



國家時間與頻率標準實驗室民國 103 年度計畫執行報告

建立及維持國家時間與頻率標準(1/4)

全程計畫: 自民國 103 年 1 月至 106 年 12 月止
本年度計畫: 自民國 103 年 1 月至 103 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 104 年 1 月

民國 103 年度計畫執行報告摘要記錄表

計畫名稱	建立及維持國家時間與頻率標準		計畫編號	103-1403-05-05-01	
主辦單位	經濟部標準檢驗局	執行機構	中華電信研究院		
計畫主持人	楊文豪	電話	03-4244931	傳真	03-4245474
協同主持人	廖嘉旭	電話	03-4244441	傳真	03-4245474
計畫分類	<input type="checkbox"/> 研究發展類 <input type="checkbox"/> 技術推展類 <input checked="" type="checkbox"/> 行政配合類				
執行期限	本年度計畫自 民國 103 年 1 月起至 103 年 12 月止				
	全 程計畫自 民國 103 年 1 月起至 106 年 12 月止				
經費概算	全程計畫經費		142,975 (千元)		
	本年度預算	31,383(千元)	實支數(11 月止)	24,387.239(仟元) 實際與預算支用比 ~100 (%)	
計畫連絡人	林晃田	電話	03-4244066	傳真	03-4245474
<p>計畫摘要：本計畫之執行，旨在配合經濟部標準檢驗局因應國內工業發展及經濟持續成長之需求，建立及維持時間與頻率國家最高標準，確保量測的一致性與準確性，並與國際標準一致，提供國內量測校正之追溯依據，以達到促進產業升級及提昇科技研究水準之目標，本年度進行以下項目之研究工作：</p> <p>(一) 國家標準實驗室維持及性能提昇</p> <p>(二) 時頻校核技術研究</p> <p>(三) 標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣</p>					

專有名詞中英對照

英文縮寫	英文全名	中文解釋
ANSI	American National Standard Institute	美國國家標準研究所
APLAC	Asia Pacific Laboratory Accreditation Coop.	亞太實驗室認證組織
APMP	Asia-Pacific Metrology Programme	亞太計量組織
A*STAR	Agency of Science, Technology and Research, Singapore	新加坡科技研究局
ATF	Asia-Pacific Time and Frequency Workshop	亞太時頻論壇
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures(法文)	國際度量衡局
CCTF	Comite Consultatif du Temps et des Frequences(法文)	國際度量衡委員會時間與頻率諮詢委員會
CGPM	Conference Generale des Poids et Mesures(法文)	國際度量衡大會
CIPM	Comite International des Poids et Mesures(法文)	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
EUROMET	European Metrology Collaboration	歐洲量測組織
GPS	Global Positioning System	全球定位系統
GPS AV	Global Positioning System All-in-view method	全球定位系統全視觀測法
GPS CP	Global Positioning System Carrier Phase method	全球定位系統載波相位觀測法
GPS CV	Global Positioning System Common-view method	全球定位系統共視法

英文縮寫	英文全名	中文解釋
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
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
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	加拿大國家研究會
NTSC	NationalTimeServiceCenter	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

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

目 錄

壹、基本摘要.....	1
貳、年度國家時間與頻率標準實驗室大事紀要.....	4
參、報告內容.....	6
一、執行績效檢討.....	6
(一) 與計畫符合情形.....	6
1. 進度與計畫符合情形.....	6
2. 配合計畫與措施.....	7
(二) 資源運用情形.....	8
1. 人力運用情形.....	8
2. 設備購置與利用情形.....	9
3. 經費運用情形.....	10
(三) 人力培訓情形.....	12
1. 國外出差人員一覽表.....	13
2. 國內受訓一覽表.....	14
(四) 標準維持情形.....	15
二、成果效益檢討.....	20
(一) 國家標準實驗室維持及性能增進研究.....	20
(二) 時頻校核技術研究.....	48
(三) 標準時頻傳遞.....	92
(四) 其他.....	126
三、結論與建議.....	136
附件.....	
(一) 新台幣一百萬以上儀器設備清單.....	139
(二) 各種報告(技術報告、論文、出國報告)一覽表.....	140
(三) 研究成果統計表.....	145
(四) 附則.....	174
(五) 標準系統能量與校正服務資料表.....	180
(六) 校正服務滿意度調查.....	182

壹、基本摘要內容

計畫名稱：建立及維持國家時間與頻率標準審議編號：**103-1403-05-01**
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：林晃田
聯絡電話：(03) 424-4066 傳真號碼：(03) 424-5474
期程：民國103年1月至106年12月
經費：(全程) **142,975** 仟元 103 (年度) 31,383 仟元

執行情形：

一.執行進度：預定(%)	實際(%)	比較(%)
年度： 92%	92%	0%
總進度： 23%	23%	0%

二.經費支用：年度預算 31,383 (仟元)

實際：24,387.239 (仟元) 年度支用比率 77.71 (%)
預算：24,388 (仟元) 實際支用比率 ~100 (%)
總經費：1億42,975 千元

三.主要執行內容：(每行28字，2000字以內)

國家時頻標準實驗室(以下簡稱本實驗室)執行業務之主要目的，為建立、維持及傳遞國家最高時間與頻率標準，以滿足社會大眾之需求。為促進國內產業持續發展及提昇量測技術水準，本實驗室乃延續標檢局委託前五期「建立及維持國家時間與頻率標準」中程計畫內容，進行國家時頻標準之維持、增進與傳遞推廣。標準檢驗局為研擬標準發展策略之需要，於民國 100 年 8 月舉辦國家度量衡標準實驗室發展策略第三次會議，本計畫書依據會議結論規劃，除繼續維持國家時頻標準及相關各項服務，並提昇其性能之外，更將積極拓展新的研究領域。有關民國 103 年度各項重要研究項目及目標摘要如下：

國家標準實驗室維持與性能提昇

此項目旨在國家時頻標準之建立、維持與系統性能之提昇，其要點如下：

1. 維持並提昇國家標準頻率之穩定度及準確度達到優於 $1.0E-14$ ，且 時刻差值與國際度量衡局(Bureau International des Poids et Mesures, BIPM)同步在 50 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) 以及國際原子時(International Atomic Time, TAI) 等國際標準，在國際時頻機構擁有代表席位。
3. 提升時頻校正能量與系統自動化設計，提供 TAF(Taiwan Accreditation

Foundation) 認可實驗室之精密儀器校正服務，減少因儀器所造成實驗室工作誤差，提昇其不確定度。

4. 近來本實驗室 UTC(TL)之穩定度維持在 $3.0E-15 \sim 1.0E-14$ (30 days stability)，精確度約為 15 ns/month，皆已經達到相當先進水準。但舊有的 2 部俄羅斯製氫鐘皆已故障，無法提供備援，僅剩一部瑞士製氫鐘作為母鐘參考源。一旦發生故障，必然降低 UTC(TL)之穩定度，並使 UTC-UTC(TL)時刻差變大。為避免此唯一可用的氫鐘故障，影響實驗室效能，乃至無法進行國際傳時比對及國內精密校正業務，擬新購一部具有 Self auto-tuning 功能之主動式氫微射頻率標準器，做為參考源，以增加實驗室所維持標準之可靠度。預計在新購氫鐘穩定後，持續進行時間評量(Time Scaling)技術性能研究，可在本實驗室現有之時間評量系統基礎上，進一步提升 UTC(TL)之短、中期穩定度。
5. 維持「時間源比較系統」正常運作，以提供正確、不中斷之服務品質。
6. 提供國內廠商主、被動式元件之短期穩定度量測服務，並進行相關研究以提升量測技術及精度。
7. 瞭解國際時頻發展趨勢，與世界知名實驗室建立合作關係，並交換技術經驗，促進本實驗室技術水準之提昇。

時頻校核技術研究

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

1. 持續進行 GPS(Global Positioning System, 全球定位系統)之雙頻多通道共視法觀測(GPS CV)、GPS 之雙頻多通道全視法觀測(GPS AV)、GPS 載波相位觀測(GPS CP)、GPS P3 觀測、BIPM TAIPPP 先鋒計畫觀測等，並將資料傳送 BIPM，以完成追溯及持續參與先鋒研究。
2. 持續進行國際衛星雙向傳時實驗，包括：持續進行亞太地區之衛星雙向傳時網路、與歐洲德國物理與技術研究院(PTB)，及亞美之間的衛星雙向傳時實驗，並拓展聯繫歐美重要時頻中心的雙向比對鏈路，以增進國際合作關係。深入衛星雙向傳時特性探討及新技術研發，以提昇傳時效能。
3. 積極參與有關 CIPM CCTF(Comite Consultatif du Temps et des Frequences) TAI 貢獻實驗室代表大會、GPS 技術工作委員會，及衛星雙向傳時技術參與實驗室之委員會。或藉由參加國際時頻研討會，掌握國外技術發展趨勢，及增進國際

合作關係。

標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣(原「標準時頻傳遞」子項)

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

1. 維持網際網路校時系統，以滿足全國社會民生，及產業界之資訊、通訊、控制系統等設備，對於數位化校時之使用需求。
2. 留意並滿足 APLAC(Asia Pacific Laboratory Accreditation Coop.,亞太實驗室認證組織)和 TAF 對國際實驗室間之傳時比對，及國內實驗室間能力試驗之要求。
3. 開發新的時頻傳遞技術，舉辦技術比對活動及國內、外之研討會，以增進技術交流，並提升實驗室之知名度與重要性。
4. 低頻無線時頻傳輸系統之時頻應用研究

結合高精度的國家標準時間，以無線方式提供全國民眾自動校時與時間同步，傳送可信賴之國家標準時間，並提供公共民生之應用服務。低成本且能輕易地接收國家標準時間，必能引起廣泛應用。低頻無線時頻傳播系統若能建置完成，將可滿足民生、通信、資訊、醫療、乃至環保之無線自動校時需求，達到全國無線時頻同步的要求，進而提昇生活品質。此項目之要點為：

- (a) 低頻發射機架構研究，包括公眾訊息服務(Public Information Server), 時間碼產生器(Time Code PWM Generator), 調幅調變機(77.5kHz AM Modulator), 天線及放大器(Antenna and Class D Amplifier)。
- (b) 持續進行低頻系統於公共民生訊息傳播之應用推廣，爭取公部門對於低頻傳播系統建置經費的支持，早日完成低頻傳播系統建置。

貳、民國 103 年度國家時間與頻率標準實驗室大事紀要

日期(民國)	技術成果與活動	人事與國際合作
103.01.06	經濟部標準檢驗局 102 年度委辦計畫期末審查會	
103.03.28	經濟部標準檢驗局舉辦 103 年綱要計畫書審查會	
103.03.05-6.16		完成 APMP 對美洲秘魯相互認可協定(MRA)之校正與量測能力(CMC) inter-regional 審查工作及最後文件認可- CMC SIM.TF.9.2014。
103.05.19-22		完成參與舉辦 2014 IEEE IFCS 國際頻率信號控制研討會。 實驗室同仁並擔任會議技術委員協助會議籌備,會議期間擔任 Session Chair, 主持口頭發表會 2 場、海報張貼發表會 1 場並負責學生論文競賽分組裁判長等工作。
103.07.31	實驗室曾文宏博士及林信嚴研究員,榮獲美國國家標準實驗室公會 (NCSLI) 年度『NCSLI Measure Editor's Choice Award』論文獎。	
103.08.09-		進行 APMP TCTF 相互認可協定(MRA)工作小組對美洲哥倫比亞(Colombia)實驗室 INM 之校正與量測能力 inter-regional 審查作業。已完成審查報告,目前正等待回覆。 (CMC SIM.TF.10.2014)
103.08.20-		進行 APMP TCTF 相互認可協定(MRA)工作小組對區域內實驗室中華民國台灣 TL 之校正與量測能力 intra-regional 審查作業。已完成審查報告,目前收到修訂文件及意見回覆,正進行複審作業中。 (CMC APMP.TF.13.2014)。
103.09.04-11.17		完成 APMP TCTF 相互認可協定(MRA)工作小組對美洲哥斯大黎加(Costa Rica)實驗室

		ICE 之校正與量測能力 inter-regional 審查作業。已完成對審查後修改文件之認可。(CMC SIM.TF.11.2014)
103.09.30-11.30		曾文宏博士交接 APMP TCTF 相互認可協定(MRA)工作小組負責人職務給新任工作小組負責人澳洲實驗室 Mr. Louis Marais。並平行協助部分文件審查作業。
103.09.20		舉辦 2014 APMP TCTF Time and Frequency workshop
103.09.22~103.09.23		林晃田博士 主持於韓國大田舉辦之 APMP TCTF 年度會議並將 TCTF 主席職務交接給澳洲 NMIA 的 Dr. M. Wouters
103.09.24	林晃田博士獲頒 APMP 技術貢獻獎	
103.09.25~103.09.26		廖嘉旭博士與林晃田博士參加韓國大田舉辦之 APMP GA 系列會議
103.11.5~103.11.8		林晃田博士應邀赴大陸北京參加由德國 PTB 經費支持之 DEC Workshop on participation in UTC 研討會並發表兩場演講
103.11.29~103.12.6		赴美國參加 2014 導航協會精密時間與時間間隔(The Institute of Navigation/Precise Time and Time Interval Meeting, ION/PTTI)研討會並發表論文及參加 CCTF WGTWSTFT 工作小組討論會

參、報告內容

一、執行績效檢討

(一) 與計畫符合情形

1. 進度與計畫符合情形

預定工作進度查核點	預定完成日期 (民國)	實際完成日期 (民國)	進度 是 否 符合
➤ A1 第一季維持與國際度量衡局之時刻差小於 50 奈秒 (此精度為全球領先水準)	103.03	103.03	符合
➤ A2 年度累積完成校正服務 10 件	103.03	103.03	符合
➤ A3 第一季提供平均每日超過 2100 萬次之校時服務	103.03	103.03	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 1×10^{-14}	103.06	103.06	符合
➤ B2 年度累積完成校正服務 20 件	103.06	103.06	符合
➤ B3 完成衛星雙向傳時比對網路數據分析報告	103.06	103.06	符合
➤ C1 前三季繼續保持與國際度量衡局之時刻差小於 50 奈 秒	103.09	103.09	符合
➤ C2 年度累積完成校正服務 30 件	103.09	103.09	符合
➤ C3 於國家時間與頻率標準實驗室建置光梳量測系統之 可行性分析	103.09	103.09	符合
➤ C4 完成自主性 GNSS 遠端時頻校正系統 Link Calibration Method 驗證與性能評估	103.09	103.09	符合
➤ C5 完成光纖傳時技術對未來科技基礎建設之應用評估報 告	103.09	103.09	符合
➤ C6 完成舉辦 ATF 2014 workshop 研討會	103.09	103.09	符合
➤ C7 完成低頻發射機架構研究	103.09	103.09	符合
➤ D1 本年度繼續保持與國際度量衡局之時刻差小於 50 奈 秒	103.12	103.12	符合
➤ D2 本年度維持與國際度量衡局之頻率穩定度與準確度 小於 1×10^{-14}	103.12	103.12	符合
➤ D3 年度累積完成校正服務 48 件	103.12	103.12	符合
➤ D4 微波 40GHz 量測技術研究	103.12	103.12	符合
➤ D5 GNSS 電離層折射與散射效應研究報告	103.12	103.12	符合
➤ D6 完成語音報時加碼之可行性研究報告	103.12	103.12	符合
➤ D7 提供本年度平均每日超過 2200 萬次校時服務	103.12	103.12	符合

2. 配合計畫及措施

合作單位	合作計畫內容與成效	期間
國立中央大學物理系	<p>委託研究案：「利用鈹原子鐘進行 884-nm 波長光頻率之量測」</p> <p>鈹原子 6S-6D, 884-nm 躍遷之超精細光譜正好落於鈹藍寶石光梳雷射的可量測光頻範圍，透過光路的設計除了找到這條躍遷的譜線中心外同時可將相關雷射加以穩頻並進行頻率量測。這個躍遷不但在物理上重要，同時也是學習鈹藍寶石光梳雷射實作很好的途徑。雖然鈹藍寶石光梳雷射功能優異，但其設備架構太龐大與複雜，因此中央大學鄭教授於期末報告中建議中華電信研究院國家標準時頻實驗室明年度建置光頻量測系統採用光纖光梳雷射來取代鈹藍寶石光梳雷射並提出三種可行的方案作為參考。</p>	103.03.01~ 103.11.30

(二)資源運用情形(11 月止)

1. 人力運用情形

(1) 人力配置

主持人	分項計畫(分項及主持人)	子計畫 (名稱及主持人)	年度 人月	實際 人月 (11 月 止)	差異
楊文豪	廖嘉旭	國家標準實驗室維持及性能增進 (林信嚴)	58	44	待增人員 未補實
		時頻校核技術 (林晃田)	52	42	待增人員 未補實
		時頻傳遞 (林清江)	46	36	待增人員 未補實
合計			150	122	

(2) 計畫人力

分類		職稱					學歷					合計
年度	狀況	研究 員級	副研 究員 級	助理 研究 員級	研究 助理 員級	研究 助理 員級 以下	博士	碩士	學士	專科	其他	
103 (人月)	預計	49	65	24		12	49	89	12			150
	實際	45	60	11		6	45	71	6			122

2. 設備採購與利用情形

儀器設備名稱及數量金額 (單位：元)	採購時間 (民國)		運用情形					備註
	預定	實際	優良	佳	尚可	稍差	不佳	
氫原子鐘(8,103,239)	103.10	103.06	V					

3.經費運用情形

(1) 預算執行情形

單位：千元

科目	全年度 預算數	累計分 配預算 (1)	累計實支數 (2)	暫 付 款 (3)	應 付 款 (4)	保 留 數 (5)	合 計 (6)=(2)+(3)+ (4)+(5)	執行率 (6)/(1) %	備註
經常支出									
直接費用	21,125	21,125	21,125				21,125	100	
公費	1,045	1,045	1,045				1,045	100	
營業稅	1,108	1,108	1,108				1,108	100	
小計	23,279	23,279	23,279				23,279	100	
資本支出									
機械設備	8,104	8,104	8,103.4				8,103.4	99.99	
小計	8,104	8,104	8,103.4				8,103.4	99.99	
合計	31,383	31,383	31,382.4				31,382.4	~100	因 TL 實際投入經費較委辦經費高，預估 BSMI 年度預算將全部執行完畢，不足部份由 TL 吸收

(2) 歲入繳庫情形
(截至 11 月止)

單位：元

科目	實際發生數	說明
財產收入		
不動產租金		
動產租金		
廢舊物資售價		
技術移轉		
權利金		
技術授權		
製程使用		
其他		
罰金罰款收入		
罰金罰款		
其他收入		
供應收入— 資料書刊費		
服務收入— 教育學術收入 技術服務	944,500	校正件數 73 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	944,500	校正件數 73 件

(三)人力培訓情形

計畫名稱：建立及維持國家時間與頻率標準

國家標準實驗室計畫國外出差人員一覽表

出差性質	主要內容	出差機構及國家	期間(民國)	參加人員姓名	在本計畫擔任之工作	對本計畫之助益
參加會議	參加 APMP mid-year meeting	KIM-LIPI/ 印尼	103.6.1 ~ 103.6.5	林晃田	品質主管及時頻校核技術研究	APMP mid-year meeting 主要由 APMP 執行委員會(EC)委員、各領域技術(TC)主席及開發中國家(DEC)代表所共同參與之年會，以共同推動亞太地區計量領域活動，並審查國際相互認可相關規範之適切性，除可尋求讓亞太地區標準實驗室間的合作更向前邁進一步，對提升本實驗室在國際上的能見度與貢獻度，均有極大的幫助。
參加會議	參加 2014 EFTF 研討會並發表論文及赴國際度量衡局討論 TAI 歐亞鍊路校正及參訪其 GNSS 校正實驗設備	瑞士 Neuchatel 及 法國 Sevres	103.6.21 ~ 103.7.04	林信嚴	時頻校核技術研究	EFTF (歐洲頻率與時間會議) 2014 會議為歐洲地區針對頻率與時間領域所召開的國際研討會，此次與 iFCS(國際頻率控制研討會)合辦。會中針對各項時頻相關主題進行探討，參加此項會議可提升本院研究水準並與歐洲地區相關實驗室進行討論。 CCTF 為 CIPM 下之時間與頻率技術諮詢委員會，基於我國為參與實驗室，對國際原子時亦有貢獻，且 CCTF 衛星雙向傳時工作小組在此期間召開討論會，本實驗室亦為參與實驗室，故派員參加此討論，促進相互合作關係，提昇本實驗室國際能見度及貢獻度。
參加會議	赴巴西參加 CPEM 2014 研討會並發表兩篇論文	巴西	103.08.23 - 103.08.30	黃毅軍	時頻校核技術研究	CPEM (Conference on Precision Electromagnetic Measurements) 為由 BIPM、IEEE、NIST 等五個單位永久主辦兩年一度之重要的國際性量測技術研討會，其論文集為 EI 等級。精密量測技術攸關國家下一代產業的發展，參加該會目的在發表論文，並瞭解國際上相關量測技術的最新發展趨勢，有利掌握先機增加合作機會。並可投稿 IEEE Tran. IM 特刊，藉以提昇實驗室論文水準。
參加會議	衛星雙向傳時工作小組 (WGTWSTFT) 年度會議	俄羅斯 莫斯科	103.09.13 ~ 103.09.18	林信嚴	時頻校核技術研究	BIPM 為世界度量衡最高標準機構，CCTF 為國際度量衡委員會 (CIPM) 下之時間與頻率技術諮詢委員會，每兩至三年舉辦一次 CCTF 委員會會議，為各國時頻實驗室

						不容錯過的盛會。基於本實驗室對國際原子時的貢獻，獲邀參與此會議，與各國代表交流討論，有助於提昇實驗室之能見度及推動後續合作事宜。
參加會議	參加亞太計量組織大會及技術委員會會議 (APMP 2014 GA, TC meetings, and Time & Frequency Workshop) 等會議	KRISS/韓國	103.09.19 ~ 103.09.27	廖嘉旭 林晃田 曾文宏	計畫主持人 時頻校核技術研究 時頻校核技術研究	本實驗室為 APMP 正會員，參加 APMP 2014 會議，可讓亞太地區標準實驗室之間的合作更向前邁進，對於提升本實驗室在國際上的能見度與貢獻度有莫大的幫助。本實驗室為 APMP TCTF 及 TCQS 委員實驗室，希望藉由參與此次會議掌握全球最新的量測技術發展趨勢、協調全球相互認可協議之工作、了解各國時頻標準制訂方向，以促使我國相關資通業務發展與國際接軌。促進區域標準之一致，達成國際標準的相互認可，進一步增進亞太地區時頻技術發展與我國相關產業對區域經濟的貢獻與影響力。
參加會議	赴美國參加 2014 導航協會精密時間與時間間隔赴研討會並發表論文及參加 CCTF WGTWSTFT 工作小組討論會	美國/波士頓	103.11.5~ 103.11.8	林信嚴	時頻校核技術研究	1.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。 2.研討會上已發表之論文『Upper Limit Uncertainty Estimation of TL METODE Calibration Tour Using Moving Cs Clock Method』，已與與會專家討論時頻比對不確定度之估算，以提升本實驗室之相關技術能力，並為國際比對進一步降低不確定度做出實際貢獻。 3.此次 WGTWSTFT 工作小組討論會已討論衛星雙向傳時(TWSTFT)之標準校正程序，另外歐亞鏈路使用衛星 AM-2 壽年將屆，於莫斯科舉辦之工作小組會議未能確認後繼可能衛星選擇及費用分攤細節，已於此次會議繼續討論。出席此會議將可為本實驗室爭取較佳權益。

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

國家標準實驗室計畫國內受訓一覽表

訓練名稱	主要內容	訓練機構	期間 (民國)	參加人員姓名	在本計畫擔任工作	對本計畫之助益
TAF 年會/實驗室主管及報告簽署人在職訓練	TAF 實驗室認證規範更新說明及討論	全國認證基金會	103.6.23	林晃田	品質主管、時間校核技術	瞭解 TAF 實驗室認證規範之更新內容，以利後續事務配合
TAF 能力試驗執行機構年會暨主管會議	TAF 有關能力試驗執行機構相關規範之說明	全國認證基金會	103.5.30	林晃田	品質主管、時間校核技術	瞭解 TAF 有關能力試驗執行機構相關規範，以利後續事務配合

(四)標準維持情形：

標準件校正日期及追溯來源詳如下表

編號	有關儀器標準件	校正日期(民國)	追溯來源
1	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 300	83.11 替代 CS160 提供母鐘信號 89.7.18 不穩定並重新啟動 89.7.27 送日本換銻束管 90.06.26 修復驗收完成參與國家時頻維持 91.06.28 替代 CS809 提供母鐘信號 92.5.19 頻率不穩定改由 CS1712 提供母鐘信號 98.04 故障 98.12 送美國原廠維修 99.06.01 修復完成，現使用於遊校。	BIPM
2	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 160	83.11 故障送修，83.12 修護與 UTC(TL)持續比對；85.09 故障送修，86.04 修護與 UTC(TL)持續比對 89.7.10 送日本換銻束管 90.06.24 修復驗收完成。(目前故障待修)	BIPM
3	銻束頻率標準器 HP5061A, S/N 1712	90.10 成參與國家時頻維持 92.5.19 頻率不穩定改由 CS1712 提供母鐘信號 93.12.21 改由 HM76053 提供母鐘信號 99.11 故障待修中	BIPM
4	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 474	84.5.2 新購驗收完成參與國家時頻維持 89.8.11 故障送修 90.05.20 修復驗收完成。 99.11 故障待修中	BIPM
5	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 1132	87.06 新購驗收完成參與國家時頻維持 91.12.5 送日本換銻束管 92.6.30 修復驗收完成參與國家時頻維持	BIPM
6	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 809	85.05 新購驗收完成參與國家時頻維持 90.10.01 替代 CS1498 提供母鐘信號 91.06.28 故障並重新啟動 91.12.5 送日本換銻束管 92.6.30 修復驗收完成參與國家時頻維持 99.04. 故障	BIPM
7	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 1012	86.06 新購驗收完成參與國家時頻維持 92.10.13 故障送日本換銻束管 93.6.30 修復驗收完成參與國家時頻維持 99.08. 故障	BIPM

編號	有關儀器標準件	校正日期(民國)	追溯來源
8	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 1500	89.06 新購驗收完成參與國家時頻維持 93.3.2 故障 94.01.06 送日本換銻束管 94.8.1 參與國家時頻維持	BIPM
9	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 1498	89.04 新購驗收完成參與國家時頻維持 89.12 替代 CS300 提供母鐘信號 97.08 故障 98.03 參與國家時頻維持	BIPM
10	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 1104	95.11.2 送美國換銻束管 96.2.5 修復驗收完成 96.2.16 參與國家時頻維持(新加入)	BIPM
11	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 2365	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
12	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 2366	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
13	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 2367	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
14	銻束頻率標準器 HP5071A, S/N 2368	96.12 新購驗收完成 97.06 參與國家時頻維持	BIPM
15	銻束頻率標準器 Symmetricom,S/N 2630	99.08 新購驗收完成	BIPM
16	銻束頻率標準器 Symmetricom,S/N 2634	99.08 新購驗收完成	BIPM
17	銻束頻率標準器 Symmetricom,S/N 2636	99.08 新購驗收完成	BIPM
18	氫微射頻率標準器 KVARZ, S/N 76052	88.01 參與國家時頻維持 89.11 時間產生單元故障 90.02 修復驗收完成參與國家時頻維持 99.06 由 HM76052 提供母鐘信號 101.02 改由 HM-0057 提供母鐘信號 102.07 修復驗收完成	BIPM
19	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	BIPM
20	氫微射頻率標準器 T4-science, HM-0057	99.06 新購驗收完成 101.02 提供母鐘信號	BIPM
21	相位微調器 AOG model 110 S/N 1804	90.10.04 參與國家標準實驗室母鐘維持 每日 持續性監測 90.10.04 0.00004 ns/s Advance	國家標準實驗室母鐘

編號	有關儀器標準件	校正日期(民國)	追溯來源
22	SDI 5MHZ 分配器	供應標準頻率(5MHz)	國家標準實驗室母鐘
23	切換控制器	每日持續性監測	
24	HP75000, S/N E1421B	供應標準時間(1PPS)	國家標準實驗室母鐘
25	時間差計數器,SR620	83.6.27 更換損壞之 S/N 2410A00790 每日持續性監測 90.12 替代 HP5370 持續性監測	國家標準實驗室母鐘
26	ESA24K-1 CODAN-5900	每日持續性監測	國家標準實驗室母鐘
27	ASHTech GPS RECEIVER SN:RT920012202	每日持續性監測	國家標準實驗室母鐘
28	IRT FRU-1030 S/N 0206082	每日持續性監測	國家標準實驗室母鐘

說明：(參考標準時頻系統維持及追溯方塊圖)

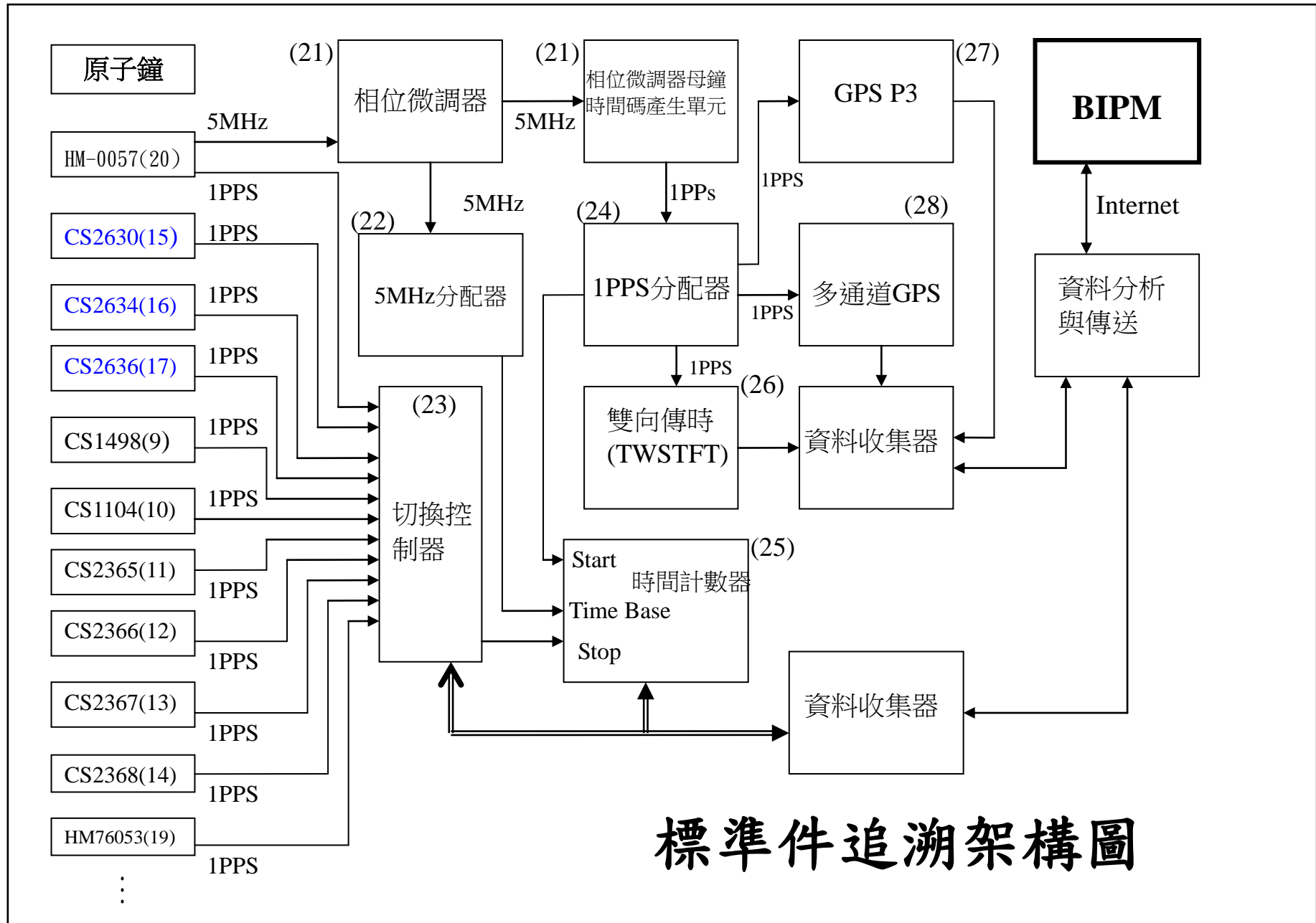
標準件追溯架構如附圖

本實驗室之時頻標準是經原級銫束頻率標準器及氫微射頻率標準器比對產生。所謂原級頻率或時間標準是在運作時不需提供外在校正(CCIR Recommendation 686 之定義)，其中所用 HP5071A 是目前世界上穩定性最佳的商用化銫原子鐘，目前母鐘產生標準信號採用方式係在原子鐘群中長期仔細比對後找出最穩定之原子鐘當主鐘(目前使用 **T4-science**，編號 **HM-0057** 的氫鐘)。主原子鐘之 5MHz 經相位微調器(21)，分配放大器(22)產生 5MHz 之國家標準頻率。5MHz 信號經時間碼產生器(21)而產生中華民國標準時間 UTC(TL)，UTC(TL)經時間差計數器(25)與原子鐘群、GPS(27)接收信號比對。比對結果送至 BIPM，由 BIPM 統計出所有原子鐘與 UTC(BIPM)之時間差值、頻率偏移、權數，此數值每個月由 BIPM 公佈於網站，經本實驗室分析所得結果，用來決定相位微調器所需微調的值，使本實驗室產生之協調時能緊密地追溯至 BIPM。

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

為使我國時頻最高標準與國際標準一致，民國 103 年度執行 5 項國際比對，其相關資訊如下表所示。

比對項目	主辦單位	比對國家/機構	比對月份 (民國)	比對結果公佈 處
原子鐘頻率比對	BIPM	BIPM(55 個實驗室)	103.01~103.12	公佈於 BIPM Time Section 網站
GPS 傳時比對	BIPM	BIPM(55 個實驗室)	103.01~103.12	公佈於 BIPM Time Section 網站
亞太 TWSTFT 之傳時比對	NICT	日本 NICT、台灣 TL	103.01~103.12	公佈於 BIPM Time Section 網站
GPS PPP 傳時比對	BIPM	BIPM (約 26 個實驗室)	103.01~103.12	公佈於 BIPM Time Section 網站
BIPM GNSS link calibration 先鋒計畫	BIPM	德國 PTB、法國 OP、日本 NICT、台灣 TL、大陸 NIM	102.11~103.05	公佈於 BIPM Time Section 網站



標準件追溯架構圖

二、成果效益檢討

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

(一) 標準實驗室維持與性能增進

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

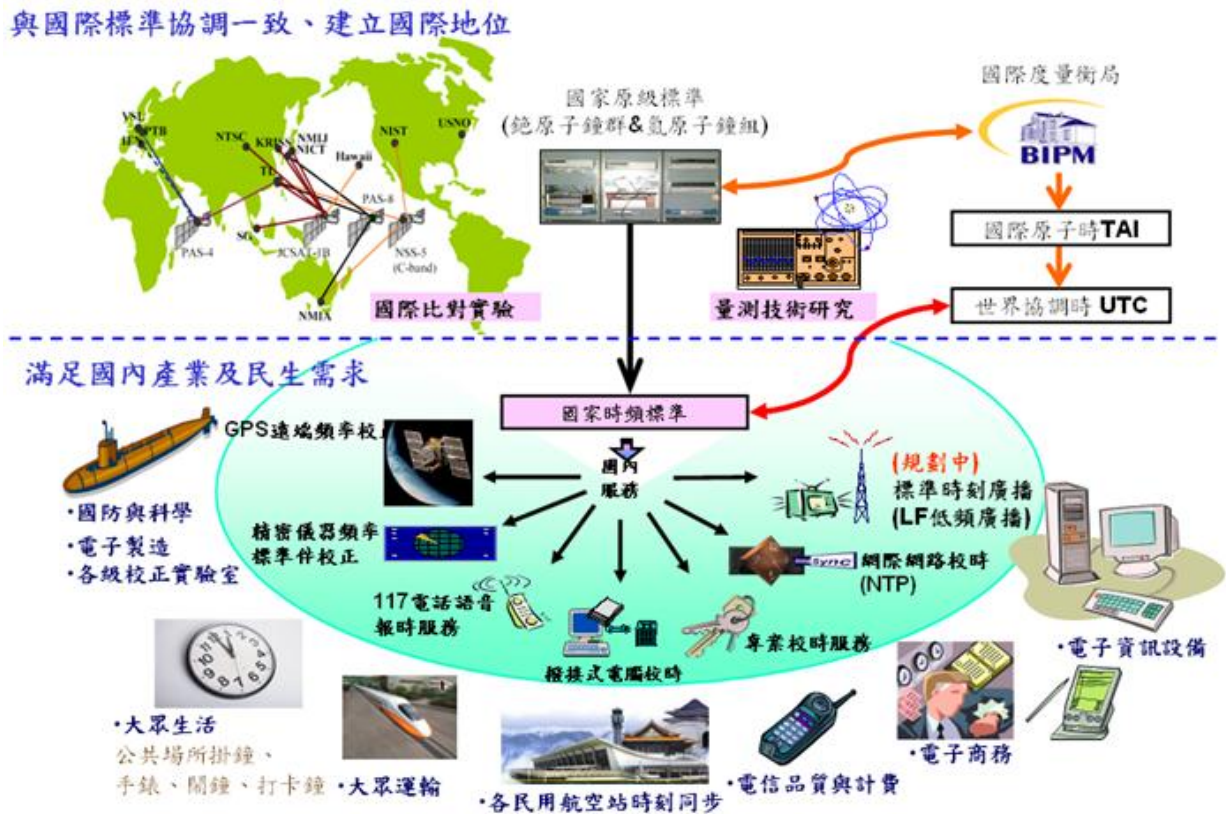


圖 1.1、我國時頻標準之國際接軌與產業服務示意圖

服務產業與應用

- 提供具全球相互認可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。
- 透過 NTP 網際網路校時，提供電腦與資訊設備自動定期校時服務。
- 提供安全可靠的撥接式專線電腦校時服務，應用於民航局近場雷達、及塔台

飛航管制、公共電視等單位。

- 專線式校時系統應用於電信公司，解決視訊網路時間誤差及計費問題。
- 精準時頻技術的研究與推廣，合作對象包括中山科學研究院、國內各大學等。

產業效益

- NTP 網際網路校時準確且便利。
- 提供電子資訊社會公正可信賴的時間，作為交易紀錄及通信計費等用途，以避免系統運作的混亂。
- 振盪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，都需要良好的管理與規劃，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昇。

時間的傳遞：

- 本實驗室提供精密儀器設備之頻率標準件校正服務，為國內各級時頻標準實驗室之追溯源，過去待校件需送至校正實驗室進行校正。一般而言，振盪器會因受環境或其他如開/關機與車輛運送等因素之影響，不易確保振盪器之準確性及穩定性。於是本實驗室發展遠端頻率校核技術，利用觀測 GPS 載波相位達成頻率同步之目的，依此方式校正之振盪器，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已被偵測並加以補償，達到追溯至國家標準之目的，省去運送往返之時間，且有助於提高設備的運用及競爭力。
- 為提供一般民眾所需的標準時刻，本實驗室自民國 87 年起推出 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。由於網際網路普及，NTP 已成為一項準確且便利的校時方法，保守估計目前一天的校正需求量約 2 億次。

- 撥接式電腦校時服務是以數據機撥接方式，擷取本所時間伺服器的信號，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昇國家標準之性能，除持續改善實驗室背景雜訊，提供精密儀器頻率校正及各項時間同步服務外，亦進行提昇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 $\pm 50\text{ns}$ 左右。實驗室維持及性能增進之成果，分別說明如下：

(1.1) 實驗室維持及性能增進

(1.1.1) 國家標準時間的維持及增進性能

(1.1.1.1) 執行項目

國家標準時間的維持現況及其品質分析

(1.1.1.2) 執行內容(執行期間：民國 103.01~103.12)

目前國家時間主要由本實驗室所維持的銻原子鐘群(Agilent 5071A)及三部氫原子鐘(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，國際上名稱是 UTC(TL)，短期調整的機制則是參考銻原子鐘群的統計值。我們透過衛星雙向傳時及 GPS PPP 全視法(all-in-view)等比對實驗，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的權重，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，都需要良善的管理與規劃，以確保時間的精準。原子鐘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，並避免振動發生。本實驗室原子鐘的比對記錄系統有兩套，由於2010年起實驗室空調及UPS、DC電力系統全面改善，新購高性能銫鐘亦較老舊銫鐘穩定，TL原子鐘群之穩定度已有顯著提升。

2012年初原母鐘參考源兩部俄羅斯製氫鐘因壽年已屆，氫源耗盡，目前母鐘參考源由瑞士製iMaser 3000氫鐘取代。新氫鐘之二次項斜率變化已趨於穩定，但其對環境變化較敏感，約為 $1\text{E}-14/^{\circ}\text{C}$ ，未達其規格，但由於目前為唯一可使用之氫鐘，暫時不考慮維修。目前在以增加溫溼度控制手段下，穩定度稍微趨穩，長期穩定度已可達 $1\text{E}-15$ 水準(圖1.3)。另外已以2014年度資本支出預算購買氫鐘一部，已於10月決標，已於2014年5月交貨，2015年度應可加入時間與頻率維持。

氫源耗盡之俄羅斯氫鐘已於2013年度7月進行氫源補充及更換損壞之零組件，其中HM6052已恢復5 MHz輸出，短期穩定度正常，**但長期比對數據顯示其斜率仍有變化**。另一部俄羅斯製氫鐘HM6053之共振腔真空狀態已失，無法於台灣維修，俄羅斯政府已通知原廠，此部氫鐘無法直接再出口至台灣，目前設法透過當時英國代理商Quartzlock進行報價，若有可能維修且維修價格合理將返回俄羅斯原廠進行檢測及維修。2014年交貨之新氫鐘，將與瑞士製氫鐘互為備援，作為母鐘參考源，HM6052將用於Time Scale Algorithm研究。

TL參加由BIPM於2011年發起，2012年1月1日開始試驗之UTC rapid先鋒計畫，先鋒計畫之週報已於2013年7月起由測試報告變更為正式報告，於BIPM ftp網站正式發布，2013年11月之後上傳ftp站亦與負責TAI clock資料之ftp站合併，目錄結構亦配合改變。但UTC仍為世界時間與頻率標準。每週發布之Rapid UTC簡稱UTCr，以與UTC區別。

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)比對值原子鐘比對值及GPS、TWSTFT比對資料由以往每月上傳增加為每日上傳，並配合BIPM上傳ftp站變動修正上傳程式。

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。但因台灣位處電離層赤道異常區，造成較大的誤差。近年來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2002年一月起，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。2005年五月我們完成BIPM之GPS P3電碼比對的精準校正結果，接著於2006年三月完成亞太地區第一個衛星雙向傳時地面站校正實驗，這兩個獨立傳時方法的校正結果，彼此差異僅有0.282 ns。

自2008年起，本實驗室逐漸提升實驗室環境，2009年全新恆溫恆濕空調及UPS、DC電力系統正式運轉啟用，原子鐘穩定性大為增高。此外因為BIPM採用本實驗室與德國PTB之TAIPPP比對結果作為TAI鏈路，A、B類不確定度分別由0.5ns及5ns降至0.3ns及4.8ns，使本實驗室長、短期穩定度進一步提升。

(1.1.1.3)時頻標準維持現況之檢討

BIPM TAI新權重計算方式於2013年中啟用，側重重點由注重原子鐘中長期(6個月)穩定度改為原子鐘中長期之預測度，由於氫鐘在消除2次項後線性度較商用銫鐘為優，可預測性也較佳，2014年1月起氫鐘占權重比例較銫鐘大幅上升。主要影響TAI之短期穩定度較以往提升，本實驗室UTC(TL)之調整策略亦轉以氫鐘之短期預測為主。本實驗室目前共3部氫鐘，瑞士製氫鐘溫度係數較預期為高，中長期性能受溫度變化影響，另一部維修完成之俄羅斯製氫鐘及103年6月方安裝完畢(下頁照片)之美國製氫鐘尚須觀察其中長期性能表現，近期仍以瑞士製氫鐘作為主要母鐘參考源，未來若確認新購氫鐘或俄羅斯氫鐘

中長期性能已進入穩定狀態，將考慮更換母鐘參考源。



拆箱



確認運送過程



安裝



安裝完成

► 本實驗室之美國製氫鐘安裝現場

由於溫度變化對氫鐘性能影響較大，而實驗室之恆溫恆濕空調，因設備已漸老化而控制能力稍有不足，於實驗室獲得足夠經費更新溫濕度控制系統之前，短期以加強要求保養廠商提早維修老舊零件，修改控制參數以降低外界溫濕度變化之影響。目前原子鐘隔離室先以溫度控制為主，原子鐘隔離室之溫控已可保持於 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以內，三部氫鐘之中長期穩定度亦稍有提升。

2011年起由 BIPM 於發起之 UTC rapid 先鋒計畫，於 2013 年 7 月起由測試性質轉為正式性質，每週四公布於 BIPM 網站。目前其時間評量演繹法仍未如 UTC 以氫鐘為主做修正，因此 UTCr 與 UTC 仍有斜率及時差。BIPM 每月根據 UTC 修正 UTCr。由於 UTCr 更具即時性，對於修正 UTC(TL) 之斜率更為快速，未來 UTC(TL) 之斜率調整可能以此為重要參考。

由於 TAI 採用新權重計算方式，2014 年 1 月起氫鐘占權重比例較銫鐘大幅上升，氫鐘較多之實驗室排名往前挪移，2014 年 1-5 月本實驗室僅有 1 部性能尚待調整之氫鐘貢獻權重，月排名退出 10 名外，2013 年 11 月至 2014 年 10 月之平均排名則勉強維持第 10 名（圖 1.2）。

在 UTC(TL)穩定度及準確度方面，TL 之 5 日穩定度約為 $4.0E-15$ ，基本上與過去相當，但由於溫度已可維持於 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ，加上逐漸掌握氫鐘特性，UTC(TL)之長期穩定度約為 $8E-16$ 。就長期穩定度而言已逐漸趕上其他先進實驗室。（圖 1.3）。期望新氫鐘運轉穩定後，輔以加強之 Time Scale Algorithm，可望再有進步空間。

在準確度方面，母鐘參考源瑞士製氫鐘之可預測性，已因溫度控制回穩而提升，2014 年 2 月~2014 年 10 月 UTC-UTC(TL)（圖 1.4）皆保持在 ± 20 ns 之間，較 2013 年之 ± 30 ns 為佳。2013 年應順利可達成全年維持在 ± 50 ns 以內的目標。而 UTCr-UTC(TL)（圖 1.5）皆維持於 $-10\sim 0$ ns 間，目前之差值約在 $-5\sim 0$ ns，大致與其他先進實驗室相當。若可加強母鐘參考源之可靠度及穩定度，則準確度維持目標應可稍再進步。

(1.1.1.4)未來工作重點

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，都需要完善的管理與規劃，以確保時間的精準。近幾年本實驗室積極參與國際之時頻比對計畫，透過合作向歐、美、日等先進實驗室，學習到許多經驗，讓維持時頻標準能力大幅進步，成為受矚目的新興實驗室。未來亦將透過此方式吸收國外實驗室的優點，繼續精進實驗室之性能。

(1.1.1.5)結論

隨著定位導航及太空科技迅速發展，國際時頻實驗室無不投入更多的資源發展新一代的技術。從 2005 年初即展開新一波原子鐘的汰舊換新潮：包括日本、美國、大陸、韓國、瑞士、波蘭等國家標準實驗室，都各自添購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。此外，包括日本、美國、荷蘭、大陸、義大利、英國、韓國等實驗室在過去兩年內陸續開始重建新的實驗室環境，以符合未來快速發展的需求。

為維持在國際上競爭力，我們近程仍需持續監控實驗室整體的環境，而中、長程則應以建置新的實驗室為目標，以因應未來更高精確度的需求。

(1.1.1.6)自評與建議

為增進國家標準時間之穩定度及準確度，實驗室空調及 UPS、DC 電力系統皆已更新，使目前實驗室環境維護稍具規模，短時間內應以維護保養既有設備為主。TAI link 已更換為結合 TWSTFT 及 TAIPPP 技術之 TWPPP，uA 已降至 0.3ns，再改善空間有限，應朝向傳時系統重新校正，降低 uB 方向努力。

2013 年 TL 參與 BIPM TAI 歐亞鏈路校正實驗，為第一波歐亞鏈路校正實驗室 (OP、PTB、PL、TL)，未來本實驗室 TAI 鏈路之不確定度 uB 值將有機會可下降至 2~3ns，可進一步提升 UTC(TL)之準確度及穩定度。

民國 102 年度決標的氫鐘購案，在 103 年順利交貨後，將可於 104 年加入原子鐘群維護國家時頻標準，屆時本實驗室之時間評量演繹法將配合做進一步修改，可望再提升 UTC(TL)之性能。

Nov 13	Dec 13	Jan 14	Feb 14	Mar 14	Apr 14	May 14	Jun 14
1 USNO 24.849	1 USNO 24.193	1 USNO 30.365	1 USNO 31.171	1 USNO 32.777	1 USNO 33.162	1 USNO 33.583	1 USNO 33.562
2 NICT 8.437	2 NICT 9.062	2 NICT 8.370	2 NICT 8.525	2 NICT 7.754	2 SP 7.081	2 SP 6.997	2 NICT 6.878
3 NTSC 7.965	3 NTSC 8.702	3 F 7.858	3 F 6.860	3 SU 6.558	3 NICT 6.679	3 NICT 6.919	3 SP 6.793
4 TL 5.886	4 F 6.706	4 SU 6.563	4 SU 6.556	4 F 6.318	4 SU 6.422	4 SU 6.271	4 SU 6.422
5 F 5.762	5 TL 5.023	5 SP 6.276	5 SP 5.799	5 SP 5.612	5 F 5.160	5 F 5.427	5 F 5.863
6 SP 4.476	6 SP 4.734	6 NIST 5.602	6 NIST 5.500	6 NIM 4.962	6 NTSC 4.906	6 NIST 4.892	6 NIST 4.859
7 NIST 3.760	7 PL 3.587	7 NTSC 4.699	7 NTSC 4.289	7 NIST 4.355	7 NIST 4.005	7 NTSC 4.957	7 NTSC 4.428
8 PL 3.721	8 NIST 3.235	8 NMIJ 2.818	8 NMIJ 2.864	8 NTSC 4.257	8 NIM 3.829	8 NMIJ 3.214	8 NIM 3.431
9 ONRJ 2.738	9 PTB 2.598	9 PTB 2.721	9 PTB 2.726	9 NMIJ 3.143	9 NMIJ 3.314	9 NIM 3.106	9 PTB 3.162
10 IT 2.518	10 IT 2.517	10 TL 2.242	10 IT 2.200	10 PTB 2.794	10 PTB 2.953	10 PTB 3.059	10 IT 2.911

Jul 14	Aug 14	Sep 14	Oct 14	average
1 USNO 33.620	1 USNO 32.903	1 USNO 33.502	1 USNO 33.911	1 USNO 31.458
2 NICT 7.060	2 NICT 7.563	2 NICT 7.966	2 NICT 8.157	2 NICT 7.772
3 SU 6.520	3 SP 6.964	3 F 7.445	3 SU 6.923	3 F 6.395
4 F 6.344	4 SU 6.609	4 SP 6.762	4 F 6.753	4 SP 6.170
5 SP 5.845	5 F 6.250	5 SU 6.599	5 SP 6.701	5 SU 5.569
6 NTSC 4.492	6 NIM 3.804	6 NIST 3.919	6 NIST 4.116	6 NTSC 4.816
7 NIST 3.644	7 NIST 3.699	7 NIM 3.714	7 PTB 3.597	7 NIST 4.299
8 NIM 3.614	8 NTSC 3.657	8 PTB 3.435	8 NIM 3.428	8 NIM 3.184
9 PTB 3.435	9 PTB 3.478	9 IT 3.361	9 IT 3.360	9 PTB 2.988
10 IT 3.301	10 IT 3.230	10 NTSC 3.191	10 AFL 3.117	10 TL 2.842

USNO:	USA	NPL:	United Kingdom	TP:	Czech
F:	France	VSL:	The Netherlands	SCL:	HongKong
NICT:	Japan	IT:	Italy	BEV:	Austria
NIST:	USA	IFAG:	Germany	NTSC:	China
TL:	Taiwan	NIM:	China	ONRJ:	Brazil
PTB:	Germany	ROA:	Spain	KRIS:	Korea
PL:	Poland	NRC:	Canada	SU:	Russia
NMIJ:	Japan	SP:	Sweden	UME:	Turkey

圖 1.2、2013.11-2014.10 世界時頻實驗室佔 TAI 權重前十名排名 (NICT 製表)

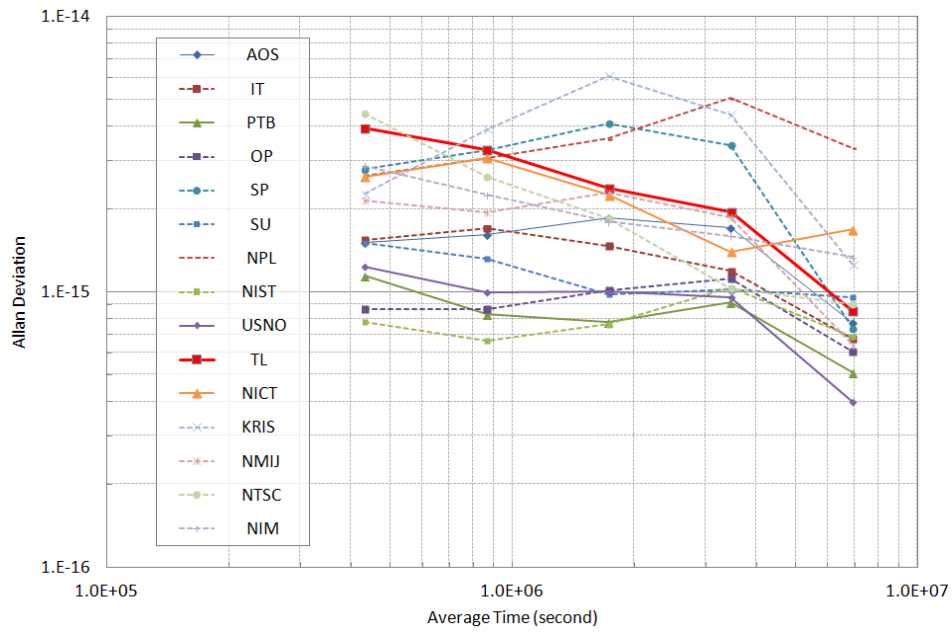


圖 1.3、2013 年 10 月~2014 年 10 月世界及亞洲主要實驗室頻率穩定度

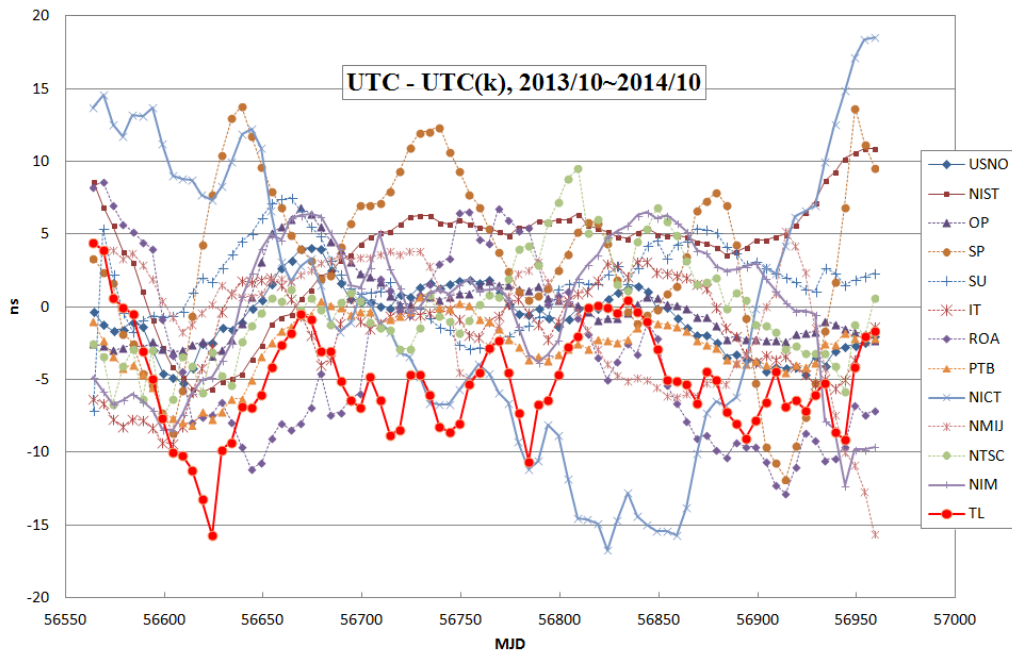


圖 1.4、2013 年 10 月~2014 年 10 月世界及亞洲主要實驗室 UTC-UTC(k)差值

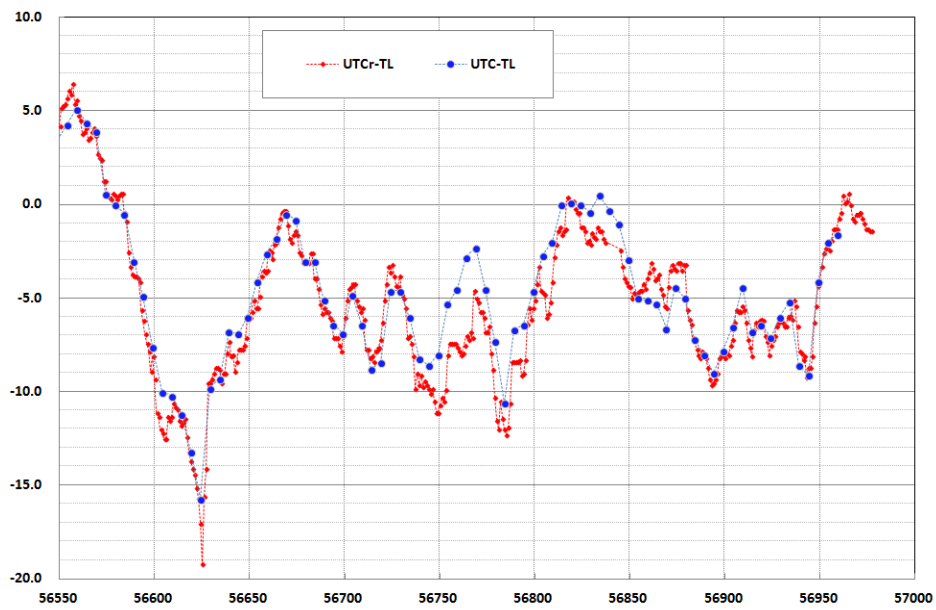


圖 1.5、2013 年 10 月~2014 年 10 月 UTCr-UTC(TL)差值

(1.1.2)長期參與國際度量衡局(BIPM)，共同維持協調世界時(UTC)及國際原子時(TAI) (執行期間：民國 103.01~103.12)

103年度BIPM Circular T322(2014 NOVEMBER 07)發佈資料中，所顯示共同參與維持協調世界時之標準時頻標準實驗室如下所示：

CIRCULAR T 322 2014 NOVEMBER 07, 10h UTC		ISSN 1143-1393									
BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE DE LA CONVENTION DU METRE PAVILLON DE BRETEUIL F-92312 SEVRES CEDEX TEL. +33 1 45 07 70 70 FAX. +33 1 45 34 20 21 tai@bipm.org											
1 - Coordinated Universal Time UTC and its local realizations UTC(k). Computed values of [UTC-UTC(k)] and uncertainties valid for the period of this Circular. From 2012 July 1, 0h UTC, TAI-UTC = 35 s.											
Date 2014	0h UTC	SEP 29	OCT 4	OCT 9	OCT 14	OCT 19	OCT 24	OCT 29	Uncertainty/ns Notes		
MJD		56929	56934	56939	56944	56949	56954	56959	uA	uB	u
Laboratory k		[UTC-UTC(k)]/ns									
AOS (Borowiec)		-0.2	0.8	1.2	0.9	0.9	-0.1	-1.8	0.3	5.0	5.1
APL (Laurel)		2.7	3.7	4.5	1.0	0.2	0.2	0.2	0.3	4.9	4.9
AUS (Sydney)		-207.2	-219.1	-224.5	-234.0	-251.2	-258.0	-260.6	0.3	5.0	5.0
BEV (Wien)		-2.7	3.5	0.4	4.8	6.8	10.0	6.4	0.3	3.1	3.1
BIM (Sofiya)		1699.9	1717.2	1712.3	1732.4	1758.6	1760.6	1758.2	1.5	7.0	7.2
BIRM (Beijing)		12.9	19.0	29.8	34.1	32.7	32.5	24.3	1.5	20.0	20.1
BY (Minsk)		14.8	14.1	17.8	25.7	22.7	16.3	21.3	1.5	7.0	7.2
CAO (Cagliari)		-47.8	-163.1	-292.7	-407.9	-525.7	-641.0	-758.2	8.0	7.0	10.7
CH (Bern-Wabern)		-0.4	-0.3	0.0	-3.4	-3.4	-5.5	-4.3	0.3	1.2	1.3
CNM (Queretaro)		5.8	9.7	4.9	13.2	21.3	13.2	0.3	2.0	5.0	5.4
CNMP (Panama)		-33.0	-45.9	-42.1	-35.1	-37.3	-24.2	-17.1	3.5	5.0	6.1
DLR (Oberpfaffenhofen)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMDM (Belgrade)		-9.4	-15.0	-5.0	-1.7	9.2	-1.7	1.6	0.3	7.0	7.0
DTAG (Frankfurt/M)		19.1	23.0	22.0	27.2	31.1	32.5	39.7	0.3	10.0	10.0
EIM (Thessaloniki)		-1.1	3.3	2.8	-1.4	6.9	-2.5	-1.7	7.5	5.0	9.0
ESTC (Noordwijk)		-3.6	-2.0	-1.1	-3.1	-1.1	0.1	-1.3	0.3	5.0	5.0
HKO (Hong Kong)		1037.1	1044.4	1067.6	1085.5	1096.7	1106.2	1127.3	0.3	5.0	5.0
IFAG (Wetzell)		-1178.1	-1170.4	-1168.7	-1170.5	-1170.3	-1159.7	-1153.9	0.3	5.0	5.0
IGNA (Buenos Aires)		3724.5	3808.9	3895.8	3981.8	4068.8	4166.5	4256.0	2.0	5.0	5.4
INPL (Jerusalem)		-2.1	2.5	6.9	6.6	17.0	6.9	2.2	0.3	7.0	7.0
INTI (Buenos Aires)		-30.6	-22.2	-30.4	-32.7	-20.4	2.4	1.2	2.5	20.0	20.2
INXE (Rio de Janeiro)		3.1	-41.6	-63.6	-31.3	-35.5	-36.2	-21.7	0.3	20.0	20.0 (1)
IPQ (Caparica)		-6.4	-4.2	2.1	-4.7	-1.8	-3.8	-0.7	0.4	7.0	7.0
IT (Torino)		-5.3	-4.9	-5.6	-5.0	-3.6	-2.3	-1.3	0.3	1.4	1.4
JATC (Lintong)		-2.3	-0.5	-1.0	-1.8	2.0	-0.5	0.8	1.0	5.0	5.1
JV (Kjeller)		81.4	64.3	49.8	58.7	61.7	51.0	64.5	5.0	20.0	20.6
KEBS (Nairobi)		-1712.9	-1998.4	-2277.9	-2572.6	-2860.0	-3154.2	-3435.2	1.5	20.0	20.1
KIM (Serpong-Tangerang)		-	117.0	128.7	137.6	177.6	154.6	-	2.0	20.0	20.1
KRIS (Daejeon)		31.1	33.3	32.7	30.2	26.7	21.7	16.0	0.3	5.0	5.0
KZ (Astana)		-1289.5	-1296.5	-1297.8	-1296.1	-1303.3	-1299.3	-	1.5	20.0	20.1
Date 2014	0h UTC	SEP 29	OCT 4	OCT 9	OCT 14	OCT 19	OCT 24	OCT 29	Uncertainty/ns Notes		
MJD		56929	56934	56939	56944	56949	56954	56959	uA	uB	u
Laboratory k		[UTC-UTC(k)]/ns									
LT (Vilnius)		628.2	636.0	634.0	642.3	673.7	665.2	674.1	2.0	5.0	5.4
MASM (Bayanzurkh)		-229.8	-263.4	-	-	-489.7	-521.1	-555.2	1.5	20.0	20.1
MIKE (Espoo)		0.0	1.6	2.0	2.1	2.9	3.6	3.9	0.3	7.0	7.0
MKEH (Budapest)		-21450.8	-21642.5	-21832.1	-22032.4	-22235.6	-22431.9	-22627.0	1.5	20.0	20.1
MSL (Lower Hutt)		8.4	15.7	56.6	94.6	115.7	114.8	145.7	1.5	20.0	20.1
MTC (Makkah)		15.0	19.1	27.1	22.1	15.5	12.9	-	10.0	20.0	22.4
NAO (Mizusawa)		-57.3	-66.3	-67.0	-65.0	-65.2	-58.2	-64.2	2.0	20.0	20.1
NICT (Tokyo)		7.0	10.0	12.5	14.9	17.1	18.4	18.5	0.3	4.6	4.6
NIM (Beijing)		-0.5	-7.8	-8.4	-12.3	-9.8	-9.8	-9.6	0.3	4.9	4.9
NIMB (Bucharest)		342.4	346.1	351.8	344.6	356.8	388.5	407.9	4.5	20.0	20.5
NIMT (Pathumthani)		-53.3	-45.9	-29.3	-10.9	-4.9	17.0	32.1	1.0	20.0	20.0
NIS (Cairo)		2349.6	2458.7	2574.9	2685.6	2797.3	-8138.6	-8136.3	0.8	7.0	7.1 (2)
NIST (Boulder)		7.2	8.7	9.3	10.2	10.6	10.9	10.9	0.3	4.8	4.8
NMIJ (Tsukuba)		-1.4	-4.2	-7.4	-10.0	-10.9	-12.7	-15.6	0.3	5.0	5.0
NMLS (Sepang)		-193.8	-190.2	-201.3	-198.5	-199.0	-200.9	-197.7	1.0	20.0	20.0

NPL (Teddington)	-15.3	-10.8	-7.1	-3.1	-4.1	-4.2	-5.6	0.3	7.0	7.0
NPLI (New-Delhi)	1.0	2.6	3.6	6.5	5.5	3.3	1.7	0.3	7.0	7.0
NRC (Ottawa)	-42.5	-45.3	-53.9	-58.7	-66.4	-82.4	-81.4	0.3	5.0	5.0
NRL (Washington DC)	-	-59.9	-92.8	-125.9	-157.1	-178.8	-162.4	0.3	5.0	5.1
NTSC (Lintong)	-3.2	-3.2	-4.1	-5.8	-1.2	-2.1	0.6	1.0	4.9	5.0
ONBA (Buenos Aires)	-1999.6	-2004.2	-2009.9	-2028.5	-2039.2	-2051.9	-	2.5	5.0	5.6
ONRJ (Rio de Janeiro)	-2.8	4.3	4.2	1.1	1.0	4.3	-0.2	1.3	7.0	7.1
OP (Paris)	-1.7	-1.0	-1.2	-1.5	-1.7	-1.9	-2.3	0.3	1.2	1.3
ORB (Bruxelles)	0.6	4.5	12.9	2.5	-4.7	-5.0	-3.2	0.3	5.0	5.0
PL (Warszawa)	0.4	16.3	13.7	-2.7	-14.1	-10.7	-4.6	0.3	5.0	5.0
PTB (Braunschweig)	-3.8	-2.5	-2.6	-1.8	-2.1	-2.0	-2.1	0.1	0.7	0.7
ROA (San Fernando)	-9.1	-10.5	-10.4	-9.6	-6.7	-7.4	-7.1	0.3	5.0	5.0
SASO (Riyadh)	322.8	328.2	343.3	349.2	363.2	372.5	387.6	0.7	7.0	7.1
SCL (Hong Kong)	-183.9	-172.4	-178.2	-179.1	-167.8	-168.6	-162.3	4.0	10.0	10.8
SG (Singapore)	-13.2	-4.2	5.1	6.1	14.5	22.8	25.9	0.4	5.0	5.1
SIQ (Ljubljana)	-1992.2	-1973.6	-1958.9	-1936.0	-1955.3	-1966.9	-1967.3	4.0	20.0	20.4
SMD (Bruxelles)	12.3	13.2	6.7	3.1	8.4	3.6	-4.4	0.3	7.0	7.0
SMU (Bratislava)	-	-19.3	-31.2	-33.8	-38.6	-51.7	-57.4	1.0	20.0	20.0
SP (Boras)	-5.2	-1.6	1.8	6.9	13.7	11.2	9.6	0.3	1.2	1.2
SU (Moskva)	1.1	2.7	2.3	1.5	1.9	2.1	2.3	0.5	1.2	1.3
TL (Chung-Li)	-6.0	-5.2	-8.6	-9.1	-4.1	-2.0	-1.6	0.3	5.0	5.0
TP (Praha)	-2.9	-0.3	-6.6	-9.9	-11.5	-9.9	-14.1	0.3	5.0	5.0
UA (Kharkov)	10.1	11.0	8.4	10.4	12.9	9.7	7.5	1.5	7.0	7.2
UME (Gebze-Kocaeli)	-226.2	-225.0	-229.5	-232.1	-236.4	-239.2	-242.3	1.0	7.0	7.1
USNO (Washington DC)	-3.4	-4.0	-3.0	-2.7	-2.6	-2.4	-2.0	0.2	0.9	0.9
VMI (Ha Noi)	2.7	3.5	-0.2	2.2	-15.2	-16.3	-29.5	0.3	20.0	20.0
VSL (Delft)	3.6	-1.9	-1.6	-2.1	-0.7	-7.6	-18.9	0.3	1.2	1.3
ZA (Pretoria)	-5005.3	-5039.1	-5097.0	5300.2	5250.8	5210.7	5171.2	1.5	19.9	20.0 (3)

- Notes on section 1:

(1) INXE: Time step of UTC(INXE) of +30 ns on MJD 56934 due to change in the setup.

(2) NIS : Apparent time step of UTC(NIS) of +11000 ns on MJD 56951.46.

(3) ZA : Time step of UTC(ZA) of -10400 ns on MJD 56940.

2 - International Atomic Time TAI and Local atomic time scales TA(k). Computed values of [TAI-TA(k)].

Date 2014	0h UTC	SEP 29	OCT 4	OCT 9	OCT 14	OCT 19	OCT 24	OCT 29
MJD		56929	56934	56939	56944	56949	56954	56959
Laboratory k		[TAI-TA(k)]/ns						
CH (Bern-Wabern)		24064.8	23988.3	23910.9	23831.9	23755.6	23677.6	23601.6
CNM (Querretaro)		-877.5	-856.5	-844.7	-830.9	-816.8	-801.7	-790.9
F (Paris)		167630.1	167630.3	167631.1	167632.9	167631.6	167628.4	167629.0
JATC (Lintong)		-56432.5	-56459.0	-56488.2	-56519.1	-56546.8	-56574.5	-56602.5
KRIS (Daejeon)		45608.0	45624.7	45637.0	45646.0	45653.7	45659.4	45663.9
NICT (Tokyo)		1231.5	1236.3	1241.1	1245.6	1250.1	1252.9	1255.6
NIST (Boulder)		-45409314.9	-45409501.1	-45409688.3	-45409875.0	-45410061.5	-45410248.1	-45410435.0
NRC (Ottawa)		22072.7	22053.0	22027.5	22006.0	21981.4	21948.8	21933.0
NTSC (Lintong)		19447.2	19484.0	19516.2	19546.3	19578.9	19611.5	19644.5
ONRJ (Rio de Janeiro)		-20290.5	-20336.3	-20387.5	-20438.7	-20488.1	-20536.3	-20587.7
PL (Warszawa)		-6656.2	-6664.3	-6673.2	-6681.2	-6692.2	-6704.6	-6710.2
PTB (Braunschweig)		2012.4	2012.6	2012.2	2011.8	2011.7	2011.3	2010.9
SG (Singapore)		17096.8	17145.8	17195.1	17236.1	17284.5	17342.8	17395.9
SU (Moskva)		27291060.9	27291063.3	27291063.8	27291063.7	27291064.1	27291064.3	27291064.5 (1)
TL (Chung-Li)		-135.2	-138.2	-138.3	-140.1	-143.5	-146.7	-145.5
USNO (Washington DC)		-35157624.1	-35157912.8	-35158200.9	-35158488.6	-35158776.0	-35159063.4	-35159351.1

- Note on section 2:

(1) SU : Listed values are TAI-TA(SU) - 2.80 seconds.

(1.2) 健全全國時頻追溯體系

(1.2.1) 協助 TAF 完成實驗室評鑑案，健全全國時頻追溯體系

(1.2.1.1) 達成項目

協助財團法人全國認證基金會(TAF)，參與完成業界校正實驗室之評鑑案共 19 件。

(1.2.1.2) 執行內容(執行期間：民國 103.01~103.12)

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

(1.2.1.3) 結果

截至本年度止，配合 TAF 安排時程，參與完成經濟部標準檢驗局、財團法人工業技術研究院、台灣電力公司綜合研究所、財團法人台灣電子檢驗中心、樂利士實業股份有限公司、國家中山科學研究院系統維護中心、優力國際安全認證公司、量測中心智慧計量校正實驗室、海軍戰鬥系統工廠儀表場、陸軍飛彈光電基地勤務廠、量測中心國家標準實驗室、正儀科技股份有限公司、固緯電子公司、台灣松下電器公司、台証科技公司，及制宜公司等校正實驗室的評鑑案共 19 件。

另協助 TAF 進行日月光半導體製造股份有限公司、福懋科技股份有限公司、奕鈦科技有限公司、行政院原子能委員會核能研究所、交通部中央氣象局等校正實驗室之評鑑總結報告審查工作。

(1.2.1.4) 應用及效益

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

(1.2.1.5) 未來工作重點

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

(1.2.1.6) 自評與建議

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

(1.2.2) 精密儀器頻率校正服務

(1.2.2.1)達成項目：

提供高精度儀器校正服務，協助國內廠商校正件追溯至國家標準。

(1.2.2.2)執行內容(執行期間：民國103.01~103.12)

執行內容及具體方法如下：

藉由各種國際時頻校核系統，長期追溯至國際度量衡局 (BIPM)之國際標準，提供國內量測校正追溯之來源。

提供精密儀器頻率校正服務。

配合 TAF 之評鑑業務，在技術上輔導國內具有規模及投資意願之公私機構成立次級實驗室，達到檢校分級制度。

本實驗室將持續關注國際間有關時頻不確定度評估方式的最新進展，即時加以運用，以符合國際標準實驗室相互認可協議(Global MRA)之基本需求，並提供國內次級實驗室參考。

(1.2.2.3)結果

本年度 1~12 月送校廠商計有 38 家，所送件數計有 73 件，總收入為:新臺幣 944,500 元整。仍超過預定目標。

(1.2.2.4)應用及效益

參與維持國際的時頻標準，健全全國時頻追溯體系，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，有助於提昇國內工商產業發展。

(1.2.2.5) 未來工作重點

加強推廣及宣導時頻校正服務，敦促廠商定期送校，滿足業界時頻校正服務之需求。

(1.2.2.6) 自評與建議

精密儀器頻率校正，是維持時頻追溯鏈完整重要的一環。但是基於公益服務性質，以及與次級校正服務作區隔等原因，此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(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，校正收入更可望大幅增加。(詳如下表)

中華電信研究院 103 年度 1~12 月校正報告總覽表						
編號	報告編號	廠商	校正儀器(廠牌/型號)	收件日期	完成日期	實收金額
1	FTC-2013-11-31	大辰科技股份有限公司	GPS 接收機 LOCOSYS ST-161/001	102.11.04	103.01.15	16,000
2	FTC-2013-12-34-1	台灣羅德史瓦茲有限公司	銩頻率標準器 SYSTEM-2000/659	102.12.17	103.01.15	16,000
3	FTC-2013-12-34-2	台灣羅德史瓦茲有限公司	銩頻率標準器 PTS GPS10RB/101016	102.12.25	103.01.15	16,000
4	FTC-2013-12-34-3	台灣羅德史瓦茲有限公司	計數器 CREDIX FC-300/590209050	102.12.17	103.01.15	8,500
5	FTC-2013-12-34-4	台灣羅德史瓦茲有限公司	計數器 Agilent 53131A/MY47008331	102.12.17	103.01.15	8,500
6	FTC-2013-12-35	香港商立德國際商品試驗有限公司桃園分公司	GPS RECEIVER 銩頻率標準器 FLUKE-910R/SM950799	102.12.17	103.02.26	16,000
7	FTC-2013-12-36	台灣恩智浦半導體股份有限公司	銩頻率標準器 HP5071A/3249A00735	102.12.13	103.02.17	16,000
8	FTC-2013-12-37	工業技術研究院	計數器 SR620/3836	102.12.27	103.01.27	8,500
9	FTC-2014-01-01	工業技術研究院量測技術發展中心	數位電表 Agilent 34410A/MY47023474	103.01.06	103.01.29	8,500
10	FTC-2014-01-02	財團法人自行車暨健康科技工業研究發展中心	計時器 TS001/002	103.01.06	103.01.22	8,500
11	FTC-2014-01-03	威航科技股份有限公司	GNSS 接收機 SkyTraq Venus 838LPx-T EVK	103.01.07	103.02.24	16,000
12	FTC-2014-01-04	台灣安捷倫科技股份有限公司	銩頻率標準器 HP5071A/3249A00522	103.01.13	103.02.17	16,000
13	FTC-2014-01-05	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	103.01.13	103.02.17	8,500
14	FTC-2014-01-06-1	安立知	銩頻率標準器	103.01.20	103.11.28	16,000

		股份有限公司	FE-5680A/SN12454			
15	FTC-2014-01-06-2	安立知 股份有限公司	計數器 MF-1601A/SNMT-04585	103.01.20	130.11.28	8,500
16	FTC-2014-01-07	台達電子工業 股份有限公司	銩頻率標準器 FE-5650A/09562	103.01.20	103.02.26	16,000
17	FTC-2014-01-08	工業技術 研究院	銩頻率標準器 Symmetricom/8040C/ 113830101008	103.02.26	103.03.07	16,000
18	FTC-2014-01-09-1	太克科技 股份有限公司	銩頻率標準器 FE-5650A/4000	103.02.25	103.03.28	16,000
19	FTC-2014-01-09-2	太克科技 股份有限公司	計數器 HP53132A/3404A00994	103.02.25	103.03.28	8,500
20	FTC-2014-02-10	台灣檢驗科技 股份有限公司	Quartz Watch/Clock Analyzer SIGMOTEK/QWA-3A/267	103.02.24	103.03.19	8,500
21	FTC-2014-02-11	致茂電子 股份有限公司	石英晶體振盪器 HP105B/2848A01892	103.02.27	103.03.19	8,500
22	FTC-2014-02-12	太一電子檢測 有限公司	銩頻率標準器 FS725/84913	NA	103.03.24	16,000
23	FTC-2014-03-13-1	儀寶電子 股份有限公司	銩頻率標準器 FS-725/65164	103.03.10	103.03.26	16,000
24	FTC-2014-03-13-2	儀寶電子 股份有限公司	石英晶體振盪器 FTS1050A/0398	103.03.10	103.03.26	8,500
25	FTC-2014-03-13-3	儀寶電子 股份有限公司	計數器 AG-53132A/MY40003244	103.03.10	103.03.26	8,500
26	FTC-2014-03-13-4	儀寶電子 股份有限公司	計數器 AG-53150A/US40501620	103.03.10	103.03.26	8,500
27	FTC-2014-03-14	正儀科技 股份有限公司	銩頻率標準器 SRS/FS-725/84211	103.03.28	103.04.14	16,000
28	FTC-2014-04-15	工業技術 研究院	Universal Counter Agilent 53132A/MY47001971	103.04.06	103.04.28	8,500
29	FTC-2014-04-16	工業技術 研究院	銩頻率標準器 DATUM/8040A/021300533 4	103.04.25	103.05.05	16,000
30	FTC-2014-04-17-1	財團法人台灣 電子檢驗中心	WAVETEK 909-HP3325B/ SM00909001747603-2847A 14291	103.04.25	103.05.28	16,000
31	FTC-2014-04-17-2	財團法人台灣 電子檢驗中心	WAVETEK 909-HP3325B/ SM00909001747603-2847A 14291	103.04.25	103.05.28	16,000
32	FTC-2014-05-18	量測科技 股份有限公司	SRS FS725/107820	103.05.02	103.05.15	16,000
33	FTC-2014-05-19	儀校科技 股份有限公司	轉速計數器 TICO 8730/960209-07	103.05.06	103.05.14	8,500
34	FTC-2014-05-20	鴻海精密工業 股份有限公司	銩頻率標準器 RACAL-DANA-9475/RIC1	103.05.12	103.05.28	16,000

			913			
35	FTC-2014-05-21	陸軍飛彈光電 基地勤務廠	銻頻率標準器-計數器 Symmetricom 5071A-HP5345A OPT12	103.05.26	103.06.18	16,000
36	FTC-2014-06-22	財團法人台灣 電子檢驗中心	訊號產生器+銻原子鐘 Agilent E8257D+Wavetek909/ MY45470469+SM0090900 1747603	103.06.04	103.07.02	25,000
37	FTC-2014-06-23-1	台灣檢驗科技 股份有限公司	石英晶體振盪器 FTS1050A/407	103.06.13	103.06.25	8,500
38	FTC-2014-06-23-2	台灣檢驗科技 股份有限公司	計數器 HP5335A/3145A15055	103.06.13	103.06.25	8,500
39	FTC-2014-07-24-1	宇正精密科技 股份有限公司	銻頻率標準器 SRS/FS-725/ 65722	103.07.10	103.08.13	16,000
40	FTC-2014-07-24-2	宇正精密科技 股份有限公司	銻頻率標準器 SRS/FS-725/ 65722	103.07.10	103.08.13	16,000
41	FTC-2014-07-24-4	宇正精密科技 股份有限公司	銻頻率標準器-計時器 SRS/FS-725_ESCORT/ EFC-3203A/65722_981100 81	103.07.10	103.08.13	8,500
42	FTC-2014-07-24-5	宇正精密科技 股份有限公司	銻頻率標準器-計數器 SRS/FS-725_Agilent/ AG-53131A/65722_(ISM1- A)	103.07.10	103.08.13	8,500
43	FTC-2014-07-25-1	台証科技 股份有限公司	銻頻率標準器-計數器 SRS PRS10-HP53132A/ 031592-3546A02654	103.07.17	103.09.03	16,000
44	FTC-2014-07-25-2	台証科技 股份有限公司	銻頻率標準器 SRS PRS10/031570	103.07.17	103.09.03	16,000
45	FTC-2014-07-26	工業技術 研究院	計數器 HP53132A/KR91200946	103.07.21	103.08.04	8,500
46	TL-MA103-01	陸軍飛彈光電 基地勤務廠	銻頻率標準器 SRS FS-725/65010	103.08.05	103.08.27	16,000
47	FTC-2014-08-27	台灣檢驗科技 股份有限公司	閃頻器 MONARCH/Phaser-Strobe Pbx Kit 115/B2580213	103.08.08	103.08.18	8,500
48	FTC-2014-08-28	太一電子檢測 有限公司	計數器 SR620/5028	103.08.22	103.09.16	8,500
49	FTC-2014-09-29	翔鋒有限公司	時間測定器 SOUKOU/CTS1000/14C11 0015	103.09.01	103.10.24	8,500
50	FTC-2014-09-30	台灣電力 股份有限公司	計數器 BK PRECISION /1823A/1823112450901001 3	103.09.10	103.09.29	8,500
51	FTC-2014-09-31-1	伯堅股份 有限公司	銻頻率標準器 PTF/PTF4211A/903000620	103.09.29	103.10.13	16,000

			1			
52	FTC-2014-09-31-2	伯堅股份有限公司	計頻器 Advantest R5373/130400856	103.09.29	103.10.13	8,500
53	FTC-2014-09-32-1	財團法人台灣電子檢驗中心	Loran-C Frequency standard/SRS FS-700/00678	103.09.29	103.10.20	16,000
54	FTC-2014-09-32-2	財團法人台灣電子檢驗中心	Loran-C Frequency standard/SRS FS-700/00678	103.09.29	103.10.20	16,000
55	FTC-2014-09-33-1	空軍第一後勤指揮部	Fluke 910R/105621	103.10.02	103.10.24	16,000
56	FTC-2014-09-33-2	空軍第一後勤指揮部	Fluke PM6681R/105887	103.10.02	103.10.24	8,500
57	FTC-2014-09-34	陸軍飛彈光電基地勤務廠	銻頻率標準器 HP5071A/3249A00682	103.10.20	103.11.03	16,000
58	FTC-2014-10-35	工業技術研究院	銻頻率標準器 HP5065A/2816A01581	103.10.27	103.11.06	16,000
59	FTC-2014-10-36	財團法人台灣電子檢驗中心	銻頻率標準器 SRS FS-725/121109	103.10.28	103.12.08	16,000
60	FTC-2014-10-37	互動國際數位股份有限公司	第一階同步主參考鐘訊源設備 TimeCesium 4500/1308009331	103.11.04	103.12.03	16,000
61	FTC-2014-11-38	內政部國土測繪中心	GPS 接收機+銻原子頻率標準 TOPCON NET-G3/STANFORD RESEARCH SYSTEMS FS725/401-01629/107385	103.11.04	103.11.18	16,000
62	FTC-2014-11-39-1	海軍戰鬥系統工廠	GPS RECEIVER 銻頻率標準器 FLUKE/910R/SM888781	103.11.21	103.12.08	16,000
63	FTC-2014-11-39-2	海軍戰鬥系統工廠	GPS RECEIVER 銻頻率標準器 FLUKE/910R/SM888781	103.11.21	103.12.08	16,000
64	FTC-2014-11-39-3	海軍戰鬥系統工廠	計數器 FLUKE/PM6681/SM886710	103.11.21	103.12.08	8,500
65	FTC-2014-11-40	互動國際數位股份有限公司	第一階同步主參考鐘訊源設備 TimeCesium 4500/1427009922	103.11.25	103.12.03	16,000
66	FTC-2014-12-42	全測儀器科技股份有限公司	計數器 Agilent 53150A/US40500934	103.12.08	103.12.12	8,500
67	TL-MA103-02	財團法人台灣電子檢驗中心	銻頻率標準器 SA.22cLN/1008LN0247	103.12.10	103.12.22	16,000
68	FTC-2014-12-43-1	台灣羅德史瓦茲有限公司	銻頻率標準器 SYSTEM-2000/659	103.12.12	103.12.29	16,000
69	FTC-2014-12-43-2	台灣羅德史瓦茲有限公司	銻頻率標準器 PTS GPS10RB/101016	103.12.19	103.12.29	16,000

70	FTC-2014-12-43-3	台灣羅德史瓦茲有限公司	計數器 CREDIX FC-300/590209050	103.12.12	103.12.29	8,500
71	FTC-2014-12-43-4	台灣羅德史瓦茲有限公司	計數器 Agilent 53131A/MY47008331	103.12.19	103.12.29	8,500
72	FTC-2014-12-44	財團法人台灣電子檢驗中心	銩頻率標準器 WAVETEK/909/009090017 47604	103.12.16	103.12.24	16,000
73	FTC-2014-12-46	新加坡商麥孚科技股份有限公司台灣分公司	計數器 SR620/3272	103.12.24	103.12.24	8,500
					小計	944,500

表 1.1、個資保護計畫執行查核表

查 核 項 目	查核結果	備註
1. 有關顧客個人資料不得洩漏予本實驗室檢校業務以外的人員	本實驗室顧客個人資料對本實驗室檢校業務外之人員保密	
2. 校正結果之數據應妥善保管，不得任意傳輸予檢校業務無關人員	校正結果之數據皆妥善保管，並防止任意傳輸	
3. 顧客的資料應儲存於可上鎖的房間或櫃子內，除校正業務之相關人員因業務所需可取用，避免其他人員觀看與取得。	資料已置於特定檔案櫃	
4. 儀器若委由其他單位（個人）代為送校，委託者須簽名授權受委託者代為填寫相關表單，並提供委託者必要之個人資料	符合	

(1.3) 高精度頻率量測技術研究

(1.3.1)以相位比較方式提升微波降頻量測技術之精度

(1.3.1.1)達成項目

完成以相位比較方式提升微波降頻量測技術之精度，相關結果已整理論文一篇，並發表於 2014 IFCS (International Frequency Control Symposium) 會議中。

(1.3.1.2)執行內容(執行期間：103.01~103.06)

本實驗室所開發之微波降頻量測技術，係以一低雜訊混波器配合微波信號產生器及實驗室原有之 SR620 頻率計數器將頻率量測範圍由 300MHz 以下提升至 26.5GHz。在量測時間間距為一秒時，輸入頻率為 1GHz 時，頻率的穩定度可達 $2.0E-12$ ，輸入頻率為 26.5GHz 時達到 $5.0E-13$ 。相關系統架構於 2013 年 9 月通過全國認證基金會 TAF 偕同美國 NIST 時頻校核領域專家蒞臨國家時間與頻率標準實驗室進行之國際相互認可同儕評鑑。於同月亦通過計畫委辦機關標準檢驗局所舉辦之『微波段頻率量測系統』擴建量測系統查驗計畫，目前已正式對外提供服務。

SR620 頻率計數器至少具備兩種以上的頻率量測模式，包括直接頻率量測及相位比較方式。前述微波降頻量測技術的結果係採用前一種方式得到的。於 2014 年初嘗試採用相位比較方式，來分析微波降頻量測技術所得的結果，並同時比較兩種量測模式的優劣。相關結果已完成論文“Frequency Resolution Improvement of Microwave Measurement Using Down-Convert Technique”一篇，並於今年五月發表於 2014 IFCS 會議中。

(1.3.1.3)結果

量測系統的工作原理如圖 1.6 與圖 1.7 所示，前者是以直接頻率量測，後者則是以相位比較方式進行。由於我們想要知道的是系統量測精度的極限，因此以共鐘測試法(common clock)進行實驗。包括作為待校件之 HP83630L、微波信號產生器 E8257D 以及 SR620 頻率計數器的參考外頻，

皆來自國家標準頻率信號。直接頻率量測只要由 SR620 讀取差頻輸出之 10MHz 即可，至於相位比較方式，除了差頻輸出信號外，還另需一標準 10MHz 信號以及 1pps 信號(觸發取樣動作)。示意圖中的 f 代表待測頻率； f_a 代表差頻數值(設為 10MHz)。比較的頻率值包括 1 GHz 及 26.5GHz，每秒取樣一點，皆取 1000 點，所得的頻率穩定度結果如圖 1.8 所示。我們發現當量測時距為一秒時，兩種模式所得的頻率穩定度沒有甚麼明顯差別，然而當量測時距變長時，以相位比較方式所得結果較優，且隨著量測時距越長(例如 64 秒時)，以相位比較方式所得的系統穩定度優於直接頻率量測約一個數量級，這個現象對兩個測試的頻率值都成立。

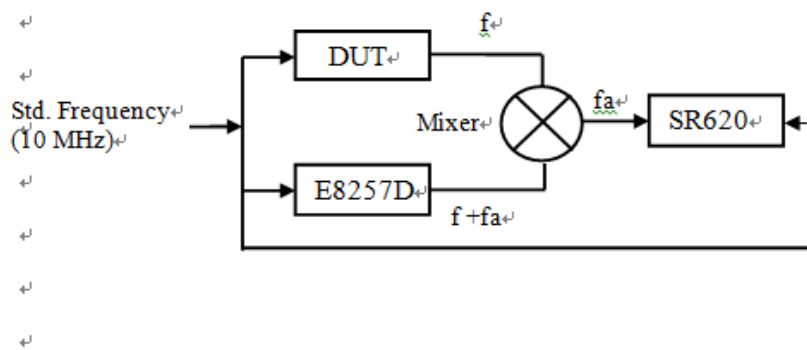


圖 1.6、微波頻率量測架構示意圖 (直接頻率)

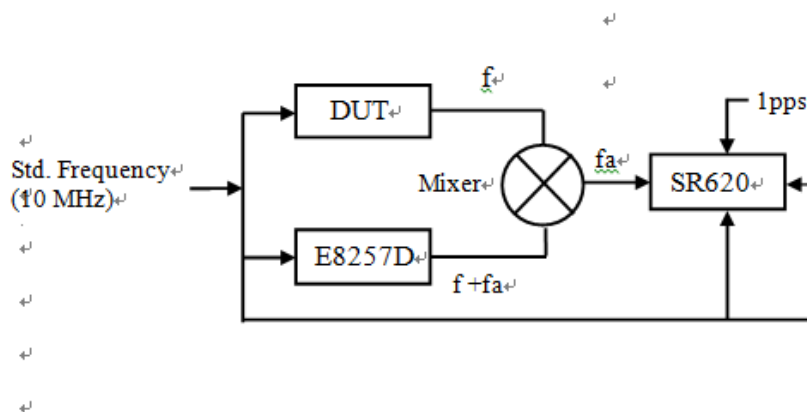


圖 1.7、微波頻率量測架構示意圖(相位比較)

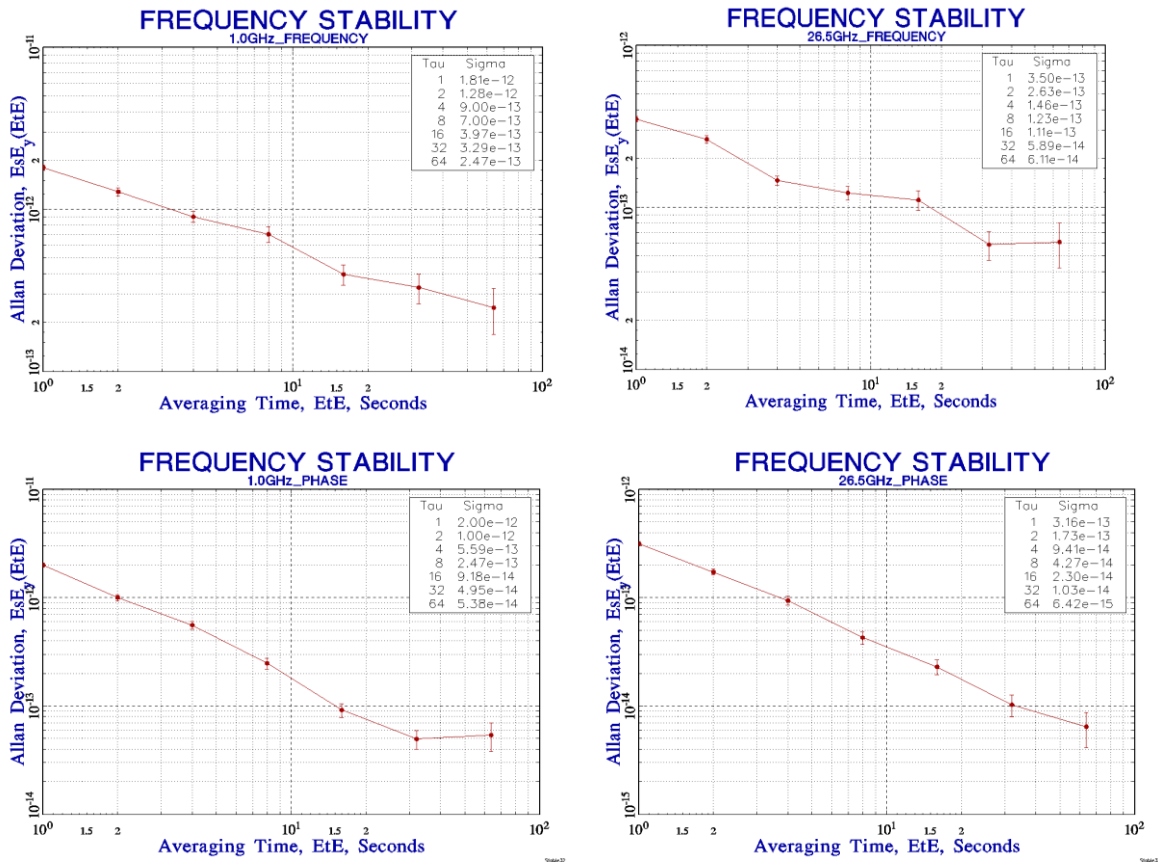


圖 1.8、直接頻率量測(上圖)與相位比較方式(下圖)對微波降頻量測技術
頻率穩定度的實驗結果，測試頻率包括 1 GHz 及 26.5GHz

由於上述實驗結果之取樣時間為 1000 秒，因此由 stable 32 分析軟體得到有意義的量測時距不會超過 64 秒。若要進一步知道超過 64 秒以上量測時距對 SR620 兩種量測模式的影響，取樣時間必需拉長至量測時距的 12 倍以上。

(1.3.1.4)應用及效益

- (a) 於三年前微波降頻量測技術開發時市售微波量測設備的頻率解析度僅為 0.1~1.0(Hz)，而本技術則將其推升約三個數量級達至 1.0E-4(Hz)，顯示本系統的量測性能完全不亞於商業化產品。目前得知安捷倫科技已推出新款微波頻率量測設備具備較先前優異的量測精度，本實驗室除持續關注外同時致力微波降頻技術可改善的空間。

- (b) 於三年前市售微波量測設備單價約在 40~50 萬元以上，而上述安捷倫科技已推出新款微波頻率量測設備僅在 10 萬元左右，顯示國際大廠已注意到微波量測已日趨大眾化。本技術採用的低雜訊混波器等級最佳者，不過在數萬元以下，因此同時具備提升量測技術水準以及滿足經濟效益等優點，對科學發展乃至於產業界設備檢測需求有相當的助益。
- (c) 目前已有財團法人台灣電子檢驗中心(新竹)等，透過微波降頻量測技術完成儀器校正，另有其他廠商已陸續提出校正需求，顯示建置此一微波段頻率量測系統完全符合協助國內二級實驗室建立相關校正能力以及追溯需求，有助於國內產業的持續發展與提升。
- (d) 對於本計畫而言，估計每年至少增加 40 件以上的待校件，若每一件收入以 2.5 萬元計算，則每年可增加國庫營收 100 萬以上。

(1.3.1.5)未來工作重點

本系統目前頻率量測範圍為 300MHz 至 26.5GHz，目前已採購微波功率放大及倍頻元件將整體性能提升至 40GHz(或以上)的量測能量，於 103 年 7 月交貨後，已開始進行能量提升之測試。

(1.3.1.6)自評與建議

目前安捷倫科技的 53200 系列微波頻率量測設備可量到 15 GHz 頻率信號。其使用技術係以直接頻率量測所得，頻率解析度為 10 digits/sec，若以 10 GHz 範圍為例，解析度才達 1.0 Hz。本實驗室所開發降頻量測技術已通過 TAF 認證的頻率可達 26.5GHz，目前 40GHz 範圍亦獲得不錯結果，其解析均可達 $1.0E-4$ Hz，具備國家標準的優勢。

建置此一微波段頻率量測系統符合國家實驗室所應擔負提升國內產業技術服務的任務並促進產業經濟活動。將校正能量推廣至國內二級實驗室，協助其建立相關校正能力進而解決國內廠商高頻元件及儀器檢修校正的追溯需求，有助於國內產業的持續發展與提升。世界各主要時頻實驗室的校正能量皆登載於 BIPM 網站資料庫中，其中多數歐美先進國家已具備提供微波頻段校正的服務，也是本實驗室今年所要達成的目標。此外，由於光頻技術的持續發展以及未來將作為頻率標準的趨勢相當明顯，如何將光頻傳

遞至微波頻段的量測技術也越形重要，精確的微波頻率量測能力將可提供相當的助益。

(1.3.2)微波 40 GHz 量測技術研究

(1.3.2.1)達成項目

完成『微波 40 GHz 量測技術研究』查核點報告一篇(交付文件)。

(1.3.2.2)執行內容(執行期間：103.01~103.12)

本實驗室於去年所開發之微波降頻量測技術可提高量測系統整體的頻率解析度至 $1.0E-4$ Hz，頻率量測範圍至 26.5 GHz。事實上，我們所使用的微波信號產生器可以輸出 40 GHz 頻率信號，之所以宣告只能量測至 26.5 GHz 的原因是實驗室目前用來作為查核件的另一台微波信號產生器僅能輸出 26.5 GHz，為配合微波降頻量測技術需要把前述 40 GHz 的微波信號產生器輸出調到 26.5 GHz 附近使其與查核件保持固定頻率差值，該值需小於 300 MHz 才能讓 SR620 計頻器讀到。為改善此種受限的情況，在今年九月，我們採用微波倍頻放大器將前述的查核件加以倍頻。如此一來，當查核件的實際頻率輸出設定為 20 GHz 時，卻可經由此種方式倍頻至 40 GHz 並與先前 40 GHz 微波信號產生器進行微波降頻量測。透過這種方式，實驗室所開發的微波頻率量測系統將成為量測範圍 40 GHz 並具備高解析度 $1.0E-4$ Hz 的有力工具，未來將提供國內廠商高頻元件及儀器校正服務以及相關追溯需求，相關研究成果已完成查核點報告一篇(交付文件)。

(1.3.2.3)結果

由於先前向美國 Marki Microwave 公司所購置的低雜訊微波降頻器性能相當不俗，因此我們搜尋該公司網頁發現有一款可將 10~25 GHz 輸入頻率倍頻至 20~50 GHz 且輸出功率有 20 dBm 的主動式微波倍頻放大器，以此款元件將查核件頻率輸出加以倍頻後即可與微波信號產生器 E8257D 最高輸出 40 GHz 進行差頻，解決量測範圍受查核件限制的問題。相關採購於 2014 年 7 月完成驗收，因為主動式倍頻放大器需要由外部提供直流電源，因此

所需的線性直流電源供應器也一併購入，如圖 1.9 所示。



圖 1.9、GWINSTEK GPC-3030D 線性直流電源供應器(0~30V/0~3A)(左圖)；Marki Microwave ADA-2050 微波倍頻放大器(右圖)

由於所採購之微波倍頻放大器係主動式元件，當外接線性直流電源供應器時會造成元件溫度過高影響其正常功能，必需解決其散熱問題，於七月驗收時曾向無線所吳思賢兄借用鋁擠材質散熱片及散熱膏來加以冷卻。此外，該微波倍頻放大器輸入端是 sma 接頭而輸出端是 2.4 mm 接頭，由於缺乏適當轉接頭或長度較短的且接頭符合的高頻信號線，因此只能以先前面已購買長度約 3~4 米且不易彎曲之信號線加以轉接，最後雖然順利完成驗收但是也造成實驗線材佔據空間過大的問題。於八月中因此提出高頻轉接頭(2.4mm)以及訊號測試線小額材料購案，該材料購案於九月底交貨，同時也感謝無線所吳思賢兄當時提供另外一個比先前鋁擠材質散熱片大小更合適的散熱片給本人，圖 1.10 是微波倍頻放大器完成接線後的相片。左邊是查核件輸入的頻率信號，頻率範圍 10~25 GHz，而右邊是倍頻之後的輸出信號，頻率範圍 20~50 GHz；下方三條線皆連接至直流電源供應器，白線是接地線，中間黑線為-5V，右間黑線為+5V；微波倍頻放大器以散熱膏塗抹背面後附著於散熱片之上。

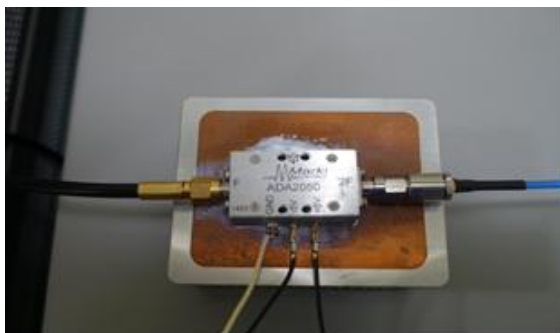


圖 1.10、微波倍頻放大器與散熱片

圖 1.11 是 40 GHz 微波量測系統工作原理示意圖，當查核件 HP83630L 的頻率輸出設定為 20 GHz 時，經由微波倍頻放大器可提升至 40 GHz，其輸出可與 E8257D 微波信號產生器進行微波降頻量測。透過這種方式我們可以評估 E8257D 微波信號產生器 26.5~40 GHz 頻率範圍的性能，這是先前所沒有辦法達到的。在共鐘測試中，當 SR620 計數器以直接頻率量測模式讀取數據時，量測系統一秒的頻率穩定度可以達到 $1.5E-12$ ($f = 40$ GHz)。

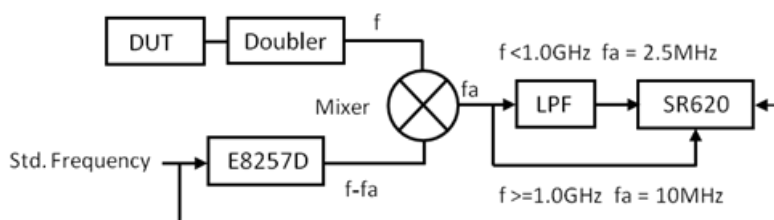


圖 1.11 微波頻率量測架構示意圖（直接頻率）

圖 1.12 是今年八月中以微波頻率量測系統執行 26.5 GHz 待測頻率的共鐘測試結果(左)與十一月中量測 40 GHz 的結果(右)比較，兩者都是以本院國家標準頻率執行共鐘測試。可以看到量測 26.5 GHz 時一秒的頻率穩定度為 $4.7E-13$ ，這個數值比先前得到的數值 $3.5E-13$ 稍大，經仔細評估數據後發現白天所得到的結果雜訊較晚上來的大，如果只採用半夜到隔天凌晨的資料，一秒的頻率穩定度可以回到 $3.5E-13$ 左右。而 40 GHz 的結果顯示一秒的頻率穩定度為 $1.5E-12$ ，若只採用半夜到隔天凌晨的資料可以改善到 $1.3E-12$ 。這表示雖然環境對兩者的實驗結果都造成影響，但是加裝了微波

倍頻放大器確實會讓微波頻率量測系統整體的雜訊變大而降低而系統的精度。雖然如此，當考慮 5071A 高性能銫原子鐘頻率穩定度的規格(如表 1.2) 會發現本系統 40 GHz 的量測能量仍具優勢，這表示若廠商所送校的微波設備係由原子鐘等級的頻率震盪器做為參考外頻，本實驗室所開發的量測技術依然可在 40 GHz 的頻率範圍內量得其頻率特性。

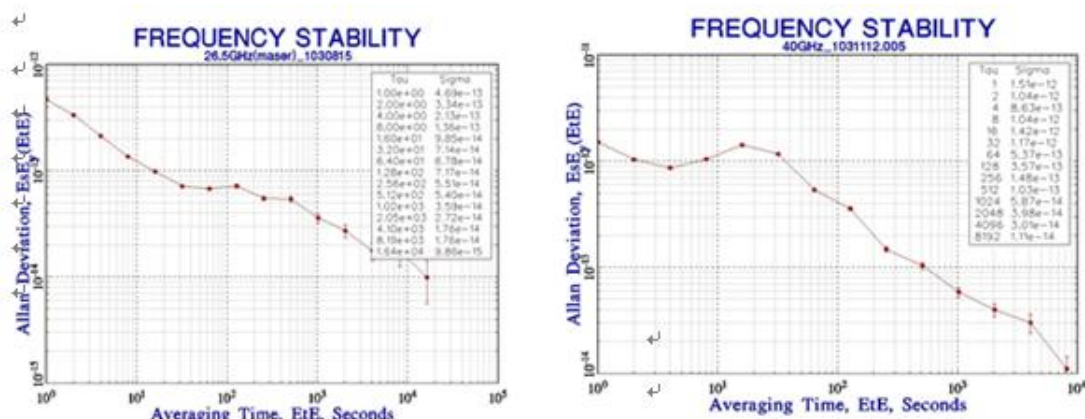


圖 1.12、微波頻率量測系統以共鐘測試所得到的系統精度。左圖是 26.5 GHz 待測頻率的結果，右圖是 40 GHz 的結果，兩者都是以 SR620 計數器直接頻率量測模式得到

表 1.2、5071A 高性能銫原子鐘頻率穩定度規格

量測時距(秒)	頻率穩定度(Allan Deviation)
1	$\leq 5.0E-12$
10	$\leq 3.5E-12$
100	$\leq 8.5E-13$
1000	$\leq 2.7E-13$
10000	$\leq 8.5E-14$

(1.3.2.4)應用及效益

- (a)建置此一 40 GHz 微波頻率量測系統符合國家實驗室所應擔負提供國內產業技術服務的任務並促進產業經濟活動，進一步將校正能量推廣至國內二級實驗室，協助其建立相關校正能力進而解決國內廠商高頻元件及儀器檢修校正的追溯需求，有助於國內產業的持續發展與提升。
- (b)為解決頻率量測範圍受限於本實驗室之查核件 HP83630L，我們採用微波

倍頻放大器將前述的查核件加以倍頻，雖然在共鐘測試的實驗中顯示加裝了該裝置會使得整體雜訊變大，幸運的是由實驗數據結果顯示本實驗室所開發的量測技術依然可在 40 GHz 的頻率範圍內量到 5071A 高性能銻原子鐘的頻率特性。

(c)在價格方面，目前市售微波計數器單價約在從十幾萬至五、六十萬元都有(已知市售微波計數器在 40 GHz 尚無法達到 $1.0E-4$ Hz 之解析度)，而本實驗室開發的微波降頻量測技術採用的低雜訊混波器等級最好的不過約在六、七萬元上下；至於微波倍頻放大器大約在五、六萬元左右，若為了查核件頻率範圍不足去買一台新的 40 GHz 微波信號產生器絕對要花費一百萬元以上。因此本實驗室所開發的微波頻率量測技術不但與國際大廠產品相比毫不遜色且具備提升量測技術水準以並符合經濟效益等優點，對科學發展乃至於產業界設備檢測需求有相當的助益。

(1.3.2.5)未來工作重點

若時間充裕，我們將對該技術作持續的性能改善，目前著眼的有兩個方向：

(a)找出加裝微波倍頻放大器造成量測系統整體雜訊變大的因素，主要考慮實驗室環境、各種連結設備與該元件本身的影響。

(b)進行 40 GHz 以上頻率量測的可行性分析。先前於所購入的微波倍頻放大器有兩顆，最高可將 25 GHz 信號倍頻至 50 GHz，由於查核件 HP83630L 與 E8257D 微波信號產生器都可以輸出 25 GHz 頻率信號，透過這種方式理論上可進行 50 GHz 頻率量測(E8257D 微波信號產生器要進行微小調整使得與前者混波後產生固定頻率差值)。

(1.3.2.6)自評與建議

如果確認微波倍頻放大器本身是系統雜訊增加的主要來源時，將來要繼續透過倍頻方式來增加系統的頻率量測範圍將是不切實際的想法。另外，由於光頻技術的持續發展以及未來將作為頻率標準的趨勢相當明顯，如何將

光頻傳遞至微波頻段的連結技術也越形重要，精確的微波頻率量測能力將是未來銜接兩者有力的工具。

(二) 時頻校核技術

本工作項目主要是進行 GPS 國際比對技術及衛星雙向傳時比對技術的研究，此兩者為目前國際度量衡局所採用的方法。執行情形如下所述：

(2.1) 導航衛星時頻傳送技術研究

(2.1.1) 自主性 GNSS 遠端時頻校正系統 Link Calibration Method

(2.1.1.1) 執行項目

自主性 GNSS 遠端時頻校正系統 Link Calibration Method 驗證與性能評估。

(2.1.1.2) 執行內容：(執行期間：民國103.01~103.12)

GPS 時頻比對為現今用來進行遠端時頻標準件比對最有效的方式之一，且比對結果對於國際原子時 TAI(International Atomic Time)及世界協調時 UTC(Coordinated Universal Time)的計算相當重要。然而，為了確保這些時間鏈路(time links)的精確度及長期之穩定度，定期的校正及評估是有必要的。其中校正的程序是影響比對鏈路總不確定度的最主要因素。

目前時間鏈路校正方式有兩種，第一種為接收機校正(Receiver Calibration)，第二種為鏈路校正(Link Calibration)。許多研究顯示衛星雙向傳時 TWSTFT(Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer)採用鏈路校正之方式，其校正之 B 類不確定度可達 1ns 以下，效果相當不錯。然而，傳統 GPS 傳時比對採接收機校正之方式，其 B 類不確定度最佳僅能達到 5 ns。為改善傳統 GPS 傳時比對之不確定度，實驗室乃採用 Link Calibration 方法應用在 GPS 傳時比對，以期降低時頻比對之總不確定度(Total Uncertainty)，進而提升系統比對性能，滿足國內及國際時頻追溯高精度之需求。

目前 GNSS 遠端時頻校正系統(如圖 2.1 Remote Site 所示)主要有三部分，包含 GNSS 接收機、時間間隔計數器(Time Interval Counter)、資料紀錄設備及相關後處理軟體。為驗證及評估系統採 Link Calibration method 之性能，實驗室利用一台遊校之接收機(travel receiver)，依序地在各地進行比對，最後再回到出發地點。最後利用各地所產生之共鐘誤差 CCD(Common View Common Clock Difference)，來產生 GPS 鏈路校正值 GPSCAL (CCD2 - CCD1)。相關量測數據

已整合為自主性 GNSS 遠端時頻校正系統 Link Calibration Method 之性能評估。

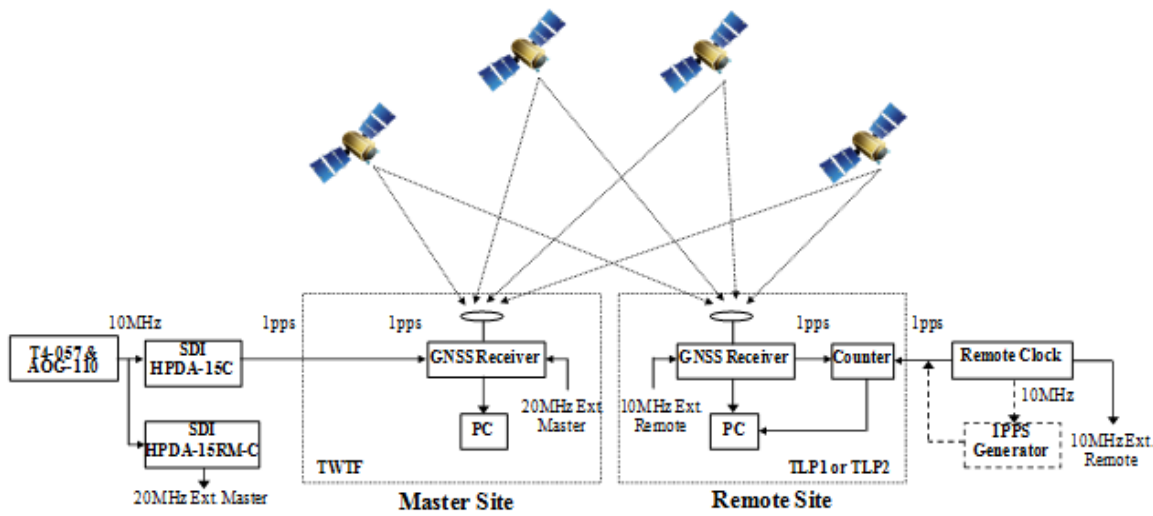


圖 2.1、GNSS 遠端時頻校正系統示意圖

鏈路校正方法為不需要量測任何纜線延遲的一種概念。當進行此校正時，至少需採用三套接收機來實現，其中的兩台接收機 L1 及 L2 分別放置在不同的實驗室中，另一台為遊校接收機 TR，需在兩實驗室間進行比對及傳遞。在完成 TR-L1 及 TR-L2 的時間鏈路總延遲後，我們可獲得鏈路校正值，此數值可被用來計算時標(Time Scale)差及兩實驗室參考時鐘間校正點的差異。GNSS 接收機(DX)的總延遲定義為天線相位中心及實驗室校正點間的總電傳導延遲，此總延遲是衛星信號從天線到校正點路徑間所有設備及纜線延遲的加總，如圖 2.2 所示。

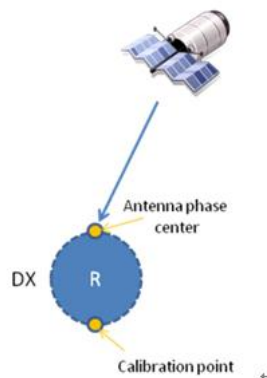


圖 2.2、GNSS 接收機總延遲

圖 2.3 中時間鏈路總延遲的定義為兩部 GNSS 接收機間共同連接一部原子鐘的總延遲差，其中 TR1/2 分別指的是遊校接收機當時量測所在的地點 1 或地點 2，L1/2 分別指的是在地點 1 或地點 2 的本地接收機，而 $DX_{R1/2}$ 及 $DX_{L1/2}$ 為分別在地點 1 或地點 2 遊校接收機及本地接收機的總延遲。

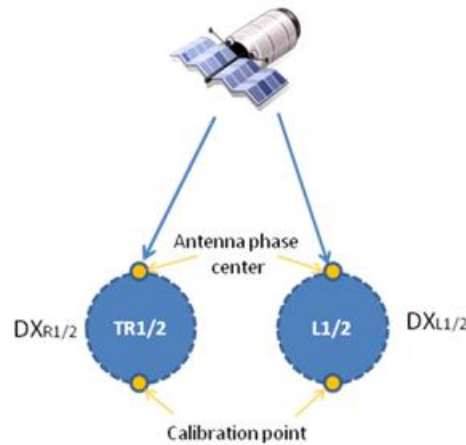


圖 2.3、時間鏈路的總延遲

這裡我們將時間鏈路的總延遲統稱為 CCD。CCD1 及 CCD2 分別代表遊校接收機及本地接收機在地點 1 及地點 2 的時間鏈路總延遲並說明如下：

$$CCD1 = DX_{L1} - DX_{R1}$$

$$CCD2 = DX_{L2} - DX_{R2}$$

從上面的式子中我們可以得到鏈路的校正值(LinkCAL)如下：

$$LinkCAL_{L1,L2} = CCD2 - CCD1 = (DX_{L2} - DX_{L1}) + (DX_{R1} - DX_{R2}) \quad (6)$$

GNSS 接收機的總延遲 DX：

$$DX = REFD - INTD - CABD \quad (7)$$

當中 REFD 指的是實驗室 Lab(i)中 UTC 參考點及校正點間的延遲，INTD 指的

是所有硬體延遲包含接收機內部延遲、天線及通過這條路徑中涵括的設備延遲，而 CABD 是所有纜線延遲的加總。將 DX 帶入方程式(6)中：

$$\text{LinkCAL}_{L1,L2} = (\text{REFD}_{L2} - \text{INTD}_{L2} - \text{CABD}_{L2} - \text{REFD}_{L1} + \text{INTD}_{L1} + \text{CABD}_{L1}) + (\text{REFD}_{R1} - \text{INTD}_{R1} - \text{CABD}_{R1} - \text{REFD}_{R2} + \text{INTD}_{R2} + \text{CABD}_{R2}) \quad (8)$$

方程式(8)中遊校接收機 TR 的內部延遲及纜線延遲可互相消去，其結果如下：

$$\text{LinkCAL}_{L1,L2} = (\text{REFD}_{L2} - \text{INTD}_{L2} - \text{CABD}_{L2} - \text{REFD}_{L1} + \text{INTD}_{L1} + \text{CABD}_{L1}) + (\text{REFD}_{R1} - \text{REFD}_{R2}) \quad (9)$$

若兩端設備並無任何變更或事件發生，則所計算出的鏈路校正值將假設持續有效。此校正值可被用來修正比對值，進而直接量測兩地實驗室的時標差值。

$$\text{UTC}(L1) - \text{UTC}(L2) = \text{REFGPS0}_{L1} - \text{REFGPS0}_{L2} + \text{LinkCAL}_{L1,L2} \quad (10)$$

REFGPS0 指的是實驗室參考時鐘及 GPS 系統時間之間未修正的時間差值。經過修正 LinkCAL 值後，任何在兩實驗室間接收機的系統誤差、內部延遲及天線纜線延遲皆全數消除。唯一剩下的兩個值為遊校接收機參考延遲的差，該數值對於使用 GPS 鏈路校正方法時需謹慎的評估。由於使用鏈路校正法毋須對任何在接收機、天線及輸入參考埠相連之纜線進行延遲量測，因此採用此方式有助於降低 Type B 校正不確定度的可能性。

(2.1.1.3) 結果

為了驗證自主性GNSS遠端時頻校正系統Link Calibration Method之性能，TL室與紐西蘭時頻實驗室(MSL)合作進行GNSS接收機遠端校正實驗。實驗期間，GNSS接收機分別包含了兩實驗室本地之接收機及兩套遊校之接收機系統(travel receiver)。圖2.4遊校接收機系統由Septentrio PolaRx4 PRO、CRG2-DM-mini-GG Choke Ring天線、SR620時間間隔計數器、45米長之低損耗天線纜線(CFD400)及觀測三角架組成。



圖 2.4、遊校之接收機系統

接著依序將遊校接收機系統於TL及紐西蘭實驗室間進行傳遞並與實驗室中的GNSS接收系統傳時比對，圖2.5為此次Link Calibration實驗之架構：

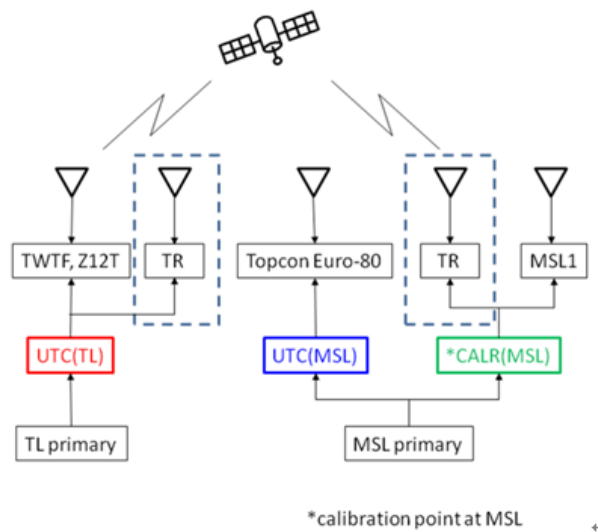


圖2.5、Link Calibration實驗架構圖

表 2.1 為此次兩地比對實驗所使用之接收機系統，有 Ashtech Z-XII3T、Topcon Euro-80 及 Septentrio PolaRx4 Pro。

表 2.1、 GPS receivers involved in this calibration exercise.

Laboratory	Site Name	Receiver Type
TL	TWTF	ASHTECH Z-XII3T
MSL	MSL	Topcon Euro-80
	MSL1	Septentrio PolaRx4 PRO

首先，我們於 TL 實驗室進行數天共鐘誤差(CCD1)量測。接著將遊校接收機系統送至 MSL 實驗室，也進行數天共鐘誤差(CCD2)量測實驗。最終將系統送回 TL 實驗室進行 closure 量測結果之驗證。

表 2.2 列出於 TL 實驗室測得之共鐘誤差(CCD1)量測結果。其中第三列為遊校系統送至 MSL 實驗室前與 TL TWTF 站台 C/A、P3 及 PPP 碼比對之結果。而第四列為遊校系統從 MSL 回到 TL 之量測結果。表中平均值為 CGGTTS 共視法在每個標準時段平均之結果。此 CGGTTS 檔案的產生是利用國際度量衡局(BIPM)所提供之軟體將 RINEX 觀測計算得出的結果。量測結果顯示遊校系統(TR)在送回 TL 後，其 closure 量測結果大約偏移 1 ns 左右。這個實驗的結果似乎與遊校接收機即時間間隔計數器所引入之量測不確定度相符合。表 2.3 列出於 MSL 實驗室測得之共鐘誤差(CCD2)量測結果。利用表 2.2 及表 2.3 所產生之共鐘誤差 CCD(Common View Common Clock Difference)，可產生 GPS 鏈路校正值 GPSCAL (CCD2 - CCD1)，最後再將兩地比對之結果(REFGPS1 - REFGPS2)搭配修正 GPSCAL 值(表 2.4)，可有效降低傳時比對之不確定度。

表 2.2、 Mean and SD values of the common clock difference measurements at TL.

CCD1	C/A ns		P3 / ns		PPP / ns	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
TR-TWTF (Before the trip)	-195.392	0.314	-189.297	0.88	-189.27	0.065
TR-TWTF (after the trip)	-196.428	0.358	-190.368	0.737	-190.55	0.078
Closure Measurement	-1.036		-1.071		-1.276	

表 2.3、 Mean and SD values of the common clock difference measurements at MSL

CCD2	C/A ns		P3 /ns		PPP /ns	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
TR-MSL	69.627	2.75	67.925	4.031		
TR-MSL1	0.791	0.249	3.396	0.533		

表 2.4、 Calibration and uncertainty values for TL-MSL GPS Links

GPSCAL = CCD2 - CCD1

GPS LINK	GPSCAL CA /ns	GPSCAL P3 /ns
TWTF-MSL	265.019± 3.1	
TWTF-MSL1	196.183± 1.45	192.693±1.75

為了評估 GPS 鏈路校正值的總不確定度，如下列表式七個不確定度分量的項目需被納入做為總不確定度評估的考量：

$$U_{\text{GPS Link}} = \sqrt{u_{\text{CCD1}}^2 + u_{\text{CCD2}}^2 + u_{\text{B1}}^2 + u_{\text{B2}}^2 + u_{\text{B3}}^2 + u_{\text{B4}}^2 + u_{\text{B5}}^2} \quad (11)$$

這裡 u_{CCD1} 及 u_{CCD2} 分別代表在 TL 及 MSL 共鐘差量測結果的統計不確定度， u_{B1} 分量納入做為考量閉合量測的不確定度。 u_{B2} 代表來自從 TL 本地 UTC 至 GPS 接收機的輸入端的 1 PPS 延遲不確定度分量，其中包含了 TL 端為校正的時間間隔計數器的不確定度(0.5 ns)，一台時間間隔計數器量測期間的抖動(Jitter)不確定度(0.05 ns)以及本地端分配放大設備不穩定所造成的不確定度(0.1 ns)。 u_{B3} 為來自從 MSL 本地 UTC 至 GPS 接收機的輸入端的 1 PPS 延遲不確定度分量。 u_{B4} 為不確定度分量之一用來考量接收機系統受環境因素影響造的不穩定度(0.5 ns)，而 u_{B5} 代表信號傳播過程中造成的不確定度，不過此效應在近零基線採用共視法共鐘的架構下幾乎可以完全消除，且僅多路徑效應造成的誤差會導致貢獻不確定度一小部分的量(0.3 ns for C/A 及 P3)。

表 2.5 列舉了一個評估 GPS 鏈路校正值總不確定度的結果的例子，鏈路校正的結果及其不確定度的值皆列於表 2.4 中。TWTF-MSL 鏈路總不確定度的值大約為 3 ns，而 TWTF-MSL1 鏈路總不確定度值優於 2 ns。由於在 MSL 端校正的期間我們察覺到一個不尋常的變動量，因此在這裡我們不考慮 TWTF-MSL 量測的結果，僅考量 TWTF-MSL1 鏈路量測的結果。

表 2.5、TL-MSL 間接收機 GPS 鏈路校正總不確定度結果

TWTF-MSL1								
Method	U _{GPS_Link}	U _{CCD1}	U _{CCD2}	U _{B1}	U _{B2}	U _{B3}	U _{B4}	U _{B5}
C/A	1.45	0.314	0.249	1.036	0.51	0.51	0.5	0.3
P3	1.75	0.88	0.533	1.071	0.51	0.51	0.5	0.3
TWTF-MSL								
Method	U _{GPS_Link}	U _{CCD1}	U _{CCD2}	U _{B1}	U _{B2}	U _{B3}	U _{B4}	U _{B5}
C/A	3.1	0.314	2.75	1.036	0.51	0.51	0.5	0.3

(2.1.1.4)應用及效益

自主性 GNSS 遠端時頻校正系統採用 Link Calibration Method，可有效消除兩地系統所造成之系統誤差，降低系統總不確定度，提昇國際傳時比對鏈路之精度。可應用於國內及國際傳時比對鏈路之追溯，建立完整之時頻追溯鏈路。此外，透過國際追溯鏈路之建立，可將國家級的時頻標準傳遞至國內相關產業及次級實驗室，可大幅提升精度並促進產業升級。

(2.1.1.5)自評與建議

- a. 本次長基線先鋒鏈路校正實驗的結果相當成功，鏈路校正不確定度的結果顯示 GPS 時間採用鏈路校正的精確度在長基線的距離下可達到優於 2 ns 的等級 (C/A, P3)。
- b. 實驗結果也顯示 GPS 接收機校正，採時間鏈路校正方式會較傳統接收機校正

方式大幅降低 Type B 校正不確定度，此不確定度為總不確定度的主要不確定度分量。

- c. 未來若經費允許，TL 可計畫與各國進行更多的鏈路校正實驗，驗證鏈路比對的結果並提昇比對技術。此外，積極參與國際先進實驗室的合作與交流活動，可大幅提升技術能力，亦能提昇 TL 在國際的能見度。

(2.1.2) 導航衛星先進觀測技術研究

(2.1.2.1) 達成項目

GNSS 相位擾亂與時頻比對性能之關聯性研究

(2.1.2.2) 執行內容(執行期間：103.01~103.12)

導航衛星的訊號是調變 (modulation) 在電磁波上，以電磁波當作訊號的載體 (carrier)。衛星發射的電磁波通過大氣介質時，會因所遭遇的介質狀態而產生延遲 (delay)、閃爍 (scintillation)、衰減 (fading) 等現象，影響接收端的訊號品質，進而影響應用端的性能。相位擾亂 (phase fluctuations) 可以作為評估接收端訊號品質的指標，以作為接收訊號品質好壞之判斷，以及資料分析時是否採用該資料之參考。

最有名的導航衛星系統是 GPS (Global Positioning System)。GPS 系統是由美國國防部管理及操作，如果一個國家對 GPS 的依賴性太深太廣，當國家利益與美國衝突的時候，可能遭受美國關閉或限制系統的使用，導致國家安全與利益受威脅。於是主要的權力實體紛紛建置屬於自己的導航衛星系統，例如俄羅斯的 GLONASS (Global Navigation Satellite System) 系統、中國大陸的北斗衛星導航系統 (Compass)、歐盟的伽利略全球衛星定位系統 (Galileo) 等。台灣在地理位置上緊鄰中國大陸，如果中國大陸遭受 GPS 使用限制，台灣也將同樣受限。另一方面，多重導航衛星系統除了可作為備援外，亦可提供使用者更可靠與穩定的訊號來源。IGS (於 1994 年正式運作) 原本是 International GPS service for Geodynamics 的縮寫，係為服務地球動力學的使用者而成立的國際組織；其後 IGS 的服務領域不斷擴大，並隨著俄羅斯 GLONASS 的發展，IGS 正名為 International GNSS Service，縮寫仍為 IGS，而 GNSS 係代表一般性的 global navigation satellite system。正名時 IGS 已同時服務 GPS 和 GLONASS 的使用者；未來有新導航衛星系統進入運轉階段時，IGS 也將服務該新系統的使用者。現在，重要的應用或研究大多使用 GPS/GLONASS 雙導航衛星系統；並且，以多重導航衛星系統為基礎的 GNSS 技術研發，已是必然趨勢。

俄羅斯的 GLONASS 系統於 1996 年首次布建完成 (比較參考：GPS 於 1994 年布建完成，持續運轉至今)，但隨後因為俄羅斯經濟走低，欠缺經費替換老化衛星，該系統曾一度逐漸失修而欠佳。其後，隨著俄羅斯經濟逐漸改善，2003 年研製新一代衛星；2006 年衛星數量達到 17 顆，已具備基本涵蓋範圍，並逐年增加衛星數目；2011 年 11 月補齊該系統完整的 24 顆衛星，已具備完整涵蓋範圍。

在 2013 年，提供觀測資料給 IGS 的會員中 (本實驗室亦是會員之一)，即有超過三分之一會員數也提供 GLONASS 觀測資料，GLONASS 的資料觀測與應用已蔚成風氣。

先進研究已普遍採用 GPS/GLONASS 雙導航衛星之 GNSS 雙頻資料，本實驗室相較之下對於 GLONASS 觀測資料收集與研究能量均欠缺。在本實驗室收集到大量觀測資料之前，可先利用 IGS database 中的 GLONASS 觀測資料，發展相位擾亂分析技術並培養研究能量。精進聯合 GPS/GLONASS 雙導航衛星系統之 GNSS 相位擾亂觀測方法。

大氣介質中以電離層對電磁波的衝擊最為顯著。在電離層中，電磁波傳播時間延遲起因於全電子含量 (total electron content; TEC) 所造成的電磁波折射；而電離層中電磁波閃爍相關的振幅衰減 (fading) 與相位變動等現象主要導源於電子密度不規則體所造成的電磁波繞射。電子密度不規則體可使用 GPS/GLONASS 雙導航衛星之 GNSS 相位擾亂技術來偵測。GNSS 的應用端會受電離層現象影響，但也因此使得 GNSS 成為研究電離層的有用工具。

本實驗室先前已將 GPS 相位擾亂 (GPS phase fluctuations) 技術擴展成 GNSS 相位擾亂技術，並承繼 2013 年已有的 GNSS 全電子含量與相位擾亂技術，本研究今年主要工作重點為探討電離層折射型相位閃爍效應 (refractive phase scintillation，與電磁波路徑上的電離層不規則體密度擾動有關)、電離層繞射型相位閃爍效應 (diffractive phase scintillation，與 Fresnel zone 電磁波繞射干涉有關)、及電磁波的折射與繞射對雙向衛星時頻傳送 (two-way satellite time and frequency transfer; TWSTFT) 的影響。如圖 2.6 所示。

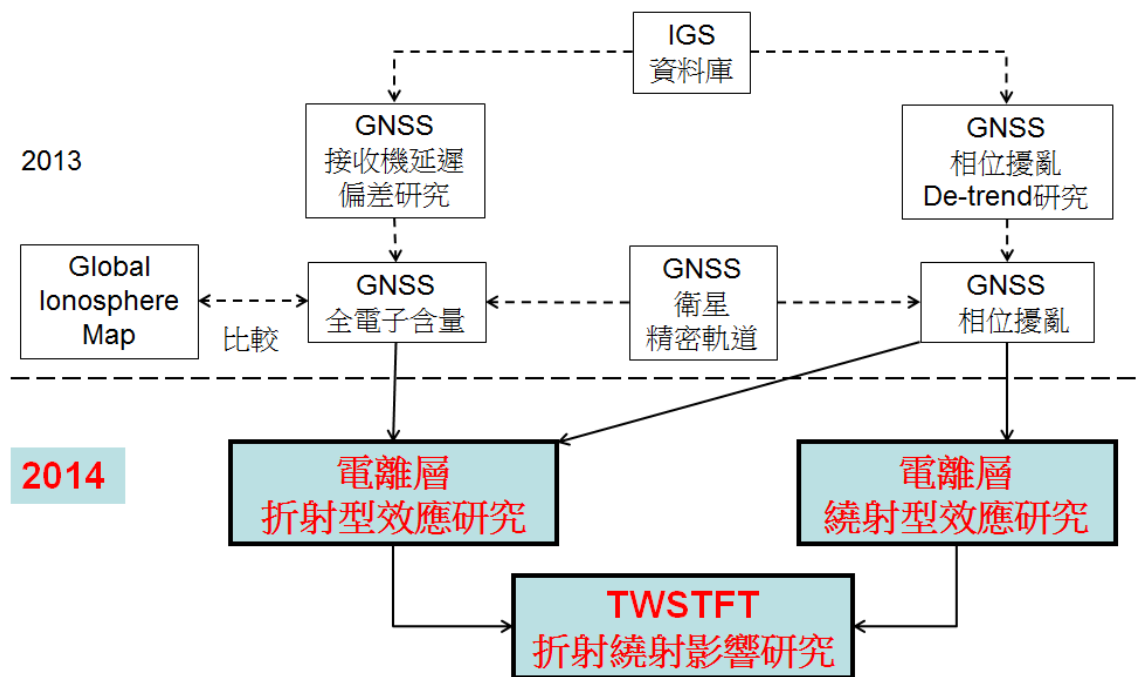


圖 2.6 GNSS 相位擾亂與時頻比對性能之關聯性研究示意圖。

未來的展望是精進 GPS 與 GLONASS 雙導航衛星系統 GNSS 相位擾亂聯合觀測，並探討電離層全電子含量以及各種電離層擾動現象（電離層電漿泡、電離層移行擾動等）對 TWSTFT 的影響。將應用於 monitor 電離層不規則體，並應用於 TWSTFT 研究，以提升可靠性與穩定性。

(2.1.2.3) 結果

(2.1.2.3.1) 折射型相位閃爍效應

電離層的巨觀性質是中性的離子化氣體，由離子、自由電子、中性原子或分子組成。正離子的質量比電子大 2,000 到 60,000 倍，所以，對於使用於電磁波通訊的頻率而言，電磁波電場所引起的離子的位移是遠小於電子的位移。這意謂著電磁波傳播中離子的效應是可以忽略的。

折射指數 n 由 Appleton-Hartree 公式表示如下：

$$n_{\pm}^2 = 1 - \frac{2X(1-X)}{2(1-X) - Y_T^2 \pm \sqrt{Y_T^4 + 4(1-X)^2 Y_L^2}}$$

其中

$$X = \left(\frac{f_p}{f}\right)^2 = \frac{((Ne^2)/(4\pi^2\epsilon_0 m))}{f^2}$$

$$Y_T = Y \sin \theta_B$$

$$Y_L = Y \cos \theta_B$$

$$Y = \left(\frac{f_g}{f}\right) = \frac{((|e|B_0)/(2\pi m))}{f}$$

N 是電子的 number density， e 和 m 分別是電子的電荷與質量， ϵ_0 是自由空間的介電常數， f_p 、 f_g 與 f 分別是電離層的電漿頻率、電子繞磁場的迴旋頻率、與電磁波的載波頻率， θ_B 是電磁波傳播方向 \bar{k} 與地球磁場 \bar{B} 的夾角。以地球電離層而言， $N \approx 10^{12}$ electrons/m³，電漿頻率 $f_p \approx 8.9$ MHz；地球磁場 $B_0 \approx 2 \times 10^{-5}$ Tesla，而電子迴旋頻率 $f_g \approx 0.59$ MHz。

方程式中的正號與負號分別對應到正常(+)波與異常(-)波的傳播模式。一般而言，這兩種波分別是具有向左與向右旋轉的橢圓極化波。由於這兩種波的相速度不同，所以當穿越電離層時，其合成波就經歷了法拉第旋轉 (Faraday rotation)。而當載波頻率遠大於電漿頻率與迴旋頻率時，電磁波傳播的模式主要是圓形極化。GPS 載波頻率 ($L_1 = 1574.42$ MHz, $L_2 = 1227.6$ MHz) 就是屬於這種案例，GLONASS 的各載波頻率亦是如此。

假設 $Y \ll 2|\cos \theta_B|(1-X)/\sin^2 \theta_B$ ，將方程式做泰勒級數展開至頻率 4 次方反比之結果為：

$$n_{\pm} = 1 - \frac{1}{2}X \pm \frac{1}{2}XY|\cos \theta_B| - \frac{1}{4}X \left[\frac{1}{2}X + Y^2(1 + \cos^2 \theta_B) \right]$$

方程式右邊第二、三、四項即分別與為頻率的平方、立方、四次方反比項。就電磁波傳播的折射指數而言，一般取到 $1/f^2$ 項，即 X 項，就可以達到很好的折射指數近似值。又上式實際上就是電磁波的相位折射指數，所以可以簡化並改寫如下：

$$n_{\pm}^{phase} = 1 - \frac{1}{2} X$$

值得注意的是相折射指數小於 1，對應的現象是電磁波相速度大於真空中的光速。另一方面，電磁波的群折射指數 $n_{\pm}^{group} = n_{\pm} + f(dn_{\pm}/df)$ ，可以寫成：

$$n_{\pm}^{group} = 1 + \frac{1}{2} X$$

由於只取低階項近似，正常(+)波與異常(-)波在上述二式中的結果相同，所以下面折射指數就不再標示(+)號與(-)號。

電磁波在介質中的傳播路徑 s 是稍有偏折而不是 line of sight 的真空直線路徑 s_0 ，多出來的傳播距離 dl 可由對直線路徑 s_0 上的折射指數差值積分而得到：

$$dl = \int [n(s) - 1] \cdot ds_0$$

將電離層折射指數 $n(s)$ 在真空直線路徑 s_0 上作級數展開，即 $n(s) = 1 + X/2 + \dots$ ，取其一階近似，距離差 dl 改寫如下：

$$dl = \int (1 + \frac{1}{2} X) ds_0 - \int 1 \cdot ds_0 = \frac{e^2}{8\pi^2 \epsilon_0 m f^2} \int N ds_0$$

電磁波因折射而多出的相位為距離差除以波長 λ ：

$$\phi = \frac{dl}{\lambda} = \frac{e^2}{8\pi^2 \epsilon_0 m \lambda f^2} \int N ds_0 = \frac{e^2}{8\pi^2 \epsilon_0 m c f} \int N ds_0$$

若沿著電磁波訊號路徑上的電子密度擾動為 δN ，則相位擾動為：

$$\delta\phi = \frac{e^2}{8\pi^2 \epsilon_0 m c f} \delta \int N ds_0$$

在電磁波傳播路徑上的電子密度積分就定義為該路徑上的全電子含量 (total electron contents; TEC)，亦即：

$$TEC \equiv \int N \cdot ds_0$$

所以本研究導出折射型相位閃爍效應造成的相位擾動可表示為：

$$\delta\phi = \frac{e^2}{8\pi^2 \epsilon_0 m c f} \delta TEC = \frac{40.3}{cf} \delta TEC$$

折射型相位閃爍在接收端造成的效應是所接收訊號有較多的建設性（同相）疊加但較少的破壞性（反相）疊加，使得雖然相位可能顯著變化，但振幅卻變化平緩不大亦不快。

此折射型相位閃爍效應，是造成 GNSS 相位擾亂的原因之一。就低緯度地區而言，赤道電離層電漿泡常存在尺寸大小約為 6 km 的不規則體（屬於大型不規則體），能在 GNSS 30 秒週期 GNSS 觀測資料中看到劇烈相位變化所造成的 TEC 快速擾動，亦即折射型相位閃爍造成 GNSS 相位擾亂。另外，在高緯度地區，高能粒子墜落現象亦會產生大型不規則體，例如在極帽邊緣與極光橢圓區內，也都可觀測到因折射型相位閃爍效應而產生的 GNSS 相位擾亂。

(2.1.2.3.2) 繞射型相位閃爍效應

在電磁波路徑附近若存在有不規則表面之障礙物（尺寸大於波長）時，會產生比散射電磁波強的反射電磁波，此反射波與主波的疊加是一種繞射干

涉，需用 Fresnel zones 來描述。

Fresnel zones 是一系列由圓形口徑構成的同心橢球，橢球長軸兩端分別為發射天線與接收天線，長軸即為電磁波傳播路徑，也是各個與長軸正交之同心圓形橫截面的圓心。第一 Fresnel zone 是最內部的圓形橫截面，後續的 Fresnel zones 就都是環形橫截面（類似中空的甜甜圈），且都與第一 Fresnel zone 有著共同圓心。Fresnel zones 效應源自圓形口徑（由一個圓形橫截面和其餘環形橫截面構成）裡的障礙物對電磁波的繞射。

如果在沿電磁波路徑附近存在有障礙物甚至反射表面（例如水體或平滑地形），原電磁波的前向散射波會被這些表面反射出去，與直接抵達接收機的原電磁波反相或同相疊加。位於第一 Fresnel zone 的障礙物會產生同相繞射電磁波（就正弦波而言相位偏移範圍 0-180 度），而位於第二 Fresnel zone 的障礙物會產生反相繞射電磁波（就正弦波而言相位偏移範圍 180-360 度）。從偶數 Fresnel zones 裡障礙物表面繞射出來的電磁波是與直射的電磁波反相，會因破壞性疊加而減弱所接收訊號的功率。相對地，被奇數 Fresnel zones 裡障礙物表面繞射出來的電磁波是與直射的電磁波同相，會因建設性疊加而增強所接收訊號的功率。這導致一種反直覺的奇特經驗：調升或調降天線高度，都可能會增加訊號對噪音比值 (S/N ratio)，雖然接收品質不一定會變好。最強接收訊號是在發射機與接收機之間的直線上，且永遠位於第一 Fresnel zone 內。

第一 Fresnel zone 必須儘可能沒有障礙物以避免繞射干擾（雖然是同相疊加能使訊號增強，但會干擾相位），經驗法則上的障礙物最大容忍度是 40%，但建議是 20% 或更低。在電磁波路徑附近某處 P 點的 Fresnel zone 半徑計算公式如下：

$$F_n = \sqrt{\frac{n \lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

其中 F_n 是第 n 個 Fresnel zone 半徑， λ 是電磁波波長， d_1 是 P 點與發射機的距離， d_2 是 P 點與接收機的距離。

至此，可以做個簡要整理：雖然奇數 Fresnel zones 裡的障礙物會增強所接收訊號的功率（同相疊加），但會干擾相位而降低訊號品質；相對地，偶數 Fresnel zones 裡的障礙物既會減弱所接收訊號的功率（反相疊加），也會干擾相位而降低訊號品質。附帶說明一點：最嚴重的干擾來自第二 Fresnel zone，很可能大幅減低所接收訊號的功率，甚至造成訊號中斷。

就衛星與地面站構成的通訊系統而言，電磁波路徑上的障礙物主要為電離層中的電子密度不規則體。若電離層不規則體的尺寸大小符合 Fresnel zones 半徑範圍，橫過該不規則體的電磁波就會有振幅與相位干擾。以 GPS 系統為例：衛星距地面高度約 20200 km，在中低緯度地區，電磁波主要於 350 km 高度穿越電離層，故 $d_1 + d_2 = 20200$ km， $d_1 = 19850$ km， $d_2 = 350$ km，由於 d_2 遠小於 d_1 ，所以 $d_1 + d_2$ 就約等於 d_1 ，可從分子分母中移除。另以一方便的符號 h 來取代 d_2 ，Fresnel zone 半徑計算公式可近似成：

$$F_n = \sqrt{n \lambda h}$$

這公式亦同樣適用於使用同步衛星（高度約 35000 km）的雙向衛星時頻傳送 (TWSTFT) 系統。

以 GPS 系統 L_1 訊號頻率 1574.42 MHz（波長約為 0.19 m）為例，可計算得在 350 km 高度處的 Fresnel zone 半徑，例如：

$$F_1 = 258 \text{ m}$$

$$F_2 = 365 \text{ m}$$

若存在有電離層不規則體尺度大於 365 米，當衛星訊號路徑橫過該不規則體時，就會有不規則體落入衛星訊號路徑旁的第二 Fresnel zone，產生繞射

電磁波反相疊加在原本的衛星訊號上，進而產生某種程度的閃爍干擾。表現在振幅上的叫做振幅閃爍 (amplitude scintillation)，表現在相位上的叫做繞射型相位閃爍 (diffractive phase scintillation)。在此將源自 Fresnel zone 繞射效應的相位閃爍稱為繞射型相位閃爍，以便與前面源自折射效應的折射型相位閃爍作區別。

在這裡可以做個簡要整理：Fresnel 繞射在接收端造成的效應不僅是相位變化劇烈，而且也是振幅變化劇烈；訊號的建設性（同相）疊加與破壞性（反相）疊加都明顯，亦即相位與振幅都變化大且快速。劇烈的振幅變化可能發生嚴重的訊號衰落而導致訊號中斷。

此繞射型相位閃爍效應，是造成 GNSS 相位擾亂的原因之一。就低緯度地區而言，赤道電離層電漿泡常存在有尺寸大小對應到第一與第二 Fresnel zone 半徑的不規則體（在 350 km 高度的 F 層，該尺寸大小分別約為 258 m 與 365 m，屬於中小型不規則體），使得 GNSS 訊號產生振幅閃爍與繞射型相位閃爍。振幅閃爍可能導致 GNSS 訊號脫鎖而斷訊，而繞射型相位閃爍能在 30 秒週期 GNSS 觀測資料中呈現 TEC 快速擾動，亦即 GNSS 相位擾亂。這是新的發現，有別於傳統觀點認為 GNSS 相位擾亂只對大尺度不規則體敏感，事實上，中小尺度的不規則體亦能經由 Fresnel zone 繞射造成 GNSS 相位擾亂。

(2.1.2.3.3) 折射與繞射效應對雙向衛星時頻傳送的影響

歐亞雙向衛星時頻傳送 (Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer; TWSTFT) 鏈路使用的中繼同步衛星是位於印度洋上空的 AM-2，TWSTFT 實驗於每日 11-22 UTC (19-06 LST at TL) 進行。因為缺乏下午的觀測資料，故傍晚的現象無法比較研究，且即使傍晚時分（例如 11-12 UTC，亦即 19-20 LST at TL）亦可會有觀測資料漏失，很可能導因於訊號中斷。折射與繞射等電離層電動效應對 TWSTFT 之影響研究的初步實驗結果如圖 2.7 所示。首先，TWSTFT time differences 與載波雜訊比 C/N_0 沒有清楚明確的相關性，

另外，也與戶外氣象條件無關。

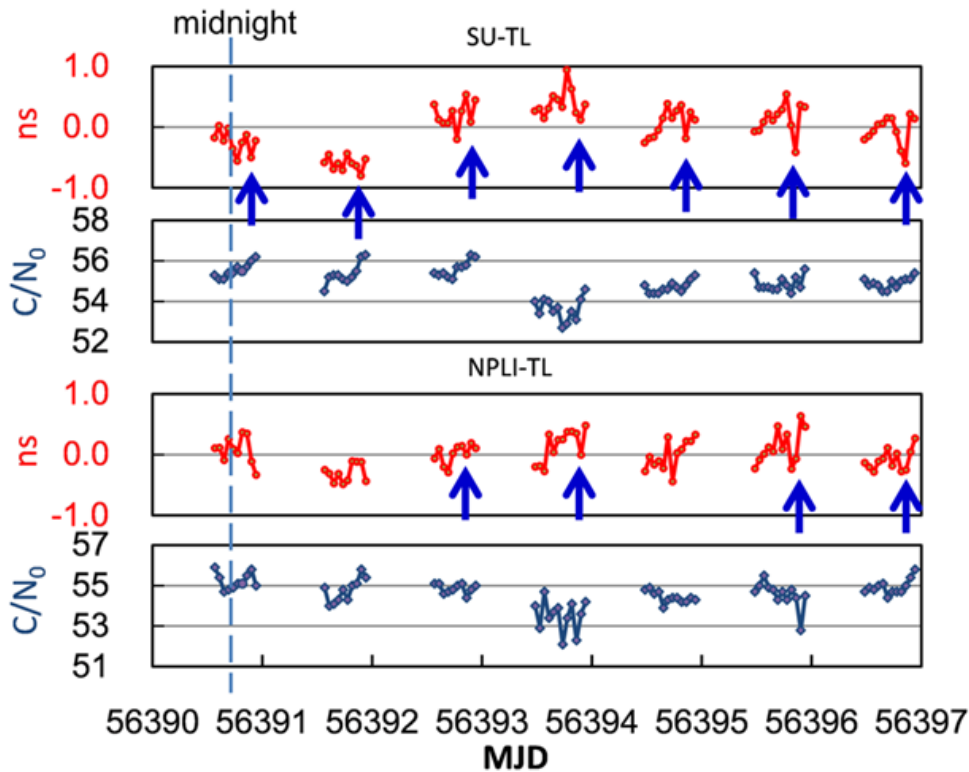


圖 2.7 一個 TWSTFT 實驗結果例子

重要的結果為 (a) TWSTFT time differences 日出前 (18-21 UTC; 02-05 LST at TL) 有局部極值。(b) 在 TWSTFT 鏈路中相對較高緯度的站是局部極大值而較低緯度的站是局部極小值。俄羅斯的 SU 與印度的 NPLI 在緯度上都比台灣的 TL 高，在 TL 呈現局部極小值。(c) 當 TWSTFT 鏈路的夥伴站是位於更高緯度時此局部極小值更清楚明顯，緯度較不高時就較不明顯，例如連接俄羅斯的 SU-TL link 每天都清楚明顯發生，連接印度的 NPLI-TL link 就約僅一半的日子有發生。

重要的發現為此日出前局部極值與源自高緯度的電離層中性風 (neutral wind) 在地球磁場中和電離層電漿的交互作用有很好的關聯性。日出前電離層中性風由極區或高緯度地區往赤道方向吹，途中與電漿發生碰撞，拖著電漿 (ions + electrons) 一起往赤道方向移動。由於電漿的運動受制於地球磁場，所以在往赤道方向移動的同時也沿著地球磁場線往上爬升。又因為

碰撞頻率與力道並非均勻，電漿也就不是被均勻抬升，於是造成電漿密度不均勻分布擾動。以北半球為例，簡要過程如圖 2.8 所示。

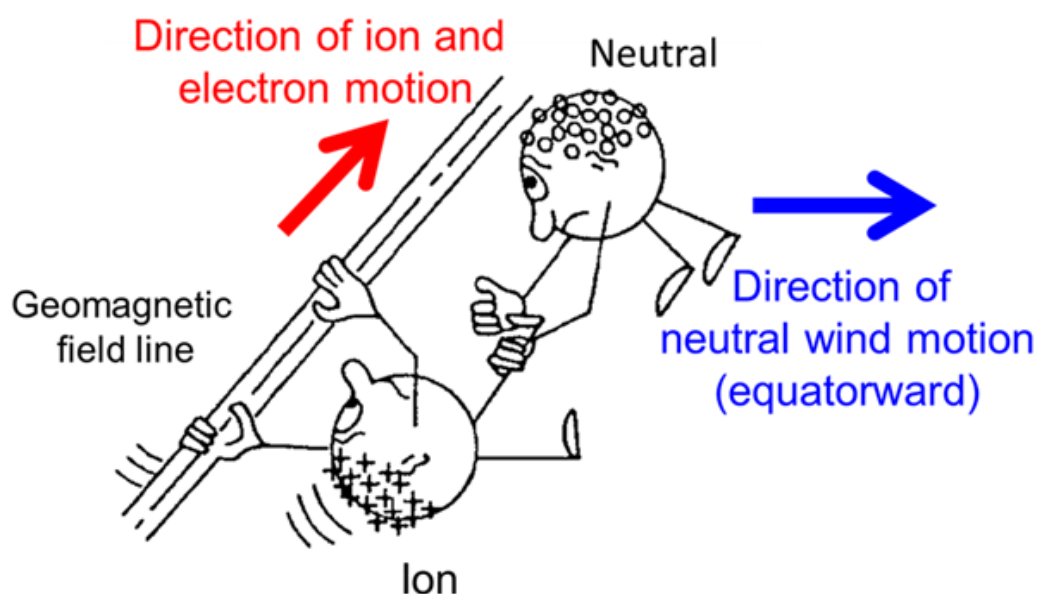


圖 2.8 中性風碰撞造成電漿密度擾動示意圖

當電磁波經過電離層電漿密度不均勻的擾動區域時，會因折射型閃爍效應造成電磁波相位閃爍擾動。很可能是此相位擾動影響了日出前 TWSTFT 觀測結果而出現局部極值。

另外，電磁波路徑上的電離層不規則體擾動會造成繞射干涉。電磁波可能因繞射干涉而有明顯的建設性疊加與破壞性疊加，使得振幅劇烈衰減且相位劇烈偏離，造成訊號中斷或干擾接收機運作而漏失部分觀測資料。

TWSTFT 初步實驗結果已可看出與折射型相位閃爍有關聯，至於 TWSTFT 與繞射型相位閃爍的關係，將於更換中繼同步衛星並得到全天觀測資料後進行分析，應該很快就可驗證前面已推導出來的結果。附帶說明：以載波相位新技術為基礎的新一代雙向衛星頻率傳送 (Two-Way Satellite Frequency Transfer; TWSFT) 系統而言，電離層不規則體的折射型效應與繞射型效應將會是更重要的研究主題。

(2.1.2.3.4) 總結

本研究已完成探討電離層折射型相位閃爍效應、繞射型相位閃爍效應、以及雙向衛星時頻傳送的折射與繞射影響。

GNSS 相位擾亂，就是本研究中的相位閃爍所造成，包括折射型相位閃爍（不規則體尺寸大小約為 6 km）和繞射型相位閃爍（不規則體尺寸大小約為 365 m）。就低緯度地區而言，赤道電漿泡是常見的電離層不規則體，會同時引起繞射型相位閃爍和折射型相位閃爍。這是新的發現：除了傳統觀點認為的大尺度不規則體能經由折射產生 GNSS 相位擾亂之外，中小尺度的不規則體亦能經由 Fresnel zone 繞射產成 GNSS 相位擾亂。

從 TWSTFT 實驗已得到初步結果，例如振幅閃爍效應造成訊號中斷，折射型相位閃爍效應造成日出前 TWSTFT time differences 有局部最大偏離值。待有完整 TWSTFT 觀測資料後，就可確定繞射型相位閃爍效應對 TWSTFT time differences 的影響。

將來可以藉由 GNSS 相位擾亂來評判是繞射型相位閃爍（中小型不規則體）佔優勢，抑或是折射型相位閃爍（大型不規則體）佔優勢。另外，就新一代以載波相位為基礎的雙向衛星頻率傳送（TWSFT）系統而言，電離層不規則體的折射型效應與繞射型效應將會是更重要研究主題。

(2.1.2.3.5) 論文

(a) EI 論文發表

投稿兩篇 EI 論文已會接受並發表。其中一篇“A study of antenna multipath instabilities in two-way satellite time and frequency transfer”於 5 月在 IEEE International Frequency Control Symposium (IFCS 2014) 發表，重要結果為確認天線多路徑效應不是 TWSTFT 的重要誤差來源。另一篇“Ionospheric electrodynamic effects on two-way satellite time and frequency transfer”於 8 月

在 IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2014) 發表，重要結果為日出前 TWSTFT time differences 局部極小值現象很可能是源自電離層裡的電漿與中性風和地球磁場之電動力學效應所產生的折射型相位閃爍。

(b) 一般國際會議論文發表

投稿兩篇一般國際會議論文已獲接收並發表。“A comparison of the occurrences of low-latitude ionospheric irregularities between the eastern and western Africa” 與 “The GPS phase fluctuations over the AREQ GPS station during solar cycle 23” 於 8 月在 40th The Committee on Space Research (COSPAR) Scientific Assembly (COSPAR 2014) 發表，討論的內容為電離層不規則體發生趨勢的經度效應，以及發生趨勢的太陽活動相關性。

(c) 準備投稿 SCI 論文

發展一篇研究論文 “Seasonal and temporal variation of GPS phase fluctuations at Tromso under low solar activity”，擬投稿 SCI 期刊。主要結果為 (i) 高緯度相位擾亂經常於春秋季發生，尤其強烈相位擾亂更是如此。(ii) 相位擾亂的最大值隨地磁活動性增加而增加，呈正相關。(iii) 當相位擾亂被刺激活化時，從非同相散射雷達觀測與衛星觀測中可看到 E 層電子密度快速增加且電子密度結構體向 F 層擴張，顯示高能帶電粒子墜落現象亦是引發相位擾亂的來源之一。

(d) 獲邀審查 SCI 論文

接受重量級期刊 Journal of Geophysical Research (JGR, impact factor > 3, 是地科領域的頂級期刊之一) 邀請審查一篇研究論文，內容係利用連續電磁波斜向入射電離層因不規則體擾動所致回波中的都普勒頻移現象，觀測大氣重力波的傳播方向與速度，以及觀測電離層電漿泡漂移的傳播方向與速度。

(2.1.2.4) 應用及效益

- (a) 增進國家實驗室衛星時頻傳送分析技術。本研究成果將應用於 monitor 電離層不規則體，並應用於雙向衛星時頻傳送研究，以提升可靠性與穩定性。
- (b) 已掌握折射型相位閃爍分析能力。
- (c) 已掌握繞射型相位閃爍分析能力。
- (d) 已獲接受並發表關於導航衛星先進觀測研究與雙向衛星時頻傳送研究的論文，計有 EI 會議論文 2 篇，一般會議論文 2 篇，另外也準備投稿 SCI 期刊論文 1 篇，成果豐碩，可彰顯本院與標檢局聲譽。
- (e) 接受重量級期刊 Journal of Geophysical Research (JGR, impact factor > 3) 邀請審查研究論文，研究水準與學術地位獲肯定，可彰顯本院與標檢局聲譽。

(2.1.2.5) 未來工作重點

下年度將持續發展電離層繞射型相位閃爍與折射型相位閃爍技術，以及電離層閃爍對接收機的衝擊，並探討對新一代載波相位雙向衛星頻率傳送 (carrier-phase two-way satellite frequency transfer) 的影響。

另外，也擬進行 GNSS 接收機儀器偏差穩定性與溫度關聯性研究，包括：(i) 發展聯立方程組，直接同時求解 (不必使用傳統模型) 衛星訊號模稜值 (N1, N2) 與 GNSS 接收機 bias。相關工作有評估方程組性能並改進、評估 GNSS 接收機 bias 穩定性並改進、評估 GNSS 接收機 bias 短期變化 (日變化)、評估 GNSS 接收機 bias 長期變化 (季變化)。(ii) 進行雙向衛星時頻傳送性能與溫度之關聯性研究，嘗試探討白天 11:00-14:00 (一天中溫度最高的時段) 是否有明顯 frequency difference 擾動或 time difference 擾動，以及最可能的關聯是否為溫度因素，抑或其它因素 (例如電離層 D region 吸收等)。

(2.1.2.6) 自評與建議

- (a) 本研究利用 IGS database 的 GNSS 觀測資料，與國際度量衡局 BIPM

database 的 TWSTFT 觀測資料，以及自行收集的觀測資料，發展電離層相位閃爍技術結合 TWSTFT 觀測結果，培養研究能量，並且有 2 篇 EI 論文與 2 篇一般國際會議發表，以及準備投稿 1 篇 SCI 論文，研發成效優良。

(b) 已掌握相位閃爍分析能力。

(c) 已掌握振幅閃爍分析能力。

(d) 建議進行研究電離層相位閃爍效應對新一代載波相位雙向衛星頻率傳送的影响，以實現更高效能的 TWSTFT 技術。

(e) 建議進行研究 GNSS 接收機儀器偏差穩定性與溫度關聯性。

(f) 建議精進 GPS 與 GLONASS 雙導航衛星系統相位擾亂聯合觀測，並探討電離層全電子含量以及各種電離層擾動現象（電離層電漿泡、電離層移行擾動等）對 TWSTFT 的影响。

(2.2) 衛星雙向傳時系統之建立及傳時品質提昇

(2.2.1) 衛星雙向傳時系統之建立及傳時品質提昇(I)

(2.2.1.1) 達成項目

歐亞及亞美衛星雙向傳時比對鏈路之維持及改善(I)

(2.2.1.2) 執行內容(執行期間：103.1~103.6)

衛星雙向傳時(Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer, TWSTFT)是目前最精準的傳時比對技術之一，透過此技術所進行的傳時比對數據，已成為國際度量衡局(BIPM)用來計算國際原子時(TAI)的主要資料。為確保國家時頻標準與國際標準的一致性，本實驗室積極參與相關國際合作計劃，我國目前參與的衛星雙向傳時鏈路如圖 2.9。今年度的最新進展說明如下：

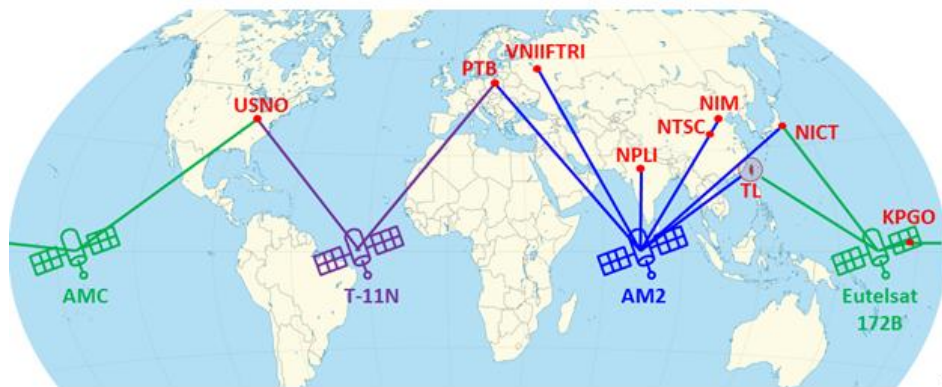


圖 2.9 我國 TL 目前參與的衛星雙向傳時鏈路，包含歐亞鏈路(AM2，使用 SATRE modem)及亞美鏈路(Eutelsat 172B 以及 AMC，使用 SATRE modem)

在歐亞鏈路方面，與歐洲重要時頻中心德國 PTB 進行傳時比對鏈路，除了可直接降低傳時比對不確定度以外，並可深入探討超長距離衛星傳時的特性。歐亞鏈路目前使用俄羅斯的 AM2 同步衛星及其 Ku-Band 轉頻器，與德國 PTB、日本 NICT、中國 NIM、中國 NTSC、俄羅斯 SU 以及印度 NPLI 等實驗室合作進行實驗，並且保持相當優良的水準，在 2012 CCTF TWSTFT 工作小組會議上，NICT 表示 PTB-TL 是目前歐亞鏈路之中數據完整度最高的鏈路。

為降低國際比對的不確定度，本實驗室於 2013 年底配合執行 BIPM 先鋒計畫，進行導航衛星傳時比對實驗，同時校正 PTB-TL 的 TWSTFT 鏈路，BIPM 在 2014

年 5 月(MJD 56775)正式採用校正過的 PTB-TL 資料計算 UTC (Circular T 317)。

在亞美鏈路方面，由於美國 USNO 為目前全世界維持最多原子鐘的實驗室，並且維持 GPS 時系，更是國際原子時權重貢獻最多的實驗室，因此與 USNO 建立比對鏈路可即時觀察時刻差，可提升 UTC(TL)之對於國際標準 UTC 的穩定度。由於亞美距離甚遠，單顆同步衛星難以同時涵蓋兩地，因此亞美間需要經過中繼站方能建立比對鏈路。在日本 NICT 的協助之下，本實驗室 2012 年 3 月 27 日開始進行與美國 USNO 建立比對鏈路，透過夏威夷 KPGO 中繼站，進行每日 24 小時傳時比對。

(2.2.1.3)結果

在歐亞鏈路方面，目前共有俄羅斯 VNIIFTRI(SU)、德國 PTB、日本 NICT、中國 NIM、中國 NTSC 以及印度 NPLI 進行。本實驗室與德國 PTB 之衛星雙向傳時比對鏈路從 2008 年 3 月開始，自 IS-4 衛星失效後，從 2010 年 10 月起迄今，歐亞鏈路使用 AM2 衛星進行衛星傳時實驗，每日進行 12 小時實驗。2014 上半年本實驗室與歐亞鏈路實驗室之間的傳時結果如圖 2.10 所示，BIPM 在 MJD 56775 校正過之後，衛星雙向傳時比對結果與 UTC 一致。由於本實驗室的 2.4 米天線轉向後，所收到的 AM2 衛星信標信號相當良好，實驗結果也是所有歐亞鏈路參與之實驗室中，穩定度最佳者，因此於 2011 年 12 月，此鏈路已被 BIPM 接受為 TAI 鏈路。由於提供服務的俄羅斯衛星公司 INTERSPUTNIK 於 2014 年第二季新衛星 AM4R 發射失敗，使用 AM2 衛星進行之歐亞鏈路，於 2014 年 12 月因衛星停止服務而中斷。

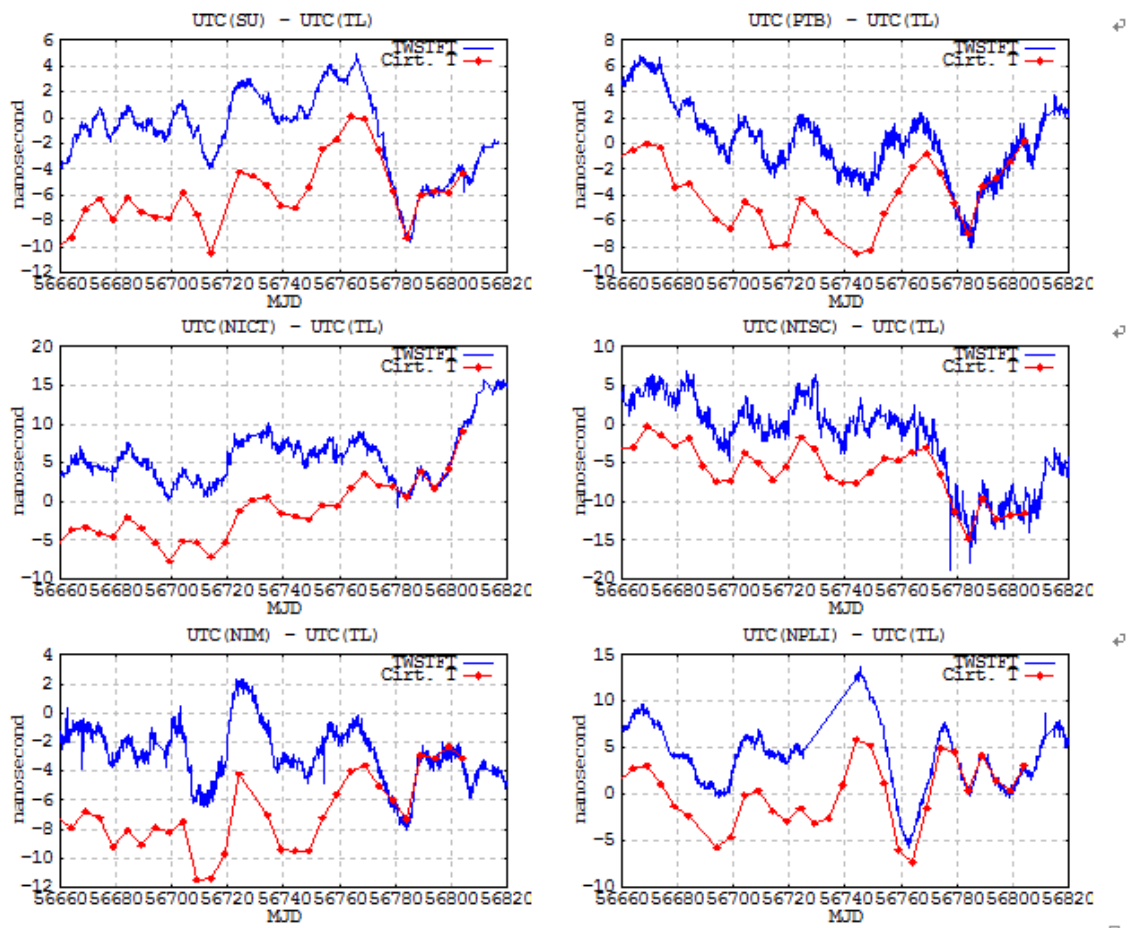


圖 2.10、2013 上半年本實驗室(TL)與歐亞鏈路個實驗室衛星雙向傳時比對結果，在 MJD 56775 經過校正之後，衛星雙向傳時(藍線)與 Circular T(紅點線)一致

在亞美鏈路方面，於 2012 年 3 月 27 日(MJD 56013)起在日本 NICT 的協助下建立，可即時與美國 USNO 直接比對。由於本實驗室和美國 USNO 基線甚長，無法透過單一同步衛星建立鏈路，因此本鏈路是透過 Eutelsat 172B 同步衛星(原 GE-23)與夏威夷 KPGO 站中繼轉發的方式達成，然而，KPGO 站的設備在 2013 年底損毀，在國外專家的努力之下，於 2014 年 4 月恢復比對。本實驗室目前與 USNO 進行比對可由東向(TL-KPGO-USNO)或西向(TL-PTB-USNO)，這是除了 NICT 以外唯二有能力進行環球鏈路比對的亞洲實驗室。如圖 2.11 所示，雖然本實驗室的西向鏈路在 BIPM 校正(MJD 56775)之後與 UTC 一致，但是東西向比對長期尚有數奈秒的不一致性，這個結果造成衛星雙向傳時技術本身的不確定性就有數奈秒，目前正在積極找尋原因。

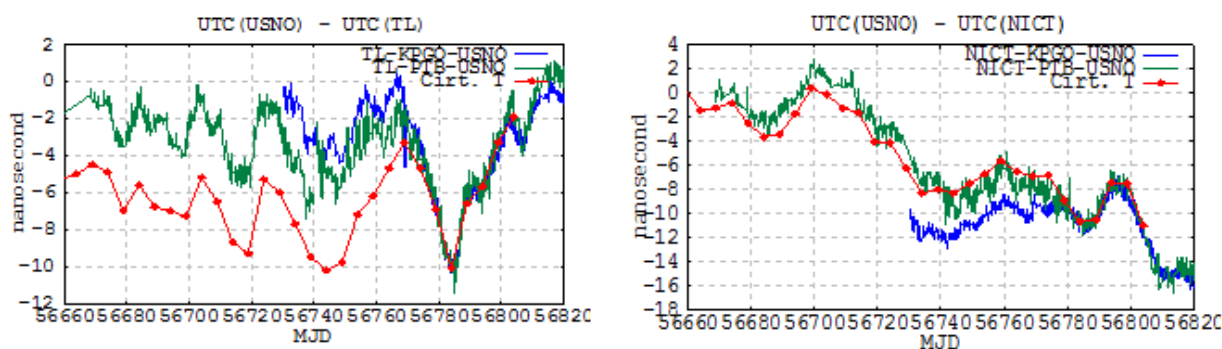


圖 2.11、2014 上半年與 USNO 經由衛星雙向傳時比對結果。左圖為本實驗室經過東向(藍線)及西向(綠線)結果，右圖為 NICT 的結果，兩圖均繪出 UTC 供參考

(2.2.1.4)應用及效益

最即時精確的比對技術：衛星雙向傳時能夠提供即時的比對以及極佳的精密度，可以確保國家標準時間的一致性。由於 UTC(或 Circular T)最晚可能有 45 天的延遲發佈，因此在此期間我們無法得知國家標準時間是否符合國際標準。因為衛星雙向傳時比對與 UTC 一致性高，所以進行衛星雙向傳時不僅可即時監控國家標準時間，更可以在國際標準 Circular T 尚未發佈的情況下，穩定國家標準時間。本實驗室目前已成為活躍於亞太與歐美社群的重要實驗室，我們在衛星雙向傳時技術上的經驗與意見，也愈能受到國際上的重視。

最直接的國際合作關係：衛星雙向傳時實驗的進行，包括費用的分攤、實驗的聯繫及操作，以及數據的交換與發表，都必須透過雙方的溝通合作才能達成目的，也能因此建立深厚的友誼。近幾年來本實驗室透過合作向歐、美、日等先進實驗室，學習許多經驗，實為技術能力大幅進步的主因。

(2.2.1.5)未來工作重點

衛星雙向傳時比對長期精準度的改善，並無法藉由短時間的數據做詮釋，尚需要仰賴國際同儕的分工合作與共同努力改善，本實驗室後續改善計畫包括持續維持此鏈路的運轉、持續參與國際會議交換意見，以及尋找量測結果與衛星地面站特性之間的關聯等。

發展高精準度的衛星雙向傳時技術，是本實驗的重要目標。本實驗室靠著長期累積的經驗，對於技術瓶頸有一定程度的掌握：在精密度很高的衛星雙向傳時技術，對於電離層的影響必不可忽略，本實驗室致力發展電離層全電子含量觀測技術，以期改善高精密度衛星雙向傳時技術受到電離層的影響。

另外，同步衛星軌道的偏差也會影響精密度。本實驗室未來擬致力收集精密軌道資訊，或應用衛星雙向傳時技術定位同步衛星，可得到相較於 TLE(two-line element)更精確的衛星軌道，修正同步衛星軌道，以期提升衛星雙向傳時技術的精準度。

最後，本實驗室亦致力於衛星雙向傳時收發機的影響。收發機作為傳輸延遲的測量設備，是衛星雙向傳時的核心元件，發射機可能對於溫度敏感，接收機解碼亦可能有 DCB(differential code bias)的效應存在，這些因素將可能導致精準度降低，未來擬致力探討並改善這些問題，以期提升精準度。

(2.2.2)衛星雙向傳時系統之建立及傳時品質提昇(II)

(2.2.2.1)達成項目

歐亞及亞美衛星雙向傳時比對鏈路之維持及改善(II)

(2.2.2.2)執行內容(執行期間：103.07~103.12)

國際上維持標準時頻的國家實驗室，定期測量彼此標準實驗室之間的時間差，稱之為傳時比對，除了用來確保國家標準時頻與國際標準的一致性之外，實驗室提供測量值給國際度量衡局(Bureau international des poids et mesures, BIPM)，用以計算國際原子時(Temps atomique international, TAI)。衛星雙向傳時(Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer, TWSTFT)是目前最精準的國際傳時比對技術之一，其測量精密度可達奈秒級，並有即時性、獨立性等優點。其系統架構如圖 2.13 所示。

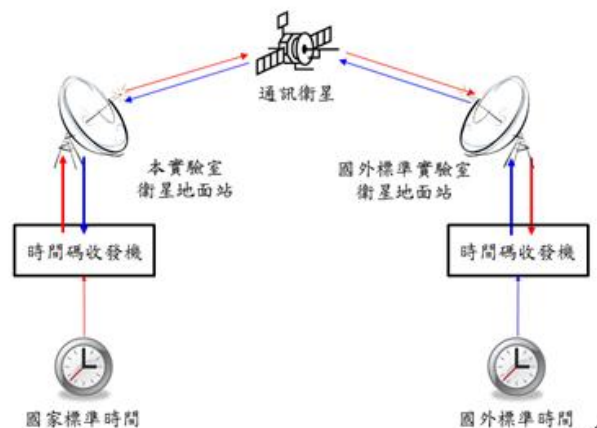


圖 2.12 TWSTFT 技術測量標準時間差之系統架構圖

圖 2.12 架構所示，主要利用時間碼收發機、衛星地面站以及通訊衛星頻道，彼此發射時間碼並且測量對方訊號的抵達時間，進而得到雙方時間差值。

由於 TWSTFT 技術是基於電磁波在傳輸媒介中，雙向路徑變化幾乎相同(對稱性佳)，因此可測得非常精準的時間差。本實驗室進行 TWSTFT，將標準時間藉由時間碼收發機產生時間碼訊號，藉由衛星地面站轉頻至 Ku 頻段後，輻射電磁波到既定的同步衛星上，同步衛星藉由轉頻器將訊號轉頻並且轉發至地面，最後，兩實驗室接收到訊號並且測量對方訊號的抵達時間，進而計算出時間差

值。本實驗室持續進行衛星雙向傳時比對已有數年餘，今年度(2014)進展說明如下：

建立歐亞鏈路的目的是為了與國際時頻中心德國物理科技研究院(Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB)直接進行 TWSTFT。相較於間接傳時比對，直接比對可降低不確定度，因此國際上標準實驗室傾向直接與 PTB 進行傳時比對，在亞洲，重要標準實驗室亦合資租借 AM2 同步衛星轉頻器資源，用以與 PTB 直接進行 TWSTFT。歐亞鏈路目前由日本情報通信研究機構(National Institute of Information and Communications Technology, NICT)擔任協調者，租借 AM2 同步衛星及其 Ku 頻段轉頻器，使本實驗室中華電信研究院(Telecommunication Laboratories, TL)從 2010 年 10 月起，和德國 PTB、日本 NICT、中國計量科學研究院(National Institute of Metrology, NIM)、中國國家授時中心(National Time Service Center, NTSC)、俄羅斯物理無線電測量研究院(Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений, VNIIFTRI)以及印度國家物理研究院(National Physical Laboratory of India, NPLI)等標準時頻實驗室合作持續進行傳時比對，並且保持相當優良的水準。在 2012 CCTF 的 TWSTFT 工作小組會議上，NICT 表示 PTB-TL 是目前歐亞鏈路之中數據完整度最高的鏈路。為降低國際比對的不確定度。

本實驗室於 2013 年底配合執行 BIPM 先鋒計畫，進行導航衛星傳時比對實驗，同時校正 PTB-TL 的 TWSTFT 鏈路，BIPM 在今年 5 月(MJD 56775)正式採用校正過的 PTB-TL 資料計算國際協調時 (Circular T 317 號公報)。

在建立與維持亞美鏈路方面，由於海軍天文台(United States Naval Observatory, USNO)為目前全世界維持最多原子鐘的實驗室，並且維持全球定位系統(Global Positioning System, GPS)時系，更是國際原子時權重貢獻最多的實驗室，因此與 USNO 建立比對鏈路可即時觀察時刻差，可提升 UTC(TL)之對於國際標準 UTC 的穩定度。然而，由於亞美距離甚遠，單顆同步衛星難以同時涵蓋

兩地，因此亞美間需要經過中繼站方能建立比對鏈路。在日本 NICT 的協助之下，本實驗室從 2012 年 3 月 27 日開始進行與美國 USNO 建立比對鏈路，透過夏威夷寇基國家公園地科天文台(Koikee Park Geophysical Observatory, KPGO)做為中繼站，進行每日 24 小時傳時比對。

(2.2.2.3)結果

歐亞鏈路方面，本實驗室與德國 PTB 之衛星雙向傳時比對鏈路從 2008 年 3 月開始，自 IS-4 衛星失效後，從 2010 年 10 月起迄今，歐亞鏈路使用 AM2 衛星進行衛星傳時實驗，每日進行 10 小時實驗。2013 年下半年比對結果如圖五所示，此圖呈現 160 天之間，本實驗室與德國 PTB 的傳時結果，此結果顯示傳時比對數據與 BIPM 公佈之國際協調時非常吻合。由於本實驗室的 2.4 米天線轉向後，所收到的 AM2 衛星信標信號相當良好，實驗結果也是所有歐亞鏈路參與之實驗室中，穩定度最佳者，因此於 2011 年 12 月，此鏈路已被 BIPM 接受為 TAI 鏈路，並且於本年度 5 月，透過 BIPM 使用 GPS 方法校正，提高國際比對的準確度。可惜提供通訊衛星 AM2 的俄羅斯公司於 2014 年發射新衛星 AM4R 失敗，**使用 AM2 衛星進行之歐亞鏈路，於 2014 年 12 月因衛星停止服務而中斷。**

在歐亞鏈路方面，目前共有俄羅斯 VNIIFTRI、德國 PTB、日本 NICT、中國 NIM、中國 NTSC 以及印度 NPLI 進行。本實驗室與德國 PTB 之衛星雙向傳時比對鏈路從 2008 年 3 月開始，自 IS-4 衛星失效後，從 2010 年 10 月起迄今歐亞鏈路使用 AM2 衛星進行衛星傳時實驗，每日進行 12 小時實驗，由於本實驗室的 2.4 米天線轉向後，所收到的 AM2 衛星信標信號相當良好，實驗結果也是所有歐亞鏈路參與之實驗室中，穩定度最佳者，因此於 2011 年 12 月，此鏈路已被 BIPM 接受為 TAI 鏈路，BIPM 在 2014 年 4 月 28 日(MJD 56775)校正過之後，衛星雙向傳時比對結果與國際協調時一致，本實驗室與德國 PTB 的衛星雙向傳時比對如圖 2.13 所示，可看出在 MJD 56775 之前，BIPM 發佈 Circular T 之中，國際協調時是導航衛星傳時比對的結果，與 TWSTFT 有差異，經過校正之後，TWSTFT 和 Circular T 一致。另外，本實驗室與俄羅斯 VNIIFTRI 的傳時比對結

果也有相同的結果，如圖 2.14 所示。

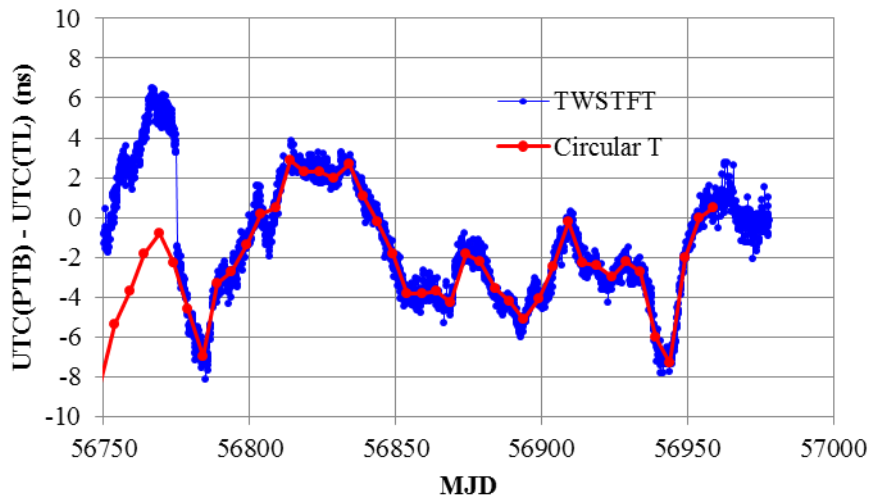


圖 2.13 本實驗室(TL)與德國 PTB 本年度經由歐亞鏈路衛星雙向傳時比對結果

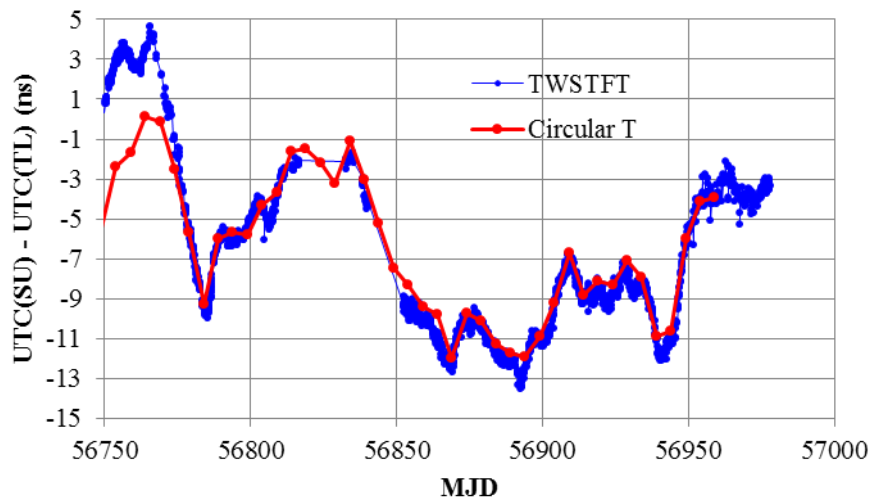


圖 2.14 本實驗室與俄羅斯 VNIIFTRI 之歐亞鏈路衛星雙向傳時比對結果

由於提供傳時比對的俄羅斯通訊衛星 AM2 年限將盡，並且在 2014 年第二季時，替代衛星 AM4R 也發射失敗，因此亞洲實驗室積極找尋下一顆通訊衛星。然而，目前尚未找到其他的通訊衛星，能由單一轉頻器涵蓋北至俄羅斯、東至本實驗室、南至印度，如果使用兩個轉頻器勢必造成租借費用倍增，若要降低租借頻寬節省成本亦尚未取得共識，因此，在有限經費的情況下，仍使用 AM2 衛星進行歐亞鏈路，此鏈路已於 2014 年 12 月因衛星停止服務而中斷。

亞美鏈路方面，於 2012 年 3 月 27 日(MJD 56013)起在日本 NICT 的協助下建立，可即時與美國 USNO 傳時比對。由於本實驗室和美國 USNO 基線甚長，無法透過單一同步衛星建立鏈路，因此本鏈路是透過夏威夷 KPGO 站中繼轉發的方式達成。本實驗室使用於亞美鏈路的衛星地面站，是從 2013 年 4 月起更新升降頻器為 Comtech EF Data 公司製造的 KST-2000A，最大的特點是可以輸入外部頻率，藉此升降頻率可追溯至國家標準頻率，是研發載波相位衛星雙向傳時比對技術的基礎；並且在更換升降頻器後，發現比對結果比以往來得更穩定。其傳時比對結果如圖 2.15 所示，此圖說明國家標準時間透過亞美鏈路(藍點)，以及透過歐亞-歐美合作鏈路(紅點)與 USNO 的傳時比對結果，由此圖可看出透過亞美鏈路的短期穩定度(分散程度)較歐亞-歐美合作鏈路來的大，是由於歐美鏈路使用時間碼碼速為 1Mcps，即每秒傳遞 1 百萬位元，相較於亞美鏈路使用 2.5Mcps，其受雜訊的程度較高，因此降低了短期穩定度。長期來看，兩群資料由最初密合到最後岔開，說明了不同路徑會影響傳時比對的結果，也暗示目前的 TWSTFT 技術實現方法是需要被檢討的。

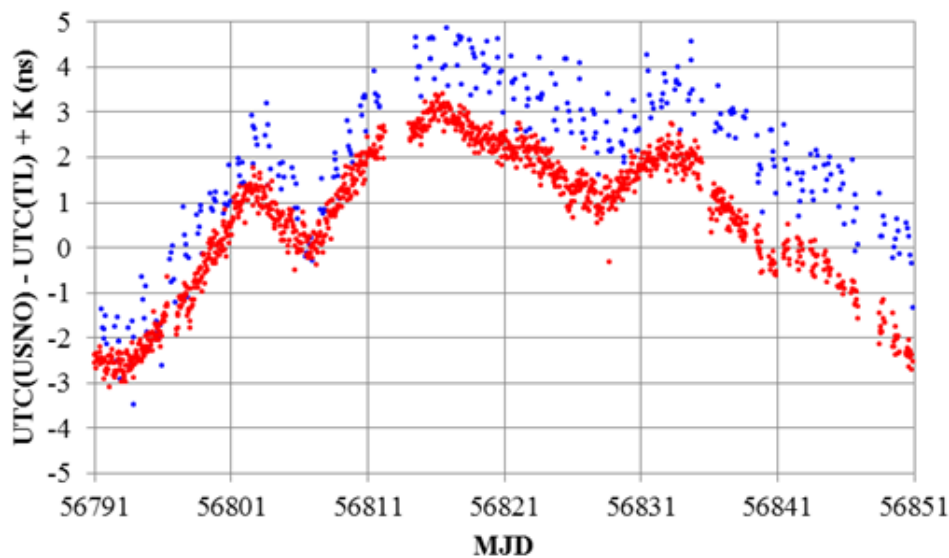


圖 2.15 本年度國家標準時間 UTC(TL)與美國海軍天文台時間 UTC(USNO)透過亞美鏈路(紅點)以及歐亞-歐美鏈路(藍點)進行衛星雙向傳時比對的結果

由於亞美鏈路的建立，四個實驗室(TL、NICT、PTB、USNO)之間的 TWSTFT

可透過 4 顆同步通訊衛星進行環球封閉驗證(環球鏈路)。封閉驗證除了確保系統運轉狀態，並能評估現階段衛星傳時比對系統的自身不一致性。如圖 2.16 所示，封閉迴路 TL-PTB-USNO-TL 能明顯看出有 2 奈秒/60 天的長期不一致現象，然而，另一封閉迴路 NICT-PTB-USNO-NICT 則沒有此現象，進而探討之，初步研判是在 TL-PTB 傳時比對中，本實驗室所使用的衛星地面站並無使用鎖定國家標準頻率的升降頻器，造成衛星地面站升降頻特性可能隨環境而變動，長期累積的結果成為 TWSTFT 的不確定度因素之一。目前本實驗室架設兩組獨立地面站，其中一座鎖定標準頻率而另一座則無，進行長期傳時比對，輔以理論根據以尋找這個現象的原因，瞭解原因並進一步改善之，向國際比對做出具體貢獻。

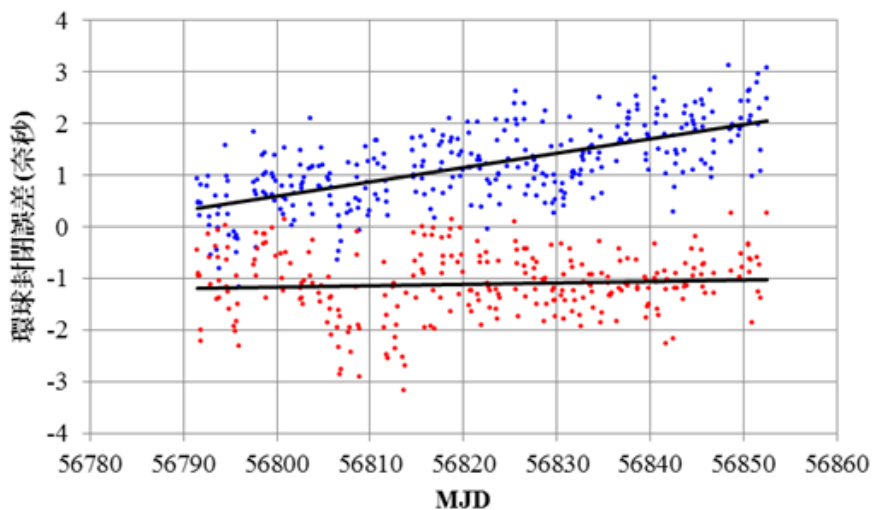


圖 2.16 本年度 60 日環球封閉誤差測量結果。國家標準時間 (TL-PTB-USNO-TL、藍點(上))及日本標準時間(NICT-PTB-USNO-NICT、紅點(下))

(2.2.2.4)應用及效益

最精確可靠的傳時技術：衛星雙向傳時能夠提供的極佳的比對精度，可以確保國家時間與國際標準的一致性，也可以作為其它比對方法的參考依據。由於 BIPM 可能會延遲 45 天後發佈 Circular T，因此在此期間我們無法得知國家標準時間是否符合國際標準，從結果來看，衛星雙向傳時比對一直和國際標準維持

一致，進行衛星雙向傳時不僅可即時監控國家標準時間，更可以在 Circular T 尚未發佈的情況下，精確地預測國家標準時間的趨勢。本實驗室目前已成為活躍於亞太與歐美社群的重要實驗室，我們在衛星雙向傳時技術上的經驗與意見，也愈能受到國際上的重視。

最直接的國際合作關係：衛星雙向傳時實驗的進行，包括費用的分攤、實驗的聯繫及操作，及數據的交換與發表，都必須透過雙方的溝通合作才能達成目的，也因此容易與合作夥伴建立深厚的友誼。近幾年來本實驗室透過合作向歐、美、日等先進實驗室，學習到許多經驗，實為技術能力大幅進步的主因。

(2.2.2.5)未來工作重點

發展高精準度的衛星雙向傳時技術，是本實驗的重要目標。本實驗室與日本 NICT 合作將進行改善衛星雙向傳時技術，可望進一步提升雙向傳時的精度，並藉由與國際知名實驗室德國 PTB、美國 USNO 等建立衛星雙向傳時比對鏈路，獲得更多資訊來探討造成 TWSTFT 架構不一致性的原因。此外我們也嘗試探討時間碼收發機所帶來的影響，來尋找衛星雙向傳時的主要不穩定來源，將可做進一步提升穩定度，並且降低周日效應的問題。針對現有的傳時數據機及升降頻器，我們將持續分析其特性，研究接收延遲以及儀器不確定度等因素，以期進一步改善傳時比對數據的精準度。

(2.2.3) 光纖傳時技術研究

(2.2.3.1) 達成項目

- 進行光纖傳時技術相關設備之採購
- 完成光纖傳時技術對未來科技基礎建設之應用評估報告

(2.2.3.2) 執行內容(執行期間：民國 103.01~103.12)

光纖通訊已成為通訊的主流技術之一，其具有遠距離的傳輸能力，低雜訊以及不受外界電磁干擾的特性，成為傳送精準信號的最佳媒介。透過光纖傳送頻率信號，可以將原子鐘等級之信號幾無劣化的傳送至較遠的實驗室，無需侷限於單一實驗室，如此的技術已在歐、美、日等地實現，並展現極佳的性能。2012 年於國際度量衡局(BIPM)舉辦的 CCTF 會議上，更確立利用光纖來傳遞頻率信號已成為國際高精度傳時的主流發展趨勢。

相較於微波領域對於頻寬的限制，利用光纖來傳遞時間信號已成為高精度傳時應用的發展趨勢。在台灣對於精準時間(或相位)同步的需求日益增加，例如新一代 4G 的無線基地台網路同步，智慧電網相位同步量測以及金融高頻交易監控等。對於這些未來社會的基礎建設，目前國際規範都已提及微秒(μs)等級的時間同步要求；台灣部分科研單位的研究需求更達奈秒(ns)等級之精度。這些需求不僅攸關台灣未來的科技基礎建設，更會影響相關資通新技術或新服務的發展。

本期工作重點在評估光纖傳時技術對未來科技基礎建設之應用方向，並持續進行光纖傳時技術相關設備之採購，以茲累積足夠的設備與元件，建置測試實驗平台。

(2.2.3.3) 結果

(a) 時間量測技術已被廣泛使用，尤其是精準時間同步的應用需求日益增加，以下評估包括行動通訊網路，電力傳輸網及金融交易市場等領域的需求。

電信系統一般需要精準的頻率同步以保障數據資料的品質。自從智慧型手機的普及改變了行動通信產業的面貌，舊有網路的容量就難以滿足使用者對行動

寬頻的需求，行動網路即全力往第四代(4G)標準遷移。對於 4G 系統而言時間同步是相當重要的，例如 LTE-TDD 的基地台需要 50 ppb ($\text{ppb}=10^{-9}$)的頻率準確度與 $\pm 1.5 \mu\text{s}$ ($\text{微秒}=10^{-6}$ 秒)的時間準確度。根據統計，台灣地區在 2012 年底的 3G 基地台數量已超過 25000 座，而對 4G 系統而言，數量更多的小型基地台(small cell)需要更有效率的規劃與使用無線頻譜，且基地台之間的精準時間(或相位)同步已是現階段 4G 無線網路建設的重要課題。對於未來更高速的下一代 5G 系統而言，支援無線基地台設計所需的無線射頻與光纖通訊整合技術(Radio over fiber)和公共射頻介面(CPRI)，同樣有天線間的相位同步需求，是目前產學競相研討的技術課題。

電力輸配網採用相位量測裝置(PMU)來動態監控線路上的相位數據，以偵測電網狀態。PMU 同樣需要精準的時間同步用以達有效的相位量測目的，若沒有足夠精準的同步，分佈於不同位置點的 PMU 即可能產生錯誤的讀值。以 60 Hz 頻率的電力線為例，時間同步最大的可容許誤差為 26 μs (即 0.57 度)。對於新一代智慧電網而言，為能達到即時錯誤預測與自我修復，建議的時間同步準確度為 1 μs 。

傳統的金融交易通常需要準確到秒的交易時間紀錄，然而發生在 2010 年五月六日美國股市的快閃式崩跌(僅僅 20 分鐘內大盤跌了 9%)給市場帶來衝擊，法規當局開始警覺秒甚至毫秒的時間解析度是不夠保障現今的市場機制。相關的風險主要從高頻交易衍生而來，高頻交易係指在相當短的時間內(例如幾毫秒)可以完成股票買與賣交易好幾回。高頻交易學理上可以讓市場運作的更好，例如提高資金流動性與成交效率等；高頻交易目前已成為歐美市場運作的主要部分(即主要造市者)，根據 2012 年的估計，高頻交易占美國市場交易量超過 50%。藉由今日高速的電腦與通訊技術，高頻交易不斷的推升金融交易的速度，包括分析數據及交易決策的速度，以及完成下單撮合(matching)的速度。圖 17 為我們整理歐美市場作完成一趟交易所需時間的分析，一趟交易的執行與完成(包括牌價揭露)，往往在 200 μs 以內即可完成。也就是說為了監控微秒級的交易速度，

理想的時間解析度應是 $10\ \mu\text{s}$ 。根據美國證券交易委員會(Securities and Exchange Commission, SEC) 613 號法案，該委員會將建立一超級電腦稱作 CAT(Consolidated Audit Trail)以便即時監控股市與選擇權的交易。該法案要求所有交易的系統時間需準確至 $1\ \text{ms}$ ($1\ \text{ms}=10^{-3}\ \text{秒}$)。回到亞太地區，包括澳洲證券交易所、香港交易所、南韓證券期貨交易所、上海證券交易所、東京證券交易所與臺灣期交所等市場，交易速度都能提供高頻交易進行。為推動逐筆交易，以提升交易效能、與國際制度接軌，臺灣證券交易所則自 102 年 7 月 1 日起，將盤中集合競價撮合循環秒數由 20 秒調整至 15 秒；103 年 2 月 24 日續縮短至 10 秒。且自 103 年 12 月 29 日起，集中交易市場普通交易集合競價撮合循環秒數及收盤前資訊揭露頻率將由現行 10 秒調整至 5 秒，並自 104 年起研議推動逐筆交易。之後可能衍生的金融高頻交易監控因應課題值得後續關注。

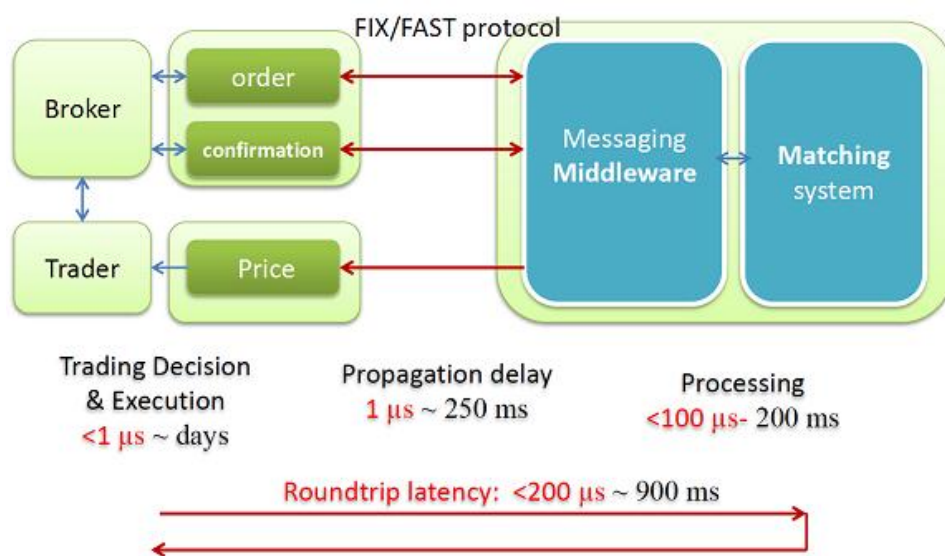


圖 2.17 目前歐美市場完成交易的時間速度分析。

對於上述所分析的潛在精準校時應用需求如圖 2.18，主要規範微秒(μs)等級的時間同步要求；台灣部分製造與科研單位的需求更達奈秒(ns)等級之精度。現階段這些基礎建設可採用 GPS 共視法遠端校時技術，來達成接近即時監控效果的校時需求，目前該技術已通過認證可提供 $35\ \text{ns}$ 的校時精度(擴充不確定度)。



圖 2.18. 潛在的精準校時應用需求示意圖。

對於這些基礎建設，不僅攸關台灣未來的社會穩定，更影響相關資通新技術或新服務的發展。雖然 GPS 校時技術可滿足現階段的同步需求，但 GPS 信號於大樓室內會受到遮蔽，更嚴重的問題來自惡意的信號屏蔽與造假，可能會危及這些基礎系統的安全。因此長期來看核心系統宜採用光纖專線以提高安全性與穩定度，並達到即時監控的目標；而利用光纖網路分送信號的方式，也是滿足未來大量設備(例如小型基地台)同步需求最有效的方法。預期隨著光纖線路成本的降低，2020 年即有實際應用的可能性。

(b) 本實驗室於 102 年度著手規劃所需的實驗室空間及實驗平台，目前已有一對雙向 1550 nm 光發射器及高速光接收器、光纖線路及部分光纖元件。限於草創階段光電設備和元件不足及預算額度，乃分年陸續採購所需光纖元件、量測設備、RF 元件及簡易型可調式光源等。目標將建構一雛形光纖傳時平台，探討光纖網路路徑不對稱性、色散、環境等物理因素的影響，以及研究信號雜訊、調變技術等通訊因素的影響。

對時間與頻率的傳送而言，傳輸延遲的精準量測是核心部分，有線系統必須

有固定的路徑(paths)才能有固定的傳輸延遲。然而實際公眾網路之路由及元件受環境變化產生影響延遲時間等問題，使得傳送路徑與延遲無法掌握，使此一技術難以應用於公眾電信網路上。目前，多數國外實驗室採用點對點的方式，以專線作時間傳送與比較之用途，例如採用雙向式的架構，進行即時之比對與監控，這些系統通常會採用積極的延遲補償，以減少長距離傳送延遲受溫度或震動等因素影響的比例。為了達到精準傳時及主動延遲補償技術，今年我們購置可調動態範圍較大的可變延遲線路及搭配另一可精準控制延遲的 Fiber Stretcher，以期能實現延遲補償目的機制。為了將光纖傳時技術實際應用在光通訊 DWDM 通道上，需先研究不同波長光源所造成的效應，例如色散效應對延遲改變的影響，以符合未來應用之需求。圖 19 為今年 7 月添購之簡易型可調式雷射光源，可調波長範圍從 1528.77 nm 到 1563.86 nm，可輸出 ITU 標準 DWDM 通道波長，頻率間距為 50 GHz。



圖 2.19. 新購可調式雷射光源照片。

今年下半年新購 1 PPS 時間分配放大器及頻率分配放大器，10 月底完成實驗室 5 MHz 及 1PPS 標準信號線路架設，將氫原子鐘信號送到光學實驗室，經分配後供儀器設備使用。由於實驗室 DC 直流電源供應器不足，因此使用工業用交換式直流電源，製作 1550 nm 光發射器及高速光接收器所需之驅動直流電壓($\pm 15V$ 及 $\pm 5V$)，如圖 2.20。

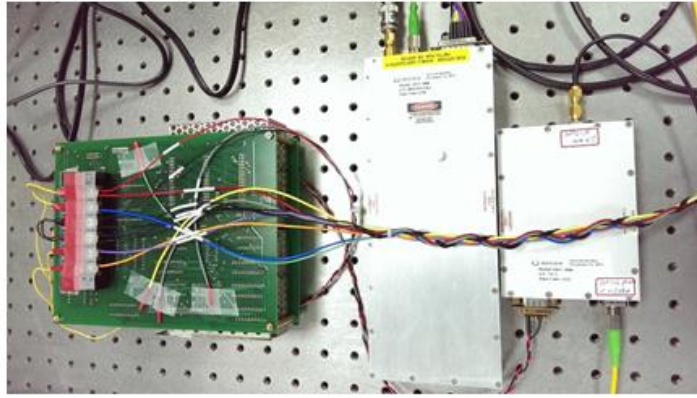


圖 2.20 光發射器及光接收器與搭配之直流電源驅動模組

圖 2.21 為以光纖傳送 RF 頻率信號的一個實驗例子，我們將信號產生器產生之 70 MHz 信號經 15 m 光纖線路傳送後，以頻率計數器 Agilent 53230A 量測記錄數據並分析其頻率穩定度如圖 2.22。在 1 秒平均時間的頻率穩定度約為 10^{-11} ，3 秒以後受雜訊影響，10 秒之後才再隨平均時間減少。一般而言，這個例子的穩定度足夠滿足大部分應用面的頻率傳送需求，然而隨者傳送距離拉長，則有更多因素必須加以考慮。



圖 2.21. 頻率信號光纖傳送測試

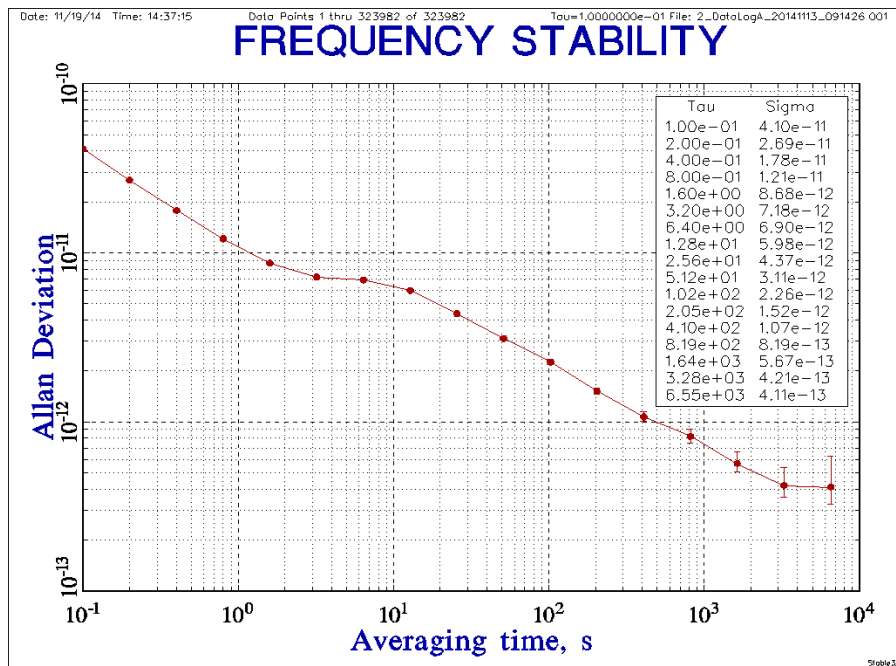


圖 2.22. 頻率信號經短距離光纖線路傳送後的穩定度

(c) 在理論研究方面，今年與顧問蕭師基博士合作，針對電信網路雙向延遲及分波多工通道光纖色散等因素，進行光傳輸網路非對稱時間延遲補償機制之理論探討，合著 "In-band Asymmetry Compensation for Accurate Time/Phase Transport Over Optical Transport Network"，發表於 SCI 期刊 The Scientific World Journal。

(2.2.3.4) 應用及效益

精準時間同步的應用需求日增，GPS 校時技術雖可滿足現階段社會基礎建設的同步需求，然而未來核心系統宜採用光纖專線以提高安全性與穩定度，並達到即時監控的目的。預期隨著光纖線路使用(或租用)成本的降低，不久的將來即有實際應用的可能性。

為了與國際標準一致，掌握光纖傳頻與傳時的技術能力，建立自主量測技術。以期此技術可應用在特定範圍的精準時間信號傳送及高頻微波標準頻率信號傳送，以減少高頻信號傳遞衰減的問題，增進可靠性與穩定性。初期可將研發成果在國際場合發表與討論，將來可應用於相關傳時同步需求。

(2.2.3.5) 未來工作重點

研發下一代高精密傳時技術，建立光纖傳時實驗平台，預計在光纖通道上進行

雙向傳時實驗，測試時頻信號的傳遞與延遲補償機制，評估系統效能並且分析其不穩定來源，以提升傳時技術的能力。除了上述精準傳時為目標的基礎研究外。關於遠距離傳時實際應用，因涉及光纖專用線路的取得及租用問題，我們將持續評估使用公眾光纖網路的可行性，以滿足將來可能廣泛應用的傳時同步需求。

(2.2.3.6)自評與建議

我們從 102 年度起著手規劃所需的實驗室空間及實驗平台。分年準備光學桌、陸續採購所需的光纖、射頻元件及量測設備等。先期目標在於掌握光纖傳時的技術能力，探討未來應用的需求。首先要完備量測實驗平台，可測試時頻信號在光纖網路的傳遞特性，分析其不穩定來源，例如路徑不對稱性、色散、環境等物理因素的影響，及信號雜訊、調變技術等通訊因素的影響，以提升傳時技術的能力。

另一方面，我們努力保持國際上能見度與發言權。例如 (a)獲得美國國家標準實驗室公會期刊 NCSLI Measure (The Journal of Measurement Science)的 The annual Editor's Choice Award，同篇論文亦受到國際度量衡局(BIPM)時頻部門重視，促成 BIPM 完成第一條 UTC 光纖比對鏈路評估報告，並制定光纖傳時的數據比對標準格式。(b)擔任 2014 IEEE IFCS 國際研討會學生論文競賽光傳時分組裁判長等工作。

精準光纖傳時應用因專用線路取得成本的因素，台灣具效益的應用時程可能落在未來 5-7 年之間。綜觀歷史，現階段應用的量測技術往往是過去 10 年間發展的技術，除了感謝過去的努力與投資外，持續投注能量於新的基礎研究上同等重要。

(三) 標準時頻傳遞與計量知識擴散推廣

(3.1) 標準時間同步服務

(3.1.1) 標準時間同步服務運轉

(3.1.1.1) 目的

繼續維持各項時間同步服務以服務國人，以達成國內時頻標準一致的目標。

(3.1.1.2) 執行內容(執行期間：民國 103.01~103.12)

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

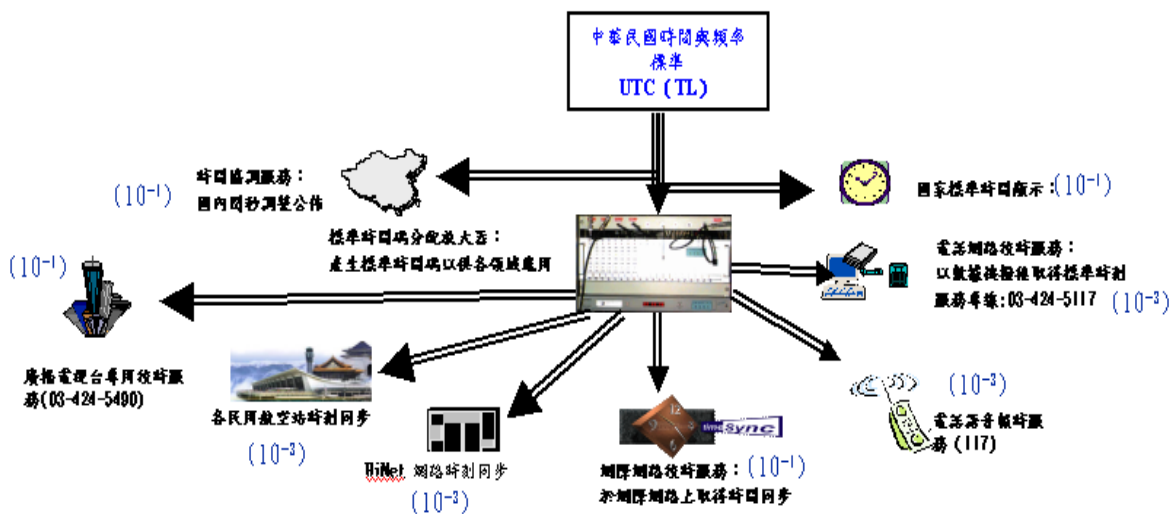


圖 3.1、國家標準時間同步服務示意圖

(3.1.1.3) 成果

提供多項校時服務，如：撥接式電腦校時系統、網際網路校時服務等。服務範圍除涵蓋台灣地區之公、私立機關、學校、銀行、公司行號外，甚至在全球及大陸地區之台商及機構等亦多所連結。

(3.1.1.4) 應用與效益

本實驗室提供多項校時服務，如：撥接式電腦校時系統、網際網路校時服務等。服務範圍除涵蓋台灣地區之公、私立機關、學校、銀行、公司行號外，甚至在全球及大陸地區之台商及研究機構等亦多所連結。此時間同步服務的需求量與日俱增，例如：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，每日服務量超過兩億次。

(3.1.1.5) 未來工作重點

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

(3.1.1.6) 自評與建議

由於同仁過去長期的努力，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，不僅造成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，而這些確實有利於日用民生的服務，應該受得到充分的肯定與持續的支持。

(3.1.2)網際網路校時(NTP)及網站(WEB)服務

(3.1.2. 1)達成項目

網際網路校時服務及網站服務維運現況及分析

(3.1.2.2)執行內容(執行期間：民國 103.01~103.12)

為提供一般民眾所需的標準時間，本實驗室於民國 87 年 6 月起，正式對外提供網際網路校時服務，透過網際網路校時，民眾可使用電腦資訊設備取得國家標準時間。網際網路校時服務遵從 NTP(Network Time Protocol)協定，規範在 RFC 5905，此協定屬於網路架構之應用層，其校時原理如圖 3.2 所示，客戶端(client)將一個 NTP 封包送至國家標準時間伺服器端(server)，記錄其封包送出時間(T_1)以及抵達時間(T_2)，接著，server 回傳一個 NTP 封包至 client，亦記錄其封包送出時間(T_3)以及抵達時間(T_4)，在封包往返延遲相同的情況下，client 合併 $T_1\sim T_4$ 資訊即可得到與國家標準時間的差值，修正此差值後即完成與國家標準時間的校準。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，每天服務量超過 800 萬次以上。

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

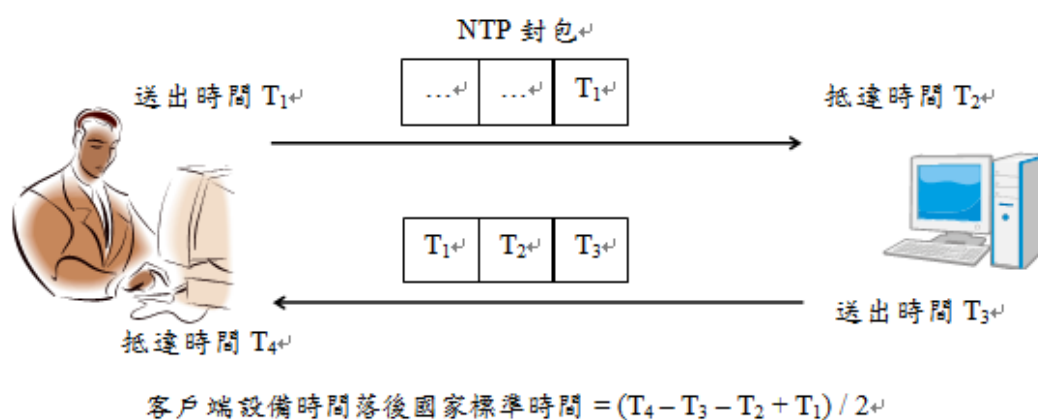


圖 3.2 網際網路校時原理示意圖

(3.1.2.3)結果

本實驗室提供網際網路校時服務，維持一路 4M 光纖網路、一路 2M 光纖網路、兩部原級伺服器以及五部網路伺服器穩定運轉。然而，在 103 年 1 月發現校時服務數量異常上升，如圖 3.3 所示，經查測後判斷為頻寬不足，肇因於當時全球多數 NTP 伺服器被攻擊，導致被攻擊的伺服器陸續關閉，數量大幅減少，根據 NTP 服務的方案，使用者被自動轉向可靠的伺服器校時，本實驗室維持安全的 NTP 系統，因此請求量突然大增。然而，由於原有網路頻寬不足，因此龐大的需求拖垮了所有使用者的校時權益，包含本國民眾，導致 NTP 服務準確度大幅降低。於此，本實驗室於 103 年 3 月升級光纖網路專線至 100M，以應付每日可達 25 億次的校時服務量，始能維持可靠且準確的 NTP 服務。

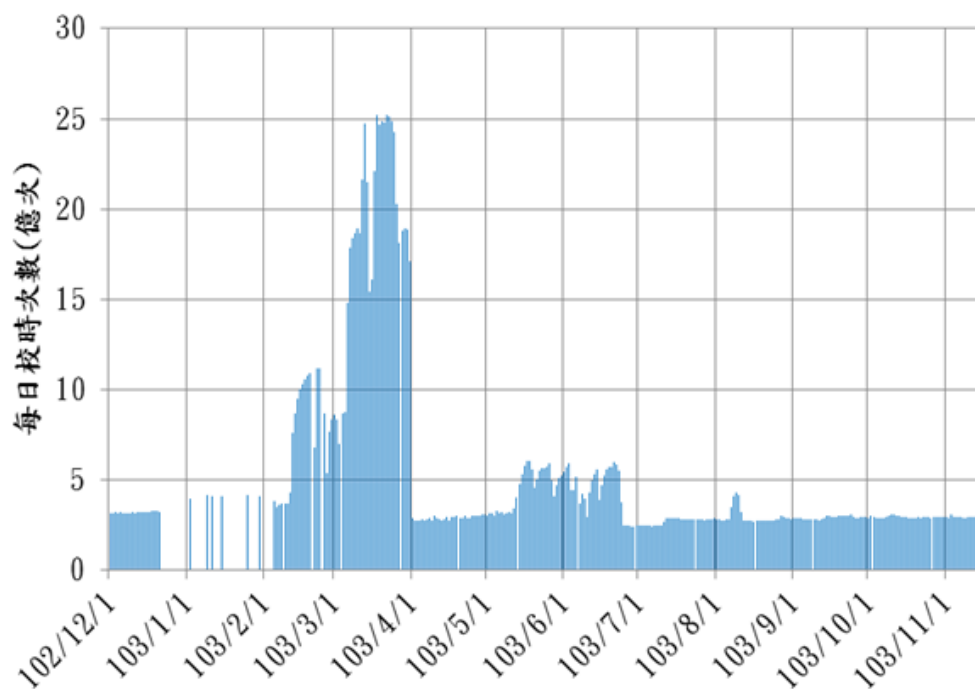


圖 3.3 103 年度網際網路校時服務每日次數統計，平常每日約 2.5~3.3 億次。

本實驗室網際網路校時服務的架構是，首先兩部原級伺服器接上國家標準時間訊號(目前有 IRIG-B、1PPS 以及 10MHz 三種)，轉換為 NTP 封包後，首先和五部網路伺服器同步，藉由這五部網路伺服器提供校時服務至網際網路。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 3.3 總列 103 年度 NTP 服務的校時次數，於 103 年 11 月統計每日約提供 2.5 ~ 3.3 億次校時請求。

在維持網頁服務方面，本實驗室於 103 年逐漸更新內容，提供最新資訊以符合民眾預期：例如研究成果、本實驗室大事記、校正能量的擴充等。其參訪人數由 101 年至今有上升趨勢，如圖 3.4 所示，顯示民眾有逐漸有此需求。另外，民眾透過網頁聯繫本實驗室的次數逐漸增加，多數民眾來信提及 117 報時與 NTP 校時結果為何不一致的問題，經本實驗室研究員專業解說解答民眾的疑惑，於此，本實驗室未來擬加強宣導 117 報時及 NTP 校時的訊息判讀。

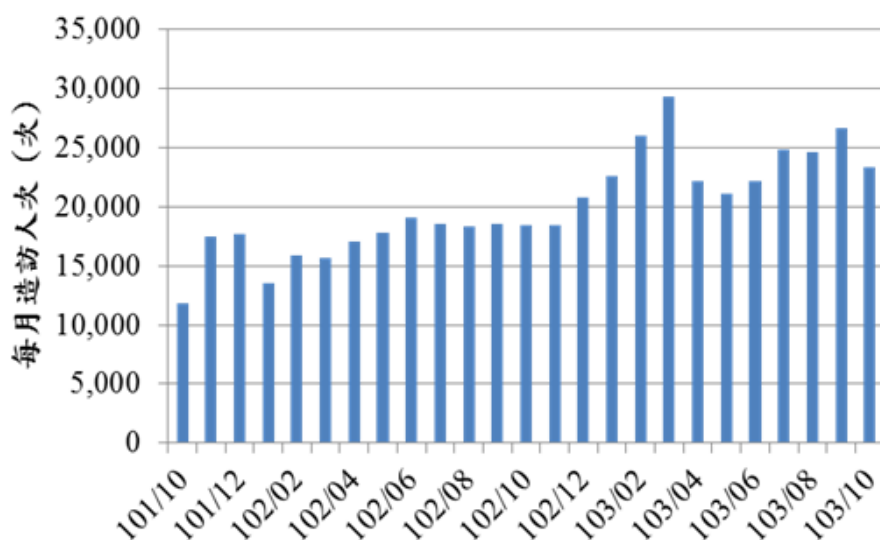


圖 3.4 本實驗室網站服務造訪人次統計，103 年度每月約 2~3 萬人次。

(3.1.2.4)應用及效益

網際網路校時服務應用範圍甚廣，本實驗室藉由提供網際網路校時服務，使民眾方便、準確並且快速地查詢國家標準時間。本實驗室今年度接獲台灣各大企業、機關以及學術單位等來電或來信詢問網際網路服務的相關維運議題，共有十餘件，透過維持網際網路校時服務的經驗，與民眾達成良好的互動。

本實驗室提供網站服務，可建立與民眾之間的溝通交流管道，並了解民眾在何種情況下有國家標準時頻的需求，例如如圖四所示，在知名網路搜尋引擎中文版搜尋 ntp 的第一個結果即為本實驗室網頁，可說明民眾接受標準時頻的概念

應大多來自於本實驗室網頁。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。

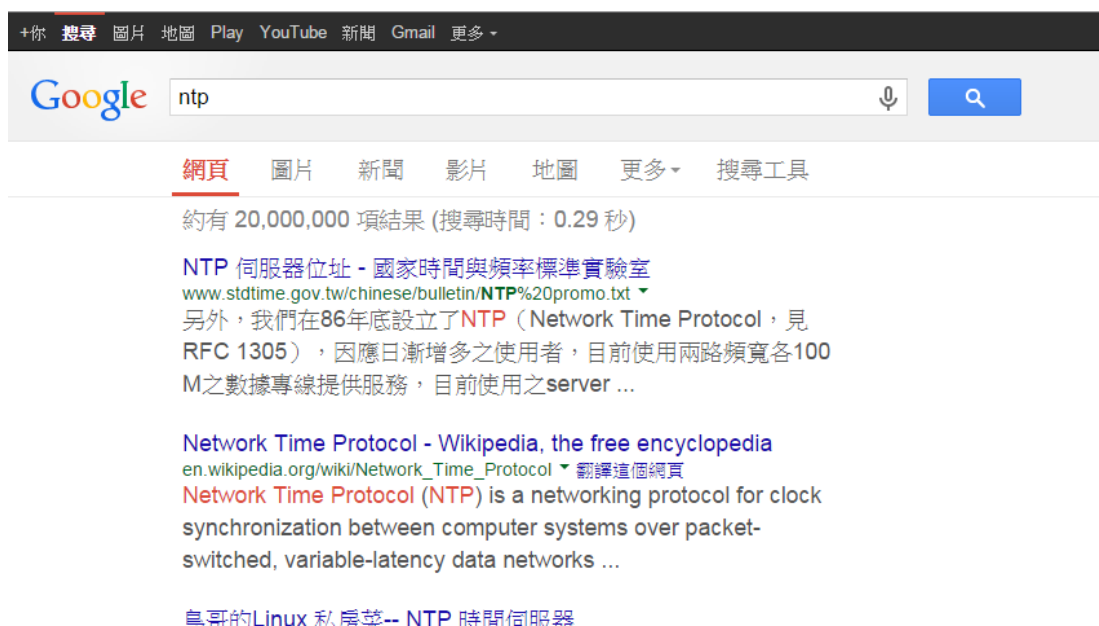


圖 3.5 知名搜尋引擎中文頁面搜尋 ntp 結果，本實驗室網頁置於第一個結果

(3.1.2.5)未來工作重點

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

(3.1.3) 語音報時擴展應用研究

(3.1.3.1) 達成項目：

語音報時加碼之可行性研究

(3.1.3.2) 說明(執行期間：民國 103.01~103.12)

目前之語音報時服務其方法為每 10 秒在電話網路播放類比的語音（人聲）標準時間。內容包括標頭，時、分、秒及最後的準時 (On-time) 標誌信號，如圖 3.6 所示。其時序配置方式為過去電腦不普遍的時代只針對人工校時目的而設計。但目前電腦資訊設備廣泛使用，對於數位化、自動化準確校時則顯然不適用。因此，為了提高服務效能規劃在現行的時序架構下，考慮在聲音信號之適當位置加入調變時間碼如圖 3.7 所示，使得使用端能藉由擷取數位碼獲得數位化的時間、日期等資訊，進一步完成資訊系統自動化校時為目的。

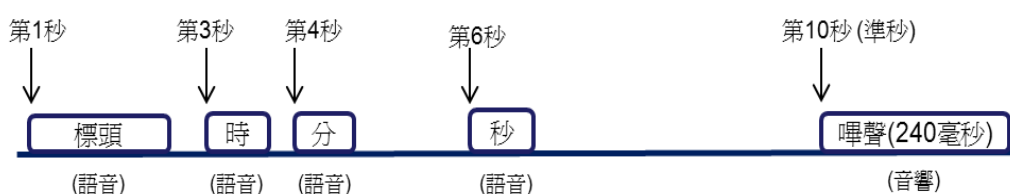


圖 3.6. 語音播報內容時序配置圖

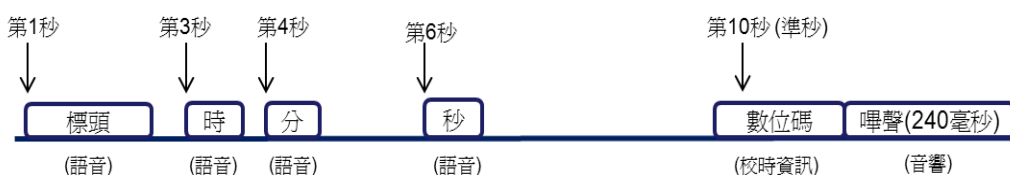


圖 3.7 語音播報內容加碼時序配置圖

為了實現上述目的，上半年度我們針對幾種較為普遍實用的數位通信調變技術，包括幅移鍵(Amplitude-Shift Keying, ASK)、頻移鍵(Frequency-Shift Keying, FSK)、及相移鍵(Phase-Shift Keying, PSK)，探討其基本工作原理，並分別以訊雜比、資料傳輸率，以及頻寬的角度比較其性能，據以選擇適用於實現本案的

調變技術。這三種技術比較的結果顯然 PSK 是佔優勢。因此於下半年度我們又進一步評估在 PSK 下使用差分相位移鍵(Differential Phase-Shift Keying, DPSK) 技術，因 DPSK 為非同調的 PSK，它可省略在接收端的同調參考信號，在接收端可達到最少成本而達最大效益。因此我們設計一電路作初步實驗如何完成預期的差分及 PSK 調變功能，作為實驗平台發送端，使能進一步設計接收端的實驗平台，構成一完整的實驗環境，以下對於實作 DPSK 調變作說明，驗證該技術的可行性。

(3.1.3.3)執行內容

DPSK 在傳送端要送符號”0”我們將前一個波形相位改變 180 度，若送符號”1”則前一個波形相位不變。而接收端需要有儲存的能力，才能測量在兩連續接收的位元區間相對的相位差。圖 3.8 為自行設計實驗之數位差分碼產生器方塊圖。首先，將 A(n)送入位元差分單元，將輸入的位元資訊與位元延遲單元輸出 A(n-1)的位元資訊作位元差分運算，其輸出再經由數位反相器作位元反相，得輸出位元序列 D(n)。D(n)送到類比開關單元作為控制載波輸出的調變信號，同時 D(n)也回饋送入位元延遲單元，作一位元的延遲運算，得 D(n-1)，構成一個完整差分位元運算迴路，其數位邏輯運算如下所示：

$$D(n)=\text{NOT} (D(n-1) \text{ XOR } A(n))$$

其中，A(n)為輸入信號的資訊序列，D(n)為差分編碼資訊序列的輸出，XOR 及 NOT 分別為數位邏輯運算的「互斥或」運算元，及「反相」運算元。

接下來，利用除法器將前述除法器的 1MHz 輸出除 1K 得到 1KHz 的方波輸出，經 1KHz 的類比濾波器濾除諧波得到 1KHz 的弦波(為本發明系統的載波信號)，再經由弦波反相器做 180 度弦波反相。因此，得到相位差 180 度的兩路弦波信號，分別輸入類比開關單元，經由前述數位反相器輸出的 D(n) 作 PSK 調變，最終得到 DPSK 調變信號供給輸出隔離匹配單元。

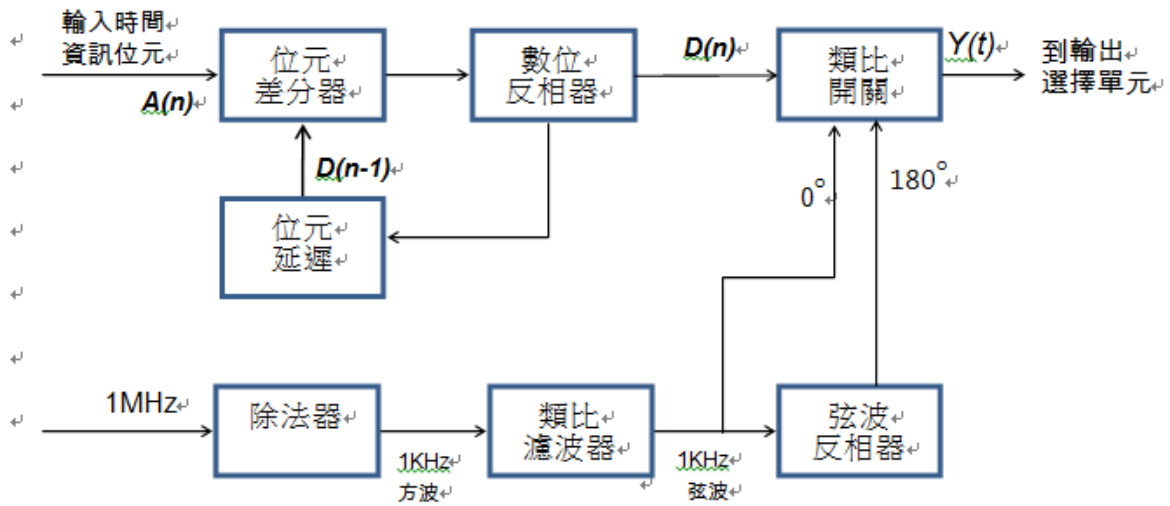


圖 3.8 DPSK 實驗電路方塊圖

上述 PSK 調變，其中 $Y(t)$ 為已調變信號輸出， $A\cos(2\pi fct)$ 為載波信號，symbol 代表調變信號，即為不歸零的數位差分碼。當 symbol=1 時， $Y(t)=A\cos(2\pi fct)$ 和載波同相；反之，當 symbol=0 時， $Y(t)=A\cos(2\pi fct+\pi)=-A\cos(2\pi fct)$ ，和載波反相。換言之，只要數位調變信號 symbol 有“0”和“1”的變化， $Y(t)$ 之相位就會有 180 度之變化。圖 3.9 顯示 CH2 為輸入波形 $A(n)$ 資訊序列，CH1 為 $Y(t)$ 已調變信號輸出，驗證確實可如預期實現 DPSK 功能。



圖 3.9. 實驗結果

(3.1.3.4) 應用效益

- a. 改善目前語音報時只能提供聲音的時間訊息，供終端使用者以人工對時的缺點。即提供數位化時間、日期，及閏秒等資訊擴展應用範圍，使得使用者的資訊設備得以經由電話網路自動化校時。
- b. 由於提供類比及數位化時間訊息，因此使用者可經由同時接收兩種信息作時間正確性的雙重核對。
- c. 藉由現成電話網路來傳送標準時間信號，不論是有線或無線電話經由撥特定號碼來自動化準確校時，則不但校時迅速且效率高，其經濟效益明顯。
- d. 本實驗室近年來積極進行各種相關傳時技術的發展及應用，目的在滿足各行各業對準確校時的需求，促進相關產業的發展。

(3.1.3.5) 自評及建議

- a. 綜合來說，PSK 較 ASK 及 FSK 調變技術都要優越，因為對相同的誤差機率，PSK 系統需要較少的發射功率，同步信號偵測是必須的，但其載波同步信號恢復系統較複雜，而 DPSK 系統則是一個折衷的方法，只犧牲一點雜音性能，而可使接收機大為簡化，也就是我們想用的技術，這顯然對實現本構想較為有利。
- b. 目前語音報時其信號內容為聲音，以目前的技術在使用者端很難廉價而能準確辨認其時間資訊。雖然有上述缺點，但此項服務，仍不可輕易廢除，因已行之有年，使用者眾，且世界各國仍普遍使用。

(3.2)舉辦技術比對及研討會活動

(3.2.1) 國家時間與頻率標準實驗室參與舉辦 2014 IEEE IFCS 暨 ATF 2014 workshop 國際研討會

(3.2.1.1)達成項目：

舉辦 2014 IEEE IFCS 暨 ATF 2014 workshop 國際研討會

(3.2.1.1) 內容說明：(執行期間：民國 103.01~103.12)

國家時間與頻率標準實驗室參與舉辦 2014IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers,電機電子工程師學會) IFCS(International Frequency Control Symposium,國際頻率信號控制研討會)國際研討會，會議於 5 月 19-22 日在台北國際會議中心圓滿完成。

IFCS 研討會係由 IEEE 超聲波、鐵電及頻率控制協會(Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control Society, UFFC)所主辦之年度國際盛會，大會主席為美商邁瑞半導體(Micrel)技術長徐萬泰博士，本地委員會主席為國立清華大學李昇憲教授。今年係該會議首度在亞洲舉辦，機會相當難得，因此本實驗室亦爭取 ATF 2014 workshop 以 technical cosponsor 角色聯合舉辦，廖嘉旭博士及林晃田博士則分別代表國家時頻標準實驗室以及亞太計量組織(APMP)參與本地委員會，以共襄盛舉。

本屆研討會主題包括材料、共振器、振盪器、濾波器、合成器雜訊及電路技術、微感測器與微致動器技術、微波頻率與光頻原子鐘技術、時間維持、時間與頻率傳送及全球導航衛星系統之應用等，內容涵蓋相當廣泛。與會者除來自世界各國的學術與研究機構學者，亦包括歐、美、日、中國等產業界代表踴躍參與，交換時頻領域最新的發展趨勢與科技，同時結合廠商，尋求最新技術在產業上之應用。此次大會特地舉行製造商論壇，分享製造業發展經驗，特邀演講由安華高科技(AvagoTechnologies) Dr. Rich Rudy 分享 FBAR 濾波器隨無線通訊產業興起的故事，另外有台灣晶技、泰藝電子、工研院，及國外廠家共 18 家參與會

場展示。充分達到學界與產業界緊密的合作與交流。藉由本次研討會議的舉辦，可望提升台灣產、學、研國際能見度及貢獻度，促進國際相互合作關係。

本屆會議共計有177篇論文獲接受，分為口頭報告及海報張貼的形式發表。其中口頭報告部分21場發表論文101篇，海報張貼兩場發表76篇，發表論文收錄於IEEE IFCS Proceedings (IEEE Xplore)，能見度高。本院同仁除了有5篇論文的發表外，林晃田博士、林信嚴研究員、曾文宏博士亦擔任會議技術委員(Technical Program Committee)，參與會議前的論文審查、分項議程討論與獎項選拔等工作；會議期間更擔任Session Chair主持口頭發表會2場、海報張貼發表會1場並負責學生論文競賽分組裁判長...等工作，對於協助會議的順利完成舉辦，功不可沒。



➤ 大會晚宴盛大舉行



➤ 本院國家時頻標準實驗室同仁擔任 Oral 及 Poster 發表之 Session Chairs



- 本院同仁(左二、左三)參與本地委員會委員，獲 IEEE UFFC 協會會長 Dr. Jian-yu Lu(右三)及大會主席徐萬泰博士(右二)頒發證書感謝。

(3.2.2) 參與 APMP 大會(GA)與其系列會議，及 TCTF workshop 國際研討會

(3.2.2.1)達成項目

- 完成參與 2014 APMP 大會(GA)、時頻技術委員會會議(TCTF meeting)，及 TCTF workshop 等活動
- 主持時頻技術委員會會議(TCTF meeting)及完成職務交接

(3.2.2.2)執行內容(執行期間：民國 103.01~103.12)

- 2014 年的 APMP 大會(GA)及各技術委員會會議(TC meetings)在韓國大田舉辦，因此配合其規劃，積極籌備會議相關事宜。
- 在大會舉辦前一週末(9月20日)，我們特別規劃一場 TCTF workshop，主題為「時頻校核技術」邀請技術較為先進的實驗室專家進行專題演講，讓參加 APMP 大會活動的與會者能有更多經驗交流的機會，同時也有更豐富的收穫。
- APMP 大會活動自 11 月 22 日正式展開。系列活動包括：技術委員會會議(TC meetings)、Symposium 以及 APMP GA 大會等。

(3.2.2.3)結果

- 本次 TCTF workshop 於 9 月 20 日在韓國大田(Daejeon)大田國際會議中心(Daejeon Convention Center, DCC)舉辦，共有來自 13 個經濟體 14 實驗室的二十多位代表與會。研討會分為上、下午兩場，上午主題為衛星雙向傳時及光頻傳時兩部分，下午主要是導航衛星傳時相關技術的探討。此研討會之舉辦，不僅讓參與傳時比對的實驗室，得以在會場中交流討論，同時也增進開發中國家的實驗室對相關技術的認識與了解。
- 本次 TCTF 會議安排於 9 月 22, 23 兩日，同樣在大田國際會議中心(DCC)舉辦，共有來自 13 個經濟體 14 實驗室的 21 位代表與會。會議議程主要包括主席報告、實驗室代表報告、工作小組報告及議題討論等。討論內容包括：CCTF 對於關鍵比對(key comparison)與相互認可(MRA)之 position paper 內容討論、GPS 接收機巡迴校正議題、申請 APMP TC initiative 計畫之規劃，及今年舉辦 2014 ATF Workshop 經驗之分享。

- 討論議題重點之一，為時頻技術委員會的未來發展策略，會中的共識之三點策略，分別為 1. 規劃推動第二群組的 GPS 接收機巡迴校正活動，以協助 BIPM 滿足會員實驗室之追溯需求。2. 近來實驗室型原子鐘及光鐘相關技術發展日新月異，傳時比對技術精度亦隨之快速提升。為因應此技術的演變，我們於今年成立時頻技術研討會的組織委員會，以持續推動研討會的舉辦。3. 持續協助開發中國家的實驗室，舉辦研討會以增進技術交流，如今年底由德國 PTB 經費支持所舉辦的 Workshop 就是一個很好的開始！
- 本次時頻技術委員會議在 9 月 23 日中午圓滿落幕。後續時頻技術委員會主席將由澳洲 NMIA 的 Dr. Michael Wouters 擔任，除延續原有四個工作小組外，另新增一工作小組協助與開發中國家事務的溝通。



➤ TCTF workshop 會場照片



➤ 2014 APMP TCTF meeting 會場照片



➤ 2014 APMP TCTF meeting 與會者合影

(3.2.3) APMP TCTF 國際合作推廣現況說明

(3.2.3.1)達成項目

- 爭取獲得德國物理與技術研究院(PTB)經費支持，完成於北京計量院舉辦 2014 DEC Workshop on participation in UTC 研討會，本實驗室林晃田博士應邀於會中發表兩場演講。
- 協助祕魯、哥倫比亞、及哥斯大黎加等三個國家實驗室校正量測能量(CMC)資料之審查，使其完成登錄於 CIPM JCRB 的關鍵比對資料庫。
- 完成參加「2014 APMP mid-year meeting」，持續推動 APMP TCTF 技術交流與相互認可事務。

(3.2.3.2)執行內容(執行期間：民國 103.01~103.12)

- 德國 PTB 規劃在 2014~2017 年期間提供經費資源，與 APMP 及亞太法定計量論壇(APLMF)共同規劃相關活動，以協助亞太地區開發中國家提升計量方面之技術能力。本研討會即是由 APMP TCTF 透過 APMP 向德國 PTB 提出申請，獲得計畫審查小組審核通過，由德國 PTB 全額補助此 2014 DEC Workshop on participation in UTC 研討會之舉辦，成為第一批執行的三個計畫之一，。
- 區域組織內會員及區域組織之間的校正量測能量(CMC)資料審查，則是 TCTF 相互認可工作小組(WGMRA)的主要任務。本年度主要完成祕魯、哥倫比亞，及哥斯大黎加等三個國家標準實驗室校正量測能量(CMC)資料之審查，使其完成登錄於CIPM JCRB的關鍵比對資料庫。本實驗室的CMC資料目前亦在進行區域內審查階段，期能於明年度通過審查及完成登錄。
- 為推動使組織事務順利推動，APMP 於每年五、六月間均規劃舉辦 APMP mid-year meeting。2014 年會議在印尼雅加達召開，由該國國家實驗室 KIM-LIPI 主辦。系列會議包括各領域技術委員會主席(TCC)討論會、執行委員會(EC)與 TCC 聯合會議、Symposium 與實驗室參觀等活動。

(3.2.3.3)結果

- 2014 DEC Workshop on participation in UTC研討會已於11月6~7日在北京計量院(NIM)順利完成舉辦。會中的訓練及面對面溝通，對於開發中國家的技術提升，有極大的助益。本會議中的簡報資料已全部放在APMP TCTF網頁上，讓有興趣的會員參考。本次活動舉辦的經驗亦將歸納總結，以積極進行後續技術活動的規劃。
- 本年度主要完成祕魯、哥倫比亞，及哥斯大黎加等三個國家標準實驗室校正量測能量(CMC)資料之審查，使其完成登錄於 CIPM JCRB 的關鍵比對資料庫。本實驗室的 CMC 資料目前亦在進行區域內審查階段，期能於明年度通過審查及完成登錄。
- APMP mid-year meeting。2014 年會議於 6 月 1~5 日，在印尼雅加達召開，由該國國家實驗室 KIM-LIPI 主辦。系列活動包括：各領域技術的委員會主席會議，執行委員會(EC)與 TCC 聯合會議，Symposium 及實驗室參觀等。較重要的議題討論集中於前兩天的議程，包括 JCRB 訊息討論、CMC 審查流程討論及 APMP 策略方向討論等。由於 APMP 經費資源有限，現任 APMP 主席 Dr. Peter Fisk 相當重視各技術領域的策略規劃，因此擬定策略方針成為最主要的討論議題。

(3.2.3.5)自評與建議

今年舉辦 DEC Workshop on participation in UTC 研討會，是時頻技術委員會 (TCTF)首次爭取到 APMP 外部高額經費補助的活動，不僅提供開發中國家標準實驗室一個難得的訓練機會，透過活動的舉辦，亦能實地了解開發中國家真正的需求，有助於後續活動規劃，這對於亞太時頻計量領域的技術提升，有相當重要的貢獻。

本實驗室有機會主導亞太地區時頻領域之技術合作事宜，實為同仁們長期努力的成果，受到國際肯定所致。而推展相關的活動，則是現階段實力的

展現。近年來，透過實驗室和主管機關的積極爭取，雖使實驗室經費較為穩定，不致因預算大幅刪減而捉襟見肘，但在有限資源下規劃國際合作或技術交流活動，仍感覺難以推展。對於新技術開發需求而言，現有資源更是遠遠不足，計量領域的技術發展如逆水行舟，不進則退，眼前所面臨的是我國度量衡業務轉捩點，考驗著主管機關資源爭取配置與執行單位調整應變的智慧。



➤ 2014 DEC Workshop on participation in UTC 研討會與會者合影



➤ APMP mid-year meeting 期間之 TCC meeting 會場



➤ APMP mid-year meeting 期間之 EC-TCC meeting 會場

(3.3) 低頻發射機架構研究

(3.3.1) 達成項目

完成低頻發射機架構設計與雛形系統實作

低頻無線時頻技術與國家標準時間之推廣

(3.3.2) 執行內容(執行期間：民國 103.01~103.12)

低頻是時頻傳遞的技術一種，可結合高精度的國家標準時間，以無線方式提供全國民眾自動校時與時間同步，傳送可信賴之國家標準時間，並提供公共民生之應用服務。低成本且能輕易地接收國家標準時間的便利必能深植民心，引起廣泛應用。低頻無線時頻傳播系統滿足民生、通信、資訊、醫療、乃至環保之無線自動校時需求，並達到全國無線時頻同步的要求，進而提昇生活品質。

結合高精度的國家標準時間，以無線方式提供全國民眾自動校時與時間同步，傳送可信賴之國家標準時間，並提供公共民生之應用服務。低成本且能輕易地接收國家標準時間的便利必能深植民心，引起廣泛應用。低頻無線時頻傳播系統滿足民生、通信、資訊、醫療、乃至環保之無線自動校時需求，並達到全國無線時頻同步的要求，進而提昇生活品質。

本年度計畫工作要點包括：

- 進行低頻發射機架構研究
- 進行低頻無線時頻技術與國家標準時間之推廣

(2.1.4.3) 結果

(a) 完成低頻發射機架構設計與雛形系統實作

低頻發射機設計的主要目標如下：

- 1000W grade power amplifier.
- Input: baseband ASK signal.
- Output: modulated 77.5kHz signal.
- High efficiency, up to 95%.

為達成上述目標，我們首先針對發射機中最重要的功率放大器(Power Amplifier)進行研究與設計。習知的 Power Amplifier 架構有下列幾種：

- Class A – 25% efficiency，如圖 3.10 所示。
- Class B – $\pi/4$, 78.5%，如圖 3.11 所示。

- Class AB – 25% ~ 78.5% depends on bias，如圖 3.12 所示。
 - ✓ Class A and Class AB are usually applied in audio system.
 - ✓ Class B and Class AB are usually used in modern RF design, e.g. WiMAX Transmitter.
 - ✓ Should we use these techs to build an 1000w power amplifier?
- Class D – 99% in theory
 - ✓ A popular design in low frequency application, e.g high power audio amplifier, sub-woofer.

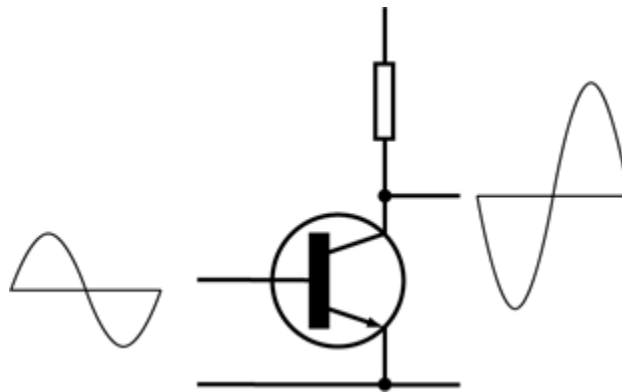


圖 3.10：Class A 功率放大器

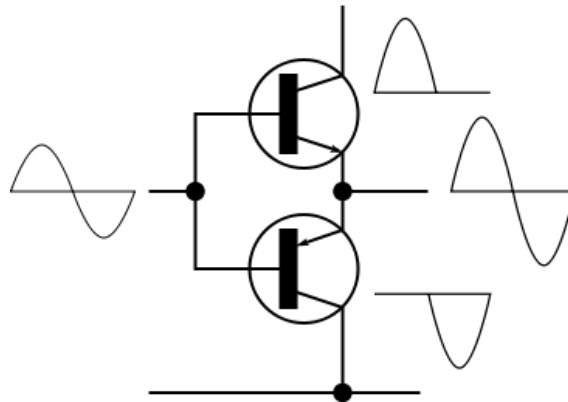


圖 3.11：Class B 功率放大器

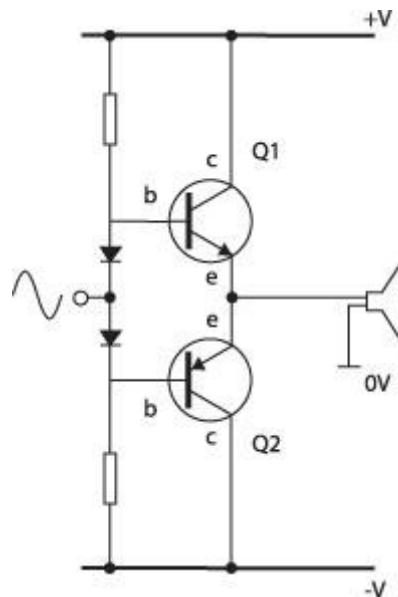


圖 3.12：Class AB 功率放大器



圖 3.13：100W Pass Labs Aleph X

- 針對上述三種功率放大器的特性，我們的觀察與發現如下：
 - MOSFET、BJT 以恆定偏壓運作，導通一直流，建構成一小訊號模型，藉以線性放大輸入訊號。
 - 偏壓直流要付出代價，以熱量形式損耗，所以音響擴大機很燙。
 - 100 瓦輸出功率的設計，就會有 40W~150W 的廢熱產生，如圖 3.13 所示。
 - 低功率輸出、線性放大特性使訊號品質極佳，適合 HiFi Audio 設備架構。
- 考量上述因素，我們最後採用 Class D Power Amplifier，如圖 3.14 所示。用

於低頻發射機雛形系統之 Class D Power Amplifier 設計重點如下所示：

- 將聲音訊號以三角波比較取樣，變成只有 VCC 和 GND 的 PWM 波。
- 將 MOSFET 當作開關使用，將輸入訊號放大為 B+和 GND Wave。
- 再用 LPF 將 PWM 還原回聲音訊號，此時聲音訊號的震幅變大了，達成放大目的。
- 電流是由電源供應器提供，經過 MOSFET 直接流向負載。
- MOSFET 在 cut-off 完全不導通；on 的時候 R_{DS} 只有 5 歐姆以下，因此操作過程幾乎不消耗能量。
- 三角波取樣速率為輸入訊號頻率 4 倍以上(empirical)，方能避免失真。

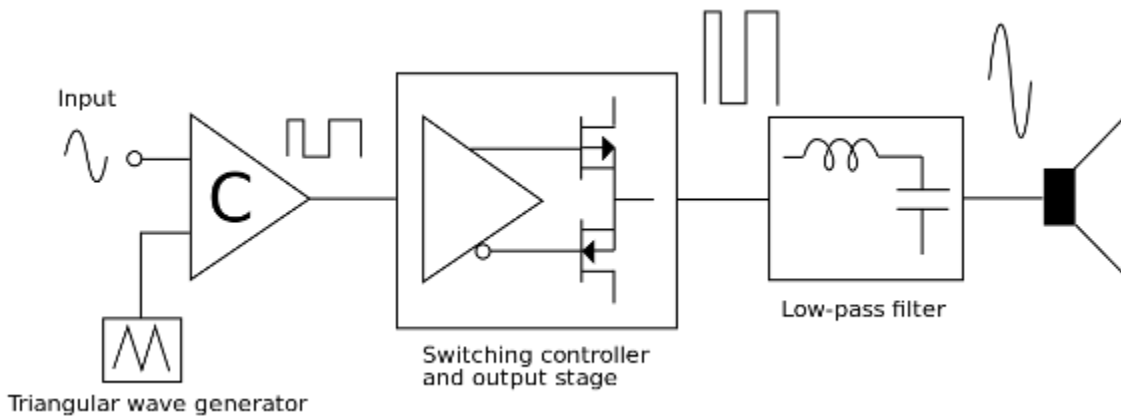


圖 3.14：Class D Power Amplifier

上述設計概念也出現於商用產品中，包括 Continental 及 Microsemi，如圖 3.15 及 3.16 所示。前述兩款產品使用驅動變壓器耦合驅動 MOSFET，且其驅動變壓器需符合特定的規格，所以價格偏高。此外，變壓器漏磁容易造成電路干擾。還有，負載反射突波也可能造成一次側電路毀損。以 Microsemi 為例，採用自家特製 MOSFET DRF1400，根據 Digikey 的資料，一套驅動器+2 顆 MOSFET + 套件約需 USD2,424 也就是台幣 7 萬元左右，其 Power Rating 為 3KW。從 Microsemi 設計建議來看，驅動變壓器要找專做射頻被動元件的工廠訂製，達到零漏磁、零寄生電容、20ns 的高反應速度、二次側峰值飽和限壓在 4V，才能達到設計需求。

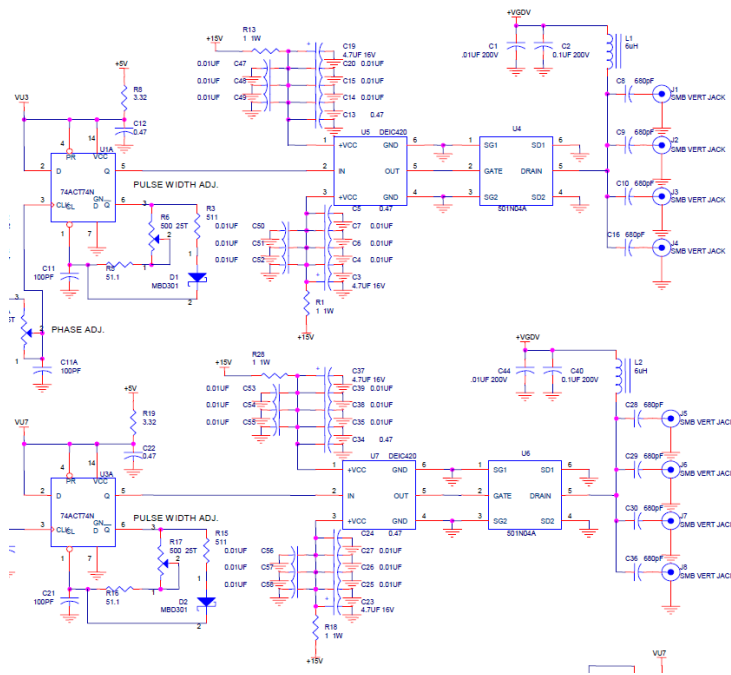


圖 3.15：Continental Power Amplifier 設計圖

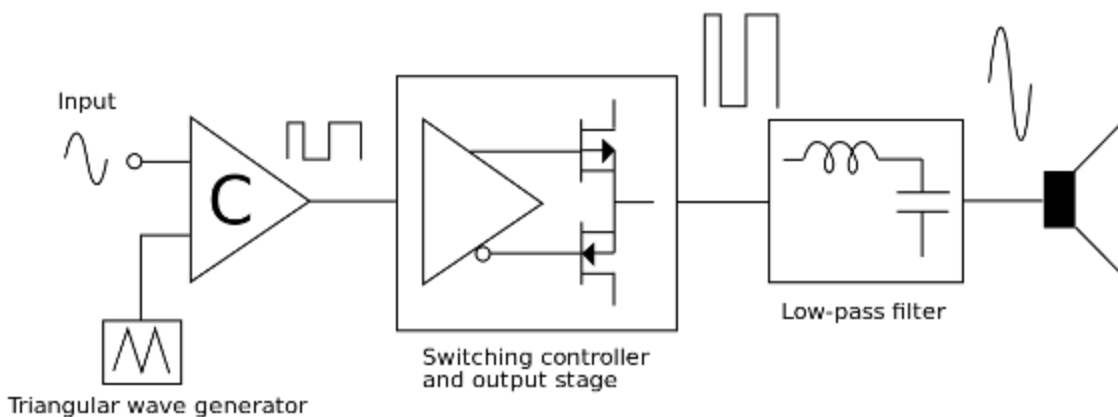


圖 3.16：Microsemi Power Amplifier 設計圖

為了克服上述驅動變壓器的限制與成本，我們參考液晶螢幕(CCFL 高壓驅動板)的元件設計，也就是高壓電橋驅動 IC (HVIC)。這類 IC 常用於工業電子、電力設備領域，也是現代交換式電源的核心。圖 3.17 為交換式電源概念圖，其特色如下：

- 開關頻率低， $f_{switch} < 2\text{MHz}$ ，但以電力電子領域來說很夠用。
- 內建 UVLO & Anti-shoot-through 電路
- HIN 和 LIN 同時為 High 時，會將 Q1 on，Q2 OFF，DC BYPASS OUT
- 可避免 Q1、Q2 燒毀，驅動變壓器做不到。

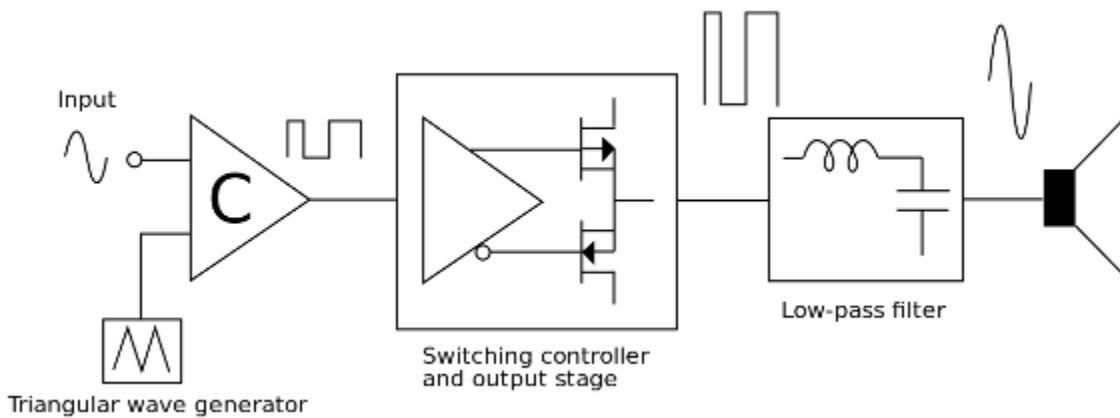


圖 3.17：交換式電源概念圖

由於 Class D Power Amplifier 的承載能力為 1kW，因此在電源供應電路的設計上須考慮高電壓的承載能力。為達成前述的目的，我們的設計概念如下：

- 第一級：自藕式變壓器(2.2KVA)
 - ✓ 0~110V 可調輸出。
- 第二級：隔離式變壓器(5KVA)
 - ✓ 固定 5 倍升壓。
 - ✓ 隔離市電，防止漏電危險。
- 二次側
 - ✓ 兩組並聯全橋式整流二極體(整流橋)，分散電流承載。
 - ✓ 1038 工業用陶瓷封裝保險絲(660V, 5A)
 - ✓ CLC Π 型穩壓濾波，470uF-120uH-230uF，電容採用 Hitachi HU4 400V 470uF 進行串聯，再利用 RR Voltage Divider 進行均壓，延長電容壽命，加倍耐壓至 800V。
- 因高壓輸出要求，全機不使用電晶體和二極體進行調壓或迴授式穩壓，避免突波造成電晶體電壓不足爆炸。

接下來是關於 Baseband 的設計。Baseband 設計條件主要為同時進行下列工作互不干擾：

- NTP 校時、時間資訊編碼
- 收取公共資訊
- ASK 訊號調變、發送

由上可見，Real-time Multitasking 是必須的。此外，ASK 訊號之 Jitter 必須越小

越好。單一處理器同時負責 NTP 校時、收取公共資訊、進行 PWM 訊號調變。因此實作上必須使用 Multithreading 進行 Context-Switch，造成 ASK 發送的 Timing 有 Jitter。圖 3.18 及 3.19 為本次採用之 Baseband 評估板 UDOO SoC 的外觀及電路圖，其主要規格如下：

- MPU + MCU Solution
- MPU: Freescale IMX6Q is a 4-Core Processor, ARM Cortex-A9
- MCU: Atmel SAM3X8E, ARM Cortex-M3
- IEEE1588 Support



圖 3.18：Baseband 評估板 UDOO 外觀

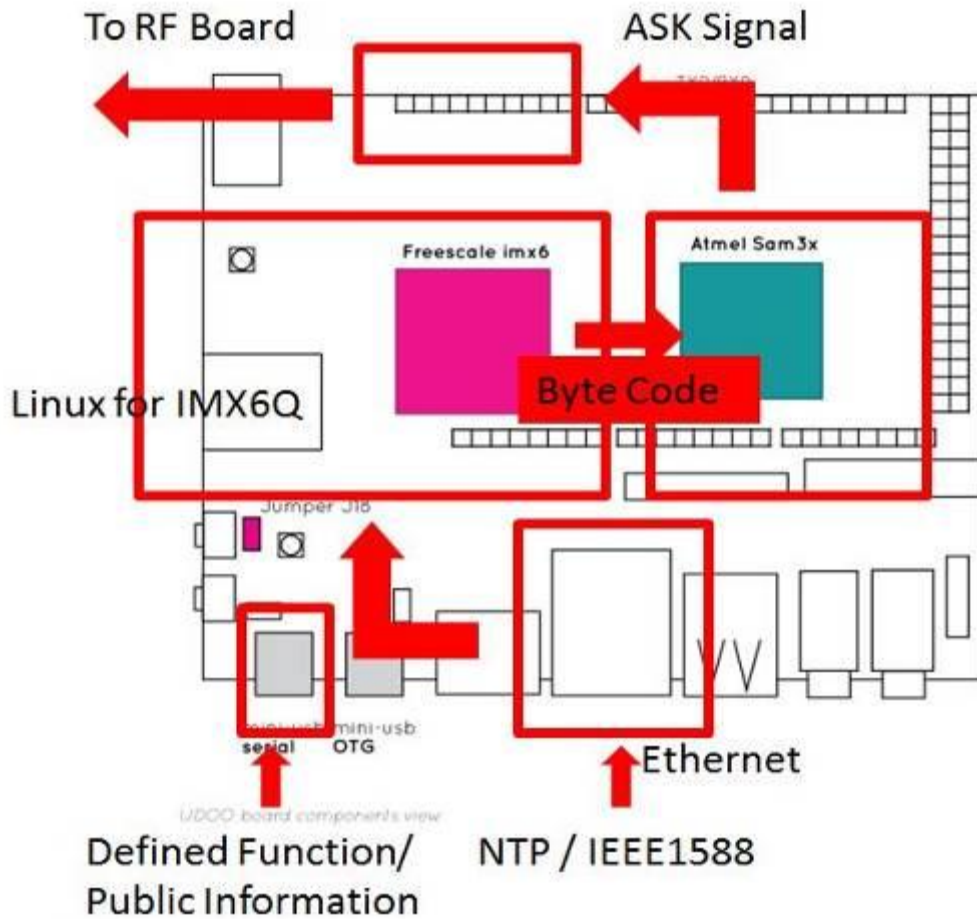


圖 3.19：Baseband 評估板 UDOO2 電路圖

Baseband 運作可以分為兩部分，一部分在 MPU Freescale IMX6Q 中處理國家標準時間與公共資訊，如圖 3.20 所示；另一部分在 MCU Atmel SAM3X8E 中處理時間碼的產生工作，如圖 3.21 所示。圖 3.22 為完整低頻發射機雛形系統完成圖。

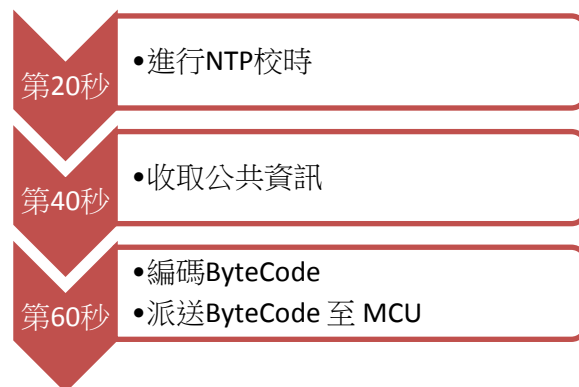


圖 3.20：Baseband 處理國家標準時間與公共資訊流程圖

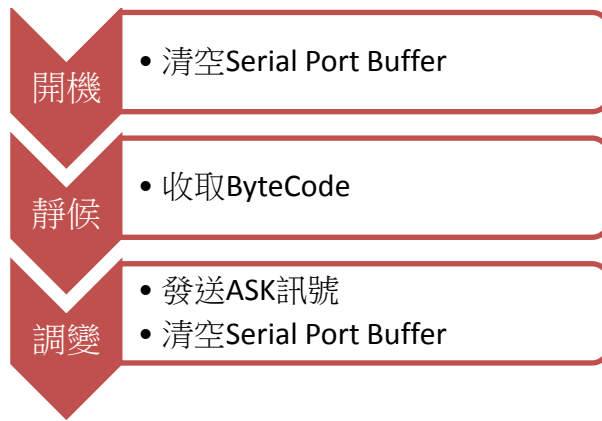


圖 3.21：Baseband 處理時間碼產生工作流程圖

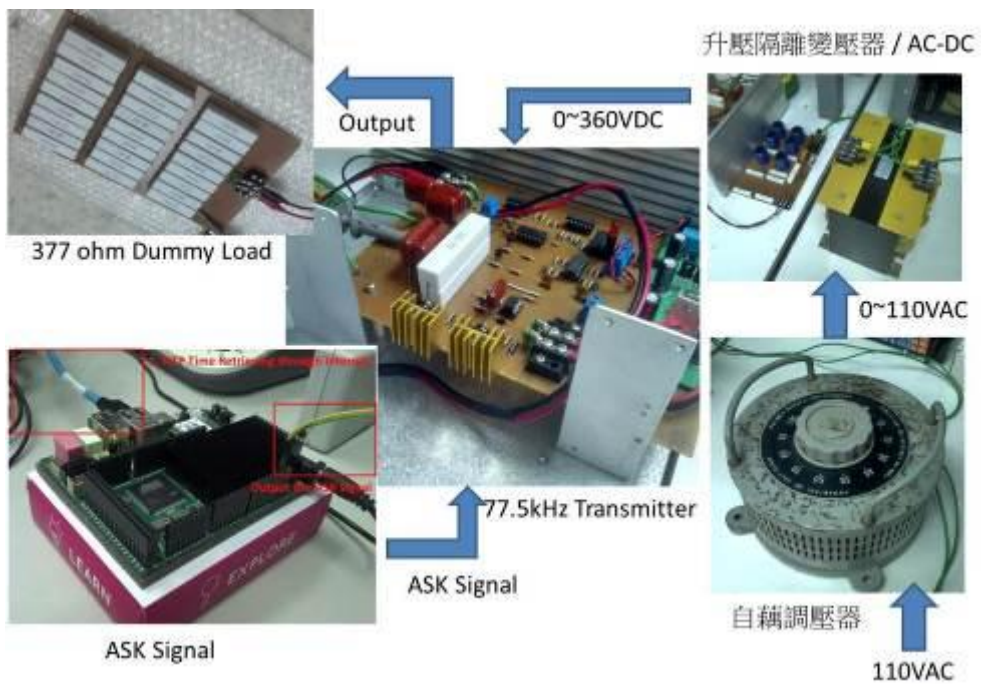


圖 3.22：Baseband 處理時間碼產生工作流程圖

表 3.1 比較低頻發射機雛形系統與桃園龜山低頻實驗電台 Continental 發射機的主要規格，包括輸出功率、發射頻率、操作模式、RF 輸出連接方式、調變輸入、輸入功率及控制方式。

表 3.1：低頻發射機雛形系統與商用設備規格比較表

Function	Continental	CHTTL113
Configuration	Solid State 1kW	Solid State 1.8kW
Rated Power	Maximum 1kW delivered	Theoretical 1.8kW max
Output Power	Adjustable to 1kW	Adjustable to 1.8kW(Theo.)
Frequency	60kHz (77.5kHz)	77.5kHz (Adjustable)
Operating Modes	Space keying Space: -20dB of Mark Morse: -50dB of Mark	Space keying Space: -50dB of Mark Morse: -50dB of Mark
RF Output Connection	AMU bushing	HV Terminal
Modulation input	Mark: 2Vrms Space: 0.2Vrms Morse: 0 Vrms	Mark: 3.3Vrms Space: 0 Vrms Morse: 0 Vrms
Power Mains	120VAC, 60Hz	110VAC, 60Hz
Control	Remote Control (Option) / Local Front Panel	Local Front Panel

最後，我們由下列 4 個面向分析低頻發射機雛形系統的運作效率：

- Adjustable 360V DC Power Supply 損耗
 - ✓ Auto Coupling Transformer = $2\text{kW} \times 2\% = 40\text{W}(\text{max})$
 - ✓ Isolating Transformer = $2\text{kW} \times 2\%$ (Due to 5KVA capacity) = $40\text{W}(\text{max})$
 - ✓ CLC II-Filter, Voltage Divider = $0.45\text{W} \times 3 = 1.35\text{W}$
 - ✓ Power Supply Efficiency should not involve in transmitter efficiency calculation.
- Transmitter 12V/5V 運作損耗
 - ✓ 12V-to-5V LDO Feedback Voltage Regulator : $< 5\text{W max}$
 - ✓ 77.5kHz Differential Switching Signal Generator : $5\text{V} \times 16\text{mA} \times 5(74 \text{ Digital}) + (122/1.2\text{k})\text{mW} \times 2(\text{Level Converter}) + 20\text{mA} \times 12\text{V} \times 2(\text{HVIC}) = 1.18\text{W max}$
- Transmitter MOSFET RDS 損耗
 - ✓ Infineon SPW17N80C3 CoolMOSTM Tech.(RDS = 0.29 ohm)
 - ✓ Assume $R_L = 50 \text{ ohm}$, $B_+ = 300\text{V}$, $P_{NMOS} = 2 \times [300/(50+0.29)]^2 \times 0.29 = 20.62\text{W}$
- Transmitter LC Filter 損耗
 - ✓ Inductor: 14AWG Cable Wired, b Dia $> 8\text{cm}$, $< 2\text{W}$

✓ Capacitance: MEF 0.1 uF 1000V*3, ESR < 0.05m ohm < 2 W

■ Total Efficiency

✓ Include Power Supply: $1.8\text{kW}/(1.8\text{kW}+81.35\text{W}+6.18\text{W}+20.62\text{W}+4\text{W})$
= 94.13%

✓ Purely Transmitter: $1.8\text{kW}/(1.8\text{kW}+6.18\text{W}+20.62\text{W}+4\text{W})$ = 98.32%

(b) 低頻無線時頻技術與國家標準時間之推廣

本計畫於年度持續進行低頻技術與應用服務推廣，主要包括下列活動：

- 前往高雄市消防局簡報低頻無線時頻傳播技術並推廣相關應用，凝聚地方的需求亦爭取中央的預算。
- 安排交通部航港局航安組組長一行人參訪低頻實驗電台，圖 3.23 及 3.24 為實地參訪的照片，本計畫並於現場進行實驗電台系統規格與功能解說。
- 在本公司參與之桃園航空城規劃案服務項目中加入低頻無線標準時間服務。
- 提供經濟部技術處之低頻傳輸技術簡報及兩種低頻電台建置方案建議，期望爭取到低頻商用電台建置的經費。
- 完成低頻技術與服務推廣網頁並整合於國家標頻實驗室網站，如圖 3.25 及 3.26 所示。



圖 3.23：交通部航港局航安組一行人參訪低頻實驗電台外部



圖 3.24：交通部航港局航安組一行人參訪低頻實驗電台內部



圖 3.25：國家標頻實驗室網站中標準時頻廣播連結

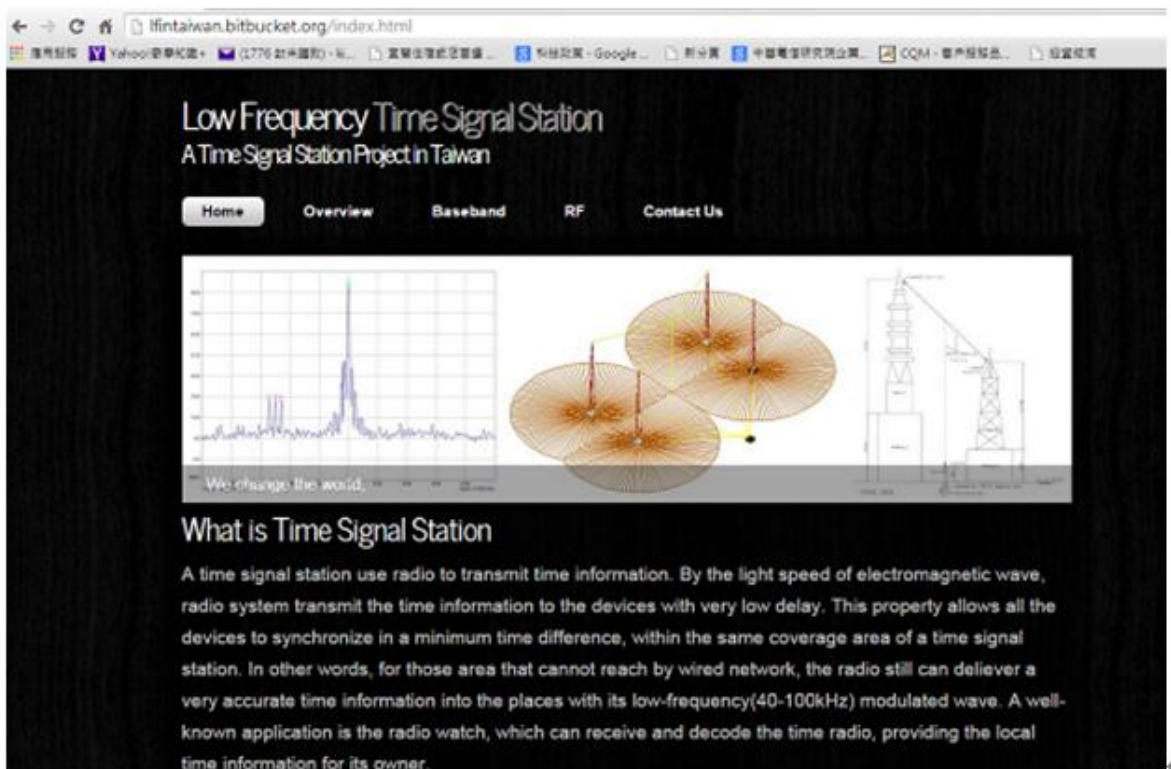


圖 3.26：低頻技術與服務推廣網頁

(3.3.4)應用及效益

- 低頻發射機架構研究為低頻發射系統國產化的基礎，一方面可提供低頻發射機的參考電路設計，另一方面也可與國內業界合作共同開發商用的設備廠品，節降低頻商用電台的建置成本。
- 未來可能應用的情境包括
 - ✓ 實驗室用低頻時頻信號發射機
 - ✓ 社區、校園、園區小範圍涵蓋
 - ✓ 低頻實驗電台
- 在進行低頻無線時頻技術與國家標準時間之推廣部分，期望透過兩個建置方案的規劃及經濟部技術處的支持，爭取到低頻商用電台建置的經費。另外，因應低頻實驗電台的障礙所研發的 NTP 網路校時無線藍牙解決方案將可應用於不適合有線佈建的場域，進一步拓展國家時頻的應用範圍。
- 除了向中央政府進行低頻無線時頻應用服務以及防救災緊急訊息通報服務的推廣之外，本計畫也同時朝向地方政府的應用努力，包括去年的宜蘭、新北市，以及今年的高雄市。希望透過匯集地方需求的聲音，增加中央主管機關編列低頻系統建置預算的機會。

(3.3.5)未來工作重點

低頻無線時頻傳輸系統應用推廣，含持續爭取科專計畫補助及向各公部門推廣低頻技術與應用。

(3.3.6)自評與建議

- 本年度的低頻發射機架構設計與製作成果符合預期，包括 Public Information Server、Time Code PWM Generator、77.5kHz AM Modulator 及 Class D Amplifier。相較於現有商用的產品，本計畫所研發之發射機具有較佳的效能與更低的成本，實為一 cost-effective 之設計。

建議未來可以將相關技術技轉與國內廠商，以促進國家標準時頻相關產業的蓬勃發展。

- 本年度因低頻實驗電台的故障造成本計畫在推廣低頻應用上的困難，但本計畫仍透過相關的管道做靜態的推廣。建議除了可以針對特定場域採用 NTP 網路校時無線藍牙解決方案，另一方面可以持續對地方政府進行低頻無線時頻應用服務以及防救災緊急訊息通報服務的推廣，以擴大地方需求的聲音，爭取商用低頻系統建置的經費，早日完成低頻商用系統的建置。

(四)其他

(4.1) 國家時間與頻率標準實驗室獲選為國際度量衡局 GNSS 接收機校正之 Group-1 實驗室

(4.1.1) 達成項目：

實驗室加入國際度量衡局之 GNSS 接收機校正 Group-1 實驗室

(4.1.2) 內容說明：(執行期間：民國 103.01~103.12)

本標準實驗室榮獲國際度量衡局(BIPM)選定為 GNSS 接收機校正之 Group-1 實驗室，成為未來直接參加 BIPM 所舉辦 GNSS 接收機巡迴校正活動的全球八個實驗室之一(亞太地區僅我國、日本，與大陸獲選)，並可維持亞太地區最小的不確定度評估值。國家時頻標準實驗室亦將協助亞太計量組織(APMP)時頻技術委員會(TCTF)，規劃舉辦亞太地區之區域巡迴校正活動，讓其他非屬於 Group-1 的亞太地區標準實驗室，能透過參加區域內之比對活動，實現全球時頻標準完整追溯鏈之建立。

國家時頻標準實驗室長期維持時間與頻率之國家標準，並參與國際度量衡局(BIPM)，與全球六十餘個標準實驗室共同維持協調世界時(UTC)及國際原子時(TAI)，歷年來在貢獻度國際排名上名列前茅，技術實力於世界時頻領域佔有一席之地。目前實驗室每日持續進行原子鐘群之時間差值量測，及國際傳時比對活動，並定期將資料提供給位於巴黎的國際度量衡局(BIPM)整合處理，作為產生國際時間標準之重要依據。而 GNSS 接收機校正活動的目的，即是為了把各個標準實驗室國際傳時比對的偏差量測出來，使量測結果更為精確，追溯更有保障。

基於資源有效運用之考量，BIPM 於 2013 年公布新的 GNSS 接收機校正方案，要求各區域組織推薦傳時比對實力較強，且不確定度較低的實驗室，並選定十個以內的實驗室參與成為 BIPM Group-1 實驗室，直接參與 BIPM 規劃之比對活動，再向下傳遞比對結果。國家時頻標準實驗室於今年五月獲選，成為 BIPM 首度宣布的全球八個 Group-1 實驗室之一，為多年來技術耕耘的成果，顯示我國時頻標準技術的實力受到國際肯定，值得欣慰

(4.2) 榮獲美國國家標準實驗室公會(NCSLI)年度『NCSLI Measure Editor's Choice Award』論文獎

(4.2.1)達成項目:

國家時頻標準實驗室曾文宏博士及林信嚴研究員，榮獲美國國家標準實驗室公會(NCSLI)年度『NCSLI Measure Editor's Choice Award』論文獎。

(4.2.2)成果說明:(執行期間：民國 103.01~103.12)

美國國家標準實驗室公會(National Conference of Standards Laboratories - NCSL)成立於 1961年，2000年更名為NCSL International (NCSLI)，旨在促進全球產官學界合作以解決量測實驗室共同的問題。目前成員組織超過 1000個，遍及世界各地學術、科技、工商業及政府機構等計量相關組織，包括美國NIST、德國PTB在內等計量科學界最有影響力的實驗室，是國際公認之認證、標準和計量科學重要大型協會。

NCSLI Measure(The Journal of Measurement Science) 是NCSLI每季出版的重要科技期刊，投稿者主要為計量領域的專家，每期內容包括同儕審查的技術論文及校正技術、不確定度分析、計量標準、品質系統與實驗室認證等最新資訊。

The annual Editor's Choice Award係經主編與副主編組成評審團從前一年該期刊眾多優秀的技術論文中投票選出，頒贈給對量測領域有卓越貢獻並符合NCSLI的目標與宗旨的論文，乃該協會頗負盛名的殊榮。今年得獎論文為“A Survey of Time Transfer via a Bidirectional Fiber Link for Precise Calibration Services”(NCSLI Measure J. Meas. Sci., vol. 8, no. 2, pp. 70-77, June 2013)。作者為本院無線所同仁曾文宏博士(通訊及第一作者)及林信嚴研究員。該項殊榮已於7月底美國Florida舉行之NCSLI 2014 Workshop & Symposium國際會議上頒發。



圖 4.1 獎座照片



圖 4.2 得獎論文

(4.3) 榮獲亞太計量組織(APMP)技術貢獻獎

4.3.1 說明(執行期間：民國 103.01~103.12)

林晃田博士擔任亞太計量組織(APMP)時頻技術委員會(TCTF)主席，三年任期屆滿。在過去三年積極推動亞太地區時頻技術合作與交流，除定期 TCTF workshop 外，更完成推動 APMP TCI project 計畫、舉辦 ATF 2013 Workshop (AP-RASC'13 joint sessions)、ATF 2014 Workshop (2014 IEEE IFCS co-sponsor)，及申請獲得德國 PTB 全額經費補助，於 2014 年 11 月辦理 DEC Workshop 以協助開發中國家之技術提升等，貢獻卓著。APMP 於 2014 年度大會晚宴中頒發技術貢獻獎，肯定三年任期中的卓越貢獻。



➤ APMP 主席 Dr. Peter Fisk 頒發 APMP 技術貢獻獎

(4.4) 輔導四零四科技股份有限公司建立次級時頻標準

(4.4.1) 達成項目：

輔導四零四科技股份有限公司建立次級時頻標準

(4.4.2) 執行內容：(執行期間：民國 103.01~103.12)

四零四科技股份有限公司為台灣工業級通訊整合大廠，主力產品為工業級串列、網路、光纖通訊設備，產品銷售遍及全世界，並於全球六十幾個國家設有經銷商網絡。近年該公司將觸角伸入智慧電網、電信通訊等領域，預計開發具 IEEE 1588 功能之通訊設備，供給電力、電信網絡、工業自動化等涉及時間及頻率同步之工業通訊應用。

IEEE 1588 相關設備開發過程中需以國家標準時間為設備產品之校正標準，國家時間與頻率標準實驗室已派員協助四零四科技股份有限公司建立次級標準時間源，初期標準時間源先以 GPS 為主，以 GPS 共識法遠端即時追溯至國家標準時間，並於 103 年下半年完成初步建置。往後若有更精密之同步需求，再建議該公司購買原子鐘作為穩定之時間源。

四零四科技股份有限公司相關人員表示，相關智慧電網之標準已建議電網終端設備應具 IEEE 1588 同步功能，若可順利研發符合標準之設備，預計可為該公司創造每年 10 億台幣左右之產值。



➤ 四零四科技股份有限公司之電力網通訊實驗室

(4.3.3)自評與建議:

隨智慧網絡、設備逐漸推廣，各智慧終端訊息交換越見精密，其時間訊息標籤之準確度要求也隨之提升。可預期日後將有其他製造廠商有類似四零四科技股份有限公司之需求。四零四科技股份有限公司表示，於早期開發相關產品之過程中遇到時頻量測、同步等相關問題時，由於不知國內有何單位可供基礎知識諮詢，故開發進度一直延宕，今年方由 GPS 協力廠商處得知國家時頻標準實驗室可提供相關諮詢。並希望經濟部相關單位可針對國內產業提供類似諮詢服務，並對於相關服務寬列經費及人力，以協助國內產業進行升級。

近年來本實驗室除提供國家標準時間之應用，於行政院、立法院、經濟部、標檢局、中華電信公司等單位之數位時鐘同步顯示；並協助國土測繪中心、台灣工業級通訊大廠四零四科技股份有限公司、台灣電力公司綜合研究所等單位之建置或取得時頻標準。未來仍將持續將標準時頻推廣於產業界，滿足其追溯之需求。

(4.4) 中央大學物理系委託研究案

委託中央大學鄭王曜教授進行『利用銫原子鐘進行 884-nm 波長光頻率之量測』研究

(4.4.1)進度說明(執行期間：民國 103.01~103.12)

- 已完成手掌大的 884-nm 波長銫原子穩頻雷射之機械結構：這是後面要量測雷射穩定度的一個重要實驗。因為必須要至少二個穩頻雷射才能測出雷射之穩定度。又因為如果要經由光梳雷射量測 884-nm 波長銫原子穩頻雷射之絕對頻率，除了 $f_{\text{optical}}=n \times f_{\text{rep}} + f_{\text{off}}$ 中， f_{rep} 需要中華電信提供以外(使用同步頻率產生器 91.96 MHz 的頻率去鎖定光梳雷射的重複率)，在後面量光頻最大的麻煩將是不曉得 n 是多少。而兩個雷射系統，分別鎖在不同的超精細譜線上，即 $6S_{1/2} \rightarrow 6D_{3/2}$ 以及 $6S_{1/2} \rightarrow 6D_{5/2}$ 之超精細譜線上，加上我們實驗室波長儀之精確度，即可得出 mode number n 。這個手掌大的 884-nm 波長銫原子穩頻雷射之機械結構與之前 822-nm 雷射最大的不同，在於對磁場的隔絕措施，因為銫原子 D 軌域對磁場比 S 軌域敏感。
- 已為了完成手掌大的 884-nm 波長銫原子穩頻所建立回授控制線路。由於雷射二極體被溫控在十九度，而銫原子氣室被溫控在九十度，而他們是一起被放在雷射共振腔中，因此回授控制雷射要特別小心。雷射頻率調製與解調出來的誤差訊號也要小心處理。

(4.4.2)議題討論

- 鈦藍寶石光梳雷射是否可由光纖雷射倍頻光源來取代，較便宜且不佔空間。
- 今年 IFCS2014 (international frequency control symposium)會議，各國討論的議題，都已進入光鐘的技術層面問題。光鐘成為趨勢已毋庸置疑。度量衡為國家的基礎，也是電信頻率的基礎，中華電信不宜在最基礎的

地方受制於人，應盡力發展自己的光鐘。目前已有美國(Al^+ 、 Hg^+ 、 Sr^+ 、 Yb^+ 、 Yb)、德國(Yb^+ 、 Al^+ 、 In^+ 、 Sr 、 Yb)、日本(Sr^+ 、 Ca^+ 、 Yb)、法國(Ca^+ 、 Sr 、 Hg)、義大利(Sr 、 Yb)、英國(Sr^+ 、 Yb)、中國(Sr 、 Ca)、加拿大(Sr^+)、芬蘭(Sr^+)、奧地利(Ca^+)、韓國(Yb) 等國家或大學實驗室發展光頻標準，並以歐洲、美國、日本等實驗室並以光纖做區域型互相比對。基於光頻標準發展與未來時頻標準及光通訊息息相關，台灣在此不宜缺席。

(4.4.3) 自評與建議

因受限於資源與人力，目前僅能以委託研究等方式進行週邊技術的研究。為避免落後與邊緣化的危機，還希望主管機關正視相關問題，投入適當的資源以利持續推動。

(4.5)協助建立標準 GPS 定位參考

(4.5.1) 執行事項：

協助內政部國土測繪中心建立標準 GPS 定位參考

(4.5.2) 工作內容(執行期間：民國 103.01~103.12)

- 內政部國土測繪中心負責辦理台灣國家基礎測繪工作，為台灣測繪最高執行機關，掌理事項涵蓋測繪方案、測繪法令及測量基準之研擬；基本測量之執行及成果管理維護；衛星基準站即時定位系統之規劃、建置、營運及管理維護；全國性地籍測量、地形測量、海洋測量之執行及成果管理維護；國土測繪資料庫之規劃、建置、管理維護及整合流通；其他有關國土測繪事項亦由該中心負責。全國之地籍量測、座標制定皆以該中心為標準，為國家內政建設中非常重要之環節。
- 該中心為維護 GPS 相對測距系統，自 100 年起購置鈷原子鐘二部，並以遠端頻率校正方式與國家時間與頻率標準實驗室進行頻率追溯。使用鈷原子鐘並進行遠端頻率校正後，該中心 PPP 定位精度有明顯提升，平面方向約提升 3 倍、高程方向約提升 5 倍，可使 GPS 相對測距系統提供更精確之服務。
- 該中心制定之台灣大地基準及一九九七坐標系統時，由於本實驗室主要 GPS 參考站 TWTF 為台灣唯二之 IGS 參考站，並為 24 小時連續不間斷運轉，TWTF 為該中心選為台灣一等衛星控制站之一，並作為精度參考標準。由一、二、三等衛星控制站構成之 e-GPS 定位系統可有效減少 GPS 座標定位程序及作業時間，本實驗室之 TWTF 參考站在此扮演重要角色。
- 本實驗室於今年對該中心進行遠端頻率校正時，發現該中心之鈷原子鐘性能遠不如預期，經通知該管人員後，發現用為頻率參考之鈷原子鐘已故障，經更換為備用鈷原子鐘回復正常。本實驗室人員並赴國土測繪中心與該中心研究人員交換 GPS 使用經驗，並提供原子鐘運作環境建置建議。



➤ 國土測繪中心之標準天線及 GPS 標準件

↵
↵
↵
↵



➤ 國土測繪中心之標準量角儀器及鈷原子頻率標準

三、結論與建議

- (一) TL 長期維持時間與頻率之國家標準，並善盡維持世界時頻標準之責任。雖標檢局委辦經費不足，幸在中華電信之支持下設備得以汰舊更新，故所維持時頻標準之穩定度及準確度，與亞洲地區主要國家時頻實驗室相較，毫不遜色；而對於國際原子時之貢獻度，世界排名持續維持前 10 名，與國際標準實驗室相較，亦不遑多讓。
- (二) 本實驗室所提供多項時間同步服務，廣受社會大眾重視與使用，尤其網路校時服務每日服務流量已超過 2 億次，服務對象除涵蓋台灣地區之公、私立機關、學校、銀行、公司行號外，甚至在大陸地區之台商及國外機構等亦多所連結。提供精密儀器設備之頻率標準件校正服務，為國內各級時頻標準實驗室之追溯源。服務對象包括檢測實驗室、國防科技、電力公司、半導體產業、精密工業、電子產業、健康科技等產業。另提供通行全球約九十餘經濟體之全球相互認可的校正能量，並透過財團法人全國認證基金會(TAF)認可之二級實驗室傳遞國家量測標準，支援數億元檢測市場之規模。
- (三) 度量衡業務是憲法層級所定義，為國家建設的重要基石，國家標準實驗室為全國最高計量標準及國家計量政策之提供者。攸關產品及研發的品質、校正標準之追溯基礎，民生福祉、乃至尖端科技的研發與精進。
- (四) 獲選參加 BIPM 時間鏈路校正先鋒計畫並於本年度執行完畢及擔任 APMP 重要職務等榮譽，實為長期以來實驗室同仁們共同的努力付出，辛苦建立起國際形象與影響力的展現。
- (五) 國家標準時間之服務目前已成功地推廣至許多機關使用並廣受好評，實驗室未來將持續提供高品質之標準時間信號供有需求之機關使用並提供相關技術支援與協助，但因本公司已民營化，在營運成本考量下無法像之前可投入大量經費挹注，未來建議由委辦機關增加相關推廣經費，以因應社會大眾之需求。

- (六) 民國 103 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！於民國 100 年度時，標檢局與三個國家標準實驗室共同舉辦策略會議，顯示貴局與各執行單位改善現狀的企圖心，惠請貴局協助爭取較充裕之資源，以利執行在策略會議中所共同擘劃，具有前瞻性與競爭力的願景與未來發展藍圖。
- (七) 本年度進行各式各樣的低頻應用服務推廣活動，可讓更多的民眾及公部門認識低頻。後續期望主管機關能支持低頻電台建置計畫，早日讓全國民眾享受低頻相關應用服務的便利

附件

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

(一)國家標準實驗室計畫新台幣一百萬元以上儀器設備清單

儀器設備名稱	主要功能規格	平均單價	數量	總價	備註																						
氫原子鐘	<p>主要功能:國家時間與頻率標準備援參考源 主要規格: a. 輸出: 5 MHz × 2, 100 MHz × 2, 1 PPS × 2 b. 5MHz 頻率輸出穩定度:</p> <table border="1" data-bbox="526 579 1111 799"> <thead> <tr> <th>Averaging Time</th> <th>Stability</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 s</td> <td>$\leq 3 \times 10^{-13}$</td> </tr> <tr> <td>100 s</td> <td>$\leq 1 \times 10^{-14}$</td> </tr> <tr> <td>1 hour</td> <td>$\leq 3 \times 10^{-15}$</td> </tr> <tr> <td>> 10 day</td> <td>$\leq 2 \times 10^{-16}$</td> </tr> </tbody> </table> <p>c. 5MHz 頻率輸出相位雜訊:</p> <table border="1" data-bbox="526 879 1111 1179"> <thead> <tr> <th>Offset From Signal (Hz)</th> <th>SSB Phase Noise dBc/Hz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>≤ -90</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>≤ -110</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>≤ -130</td> </tr> <tr> <td>1k</td> <td>≤ -140</td> </tr> <tr> <td>10k</td> <td>≤ -150</td> </tr> </tbody> </table> <p>d. 環境效應: 溫度係數: $1 \times 10^{-14}/^{\circ}\text{C}$; 磁場係數: $3 \times 10^{-14}/\text{Gauss}$</p>	Averaging Time	Stability	1 s	$\leq 3 \times 10^{-13}$	100 s	$\leq 1 \times 10^{-14}$	1 hour	$\leq 3 \times 10^{-15}$	> 10 day	$\leq 2 \times 10^{-16}$	Offset From Signal (Hz)	SSB Phase Noise dBc/Hz	1	≤ -90	10	≤ -110	100	≤ -130	1k	≤ -140	10k	≤ -150	8,103,239	1	8,103,239	
Averaging Time	Stability																										
1 s	$\leq 3 \times 10^{-13}$																										
100 s	$\leq 1 \times 10^{-14}$																										
1 hour	$\leq 3 \times 10^{-15}$																										
> 10 day	$\leq 2 \times 10^{-16}$																										
Offset From Signal (Hz)	SSB Phase Noise dBc/Hz																										
1	≤ -90																										
10	≤ -110																										
100	≤ -130																										
1k	≤ -140																										
10k	≤ -150																										

(二) 各種報告(技術報告、論文、研討會、出國報告、技術創新)

論文一覽表

項次	編號	論文名稱	刊出日期	作者	期刊(會議)名稱	國家
國際期刊 (SCI)	1	In-Band Asymmetry Compensation for Accurate Time/Phase Transport over Optical Transport Network	2014.04	蕭師基, 曾文宏, 胡秀芳, 林信嚴, 廖嘉旭, 賴怡良	The Scientific World Journal	美國
國際期刊 (SCI)	2	Time and Frequency Transfer System Using GNSS Receiver	2014.10	王嘉綸 廖嘉旭	RADIO SCIENCE	美國
國際研討會 (EI reference)	1	Mitigation of the TWSTFT Diurnal Effect Using Software-Defined Receivers	2014.5	黃毅軍 曾文宏	IEEE International Frequency Control Symposium (IFCS 2014)	台灣
國際研討會 (EI reference)	2	A study of antenna multipath instabilities in two-way satellite time and frequency transfer	2014.05	褚芳達 曾文宏 徐偉智 丁培毅	IEEE International Frequency Control Symposium (IFCS 2014)	台灣
國際研討會 (EI reference)	3	Frequency Resolution Improvement of Microwave Measurement Using Down-Convert Technique	2014.05	張博程 廖嘉旭	IEEE International Frequency Control Symposium (IFCS 2014)	台灣
國際研討會 (EI reference)	4	The TWSTFT links circling the world	2014.05	林晃田 黃毅軍 曾文宏 廖嘉旭 褚芳達	IEEE International Frequency Control Symposium (IFCS 2014)	台灣

期刊 (EI reference)	5	Time and Frequency Transfer System for Synchronization Applications	2014.09	王嘉綸 廖嘉旭 林晃田	2014 Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium	台灣
國際研討會 (EI reference)	6	Ionospheric electrodynamic effects on two-way satellite time and frequency transfer	2014.09	褚芳達 黃毅軍 曾文宏 徐偉智 丁培毅	IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2014)	巴西
國際研討會 (EI reference)	7	Design and Evaluate an Open-Loop Receiver on TWSTFT Application	2014.09	黃毅軍 曹恒偉	IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2014)	巴西
國際研討會	1	A comparison of the occurrences of low-latitude ionospheric irregularities between the eastern and western Africa	2014.08	褚芳達 陳瑋陞 李建志	40th The Committee on Space Research (COSPAR) Scientific Assembly (COSPAR 2014)	俄羅斯
國際研討會	2	The GPS phase fluctuations over the AREQ GPS station during solar cycle 23	2014.08	陳瑋陞 褚芳達 李建志	40th The Committee on Space Research (COSPAR) Scientific Assembly (COSPAR 2014)	俄羅斯
國際研討會	3	Fiber pumped dual Ti:sapphire comb lasers and a hand-sized optical frequency reference	2014.10	劉子維 吳建明 張博程 鄭王曜		台灣
國際研討會	4	A Modification of Z12T Metronome Time Transfer	2014.06	林信嚴 黃毅軍	European Frequency and Time Forum 2014	瑞士

文件報告一覽表

編號	報告名稱	作者	刊出日期	頁數	語言	機密等級
1	衛星雙向傳時比對網路數據分析報告	曾文宏	2014.06	10	英文	
2	自主性 GNSS 遠端時頻校正系統 Link Calibration Method 驗證與性能評估報告	王嘉綸	2014.08	14	英文	
3	光纖傳時技術對未來科技基礎建設之應用評估報告	曾文宏	2014.09	19	英文	
4	於國家時間與頻率標準實驗室建置光梳量測系統之可行性分析	張博程	2014.09	16	中文	
5	GNSS 電離層折射與散射效應研究報告	褚芳達	2014.10	16	中文	
6	微波 40 GHz 量測技術研究	張博程	2014.11	9	中文	

研討會/說明會與展示一覽表

編號	研討會、說明會或展示名稱	地點	主辦單位	起迄日期 (民國)	人次	型態
1	2014 IEEE IFCS (國際頻率信號控制)暨 ATF workshop 研討會	台北	IEEE/清大/APMP TCTF	5/19-5/22	約 300	國際研討會
2	低頻無線時頻傳播技於消防之應用規	高雄市	高雄市消防局	103.6.30	10	簡報
3	轉速計能力試驗說明會	中壢	中華電信研究院	103.07.10	15	簡報
4	轉速計能力試驗綜節會議	中壢	中華電信研究院	103.08.19	15	簡報
5	低頻實驗電台參訪	桃園龜山	交通部航港局	103.9.2	10	簡報與展示
6	APMP TCTF 會議	韓國大田	KRISS、TL	103.9.22~23	32	簡報
7	APMP TCTF workshop	韓國大田	KRISS、TL	103.9.20	30	研討會

專利一覽表

編號	專利名稱	撰寫人	國家	類別	日期	備註
1	利用低頻無線時頻傳播系統的緊急告警系統及方法	黃金石 王中和 沈俊銘 郭又禎 劉家宏	台灣	新型	2014/6/11	獲得
2	一種數位報時方法及裝置	林清江	台灣	發明	2014/09	申請

(三) 研究成果統計表

計畫類別/ 績效指標	A 論文	B 研究團隊養成	C 博碩士 培育	D 研究 報告	E 辦理學 術活動	F 形成 教材	G 專利	H 技術 報告	I 技術活 動	J 技術 移轉	K 規範/ 標準制 訂	L 促成 廠商投 資	M 創新業 模建立	N 協助 提升我 國產業 全球地 位	O 共通/ 檢測 技術 服務	P 創業 成	Q 資訊服 務	R 增加 就業	S 技術服 務	其它
民國 99年 實際	9篇 (國際 9篇)		內部進 修:2 博碩士 生:2		研討會:1			7件	參與國 際會議 4次					國際 比對4 項			網路校 時:>800 萬次/日		校正服務: 53件;	
100 年 實際	4篇 (國際 4篇)		內部進 修:2 博碩士 生:2		策略會 議分組 會議: 1 說明會: 1			5件	參與國 際研討 會3次					國際 比對4 項			網路校 時:>800 萬次/日		校正服務: 41件;	
101 年 實際	13篇 (國際 13篇)		內部進 修:2 博碩士 生:2		說明會: 2		獲得:1 申請:1	8件	參與國 際研討 會4次					國際 比對4 項			網路校 時:>900 萬次/日		校正服務: 77件;	
102 年 實際	14篇 (國際 14篇)		內部進 修:3 博碩士 生:2		國際研 討會:1 國際會 議:1		獲得:1 申請:1	9件	參與國 際研討 會4次					國際 比對5 項(進 行中)			網路校 時:>2000 萬次/日		校正服務: 62件;	
103 年 目標	10篇 (國際 8篇)		內部進 修:2 博碩士 生:2		國際研 討會:1 國際會 議:1			7件	參與國 際研討 會3次					國際 比對4 項			網路校 時:>2200 萬次/日		校正服務: 48件;	
103 年	13篇 (國際 13篇)		內部進 修:3 博碩士 生:2		國際研 討會:2 國際會 議:1		獲得:1 申請:1	8件	參與國 際研討 會5次					國際 比對5 項			網路校 時:>2億 次/日		校正服務: 73件;	

實際	績效指標	年度目標產出	實際產出	
	學術成就	A 論文	數量：國際期刊論文 1 篇 國際研討會論文 7 篇 一般論文 2 篇	數量：國際期刊論文 2 篇 國際研討會論文 11 篇
B 研究團隊養成				
C 博碩士培育		每年有各大專院校博碩士生約 2 人進行合作研究、內部培訓 2 博士生人。	有各大專院校博碩士生 2 人進行合作研究、內部培訓 3 博士生人。	
D 研究報告				
E 辦理學術活動		國際研討會一場	國際研討會：2 國際會議：1	
F 形成教材				
G 專利				
H 技術報告		數量：技術報告 7 篇	數量：技術報告 8 篇	
技術創新		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 3 項；參與國際研討會 5 次
		J 技術移轉		
	S 技術服務	技術服務： 高精度時頻標準器校正 48 件 (技術服務收入 60 萬)	技術服務： 高精度時頻標準器校正 73 件 (技術服務收入 944,500 元)	
經濟效益	K 規範/標準制訂			
	L 促成廠商投資			
	M 創新產業或模式建立			
	N 協助提升我國產業全球地位	維持全球相互認可協議： ● 參與國際量測比對 4 項； ● 校正與量測能量 8 項登錄於 BIPM 資料庫； 維持 CGPM 仲會員資格、 維持亞太計量組織(APMP)會員資格、	進行參與國際量測比對 5 項； 校正與量測能量 8 項已登錄於 BIPM 資料庫。 維持全球相互認可協議： 維持 CGPM 仲會員資格、 維持亞太計量組織(APMP)會員資格、 維持與日本 NICT 合作備忘錄	

實際	績效指標	年度目標產出	實際產出
社會影響	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		
	V 提高能源利用率		
	W 提升公共服務		<p>提供標準時間信號供 117 語音報時服務，每日之服務量約<u>十餘萬次</u></p> <p>撥接式電腦校時系統提供民航局各航空站航管系統之時間同步及資料記錄之時間標示，每日紀錄航管資料數萬筆。</p>
社會影響	X 提高人民或業者收入 P 創業育成		
	Q 資訊服務	<p>提供網際網路校時服務 (Network Time Protocol, NTP) 平均 <u>2200 萬次/天</u>；更新及維護國家度量衡標準實驗室網站，平均每年進站人數 <u>40,000 人次</u> 以上；</p>	<p>提供網際網路校時服務 (Network Time Protocol, NTP) 超過 <u>2 億次/天</u>；更新及維護國家度量衡標準實驗室網站，平均每年使用網站人數超過 <u>100,000 人次</u> 以上；</p>
	R 增加就業		
	Y 資料庫		
	Z 調查成果		
	AA 決策依據		

成果摘要表

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	In-Band Asymmetry Compensation for Accurate Time/Phase Transport over Optical Transport Network		
撰 寫 人	蕭師基		曾文宏	胡秀芳
	林信嚴		廖嘉旭	賴怡良
撰寫日期	中華民國 103 年 4 月 10 日		撰寫語言及頁數	英文 8 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	time/phase synchronization, IEEE1588, optical transport network, clock			
內容摘要：				
<p>The demands of precise time/phase synchronization have been increasing recently due to the next generation of telecommunication synchronization. This paper studies the issues that are relevant to distributing accurate time/phase over optical transport network (OTN). Each node and link can introduce asymmetry, which affects the adequate time/phase accuracy over the networks. In order to achieve better accuracy, protocol level full timing support is used (e.g., Telecom-Boundary clock). Due to chromatic dispersion, the use of different wavelengths consequently causes fiber link delay asymmetry. The analytical result indicates that it introduces significant time error (i.e., phase offset) within 0.3397 ns/km in C-band or 0.3943 ns/km in L-band depending on the wavelength spacing. With the proposed scheme in this paper, the fiber link delay asymmetry can be compensated relying on the estimated mean fiber link delay by the Telecom-Boundary clock, while the OTN control plane is responsible for processing the fiber link delay asymmetry to determine the asymmetry compensation in the timing chain.</p>				

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	Mitigation of the TWSTFT Diurnal Effect Using Software-Defined Receivers		
撰 寫 人	黃毅軍		曾文宏	
撰寫日期	中華民國 103 年 5 月 19 日		撰寫語言及頁數	英文 2 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	two-way satellite time and frequency transfer			
	diurnal effect			
內容摘要：				
<p>Two-way satellite time and frequency transfer (TWSTFT) has been one of the most precise techniques for long-baseline time and frequency comparison. The precision achieves nanosecond level for the time comparison, and 10^{-15} for the frequency comparison. Nevertheless, it is limited by some unstable factors such as diurnal effect and long-term inconsistency. To improve the precision, it is required to investigate the source of instabilities.</p> <p>In this paper, we focus on the instabilities of TWSTFT receivers. So far, the receiver has not been deeply addressed since it was usually placed in a temperature-controlled room. However, the temperature sensitivity is not the only unstable source; the previous work indicated the tracking error of the receiver would result in a bias of measurements. And, a TL's previous station without a transmit reject filter provided an experimental evidence for the effect of interference in receivers.</p>				

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	A study of antenna multipath instabilities in two-way satellite time and frequency transfer		
撰 寫 人	褚芳達		曾文宏	
	丁培毅		徐偉智	
撰寫日期	中華民國 103 年 1 月日		撰寫語言及頁數	中/ <input checked="" type="checkbox"/> 英文 4 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	Two-way satellite time and frequency transfer			
	Multipath			
	Reflection multipath			
	Diffraction multipath			
內容摘要：				
<p>The two-way satellite time and frequency transfer (TWSTFT) has been one of the major tools for atomic clock comparison in the international time community. The performance of TWSTFT nowadays has reached the level of nanosecond. For the further better performance achievement, it is worth studying the instability sources which may contribute to diurnal time residual of TWSTFT. This study conducts an analysis about time errors caused from three antenna multipath cases including reflection, diffraction, and ordinary-extraordinary waves. The results show that the antenna multipath error should not be the essential instability source of diurnal time residual. Since the antenna multipath error is just a minor instability source, other sources should be considered in future study. We make a recommendation to study temperature dependence, such as that of the multipath interference through cables and that of the transponder of geostationary satellite.</p>				

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	Fiber pumped dual Ti:sapphire comb lasers and a hand-sized optical frequency reference		
撰寫人	劉子維		吳建明	
	鄭玉曜		張博程	
撰寫日期	中華民國 103 年 9 月 日		撰寫語言及頁數	英文 2 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	dual-comb laser、ultrashort、hand-sized optical frequency reference、Ti:sapphire			
內容摘要：				
<p>A dual-comb laser system containing two femtosecond Ti:sapphire lasers is reported, in which the ultrashort pulses are pumped by one common fiber laser and the influences of the different pumping noise are presented both in time-domain and frequency-domain. In addition, the dimensions of dual Ti:sapphire comb system are reduced due to the implementation of one hand-sized optical frequency reference, from which the needed space and cost for two "self-reference" optics are saved.</p>				

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	Ionospheric electrodynamic effects on two-way satellite time and frequency transfer		
撰 寫 人	褚芳達		黃毅軍	曾文宏
	徐偉智		丁培毅	
撰寫日期	中華民國 103 年 2 月日		撰寫語言及頁數	中/ <input checked="" type="checkbox"/> 英文 2 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	Equatorial irregularities			
	Ionospheric electrodynamic effects			
	GPS phase fluctuations			
內容摘要：				
<p>The two-way satellite time and frequency transfer (TWSTFT) has been one of the essential techniques for atomic clock comparison. The performance of TWSTFT nowadays has reached the level of one nanosecond. For achieving further better performance, it is worth studying more for the next-generation TWSTFT. This study attempts to discover the relations between TWSTFT observations and ionospheric electrodynamic effects which can impact radio signals. The interesting new finding implies that the predawn local extrema in TWSTFT time difference patterns maybe result from ionospheric neutral winds.</p>				

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	Design and Evaluate an Open-Loop Receiver on TWSTFT Application		
撰 寫 人	黃毅軍		曹恒偉	
撰寫日期	中華民國 103 年 8 月 25 日		撰寫語言及頁數	英文 2 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	Time dissemination			
	Time of arrival estimation			
內容摘要：				
<p>The two-way satellite time and frequency transfer (TWSTFT) was a technique with sub-ns precision of time comparison between long-baseline laboratories. The precision was limited by the diurnal effect. To mitigate the effect, we designed a TWSTFT receiver and evaluated it by measuring the time difference of arrival (TDOA) in this paper. We found the TDOA of the proposed receiver had less daily variation than that of conventional receivers. Therefore, it is possible that the receiver design would be an important source of the diurnal effect on TWSTFT.</p>				

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	A comparison of the occurrences of low-latitude ionospheric irregularities between the eastern and western Africa		
撰 寫 人	褚芳達		陳瑋陞	
			李建志	
撰寫日期	中華民國 103 年 3 月日		撰寫語言及頁數	中/ <input checked="" type="checkbox"/> 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	Equatorial irregularities			
	Global Positioning System			
	GPS phase fluctuations			
內容摘要：				
<p>Ionospheric irregularities at low latitudes mainly come from the geomagnetic equator. Equatorial and low-latitude irregularities cause fluctuations of total electron contents, which can be observed by global navigation satellites systems, such as the Global Positioning System (GPS). This study investigated a long-term climatology of low-latitude nocturnal F-region irregularities at African longitudes by using ground-based observations of the GPS. The major results are as follows. The equatorial and low-latitude irregularities tend to occur in equinoctial months, i.e., the occurrence rates of irregularities are equinoctial dominant. The equinoctial occurrence rate is high (about 90 percent) all over the Africa during high solar activity years. An interesting finding is that during low solar activity years it is still quite high (greater than 60 percent) in the western Africa, although it is low (only 10-50 percent) in the eastern Africa. However, the solstitial occurrences of irregularities show obvious solar dependence. The June-solstitial occurrence rate is also high and comparable to that of the equinoctial one during high solar activities, but it is low during low solar activities. The December-solstitial occurrence rate is less than that of the June-solstitial one. Another interesting finding is that the December-solstitial occurrence rate in the western Africa is larger than that in the eastern Africa, and it can even be comparable to that of the equinoctial one during high solar activities. The implications of the results are discussed.</p>				

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所	執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月	
主持人	楊文豪	協同主持人	廖嘉旭	
分項主持人		連絡電話	(03)424-4441	
成果名稱	中文			
	英文	The GPS phase fluctuations over the AREQ GPS station during solar cycle 23		
撰 寫 人	陳瑋陞	褚芳達	李建志	
撰寫日期	中華民國 103 年 3 月日	撰寫語言及頁數	中/ <input checked="" type="checkbox"/> 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	Equatorial irregularities			
	Global Positioning System			
	GPS phase fluctuations			
內容摘要：				
<p>This study reports variations of GPS phase fluctuations over the AREQ GPS station (16.47 ncyrial and low-latitude irregularities cause fluctuations of total electron contents, which can be obsso the GPS phase fluctuations comes from equatorial plasma bubbles. The results show that the GPS phase fluctuations occurs most frequently in the equinoctial months, and then in the December-solstice months, but rarely in the June-solstice months. Furthermore, the occurrences in the December-solstice months are increased as solar activity increasing. For all months, the occurrences are high in pre-midnight but low in post-midnight. Regarding the strength of GPS phase fluctuations, the high solar activity years show more strong GPS phase fluctuations than the low solar activity years. Finally, no apparent relationship can be found between GPS phase fluctuations and geomagnetic variations.</p>				

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	Frequency Resolution Improvement of Microwave Measurement Using Down-Convert Technique		
撰 寫 人	張博程		廖嘉旭	
撰寫日期	中華民國 103 年 3 月 28 日		撰寫語言及頁數	英文 2 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	down-convert, frequency resolution, low noise mixer, direct frequency measurement, phase			
	comparison method			
<p>內容摘要：</p> <p>Due to limited frequency resolution (0.1~1.0 Hz) of most commercial microwave counters, including our Agilent 53149A one with 1.0 Hz frequency resolution, a DUT (device under test) with frequency accuracy better than that of an OCXO (oven-controlled crystal oscillator) may not be measured correctly. For example, when a DUT with frequency accuracy better than 1.0E-9 generates a 1 GHz signal, it is very possible that we couldn't have the correct result with the above mentioned counters. It also means that with the better performance of a DUT, the more shortages of the above microwave measuring instruments may have.</p> <p>The SR620 time interval counter is a kind of one popularly used in time and frequency metrology laboratories worldwide. It is also adopted at our laboratory for experimental measurements and calibration services in the frequency range below 300 MHz. When a 10 MHz signal is measured, the SR620 could reach frequency resolution of 0.0001 Hz. If a microwave signal to be calibrated could be down-converted to 10 MHz in advance, it is likely that a SR620 counter, instead of our Agilent 53149A and the other commercial ones, could measure microwave frequency with higher frequency resolution.</p> <p>A Marki low noise mixer, together with our Agilent E8257D microwave frequency generator was used to down-convert the microwave frequency output and the expected frequency resolution was achieved. In addition to frequency resolution, performance of the frequency measurement system could also be evaluated by calculating its frequency stability from common clock tests. In time and frequency field, the ADEV (Allan Deviation) is a well-used statistical method for evaluating this. The system performance with carrier frequency of 1.0 and 26.5 GHz were chosen and shown in the following paragraph. For a SR620 counter, there are two modes for frequency measurement including direct frequency measurement and phase comparison method. Frequency stability from these two modes were also compared and discussed.</p>				

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	The TWSTFT links circling the world		
撰 寫 人	林晃田		黃毅軍	曾文宏
	廖嘉旭		褚芳達	
撰寫日期	中華民國 103 年 3 月 28 日		撰寫語言及頁數	英文 4 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	Two-way; satellites; time and frequency transfer; direct link; connected link			
內容摘要：				
<p>Two-way satellite time and frequency transfer (TWSTFT) has been one of the most precise time transfer methods and developed into a widely used technique in those laboratories which contribute to the generation of International Atomic Time (TAI) and to the realization of Coordinated Universal Time (UTC).</p> <p>Telecommunication laboratories(TL) has devoted to set up the TWSTFT links with several important Labs since 2000. Furthermore, by setting up the intercontinental satel-lite links to Europe and North American, we intended to establish the TWSTFT links circling the world and this goal has finally achieved in 2012. Since the TWSTFT links form a circle surrounding the world, the time differences between any two participant labs can be obtained by the results of time links through different directions. Besides, by using the technology of TWSTFT network analysis, measurement results of both direct link and indirect links (so called the redundant links) can be used to improve the performance of the time links.</p> <p>The numerical results of several direct and connected TWSTFT links were demonstrated in the paper. The results show that a well maintained connected TWSTFT links, even with more than 2 relay stations, can still have good performance.</p>				

103 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	101-1403-05-05-09			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4931
成果名稱	中文			
	英文	A Modification of Z12T Metronome Time Transfer		
撰寫人	林信嚴		黃毅軍	
撰寫日期	中華民國 103 年 6 月 24 日		撰寫語言及頁數	中/英文 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	GNSS, RINEX, CGGTTS, Time Transfer			
內容摘要：				
<p>We modified one Z12-T Metronome geodesic GPS receiver time transfer station by adding a time interval counter (SR-620) to measure the time difference between its external reference 1 PPS and 20 MHz frequency inputs. The time differences were compensated into the pseudorange measurement of its RINEX file. In consequence, the reference time of the modified pseudorange of RINEX and REFGPS of CGGTTS are re-defined to be the system's external 1 PPS reference, no more its external 20 MHz frequency input.</p>				

103 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表

研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	103 年 1 月至 103 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	衛星雙向傳時比對網路數據分析報告		
	英文			
撰 寫 人	曾文宏			
撰寫日期	中華民國 103 年 6 月 5 日		撰寫語言及頁數	英文 10 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	TWSTFT, station, network, stability			
內容摘要：				
<p>In Telecommunication Laboratories (TL), we have performed many TWSTFT links, which are not only contributed for the computation of the International Atomic Time (TAI) but also for research purposes. The real-time TWSTFT data are useful for monitoring the performance of UTC(TL). This report updates some news of TWSTFT activities. We provide the detail TWSTFT data analysis, including PTB-TL, USNO-TL, and NICT-TL TWSTFT links. In recent months, frequency stabilities of USNO-TL, PTB-TL, and NICT-TL links are around 3×10^{-15} at one-day averaging time.</p>				

103 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表

研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	103 年 1 月至 103 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	微波 40 GHz 量測技術研究		
	英文			
撰寫人	張博程			
撰寫日期	中華民國 103 年 11 月 日		撰寫語言及頁數	中文 9 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	全球相互認可、微波降頻量測技術、共鐘測試、微波倍頻放大器			
<p>內容摘要：</p> <p>本實驗室微波頻率量測系統建置至目前大致可區分為三個階段：第一階段是基礎設備採購階段，時間由 2010 年 10 月起到 2011 年 9 月止。主要完成微波信號產生器、微波計數器與以及相關高頻信號(DC ~ 40 GHz)的採購與測試。上述設備所架構的量測系統最高可量到 40 GHz，看似相當理想，不過由於當時市售微波量測設備的頻率解析度僅為 0.1~1.0 Hz，如果一部待校件的準確度在原子鐘等級，本系統就有可能發生解析度不足的問題。舉例來說，若待測頻率為 10 GHz 而使用的微波計數器解析度為 1.0 Hz，當待校件的準確度優於 1.0E-10 時，該微波計數器無法出現有意義的讀值變化，而目前業界都將待校件參考外頻至銣原子鐘使其準確度提升至 1.0E-10 ~ 1.0E-12。為解決這個問題，我們在第二階段(2012~2013)開發出微波降頻量測技術來提高量測系統整體的頻率解析度。本技術係以一低雜訊混波器配合第一階段中之微波信號產生器(最高輸出頻率：40 GHz)及實驗室原有 SR620 計頻器(頻率量測範圍：300 MHz)取代前述市售微波計數器，其解析度可改善至 1.0E-4 Hz。於 2012 年先完成相關技術開發及系統不確定度評估接著於 2013 年九月通過美國國家標準技術研究院 NIST 時頻技術專家現場增項評鑑，並於同月通過國內微波技術專家會同經濟部標準檢驗局 BSMI 代表赴 TL 進行系統擴建審查認證。該階段我們通過認證的頻率範圍是 26.5 GHz 而不是 40 GHz，其原因是雖然我們的微波信號產生器可以輸出 40 GHz，但是實驗室目前用來作為查核件另一台微波信號產生器僅能輸出 26.5 GHz，為配合微波降頻量測技術需要把 40 GHz 的微波信號產生器輸出調到 26.5 GHz 附近使其與查核件保持固定頻率差值，該值需小於 300 MHz 才能讓 SR620 計頻器讀到。為改善此種受限的情況，在第三階段(2014)中，我們採用微波倍頻器將前述的查核件加以倍頻。如此一來，當查核件的實際頻率輸出設定為 20 GHz 時，卻可經由此種方式倍頻至 40 GHz 並與先前 40 GHz 微波信號產生器進行微波降頻量測。透過這種方式，實驗室所開發的微波頻率量測系統將成為量測範圍 40 GHz 並具備高解析度 1.0E-4 Hz 的有力工具，未來將提供國內廠商高頻元件及儀器校正服務以及相關追溯需求。</p>				

103 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表

研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文			
	英文	自主性 GNSS 遠端時頻校正系統 Link Calibration Method 驗證與性能評估報告		
撰寫人	王嘉綸			
撰寫日期	中華民國 103 年 8 月 1 日		撰寫語言及頁數	中/英文 14 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	GNSS、GPS Common-View、Link Calibration、Coordinated Universal Time			
內容摘要：				
<p>GPS 時頻比對為現今用來比對兩地時鐘最有效的方式之一，其比對結果對於計算國際原子時(International Atomic Time)及世界協調時 UTC(Coordinated Universal Time)是非常重要的。中華電信研究院國家時間與頻率標準實驗室(TL,Telecommunication Laboratories)研究團隊自 2011 年起支援亞太計量組織 APMP(Asia Pacific Metrology Programme)時頻科技委員會 TC-TF (Technical Committee for Time and Frequency)計畫。為了驗證及評估全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)設備應用於亞太區各計量機構間時頻比對之性能，因此 TL 舉辦了 GNSS 接收機校正活動。本文中，我們展示了國家時間與頻率標準實驗室與紐西蘭計量標準實驗室(Measurement Standards Laboratory (MSL) in New Zealand)GNSS 接收機校正活動以及採用鏈路校正的概念(Link Calibration)，也就是時間鏈路總延遲(total delay of time link)的方式來有效降低計算 UTC 之總不確定度。實驗結果顯示 GPS 時間鏈路精度在長基線(10,000 km)距離可優於 2 ns 且採用鏈路校正方法可較使用傳統校正方式大幅降低校正不確定度(uB)。</p>				

103 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表

研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	103 年 1 月至 103 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	於國家時間與頻率標準實驗室建置光梳量測系統之可行性分析		
	英文			
撰寫人	張博程			
撰寫日期	中華民國 103 年 9 月 日		撰寫語言及頁數	中文 6 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	光纖雷射光梳、微波標準、鈦藍寶石光梳雷射、重複率			
<p>內容摘要：</p> <p>以本院所維持之高性能銻鐘或氫鐘為追溯源，透過頻率合成器鎖定光纖雷射光梳的重複率及偏移率建立以光纖雷射光梳為核心的拍頻光路，可將原子鐘等級的精確度(1.0E-13)由目前國家實驗室的 40GHz 的量測能量提升至光頻段。此外，無論是由光頻追溯至微波標準(銻鐘、氫鐘)亦或是不同光鐘之間進行互相比對，雷射光梳都是其中的關鍵基礎也是目前國外相關實驗室最主流的量測方式。由於光鐘的商用化道路並不再遙遠，目前不少有能力自行開發的國家無論是在實驗內進行比對或是透過光纖與其他國家進行國際比對皆是透過雷射光梳完成相關實驗。由於精密光學量測相當複雜，能夠先行完成相關系統建設並熟悉各種儀器特性對國家標準實驗室未來由微波標準轉換至光頻標準絕對有正面的助益。</p> <p>中華電信研究院委託中央大學光梳雷射光譜實驗室鄭王曜教授針對國家標準時頻實驗室預定明年度建置之光頻量測系統提出相關可行的方式。由於傳統式的鈦藍寶石光梳雷射量測設備，其設備架構太龐大與複雜，經評估並不適合未來轉移到中華電信研究院。鄭王曜教授提出另外可行的三種方案。第一種方式是向工研院量測中心購買摻鉕光纖光梳雷射(Erbium-doped fiber comb laser)並自行建立銻原子穩頻雷射(778 nm)來驗證光梳雷射的量測能力；第二種方式是向國外廠商購買摻鈿光纖鎖模雷射(Ytterbium-doped fiber mode-locked laser)來改裝成光梳雷射，需自行建立兩套碘穩頻雷射(1030 及 1064 nm)，前者可將其穩住而後者可用於驗證用途。第三種方式是向國外廠商購買摻鈿光纖光梳雷射(Ytterbium-doped fiber comb laser)，需另行建立一套碘穩頻雷射(1030 或 1064 nm)來驗證該光梳雷射的量測能力。經本院後續內部討論，由於第一種方案中的光纖光梳雷射係國內廠商自行開發且是成熟商品，相關穩頻雷射的建置可加強驗證該光纖光梳雷射的能力而非必要；至於而第二、三方案僅是具備可行性但於國內尚未有實際的成功經驗且必需建置穩頻雷射才有辦法確認系統的可靠性，目前暫定以第一方案優先考量。</p>				

103 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	GNSS 電離層折射與散射效應研究報告		
	英文			
撰寫人	褚芳達			
撰寫日期	中華民國 103 年 10 月 日		撰寫語言及頁數	<input checked="" type="checkbox"/> 中/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	GNSS 相位擾亂			
	折射型相位閃爍			
	繞射型相位閃爍			
	雙向衛星時頻傳送			
內容摘要：				
<p>地球大氣中以電離層對電磁波的衝擊最為顯著。電子散射電磁波使得電磁波能在電離層中持續傳播，但因此也讓電磁波在電離層中產生折射。而且當電離層中的電子密度不均勻，亦即存在有電子密度不規則體 (electron density irregularity) 時，電子散射電磁波也造成電磁波的 Fresnel zone 繞射。在電離層中，電磁波傳播時間延遲起因於全電子含量 (total electron content; TEC) 所造成的電磁波折射，而電磁波閃爍與衰減等現象導源於電子密度不規則體所造成的電磁波繞射。全球導航衛星系統(global navigation satellite system; 簡稱 GNSS，包含 GPS -- <u>G</u>lobal <u>P</u>ositioning <u>S</u>ystem，以及 GLONASS -- <u>G</u>LObal <u>N</u>avigation <u>S</u>atellite <u>S</u>ystem 等衛星導航系統) 的應用端會受這些電離層現象影響，但也因此使得 GNSS 成為研究電離層的有用工具。本實驗室已將 GPS 相位擾亂 (GPS phase fluctuations) 技術擴展成 GNSS 相位擾亂技術，並承繼 2013 年已有的 GNSS 全電子含量與相位擾亂技術，本研究主要工作重點為探討電離層中電子散射電磁波效應、電離層折射型相位閃爍效應 (refractive phase scintillation，與電磁波路徑上的電離層不規則體密度擾動有關)、繞射型相位閃爍效應 (diffractive phase scintillation，與 Fresnel zone 電磁波繞射干涉有關)、以及電磁波的折射與繞射對雙向衛星時頻傳送 (two-way satellite time and frequency transfer; TWSTFT) 的影響。</p>				

103 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表

研究報告

計畫名稱	中文	建立及維持國家時間與頻率標準		
計畫編號	英文	The Maintenance and New Technology Establishment of National Standard for Time and Frequency		
計畫編號	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院	執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月	
主持人	楊文豪	協同主持人	廖嘉旭	
分項主持人		連絡電話	(03)424-4441	
成果名稱	中文	光纖傳時技術對未來科技基礎建設之應用評估報告		
	英文			
撰寫人	曾文宏			
撰寫日期	中華民國 103 年 9 月 10 日	撰寫語言及頁數	英文 19 頁	
解密期限	中華民國 年 月底解密	機密級	普通	
關鍵詞	TWSTFT, station, network, stability			
內容摘要：				
<p>Time transfer is the practice of comparing the time and frequency of clocks that are separated by long distances. In recent years, precise comparison and synchronization of clocks have become important techniques, not only for measurement science, but also for daily life. In Taiwan, the demands of precise time synchronization have been increasing recently due to the next-generation of telecommunication synchronization, the smart grid of electric power distribution systems, the practice of providing time stamps for financial networks, and science studies being conducted on some college campuses. Due to the long distances that often exist between clocks, time transfer must be carried out with the help of some type of communication medium. Optical fibers are well suited for time transfer, because they have the characteristics of broad bandwidth and low transmission loss. Some major timing institutes have devoted considerable effort to the study of time and frequency transfer over fiber optic links. Due to the environmental sensitivity of the optical fiber, there can be variations in propagation delay that cause time and frequency instability. The variations in propagation delay are introduced by both electric and optical equipment, and include the effects of noisy and unstable sources. These issues are important topics for future applications. Therefore, we have to evaluate these unstable sources and study the effective methods to cancel them. Moreover, the accuracy of time transfer depends on the measurement uncertainty of path delays. Unlike the scientific frequency transfer work, the time transfer for industrial applications needs timing signals including not only the precise phase but also the exact timestamp. Then, the propagation delay can be measured and used to calculate a delay correction.</p> <p>This report begins by discussing the accuracy requirements of some critical-infrastructure applications. Our goal is to design a dedicated time transfer system to meet the requirements of future calibration services, especially for the reference clocks of the critical-infrastructure systems. Following a brief review of time and frequency transfer techniques over fiber links, we present a preliminary experiment on two-way time transfer through a common-path optical fiber link. The common-path optical link can provide good reciprocity in both directions. Some brief discussions on calibration and unstable sources are also provided. The report ends with a summary of recent time transfer experiments over fiber links. The results obtained by the various groups around the world help us to understand the potential of precise calibration over dedicated fiber links.</p>				

103 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 專利

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				
執行單位	中華電信研究院		執行期間	103 年 1 月至 103 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	利用低頻無線時頻傳播系統的緊急告警系統及方法		
	英文			
撰寫人	黃金石		王中和	沈俊銘
	郭又禎		劉家宏	
撰寫日期	中華民國 100 年 3 月 7 日		撰寫語言及頁數	中文 14 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	低頻、告警、廣播			
內容摘要：				
<p>一種緊急告警系統及方法，係在接收到緊急告警資訊後，能將緊急告警資訊輸入低頻無線時頻傳播系統，低頻無線時頻傳播系統即時廣播緊急告警資訊，具有接收低頻電波功能的設備便可直接收到告警訊息。該本發明所提出的緊急告警系統之組成包括三大單元有：(一)緊急告警資訊接收及轉換子系統，用以接收緊急告警資訊，並將緊急告警資訊轉換成可輸入低頻緊急告警訊號發射子系統的格式、(二)低頻緊急告警訊號發射子系統，即改良過的低頻無線時頻傳播系統，用以接收緊急告警資訊接收及轉換子系統傳來的緊急告警資訊，以廣播出低頻緊急告警訊號、(三)低頻緊急告警訊號接收終端，用以接收低頻緊急告警訊號，並發出必要告警訊息。</p>				

103 年度國家標準實驗室計畫執行成果摘要表 專利

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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究所		執行期間	103 年 1 月至 103 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	一種數位報時方法及裝置		
	英文			
撰寫人	林清江			
撰寫日期	中華民國 103 年 09 月 日		撰寫語言及頁數	中/英文 15 頁
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	語音報時, 數位報時, 準秒			
	On-time, DPSK			
內容摘要：				
<p>一種數位報時方法及裝置，係在語音報時系統在播報語音內容時，利用系統在每一個播報準秒（On-time）語音辨識標誌內，加入與標準時間保持同步的序列即時數位校時碼，使其成為校時內容的一部分，俾使後續經由語音報時系統校時的使用者，不但能接收類比語音(人聲)報時信號，且能經由數位解碼還原過程，獲得數位校時資訊，包括日期、時間、閏秒，及控制功能等，使得使用者能應用這些數位校時資訊作自動化準確校時，並擴大其應用領域。本發明所提出數位報時方法及裝置，包括八大單元：(一)一個時間信號檢出器，用以檢出來自時間源的標準時間信號；(二)一個時間日期累積器，用以產生累計的時間及日期；(三)一個不歸零格式轉換器，用以將時間及日期的資訊序列碼轉為不歸零符元格式（Non Return to Zero, NRZ）；(四)一個數位差分相位移鍵調變器，用以將校時資訊序列經由差分相位移鍵（Differential Phase-shift Keying, DPSK）調變過程獲得聲頻載波輸出；(五)一個微處理控制器，用以接受時間資訊序列，控制、協調各單元進行其特定功能；(六)一個類比語音時間產生器，用以將時間資訊當作索引找出對映的語音檔，產生對映時間的語音；(七)一個語音時間資料單元，用以提供語音報時所需的語音檔，以及(八)一個輸出隔離匹配器，用以將前端信號與輸出信號作隔離，以及匹配電話網路。</p>				

103 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				
執行單位	中華電信研究所	執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月	
主持人	楊文豪	協同主持人	廖 嘉 旭	
分項主持人			連絡電話	(03)424-4931
成果名稱	中文	『參加 2014 EFTF 研討會並發表論文及赴國際度量衡局討論 TAI 歐亞鍊路校正及參訪其 GNSS 校正實驗設備』出國報告		
	英文			
撰 寫 人	林信嚴			
撰寫日期	中華民國 103 年 11 月 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密	機密級	普通	
關鍵詞	EFTF, CCTF PS meeting, GNSS, CGGTTS, PPP, TAI			
內容摘要：				
<p>本次出國之主要任務是赴俄羅斯莫斯科參加衛星雙向傳時工作小組(Working Group on Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer, WGTWSTFT)年度會議。本案係執行 103 年度經濟部標準檢驗局委託中華電信研究院之『建立及維持國家時間與頻率標準』計畫，並奉經濟部標準檢驗局經標四字第 10340007060 號函核備，中華電信公司信人二字第 1030000911 號函同意，准予參加會議。出國期間自民國 103 年 09 月 13 日至同年 09 月 18 日止含行程共 6 天。</p> <p>衛星雙向傳時工作小組係由國際度量衡委員會(Comité international des poids et mesures, CIPM)時間與頻率技術諮詢委員會(Consultative Committee for Time and Frequency, CCTF)之衛星雙向傳時工作小組與國際度量衡局 (Bureau international des poids et mesures, BIPM) 及參與衛星雙向傳時之各時頻國家標準實驗室所組成之工作小組。任務為推動國際間衛星雙向傳時技術及比對量測事宜，並制定各項設備及傳時實驗之標準使用程序。本實驗室為該小組之正式成員，參加會議為本室之權利及義務。會議上本實驗室將報告 TL 最新狀況及未來研究方向。此外會議前由大會主席 Dr. Dirk Piester 邀請本人報告亞太區衛星雙向傳時近況，及於會中報告本實驗室新進研究『以軟體調變機改善衛星雙向傳時之周日現象』，於會場直接與各國專家交流。</p>				

103 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				
執行單位	中華電信研究所	執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月	
主持人	楊文豪	協同主持人	廖 嘉 旭	
分項主持人			連絡電話	(03)424-4931
成 果 名 稱	中文	『參加 2014 EFTF 研討會並發表論文及赴國際度量衡局討論 TAI 歐亞鍊路校正及參訪其 GNSS 校正實驗設備』出國報告		
	英文			
撰 寫 人	林信嚴			
撰寫日期	中 華 民 國 103 年 8 月 日			
解密期限	中 華 民 國 年 月 底 解 密		機密級	普通
關 鍵 詞	EFTF, CCTF PS meeting, GNSS, CGGTTS, PPP, TAI			

內容摘要：

本次出國之主要任務是赴瑞士 Neuchatel 及法國 Sevres 「參加 2014 EFTF 研討會並發表論文及赴國際度量衡局討論 TAI 歐亞鍊路校正及參訪其 GNSS 校正實驗設備」。本案係執行 103 年度經濟部標準檢驗局委託中華電信研究院之「建立及維持國家時間與頻率標準」計畫，並奉經濟部標準檢驗局經標四字第 10300043900 號函核備，研究院研人一字第研人字第 1030000546 號函同意，准予參加會議。出國期間自民國 103 年 06 月 21 日至同年 07 月 04 日止，其中 06 月 28 日為星期六，於當地自費觀光，所有公務行程共 13 天，實際出國含行程共 14 天。

歐洲時頻論壇(European Frequency and Time Forum, EFTF)研討會為歐洲時頻界針對頻率與時間領域所召開的國際研討會，本次出席 EFTF 研討會將發表一篇已接受之論文『A Modification of Z12T Metronome Time Transfer System』。會議期間國際度量衡委員會(Comité international des poids et mesures, CIPM)時間與頻率技術諮詢委員會(Consultative Committee for Time and Frequency, CCTF)亦在 EFTF 研討會期間召開 GNSS(Global Navigation Satellite System)傳時(Working Group on GNSS Time Transfer, WGGNSSTT)、衛星雙向傳時(Working Group on Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer, WGTWSTFT)、及先進傳時(Working Group on Coordination of the Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques, WGAFTF)等工作小組會議，本實驗室為此三工作小組之參與實驗室，故需派員參加此討論。國際度量衡局(Bureau international des poids et mesures, BIPM)為維護世界度量衡標準之最高執行單位，其時頻部門負責世界協調時(Coordinated Universal Time, UTC)及國際原子時(International Atomic Time, TAI)之計算維護及各國實驗室時頻標準之校正，此次獲 BIPM 邀請，將於 BIPM 討論 TAI 歐亞鍊路校正技術及計畫，並參訪其 GNSS 校正實驗設備。

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	赴巴西參加 CPEM 2014 研討會並發表兩篇論文		
	英文			
撰寫人	黃毅軍			
撰寫日期	中華民國 103 年 10 月 21 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	時頻量測			
	標準時頻			
內容摘要：				
<p>本次會議的目的主要有兩項，1.發表兩篇論文以及 2.關注目前時間頻率量測技術、校正技術以及其他相關領域之應用發展。CPEM 的目的是維持國際單位系統(International system of unit, SI unit)的一致性，主要探討下列三項議題：1.精密量測方法、2.量測及驗證，以及 3.標準追溯。</p> <p>研討會中有許多電磁量測領域的專家參與，達三百餘篇論文發表。其最大量測領域為電量，討論包含直流/交流、電壓/電流、電容、電阻、電感、寬頻雜訊、光電轉換等議題；在時間頻率量測方面，包含高精度震盪器、國際時間比對以及量測技術等，另外，在質量的新定義和電力品質的量測也都有非常深入的討論。雖然電量量測是本次會議的熱門研究主題，但是在將來 SI 單位的重新定義上，頻率將會是絕大多數物理量的核心，因此精密頻率和量測在未來發展中扮演不可或缺的角色，例如毫米波的量測技術發展是熱門討論主題之一。</p> <p>參加會議和其它各界進行學術交流，不僅可以發表自己的研究成果，並且吸收其他的研究成果以及其方法。即使研究方向不同，彼此可以找到其研究交集，增加了與其他實驗室溝通的機會，提供未來本實驗室的發展方向。另外在會場上，本實驗室代表中華電信公司及標準檢驗局發表兩篇論文，和許多與會者頻繁地交換意見，不僅充分展現本實驗室維持標準及精進量測技術的水準，也提升了本實驗室在國際上的競爭力。</p>				

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	赴韓國參加 2014 APMP GA 及系列會議		
	英文			
撰寫人	林晃田		曾文宏	廖嘉旭
撰寫日期	中華民國 103 年 11 月 28 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	會員大會 General Assembly			
	技術委員會 Technical Committee			
內容摘要：				
<p>本次出國案主要任務為：赴韓國大田，參加亞太計量組織(APMP)技術委員會主席(Technical Committee Chair, TCC)會議、時頻技術委員會會議(TCTF meeting)、Symposium 及 APMP 大會(General Assembly, GA)大會等會議，並且舉辦 TCTF Workshop 研討會以進行技術交流。會議及展示活動情形大致如下：</p> <p>參加本次 APMP 系列會議，可感受到日、韓、大陸，及東南亞國家對於時頻計量領域的重視與投入，積極採購設備及更新實驗室，成績斐然。韓國斥資新建實驗室，據稱總價高於 KRISS 原有建物之總和。而日韓等先進實驗室，在實驗室型原子鐘及光頻標準發展上，成果相當可觀。此外，大陸近年來發展北斗(BeiDou)全球衛星導航系統，對時頻要求之精度非常高，積極投入龐大經費提升其時頻實驗室(NIM)原子鐘數量以及傳時比對技術。我國實亦應有長遠的規劃，重視人才培育及維持穩定的資源投入，方能保有不落後的實力。</p>				

103 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	103-1403-05-05-01			
執行單位	中華電信研究院		執行期間	103 年 1 月至 103 年 12 月
主持人	楊文豪		協同主持人	廖嘉旭
分項主持人			連絡電話	(03)424-4441
成果名稱	中文	赴美國參加 2014 導航協會精密時間與時間間隔研討會並發表論文及參加 CCTF WGTWSTFT 工作小組討論會		
	英文			
撰寫人	林信嚴			
撰寫日期	中華民國 103 年 12 月 28 日			
解密期限	中華民國 年 月底解密		機密級	普通
關鍵詞	會員大會 General Assembly			
	技術委員會 Technical Committee			
內容摘要：				
<p>1. 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。參加此會議可促進實驗室間相互合作關係，提昇本實驗室國際能見度及貢獻度。</p> <p>2. 研討會上將發表之論文『Upper Limit Uncertainty Estimation of TL METODE Calibration Tour Using Moving Cs Clock Method』，將與與會專家討論時頻比對不確定度之估算，以提升本實驗室之相關技術能力，並為國際比對進一步降低不確定度做出實際貢獻。</p> <p>3. 此次 WGTWSTFT 工作小組討論會將討論衛星雙向傳時(TWSTFT)之標準校正程序，另外歐亞鏈路使用衛星 AM-2 壽年將屆，於莫斯科舉辦之工作小組會議未能確認後繼可能衛星選擇及費用分攤細節，將於此次會議繼續討論。出席此會議將可為本實驗室爭取較佳權益</p>				

(四) 附則

審查意見表

計畫名稱：建立及維持國家時間與頻率標準計畫（1/4）

103 年度 細部計畫審查 期中報告 期末報告

建議事項	說明
A 委員	
1.計畫成果非常豐碩且績效卓著。	1. 謝謝委員的肯定。
2. 本年初撰寫的執行經費為 31414 千元，而全程經費為 143006 千元；但此報告卻撰寫 103 年度的執行經費為 31383 千元，而全程經費為 146803 千元，是否有需修正？	2. 謝謝委員的寶貴意見，因 BSMI 要求收回 31 千元之推廣費用，執行經費亦隨之修正，筆誤部分已作修改。
B 委員	
1.計畫執行進度與規劃進度查核點一致（前三季），計畫執行績效良好，執行報告書撰寫詳實。	1. 謝謝委員的肯定。
2. 『微波段頻率量測系統』已正式對外提供服務(p.39)，年度內是否有國內廠商提出校正案例，可陳述羅列於報告中？	2. 謝謝委員的寶貴意見。 已於今年六月校正台灣電子檢驗中心之微波訊號產生器輸出信號 100MHz，1GHz，10GHz，20GHz，26.5GHz 等，該校正報告表列於期末報告之總覽表中編號 34。
3. NTP 服務如圖 3.3 所示，除異常狀況外，每日校時服務量多低於 5 億次，提升頻寬以應付異常攻擊所造成之轉向服務量(25 億次/日)，其投資效益是否有效彰顯，應有說明。	3. 謝謝委員的寶貴意見。由於之前電信公司網路設備較老舊，為確保 NTP 封包運送的對稱性，原使用 4M 專線網路必須申請封包優先，造成當時網路使用之成本約每月 4 千餘元。但近年來電信公司網路設備汰舊換新，不再需要申請封包優先，提升至 100M 每月僅需約 1 千餘元，其成本約為原有之 1/4，實測結果經過 9 個多月考驗，可達到原有服務品質；再者，預留容量可為

	將來物聯網等可能性做準備，且可抵擋 DDoS 攻擊提供不中斷的網路時間服務。在成本、效能、容量、防禦皆能改善的情況下，提升頻寬確有其效益。
4. 『語音報時加碼技術研究』已有初步成果，後續相關之應用發展方向宜有說明。	4. 謝謝委員的寶貴意見，來年如預算許可，將持續支持本案的進行，相信後續相關之應用發展也將會逐步顯現。
5. 圖 2.13 之文字說明與其他圖例說明文字字體不一致(p.40)，請修正	5. 謝謝委員的提醒，文字字體不一致部分已作修正。
C 委員	
1. 103 年計畫人力預計 150 人月，實際 122 人月，請說明人力減少 28 人月對執行計畫之影響為何？	1. 謝謝委員的寶貴意見，計畫之人力與實際需求相較，頗為不足。所幸今年爭取到外聘人力一名，協助多項維運工作推動，經同仁協力及加班等措施下，計畫目標尚能勉力達成。 後續仍希望有機會增補人力，使規劃項目能夠更順利推展。
2. 報告書第 25 頁敘及目前原子鐘隔離室之溫控已可保持於 ± 0.2 °C，請說明該溫度之量測是否為多點之溫度量測？	2. 謝謝委員的寶貴意見，敬回覆如下： (a)目前每間隔離室有二支溫濕度感知器，皆置於空調回風口附近。原子鐘隔離室之溫度控制並非多點量測結果，隔離室 C、D 另有氫鐘內建環境溫度感知器，目前觀察結果，溫度可保持在 ± 0.2 °C 以內。 (b)隔離室溫溼度控制應以鄰近原子鐘之空間為準，主控室之溫度感知器置於母鐘正上方，氫鐘則由內建之溫度感知器監測。其餘隔離室因原子鐘數量為一部以上，故量測點以迴風口為準。 (c)日後擴充或更新溫度監測系統

	時，可增加感知器數量，以監測每機架溫度為準。
3. 請說明微波 40GHz 量測技術預期之量化效益為何？	3. 微波頻率相關設備，包括微波信號產生器及微波頻率計數器在國內二級校正實驗室是相當普遍的，目前常使用的儀器包括 26.5 GHz 與 40 GHz 兩種頻率範圍。待國家實驗室 40 GHz 頻段量測能量通過認證後，上述二級校正實驗室即可有追溯源，這些實驗室及相關通訊、電子製造業都將成為該技術可提供服務的對象。
4. 103 年申請專利 1 件，獲得專利 1 件。請說明該專利是否有技轉之價值？	4. 謝謝委員的提醒。103 年度獲得之專利為「利用低頻無線時頻系統之緊急告警系統及方法」，對於天然災害頻仍的台灣相當有技轉的價值，本計畫將持續尋求可能的技轉機會，如有廠商諮詢，將依本院與 BSMI 相關規定辦理。
D 委員	
1. 本計畫成果豐碩，計畫書內容詳盡完整。唯部分研究主題內容稍嫌零散，未能系統化呈現，無法讓人瞭解整體計畫成果之全貌及所佔比重。	1. 感謝委員的寶貴意見。 報告中計畫成果係依據子項計畫項目來說明呈現，相關指標與量化成果則彙整於附件(二)、(三)表格中。 將檢視「成果效益檢討」中是否有陳述較零散之處，予以修訂。
2. 本計畫無論在基礎技術之開發或應用方面，乃至於國際時頻標準之協同參與均有相當之成果，值得嘉許。	2. 謝謝委員的嘉許。
3. 本計畫中相關資訊與服務之推廣略微不足，宜加強。	3. 謝謝委員的寶貴意見，本實驗室提供國家標準時間應用於行政院、立法院、經濟部、標檢局、中華電信公司等單位數位時鐘

	<p>同步顯示；協助國土測繪中心、台灣工業級通訊大廠四零四科技股份有限公司、台灣電力公司綜合研究所等單位之時頻標準建設等。將檢視期末報告，酌予補強此部分之相關說明。</p>
<p>4. 除了升級既有的時頻實驗室設備外，採購或建置新實驗室或設備乃大勢所趨，但屆時如何有效利用既有設備亦是一重要課題。</p>	<p>4. 謝謝委員的建議，未來採購相關設備皆會注重國家標準、國內服務的效益或具備未來研究的長期需要來著手，以達到使用上的最佳效益。</p>
<p>5. TL 實驗室向來在 TAI 權重佔比中名列前茅，但近期似有排名下滑之趨勢，宜多注意。</p>	<p>5. 謝謝委員的寶貴意見，敬回覆如下：</p> <p>(a)BIPM 於今年元月調整 TAI 產生方式，短期穩定度較佳之氫鐘其權重比重增加。因此氫鐘較多且性能好之實驗室排名上升。</p> <p>(b)氫鐘需運轉 3-5 年方可達最穩定狀態。本年度實驗室運轉中的 3 部氫鐘，俄羅斯製的一部剛剛維修完畢。美製氫鐘 1 部，交貨運轉未久，皆未達最佳狀態。另一部瑞士製氫鐘因對溫度過於敏感，性能未能達到最佳，故本實驗室權重下降。</p> <p>(c)實驗室未來將以加強溫度控制，以使氫鐘穩定運轉。若委辦經費允可，將以採買氫鐘及其專用溫箱來控制氫鐘環境溫度。</p>
<p>6. TL 提供國內許多時頻標準服務，貢獻卓著，建議標檢局應持續給予支持。</p>	<p>6. 謝謝委員的肯定與支持。</p>
<p>E 委員</p>	
<p>1. 時頻實驗室年度計畫執行成果與原定目標相符甚或超前，績效優異。特別在資訊服務方面，每天提供網際網路校時服務超過 2 億次，為民國 101 年度的</p>	<p>1. 謝謝委員的肯定與支持。</p>

<p>900 萬次的 22 倍有餘，凸顯該實驗室的重要性與社會影響力。此外時頻校核技術研究以及時頻技術擴散與校正服務上，均滿足原計畫之規劃，成果甚佳。另外時間頻率標準實驗室更是所有國家度量衡標準實驗室中國際化程度最深的一個實驗室，並於去(103)年獲選為國際度量衡局之 GNSS 接收機校正 Group-1 實驗室，為國家爭取到極大的榮譽，十分難能可貴，值得嘉許。</p>	
<p>2. 在僅剩一部堪用的瑞士製氫鐘為母鐘的情形下，仍能使中華民國國家標準時間月平均穩定度保持在 $3 \times 10^{-15} \sim 10^{-14}$，精確度方面，與 UTC 時間的差值保持在每月 15 ns 之間，均達國際先進水準，表現極為優異。</p>	<p>2. 謝謝委員的肯定，實驗室將持續努力之以不負國家所託。</p>
<p>3. 維持中華民國國家標準時間，並與國際各實驗室比對，參考國際標準時間，進而調整我國的標準時間，是時頻實驗室最關鍵核心的任務。基本上，在國家標準時間的精確度與穩定度的維持方面，實驗室以有限的經費支撐下均能維持一貫的國際水準，殊為難得。但在時頻實驗室維持的國家標準時間在國際原子時(TAI)相對權重國際排名方面，則自前(102)年下半年最佳的第四名(權重最高達 6.144)，下降到到今(103)年 11 月的 10 名之外(權重亦僅佔 2.193)。這雖然是由於 TAI 自 2014 年 1 月起採用新的權重計算方式，對於擁有較多氫鐘的實驗室較為有利，但這亦顯示我國在這方面的建設與投資，與國際相比，嚴重落後不足。所幸 TL 新購置的氫鐘將於今年正式服役，希望配合限有的氫鐘，能使得 TL 維持的國家標準時間的國際排名，得以提昇，彰顯我國時頻標</p>	<p>3. 謝謝委員的肯定，本實驗室將持續與 BSMI 共同努力，爭取相關建設與投資資源，使 TL 維持較佳的國家標準時間與國際排名，彰顯我國時頻標準的主權，不負國家之所託。</p>

<p>準主權，增強國際影響力。</p>	
<p>4. 由於光鐘是未來國際時頻標準的必然發展趨勢，建議 TL 應繼續與國內產學單位合作，朝建立自主光鐘技術與應用方向積極研發，並培育相關人才，以免屆時落後國際發展趨勢而有被邊緣化的危機。此外低頻無線傳時系統的雛形亦已大致建置完成，建議在正式應用本系統在時頻與相關民生訊息的傳播之前，先進行環境對於系統效能影響評估，以利後續的推廣與應用。</p>	<p>4. 謝謝委員的寶貴意見。實驗室持續與中央大學鄭教授合作，朝自主光鐘技術建立相關研發，即是為避免落後國際發展趨勢與被邊緣化的危機。低頻無線傳時系統之雛形亦已初步完成，將依委員建議進行環境對於系統效能影響評估。以上各項工作皆需由主管機關 BSMI 大力支持，協助爭取相關資源投入，以加強服務國人、維持國際計量主權與增強國際影響力。</p>

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

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		FY99	FY100	FY101	FY102	FY103	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	3	8	8	4	7	30	張博程	◎		
頻率量測系統	KJ02-2	1.0 mHz 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)	15	19	16	26	21	97	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)	27	27	29	30	26	139	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)							張博程	◎		此系統為本實驗室目前原子鐘群(含 13 部銻鐘及 3 部氫鐘)進行內部查核比對之重要設備。
遠端頻率校正系統	KJ02-5	5, 10 MHz	2.0E-12	GPS 時頻接收器 H-maser (master clock)	2004.09	<input type="checkbox"/>		頻率信號產生器	0	1	2	2	2	7	王嘉綸	◎		此系統係本實驗室國際傳時追溯比對之重要設備其所衍生之量測能量，亦可對外提供校正服務。

																	目前已與台電、中山科學院、太一電子及在台灣北、中、南各地進行實地測試。
微波頻率測量系統	KJ02-6	300 MHz to 26.5 GHz	6.0E-12	Microwave frequency generator, H-maser (master clock)	2014.01		微波頻率信號產生器					1	1	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。

(七) 滿意度統計

103 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	8	無	0	100
2	6	無	0	100
3	10	無	0	100
4	2	無	0	100
5	6	無	0	100
6	3	無	0	100
7	1	無	0	100
8	7	無	0	100
9	4	無	0	100
10	7	無	0	100
11	3	無	0	100

BSMI-TL-006-E102(103) 建立及維持國家時間與頻率標準民國 103 年度計畫執行報告中華電信研究院