電信研究院至 50 GHz 的微波頻率量測技術之可行性	105.08	10	英文	邱紫瑜等
3	完成研發接收機量測技術提升國際衛星雙向傳時比對穩定度	105.09	6	英文	黃毅軍
4	透過未來電信網路傳遞精準時間評估分析	105.10	9	英文	曾文宏
5	短基線遠端時頻比對追溯評估報告	105.10	30	中文	王嘉綸
6	光梳頻率量測系統於國家實驗室之建置	105.11	13	中文	張博程
7	低頻無線時頻傳播系統研發計畫結案報告	105.12	168	中文	劉家宏

研討會/說明會與展示一覽表

編號	研討會、說明會或展示名稱	地點	主辦單位	起迄日期 (民國)	人次	型態
1	主辦2016年MEDEA-Kickoff workshop系列活動	中華電信研究院	中華電信研究院	105.09.28~ 105.09.29	25	國際訓練
2						
3						

(四) 研究成果統計表

計畫類別/ 績效指標	A 論文	B 研究團隊養成	C 博碩士 培育	D 研究 報告	E 辦理學 術活動	F 形成 教材	G 專利	H 技術 報告	I 技術活 動	J 技術 移轉	K 規範/ 標準制 訂	L 促成 廠商投 資	M 創新業 或模式建 立	N 協助 提升我 國產業 全球地 位	O 共通/ 檢測 技術服 務	P 創業 育成	Q 資訊服 務	R 增加 就業	S 技術服 務	其它
101 年 實際	13 篇 (國際 13 篇)		內部進 修:2 博碩士 生:2		說明會: 2		獲得:1 申請:1	8 件	參與國 際研討 會 4 次					國際 比對 4 項			網路校 時:>900 萬次/日		校正服務: 77 件;	
102 年 實際	14 篇 (國際 14 篇)		內部進 修:3 博碩士 生:2		國際研 討會:1 國際會 議:1		獲得:1 申請:1	9 件	參與國 際研討 會 4 次					國際 比對 5 項(進 行中)			網路校 時:>2000 萬次/日		校正服務: 62 件;	
103 年 實際	12 篇 (國際 2 篇)		內部進 修:3 博碩士 生:2		國際研 討會:2 國際會 議:1		獲得:1 申請:1	7 件	參與國 際研討 會 3 次					國際 比對 4 項			網路校 時:>2200 萬次/日		校正服務: 73 件;	
104 年 實際	11 篇 (國際 11 篇)		內部進 修:3 博碩士 生:1		說明 會:2 國際研 討會:1		獲得:1	8 件	參與國 際研討 會 5 次					國際 比對 4 項			網路校 時:>2 億 次/日		校正服務: 81 件;	
105 年 目標	8 篇 (國際 8 篇)		內部 博碩士 生:1					7 件	參與國 際研討 會 4 次					國際 比對 3 項			網路校 時:>2.1 億次/日		校正服務: 50 件;	
105 年	11 篇 (國際 9 篇)		內部進 修:2 博碩士 生:0		國際訓 練會 議:1			7 件	參與國 際研討 會 5 次					國際 比對 4 項			網路校 時:>2.2 億次/日		校正服務: 62 件;	

實際的績效指標

	績效指標	年度目標產出	實際產出
學術成就	A 論文	數量：國際期刊論文 1 篇 國際研討會論文 7 篇 一般論文 0 篇	數量：國際期刊論文 1 篇 國際研討會論文 8 篇 中文期刊論文 1 篇 兩岸研討會論文 1 篇
	B 研究團隊養成		
	C 博碩士培育	內部培訓 1 博士生人。	有各大專院校博碩士生 0 人進行合作研究、內部培訓 2 博士生人。
	D 研究報告		
	E 辦理學術活動		
	F 形成教材		
技術創新	G 專利		
	H 技術報告	數量：技術報告 7 篇	數量：技術報告 7 篇
	I 技術活動	參與國際重要度量衡組織活動 4 項；	參與國際重要度量衡組織活動 5 項
	J 技術移轉		
	S 技術服務	技術服務： 高精度時頻標準器校正 50 件 (技術服務收入 60 萬)	技術服務： 高精度時頻標準器校正 62 件 (技術服務收入約 80.4 萬)
經濟效益	K 規範/標準制訂		
	L 促成廠商投資		
	M 創新產業或模式建立		
	N 協助提升我國產業全球地位	維持全球相互認可協議： ● 參與國際量測比對 3 項； ● 校正與量測能量 8 項登錄於 BIPM 資料庫； 維持 CGPM 仲會員資格、 維持亞太計量組織(APMP)之會員資格、	進行參與國際量測比對中 3 項； 校正與量測能量 10 項已登錄於 BIPM 資料庫。 維持全球相互認可協議： 維持 CGPM 仲會員資格、 維持亞太計量組織(APMP)之會員資格

	績效指標	年度目標產出	實際產出
經濟 效益	O 共通/檢測技術服務		
	T 促成與學界或產業團體合作研究		
	U 促成智財權資金融通		
社會 影響	V 提高能源利用率		
	W 提升公共服務		撥接式電腦校時系統提供公共電視、廣播電台、民航局各航空站航管系統之時間同步及資料記錄之時間標示，每日紀錄航管資料數萬筆。
	X 提高人民或業者收入		
	P 創業育成		
	Q 資訊服務	提供網際網路校時服務 (Network Time Protocol, NTP) 平均 <u>2 億次/天</u> ；更新及維護國家度量衡標準實驗室網站，平均每月進站人數 <u>8,000 人次</u> 以上；	提供平均網際網路校時服務 (Network Time Protocol, NTP) 超過 <u>2.2 億次/天</u> ；更新及維護國家度量衡標準實驗室網站，平均每月使用網站人數 <u>30,000 人次</u> 以上；
	R 增加就業		
	Y 資料庫		
	Z 調查成果		
AA 決策依據			

成果摘要表

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院	執行期間	105 年 1 月至 105 年 6 月	
主持人	楊文豪	協同主持人	廖嘉旭	
分項主持人		連絡電話	(03)424-4441	
成果名稱	中文			
	英文	Stability improvement of an operational two-way satellite time and frequency transfer system		
撰 寫 人	黃毅軍	Miho Fujieda	Hiroshi Takiguchi	
	曾文宏	曹恒偉		
撰寫日期	中華民國 105 年 3 月 31 日		撰寫語言及頁數	英文 10 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	two-way satellite time and frequency transfer			
	diurnal effect			
	software-defined radio receiver			
內容摘要：				
<p>To keep national time accurately coherent with universal coordinated time (UTC), many national metrology institutes (NMIs) use two-way time and frequency transfer (TWSTFT) to continuously measure the time difference with other NMIs over an international baseline. Some NMIs have ultra-stable clocks with stability better than 10^{-16}. However, current operational TWSTFT can only provide frequency uncertainty of 10^{-15} and time uncertainty of 1 ns, which is inadequate. The uncertainty is dominated by the short-term stability and the diurnals, i.e. the measurement variation with a period of one day. The aim of this work is to improve the stability of operational TWSTFT systems without additional transmission, bandwidth or increase in signal power. A software-defined receiver (SDR) comprising a high-resolution correlator (HRC) and successive interference cancellation (SIC) associated with open-loop configuration as the TWSTFT receiver reduces the time deviation from 140 ps to 73 ps at averaging time of 1 h, and occasionally suppresses diurnals. To study the source of the diurnals, TWSTFT is performed using a 2x2 earth station (ES) array. Consequently, some ESs sensitive to temperature variation are identified, and the diurnals are significantly reduced by employing insensitive ESs. Hence, the operational TWSTFT using the proposed SDR with insensitive ESs achieves time deviation to 41 ps at 1 h, and 80 ps at averaging times from 1 h to 20 h.</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 6 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	TWSTFT Results by using Software-Defined Receiver Data		
撰寫人	黃毅軍		曾文宏	
	Sung-hoon Yang		Miho Fujieda	
撰寫日期	中華民國 105 年 4 月 4 日		撰寫語言及頁數	英文 4 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	two-way satellite time and frequency transfer			
	diurnal effect			
	software-defined radio receiver			
<p>內容摘要：</p> <p>The precision of two-way satellite time and frequency transfer (TWSTFT) is currently limited due to instabilities of signal arrival time. We use a software-defined receiver to measure the arrival time of code signal transmitted by SATRE modem, and then we found it exhibits the capacity against the TWSTFT diurnal variations. The SDR systems have been successfully installed and performed at TL, NICT and KRISS. The SDR results show excellent suppression on the diurnals. For data of the KRISS-TL link, the TDEV of the SATRE modem shows a peak of 135 ps at 8 hours, where the TDEV of SDR is only 38 ps.</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 6 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	Introduction of Software-Defined Receivers in Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer		
撰 寫 人	黃毅軍		曾文宏	林信嚴
	Sung-hoon Yang		Miho Fujieda	
撰寫日期	中華民國 105 年 5 月 9 日		撰寫語言及頁數	英文 5 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	two-way satellite time and frequency transfer			
	diurnal effect			
	software-defined radio receiver			
內容摘要： The precision of two-way satellite time and frequency transfer (TWSTFT) is currently limited due to unstable measurement of the signal arrival time. To improve the TWSTFT precision without interrupting the main system, we introduce the software-defined receiver (SDR) to measure the arrival time of the code signal. The SDRs have been successfully installed among TL, NICT and KRISS, and time-difference results for more than 20 days were obtained and compared. From the results, the SDR has better precision and less diurnal, even when an earth station suffered from a bad condition.				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	A Quality Factor Enhanced Dual-loop Optoelectronic Oscillator		
撰寫人	曾文宏		馮開明	
撰寫日期	中華民國 105 年 5 月 10 日		撰寫語言及頁數	英文 5 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	radio frequency; oscillators; optoelectronics; microwave photonics; quality factor			
內容摘要：				
<p>A conventional dual-loop optoelectronic oscillator (OEO) usually employs a long and a short optical fiber loops. However, the equivalent quality factor (Q) of a dual-loop OEO actually acts as an average of the long-loop's high Q and the short loop's low Q. Then, the quality factor of a dual-loop OEO is somewhat affected by the short loop. In this paper, we propose an improved OEO that uses a long optical fiber as a common path to construct dual fiber loops. The measurement results show that the proposed OEO can generate a pure signal with phase noise of -82 dBc/Hz at 10-Hz offset. And, the structure is also helpful to suppress the spurious modes.</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	101-1403-05-05-09			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4931
成果名稱	中文			
	英文	A Paper Clock Prediction Model for UTC(TL)		
撰寫人	林信嚴			
撰寫日期	中華民國 105 年 4 月 3 日		撰寫語言及頁數	英文/4 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	UTC, Time Scale,			
<p>內容摘要：</p> <p>A modified paper clock timescale weighted after removing the linearized frequency drift of each cesium clock in TL 's 12-cesium-clock ensemble is used to be the mid-term prediction reference before the next coming BIPM Circular T announcement. After removing the frequency drift pattern according to Circular T announcements, the noise type of each cesium clock in ensemble is dominated by white noise when the average time was less than about 100 days. To achieve approximately equal weighting and rational upper limit, an inversely exponential weighting procedure is also used to weight each cesium clock according to the inversely exponential function of their Allan variance; for our 12-cesium-clock ensemble, a 4 years test shows the phase error of the paper clock time scale is less than 10 ns in 45 days prediction.</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	101-1403-05-05-09			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4931
成果名稱	中文			
	英文	A TWSTFT calibration guideline and the use of a GPS calibrator for UTC TWSTFT link calibrations		
撰寫人	Z. Jiang,		D. Matsakis,	V. Zhang,
	H. Esteban,		D. Piester,	林信嚴
	E. Dierikx			
撰寫日期	中華民國 105 年 1 月 24 日		撰寫語言及頁數	英文/12 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	TWSTFT, GPS time link calibration, Calibration Guidelines, Uncertainty,			
	TCC calibration, METODE			
<p>內容摘要：</p> <p>Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer (TWSTFT) links were first introduced to Coordinated Universal Time (UTC) generation in 1999 [1,19]. These TWSTFT links were calibrated by alignment with the corresponding GPS time links, of which the nominal uncertainty was 5 ns. In the past decade, the primary calibration technique for TWSTFT link calibrations was based on a TWSTFT mobile ground station (MS) with uncertainty at the level of 1 ns [2, 3, 15, 21, 22]. The use of an MS for TWSTFT link calibration is limited by the availability of an MS, a common satellite transponder, transportation, and high cost. For example, due to the lack of a common transponder, an MS cannot be used for a stand-alone calibration of the NIST-PTB link (the link between the National Institute of Standards and Technology (NIST) and the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)). Therefore, alternative techniques have been proposed and validated in recent years. In 2008, investigations for improving GPS time link calibrations were performed [4, 5]. In 2011 this triggered the BIPM (International Bureau of Weights and Measures) to carry out a pilot study on using GPS link calibrations for the UTC TWSTFT time links [6]. The study concluded that a link calibration uncertainty of 1.5 ns is attainable [8-14, 20, 26]. Given this, the ‘TWSTFT Calibration Guidelines for the UTC Time Links’ [7] recognizes the GPS link calibration as an alternative technique for calibration of TWSTFT links. In this paper, we first outline the new TWSTFT Calibration Guidelines for UTC Time Links</p>				

(v3.0) [7], which was approved at the 23rd meeting of the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF) Working Group on TWSTFT. It authorizes several techniques, including the GPS link calibration [10,27] and the Tringale Closure Calibration (TCC) [18,25]. We then discuss the attainable uncertainty of the GPS calibration [14,16,17]. Finally we provide in the Annex an example report of using a GPS calibrator for a typical UTC time link calibration based on the US Naval Observatory (USNO) and PTB, UTC(USNO)-UTC(PTB), TWSTFT link calibration [23,26]. Here we describe the characteristics of BIPM' s Measurement of Total Delay (METODE) Global Navigation Satellite System (GNSS) calibrator, its setup at a UTC laboratory, Lab(*k*), measurements, and its results. In this calibration, the GPS result differs from that of the TWSTFT MS by 0.9 ns with an uncertainty of 1.5 ns.

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表

論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院	執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月	
主持人	楊文豪	協同主持人	廖嘉旭	
分項主持人		連絡電話	(03)424-4441	
成果名稱	中文			
	英文	A New Scheme of TWSTFT Receiver for Multiple Access Interference Suppression		
撰 寫 人	黃毅軍	曹恒偉	林晃田	
	廖嘉旭			
撰寫日期	中華民國 105 年 7 月 1 日	撰寫語言及頁數	英文 2 頁	
解密期限	中華民國 年 月底解密	機密級	普通	
關鍵詞	Time dissemination			
	Time of arrival estimation			
內容摘要：				
<p>The two-way satellite time and frequency transfer (TWSTFT) is one of the most precise methods for international time and frequency comparisons. Due to the multiple access interference (MAI), the stability of TWSTFT could be degraded. To suppress the MAI for improving the measurement stability, we proposed a new scheme of TWSTFT receiver by implementing the successive interference cancellation procedure on the software-defined receiver. The results improvement with our proposed scheme is demonstrated in this paper.</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	國家時頻標準實驗室之頻率校正品保方案		
	英文			
撰寫人	林晃田		張博程	
			廖嘉旭	
撰寫日期	中華民國 105 年 11 月 20 日		撰寫語言及頁數	中/英文 6 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	頻率校正, 量測品保			
內容摘要：				
<p>振盪頻率是現代資訊電子設備的核心，時頻同步系統更是資通訊產業重要基礎建設。本實驗室主要任務為建立、維持及傳遞國家時間與頻率標準。為因應近年來電子及資通信產業之頻率追溯需求，我們將頻率校正服務的範圍，逐步由 1 Hz 至 300 MHz 提升到微波頻段的 40 GHz。而針對不同頻段的校正系統，我們則以相同的概念規劃品保方案，主要包括標準信號的準確度管制及校正穩定度之定期查驗。透過長期量測評估，確認此品保方案確實可行，校正服務之品質制度也持續通過 TAF 及國際專家同儕的評鑑。</p> <p>本文內容介紹各頻段之頻率校正原理、品保方案之規劃及目前品質系統維持現況。</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	Primary Reference Time Clocks Performance Monitoring Using GNSS Common-View Technique in Telecommunication Networks		
撰寫人	王嘉綸		蕭師基	
	曾文宏		胡秀芳	
撰寫日期	中華民國 105 年 7 月 15 日		撰寫語言及頁數	英文 4 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	Primary Reference Time Clock; Coordinated Universal Time; Common-view;			
	Global Navigation Satellite System			
內容摘要：				
<p>In recent years, there has been a dramatic demand for stringent time/phase synchronization due to the continuing evolution of mobile network technologies. The primary reference time clock (PRTC) located in core centers provides reference time and phase synchronization signal traceable to a recognized time standard UTC(*) for other clocks within the telecommunication networks. The performance monitoring to secure stringent time/phase is a key point for providing better Quality-of-Services (QoS) in LTE / LTE-Advanced networks. In this paper, we demonstrate PRTC time/phase accuracy monitoring against UTC(*) with our proposed time comparison system for assuring network performance. Furthermore, the system can also be used to remotely calibrate the PRTC by GPS common-view technique. The performance of GNSS-based PRTC is evaluated with direct measurement mode and the GNSS common-view mode by our proposed system, respectively. The analytical results show that the proposed system offers a worthy performance monitoring and remote calibration schemes for monitoring GNSS-based PRTCs cloud in telecommunication networks.</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	低成本的 GPS 遠端國家標準時間與頻率追溯系統		
	英文			
撰寫人	王嘉綸		廖嘉旭	
撰寫日期	中華民國 105 年 8 月 30 日		撰寫語言及頁數	中文 5 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	時頻追溯、遠端校正、GPS、時標			
<p>內容摘要：</p> <p>近年來，時間與頻率同步應用的顯著增加，促使精確時頻同步及標準追溯成為許多領域中必備之要求。為滿足高精度與更多可用時間及相位信號日趨嚴格之要求，如何評估時頻同步信號性能及維持追溯至國家計量機構(NMI：National Metrology Institute)就顯得相當重要。本文提出一低成本的 GPS 遠端國家標準時間與頻率追溯系統，此系統經評估後宣稱可量測時間與頻率之總不確定度(追溯至 UTC(TL))分別為 40 ns 及 9.5×10^{-14}。如此性能表現可應用於分散式架構如網路通訊、區域性計算、分佈式對象等精密控制與量測中所需的精確同步時鐘性能評估與追溯國家標準。故此系統滿足各領域以低成本且有效的方式來維持本身有限精度及穩定度的時標(Time Scale)。</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	GPS Phase Fluctuations over Tromso, Norway in the Low Solar Activity Year		
撰寫人	陳瑋陞		李建志	
			褚芳達	
撰寫日期	中華民國 105 年 5 月 日		撰寫語言及頁數	中/ <input checked="" type="checkbox"/> 英文 1 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	Ionospheric irregularities			
	Global Positioning Satellite System			
	GPS phase fluctuations			
內容摘要：				
<p>This study investigated GPS phase fluctuations over the high-latitude site, Tromso, Norway during the year 2007 when the solar activity is low. The phase-fluctuation index F_p was used to characterize GPS phase fluctuations. This index essentially is the magnitude of differences of Total Electron Content (TEC), which represents the irregularities with the scale size about 10 km. The investigations include the climatology of F_p, the relation between F_p and K_p, and comparing the F_p with the ionospheric electron density obtained from the EISCAT incoherent scatter radar and the COSMIC satellite. The main results are that the $F_p \geq 50$ events (active GPS phase fluctuations) occur frequently in all months but the occurrences in summer are lower than that in other seasons. On the other hand, the $F_p \geq 200$ events (highly active GPS phase fluctuations) tend to occur in the equinox months. The $F_p \geq 50$ and $F_p \geq 200$ events both are concentrated in the 18-03 LT period, which coincides with the time that Tromsø is inside the auroral oval. This indicates that the $F_p \geq 50$ is related to the aurora (particle precipitation). For the relation between F_p and K_p, the result shows that the maximal F_p and the $F_p \geq 200$ occurrences both increase as K_p increases, which indicates the intensity of GPS phase fluctuations controlled by the magnetic activity. Finally, the radar observation shows that the $F_p \geq 50$ occurs when the structures of the E region electron density sudden appear or extend to higher altitudes. This implies that particle precipitation will create irregular electron density structures, which distribute from the E to the F region and may induce the $F_p \geq 50$. This is also supported by the COSMIC electron density profile.</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	GNSS 接收機儀器位準穩定性與溫度關聯性研究報告		
	英文			
撰寫人	褚芳達			
撰寫日期	中華民國 105 年 5 月 日		撰寫語言及頁數	<input checked="" type="checkbox"/> 中/ 英文 35 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	全球導航衛星系統 (Global Navigation Satellite System)			
	儀器位準偏差 (Instrumental bias)			
	電離層不規則體 (Ionospheric irregularities)			
內容摘要：				
<p>電離層全電子含量會對電磁波產生折射效應，造成電磁波傳播訊號延遲，是誤差的重要來源。用 GNSS 雙頻接收機觀測資料來決定電離層全電子含量，即可決定電磁波訊號延遲時間。但要以 GNSS 雙頻接收機觀測全電子含量，需要先知道接收機與衛星的儀器位準偏差，這是儀器處理不同頻率訊號時的時間差異 (frequency-dependent instrumental bias)，通常以 differential code bias (DCB) 表示。本研究探討 GNSS 接收機儀器位準穩定性與溫度關聯性。已完成單一 GNSS 接收機儀器位準值的估算方法，在電離層環境穩定的寧靜情況下，能估算出可靠的接收機儀器位準值，與國際機構所發布的接收機儀器位準值相差在 1 ns 內，符合儀器位準估算值變異之常態範圍。並發現當電離層環境不穩定時，國際機構所估算接收機儀器位準值的精準度會受影響，尤其是低緯度地區觀測站之接收機儀器位準值很可能精準度欠佳。亦即，GNSS 接收機儀器位準估算值的穩定性與電離層的穩定性有關。至於接收機儀器位準與溫度之間的關聯性並不明顯，除非是在太陽活動性下降至極為寧靜時期，否則看不到儀器位準值隨溫度變化之關係。可能是接收機儀器位準值隨溫度的變化程度，比起儀器位準估算值本身的誤差，要小很多。此外，高太陽活動性會激發高電離層擾動性。接收機儀器位準估算方法的瑕疵可能使得儀器位準估算值隨著太陽活躍程度的增加而增加；這種儀器位準估算值的誤差來源，值得未來進一步探討。再者，高太陽活動期春秋季接收機儀器位準值較高之現象可能不具儀器電氣特性上的實際意義，而只是反映出春秋季電離層擾動程度比冬夏季者高。另外，接收機儀器電氣特性之長期衰老趨勢（與太陽活動性沒有關係）可能呈線性或某種形式之持續增加或減少儀器位準水平。</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表

研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院	執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月	
主持人	楊文豪	協同主持人	廖嘉旭	
分項主持人		連絡電話	(03)424-4441	
成果名稱	中文	中華電信研究院至 50 GHz 的微波頻率量測技術之可行性探討		
	英文	Up to 50 GHz Microwave Frequency Measurement Using Down-Convert Technique at Telecommunication Laboratories, Taiwan		
撰寫人	廖嘉旭			
撰寫日期	中華民國 105 年 8 月 5 日	撰寫語言及頁數	英文 10 頁	
解密期限	中華民國 年 月底解密	機密級	普通	
關鍵詞	telecom synchronization network, mobile network, network asymmetry, IEEE 1588, boundary clock			
<p>內容摘要：</p> <p>The initial setup of TL' s microwave frequency measurement system was a microwave signal synthesizer (~40 GHz) and a microwave counter (~46 GHz) by using direct frequency measurement, but the resolution of this method couldn' t meet the requirement for calibrating a device under test (DUT) with high frequency accuracy. Therefore, we developed an indirect measuring method, utilizing down-convert technique, for microwave frequency measurement with better resolution in 2012 [1]. In that system, a HP 83630L signal generator was served as a DUT to output the nominal frequency signal (~26.5 GHz) for measurement, and the Agilent E8257D synthesizer was adjusted accordingly to generate a constant difference frequency output (10 MHz) from the mixer. The SR620 time interval counter, rather than a microwave counter, was adopted in our frequency down-convert technique since 2012. In 2014, an amplified doubler was used to extend the DUT' s output frequency to the upper limit (40 GHz) of the E8257D synthesizer, so the measurement capability of our system was upgraded to 40 GHz. In this study, we followed our prewise concept, but changed some of the equipment setup, to further extend the measurement range to 50 GHz. The uncertainty budget was also discussed in this article.</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表

研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	完成研發接收機量測技術提升國際衛星雙向傳時比對穩定度		
	英文			
撰 寫 人	黃毅軍			
撰寫日期	中華民國 105 年 9 月 1 日		撰寫語言及頁數	英文 6 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	software-defined radio			
	Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer			
內容摘要：				
<p>This guideline contains parts of the instruction of the software-defined radio (SDR) receiver installation, provided by Telecommunication Laboratories, Chunghwa Telecom Co., Ltd. By following this guideline, one can build and operate the SDR receiver software for Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer applications. The definitions of the SDR output are given, so that one can utilize, compare, and analyze the exported data for research and scientific use.</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	短基線遠端時頻比對追溯評估報告		
	英文			
撰寫人	王嘉綸			
撰寫日期	中華民國 105 年 10 月 1 日		撰寫語言及頁數	中文 30 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	Allan Deviation、Coordinated Universal Time、GNSS、GPS Common-View、			
	Time deviation			
<p>內容摘要：</p> <p>通訊技術之快速發展，對於頻率以及時間準確度的要求與日俱增。隨著即時服務與高速可靠資料傳輸需求的增加，精確時間同步對於電信網路系統的效能是相當重要的，因為精確的時間及頻率同步可確保系統能夠正確地傳送及接收資料。報時系統中主要的核心為時間產生系統，用來產生標準時間信號提供至各系統及設備做為參考時間源。而時間產生系統的參考源是採用 3 部銫原子鐘做為參考時間源，經隔離器和時間碼產生器後，再藉由分配放大器將標準時間碼信號傳遞至各處終端使用。由於原子鐘信號的穩定度主宰了報時系統整體的性能，因此需定期對原子鐘的性能進行評估以確保其短中長期的穩定度。此外，報時系統所傳遞的為標準時間，有必要建立與國家標準時間比對的追溯鏈路，以維持其追溯正確性。為強化 117 報時系統運行的穩定性及建立時間追溯鏈路，乃進行短基線 GPS 遠端時間監測計畫，來評估異地參考時間源追溯的可行性，用以加強參考時間源(Time Source)監測以及維持系統標準時間的追溯性。</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表

研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	透過未來電信網路傳遞精準時間評估分析		
	英文	Analysis of Precise UTC Dissemination through Future Telecom Synchronization Networks		
撰寫人	曾文宏			
撰寫日期	中華民國 105 年 10 月 5 日		撰寫語言及頁數	英文 9 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	telecom synchronization network, mobile network, network asymmetry, IEEE 1588, boundary clock			
<p>內容摘要：</p> <p>Precise time has been an essential service for the coming critical infrastructures. The development of telecommunication synchronization networks may facilitate the use of precise time, which will be a great benefit to a large number of devices connected to the Internet. This report introduces a preliminary work to evaluate the dissemination of precise time reference through a potential telecom synchronization network. With synchronous Ethernet and IEEE1588v2 on-path support (including Telecom Boundary Clocks), time transfer can be accurate at the level of 100 ns. The other challenges of compensating network asymmetry and establishing traceability to Coordinated Universal Time (UTC) are discussed in the report.</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表

研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	104-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	光梳頻率量測系統於國家實驗室之建置		
	英文			
撰寫人	張博程			
撰寫日期	中華民國 105 年 11 月 10 日		撰寫語言及頁數	中文 13 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	光纖光梳雷射、鈦藍寶石光梳雷射、光學拍頻架構、準確性失真			
<p>內容摘要：</p> <p>我們於 2014 年下旬開始研究建置光梳雷射可行的做法，並於該年對外的委託研究計畫案期末報告徵詢中央大學物理系光梳雷射光譜實驗室鄭王曜教授的建議。傳統上應用於精密光頻量測的鈦藍寶石光梳雷射雖然具備功率高(數十瓦以上)的好處，但其設備架構太龐大與複雜，若冒然引入國家實驗室而未能訓練足夠專業背景的操作人員恐有不易維護的困擾，經評估較不適合轉移到中華電信研究院。另一種方式是向工研院量測中心購買摻鉕光纖光梳雷射(erbium-doped fiber comb laser)，其展頻出來的信號在頻譜上分佈於 1100~2200 nm，符合通信波段的範圍，其功率亦可達到 100 mW。後者主要的優勢是光纖光梳雷射較鈦藍寶石光梳雷射所佔體積小且重量輕，在移動或搬運後不需花費太多時間重新調整；優勢之二是該設備係國內科研機構自行開發的成熟商品，未來在維修或技術支援上有一定保障；優勢之三是價格較國外同級品至少便宜一半以上。前述兩種方式經內部討論後決定引進後者來符合本實驗室的需求。因此於 2015 年初提出以光纖光梳雷射為核心搭配相關光學&微波設備所構成的光學拍頻架構以建置光頻量測系統，並於同年九月完成基礎建置與初步測試。雖然已成功量得待測雷射的頻率值，但隨後發現量測架構的設計仍有考慮不周之處。例如待測雷射與光纖光梳雷射的拍頻信號轉換成電訊號後的功率太低且帶其他的雜訊，造成不易讀取量測數據或量測結果準確性失真，因此需要在拍頻架構中加入濾波及功率放大等相關元件改善前述的情況。這個問題已於 2016 年透過相關元件的加入及架構的調整獲得有效的改善。</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表

研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	104-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	低頻無線時頻傳播系統研發計畫結案報告		
	英文			
撰寫人	劉家宏		沈俊銘	
	郭又禎		吳思賢	
撰寫日期	中華民國 105 年 12 月 10 日		撰寫語言及頁數	中文 13 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	光纖光梳雷射、鈦藍寶石光梳雷射、光學拍頻架構、準確性失真			
<p>內容摘要：</p> <p>中華電信研究院多年來執行經濟部標準檢驗局(標檢局)委託建置與維持「國家時間與頻率標準實驗室」,TAI 國際權重近期排名維持全球前五名。為有效推廣運用與國際接軌之國家時間與頻率標準,本所接受標檢局委辦「低頻無線時頻傳播系統建置計畫」,本計畫之目標為規劃及設計一座「低頻無線時頻傳播系統」,進行建置先期規劃與相關應用評估,結合高精度的國家標準時間,研製時間碼產生設備及公共民生廣播伺服器,以提供公共民生廣播之創新服務並建置低頻智慧化生活示範區,推動公部門之公共民生廣播服務合作。低頻無線時頻傳播系統同時涵蓋民生、通信、資訊、醫療、乃至環保等領域,藉由此一傳播系統不僅可以低頻無線方式提供全國民眾自動校時與時間同步,更可提供氣象服務、公眾緊急告警防災服務、及節能控制服務等公共民生廣播之創新服務;進而提昇生活品質,增進產業的競爭力。由於低頻接收終端具有低成本且能輕易地接收低頻訊息的便利性,因此必能深植民心引起廣泛應用。</p> <p>本文章節安排如下:第 5 章介紹本計畫執行摘要,包括第一階段「低頻無線時頻傳播系統建置計畫」及第二階段「低頻無線時頻傳播系統於國家標準時間之應用研究」;第 6 章介紹第一階段重要執行成果,包含「低頻無線時頻傳播系統建置」及「時間碼產生設備技術研發」兩大類;第 7 章第二階段重要執行成果,包含地震速報時間碼格式與創新服務研發等內容;第 8 章為歷年具體產出彙總,包含論文、專利及研究報告;第 9 章為低頻無線時頻傳播服務應用推廣,包含台北花卉博覽會低頻服務示範活動等。最後是本篇結案報告的結論。</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 出國報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	104-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所	執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月	
主持人	楊文豪	協同主持人	廖嘉旭	
分項主持人		連絡電話	(03)424-4931	
成果名稱	中文	『赴英國 York 參加 2016 EFTF 研討會暨 CCTF WG meeting』出國報告		
	英文			
撰 寫 人	林信嚴			
撰寫日期	中華民國 105 年 6 月 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密	機密級	普通	
關鍵詞	EFTF, CCTF, BIPM, TWSTFT, SDR, UTC			
內容摘要：				
<p>本次出國之主要任務是赴英國 York 參加 2016 EFTF 研討會發表發表二篇論文『A Paper Clock Prediction Model for UTC(TL)』、『TWSTFT Results by Using Software-Defined Receiver Data』，並於會議期間出席 CCTF WGTWSTFT PS meeting、WGGNSS WG meeting、SGOF Meeting、及 2016 iFCS TPC meeting。</p> <p>EFTF 研討會為歐洲時頻界針對頻率與時間領域所召開的國際研討會，本次會議討論議題包括震盪器、光鐘、原子鐘製作，頻率合成技術，相位雜訊研究，時間評量演繹法，時頻同步技術等，參加此研討會除發表論文二篇，與其他時頻實驗室相關實驗室研究人員進行議題討論，互相交流經驗外，另參加由 CCTF WGGNSS、WGTWSTFT, SGOF 等工作組舉辦之各工作組及研究組會議，討論涉及各國 GNSS 傳時標準文件 CGGTTS 版本修正、本實驗室黃毅軍研究員發明之 SDR 推廣驗證，光纖傳時於 UTC 之應用等重要議題。同時本人為 iFCS 研討會 TPC 第五小組成員，故出席會議間舉行之 TPC meeting，會中討論 2017 年 iFCS 與 EFTF 聯合研討會之邀請講座、邀請論文、投稿論文等議題細節。本篇報告除上述參加會議之工作內容外，尚包括目的、過程、心得、建議事項等。</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 出國報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	104-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4931
成果名稱	中文	『赴美國 Monterey 參加 2016 PTTI 研討會暨 CCTFWG 討論會』出國報告		
	英文			
撰寫人	林信嚴			
撰寫日期	中華民國 105 年 3 月 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	PTTI, CCTF, BIPM, TWSTFT, GPST			
內容摘要：				
<p>本次出國之主要任務是赴美國 Monterey 參加 2016 年精密時間與時間間隔研討會 (2016 Precise Time and Time Interval Meeting, PTTI) 並發表論文暨出席國際度量衡委員會 (Comité international des poids et mesures, CIPM) 時間與頻率技術諮詢委員會 (Consultative Committee for Time and Frequency, CCTF) 衛星雙向傳時工作組 (Working Group on Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer, WG-TWSTFT) 參與實驗室會議 (Participating Stations, PS Meeting)。本案係執行 105 年度經濟部標準檢驗局委託中華電信研究院之『建立及維持國家時間與頻率標準』計畫，並奉經濟部標準檢驗局經標四字第 105400500340 號函核備，中華電信研究院研人一字第 1040000279 號函同意，准予參加會議。出國期間自民國 105 年 01 月 24 日至同年 01 月 30 日止含行程共 7 天。</p> <p>此次任務於研討會中，與國際度量衡局 (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM) 江博士及其他國際實驗室共同聯名發表之論文『A TWSTFT calibration guideline and the use of a GPS calibrator for UTC TWSTFT link calibrations』一篇。並於會議期間出席 CCTF WG-TWSTFT PS meeting，負責報告亞洲-美洲衛星雙向傳時鏈路現狀及討論衛星雙向傳時新技術及校正方法之發展。會中決議成立一項 GPS 及衛星雙向傳時長期性差異之任務研究小組 (Task group study on long-term comparison between GPS and TW links)，並將本人列為小組成員。此外本人於會中報告之衛星雙向傳時軟體接收機 (Software Defined Receiver, SDR) 初步成果獲與會各國研究同儕極大回響，BIPM 及 WG-TWSTFT 工作組因此將於今年 4 月成立 SDR 實用化先鋒研究小組 (pilot study group)，本人及黃毅軍研究員為工作組指定聯絡人，負責回應各國研究同儕對於 SDR 相關問題及協助實用化先鋒研究小組成立及後續研究。</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 出國報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院	執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月	
主持人	楊文豪	協同主持人	廖嘉旭	
分項主持人		連絡電話	(03)424-4441	
成果名稱	中文	赴美國紐奧良參加 IEEE IFCS 2016 研討會發表論文		
	英文			
撰寫人	曾文宏			
撰寫日期	中華民國 105 年 6 月 30 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密	機密級	普通	
關鍵詞	振盪器、時間維持、時間與頻率傳送、全球導航衛星系統、重力波			

內容摘要：

本次出國之主要任務是赴美國紐奧良參加 IEEE IFCS 2016 研討會發表論文。本案係執行 105 年度經濟部標準檢驗局委託中華電信研究院之『建立及維持國家時間與頻率國家標準』計畫，並「奉研人一字第 1050000079 號函」及「經標四字第 10540504230 號函」同意，准予參加會議。出國時間自民國 105 年 5 月 8 日至 5 月 16 日止，含行程共 9 天。

IEEE 國際頻率信號控制研討會(International Frequency Control Symposium, IFCS)為重要的國際性時頻研討會，目的為各國學術界與產業界研究人員交換時頻技術最新的發展趨勢與成果，並展出最新之時頻儀器。本次大會總計發表 255 篇論文，其中 110 篇為演講方式發表(包含 28 場邀請演講)，145 篇為壁報方式，與會專家約 380 位。

本實驗室在研討會上共發表兩篇已接受之論文『A Quality Factor Enhanced Dual-Loop Optoelectronic Oscillator』、『Introduction of Software-Defined Receivers in Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer』；其論文集為 EI 等級，能見度高。本次會議期間與各國專家共同研討，學習最新技術，研討新興計畫等議題。最後一天在大會安排下參觀美國雷射干涉重力波偵測站 (Laser Interference Gravitational Wave Observatory, LIGO)之相關設施，LIGO 去年九月成功偵測到重力波，於今年二月正式發表成果受國際社會矚目，觀摩該實驗室可瞭解全球最精密的頻率量測技術。

報告本文包含目的、過程、會議議程、成果分享、心得及建議等部分。

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 出國報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院	執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月	
主持人	楊文豪	協同主持人	廖嘉旭	
分項主持人		連絡電話	(03)424-4441	
成果名稱	中文	赴美國聖保羅參加 2016 NCSLI workshop & Symposium		
	英文			
撰寫人	廖嘉旭			
撰寫日期	中華民國 105 年 8 月 30 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密	機密級	普通	
關鍵詞	振盪器、時間維持、時間與頻率傳送、全球導航衛星系統、重力波			

內容摘要：

本案係執行 105 年度經濟部標準檢驗局委託中華電信研究院之『建立及維持國家時間與頻率標準』計畫內之出國計畫第 9 項，並奉經濟部標準檢驗局經標四字第 105400562790 號函核備，中華電信研究院研人一字第 1040000144 號函同意，准予參加會議。本案出國期間自民國 105 年 07 月 24 日至同年 07 月 31 日止含行程共 8 天。

本會議為 NCSLI 年度 workshop & Symposium，實際參與會議者涵蓋美、歐、亞等校正及標準實驗室之研究人員。會中針對各項校正及標準相關主題進行探討，目的為各國學術界與產業界研究人員交換量測技術的發展趨勢與成果，並展出最新之量測儀器，參展廠商有上百家，應是量測領域會議中最大的展示之一，參展廠商大致可分類成：儀器販售、計量機構、儀器修復、認證組織、PT 執行機構、協助建立實驗室之廠商等。

本次在此會上發表一篇論文『Up to 50 GHz Microwave Frequency Measurement Using Down-Convert Technique at Telecommunication Laboratories, Taiwan』(壁報方式發表)，並與各國專家共同研討，同時了解量測技術最新發展趨勢，和其他學術機構及實驗室建立互動關係。本次出席此會發表論文，並與其他地區相關實驗室研究人員進行議題討論，有利於提升台灣時頻研究水準。

報告本文包含目的、過程、會議議程、成果分享、心得及建議等部分。

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 出國報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	104-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所	執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月	
主持人	楊文豪	協同主持人	廖嘉旭	
分項主持人		連絡電話	(03)424-4931	
成果名稱	中文	『赴美國 Boulder 參加衛星雙向傳時工作組 (WGTWSTFT) 年度會議』出國報告		
	英文			
撰寫人	林信嚴			
撰寫日期	中華民國 105 年 11 月 04 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密	機密級	普通	
關鍵詞	BIPM, UTC, TAI, TWSTFT, GNSSTT, Time scale			
內容摘要：				
<p>本次出國之主要任務是赴美國出席衛星雙向傳時工作組(Working Group on Two Way Satellite Time and Frequency Transfer, WGTWSTFT) 年度會議。出國期間自民國 105 年 09 月 05 日至同年 09 月 10 日止含行程共 6 天。</p> <p>衛星雙向傳時工作組係由國際度量衡委員會(Comité international des poids et mesures, CIPM)中之時間與頻率技術諮詢委員會(Consultative Committee for Time and Frequency, CCTF)與國際度量衡局 (Bureau international des poids et mesures , BIPM) 及參與衛星雙向傳時之各時頻國家標準實驗室所組成之工作小組。以推動國際間衛星雙向傳時技術及比對量測事宜，並制定各項設備及傳時實驗之標準使用程序。</p> <p>WGTWSTFT 為 CCTF 下最活躍之工作組，每年定期召開工作組(Working Group, WG)正式會議，一些重要議定皆先於 WG 或 PS 會議中討論，再於 CCTF 中議決。TL 雖非 CCTF 正會員，但卻是 TWSTFT 工作組正式會員，可藉此發揮影響力，增加國際能見度。</p> <p>會議上本人代表實驗室報告 TL 最新狀況及未來研究方向，及由工作組主席 Dr. Victor Zhang 邀請，共同報告亞太區衛星雙向傳時近況。會中並討論本實驗室 SDR(Software Defined Receiver, 衛星雙向傳時軟體接收機)於歐亞、歐洲、歐美鏈路安裝情形及未來歐亞鏈路使用衛星，後繼可能衛星之選擇。</p>				

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 出國報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	104-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	赴日本參加 APNOMS 2016 國際研討會並發表論文		
	英文			
撰寫人	王嘉綸			
撰寫日期	中華民國 105 年 12 月 10 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	Primary Reference Time Clock; Coordinated Universal Time; Common-view;			
	Global Navigation Satellite System			
<p>內容摘要：</p> <p>本次職參加在日本金澤市 (Kanazawa) 舉行之 APNOMS 2016 國際會議，係執行 105 年度經濟部標準檢驗局委託中華電信研究院之『建立及維持國家時間與頻率國家標準』計畫，並奉研無五字第 1050000057 號函同意，准予參加會議。出國時間自民國 105 年 10 月 04 日至 10 月 08 日止，含行程共 5 天。亞太網路維運管理研討會議為年度重要的國際性網路管理技術研討會議，本次 APNOMS2016 研討會為第 18 屆，是由日本電子情報通信會設 IEICE(The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers) 及韓國網路維運管理協會 KNOM(Korean Network Operations and Management) 共同籌畫及主辦，而國際電機電子工程師學會 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 協辦的會議，其論文集為 EI 等級並收錄在 IEEE Xplore 數位資料庫中。此次會議於金澤工商會議中心舉行，三天的議程包括 Tutorials、Keynote Speech、Technical Session、Innovation Session、海報會議及產品展示等，相關內容涵蓋全球電信網路發展現況、網路維運技術、新一代網路性能之時頻同步需求及電信等相關應用。本此投稿 2016 APNOMS 國際研討會論文，投稿網路效能監測主題(Network Monitoring and Measurements)，題目為" Primary Reference Time Clocks Performance Monitoring Using GNSS Common-View Technique in Telecommunication Networks "，並於會議中進行發表。論文摘要如下：隨著通訊技術持續演進與發展，對於高精度時間($\pm 1.5 \mu s$) 及更多同步信號可用性的需求與日俱增。為滿足國內產業對高精度時間追溯的需求，實驗室導入高精度 GPS 遠端時頻比對技術應用在新一代網路中 PRTC 監測並維持時間同步追溯效能評估，進而提昇網路品質與效能。參與會議不僅可以發表自己的研究成果，並且與其他各界進行學術交流過程中，增加了與其他實驗室溝通的機會，有助於實驗室國際能見度的提升。</p>				

計畫 105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
出國報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	105-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	赴加拿大參加 CPEM 2016 研討會並發表論文		
	英文			
撰 寫 人	黃毅軍			
撰寫日期	中華民國 105 年 10 月 6 日		撰寫語言及頁數	中文 14 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	時頻量測			
	標準時頻			
<p>內容摘要：</p> <p>本次出國之主要任務是赴加拿大參加 2016 電磁精密量測研討會(Conference on Precise Electromagnetic Measurements, CPEM)發表「A New Scheme of TWSTFT Receiver for Multiple Access Interference」海報論文一篇，旨在說明衛星雙向傳時比對透過衛星頻道測量距離遙遠的兩地時鐘時間差，比起使用光纖其成本非常低廉，付出的代價就是雜訊大以及多重接取干擾，使用軟體接收機有效實現許抗干擾的演算法，呈現使用軟體接收機消除干擾的結果發現，測量時間差的短期穩定度能有效提升，報告期間與會議幾位國際專家交換意見。CPEM 由六個機構共同辦理，旨在討論度量衡技術，包含國際單位(Système International d'Unités, SI)計量的定義，標準件實現技術，以及 SI 計量的測量技術。時間的標準件原子鐘朝向高穩定度發展，參與會議了解目前原子鐘的發展情形，以及時頻量測技術的進展，有助於提升國內時頻標準以及量測的技術能力，本次論文量約 360 餘篇，與時間頻率相關的論文約 20 篇，其中主要討論噴泉鐘以及光鐘的實現方法改進，鑒於光鐘可能取代銫原子鐘做為標準時間的定義，如何更有效率地善用微波資源來測量兩台遠地時鐘，達到比目前更高的精密度，讓多數機構可長期評估頻率變化，是目前刻不容緩的研究議題。會議後前往 National Research Council (NRC), Canada 參觀銨離子鐘(Sr⁺)，包含數個部分：探測雷射、冷卻雷射、電極、磁光阱模組以及光梳雷射等，其</p>				

中以探測雷射最重要，其穩頻的品質取決於物理隔離與支撐，NRC 的隔離箱有兩層，外層恆溫，內層抽真空，放置於一個隔離室的光學桌上，恆溫空調氣流為四周橫向吹拂，避免垂直方向的氣壓造成隔離箱震動，並且，隔離室亦隔絕聲音，做工非常細膩。而其圓柱共振腔的支撐已經過三年，應力已經幾乎釋放完全，如此一來才能產生穩定的雷射品質。

105 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 出國報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準計畫		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號				
執行單位	中華電信研究所		執行期間	105 年 1 月至 105 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4931
成果名稱	中文	『參加 APMP2016 系列會議』出國報告		
	英文			
撰 寫 人	廖嘉旭		林晃田	黃毅軍
撰寫日期	中華民國 105 年 12 月 04 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	BIPM, UTC, TAI, TWSTFT, GNSSTT, Time scale			
<p>內容摘要：</p> <p>本出國案主要任務為：赴越南峴港參加 2016 亞太計量組織(APMP)時頻技術委員會會議(TCTF meeting)與品質系統技術委員會會議(TCQS meeting)、TCQS Workshop、Symposium 及 APMP 大會(General Assembly, GA)大會等會議。會議及相關活動情形大致如下：</p> <p>2016 TCQS Workshop 研討會：主要議題是 ISO/IEC 17025 改版內容介紹及討論。會中除了 ISO 17025 規範的發展歷程回顧外，TCQS 主席邀請幾位已取得 ISO 17025 最新資料之會員，分別就各章節改版的內容進行介紹。</p> <p>APMP TCTF meeting：本次會議共有共有 12 個經濟體，13 個實驗室共約 17 人參加。首先由主席報告過去一年的進度，接著由各實驗室依序報告實驗室之現況、進行 TCTF 四個工作小組(含 WG on MRA, WG on GNSS, WG on TWSTFT, Joint WG on OFM)年度報告。主要討論議題包括 時頻技術委員會之未來發展策略、2017 ATF Workshop 研討會事務、及 G2 實驗室之 GPS 接收機校正規劃…等議題。</p> <p>APMP TCQS meeting：本次會議共有 12 個實驗室，共 22 人參加。除了與會實驗室進行現況報告外，主要關切議題包括如何加速 CMC (Calibration and Measurement Capability)資料審查、減少其審查程序所造成的負擔，及新版 ISO 17025 草案的討論。</p> <p>Symposium：會中邀請到幾位貴賓，針對 Metrology-Improving the Quality and Safety of Human Life 的議題發表演說。下午則進行 City tour 行程。</p> <p>APMP 年度大會(GA): APMP 主席、執行委員會委員、各會員實驗室的主管及各技術領域主席等齊聚一堂，共同對 APMP 相關事務以及未來的發展，進行面對面的溝通討論。近年來參加 APMP 年會及系列會議，都可感受到日、韓、大陸，及東南亞國家對於時頻計量領域的重視與投入，積極採購設備及更新實驗室，成績斐然。日、韓、大陸在實驗室級原子鐘及光頻標準研究上，均有持續投入及發展。此外，韓國的低頻電台建置計畫及泰國光鐘的初期計畫亦都取得預算支持。我國對於計量發展亦應有長遠的規劃，重視人才培育及維持穩定的資源投入，方能保有不落後的實力。</p>				

審查意見表

計畫名稱：建立及維持國家時間與頻率標準計畫 (3/4)

105 年度 細部計畫審查 期中報告 期末報告

建議事項	說明
A 委員	
1. 至本(105)年度 10 月止，時頻實驗室所維持的中華民國標準時間佔國際原子時(TAI)的相對權重國際排名為第 15 名，權重值為 1.337，較 5 月份的第 13 名(權重 1.727)，又下降一些。在 102 年下半年時，我國的國際排名曾高達全球第四名(權重為 6.144)。惟自 103 年 1 月起，我國的排名便連續下降迄今。此故因 TAI 採用新的權重計算方式，對於擁有較多氫鐘的實驗室較為有利，但這亦顯示我國在這方面的建設與投資，與國際相比，嚴重落後不足。維持中華民國國家標準時間，並與國際各實驗室比對，參考國際標準時間，進而調整我國的標準時間，是時頻實驗室最關鍵核心的國家賦與任務。所幸時頻實驗室未來將以新購氫鐘為優先，建議主管機關能提撥充裕經費支援，使得 TL 維持的國家標準時間的國際排名得以提昇，進而彰顯我國時頻標準主權，增強國際影響力。	1. 謝謝委員肯定與支持。
2. 在光梳頻率量測系統的建置方面，時頻實驗室能運用工研院自行開發出的鈔光纖光梳雷射作為射源，並改善系統拍頻訊號功率過低以及雜訊問題，於本(105)年度成功完成相關系統的建置，此不但為我國不同度量衡實驗室間自主技術橫向整合成功的首例，並對於未	2. 謝謝委員的肯定，未來將持續精進相關領域的技術水準及合作。

<p>來發展我國自主光鐘系統提供堅實基礎，實屬難得可貴。</p>	
<p>3. 在衛星雙向傳時方面，時頻實驗室已成為國際重要的技術領先與具影響力的重要實驗室。在本期末報告中有相當篇幅探討電離層效應對於衛星雙向傳時 GNSS 衛星接收機位準誤差的影響，此對於進一步提升衛星雙向傳時的精準度將有重要的貢獻，值得肯定。惟影響電離層全電子含量的因素除電離層電場之外，電離層中性風 (Neutral Wind) 亦為重要因素，二者均會受到磁暴以及電離層擾動的作用，改變電離層的狀態與時空結構，進而影響電離層電子密度的時空分布與時頻傳遞準確度。建議有關單位應正視電離層擾動效應對於衛星雙向傳時的影響，進一步擴大技術領先優勢，發揮本實驗室的國際影響力。</p>	<p>3. 謝謝委員肯定。 本年度對於電離層效應確有較深入研究成果的發表，惟研究人員因個人生涯規劃因素而退休，相關的理論探討僅能暫緩進行。衛星雙向傳時實務上將以 SDR 技術推展與應用為重心，期能持續展現國際影響力。</p>
<p>4. 至本(105)年度 11 月底，時頻實驗室的校正服務件數為 55 件，客戶對於實驗室的服務滿意度全數達 100%，十分難得，值得肯定與嘉勉。</p>	<p>4. 謝謝委員肯定。</p>
<p>5. 期末報告中之名辭遊校(Site Calibration)有誤植為游校處 (p.25)，請更正</p>	<p>5. 謝謝委員的指正，此筆誤將於報告改版時將予以修正。</p>
<p>B 委員</p>	
<p>1. 計畫執行進度與規劃進度查核點</p>	<p>1. 謝謝委員肯定。</p>

<p>一致，經費支用正常，執行報告書撰寫詳實，各項執行成效符合預期。</p>	
<p>2. 新購氫鐘母鐘顯著提升5日及長期穩定度(頁27)，其數值優於年度目標甚多；同頁亦說明，以演算法進行調教也有一定成效，可否說明原因及其限制？</p>	<p>2.新演繹法較能預測銻鐘項為偏移趨勢，加上新購氫鐘穩定度較高，故以新演繹法調整結果較能符合預期</p>
<p>3. 預定工作進度查核點(頁6)上半年與年度之穩定度達成數值有異，請說明修正；績效指標(頁133)中，實驗室每月進站人數之年度目標產出與實際產出數值差異過大，可否說明原因？</p>	<p>3. (a)因實驗室查核指標有精進，故數值有改善 (b)實驗室每月進站人數，係使用資訊設備可提供民眾進站之承受能力做評估，而目標與實際產出數值差異的原因，可能是近年承租網路從512k 昇速為4M 所致。進站數值的成長不僅說明了網站服務更為民眾所需，也反映出後續網路設備的採購需求。</p>
<p>C 委員</p>	
<p>1. 本年度計畫執行於維持與國際度量衡局之時刻差、遠端時頻比對追溯評估、校正服務、傳遞精準時間等各方面均達原先設定之目標。經費使用也依規畫進度執行，達成之成效優良。</p>	<p>1. 謝謝委員的肯定。</p>
<p>2. 報告書提及2016年有三部銻鐘耗盡銻源故障，一部擔任游校；但在有限經費下，購鐘經費將以氫鐘為優先。請針對逐年更換銻管或新購銻鐘方式、添購氫鐘的各種可能，以及對實驗室的成就所需經費、對時刻精確度之維持等預作評估及進一步說明。 說明：由於TAI採用新權重計算方</p>	<p>2.依BIPM資料，每部氫鐘平均權重約為0.4-0.5%，銻鐘為0.08%。維持TA(TL)建議有效運作約需10部左右銻鐘，提升權重、短期穩定度及精確度則需氫鐘。以本實驗室現有架構預估短期穩定度極限約在1~2E-15左右，欲進一步提升則需噴泉式銻鐘輔助。 本實驗室另有其他儀器採購需求，購鐘經費有限，將儘量維持10部左</p>

<p>式，認同報告書的結論，但是請就實驗室可以達到的時刻精準度、TL 佔 TAI 權重的影響等，說明添購新氫鐘或更換銻管對權重可能帶來之比重為何、經費數額等，以及短期內規劃更換或添購之計畫。</p>	<p>右銻鐘加 5 部左右氫鐘運轉為原則。若有經費或有新型態原子鐘上市，再編列預算購置。</p>
<p>3. 世界時頻實驗室佔 TAI 權重和台灣排名相近的實驗室中，KRIS、NMIJ 有較明顯增加權重，NPL 則退出前 16 名。是否可探究這些升降的原因，以作為實驗室的參考。</p>	<p>3.NPL 研究重心改為次世代標準鐘及光纖傳時，目前僅剩 2 部氫鐘+2 部銻鐘維持標準。KRIS 及 NMIJ 使用美製氫鐘，當環境維持及鐘運轉穩定後權重一般較俄製或瑞士製氫鐘為佳。</p>
<p>4. 相位紀錄器的更新對系統穩定度似有明顯影響，請規劃主系統為所使用之新相位紀錄器及電源配置。</p>	<p>4. 擬依委員意見於經費充足時編列預算購置</p>
<p>5. 光梳頻率量測系統雖已經改善 ADC 輸出訊號振幅過小問題，但是系統中的雷射及光學元件操作似會影響量測穩定性，可再釐清系統中需改善的元件及適切的操作流程。</p>	<p>5. 謝謝委員的建議，我們目前在這個領域還是新手，而光梳頻率量測的拍頻架構係由不同種類的光學&微波元件所組成，未來將持續探討訊號傳遞路徑的光路設計和所使用元件的特性對系統穩定度的影響，以精進相關領域的技術水準!</p>
<p>6. 衛星雙向傳時技術的發展成果很好，亞美鏈路於今年 8 月中止，後續是否持續交涉恢復？另 TWSTFT 測量值的異常點應持續追蹤，並釐清是否真為中繼站不穩定所導致。</p>	<p>6. 感謝委員肯定，衛星雙向傳時資源需共享，後續將安排參與國際會議交涉恢復，並計劃提昇國家實驗室建置光頻標準，以吸引國際實驗室和 TL 比對之意願；針對 TWSTFT 測量值的異常點將會持續追蹤，以盡量避免可能造成不穩定的原因</p>
<p>D 委員</p>	
<p>1. 在經費與實驗室人力非常緊縮的情況下，本計畫仍能完成各項目標與查核點，非常值得稱許。</p>	<p>1. 謝謝委員的肯定與稱許。</p>
<p>2. 由於國家時頻標準極其重要，應建立長久與持續的推廣。</p>	<p>2. 謝謝委員的肯定。</p>

3. 本年度成果非常豐碩且績效卓著	3. 謝謝委員的肯定。
E 委員	
<p>1. 本計畫主要研究項目分別是(1) 實驗室維持及性能增進、(2)時頻校核技術、(3) 標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣。其中” 實驗室維持及性能增進” 部分可細分為1-1國家標準時間維持及性能增進、1-2健全全國時頻追溯體系、1-3高精度頻率量測技術研究；而在” 時頻校核技術” 部分可細分為2-1 GNSS遠端時頻校正系統時間追溯鏈路建立、2-2衛星雙向傳時系統之建立及傳時品質提昇；在” 標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣” 部分又細分為3-1標準時間同步服務運轉、3-2 APMP TCTF 國際合作推廣現況說明。說明：在” 衛星雙向傳時系統之建立及傳時品質提昇” 部分，先前文獻上記載導航衛星技術與 TWSTFT 比對結果會有數奈秒的歧異，這樣的差異也會增加UTC的不確定度，建議可針對此部分做深入探討，應能對國際時頻傳遞技術提升有所幫助。</p>	<p>1. 謝謝委員寶貴意見，減少 UTC 不確定度也為實驗室所努力方向，將依委員建議持續精進。</p>
2. 本年度之各項進度以及績效指標大致達成預期目標，僅技術報告完成 6 篇比預期數量少一篇。	2. 12 月份已完成報告一份，故技術報告總計完成 7 篇與預期數量相同。
3. 經費運用支用比達 100%(11 月止)，執行情況良好。	3. 謝謝委員的肯定。

(五) 國家時頻標準實驗室 時頻校正之「標準系統能量與校正服務資料表」

系統名稱	系統代碼	量測範圍	不確定度	主要設備與標準件	系統完成日期	管制情形		可校正之儀器名稱	系統服務次數						負責人	第三者認證◎	改良※ 比對△	備註說明
						是	否		FY101	FY102	FY103	FY104	FY105	小計				
時間量測系統	KJ01-1	-1000 to 1000 s	1 ns	SR620 universal counter, H-maser(master clock)	2001.09	—		時間信號產生器	8	4	7	4	6	29	張博程	◎		
頻率量測系統	KJ02-2	1.0 Hz to 300 MHz	3.0E-12	SR620 universal counter, H-maser (master clock)	2001.09	—		頻率信號產生器 (非原子鐘等級)	16	26	28	47	24	141	張博程	◎		
相位比較系統	KJ02-3	1, 5, 10 MHz	3.0E-13	SR620 universal counter, H-maser (master clock)	2001.09	—		頻率信號產生器 (原子鐘等級)	29	30	33	26	25	143	張博程	◎		
頻率及相位量測系統	KJ02-4	5, 10 MHz	5.0E-14	A7 frequency and phase comparator, H-maser (master clock)	2001.09	—		頻率信號產生器 (銻原子鐘等級以上)	0	0	2	1	4	7	張博程	◎		此系統為本實驗室目前原子鐘群(含 13 部銻鐘及 3 部氫鐘)進行內部查核比對之重要設備。
遠端頻率校正系統	KJ02-5	10 MHz	2.0E-13	GPS 時頻接收器 H-maser (master clock)	2013.09	—		頻率信號產生器	2	2	2	2	2	10	王嘉綸	◎		此系統係本實驗室國際傳時追溯比對之重要設備其所衍生之量測能量，亦可對外提供校正服務。

微波 頻率 量測 系統	KJ02-6	300 MHz to 40 GHz	6.0E-12	Microwave frequency generator, H-maser (master clock)	2014.01	—	微波頻率 信號產生 器	0	0	1	1	1	3	張 博 程	◎	測量方式係以混 頻技術將待測之 高頻信號降頻至 SR620 計數器的 量測範圍內，可 達到 1.0E-4 Hz 的頻率解析度。
遠端 時間 校正 系統	KJ01-7	-0.5 to 0.5 s	35 ns	GPS 時頻接收器 H-maser (master clock)	2013.09	—	時間信號 產生器	0	0	0	0	0	0	王 嘉 綸	◎	此系統係本實驗 室國際傳時追溯 比對之重要設備 其所衍生之量測 能量，亦可對外 提供校正服務。

(七)校正服務滿意度調查

105 年度 國家時間與頻率標準實驗室 校正顧客滿意度統計表

月份	校正件數	顧客回饋不滿意數	不滿意度件數	不滿意度(%)
1	11	無	0	0
2	3	無	0	0
3	8	無	0	0
4	3	無	0	0
5	7	無	0	0
6	2	無	0	0
7	3	無	0	0
8	3	無	0	0
9	0	無	0	0
10	9	無	0	0
11	6	無	0	0
12	7	無	0	0

2. BSMI-TL-006-E102(105) 建立及維持國家時間與頻率標準計畫民國 105 年度計畫執行報告中華電信研究院