



109 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(4/4)

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 109 年 1 月至 109 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 109 年 12 月

民國 109 年度計畫執行報告摘要紀錄表

計畫名稱	建立及維持國家時間與頻率標準		計畫編號	109-1403-05-05-01	
主辦單位	經濟部標準檢驗局	執行機構	中華電信研究院		
計畫主持人	楊文豪	電話	03-4244931	傳真	03-4244920
協同主持人	廖嘉旭	電話	03-4244441	傳真	03-4244920
計畫分類	()研究發展類 (✓)技術推展類 ()行政配合類				
執行期限	本年度計畫自 民國 109 年 1 月起至 109 年 12 月止				
	全程計畫自 民國 106 年 1 月起至 109 年 12 月止				
經費概算	全程計畫經費		101,230 (千元)		
	本年度預算	19,533(千元)	實支數	19,533 (千元) 實際與預算支用比 100 (%)	
計畫連絡人	邱紫瑜	電話	03-4244228	傳真	03-4244920
<p>計畫摘要：本計畫之執行，旨在配合經濟部標準檢驗局因應國內工業發展及經濟持續成長之需求，建立及維持時間與頻率國家最高標準，確保量測的一致性與準確性，並與國際標準一致，提供國內量測校正之追溯依據，以達到促進產業升級及提升科技研究水準之目標，本年度進行以下項目之研究工作：</p> <p>(一) 國家標準實驗室維持與性能提升</p> <p>(二) 時頻校核技術研究</p> <p>(三) 標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣</p>					

目 錄

壹、基本摘要.....	6
貳、109 年度國家時間與頻率標準實驗室大事紀要.....	9
參、報告內容.....	11
一、執行績效檢討.....	11
（一）、 與計畫符合情形：.....	11
1. 11 月止預定與實際工作內容比較.....	11
2. 配合計畫及措施.....	12
（二）、 資源運用情形：.....	13
1. 人力運用情形.....	13
2. 設備購置與利用情形.....	14
3. 經費運用情形.....	15
1. 國外出差人員一覽表.....	17
2. 國內受訓一覽表.....	18
二、成果效益.....	24
（一）、國家標準實驗室維持與性能提升.....	24
1. 國家標準時間的維持及增進性能.....	27
2. 健全全國時頻追溯體系.....	40
3. 維持及提升實驗室品質管理制度，通過 TAF 延展認證.....	42
4. 高精度頻率量測技術研究.....	47
5. 光頻降至微波頻段之高頻量測研究.....	52
6. 子項綜合檢討.....	60
（二）、時頻校核技術研究.....	61
1. 導航衛星時頻傳遞技術研究.....	61
2. 衛星雙向時頻傳遞系統之建立及品質提昇.....	66
3. 子項綜合檢討.....	73
（三）、標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣.....	74
1. 標準時間同步服務運轉.....	74
2. 精密儀器頻率校正服務.....	76
3. 舉辦第五屆轉速計校正能力.....	90

4. 科普教育推廣.....	92
5. 網際網路校時(NTP)及網站(WEB)服務.....	94
6. 新一代傳遞技術研究.....	98
7. 子項綜合檢討.....	107
(四)、其他.....	108
1. 參與國際研討會之舉辦.....	108
2. 實驗室支援區間測速案.....	112
肆、附件.....	120
一、新台幣一百萬元以上儀器設備清單.....	120
二、各種報告(論文、技術報告、研討會)一覽表.....	121
(一)、論文.....	121
(二)、技術報告一覽表.....	122
(三)、研討會/說明會一覽表.....	123
三、研究成果統計表.....	124
四、附則.....	128
(一)、論文、技術報告、出國報告成果摘要.....	128
五、標準國家時頻標準實驗室 時頻校正之「標準系統能量與校正服務資料表」.....	142
六、校正服務滿意度調查.....	144
七、專有名詞中英對照.....	145

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：109-1403-05-05-01

主管機關：經濟部標準檢驗局

執行單位：中華電信研究院

計畫主持人：楊文豪

聯絡人：邱紫瑜

聯絡電話：(03) 4244228

傳真號碼：(03) 4244920

期程：106年1月至109年12月

經費：

(全程)：101,230 千元

(年度)：19,533 千元

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)：19,533 實際(千元)：19,533 支用比率(%)：100%

年度經費：19,533 年度：19,533 年度：100%

總經費：101,230 累計：97,903 累計：97%

主要執行內容：

109年度計畫之推展，延續108年各項重要研究項目，如：高精度頻率量測技術、國際時頻校核技術等方面之研究與精進。各研究項目之目標摘要如下：

1. 國家標準實驗室維持及性能增進研究

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 35 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) 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。
- (4) 留意並滿足亞太實驗室認證組織 (Asia Pacific Accreditation Coop., APAC)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。
- (5) 通過 5 年一次的 TAF 實驗室認證，以利全球相互認可資格之維持。

2. 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) 使用導航衛星技術進行國際比對，包含：使用雙頻多通道 GPS 接收機進行電碼及載波相位量測、資料用在國際比對、提供 BIPM 計算 UTC、以及提供 IGS 計算導航衛星精密曆書，另外，評估使用 GNSS 接收機進行 GLONASS、Galileo 以及北斗導航衛星之時頻傳遞，並將資料傳送 BIPM 及 IGS，進而完成追溯及參與先鋒研究。
- (2) 使用國際衛星雙向時頻傳遞(TWSTFT)技術進行國際比對，包括：使用 Eutelsat 172B 與日本 NICT 建立 TWSTFT 國際比對，並且評估使用 NICT SRS 進行 TWSTFT，進而完成追溯及參與先鋒研究。

- (3) 參與 CIPM CCTF 之 TAI 貢獻實驗室代表大會、APMP TCTF 會議、CCTF GNSS 工作組及衛星雙向時頻傳遞工作組會議，及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。

3. 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) 維持國家時頻同步校時服務，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) 開發新的時頻傳遞技術，舉辦技術比對活動、及國內外之研討會或科普教育活動，以增進技術交流，並提升實驗室之知名度與重要性。
- (3) 提供精密儀器校正服務 TAF(Taiwan Accreditation Foundation) 認可實驗室，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。

貳、109 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
109.01.03	完成經濟部標準檢驗局 108 年度之委辦計畫期末 審查會	
109.01.20~ 109.01.26		林信嚴研究員赴美 國參加 2020 PTTI 研討會暨發表論文。
109.03.09		TL 自主研發之衛星 雙向傳時 SDR 技術 及校正結果，獲 BIPM 採用，實際貢 獻於國際時間標準 的計算
109.03.12	經濟部標準檢驗局舉辦 110 年綱要計畫書審查會	
109.04.20	完成全國認證基金會 TAF 之能力試驗執行機構(ISO 17043)延展評鑑	
109.05.06 及 109.05.13		曾文宏研究員遠端 參加 ATIS 電信系統 年度同步研討會
109.5.17		黃毅軍博士及林晃 田博士應邀加入 CCTF 新成立之任務 組(Task Force)，以釐 清 GNSS 接收機量測 值追溯 UTC 議題
109.06.03		本實驗室以 G1 NMI 及專家身分獲邀遠 端參與 CCTF GNSS 工作組會議
109.06.05	完成舉辦 109 年度轉速計 校正能力試驗活動說明會	
109.07.19 ~109.07.23		曾文宏研究員(線上) 參加 IEEE IFCS-ISAF

		2020 國際研討會暨 發表論文
109.08.12~ 109.08.13	進行 TAF 之校正實驗室 (ISO 17025: 2017) 延展評 鑑	
109.10.28~ 109.10.29		廖嘉旭、林晃田參加 2020 CCTF session-I 線上會議
109.10.30~ 109.11.22		於 TL 執行 BIPM G1 實驗室 GNSS 接收設 備校正比對
109.11.09		林晃田參加 APMP TCQS 線上會議
109.11.11~ 109.11.12		林晃田參加 APMP TCQS meeting 線上 會議
109.11.13		林晃田參加 APMP TCTF meeting 線上 會議
109.11.26~ 109.11.27		廖嘉旭、林晃田參加 2020 APMP GA

參、報告內容

一、執行績效檢討

(一)、 與計畫符合情形：

1. 11 月止預定與實際工作內容比較

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
A1 協助 TAF 進行實驗室評鑑案 2 件	109.03	109.03	符合
A2 使用間接衛星雙向時頻傳遞方法增進國際時頻比對的穩定性	109.03	109.03	符合
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 8×10^{-15}	109.06	109.06	符合
B2 完成光頻降至微波頻 60GHz 量測	109.06	109.06	符合
B3 年度累積完成校正服務 24 件	109.06	109.06	符合
C1 年度累積完成協助 TAF 進行實驗室評鑑案 8 件	109.09	109.09	符合
C2 通過 TAF 之 ISO 17043 延展評鑑	109.09	109.09	符合
C3 5G 電信網路的時間同步需求及標準分析	109.09	109.09	符合
D1 通過 TAF 之 ISO 17025 延展評鑑	109.11	109.11	符合
D2 穩頻雷射技術開發與性能測試分析	109.11	109.11	符合
D3 提供本年度平均每日 2.5 億次之校時服務能力	109.11	109.11	符合
E1 本年度繼續保持與國際度量衡局之時刻差小於 35 奈秒	109.12		
E2 年度累積完成校正服務 50 件	109.12		
E3 GNSS 國際比對資料送 BIPM	109.12		
E4 完成舉辦科普教育活動一場次	109.12		

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(11 月止)

主持人	分項計畫 (分項主持人)	子計畫 (主持人)	年度 人月	預定 人月	實際 人月	差異
楊文豪	建立及 維持國 家時間 與頻率 標準 (廖嘉旭)	國家標準實驗室維持 及性能增進研究 (林信嚴)	46	42	42	
		時頻校核技術研究 (林晃田)	24	22	22	
		標準時頻傳遞與計量 知識擴散推廣 (曾文宏)	24	22	22	
合計			94	86	86	

(2) 計畫人力(11 月止)

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	
109 (人月)	預計	64	22				43	32		11		86
	實際	64	22				43	32		11		86

2. 設備購置與利用情形

儀器設備名稱及 數量金額 (單位：千元)	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	
光梳降頻之高頻段 量測設備倍頻產生 器 1 台 (金額:895 千元)	109.09	109.09						驗收中
光梳降頻之高頻段 量測設備相關附屬 設備頻率信號產生 器 1 台 (金額:620 千元)	109.09	109.10						驗收中
光梳降頻之高頻段量 測設備電腦主機 1 台 (金額:21.384 千元)	109.10	109.10						驗收 完畢

3. 經費運用情形

(1) 預算執行情形

單位：千元

科目	全年度 預算數	累計 分配預算 (1)	累計 實支數 (2)	暫付款 (3)	應付款 (4)	保留數 (5)	合計 (6)=(2)+(3) +(4)+(5)	執行率 (6)/(1)%	備註
經常支出									
直接費用	16,307	16,307	16,307				16,307	100	
公費	831	831	831				831	100	
營業稅	857	857	857				857	100	
小計	17,995	17,995	17,995				17,995	100	
資本支出									
機械設備	1,538	1,538	1,538				1,538	100	
小計	1,538	1,538	1,538				1,538	100	
合計	19,533	19,533	19,533				19,533	100	不足部分由本院吸收

(2) 歲入繳庫情形

統計至 11 月止

單位：千元

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	1,085.5	校正件數 78 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	1,085.5	校正件數 78 件

(三)、 人力培訓情形：

1. 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 San Diego 參加 2020 PTTI 研討會暨發表論文	美國	109.01.20 ~ 109.01.26	林信嚴	時頻校核 技術研究	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 Uncertainty Evaluation for Portable Cesium Clock Time Transfer of TL』一篇，與先進實驗室同儕互相交流。 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，提昇本實驗室國際能見度及貢獻度。

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

2. 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
109 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	109.07.27	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，有助於後續評鑑案推動。
109 年度 TAF 之校正領域評審員在職訓練	ISO 17025 新版條文內容及評鑑重點之說明	全國認證基金會 TAF	109.12.04	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 新版條文內容釋疑及評鑑技巧分享，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(表 1)

表 1、標準件校正追溯來源一覽表

編號	有關儀器標準件	校正日期(民國)	追溯來源
1	銻束頻率標準器 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	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 2366	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
3	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 2367	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
4	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 2368	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
5	銻束頻率標準器 Symmetricom, S/N 2630	99.08 新購驗收完成 101.02 參與國家時頻維持	BIPM
6	銻束頻率標準器 Symmetricom, S/N 2636	99.08 新購驗收完成 101.02 參與國家時頻維持	BIPM
7	銻束頻率標準器 Symmetricom, S/N 2853	99.11 新購驗收完成 101.05 參與國家時頻維持	BIPM
8	銻束頻率標準器 Symmetricom, S/N 2910	100.10 新購驗收完成 101.04 參與國家時頻維持	BIPM
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	BIPM

		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 108.09 故障	
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 104.06 停止提供母鐘訊號	BIPM
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	每日持續性監測	國家標準實驗室母鐘

	CODAN-5900		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 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 109 年度 11 月止執行 4 項國際比對，其相關資訊如下表所示(表 2)。

表 2 參與國際比對活動一覽表

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	法國 BIPM (83 個實驗室)	109.01~ 持續進行	公佈於 BIPM Time Section 網站
GPS 傳時比對	BIPM	法國 BIPM (83 個實驗室)	109.01~ 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 RISS 台灣 TL	109.01~ 持續進行	公佈於 BIPM Time Section 網站
BIPM G1 GNSS 接收 機巡迴校正	BIPM	法國 BIPM 日本 NICT 台灣 TL	109.10~ 109.11	將公佈於 BIPM Time Section 網站

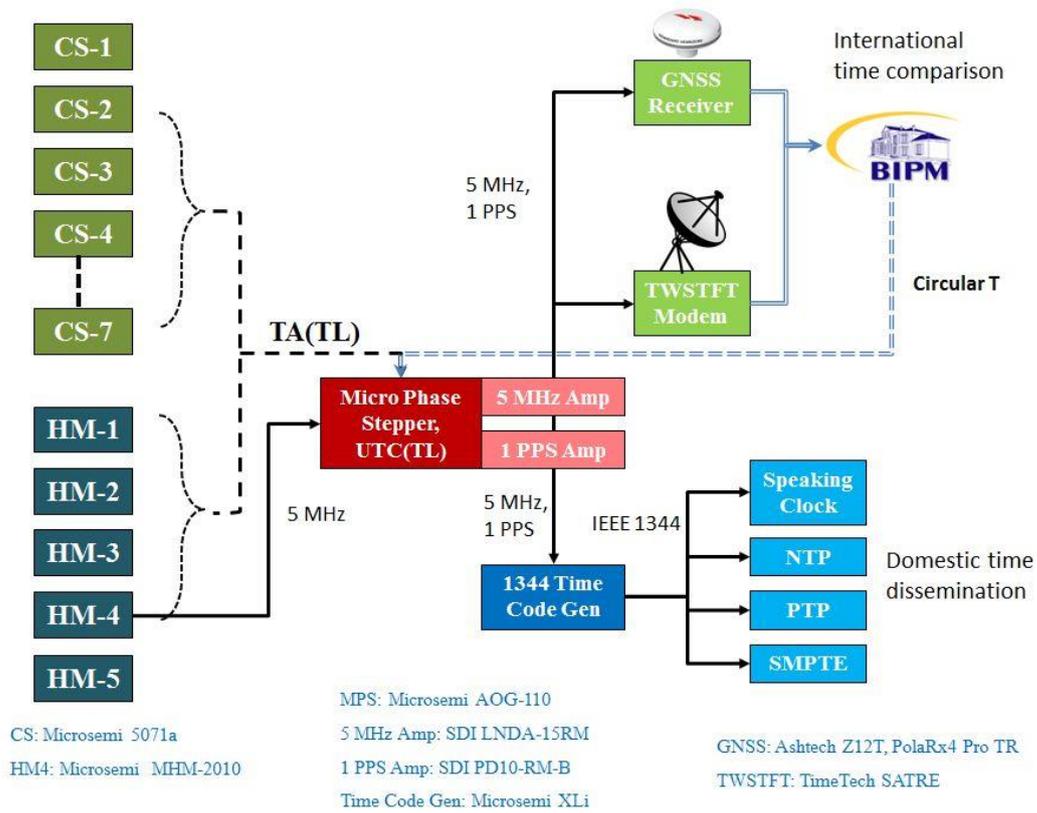


圖 1、標準件追溯架構圖

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 ± 35 ns 左右。本計畫執行的情形如下：

1. 國家標準時間的維持及增進性能

標準現況及品質、權重分析

(1). 執行項目

國家標準時間的維持現況及其品質、權重分析

(2). 工作概述

目前國家時間主要由本實驗室所維持的銫原子鐘群(Agilent/HP 5071A)及氫原子鐘(Active H-masers)所產生。以高品質的氫原子鐘作為參考母鐘，所產生的頻率信號經相位微調器調整後產生標準時間，國際上的名稱是 UTC(TL)，短期調整機制則是參考銫原子鐘群的統計值進行微調。我們透過衛星雙向傳時及 GPS PPP 全視法(all-in-view)等比對技術，與國外實驗室進行時間比對，並將比對的資料提供給國際度量衡局(BIPM)計算 TAI 及 UTC。

UTC 是國際標準時間，也是我們調整標準時間的參考依據之一，此調整有助於維持國家時間的長期準確度。BIPM 每月發佈的資料，放在該局的 FTP server 上 (<http://www.bipm.org/jsp/en/TimeFtp.jsp>)，而其中"Publications\Weights of clocks participating in the computation of TAI"目錄下的資料，即為每一部原子鐘當月的相對權重。原則上，單一部鐘需有長期良好的穩定度才能獲得較高權重，實驗室所有原子鐘的加總權重代表一個實驗室的影響力，為標準時頻實驗室的一項重要指標。例如：負責維持日本國家標準時間的 NICT 就把相對權重的統計資料放在網站上，作為實驗室的一項重要成績。

(NICT website : (<http://jijy.nict.go.jp/mission/index-e.html>); Weights of Atomic Clocks(NICT))

維持國家時間的每個環節，包括原子鐘的維持、訊號的傳送、時間量測以及國際比對實驗的進行，都需要仔細的管理與規劃，以確保時間的精準。原子鐘的維持是本實驗室的核心工作，目前運轉中的原子鐘群，分別

安置在一樓電磁隔離室中。隔離室必須保持恆溫恆濕的環境，並避免振動的發生。

原有比對記錄系統使用時間計數器(Time interval counter)量測每部原子鐘的時刻 1PPS(one pulse per second)信號與標準時間 UTC(TL)的差值，再儲存到電腦磁碟陣列中。目前每十分鐘整連續量測 6 筆資料，去除最大、最小值之後再取平均並記錄之，如此可有效減少量測的誤差。此系統所記錄原子鐘的長期變化值，是非常重要的資料，除了有一套備援系統外，實驗室也另外進行定期的資料備份。

TL參加由BIPM於民國100年規劃，並於民國101年1月1日開始試驗之「UTC rapid」先鋒計畫，UTC rapid先鋒計畫之報告已於民國102年7月起變更為正式報告，但UTC仍為世界時間標準。本實驗室因應UTC_r計畫，已完成每日自動計算並上傳原子鐘及TA(TL)的比對值。原子鐘比對值及GPS、TWSTFT比對資料更加密集，由以往每月上傳成為每日上傳，並持續觀察UTC_r與UTC異同，以作為調整UTC(TL)之依據。

在國際傳時比對方面，過去本實驗室採用單通道單頻的 GPS 接收機，並以衛星共視法(common-view)進行國際比對。但台灣位處電離層赤道異常區，造成較大的誤差。本實驗室積極參與相關國際時頻比對實驗的研究，包括雙通道及雙頻 GPS 接收機的傳時研究，GPS P3 電碼比對的國際巡迴校正、GPS 載波相位觀測及衛星雙向傳時等實驗。隨著國際比對精度的進步，本實驗室的數據品質也大幅提升。其中衛星雙向傳時是目前最精準的傳時方法之一，其不確定度可優於 1 奈秒(ns)。自民國 91 年 1 月起，本實驗室(TL)與日本(NICT)之比對數據，正式提供 BIPM 作為計算世界原子時(TAI)的資料。民國 94 年 5 月我們完成 BIPM 之 GPS P3 電碼比對的精準校正結果，接著於民國 95 年 3 月完成亞太地區第一個衛星雙向傳時地面站校正實驗。

自民國 97 年起，本實驗室逐漸提升實驗室環境，全新的恆溫恆濕空調

及 UPS、DC 電力系統正式運轉啟用，原子鐘穩定性大為增高。另外，因為 BIPM 採用本實驗室與德國 PTB 之 TAIPPP 比對結果作為 TAI 鏈路，以及民國 103 年本實驗室榮獲 BIPM 選定為全球 Group 1 級實驗室，國際傳時比對之 A、B 類不確定度分別由 0.5 ns 及 5 ns 降至 0.3 ns 及 2.0 ns，使本實驗室之短、長期穩定度進一步提升。

(3). 執行內容(執行期間：109/01~109/11)

民國109年1-2月原有母鐘頻率源(民國106年購置之俄製氫鐘)呈現不穩，母鐘頻率源再更換為美製氫鐘。

本計畫於民國108年1月1日正式以新演繹法取代舊演繹法，結合銫原子鐘叢集及氫原子鐘叢集產生新台灣國際原子時TA(TL)，作為UTC月報及UTCr週報公告空窗期間UTC(TL)之調整依據。民國108年底本實驗室由智機專案經費挹注，添購銫原子鐘2部，民國109年再由相同經費來源添購銫原子鐘一部，民國109年6月後新購之銫鐘陸續開始貢獻TAI權重並加入銫鐘叢集，民國109年6月時雖再有一部銫原子鐘耗盡銫源，但因新銫鐘加入，銫鐘叢集仍有5部，使TA(TL)之中、長期穩定度及UTC(TL)中期穩定度可以恢復。

氫原子鐘叢集原有5部氫鐘組成，但其中兩部民國88年購置之舊式俄製氫鐘中，一部氫源已耗盡，另一部亦將耗盡。民國106年新購之俄製氫鐘於9月時倍頻模組故障，原已洽俄羅斯原廠工程師來台一併檢修三部氫鐘，但因今年武漢疫情嚴重，各國國際旅遊中斷，俄羅斯原廠工程師無法來台，需待疫情緩和後再重新接洽。

實驗室直流電源系統自民國98年購置後迄今已使用11年，民國107年先更換部分故障之交換式充電機(Switching Mode Rectifier; SMR)組及2套電池組其中的1組電池，今年再以本院預算更新另一組已使用11年的電池，以確

保DC電源的正常備載。

本院E棟1F充電機B的電池組及F棟8F充電機A的電池組，於今年七月完成汰舊換新工程。於更換新的電池組後，先對新電池充電12小時，再連同既有電池組一起進行容量放電測試，此測試有助於有效瞭解電池組的實際備載容量，是否足以負荷台電停電之緊急狀況，有效掌控電池組之放電時間與使用可靠度，使原子鐘等核心設備能在供電無虞下持續運作。

E棟1F電池測試結果與效益評估：

廠商以離線方式(電池脫離充電機設備)將電池外接電阻式負載讓電池放電如圖3，時間終了依據單顆電池終點電壓1.83V/Cell 為判定標準，得到以下測試評估結果：

以放電終止電壓21.96V估算12顆電池總容量為644 AH，以設備負載60 A推估放電時間可達10.7小時，兩套電池可供電達21.4小時。未來電池使用環境應維持在25~30度C左右為最佳，確保電池在有效使用壽年內良好運作。



圖 3 、109 年直流電源系統放電測試施作情形

(4). 結果

自民國 107 年進行之新演繹法研究以銻鐘叢集作為長期標準，據以評估氫鐘之飄移率，再根據氫鐘飄移率變化加權各氫鐘得出新 TA(TL)。由於兼具銻鐘叢集之長期準確及氫鐘叢集之短期穩定特性，新 TA(TL)短期穩定度遠較舊演繹法(純銻鐘叢集)為優，平均時間為一日之 Modified Allan Deviation 較舊演繹法得出之結果優於一個數量級，而長期穩定度則與銻鐘叢集相當。

實驗室本計畫自民國 108 年起權重即逐步增加，民國 108 年 6 月時權重排名為第 9 名，民國 108 年 8 月~2020 年 3 月都保持於第 7 名(Table 1)。但民國 109 年中時因有三部氫鐘故障，民國 109 年 9 月時僅於 2 部氫鐘可正常運轉，10 月時排名下降至第 16 名(表 3)。

在 UTC(TL)準確度方面，民國 109 年 3 月時因母鐘頻率參考氫鐘故障，更換母鐘時順勢調整 UTC(TL)相位至接近 UTC，10 月 UTC-UTC(TL)維持於-0.1 ns，同時因銻鐘數量增加，銻鐘叢集中長期預測能力亦提升，UTC(TL)準確度由 6 月前-1~6 ns，6 月~10 月提昇至-1~1 ns，若銻鐘數量可保持於 5-6 部以上，同時氫鐘可正常運轉，預計 UTC(TL)相位差可長期維護於 35 ns 以內之年度目標(圖 4)。

在 UTC(TL)穩定度方面，由於母鐘更換頻率參考源影響，UTC(TL)之長、中、短期穩定度維持於約略 $1.0E-15$ 左右，6 月後因 TA(TL)預測能力提升，長期穩定度提升至 $7.2E-16$ ，可完成全年穩定度目標。預計若現有母鐘頻率參考源可保持穩定，明年度 UTC(TL)之穩定度應可再提升。

在 UTC(TL)穩定度方面，由於母鐘更換頻率參考源影響，UTC(TL)之長、中、短期穩定度維持於約略 $1.0E-15$ 左右，6 月後因 TA(TL)預測能力提升，長期穩定度提升至 $7.2E-16$ ，可完成全年穩定度目標(圖 5)。預計若現有母鐘頻率參考源可保持穩定，明年度 UTC(TL)之穩定度應可再提升。

表 3 民國 109 年 10 月世界時頻實驗室佔 TAI 權重前 20 名排名

Rank	Lab	權重 %	氫鐘平均%/ 氫鐘數	銻鐘平均%/銻鐘 數	每鐘平均%/總鐘 數
1	USNO	25.687	0.689/31	0.012/10	0.571/45
2	SU	12.291	1.024/12	-/00	1.024/12
3	NTSC	7.232	0.572/11	0.050/19	0.207/35
4	SP	6.265	0.596/10	0.019/16	0.241/26
5	F	5.451	0.575/09	0.019/15	0.227/24
6	NICT	5.408	0.720/06	0.035/31	0.146/37
7	NIM	5.274	0.565/09	0.027/07	0.330/16
8	NIST	4.551	0.636/07	0.024/04	0.414/11
9	PTB	3.486	0.550/06	0.060/01	0.387/09
10	NPLI	3.413	0.535/06	0.041/05	0.310/11
11	MIKE	3.377	0.844/04	-/00	0.844/04
12	APL	2.45	0.773/03	0.044/03	0.408/06
13	NRC	2.122	1.033/02	0.014/04	0.354/06
14	PL	1.669	0.284/05	0.028/09	0.119/14
15	IT	1.602	0.429/03	0.105/03	0.267/06
16	TL	1.464	0.445/03	0.026/05	0.183/08
17	NPL	1.361	0.431/03	0.034/02	0.272/05
18	IFAG	1.14	1.050/01	0.018/05	0.190/06
19	NMIJ	1.111	0.546/02	0.018/01	0.370/03
20	CH	1.009	0.329/03	0.021/01	0.252/04

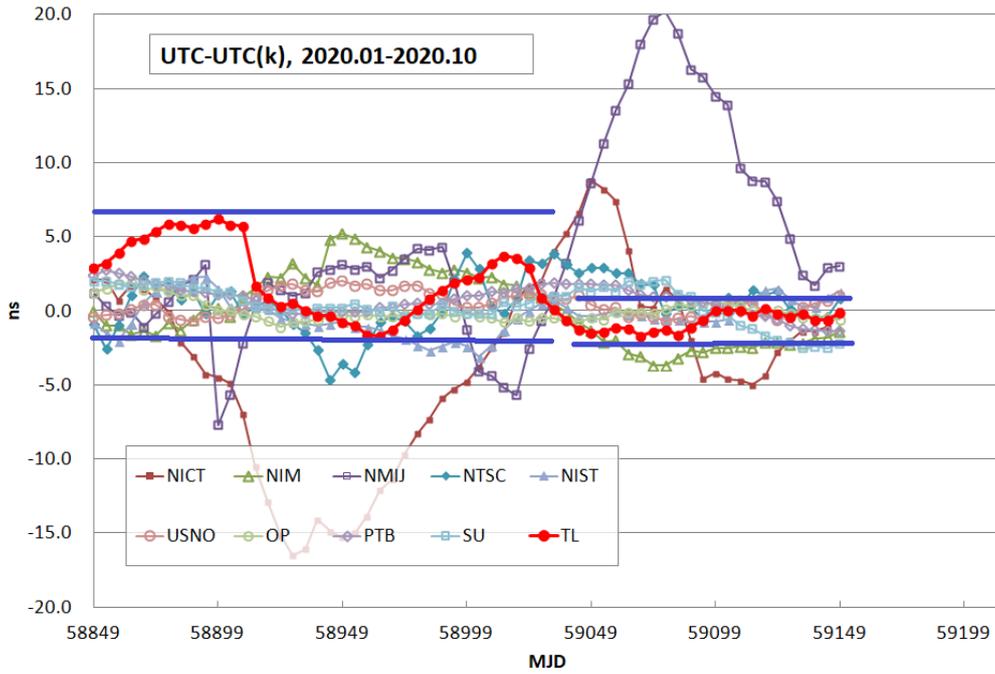


圖 4、民國 109 年 1 月~~109 年 10 月世界 G1 及亞洲主要實驗室 UTC-UTC(k) 差值

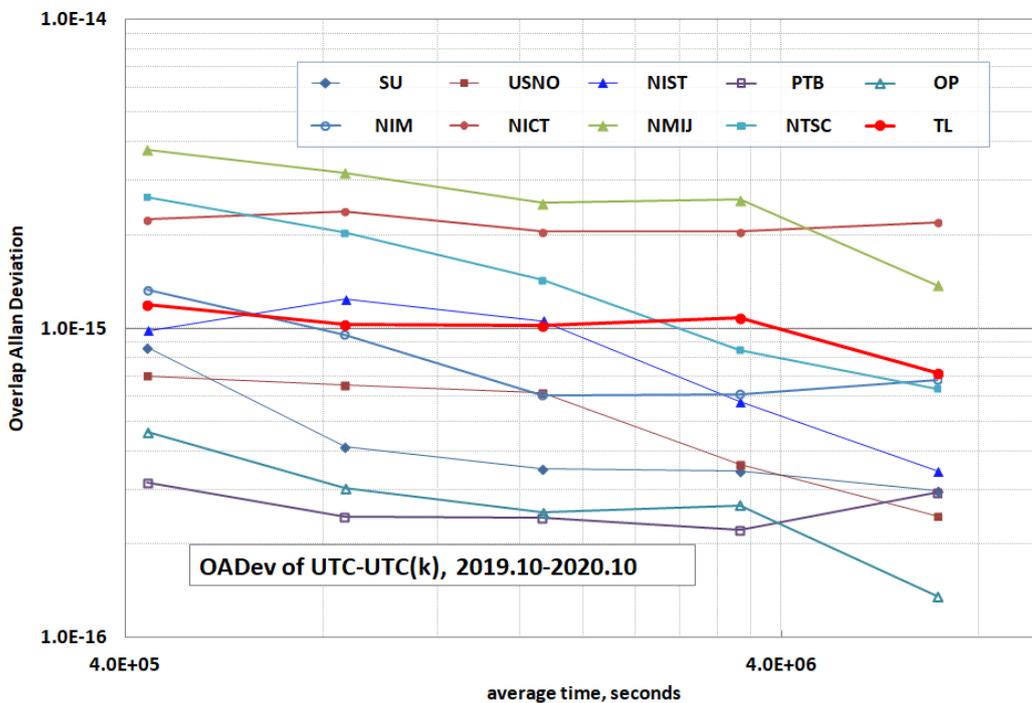


圖 5、民國 108 年 10 月~109 年 10 月世界 G1 及亞洲主要實驗室頻率穩定度

隨著定位導航及太空科技迅速發展，國際間時頻實驗室無不投入更多的資源，發展新一代的技術。新一波原子鐘的汰舊換新潮，從民國 94 年初展開，包括日本、美國、大陸、韓國、瑞士、波蘭等國家，都各自添購許多氫鐘及高性能銫原子鐘。這些鐘經過 BIPM 半年以上的穩定度評估後，將逐漸貢獻一定比例的權重值。另一方面，包括美國、日本、荷蘭、大陸、義大利、英國、韓國、馬來西亞等實驗室都在過去的十年內重新建置新的實驗室環境，以符合未來快速發展的需求。

為維持在國際上競爭力，我們近程仍將持續監控實驗室的整體環境，以維持性能，然而長遠之計，仍建議以建置新的實驗室為目標，方能因應未來更高精確度的需求。

本實驗室 UTC(TL)之短、長期穩定度皆維持於 $1E-15$ 左右，幾乎為氫鐘極限，足見目前透過虛擬時鐘方式加強預測方法外插推估母鐘參考氫鐘於空窗期內之行為再加以調整相當有成效，未來將繼續朝此方向努力。

(5). 自評與建議

為增進國家標準時間之穩定度及準確度，就環境而言，目前實驗室環境維護已稍具規模，空調及 UPS、DC 電力系統皆已更新，短時間內將以維護保養既有設備為主。其次，因 BIPM 之 TAI 鏈路計算已更換為結合 TWSTFT 及 TAIPPP 之 TWPPP，A 類不確定度已降至 $0.3ns$ ，繼續改善空間有限，將朝向傳時系統重新校正，以降低 B 類不確定度的方向努力。

國際間所有時頻實驗室之標準時頻皆以 BIPM 每月公布之 UTC 月報為唯一標準，但 BIPM 公布月報時間約為次月之 12 日左右，因此當月至次月 BIPM 公布月報前，UTC(TL)並無絕對準確之調整依據，此空窗期可長達 40~45 天左右，在此期間擁有穩定運轉噴泉式銫鐘之先進實驗室可以用噴泉式銫鐘之輸出作為輔助參考標準，有效提升各實驗室 UTC(k)之短期穩定度。USNO、PTB、SU、NIST 之 5 日短期穩定度已優於 $1E-15$ 。本實驗室

並無噴泉式銻鐘，在可見之未來也無建置可能，穩定度欲超越歐美先進實驗室實有困難。目前是透過虛擬時鐘方式加強預測，外插推估母鐘參考氫鐘於空窗期內之行為再加以調整，此方法已有一定的成效，未來將繼續朝此方向努力。其次本實驗室規劃組成氫鐘叢集，將有助於推升 UTC(TL)穩定度。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，長期穩定度可透過虛擬時鐘研究繼續加強，將持續進行 TA(TL)加入氫鐘叢集之研究，以期提升 UTC(TL)效能。

民國 109 年中時銻鐘叢集僅剩 3 部逾齡銻鐘運轉，隨新購銻鐘逐漸加入，應可緩和計算新演繹法及游校所需之銻鐘數量，建議未來每 2~3 年逐步採購一部鐘即可滿足維持 TA(TL)之長期穩定度及提供能力試驗及遊校之需求。

民國 109 年本實驗室 5 部氫鐘中有一部氫源耗盡，三部穩定度下降，加以 5 部氫鐘中有 4 部壽年已超出保固期限，建議未來 2 年內應開始規劃氫鐘購案，以為國家母鐘頻率源提供備援。

2020 年 10 月國際原級標準比對月報(Circular T 394)



CIRCULAR T 394
2020 NOVEMBER 09, 09h UTC

ISSN 1143-1393

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](tel:+33145077070) 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 http://ftp2.bipm.org/pub/tai/publication/notes/explanatory_supplement_v0.3.pdf

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

Date 2020 0h UTC		SEP 27	OCT 2	OCT 7	OCT 12	OCT 17	OCT 22	OCT 27	Uncertainty/ns			Notes
MJD		59119	59124	59129	59134	59139	59144	59149	u_A	u_B	u	
Laboratory k		[UTC-UTC(k)]/ns										
AOS	(Borowiec)	1228	-1.4	-1.2	-0.7	-0.7	-0.4	-0.3	0.1	0.3	2.8	2.8
APL	(Laurel)	1228	1.0	-0.5	-0.2	-0.6	-1.2	0.6	-0.2	0.3	19.5	19.5
AUS	(Sydney)	1228	-378.3	-379.8	-391.6	-397.6	-403.2	-417.5	-412.5	0.3	11.2	11.2
BEV	(Wien)	1228	-24.4	-14.2	0.3	1.9	13.3	20.8	25.5	0.3	3.2	3.2
BFKH	(Budapest)	1228	1422.3	1447.8	1473.5	1492.3	1520.5	1543.5	1567.7	1.5	20.0	20.1
BIM	(Sofiya)	1228	13568.6	13608.4	13642.4	13667.5	13683.0	13701.6	13732.3	0.7	7.0	7.1
BIRM	(Beijing)	1228	1.2	1.6	0.5	0.8	-	-	-	0.7	2.7	2.8
BOM	(Skopje)	1228	-3911.5	-3921.6	-3927.8	-3946.9	-3972.7	-3982.6	-3991.3	1.5	7.4	7.6
BY	(Minsk)	1228	-3.7	-4.2	-3.9	-1.8	-0.8	-1.9	-2.0	1.5	12.2	12.3
CAO	(Cagliari)	1228	-22497.4	-22613.9	-22718.7	-22824.0	-22932.8	-23041.1	-23155.7	1.5	20.0	20.1
CH	(Bern-Wabern)	1228	1.9	0.9	-1.8	-0.8	0.5	1.3	1.8	0.3	2.4	2.4
CNES	(Toulouse)	1228	-11.4	-10.3	-9.6	-7.4	-5.7	-3.9	-1.5	0.3	2.8	2.8
CNM	(Queretaro)	1228	5.5	3.1	4.9	1.2	3.4	1.5	2.0	2.5	11.2	11.5
CNMP	(Panama)	1228	2.3	-1.7	1.3	1.5	5.7	11.3	-0.5	0.7	7.3	7.4
DFNT	(Tunis)	1228	9974.2	10209.7	10458.1	10676.1	-	307.7	570.6	0.7	20.0	20.0
DLR	(Oberpfaffenhofen)	1228	-15.5	-17.8	-17.6	-20.1	-34.6	-51.9	-	0.7	2.7	2.8
DMDM	(Belgrade)	1228	-8.3	-10.9	-6.6	4.3	9.9	5.6	12.5	0.3	3.3	3.3
DTAG	(Frankfurt/M)	1228	-35.1	-34.5	-32.7	-31.5	-31.8	-30.2	-23.8	0.3	2.8	2.8
EDM	(Thessaloniki)	1228	5.7	-4.2	9.1	0.5	6.2	1.9	0.0	4.0	11.2	11.9
ESTC	(Noordwijk)	1228	-1.0	-2.2	-1.5	-1.0	-1.3	-1.5	-2.1	0.3	2.7	2.7
HKO	(Hong Kong)	1228	602.3	613.2	624.5	642.3	647.8	653.1	667.1	0.4	2.9	2.9
ICE	(San Jose)	1228	-48.4	-67.0	-61.4	-49.4	-45.0	-38.3	-38.3	3.0	20.0	20.2
IDN	(Serpong-Tangerang)	1228	2275.6	2301.6	2299.3	2315.1	2308.3	2288.0	2307.9	0.3	2.7	2.7
IFAG	(Wetzell)	1228	-765.0	-761.9	-760.7	-757.2	-758.1	-757.8	-759.7	0.3	3.2	3.2
IGNA	(Buenos Aires)	1228	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IMBH	(Sarajevo)	1228	-1.2	-4.3	-1.0	0.1	-3.6	0.0	-0.9	0.4	2.7	2.7
INCP	(Lima)	1228	9.7	3.4	-8.3	-6.1	-30.1	-54.0	-51.4	5.0	20.0	20.6
INM	(Bogota D.C.)	1228	-55.5	-65.5	-62.1	-70.6	-76.1	-65.8	-81.1	1.5	20.0	20.1
INPL	(Jerusalem)	1228	-31.6	-32.0	-20.8	-21.2	-25.1	-32.2	-40.5	0.3	7.2	7.2
INTI	(Buenos Aires)	1228	55.0	58.8	69.0	68.4	66.1	60.0	60.0	2.5	20.0	20.2
INXE	(Rio de Janeiro)	1228	-3.9	-4.9	-8.8	-10.9	-14.8	-12.7	-15.4	0.3	20.0	20.0
IPQ	(Caparica)	1228	-	232.0	236.6	224.2	227.0	236.2	240.2	0.5	20.0	20.0
IT	(Torino)	1228	1.1	0.5	-1.1	-2.3	-3.3	-4.5	-4.6	0.3	1.2	1.3
JATC	(Lintong)	1228	-0.1	0.4	0.7	0.1	0.1	-0.2	0.7	0.3	2.8	2.8
JV	(Kjeller)	1228	-22.0	-38.3	-38.6	-32.4	-33.9	-25.8	-22.5	0.3	4.3	4.3
KRIS	(Daejeon)	1228	8.2	8.1	8.0	8.7	8.0	7.9	8.1	0.3	3.1	3.1
LRTE	(Sao Carlos)	1228	-25.0	2.7	1.7	-7.8	-15.2	-26.5	-32.4	0.3	20.0	20.0
LT	(Vilnius)	1228	909.9	892.1	860.1	813.1	848.2	834.8	808.7	0.3	2.8	2.8
LUX	(Belvaux)	1228	-14.8	-9.7	-3.4	-1.1	4.7	8.5	9.9	0.3	2.9	2.9
LV	(Riga)	1228	-146.5	-154.5	-160.6	-157.6	-165.4	-177.8	-197.7	1.5	12.2	12.3
MASM	(Bayanzurkh)	1228	-102.7	-36.0	-104.2	-173.3	-253.0	-338.4	-444.5	0.4	2.8	2.8
MBM	(Podgorica)	1228	641.7	671.2	699.7	726.8	765.2	793.0	829.8	0.3	20.0	20.0
MIKE	(Espoo)	1228	14.2	13.6	13.0	12.6	11.9	10.7	10.4	0.3	2.6	2.6

MSL	(Lower Hutt)	122	12.1	12.8	16.8	-4.3	-1.6	7.5	7.8	1.5	20.0	20.1
NAO	(Mizusawa)	122	96.5	102.6	105.7	111.0	109.3	115.0	114.8	2.0	20.0	20.1
NICT	(Tokyo)	122	-4.4	-2.8	-2.0	-1.4	-1.4	-1.1	0.0	0.3	2.0	2.1
NIM	(Beijing)	122	-2.1	-2.1	-2.3	-2.2	-1.9	-1.8	-1.4	0.3	2.0	2.1
NIMB	(Bucharest)	122	2511.8	2169.6	1828.7	1488.1	1145.9	798.3	452.2	0.4	7.4	7.5
NIMT	(Pathumthani)	122	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NIS	(Cairo)	122	55.1	34.8	17.6	13.9	10.8	7.7	4.6	0.7	20.0	20.0
NIST	(Boulder)	122	1.4	1.5	0.8	0.3	0.3	0.9	1.3	0.3	2.1	2.1
NMIJ	(Tsukuba)	122	8.7	7.4	4.9	2.4	1.7	2.9	3.0	0.3	3.2	3.2
NMLS	(Sepang)	122	-2200.4	-2174.5	-2158.2	-2131.3	-2106.0	-2073.5	-2044.5	1.5	3.3	3.6
NPL	(Teddington)	122	-0.2	0.4	-0.3	-0.4	0.0	-0.3	0.0	0.3	2.7	2.7
NPLI	(New-Delhi)	122	-1.7	-1.8	-1.7	-1.9	-1.7	-1.8	-1.4	0.3	2.8	2.8
NRC	(Ottawa)	122	-25.8	-32.4	-35.5	-30.2	-18.8	-9.8	7.8	0.3	2.9	3.0
NRL	(Washington DC)	122	6.9	1.0	-4.9	-0.3	2.1	-1.5	3.2	0.3	20.0	20.0
NSAI	(Dublin)	122	-	-61.0	-72.0	-73.1	-73.4	-80.7	-91.1	0.3	7.0	7.0
NTSC	(Lintong)	122	1.1	1.3	0.1	-0.3	-0.5	-0.4	0.8	0.3	2.4	2.5
ONBA	(Buenos Aires)	122	698.4	698.7	709.8	716.3	728.1	728.4	752.2	2.0	11.2	11.4
ONRJ	(Rio de Janeiro)	122	15.1	-0.3	0.1	3.4	-3.9	-0.3	5.4	0.4	20.0	20.0
OP	(Paris)	122	0.0	0.0	-0.2	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	0.3	1.2	1.2
ORB	(Bruxelles)	122	-1.1	-1.1	-2.1	-2.4	-3.5	-2.4	-2.5	0.3	2.7	2.7
PL	(Warszawa)	122	1.8	1.3	1.0	0.8	1.0	0.6	0.4	0.4	2.8	2.8
PTB	(Braunschweig)	122	-0.4	-0.6	-1.0	-1.2	-1.3	-1.4	-1.4	0.1	0.8	0.8
ROA	(San Fernando)	122	-3.4	-4.4	-5.3	-5.0	-5.1	-3.7	-3.0	0.3	1.3	1.3
SASO	(Riyadh)	122	-1708.9	-1718.4	-1737.2	-1754.7	-1769.1	-1782.9	-1790.4	0.7	3.0	3.1
SCL	(Hong Kong)	122	-184.8	-182.7	-183.0	-170.8	-159.9	-156.7	-152.2	1.0	2.9	3.1
SG	(Singapore)	122	-1.8	-5.8	1.9	0.4	-1.3	-0.8	2.7	0.3	2.7	2.7
SIQ	(Ljubljana)	122	158.4	152.4	159.2	154.5	176.9	164.5	160.9	0.3	3.7	3.7
SL	(Colombo)	122	88.5	-	-	256.4	256.4	259.8	259.4	0.3	2.7	2.7
SMD	(Bruxelles)	122	-1.9	-3.3	1.6	5.5	9.8	4.3	1.8	0.3	3.1	3.1
SMU	(Bratislava)	122	-37.5	-45.4	-40.0	-33.4	-34.0	-42.4	-39.0	1.5	12.2	12.3
SP	(Boras)	122	-1.9	-2.0	-1.8	-1.7	-1.1	-1.1	-1.1	0.3	1.2	1.2
SU	(Moskva)	122	-1.7	-2.0	-2.1	-2.5	-2.4	-2.5	-2.2	0.3	2.0	2.0
TL	(Chung-Li)	122	0.2	-0.2	-0.4	-0.2	-0.6	-0.6	-0.1	0.3	2.2	2.2
TP	(Praha)	122	-4.0	-5.4	-13.4	-18.1	-14.7	-12.1	-15.1	0.3	2.7	2.7
UA	(Kharkov)	122	7.6	-1.1	6.6	12.1	8.2	12.1	14.2	1.5	7.1	7.3
UAE	(Abu Dhabi)	122	7.9	12.3	14.1	11.9	11.2	17.8	15.2	4.0	7.5	8.5
UME	(Gebze-Kocaeli)	122	3.6	5.3	2.9	0.2	-2.0	-2.0	-0.5	0.3	3.3	3.3
USNO	(Washington DC)	122	-0.2	-0.6	-0.4	0.2	0.5	0.7	1.0	0.2	1.4	1.4
VMI	(Ha Noi)	122	-1.4	3.9	9.7	10.4	4.7	1.0	-1.8	0.3	7.0	7.0
VSL	(Delft)	122	-1.5	-0.4	-4.4	-11.1	-15.5	-10.3	-8.2	0.3	1.9	1.9
ZA	(Pretoria)	122	0.0	-0.9	-1.6	0.3	4.3	7.1	7.2	0.3	2.8	2.8

- Notes on section 1:

(1) MASM : Time step of about -120 ns near MJD 59123.92.

(2) NSAI : National Standards Authority of Ireland's National Metrology Laboratory (NSAI NML)

2 - Difference between the normalized frequencies of EAL and TAI

	Interval of validity	$f(EAL)-f(TAI)$	
Steering correction	59119 - 59149	6.499×10^{-13}	(2020 SEP 27 - 2020 OCT 27)
New correction	59149 - 59179	6.501×10^{-13}	(2020 OCT 27 - 2020 NOV 26)
New correction foreseen	59179 - 59214	6.501×10^{-13}	(2020 NOV 26 - 2020 DEC 31)

3 - Duration of the TAI scale interval d .

Table 1: Estimate of d by individual PSFS measurements and corresponding uncertainty.

All values are expressed in 10^{-15} and are valid only for the stated period of estimation.

Standard	Period of Estimation	d	u_A	u_B	$u_{A/Lab}$	$u_{B/Lab}$	u_{TAI}	u	u_{95rep}	Ref(u_S)	Ref(u_B)	$u_B(Ref)$	Uptime %	LastRep	Nrep3y	Steer Note
PTB-CS1	59119-59149	-8.49	8.00	8.00	0.00	0.00	0.07	11.31	PFS/NA	T148	8.00	100.0	T393	36	Y	(1)

PTB-Cs2	59119 59149	-2.31	5.00	12.00	0.00	0.00	0.07	13.00	PFS/NA	T148	12.00	100.0	T393	35	Y	(1)
NPL-CsF2	58829 58844	-0.22	0.14	0.41	0.15	0.00	0.37	0.59	PFS/NA	T284	0.23	84.5	T334	0	Y	(2)
NPL-CsF2	58844 58879	-0.88	0.09	0.26	0.07	0.00	0.17	0.33	PFS/NA	T284	0.23	92.0	T334	0	Y	(2)
NPL-CsF2	58879 58904	-0.25	0.11	0.25	0.06	0.00	0.23	0.36	PFS/NA	T284	0.23	91.4	T334	0	Y	(2)
NPL-CsF2	58904 58924	-0.24	0.15	0.40	0.16	0.00	0.28	0.54	PFS/NA	T284	0.23	58.8	T334	0	Y	(2)
NPL-CsF2	58924 58994	-0.97	0.29	0.29	0.10	0.00	0.53	0.67	PFS/NA	T284	0.23	94.8	T334	0	Y	(2)
NPL-CsF2	58999 59029	-0.27	0.17	0.48	0.25	0.00	0.20	0.60	PFS/NA	T284	0.23	85.8	T334	0	Y	(2)
NPL-CsF2	59029 59059	-0.50	0.14	0.24	0.04	0.00	0.20	0.34	PFS/NA	T284	0.23	99.4	T334	0	Y	(2)
NPL-CsF2	59059 59074	0.00	0.23	0.20	0.15	0.00	0.37	0.50	PFS/NA	T284	0.23	88.6	T334	0	Y	(2)
NPL-CsF2	59089 59119	-0.77	0.12	0.20	0.05	0.00	0.20	0.31	PFS/NA	T284	0.23	91.4	T334	0	Y	(2)
NPL-CsF2	59119 59149	-0.11	0.12	0.20	0.25	0.00	0.20	0.39	PFS/NA	T284	0.23	82.7	T334	0	Y	(2)
NRC-FCs2	59119 59149	-0.39	0.11	0.40	0.10	0.00	0.20	0.47	PFS/NA	T389	0.23	98.1	T393	12	Y	(3)
SYRTE-FO1	59119 59134	-0.32	0.30	0.32	0.06	0.00	0.37	0.57	PFS/NA	T301	0.37	95.9	T393	31	Y	(4)
SYRTE-FO1	59139 59149	-0.35	0.30	0.32	0.21	0.00	0.53	0.72	PFS/NA	T301	0.37	71.5	T393	31	Y	(4)
SYRTE-FO2	59129 59149	0.00	0.20	0.22	0.06	0.00	0.28	0.41	PFS/NA	T301	0.23	96.4	T393	32	Y	(4)
SYRTE-FOM	59134 59149	-0.48	0.40	0.57	0.15	0.00	0.37	0.80	PFS/NA	T372	0.70	72.0	T393	23	Y	(4)
SYRTE-FORb	59119 59149	-0.10	0.20	0.25	0.05	0.00	0.20	0.38	0.6 [1]	T328	0.34	97.8	T393	33	Y	(4)
PTB-Csf1	59119 59149	-0.55	0.07	0.35	0.03	0.00	0.07	0.36	PFS/NA	T371	0.28	93.5	T393	27	Y	(5)
PTB-Csf2	59119 59149	-0.34	0.10	0.17	0.01	0.00	0.07	0.21	PFS/NA	T370	0.17	97.8	T393	39	Y	(5)
SU-CsFO2	59119 59149	-0.05	0.24	0.22	0.11	0.00	0.35	0.49	PFS/NA	T315	0.50	95.9	T392	29	Y	(6)

Notes:

(1) Continuously operating as a clock participating to TAI

(2) Report 02 NOV. 2020 by NPL

(3) Report 03 NOV. 2020 by NRC

(4) Report 03 NOV. 2020 by LNE-SYRTE

(5) Report 28 OCT. 2020 by PTB

(6) Report 29 OCT. 2020 by SU

[1] 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 PFS measurements identified to be used for TAI steering over the period MJD [58759-59149](#), and corresponding uncertainties.

Period of estimation	d	u	
59119-59149	-0.29×10^{-15}	0.13×10^{-15}	(2020 SEP 27 - 2020 OCT 27)

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

$$[\text{UTC}-\text{UTC}(\text{USNO})_{\text{GPS}}] = C_0', \quad [\text{TAI}-\text{UTC}(\text{USNO})_{\text{GPS}}] = 37 \text{ s} + C_0'$$

$$[\text{UTC}-\text{UTC}(\text{SU})_{\text{GLONASS}}] = C_1', \quad [\text{TAI}-\text{UTC}(\text{SU})_{\text{GLONASS}}] = 37 \text{ s} + C_1'$$

For this edition of *Circular T*, $\sigma_0 = 0.8 \text{ ns}$, $\sigma_1 = 6.5 \text{ ns}$

2020	0h UTC	MJD	C_0'/ns	N_0	C_1'/ns	N_1'
	SEP 27	59119	0.6	89	23.4	82
	SEP 28	59120	-1.2	89	23.3	89
	SEP 29	59121	0.6	89	22.9	89
	SEP 30	59122	1.9	90	21.5	85
	OCT 1	59123	-0.4	89	21.8	87
	OCT 2	59124	1.8	89	22.9	83
	OCT 3	59125	2.4	89	23.5	86
	OCT 4	59126	0.7	90	24.0	87
	OCT 5	59127	1.9	89	24.1	88
	OCT 6	59128	2.5	89	24.2	88
	OCT 7	59129	2.8	89	24.6	89
	OCT 8	59130	2.2	90	24.2	87
	OCT 9	59131	1.2	89	22.9	89
	OCT 10	59132	1.4	89	22.2	89
	OCT 11	59133	2.3	89	22.2	89
	OCT 12	59134	1.9	90	23.6	89

OCT 13	59135	0.6	89	24.3	89
OCT 14	59136	-0.1	89	24.0	85
OCT 15	59137	2.4	89	25.0	89
OCT 16	59138	2.8	90	25.7	81
OCT 17	59139	1.7	89	25.9	86
OCT 18	59140	3.0	89	26.0	87
OCT 19	59141	3.5	89	26.2	88
OCT 20	59142	5.0	90	25.0	86
OCT 21	59143	3.9	89	23.1	89
OCT 22	59144	0.4	89	24.6	89
OCT 23	59145	1.3	89	25.7	89
OCT 24	59146	2.5	90	23.3	86
OCT 25	59147	2.2	89	24.3	86
OCT 26	59148	3.0	89	28.0	89
OCT 27	59149	2.0	89	28.9	86

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

Link	Type	Equipment	Cal_ID1	/ Cal_ID2	u_{Stb}/ns	u_{Cal}/ns	u_{Ag}/ns	AI/ns	YYMM
AOS /PTB	GPSPPP	AO_4 /PT13	1014-2018	/ 1001-2018	0.3	2.7	1.0		
APL /PTB	GPSPPP	AP02 /PT13	NC	/ 1001-2018	0.3	20.0			
AUS /PTB	GPSPPP	AU04 /PT13	1002-2010	/ 1001-2018	0.3	11.2	10.0		
BEV /PTB	GPSPPP	BE1_ /PT13	1012-2016	/ 1001-2018	0.3	3.1	1.9		
BFKH/PTB	GPS MC	MK01 /PT13	NC	/ 1001-2018	1.5	20.0			
BIM /PTB	GPSPPP	BM51 /PT13	2007-2019	/ 1001-2018	0.7	7.0	0.8		
BIRM/PTB	GPS P3	BI41 /PT13	1016-2018	/ 1001-2018	0.7	2.6	0.8		
BOM /PTB	GPS MC	MABM /PT13	NA_AI	/ 1001-2018	1.5	7.4	2.5	+4.4	2003
BY /PTB	GPS MC	BY46 /PT13	2001-2008	/ 1001-2018	1.5	12.2	10.0		
CAO /PTB	GPS MC	CA_ /PT13	NC	/ 1001-2018	1.5	20.0			
CNES/PTB	GPSPPP	CS21 /PT13	1015-2018	/ 1001-2018	0.3	2.7	1.1		
CNM /PTB	GPS MC	CN00 /PT13	NA_AI	/ 1001-2018	2.5	11.2	10.0	-27.3	0804
CNMP/PTB	GPS P3	MP1_ /PT13	NA_AI	/ 1001-2018	0.7	7.3	2.1	41.7	1807
DFNT/PTB	GPS P3	DN_ /PT13	NC_AI	/ 1001-2018	0.7	20.0		10.3	1507
DLR /PTB	GPS P3	DL05 /PT13	1014-2019	/ 1001-2018	0.7	2.6	0.8		
DMDM/PTB	GPSPPP	ZM68 /PT13	1011-2016	/ 1001-2018	0.3	3.2	1.9		
DTAG/PTB	GPSPPP	DT05 /PT13	1012-2019	/ 1001-2018	0.3	2.7	0.7		
EIM /PTB	GPS MC	EI_ /PT13	NA	/	4.0	11.2	10.0		
ESTC/PTB	GPSPPP	ES03 /PT13	1013-2020	/ 1001-2018	0.3	2.6	0.7		
HKO /PTB	GPSPPP	HKO2 /PT13	1011-2018	/ 1001-2018	0.4	2.8	1.2		
ICE /PTB	GPS MC	CE1_ /PT13	NC	/ 1001-2018	3.0	20.0			
IDN /PTB	GPSPPP	KI01 /PT13	1017-2018	/ 1001-2018	0.3	2.6	0.9		
IFAG/PTB	GPSPPP	IF20 /PT13	1016-2017	/ 1001-2018	0.3	3.1	1.4		
IGNA/PTB		NL							
IMBH/PTB	GPSPPP	BH02 /PT13	1011-2019	/ 1001-2018	0.4	2.6	0.8		
INCP/PTB	GPS MC	CP_ /PT13	NC	/ 1001-2018	5.0	20.0			
INM /PTB	GPS MC	IC_ /PT13	NC	/ 1001-2018	1.5	20.0			
INPL/PTB	GPSPPP	IL06 /PT13	2003-2016	/ 1001-2018	0.3	7.2	1.8		
INTI/PTB	GPS MC	IN_ /PT13	NC	/ 1001-2018	2.5	20.0			
INXE/PTB	GPSPPP	NXRA /PT13	NC	/ 1001-2018	0.3	20.0			
IPQ /PTB	GPSPPP	IP05 /PT13	NC	/ 1001-2018	0.5	20.0			
JATC/PTB	GPSPPP	JA01 /PT13	1201-2018	/ 1001-2018	0.3	2.7	1.1		
JV /PTB	GPSPPP	JV02 /PT13	1101-2017	/ 1001-2018	0.3	4.2	1.3		
KRIS/PTB	GPSPPP	KRG1 /PT13	1017-2017	/ 1001-2018	0.3	3.0	1.6		
LRTE/PTB	GPSPPP	LRRC /PT13	NC	/ 1001-2018	0.3	20.0			
LT /PTB	GPSPPP	LT02 /PT13	1014-2018	/ 1001-2018	0.3	2.7	1.1		
LUX /PTB	GPSPPP	LU01 /PT13	1012-2018	/ 1001-2018	0.3	2.8	1.3		
LV /PTB	GPS MC	LV01 /PT13	2001-2007	/ 1001-2018	1.5	12.2	10.0		
MASM/PTB	GPSPPP	MN_ /PT13	1019-2018	/ 1001-2018	0.4	2.7	1.0		

2. 健全全國時頻追溯體系

協助 TAF 完成實驗室評鑑案，健全全國時頻追溯體系

(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 25 件。

(2). 執行內容(執行期間：109/01~109/11)

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 17025:2017 的規範。

(3). 結果

配合 TAF 安排時程，參與完成：鼎岳公司、中山科學研究院、儀寶公司、光焱科技、台灣國際航電、台灣科高公司、陸軍飛彈光電基地廠、是德科技公司、量測中心智慧計量系統實驗室、全測公司、以及中央大學太陽能電池效率驗證實驗室等 25 家校正實驗室之現場評鑑。另外，協助 TAF 進行量測科技公司南部實驗室等評鑑總結報告之審查工作。

(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。

(5). 未來工作重點

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

(6). 自評與建議

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

3. 維持及提升實驗室品質管理制度，通過 TAF 延展認證

(1). 達成項目

- (a) 通過 TAF 之 ISO 17043 延展評鑑，維持「能力試驗執行機構」之認可資格 (109.09 查核點)
- (b) 通過 TAF 之 ISO 17025 延展評鑑，維持「校正實驗室」認可資格 (109.11 查核點)

(2). 執行內容(執行期間：民國 109.01~109.11)

- (a) 為協助國內實驗室符合 ISO/IEC 17025 規範及財團法人全國認證基金會(TAF)對於國內校正實驗室間相互比對之要求。本實驗室依據 ISO 17043 規範之要求，建立及實施相關品質管理制度，以期通過 TAF 之 ISO 17043 延展評鑑，維持「能力試驗執行機構」之認可資格 (109.09)
- (b) 為健全國內時頻追溯鏈的完整性，並滿足國際相互認可協議之要求，國家時頻標準校正實驗室(N0815) 於民國 90 年通過 TAF 之 ISO 17025 評鑑，成為 TAF 之認可校正實驗室，並且配合 TAF 進行五年一次的評鑑活動，延續認可資格。

(3). 過程

有別於 ISO /IEC 17025 評鑑，需有國外專家進行同儕評鑑的要求，ISO 17043 評鑑活動，可由評鑑機構邀請國內專家組成評鑑小組進行審查。因此民國 109 年 4 月由 TAF 安排進行 ISO 17043 延展評鑑，並於年中通過獲得證書延展。

在 ISO/IEC 17025 部分，為確保實驗室檢校品保作業及標準系統比對能符合國際規範及全球相戶認可協定(MRA)要求，本實驗室依據品質系統要求，積極進行各項準備工作。包括：週期性品保作業、標準系統間相互比對、

舉辦內部稽核、管理審查會議。以及校正程序書、不確定度評估報告等文件修訂。

本年度之校正實驗室評鑑申請內容包括：證書延展及品質制度之轉版兩部分。因應國際規範 ISO 17025 改版，依規定國家標準實驗室之品質制度，需於 9 月 30 日前完成轉版異動。本實驗室認可證書將於 10 月底到期，需邀請國外技術專家進行同儕評鑑。但由於全球新冠肺炎疫情關係，國外技術專家無法成行。針對此特殊情況，TAF 與標檢局議定對國家實驗室評鑑案的原則，有關證書延展部分可先邀請國內專家評鑑，以延續認可資格。待全球的疫情趨緩後，再邀請國外專家審查新的校正能量。

基於此原則，TAF 乃安排於 8 月 12、13 日兩天進行現場評鑑(圖 6)。由於實驗室同仁平時即落實品質制度要求，且於事前妥善的準備，經過兩天的評鑑，最後以無缺失順利通過，並於 9 月 21 日取得證書。



圖 6、8 月 12、13 日現場評鑑會議

(4). 應用及效益

通過TAF之ISO 17043延展評鑑，延續實驗之「能力試驗執行機構」認可資格，使後續舉辦的能力試驗活動更具公信力。通過TAF之ISO 17025延

展評鑑，維持「校正實驗室」認可資格，則使實驗室所出具的校正報告為全球所認可，滿足業界追溯國家時頻標準的需求，並間接促進產製水準之提升，有利於國際間標準之相互認可，減少國際間非關稅之貿易障礙，同時有助於中華民國實驗室認證體系之建立與推廣，達到健全全國時頻之追溯體系的目標。

財團法人全國認證基金會認證證書(圖 7)及認證項目內容(圖 8)

<https://accreditation.taftw.org.tw/taf/public/basic/viewApplyItemsCertificate.action?unitNo=N0815>

證書編號：LN0815-200909

實驗室編號：N0815

基本資料

機構名稱	國家時間與頻率標準實驗室
機構地址	桃園市楊梅區電研路99號
機構負責人	林榮賜
機構網址	http://www.chttl.com.tw/ch/index/index.html

實驗室名稱	國家時間與頻率標準實驗室
實驗室地址	桃園市楊梅區電研路99號
對外連絡窗口	姓名: 林晃田 電話: (03)4244066 傳真: (03)4245474 e-mail: linht@cht.com.tw e-mail2: betrand@cht.com.tw
服務方式	對外服務

認證依據：ISO/IEC 17025：2017；CNS 17025：2018

認證編號：N0815

初次認證日期：九十年十一月一日

認證有效期間：一百零九年十一月一日至一百一十四年十月三十一日
止

認證範圍：校正領域，如續頁

特定服務計畫：國家標準實驗室認證服務計畫

實驗室主管：廖嘉旭

圖 7 認證證書

時頻

項目代碼 /校正件	最高 工作標準件	校正方法 文件名稱 /編號	校正範圍				量測條件 說明	最小 不確定度	
	廠牌/型號		最小 範圍	單位	最大 範圍	單位		數值	單位
KJ0100 時間信號 產生器	氬微射 KVARZ CH1-95 氬微射 Symmetrico MHM 2010	(1)自訂 SR-620 之校 正程序 (文件編號: NSTF-ICT -SR620A-007) (2)自訂之遠 端時頻校正 系統之校正 程序 (文件編號: NSTF-ICT -RTFCS-004)	-1000	s	1000	s	(1)時間間隔	1.0	ns
			-0.5	s	0.5	s	(1)時間刻度, 相對於 UTC	25	ns
			-0.5	s	0.5	s	(2)時間刻度, 相對於 UTC	35	ns

項目代碼 /校正件	最高 工作標準件	校正方法 文件名稱 /編號	校正範圍				量測條件 說明	最小 不確定度	
	廠牌/型號		最小 範圍	單位	最大 範圍	單位		數值	單位
KJ0200 石英振盪 器 原子鐘 氬微射 微波信號 產生器	氬微射 KVARZ CH1-95 氬微射 Symmetrico MHM 2010	(1)自訂 SR-620 之校正程序 (文件編號: NSTF-ICT -SR620B-007) (2)自訂之遠端 時頻校正系統 之校正程序 (文件編號: NSTF-ICT -RTFCS-004) (3)自訂之 SR -620 校正程序 (文件編號: NSTF-ICT -SR620C-006) (4)自訂之 Q-A7 校正程序 (文件編號: NSTF-ICT-A7 -006) (5)自訂之微波 頻率校正之程序 (文件編號: NSTF-ICT -MICROWAVE -002)	1.0	Hz	300	MHz	(1)石英振 盪器	3.0E-12	
			10	MHz	10	MHz	(2)石英振 盪器 原子鐘	2.0E-13	
			1	MHz	1	MHz	(3)原子鐘 氬微射	3.0E-13	
			5	MHz	5	MHz	(3)原子鐘 氬微射	3.0E-13	
			10	MHz	10	MHz	(3)原子鐘 氬微射	3.0E-13	
			5	MHz	5	MHz	(4)原子鐘 氬微射	5.0E-14	
			10	MHz	10	MHz	(4)原子鐘 氬微射	5.0E-14	
			300	MHz	40	GHZ	(5)微波信 號產生器	6.0E-12	

註：最小不確定度係以約 95% 信賴水準之擴充不確定度表示

簽署人姓名	簽署範圍
林晃田	KJ0100, KJ0200
廖嘉旭	KJ0100, KJ0200

(以下空白)

圖 8、認證項目內容

4. 高精度頻率量測技術研究

窄線寬穩頻雷射技術開發

(1). 達成項目

穩頻雷射技術開發與性能測試分析及查核點報告一篇(109/11)

(2). 執行內容(執行期間：109.01~109.11)

雷射穩頻是將雷射頻率鎖在穩定頻率參考點的技術，目前最好的選擇是原子或分子的光譜，它所提供的譜線夠細而且重複性也高，因此雷射波長鎖到這些參考光譜線上可以獲得很高的波長或頻率的穩定度，同時可追溯至國際標準。

我們於民國 107 年已初步利用雷射掃頻方式觀測到 BIPM 建議之銣原子 778 nm 雙光子能階躍遷所產生的螢光信號，其方法係由一部信號產生器輸出週期性的電壓信號來驅動窄線寬雷射中的快速壓電調整功能(Fast Piezo Tuning)使其輸出雷射信號可以來回地掃過銣原子頻率躍遷所需要的波長(778.1054 nm)；於 2019 年設計穩頻所需的光路並透過解調光電倍增管所偵測到的螢光訊號來控制窄線寬雷射以鎖頻至特定原子能階躍遷。因初次鎖頻的效果未達到預期理想，推測是窄線寬雷射本身輸出的信號帶有多頻雜訊(jitter)且超過窄線寬雷射壓電調整功能所能處理的範圍，因此另外設計一個可調式共振腔利用 Pound-Drever-Hall (PDH) 穩頻法來減少雷射的抖動。於民國 109 年進行將 PDH 方法所得的低頻誤差訊號回授給窄線寬雷射，而高頻部份則回授給後來加進光路上的聲光調變器(acousto-optic modulator, AOM)，因此原窄線寬雷射產生的高低頻的雜訊都受到控制。接著進行鎖頻至銣原子能階躍遷，光電倍增管所偵測到的螢光訊號解調後改回授給外部共振腔的壓電控制片，目前達成穩定鎖頻 3~4 小時的效果。我們也將雷射輸出信號與中央大學物理系的鈦藍寶石光梳雷射 (Ti: sapphire

comb laser)進行拍頻來評估其頻率穩定度(Allan Deviation), 結果顯示其一秒的穩定度優於 $5.6E-12$, 非常接近商用銫原子鐘的水準 $5.0E-12$ 。相關的結果已於 11 月完成查核點報告一篇, 題目為『穩頻雷射技術開發與性能測試分析』。

(3). 結果

圖 9 是穩頻雷射的鎖頻光路架構設計, 其中紅線代表雷射光前進的方向而黑線是鎖頻電路控制的方向。圖中的右上角的 778 nm 光纖雷射可透過溫度及壓電控制涵蓋銣原子頻率躍遷所需要的波長範圍。圖中下半部是可調式共振腔, 其外觀如圖 10 所示, 由壓電材料、Invar 金屬($1.3 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$)、高反射率 99.95% 的平面鏡及曲率半徑為 20 公分的平凹面鏡共同組成, 目前溫度保持在 25.0°C 。

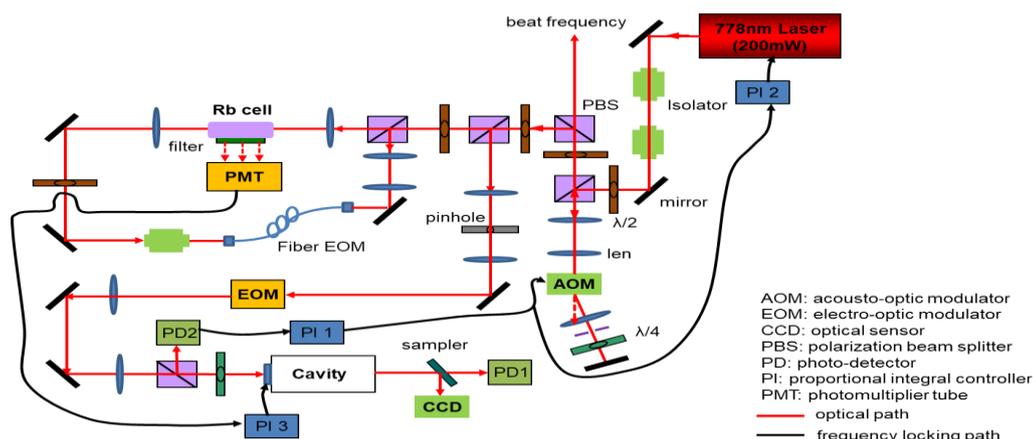


圖 9、穩頻雷射鎖頻光路架構設計

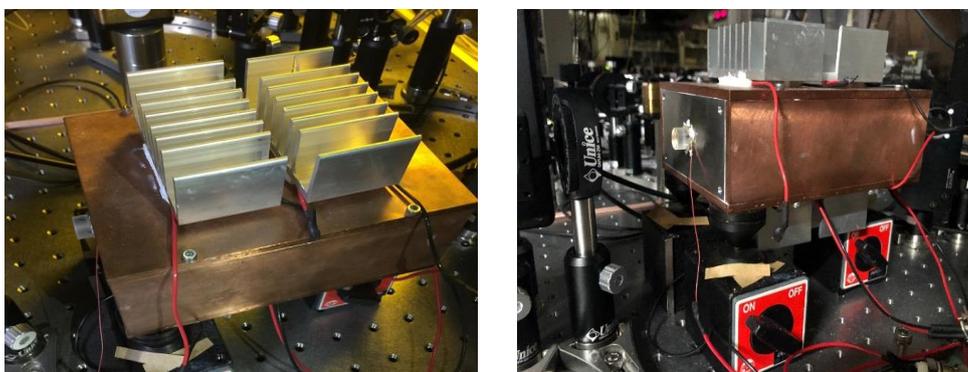


圖 10、Invar 金屬共振腔的上視(左)及側視(右)圖

為了減少雷射的抖動，除了要有共振腔外，也需要 AOM 才能抑制高頻雜訊。因為通過 AOM 產生的一階光頻率為雷射頻率外加控制頻率，藉由 AOM 快速控制頻率的特性可用來補償雷射的高頻雜訊影響。此外，我們採用了一種稱為聲光調變雙重路徑(Double Pass AOM)的方法確保產生的一階光可以與原光路重疊。此一階光再經電光調變器(electro-optic modulator, EOM)後進入共振腔內，其反射訊號可由光偵測器(photo-detector)量得，並將誤差信號以控制器(proportional integral controller)回授給窄線寬雷射與 AOM 達成頻率穩定。

接著將此一階光鎖在鈷原子的躍遷頻率上，如圖 1 的上半部。將進入鈷泡之前的雷射光先以極化分離器(polarization beam splitter, PBS)分為兩道，並以左右對打的方式進入鈷泡內，鈷原子實際上是吸收了來自左右兩邊的光子才發生了能階躍遷，此法稱為雙光子吸收(two photon transition)，可有效抑制原子因運動速度不同所造成的都卜勒增寬。接著如同前述 PDH 鎖頻法，其中一道進入鈷泡的雷射光要先經過 Fiber EOM 進行調變，再將光電倍增管(photomultiplier tube, PMT)接收到的螢光訊號解調出誤差訊號並透過控制器回授至共振腔的壓電控制片，達成穩定鎖頻 3~4 小時的效果。將雷射信號與中央大學物理系的光梳雷射(已追溯頻率至銫原子鐘 5071A)拍頻後取 Allan variance，結果顯示在 $\tau=1\sim 100$ (s)範圍內，所開發的穩頻雷射與商用銫原子鐘的水準非常接近，如圖 11 所示。

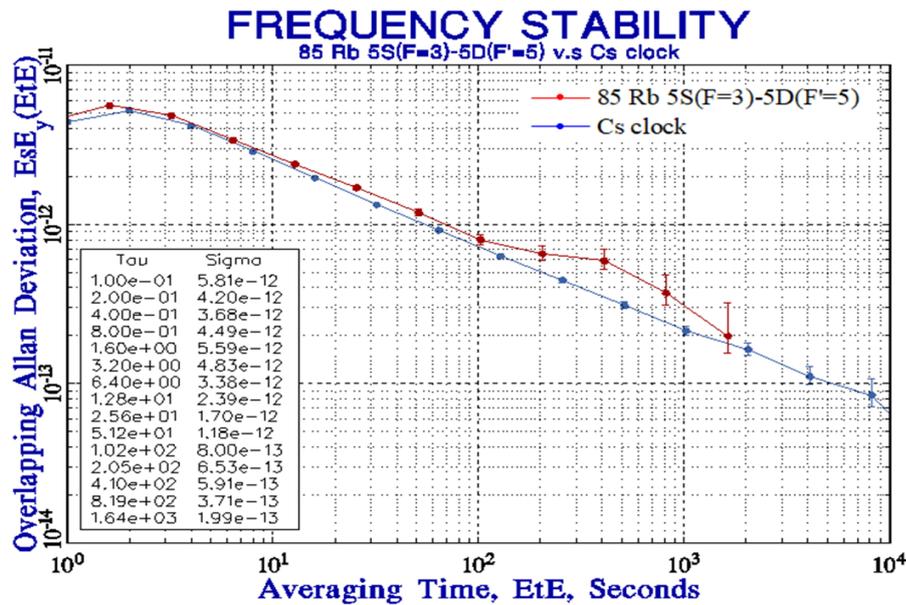


圖 11、穩頻雷射與商用 5071A 銫原子鐘性能比較

(4). 應用及效益

- (a). 窄線寬穩頻雷射並非市面上購買即可使用之設備，其性能係由自行設計的鎖頻架構(含光路及回溯控制)所決定。目前初步測試其頻率穩定度在 $\tau=1\sim 100$ (s)範圍內非常接近商用銫原子鐘的水準，對於提升光頻量測技術以及建立光頻振盪器的研發能量具有相當的效益。
- (b). 日本 NTT 已準備未來 10 年將投入 6 G 通訊產業全光網路(all photonic network)相關研究，光學領域在未來將更形重要。
- (c). 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。

(5). 未來工作重點

- (a). 目前的工作已成功將雷射鎖頻至銣原子 778 nm 雙光子頻率躍遷上(包含以外部共振腔及 AOM 來消除高頻雜訊)，然而鎖頻時間目前只有 3~4 個小時，因此暫時無法量到較長時間($\tau \geq 1000$ (s))的穩定度。接下來將持續改善系統設計以延長鎖頻時間，包括更有效的隔

離地磁對鈷泡的影響以及空氣分子滲入鈷泡管壁等因素探討。

- (b). 由於鎖頻用到的 $85\text{Rb } 52\text{S}_{1/2} |F = 3\rangle - 52\text{D}_{5/2} |F = 5\rangle$ 譜線係 BIPM 公告之一級長度及二級頻率標準，我們未來將量測其絕對頻率 (absolute frequency) 並與國際上其他實驗室的結果互相比對以修自身的誤差。

(6). 自評與建議

因為中大相關雷射光學設施及元件較齊備，本研究係與中央大學共同合作開發，有不少人力及設備需與對方彼此交流，目前鎖頻光路架構暫時建置於中大，未來將搬遷回中華電信研究院，建議標檢局及公司長官能夠體諒相關的情況並且繼續給予支持。

5. 光頻降至微波頻段之高頻量測研究

(1). 達成項目

- (a). 完成光頻降至微波頻 40~60GHz 量測技術報告(109/06)一篇。
- (b). 完成光頻降至微波頻 40~60GHz 不確定度評估及操作手冊。
- (c). 增購功率放大器、倍頻產生器及導波管，並完成採購驗收相關作業。

(2). 執行內容(執行期間：109.01~109.11)

中華電信研究院國家時頻標準實驗室已完成建立可追溯至國家頻率標準的光頻段頻率量測技術，光纖光梳雷射為該技術主要的核心設備。目前實驗室內缺乏可支援 40GHz 以上的校正儀器，而高頻低雜訊的量測儀器價格極高，因此我們希望藉由光頻降至微波頻的方式來達到與標準頻率檢測儀器一樣的效果。為了與 5G 通訊時代做連接，建置光頻量測與國內微波頻率標準可涵蓋到 5G 通訊的追溯鏈，我們利用光梳頻雷射系統產生的脈衝重複頻率經由光偵測器轉換成電訊號後，與待測元件兩者經過混波器做拍頻，最後利用 SR620 計頻器直接量測兩者混頻後的頻率輸出值(10MHz)，並且根據紀錄值來計算其頻率準確度及穩定度，其量測頻率輸出範圍 40GHz~ 70 GHz。

設計光梳頻降至微波頻之高頻量測系統，並在民國 108、109 年完成 40GHz 以上的高頻量測。民國 109 年進行的工作項目包含：

針對 40~60GHz 頻率穩定度、準確度、不確定度做分析及評估，完成光頻降至微波頻 40~60GHz 不確定度評估、操作手冊及量測技術報告，並量測溫度變量對頻率穩定度的影響進行分析。另外，因量測訊號會隨著頻率的升高導致功率衰減嚴重，為了進行 60~70GHz 量測開發，在今年我們陸續增購 18~40GHz、50~70GHz 功率放大器、倍頻產生器及導波管來提升

40~70GHz 量測品質，在年底與廠商交貨並完成產品驗收。

將 40~60GHz 量測架構做調整，如圖 12 所示更換傳輸品質較好的傳輸線，並加入 18~40GHz、50~70GHz 低雜訊功率放大器及射頻連接調配器，量測結果顯示可有效改善 60~70GHz 的穩定度及準確度。

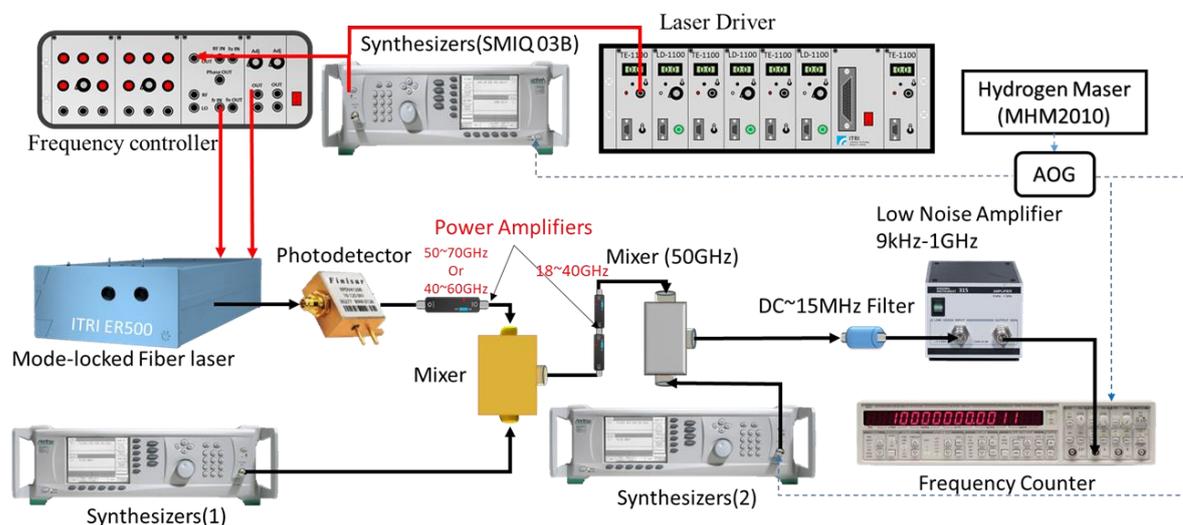


圖 12、微波頻率量測系統架構圖

(3). 結果

目前實驗室內主要追溯的標準頻率源為氫原子鐘(MHM2010)、銫原子鐘(5071A)，因此將待測件先後追溯不同的標準頻率源，量測範圍由 40G~60GHz 每隔 5GHz 檢測一次，每秒取樣一點，皆取 1000 點。比較兩種標準頻率源之頻率穩定度差異(表 4)：

待測頻率 頻率穩定度	40GHz	45GHz	50GHz	55GHz	60GHz
氫原子鐘(追溯源)	1.3E-12	1.4E-12	7.6E-13	1.4E-12	7.3E-13
銫原子鐘(追溯源)	8.2E-12	6.9E-12	6.5E-12	6.1E-12	6.4E-12

表 4、氫原子鐘與銫原子鐘 40~60GHz 頻率穩定度量測表

如表 4，經 STABLE 32 軟體計算後顯示 40~60GHz 量測間距一秒的頻率穩定度 ADEV(Allan deviation)。若待測件追溯的標準頻率源使用銫原子鐘，其 ADEV 皆在 $6.1\text{E-}12\sim 8.2\text{E-}12$ 範圍內，而使用氫原子鐘作為標準頻率源，ADEV 可降低至 $7.3\text{E-}13\sim 1.4\text{E-}12$ 。將表 4 資料改由折線圖做比較，如圖 13 所示，由於氫原子鐘的短期頻率穩定度較佳，ADEV 量測結果約比銫原子鐘下降 $5.0\text{E-}12$ 以上，且量測頻率由 40GHz 增加至 60GHz，氫原子鐘的 ADEV 變動量也比銫原子鐘小約為 $1.0\text{E-}12$ 。

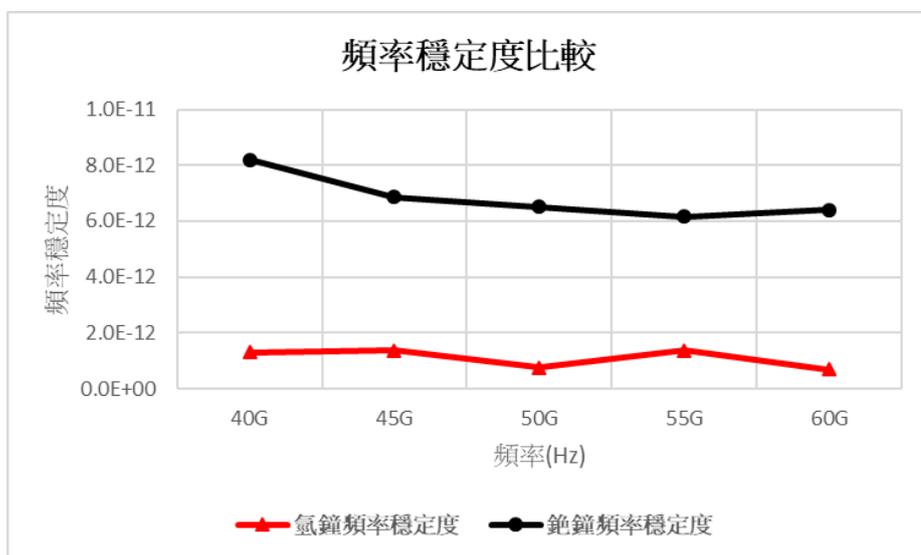


圖 13、氫原子鐘與銫原子鐘 40~60GHz 頻率穩定度比較圖

量測不確定度	Type	項目	相對不確定度	涵蓋因子	機率密度分佈	相對標準不確定度
	B	追溯至 BIPM 頻率偏移	1.4E-14	$\sqrt{3}$	矩形(半寬)	8.1E-15
	B	追溯至 BIPM 不確定度	1.6E-15	1	常態	1.6E-15
	B	氫微射頻率標準 器溫度影響	2.0E-14	$\sqrt{3}$	矩形(半寬)	1.2E-14
	B	光梳雷射鎖頻輸 出不確定度	5.0E-13	1	矩形(半寬)	5.0E-13
	B	輕微射頻率標準 器穩定度(100s)	2.0E-16	1	常態	2.0E-16
	B	AOG 相位微調器 溫度影響	1.0E-13	$\sqrt{12}$	矩形(全寬)	2.9E-14
	B	SDI 溫度影響	3.0E-14	$\sqrt{12}$	矩形(全寬)	8.7E-15
	B	SR620 誤差	7.0E-12	$\sqrt{12}$	矩形(全寬)	2.0E-12
	B	SR620 解析度	1.0E-12	$\sqrt{12}$	矩形(全寬)	2.9E-13
	A	量測統計結果	2.1E-13	1	常態	2.6E-13
	相對組合標準不確定度					

表 5、量測不確定度分量表

A 類量測不確定度可由穩定度來表示，經計算後 A 類不確定度分量為 2.59E-13，其他相關使用儀器設備的規範及追溯資料皆被適當考慮作為 B 類評估並列入不確定度分量表中，A、B 兩類各項分量平方和開根號即可求得相對組合量測不確定度為 2.1E-12，如表 5 所示。若欲使量測結果約有 95% 的信賴水準，查詢 T 分佈得到涵蓋因子 k 等於 2，則相對擴充不確定度為 4.2E-12。

在頻率量測的範疇裡，溫度對於頻率穩定度都會有一定的影響，因此我們先針對 40~60GHz 在室溫範圍 18~26 度進行量測。量測結果顯示，在低於 21 度以下，訊噪比大約會下降 5~10dB 左右。如圖 14，因 40GHz 為混波器 LO 輸入端最低頻率，以至於將 40GHz 做拍頻時，並非在最佳的工作範圍內，拍頻輸出訊號相對於其他頻率強度明顯較弱，加上溫度的變化導致訊噪比下降，穩定度也相較於其他頻率的波動大上許多。

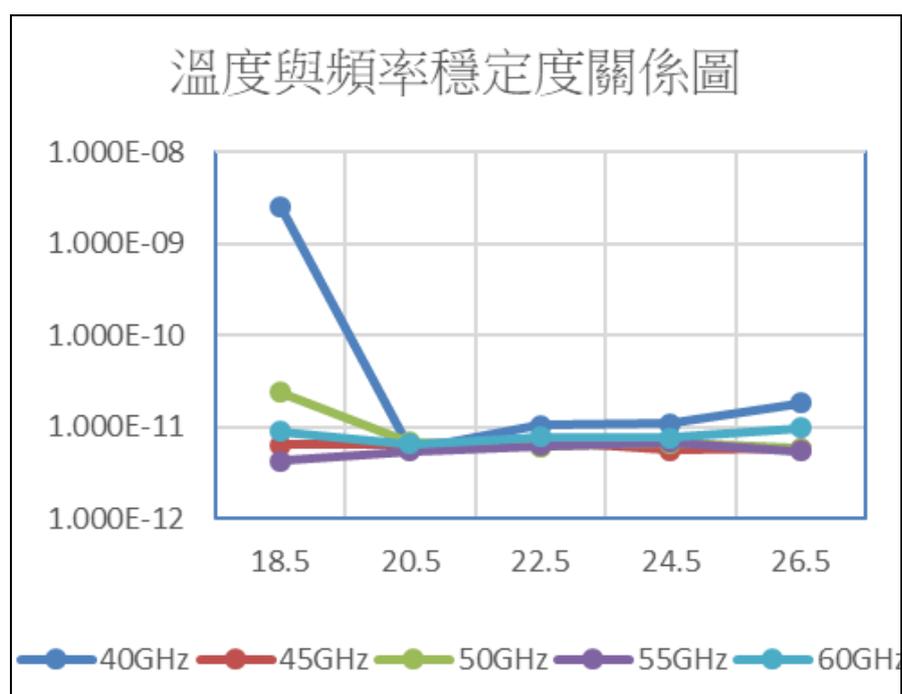


圖 14、改良架構 60~70GHz 量測

溫度導致穩定度及準確度改變主因：

(a) 光梳雷射系統：

對光梳雷射系統短時間加熱，頻率穩定度明顯提升 1~2 個數量級，恆溫後須經過數分鐘得以穩定。

(b) 低頻臨界溫度：

由於 40GHz，已經是此架構的極限校正頻率(低頻)，在 40GHz 時若溫度低於 21 度，因為訊號強度下降導致 SNR 下降以至於頻率穩定度會大幅下降 3 個數量級。

(c) 高溫鎖頻跳脫：

溫度升高到 26 度時由於光梳頻雷射頻率偏移過大，會發生鎖頻跳脫，需要重新將頻率控制器(frequency controller)調整到原本的頻率基準。

由量測結果我們將最佳工作溫度範圍定義在約 21~25 度。

光梳雷射降頻系統在 60~70GHz 量測的部分，將 40~60GHz 量測架構做調整更換今年採購的 18~40GHz、50~70GHz 低雜訊功率放大器及射頻連接調配器，量測結果如圖 15、16，在頻率穩定度的表現上相比於原架構約提升了 $2E-12$ 的穩定度。另外從相位雜訊的角度做觀察，如圖 17、18 所示，整體的相位雜訊也下降了 5 dBc/Hz，白色雜訊也有所改善。

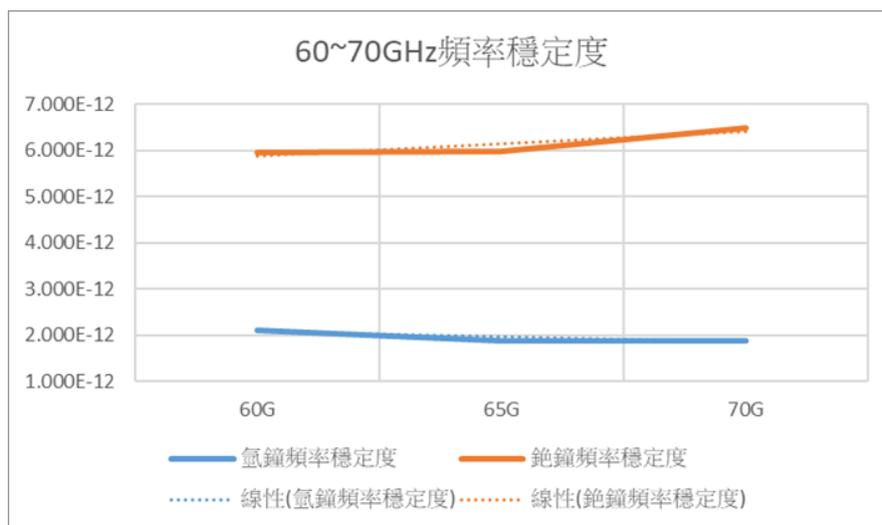


圖 15、原架構 60~70GHz 量測

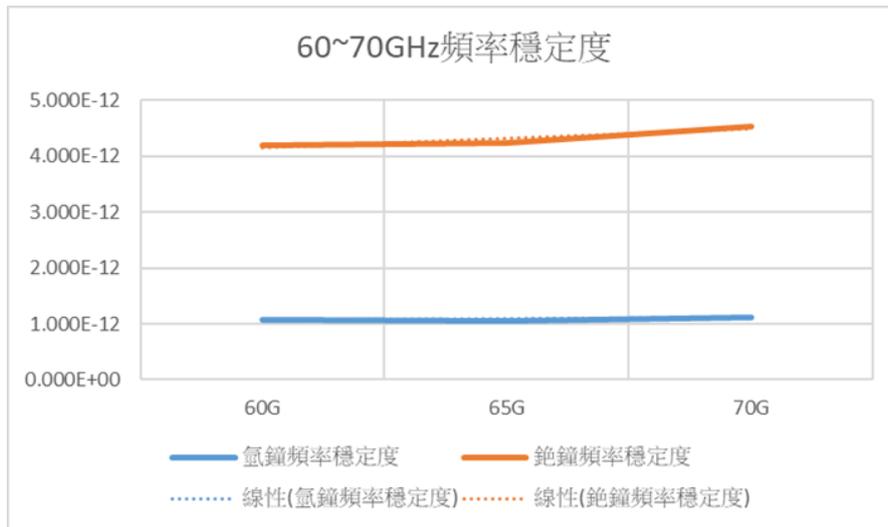


圖 16、改良架構 60~70GHz 量測

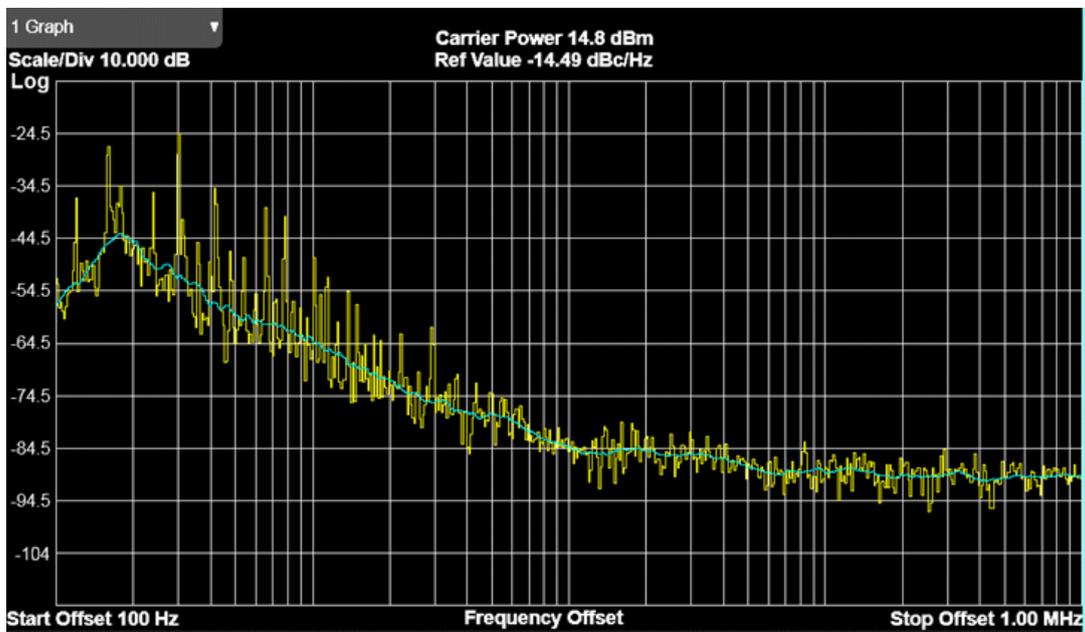


圖 17、60GHz 原架構量測

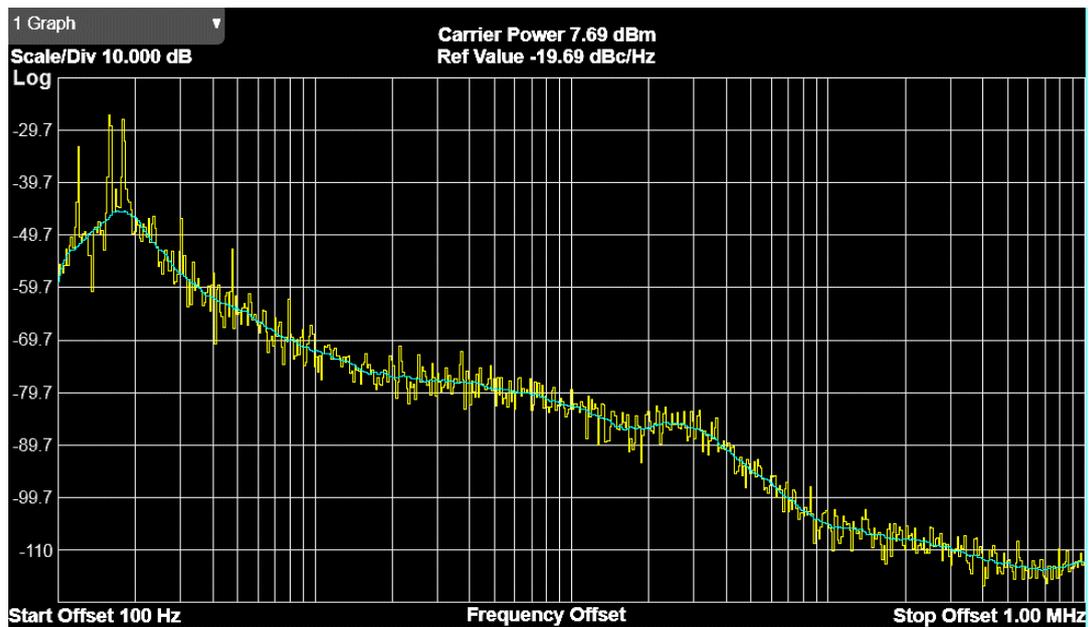


圖 18、改良架構 60~70GHz 量測

(4). 應用及效益

隨著智慧聯網、5G 通訊、大數據、高頻交易…等產業逐漸興起，相關儀器所需要校正頻率需求更高，然而市售商品以及其他研發單位的校正頻率幾乎沒有 40GHz 以上的校正設備。因此藉由光梳雷射脈衝高重複律的特性將光頻降至微波頻來做架構設計及高頻量測技術開發。

目前車用雷達的相關設備的使用頻率在 24、77、79GHz 甚至高達 90GHz 以上，在未來室內無線傳輸也有機會使用更高的頻寬，但在擴展更高的頻率量測上面臨到高頻衰減過大及訊噪比不佳的問題，未來解決高頻衰減及提高訊號量測品質，並開發至 100GHz 的量測技術來協助國內產業的發展與升級是我們努力的目標。

(5). 未來工作重點

進行 60~70GHz 光梳頻架構改良，加入導波管及倍頻器來提升訊噪比及傳輸品質，目標頻率穩定度達 $1E-12$ 以下。

規劃 70~100GHz 光梳降頻量測初步架構，並增購 Finiser 100GHz 光電二極體、Pasternack 70~100GHz 混波器。

6. 子項綜合檢討

本子項執行情形良好，11 月止查核點及 KPI 均已順利達成。綜屬該子項：於民國 109 年中時銻鐘叢集共 5 部逾齡銻鐘運轉，建議未來每 2~3 年逐步採購一部鐘即可滿足維持 TA(TL)之長期穩定度及提供能力試驗及遊校之需求。又度量衡標準之追溯、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，除提供一級時頻校正服務外，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，將國際品質制度的規範要求，落實於國內次級實驗室中。在提升校正技術及取得國際相互認可等方面，都有很大的助益。

(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：

1. 導航衛星時頻傳遞技術研究

(1). 達成項目

(a). 完成 109 年度 1 月至 11 月份 GNSS 國際比對資料送 BIPM

(查核點：E3)

(b). 參加 CCTF GNSS 工作組會議

(2). 執行內容(執行期間：109.1~109.11)

本實驗室持續運轉四套導航衛星接收機如表 6 所示，具備測量導航衛星電碼與載波相位的能力，用來進行國際比對，以維持國家標準時間 UTC(TL)同步世界協調時 UTC。迄今已完成 109 年度 1 月至 11 月份量測數據上傳 BIPM 伺服器，BIPM 使用此數據得到國家標準時間與 UTC(PTB)國際比對的結果、藉此產生 TAI 及 UTC，最後發布 Circular T 校正 UTC(TL)。

表 6、導航衛星接收機

識別碼	TLT1	TLT2	TLT3	TLT4
廠牌	Ashtech	Piktime	MESIT	Septentrio
型號	Z12-T	TTS4	GTR50	PolaRx4TR Pro
BIPM 校正識別碼	1001-2018	1001-2018	未校正	1001-2018

CCTF GNSS 工作組主席 Dr. Defraigne 邀請本實驗室於 6 月 3 日參與年度工作組會議，與會者包含各 BIPM、G1 NMI、以及國際專家，討論議題包含校正 G2 NMI 接收機的現況、如何使用 GPS 以外的導航衛星系統進行國際比對、BIPM 校正報告(Circular T)中如何納入伽利略及北斗導航衛星系統與 UTC 的時刻差、以及如何因應使用者透過導航衛星量測值追溯 UTC 的需求。

(3). 結果

圖 19 至 20 為 BIPM 發布在 109 年度 1 月至 6 月份發布國家標準時間與 UTC(PTB)國際比對的結果，包含時刻差、頻率穩定度(modified Allan deviation)以及時間穩定度(time deviation)。

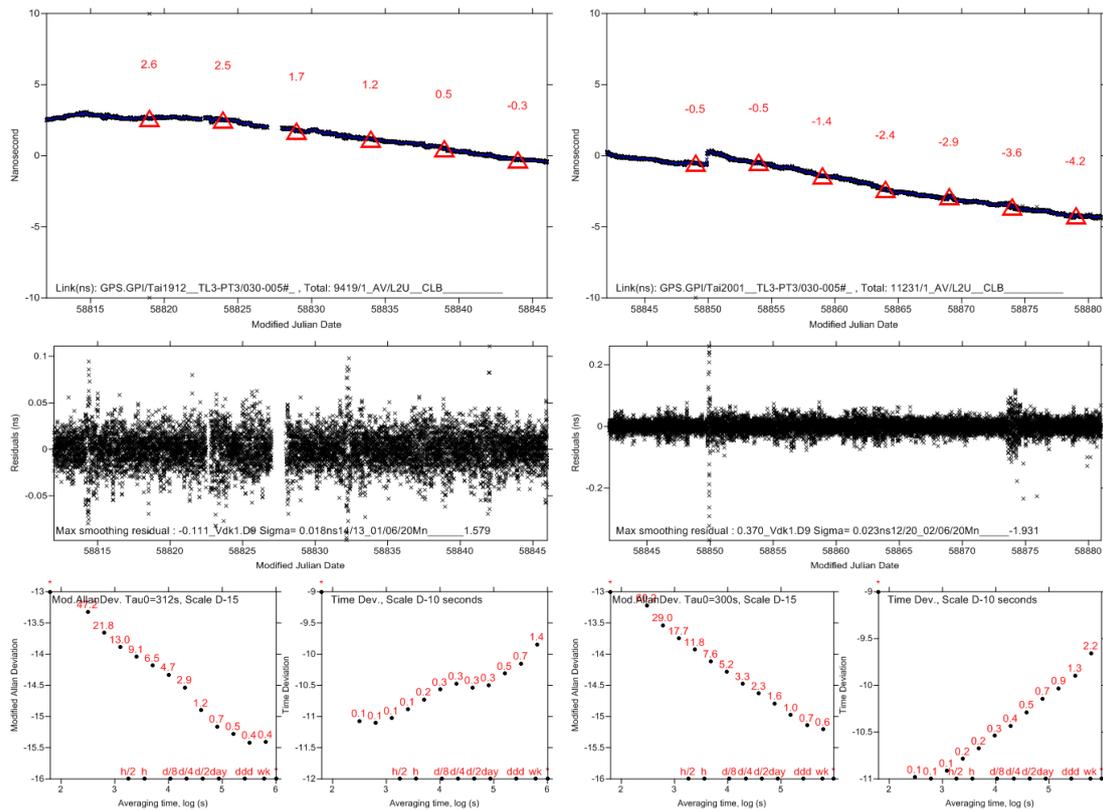


圖 19、BIPM 在 109 年度 1 月份(左)及 2 月份(右)公布國家標準時間與 UTC(PTB)國際比對的結果

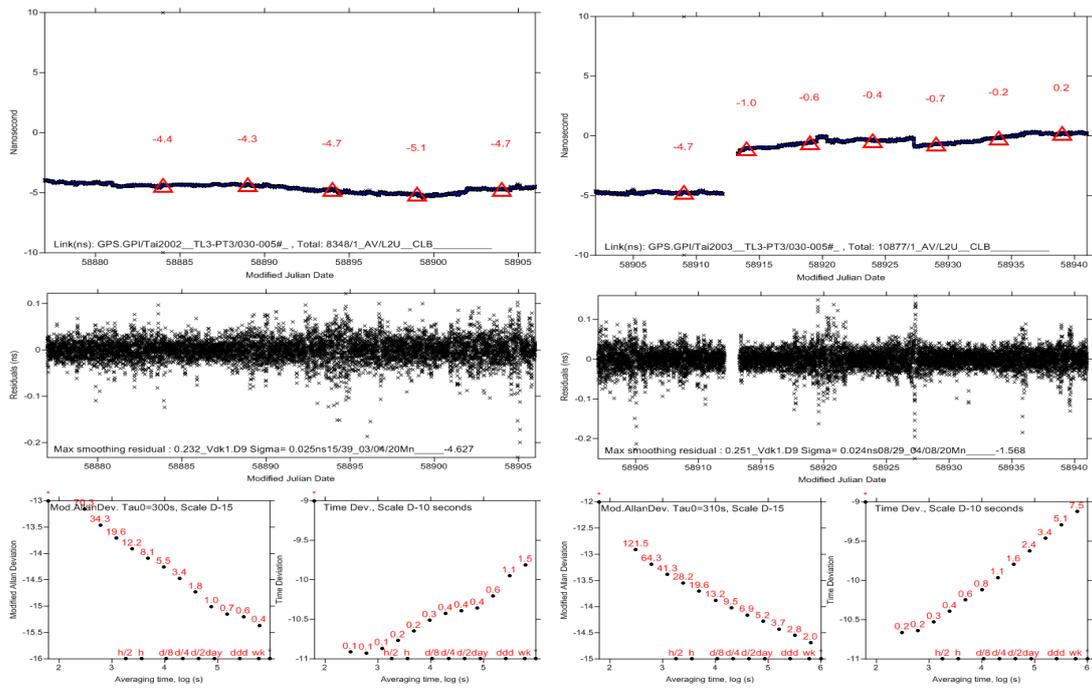


圖 20、BIPM 在 109 年度三月份(左)及四月份(右)公布
國家標準時間與 UTC(PTB)國際比對的結果

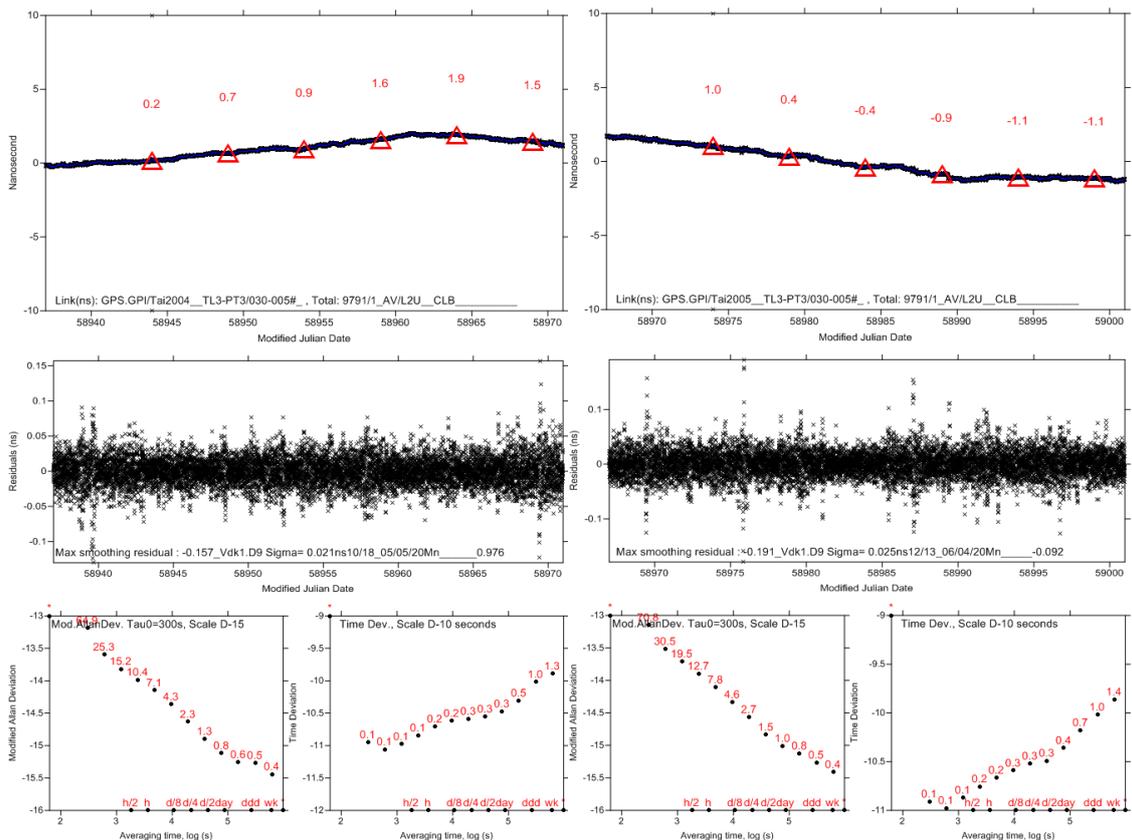


圖 21、BIPM 在 109 年度五月份(左)及六月份(右)公布
國家標準時間與 UTC(PTB)國際比對的結果

6月3日所參與的CCTF GNSS工作組年度會議，本實驗室以G1 NMI以及國際專家身分出席，報告本實驗室在106-108年度已完成校正泰、越、馬、印尼以及斯里蘭卡時頻標準實驗室的接收機內延遲。在使用伽利略進行國際比對的議題上，BIPM報告在2018-2019年度NIST、USNO以及BIPM已透過不同機構(CNES、ESA或是JPL)完成使用衛星模擬器及隔離室校正伽利略信號經過接收機的內延遲，並相互驗證，得到不同機構之間測得的內延遲差異在1奈秒以下，與現有GPS信號的內延遲不確定度相當，因此伽利略信號的內延遲值從本年度巡迴校正活動起將定為G1 NMI的參考值；另外，為因應使用者透過導航衛星量測值追溯UTC，以及Circular T中納入伽利略及北斗導航衛星系統時刻差之需求，CCTF GNSS以及CCTF MRA兩個工作組成立任務組(task force)，推舉德國PTB的Dr. Andreas為主席，本實驗室以兩個工作組成員的身分參加此任務組，將盤點國內及APMP成員的需求，目標提交指導手冊於2022 CCTF大會表決。

(4). 效益

本實驗室為APMP的G1機構，不僅有配合BIPM校正G2成員、指導成員使用時頻傳遞技術，為了維持校正一致性，更有G1機構之間的技術整合以及參與CCTF工作組會議的義務。為了拓展國際地位與維持國家標準時間的需求，以下為使用導航衛星技術進行時頻傳遞之必要性說明：

- (a) 導航衛星時頻傳遞為本實驗室是本實驗室原子鐘納入UTC權重的主要方法，也是保持國家標準時間和UTC同步的方法。
- (b) 本實驗室校正G2 NMI提升國際標準的一致性，以提升國際知名度。
- (c) 本實驗室將獲CCTF GNSS工作組邀請參與標準制定討論及技術合作。

(5). 未來工作重點

維持導航衛星時頻傳遞正常運作，以持續協助本實驗室原子鐘納入UTC
權重，並協助保持國家標準時間和UTC同步。

2. 衛星雙向時頻傳遞系統之建立及品質提昇

(1). 達成項目

與 BIPM 合作校正日本 NICT 與本實驗室之衛星雙向時頻傳遞系統延遲，並使用間接衛星雙向時頻傳遞方法增進國際時頻比對的穩定性。

(a) 完成使用可攜式衛星地面站進行法德之間使用衛星雙向時頻傳遞技術進行國際比對之校正報告。

(b) 完成「使用間接衛星雙向時頻傳遞方法增進國際時頻比對的穩定性」報告。

(2). 執行內容(執行期間：109.1~109.11)

衛星雙向時頻傳遞(TWSTFT)是一種國際機構之間比對原子鐘時間與頻率的方法，也是 BIPM 產生 UTC 的方法，雖然在全球 400 多個維持標準時間的機構之中使用 TWSTFT 做為主要國際比對的機構僅僅 9 個，但是這 9 個機構所維持的原子鐘佔 UTC 權重達 50 %，若加上以 TWSTFT 做為備用國際比對的機構所維持的原子鐘，其佔權重達 75 %，可見 TWSTFT 技術對於標準時間的重要性。圖 22，兩個機構架設衛星地面站，彼此使用時間碼收發機發射信號至通訊衛星，通訊衛星將信號廣播至地面，當兩個機構測量對方信號的抵達時間，然後把這兩個的測量值相減除以二之後，就得到彼此的標準時間差。

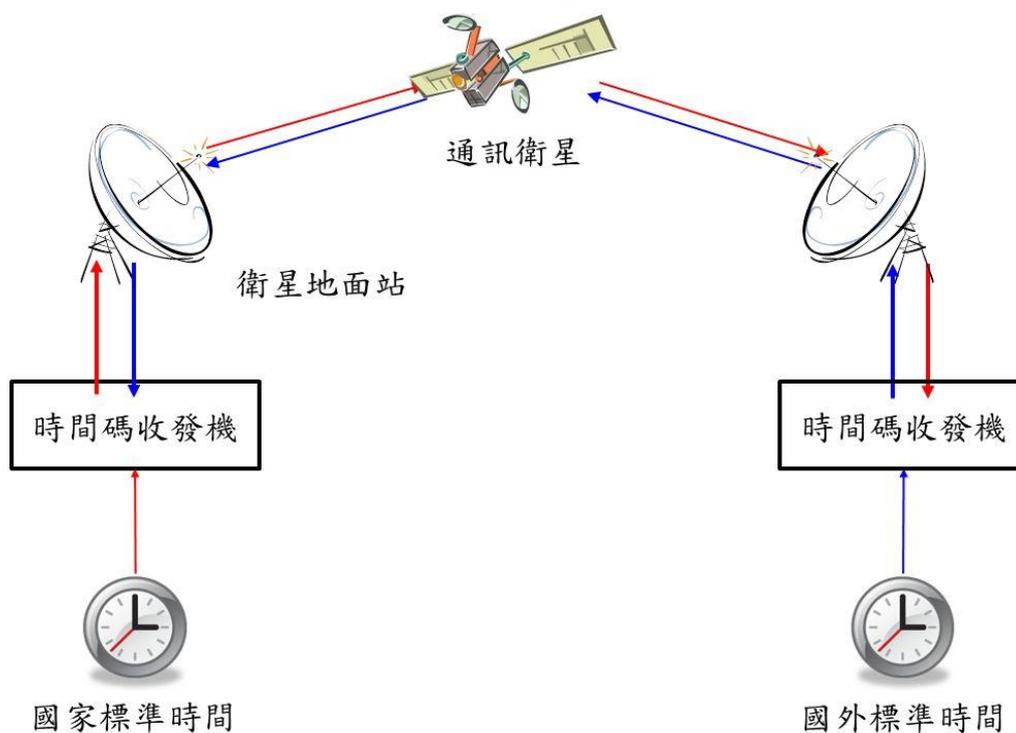


圖 22、 衛星雙向時頻傳遞示意圖

本實驗室與法國 LNE-SYRTE 以及德國 PTB 完成研發以可攜式衛星地面站校正 SDR TWSTFT 的技術，在 Timetech GmbH 協助下完成校正法德之間的國際比對，根據 2019 CCTF TWSTFT 工作組會議結論，當工作組成員同意及 BIPM 核准 SDR TWSTFT 校正報告後，法國 LNE-SYRTE 以及德國 PTB 在本年度使用 SDR TWSTFT 國際比對的結果計算 UTC。

由於本實驗室與德國 PTB 無法看到同一顆衛星，為了使用 TWSTFT 技術比對國家標準時間與 UTC(PTB)，因此研究使用兩顆同步衛星，透過日本 NICT 中繼站與德國物理與技術研究院 (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB) 比對時刻差的結果(如圖 23)，最後評估使用 SRS 載波相位用來比對標準頻率的結果並提出改進方案，做為日後提升頻率比對品質的考量。



圖 23、本實驗室與德國 PTB 透過日本 NICT 使用 TWSTFT 技術進行國際比對

(3). 結果

本實驗室與國際合作，於本年度 1 月完成法德之間使用 SDR TWSTFT 進行國際比對的校正報告，並於 1 月底完成 CCTF TWSTFT 工作組成員同意，BIPM 於 2 月核准其報告(圖 24)，在 3 月首次使用 SDR TWSTFT 計算 UTC，並在其官方網站上特別感謝本實驗室的協助(圖 25)。

0517-2020

V1.0 / 2020-01-27

Summary for the 2019 SDR TWSTFT OP-PTB calibration report

F. Meynadier

This document summarizes the report of the 2019 calibration of the TW link between OP51 and PTB55 stations, i.e. using a SATRE modem for Tx and a SDR module for Rx.

Authors of the report :	J. Achkar (OP), Y.-J. Huang (TL), D. Piester (PTB), E. Staluniene (PTB), F. Arias (OP)
Version :	5.2
Date :	2020-01-28

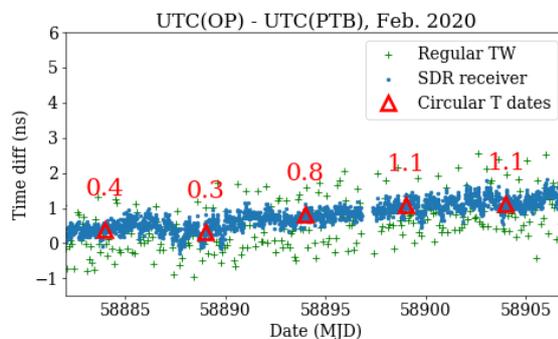
Date of calibration : 14 May 2019 / MJD 58617

圖 24、法德使用 SDR TWSTFT 進行國際比對之校正報告封面，由 BIPM 核准

Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer: first use of a Software Defined Radio receiver in UTC calculation

→ Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer, improved by the Software-Defined Radio (SDR) receiver, has been used for *Circular T* calculation for the first time in March 2020. The comparison between the French and German local realizations of UTC, UTC(OP) and UTC(PTB), was performed using SDR receivers, a method that replaces part of the time-transfer hardware with high-speed digitization and software data processing. This significantly improves the 1-day stability of the time comparison.

Development of this particular SDR receiver has been realized by teams from TL (Telecommunication Laboratories (Chinese Taipei)), LNE-Syrte - Observatoire de Paris (France) and several NMIs within the framework of a Pilot Project launched in 2016 by the CCTF Working Group on TWSTFT. This Working Group had the aim of characterizing the performance of the receiving SDR chain, its long-term stability, the possibility of calibration, and of stable and reliable operation in the long term. The first calibration of such a link has been realized between LNE-Syrte - Observatoire de Paris and the PTB (Germany), paving the way for its inclusion in the *Circular T* calculation. The BIPM Time Department provided support to the development of this new technique, monitored its results, and assessed its long-term usability for UTC calculation over the last few years.



Select a topic:

- BIPM highlights
- BIPM CBKT programme
- CIPM MRA
- Committees
- Member States and Associates
- Metrology events
- Publications
- Revision of the SI
- Staff and recruitments

圖 25、BIPM 在官方網站刊出首次使用 SDR TWSTFT 計算 UTC 的新聞

為了使用 TWSTFT 技術比對國家標準時間 UTC(TL)與 UTC(PTB)，一方面本實驗室與日本 NICT 基於合作研發協議(CRA)之下使用 Eutelsat 172B 衛星比對國家標準時間與 UTC(NICT)的時刻差，另一方面日本 NICT 與德國 PTB 基於 CCTF TWSTFT 工作組決議，使用 ABS-2A 衛星比對 UTC(NICT)與 UTC(PTB)的時刻差，結合上述兩項國際比對，UTC(TL)與德國 UTC(PTB)可以透過兩顆衛星 Eutelsat 172B、ABS-2A，以及日本 NICT 的中繼，間接進行國際比對，本實驗室透過 NICT 中繼，與德國 PTB 比對時刻差的結果如圖 26，有 5 奈秒的周日效應。

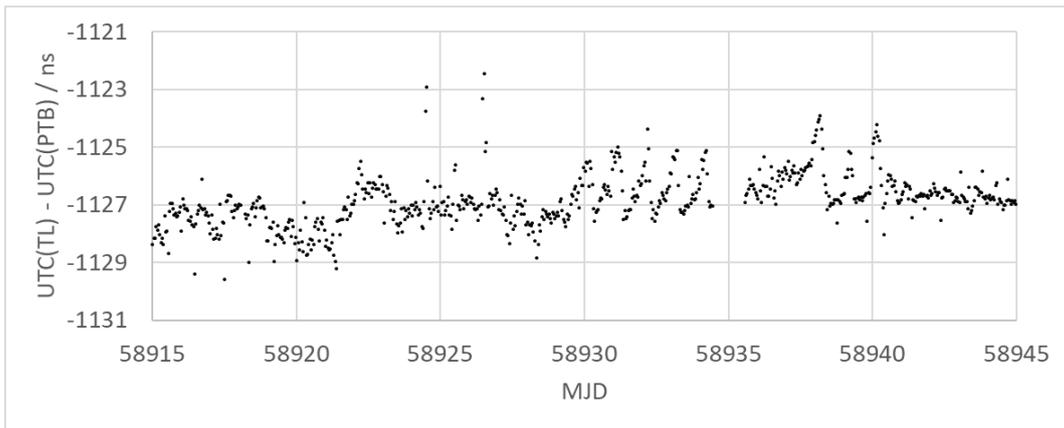


圖 26、使用 SRS 電碼量測 30 天 UTC(TL)與德國標準時 UTC(PTB)的時刻差

圖 28 呈現圖 26 時刻差與圖 27 相位差的穩定度，可看出當平均時間大於 100 秒兩者穩定度一致，而當平均時間小於 100 秒的時候，相位差的穩定度達-13 數量級。

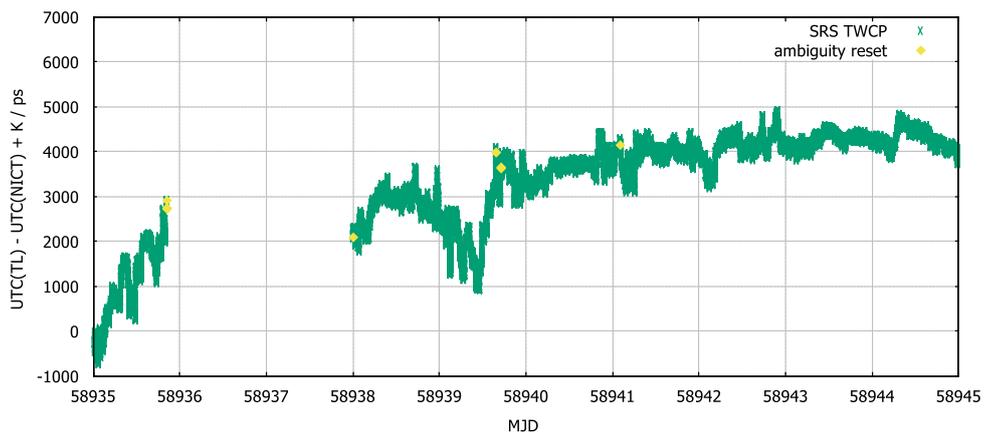


圖 27、使用 SRS 載波相位量測十天 UTC(TL)與 UTC(NICT)的相位差，透過整周重置(ambiguity reset)處理中斷的部分。

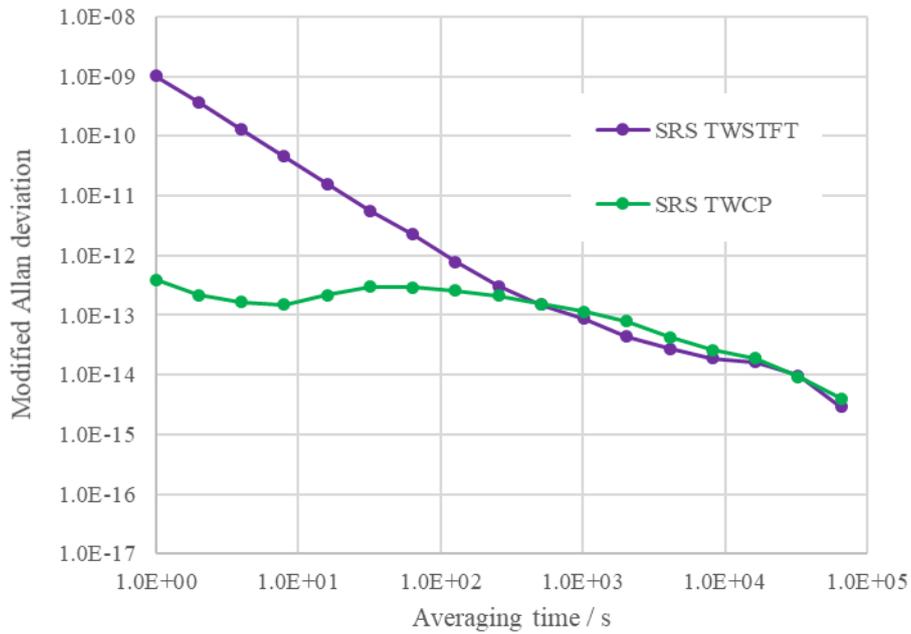


圖 28、使用 SRS 電碼及載波相位在 MJD 58940 – 58944 進行國際比對結果穩定度分析

為了評估衛星地面站的影響，使用雙脊天線(double ridged antenna)量測載波相位通過升降頻器的變動程度，使用來接取部分上行信號，與一台信號產生器產生的頻率混頻器至 70 MHz，使用 USRP 量測載波相位，量測結果除以上行信號頻率 14 040.25 MHz 得到相位延遲，再將量測結果做相位差補償.此相位變動得到結果如圖 29，可發現每天最大變動量從 2 ns 降低為 200 ps，穩定度分析如圖 30，在平均時間為五分鐘，穩定度由 3.0e-13 降低為 1.1e-14。

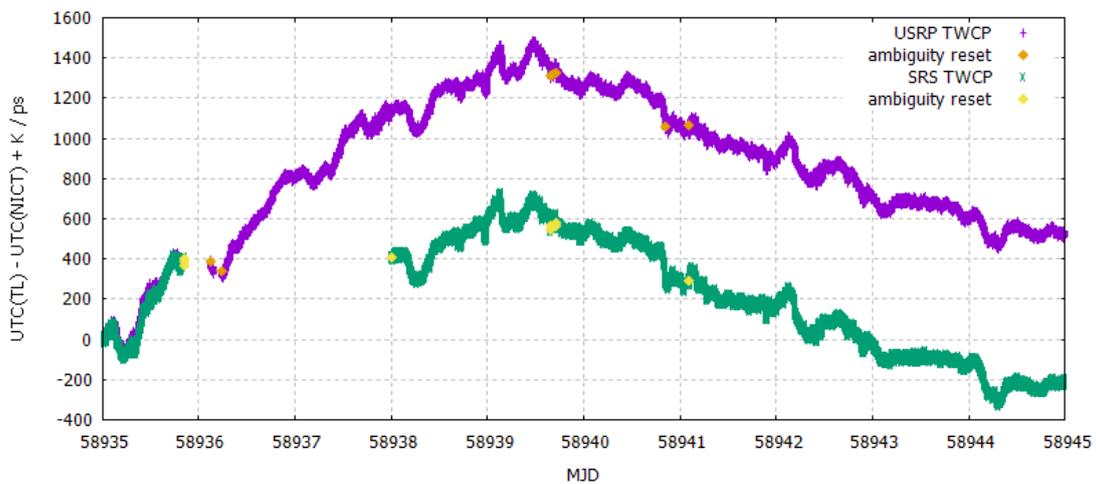


圖 29、 UTC(TL)與 UTC(NICT)相位差，補償 TL03 升頻器與功率放大器的相位變動。透過整周重置(ambiguity reset)處理中斷的部分

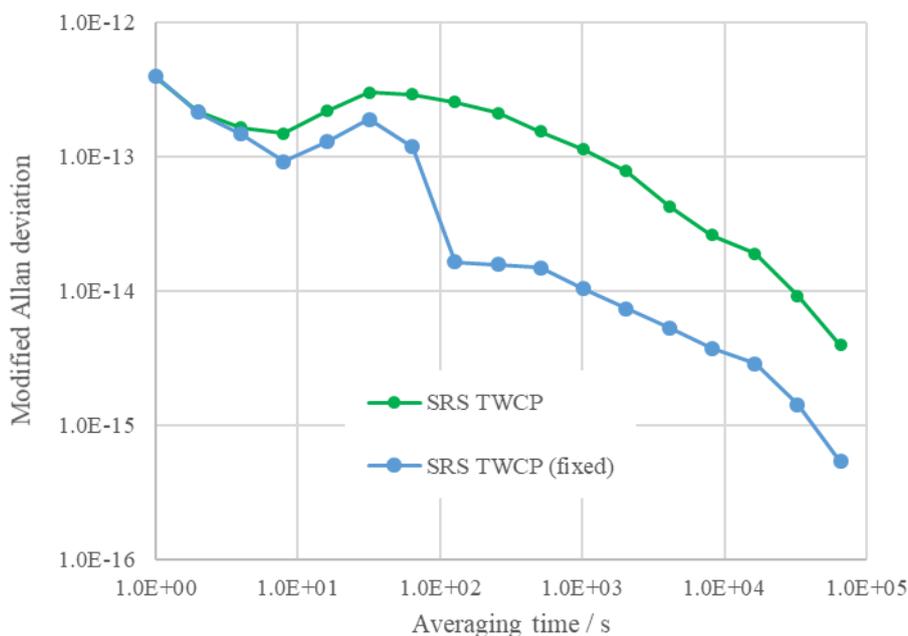


圖 30、 UTC(TL)與 UTC(NICT)相位差的穩定度分析。綠：未補償，藍：補償載波相位通過升頻器與功率放大器的變動

本實驗室初步完成架設 SRS 與 USRP，透過日本 NICT 中繼，與德國 PTB 比對時刻差的結果有 5 奈秒的周日效應。在量測結果上，精確度達 0.4 ns，有 0.5 - 1 ns 的周日效應，使用載波相位比對相位差有 2 ns 的變動。這些變動在更換衛星地面站升降頻設備後可望獲得改善。未來擬研發或採購升降頻設備改善相位雜訊，期達到國際比對穩定度優於 5.0e-16。

(4). 效益

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；即時監控 UTC(TL)與國際標準時間差，維持 UTC(TL)的連續性；研發 TWSTFT 技術，提升本實驗室水準，促進國際技術合作機會。

(5). 未來工作重點

在 CRA 的基礎上維持與日本 NICT 使用 TWSTFT 進行國際比對及技術研發、參與 CCTF TWSTFT 工作組提出改善日本 NICT 與德國 PTB 之間周日效應的建議案、並且參與 BIPM 的巡迴校正活動，以提升本實驗室與日本 NICT、德國 PTB 之間國際比對的準確度。將完成標準化操作及數據上載系統及並產出技術報告。

3. 子項綜合檢討

本時頻校核技術研究子項執行情形良好，11 月止查核點及 KPI 均已順利達成。綜整該子項：建議維持導航衛星時頻傳遞正常運作，以持續本實驗室原子鐘納入 UTC 權重，並保持國家標準時間和 UTC 同步。於 TWSTFT 方面續進行國際比對及技術研發、參與 CCTF TWSTFT 工作組提出改善日本 NICT 與德國 PTB 之間周日效應的建議案、並且參與 BIPM 的巡迴校正活動，以提升 TL 國際比對的準確度。

(三)、標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣

1. 標準時間同步服務運轉

(1). 時間同步服務

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性的目標(圖 31)。

(2). 執行內容(執行期間：109/01~109/11)

- (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). 繼續提供專線式校時標準時間信號，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。

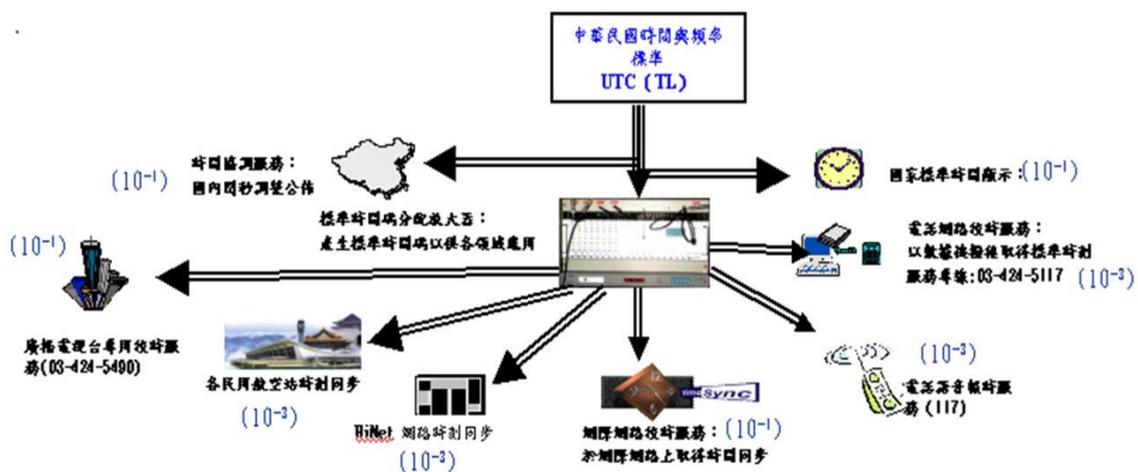


圖 31、國家標準時間同步服務示意圖

(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。

(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，例如：專線式校時系統目前提供經濟部、標準檢驗局、中華電信總公司等時間看板顯示國家標準時間使用。廣播電視專用校時服務則有公共電視、華視、TVBS 及中廣集團等廣播電視業者使用。撥接式電腦校時服務則有機場塔台等單位使用。另本實驗室提供標準信號源供 117 報時系統使用，簡化人工調校作業手續，而網際網路校時服務自 87 年 6 月正式對外開放至今，每日服務量已超過 2.5 億次。

(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，提供社會大眾更精準、便利的標準時頻信號。

(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。

2. 精密儀器頻率校正服務

(1). 達成項目

提供產業界高精度之時頻校正服務，協助國內廠商校正件可追溯至國家標準。

(2). 執行內容(執行期間：109/01~109/11)

本年度送校廠商計有 34 家，所送件數計有 78 件，總收入為:新臺幣 1,085,500 元整。

(3). 結果：

109 年 1 月至 11 月校正廠商名錄

(因應個資法之實施，本表僅顯示廠商之部分聯絡資訊)

序號	客戶名稱	送校編號	送校日期	地區
1	優力國際安全認證有限公司	FTC-2019-12-51	108.12.13	台北市 北投區
2	國家中山科學研究院系統維護中心(在宥科技份有限公司代送)	FTC-2019-12-52	108.12.24	台北市 內湖區
3	台灣恩智浦半導體股份有限公司(量測科技份有限公司代送)	FTC-2019-12-53	108.12.27	高雄市 楠梓加工區
4	台灣檢驗科技股份有限公司	FTC-2020-01-01	109.01.02	新北市 五股區
5	台達電子工業股份有限公司	FTC-2020-01-02	109.01.09	桃園市 中壢區
6	台灣是德科技股份有限公司	FTC-2020-01-03	109.01.09	桃園市 平鎮區
7	儀寶電子股份有限公司	FTC-2020-01-04	109.01.13	桃園市 楊梅區
8	安立知股份有限公司	FTC-2020-01-05	109.01.13	台北市 內湖區
9	財團法人自行車	FTC-2020-02-06	109.02.04	台中市

	暨健康科技工業 研究發展中心			工業區
10	致茂電子股份有 限公司	FTC-2020-02-07	109.02.06	桃園市 龜山區
11	財團法人工業技 術研究院-循環經 濟計量實驗室	FTC-2020-02-08	109.02.07	新竹縣 竹東鎮
12	在宥科技股份有 限公司	FTC-2020-02-09	109.02.10	台北市 內湖區
13	昭俐科技檢測有 限公司	FTC-2020-02-10	109.02.11	高雄市 仁武區
14	太一電子檢測有 限公司	FTC-2020-02-11	109.02.12	新北市 深坑區
15	海軍戰鬥系統工 廠(昭俐科技檢測 有限公司代送)	FTC-2020-02-12	109.02.18	左營郵 政
16	鼎瀚科技股份有 限公司	FTC-2020-03-13	109.03.02	新北市 三重區
17	台灣檢驗科技股 份有限公司	FTC-2020-03-14	109.03.04	新北市 五股區
18	儀寶電子股份有 限公司	FTC-2020-03-15	109.03.10	桃園市 楊梅區
19	內政部國土測繪 中心	FTC-2020-03-16	109.03.12	台中市 南屯區
20	聯瑞科技股份有 限公司	FTC-2020-03-17	109.03.16	台北市 中山區
21	優力國際安全認 證有限公司(量測 稽核)	TL-109FMMA- 01	109.03.25	台北市 北投區
22	陸軍通信電子器 材基地勤務廠(量 測稽核)	TL-109FMMA- 02	109.04.13	桃園市 中壢區
23	財團法人工業技 術研究院-量測技 術發展中心	FTC-2020-04-18	109.04.14	新竹市 光復路
24	鑫研通科技股份 有限公司(量測稽	TL-109FMMA- 03	109.04.15	台北市 內湖區

	核)			
25	量測科技股份有限公司-新竹服務部	FTC-2020-04-19	109.04.24	新竹縣竹東鎮
26	儀校科技股份有限公司	FTC-2020-04-20	109.04.30	桃園市大溪區
27	全測儀器科技股份有限公司	FTC-2020-05-21	109.05.04	桃園市中壢區
28	正儀科技股份有限公司	FTC-2020-05-22	109.05.04	新竹縣竹北市
29	財團法人工業技術研究院	FTC-2020-05-23	109.05.15	新竹市光復路
30	台灣檢驗科技股份有限公司	FTC-2020-05-24	109.05.21	新北市五股區
31	台証科技股份有限公司	FTC-2020-05-25	109.05.22	新竹市科學園路
32	財團法人工業技術研究院-循環經濟計量實驗室	FTC-2020-05-26	109.05.26	新竹縣竹東鎮
33	儀寶電子股份有限公司	FTC-2020-06-27	109.06.17	桃園市楊梅區
34	互動國際數位股份有限公司	FTC-2020-06-28	109.06.23	新北市五股區
35	台灣是德科技股份有限公司	FTC-2020-07-29	109.07.02	桃園市平鎮區
36	麒緯資訊股份有限公司	FTC-2020-07-30	109.07.07	新北市中和區
37	固緯電子實業股份有限公司	FTC-2020-07-31	109.07.14	新北市土城區
38	鴻齡科技股份有限公司	FTC-2020-07-32	109.07.17	新北市土城區
39	財團法人工業技術研究院-循環經濟計量實驗室	FTC-2020-07-33	109.07.21	新竹縣竹東鎮
40	全測儀器科技股份有限公司(量測	TL-109FMMA-04	109.07.23	桃園市中壢區

	稽核)			
41	致茂電子股份有限公司	FTC-2020-08-34	109.08.13	桃園市 龜山區
42	量測科技股份有限公司-新竹服務部	FTC-2020-08-35	109.08.28	新竹縣 竹東鎮
43	台灣科高工程有限公司	FTC-2020-09-36	109.09.02	桃園市 蘆竹區
44	儀寶電子股份有限公司	FTC-2020-09-37	109.09.04	桃園市 楊梅區
45	中華航空股份有限公司修護工廠(量測稽核)	TL-109FMMA-05	109.09.08	桃園市 大園區
46	財團法人工業技術研究院-量測中心	FTC-2020-09-38	109.09.11	新竹市 光復路
47	台証科技股份有限公司	FTC-2020-09-39	109.09.14	新竹市 科學園路
48	財團法人工業技術研究院	FTC-2020-09-40	109.09.30	新竹市 光復路
49	儀寶電子股份有限公司	FTC-2020-10-41	109.10.13	桃園市 楊梅區
50	互動國際數位股份有限公司	FTC-2020-10-42	109.10.13	新北市 五股區
51	財團法人台灣商品檢測驗證中心	FTC-2020-10-43	109.10.20	桃園市 龜山區
52	翔鋒有限公司	FTC-2020-10-44	109.10.27	桃園市 楊梅區
53	台灣是德科技股份有限公司	FTC-2020-11-45	109.11.02	桃園市 平鎮區
54	筑波科技股份有限公司	FTC-2020-11-46	109.11.11	新竹縣 竹北市

中華電信研究院 109 年度 1~11 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-2019-12-51	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	108.12.13	109.01.10	8,500
2	FTC-2019-12-52	國家中山 科學研究 院系統維 護中心(在 宥科技股 份有限公 司代送)	銻頻率標準器 Symmetricom 5071A/ US45382380	108.12.24	109.01.08	16,000
3	FTC-2019-12-53	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)	銻頻率標準器 HP/5071A/ 3249A00735	108.12.27	109.01.30	16,000
4	FTC-2020-01-01	台灣檢驗 科技股份 有限公司	Quartz Watch/Clock Analyzer/ SIGMOTEK/ QWA-3A/267	109.01.02	109.01.09	8,500
5	FTC-2020-01-02	台達電子 工業股份 有限公司	銻頻率標準器 FE/5650A/ 09562	109.01.09	109.01.31	16,000
6	FTC-2020-01-03	台灣是德 科技股份 有限公司	銻頻率標準器 HP/5071A/ 3249A00522	109.01.09	109.02.05	16,000
7	FTC-2020-01-04 -1	儀寶電子 股份有限 公司	銻頻率標準器 SRS/FS725/ 65164	109.01.13	109.01.22	16,000
8	FTC-2020-01-04 -2	儀寶電子	石英晶體振盪	109.01.13	109.01.22	8,500

		股份有限公司	器 FTS/1050A/ 0398			
9	FTC-2020-01-04 -3	儀寶電子 股份有限 公司	計數器 AGILENT/ 53132A/ MY40003244	109.01.13	109.01.22	8,500
10	FTC-2020-01-05 -1	安立知 股份有限 公司	銩頻率標準器 FE/5680A/ SN12454	109.01.13	109.01.22	16,000
11	FTC-2020-01-05 -2	安立知 股份有限 公司	計頻器 MF/1601A/ SNMT-04585	109.01.13	109.01.22	8,500
12	FTC-2020-02-06	財團法人 自行車暨 健康科技 工業研究 發展中心	計時器 TS001/002	109.02.04	109.02.12	8,500
13	FTC-2020-02-07	致茂電子 股份有限 公司	石英晶體 振盪器 HP/105B/ 2848A01892	109.02.06	109.02.25	8,500
14	FTC-2020-02-08	財團法人 工業技術 研究院-循 環經濟計 量實驗室	Universal Counter/ Agilent/53132A/ MY47001971	109.02.07	109.02.17	8,500
15	FTC-2020-02-09	在宥科技 股份有限 公司	網路時間分析 儀 TimeSpy Elite/115	109.02.10	109.02.19	8,500
16	FTC-2020-02-10	昭俐科技 檢測有限 公司	銩頻率標準器 SRS/FS-725/ 133582	109.02.11	109.02.21	16,000
17	FTC-2020-02-11	太一電子 檢測有限 公司(遠端 頻率校正)	銩頻率標準器 SRS/FS-725/ 84913	109.02.12	109.03.27	20,000
18	FTC-2020-02-12 -1	海軍戰鬥 系統工廠	GPS RECEIVER	109.02.18	109.03.31	16,000

		(昭俐科技 檢測有限 公司代送)	鈹頻率標準器 Fluke/910R/ SM888781			
19	FTC-2020-02-12 -2	海軍戰鬥 系統工廠 (昭俐科技 檢測有限 公司代送)	GPS RECEIVER 鈹頻率標準器 Fluke/910R/ SM888781	109.02.18	109.03.31	16,000
20	FTC-2020-02-12 -3	海軍戰鬥 系統工廠 (昭俐科技 檢測有限 公司代送)	計頻器 Fluke/PM6681/ SM886710	109.02.18	109.03.31	8,500
21	FTC-2020-02-12 -4	海軍戰鬥 系統工廠 (昭俐科技 檢測有限 公司代送)	鈹頻率標準 計頻器 pendulum/ CNT-81R/ NC 9446 100 81676	109.02.18	109.03.31	16,000
22	FTC-2020-02-12 -5	海軍戰鬥 系統工廠 (昭俐科技 檢測有限 公司代送)	鈹頻率標準 計頻器 pendulum/ CNT-81R/ NC 9446 100 81676	109.02.18	109.03.31	16,000
23	FTC-2020-03-13 -1	鼎瀚科技 股份有限 公司	鈹頻率標準器 PTS GPS-10RBN/ 101182	109.03.02	109.03.13	16,000
24	FTC-2020-03-13 -2	鼎瀚科技 股份有限 公司	鈹頻率標準器 Pendulum 6689/011/ 378831	109.03.02	109.03.13	16,000
25	FTC-2020-03-13 -3	鼎瀚科技 股份有限 公司	計頻器 Keysight/ 53230A/ MY50010630	109.03.02	109.03.13	8,500
26	FTC-2020-03-13 -4	鼎瀚科技 股份有限	計頻器 Keysight/ 53230A/	109.03.02	109.03.13	8,500

		公司	MY56410119			
27	FTC-2020-03-14-1	台灣檢驗科技股份有限公司	石英晶體振盪器 FTS/1050A/ 407	109.03.04	109.03.11	8,500
28	FTC-2020-03-14-2	台灣檢驗科技股份有限公司	計頻器 HP/5335A/3145 A15055	109.03.04	109.03.11	8,500
29	FTC-2020-03-15-1	儀寶電子股份有限公司	計頻器 AGILENT/ 53150A/ US40501620	109.03.10	109.03.27	8,500
30	FTC-2020-03-15-2	儀寶電子股份有限公司	計頻器 HP/5351B/ 2742A00244	109.03.10	109.03.27	8,500
31	FTC-2020-03-16-1	內政部國土測繪中心(遠端頻率校正)	GPS 接收機-鈷 頻率標準器 TOPCON/ NET-G3-STAN DFORD RESEARCH SYSTEM/ FS725/ 401-01651 - 107385	109.03.12	109.03.27	20,000
32	FTC-2020-03-16-2	內政部國土測繪中心(遠端頻率校正)	GPS 接收機-鈷 頻率標準器 Trimble/ NET R9-STANDFOR D RESEARCH SYSTEM/ FS725/ 5810R52155-10 7385	109.03.12	109.03.27	20,000
33	FTC-2020-03-17-1	聯瑞科技股份有限公司	OSA 5565 STS(sync tester)/ Oscilloquartz (ADVA)/	109.03.16	109.03.25	16,000

			OSA 5565 STS/ 336			
34	FTC-2020-03-17 -2	聯瑞科技 股份有限 公司	OSA5430 (鈹頻率標準 器)/ Oscilloquartz (ADVA)/ OSA5430/ LBADVA71190 400808	109.03.16	109.03.25	16,000
35	TL-109FMMA- 01	優力國際 安全認證 有限公司 (量測稽核)	信號產生器 Agilent 33250A/ MY40001870	109.03.25	109.03.31	16,000
36	TL-109FMMA- 02	陸軍通信 電子器材 基地勤務 廠(量測稽 核)	鈹頻率標準器 SRS/FS-725/ 134182	109.04.13	109.04.22	16,000
37	FTC-2020-04-18	財團法人 工業技術 研究院-量 測技術發 展中心	鈹頻率標準器 DATUM/8040A/ 0213005334	109.04.14	109.04.17	16,000
38	TL-109FMMA- 03	鑫研通科 技股份有 限公司(量 測稽核)	信號產生器 Agilent 33250A/ MY40001870	109.04.15	109.04.22	16,000
39	FTC-2020-04-19	量測科技 股份有限 公司-新竹 服務部	鈹頻率標準器 SRS/FS-725/ 107820	109.04.24	109.05.11	16,000
40	FTC-2020-04-20	儀校科技 股份有限 公司	轉速計數器 TICO 8730/ 960209-07	109.04.30	109.05.06	8,500
41	FTC-2020-05-21 -1	全測儀器 科技股份 有限公司	鈹頻率標準器 FLUKE/910R/ 384936	109.05.04	109.05.11	16,000

42	FTC-2020-05-21-2	全測儀器科技股份有限公司	計頻器 Agilent/53132A/ MY40007106	109.05.04	109.05.11	8,500
43	FTC-2020-05-22	正儀科技股份有限公司	銩頻率標準器 FEI/FE-5680A/ 0803-1407005	109.05.04	109.05.14	16,000
44	FTC-2020-05-23	財團法人工業技術研究院	計頻器 HP/53132A/ KR91200946	109.05.15	109.06.03	8,500
45	FTC-2020-05-24	台灣檢驗科技股份有限公司	閃頻器 MONARCH/ Phaser-Strobe Pbx Kit 115/ B2580213	109.05.21	109.05.29	8,500
46	FTC-2020-05-25-1	台証科技股份有限公司	銩頻率標準器- 計頻器 SRS PRS10-HP 53132A/ 031592-3546A0 2654	109.05.22	109.05.27	16,000
47	FTC-2020-05-25-2	台証科技股份有限公司	銩頻率標準器 SRS/PRS10/ 031570	109.05.22	109.05.27	16,000
48	FTC-2020-05-26	財團法人工業技術研究院-循環經濟計量實驗室	信號產生器-銩 頻率標準器 ANRITSU 68167C-Fluke PM6685R/ 992305-SM 717969	109.05.26	109.06.24	41,000
49	FTC-2020-06-27	儀寶電子股份有限公司	信號產生器 AGILENT/ 33220A/ MY44006603	109.06.17	109.07.01	8,500
50	FTC-2020-06-28	互動國際數位股份有限公司	PTP edge GM 設備 Microchip/ TP4100/ SCA192100022- LF27719250040	109.06.23	109.07.01	16,000

51	FTC-2020-07-29	台灣是德科技股份有限公司	銩頻率標準器 FLUKE/910R/ 499762	109.07.02	109.07.08	16,000
52	FTC-2020-07-30-1	麒緯資訊股份有限公司	時間伺服器 主機 KEYWAY NTP/ KW-001	109.07.07	109.07.15	8,500
53	FTC-2020-07-30-2	麒緯資訊股份有限公司	時間伺服器主 機 KEYWAY NTP/ KW-002	109.07.07	109.07.15	8,500
54	FTC-2020-07-31-1	固緯電子實業股份有限公司	頻率計數器-銩 頻率標準器 keysight/ 53230A-Microse mi/ 8040C/ MY58260118-1 81530101009	109.07.14	109.07.31	25,000
55	FTC-2020-07-31-2	固緯電子實業股份有限公司	頻率產生器-銩 頻率標準器 keysight/ N5171B-Micros emi/ 8040C/ MY57281011-1 81530101009	109.07.14	109.07.31	25,000
56	FTC-2020-07-32	鴻齡科技股份有限公司	銩頻率標準器 RACAL-DANA -9475/ RIC1913	109.07.17	109.07.31	16,000
57	FTC-2020-07-33	財團法人工業技術研究院-循環經濟計量實驗室	銩頻率標準器 HP/5065A/ 2816A01581	109.07.21	108.08.24	16,000
58	TL-109FMMA-04	全測儀器科技股份有限公司 (量測稽核)	銩頻率標準器 SRS/FS-725/ 134182	109.07.23	109.07.29	16,000

59	FTC-2020-08-34	致茂電子股份有限公司	銩頻率標準器 SRS/FS725/ 147569	109.08.13	109.09.09	16,000
60	FTC-2020-08-35	量測科技股份有限公司-新竹服務部	銩頻率標準器 SRS/FS-725/ 158071	109.08.28	109.09.07	16,000
61	FTC-2020-09-36-1	台灣科高工程有限公司	銩頻率標準器 Symmetricom/ 8040C/ 144030101025	109.09.02	109.09.09	16,000
62	FTC-2020-09-36-2	台灣科高工程有限公司	計頻器 Keysight/ 53230A/ MY50004089	109.09.02	109.09.09	8,500
63	FTC-2020-09-36-2	台灣科高工程有限公司	ESG-D SERIES SIGNAL GENERATOR/E 4433B/ MY43350264	109.09.02	109.09.09	8,500
64	FTC-2020-09-37-1	儀寶電子股份有限公司	QUARTZ WATCH/ CLOCK ANALYZER/ TAI TIEN/ QWA-3B/ 101	109.09.04	109.09.09	8,500
65	FTC-2020-09-37-2	儀寶電子股份有限公司	STROBOSCOP E/ SHIMPO/ DT-311N/ A59A008	109.09.04	109.09.09	8,500
66	TL-109FMMA-05	中華航空股份有限公司修護工廠(量測稽核)	信號產生器 Agilent 33250A/ MY40001870	109.09.08	109.11.13	16,000
67	FTC-2020-09-38	財團法人工業技術研究院-量	銩頻率標準器 Symmetricom/ 8040C/	109.09.11	109.09.18	16,000

		測中心	113830101008			
68	FTC-2020-09-39-1	台証科技股份有限公司	銩頻率標準器 SRS/FS725/ 158077	109.09.14	109.11.04	16,000
69	FTC-2020-09-39-2	台証科技股份有限公司	銩頻率標準器 SRS/FS725/ 158077	109.09.14	109.11.04	16,000
70	FTC-2020-09-39-3	台証科技股份有限公司	銩頻率標準器- 計頻器 SRS/FS725-HP 53132A/ 158076-3546A0 2654	109.09.14	109.11.04	16,000
71	FTC-2020-09-40	財團法人 工業技術 研究院	計時器 ITRI/ Traffic-Timer/ 2020-01	109.09.30	109.10.28	8,500
72	FTC-2020-10-41	儀寶電子 股份有限公司	衛星校時系統 MEINBERG GPS180PEX/ 029512012800	109.10.13	109.10.20	16,000
73	FTC-2020-10-42	互動國際 數位股份 有限公司	PTP edge GM 設備 Microchip/ TP4100/ SCA203400037	109.10.13	109.10.21	16,000
74	FTC-2020-10-43	財團法人 台灣商品 檢測驗證 中心	銩頻率標準器 SRS/FS-725/ 121109	109.10.20	109.11.10	16,000
75	FTC-2020-10-44-1	翔鋒有限 公司	銩頻率標準器 XH/FS-725/ TMF01	109.10.27	109.11.10	16,000
76	FTC-2020-10-44-2	翔鋒有限 公司	銩頻率標準器- 計頻器 XH/ FS-725_ Agilent/ 53220A/ TMF01_MY500 03605	109.10.27	109.11.10	8,500

77	FTC-2020-11-45	台灣是德 科技股份 有限公司	銣頻率標準器 Fluke/ 910R/ 286844	109.11.02	109.11.10	16,000
78	FTC-2020-11-46	筑波科技 股份有限 公司	Rubidium Counter/ SR625/ 5910	109.11.11	109.11.17	16,000
					小計	1,085,500

(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。

(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。

(6). 自評與建議

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

3. 舉辦第五屆轉速計校正能力

(1). 達成項目

- (a). 完成舉辦第五屆轉速計校正能力試驗說明會 (109.06)
- (b). 發出總結報告及參加證書 (109.08)

(2). 執行內容(執行期間：民國 109.01~109.11)

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(109)年舉辦「第五屆轉速計校正能力試驗活動」，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，是將待測轉速計依序傳遞至各參加實驗室，最後再傳回到本實驗室進行重覆量測，以確保傳遞的過程未造成待測件特性的改變。

(3). 結果

我們於 6 月 3 日在本院 D107 會議室完成舉辦能力試驗說明會，隨後即開始待測件之傳遞量測活動。

本次量測點標稱值為：600、1200、6000、9600 及 13200 rpm。每一個量測點均重覆量測 10 次，並要求參加實驗室於完成量測後三日內需將量測原始數據與不確定度計算資料、量測結果表正本及校正報告寄回本實驗室。本實驗室彙整計算所蒐集之數據資料後，再整理能力試驗個別報告。

本活動於 8 月中旬完成所有實驗室的巡迴量測，數據分析及報告撰寫，並於 8 月 25 日寄發總結報告(因應新冠肺炎疫期，暫停舉辦總結會議)。本次參加能力試驗活動 16 家實驗室所得的|En|值皆小於 1，因此皆順利通過本次能力試驗活動。活動的觀察事項和後續推動工作，也在總結會議中向與會代表說明。

(4). 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及四屆轉速計校正之能力試驗活動。

本年度規劃及籌備第五屆轉速計能力試驗活動，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昇產業的競爭力。

4. 科普教育推廣

(1). 達成項目

完成武陵高中科普教育推廣活動(查核點：E4)

(2). 執行內容(執行期間：民國 109.01~109.12)

為讓國家標準計量知識能夠擴散推廣。本院於今(109)年 11 月 13 日與核能所共同舉辦「2020 Fun 科普之旅」活動，推廣游離輻射及時頻領域之計量標準知識，邀請武陵高中師生共 31 人前來參加，介紹中華電信研究院國家時間與頻率標準實驗室，以及在日常生活及科技上的運用，並舉行有獎徵答活動，藉此激發大家對時頻應用及標準傳遞之興趣，透過本次活動使國內學子在求學過程中了解時頻標準知識，使其未來對標準的重要性更能深植於心，種下國內基礎科技萌芽的基礎。

(3). 結果

2020 科普探奇之旅課程表：

課程表

日期：11 月 13 日(五) 09:00~16:00

地點：中華電信研究院(桃園市楊梅區電研路 99 號)

核能研究所國家游離輻射標準實驗室(桃園市龍潭區文化路 1000 號)

參加學校：桃園市立武陵高級中等學校 高一資優班

時間	課程內容	地點
09:00 ~ 09:30	國家時間與頻率及游離輻射標準實驗室簡介	中華電信研究院 大禮堂(D 棟 2 樓)
09:30 ~ 10:30	<ul style="list-style-type: none">參觀國家時間與頻率標準實驗室 (1 樓 Lab 及 8 樓展示場)Q & A 與交流討論	中華電信研究院 時頻傳遞實驗室(E112 室) 光學實驗室(E106 室) 國際比對實驗室(F816 室)
10:30 ~ 11:30	<ul style="list-style-type: none">游離輻射標準實驗室基礎知識趣味有獎徵答：我是標準	中華電信研究院 大禮堂(D 棟 2 樓)
11:30 ~ 12:20	休息/快樂午餐時間	中華電信研究院 大禮堂(D 棟 2 樓)
12:30 ~ 13:30	前往游離輻射標準實驗室	核能研究所 標準實驗室會議室(035 館)
13:30 ~ 14:00	參觀實驗室 1. 活度實驗室 2. 劑量實驗室 3. 食品檢測實驗室	核能研究所 標準實驗室(035 館) 食品檢測實驗室(010 館)
14:00 ~ 15:30	闖關活動 尋找隱形高手 (共六關)	核能研究所 標準實驗室(035 館)
15:30 ~ 16:00	Q & A 與交流討論	核能研究所 標準實驗室會議室(035 館)

活動照片如下：



圖 32、活動照片

(4). 應用及效益

透過淺顯易懂的簡報解說，從度量衡基本物理量的變革，到每個世紀計時方法及工具的演進，以及目前秒定義的最新發展趨勢，實驗室實地參觀Q&A，提供全民對不同科學場域的學習機會，讓科學普及向下扎根。

5. 網際網路校時(NTP)及網站(WEB)服務

(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

(2). 執行內容(執行期間：109.1~109.11)

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。

本實驗室提供網站服務，以宣揚國家標準時頻、提供校正服務收費項目、並且簡介目前最新的時頻校核、同步以及測量技術等說明內容，並適時將本實驗室資源匯整上網供民眾閱覽，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). 結果

本實驗室提供網際網路校時服務，增加為三路 100M 光纖網路(一路備援)、兩部原級伺服器、六部網路伺服器以及相關的軟體保持穩定運轉，以提供每日最高 2 億次的校時服務容量。本實驗室網際網路校時服務的架構如圖 33 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、1PPS 以及 10MHz 三種)，轉換為 NTP 封包後，再由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。

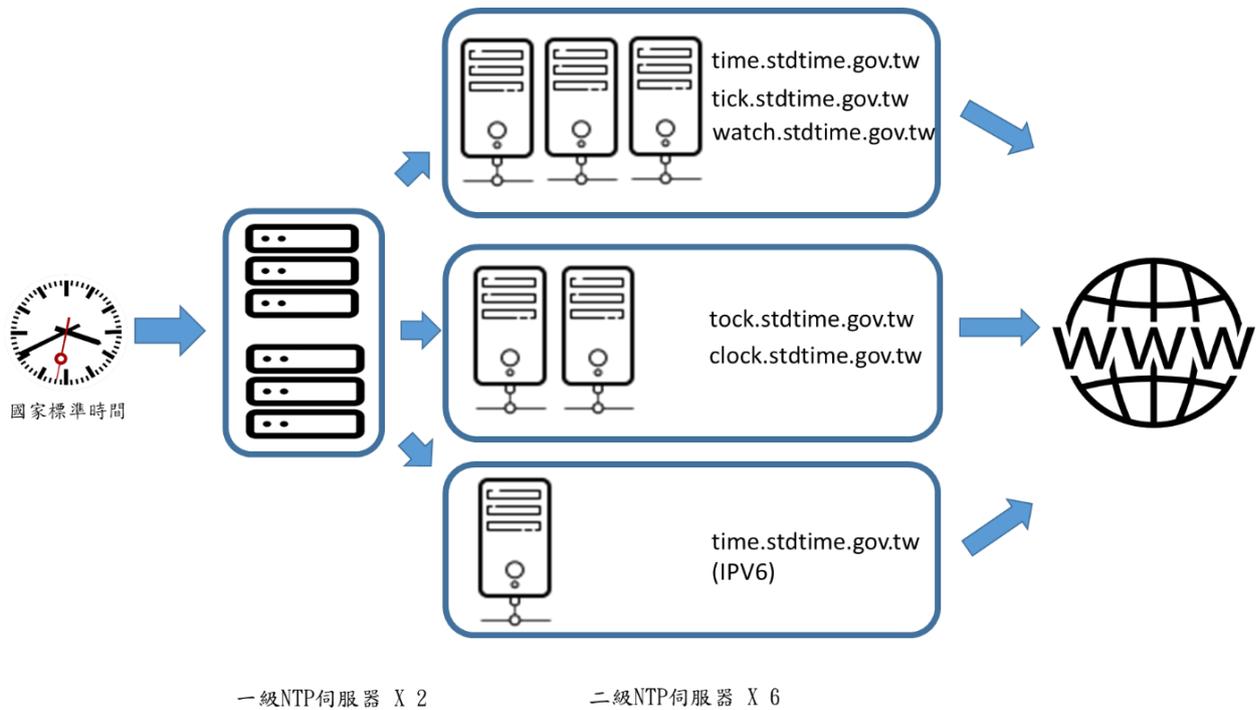


圖 33、本實驗室提供 NTP 服務架構圖

本實驗室公告這五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。圖 34 總列 109 年度 NTP 服務的校時次數，於民國 109 年 10 月止統計每日平均提供超過 2.5 億次(年度目標)服務。

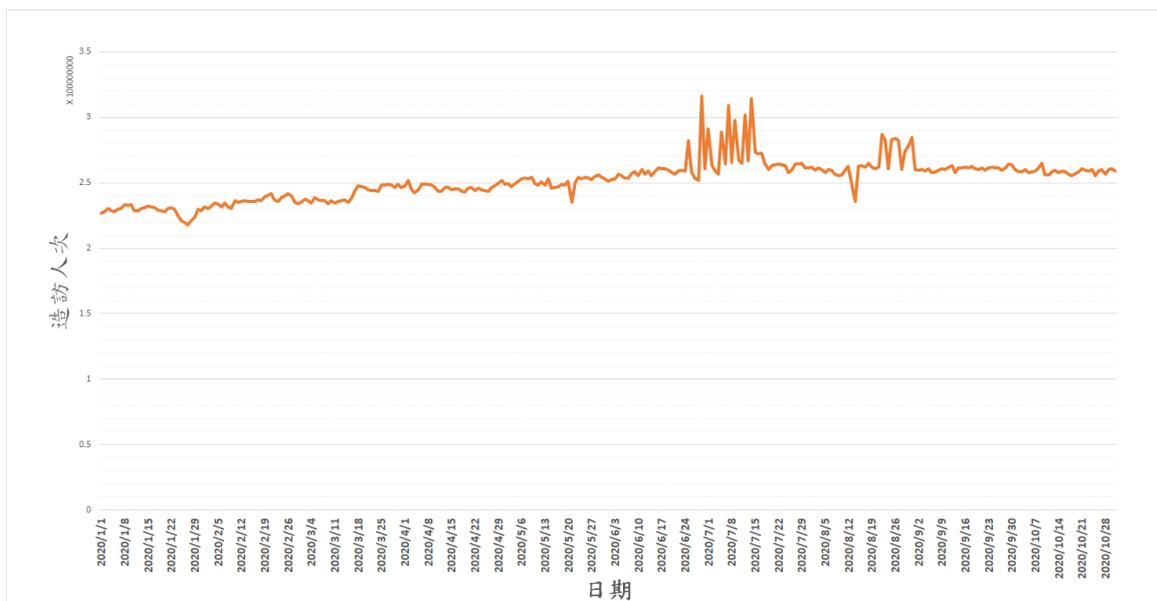


圖 34、109 年度網際網路校時服務每日次數統計

此外，由於網際網路的普及，原本提供網站服務之 512k 網路速率已不敷使用。因此本實驗室於民國 100 年申請一路聯外 4M 光纖網路，於民國 101 年 3 月 7 日進行網域名稱異動，109 年升級為 100M 光纖作為 NTP 伺服器備援線路。圖 35 所示 109 年度 10 月止每月造訪人次。

另外，本實驗室逐年更新內容，提供資訊以符合民眾預期：例如本實驗室榮譽、研究成果、本實驗室大事記、校正能量的擴充等。

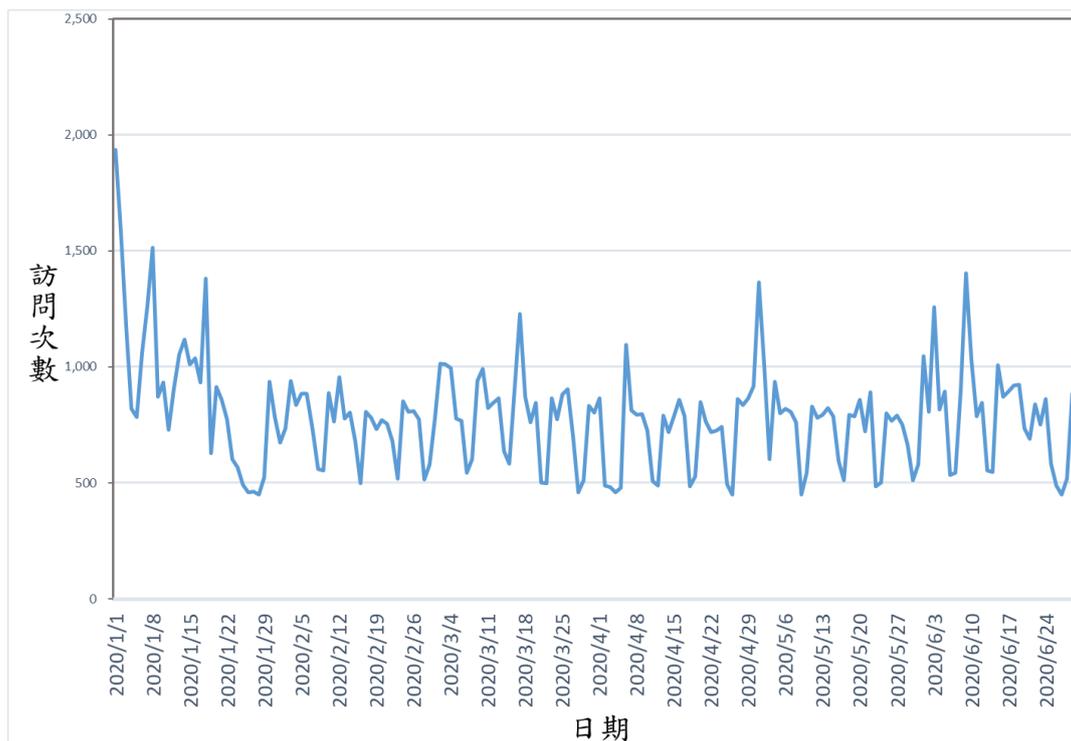


圖 35、109 年 1 月 1 日~109 年 6 月 31 日止網站服務量 (使用©Google Analytics)。

(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。

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。藉此，本實驗室可將民眾寶貴的建議納入未來發展重點，以期未來提供民眾更好的時間頻率同步服務。

(5). 未來工作重點

本實驗室資訊服務已逐漸與國人生活息息相關。隨著時間的增加，也越來越多系統會藉由網際網路跟本實驗室進行校時。維持穩定的網際網路校時服務將會是目前的目標，並將發展更優良以及可靠的時間傳遞技術。由於網路安全議題受到重視，未來維持網際網路校時服務以及網站服務不僅要定期監看訊務流量，作為提升網路速度之依據，進行故障排除以期達到便民之目的，更重要的，必須架設防火牆、執行更新等維持資訊安全。

6. 新一代傳遞技術研究

(1) 進行項目

(a) 新一代時頻傳送技術的理論精進與技術開發

(b) 探討應用技術：5G 電信網路的時間同步需求及標準分析(查核點：C3)

(2) 內容說明與結果(執行期間：109.01~109.11)

(a) 新一代時頻傳送技術的理論精進與技術開發:

典型的遠端時頻傳送技術有四種，包括(1)移動時鐘法，(2)單向傳時法，(3)雙向傳時法，及(4)共視法。其中，移動時鐘法的理論在過去二十年並沒有多大的進展，殊為可惜。

本實驗室目前提供的遠端時間校正方法，是以 GPS 共視法為基礎的 GPS 遠端時間校正。今年本實驗室規劃新增「移動銫鐘時間間隔量測法」的校正項目(圖 36)，可使遠端校正方法更為完備，適合台灣證券交易所、IDC 雲端資料中心、台灣電力公司等具有國安議題，或不易安裝臨時 GPS 天線等特殊中心的時刻校正使用。此方法係透過可攜式銫原子鐘來達成時間遊校的需求。藉由一些合理的限制，例如 30 小時內的往返歷時，確保原子鐘的漂移仍保持在一定範圍內，我們以涵蓋因子 $k=2$ 估計的量測系統擴充時間不確定度為 7.36 奈秒，而宣告的校正能量係將前述計算的擴充不確定度些微放大，為 10.0 奈秒，追溯至 BIPM 發佈的 UTC 時間標度則為 15.0 奈秒，此精度將可符合預期的產業需求。民國 109 年利用執行智慧機械計畫的經費，已完成移動銫鐘法時間校正程序報告及量測不確定度評估報告，同時整理相關測試數據撰寫成論文，發表在民國 109 年 7 月 IEEE IFCS-ISAF 國際線上會議（題目 Remote Calibration of Time Scale Difference by Moving a Portable Cesium Clock）。民國 110 年準備進行校正程序標準化

及校正項目增項認證所需文件，申請國內及國際認證作業。待通過國內 TAF 認證後，預計舉辦新校正項目產業說明會，以服務相關產業。

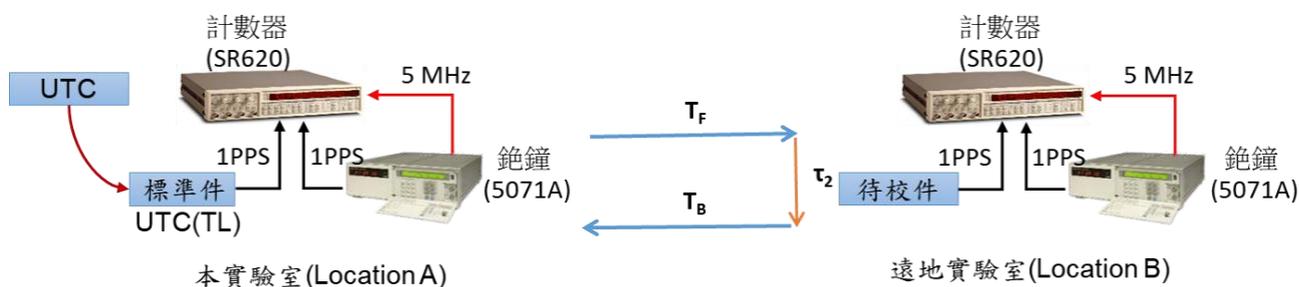


圖 36、移動銫鐘法時間校正示意圖

移動銫鐘法的核心數學理論，係利用線性內插的估計，預測銫鐘在外旅程的時間變化範圍，再與遠地待校時鐘及銫鐘的量測時間差做比較，間接得到本地參考時鐘與遠地待校時鐘的時間差估值。移動時鐘法的理論相對古老，卻恰巧可以用來補足了現今時間比對理論缺軼的一環。以 GPS 為例，當兩地距離變長時，可共同觀測的衛星數目也會減少，造成 GPS 共視法(commom-view, CV)精度隨距離增加而變差。為解決此問題，國際度量衡局(BIPM)於民國 103 到 107 年間，提出並推廣 GPS 全視法(all-in-view, AV)，突破了兩地時間比對的距離限制。然而全視法受限於衛星星曆誤差與 GPS 時間誤差等因數，這幾年來精度無法再突破。台灣與歐美先進實驗室距離遙遠，若能突破此先天上的限制，可望提升國際時間比對的精度。於是我們使用移動時鐘的「線性內插法」，把 GPS 衛星上的時鐘視為飛行的移動時鐘，間接估算兩地時鐘之時間差。

我們的初期目標是改良長距離 GPS P3 電碼傳時的穩定度。圖 37 顯示本院 TL 與德國 PTB 的 GPS 時間比對數據，由我們提出的上採樣共視法(P3 UCV, upsampled commom-view)得到的結果，其傳時雜訊遠低於現行的全

視法(P3 AV)，而更接近載波相位觀測 PPP (Precise Point Positioning)的結果。民國 110 年我們將清楚定義此方法的細節與步驟，並撰寫國際期刊論文一篇，向國際推廣此新技術。

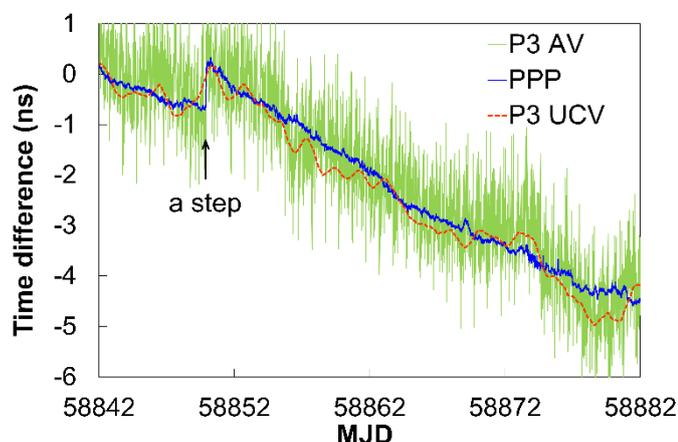


圖 37、上採樣共視法(UCV)初步結果。此圖為 TL 與 PTB 兩實驗室時間差比對的結果。

(b) 探討應用技術：5G 電信網路的時間同步需求及標準分析

民國 109 年是全球 5G 投資的衝刺期，全球受疫情影響，稍微影響到時程，但 5G 投資的規模不變；台灣則在 6 月 30 日由中華電信打頭陣，率先開台。因應 5G 的來臨與進入早期商用營運階段，及配合行政院台灣 5G 行動計畫，今年度特別整理 5G 電信網路的時間同步需求及最新同步技術標準，做為後續計畫發展的參考。

5G 行動通訊標準的第一階段是由第三代合作夥伴專案 (3GPP) 的 Release 15 所定義的 5G NR (New Radio, 新無線) 通訊標準版本。Release 15 在民國 106 年 12 月已核准使用，專注於加強行動寬頻，國際電信聯盟 (ITU) 已正式批准 5G NR 作為 IMT-2020 的提案，5G 產業鏈正式進入民國 109 年商用衝刺階段。

Release 15 僅建立了 5G 行動通訊標準的第一階段，Release 16 則是為 5G 第二階段提供相關規格，3GPP 於民國 109 年 7 月宣告完成 Release 16 規範，對於 5G 行動寬頻技術有許多革新，包含延伸至工業物聯網 (Industrial Internet of Things, IIoT)、車聯網 (Vehicle-to-Vehicle, V2V) 等領域，同時也提升無線電增強型行動寬頻 (Enhanced Mobile Broadband, eMBB) 以及超高可靠性與低延遲通訊 (Ultra-reliable and Low Latency Communications, uRLLC) 技術。

隨者 5G 標準持續演進及新概念的引入，時間同步技術支援的也隨之演變。在首波推出的 5G 設備上，運作上仍然仰賴 4G LTE 技術。5G 電信網路與其提供的服務，尚需要頻率同步與時間同步技術的支援，才能達到所需求的服務品質。

頻率同步要求相對於過去的網路並無太顯著變化，時間同步則有更嚴格的要求，分析如下：

➤ 5G 基本時間同步需求(3 微秒)

3GPP 標準要求基地臺接收站頻率同步的穩定度為 50 ppb (parts per billion, 10^{-9})，3G (UMTS 技術) 及 4G (LTE-FDD 分頻雙工) 則採用相同的要求。而時間同步則是 LTE TDD (分時雙工) 技術的要求，目的在避免上下行時隙的干擾，LTE TDD 基地臺間的時間偏差要求應小於 3 微秒 (μs)，5G 系統 NR 的子載波可靈活擴展，而基地臺間時間偏差的要求仍維持應小於 3 微秒，與 4G TDD 系統相同。由於台灣大部分的 4G 電信服務採用 FDD 技術，在 5G 開台初期，主要會支援 EN-DC (E-UTRAN New Radio-Dual Connectivity，雙網路連結技術)，將 4G LTE 和 5G NR 網路連接在一起，來獲得更大的容量，所以網路基地臺的時間同步，不會一步到位，而是隨 5G NR 網路逐步布建拓展。

➤ 5G 協同增強高精度時間同步需求(65-260 奈秒)

5G 系統協同增強，目的在提升行動頻寬，主要的技術包括多天線 MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)、站間協調與載波聚合等技術。參考 3GPP TS 38.104 (Rel-15) 規範，不同類型的協同增強同步要求如表 7:

基地臺類型	協同增強	信號最大的時間差
type 1-O	MIMO、發射分集	65 ns
	帶內連續載波聚合	260 ns
	帶內非連續載波聚合	3 μ s
	帶間載波聚合	3 μ s
type 2-O	MIMO、發射分集	65 ns
	帶內連續載波聚合	130 ns
	帶內非連續載波聚合	3 μ s
	帶間載波聚合	3 μ s

表 7: 不同類型協同增強的同步要求

為了提升頻寬與覆蓋率，5G 系統將會廣泛布建及使用多天線 MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)、站間協調與載波聚合等技術，進而對站間與天線的協同點有更嚴格的相對時間差要求。

➤ 5G 新興服務更高精度的同步需求(3 奈秒)

5G 第二階段的 Release 16 規範及接下來的 Release 17 規範，讓行動寬頻技術帶來許多革新業務，其中有高精度同步需求的業務，包括高精度定位、高速移動無線覆蓋、時間延遲精確量測，以及延伸至工業物聯網 (IIoT)、車聯網(V2X)與智能製造等領域。典型的基地臺定位服務，仰賴到達時間(Time of Arrival, TOA)或到達時間差(Time Difference of Arrival,

TDOA)的精度，要滿足 1 m 的定位精度，基地臺的無線電信號同步偏差為 ± 3 ns。

5G 系統的同步需求與特點整理如下：

➤ 5G 同步需求隨階段增加：

前 5G 基本時間同步需求為 3 微秒，協同增強高精度時間同步需求為 65-260 奈秒，而第二階段 5G 新興服務的同步需求更可達 3 奈秒，此需求將隨階段增加。而透過基地臺安裝一般 GPS 接收機已無法完全滿足需求。

➤ 大量小型基地臺：

基地臺密度與覆蓋率有關，為提供高速率和好的室內涵蓋，5G 系統需布建大量小型基地臺。如果每個小型基地臺都安裝單獨的 GPS 接收機，將提高布建成本。而且室內基地臺難以接收天頂衛星信號，會導致 GPS 接收失效或更容易遭到衛星欺偽信號的攻擊。由於 5G 注重前傳(Fronthaul)網路技術，將多處基地臺的基頻處理資源集中，來有效降低成本並提高營運效益，並與光傳輸網路(Optical Transport Network, OTN)緊密結合。因此採用寬頻電信網路的同步網路架構，來達到 5G 基地臺的同步要求，將是主要趨勢。隨著 5G 系統的布建，電信同步網路可望逐步布建，來滿足室內基地臺的同步需求，而 GPS 接收機也不會被完全取代，而是成為不同場域互相支援的校時系統。

電信同步網路用到幾種主要的同步技術，如下表 8。GPS 技術和屬於封包層的 IEEE 1588v2 精確時間協議(PTP)兩者皆可提供時間碼，作為時間與頻率的同步技術。而同步以太網(SyncE)及 E1 專線可提供穩定的頻率信號，可作為頻率同步的用途。

技術	頻率同步	時間/相位 同步	網路層
GPS	Y	Y	N/A
PTP	Y	Y	封包網路
SyncE	Y	N	物理層
E1	Y	N	物理層

表 8: 主要同步技術

許多標準化組織及電信商都有提出不同的電信同步網路架構。下圖(圖 38)是參考 IMT-2020 推進組針對 5G 時間同步提出的通用模型以及 ITU-T G.8271.2/Y.1366.2 (2017)規範，所繪製的簡化架構圖。

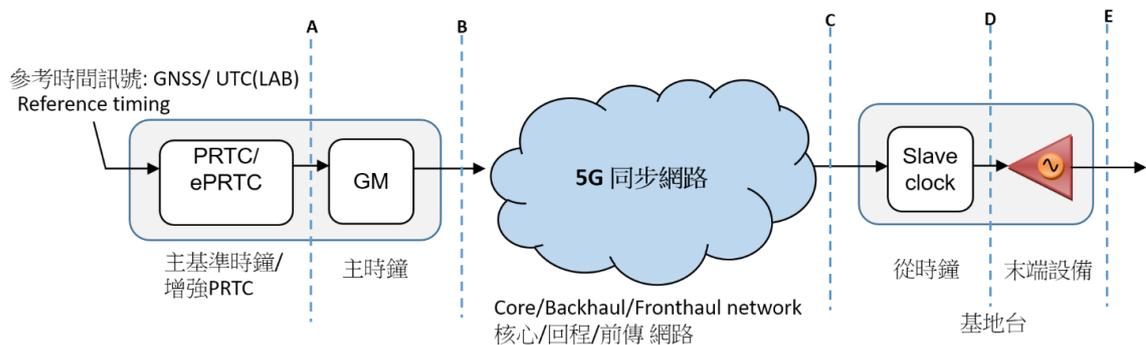


圖 38: 5G 時間同步簡化架構圖

主基準時鐘(Primary Reference Time Clock, PRTC)是電信網時間的源頭設備，其性能要求定義在 ITU-T G.8272 標準規範內，相對於國際標準 UTC 時間的差需小於 100 奈秒(ns)，而 ITU-T G.8272.1 標準則定義了新一代的增強型主基準時鐘(enhanced PRTC, ePRTC)，ePRTC 的時間輸出應該精確到相對 UTC 的 30 奈秒以內，且可保持精確至少 14 天。所以 ePRTC 內部的頻率源通常得採用銫原子鐘，然後同步到 GPS 所提供的參考時間訊號。詳細說明請參閱完整技術報告。該報告第 2 節介紹「5G 無線通訊的時間同步需求」；第 3 節介紹「電信網路的同步架構」；第 4 節介紹「高精度時

間同步關鍵技術」；第 5 節介紹「國際技術標準」，主要以國際電信聯盟電信標準化部門(ITU-T) SG15 工作組對課題 Q13:網路同步與時間分配性能(ITU-T Q13/15, Network synchronization and time distribution performance)所制定的標準與建議為主要內容，重點介紹 G.826x 與 G.827x 系列標準及相關概念，也參考了「無線網路的定時和同步標準白皮書」的說明。

(3) 結論與自評(執行期間：109.01~109.12)

(a) 新一代時頻傳送技術的理論精進與技術開發:

「移動銻鐘時間間隔量測法」是應產業需求而規劃新增的項目，目的在使遠端校時方法更為完備。感謝執行經濟部智慧機械計畫的經費支持，得以利用銻原子鐘、計數器及不斷電系統等設備進行了遠端校正實驗，驗證該項技術的可行性，並完成校正程序報告及量測不確定度評估報告。為來若持續有經費支持將可進行以下的改良研究，包括選擇銻鐘以外的原子鐘與小型時間間隔計數器，針對產業的應用目的進行優化，規劃適合產業時間同步應用(例如: 5G 小型基地台，感測器等大量裝置)的快速校時方法，以及小型化的手持式量測系統，以擴大產業服務效益。

起因於研讀 40 年前以移動原子鐘進行相對性效應觀測的相關文獻，我們應用線性內插估計的方法，嘗試用來改善現今最精密的 GPS 傳時技術，意外獲得不錯的效果。後續，將透過國際期刊正式發表 GPS 上採樣共視法的技術成果，接受國際專家的檢驗意見。

(b) 5G 電信網路的時間同步需求及標準分析:

5G 電信網路被寄望盛載並帶動各式新興寬頻電信服務及創新垂直應用服務，可實現大數據、人工智慧、物聯網等技術，促成遠端照護、無人車、機器人、AR/VR 等應用。5G 基本時間同步需求為 3 微秒，協同增強高精度時間同步需求為 65-260 奈秒。而 5G 第二階段的 Release 16 規範及接

下來的 Release 17 規範，讓行動寬頻技術帶來許多革新業務，包括高精度定位、高速移動無線覆蓋、時間延遲精確量測，以及延伸至工業物聯網應用的支援、車聯網(V2X)與智能製造等領域，這些 5G 新興服務的同步需求更可達 3 奈秒，需要高精度時間同步的支援。

電信同步網路的技術發展已久，過去主要是為了保障電信服務的品質；然而 5G 電信網路一系列的新時間同步要求以及同步應用需求，攸關了整個 5G 產業應用遠景的實現，對電信同步網路是重大的挑戰。這些挑戰包括，超低延遲應用和先進無線電技術的使用，僅透過基地臺安裝一般 GPS 接收機以無法完全滿足需求。我們在技術報告中介紹了電信同步網路所用到的主要同步技術，包括 GPS 技術現況以及屬於封包層的 IEEE 1588v2 精確時間協議(PTP)，概述 5G 時間同步架構圖，並簡介國際電信聯盟電信標準化部門(ITU-T)，針對「網路同步與時間分配性能」所發展的標準文件。希望透過此技術報告能快速了解 5G 電信同步網路的概貌。

5G 網路的創新應用有許多未來可能性，然而實現這些應用服務，仍待各界的齊心努力各獻所長，為下一波的工業革命開拓寬闊的未來。現在 5G 產業的應用尚在萌芽階段，而時間同步勢必不能缺席。

7. 子項綜合檢討

本標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣子項執行情形良好，11 月止查核點及 KPI 均已順利達成。綜整該子項：因網際網路校時服務應用範圍甚廣，建議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。另持續協助 TAF 之評鑑活動、維持標準設備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。又如第五代移動通信世代(5G)的無線基地台網路同步，國際規範都已提到基地台微秒(μs)及參考鐘奈秒(ns)等級的時間同步要求，不僅攸關台灣未來的科技基礎建設，更影響相關資通新技術或新服務的發展，須持續發展。

(四) 、其他

1. 參與國際研討會之舉辦

(1). 達成項目

蒐錄 ATF2019 研討會部分論文，出版成為 IJEE 特刊

(2). 內容說明

ATF 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。ATF2019 研討會於民國 108 年 11 月 30 日在澳洲舉辦。會議共有 18 篇論文發表。

本實驗室與中國電機工程學會討論合作，將 ATF2019 會議部分論文的全文集結出版 IJEE Special Issue，在民國 109 年八月份出刊，這是 ATF 舉辦以來的第二次如是辦理。

ATF2019 研討會已於民國 108 年 11 月 30 日在澳洲雪梨舉辦。由本實驗室林晃田博士擔任召集人(Chair of ATF Organizing Committee, ATF OC)與 ATF OC 成員們密切溝通，並鼓勵 TCTF 成員們踴躍投稿，最後為 ATF2019 Workshop 徵集 18 篇論文，原會議議程安排如下所示(表 9)。

Asia Pacific Workshop on Time and Frequency 2019 (ATF2019)

ICC International Convention Centre, Sydney, Australia

November 30, 2019

Opening (09:00-9:05)
Dr. Bruce Warrington, NMIA
Section-I National Time Scale, Time and Frequency Transfer
Chair: Dr. Michael Wouters, NMIA
(09:00~ 10:25)

09:05-09:25	<p>1. Generation and performance of atomic time scale UTC(NIM)</p> <p><i>A. Zhang, Y. Gao, Y. Wang, K. Liang, Z. Yang and W. Wang</i></p>
09:25-09:45	<p>2. Generation of UTC(k) with (UTC_r-clock) data fitted to ARIMA model</p> <p>Ho Seong Lee, Taeg Yong Kwon, Young Kyu Lee, Sung-hoon Yang, and Dai-Hyuk Yu</p>
09:45-10:05	<p>3. Common-view with broadcast satellite signals</p> <p><i>Tadahiro Gotoh, Toshihiro Kubo'oka, and Jun Amagai</i></p>
10:05-10:25	<p>4. Development of a new digital TWSTFT modem</p> <p><i>Miho Fujieda, Ryo Tabuchi, and Tadahiro Gotoh</i></p>
Coffee Break (10:25-10:55)	
<p>Section-II Time and Frequency Measurement</p> <p>Chair: Dr. Dai-Hyuk Yu, KRISS</p> <p>(11:00~ 12:15)</p>	
10:55-11:15	<p>1. Evaluation of the TAI scale interval using an optical clock</p> <p><i>T. Ido, N. Nemitz, H. Hachisu, F. Nakagawa, T. Gotoh, and Y. Hanado</i></p>
11:15-11:35	<p>2. Microwave Frequency Generation Using Er-doped fiber optical frequency comb</p> <p>Po-Cheng Chang and Chia-Shu Liao</p>
11:35-11:55	<p>3. High-accuracy miniaturized optical frequency synthesizer for reliable frequency distribution</p> <p>Jae Hoon Lee, Hyun-Gue Hong, Hansuek Lee, Jungwon Kim, Kyoungsik Yu, and Dai-Hyuk Yu</p>

11:55-12:15	<p>4. Development of Er-doped fiber optical frequency comb with a narrow linewidth</p> <p><i>Shiying Cao, Baike Lin, Fei Meng, Yige Lin, and Zhanjun Fang.</i></p>
Lunch Break (12:15-13:30)	
<p>Section-III Time and Frequency Standards</p> <p>Chair: Dr. Tetsuya Ido, NICT</p> <p>(13:30~ 15:10)</p>	
13:30-13:50	<p>1. Developments of a Cs fountain clock and an Yb optical clock at KRISS</p> <p><i>Dai-Hyuk Yu, Won-Kyu Lee, Huidong Kim, Myoung-Sun Heo, Chang Yong Park, Sang Eon Park, Sangmin Lee, Hyun-Gue Hong, Taeg Youg Kwon, Sang-Bum Lee, Young-Ho Park, and Kurt Gibble</i></p>
13:50-14:10	<p>2. Developing the Second Sr Optical Clock at NIM</p> <p><i>Tao Yang, Zhen Sun, Yige Lin, Qiang Wang, Ye Li, Baike Lin, Tianchu Li, and Zhanjun Fang</i></p>
14:10-14:30	<p>3. Progress Report of the Ytterbium Ion Clock in Thailand.</p> <p><i>Piyaphat Phoonthong, Thaned Pruttivarasin, and Tara Chalermongsak</i></p>
14:30-14:50	<p>4. Recent Progress of Optical Lattice Clocks at NMIJ</p> <p><i>D. Akamatsu, T. Kobayashi, Y. Hisai, T. Tanabe, H. Inaba, T. Suzuyama, F. -L Hong, K. Hosaka, and M. Yasuda</i></p>
14:50-15:10	<p>5. The research progress of NIM6 Cs atomic fountain clock</p>

	<i>Shaoyang Dai, Fang Fang, Chenwei Liang, Kun Liu, Nianfeng Liu, and T.Li</i>
Coffee Break (15:10-15:30)	
Section-IV Time and Frequency Calibrations Chair: Dr. Chia-Shu Liao, TL (15:30~ 17:10)	
15:30-15:50	1. Calibration method for GPS-disciplined oscillators <i>L. Marais, S. Quigg, and M. Wouters</i>
15:50-16:10	2. Verifying stopwatches with the NMIA WebTimer <i>M. Wouters, L. Marais and S. Quigg,</i>
16:10-16:30	3. Development of Multi-Channel Frequency Calibration System Based on Dual Mixer Time Difference Measurement <i>Yue Zhang, Yuzhuo Wang, Aimin Zhang</i>
16:30-16:50	4. Investigation of Differences in Calibration Results for Electronic Clocks using the Time Base Method and the Totalize Method Hau Wah Lai, Cho Man Tsui, Steven Shing Lung Yang, Kam Yuen Chan
16:50-17:10	5. An Operator Reaction Time-Free Stopwatch Calibrator Manuel M. RUIZ
Closing	Dr. Huang-Tien Lin, TL

表 9 ATF2019 workshop 會議議程

2. 實驗室支援區間測速案

(1). 說明:

民國 107 年 7 月，公路總局與新北市政府合作，於萬里隧道試辦區間測速取締超速，原理為於測速區間前後設置影像辨識裝置，車輛通過辨識區間時紀錄影像、通過時刻，並辨識車牌。由於測速區間之距離固定，區間距離除以車輛通過之時間間隔即為車輛於測速區間之平均速率。由於遏止超速效果良好，公路總局將區間測速超速取締逐步推展至全台灣，民國 109 年年初時全台已有 28 處設置區間測速超速取締。

民國 109 年 4 月時，有網友於國道 61 號彰濱路段被區間測速裝置測定超速，但其行車紀錄器之紀錄卻顯示並未超速，事後彰化縣警局承認其區間測速裝置由於校時軟體異常，測速時間間隔有最多 40 秒之誤差，並撤銷自民國 109 年 4 月 4 日之後開罰之罰單。此案引起多位立委關注，要求未經國家標準驗證之測速裝置不應用於處罰人民。

由於區間測速裝置並非標檢局規定之法定度量衡器，該裝置之測量值是否可作為法定處罰依據不無疑義，為求周延，交通部道安會聯合公路總局及經濟部標檢局於民國 109 年 5 月 4 日召開會議，研商區間測速納入標準檢驗局檢驗項目之可行性。會後結論由標檢局盡速將區間測速裝置納入檢驗項目，未經檢驗之裝置暫停執法。標檢局隨即於 5 月 5 日召開會議，邀請工研院、本實驗室、ETC、中科院及各地方警局、相關業者，評估區間測速裝置納入檢測之可行性。會後確認區間測速裝置將納為法定度量衡器，檢定檢查後方可作為裁罰依據。依標檢局裁示，全案交由工研院量測中心主導負責裝置檢定檢查技術規範擬定，工研院、ETC、中科院負責未來規範公告後之檢定驗證作業。民國 109 年 5-6 月交通部道安會及經濟部標檢局召開多次會議，確認區間平均速率執法系統須包含之基本規範及檢定檢查技術規範草案內容。檢定檢查技術規範基本內容於 6 月確定，本實驗

室針對草案中時刻、時刻量測等內容提出修正意見並獲採用(表 11)。9 月經濟部標檢局公告『區間平均速率檢定檢查技術規範草案』內容，10 月公告『區間平均速率檢定檢查技術規範』正式內容，並公告於民國 110 年 1 月 1 日起實施(表 10)，所有區間測速裝置需符合該規範並通過檢定後方可執法。

由於本實驗室不具公法人身分，無法執行法定度量衡裝置檢定驗證作業，但因本實驗室負責維護全國時頻最高標準，為全國唯一具時間驗證能力之實驗室，於全案中，除針對檢定檢查技術規範提供時頻相關條文修正，提供技術意見外，另協助 ETC、中科院等預定檢定驗證單位開發區間測速主要裝置時刻驗證設備，同時提供各相關廠商關於如何進行國家時間同步之技術諮詢。本實驗室對於區間測速案之貢獻詳列如下：

- a. 出席交通部道安會、經濟部標檢局主辦之各相關會議，提供時頻相關意見(表 11)
- b. 參與區間平均速率裝置檢定檢查技術規範草案研擬討論會
 - b1. 針對技術規範時頻相關之名詞定義修訂，條文 2.2、2.6、2.7、3.1、5.5、5.6 修訂意見獲技術規範最終版本採用(表 2)。
 - b2. 向相關實驗室說明時頻相關量測技術，提出量測區間測速主要設備時刻之相關架構及建議。
 - b3. 向相關廠商說明網路校時技術及需注意事項，包括 NTP 簡介、使用說明及性能測試。
- c. 編寫教材講授區間平均速率時間同步相關技術
 - c1. 109.06.19 於經濟部標檢局舉辦之『區間平均速率裝置檢定檢查技術規範草案研擬討論會』擔任講師，介紹網路校時協定(NTP)簡介及使用方法。

- c2. 109.11.06 於工研院量測中心舉辦之『區間平均速率裝置實務訓練班』擔任講師，講述區間平均速率裝置構造與量測原理及時鐘同步方法。
- d. 實際輔導相關廠商如何進行系統時間校正
 - d1. 輔導東山科技進行第二階主機 NTP 伺服器設置及預校其 NTP 主機與國家標準時刻差。
 - d2. 協助檢視基能科技之區間測速裝置需求規劃。
 - d3. 協助雷昇科技進行第二階主機 NTP 伺服器設置。
 - d4. 協助中華電信研究院交安所進行區間測速攝影設備時戳驗證。
- e. 進行相關時間校正技術開發
 - e1. 完成毫秒標準時間顯示鐘開發，可將國家標準時間或驗證過 GPS 之 GPS 時間訊號即時顯示於高亮度 LED 顯示器至毫秒(圖 39)，可用於驗證區間測速攝影裝置之時戳。此技術已轉移次級實驗室 ETC，並於彰濱國道 61 號區間測速路段實測成功(圖 40)。
 - e2. 完成 NTP 伺服器時刻驗證技術，可透過網路驗證待測主機與國家標準時刻之時刻差。由於本實驗室政策，不對非 TAF 項目進行校正，為應付交通罰單照片時刻、停車場時刻、環保署夜間自動噪音取締時刻等主機時刻驗證，此技術已移轉次級實驗室儀寶科技，由儀寶科技進行校正。

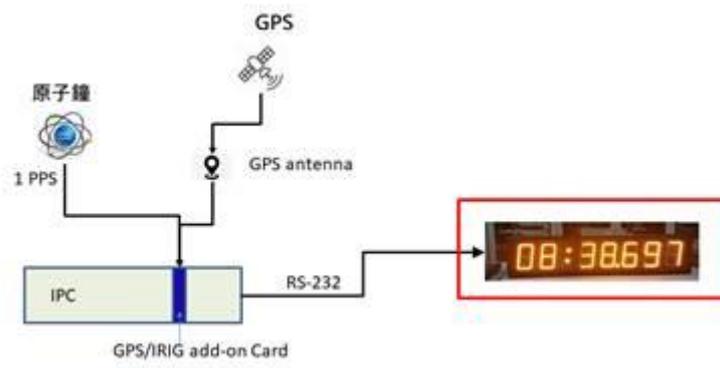


圖 39、毫秒 LED 標準顯示鐘架構圖

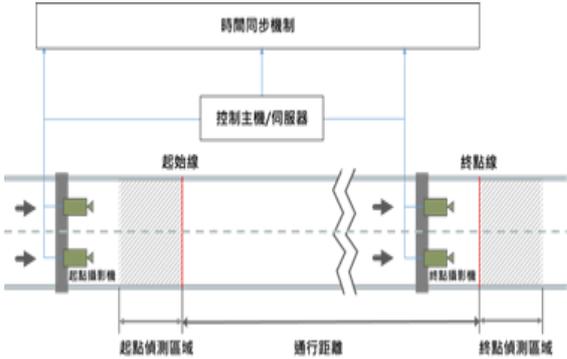
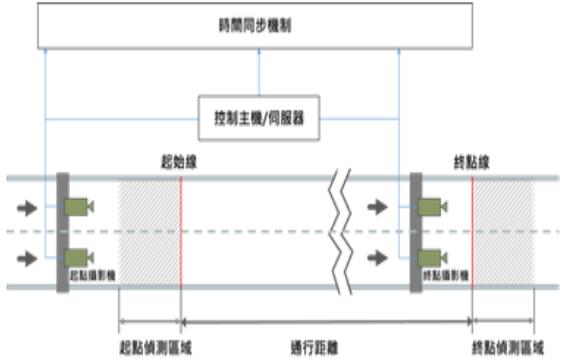


圖 40、本實驗室技術轉移 ETC 之毫秒 LED 顯示鐘於彰濱 61 號國道實測照片

表 10 『區間平均速率裝置檢定檢查技術規範』實施大事紀

107.07	新北市萬里隧道實施區間測速執法試辦	109.04 止全台已有 28 處區間測速裝置執行超速開單作業
109.04	網友於 Youtube 上投訴彰濱 61 線區間測速裝置時間誤差超過 40 秒	立法院多位委員質詢，要求相關裝置納入檢驗後方可執法
109.05.04	道安會召開研商區間測速納入標準檢驗局檢驗項目可行性會議	確定區間測速裝置納入標準檢驗局檢驗項目
109.05.05	標檢局召開區間平均速率執法系統檢測可行性評估會議	責成工研院負責於 6 個月內完成裝置檢定技術規範，中華電信研究院、ETC、中科院協助制定規範，工研院、ETC 及中科院負責裝置檢定驗證
109.05.15	道安會召開研商區間平均速率執法系統基本功能規範初步建議會議	確定區間測速裝置規範基本內容
109.06-08	標檢局召開區間平均速率裝置檢定檢查技術規範草案研擬討論會	由各地警察局、區間測速業者、學者專家、消費者代表共同研擬討論區間測速裝置規範內容
109.09.07	標檢局召開區間平均速率裝置檢定規費及實務訓練課程說明會	評估檢定費用及公告區間平均速率裝置實務訓練班學程表
109.09.10	標檢局公告區間平均速率裝置檢定檢查技術規範草案	
109.10.20	標檢局公告區間平均速率裝置檢定檢查技術規範	
109.11.06	工研院開辦區間平均速率裝置實務訓練班	由工研院及本實驗室就如何驗證區間測速裝置進行實務訓練
110.01.01	區間平均速率裝置檢定檢查技術規範正式實施	

表 11. 本實驗室針對『區間平均速率裝置檢定檢查技術規範』草案之修訂意見

<p>2.2 區間測速裝置：指由起點攝影機、終點攝影機及中央伺服器或控制主機等設備所組成之裝置，系統架構示意如附圖。其基本運作方式為車輛行經偵測區域時，系統以拍照或錄影方式記錄車輛通過偵測區域之影像，並將車輛通過偵測區域之時間以時間戳記(Timestamp)之型式疊加於該影像上，車輛通行時間由起點與終點偵測區域所得上述量測影像之時間戳記計算而得，再據此通行時間與通行距離計算車輛之區間平均速率。</p>  <p>區間測速裝置系統架構示意圖</p>	<p>2.2 區間測速裝置：指由起點攝影機、終點攝影機及中央伺服器或控制主機等設備所組成之裝置，可行之系統架構之一示意如附圖。其基本運作方式為車輛行經偵測區域時，系統以拍照或錄影方式記錄車輛通過偵測區域之影像，並將車輛通過偵測區域之時刻以時戳(Timestamp)之型式疊加於該影像上，車輛通行時間由起點與終點偵測區域所得上述量測影像之時戳計算而得，再據此通行時間與通行距離計算車輛之區間平均速率。</p>  <p>區間測速裝置系統架構示意圖</p>
<p>2.6 時間戳記：由字符或編碼信息構成之序列，用於辨識日期與時間。區間測速裝置所使用之時間戳記格式見 5.5 條文內容。</p>	<p>2.6 時戳：由字符或編碼信息構成之序列，用於辨識所紀錄事件之日期與時間。區間測速裝置所使用之時戳格式見 5.5 條文內容。</p>
<p>2.7 時間同步：透過網路時間協定 (Network Time Protocol)、全球衛星導航系統 (Global Navigation Satellite System, GNSS)、</p>	<p>2.7 時鐘同步 (Clock synchronization)：透過網路、衛星、或其他遠、近端通訊技術，協調二個以上之系統時鐘，使各鐘之時刻一</p>

<p>近端時間伺服器等技術，使系統內相關設備之時間對時至同一時間基準。</p>	<p>致。</p>
<p>3.1 (5)送檢前 1 個月內每日時間同步電子紀錄。</p>	<p>3.1 (5)送檢前 1 個月內之各設備校時事件紀錄檔，須能證明系統於規範內達成時鐘同步。</p>
<p>5.5 計時偵錯：</p> <p>(1) 區間測速裝置須具備另一組計時設備，以進行計時偵錯。</p> <p>(2) 該計時設備須配有自身之時基，此時基與區間測速裝置之時基相互獨立。</p> <p>(3) 區間測速裝置之計時功能應由該組計時設備檢查，檢查方式為連續比較區間測速裝置與計時設備間之計時結果，並給出兩者間之計時偏差。</p> <p>(4) 當上述計時偏差在 1 分鐘以內大於 10 毫秒(10 ms)時，區間測速裝置能自動產生錯誤訊號，並停止後續量測。</p>	<p>5.5 通行時間量測之偵錯</p> <p>(1) 區間測速裝置除主系統之通行時間量測設備外，需具備第二組(或以上)通行時間量測設備，以進行量測結果偵錯。</p> <p>(2) 第二組通行時間量測設備之時鐘或時戳系統需與主通行時間量測設備之時鐘或時戳系統相互獨立。</p> <p>(3) 區間測速裝置之主通行時間量測功能應由第二組通行時間量測設備檢查，檢查方式為連續比較主設備及第二組設備之量測結果，並給出兩者間之量測結果偏差。</p> <p>(4) 當主設備與第二組設備之量測結果偏差於 1 分鐘內大於 10 毫秒(10 ms)時，區間測速裝置應自動產生告警訊號，並停止後續開單告發作業。</p>
<p>5.6 區間測速裝置所攝得之影像須能明確顯示拍攝時間、牌照號碼與 5.3 所述之道路路面標線或標記，拍攝時間包括年、月、日、時、分、秒並至少顯示至 10 毫秒。</p>	<p>5.6 區間測速裝置所攝得之影像須能明確顯示拍攝時刻、牌照號碼與 5.3 所述之道路路面標線或標記，顯示之拍攝時刻需至少包括年、月、日、時、分、秒、100 毫秒、10 毫秒。</p>

三、結論與建議

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。

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。

- (一) 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。
- (二) 參加 CCTF 及相關工作小組，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。
- (三) 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。
- (四) 民國 109 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

儀器設備名稱	主要功能規格	平均單價 (千元)	數量	總價	備註
無					

二、各種報告(論文、技術報告、研討會) 一覽表

(一)、 論文

編號	等級	論文名稱	刊出日期	作者	期刊(會議)名稱	國家
1	國際期刊(EI)	Microwave Frequency Generation Using Er-Doped Fiber Optical Frequency Comb	109.08	張博程 廖嘉旭	International Journal of Electrical Engineering (IJEE)	台灣
2	國際研討會(EI)	The Portable Cesium Clock Time Transfer at the Nano Second Level	109.01	林信嚴 曾文宏	2020 PTTI 研討會	美國
3	國內期刊	以量測品保角度談如何監控時間與頻率之計量追溯性	109.03	林晃田 黃毅軍 曾添冠 廖嘉旭	量測資訊雙月刊	台灣

(二)、技術報告一覽表

11 月止

編號	報告名稱	刊出日期	頁數	語言	作者
1	2019 SDR TWSTFT OP-PTB calibration report	109.02	58	英文	J. Achkar, 黃毅軍, D. Piester, E.Staluniene, F. Arias
2	使用衛星雙向時頻傳遞中繼鏈路產生世界協調時報告	109.03	16	英文	黃毅軍
3	A7 進行頻率校正之程序報告	109.03	13	中文	張博程
4	A7 頻率量測系統不確定度評估報告	109.03	11	中文	張博程
5	Applications of all photonics network based high accuracy time and frequency transfer	109.06	5	英文	張博程
6	光頻降至微波頻 60GHz 之量測技術報告	109.06	17	中文	曾添冠
7	5G 電信網路的時間同步需求及標準分析	109.09	20	中文	曾文宏
8	穩頻雷射技術開發與性能測試分析	109.11	11	中文	張博程

(三)、研討會/說明會一覽表

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	第五屆轉速計校正 能力試驗說明會	桃園	中華電信研究院	6月5日	20	說明會
2	2020 Fun 科普之旅(武陵高中)	桃園	核能研究所、 中華電信研究院	11月13日	31	科普

三、 研究成果統計表

(11 月止)

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
109 年 目標	3 篇	內部 博碩士生：1	說明會:1		3 件	參與國際 研討會 4 次	國際比對 3 項	網路校時： >2.5 億次/日	校正服務： 50 件
109 年 實際	3 篇	內部進修：1 博碩士生：0	說明會:2		6 件	參與國際 研討會 5 次	國際比對 4 項	網路校時： >2.5 億次/日	校正服務： 78 件

1.實際績效指標(11 月止)

	績效指標	年度目標產出	實際產出
學術成就	A 論文	論文 3 篇。	國際期刊論文 1 篇 國際研討會論文 1 篇 國內期刊論文 1 篇
	B 研究團隊養成		
	C 博碩士培育	內部培訓 1 博士生人。	有各大專院校博碩士生 0 人 進行合作研究、內部培訓 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	技術報告 2 篇。	技術報告 6 篇。
	I 技術活動	參與國際重要度量衡組 織活動 3 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	高精度時頻標準器校正 50 件(技術服務收入 60 萬)。	高精度時頻標準器校正 78 件(技術服務收入約 108.55 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	<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>進行參與國際量測比對 4 項。 校正與量測能量 10 項已登錄於 BIPM 資料庫。</p> <p>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。</p>
	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		

	績效指標	年度目標產出	實際產出
	Q 資訊服務	提供網際網路校時服務(Network Time Protocol, NTP)平均 <u>2.5 億次/天</u> 。更新及維護國家度量衡標準實驗室網站，平均每月進站人數 <u>25,000 人次</u> 。	提供平均網際網路校時服務(Network Time Protocol, NTP)超過 <u>2.5 億次/天</u> 。更新及維護國家度量衡標準實驗室網站，平均 <u>每月使用</u> 網站人數 <u>25,000 人次</u> 。
	R 增加就業		
	Y 資料庫		
	Z 調查成果		
	AA 決策依據		

四、 附則

(一)、 論文、技術報告、出國報告成果摘要

論文(1)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	109 年 1 月至 109 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 Portable Cesium Clock Time Transfer at the Nano Second Level		
撰寫人	林信嚴		曾文宏	
撰寫日期	中華民國 109 年 02 月 01 日		撰寫語言及頁數	英文/6 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	Time Scale, Moving Clock, Measurement			
<p>內容摘要：</p> <p>We introduced the Closure Portable Clock time/frequency Transfer (CPCT) to be a complementary way of GNSS common view (GPSCV) for time transfer/calibration at a remote site especially in urban canyon environment. Three CPCT trips with a cesium clock over a 25 km baseline were conducted to approve the efficiency and precision of the method. In the case the round trip was completed within 3 hours, the calibration results of three CPCT trips show less than 0.14 ns inconsistency and about 0.5 ns standard deviation with respect to the corresponding GPSCV results.</p>				

論文(2)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	109 年 1 月至 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	Microwave Frequency Generation Using Er-Doped Fiber Optical Frequency Comb		
撰寫人	張博程		廖嘉旭	
撰寫日期	中華民國 109 年 7 月 10 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	photodetection; repetition rate; down-convert techniques			
<p>內容摘要：</p> <p>A self-referenced optical frequency comb stabilized to an external reference can be a source of microwave signals possessing good traceability. The optical pulse train of the comb produces a corresponding train of current pulses via photodetection, which in turn provides a comb of microwave frequencies at the laser repetition rate and its harmonics. Therefore, generation of tens of GHz microwave signals becomes possible by utilizing suitable electro-optical devices. In this paper, we have demonstrated the generation process of microwave signals by adopting a photodiode with wide operating range (~70 GHz) and shown the related signal characteristics with our frequency down-convert techniques.</p>				

論文(3)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
論文

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	109 年 1 月至 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	
成果名稱	中文	以量測品保角度談如何監控時間與頻率計量追溯性		
	英文			
撰寫人	林晃田		黃毅軍	曾添冠
	廖嘉旭			
撰寫日期	中華民國 109 年 2 月 27 日		撰寫語言及頁數	中文/8 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	量測品保、追溯性			
<p>內容摘要：</p> <p>國家時間與頻率標準實驗室(National Time and Frequency Standard Laboratory; NTFSL)/電信實驗室(Telecommunication Laboratories; TL)主要任務為建立、維持及傳遞國家時間與頻率標準。在時頻標準的追溯方面，致力於維持國家時頻標準之穩定性及準確度，並參與國際度量衡局(International Bureau of Weights and Measures; BIPM)，貢獻於國際原子時(International Atomic Time; TAI)及世界協調時(Coordinated Universal Time; UTC)等國際標準的產生。在時頻標準傳遞方面，則提供國內實驗室頻率標準件的校正與追溯，並透過多項時間同步服務，提供社會大眾優良品質之時頻信號，以滿足國內各界對時間與頻率追溯與校正之需求。</p> <p>為因應上述任務的需要，對於時頻標準追溯性的維持與監控，是最基礎與關鍵的要求。目前國際時間與頻率標準是由全球八十多個國家之三百多部原子鐘的比對資料計算而產生。而各國的國家時頻標準信號則是由其標準實驗室所維持的原子鐘群產生，為確保實驗室頻率標準之各項比對資料準確及穩定，首先必須將時頻標準件(原子鐘)安置在溫濕度控制與電磁隔離的環境中，使其產生穩定的信號，其次必需建立比對系統(包括原子鐘群的內部比對及國際實驗室間的傳時比對)以取得彼此間的差值，這些時頻比對的數據資料將每月提供給國際度量衡局(BIPM)，作為其計算國際原子時(TAI)與世界協調時(UTC)的依據。當有閏秒發佈或是原子鐘特性偏離時，則需進行必要的調整，方可確保與國際時頻標準的持續同步。</p> <p>本文將就「維持時頻標準追溯性之資料蒐集及品保要項」及「時頻領域的關鍵比對報告及其追溯性的應用」兩部分作簡要的介紹。</p>				

技術報告(1)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
技術報告

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	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院	執行期間	109 年 1 月至 109 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	使用間接衛星雙向時頻傳遞方法增進國際時頻比對的穩定性		
	英文	Improving Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer with Redundant Links for UTC Generation		
撰寫人	Zhiheng Jiang	Victor Zhang	Thomas Parker	
	Gérard Petit	黃毅軍	Dirk Piester	
	Joseph Achkar			
撰寫日期	中華民國 109 年 3 月 31 日	撰寫語言及頁數	英文 16 頁	
解密期限	中華民國 年 月底解密	機密級	普通	
關鍵詞	TWSTFT, SDR, Diurnal, Stability, Uncertainty, Indirect Link, Time Transfer, Redundancy, Combination of TWSTFT and GPS, GPS, PPP, IPPP, Robustness			
<p>內容摘要：</p> <p>Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer (TWSTFT) is a primary technique for the generation of Coordinated Universal Time (UTC). At present, more than 12 timing laboratories around the world use SATellite Time and Ranging Equipment (SATRE†) modems in TWSTFT operation and contribute data for the realization of UTC. The advantages of TWSTFT are its small calibration uncertainty (≤ 1.0 ns if the link is calibrated with a TWSTFT mobile station) and its long-term link stability. However, the precision of SATRE TWSTFT in the operational networks is degraded by a daily variation pattern (diurnal) in the TWSTFT results. The diurnal with varying amplitude appears virtually in all SATRE TWSTFT links. The observed peak-to-peak variation of the diurnals can reach 2.0 ns in some cases. So far, studies on the sources of the diurnal have not provided conclusive understanding of the diurnal's dominant origin.</p>				

技術報告(2)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
技術報告

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	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	109 年 1 月至 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	2019 SDR TWSTFT OP-PTB calibration report		
撰寫人	Joseph Achkar		黃毅軍	
	Egle Staliuniene		Felicitas Arias	
撰寫日期	中華民國 109 年 2 月 5 日		撰寫語言及頁數	英文 58 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	SDR TWSTFT, calibration, time, frequency, UTC			
<p>內容摘要：</p> <p>For more than 15 years, Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer (TWSTFT) has been a major technique operated continuously and regularly in about 20 timing laboratories worldwide. Processed data are used for the generation of Coordinated Universal Time (UTC). The technique relies on a protocol for transmitting and receiving clock signals via a telecommunication satellite using carrier frequencies in the Ku band. For this purpose, Satellite Time and Ranging Equipment (SATRE) modems, developed and marketed by TimeTech GmbH, are being operated in the earth stations of the contributing laboratories. The precision of TWSTFT as observed today (with its financial restrictions on the lease of satellite transponder bandwidth) is limited by an apparent daily variation pattern (diurnal) in the TWSTFT results. In consequence, calibrations using a mobile TWSTFT station are usually limited by the same effect. Recent developments of Software-Defined Radio (SDR) receivers for TWSTFT have demonstrated superior performance in terms of stability, and thus the BIPM processes the SDR measurements of the TWSTFT link between OP (LNE-SYRTE) and PTB as a UTC backup link since the end of 2017. However, the accuracy in time remains limited to date because the SDR TWSTFT link is calibrated by alignment with the corresponding SATRE TWSTFT link. In this report we present the first calibration of the SDR TWSTFT link between OP and PTB using a travelling SDR receiver developed in OP driven by a calibration software developed by OP in collaboration with TL. This work is aimed to improve the calibration accuracy and thus the uncertainty of operational time links, e.g. to improve the generation of UTC and the Galileo ground segment timing infrastructure. We present in detail the calibration method used, the achieved results and the associated measurement uncertainties for the SDR TWSTFT link between OP and PTB. The estimated combined standard uncertainty for the calibration is 0.5 ns. This corresponds to an expanded uncertainty of 1 ns ($k = 2$).</p>				

技術報告(3)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
技術報告

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	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院	執行期間	109 年 1 月至 109 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	Applications of all photonics network based high accuracy time and frequency transfer		
	英文			
撰寫人	張博程			
撰寫日期	中華民國 109 年 6 月 30 日		撰寫語言及頁數	英文 5 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	general relativity, gravitational potential, DWDM, OADM, dark fiber, dark channel			
<p>內容摘要：</p> <p>The transfer of ultra-stable time and frequency signals between distant places is an important issue for a large number of high-sensitivity experiments including geodetic measurements and fundamental physics tests. The tool commonly used for this purpose is the GPS, which could measure vertical displacements of 1 cm over short timescales (~1 hr) only when the displacement is very localized in the network of observation stations. Since the primary source of noise in GPS measurements is due to signal dispersion through the atmosphere, both differential GPS and post-processed GPS data perform better if networks are dense because many effects cancel across networks over which the ionosphere and troposphere can be assumed to be constant. In the other way, with the leading performance among all the frequency standards, the optical clocks, when connected with all photonics network for time and frequency transfer, have promising potential for applications with capability better than present GPS observations. After several hours of integration they could reach stabilities of $1.0e-18$ and be used to detect changes in the gravitational potential that corresponds to vertical displacements of the centimeter level. Their frequency signals could also be disseminated hundreds or thousands of kilometres away via ultraprecise fiber links. The fiber-induced phase noise and variations of the fiber link length due to change of temperature, pressure, etc. have also been compensated effectively in some experiments. In addition to geo-potential detection, other scientific researches, like improving GPS measurements, fundamental tests of general relativity, measurements of the physical constants and better tracking</p>				

of deep-space probes, could all benefit from the photonics network based high accuracy time and frequency transfer using the optical clocks. The workload of data processing may also be reduced significantly compared with the GPS techniques.

技術報告(4)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
技術報告

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	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	109 年 1 月至 109 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	A7 進行頻率校正之程序報告		
	英文			
撰寫人	張博程			
撰寫日期	中華民國 109 年 3 月 30 日		撰寫語言及頁數	中文 13 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	時頻信號穩定度分析儀、頻率及相位比較器			
<p>內容摘要：</p> <p>一般而言，振盪器的性能，例如頻率準確度及頻率穩定度，會受環境變化、振盪器本身老化或其他因素影響而無法保持穩定不變，因此必須定期將其送至校正實驗室進行量測及校正。對於頻率特性非常優異的信號源，例如氫微射原子鐘及銻原子鐘一秒鐘的頻率穩定度可優於 1.0E-11 的水準，其性能可能受限於一般頻率計數器的解析度而無法將其合理得量得。目前裝置在時頻國家標準實驗室之 Quartzlock A7-MXU 時頻信號穩定度分析儀(Signal Stability Analyzer)可針對上述待校件輸出的 5, 10MHz 頻率信號進行有效的量測及校正。原本實驗室已建置之 A7 頻率及相位比較器(Frequency and Phase Comparator)為其同系列的第一代產品，由於該設備已經逾齡經常發生故障(包含系統信號處理不正常以及原廠提供計數卡的驅動程式無法支援目前電腦作業系統的操作環境等)，因此以 A7-MXU 加以取代。新一代的量測設備不但保有第一代 A7 所具備相位及頻率兩種量測模式外，系統一秒鐘的穩定度也從原本的 1.5E-13 提升至 8.0E-14，信號輸入的功率範圍及頻率偏差容許度皆有所提升。隨儀器所附之 Stable 32 軟體可用來分析量測結果，包括計算頻率準確度及穩定度並執行繪圖等功能。</p>				

技術報告(5)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
技術報告

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	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院	執行期間	109 年 1 月至 109 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	A7 頻率量測系統不確定度評估報告		
	英文			
撰寫人	張博程			
撰寫日期	中華民國 109 年 3 月 30 日		撰寫語言及頁數	中文 11 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	受測量、white noise、Allan Deviation、不確定度			
<p>內容摘要：</p> <p>校正實驗室依照 ISO 17025 之相關規定，對於所提供服務客戶所出具之校正報告應包含量測不確定度評估。時頻國家標準實驗室目前可提供頻率與時間兩項校正服務，對於頻率特性非常優異的信號源，例如氫微射原子鐘及銨原子鐘一秒鐘的頻率穩定度可優於 1.0E-11 的水準，目前裝置在時頻國家標準實驗室之 Quartzlock A7-MXU 時頻信號穩定度分析儀 (Signal Stability Analyzer) 可針對上述待校件輸出的 5, 10 MHz 頻率信號進行有效的量測及校正。由於目前 ISO 量測不確定度指引對於時頻領域沒有統一的評估標準，因此本實驗室根據對時頻信號特性的了解配合 ISO 量測不確定度指引所提出的原則自行評估本校正實驗室之能力。以上述 Quartzlock A7-MXU (可量測 5 or 10 MHz 待校件頻率信號) 為例，當涵蓋因子等於 2 時 (信賴水準為 95%)，量測系統的相對擴充不確定度可達到 5.0E-14。</p>				

技術報告(6)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
技術報告

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	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	109 年 1 月至 109 年 6 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	光頻降至微波頻 60GHz 之量測技術報告		
	英文			
撰寫人	曾添冠			
撰寫日期	中華民國 109 年 3 月 20 日		撰寫語言及頁數	中文 17 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	光梳雷射			
	光頻降微波頻			
	高頻量測			
	應用效益			
<p>內容摘要：</p> <p>頻率校正量測是指利用標準頻率儀器來取得測量儀器顯示的數值與真實數值之間的關係。利用標準頻率儀器進行校正，可確保測量儀器的可靠性。</p> <p>光頻量測的相關研究在近十幾年越來越重要的原因是光頻產生器在近年的快速發展。而光頻量測對於光鐘也扮演著重要的角色，量測光鐘內高準確度的穩頻雷射需要利用到光頻量測系統來進行分析。中華電信研究院國家時頻標準實驗室已於 2015 及 2016 兩年完成建立可追溯至國家頻率標準的光頻段頻率量測技術，光纖光梳雷射為該技術主要的核心設備。</p> <p>目前實驗室內缺乏可支援 40GHz 以上的校正儀器，而高頻低雜訊的量測儀器價格極高，因此我們希望藉由光頻降至微波頻的方式來達到與標準頻率檢測儀器一樣的效果。為了與 5G 通訊時代做連接，建置光頻量測與國內微波頻率標準可涵蓋到 5G 通訊(約 60GHz)的追溯鏈，我們利用光梳頻雷射系統產生的脈衝重複頻率經由光偵測器轉換成電訊號後，與待測元件兩者經過混波器做拍頻，最後利用 SR620 計頻器直接量測兩者混頻後的頻率輸出值(10MHz)，並且根據紀錄值來計算其頻率準確度及穩定度，其量測頻率輸出範圍 40GHz~ 60 GHz。</p>				

技術報告(7)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
技術報告

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	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院	執行期間	109 年 1 月至 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	5G 電信網路的時間同步需求及標準分析		
	英文			
撰寫人	曾文宏			
撰寫日期	中華民國 109 年 9 月 4 日		撰寫語言及頁數	中文 20 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	SDR TWSTFT, calibration, time, frequency, UTC			
<p>內容摘要：</p> <p>5G 電信網路被寄望盛載並帶動各式新興寬頻電信服務及創新垂直應用服務，可實現大數據、人工智慧、物聯網等技術，促成遠端照護、無人車、機器人、AR/VR 等應用。5G 基本時間同步需求為 3 微秒，協同增強高精度時間同步需求為 65-260 奈秒。而 5G 第二階段的 Release 16 規範及接下來的 Release 17 規範，讓行動寬頻技術帶來許多革新業務，包括高精度定位、高速移動無線覆蓋、時間延遲精確量測，以及延伸至工業物聯網應用的支援、車聯網(V2X)與智能製造等領域，這些 5G 新興服務的時間同步需求更可達 3 奈秒，需要高精度時間同步的支援。</p> <p>電信同步網路的技術發展已久，過去主要是為了保障電信服務的品質；然而 5G 電信網路一系列的新時間同步要求以及同步應用需求，攸關了整個 5G 產業應用遠景的實現，對電信同步網路是重大的挑戰。這些挑戰包括，超低延遲應用和先進無線電技術的使用，僅透過基地臺安裝一般 GPS 接收機以無法完全滿足需求。本篇報告介紹了電信同步網路所用到的主要同步技術，包括 GPS 技術現況以及屬於封包層的 IEEE 1588v2 精確時間協議(PTP)，概述 5G 時間同步架構圖，並簡介國際電信聯盟電信標準化部門(ITU-T)，針對「網路同步與時間分配性能」所發展的標準文件。希望，有興趣的讀者透過本報告能快速了解 5G 電信同步網路的概貌。</p> <p>5G 網路的創新應用有許多未來可能性，然而實現這些應用服務，仍待各界的齊心努力各獻所長，為下一波的工業革命開拓寬闊的未來。</p>				

技術報告(8)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表
技術報告

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	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	109 年 1 月至 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	
成果名稱	中文	穩頻雷射技術開發與性能測試分析		
	英文			
撰寫人	張博程			
撰寫日期	中華民國 109 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	雷射穩頻、壓電調整、Pound-Drever-Hall、誤差訊號			
<p>內容摘要：</p> <p>雷射穩頻是將雷射頻率鎖在穩定頻率參考點的技術，目前最好的選擇是原子或分子的光譜，它所提供的譜線夠細而且重複性也高，因此雷射波長鎖到這些參考光譜線上可以獲得很高的波長或頻率的穩定度，同時可追溯至國際標準。</p> <p>我們於 2018 年已初步利用雷射掃頻方式觀測到 BIPM 建議之銣原子 778 nm 雙光子能階躍遷所產生的螢光信號，其方法係由一部信號產生器輸出週期性的電壓信號來驅動窄線寬雷射中的快速壓電調整功能(Fast Piezo Tuning)使其輸出雷射信號可以來回地掃過銣原子頻率躍遷所需要的波長(778.1054 nm)；於 2019 年設計穩頻所需的光路並透過解調光電倍增管所偵測到的螢光訊號來控制窄線寬雷射以鎖頻至特定原子能階躍遷。因初次鎖頻的效果未達到預期理想，推測是窄線寬雷射本身輸出的信號帶有高頻雜訊(jitter)且超過窄線寬雷射壓電調整功能所能處理的範圍，因此另外設計一個可調式共振腔利用 Pound-Drever-Hall (PDH) 穩頻法來減少雷射的抖動。於 2020 年進行將 PDH 方法所得的低頻誤差訊號回授給窄線寬雷射，而高頻部份則回授給後來加進光路上的聲光調變器(acousto-optic modulator, AOM)，因此原窄線寬雷射產生的高低頻的雜訊都受到控制。接著進行鎖頻至銣原子能階躍遷，光電倍增管所偵測到的螢光訊號解調後改回授給外部共振腔的壓電控制片，目前達成穩定鎖頻 3~4 小時的效果。我們也將雷射輸出信號與中央大學物理系的鈦藍寶石光梳雷射 (Ti:sapphire comb laser)進行拍頻來評估其頻率穩定度(Allan Deviation)，結果顯示其一秒的穩定度優於 5.6E-12，非常接近商用銣原子鐘的水準 5.0E-12。</p>				

出國報告(1)

109 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 出國報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	109-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	109 年 1 月至 109 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	
成果名稱	中文	『赴美國 San Diego 參加 2020 PTTI 研討會暨發表論文』出國報告		
	英文			
撰寫人	林信嚴			
撰寫日期	中華民國 109 年 2 月 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密 級	普通
關鍵詞	ITM, EI, PTTI, CCTF, BIPM, GNSS, Time Scale			
內容摘要：				
<p>本次出國之主要任務是赴美國 San Diego (聖地牙哥) 參加 2020 PTTI 研討會並發表論文『The Portable Cesium Clock Time Transfer at the Nano Second Level』一篇。會議期間並出席由國際 GNSS 服務組織(IGS)主辦之 IGS 時序結果工作組會議(Clock Products Working Group Meeting)，國際時間與頻率技術諮詢委員會衛星雙向傳時工作組(CCTF-WGTWSTFT)主辦之 TWSTFT Participating Station meeting (WGTWSTFT PS Meeting)，及國際電機電子工程師學會 IEEE-1193 暨 IEEE-1139 標準編修工作組(IEEE Joint P1193 and P1139 Working Group)主辦之 IEEE-1139 及 IEEE-1193 標準編修會議。</p> <p>本報告包括目的、過程、會議進行內容及心得等，並附此次發表之論文內容及相關專有名之中英對照表。</p>				

(四) 審查意見表

審 查 意 見 表

計畫名稱：109 年度「建立及維持國家時間與頻率標準計畫(4/4)」

細部計畫審查

期中報告

期末執行報告

建 議 事 項	說 明
A 委員	
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
1.	
2.	
3.	
4.	

五、 標準國家時頻標準實驗室 時頻校正之「標準系統能量與校正服務資料表」(11月份止)

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		FY10 5	FY10 6	FY10 7	FY10 8	FY10 9	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	<input type="checkbox"/>		時間信號產生器	2	4	5	7	10	28	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	<input type="checkbox"/>		頻率信號產生器 (非原子鐘等級)	14	43	48	32	28	165	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	<input type="checkbox"/>		頻率信號產生器 (原子鐘等級)	14	32	29	41	35	151	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	<input type="checkbox"/>		頻率信號產生器 (銻原子鐘等級以上)	3	2	0	0	0	5	張博程	◎		此系統為本實驗室目前原子鐘群(含5部銻鐘及5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	<input type="checkbox"/>		頻率信號產生器	1	2	2	4	3	12	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	0	1	1	5	2	9	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。

六、 校正服務滿意度調查

109 年度 國家時間與頻率標準實驗室 校正顧客滿意度統計表(11 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	10	無	0	100
2	7	無	0	100
3	18	無	0	100
4	3	無	0	100
5	8	無	0	100
6	2	無	0	100
7	10	無	0	100
8	0	無	0	100
9	8	無	0	100
10	3	無	0	100
11	9	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 Frequencies(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-Random noise	新一代雙電碼
EFTF	European Frequency and Time Forum	歐洲時頻論壇
ESA	European Space Agency	歐洲太空總署
EUROMET	European Metrology Collaboration	歐洲量測組織
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球導航衛星系統
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

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

英文縮寫	英文全名	中文解釋
		會
NTSC	National Time Service Center	中國大陸中國科學院國家授時中心
NTP	Network Time Protocol	網路校時服務
OCXO	Oven Controlled crystal Oscillator	溫爐控制晶體振盪器
OP	Observatoire de Paris (LNE-SYRTE)	巴黎天文台
ORB	Observatoire Royal de Belgique	比利時皇家天文台
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany	德國物理與技術研究院
PTTI	Precise Time and Time Interval Meeting	精密時間與時間間隔研討會
ROA	Real Instituto Observatorio de la Armada en San Fernando	西班牙皇家天文台
SDR	Software Define Receiver	軟體接收機
SGOF	Study Group on Optical Fibre Links	光纖傳時研究小組
SP	Technical Research Institute of Sweden	瑞典國家技術研究所
SU	Institute of Metrology for Time and 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

英文縮寫	英文全名	中文解釋
VSL	Van Swinden Laboratorium, the Netherlands	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

