經濟部

報告編號: BSMI-TL-006-E402(107)

107 年度國家時間與頻率標準實驗室計畫期末執行報告

建立及維持國家時間與頻率標準(2/4)

全程計畫: 自民國 106 年 1 月至 109 年 12 月止
本年度計畫: 自民國 107 年 1 月至 107 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 108 年 1 月

民國 107 年度計畫執行報告摘要紀錄表

<table>
<tr><td>計畫名稱</td><td colspan="3">建立及維持國家時間與頻率標準</td><td colspan="2">計畫編號</td><td>107-1403-05-19-01</td></tr>
<tr><td>主辦單位</td><td>經濟部標準檢驗局</td><td colspan="2">執行機構</td><td colspan="3">中華電信研究院</td></tr>
<tr><td>計畫主持人</td><td>楊文豪</td><td>電話</td><td>03-4244931</td><td>傳真</td><td colspan="2">03-4244920</td></tr>
<tr><td>協同主持人</td><td>廖嘉旭</td><td>電話</td><td>03-4244441</td><td>傳真</td><td colspan="2">03-4244920</td></tr>
<tr><td>計畫分類</td><td colspan="6">(　)研究發展類　　(✓)技術推展類　　()行政配合類</td></tr>
<tr><td rowspan="2">執行期限</td><td colspan="6">本年度計畫自　民國 107　年　1　月起至　107　年　12 月止</td></tr>
<tr><td colspan="6">全　程計畫自　民國 106　年　1　月起至　109　年　12 月止</td></tr>
<tr><td rowspan="2">經費概算</td><td colspan="2">全程計畫經費</td><td colspan="4">132,486　(千元)</td></tr>
<tr><td>本年度預算</td><td>23,784(千元)</td><td colspan="2">實支數</td><td colspan="2">23,784 (仟元)
實際與預算支用比
100 (%)</td></tr>
<tr><td>計畫連絡人</td><td>邱紫瑜</td><td>電話</td><td>03-4244228</td><td>傳真</td><td colspan="2">03-4244920</td></tr>
<tr><td colspan="7">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升科技研究水準之目標，本年度進行以下項目之研究工作：
(一)國家標準實驗室維持與性能提升
(二)時頻校核技術研究
(三) 標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣</td></tr>
</table>

目　　錄

壹、基本摘要 1
貳、107 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 15
（四）標準維持情形 16

二、成果效益檢討 19
（一）國家標準實驗室維持與性能提升 19
（二）時頻校核技術研究 46
（三）標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣 75
（四）其他 95

三、結論與建議 103

肆、附件 104
（一）新台幣一百萬以上儀器設備清單 105
（二）各種報告(技術報告、論文、出國報告)一覽表 106
（三）研究成果統計表 109
（四）附則 131
（五）標準系統能量與校正服務資料表 137
（六）校正服務滿意度調查 139
（七）專有名詞中英對照 140

壹、基本摘要

計畫名稱：建立及維持國家時間與頻率標準　　審議編號：107-1403-05-19-01

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) 4244920

期程：106 年 1 月至 109 年 12 月

經費：

(全程)：132,486 仟元

(年度)：23,784 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：	100	100	0

2. 經費支用：預定(千元)：23,784 實際(千元)：23,784　支用比率(%)： 100%

年度經費	23,784 千元	年度	23,784 千元	100 %
總經費	132,486 千元	累計	55,495 千元	41.9%

主要執行內容：

107 年度計畫之推展，延續 106 年各項重要研究項目，如:高精度頻率量測技術、國際時頻校核技術與光纖傳時技術等方面之研究與精進。各研究項目之目標摘要如下：

(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 8.0E-15，時刻差值與國際度量衡局(Bureau International des Poids et Mesures, BIPM)同步在 40 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. 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. 建立追溯至微波頻段頻率標準的精密光頻量測系統，以擴大實驗室之標準能量。
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) GPS 雙頻多通道全視法觀測(GPS AV)、GPS 載波相位觀測(GPS CP)、GPS P3 觀測等，並將資料傳送 BIPM 及 IGS，進而完成追溯及參與先鋒研究。
2. 持續進行擴展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、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、GPS 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. 維持國家時間同步校時服務，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，舉辦技術比對活動及國內外之研討會，以增進技術交流，並提升實驗室之知名度與重要性。

貳、107 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
107.1.1 ~		本實驗室協助俄羅斯 VNIIFTRI、瑞士 METAS、義大利 INRiM、波蘭 AOS、以及西班牙 ROA 建立 SDR 接收機，提升國際時頻傳遞穩定性。
107.1.1 ~		協助 BIPM 合作驗證 1~5 月份之 PTB-OP 之 SDR TWSTFT。
107.01.04	經濟部標準檢驗局 106 年度委辦計畫期末審查會議	
107.01.28 ~ 107.02.03		赴美國 Reston 參加 2018 PTTI 研討會暨發表論文。
107.03.26	經濟部標準檢驗局舉辦 108 年綱要計畫書審查會議	
107.04.08~ 107.04.15		赴義大利杜林參加 107 年度 EFTF 研討會並發表論文。
107.04.20~ 107.05.23		BIPM G1 巡迴校正，TL 共校正 TLT1, TLT2, TLT4 三部 GPS 接收機標準件，TL 完成後運送至下一站日本 NICT 及後續之中國 NIM。
107.05.01~108.04.30		黃毅軍研究員赴國際度量衡局(BIPM)及巴黎天文台(OP)進行時頻標準及傳遞技術研究。
107.05.17	第六屆頻率量測能力試驗說明會 24 家實驗室的二十多位代表	
107.05.28	開始進行 107 年度校正領域頻率量測能力試驗活動	
107.05		協助 BIPM 合作驗證 5 月份起增加 AOS-PTB，ROA-PTB，CH-PTB 以及 IT-PTB 共五條 SDR TWSTFT 國際時間比對正式資料之 SDR TWSTFT。
107.06.05		黃毅軍、林信嚴研究員等赴波蘭參加衛星雙向傳時工作組年度會議。
107.06	BIPM 發布 5 月 TL 貢獻 TAI 權重排名為第 9 名	

107.6.19		黃毅軍研究員參加 Association Réseau Micro-ondes Ile-de-France(AREMIF)微波學會研討會並發表論文。
107.06.21	完成實驗室直流電源系統維護及電池更新	
107.06.29	TAF 派員至 TL 進行能力試驗機構 ISO17043 監督評鑑	
107.06.30		TL 與日本 NICT 簽訂「合作研究協議書 Collaborative Research Agreement」，加強雙方互惠合作交流。
107.08.02	舉辦 107 年度校正領域頻率量測能力試驗活動之總結會議	
107.10.10		主辦 APMP G2 實驗室之 GPS 接收機巡迴校正，設備出貨運至印尼 RCM-LIPI。
107.10.19~27		擔任國際同儕評鑑之專家及技術評審，赴阿聯酋國家計量院及三家業界實驗室進行現場評鑑
107.11.23		廖嘉旭、林晃田參加 TCTF workshop 並發表兩篇論文
107.11.26~27		廖嘉旭參加 APMP TCTF 會議、林晃田參加 APMP TCQS 會議
107.11.28		黃毅軍研究員獲巴黎天文台贊助代表 APMP G1 實驗室 TL 赴布魯塞爾參加 CCTF GNSS 工作組會議
107.11.28		廖嘉旭、林晃田參加 APMP Symposium
107.11.29~30		廖嘉旭、林晃田參加 2018 APMP GA

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	備註
➢ A1 第一季維持與國際度量衡局之時刻差小於 40 奈秒 (此精度為全球領先水準)	107.03	107.03	符合	
➢ A2 年度累積完成校正服務 12 件	107.03	107.03	符合	
➢ A3 第一季提供平均每日超過 2.3 億次之校時服務	107.03	107.03	符合	平均每日超過 2.5 億次
➢ B1 上半年維持與國際度量衡局之頻率穩定度與準確度小於 $8x10^{-15}$	107.06	107.06	符合	
➢ B2 年度累積完成校正服務 24 件	107.06	107.06	符合	
➢ B3 上半年提供平均每月超過 3 萬次之網頁連結服務	107.06	107.06	符合	平均每月超過 4 萬次
➢ C1 年度累積完成校正服務 36 件	107.09	107.07	提前	執行能力試驗故提前達成
➢ C2 改善多重接取干擾提升衛星雙向時頻傳遞穩定性	107.09	107.09	符合	
➢ D1 窄線寬穩頻雷射設計原理與架構開發	107.11	107.11	符合	
➢ D2 歐美金融產業標準時間同步相關法規分析	107.11	107.11	符合	
➢ E1 本年度繼續保持與國際度量衡局之時刻差小於 40 奈秒	107.12	107.12	符合	
➢ E2 本年度維持與國際度量衡局之頻率穩定度與準確度小於 $8x10^{-15}$	107.12	107.12	符合	
➢ E3 年度累積完成校正服務 50 件	107.12	107.09	提前	執行能力試驗故提前達成
➢ E4 提供本年度平均每日 2.3 億次之校時服務能力	107.12	107.12	符合	平均每日超過 2.5 億次

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	預定人月	實際人月	差異
楊文豪	廖嘉旭	38	38	38	38	
		36	36	36	36	
		22	22	22	22	
合計			96	96	96	

(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	
107	預計	94	2				48	36		12		96
(人月)	實際	94	2				48	36		12		96

2.設備購置與利用情形

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	
無								

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									
一、直接費用									
1.直接薪資(a)	**11,267**	**11,267**	**11,267**				**11,267**	100	
2.管理費用(b)	**2,502**	**2,502**	**2,502**				**2,502**	100	
3.其他直接費用(c1+c2)	**7,838**	**7,838**	**7,838**				**7,838**	100	
二、公費(d)	**1,045**	**1,045**	**1,045**				**1,045**	100	
三、營業稅(e)	**1,132**	**1,132**	**1,132**				**1,132**	100	
經常門小計	**23,784**	**23,784**	**23,784**				**23,784**	100	
資本支出									
機械設備	0	0	0				0		
小計									
合計	**23,784**	**23,784**	**23,784**				**23,784**	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	1,200,000	校正件數 85 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	1,200,000	校正件數 85 件

(三)人力培訓情形

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	赴美國 Reston 參加 107 年度 PTTI 研討會暨發表論文	美國	107.01.28 ~ 107.02.03	林信嚴	時頻校核技術研究	1. 參加精密時間與時間間隔(Precise Time and Time Interval Meeting, PTTI)研討會並發表論文『The Long Term Stability and Redundancy Test of GPS Multi-Receiver Ensemble』、『Evaluation of BDS time transfer on multiple baselines』、『Implementation of SDR TWSTFT in UTC Computation』三篇，與先進實驗室同儕互相交流。 2. 精密時間與時間間隔(Precise Time and Time Interval Meeting, PTTI)研討會原為美國海軍天文台(US Navy Observatory, USNO)所主辦，針對頻率與時間前沿領域所召開之國際研討會，2013 年起與美國導航協會研討會(The Institute of Navigation, ION)合併舉辦，會議內容另增時頻領域於導航方面之應用。實際參與會議者除美國先進實驗室外，歐、亞、美等其他先進國家時頻實驗室之研究人員亦會與會參與討論。參加此會議發表論文可促進實驗室間相互合作關係，提升本實驗室國際能見度及貢獻度。
參加會議	赴義大利杜林參加 107 年度 EFTF 研討會並發表論文	義大利	107.04.08 ~ 107.04.15	林信嚴	時頻校核技術研究	1. 參加歐洲時頻論壇(EFTF)研討會並發表論文『The Study of Using Hydrogen Maser Ensemble to Steer UTC(TL)』，與先進實驗室同儕互相交流。

						2. 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，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。會中針對各項時頻相關主題進行探討，參加此項會議可提升本實驗室研究水準並與其他地區相關實驗室進行討論。
客座研究	赴 BIPM 及法國 OP 進行時頻標準及傳遞技術研究	法國巴黎	107.05.1~ 108.04.30	黃毅軍	時頻校核技術研究	**1.** 應邀赴國際度量衡局(BIPM)及巴黎天文台(OP)進行時頻標準及傳遞技術研究。 **2.** 配合 BIPM 推動計量領域交流與技術擴散，參訪歐洲著名機構及實驗室，有助於國際合作交流及傳時技術之提升。 **3.** 本院為 CCTF 觀察員，本次黃毅軍研究員獲 BIPM 及 OP 邀請，研究標準時頻及時頻傳遞技術，並進行相關實驗，期望降低國家標準時間與 UTC 的同步不確定性，以提升國家標準時間和 UTC 的品質。本次出國之研究主題包含：標準 SDR 接收機軟體開發與維護、研發新 SDR 接收機、配合歐陸校正活動研發 SDR TWSTFT 可攜站、衛星模擬器、歐亞 TWSTFT 國際時頻比對校正活動、以及參與相關學術活動。
參加會議	赴波蘭參加衛星雙向傳時工作組（WGTWSTFT）年度會議	波蘭	107.06.05 ~ 107.06.10	林信嚴	時頻校核技術研究	**1.** 參加歐洲時頻論壇(EFTF)研討會並發表論文『The Study of Using Hydrogen Maser Ensemble to Steer UTC(TL)』，與先進實驗室同儕互相交流。

						2. 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，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。會中針對各項時頻相關主題進行探討，參加此項會議可提升本實驗室研究水準並與其他地區相關實驗室進行討論。
參加會議	參加 107 年度 APMP GA 大會等年度會議、與 107 年度 APMP TCTF workshop	新加坡	107.11.22~107.12.01	廖嘉旭 林晃田	時頻校核技術研究	1. 本實驗室為 APMP 之正會員，參加 107 年度 APMP 系列會議，可尋求讓亞太地區的標準實驗室間的合作更向前邁進一步，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。

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
107 年度校正領域實驗室主管在職訓練	TAF 實驗室認證規範更新說明及討論	全國認證基金會 TAF	107.03.27	林晃田	品質主管、時間校核技術、協同主持人。	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。
107 年度 TAF 之校正領域資深評審員在職訓練	ISO 17025 新版條文內容及評鑑重點之說明	全國認證基金會 TAF	107.05.29	廖嘉旭 林晃田	實驗室主管、協同主持人。 品質主管、時間校核技術、協同主持人。	熟悉 ISO 17025 新版條文內容及評鑑重點，有助於後續評鑑案之進行。

(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	銫束頻率標準器 HP5061A, S/N 1712	90.10 參與國家時頻維持 2.5.19 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
2	銫束頻率標準器 HP5071A, S/N 2366	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
3	銫束頻率標準器 HP5071A, S/N 2367	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
4	銫束頻率標準器 HP5071A, S/N 2368	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
5	銫束頻率標準器 Symmetricom,S/N 2630	99.08 新購驗收完成 101.02 參與國家時頻維持	BIPM
6	銫束頻率標準器 Symmetricom,S/N 2636	99.08 新購驗收完成 101.02 參與國家時頻維持	BIPM
7	銫束頻率標準器 Symmetricom,S/N 2853	99.11 新購驗收完成 101.05 參與國家時頻維持	BIPM
8	銫束頻率標準器 Symmetricom,S/N 2910	100.10 新購驗收完成 101.04 參與國家時頻維持	BIPM
9	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 102.01 故障 102.12 修復驗收完成參與國家時頻維持 105.01 故障 105.05 修復驗收完成參與國家時頻維持	BIPM
10	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 105.05 修復驗收完成參與國家時頻維持	BIPM
11	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	BIPM

		104.06 停止提供母鐘訊號	
12	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
13	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	國家標準實驗室母鐘
14	SDI 5MHZ 分配器	供應標準頻率(5MHz)	國家標準實驗室母鐘
15	切換控制器	每日持續性監測	
16	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
17	時間差計數器,TimeTech 10409	107.07.01 更換舊系統，持續性監測	國家標準實驗室母鐘
18	ESA24K-1 CODAN-5900	每日持續性監測	國家標準實驗室母鐘
19	Ashtech/Z-XII3T Metronome, S/N RT919994504	每日持續性監測	國家標準實驗室母鐘
20	IRT FRU-1030 S/N 0206082	每日持續性監測	國家標準實驗室母鐘

說明：(參考圖 1.0 標準件追溯架構圖)

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。原級頻率或時間標準係指運作時無需外在校正(CCIR Recommendation 686 之定義)之頻率標準器，本實驗室所用之 Microsemi 5071A 是目前世界上穩定性最佳的商用化銫原子鐘，氫微射頻率標準器亦皆為世界主要廠商生產之高穩定性產品。目前本實驗室母鐘之時頻標準訊號由高穩定度之氫微射頻率標準器(**目前使用 Microsemi, 序號 0100000311 的氫鐘**)作為頻率參考源，經由原子鐘群時間評量演繹法獲得之 TA(TL)原子時、BIPM UTCr 週報、及 BIPM Circular T 月報比對結果微調相位微調器(13)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(17)與原子鐘群、GPS (19)接收信號比對，比對結果每日上傳至 BIPM，由 BIPM 計算各原子鐘與 UTC(BIPM)之時間差值、頻率偏移、權重，其結果每週及每個月由 BIPM 公佈於網站，本實驗室再根據 BIPM UTCr 週報、BIPM Circular T 月報及 TA(TL)微調相位微調器(13)，使

UTC(TL)緊密追溯國際時頻最高標準 UTC。

為使我國時頻最高標準與國際標準一致，民國 107 年度 11 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(83 個實驗室)	107.01~持續進行	公佈於 BIPM Time Section 網站
GPS 傳時比對	BIPM	BIPM(83 個實驗室)	107.01~持續進行	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	107.01~持續進行	公佈於 BIPM Time Section 網站
G2 GNSS 接收機巡迴校正	TL	印尼 RCM-LIPI、斯里蘭卡 MUSSD、台灣 TL	107.10~持續進行	比對進行中

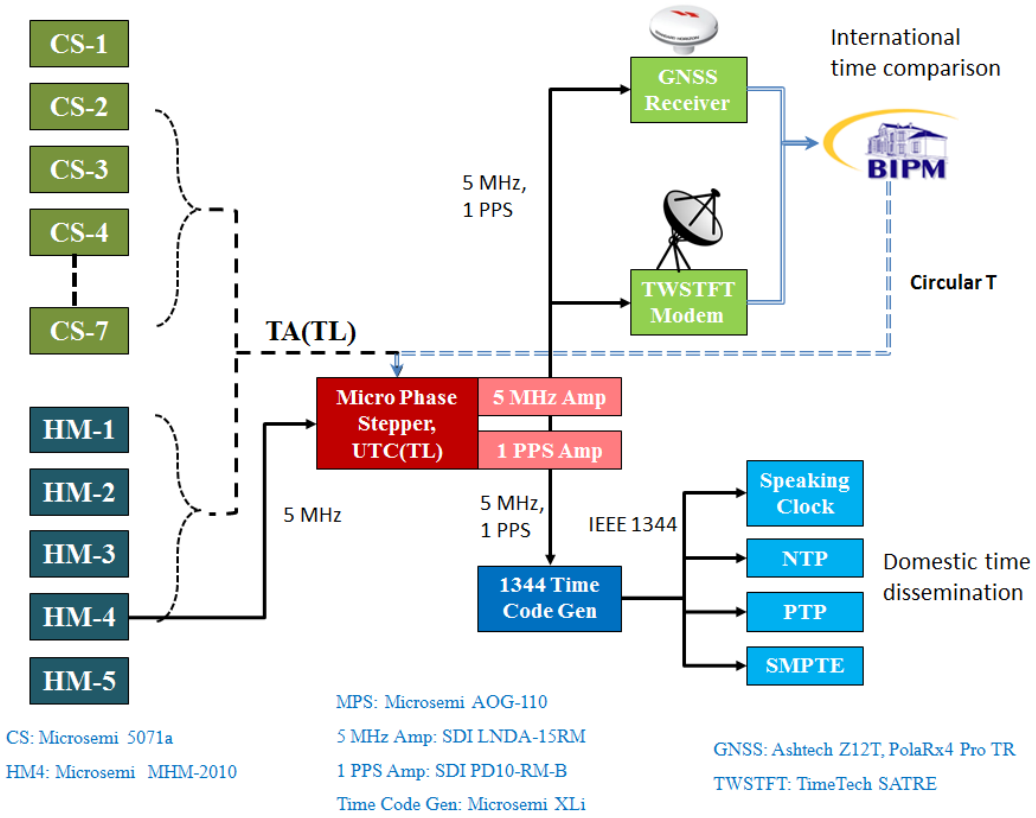


圖 1.0 標準件追溯架構圖

二、成果效益檢討

本計畫執行情形，依據計畫架構（一)國家標準實驗室維持與性能提升、(二)時頻校核技術研究、（三)標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣及(四)其他，逐項說明如下：

(一) 國家標準實驗室維持與性能提升

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。

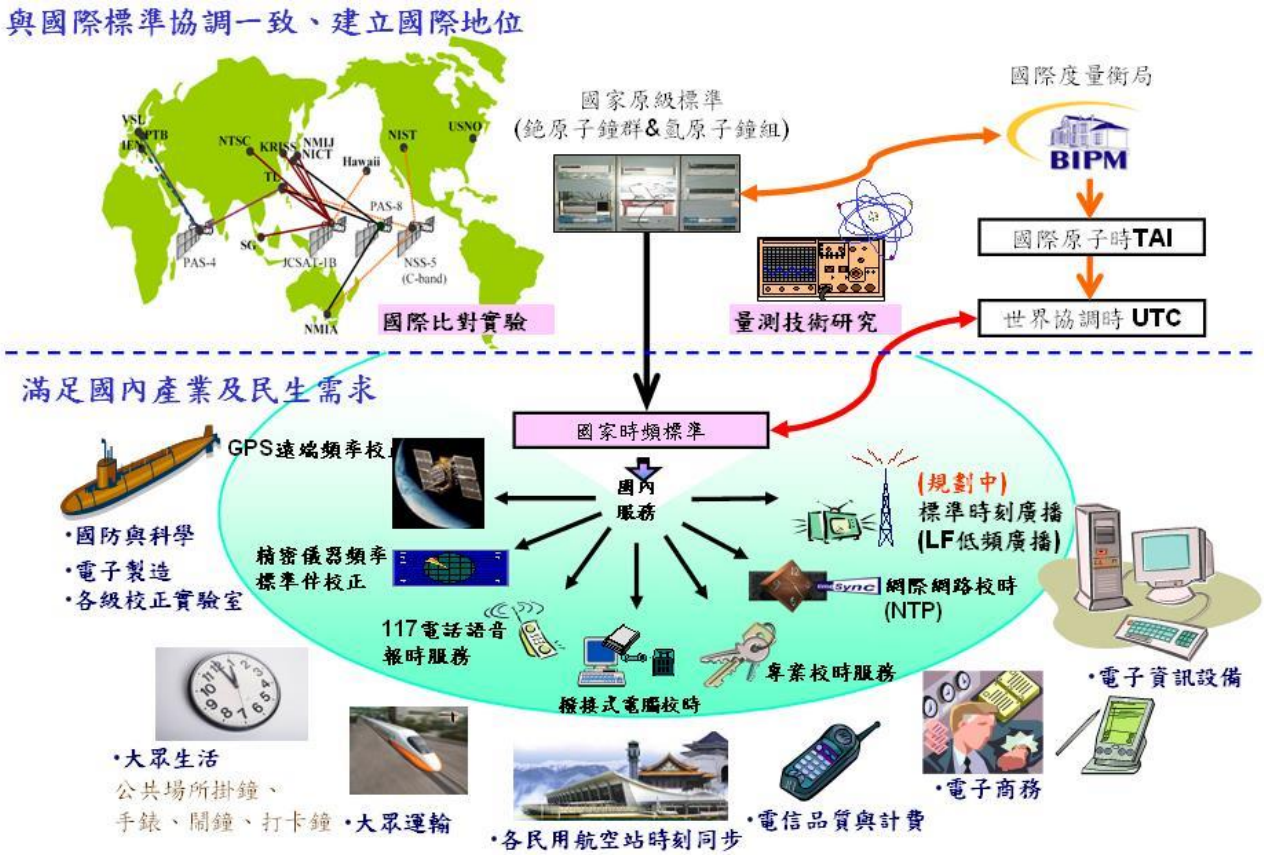


圖 1.1 我國時頻標準之國際接軌與產業服務示意圖

服務產業與應用

1. 提供符合全球相互認可資格的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。
2. 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。
3. 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。
4. 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。
5. 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

1. NTP 網際網路校時準確且便利，滿足資、通訊產業之需求。
2. 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。
3. 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:

1. 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。

2. 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。
3. 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 ±40 ns 左右。本計畫執行的情形如下：

(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：民國 107.01~107.12)

基於 103 年後 BIPM 已將 TAI 權重以每部鐘之預測錯誤率為權衡依據，TAI 權重占比往主動式氫鐘傾斜，本計畫原子鐘採購亦以主動式氫鐘採購為主，至 107 年時，可穩定運轉之主動式氫鐘已有 5 部，但同時銫鐘群於 107 年又有二部耗盡銫源，無法運轉，銫原子鐘叢集僅剩 7 部超齡使用之銫鐘運轉，

基於銫鐘數量過少時將影響 TA(TL)之長、短期穩定度，不利 UTC(TL)調整，本計畫開始啟動將氫鐘叢集加入現有銫鐘叢集評量演繹法之研究，配合 UTC 及 UTC rapid 比對結果據以調整 UTC(TL)。

本計畫原子鐘相位紀錄有主系統及備援系統各一套，24 小時不間斷連續運作，主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。本計畫於 105 年採購之新記錄系統以 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，極大程度改善舊有記錄系統之缺點。新系統於 105-106 年先作為備援系統並長期與主系統結果比對，由於備援系統之長期結果與主系統一致，運轉良好，遂於 107 年初提出採購計畫，汰換舊主記錄系統。目前新主記錄系統已交貨驗收，並順利運轉(圖 1.2)，提報 BIPM 之原子鐘比對值均已改採新系統之紀錄值，對於本計畫原子鐘組於 BIPM 呈現之精確度及穩定性，旁及 UTC(TL)調整均有助益。

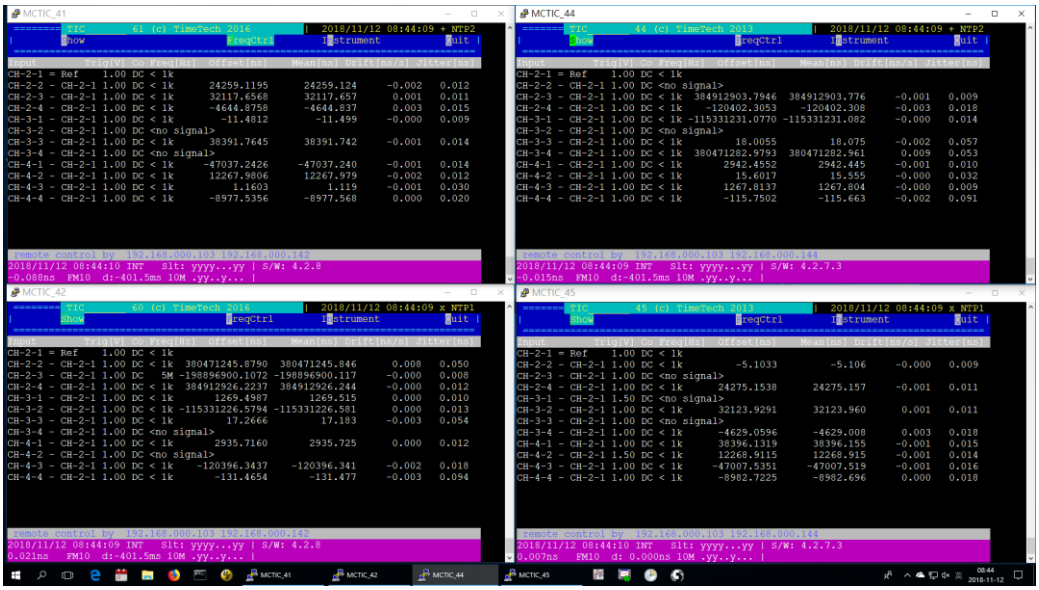


圖 1.2 新主原子鐘記錄系統及備援系統記錄狀況

(1.1.3) 結果

由於 TAI 採用新權重計算方式，104 年 1 月起氫鐘占權重比例較銫鐘大幅上升，107 年上半年本計畫 5 部氫鐘於全部正常運轉後 TL 總權重逐步增加，至 107 年 10 月為止，權重排名為第 10 名，較去年同期上升 5 名(表 1)。

配合 5 部氫鐘均可順利運轉，本計畫於 106 年底著手研究以氫原子鐘叢集為主，依據 UTCr 週報進行時間評量得出一虛擬時鐘，再藉此虛擬時鐘來調整 UTC(TL)。模擬測試結果此虛擬時鐘可與 UTC 之保持差值於 5 ns 以內，107 年後實際使用於 UTC(TL)調整結果於 107 年 3-10 月 UTC(TL)均可保持於±5 ns 以內(圖 1.3)，全年 UTC(TL)準確度應可達成差值維持在±45 ns 以內之年度目標。此項研究已於 107 年度 EFTF 研討會發表論文『The Study of Using Hydrogen Maser Ensemble to Steer UTC(TL)』一篇。

在 UTC(TL)穩定度方面，由於母鐘參考源美製氫鐘可預測性較高，加以虛擬時鐘研究及調整方法運作良好，TL 之短期維持於約小於 1.0E-15，長期穩定度則已可達約 7E-16，較 106 年之 9E-16 再有提升，直追先進實驗室水準，由圖 1.4 顯示 TL 短期穩定度僅落後於德國 PTB，與美國 USNO，俄羅斯 SU 等實驗室。

(1.1.4)自評與建議

本實驗室 UTC(TL)之短穩定度可維持於 1E-15 左右，大約為商用型主動式氫鐘極限，長期效能則可透過虛擬時鐘研究繼續加強，持續進行 TA(TL)加入氫鐘叢集之研究，以期再提升 UTC(TL)效能。

107 年銫鐘叢集僅剩 9 部超齡銫鐘運轉，若新型原子鐘如光抽運型銫鐘、商用 Yb^{+}光鐘仍未商品化，建議適時逐步補充新銫鐘，以維持 TA(TL)之長期穩定度，增加調整 UTC(TL)之工具。建議逐年更換銫管或新購方式維持銫鐘數量，避免多部銫鐘於短時間內同時故障，以保持 TA(TL)之穩定性並提供遊校需要。

表 1. 107 年 10 月世界時頻實驗室佔 TAI 權重前 15 名排名

Rank	Lab	權重 %	氫鐘平均%/氫鐘數	銫鐘平均%/銫鐘數	每鐘平均%/總鐘數
1	USNO	23.025	0.632/28	0.052/22	0.426/54
2	SU	13.65	1.050/13	-/00	1.050/13
3	NIM	7.472	0.719/10	0.041/07	0.440/17
4	NICT	7.182	0.663/08	0.063/30	0.189/38
5	SP	6.365	0.690/08	0.047/18	0.245/26
6	NTSC	6.339	0.547/08	0.082/24	0.198/32
7	NIST	5.916	0.619/09	0.087/04	0.455/13
8	F	4.311	0.842/04	0.045/21	0.172/25
9	PTB	3.387	0.791/04	0.033/01	0.484/07
10	TL	2.882	0.523/05	0.038/07	0.240/12
11	NMIJ	2.434	0.707/03	0.157/02	0.487/05
12	KRIS	2.406	0.779/03	0.023/03	0.401/06
13	MIKE	1.588	0.393/04	0.014/01	0.318/05
14	NPL	1.522	0.740/02	0.042/01	0.507/03
15	CH	1.473	0.712/02	0.025/02	0.368/04

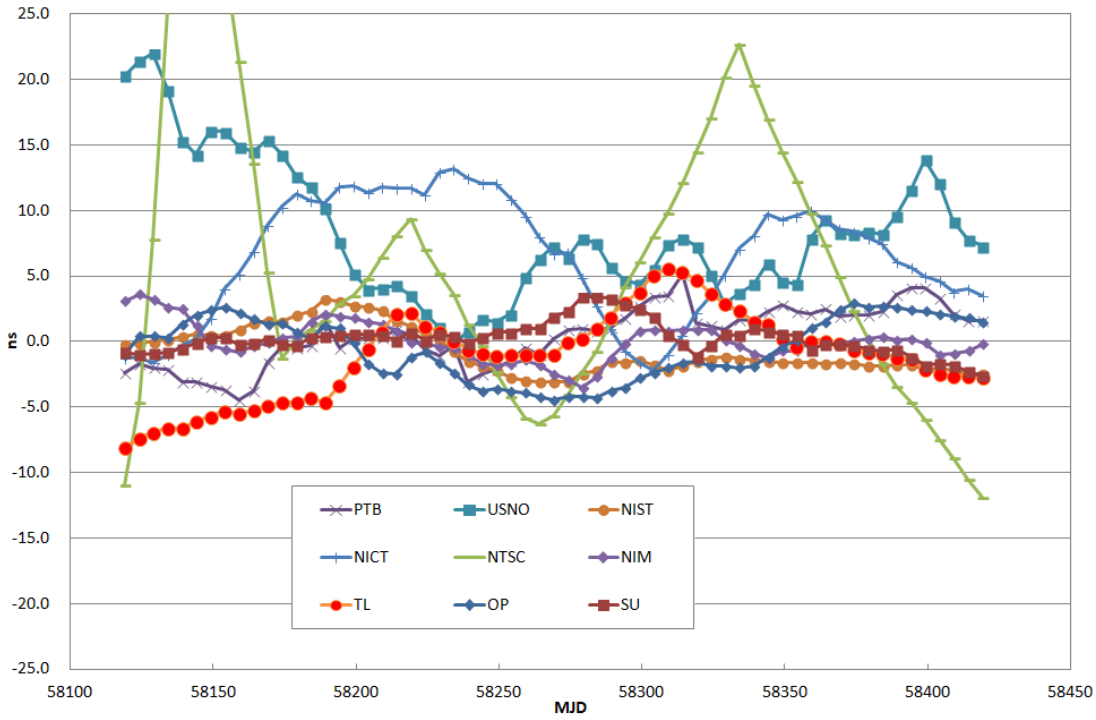


圖 1.3 107 年 1 月~107 年 10 月世界 G1 及亞洲主要實驗室 UTC-UTC(k)差值

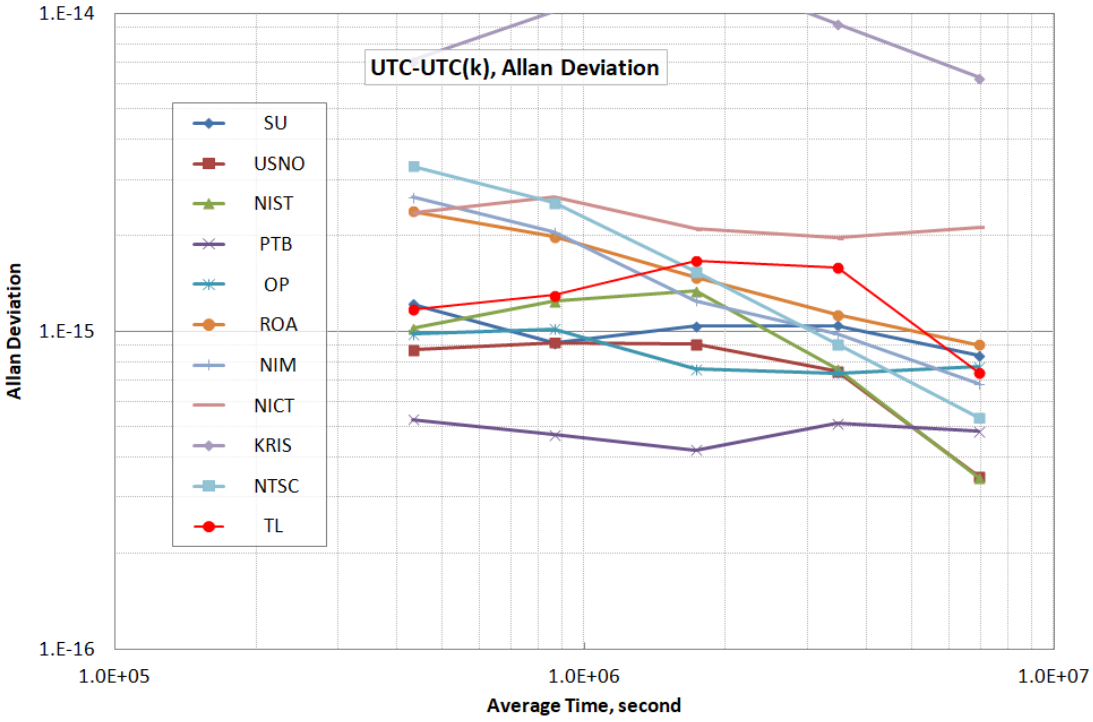


圖 1.4 106 年 9 月~107 年 10 月世界 G1 及亞洲主要實驗室頻率穩定度

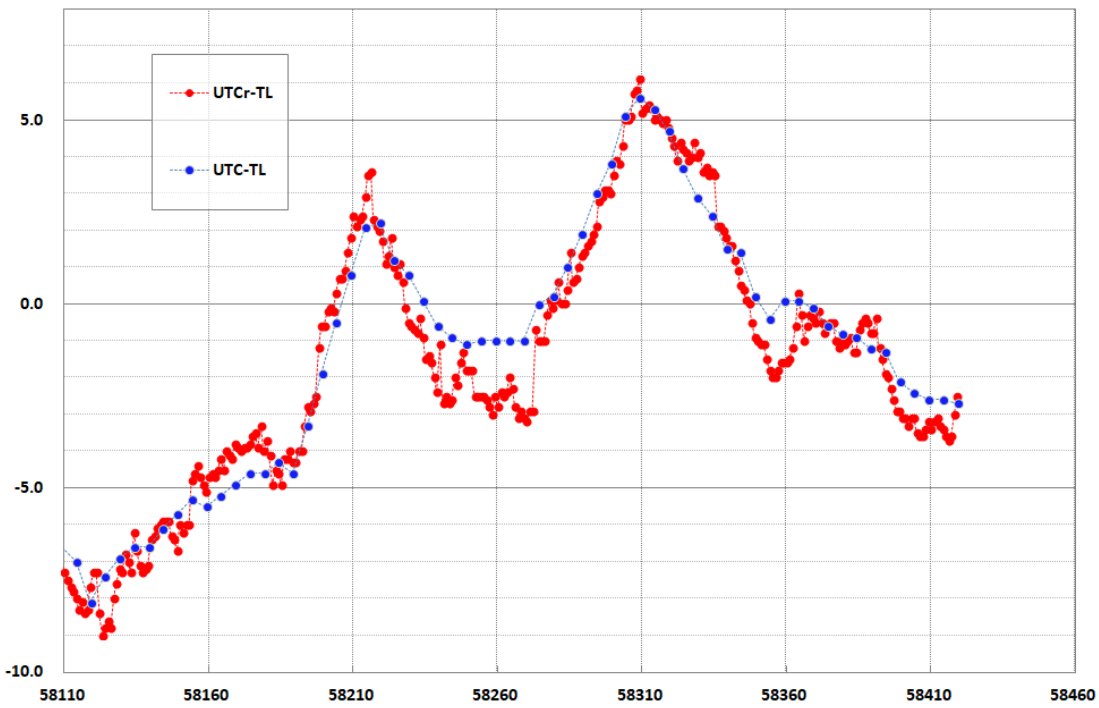


圖 1.5 107 年 1 月~107 年 10 月 UTCr-UTCr(TL)差值

(1.1.5)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：民國 107.01~107.12)

107年度BIPM Circular T370(2018 NOVEMBER 08)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 370　　ISSN 1143-1393
2018 NOVEMBER 08, 14h UTC

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
THE INTERGOVERNMENTAL ORGANIZATION ESTABLISHED BY THE METRE CONVENTION
PAVILLON DE BRETEUIL F-92312 SEVRES CEDEX TEL. +33 1 45 07 70 70 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 2017 January 1, 0h UTC, TAI-UTC = 37 s.

Date 2018 0h UTC	SEP 28	OCT 3	OCT 8	OCT 13	OCT 18	OCT 23	OCT 28	Uncertainty/ns			Notes
MJD	58389	58394	58399	58404	58409	58414	58419	uA	uB	u	
Laboratory k	[UTC-UTC(k)]/ns										
AOS (Borowiec)	-6.1	-6.4	-6.1	-6.2	-6.4	-6.8	-6.8	0.4	4.1	4.1	
APL (Laurel)	1.0	1.0	1.2	1.1	-5.0	-6.5	0.9	0.4	11.3	11.3	(1)
AUS (Sydney)	-47.0	-40.1	-25.1	-24.6	-25.7	-28.9	-28.8	0.4	6.4	6.4	
BEV (Wien)	18.6	18.7	18.3	17.0	14.9	13.5	18.0	0.4	3.2	3.2	
BIM (Sofiya)	-	-	-	-	-	-	-				
BIRM (Beijing)	15.0	12.9	12.9	14.1	12.0	8.0	7.6	0.5	3.1	3.2	
BOM (Skopje)	-821.1	-855.4	-885.9	-907.3	-936.4	-958.3	-977.1	1.5	8.2	8.3	
BY (Minsk)	-3.0	-3.4	-3.6	-2.0	-2.5	-2.2	-1.1	1.5	12.2	12.3	
CAO (Cagliari)	-6944.9	-7045.6	-7148.4	-7252.2	-7356.4	-7456.2	-7562.0	1.5	20.0	20.1	
CH (Bern-Wabern)	-5.4	-5.6	-5.7	-4.9	-4.3	-4.8	-4.0	0.4	2.2	2.3	
CNES (Toulouse)	22.3	20.7	13.9	15.9	15.3	16.8	13.4	0.4	4.6	4.6	
CNM (Queretaro)	-2.2	-7.3	-5.1	0.4	1.3	0.3	-0.2	2.5	11.2	11.5	
CNMP (Panama)	-7.5	-3.6	-7.8	7.2	-15.2	-15.9	-7.2	0.7	7.4	7.4	
DFNT (Tunis)	1694.9	192.6	377.2	595.6	785.8	979.6	1187.3	0.7	20.0	20.0	(2)
DLR (Oberpfaffenhofen)	-	-	-	-	-	-	-				
DMDM (Belgrade)	17.9	21.7	25.5	20.7	10.8	9.6	5.4	0.4	3.2	3.3	
DTAG (Frankfurt/M)	-110.3	-112.4	-119.2	-125.4	-135.3	-145.1	-150.2	0.4	2.9	3.0	
EIM (Thessaloniki)	2.9	0.4	6.4	5.7	3.0	6.9	5.1	3.0	11.3	11.7	
ESTC (Noordwijk)	-1.0	-2.0	-0.6	0.1	-1.4	-1.3	-0.4	0.4	3.1	3.1	
HKO (Hong Kong)	352.2	373.0	393.3	411.0	431.3	458.1	472.5	0.4	7.8	7.8	
ICE (San Jose)	-16.7	-14.3	-7.2	-3.7	0.1	6.3	-2.2	5.0	20.0	20.7	
IFAG (Wettzell)	-939.1	-920.3	-896.7	-883.1	-877.1	-870.8	-871.7	0.4	5.2	5.2	
IGNA (Buenos Aires)	7.5	4.1	7.9	4.4	3.8	11.5	8.8	2.5	20.0	20.2	
IMBH (Sarajevo)	-0.1	-0.3	3.8	-4.2	-0.1	5.1	-0.8	0.4	7.2	7.2	
INCP (Lima)	-19.2	-25.4	-27.3	-28.6	-57.9	-54.0	-74.5	5.0	20.0	20.7	
INM (Bogota D.C.)	-14.1	-8.4	-6.5	-8.3	-8.8	-11.3	-12.6	2.0	20.0	20.1	
INPL (Jerusalem)	-520.1	-551.7	-575.4	0.1	-29.0	-52.1	-81.5	0.4	7.3	7.3	(3)
INTI (Buenos Aires)	-45.5	-56.6	-43.6	-50.6	-57.8	-48.7	-47.4	2.5	20.0	20.2	
INXE (Rio de Janeiro)	0.9	-12.7	-14.5	-7.3	2.1	-17.9	-14.8	0.4	20.0	20.0	
IPQ (Caparica)	5.4	14.0	20.1	14.1	25.0	34.9	44.1	0.5	20.0	20.0	

IT	(Torino)	3.6	3.4	3.7	3.9	1.5	0.9	2.2	0.4	1.7	1.7
JATC	(Lintong)	0.7	2.9	3.5	4.2	3.7	4.8	2.1	0.7	2.8	2.9
JV	(Kjeller)	27.5	13.8	4.1	-0.7	-10.6	-17.7	-22.4	0.4	20.0	20.0
KEBS	(Nairobi)	-	-	-	-	-	-	-			
KIM	(Serpong-Tangerang)	735.1	748.7	737.6	778.7	786.7	796.4	803.5	2.0	20.0	20.1
KRIS	(Daejeon)	-3.4	-4.6	-5.9	-7.5	-8.9	-10.5	-11.9	0.4	3.1	3.1
KZ	(Astana)	-157.6	-118.4	-102.9	-98.5	-62.9	-36.3	-47.5	1.5	12.3	12.4
LT	(Vilnius)	392.2	405.6	406.9	425.7	417.4	453.6	449.0	2.0	11.3	11.4
MASM	(Bayanzurkh)	-81.4	-107.8	-129.7	-161.6	-186.2	-224.3	-255.4	0.7	20.0	20.0
MBM	(Podgorica)	-	-	-	-	-	-	-			
MIKE	(Espoo)	-10.3	-11.3	-10.5	-8.2	-3.8	1.0	5.0	0.4	4.6	4.6
MKEH	(Budapest)	-1279.1	-1508.4	-1709.2	-1925.3	-2143.0	-2362.2	-2585.6	1.5	20.0	20.1
MSL	(Lower Hutt)	516.5	487.6	489.4	467.0	500.2	503.1	483.3	1.5	20.0	20.1
MTC	(Makkah)	-	-	-	-	-	-	-			
NAO	(Mizusawa)	-210.3	-217.7	-220.2	-227.5	-234.0	-240.2	-248.9	2.0	20.0	20.1
NICT	(Tokyo)	9.6	11.6	13.9	12.1	9.2	7.8	7.3	0.4	2.5	2.5
NIM	(Beijing)	3.6	4.1	4.1	3.3	2.1	1.6	1.6	0.4	2.4	2.4
NIMB	(Bucharest)	3493.4	3544.6	3596.4	3643.4	3689.6	3734.8	3780.6	0.5	7.5	7.5
NIMT	(Pathumthani)	-335.7	-333.7	-337.7	-331.7	-336.5	-340.6	-340.7	1.5	3.7	4.0
NIS	(Cairo)	-10.6	-22.0	-22.1	-26.0	-16.6	-8.0	-	1.6	20.0	20.1
NIST	(Boulder)	0.5	-0.1	-1.3	-1.1	-0.6	-0.1	0.1	0.4	2.1	2.1
NMIJ	(Tsukuba)	6.1	5.7	5.0	4.6	3.8	4.0	3.5	0.4	3.3	3.4
NMLS	(Sepang)	-2204.8	-2243.2	-2272.0	-2308.2	-2342.7	-2378.3	-2415.0	1.5	3.7	4.0
NPL	(Teddington)	1.3	0.9	0.7	0.4	0.3	0.9	0.5	0.4	3.1	3.1
NPLI	(New-Delhi)	15.5	4.5	-0.5	-2.8	-4.3	-3.6	0.4	0.4	2.8	2.8 (4)
NRC	(Ottawa)	-8.1	0.9	-8.4	-7.5	-9.8	-13.9	-13.2	0.4	2.8	2.9
NRL	(Washington DC)	-	-	-	-	-	-	-			
NTSC	(Lintong)	-2.1	-1.4	0.6	2.0	-0.4	-0.1	-2.6	0.4	2.5	2.5
ONBA	(Buenos Aires)	-2120.3	-2120.1	-2137.3	-2138.7	-2128.4	-2147.5	-2161.8	2.0	11.3	11.4
ONRJ	(Rio de Janeiro)	-2.2	-5.7	-14.0	-5.2	4.9	-9.6	4.4	0.4	7.9	7.9
OP	(Paris)	2.6	2.4	2.3	2.1	1.9	1.8	1.5	0.4	1.7	1.7
ORB	(Bruxelles)	0.6	0.4	1.2	0.4	-0.4	-0.6	-0.7	0.4	3.1	3.1
PL	(Warszawa)	5.7	6.0	6.6	7.6	9.0	11.6	14.3	0.4	3.1	3.1
PTB	(Braunschweig)	-1.8	-1.8	-2.1	-2.0	-2.2	-2.5	-2.5	0.2	1.2	1.2
ROA	(San Fernando)	-4.4	-4.4	-4.7	-4.7	-4.6	-5.8	-5.9	0.4	1.9	2.0
SASO	(Riyadh)	-1196.8	-1205.3	-1212.5	-1222.7	-1240.8	-1249.6	-1254.5	0.5	3.1	3.2
SCL	(Hong Kong)	87.1	62.5	49.7	60.9	68.6	78.8	-	1.0	20.0	20.1
SG	(Singapore)	0.3	4.9	12.8	23.9	35.0	39.9	31.9	0.4	6.6	6.6
SIQ	(Ljubljana)	360.1	360.2	375.6	388.0	390.0	350.0	344.2	0.4	7.5	7.5
SL	(Colombo)	-16.5	-23.9	-30.5	-49.3	-51.4	-44.8	-49.1	0.7	20.0	20.0
SMD	(Bruxelles)	-8.5	-12.4	0.4	0.2	-5.3	5.8	10.7	0.4	3.1	3.2
SMU	(Bratislava)	-1960.9	-1960.4	-1972.6	-1972.9	-1976.3	-1976.4	-1934.1	1.5	12.3	12.4
SP	(Boras)	0.3	-1.3	-4.6	-4.7	-4.6	-3.9	-3.1	0.4	1.6	1.7
SU	(Moskva)	-0.6	-1.2	-1.8	-1.7	-1.8	-2.3	-2.6	1.3	7.0	7.1
TL	(Chung-Li)	-1.2	-1.3	-2.1	-2.4	-2.6	-2.6	-2.7	0.4	2.6	2.6
TP	(Praha)	-34.2	-22.2	-19.2	-13.1	-7.0	-0.8	-5.0	0.4	6.7	6.7
UA	(Kharkov)	5.9	-8.6	-9.6	-15.1	-8.7	4.6	8.0	1.5	9.0	9.2
UAE	(Abu Dhabi)	-	-	-	-	-	-	-			
UME	(Gebze-Kocaeli)	-470.6	-442.8	-443.6	-465.2	-466.2	-452.7	-443.0	0.7	3.3	3.4
USNO	(Washington DC)	0.1	0.2	-0.1	-1.0	-0.9	-0.7	-0.2	0.3	1.5	1.5
VMI	(Ha Noi)	-22.4	-22.8	-13.1	-8.9	-7.0	-2.7	-5.2	3.0	3.7	4.8
VSL	(Delft)	-4.4	-13.5	-15.1	-20.6	-10.6	7.2	11.3	0.4	1.8	1.8
ZA	(Pretoria)	-2.6	-4.2	-3.3	-1.4	1.3	2.7	4.1	0.4	4.4	4.4

- Notes on section 1:

(1) APL : Apparent time step of UTC(APL) of about +6 ns on 58409
and about -7.9 ns on 58417

(2) DFNT : Apparent time step of UTC(DFNT) of about +1700 ns near 58392.6

(3) INPL : Time step of UTC(INPL) of -600 ns on 58399.29

(4) NPLI : Time step of UTC(NPLI) of about +9.4 ns on 58391 due to calibration

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

	Interval of validity	f(EAL)-f(TAI)	
Steering correction	58389 - 58419	6.501x10**-13	(2018 SEP 28 - 2018 OCT 28)
New correction	58419 - 58449	6.501x10**-13	(2018 OCT 28 - 2018 NOV 27)
New correction foreseen	58449 - 58479	6.501x10**-13	(2018 NOV 27 - 2018 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)	Steer	Note
PTB-CS1	58389 58419	5.06	8.00	8.00	0.00	0.13	11.31	PFS/NA		T148	8.	Y	(1)
PTB-CS2	58389 58419	-6.59	5.00	12.00	0.00	0.13	13.00	PFS/NA		T148	12.	Y	(1)
PTB-CSF2	58389 58419	0.26	0.20	0.20	0.07	0.13	0.32	PFS/NA		[1]	0.17	Y	(2)
SYRTE-FO1	58389 58419	0.32	0.20	0.32	0.06	0.26	0.46	PFS/NA		T301	0.37	Y	(3)
SYRTE-FO2	58389 58419	0.40	0.20	0.20	0.05	0.26	0.39	PFS/NA		T301	0.23	Y	(3)
SYRTE-FORb	58389 58419	0.57	0.20	0.25	0.06	0.26	0.42	0.6	[2]	T328	0.34	Y	(3)

Notes:
(1) Continuously operating as a clock participating to TAI
(2) Report 01 NOV. 2018 by PTB
(3) Report 02 NOV. 2018 by LNE-SYRTE
[1] Advances in the accuracy, stability, and reliability of the PTB primary fountain clocks.
Weyers S., Gerginov V., Kazda M., Rahm J., Lipphardt B., Dobrev G. and Gibble K. Metrologia 55, 789, 2018.
[2] CCTF Recommendation 2 (2017) : Updates to the CIPM list of standard frequencies in Consultative Committee for Time and Frequency Report of the 21st meeting (2017), 2017, 56 p.

Table 2: Estimate of d by the BIPM based on all PSFS measurements identified to be used for TAI steering over the period MJD58029-58419, and corresponding uncertainties.

Period of estimation	d	u	
58389-58419	0.36x10**-15	0.20x10**-15	(2018 SEP 28 - 2018 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] = 37 s + C0'
[UTC-UTC(SU)_GLONASS]= C1', [TAI-UTC(SU)_GLONASS]= 37 s + C1'

For this edition of Circular T, S0'= 0.7 ns, S1'= 6.5 ns

2018	0h UTC	MJD	C0'/ns	N0'	C1'/ns	N1'
	SEP 28	58389	-3.6	89	9.8	83
	SEP 29	58390	-3.7	89	9.4	87
	SEP 30	58391	-3.0	89	10.3	88
	OCT 1	58392	-1.4	44	11.7	87
	OCT 2	58393	-2.0	45	10.7	83
	OCT 3	58394	-2.7	87	9.4	86
	OCT 4	58395	-2.5	89	9.9	89
	OCT 5	58396	-2.4	90	10.0	88
	OCT 6	58397	-2.8	89	5.8	57
	OCT 7	58398	-3.9	89	-	0
	OCT 8	58399	-3.8	89	5.3	12
	OCT 9	58400	-3.9	90	8.1	89
	OCT 10	58401	-4.9	88	8.9	85
	OCT 11	58402	-3.8	89	8.0	85
	OCT 12	58403	-3.5	89	6.6	86
	OCT 13	58404	-4.7	90	4.8	85
	OCT 14	58405	-4.6	89	4.6	86
	OCT 15	58406	-2.1	89	4.8	89
	OCT 16	58407	-3.0	89	3.1	89
	OCT 17	58408	-4.6	83	1.8	89

OCT 18	58409	-4.0	89	1.9	86
OCT 19	58410	-3.0	89	4.4	86
OCT 20	58411	-2.7	89	5.2	87
OCT 21	58412	-1.8	90	3.0	87
OCT 22	58413	-1.5	89	3.2	84
OCT 23	58414	-2.4	89	4.8	89
OCT 24	58415	-3.0	89	3.8	89
OCT 25	58416	-3.1	90	4.6	86
OCT 26	58417	-2.2	89	10.1	84
OCT 27	58418	-3.1	89	9.5	80
OCT 28	58419	-3.6	89	4.5	86

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	Al/ns	YYMM
AOS /PTB	GPSPPP	AO_4 /PT02	NA_A1 /1001-2016	0.3	3.9	3.0	-5.3	1808
APL /PTB	GPSPPP	AP02 /PT02	NA_A1 /1001-2016	0.3	11.2	10.0		
AUS /PTB	GPSPPP	AU01 /PT02	1002-2010/1001-2016	0.3	6.3	3.9		
BEV /PTB	GPSPPP	BE1_ /PT02	1012-2016/1001-2016	0.3	3.0	1.6		
BIM /PTB	NL							
BIRM/PTB	GPSPPP	BI01 /PT02	1015-2016/1001-2016	0.4	2.9	1.5		
BOM /PTB	GPS MC	MABM /PT10	2004-2014/1001-2016	1.5	8.1	4.2		
BY /PTB	GPS MC	BY46 /PT10	NA /1001-2016	1.5	12.2	10.0		
CAO /PTB	GPS MC	CA__ /PT10	NC /1001-2016	1.5	20.0			
CNES/PTB	GPSPPP	CS21 /PT02	1101-2016/1001-2016	0.3	4.4	1.7		
CNM /PTB	GPS MC	CN00 /PT10	NA_A1 /1001-2016	2.5	11.2	10.0	-27.3	0804
CNMP/PTB	GPS P3	MP1_ /PT02	NA_A1 /1001-2016	0.7	7.3	2.0	41.7	1807
DFNT/PTB	GPS P3	DN__ /PT02	NC_A1 /1001-2016	0.7	20.0		10.3	1507
DLR /PTB	NL							
DMDM/PTB	GPSPPP	ZM68 /PT02	1011-2016/1001-2016	0.3	3.0	1.6		
DTAG/PTB	GPSPPP	DT05 /PT02	1015-2017/1001-2016	0.3	2.7	1.0		
EIM /PTB	GPS MC	EI__ /PT10	1011-2007/1001-2016	3.0	11.2	10.0		
ESTC/PTB	GPSPPP	ES04 /PT02	1019-2016/1001-2016	0.3	2.9	1.5		
HKO /PTB	GPSPPP	HKO2 /PT02	2002-2012/1001-2016	0.3	7.7	3.3		
ICE /PTB	GPS MC	CE1_ /PT10	NC /1001-2016	5.0	20.0			
IFAG/PTB	GPSPPP	IF19 /PT02	1016-2017/1001-2016	0.3	5.1	0.8		
IGNA/PTB	GPS MC	IG02 /PT10	NC /1001-2016	2.5	20.0			
IMBH/PTB	GPSPPP	BH01 /PT02	2004-2016/1001-2016	0.3	7.1	1.4		
INCP/PTB	GPS MC	CP__ /PT10	NC /1001-2016	5.0	20.0			
INM /PTB	GPS MC	IC__ /PT10	NC /1001-2016	2.0	20.0			
INPL/PTB	GPSPPP	IL05 /PT02	2002-2016/1001-2016	0.3	7.2	1.5		
INTI/PTB	GPS MC	IN__ /PT10	NC /1001-2016	2.5	20.0			
INXE/PTB	GPSPPP	NXRA /PT02	NC /1001-2016	0.3	20.0			
IPQ /PTB	GPSPPP	IP05 /PT02	NC /1001-2016	0.4	20.0			
JATC/PTB	GPS P3	JA01 /PT02	1201-2018/1001-2016	0.7	2.5	0.0		
JV /PTB	GPSPPP	JV01 /PT02	NC_A1 /1001-2016	0.3	20.0		130.0	1509
KEBS/PTB	NL							
KIM /PTB	GPS MC	KI02 /PT10	NC_A1 /1001-2016	2.0	20.0		-30.6	0901
KRIS/PTB	GPSPPP	KRG1 /PT02	1017-2017/1001-2016	0.3	2.9	1.5		
KZ /PTB	GPS MC	KZ01 /PT10	2002-2008/1001-2016	1.5	12.2	10.0		
LT /PTB	GPS MC	LT01 /PT10	1007-2006/1001-2016	2.0	11.2	10.0		
MASM/PTB	GPS P3	MN__ /PT02	NC /1001-2016	0.7	20.0			
MBM /PTB	NL							
MIKE/PTB	GPSPPP	MI04 /PT02	1102-2015/1001-2016	0.3	4.5	2.0		
MKEH/PTB	GPS MC	MK01 /PT10	NC /1001-2016	1.5	20.0			
MSL /PTB	GPS P3	MS0_ /PT02	NC /1001-2016	1.5	20.0			
MTC /PTB	NL							
NAO /PTB	GPS MC	NAT2 /PT10	NC /1001-2016	2.0	20.0			
NICT/PTB	GPSPPP	NC4S /PT02	1001-2016/1001-2016	0.3	2.4	1.8		
NIM /PTB	GPSPPP	IM06 /PT02	1001-2016/1001-2016	0.3	2.2	1.6		
NIMB/PTB	GPSPPP	MB02 /PT02	NA_A1 /1001-2016	0.4	7.4	2.3	32.2	1611
NIMT/PTB	GPS MC	MTTO /PT10	1013-2017/1001-2016	1.5	3.5	2.5		
NIS /PTB	GPS P3	IS__ /PT02	NC_A1 /1001-2016	1.6	20.0		+16.4	1303
NMIJ/PTB	GPSPPP	NM0D /PT02	NA_A1 /1001-2016	0.3	3.2	2.7		

NMLS/PTB	GPS MC	LSM1	/PT10	1013-2017/1001-2016	1.5	3.5	2.5		
NPL /PTB	GPSPPP	NPL2	/PT02	1014-2017/1001-2016	0.3	2.9	1.5		
NPLI/PTB	GPSPPP	LI2P	/PT02	1013-2018/1001-2016	0.3	2.5	0.3		
NRC /PTB	GPSPPP	NRC4	/PT02	1019-2017/1001-2016	0.3	2.6	0.8		
NRL /PTB	NL								
NTSC/PTB	GPSPPP	NTP1	/PT02	1001-2016/1001-2016	0.3	2.3	1.6		
ONBA/PTB	GPS MC	ON__	/PT10	1002-2004/1001-2016	2.0	11.2	10.0		
ONRJ/PTB	GPSPPP	RJ01	/PT02	NA_Al /1001-2016	0.3	7.8	3.5	+5.6	1302
ORB /PTB	GPSPPP	OR1Z	/PT02	1018-2017/1001-2016	0.3	2.9	1.5		
PL /PTB	GPSPPP	PL_3	/PT02	1014-2018/1001-2016	0.3	2.9	1.5		
SASO/PTB	GPSPPP	SAS0	/PT02	1020-2017/1001-2016	0.4	2.9	1.5		
SCL /PTB	GPS P3	SC05	/PT10	NC /1001-2016	1.0	20.0			
SG /PTB	GPSPPP	SG01	/PT02	NA_Al /1001-2016	0.3	6.5	4.1	-114.2	1802
SIQ /PTB	GPSPPP	SI01	/PT02	2002-2014/1001-2016	0.3	7.4	2.5		
SL /PTB	GPS P3	SL01	/PT02	NC /1001-2016	0.7	20.0			
SMD /PTB	GPSPPP	SD01	/PT02	1014-2017/1001-2016	0.3	2.9	1.5		
SMU /PTB	GPS MC	SM00	/PT10	NA_Al /1001-2016	1.5	12.2	10.0	57.8	0908
SU /PTB	GPS MC	SU19	/PT10	NA_Al /1001-2016	1.5	8.1	6.4	-7.8	1411
TL /PTB	GPSPPP	TLT1	/PT02	1001-2016/1001-2016	0.3	2.4	1.8		
TP /PTB	GPSPPP	TP04	/PT02	1002-2009/1001-2016	0.3	6.6	4.4		
UA /PTB	GPS MC	UA04	/PT10	2003-2011/1001-2016	1.5	9.0	5.7		
UAE /PTB	NL								
UME /PTB	GPS P3	UM01	/PT02	1011-2016/1001-2016	0.7	3.1	1.8		
VMI /PTB	GPS MC	VM__	/PT10	1013-2017/1001-2016	3.0	3.5	2.5		
ZA /PTB	GPSPPP	ZA02	/PT02	1102-2016/1001-2016	0.3	4.3	1.5		

Link	Type	Equipment	Cal_ID	uStb/ns	uCal/ns	uAg/ns	Al/ns	YYMM
CH /PTB	TWGPPP	CH01 /PTB05	0284-2012	0.3	1.9	1.5		
IT /PTB	TWGPPP	IT02 /PTB05	0434-2016	0.3	1.2	0.7		
NIST/PTB	TWGPPP	NIST01/PTB05	0393-2015	0.3	1.8	1.0		
OP /PTB	TWGPPP	OP01 /PTB05	0437-2016	0.3	1.2	0.7		
ROA /PTB	TWGPPP	ROA01 /PTB05	0440-2016	0.3	1.5	0.7		
SP /PTB	TWGPPP	SP01 /PTB05	0441-2016	0.3	1.2	0.7		
USNO/PTB	TWGPPP	USNO01/PTB05	0395-2016	0.3	1.2	0.5		
VSL /PTB	TWGPPP	VSL01 /PTB05	0295-2015	0.3	1.3	0.8		

==========

(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

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：107/01~107/12)

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

配合 TAF 安排之時程，參與完成: 台灣電力公司綜合研究所、陸軍通信電子器材基地勤務廠、經濟部標準檢驗局臺中分局、翔鏵公司、鼎瀚科技公司、太克公司、量測科技公司、供宏科技公司及安立知公司、太一公司、博計公司、儀寶公司、陸軍飛彈光電基地勤務廠、海軍戰系工廠儀電場及利諾公司等 15 家實驗室之現場評鑑。另外，協助 TAF 進行昌捷公司與光焱科技公司、品客科技有限公司等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，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，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：民國107.01~107.12)

本年度送校廠商計有 32 家,所送件數計有 85 件,總收入為:新臺幣 1,200,000 元整。

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 32 家,所送件數計有 85 件,總收入為:新臺幣 1,200,000 元整如下：

中華電信研究院 107 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-2017-11-43-1	海軍戰鬥系統工廠(儀寶電子股份有限公司代送)	GPS RECEIVER 銣頻率標準器 Fluke/910R/SM888781	106.11.27	107.01.24	16,000
2	FTC-2017-11-43-2	海軍戰鬥系統工廠(儀寶電子股份有限公司代送)	GPS RECEIVER 銣頻率標準器 Fluke/910R/SM888781	106.11.27	107.01.24	16,000

3	FTC-2017-11-43-3	海軍戰鬥系統工廠(儀寶電子股份有限公司代送)	計頻器 Fluke/PM6681/SM886710	106.11.27	107.01.24	8,500
4	FTC-2017-11-43-4	海軍戰鬥系統工廠(儀寶電子股份有限公司代送)	銣頻率標準計頻器 pendulum/CNT-81R/NC 9446 100 81676	106.11.27	107.01.24	16,000
5	FTC-2017-11-43-5	海軍戰鬥系統工廠(儀寶電子股份有限公司代送)	銣頻率標準計頻器 pendulum/CNT-81R/NC 9446 100 81676	106.11.27	107.01.24	16,000
6	FTC-2017-12-46	台灣是德科技股份有限公司	銣頻率標準器 Fluke/910R/286844	106.12.13	107.01.17	16,000
7	FTC-2017-12-47	太一電子檢測有限公司	計頻器 SR620/5028	106.12.29	107.01.15	8,500
8	FTC-2018-01-01	台灣檢驗科技股份有限公司	Quartz Watch/Clock Analyzer/SIGMOTEK/QWA-3A/267	107.01.03	107.01.11	8,500
9	FTC-2018-01-02	台灣是德科技股份有限公司	銫頻率標準器 HP/5071A/3249A00522	107.01.10	107.01.22	16,000
10	FTC-2018-01-03	財團法人自行車暨健康科技工業研究發展中心(乙通科技有限公司代送)	計時器 TS001/002	107.01.10	107.01.22	8,500
11	FTC-2018-01-04	台達電子工業股份有限公司	銣頻率標準器 FE/5650A/09562	107.01.15	107.02.14	16,000
12	FTC-2018-01-05	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)	銫頻率標準器 HP/5071A/3249A00735	107.01.15	107.01.29	16,000
13	FTC-2018-01-06	財團法人工業技術研究院-量測中心	銣頻率標準器 Symmetricom/8040C/113830101008	107.01.16	107.02.02	16,000
14	FTC-2018-01-07-1	安立知股份有限公司	銣頻率標準器 FE/5680A/SN12454	107.01.31	107.02.26	16,000
15	FTC-2018-01-07-2	安立知股份有限公司	計頻器 MF/1601A/SNMT-04585	107.01.31	107.02.26	8,500
16	FTC-2018-02-08-1	儀寶電子股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS725/65164	107.02.05	107.02.14	16,000

17	FTC-2018-02-08-2	儀寶電子股份有限公司	石英晶體振盪器 FTS/1050A/0398	107.02.05	107.02.14	8,500
18	FTC-2018-02-08-3	儀寶電子股份有限公司	計數器 AGILENT/53132A/MY40003244	107.02.05	107.02.14	8,500
19	FTC-2018-02-08-4	儀寶電子股份有限公司	計數器 AGILENT/53150A/US40501620	107.02.05	107.02.14	8,500
20	FTC-2018-02-09-1	台灣檢驗科技股份有限公司	石英晶體振盪器 FTS/1050A/407	107.02.21	107.04.03	8,500
21	FTC-2018-02-09-2	台灣檢驗科技股份有限公司	計頻器 HP/5335A/3145A15055	107.02.21	107.04.03	8,500
22	FTC-2018-03-10	致茂電子股份有限公司	石英晶體振盪器 HP/105B/2848A01892	107.03.01	107.04.11	8,500
23	FTC-2018-03-11	昭俐科技檢測有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/133582	107.03.02	107.03.12	16,000
24	FTC-2018-03-12	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	107.03.05	107.03.14	8,500
25	FTC-2018-03-13-1	鼎瀚科技股份有限公司	銣頻率標準器 PTS GPS-10RBN/101182	107.03.05	107.03.21	16,000
26	FTC-2018-03-13-2	鼎瀚科技股份有限公司	銣頻率標準器 Pendulum 6689/011/378831	107.03.05	107.03.21	16,000
27	FTC-2018-03-13-3	鼎瀚科技股份有限公司	計頻器 Keysight/53230A/MY50010630	107.03.05	107.03.21	8,500
28	FTC-2018-03-13-4	鼎瀚科技股份有限公司	計頻器 Keysight/53230A/MY56410119	107.03.05	107.03.21	8,500
29	FTC-2018-03-14	太一電子檢測有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/84913	107.03.26	107.04.23	20,000
30	FTC-2018-04-15	量測科技股份有限公司-新竹服務部	銣頻率標準器 SRS/FS-725/107820	107.04.20	107.05.02	16,000
31	FTC-2018-04-16	財團法人台灣電子檢驗中心	銣頻率標準器 WAVETEK/909/00909001747604	107.04.25	107.05.09	16,000
32	FTC-2018-05-17-1	全測儀器科技股份有限公司	銣頻率標準器 FLUKE/910R/384936	107.05.16	107.05.21	16,000
33	FTC-2018-05-17-2	全測儀器科技股份有限公司	計頻器 Agilent/53132A/MY40007106	107.05.16	107.05.21	8,500

34	FTC-2018-05-18-1	國家中山科學研究院系統維護中心	銫頻率標準器 Symmetricom 5071A/US45382380/135941-US45382380	107.05.17	107.06.19	16,000
35	FTC-2018-05-18-2	國家中山科學研究院系統維護中心	計頻器-銫頻率標準器 Pendulum/CNT-91-Symmetricom 5071A/135941-US45382380	107.05.17	107.06.19	25,000
36	FTC-2018-05-19	正儀科技股份有限公司	銣頻率標準器 FEI/FE-5680A/0803-1407005	107.05.24	107.05.31	16,000
37	FTC-2018-05-20-1	台証科技股份有限公司	銣頻率標準器-計頻器 SRS PRS10-HP 53132A/031592-3546A02654	107.05.29	107.06.06	16,000
38	FTC-2018-05-20-2	台証科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/PRS10/031570	107.05.29	107.06.06	16,000
39	FTC-2018-06-21	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/5A1212001	107.06.15	107.07.13	8,500
40	FTC-2018-06-22	財團法人自行車暨健康科技工業研究發展中心	落下試驗速度偵測器 乙通/A043/001	107.06.22	107.07.18	8,500
41	TL-107FMMA-01	伯堅股份有限公司	計頻器 Keysight/53220A/MY50011446	107.05.17	107.08.02	16,000
42	TL-107FMMA-02	台灣檢驗科技股份有限公司	計頻器 Keysight/53220A/MY50011446	107.05.17	107.08.02	16,000
43	TL-107FMPT-01	財團法人台灣電子檢驗中心	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
44	TL-107FMPT-02	昭俐科技檢測有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
45	TL-107FMPT-03	太一電子檢測有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
46	TL-107FMPT-04	正儀科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
47	TL-107FMPT-05	世界通全球驗證股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.09.10	16,000
48	TL-107FMPT-06	鼎瀚科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000

49	TL-107FMPT-07	太克科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.06	16,000
50	TL-107FMPT-08	國家中山科學研究院系統維護中心	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.13	16,000
51	TL-107FMPT-09	財團法人國家實驗研究院國家太空中心	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.13	16,000
52	TL-107FMPT-10	宇正精密科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
53	TL-107FMPT-11	財團法人工業技術研究院	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.22	16,000
54	TL-107FMPT-12	儀寶電子股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
55	TL-107FMPT-13	台証科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
56	TL-107FMPT-14	台灣是德科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
57	TL-107FMPT-15	財團法人台灣電子檢驗中心	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
58	TL-107FMPT-16	安立知股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
59	TL-107FMPT-17	海軍戰鬥系統工廠	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.08	16,000
60	TL-107FMPT-18	台灣羅德史瓦茲有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.15	16,000
61	TL-107FMPT-19	致茂電子股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
62	TL-107FMPT-20	儀校科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
63	TL-107FMPT-21	量測科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/134182	107.05.17	107.08.02	16,000
64	FTC-2018-07-23	台灣檢驗科技股份有限公司	閃頻器 MONARCH/Phaser-Strobe Pbx Kit 115/B2580213	107.07.19	107.08.02	8,500
65	FTC-2018-08-24	筑波科技股份有限公司	Rubidium Counter SR625/5910	107.08.01	107.08.07	16,000
66	FTC-2018-08-25-1	宇正精密科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/65722	107.08.16	107.09.12	16,000
67	FTC-2018-08-25-2	宇正精密科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/65722	107.08.16	107.09.12	16,000
68	FTC-2018-08-25-3	宇正精密科技股份有限公司	銣頻率標準器 SRS/FS-725/65722	107.08.16	107.09.12	16,000

69	FTC-2018-08-25-4	宇正精密科技股份有限公司	銣頻率標準器-計時器 SRS/FS-725_ESCORT/EFC-3203A/65722_98110081	107.08.16	107.09.12	8,500
70	FTC-2018-08-25-5	宇正精密科技股份有限公司	銣頻率標準器-計頻器 SRS/FS-725_Agilent/AG53131A/65722_(ISM 1-A)	107.08.16	107.09.12	8,500
71	FTC-2018-08-26-1	固緯電子實業股份有限公司	頻率計數器-銣頻率標準器 keysight/53230A-Microsemi/8040C/MY58260118-181530101009	107.08.17	107.08.27	25,000
72	FTC-2018-08-26-2	固緯電子實業股份有限公司	頻率產生器-銣頻率標準器 keysight/N5171B-Microsemi/8040C/MY57281011-181530101009	107.08.17	107.08.27	25,000
73	FTC-2018-08-27	長榮航太科技股份有限公司	Universal Counter Keysight/5334B/2937A11092	107.08.29	107.10.08	8,500
74	FTC-2018-09-29	財團法人工業技術研究院-智慧計量系統實驗室	銣頻率標準器 HP/5065A/2816A01581	107.09.17	107.09.28	16,000
75	FTC-2018-09-30-1	儀寶電子股份有限公司	Quartz Watch/Clock Analyzer/TAI TIEN/QWA-3B/101	107.09.18	107.09.26	8,500
76	FTC-2018-09-30-2	儀寶電子股份有限公司	STROBOSCOPE/SHIMPO/DT-311N/A59A008	107.09.18	107.09.26	8,500
77	FTC-2018-10-31	長榮航太科技股份有限公司	QUARTZ WATCH/CLOCK ANALYZER/TAI TIEN/QWA-5A/A1708001	107.10.05	107.11.14	8,500
78	FTC-2018-10-32-1	財團法人台灣電子檢驗中心	銣頻率標準器-信號產生器 Wavetek 909-keysight 33622A/SM00909001747603-MY53802677	107.10.26	107.11.14	16,000
79	FTC-2018-10-32-2	財團法人台灣電子檢驗中心	銣頻率標準器-信號產生器 Wavetek 909-keysight 33622A/SM00909001747603-MY53802677	107.10.26	107.11.14	16,000
80	FTC-2018-11-33-1	伯堅股份有限	銣頻率標準器	107.11.01	107.11.30	16,000

		公司	PTF/PTF4211A/9030006201			
81	FTC-2018-11-33-2	伯堅股份有限公司	計頻器 Advantest R5373/130400856	107.11.01	107.11.30	8,500
82	FTC-2018-11-34	內政部國土測繪中心	GPS 接收機-銣頻率標準器 TOPCON/NET G3-STANDFORD RESEARCH SYSTEM/FS725/401-01651 - 107385	107.11.01	107.11.30	20,000
83	FTC-2018-11-35	台灣是德科技股份有限公司	銣頻率標準器 Fluke/910R/286844	107.11.12	107.11.14	16,000
84	FTC-2018-11-36	財團法人工業技術研究院	計頻器 SR620/3836	107.11.20	107.12.19	8,500
85	FTC-2018-12-38	新加坡商鴻運科股份有限公司台灣分公司	銣頻率標準器 RACAL-DANA-9475/RIC1913	107.12.07	107.12.22	16,000
					小計	**1,200,000**

(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，此一部分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，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)窄線寬穩頻雷射技術開發

(1.3.2)達成項目

窄線寬穩頻雷射設計原理與架構開發及查核點報告一篇(2018/11)。

(1.3.3)執行內容(執行期間：107.01~107.12)

有鑒於國際上發展光鐘的實驗室(歐、美、亞)已超過 15 個，其所能達到的精度比現行商用的微波鐘高出約 4~5 個數量級，因此精密光頻的量測乃至於精準光頻振盪器的發展將是必須面對的課題。為了避免相關領域落後太多，實驗室已於 105 年下旬完成以光纖光梳雷射為核心之精密光頻量測系統的建置，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 50 GHz 量測能量提升至光頻段(1200~1800nm)。然而，對於前述相關精確度的驗證目前僅能將構成光纖光梳雷射每根模態(comb mode)之間的重複頻率(repetition frequency)經光電轉換為進行量測，並由此推論整體光頻的量測能力。若要以光纖光梳雷射與待測光源直接拍頻進行系統精度驗證，目前的商用雷射雷射不但線寬(linewidth)經常大於 1 MHz 而且沒有穩頻功能(頻率仍會隨著溫度、壓力、時間乃至於電流大小產生飄移)，且頻率穩定度與所建立之光頻量測系統至少有 2~3 左右數量級的差距，因此無法達到所想要的結果。

至於穩頻雷射的性能就好的多，目前已知國內學術單位所發展穩頻雷射的頻率穩定度已經接近商用銫鐘等級，達到每秒 2.0E-12 左右，較能符合驗證所建立之系統的光頻量測能力所需。穩頻雷射開發可以考慮的原子或分子種類及能階躍遷選擇有很多，我們以銣原子 778 nm 雙光子頻率躍遷作為鎖頻依據。這個選擇的好處第一是其波長範圍位於本院所建立之精密光頻量測系統的工作範圍內(實驗室之光纖光梳雷射可透過內建倍頻晶體提供 778~884 nm 範圍信號輸出)，一旦建立完成可直接驗證該系統的量測能力。第二個好處是這個躍遷在國際度量衡局(BIPM)官網上已被建議為實現長度的參考標準並提供相關頻率大小

的參考值，其與光纖光梳雷射拍頻後的量測結果也可對本身的性能進行研究。第三個好處是國內學術單位也有相近的研究計畫，可與其共同研究開發及資訊分享。我們於 106 年下半年陸續完成相關設備及元件的採購驗收，107 年開始進行實驗所需的元件加工、光路安排及雛形測試，初步已成功觀測到對應銣原子能階躍遷所致的螢光信號。這些信號未來可透過回授電路來控制雷射相關參數，使其輸出光頻能穩定鎖住銣原子能階躍遷頻率，達成穩頻要求。相關的結果已於 11 月完成查核點報告一篇，題目為『窄線寬穩頻雷射設計原理與架構開發』。

(1.3.4)結果

實驗採用由 Triad Technology Inc.所生產的銣泡(TT-RB-12x25-Q-BA)，係由石英玻璃(Fused Silica)所包覆含有一般自然界中存在的 ^{85}Rb 和 ^{87}Rb 兩種同位素，其超精細能階結構如圖 1.6 所示:

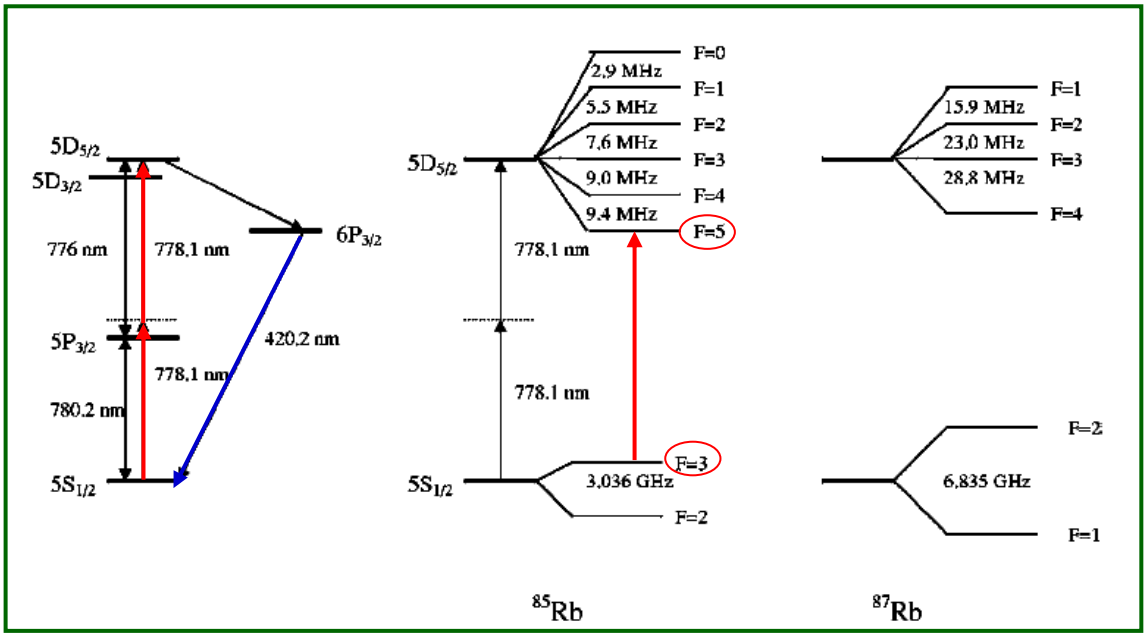


圖 1.6 ^{85}Rb 及 ^{87}Rb 超精細原子能階結構圖

圖 1.6 左側表示 Rb 原子可藉由吸收兩個波長為 778.1 nm 的光子使原子能態由 $5S_{1/2}$ 提升至 $5D_{5/2}$，緊接著藉由兩次光子的釋放使能態回到 $5S_{1/2}$，其中由 $6P_{3/2}$

回到 $5S_{1/2}$ 會產生 420.2 nm 的螢光，我們的實驗即藉由觀察此一螢光來確認所需要的躍遷已經發生。圖 1.6 中間及右側則是 ^{85}Rb 和 ^{87}Rb 更進一步的超精細能階結構，前述提到 BIPM 官網上所建議的參考標準是 ^{85}Rb $5S_{1/2}$(F=3)-$5D_{5/2}$(F=5)雙光子吸收，頻率建議值是 385,285,142,375 (kHz)。至於採用雙光子吸收而非單光子吸收的因素是此方式可降低因原子熱運動(室溫下約數百 m/s)所造成的都卜勒增寬(Doppler broadening)，若譜線越寬則穩頻雷射的精度也會下降。

採用的雷射是 Optromix 公司的光纖雷射(Optromix-DSE-778-0200-FS)，其中心波長為 778.1 nm (22.5 °C)，藉由溫度改變(15-35 °C)可調整範圍：±0.08 nm，壓電效應(Piezoelectricity Effect)調整因子：80 MHz/V (0~100 V)，輸出功率 200 mW，雷射線寬< 5 kHz。另外，由於原子能階躍遷所致的螢光信號非常的微弱，必需使用光電倍增管(Photomultiplier tube, PMT)放大信號才看的到，這邊用的廠牌型號是 Hamamatsu R5983，工作範圍為 185~710 nm。

在正式進行實驗之前，我們必需製作一個金屬盒，可固定及溫控銣泡並讓入射雷射光順利穿過；而光電倍增管(包含濾波片)也需用金屬外殼包覆以避免螢光收集受到可見光的干擾。為了測試所購置的銣泡能否能由光纖雷射激發產生雙光子吸收，我們設計了一個簡單的光路架構：雷射輸出先經光隔離器(Isolator)避免原路徑反射後，接著經半波片板(Half-Wave plate)調整偏振方向，再由反射鏡(Mirror)改變行進方向 90 度，接著極化分光器(Polarization Beam Splitter, PBS)會將水平與垂直偏振分量分開，水平偏振會沿原路徑前進入射至前述放置銣泡的金屬盒，該金屬盒前後放有一對鍍膜的透鏡，可讓入射雷射光在透鏡之間來回反射，如此一來銣泡即可吸收到來自左右兩方的光子以降低都卜勒增寬。包覆光電倍增管的金屬外殼則與金屬盒發出螢光的開孔密合銜接。至於光纖雷射在實驗之前會先稍微調整溫度使其信號輸出波長落在建議值 778.1054 nm 附近(可由波長儀量測)。接下來再以一週期性電壓信號(f = 100 mHz, V_{pp} = 328 mV)施加於窄線寬雷射的快速壓電調整(Fast Piezo Tuning)功能來改變雷射輸出的波長

值，相關的光路安排及觀察到的螢光信號如圖 1.7 及圖 1.8 所示。

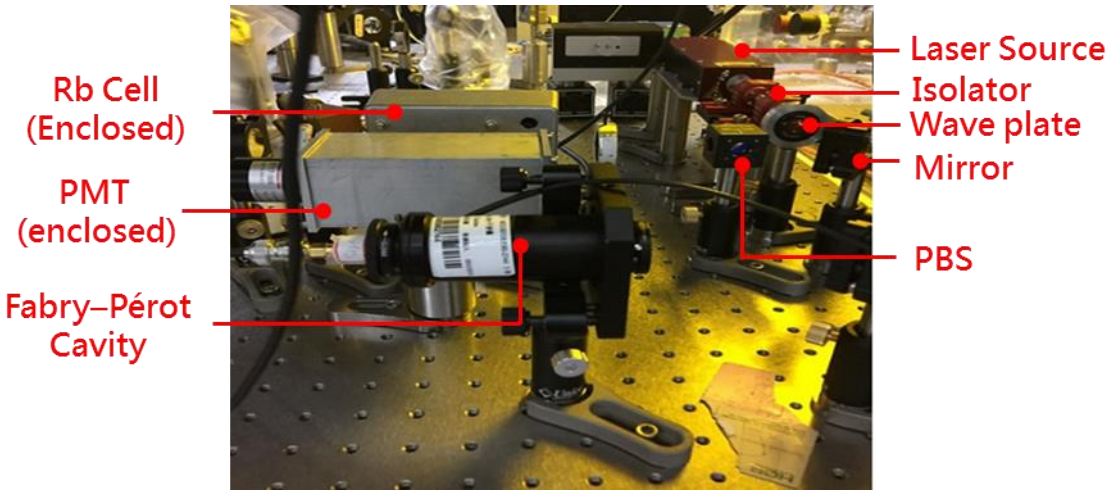


圖 1.7、^{85}Rb 螢光偵測實驗光路安排

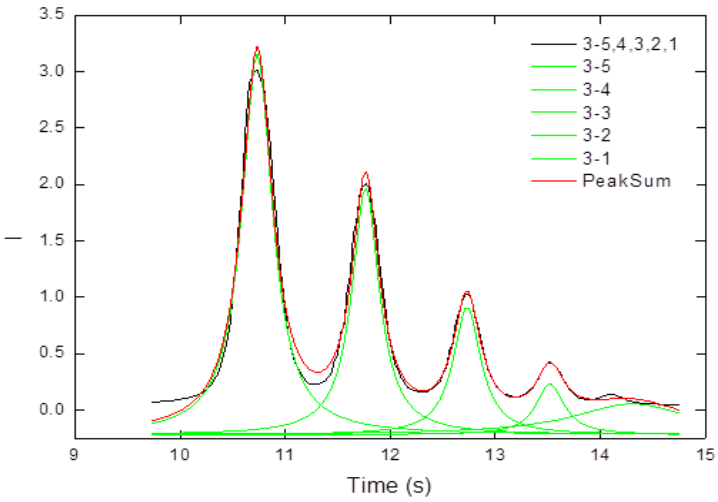


圖 1.8、以掃頻模式(壓電調整功能)得到五條螢光譜線

由於我們以週期性電壓信號作用於光纖雷射的快速壓電調整功能，因此其輸出信號的頻率也會週期性改變。依規格推論大約會有 0.328*80=26.24 (MHz)左右的變化，因此除了 ^{85}Rb $5S_{1/2}$(F=3)-$5D_{5/2}$(F=5)雙光子吸收會發生外，其他鄰近的躍遷如 ^{85}Rb $5S_{1/2}$(F=3)-$5D_{5/2}$(F=4,3,2,1)也可能發生。由圖 1.8 得知這五根譜線最高與最低之間相差約 31.5 (MHz)，由於是雙光子吸收因此光纖雷射的掃頻範圍最

少需要 15.75 (MHz)，因此前述掃頻所施加的電壓值可以將其涵蓋。目前所得螢光的線寬約為 1.5 (MHz)而文獻的最佳值為 0.7 (MHz)附近，因此仍有改進空間。

(1.3.5)應用及效益

(a)窄線寬穩頻雷射並非 turnkey 設備，相關穩頻架構所需的光路必需自行設計。預計完成後其性能可達到商用銫原子鐘的水準，對於提升光頻量測技術以及建立未來光頻振盪器的研發能量具有相當的效益。

(b)建立精細光譜的量測能力，探討雷射與原子或離子之間的交互作用，作為瞭解光鐘運作機制先期的基礎。

(1.3.6)未來工作重點

(a)雖然目前的工作已初步成功觀測到螢光信號，同時也證實了銣泡品質與光電倍增管偵測螢光的功能，但因尚未考慮到鎖頻的問題，因此穩頻所需的元件，包含電光調變器(Electro-Optic Modulator, EOM), 聲光調變器(Acousto-Optic Modulator, AOM)及光纖相位調變器(Fiber Phase Modulator)等元件都尚未安排於光路中共同運作。當暫定的實驗架構可以達到預期的效果時就會在光路中逐步加入這些原件並觀察後續的效應，若效果低於預期就有可能對原設計加以適度變更。

(b)由於目前螢光線寬過大，仍需盡量尋找相關改善方式。另外，也需設計可調式共振腔並利用鎖頻技術(Pound Drever Hall Technique)鎖住窄線寬雷射頻率來加強入射雷射與銣原子的交互作用以提升螢光信號的輸出功率。

(1.3.7)自評與建議

穩頻雷射開發所需的設備及元件繁多，實驗過程中發覺不足之處需與本院附近的中央大學進行合作研究，因此有不少設備需要兩地移動。由於在光路上的元件數量很多，為了避免移動影響光路效能大部分元件皆需鎖在光學桌上。否則可能其中之一動到就會影響其他的元件需要重新調整。建議標檢局或是公司長官能夠在例行設備財產查核上給予適當彈性，以免時常搬遷影響工作進度。

（二）時頻校核技術研究

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 GNSS 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) 導航衛星時頻傳送技術

(2.1.1)達成項目：

Group 1實驗室GNSS接收機校正系統

(2.1.1.1) 執行內容(執行時間：107.01~107.06)

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 2.1 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。

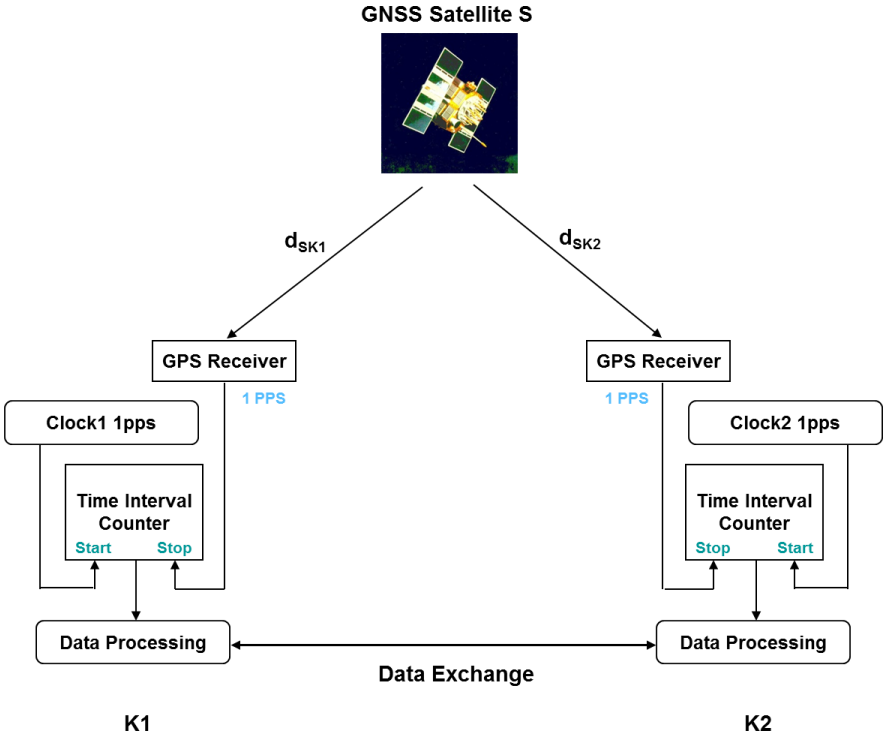


圖 2.1　導航衛星時頻比對示意圖

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 101 年起陸續進行 GNSS 傳時比對系統(TTS4、GTR50、PolaRX4)建置與更新， 107 年維持的 GNSS 傳時比對系統及天線陣列設備如圖 2.2。

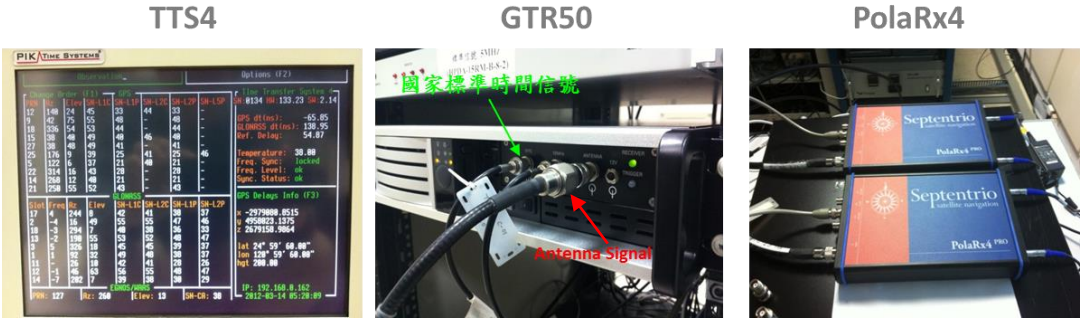


圖 2.2　實驗室傳時 GNSS 傳時比對系統及天線陣列

為了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 102 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。104 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%)。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，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。

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 2.5 為通信網路對於時間與頻率同步的需求。在 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十奈秒等級的同步需求。因應國內產業時間同步及追溯的需求，實驗室乃進行 GNSS 遠端時頻校正系統時間追溯網路建立，並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外 Group 2 時頻實驗室、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、智慧機械、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。

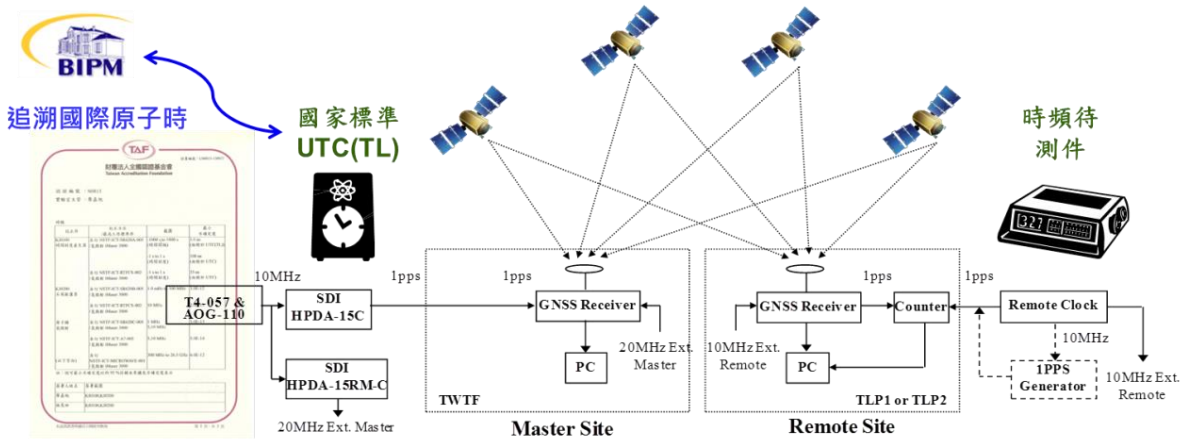


圖 2.3　GNSS 導航衛星時頻比對追溯示意圖

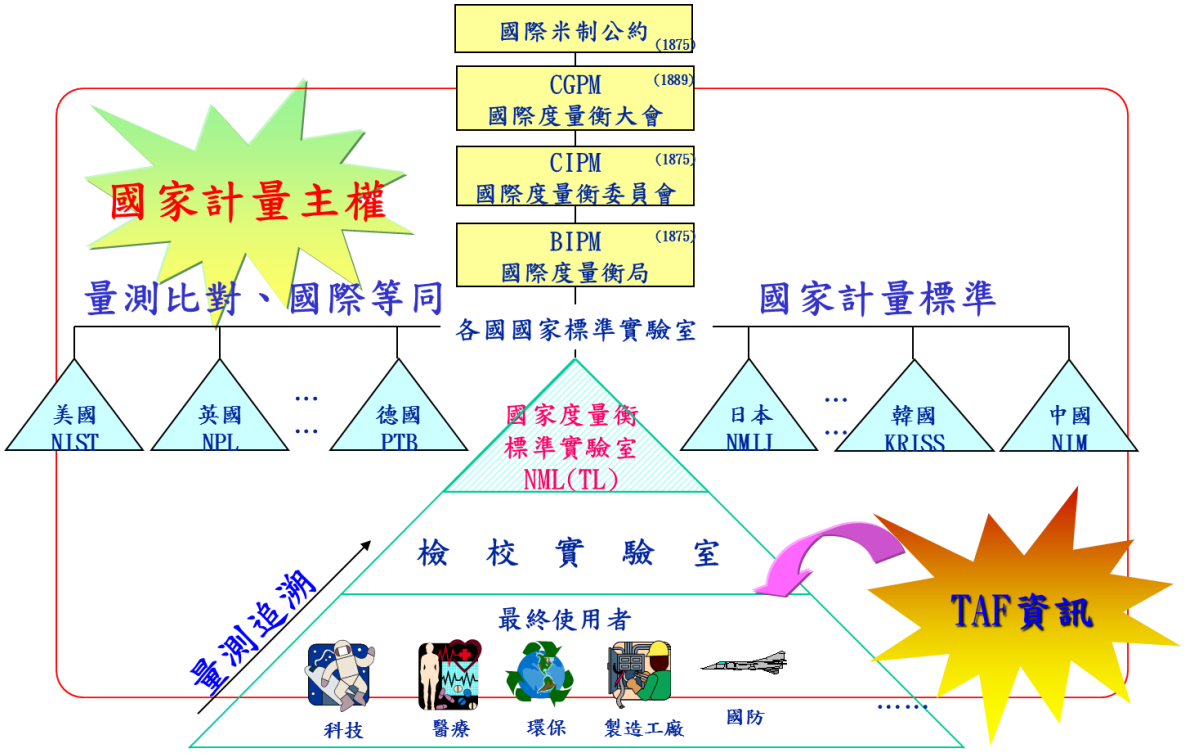


圖 2.4　TL 遠端時間追溯鏈路

Application	Frequency Accuracy	Time accuracy
GSM	5×10^{-8}	N/A
CDMA	5×10^{-8}	1 μs(10 μs holdover)
WiMAX (FDD mode)	5×10^{-6}	N/A
WiMAX (TDD mode)	5×10^{-6}	1 μs(25 μs holdover)
LTE (FDD mode)	5×10^{-8}	N/A
LTE (TDD mode)	5×10^{-8}	3 μs inter-cell
LTE (+ CoMP)	5 x 10-8	±1.5 — ±0.5 μs
Smart Grid DME	N/A	1ms
Smart Grid PMU	N/A	<1 μs

圖 2.5　通信網路時間與頻率同步需求

(2.1.1.2) 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

Calibration and Measurement Capabilities

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

KCDB

Calibration or Measurement Service			Measurand Level or Range			Measurement Conditions/Independent Variable		Expanded Uncertainty						
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?	NMI Service Identifier	Comments
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							
						Slew rate	> 0.5 V/ns							
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							
						Slew rate	> 0.5 V/ns							
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	Included best 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

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時間間隔計數器及紀錄電腦組成，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。

(2.1.1.3)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。

(2.1.1.4)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 Goup 1 實驗室間接收間比對，有利後續 Group 實驗室之追溯校正，另利用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) 達成項目

執行APMP　G2機構印尼RCM-LIPI與斯里蘭卡MUSSD時間校正服務

(2.1.2.1)執行內容(執行期間：107.7~107.12)

本實驗室為APMP的第一級(Group 1, G1)機構，根據BIPM規範，有校正APMP第二級(Group 2, G2)機構的義務。且本實驗室於106年已於MEDEA系列活動中完成首次APMP G2實驗室(泰國NIMT、馬來西亞NMIM，與越南VMI等三個實驗室)之巡迴校正。本實驗室根據印尼RCM-LIPI與斯里蘭卡MUSSD請求，執行UTC(KIM)及UTC(SL)標準時間校正。

RCM-LIPI與MUSSD為BIPM規範下之APMP G2機構，本次執行內容為聯繫機構與貨運公司、準備游校件與撰寫協定書，游校件已於107年10月送出巡迴，預計108年初完成校正，並與G2機構及BIPM合作完成校正報告書。

(2.1.2.2)結果

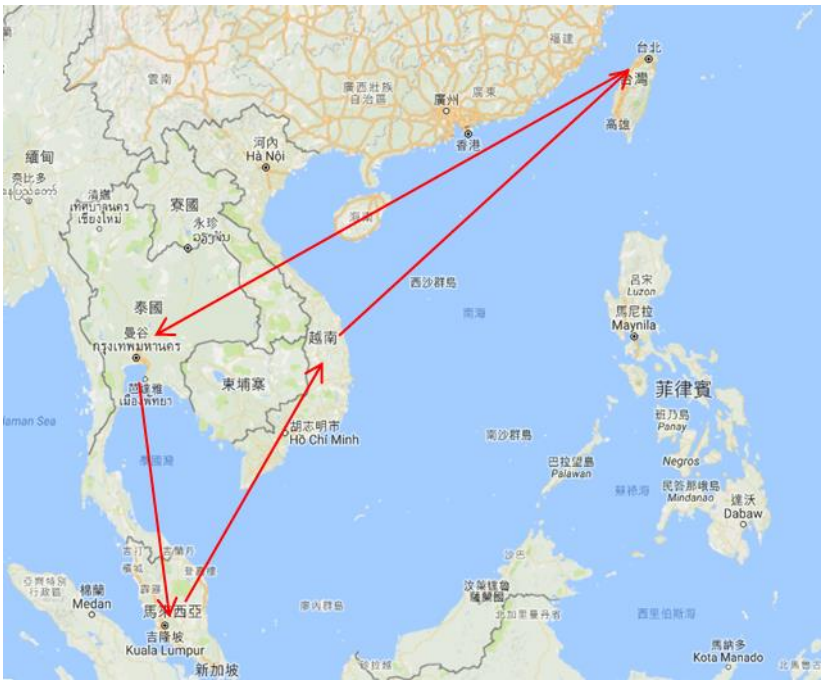


圖 2.7　MEDEA 計畫之 GPS 接收機巡迴校正路線規劃

107 年自 10 月底已透過貨運公司的協助，設備運送至印尼，但因該國海關審查程序繁瑣，目前正以密集的 email 聯繫，協助加速 GPS 設備清關的問題。

而在準備游校件時，發現如圖 2.8 為游校件測量三種時間碼 C1、P1 及 P2，與本實驗室參考件共鐘差的測量結果，發現其中 P2 時間碼呈現周日效應逾 5 奈秒，由於 BIPM 規範校正不確定性為 2.5 奈秒，此游校件無法提供服務，因此，本實驗室積極尋找原因，如更換標準信號、更換電源等皆無改善，最後與澳洲 NMIA 同事討論，在更換接收天線後，P2 共鐘差變平整，游校件恢復正常。此結果意外發現天線為周日效應的原因之一，將深入了解原因，並探討是否能應用至衛星頻傳遞，期提升國際時頻傳遞精確度。

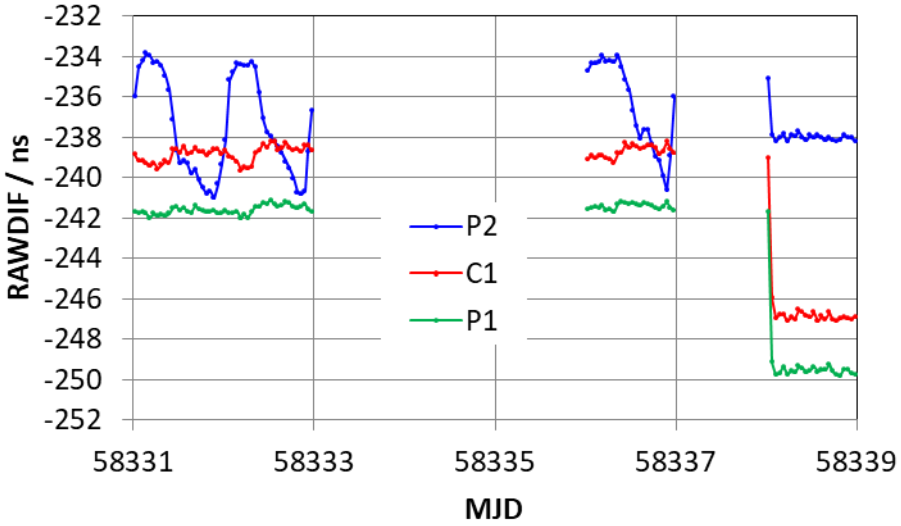


圖 2.8 游校件測量三種時間碼 C1、P1 及 P2，與本實驗室參考件共鐘差的測量結果。P2 時間碼於 107 年 8 月 8 日(MJD 58338)更換天線後恢復正常

(2.1.2.3)應用及效益

本實驗室身為 APMP 的 G1 機構，有配合 BIPM 校正 G2 成員、指導成員比對技術的任務，以拓展國際能見度，有利於爭取更多國際合作機會。舉辦 G2 實驗室巡迴校正，有助於參與實驗室降低其時間標準之不確定度，此為本實驗室對亞太地區時頻標準領域的實質貢獻。

(2.1.2.4)未來工作重點

本實驗室未來檢討APMP G2機構校正流程，以期校正業務順利執行並確保游校件正常運轉。G2校正業務的困難處在於游校件貨運，本實驗室未來在執行此業務，應充分了解游校件有被海關查驗，導致時程延宕以及游校件毀損之風險，為避免此情形，應詢問當地貨運公司進出口經驗，在協定書上詳細規範游校件，以利各海關執行業務。

(2.2) 衛星雙向時頻傳遞系統之建立及品質提升

(2.2.1) 衛星雙向時頻傳遞系統之建立及品質提升A

(2.2.1.1) 達成項目(執行期間：107.1~107.6)

(a)與國際度量衡局合作公告使用衛星雙向時頻傳遞軟體無線電接收機之國際時頻比對結果

(b)本實驗室透過中繼站與德國 PTB 使用衛星雙向時頻傳遞進行時頻比對

(2.2.1.2)執行內容

國際上維持標準時頻的國家級或指定機構，須測量彼此標準時頻之間的時間差，稱之為時頻傳遞，除了滿足 CCTF-UTC.001 關鍵比對要求，用來確保標準時頻與國際標準的一致性之外，並提供測量值給國際度量衡局(Bureau international des poids et mesures, BIPM)，用以計算國際原子時(Temps atomique international, TAI)。衛星雙向時頻傳遞(Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer, TWSTFT)是目前最精準的遠距時頻傳遞技術之一，其測量不確定度可達 1.0 奈秒，並有即時性、獨立性等優點。其系統架構如圖 2.9 所示。

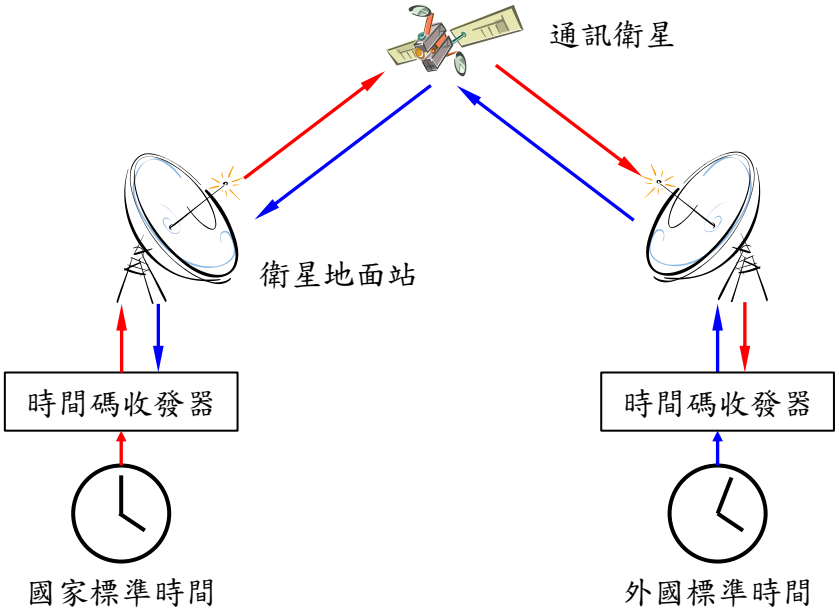


圖 2.9　TWSTFT 技術測量標準時間差之系統架構圖，主要利用時間碼收發機、

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，藉此得到雙方時間差。

本實驗室著手改善時頻傳遞接收機，使用類比數位轉換器以及個人電腦發展軟體定義無線電(software-defined radio receiver, SDR)接收機(圖 2.10)，用以量測信號抵達時間，提升 TWSTFT 精確度。BIPM 與 CCTF 工作組成立任務小組，包含本實驗室、德國 PTB、法國 OP 以及美國 NIST，專門進行 SDR 接收機的測試、安裝與運轉，於 106 年 CCTF 大會通過 TWSTFT 與 SDR 的國際時頻比對結果，是產生 UTC 的標準方法之一，稱為 SDR TWSTFT。

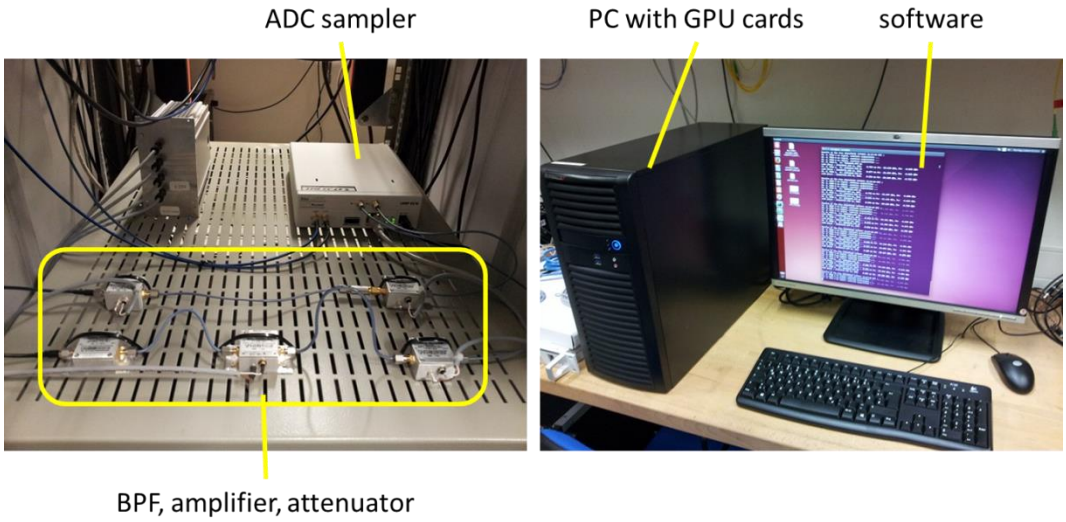


圖 2.10　德國 PTB 的軟體接收機設備，包含 ADC、RF 元件以及搭配圖形運算單元(Graphic Processing Unit)的個人電腦

工作組成員為配合 BIPM 使用 SDR TWSTFT 計算 UTC，至 107 年 3 月底，國際上已有 16 個時頻標準機構，分別使用 ABS-2A 衛星進行的歐亞鏈路、Eutelsat 172B 進行的亞太鏈路、以及使用 Telstar 11N 進行的歐美鏈路持續運轉 SDR TWSTFT 或準備上線(圖 2.11)。

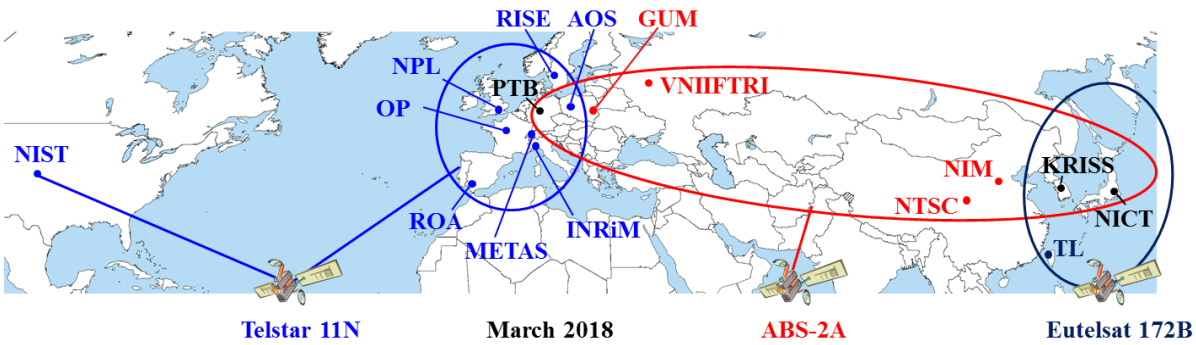


圖 2.11、107 年 3 月底持續運轉 SDR TWSTFT 或準備上線之時頻標準機構及衛星鏈路

本實驗室由於在衛星 ABS-2A 涵蓋之外(圖 2.11)，無法和德國 PTB 直接比對標準時頻。目前韓國 KRISS 以及日本 NICT 有能力在進行亞太衛星鏈路 Eutelsat 172B 與本實驗室比對的同時，亦進行歐亞鏈路和德國 PTB 比對。因此，本實驗室需要透過 KRISS 或是 NICT 的協助，才能與德國 PTB 比對標準時頻。107 年 6 月起，受惠於日本 NICT 同意本實驗室使用 Eutelsat 172B 轉頻器，並且韓國 KRISS 取得向衛星 ABS-2A 的發射許可權，正式上傳 TWSTFT 測量報表至 BIPM，本實驗室得以與德國 PTB 透過 KRISS 做間接比對。

(2.2.1.3)結果

至 106 年 10 月底止，德國 PTB 與法國 OP 已連續運轉 SDR TWSTFT 超過一年，於是 BIPM 自 106 年 11 月起至今，每個月在官方檔案伺服器上公布 OP 與 PTB 的時頻比對值，以及與常規 TWSTFT 或 GPS 導航時頻傳遞等不同時頻比對技術之間的差值。

時頻比對公布於：ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/timelinks/lkc/*yymm*/*lab1lab2*/lnk/

差值公布於：ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/timelinks/lkc/*yymm*/*lab1lab2*/dlk/

其中 *yymm* 為西元年月，例如 1711 為 2017 年 11 月；另外 *lab1lab2* 為兩個時頻比對機構的簡稱，例如 opptb 為法國 OP 與德國 PTB 的比對。圖 2.12 為 BIPM

公告 OP 與 PTB 在 106 年 11 月的時頻比對結果。

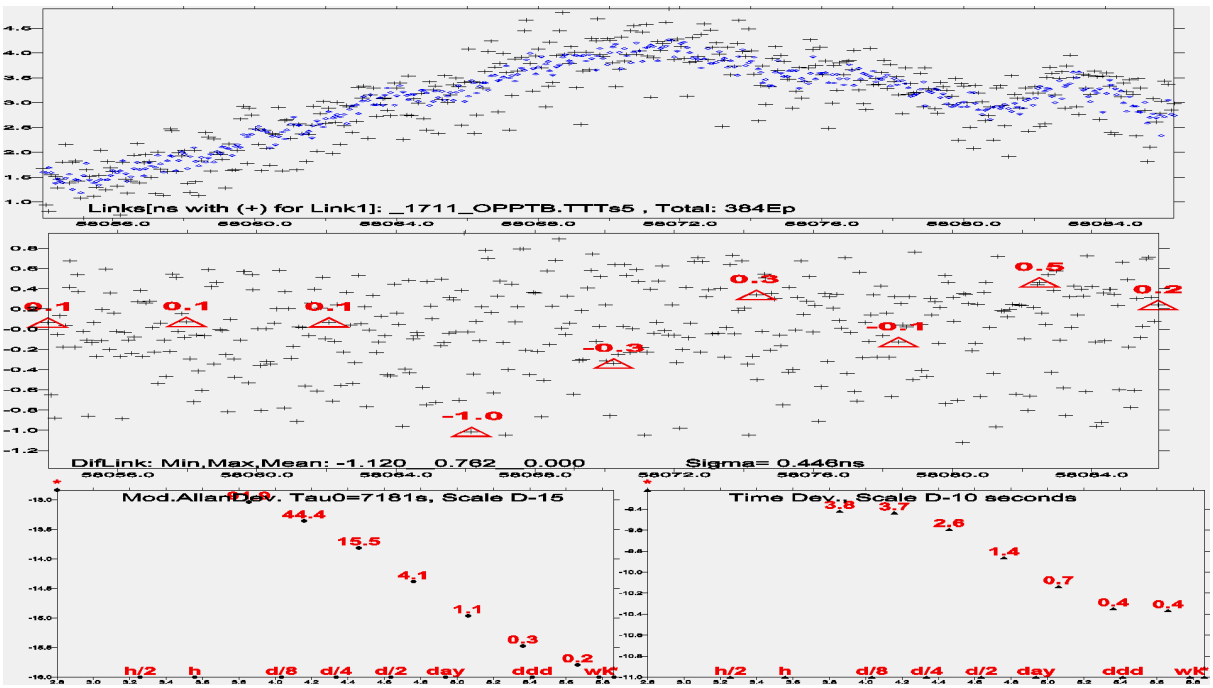
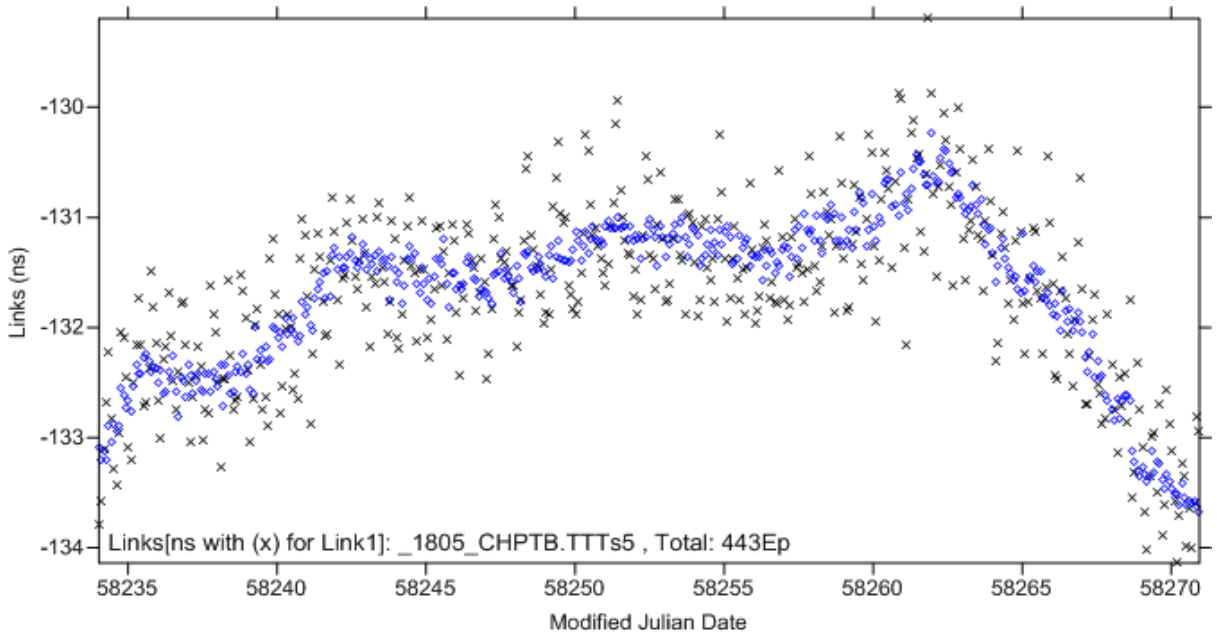
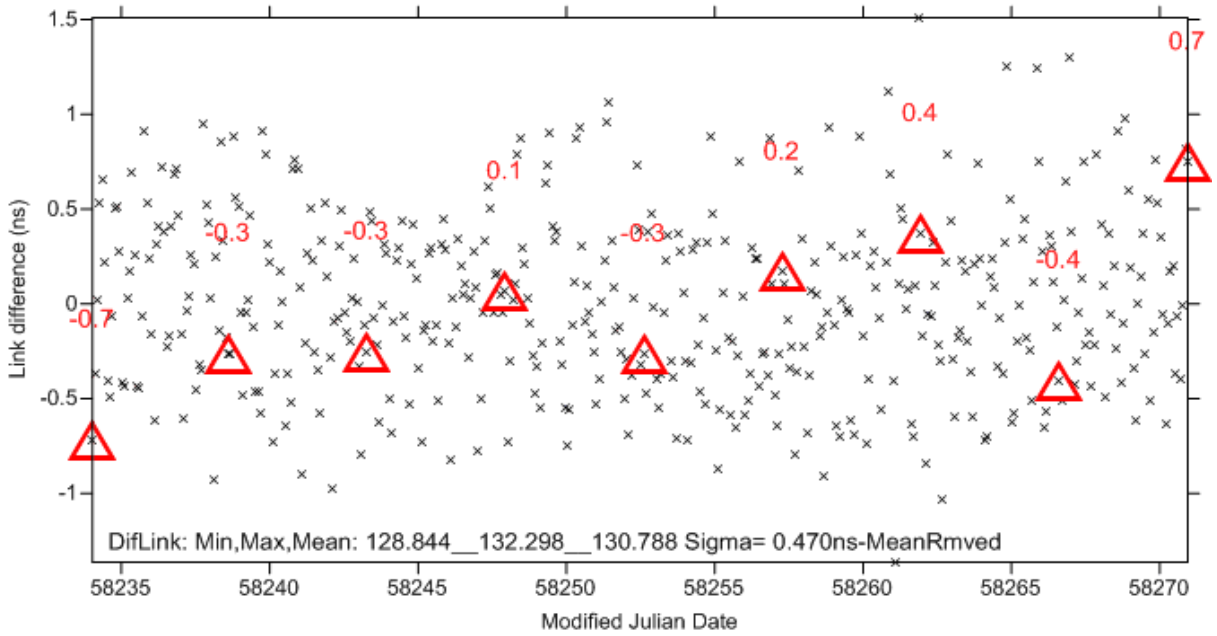


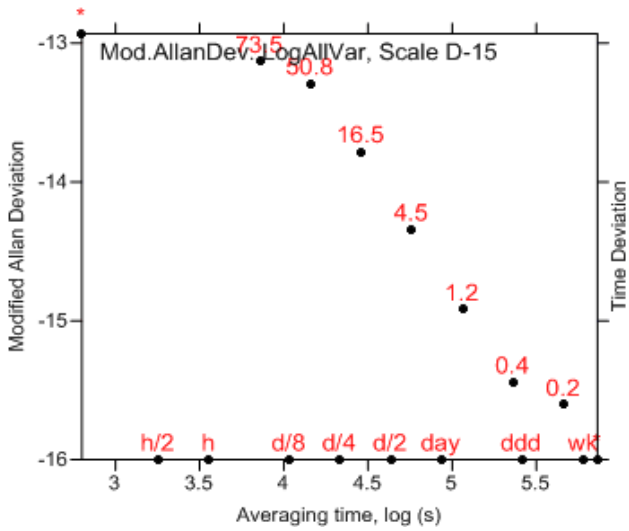
圖 2.12　106 年 11 月 BIPM 公告之 UTC(OP)與 UTC(PTB)的 SDR TWSTFT(藍)與傳統 TWSTFT(黑)時頻比對值(上圖)、差值(中圖)、以及穩定性(下二圖)來源：

ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/timelinks/lkc/1711/opptb/dlk/opptb.ttts5.gif

由於時頻標準機構陸續運轉 SDR TWSTFT，BIPM 於 107 年 5 月起，陸續公告波蘭 AOS-德國 PTB、義大利 INRiM-德國 PTB、瑞士 METAS(CH)-德國 PTB 以及西班牙 ROA-德國 PTB 的結果。圖 2.13 為 BIPM 公告 METAS(CH)與 PTB 在 107 年 5 月的時頻比對結果。


Links (ns)
Links[ns with (x) for Link1]: _1805_CHPTB.TTTs5 , Total: 443Ep
Modified Julian Date


Link difference (ns)
DifLink: Min,Max,Mean: 128.844__132.298__130.788 Sigma= 0.470ns-MeanRmved
Modified Julian Date


Mod.AllanDev.LogAllVar, Scale D-15
Modified Allan Deviation
Averaging time, log (s)

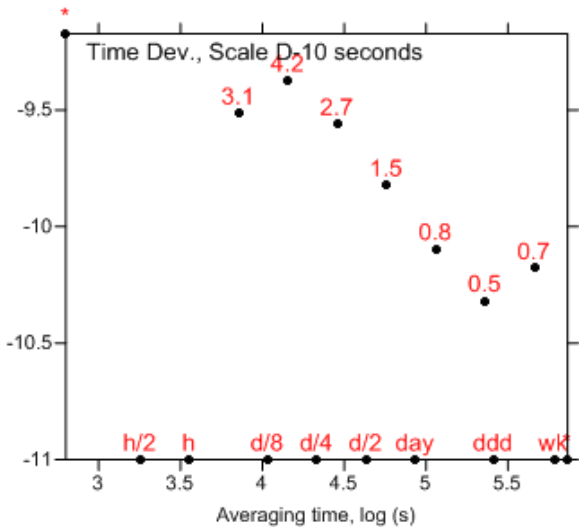

Time Dev., Scale D-10 seconds
Time Deviation
Averaging time, log (s)

圖 2.13　107 年 5 月 BIPM 公告 UTC(CH)與 UTC(PTB)之 SDR TWSTFT(藍)與傳統 TWSTFT(黑)時頻比對值(上圖)、差值(中圖)、以及穩定性(下二圖)

來源：ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/timelinks/lkc/1805/opptb/dlk/chptb.ttts5.gif

圖 2.14~16 所示本實驗室與德國 PTB 與透過韓國 KRISS 比對標準時頻之結果，由於歐亞鏈路所承租的頻寬為 1.7MHz，較亞太鏈路 2.5MHz 窄，因此本實驗室與 PTB 的時頻比對精確度會受限於歐亞鏈路。至於透過 NICT 與 PTB 的比對，尚須日本 NICT 取得發射 ABS-2A 之許可權後始能進行。

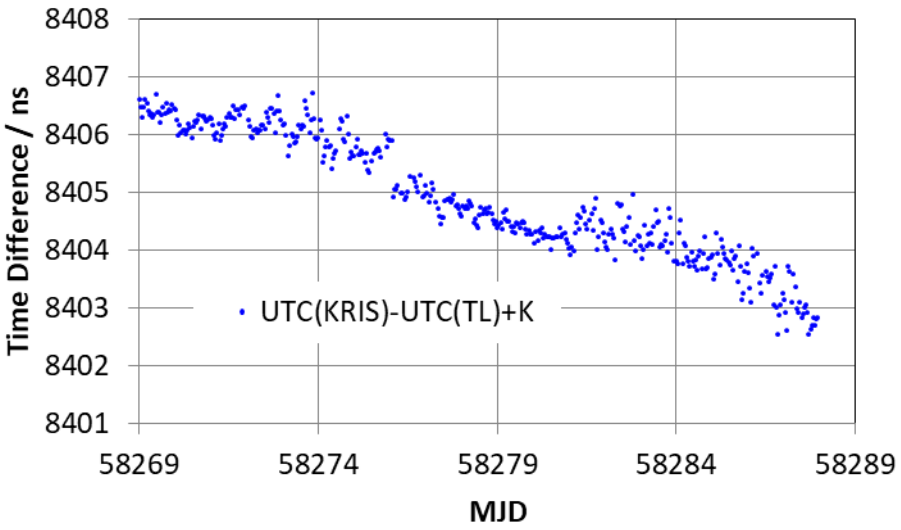


圖 2.14　傳統 TWSTFT 比對 UTC(KRIS)與 UTC(TL)差值，尚未校正

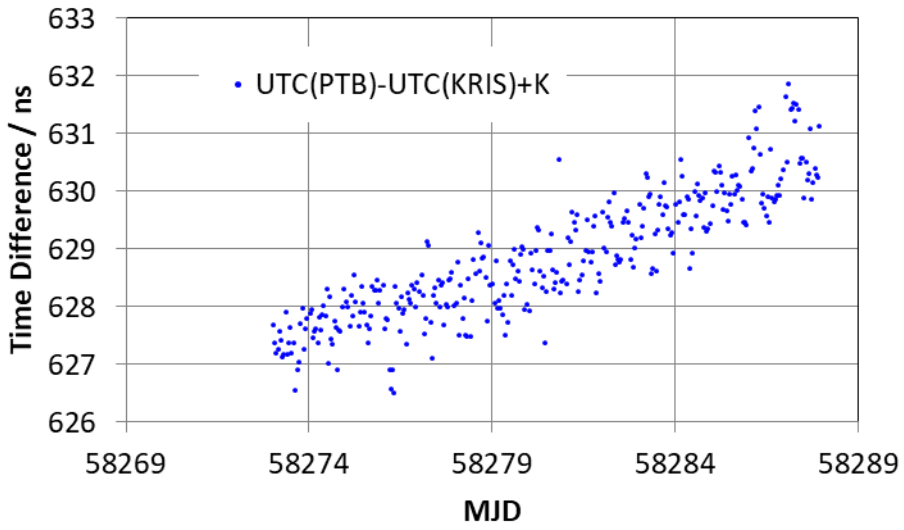


圖 2.15　傳統 TWSTFT 比對 UTC(PTB)與 UTC(KRIS)差值，尚未校正

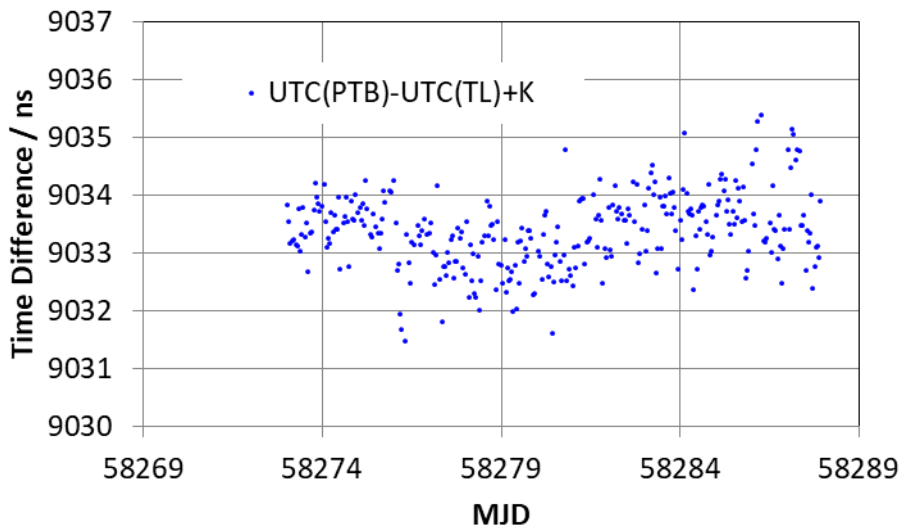


圖 2.16　TWSTFT 透過韓國 KRISS 比對 UTC(PTB)與 UTC(TL)差值，尚未校正

(2.2.1.4)應用及效益

(a) BIPM 於 107 年 5 月已正式增加公告 SDR TWSTFT 的數量，由原先一條時頻比對鏈路，增加至五條，迫使相關之時頻標準機構自我要求資料的品質，健全 SDR TWSTFT 測量結果的強健性，降低將來用於 UTC 計算的風險。

(b)中繼鏈路是目前本實驗室唯一能夠使用 TWSTFT 與德國 PTB 比對標準時頻的手段，文獻上證實利用中繼鏈路以及冗餘鏈路能夠提升標準時頻比對的精確性，本實驗室持續投入研發及推廣校正活動，不僅能保持國家標準時間的準確性，亦是合理參與 CCTF TWSTFT 工作組活動的理由之一。

(2.2.1.5)未來工作重點

發展高精準度的衛星雙向傳時技術，是本實驗的重要目標之一，本實驗室靠著長期累積的經驗，對於技術瓶頸有一定程度的掌握，其成果發表在工作組會議上已受到很大的重視，然而察覺到本實驗室相當依賴中繼鏈路，才能與德國 PTB 比對標準時頻，為持續參與 TWSTFT 工作組活動的合理性，保持合作互動以及先進技術交流，未來將推廣校正工作，包含本實驗室與日本 NICT、韓國 KRISS 的亞太鏈路，以及與日韓與德國 PTB 的歐亞鏈路。

(2.2.2)衛星雙向時頻傳遞系統之建立及品質提升B

(2.2.2.1) 達成項目(執行期間：107.7~107.12)

1. 國際合作開發衛星雙向時頻傳遞軟體無線電接收機
2. 本實驗室使用衛星雙向時頻傳遞透過中繼站與德國 PTB 進行時頻比對
3. 研發新 SDR 接收機(**此研發項目由於使用了 LNE-SYRTE 之標準信號與設備，因此雙方協議暫不對國際公開研發進度)**

(2.2.2.2)執行內容

國際上維持標準時頻的國家級或指定機構，須測量彼此標準時頻之間的時間差，稱之為時頻傳遞，除了滿足 CCTF-UTC.001 關鍵比對要求，用來確保標準時頻與國際標準的一致性之外，並提供測量值給國際度量衡局(Bureau international des poids et mesures, BIPM)，用以計算國際原子時(Temps atomique international, TAI)。衛星雙向時頻傳遞(Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer, TWSTFT)是目前最精準的遠距時頻傳遞技術之一，其測量不確定度可達 1.0 奈秒，並有即時性、獨立性等優點。本實驗室著手改善時頻傳遞接收機，使用類比數位轉換器以及個人電腦發展軟體定義無線電(software-defined radio receiver, SDR)接收機，搭配圖形運算單元(Graphic Processing Unit, GPU)開發信號處理軟體，用以量測信號抵達時間，提升 TWSTFT 精確度，此技術於 106 年 CCTF 大會通過 TWSTFT 與 SDR 的國際時頻比對結果，是產生 UTC 的標準方法之一，稱為 SDR TWSTFT，其系統架構如圖 2.17 所示。

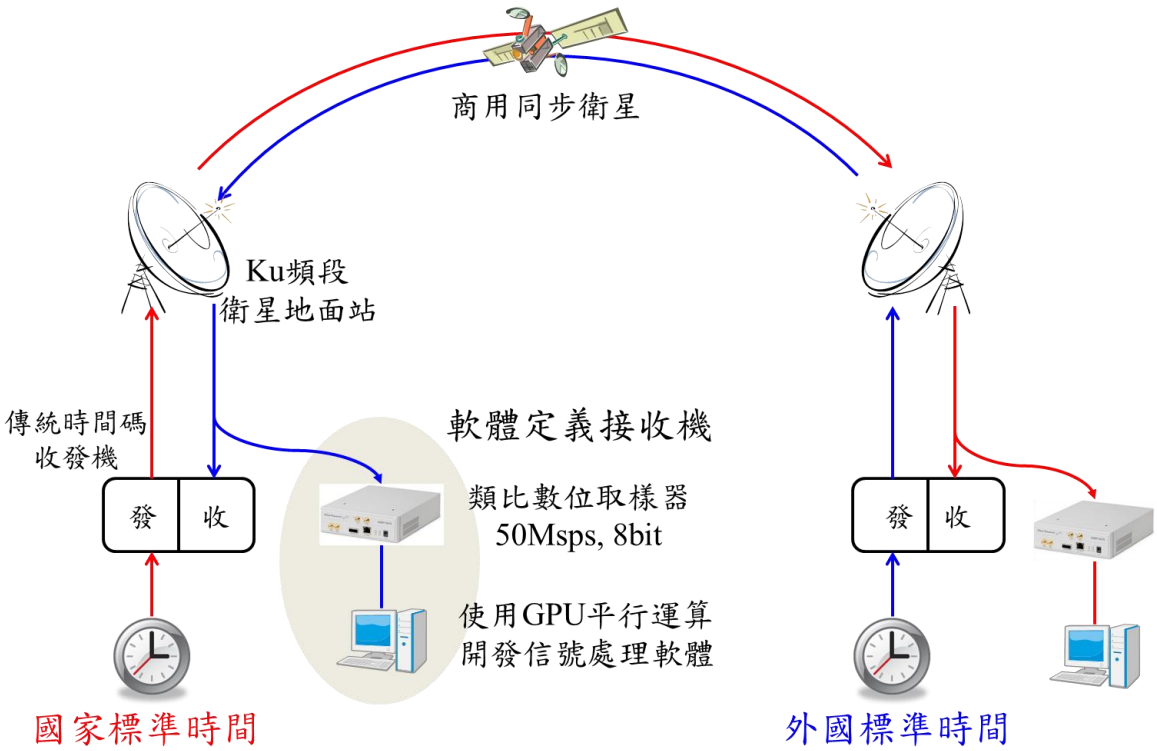


圖 2.17　TWSTFT 技術測量標準時間差之系統架構圖，主要利用時間碼收發機、衛星地面站以及通訊衛星頻道，彼此發射時間碼並且使用傳統接收機及 SDR 接收機測量對方訊號的抵達時間，藉此得到雙方時間差。

工作組成員為配合 BIPM 使用 SDR TWSTFT 計算 UTC，至 107 年 11 月底，協助國際上 16 個時頻標準機構(含實驗室)，分別使用 ABS-2A 衛星進行的歐亞鏈路、Eutelsat 172B 進行的亞太鏈路、以及使用 Telstar 11N 進行的歐美鏈路持續運轉 SDR TWSTFT 或上線準備(圖 2.18)。

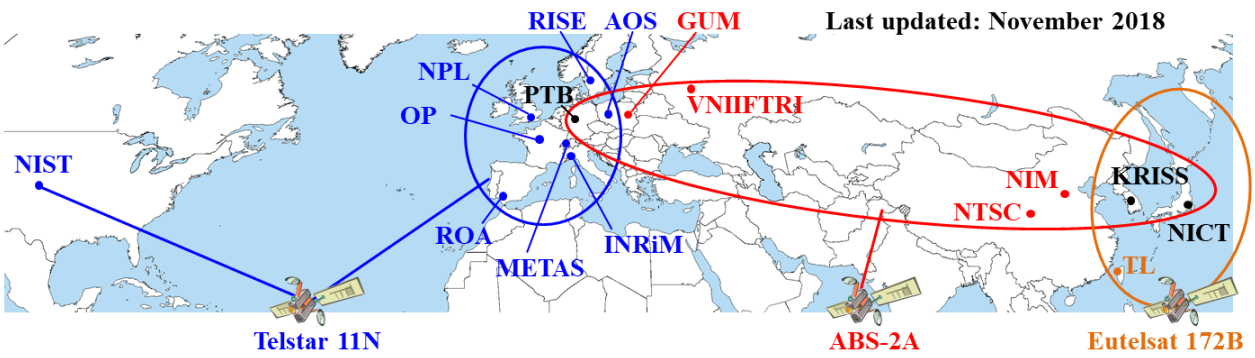


圖 2.18、107 年 11 月底持續運轉 SDR TWSTFT 或準備上線之標準時頻機構及衛星鏈路

本實驗室由於在衛星 ABS-2A 涵蓋之外，無法和德國 PTB 直接比對標準時頻。目前韓國 KRISS 以及日本 NICT 有能力在進行亞太衛星鏈路 Eutelsat 172B 與本實驗室比對的同時，亦進行歐亞鏈路和德國 PTB 比對。因此，本實驗室需要透過 KRISS 或是 NICT 的協助，才能與德國 PTB 比對標準時頻。107 年 6 月起，受惠於日本 NICT 同意本實驗室使用 Eutelsat 172B 衛星轉頻器，並且韓國 KRISS 取得了衛星 ABS-2A 的發射許可權，正式上傳 TWSTFT 測量報表至 BIPM，本實驗室得以透過 KRISS 與德國 PTB 比對標準時間。

由於日新月異，本實驗室今年度採購新式類比數位取樣器，如表 2.1 所示，其取樣頻率和電壓解析度較舊型取樣器分別提升 4 倍及 6 bit，達 200 Msps 及 14 bit。由於本實驗室今年度赴法國於 OP 內之標準時頻機構 LNE-SYRTE 研究，因此建議 LNE-SYRTE 購買一套新式取樣器並進行軟硬體開發。

表 2.1 新舊 SDR 接收機主要差異

項目	**新 SDR 接收機**	**舊 SDR 接收機**
取樣器	NI USRP X310	NI USPR N210
PPS 輸出	有	無
取樣頻率	200 Msps	50 Msps
電壓解析度	14 bit (16384 刻度)	8 bit (256 刻度)
最低輸入信號功率	-50 dBm	-16 dBm
支援傳統收發機時間碼	全部	兩種

由於歐洲 TWSTFT 之間信號干擾情形嚴重，因此新 SDR 接收機將導入繼次干擾消除功能(successive interference cancellation, SIC)，概念在於接收到信號時，首先估計所有在空中的信號參數，包含信號功率、抵達時間、載波頻率以及相位，接著參數估計值來復原所有干擾信號，最後把接收信號扣除干擾信號，可得到乾淨的信號。

(2.2.2.3)結果

至 106 年 10 月底止，德國 PTB 與法國 OP 已連續運轉 SDR TWSTFT 超過一年，於是 BIPM 每個月在官方檔案伺服器上公布 OP 與 PTB 的時頻比對值，以及與常規 TWSTFT 或 GPS 導航時頻傳遞等不同時頻比對技術之間的差值。

時頻比對公布於：ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/timelinks/lkc/*yymm*/*lab1lab2*/lnk/

差值公布於：ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/timelinks/lkc/*yymm*/*lab1lab2*/dlk/

其中 *yymm* 為西元年月，例如 1810 為 2018 年 10 月；另外 *lab1lab2* 為兩個時頻比對機構的簡稱，例如 opptb 為法國 OP 與德國 PTB 的比對，BIPM 陸續公告美國 NIST-德國 PTB、波蘭 AOS-德國 PTB、義大利 INRiM-德國 PTB、瑞士

METAS(CH)-德國 PTB 以及西班牙 ROA-德國 PTB 的時頻比對結果。圖 2.19 為 OP 與 PTB 在 107 年 10 月的結果。

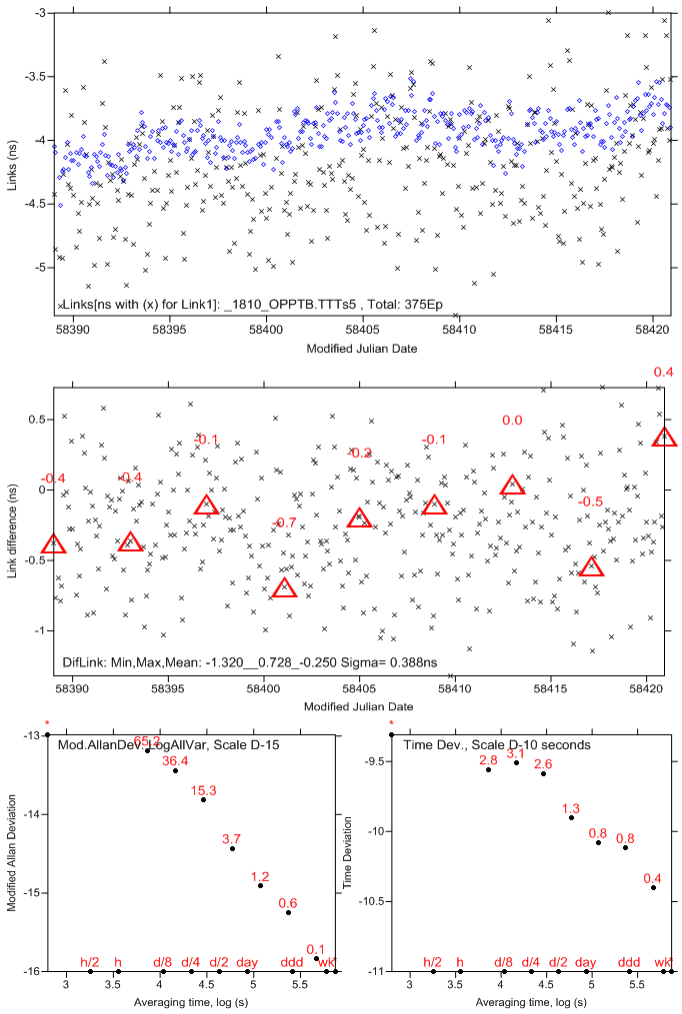


圖 2.19　107 年 7 月 BIPM 公告之 UTC(OP)與 UTC(PTB)的 SDR TWSTFT(藍)與傳統 TWSTFT(黑)時頻比對值(上圖)、差值(中圖)、以及穩定性(下二圖)來源：

ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/timelinks/lkc/1810/opptb/dlk/opptb.ttts5.gif

由於 BIPM 目前正在發展 GPS 整周精密定點定位技術(integer precise point positioning, IPPP)進行頻率比對，並期待用於時間比對，因此 BIPM 於 107 年 5 月起，間斷性陸續公告 IPPP 與 SDR TWSTFT 的比較圖。圖 2.20 為 BIPM 公告 METAS(CH)與 PTB 在 107 年 6 月的時頻比對結果，其頻率穩定性可達 10^{-17} 數量級。

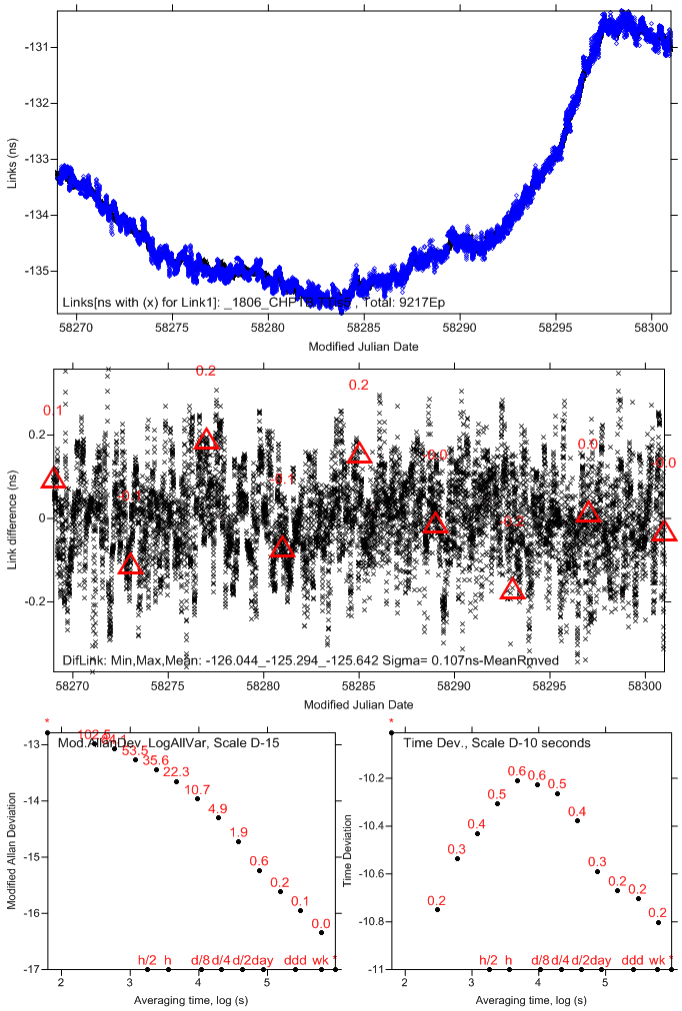


圖 2.20　107 年 7 月 BIPM 公告 UTC(CH)與 UTC(PTB)之 SDR TWSTFT(藍)與 GPS IPPP(黑)時頻比對值(上圖)、差值(中圖)、以及穩定性(下二圖)

來源：

ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/timelinks/lkc/1806/chptb/dlk/chptb.ttis5.gif

圖 2.21~24 所示本實驗室與德國 PTB 透過韓國 KRISS 比對標準時頻 150 天之結果。由於歐亞鏈路承租 ABS-2A 的頻寬為 1.7MHz，較亞太鏈路 Eutelsat 172B 的 2.5MHz 窄，因此本實驗室與 PTB 的時頻比對精確度會受限於歐亞鏈路，如圖以 modified Allan deviation (MDEV)呈現頻率穩定性可達 10^{-16} 數量級。至於透過 NICT 與 PTB 的比對，尚須日本 NICT 取得發射 ABS-2A 之許可權後始能進行。

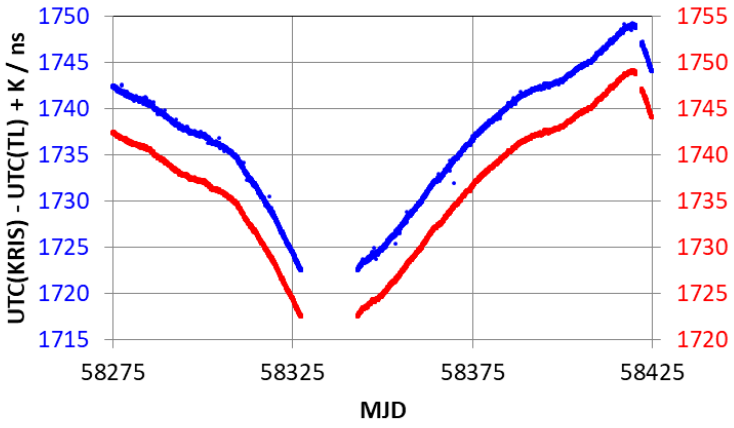


圖 2.21　SDR TWSTFT 比對 UTC(KRIS)與 UTC(TL)差值，尚未校正。原始值如藍色曲線，使用 Vondrak 剔除異常值後如紅色曲線

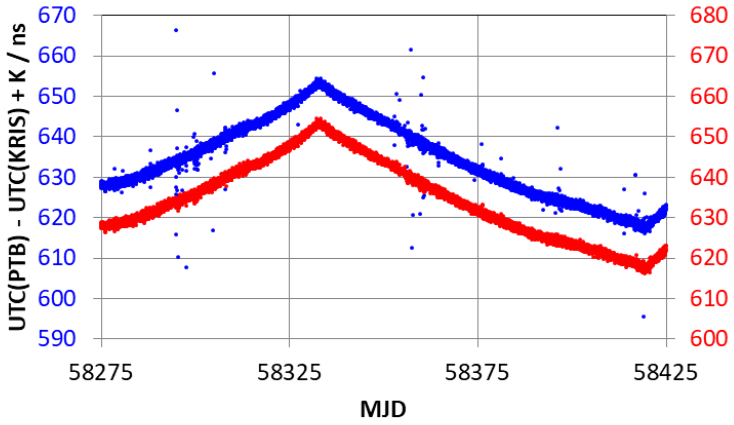


圖 2.22)　傳統 TWSTFT 比對 UTC(PTB)與 UTC(KRIS)差值，尚未校正。原始值如藍色曲線，使用 Vondrak 剔除異常值後如紅色曲線。

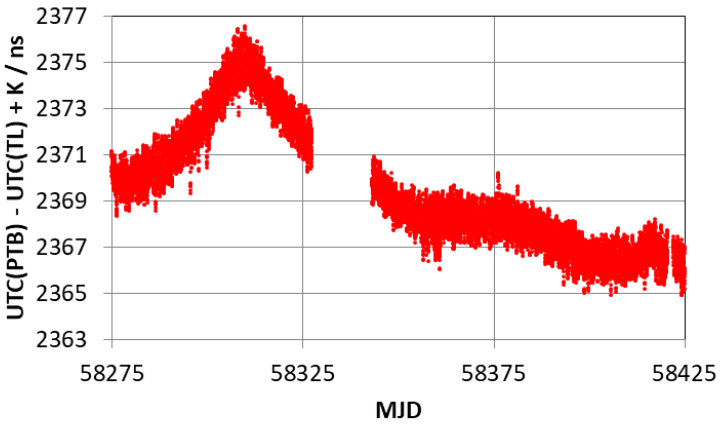


圖 2.23　TWSTFT 透過韓國 KRISS 比對 UTC(PTB)與 UTC(TL)差值，尚未校正。

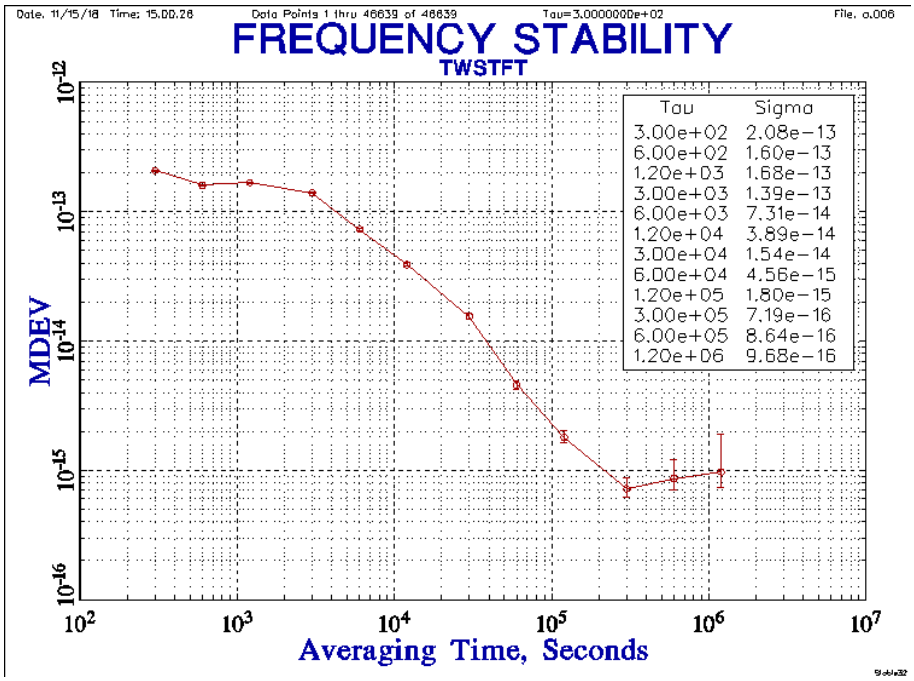


圖 2.24　TWSTFT 透過韓國 KRISS 比對 UTC(PTB)與 UTC(TL)之頻率穩定性。

本實驗室與 LNE-SYRTE 合作著手研發新 SDR 接收機，導入 SIC 功能並進行 20 天測量，其結果如圖 2.25~26 所示。由於在 LNE-SYRTE 端單方面使用 SIC 之後，在平均時間從一小時至十小時之間的 time deviation (TDEV)降低了(較穩定)，因此說明了 SIC 能改善周日效應。然而，在平均時間一小時以下 TDEV 卻變大(較不穩定)，原因可能是僅僅在 LNE-SYRTE 端消除了干擾，然而干擾在 PTB 依舊存在且強烈。

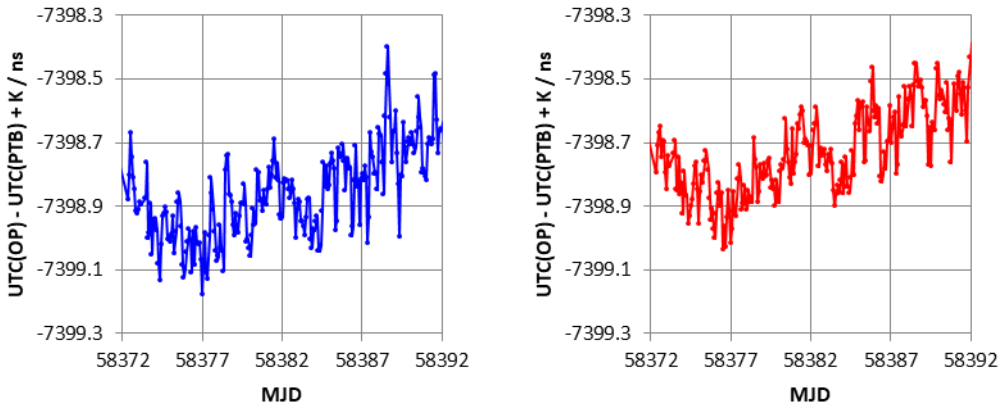


圖 2.25　SDR TWSTFT 比對 UTC(OP)與 UTC(PTB)差值，尚未校正。不使用 SIC 如藍色曲線，在 OP 使用 SIC 如紅色曲線。

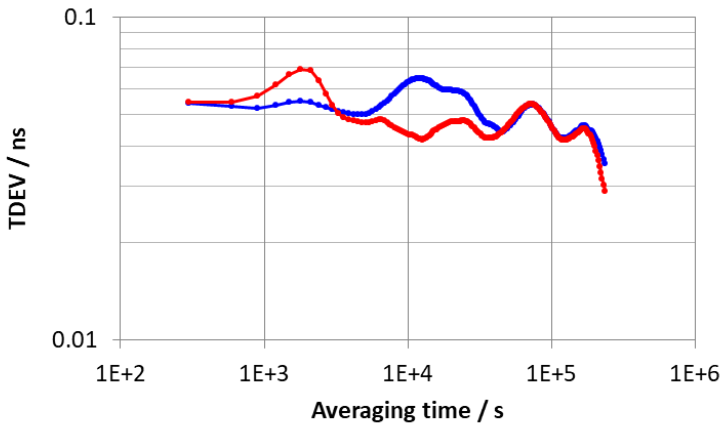


圖 2.26　SDR TWSTFT 比對 UTC(OP)與 UTC(PTB)之 TDEV。不使用 SIC 如藍色曲線，在 OP 使用 SIC 如紅色曲線。

(2.2.2.4)應用及效益

1. TWSTFT 獨立於 GNSS 時頻傳遞，更進一步確保 UTC(TL)與 UTC 的同步並提升 UTC(TL)的準確度與穩定性。
2. 即時監控 UTC(TL)與國際標準時間差，維持 UTC(TL)的連續性。
3. 研發 TWSTFT 技術，提升本實驗室水準，促進國際技術合作機會。

(2.2.2.5)未來工作重點

BIPM 於 107 年 6 月已正式增加公告 SDR TWSTFT 的數量，由原先一條時頻比對鏈路，增加至六條，迫使相關之時頻標準機構自我要求資料的品質，健全 SDR TWSTFT 測量結果的強健性，降低將來用於 UTC 計算的風險。本實驗室為協助 BIPM 推動 SDR TWSTFT 成為正式鏈路，積極配合 CCTF TWSTFT 工作組的事務，如使用 SDR TWSTFT 進行校正以及軟體開發。

中繼鏈路是目前本實驗室唯一能夠使用 TWSTFT 與德國 PTB 比對標準時頻的手段，文獻上證實利用中繼鏈路以及冗餘鏈路能夠提升標準時頻比對的精確性，本實驗室推動加入中繼鏈路成為正式鏈路，並加入 TL 與 PTB 時頻比對的校正活動，不僅能保持國家標準時間的準確性，亦是合理參與 CCTF TWSTFT 工作組活動的理由之一。BIPM 擬於 108 年度校正歐亞鏈路，雖然本實驗室無法直接加入，但仍向 BIPM 爭取參與此活動用來校正中繼鏈路，並已獲 BIPM 同意，未來擬持續配合進行例如擬校正程序書、貨運以及審閱校正報告等事宜。

本實驗室與 LNE-SYRTE 合作著手研發新 SDR 接收機，LNE-SYRTE 單方面使用 SIC 能降低和 PTB 之間 TWSTFT 時頻比對的周日效應，但是短期穩定度卻未獲提升，若要進一步提升短期穩定度，需要 PTB 也使用 SIC，為提升本院國際影響力，未來將與 PTB 洽談合作事宜。**此研發項目由於使用了 LNE-SYRTE 之標準信號與設備，因此雙方協議暫不對國際公開研發進度。**

(三) 標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣

(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：民國 107.01~107.12)

(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。

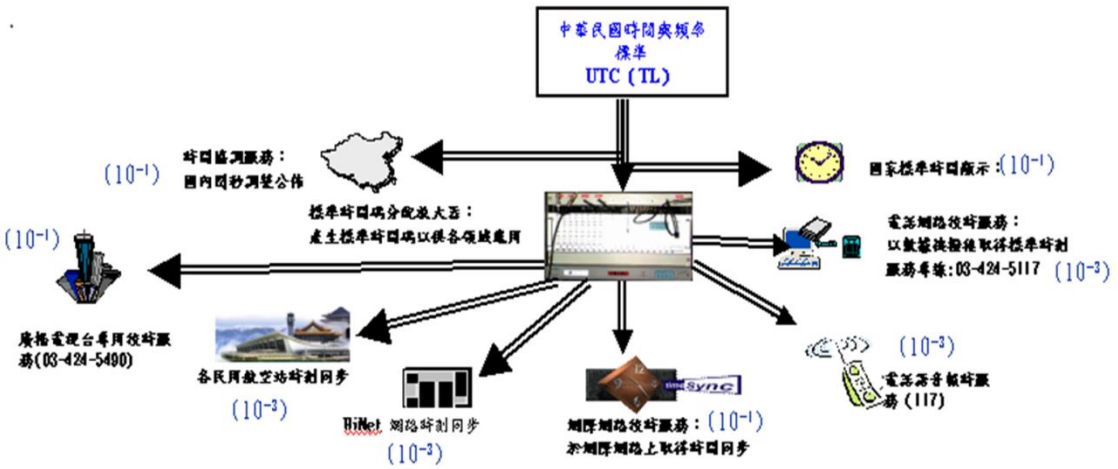


圖 3.1　國家標準時間同步服務示意圖

(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。

(3.1.4) 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 107.01~107.12)

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。

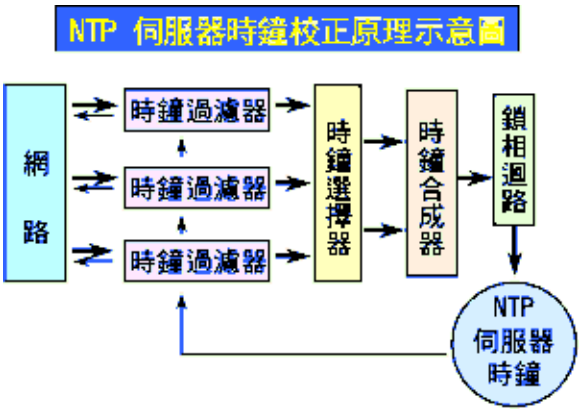


圖 3.2　網際網路校時原理示意圖

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 2.5 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 3.3 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。

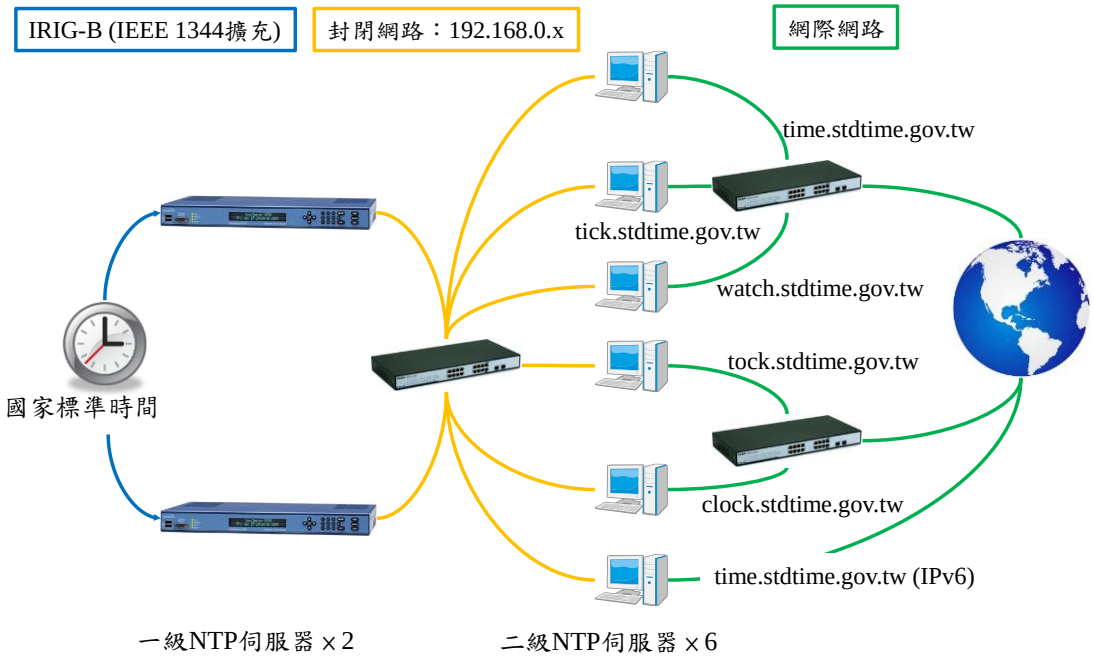


圖 3.3 本實驗室提供 NTP 服務架構圖

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。

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 3.4 總列 107 年度 NTP 服務的校時次數，每日約提供超過 2.5 億次校時請求。

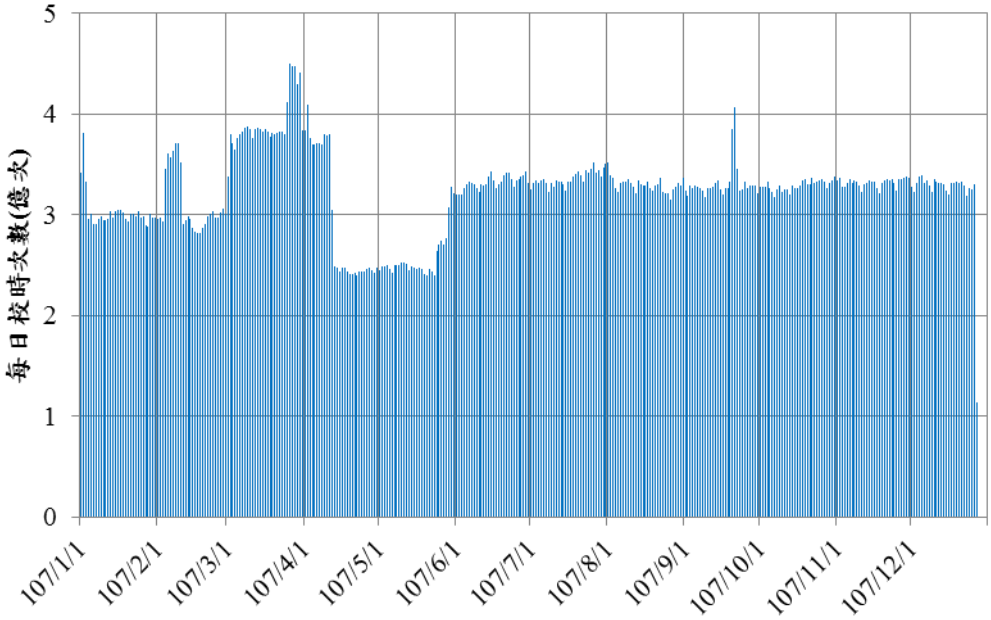


圖 3.4　107 年度網際網路校時服務每日次數統計，平常每日約 2~3 億次。

在維持網頁服務方面，本實驗室於 107 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。

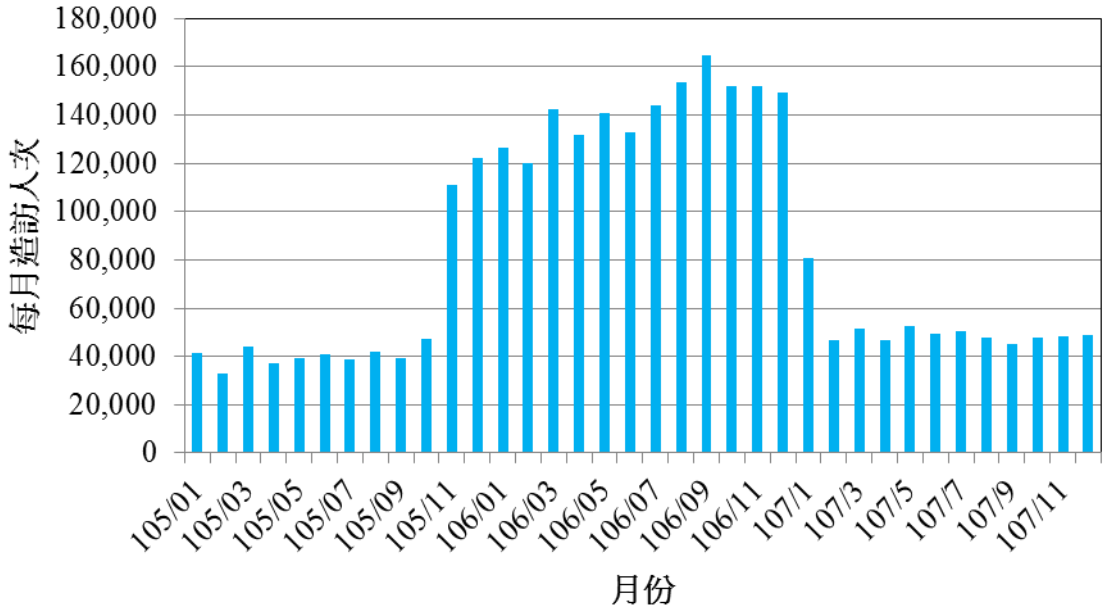


圖 3.5　本實驗室網站服務造訪人次統計，107 年度每月約 5 萬人次。

(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，107 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，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) 達成項目

(a) 研究光纖傳送時頻信號技術，探討應用需求及衍生技術。

(b) 歐美金融產業標準時間同步相關法規分析(查核項目)

(3.3.2)內容說明(執行期間：107.01~107.12)

(a) 先前成果盤點:

(1)**光纖時頻傳送技術:** 實驗室已開發有雙向光纖傳時，採用雙向傳時的架構，來消除傳送路徑延遲受環境變化的影響，以 25 公里共同路徑光纖雙向傳時實驗為例，1 天的時間穩定度可優於 7 皮秒(ps)，傳時不確定度小於 200 皮秒。在微波頻率傳送技術上，我們目前擁有的設備可透過光纖傳送 50 MHz-18 GHz 頻段之微波頻率信號。以 2 公里光纖線路進行 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，目前實驗室內測試的距離最長達 56 公里。產出內部技術報告 9 篇，國際論文 3 篇，BIPM 技術報告(共同作者) 2 篇。

(2)**衍生技術(光電振盪器及量測技術):** 上述穩定且低雜訊的光纖延遲線路，除了傳遞信號外，也可衍生多種量測技術，例如雷射光譜量測、高頻相位雜訊量測及高頻微波信號產生等。其中高頻微波信號產生，對於低雜訊微波通訊、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。我們已有的基礎包括光電振盪器，我們曾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，研究改善光電振盪器的長期穩定度的方法。光電振盪器近年來國際發展的趨勢，除產生高頻微波信號外，亦可作為多種用途的感測器使用。例如，利用其輸出的頻率對長度延遲極為靈敏的特性，

可作為長度感測器。相關技術及量測方法的經驗，可累積高頻振盪器、頻率同步技術、光纖傳時及精密頻率量測等研發能量。產出內部技術報告 1 篇，國際論文 5 篇。

(3)**探討應用需求:**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 5G 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監控等。對於這些未來社會的基礎建設，許多領域的國際標準分別規範毫秒(ms)、微秒(μs)不同等級的時間同步要求；台灣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。而透過區域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)同步需求有效的方法。產出內部技術報告 1 篇，國際論文 6 篇。

(b) 107 年度: (1)受到整體計畫經費刪減的影響，基礎研究部分暫時告一段落。但仍持續參與 CCTF 國際先進時間與頻率傳送技術工作小組討論，協助專業期刊論文審查，保持吸收新知。(2) 近年來由於自動化高頻交易已成為金融交易重要的一部分，免不了衝擊金融市場的公正與公平。歐美金融監理單位為了追蹤並稽核交易行為，制定新的法規要求更嚴格的交易時間準確度與可追溯性。這些法規經過數年與交易所及其會員的研究會商取得共識，已修訂通過並陸續於近幾年生效。台灣證券交易所為了與國際接軌並使交易更為透明，規劃實施逐筆交易制度，其中交易時間可追溯至標準時間是必須準備好的配套之一，因應國內金融產業標準時間的潛在需求，本年度蒐集及分析歐美金融產業標準時間同步的相關法規，並整理常用的標準時間追溯方法。

(3.3.3)成果

(a) 本實驗室受到國際度量衡局(BIPM)推薦持續參與 CCTF 國際先進時間與頻率傳送技術工作小組 ATFT (Advanced Time and Frequency

Transfer Techniques)，貢獻光纖傳時等技術之經驗。107 年 4 月 12 日於義大利杜林舉辦本年度的工作小組會議，本實驗室由林信嚴研究員代表，參加相關議題的討論。108 年度先進時間與頻率傳送技術工作小組將與單位技術諮詢委員會(Consultative Committee for Units)合作探索時間與頻率傳送技術的極限，貢獻在重新秒定義的議題上。

(b) 本年度協助專業期刊 IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques、Metrology and Measurement Systems、Applied Optics、IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement、Optik - International Journal for Light and Electron Optics 完成光纖傳時、光電振盪器及相關量測技術之論文審查共 6 篇，持續關注國際研究發展的趨勢。

(c) 於新加坡發表研討報告“Issues on Time synchronization in Financial Markets,” APMP 2018 Time-transfer Workshop, November 23, 2018, Singapore

(d) 完成「歐美金融產業標準時間同步法規分析」技術報告 ，重點內容摘要如下:

美國金融市場對法定時間的追溯需求起於 1996 年，當時美國證券交易委員會(SEC)調查美國證券業者協會(NASD)及那斯達克股票交易所(NASDAQ)，發現他們執行交易的方式並非都能符合所有投資人的最佳利益，於是要求美國證券交易委員會發展一套下單稽核足跡系統(OATS)，讓審計人員得以判斷當交易所收單後交易如何執行。而此系統的成功運作需要參與股市交易的所有時鐘都同步到共同的標準時間，而美國國家標準暨技術研究院(NIST)所維持的時間即成為參考的官方標準時間。美國金融市場第一個要求時間同步的法案 OATS rule 6953 於是孕育而生，並於 1998 年生效。於是美國主要市場的時鐘開始被要求必須同步到 NIST 標準時間，並提供能建立追溯的證明，當時同步的要求僅為 3 秒，後來又縮小為 1 秒。近年來由於自動化高頻交易

已成為金融交易重要的一部分，再度衝擊金融市場的公正與公平。美國證券交易委員會為了追蹤並稽核交易的行為，制定新的法規要求更嚴格的交易時間準確度與可追溯性，這些法規整理如表 3.1。美國金融市場現行法規對於所有電腦時鐘和自動下單的時間同步需求為 50 毫秒(ms)，人工下單則維持 1 秒，而時戳(time stamp)的解析精度則要求 1 毫秒(ms)。

歐洲金融市場時間同步的的現行標準是「金融工具市場規則第 2 版(MiFID II)」，由歐洲證券及市場管理局(ESMA)所制定。這份標準的時間同步要求整理如表 3.2，除了人工下單的要求為 1 秒和美國相同，其他同步的要求皆較美國的規定嚴格，自動交易要求 1 毫秒(ms)的同步，高頻程式交易則要求 0.1 毫秒(ms)的同步，歐洲的同步定義是與世界協調時間(UTC)的差。而高頻程式交易部分的時戳(time stamp)解析度則要求到 1 μs。這份標準已於 2018 年元月 3 日生效。

表 3.1 美國金融市場的時間同步要求

法規/制定者	要求	描述	時間標準	日期
OATS rule 6953 /美國證券商協會(NASD)	3 s	所有的時間	NIST	1998 -2008(由 OATS rule 7430 取代)
OATS rule 7430 /美國金融業監管局(FINRA)	1 s	所有的時間	NIST	2008 生效
Regulatory Notice 16-23 /美國金融業監管局(FINRA)	50 ms	記錄事件的電腦時間	NIST	2016 生效 2017 年 2 月實施 2018 年 2 月 19 日全面實施
	1 s	人工交易的時間		
National Market System Plan Governing the Consolidated Audit Trail /美國證券交易委員會(SEC)	50 ms	自動下單	NIST	2016 年 11 月 15 日核准
	1 s	人工下單		
	1 ms	時戳(time stamp)解析精度		

表 3.2 歐洲市場的時間同步要求(現行法規)

法規/制定者	要求	描述	時間標準	日期
金融工具市場規則第 2 版(MiFID II)/歐洲證券及市場管理局(ESMA)	1 s	人工下單	UTC	2018 年元月 3 日生效
	1 ms	自動交易事件的時戳(time stamp)(非高頻交易部分)		
	0.1 ms	高頻程式交易部分		
	1 μs	高頻程式交易部分的時戳(time stamp) 解析度		

歐洲規範的時間標準是國際標準的世界協調時間(UTC)，也就是參與國際度量衡局(BIPM)的國家標準實驗室所維持的(UTC)時間，及全球定位系統(GPS)等衛星時間，只要國際度量衡局有計算並發佈其時間差的標準時間，都可作為追溯之源頭。一般而言，證券交易所或金融機構的主時鐘，透過 GPS 校時要達到 1 μs 的準確度並不困難，然而參與交易的 IT 資訊系統，包括交易撮合主機乃至用戶端的電腦時間都要求到 1 μs 的精度，實務上需要投入大量的經費與資源更新設備才能達成，也因此歐洲 MiFID II 規範被認為是金融業嚴峻的挑戰。

台灣證交所為了與國際接軌並使交易更為透明，規劃盤中(自 9:00 起第 1 次撮合處理後至 13：25 止)逐筆撮合即時交易。金管會已於 107 年 9 月 3 日拍板，台股的逐筆交易機制將在 109 年 3 月 23 日上線。在正式上線前的準備期，證交所將於 108 年 3 月提供逐筆交易模擬平臺，開放給證券商進行測試，並讓投資人有機會熟悉逐筆交易的模式。

交易時間可追溯至標準時間是必須準備好的配套之一，其中所面臨的挑戰與一些特殊系統考量市場交易可簡化成(1)詢價及分析、(2)下訂單、(3)撮合、(4)成交確認，及隨後(5)價格揭露等主要動作，每個動作在時間軸上有建立及完成的先後次序，可用事件(event)及時戳(time stamp)的方式記錄下來，作為後續分析價格變動與交易量的數據。交易所內可能有多部伺服器及上百部電腦組成的資訊系統來執行業務，一般而言電腦所使用的振盪器不夠精準，導致電腦時間各異，必須定期透過內部連線校時同步至允許的規範內。最後，這些交易紀錄，可以反映交易所的效能，一旦市場發生重大問題，這些紀錄就能讓監理機關找出問題的來龍去脈。

而市場交易的成員，包括交易所(如證券交易所、期貨交易所)及其會員(如證券商、證券公司)，而同時證券公司又與其客戶，透過電話語音、電腦連線、APP 手機連線等方式，委託代理交易下單及訊息回報。由於交易所、證券公司及其客戶的時鐘並不相同，也必須時間同步，以避免程序上的問題與糾紛。根據歐盟的規範，交易所及其會員應建立可追溯至世界協調時間(UTC)的時間系統，須提供設計、運行與規格的文件，證明可追溯性。

對於交易所而言，首先須建立自己的主時鐘，作為內部資訊系統的時間源頭。主時鐘系統的設計，需兼顧準確與安全，建議使用商用銣原子鐘為基礎，透過 GPS 接收機或光纖網路等方式，追溯至世界協調時間(UTC) 。當主時鐘與外界 UTC 時間差異過大時，需要校時調整，調整方式須避免跳躍式一次到位的調動，以防時間序列出現錯誤，導致交易資訊系統發生錯誤或癱瘓，所以時間只能採取緩慢小幅度單調遞增或遞減的調整機制。而上述主時鐘系統需有雙套以上的備源，提高可靠度。透過 GPS 接收機或光纖網路追溯至世界協調時間(UTC)

時，除了建立安全的通訊外，還必須考慮線路及設備的時間延遲，這些延遲可透過一次性或定期校正的方式來測定，然後進行補償。GPS 時間是一個連續的時間系統，並不包括閏秒的調整，所以必須在接收機端做修正，才能與 UTC 時間一致。而精密計算 GPS 時間，接收機端還必須更新精密星曆，一般需要有相關經驗的工程師來協助設定。然而即使如此，接收機端的時間，仍受到許多因素的影響，包括接收機的等級(分單頻、單通道、雙頻、多通道、及不同的廠牌)、天線種類、天線信號纜線及天線座標誤差、環境因素、電離層及對流層對信號的干擾與延遲、多路徑信號反射、同頻電波干擾等諸多因素，所以實際接收到 GPS 時間的不確度，可以從最佳 10 ns(奈秒)到最差 1 μs(微秒)的差別，除了設備的等級外，是否正確的設定和是否針對延遲的因素妥善的校正，都是影響時間不確定度的原因。對於 GPS 接收端的時間校正方法，目前國家時間與標準實驗室提供 GPS 遠端校正的方式，如果地理位置與國家時間與標準實驗室夠靠近的話，會有相似的環境因素、相似電離層及對流層信號的延遲，可以利用共視法消除這些誤差因素。一般而言 GPS 遠端校正的誤差約為 2 ~ 10 奈秒，具體的校正誤差仍與設備的等級有關，以較保守的擴充不確定度評估約為 24 奈秒。GPS 遠端校正的另一個好處是可以即時監控，因為兩地所維持的時間與接收到 GPS 時間的差值是持續進行的，可以持續監控兩地時間的差值變化。

交易所內的資訊設備與電腦所使用的振盪器頻率較不穩定且斜率較大，須頻繁透過內部連線校時同步至主時鐘。而同步方式不外採用網絡時間協定 (Network Time Protocol, NTP)或精確時間協定(Precision Time Protocol, PTP)。由於網路往返時間延遲差為 NTP 校時主要的誤差來源，對於一個廣域網路(WAN)而言，例如往返時間延遲大於 100 ms

的網路，NTP 校時不確定度很難低於 10 ms (毫秒) ，也就難以符合多數歐美金融法規時間同步的需求。所以 NTP 僅能在延遲較小的區域網路(LAN)中，提供較好的校時精度。

相對於 NTP 僅可執行毫秒級的同步，工業界發展 IEEE 1588 精確時間協定(Precision Time Protocol, PTP)，透過週期性交換調整時間資訊，並利用硬體裝置降低緩衝延遲或封包延遲 ，改善時脈訊號的品質，來提升同步的準確度達微秒等級。然而，精確時間協定 PTP 同樣受到網路傳播延遲對稱特性的影響，適合區域網路中使用。實際建置的 PTP 同步網路，其效能與投入的設備與成本有極大的關係，建議券商等金融業者應與設備商妥善討論並瞭解需求目標後再行建置。

對於證券公司而言，因應逐筆交易，不管是網路設備、系統主機或是儲存設備，都要大幅提升效能，才能達到證交所要求券商須滿足每秒 1 萬筆交易量，每筆交易須 5 毫秒完成的基本要求。而機房也要搬到離證交所機房最近的地方，甚至租用交易所撮合主機旁的主機共置（co-location）機房，與集中及櫃買市場交易主機直接連線，達到更快速的網路傳輸，將下單時間縮小到千分之幾秒或百萬分之幾秒。所以原則上，證券公司可共用機房主時鐘進行校時，至於分散全台各地服務據點，則可自行架設 NTP 時間伺服器，或連線至本地國家時間與頻率實驗室提供的 NTP 伺服器，為電腦資訊設備校時。而客戶端的連線電腦、手機帳戶 APP(例如 e 電子下單、行動銀行、集保 e 存摺)，正確的交易時間仍然是安全交易最基礎的要求，其精度要求或許較低(例如 1 秒內)，可與主機伺服器或國家時間與頻率實驗室的 NTP 伺服器連線校時。

(3.3.4)自評與未來工作重點

(a) 對應國內的變革，金管會今年(107 年 9 月 3 日)已拍板同意台灣證券交易所規劃的台股的逐筆交易機制，取代現行每五秒集合競價的交易。108 年 3 月將進行逐筆交易模擬測試，109 年 3 月 23 日正式上線，其中交易時間可追溯至標準時間是必須準備好的配套之一。在目前的準備期間，不僅證交所包括各大券商及營業據點等，都必須投入資源進行軟硬體的升級。另一方面，且因應金融交易的無人櫃台化、帳戶 APP 化(例如, e 電子下單、行動銀行、集保 e 存摺)的新興趨勢，預期國內相關產業也有時間同步的需求，宜做好相關準備。國家時間與標準實驗室肩負(例如美國 NIST)的角色，配合提供標準時間源、相關校時技術的諮詢、暨提供時間可追溯性之認證，同時滿足這些校時知識的需求，協助相關產業升級。

(b) 持續參與國際高精密傳時技術之討論，分享並吸收相關理論與量測知識。108 年度將研究衛星移動下的都卜勒效應及同時性修正量，理論推導當同步衛星軌道微變動時，其速度與加速度對時間與頻率傳送結果的影響，並與國際傳時比對數據進行比較，此研究可增進相關量測知識，實現精確的秒定義。

除了基礎研究外，我們也將持續關注公眾時間同步的需求，冀望推廣相關知識於下一代科技產業基礎建設，滿足 AI 無人技術、下一代無線通訊網路、智慧電網相位量測等同步需求。

(3.4) 舉辦第六屆頻率量測能力試驗活動

(3.4.1) 達成項目

完成舉辦第六屆頻率量測能力試驗說明會(107.05)

(3.4.1.1) 執行內容(執行期間：107.01~107.06)

為配合 ISO/IEC 17025 規範，及全國認證基金會(TAF)對國內校正實驗室間相互比對之要求。本實驗室訂於今(107)年舉辦「第六屆頻率量測能力試驗活動」，提供國內之時頻實驗室校正能力驗證的機會，進而健全全國時頻追溯體系。活動對象包括 TAF 已認證、申請中及其他有興趣參與之實驗室。

活動進行方式是由本實驗室將待測件及一套完整的校正系統依序運送至參加實驗室。在各實驗室進行待測件量測期間，本校正系統亦同時進行量測，此兩組實驗之結果即可進行比對分析。待所有參加實驗室都完成量測後，總結各組實驗結果，完成總結報告。此報告可作為實驗室校正能力符合要求之證明依據。

(3.4.1.2) 現況

於 5 月 17 日在本院 D105 會議室完成舉辦能力試驗說明會，來賓包括來自 24 家實驗室的二十多位代表。參加家數較前次活動多出 6 家，顯示時頻準追溯的重要性日益提升。

在說明會中，我們針對活動進行方式、技術要求及量測結果評估方法等，向參加實驗室說明並進行雙向溝通討論，最後並依據各實驗室所提適合的時間，安排現場量測的先後順序。本次能力試驗說明會之舉辦，亦為配合 520 世界計量日之活動項目。

接下來自 6 月初至 7 月底安排每週赴 2~4 家實驗室進行現場量測。為維持頻率參考標準器的電源不中斷，以確保量測之可靠性，現場量測的相關設備(包括銫原子鐘與不斷電設備、時間間隔計數器、待測件 Counter 及數據記錄設備等)均由實驗室同仁親自擔任運送與量測的重任。出發前及返回後還需進行標準件的性能量測，執行過程相當辛苦。最後於量測工作依

序完成之後，我們亦彙集量測資料進行分析比對，以評估各家實驗室的校正能力。最後於 8 月 2 日舉辦總結會議，向參加實驗室說明能力試驗比對之結果。

本次參加能力試驗活動中，21 家實驗室所得的|En|值皆小於 1，顯示各實驗室校正能量與其所宣稱者相符。另有兩家實驗室的頻率量測精度稍差，我們另選適合的待測件進行量測比對，其結果亦可驗證其校正能力，對此兩家實驗室比對的結果，我們已列為量測稽核活動並出具報告。

圖 3.6　各實驗室代表出席能力試驗說明會之現場

(3.4.1.3) 應用及效益

舉辦能力試驗活動，提供次級實驗室校正能力相互比對的機會，以符合實驗室認證規範的要求，是健全我國時頻追溯體系工作中的要項。本實驗室自民國92年起，已陸續舉辦五屆的頻率量測能力試驗活動。

本年度規劃及籌備第六屆頻率量測能力試驗活動，有助於滿足產業界參與公正、客觀、獨立的能力比對，符合認證規範的需求，進而延續認證資格並提升產業的競爭力。

(3.4.1.4) 未來工作重點

持續舉辦能力試驗活動，滿足國內校正實驗室之認證需求，並加強精密量測技術之輔導與落實，以提升國內校正技術水準。

(3.4.1.5) 自評與建議

持續協助 TAF 之評鑑活動、維持標準件校正服務和舉辦能力試驗活動，是健全我國時頻追溯體系及滿足國際相互認可的方法，亦是國家標準實驗室責無旁貸的義務。國家標準實驗室之主要任務為標準之追溯、維持及傳遞。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，並提供國內業界作為量測校正之追溯源。除了提供時頻校正服務外，近年來本實驗室配合 TAF 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，對提升產業界校正技術及取得國際相互認可等方面，都有很大的助益。

（四）其他

(4.1) 出席衛星雙向傳時工作組年度會議(會議期間：107 年 6 月 5 日至 10 日)

(4.1.1) 目的

協助推動國際間衛星雙向傳時技術及比對量測事宜，制定各項設備及傳時實驗之標準使用程序

(4.1.2)工作內容:

會議地點：GUM 於 1919 年波蘭簽署米制公約後於首都華沙成立，二戰後於原址重建，研究重心也由量測科技轉向標準維持，目前為波蘭最高度量衡標準機構。

圖 4.1　GUM 入口大廳

會議開始首先由CCTF新任秘書Dr. Patrizia Tavella報告，2018年11月13-16日CGPM將集會討論，可望通過SI定義修正、time scale重新定義、BIPM任務導向等案，Dr. Tavella向各實驗室說明影響及BIPM未來工作方向。另外本計畫基於日本NICT DPN TWSTFT程式碼發展之SDR TWSTFT軟體接收機已於大部分UTC TWSTFT鏈路安裝，並上傳資料至BIPM，Dr. Tavella也向各實驗室報告BIPM基於SDR比對計算UTC之結果。

Dr. Patrizia Tavella報告之後議程主要分五部分，首先是各實驗室狀態

報告，此屆會議共有波蘭AOS, 瑞士METAS, 波蘭GUM, 義大利INRiM, 南韓KRISS, 日本NICT, 中國NIM, 美國NIST, 英國NPL, 中國NTSC, 法國OP, 德國PTB, 西班牙ROA, 瑞典SP, 俄羅斯SU, 台灣TL, 美國USNO, 荷蘭VSL等共18個實驗室[1]出席會議，向大會報告近一年來各實驗室之研究狀況，出席人數超過40人，為歷屆會議最盛大一次。中國BIRM雖未出席，但有委託NIM報告2017-18實驗室狀況。台灣TL報告實驗室近況，一年來TL原子鐘叢集、TL協調時及TL原子時之結果，GNSS、雙向衛星鏈路維護校正最新資訊及國際比對包括SDR之比對結果、相關研究及未來發展重點。同時因今年4月剛完成BIPM 2018年實驗室GNSS設備巡迴校正，應工作組要求，一併於狀態報告中簡述此次校正初步結果。

圖 4.2 會議現場

第二議程為歐美、歐亞及亞太各區域衛星雙向傳時鏈路現況。主席安排日本NICT與台灣TL報告亞太區Eutelsat 172B衛星雙向傳時現況，實際報告主要由日本NICT Dr. Miho Fujieda負責。美國NIST報告歐美T-11N衛星鏈路合約狀

況。歐亞衛星鏈路 ABS-2A 鏈結狀況則由俄羅斯 SU 報告。各區域衛星合約大致維持現狀，歐亞衛星鏈路所用 ABS-2A 衛星合約已簽訂，參加實驗室有 PTB、AOS、SU、NIM、NTSC、KRIS、NICT 等實驗室，TL 言明若可用中繼方式鍊結 PTB，則 TL 願意參加此衛星合約，以建立與 PTB 之 TWSTFT 鏈路。

第三議程則是討論因應 SDR 技術發展之衛星雙向傳時 RefDelay 校正值重新定義。因應 SDR 比對結果已正式應用於 UTC 比對，基於傳統調變接收機所定義之各種校正值有必要重新審視，結論為對應原有 ITU 規定，SDR 之 RefDelay 應與傳統技術相同，但應修改其他延遲值以符合 SDR 比對結果。

圖 4.3 全體出席人員合照

第四議程為各新技術討論，共有BIPM報告redundant TWSTFT校時網路、TimeTech新數據機研究、及台灣TL報告GPS傳時與TWSTFT長期不一致之研究。由於GPS及TWSTFT接收延遲往往會受溫度變化、大氣層效應、反射效應影響，長期而言並不穩定，檢測TL-PTB、TL-NICT、TL-USNO比對結果，大致可確認只要所使用之衛星軌道穩定，TWSTFT長期而言會比較穩定，但GPS接收機易受環境影

響，延遲值隨季節或有變化。本計畫於2018 PTTI曾發表論文一篇，權衡多GPS接收機之傳時結果，建立接收機叢集之標準CGGTTS檔案進行GNSS傳時及校正，可有效提升GPS傳時之長期穩定度，並作為校正標準。於會議中與各出席人員分享。

第五議程討論為BIPM及WGTWSTFT發起之SDR先鋒研究小組(Pilot Study Group, PSG)之成果，由本計畫黃毅軍博士(現為TL/OP交換學者)與BIPM江志恆博士報告並接續討論。由於過去一年各實驗室SDR安裝相當順利，目前歐美、歐亞、亞太三個TWSTFT網路15個實驗室已安裝SDR並上傳比對資料至BIPM，其餘實驗室也正計畫安裝。所有SDR結果之短期效能皆較傳統接收機為佳，長期性能則與傳統接收機相當。BIPM已將OP、AOS、CH、IT、ROA、NIST等實驗室之SDR鏈路比對結果正式納入UTC備用計算，可於主要鏈路不穩時用以計算UTC。先鋒研究小組任務可謂圓滿結束，未來SDR議題集中於SDR軟、硬體維護、升級及獨立校正實驗，此將於本屆會議後後討論。

議程最後公布明年主辦實驗室為日本NICT，地點為沖繩電磁技術中心，時間大約在明年10月底至11月初。

(4.1.3)結果

(a) 此屆會議共 18 實驗室 40 人出席，參與實驗室中僅有北京 BIRM、葡萄牙 IPQ 未出席，但 BIRM 有委託北京 NIM 宣讀報告，為歷屆規模最大會議。GUM 實驗室準備規劃皆非常周到，為一次相當成功會議。

(b) 依 CCTF 秘書 Dr. Trevalla 報告，新 SI 中之質量定義由普郎克常數導出，亦即應由瓦特平衡技術做為質量量測標準。

(c) 中國 BIRM 此次雖未參加中國舉辦以外之工作組會議，但持續研發導航衛星用原子鐘及全數位衛星雙向傳時接收機。並與 NIM、NTSC 透過香港亞太衛星 6 號進行衛星雙向傳時實驗。

(d) 南韓KRISS近10年來首次參加會議，宣告已建立歐亞ABS-2A TWSTFT Link。其LF廣播電台預計2019年開播，使用65KHz頻率。

(e) 日本NICT準備與TL及KRISS進行其自製之全數位衛星雙向傳時接收機實驗，並邀請TL派員至日本實習操作。

(f) 德國PTB採購第二套SDR設備以建立歐亞SDR TWSTFT Link

(4.1.4)心得及建議

(a) SDR先鋒計畫任務已圓滿完成，基於SDR已列入UTC鏈路正式計算，下一階段重點在於版本的除錯、更新及硬體配合升級、SDR系統校正等任務，皆須各參與實驗室與BIPM一同配合，TL同仁與CCTF秘書Dr. Trevalla、WGTWSTFT主席Mr. Zhang等討論，成立一任務小組，專責SDR軟硬體除錯、更新、升級及校正，暫定由本計畫研究員黃毅軍博士擔任協調員。

(b) NICT使用Eutelsat 172B同時進行其所發展之全數位雙向傳時接收機測試實驗與現有統接收機比對，測試前約於今年10月中於NICT對KRISS及TL操作人員進行3-7天操作講解，建議配合NICT一同進行其全數位雙向傳時接收機測試實驗，深化友好關係。現有NICT-TL雙向比對鏈路可能會因實驗參數改變導致不穩定，但其並非UTC比對鏈路，與PTB之中繼式衛星雙向傳時鏈路可重新規劃，尋找其他解決方案。

(c) 香港衛星公司亞太6號衛星(APStar-6)，涵蓋範圍包括全東亞實驗室如NTSC、NIM、KRIS、NICT、TL。或可由APMP TCTF 衛星雙向傳時工作小組組織透過APStar-6進行會員間的衛星雙向傳時比對實驗，TL或可藉由此鏈路中繼再與PTB進行衛星雙向傳時實驗，進而建立主要或備援UTC比對鏈路。

(4.2)參與國際研討會之舉辦

(4.2.1)達成項目

(a) 協助完成舉辦 2018 TCTF workshop 國際研討會

(b) 協助 2019 AP-RASC 之論文徵稿及審查

(4.2.2)內容說明

(a) TCTF workshop 是由亞太計量組織(APMP)時頻技術委員會(TCTF)舉辦的時頻國際研討會，目的在於讓 TCTF 參與實驗室的成員交換時頻技術最新發展趨勢與成果。今年研討會於 11 月 23 日(TCTF meeting 前夕)在新加坡舉辦。研討會主題是「標準時間與頻率在電信與金融的應用」。

本次會議因為主題較為侷限，多數國家實驗室的工作與此議題沒有密切的關聯，徵稿殊為不易。會議共有 8 篇論文發表(印度和馬來西亞的代表因經費問題未能與會)。本院同仁共發表兩篇論文，對於會議順利舉辦頗有貢獻。

圖 4.4　2018 TCTF Workshop 開會情形

另外，本實驗室目前正與中國電機工程學會討論合作，將會議論文的全文集結出版 IJEE Special Issue 的事宜。若後續徵稿及審稿順利，預計可在 2019 年六月份出刊，這是 TCTF workshop 舉辦以來的創舉。

(b) 2019 AP-RASC 研討會將於明年 3 月中旬在印度的新德里舉辦。本實驗室林晃田博士應邀擔任 Commession-A 中 session A03「Advanced Time & Frequency Transfer Techniques and Precision Geolocation」的協同召集人。透過與召集人及 APMP TCTF 會員的密切溝通，最後為 Session A03 徵集了 12 篇論文，可以順利安排兩個場次的報告。

藉由主辦或協辦國際會議，不僅可以加強實驗室同仁與國外專家之間的技術交流，更有機會參與期刊論文的編審與發行。讓研討會的品質與效益能提升到更高的層次，也有助於促進亞太地區的技術合作與交流。

(4.3) 輔導經濟部台灣電力公司綜合研究所進行數位電驛時間校正

(4.3.1)背景

經濟部台灣電力公司綜合研究所為台灣電力公司最高研發單位，直屬該公司總經理管理。其任務包括提升電廠可用率及供電品質、提高能源績效及降低成本及擴張能源科技研發能量。透過技術水準的精進研究，協助台電提升電廠與電網效率，推動新發電技術，以及智慧電網、節能減碳等相關技術研究。

台電綜合研究所為提升電網效能及進行電網錯誤偵測，須對各電廠、變電站之數位電驛設備時間進行同步，以利告警管理、監測及錯誤事件順序判斷。同時為符合未來智慧電網時間同步要求，台電綜合研究所正計畫建立台灣電力設備時間同步網，主要以 GPS+IEEE 1588 為時間標準參考，同步所有電力設備之時間與頻率。

(4.3.2)執行內容:

本計畫於今年應綜合研究所請求，協助該所進行數位電驛內部時間校正。本計畫與該所執行人員討論後，先進行該所標準時間校正參考之追溯校正，並評估其校正能力，再針對各種電驛型號，個別進行校正程序，目前已協助台電綜合研究所完成初步電驛時間校正程序測試，完備後成為台電內部電驛時間正式校正程序。

台電綜合研究所已有銫原子鐘一部，計畫做為台電電網同步時間與頻率參考源，本計畫繼續協助該所建立追溯鏈路，並提供技術諮詢以協助台灣電網早日實現智慧電網。

圖 4.5　台灣電力公司風力發電機及內部控制中心

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至極限。

(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 2.5 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。另提供通行全球百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，以因應社會大眾之需求。

(六)民國 107 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)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					

（二）各種報告(論文、技術報告、研討會、出國報告、技術創新）一覽表

1.論文一覽表

等級	編號	論文名稱	刊出日期	作者	期刊(會議)名稱	國家
國際 SCI 論文	1	Use of SDR Receivers in TWSTFT for UTC Computation	107.10	Zhiheng JIANG、 Victor ZHANG、黃毅軍等 15 名	Metrologia	法國
國際研討會(EI reference)	2	Implementation of SDR TWSTFT in UTC Computation	107.1	Z. JIANG、黃毅軍、林信嚴等 15 名	2018 PTTI	美國
國際研討會(EI reference)	3	The Study of Using Hydrogen Maser Ensemble to Steer UTC(TL)	107.5	林信嚴、Z. JIANG	2018 EFTF	美國
國際研討會(EI reference)	4	The Long Term Stability and Redundancy Test of GPS Multi-Receiver Ensemble	107.1	林信嚴、Z. JIANG	2018 PTTI	義大利
國際研討會(EI reference)	5	Evaluation of BDS Time Transfer on Multiple Baselines for UTC	107.1	K. LIANG ,F. ARIAS,Z. JIANG 等 15 人	2018 PTTI	美國
國際研討會	6	Using of the Software-Defined Radio and microwave links for Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer applications	107.6	黃毅軍、Joseph ACHKAR、Zhiheng JIANG	2018 AREMIF	法國

2.技術報告一覽表

編號	報 告 名 稱	刊出日期	頁數	語言	作者
1	實驗室貢獻權重排名提升的成本分析	107.05	7	中文	林信嚴
2	完成改善多重接取干擾提升衛星雙向時頻傳遞穩定性	107.09	14	英文	黃毅軍
3	Protocol: 2018 GPS Calibration Trip Cal_ID: 1017-2018	107.10	9	英文	黃毅軍 邱紫瑜 林晃田 廖嘉旭
4	歐美金融產業標準時間同步相關法規分析	107.11	11	中文	曾文宏
5	窄線寬穩頻雷射設計原理與架構開發	107.11	10	中文	張博程 曾添冠

3.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	第六屆頻率量測能力試驗說明會	桃園	中華電信研究院	107.05.17	30	說明會
2	第六屆頻率量測能力試驗總結會議	桃園	中華電信研究院	107.08.02	25	說明會
3	國防部通次室參訪	桃園	中華電信研究院	107.10.17	40	展示
4	陸軍通信電子資訊訓練中心參訪	桃園	中華電信研究院	107.07.19	80	展示

(三)研究成果統計表

計畫類別/績效指標	A 論文	C 博碩士培育	E 辦理學術活動	G 專利	H 技術報告	I 技術活動	N 協助提升我國產業全球地位	Q 資訊服務	S 技術服務
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 實際	11 篇 (國際 9 篇)	內部 博碩士生：2	國際訓練: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；
106 年 實際	10 篇 (國際 10 篇)	內部進修：2 博碩士生：0	國際研討會:1 國際訓練:1 說明會:2		4 件	參與國際研討 4 次	國際比對 4 項	網路校時：>2.5 億次/日	校正服務：84 件；
107 年 目標	5 篇 (國際 5 篇)	內部 博碩士生：1			3 件	參與國際研討會 4 次	國際比對 3 項	網路校時：>2.3 億次/日	校正服務：50 件；
107 年 實際	6 篇 (國際 6 篇)	內部進修：1 博碩士生：0	說明會:2		5 件	參與國際研討會 4 次	國際比對 4 項	網路校時：>2.5 億次/日	校正服務：85 件；

1.實際績效指標(12 月止)

	績效指標	年度目標產出	實際產出
學術成就	A 論文	數量： 國際研討會論文 4 篇 一般論文 1 篇	數量：國際期刊論文 1 篇 國際研討會論文 5 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 1 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 3 篇	數量：技術報告 5 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 4 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 83 件 (技術服務收入約 105.7 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		

	績效指標	年度目標產出	實際產出
經濟效益	**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 4 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
	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紀錄之時間標示，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 2.3 億次/天； 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 30,000 人次以上；	提供平均網際網路校時服務(Network Time Protocol, NTP)超過 2.5 億次/天；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 40,000 人次以上；
	R 增加就業		
	Y 資料庫		
	Z 調查成果		
	AA 決策依據		

2. 論文成果摘要

論文(1)

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
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	107 年 1 月至 107 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	Use of SDR Receivers in TWSTFT for UTC Computation		
撰 寫 人	Zhiheng JIANG	Victor ZHANG	黃毅軍	
	Joseph ACHKAR	Dirk PIESTER	林信嚴	
	Wenjun WU	Andrey NAUMOV	Sung-hoon YANG	
	Jerzy NAWROCKI	Ilaria SESIA	Christian SCHLUNEGGER	
	Zhiqiang YANG	Miho FUJIEDA	Albin CZUBLA	
	Hector ESTEBAN	Carsten RIECK	Peter WHIBBERLEY	
撰寫日期	中 華 民 國 107 年 6 月 12 日	撰寫語言及頁數	英文/14 頁	
解密期限	中 華 民 國 年 月底解密	機密級	普通	
關鍵詞	UTC, TWSTFT, SDR, Diurnal, Uncertainty, Time Transfer			

內容摘要：

Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer (TWSTFT) is a primary technique for the generation of Coordinated Universal Time (UTC). About 20 timing laboratories around the world continuously operate TWSTFT using SAtellite Time and Ranging Equipment (SATRE†) modems for remote time and frequency comparisons and for the generation of UTC. The precision of the SATRE TWSTFT is limited by an apparent daily variation pattern (diurnal) in the TWSTFT results. The observed peak-to-peak variation could be as high as 2 ns in some cases. Investigations into the origin of the diurnals have so far provided no clear understanding about the dominant cause of the diurnals. However, in 2014 and 2015, it was demonstrated that the use of Software-Defined Radio (SDR) receivers in TWSTFT ground stations (SDR TWSTFT) could considerably reduce the diurnals and also the measurement noise.

In 2016, the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) and the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF) Working Group (WG) on TWSTFT launched a pilot study on the application of SDR receivers in the TWSTFT network for UTC computation.

The first results of the pilot study have been reported to the CCTF WG on TWSTFT annual meeting in May 2017. It is concluded that SDR TWSTFT shows superior performance to that of SATRE TWSTFT for all links. In particular, for continental TWSTFT links, in which the strongest diurnals appear, the

use of SDR TWSTFT results in a significant gain in reducing the diurnals by a factor of between two and three; for the very long inter-continental links, e.g. the Europe-to-USA links where the diurnals have less effect, SDR TWSTFT achieved a smaller but still significant gain of 30 %. These findings are supported by a comparison to the GPS IPPP technique reported in this paper.

Based on these results, the WG on TWSTFT prepared a recommendation for the 21st CCTF meeting. The recommendation suggested the introduction of SDR TWSTFT in UTC generation. With CCTF approval of the recommendation, a roadmap on the implementation of SDR TWSTFT in UTC generation was developed. In accordance with the roadmap, most of the stations that participated in the pilot study have updated the SDR TWSTFT settings to facilitate the use of SDR TWSTFT data in UTC generation. In addition, the BIPM conducted a final evaluation to validate the long-term stability of SDR TWSTFT links, made test runs using the BIPM standard software for UTC with SDR TWSTFT data and started using SDR TWSTFT as backup time links since October 2017. The use of SDR TWSTFT in UTC generation will be implemented in 2018.

論文(2)

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	**107-1403-05-19-01**			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	107 年 1 月至 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	Implementation of SDR TWSTFT in UTC Computation		
撰 寫 人	Zhiheng Jiang	Felicitas Arias	Victor Zhang	
	黃毅軍	Joseph Achkar	Dirk Piester	
	林信嚴	Wenjun Wu	Andrey Naumov	
	Sung-hoon Yang	Jerzy Nawrocki	Ilaria Sesia	
	Christian Schlunegger	Kun Liang	Miho Fujieda	
撰寫日期	中 華 民 國 107 年 1 月 31 日		撰寫語言及頁數	英文 25 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			
	Coordinated Universal Time			
	Software-Defined Radio			

內容摘要：

Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer (TWSTFT or TW for short) is one of the primary techniques for the realization of Coordinated Universal Time (UTC), which is computed by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM). TWSTFT is carried out continuously by about 20 timing laboratories around the world. One limiting factor of the TWSTFT performance is the daily pattern (diurnals) in the TWSTFT time links, of which the peak-to-peak variation could be up to 2 ns in some extreme cases. In 2014 and 2015, it was demonstrated in the Asia to Asia links that the use of Software-Defined Radio (SDR) receivers for TWSTFT could considerably reduce the diurnals and also the TWSTFT measurement noise.

In 2016, BIPM and the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF) working group (WG) on TWSTFT launched a pilot study on the application of SDR receivers in the Asia to Asia, Asia to Europe, Europe to Europe and Europe to USA TWSTFT networks.

The very first results of the pilot study have been reported to the PTTI 2017. The results show, 1) for continental (short) links: SDR TWSTFT demonstrates a significant gain in reducing the diurnals by a factor of two to three; 2) for inter-continental (very-long) links: SDR TWSTFT displays a small gain of measurement noise at short averaging times; 3) SDR receivers show superior or at least similar performance compared with SATRE† measurements for all links.

The CCTF WG on TWSTFT prepared a recommendation “On Improving the uncertainty of Two-Way

Satellite Time and Frequency Transfer (TWSTFT) in UTC Generation" for the 21st CCTF meeting. One of the recommended items is to introduce the use of SDR TWSTFT in UTC generation. The recommendation was approved by CCTF during the meeting in June 2017.

In the current setups, a SDR receiver and the collocated SATRE modem receive the signals transmitted by remote SATRE modems, and the two devices independently determine the arrival time of the received signal. Thus, a few setup changes are necessary to implement SDR receivers into operational TWSTFT ground stations. On the other hand, the data computation, e.g. for calibrated time transfer, needs some caution in the data processing and provision, which are not trivial. Thus, an Ad hoc Group has been established to work out a procedure for the use of the SDR TWSTFT in UTC computation.

This paper reports on the progress of the work for using SDR TWSTFT in UTC computation. Section 1 introduces SDR TWSTFT and the pilot study. Section 2 presents the considerations for using SDR TWSTFT in UTC generation. Section 3 and 4 show the methods for analysing SDR TWSTFT and the analysis results. Sections 5 and 6 discusses the further improvement of SDR TWSTFT and summarizes the work towards using SDR TWSTFT in UTC generation.

論文(3)

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	**107-1403-05-19-01**			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	107 年 1 月至 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	Using of the Software-Defined Radio and microwave links for Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer applications		
撰 寫 人	黃毅軍	Joseph Achkar	Zhileng Jiang	
撰寫日期	中 華 民 國 107 年 6 月 19 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	Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer			
	Software-Defined Radio			

內容摘要：

The Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer (TWSTFT) technique is a primary method to compare or synchronize two atomic clocks in different places. To compare clocks, a transmitter driven by local clock sends a signal, and then a receiver driven by remote clock will catch the signal and measure the time of arrival (TOA). The comparison precision relies on the propagation delay uncertainty and how precise the TOA can be measured. By transmitting the microwave signal in two-way mode, the propagation uncertainty can be reduced. Taking advantages of microwave link through geostationary telecommunication satellites, the clocks comparison can reach as precise as one nanosecond between two clocks over an intercontinental distance.

The Software-Defined Radio (SDR) was chosen for adapting various protocols in the physical layer. The key components are a sampler, a signal generator, and Digital Signal Processing (DSP) algorithms. The SDR provides more computational resources and more flexible platform for DSP than traditional time transfer modems (e.g. SATRE). The features that the sampler has high sampling rate and the samples have unique time stamps and uniform sampling interval benefit time transfer applications. We have made a time transfer receiver based on SDR to analyze the received signal and to measure its TOA. Experimental results show the SDR receiver can provide twice higher precision. The two-way satellite time transfer by using SDR receivers has been considered as one method to generate the Coordinated Universal Time (UTC).

For further improvement in the SDR receiver, we need components that can convert the Ku-band

(10 – 15 GHz) frequencies, an implementation of time-interval counter that can relate the internal time base to external references, and the time/voltage calibration between two samplers.

論文(4)

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	**107-1403-05-19-01**			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	107 年 1 月至 107 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	The Long Term Stability and Redundancy Test of GPS Multi-Receiver Ensemble		
撰 寫 人	林信嚴	Z. Jiang		
撰寫日期	中 華 民 國 107 年 02 月 01 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	TWSTFT or TW, GPS Time Transfer, ensemble, Time Deviation, Stability, Closures,			

內容摘要：
We proposed a new GPS (Global Positioning System) ensemble receiver model which CGGTTS (Common GNSS Generic Time Transfer Standard)[1-3] outputs are the weighted results of all calibrated receivers in ensemble for time transfer and calibration. Since the outliers and divergent measurements of all receivers in ensemble are filtered out by weighting procedure, the equivalent total delay of ensemble receiver CGGTTS would be more stationary than any physical receiver in ensemble. The common clock difference and double clock difference tests demonstrate the ensemble receiver is more robust and stable than any physical receiver in ensemble. The double clock difference of long term GPS P3 all in view[4] time comparison and TWSTFT (Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer) also demonstrates that the GPS time transfer executed by ensemble receiver is much more stable than the physical receivers both in short and long term.

論文(5)

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	**107-1403-05-19-01**			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	107 年 1 月至 107 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	Evaluation of BDS Time Transfer on Multiple Baselines for UTC		
撰 寫 人	K. LIANG	F. ARIAS	Z. JIANG	
	G. PETIT	L. TISSERAND	Y. WANG	
	P. UHRICH	G.D. ROVERA	N. KOSHELYAEVSKY	
	林信嚴	E. D. POWERS	S. Mitchell	
	Z. YANG	A. ZHANG	Z. FANG	
撰寫日期	中 華 民 國 107 年 02 月 01 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	Beidou, GNSS, Time Transfer, IGS, CCD			

內容摘要：
The roadmap for the implementation of BeiDou Navigation Satellite System(BDS) time transfer in support of the generation of Coordinated Universal Time (UTC) network has been drawn up, including a pilot experiment to evaluate BDS time transfer on multiple baselines. Following National Institute of Metrology (NIM, Beijing), several laboratories contributing to UTC have been equipped or are planned to be equipped with the NIM-made BDS time and frequency transfer receivers. Some institutes in China and some stations from the International GNSS (Global Navigation Satellite System) Service (IGS) network have also been involved.
The satellite signal coverages at different sites in different continents is characterized regarding the satellite number, satellite elevation and azimuth. A correction for elevation dependent code bias has been applied in the code-based comparison which has been based on least-squares fitting of a second-order polynomial. This effect is evaluated and a slight improvement is obtained when analyzing the code measurement noise. The stability and accuracy of BDS time transfer are evaluated on multiple baselines. In addition, a time stability of about 1 ns has been achieved at some thousand seconds averaging time in Common Clock Difference (CCD) experiments at BIPM.

論文(6)

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	**107-1403-05-19-01**			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	107 年 1 月至 107 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	The Study of Using Hydrogen Maser Ensemble to Steer UTC(TL)		
撰 寫 人	林信嚴	Z. Jiang		
撰寫日期	中 華 民 國 107 年 04 月 12 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; rapid UTC; time scale; clock ensemble			

內容摘要：
For steering UTC(TL) during the latency period between UTC monthly announcements, we create a paper clock generated from a hydrogen maser ensemble according to the weekly published UTCr. The frequency of hydrogen masers are modeled and predicted as a linear function calculated from the linear regression of hydrogen masers vs. UTCr. The hydrogen masers with closer predictable frequency will be given more weight to constrain the paper clock follows the frequency trend of UTCr. In the paper clock simulation test, neglect the phase error accumulation affected by each frequency prediction error, the phase difference of 10 days prediction span between the paper clock prediction and official time scale are from -4 ns to 2 ns.

3. 技術報告成果摘要

技術報告(1)

<table>
<tr><td>計畫名稱</td><td>中文</td><td colspan="3">建立及維持國家時間與頻率標準</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td>英文</td><td colspan="3">The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td colspan="4">107-1403-05-05-01</td></tr>
<tr><td>執行單位</td><td colspan="2">中華電信研究院</td><td>執行期間</td><td>107 年 1 月至 12 月</td></tr>
<tr><td>主持人</td><td colspan="2">楊文豪</td><td>協同主持人</td><td>廖嘉旭</td></tr>
<tr><td>分項主持人</td><td colspan="2"></td><td>連絡電話</td><td>(03)424-4441</td></tr>
<tr><td rowspan="2">成 果 名 稱</td><td>中文</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>英文</td><td colspan="3">Protocol: 2018 GPS Calibration Trip Cal_ID: 1017-2018</td></tr>
<tr><td rowspan="3">撰 寫 人</td><td colspan="2">黃毅軍</td><td>邱紫瑜</td><td>林晃田</td></tr>
<tr><td colspan="2">廖嘉旭</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>撰寫日期</td><td colspan="2">中 華 民 國 107 年 6 月 19 日</td><td>撰寫語言及頁數</td><td>英文 9 頁</td></tr>
<tr><td>解密期限</td><td colspan="2">中 華 民 國 年 月底解密</td><td>機密級</td><td>普通</td></tr>
<tr><td rowspan="6">關鍵詞</td><td colspan="4">GPS time transfer</td></tr>
<tr><td colspan="4">Calibration</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="5">內容摘要：
This GPS receiver calibration trip is conducted by TL, started from January and ended in June 2017. The traveling Time Transfer System will be shipped from TL(Taiwan), RCM-LIPI(Indonesia), MUSSD(Sri-Lanka), and back to TL. The forwarder Yusen Logistics (Taiwan) Ltd. will be in charge of the shipment of the whole trip.</td></tr>
</table>

技術報告(2)

<table>
<tr><td>計畫名稱</td><td>中文</td><td colspan="4">建立及維持國家時間與頻率標準</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td>英文</td><td colspan="4">The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td colspan="5">107-1403-05-05-01</td></tr>
<tr><td>執行單位</td><td colspan="2">中華電信研究院</td><td>執行期間</td><td colspan="2">107 年 1 月至 12 月</td></tr>
<tr><td>主持人</td><td colspan="2">楊文豪</td><td>協同主持人</td><td colspan="2">廖嘉旭</td></tr>
<tr><td>分項主持人</td><td colspan="2"></td><td>連絡電話</td><td colspan="2">(03)424-4441</td></tr>
<tr><td rowspan="2">成 果 名 稱</td><td>中文</td><td colspan="4">完成改善多重接取干擾提升衛星雙向時頻傳遞穩定性</td></tr>
<tr><td>英文</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">撰 寫 人</td><td colspan="2">黃毅軍</td><td colspan="2">邱紫瑜</td><td>林晃田</td></tr>
<tr><td colspan="2">廖嘉旭</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>撰寫日期</td><td colspan="2">中 華 民 國 107 年 9 月 3 日</td><td>撰寫語言及頁數</td><td colspan="2">英文 14 頁</td></tr>
<tr><td>解密期限</td><td colspan="2">中 華 民 國 年 月底解密</td><td>機密級</td><td colspan="2">普通</td></tr>
<tr><td rowspan="6">關鍵詞</td><td colspan="5">Time of arrival estimation</td></tr>
<tr><td colspan="5">Calibration</td></tr>
<tr><td colspan="5">Time dissemination</td></tr>
<tr><td colspan="5">Code division multiple access</td></tr>
<tr><td colspan="5">Satellite communication</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="6">內容摘要：
The multiple access interference (MAI) is one of the unstable sources of the two-way satellite time and frequency transfer (TWSTFT), and would cause an estimation error of the signal arrival time. To suppress the MAI, the successive interference cancellation (SIC) procedure is implemented on the software-defined receiver. It generates the MAIs and subtracts them from the received signal to become an interference-free signal. By performing TWSTFT with SIC, the short-term stability of the UTC(TL) – UTC(KRIS) was improved that the time deviations were reduced from $0.67\tau^{-1/2}$ to $0.48\tau^{-1/2}$ ns, and the long-term measurement results were consistent with those obtained by the conventional receiver.</td></tr>
</table>

技術報告(3)

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
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	104 年 1 月至 104 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	窄線寬穩頻雷射設計原理與架構開發		
	英文			
撰寫人	張博程	曾添冠		
撰寫日期	中 華 民 國 107 年 11 月 30 日		撰寫語言及頁數	中文 10 頁
解密期限	中 華 民 國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	光子、螢光、都卜勒增寬、偏振、光隔離器、波片板、極化分光器、壓電調整			

內容摘要：

實驗採用由 Triad Technology Inc.所生產的銣泡(TT-RB-12x25-Q-BA)，係由石英玻璃(Fused Silica)所包覆含有一般自然界中存在的 ^{85}Rb 和 ^{87}Rb 兩種同位素。Rb 原子可藉由吸收兩個波長為 778.1 nm 的光子使原子能態由 $5S_{1/2}$ 提升至 $5D_{5/2}$，緊接著藉由兩次光子的釋放使能態回到 $5S_{1/2}$，其中由 $6P_{3/2}$ 回到 $5S_{1/2}$ 會產生 420.2 nm 的螢光，我們的實驗即藉由觀察此一螢光來確認所需要的躍遷已經發生。BIPM 官網上所建議的參考標準是 ^{85}Rb $5S_{1/2}$(F=3)-$5D_{5/2}$(F=5)雙光子吸收，頻率建議值是 385,285,142,375 (kHz)。至於採用雙光子吸收而非單光子吸收的因素是此方式可降低因原子熱運動(室溫下約數百 m/s)所造成的都卜勒增寬(Doppler broadening)，若譜線越寬則穩頻雷射的精度也會下降。

在正式進行實驗之前，我們必需製作一個金屬盒，可固定及溫控銣泡並讓入射雷射光順利穿過；而光電倍增管(包含濾波片)也需用金屬外殼包覆以避免螢光收集受到可見光的干擾。為了測試所購置的銣泡能否能由光纖雷射激發產生雙光子吸收，我們設計了一個簡單的光路架構: 雷射輸出先經光隔離器(Isolator)避免原路徑反射後，接著經半波片板(Half-Wave plate)調整偏振方向，再由反射鏡(Mirror)改變行進方向 90 度，接著極化分光器(Polarization Beam Splitter, PBS)會將水平與垂直偏振分量分開，水平偏振會沿原路徑前進入射至前述放置銣泡的金屬盒，該金屬盒前後放有一對鍍膜的透鏡，可讓入射雷射光在透鏡之間來回反射，如此一來銣泡即可吸收到來自左右兩方的光子以降低都卜勒增寬。包覆光電倍增管的金屬外殼則與金屬盒發出螢光的開孔密合銜接。至於光纖雷射在實驗之前會先稍微調整溫度使其信號輸出波長落在建議值 778.1054 nm 附近(可由波長儀量測)。接下來再以一週期性電壓信號(f = 100 mHz, V_{pp} = 328 mV)施加於窄線寬雷射的快速壓電調整(Fast Piezo Tuning)功能來改變雷射輸出的波長值，如此一來可藉由掃頻模式(壓電調整功能)得到五條螢光譜線。

技術報告(4)

<table>
<tr><td>計畫名稱</td><td>中文</td><td colspan="3">建立及維持國家時間與頻率標準</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td>英文</td><td colspan="3">The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td colspan="4">107-1403-05-05-01</td></tr>
<tr><td>執行單位</td><td colspan="2">中華電信研究院</td><td>執行期間</td><td>107 年 1 月至 107 年 12 月</td></tr>
<tr><td>主持人</td><td colspan="2">楊文豪</td><td>協同主持人</td><td>廖 嘉 旭</td></tr>
<tr><td>分項主持人</td><td colspan="2"></td><td>連絡電話</td><td>(03)424-4441</td></tr>
<tr><td rowspan="2">成 果 名 稱</td><td>中文</td><td colspan="3">歐美金融產業標準時間同步相關法規分析</td></tr>
<tr><td>英文</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">撰 寫 人</td><td colspan="2">曾文宏</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>撰寫日期</td><td colspan="2">中 華 民 國 107 年 11 月 5 日</td><td>撰寫語言及頁數</td><td>中文 11 頁</td></tr>
<tr><td>解密期限</td><td colspan="2">中 華 民 國 年 月底解密</td><td>機密級</td><td>普通</td></tr>
<tr><td rowspan="3">關鍵詞</td><td colspan="4">自動交易、逐筆交易、時間同步、金融市場、校時</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="5">內容摘要：
近年來由於自動化高頻交易已成為國際金融交易市場重要的一環，可使金融商品的交易更有效率，卻免不了衝擊金融市場的公正與公平。歐美金融監理單位為了追蹤並稽核交易的行為，修訂新的法規，增加明確的時間同步要求，要求更嚴格的交易時間準確度與可追溯性。台灣證券交易所為了與國際接軌並使交易更為透明，規劃實施逐筆交易制度，其中交易時間可追溯至標準時間是必須準備好的配套之一。因應國內金融產業標準時間的潛在需求，本報告蒐集歐、美(及部分中國)金融產業標準時間同步的法規，並整理標準時間追溯方法，供相關產業參考。以歐美為參考，金融產業的時間同步法規是由金融業與金融監管單位協商後所制定，而國家時間與標準實驗室(例如美國 NIST)的角色，主要是提供標準時間源、相關校時技術的諮詢、暨提供時間可追溯性之認證，同時滿足這些校時知識的需求，協助相關產業的升級。</td></tr>
</table>

技術報告(5)

<table>
<tr><td>計畫名稱</td><td>中文</td><td colspan="3">建立及維持國家時間與頻率標準</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td>英文</td><td colspan="3">The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td colspan="4">107-1403-05-19-01</td></tr>
<tr><td>執行單位</td><td colspan="2">中華電信研究院</td><td>執行期間</td><td>106 年 1 月至 106 年 12 月</td></tr>
<tr><td>主持人</td><td colspan="2">楊文豪</td><td>協同主持人</td><td>廖嘉旭</td></tr>
<tr><td>分項主持人</td><td colspan="2"></td><td>連絡電話</td><td>(03)424-4441</td></tr>
<tr><td rowspan="2">成 果 名 稱</td><td>中文</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>英文</td><td colspan="3">實驗室貢獻權重排名提升的成本分析</td></tr>
<tr><td rowspan="3">撰 寫 人</td><td colspan="2">林信嚴</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>撰寫日期</td><td colspan="2">中 華 民 國 107 年 5 月 31 日</td><td>撰寫語言及頁數</td><td>中文 7 頁</td></tr>
<tr><td>解密期限</td><td colspan="2">中 華 民 國 年 月底解密</td><td>機密級</td><td>普通</td></tr>
<tr><td rowspan="5">關鍵詞</td><td colspan="4">UTC, TWSTFT, SDR, uncertainty, diurnal signature, GPSPPP</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="5">內容摘要：
因應 106 年度績效報告及 108 年度綱要計畫書審查會議中，標檢局陳副局長要求本計畫提出實驗室貢獻權重排名提升的成本分析，特依 BIPM 計算權重方式、權重影響因子、維持與增加權重之成本分析分別說明</td></tr>
</table>

5. 出國報告成果摘要

出國報告(1)

<table>
<tr><td>計畫名稱</td><td>中文</td><td colspan="3">建立及維持國家時間與頻率標準</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td>英文</td><td colspan="3">The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>執行單位</td><td colspan="2">中華電信研究所</td><td>執行期間</td><td>107 年 1 月至 107 年 12 月</td></tr>
<tr><td>主持人</td><td colspan="2">楊文豪</td><td>協同主持人</td><td>廖 嘉 旭</td></tr>
<tr><td>分項主持人</td><td colspan="2"></td><td>連絡電話</td><td>(03)424-4931</td></tr>
<tr><td rowspan="2">成果名稱</td><td>中文</td><td colspan="3">『赴美國 Reston 參加 2018 PTTI 研討會暨發表論文』出國報告</td></tr>
<tr><td>英文</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">撰 寫 人</td><td colspan="2">林信嚴</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>撰寫日期</td><td colspan="2">中 華 民 國 107 年 3 月 日</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>解密期限</td><td colspan="2">中 華 民 國 年 月底解密</td><td>機密級</td><td>普通</td></tr>
<tr><td rowspan="4">關鍵詞</td><td colspan="4">ITM, EI, PTTI, CCTF, BIPM, SDR, GNSS</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="5">內容摘要：
本次出國之主要任務是赴美國 Reston 參加 2018 PTTI 研討會並發表論文『The Long Term Stability and Redundancy Test of GPS Multi-Receiver Ensemble』、『Evaluation of BDS time transfer on multiple baselines』、『Implementation of SDR TWSTFT in UTC Computation』三篇。本案係執行 107 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 10740500330 號函核備，中華電信研究院研人一字第 1070000018 號函同意，准予參加會議。
此外於本屆 PTTI 研討會舉辦期間，循例由 WG-TWSTFT 工作組另行舉辦衛星雙向傳時參與實驗室會議，本次會議主要討論歐亞衛星雙向傳時衛星租約等事宜。會前大會秘書江志恆博士指定本人報告 GPS 傳時與 TWSTFT 傳時之長期差異研究，本人也就實驗室最新成果與各國先進交換經驗。
本報告包括目的、過程、會議進行內容及心得等，並附此次發表論文及簡報內容。</td></tr>
</table>

出國報告(2)

<table>
<tr><td>計畫名稱</td><td>中文</td><td colspan="4">建立及維持國家時間與頻率標準</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td>英文</td><td colspan="4">The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>執行單位</td><td colspan="2">中華電信研究所</td><td>執行期間</td><td colspan="2">107 年 1 月至 107 年 12 月</td></tr>
<tr><td>主持人</td><td colspan="2">楊文豪</td><td>協同主持人</td><td colspan="2">廖 嘉 旭</td></tr>
<tr><td>分項主持人</td><td colspan="2"></td><td>連絡電話</td><td colspan="2">(03)424-4931</td></tr>
<tr><td rowspan="2">成果名稱</td><td>中文</td><td colspan="4">『赴義大利杜林參加 2018 EFTF 研討會並發表論文』出國報告</td></tr>
<tr><td>英文</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">撰 寫 人</td><td colspan="2">林信嚴</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>撰寫日期</td><td colspan="3">中 華 民 國 107 年 5 月 日</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>解密期限</td><td colspan="3">中 華 民 國 年 月底解密</td><td>機密級</td><td>普通</td></tr>
<tr><td rowspan="4">關鍵詞</td><td colspan="5">EFTF, CCTF, BIPM, UTC(TL), UTCr</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
</table>

內容摘要：

本次出國之主要任務是赴義大利杜林參加 2018 EFTF 研討會發表發表論文『The Study of Using Hydrogen Maser Ensemble to Steer UTC(TL)』一篇，並於會議期間出席 CCTF WGGNSS WG meeting、WGATFT Meeting、及 2019 iFCS EFTF joint conference TPC meeting。

本次出席 EFTF 研討會除發表論文外，並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。另外，CCTF WGGNSS 亦於 EFTF 會議舉辦時同時召開，本人為 WGGNSS 成員，故出席此會議。CCTF WGATFT 工作組會議也於 EFTF 此間召開，本計畫曾文宏研究員為該工作組成員，指定由本人代為出席。2019 iFCS EFTF joint conference TPC meeting 亦於會議期間召開，會中討論 2019 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。本人為 TPC 第五小組成員，故出席會議，為時頻社群做出實質貢獻。

本報告包括目的、過程、會議進行內容及心得等，並附此次發表論文全文內容。

出國報告(3)

<table>
<tr><td>計畫名稱</td><td>中文</td><td colspan="4">建立及維持國家時間與頻率標準</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td>英文</td><td colspan="4">The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td colspan="5">107-1403-05-05-01</td></tr>
<tr><td>執行單位</td><td colspan="2">中華電信研究院</td><td>執行期間</td><td colspan="2">107 年 1 月至 12 月</td></tr>
<tr><td>主持人</td><td colspan="2">楊文豪</td><td>協同主持人</td><td colspan="2">廖嘉旭</td></tr>
<tr><td>分項主持人</td><td colspan="2"></td><td>連絡電話</td><td colspan="2">(03)424-4441</td></tr>
<tr><td rowspan="2">成 果 名 稱</td><td>中文</td><td colspan="4">赴 BIPM 及法國 OP 進行時頻標準及傳遞技術研究</td></tr>
<tr><td>英文</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">撰 寫 人</td><td colspan="2">黃毅軍</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>撰寫日期</td><td colspan="2">中 華 民 國 107 年 12 月 31 日</td><td colspan="2">撰寫語言及頁數</td><td>中文 14 頁</td></tr>
<tr><td>解密期限</td><td colspan="2">中 華 民 國 年 月底解密</td><td>機密級</td><td colspan="2">普通</td></tr>
<tr><td rowspan="6">關鍵詞</td><td colspan="5">衛星雙向時頻傳遞</td></tr>
<tr><td colspan="5">衛星模擬器</td></tr>
<tr><td colspan="5">軟體定義接收機</td></tr>
<tr><td colspan="5">世界協調時</td></tr>
<tr><td colspan="5">時頻比對校正</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="6">內容摘要：
本院為 CCTF 觀察員，本次黃毅軍研究員獲 BIPM 及 OP 邀請，研究標準時頻及時頻傳遞技術，並進行相關實驗，期望降低國家標準時間與 UTC 的同步不確定性，以提升國家標準時間和 UTC 的品質。本次出國之研究主題包含：標準 SDR 接收機軟體開發與維護、研發新 SDR 接收機、配合歐陸校正活動研發 SDR TWSTFT 可攜站、衛星模擬器、歐亞 TWSTFT 國際時頻比對校正活動、以及參與相關學術活動。黃員根據邀請函申請自 107 年 5 月 1 日至 108 年 4 月 30 日進行為期一年之研究行程，申請獲准後，根據經標四 10700512060 號函以及信人二 1070000335 號函執行此研究案。</td></tr>
</table>

出國報告(4)

<table>
<tr><td>計畫名稱</td><td>中文</td><td colspan="4">建立及維持國家時間與頻率標準</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td>英文</td><td colspan="4">The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>執行單位</td><td colspan="2">中華電信研究所</td><td>執行期間</td><td colspan="2">107 年 1 月至 107 年 12 月</td></tr>
<tr><td>主持人</td><td colspan="2">楊文豪</td><td>協同主持人</td><td colspan="2">廖 嘉 旭</td></tr>
<tr><td>分項主持人</td><td colspan="2"></td><td>連絡電話</td><td colspan="2">(03)424-4931</td></tr>
<tr><td rowspan="2">成果名稱</td><td>中文</td><td colspan="4">『赴義大利杜林參加 2018 EFTF 研討會並發表論文』出國報告</td></tr>
<tr><td>英文</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">撰 寫 人</td><td colspan="2">林信嚴</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>撰寫日期</td><td colspan="3">中 華 民 國 107 年 5 月 日</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>解密期限</td><td colspan="3">中 華 民 國 年 月底解密</td><td>機密級</td><td>普通</td></tr>
<tr><td rowspan="4">關鍵詞</td><td colspan="5">EFTF, CCTF, BIPM, UTC(TL), UTCr</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
</table>

內容摘要：

本次出國之主要任務是赴義大利杜林參加 2018 EFTF 研討會發表發表論文『The Study of Using Hydrogen Maser Ensemble to Steer UTC(TL)』一篇，並於會議期間出席 CCTF WGGNSS WG meeting、WGATFT Meeting、及 2019 iFCS EFTF joint conference TPC meeting。

本次出席 EFTF 研討會除發表論文外，並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。另外，CCTF WGGNSS 亦於 EFTF 會議舉辦時同時召開，本人為 WGGNSS 成員，故出席此會議。CCTF WGATFT 工作組會議也於 EFTF 此間召開，本計畫曾文宏研究員為該工作組成員，指定由本人代為出席。2019 iFCS EFTF joint conference TPC meeting 亦於會議期間召開，會中討論 2019 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。本人為 TPC 第五小組成員，故出席會議，為時頻社群做出實質貢獻。

本報告包括目的、過程、會議進行內容及心得等，並附此次發表論文全文內容。

出國報告(5)

<table>
<tr><td>計畫名稱</td><td>中文</td><td colspan="4">建立及維持國家時間與頻率標準</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td>英文</td><td colspan="4">The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency</td></tr>
<tr><td>計畫編號</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>執行單位</td><td colspan="2">中華電信研究所</td><td>執行期間</td><td colspan="2">107 年 1 月至 107 年 12 月</td></tr>
<tr><td>主持人</td><td colspan="2">楊文豪</td><td>協同主持人</td><td colspan="2">廖 嘉 旭</td></tr>
<tr><td>分項主持人</td><td colspan="2"></td><td>連絡電話</td><td colspan="2">(03)424-4931</td></tr>
<tr><td rowspan="2">成果名稱</td><td>中文</td><td colspan="4">『參加 2017 亞太計量組織大會及技術委員會系列會議』出國報告</td></tr>
<tr><td>英文</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">撰 寫 人</td><td colspan="2">廖嘉旭</td><td colspan="2">林晃田</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>撰寫日期</td><td colspan="3">中 華 民 國 107 年 12 月 日</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>解密期限</td><td colspan="3">中 華 民 國 年 月底解密</td><td>機密級</td><td>普通</td></tr>
<tr><td rowspan="4">關鍵詞</td><td colspan="5">APMP, TCTF, TCQS</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
</table>

內容摘要：

本出國案主要任務為赴新加坡聖淘沙，參加 2018 年亞太計量組織(APMP)時頻技術委員會會議(TCTF meeting)、品質系統技術委員會議(TCQS meeting)、TCTF Workshop、Symposium 及 APMP 大會(General Assembly, GA)大會等會議。會議及相關活動情形詳參提報之出國報告書。心得要點如下:

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。如: 日本 NICT 在神戶設置第二中心，以防地震或風災影響標準時間的維持。日、韓、大陸在實驗室級原子鐘及光頻標準研究上，均持續投入及發展。泰國光鐘的初期計畫亦持續進行中。我國主管機關對於計量發展實應有整體長遠的規劃，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。

本報告包括目的、過程、會議進行內容及心得等，並附此次發表論文全文內容。

（四）附則

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（2/4）

107 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. 本案經依 107 年計畫期末執行報告書審查，均依規劃進度順利執行完成下半年工作。惟謹提供下列意見，請參考說明修正或補充。 為求更精確用語，文字錯誤及語意部分等，建請修正（詳見計畫書修正內容）。 (1) 記錄表修正為紀錄表(p. i) p. 22、記錄（動詞）及紀錄（名詞）之別(p. 88)；提昇修正為提升(p. i)、(p. 57)、(p. 65)、(p. 93)。 (2) 目錄中二、(二)時頻校核技術修正為時頻校核技術研究(p. ii)、(p. 19)、(p. 46)。 (3) 107 年將延續 106 年---(p. 1)、p. 5 設備將運至---;及 p. 92 將安排---等，請刪除將字及其他再檢視。 (4) p. 16 編號 1 校正日期：90. 10 成？; p. 18 G2 GNSS 接收機巡迴校正比對日期 107. 01-106. 06？請確認。 (5) p. 79 文字敘述重複部分，請刪除。 (6) 部份修正為部分。(p. 84)、p. 86)。	1. 謝謝委員的指正，內容將再作檢視及修訂。

2. UTC(TL)穩定度方面，目前僅落後德國 PTB，與美國 USNO，俄羅斯 SU 等實驗室之比較為何？遺漏文字說明（p.23）請補充。	2. 謝謝委員的指正，將予以補充之。
3. 中華電信研究院 107 年度 1~12 月校正報告總覽表，表內收件日期及完成日期(p.34-40) 請勿將日期分開二行，不易瞭解其意且易產生誤讀。	3. 謝謝委員的指正，將予以修正。
4. 穩頻雷射開發所需設備及元件繁多，若頻繁移動會影響其他元件需重新調整及工作進度(p.45)，指出：「建議標檢局或是公司長官能夠在例行設備財產查核上給予適當彈性」，是否有研擬哪些具體可行之解決方案，請求協助解決問題。	4. 本實驗室在精密雷射光學的資源(包括環境、設備與人力)仍有不足之處。為避免設備短缺造成實驗進度中斷，目前穩頻雷射開發採取與中央大學合作來進行。然而開發過程中使用的光路元件不但項目繁多且一旦調整好後其相對位置後最好不要變動，否則可能需要再花上數星期的時間重新校準。因此建議標檢局或公司長官在例行設備財產查核上能給予適當彈性，例如同意以資料(如相片或影片)審查來取代實體審查。
5. 107 年度接獲各企業行號、公司部門機關及學術單位等詢問網際網路服務的相關維運議題，共有十餘件(p.81)，請說明其需求或建議內容為何？	4. 多為伺服器維運設定、防火牆設定或因設定錯誤導致時間不準等問題。
6. P.87「表 3.1 美國金融市場的時間同步要求」，請移至表格下方(p.86) 以資配合完整呈現。	5. 謝謝委員的指正，將予以修正。
7. P.110, 1.實際績效指標(11 月止)，學術成就：C 博碩士培育：請修正為：內部培訓博士生 1 人。	6. 謝謝委員的指正，將予以修正。
B 委員	
1. 維持並精進中華民國時間與頻率	1. 謝謝委員的肯定。

的準確度和穩定度，並與國際接軌等同，是時頻實驗室最關鍵核心的首要任務。在 TL 實驗室同仁的努力下，至本(107)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)相對權重的國際排名為第 10 名，權重值為 2.882，排名雖比今年 5 月的第 9 名下降一名，但權重值卻增加 5.1%(0.14)，更比去年同期的排名第 15 名，貢獻權重值 1.537，有非常可觀的大幅躍升，為國爭光，表現極為優異，應予肯定與嘉勉。	
2. 在國家時間標準的準確度方面，本年度 3 到 10 月間 TL 實驗室所維持的 UTC-UTC(TL)差值均在±5ns 以內，而長期穩定度則進一步提升到 $7x10^{-16}$，領先亞洲各實驗室，達先進國家之列，至為難得。	2. 謝謝委員的肯定。
3. 非常高興看到本年度 TL 實驗室仍能繼續將自主開發的 SDR 接收機技術擴散到世界各先進國家中，包括美國、日本、中國大陸、蘇俄、瑞士、義大利、西班牙與波蘭各國，同時獲國際度量衡局 BIPM 的認可，增加 SDR 接收技術在衛星雙向傳時 TWSTFT 的鏈路數量，為未來協助 BIPM 推動 SDR TWSTFT 成為正式鏈路奠定基礎。	3. 謝謝委員的肯定。
4. 本年度持續研發窄線寬穩頻雷射技術，已成功觀測到銣原子 778.1	4. 謝謝委員的肯定。

nm 的躍遷譜線發出的螢光信號,為未來發展自主光鐘技術邁出重要一步，方向正確，值得肯定。	
5. 在量化成果方面,本年度已發表國際期刊論文一篇,國際研討會論文 5 篇，技術報告 5 件，進行 4 項國際比對，校正服務 83 件，提供每天超過約 2.5 億次的網路校時服務，成效良好。	5. 謝謝委員的肯定。
C 委員	
1. 計畫執行進度優於預期,經費支用正常，執行成果符合預定目標。	1. 謝謝委員的肯定。
2. 計畫持續擴大衛星時頻傳遞之 SDR 接收機技術成效,也透過中繼站與德國 PTB 進行比對;SDR 消除干擾之研究也與法國合作，持續進行，值得肯定。	2. 謝謝委員的肯定。
3. 報告中，可知第 6 頁 E3 年度校正服務件數已經超前達成，表格內容應可據實填寫。第 17 頁第一段首句”氫微射頻標準器”拼音檢字有誤，請修正。	3. 謝謝委員的指正，筆誤之處將予以修正。
4. 績效指標(第 110 頁)在研究報告與技術報告兩項與附錄所附內容不一致，如表格中並無研究報告產出，技術報告實際產出應為 5 篇，但附錄卻有 3 篇研究報告，而技術報告僅附 3 篇？	4. 筆誤，應該整體歸類為技術報告，相關內容會再統一修正。
D 委員	
1. 本計畫各研究項目之目標(二)時頻校核技術研究 2. 列有亞美之間的衛星雙向傳時實驗,惟於其後之	1. 謝謝委員提醒，本年度計劃書指出亞美實驗已於 105 年 9 月暫停，目前仍然持續關注衛星及合作實驗室的動態。未來若有任何執行進度

執行報告中未有著墨。	將於後續報告中提及。
2. 穩頻雷射技術之開發係由計畫執行單位與中央大學進行合作研究，為免多項設備及元件需兩地移動致影響光路效能，在例行設備財產查核上實宜給予彈性。	2. 謝謝委員贊同。建議標檢局或公司長官在例行設備財產查核上能給予適當彈性，例如同意以資料(如相片或影片)審查來取代實體審查。
3. 計畫執行單位能利用中繼鏈路與德國 PTB 進行衛星雙向傳時的標準時頻比對，並積極投入研發及推廣校正工作，以持續合理參與 TWSTFT 工作組的活動，其用心值得肯定。	3. 謝謝委員的肯定。
4. 報告書 P.95 建議敘明出席衛星雙向傳時工作組年度會議之時間。	4. 執行期間為 107 年 6 月 5 日至 6 月 10 日，將增補於報告中。
E 委員	
1. 總體計畫執行成效十分良好，在標準維持與性能提升、時頻校核技術、時頻傳遞和知識擴散等都在有限資源經費下達成值得嘉許的成果。例如TAI權重的提升、對G2實驗室的服務、先鋒計畫的執行等。	1. 謝謝委員的肯定。
2. 人才是計畫執行的根本，計畫人力相較於106年度有大幅降低，請說明原因。同時對未來短、中、長期的人力配置是否有所計畫及因應措施？	2. 人力降低主要原因是人員退休及離職。本年度已增補一人，後續將再配合本院人員進用政策，積極爭取人力補充。
3. 部分圖擷取得不夠謹慎，截到enter符號(例如圖 2.4,3.2)，另外一些圖和圖說分開到不同頁(圖2.18, 2.23)	3. 謝謝委員指正，將對截圖與排版再檢視修訂。

4. 窄線寬穩頻雷達技術持續改善中，盈光偵測或其他波長光偵測若入光量低，是否有可能採單光子檢測技術等其他方式？此項目中設備的移動作業，提及的建議，標準局或會計單位是否有其他彈性可以搭配的方法？	1.由於原子熱運動產生的都卜勒增寬一般皆較原子躍遷自然線寬大約2~3個數量級以上，因此原子超精細構造能階的光譜都被埋在都卜勒線寬裡而無法分辨。一般來說，無論是採用何種方式，雙光子吸收躍遷可以有效抑止都卜勒增寬的覆蓋，而單光子吸收躍遷則必需配合其他技術(如飽和吸收光譜)才能達到。只要能達到較小的吸收線寬則將來雷射穩頻的效果才有機會更好。 2.建議標檢局或公司長官在例行設備財產查核上能給予適當彈性，例如同意以資料(如相片或影片)審查來取代實體審查。
5. 有關對印尼與斯里蘭卡時間校正服務中發現的天線影響P2共鐘假日效應問題，請持續探討其原因及可能的其他方面影響與應用。	5. 謝謝委員的寶貴建議。將依據委員建議持續探討原因及影響。

(五)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		FY103	FY104	FY105	FY106	FY107	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	7	4	2	4	5	22	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)	28	47	14	43	48	180	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)	33	26	14	32	29	134	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(銫原子鐘等級以上)	2	1	3	2	0	8	張博程	◎		此系統為本實驗室目前原子鐘群(含 13 部銫鐘及 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	1	2	2	9	邱紫瑜	◎		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	1	1	0	1	1	4	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	邱紫瑜	◎		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。另國內 5G 尚在建設階段。

(六)校正服務滿意度調查

107 年度 國家時間與頻率標準實驗室 校正顧客滿意度統計表(12 月止)

月份	校正件數	顧客回饋不滿意數	不滿意度件數	滿意度(%)
1	12	無	0	100
2	9	無	0	100
3	6	無	0	100
4	2	無	0	100
5	5	無	0	100
6	5	無	0	100
7	14	無	0	100
8	13	無	0	100
9	9	無	0	100
10	1	無	0	100
11	7	無	0	100
12	1	無	0	100

(七)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 Cooperation.	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	校正量測能量
DPN	Dual Pseudo-Nandom 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

英文縮寫	英文全名	中文解釋
NIM	National Institute of Metrology, Beijing, P. R. China	大陸北京計量研究院
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

英文縮寫	英文全名	中文解釋
SP	Technical Research Institute of Sweden	瑞典國家技術研究所
SU	Institute of Metrology for Time and Space	俄羅斯聯邦太空與時間量測研究所
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 Nederlands	荷蘭標準量測研究院
VCO	Voltage Controlled Oscillator	壓控振盪器
WGGNSS	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