

附錄壹、產業訪談紀錄摘要

一、執行紀要

本研究團隊為掌握各界對我國建立動態頻譜共享機制之看法，於研究執行期間安排與國內五家行動業者、主要設備製造商及資訊業者等進行個別訪談，藉以深入了解其對於新興頻譜共享概念的理解、相關議題的先備條件、可能遇到的困難、參與動機等之看法，以及頻譜監理法制所需改進之意見。

相關訪談成果可作為研究團隊研擬適合我國國情之頻譜共享法制政策推動建議，俾提供主管機關參酌運用。其訪談時間、受訪對象代碼如下表。

表：接受訪談對象一覽表

日期	時間	受訪對象代碼	受訪人數
4/07 (五)	16:00 ~ 18:00	業者 A	4
4/10 (一)	10:00 ~ 11:30	業者 B	3
4/10 (一)	13:40 ~ 15:10	業者 C	6
4/10 (一)	15:30 ~ 18:00	業者 D	2
4/12 (三)	08:30 ~ 10:00	業者 E	3
4/13 (四)	16:00 ~ 18:00	業者 F	5
4/17 (一)	10:00 ~ 11:30	業者 G	4
4/20 (四)	10:00 ~ 11:00	業者 H	2

二、訪談大綱

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」 訪談題綱

壹、背景說明

根據國際預測模型推算，2020 年各國行動通訊頻譜資源需求約達 1,200~1,600MHz 頻寬。為突破頻譜資源短缺瓶頸，增進頻譜管理的彈性，促使國際間積極發展各種動態頻譜共享機制。

本研究團隊承接國家通訊傳播委員會「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究案」，希冀藉由訪談機會，了解您／貴單位對我國頻譜共享法制架構相關議題之看法。

貳、訪談議題

➤ 彈性化頻譜管理與層級式頻譜共享機制

現行頻譜管理架構中，主要有執照專屬權利與開放共用兩種方式。行動通信業者藉由頻譜釋出拍賣作業所取得之頻譜使用權，由於具備排他、專用之特性，故較能確保網路的服務品質。開放共用則指無須執照即可使用該頻譜資源，例如 Wi-Fi 設備使用之 2.4GHz ISM 頻段、5GHz U-NII 頻段等即屬此類。

近年來，先進國家為促使無線電頻率使用效益最大化，紛紛採取更具彈性的管理方式來因應通訊服務市場的快速變遷，並發展出數種層級式頻譜共享機制，例如：歐盟首先於 2.3GHz 頻段推動執照共享接取（Licensed Share Access, LSA），藉此機制讓該頻段既有使用者與行動業者共享頻譜資源；美國則於 3.5GHz 頻段建立公民無線寬頻服務（Citizens Broadband Radio Service, CBRS），將使用者身份區分為三個層級：既有使用者、持照業者，以及免執照即可使用之一般接取使用者。

此外，470-698MHz 頻率範圍除了開放作為數位無線電視頻道外，其未使用之的電視空白頻段（TV White Space），已有美、英、星等國家擬定技術規範，供一般使用者得以免許可的方式使用。

管理架構	專屬權利	層級式共享		開放共用
頻段		需執照		免執照
使用		許可使用	免許可使用	
機制發展	3G、4G	歐盟LSA	TVWS	LTE-U/LAA WiFi
		美國CBRS		

前述層級式頻譜共享機制實現之前提，在於保護既有頻譜使用者不受有害干擾之權益。歐盟 LSA 機制中，係透過 LSA 頻譜庫（LSA Repository, LR）設定禁止 / 保護區（Exclusion / Protection Zone），來規範既有使用者與行動業者的進 / 退場條件。美國 CBRS 服務頻段則是由頻譜接取系統（Spectrum Access System, SAS）以及環境感測機制（Environmental Sensing Capability, ESC）建立保護措施，另外亦規範 SAS 業者應提供通報處理程序，降低可能的干擾疑慮。

- 1、原則上，層級式頻譜共享機制具備增進頻譜管理彈性與頻譜使用效率等特點，故可將該等機制視為應對頻譜資源不足的一種輔助解決方案。請問您 / 貴公司對此態度如何？
- 2、未來國內若要建立層級式頻譜共享機制，針對共享使用者之身分限制，您 / 貴公司認為，是否需限於擁有頻譜執照的電信業者、或一般電信業者，甚至非電信業者亦可參與？
- 3、除了行動寬頻通訊服務之外，層級式頻譜共享機制的用途亦可能擴及更多無線應用需求，如物聯網、緊急通訊系統等。請問您 / 貴公司對此議題之看法？

- 4、 若依您 / 貴公司的經驗及看法，國內在導入層級式頻譜共享機制可能會遇到什麼問題或困難？
- 5、 續上，您 / 貴公司認為這些問題將會對行動通訊產業（包括服務業者、設備業者及內容供應商）與消費大眾帶來何種影響？

➤ **頻譜共享資料庫建置與維運管理**

在實現層級式頻譜共享上，動態管理頻譜指配扮演著相當重要的角色。因為層級式頻譜共享能順利執行，除了法令修改配合外，也要仰賴前述各類機制當中的頻譜共享資料庫居間協調，以及共享使用者的協力配合才能完成。

對於導入頻譜共享資料庫的模式，包括建置費用與後續維運管理成本，是否應由使用頻譜之受益者分擔？如何建立服務收費模式？或設計適宜之退場機制？皆屬在法制建構時應深入探討之問題。

- 6、 對於頻譜共享資料庫之導入，可能的模式選項包括由民間主導（開放業者申請自建）、政府與業者協力合作（類似於政府服務委託外包），以及循傳統作法由政府主導設置（業者僅提供技術支持），請問您 / 貴公司對此態度如何？
- 7、 續上，您 / 貴公司認為這些模式選項各有何優缺點？其所要考慮的因素有哪些？
- 8、 頻譜共享資料庫之監督管理方式，原則上應採主管機關規範，但其營運監督是否可兼採業者自律或共管？

（未完，請續下頁）

➤ 產業使用意願、推動時程

依據國家通訊傳播委員會所提出之電信管理法修正草案，第五十七條讓主管機關得以無線電頻率共享之核配方式，使不同類型無線電通信系統間，能有更廣泛之頻譜共享使用機會。然而，在法律制度面，除管理法草案完成立法的時程未定外，尚須擬定子法及相關配套。此外，包括技術面的規範發展與場域實證，以及從市場面看待 5G、物聯網發展對頻譜需求的影響，以及考量到業者參與意願，均可能影響我國頻譜共享機制之推動時程。

9、本研究後續擬規劃頻譜共享機制之場域實證，邀請各方參與進行服務可行性驗證（Proof of Service, PoS），請問您／貴公司對此態度如何？

10、請問您／貴公司認為在頻譜資源管理、共享機制與監理法規，有無其他補充或討論？

三、訪談紀錄 - 業者 A

壹、會議時間：106 年 4 月 7 日（星期五）下午 4 時

貳、討論題綱及業者發言要點：

題綱一：原則上，層級式頻譜共享機制具備增進頻譜管理彈性與頻譜使用效率等特點，故可將該等機制視為應對頻譜資源不足的一種輔助解決方案。請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 如果既有使用者可以取回頻譜，那業者評估的時候就要把這點納入考量。評估要不要拿的先決條件，需要先了解既有使用者的行為。
- 原則上來說，頻譜管理有彈性當然會比較好。但是這樣有沒有辦法解決行動業者的問題？從供給和需求來看，是透過頻率來提供，還是空間分級來提供？並非只有單一選項。當站點密度很高的時候，那頻率的價值可能就不高。很多時候是基地台很難建置的問題。
- 層級式共享的概念，與實務上主管機關對頻率使用的認定，需再釐清。例如 700MHz 頻段中無線麥克風與行動寬頻業務使用，是否也屬於頻譜共享之一環？
- 對業者而言，評估要不要參與頻譜共享機制的先決條件，需要先了解既有使用者的行為。如果對既有使用者的使用狀況不瞭解，那業者無法評估。共享規範應將相關資訊揭露。

題綱二：未來國內若要建立層級式頻譜共享機制，針對共享使用者之身分限制，您／貴公司認為，是否需限於擁有頻譜執照的電信業者、或一般電信業者，甚至非電信業者亦可參與？

業者發言要點：

- 國外的作法，非電信業者也可以去申請一般的頻率，但層級式共享的主要目標，應該是讓行動通訊服務取得更多頻譜資源，因此國內若要建立該機制，不適合讓一般電信業者或非電信業者使用。
- 初期應只開放給已經有頻譜執照的電信業者使用，如有餘裕，後續再來討論開放給其他的業者使用。

題綱三：除了行動寬頻通訊服務之外，層級式頻譜共享機制的用途亦可能擴及更多無線應用需求，如物聯網、緊急通訊系統等。請問您／貴公司對此議題之看法？

業者發言要點：

- 層級式共享跟緊急通訊基本上是相衝突的。緊急通訊應該是不太可能，基本上創新的服務比較有可能適合此機制。
- 共享機制如更進一步涉及接取資料庫後調控訊號，目前技術上仍有難度，設備商也不見得會支援相對應的功能，還有安全上的考量。

題綱四：若依您／貴公司的經驗及看法，國內在導入層級式頻譜共享機制可能會遇到什麼問題或困難？

題綱五：續上，您／貴公司認為這些問題將會對行動通訊產業（包括服務業者、設備業者及內容供應商）與消費大眾帶來何種影響？

業者發言要點：

- 熱點的部分是關鍵，5GHz 有使用 LBT，而 3.5GHz 並未導入該機制。當 3.5GHz 的既有使用者身份不同時，使用狀態就會不同，不見得能完全參考國外的作法。

- 主管機關在思考台灣要開放層級式共享使用的時候，需要優先調查既有使用者的閒置狀況，先了解使用率。在台灣 3.5GHz 頻段的使用率很高，目標頻段的使用狀況、設備支援度等都需要事先了解。
- 最大的困難點在於，網路容量規劃的時候，考量的要素變多了。如果是分時分區，業者了解自己的權利義務。但如果到了動態，透過資料庫動態通知，是否可以達到預期的功效？如何事先預測該頻段可用？現階段其實打電話也可以達到這樣的目的。如果是不可預測，對業者的使用價值就會降低。
- 頻率每年要繳交頻率使用費，假設未來層級式的頻譜共享，那如何計算其頻率使用費？國外的部份有沒有對相關費用的處理跟討論？國內現在頻率使用費的架構，能否應用在頻譜共享的議題？
- 美國 CBRS 機制中，有 70MHz 是透過拍賣的方式釋出，該頻塊既是專屬，又是共享，整體概念上應如何區分？

題綱六：對於頻譜共享資料庫之導入，可能的模式選項包括由民間主導（開放業者申請自建）、政府與業者協力合作（類似於政府服務委託外包），以及循傳統作法由政府主導設置（業者僅提供技術支持），請問您／貴公司對此態度如何？

題綱七：續上，您／貴公司認為這些模式選項各有何優缺點？其所要考慮的因素有哪些？

業者發言要點：

- 地理資料庫能否解決所有的問題？地理資料庫的解析單位，是 50*50 的大小，還是以村為單位？這些都是未來需要討論的議題。
- 地理資料庫基本功紮實，才可能實現頻譜共享。
- 如果要主管機關去做動態資料庫，那可能很困難。如果是靜態的，還比較

有可能。以目前號碼可攜資料庫為例，現階段號碼可攜資料庫目前還只能 seek，假設未來要到還可以對系統下指令的境界，那可能就需要 7*24 無間斷的需求。如果今天是政府跟業者共建資料庫，那受委託的單位就要達到一定的標準。

- 建議一開始先由政府訂規範來建，然後有一定營運資金後才可能繼續維運，或是透過頻率使用費或是標金的部份來支付日常維運。

題綱八：頻譜共享資料庫之監督管理方式，原則上應採主管機關規範，但其營運監督是否可兼採業者自律或共管？

業者發言要點：

- 目前號碼可攜資料庫機制運作的還不錯，要再創新一種新制度，大概也有難度。主管機關目前對 NP 管制程度基本上也不高。

題綱九：本研究後續擬規劃頻譜共享機制之場域實證，邀請各方參與進行服務可行性驗證（Proof of Service, PoS），請問您 / 貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 有沒有可能是在新的頻率中來測試共享使用？
- 對於共享機制的場域實證，是假設從遠端來了解關閉或開啟的使用狀態。但現在缺乏資料庫的介接，只能透過電話聯繫，可能會失真，3GPP 目前還沒有訂出介面標準。
- 若挑選一個頻段進行測試尚屬可行，前提是不要影響到客戶的使用。
- 測試時需要把資安管控因素考量進去。如果技術門檻跟資安問題沒辦法解決，則基本上不可能達成。同時，要增建新的設備，那還要申請實驗執照。

題綱十：請問您／貴公司認為在頻譜資源管理、共享機制與監理法規，有無其他補充或討論？

業者發言要點：

- 針對偏遠地區基地臺的部分，有沒有可能只用一家的頻率、一家的基地台，用 MORAN 的概念去達成。
- 規費的收取也是關鍵。業者每年都要繳頻率使用費，假設未來存在層級式共享，則共享頻段之頻率使用費如何計算？
- 共享頻譜能否採電台執照方式，用申請的方式來處理？

參、散會：下午 6 時

四、訪談紀錄 - 業者 B

壹、會議時間：106 年 4 月 10 日(星期一)上午 10 時

貳、討論題綱及業者發言要點：

題綱一：原則上，層級式頻譜共享機制具備增進頻譜管理彈性與頻譜使用效率等特點，故可將該等機制視為應對頻譜資源不足的一種輔助解決方案。請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 如果能夠提供情境，比較好評估共享可能帶來的影響，例如共享對用戶體驗的變化等。
- 現階段國際發展狀況，歐盟 LSA 也還沒有國家核發 LSA 的執照，是否遭遇瓶頸？
- 共享是不同的業務在同一個頻段中合作共用，可以增進頻譜使用效率，但本公司更關切以下二點。
 - ◆ 第一點是技術可行性，如何達到兩個業務彼此可共享使用頻譜的技術可行性。
 - ◆ 第二點是市場公平性，如若未來頻譜使用非常彈性，但頻譜拍賣價金又很高、頻譜又可以租用跟轉讓甚至共享，整個頻譜使用的公平性都需要納入考量。
- 共享是為了解決頻譜不同的問題，但頻譜是否真的不足？值得討論。

題綱二：未來國內若要建立層級式頻譜共享機制，針對共享使用者之身分限制，您／貴公司認為，是否需限於擁有頻譜執照的電信業者、或一般電信業者，甚至非電信業者亦可參與？

業者發言要點：

- 初期應該控制在主管機關能掌握的層級下，由擁有執照的第一類行動業者使用比較好。

題綱三：除了行動寬頻通訊服務之外，層級式頻譜共享機制的用途亦可能擴及更多無線應用需求，如物聯網、緊急通訊系統等。請問您／貴公司對此議題之看法？

業者發言要點：

- 此議題會牽涉使用情境與頻譜盤點，物聯網的用途很廣，屆時頻譜盤點後，扣除第一層業者的使用時間後，會不會沒辦法提供給第二層業者足夠的時間？或使用區域太小？
- 實際使用時間、干擾時間，都需要確定。使用條件也需要事先確定。例如衛星服務每一天的營運範圍跟時間等，現階段都不確定。

題綱四：若依您／貴公司的經驗及看法，國內在導入層級式頻譜共享機制可能會遇到什麼問題或困難？

題綱五：續上，您／貴公司認為這些問題將會對行動通訊產業（包括服務業者、設備業者及內容供應商）與消費大眾帶來何種影響？

業者發言要點：

- 從法規面來說，未來發放機制會採哪一種？拍賣制？申請制或其他方式？法規上是否會涉及其他關於出租、轉讓等議題。
- 從技術面來說，要事先約定好干擾技術規範。
- 針對管理面，若發生干擾，主管機關如何裁處？如影響到主用途，或如何

保障執照使用等問題？干擾議題是研究案中要關注的項目。

- 從使用者的觀點來看，在整個防止干擾機制底下，必須要回報用戶位置，需要關注會否影響到用戶位置的隱私。
- 學理上要提升頻譜使用效率，是層級式共享的目的，但對於消費者而言，是產業價值跟經濟價值，現階段很難判斷、估算產業成本。

題綱六：對於頻譜共享資料庫之導入，可能的模式選項包括由民間主導（開放業者申請自建）、政府與業者協力合作（類似於政府服務委託外包），以及循傳統作法由政府主導設置（業者僅提供技術支持），請問您／貴公司對此態度如何？

題綱七：續上，您／貴公司認為這些模式選項各有何優缺點？其所要考慮的因素有哪些？

業者發言要點：

- 建議階段性由政府先做，再慢慢開放。政府長期運作會比較合理，也比較不會有把蒐集到資料轉賣的疑慮。
- 假設主管機關特許給幾家資料庫去做，會不會多家業者使用時反而發生干擾，權責歸屬如何解決？如果沒有法規位階，後續的運作就需要討論。
- 建立資料庫時，有營利行為，假設資料庫失誤，造成既有使用者的干擾，則應該要賠償既有使用者。
- 業者的資料提供給政府部門，相關資料可能涉及營業秘密，這部分要如何處理？

題綱八：頻譜共享資料庫之監督管理方式，原則上應採主管機關規範，但其營運監督是否可兼採業者自律或共管？

業者發言要點：

- 後續待有更明確的細節後，再行評估、提供意見。

題綱九：本研究後續擬規劃頻譜共享機制之場域實證，邀請各方參與進行服務可行性驗證（Proof of Service, PoS），請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 有意願參與頻譜共享的測試，前提是既有使用者的意願跟條件都已談好。
- 如若進行場域驗證，希望不會影響到原本的服務。最主要還是要在主管機關的控制底下進行測試比較合理。

題綱十：請問您／貴公司認為在頻譜資源管理、共享機制與監理法規，有無其他補充或討論？

業者發言要點：

- 持續觀察國外發展。

參、散會：上午 11 時 30 分

五、訪談紀錄 - 業者 C

壹、會議時間：106 年 4 月 10 日(星期一)下午 1 時 40 分

貳、討論題綱及業者發言要點：

題綱一：原則上，層級式頻譜共享機制具備增進頻譜管理彈性與頻譜使用效率等特點，故可將該等機制視為應對頻譜資源不足的一種輔助解決方案。請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 透過競價取得的頻譜資源，不應該適用於頻譜共享之範疇。
- 討論開放之共享頻段前，應考量頻譜生態體系。

題綱二：未來國內若要建立層級式頻譜共享機制，針對共享使用者之身分限制，您／貴公司認為，是否需限於擁有頻譜執照的電信業者、或一般電信業者，甚至非電信業者亦可參與？

業者發言要點：

- 關於異業競爭議題，廣電業者能否參與此機制？可能涉及公平法相關的問題。商業競爭或後續連鎖反應的問題都應納入考慮。
- 層級式共享執照的審查標準、嚴格程度與申請者限制等議題，或有無可能導致垂直壟斷等疑慮，都是未來要考量之處。
- 共享機制涉及使用者之責任跟權利，若相關內容尚未明確，則哪些業者可參與此機制？若開放讓持有其他類頻譜執照的業者參與，需要考慮後續配套措施。
- 考慮市場現況，國內是否需要層級式共享？

題綱三：除了行動寬頻通訊服務之外，層級式頻譜共享機制的用途亦可能擴及更多無線應用需求，如物聯網、緊急通訊系統等。請問您／貴公司對此議題之看法？

業者發言要點：

- 頻譜都是看五年以上的長期規劃，需要看大環境的發展跟政府的政策目標，目前沒有直接答案。

題綱四：若依您／貴公司的經驗及看法，國內在導入層級式頻譜共享機制可能會遇到什麼問題或困難？

題綱五：續上，您／貴公司認為這些問題將會對行動通訊產業（包括服務業者、設備業者及內容供應商）與消費大眾帶來何種影響？

業者發言要點：

- 有時候會遇到中央與地方立場不同的狀況。中央認為是關鍵基礎設施，但地方政府又認為有電磁波的疑慮。另外還有基地臺的總量管制等問題。
- 專屬權利的頻譜不適合做共享。新的頻率部分則要考慮業者的競爭環境。
- 頻譜應有長期規劃，不論是透過共享方式提供，或透過拍賣方式釋出，兩者間的關係應更明確，讓業者可依循。

題綱六：對於頻譜共享資料庫之導入，可能的模式選項包括由民間主導（開放業者申請自建）、政府與業者協力合作（類似於政府服務委託外包），以及循傳統作法由政府主導設置（業者僅提供技術支持），請問您／貴公司對此態度如何？

題綱七：續上，您／貴公司認為這些模式選項各有何優缺點？其所要考慮的因素有哪些？

業者發言要點：

- 對於資料庫本身，在自建或共用上，這些資訊如果開放，那怎麼使用？能不能用？細節都要考慮。
- 資料庫是由政府主導，或是委託第三方等方式，目前無法評論不同方式的優劣。比較確定的是，業者本身不會去主導資料庫的維運。

題綱八：頻譜共享資料庫之監督管理方式，原則上應採主管機關規範，但其營運監督是否可兼採業者自律或共管？

業者發言要點：

- 頻率使用涉及公司的機敏資訊，如果交給特定業者控管，那其他業者絕對不會參與。
- 資料的保密性與後續的應用，應有完整的法律授權。

題綱九：本研究後續擬規劃頻譜共享機制之場域實證，邀請各方參與進行服務可行性驗證（Proof of Service, PoS），請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 現在最適合的第三方公證單位家數不多，本公司比較關心頻譜機敏資訊的保護。
- 對於資料庫的部分，業者也會有興趣參與，至於參與的程度，現在比較難評論細節。

題綱十：請問您／貴公司認為在頻譜資源管理、共享機制與監理法規，有無其他補充或討論？

業者發言要點：

- 對於廣電業者電臺建置與電信業者的站臺建置，管制架構應拉齊。
- 建議持續檢討頻率使用費的議題。

參、散會：下午 3 時 10 分

六、訪談紀錄 - 業者 D

壹、會議時間：106 年 4 月 10 日(星期一)下午 3 時 30 分

貳、討論題綱及業者發言要點：

題綱一：原則上，層級式頻譜共享機制具備增進頻譜管理彈性與頻譜使用效率等特點，故可將該等機制視為應對頻譜資源不足的一種輔助解決方案。請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 端視市場對頻譜的供需，才能知道有無需求。
- 如果採動態頻譜共享機制，可能會增添網路規劃的困難。
- 推動共享的國家，背後有其國情需求，像美國因為偏鄉有區域型的業者，故有此共享機制發展的機會。

題綱二：未來國內若要建立層級式頻譜共享機制，針對共享使用者之身分限制，您／貴公司認為，是否需限於擁有頻譜執照的電信業者、或一般電信業者，甚至非電信業者亦可參與？

業者發言要點：

- 建議應分階段方式開放。

題綱三：除了行動寬頻通訊服務之外，層級式頻譜共享機制的用途亦可能擴及更多無線應用需求，如物聯網、緊急通訊系統等。請問您／貴公司對此議題之看法？

業者發言要點：

- PPDR 以專用頻譜提供的話，較缺乏頻譜使用效率，網路成本很高，且基站、住抗都是問題。但緊急通訊未必適合透過頻譜共享機制提供。
- 物聯網採單向溝通，不像行動是雙向，故使用機率可能不大。

題綱四：若依您／貴公司的經驗及看法，國內在導入層級式頻譜共享機制可能會遇到什麼問題或困難？題綱五：續上，您／貴公司認為這些問題將會對行動通訊產業（包括服務業者、設備業者及內容供應商）與消費大眾帶來何種影響？

業者發言要點：

- 實際運作時，常會遇到頻率干擾的問題，增添業者作業難度。
- 遇到類似衛星使用的問題，衛星基站周遭 30 公里可能都無法使用該頻段。
- 針對既有使用者如軍方、衛星使用或 eTag，共享前就需要和該類使用者協調。
- 未來對頻譜有需求的時候，會不會又是市占率大的前幾家電信業者來搶共享資源？
- 頻譜共享的推動，應類似保障弱勢族群使用的機會。
- 從技術面的角度，今天有條件推動 2.3GHz 或 3.5GHz 共享的國家，其實也是歐洲、美國跟中國，如果光只有我國在推動頻譜共享，事實上並無生態體系支援。
- 如果未來 3.5GHz 是 5G 主流頻段，現在中國今年已經到 PoC 的階段，或許 2018、2019 年就會被訂為 5G 的正式頻段。

題綱六：對於頻譜共享資料庫之導入，可能的模式選項包括由民間主導（開放業者申請自建）、政府與業者協力合作（類似於政府服務委託外包），以及循傳統作法由政府主導設置（業者僅提供技術支持），請問您／貴公司對此態度如何？

題綱七：續上，您／貴公司認為這些模式選項各有何優缺點？其所要考慮的因素有哪些？

業者發言要點：

- 動態頻譜共享與靜態頻譜共享，兩者間與共享資料庫的關係為何？是否靜態共享時不會使用到資料庫？
- 資料庫中會有哪些訊息？與電波監測系統間的關係？
- 建議應有競爭機制，帶來更好的服務跟經營，不一定要指定誰做。
- 希望未來可能有扮演清算機構的角色存在。

題綱八：頻譜共享資料庫之監督管理方式，原則上應採主管機關規範，但其營運監督是否可兼採業者自律或共管？

業者發言要點：

- 主管機關規管資料庫之理由為何？是用法律還是合約關係去約束？資料蒐集規管的程度、資安標準要求等，都需要討論。
- 若參考 NPAC 的運作，政府沒有太深的管制。要管的東西則例如 NPAC 的正確率或妥善率標準。現在主管機關也沒有足夠的人力跟資源去規管，重點是要管什麼？
- 如何處理干擾問題？現階段只能透過行文方式處理。

題綱九：本研究後續擬規劃頻譜共享機制之場域實證，邀請各方參與進行服務可行性驗證（Proof of Service, PoS），請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 待後續技術演進再來決定。

題綱十：請問您／貴公司認為在頻譜資源管理、共享機制與監理法規，有無其他補充或討論？

業者發言要點：

- 對於電信業者間頻譜水平共享，例如兩家業者之 TDD 頻段共用，是否適用於電信管理法草案第 58 條，值得後續討論。
- 若以拍賣方式釋出之頻譜，不應再收取頻率使用費。
- 共享所獲得的頻譜資源，應如何收費？
- 偏鄉共頻共設備方案建議
 - ◆ 應允許業者共頻、共設備提供服務（採 MOCN 技術，3GPP 國際標準）。
 - ◆ 利用 MOCN 技術，業者共建一個基地台，可提供一家以上業者之用戶使用。
 - ◆ 降低環境衝擊：一座基地台(3 支天線) v.s.五座基地台(15 支天線)，綠能節電環保。
 - ◆ 多家業者參與，促進競爭，消費者有更多選擇。
 - ◆ 加速並擴大偏鄉涵蓋。

參、散會：下午 6 時

七、訪談紀錄 - 業者 E

壹、會議時間：106 年 4 月 12 日(星期三)上午 8 時 30 分

貳、討論題綱及業者發言要點：

題綱一：原則上，層級式頻譜共享機制具備增進頻譜管理彈性與頻譜使用效率等特點，故可將該等機制視為應對頻譜資源不足的一種輔助解決方案。請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 目前頻譜共享部分，是否有特定挑選頻段？2.3GHz 的部分是歐盟在推動，但各國頻譜特性不同。對於 3.5GHz 是否納入頻譜共享機制之候選頻段，本公司持保留態度，因為 3.5GHz 有可能被歸類為 6GHz 以下第一個 5G 頻段。
- 考量頻譜共享之目標頻段，如果有多樣性選項可以選擇時，建議主管機關應再衡量不同方案的得失。

題綱二：未來國內若要建立層級式頻譜共享機制，針對共享使用者之身分限制，您／貴公司認為，是否需限於擁有頻譜執照的電信業者、或一般電信業者，甚至非電信業者亦可參與？

業者發言要點：

- 建議頻譜共享以需執照頻譜為主，不將免執照頻段納入討論。使用時如果有的業者為執照許可、有的業者是用免執照許可，當發生衝突時，如何處理？誰來處理？以需執照頻譜為主時，執照內容會包含權利、義務與行為，管制上較為明確。

- 美國 CBRS 有其促進小業者解決部分區域缺乏網路覆蓋的目標，但此種情境未必與台灣的狀況相符。
- 對於 LAA、LTE-U，業者不見得沒有興趣，端視標準制訂的時間。以使用效率而言，LAA 會比較好，待未來 3GPP 的標準制訂後，會希望基地臺相關規範也能確認。主要的問題還是在生態系統的成熟度，目前 LWA 的生態系統還沒有很成熟。
- 還是要回頭來看，共享機制的目標是要達成什麼？萬一開放允許非電信業者也可藉此提供通訊服務，會不會變成使用者使用該頻譜資源，但用另一種通訊技術來達到此目標？

題綱三：除了行動寬頻通訊服務之外，層級式頻譜共享機制的用途亦可能擴及更多無線應用需求，如物聯網、緊急通訊系統等。請問您／貴公司對此議題之看法？

業者發言要點：

- 如果是基於扶植創新的目標，可能有其他更多做法。開放後是否可以更完善，或是反而影響整個生態系統、引入更多新競爭者？

題綱四：若依您／貴公司的經驗及看法，國內在導入層級式頻譜共享機制可能會遇到什麼問題或困難？

題綱五：續上，您／貴公司認為這些問題將會對行動通訊產業（包括服務業者、設備業者及內容供應商）與消費大眾帶來何種影響？

業者發言要點：

- 600MHz 跟 3.5GHz 都可能被歸類為 5G 頻段，因此是否適合作為頻譜共享頻段使用，尚有疑義。

- 3.5GHz 目前由衛星使用，需視頻譜使用現況方可評估能否開放共享。若同時有衛星通訊，很難避免干擾問題。若要求衛星業務移頻或縮頻，則相關程序會非常複雜。
- 如果要解決頻譜不足的問題，LSA 可能非絕對的解藥。不只是找適當的頻譜，還要確保該頻譜有健全的生態體系支援。

題綱六：對於頻譜共享資料庫之導入，可能的模式選項包括由民間主導（開放業者申請自建）、政府與業者協力合作（類似於政府服務委託外包），以及循傳統作法由政府主導設置（業者僅提供技術支持），請問您／貴公司對此態度如何？

題綱七：續上，您／貴公司認為這些模式選項各有何優缺點？其所要考慮的因素有哪些？

業者發言要點：

- 如果共享資料庫採從網管中心遠端連線到基地臺的機制，資訊安全的議題可能是最大的關切點。業者最關心的是如何 audit 跟資訊安全。ISO 27001 的資訊安全標準是第一個要克服的。從業者流量的資訊，可以推出站點的位置，而基站資訊是業者的高度機密。
- 目前仍有許多不確定性，政府可以考慮在 3.5GHz 拿一段頻譜資源，透過實驗計畫的方式，以資料庫共用來測試，檢視可能會有什麼問題。

題綱八：頻譜共享資料庫之監督管理方式，原則上應採主管機關規範，但其營運監督是否可兼採業者自律或共管？

業者發言要點：

- 基站資訊是業者的高度機密，如果更進一步繪製站點回傳的資訊，可能對業者的影響程度更大。

題綱九：本研究後續擬規劃頻譜共享機制之場域實證，邀請各方參與進行服務可行性驗證（Proof of Service, PoS），請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 如果業界有需求，則建議主管機關可先提供實驗場域的機會，開放 3.5GHz 一個區塊連續 20MHz，來讓業者申請測試。開放測試時若發生干擾，則由業者互相協調。
- 若要本公司參與頻譜共享的實驗測試，需要有資金支應。
- 目前 2.3、3.5GHz 的頻段，臺灣尚未導入相關設備。

題綱十：請問您／貴公司認為在頻譜資源管理、共享機制與監理法規，有無其他補充或討論？

業者發言要點：

- 無。

參、散會：上午 10 時

八、訪談紀錄 - 業者 F

壹、會議時間：106 年 4 月 13 日(星期四)下午 4 時

貳、討論題綱及業者發言要點：

題綱一：原則上，層級式頻譜共享機制具備增進頻譜管理彈性與頻譜使用效率等特點，故可將該等機制視為應對頻譜資源不足的一種輔助解決方案。請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 層級式頻譜共享看起來可以創造出更多的頻譜資源。業者目前面臨現實面的問題，標頻譜的錢與頻率使用費一直飆高，但整體行動業務營收並未成長，未來應思考業者是否能夠負擔的問題。
- 對於層級式頻譜共享頻段可能涉及的 2.3GHz、3.5GHz 頻段，尚不清楚國內實際使用狀況時，現階段難以評估透過共享可帶來之成本效益。
- 現階段頻譜共享之目標頻段，有無特定考量？是否取得執照後方可使用？建議共享頻段不包含拍賣釋出之頻段，同時，共享機制的頻譜指派方式，也需要後續探討。
- 對於干擾機制較缺乏信心，尤其未來假設既有使用者為公部門，涉及之溝通協調將更複雜。
- 建議先針對特定頻段調查後，才能夠反應比較確實的資訊。目前不排斥此機制，但後續如何執行，現階段無法回應。
- 此一機制未來應有需求，但確切發生的時間點，是 2020、2023 或 2025 年則不得而知，當 5G 往高頻發展時，由於現階段高頻段有許多既有使用者，故未來勢必會有頻譜共享機制發揮之空間。

題綱二：未來國內若要建立層級式頻譜共享機制，針對共享使用者之身分限制，您／貴公司認為，是否需限於擁有頻譜執照的電信業者、或一般電信業者，甚至非電信業者亦可參與？

業者發言要點：

- 建議初期僅開放給已擁有頻譜的業者，比較適合。之後再視情況調整。
- 不建議開放任何對象均可使用。

題綱三：除了行動寬頻通訊服務之外，層級式頻譜共享機制的用途亦可能擴及更多無線應用需求，如物聯網、緊急通訊系統等。請問您／貴公司對此議題之看法？

業者發言要點：

- 其實業者自己會走出一條路，無需限制使用用途。

題綱四：若依您／貴公司的經驗及看法，國內在導入層級式頻譜共享機制可能會遇到什麼問題或困難？

題綱五：續上，您／貴公司認為這些問題將會對行動通訊產業（包括服務業者、設備業者及內容供應商）與消費大眾帶來何種影響？

業者發言要點：

- 可能開放共享之目標頻段，如 2.3GHz、3.5GHz 或 2.7GHz 等，對於目前國內對該類頻段之使用狀況，例如功率、發射頻率與位置等，業者並不瞭解。
- 最關切干擾議題。目前對於可接受干擾的底線沒有共識。相關法規配套措施如何解決干擾問題，應先釐清。

- 如果頻段既有使用者是政府公部門，則從業者角度很難協商。
- 目前困難點是難以評估共享後之效益。使用權責要更清楚。
- 如果電信管理法草案尚未通過，以現行法令機制來處理，似乎有些困難，因為牽涉到業務別管理規則的問題。
- 如果像美國 FCC 的 PAL 共享執照使用期限只有六年，對業者而言，設備投入可能都還沒有回收，執照就到期了。共享執照的使用年限會是另外一個關切的問題。

題綱六：對於頻譜共享資料庫之導入，可能的模式選項包括由民間主導（開放業者申請自建）、政府與業者協力合作（類似於政府服務委託外包），以及循傳統作法由政府主導設置（業者僅提供技術支持），請問您／貴公司對此態度如何？

題綱七：續上，您／貴公司認為這些模式選項各有何優缺點？其所要考慮的因素有哪些？

業者發言要點：

- 應該由政府來主導。政府可以委外給他信任的單位（如 TTC）來處理。但責任本身應該是在政府身上。
- 如果採取外包的作法，萬一由現在市場中某一家行動業者標到，則本公司會擔心公平性的問題。

題綱八：頻譜共享資料庫之監督管理方式，原則上應採主管機關規範，但其營運監督是否可兼採業者自律或共管？

業者發言要點：

- 共管資料庫可能涉及跨產業、或與公部門之協調，甚至跨國協調等。採用業者共管或業者主導的模式，在執行前述工作時，有其難度。

- 即使有業者自律或共管，政府還是要扮演最終把關的角色。
- 經費來源基於頻譜管理成本之角度，適合以頻率使用費支應。

題綱九：本研究後續擬規劃頻譜共享機制之場域實證，邀請各方參與進行服務可行性驗證（Proof of Service, PoS），請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 場域實證的部分，有興趣參加，但要知道更詳細的細節，目前不知道實際要多少錢、多少時間，很難評估。

題綱十：請問您／貴公司認為在頻譜資源管理、共享機制與監理法規，有無其他補充或討論？

業者發言要點：

- 目前最主要關切的是干擾的情況，如何有效解決。
- 業者取得頻譜的成本，以及頻率使用費的議題，建議應持續討論。
- 希望未來能更了解頻譜使用現況。

散會：下午 6 時

九、訪談紀錄 - 業者 G

壹、會議時間：106 年 4 月 17 日(星期一)上午 10 時

貳、討論題綱及業者發言要點：

題綱一：原則上，層級式頻譜共享機制具備增進頻譜管理彈性與頻譜使用效率等特點，故可將該等機制視為應對頻譜資源不足的一種輔助解決方案。請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 頻譜共享可以帶來更好的使用效率，同時讓一些小規模、創新的應用或服務業者，在成本可負擔的條件下接取頻譜資源。
- 共享應該是一個雙向的概念，以美國 CBRS 的設計為例，主要特點是獲得軍方支持，願意開放讓其他使用者共用。雖然美國電信業者仍在觀察其後續發展，但已有不少資通訊業者投入研發。透過類似於 SAS 的資料庫機制來處理頻率指配，可讓電信業者與非電信業者都能獲得接取頻譜資源的機會。

題綱二：未來國內若要建立層級式頻譜共享機制，針對共享使用者之身分限制，您／貴公司認為，是否需限於擁有頻譜執照的電信業者、或一般電信業者，甚至非電信業者亦可參與？

業者發言要點：

- 若在一開始的規範就加諸太多限制，例如僅允許擁有頻譜執照的電信業者可以接取，則可能會失去頻譜共享原本的精神。

題綱三：除了行動寬頻通訊服務之外，層級式頻譜共享機制的用途亦可能擴及更多無線應用需求，如物聯網、緊急通訊系統等。請問您／貴公司對此議題之看法？

業者發言要點：

- 基於物聯網裝置本身的成本、能耗都較低，如果接取頻譜成本遠大於其設備本身的成本，則可能影響其經濟效益。從目前發展觀察，大部分的物聯網接取技術會優先考慮使用免執照頻譜，以降低布建成本；如 LoRa、SigFox 等，較能發揮其低功耗、大範圍的特點。頻譜共享對於物聯網應用可能有其需要，業者可以透過經營自己的創新增值服務，找出新的機會。當務之急是避免頻譜資源不足成為物聯網發展的瓶頸。
- 緊急通訊系統若分配專屬頻段，有可能平時較閒置，但應急時卻不夠用的情形；倘若使用 DSA 技術或共享機制，該專屬頻段平時能提供商業運用，在緊急狀態下，亦可即時徵集更多的頻譜資源來作緊急通訊，如此作法會更有效益。
- 臺灣因為資通訊產業發展成熟，若政策上協助提供測試場域或共享機制，將有助於創新應用的推動，若缺乏相關政策支持，不免令人擔心臺灣可能會難以跟上此波科技創新潮流。

題綱四：若依您／貴公司的經驗及看法，國內在導入層級式頻譜共享機制可能會遇到什麼問題或困難？

題綱五：續上，您／貴公司認為這些問題將會對行動通訊產業（包括服務業者、設備業者及內容供應商）與消費大眾帶來何種影響？

業者發言要點：

- 目前全球對於 TVWS 共享並不缺乏正式案例，但目前為止尚無對既有使用者產生有害干擾的報導。美、英、星等國家已對 TVWS 提出正式的規管架構，另外還有十多個國家正在考慮訂定法規，相關發展經驗應有值得參考之處。
- 對於頻譜主管機關而言，最關切的是維持電波使用秩序。很多情況都是假設會有干擾出現，但實際上應該要去掌握干擾的影響程度。例如：非洲馬拉威有一個 TVWS 案例，一開始 TVWS 使用者受到廣播電臺的干擾情形較為嚴重，但藉由改變 TVWS 基站位置、天線角度或使用濾波器等解決方案，問題已獲得解決。

題綱六：對於頻譜共享資料庫之導入，可能的模式選項包括由民間主導（開放業者申請自建）、政府與業者協力合作（類似於政府服務委託外包），以及循傳統作法由政府主導設置（業者僅提供技術支持），請問您／貴公司對此態度如何？

題綱七：續上，您／貴公司認為這些模式選項各有何優缺點？其所要考慮的因素有哪些？

業者發言要點：

- 政府頻譜主管機構以制定法規為主，共享資料庫若開放民間參與商業營運，有助於鼓勵創新。業者參進門檻低，讓技術上驗證後開放自由競爭，再來看運作成效如何。如果服務不佳，則政府可以關閉該服務。
- 以美國的機制而言，法規允許民間業者申請經營資料庫並相互競爭，但由 FCC 訂定基本規範，再要求業者設訂共通標準來確保資料的一致性。英國 Ofcom 則是自己也成立一個資料庫，當商業資料庫無法提供服務時，至少還有政府自有資料庫來維持機制運作。

- 以 TVWS 的角度，資料庫端必須記載相關資訊，當干擾出現時要通知對方中止，甚至可由資料庫端控制關掉相關設備。臺灣如果有訂相關的檢驗標準，未來可以由第三方來處理遠端關閉等相關事宜。

題綱八：頻譜共享資料庫之監督管理方式，原則上應採主管機關規範，但其營運監督是否可兼採業者自律或共管？

業者發言要點：

- 目前美國 FCC 的態度比較開放，另外英國、新加坡等也都在研議是否要建資料庫，每個國家的角度不太相同，中國工信部可能比較偏向政府建置並營運的角度。韓國的機制比較像 FCC，不過細節上略有差異。多數國家的作法基本上都是循序漸進，先提供規範後再來看發展狀態。

題綱九：本研究後續擬規劃頻譜共享機制之場域實證，邀請各方參與進行服務可行性驗證（Proof of Service, PoS），請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 主管機關可透過實驗頻譜的機制，讓有意願投入的業者來發展各種創新應用服務的機會。
- 從業界角度來說，希望主管機關針對整個實驗頻段、實驗執照申請程序能夠更彈性；目前的程序還是有些複雜，建議可以研究新加坡跟紐西蘭政府，採更主導、開放的作法。
- 新加坡服務業者需申請 SBO 執照，執照年費低，不會造成進入障礙。另外，該國政府也簡化了頻譜指派的機制，例如：當時由 DSA Pilot Group 向政府提出 TVWS 場域實驗申請，主管機關核給了實驗執照跟實驗頻段後，該團體所有成員均即獲得相同的使用條件，只需要依實際狀況，通知主管機關會在何時、何地使用即可。

題綱十：請問您／貴公司認為在頻譜資源管理、共享機制與監理法規，有無其他補充或討論？

業者發言要點：

- 執照頻譜的使用效期長，很難讓頻譜資源有效調度。未來頻譜管理應具備動態調度的能力，因為頻譜回收基本上難度較高。
- 從規管角度而言，頻譜使用應考量大眾利益為主，降低服務的進入障礙。

參、散會：上午 11 時 30 分

十、訪談紀錄 - 業者 H

壹、會議時間：106 年 4 月 20 日(星期四)上午 10 時

貳、討論題綱及業者發言要點：

題綱一：原則上，層級式頻譜共享機制具備增進頻譜管理彈性與頻譜使用效率等特點，故可將該等機制視為應對頻譜資源不足的一種輔助解決方案。請問您／貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 3.5GHz 要歸類於 4G 或 5G 使用，尚無定論，不同技術的規劃方式完全不同。4G 的話一區塊是 20MHz，5G 的話則是以 80MHz-100MHz 為區塊。
- 3.5GHz 應該會有頻譜共享的需求，因為目前衛星通信正使用 3.5GHz 頻段，還需要另找頻段移頻後才能清空重新釋出。

題綱二：未來國內若要建立層級式頻譜共享機制，針對共享使用者之身分限制，您／貴公司認為，是否需限於擁有頻譜執照的電信業者、或一般電信業者，甚至非電信業者亦可參與？

業者發言要點：

- 端視業者對自建網路的需求而訂。

題綱三：除了行動寬頻通訊服務之外，層級式頻譜共享機制的用途亦可能擴及更多無線應用需求，如物聯網、緊急通訊系統等。請問您／貴公司對此議題之看法？

業者發言要點：

- 臺灣的 5G、IoT 發展進程，端視業者對相關服務的需求，現階段看起來業者投資會比較謹慎，尚無法看出對於整體頻率規劃的策略。
- 目前各國對於物聯網的相關法令都在逐漸補齊，主管機關可以參考先進國家作法。

題綱四：若依您／貴公司的經驗及看法，國內在導入層級式頻譜共享機制可能會遇到什麼問題或困難？

題綱五：續上，您／貴公司認為這些問題將會對行動通訊產業（包括服務業者、設備業者及內容供應商）與消費大眾帶來何種影響？

業者發言要點：

- 美國 CBRS 共享機制下的 GAA 是開放給企業使用，不過國內企業對此是否有需求？雖然電力業、油品業跟物流業可能會有需求，但整體需求規模並不大。如果用專用電信網路的等級，建置成本很高。
- 目前 3.5GHz 頻段中，固定衛星使用其中一區塊，但是否整個 3.5GHz 頻段都被影響？3.4-3.8GHz 頻段基本上使用程度應較低，但臨近國家有規劃要將該頻段作為 5G 候選頻段。
- 臺灣市場太小，發展自己的生態體系或解決方案的難度較高。

題綱六：對於頻譜共享資料庫之導入，可能的模式選項包括由民間主導（開放業者申請自建）、政府與業者協力合作（類似於政府服務委託外包），以及循傳統作法由政府主導設置（業者僅提供技術支持），請問您／貴公司對此態度如何？

題綱七：續上，您／貴公司認為這些模式選項各有何優缺點？其所要考慮的因素有哪些？

業者發言要點：

- 未來應有資料庫存在的必要，不管是應用在 4G 或 5G，要透過資料庫才知道頻譜的使用情形。

題綱八：頻譜共享資料庫之監督管理方式，原則上應採主管機關規範，但其營運監督是否可兼採業者自律或共管？

業者發言要點：(無)

題綱九：本研究後續擬規劃頻譜共享機制之場域實證，邀請各方參與進行服務可行性驗證（Proof of Service, PoS），請問您 / 貴公司對此態度如何？

業者發言要點：

- 有意願參與測試，從實驗網的角度來處理，實驗規模取決於規模大小。使用的頻段希望透過新頻段而非既有的行動通信業務頻段。
- 如有機會參與測試，則希望相關測試數據能提供給本公司。
- 實驗程序比較不建議採網管中心直接控制基地臺的方式，網管部份要考量的因素比較複雜。

題綱十：請問您 / 貴公司認為在頻譜資源管理、共享機制與監理法規，有無其他補充或討論？

業者發言要點：

- 未來 5G 網路的建置應會和目前 4G 網路建置模式有很大的差異，整體頻率規劃需要有清楚的方向。

參、散會：上午 11 時

附錄貳、研討會辦理成果

一、執行紀要

本研究團隊於 106 年 4 月 14 日下午 2 時假金融研訓院 501 會議室舉辦層級式頻譜共享法制架構研討會，邀請包括：行政院科技會報辦公室、經濟部新世代通訊技術推進辦公室、交通部郵電司、中華電信、台灣大哥大、遠傳電信、亞太電信、台灣之星、台灣數位電視協會、中華民國衛星廣播電視事業商業同業公會、台灣電信產業發展協會等產官學研專家學者出席與會。

本次研討會出席人數達 55 人，包含 7 位受邀出席與會之專家學者，以及關心動態頻譜共享相關議題之產官學研各界代表等，共同探討我國推動頻譜共享法制架構的過程中，需審慎考量之相關議題，包括：可參採層級式共享方法規劃釋出之候選頻段、共享機制功能與架構、共享資料庫設立與管理，以及共享機制實施時程等。

透過本次研討會之舉辦，已初步建構提供各界討論、研析頻譜共享法制之交流平台，將可協助委託機關更深入探討法制架構的細節因素，研擬適合我國國情所需之頻譜共享相關政策與法規。

二、會議紀錄

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究採購案」

層級式頻譜共享法制架構研討會會議紀錄

壹、會議時間：106 年 4 月 14 日(星期五)下午 2 時

貳、會議地點：金融研訓院 501 會議室

參、主持人：王彥中研究員

記錄：TTC

肆、意見交流及諮詢事項：

一、專家學者發言摘錄

(一) 行政院科技會報 吳兆瑛研究員

- 頻譜管理長期缺乏實際數據，以資料庫協助有其需求。
- 在既有基礎上建置共享資料庫，可能比重新建立更具成本效益。
- 長期來看，難以限制共享使用者的身份。
- 可從法律面完善干擾、爭議處理。

(二) 經濟部新世代通訊技術推進辦公室 許冬陽副主任

- 3.5GHz 頻段目前為 5G 候選頻段，目前各界對衛星使用狀況不瞭解。
- 目前 WiFi 在 2.4GHz 已逐漸壅塞，需要尋找新的解決方案。
- 共享頻段的釋出時程不確定，應避免影響 5G 的發展。
- 資料庫應採使用者付費的方式，較為公平。

(三) 臺灣科技大學電機系 楊成發教授

- 針對可能的頻段進行量測、干擾分析，相關結果也可以做為

5G 之參考

- 共享資料庫平台未來應有商機，可推動長期服務。

(四) 成功大學電信管理所 黃光渠教授

- 應預先觀察國外如何解決干擾議題。
- 頻譜清頻需要花三到五年的時間，應考慮採專屬頻段或共享頻段釋出時，何者在管理上更有效率。
- 應考量共享對頻譜價值的影響。

(五) 中原大學財經法律系 林孟楠教授

- 層級式共享有其核心意義。
- 主管機關需確保干擾議題可解決。
- 整體頻譜盤點機制應更制度化。

(六) 元智大學資訊傳播學系 葉志良教授

- 對於使用者身份，建議不限定電信業者，促進新興應用。
- 共享機制可先從較不複雜的模式做起。
- 共享資料庫的長期維運很重要。
- 電信管理法草案已點出頻譜共享議題，如能盡速通過為佳。

(七) 交通部郵電司 吳昆諺科員

- 目前法規尚未允許 PoB，需要加以思考。
- 電信法未來將採許可或登記制？後續議題也需要討論。
- 3.4-3.6GHz 是未來 5G 的重點頻譜。

二、業界發言摘錄

(一) 衛星同業工會

- 干擾問題很嚴重，過往行動寬頻釋照時，並未徵詢廣電業者，導致影響很大。

- 衛星使用頻段的部分沒辦法協調後讓出。

(二) 數位電視協會

- 衛星的部分很可能會和地面波出現干擾。
- 考量國內地形，TVWS 的部分很難找到可用頻段。
- 但還有其他多種共享模式，如 FM 負載波等，應納入討論。
- 建議共享時，仍限定為擁有執照的業者。
- PoC 的話，頻譜要有相當的規模，不論從市場的考量、系統建置或投資額度。PoB 時程不能拖太長，距離正式商轉的時間也不能拖太久。

(三) 台灣電信產業發展協會

- 建立頻譜共享資料庫是否有其需求？
- 應考量國內地理區域，與其他國外有所差異。
- PoB 之後會不會出現過度使用、占地為王的問題？
- 頻譜清理與盤點，所需時間多長？公權力能否快速盤點、釋出？
- 共享使用的成本付費與公平性原則，是電信業者最在乎的。
- 政府對於業者的信賴保護原則。
- 干擾議題如何解決需要思考。

(四) 中華電信

- 頻率共享時會考慮到干擾議題，需要的學習曲線很長。
- 談到頻率共享時，應限縮到不同業務間的頻率共享。行動通信業務不應納入共享業務之中。
- 行動業者只能算是共享的使用者而不是提供者。
- 適合納入頻率共享的業務，應為使用時間不長，如智慧抄表。

(五) 台灣大哥大

- 業者在意共享時，實際可使用的狀況為何。
- 資料庫的經費應長久、穩定維運。有無機會透過頻率使用費或標金支應共享資料庫？

(六) 遠傳電信

- 需檢視業者對頻譜之需求。業者希望看到長遠的頻譜規劃。
- 資料庫的部分有需要，但初期是否先由政府建立小型模式，後續成熟後再慢慢轉由第三方。
- 基於競爭考量，電信業者不應該投入做資料庫。

(七) 資策會

- 頻譜使用效率需要釐清後，才可能更進一步往下走。
- 不只包括行動業者，包括未來各種創新應用，都可能是參與共享的使用者。

(八) 台灣微軟

- 希望監理機關對於新的機會，能抱持鼓勵、擁抱的機會。
- 干擾議題需要解決。

伍、散會：下午 5 時。

三、會議簽到表

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」
層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

單位	出席人員	簽名處
財團法人電信技術中心	王彥中 研究員	王彥中
財團法人電信技術中心	鄧添來 顧問	鄧添來
臺灣大學電機工程系	蔡志宏 教授	蔡志宏
臺灣大學電機工程系	張時中 教授	張時中
中央研究院 資訊科技創新研究中心	鍾偉和 博士	鍾偉和

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」

層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

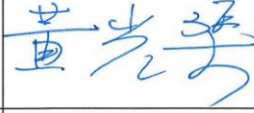
單位	出席人員	簽名處
行政院科技會報辦公室	吳兆琰 研究員	吳兆琰
國家通訊傳播委員會	曾文方 簡任技正	曾文方
國家通訊傳播委員會	包家禎 技正	包家禎
國家通訊傳播委員會	徐瑞隆 技士	徐瑞隆 柳宏文
交通部郵電司		吳昆治
經濟部新世代通訊技術 推進辦公室	許冬陽 副主任	許冬陽
經濟部新世代通訊技術 推進辦公室		蘇志文

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」
層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

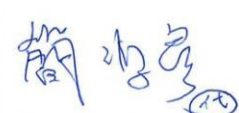
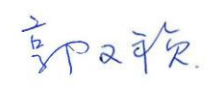
單位	出席人員	簽名處
臺灣科技大學電機系	楊成發 教授	
成功大學電信管理所	黃光渠 教授	
元智大學資訊傳播學系	葉志良 教授	
中原大學財經法律學系	林孟楠 教授	
太穎國際法律事務所	謝穎青 律師	

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」
層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

單位	出席人員	簽名處
中華電信	鍾國強 協理	
	陳元凱 科長	
	張維儒 高級工程師	
	郭又禎 研究員	

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」
層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

單位	出席人員	簽名處
台灣大哥大	李南玫 副總經理	李南玫
	吳中志 處長	吳中志
	簡肇盈 經理	
	曾志強 經理	
	蔡宏利 經理	蔡宏利

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」

層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

單位	出席人員	簽名處
遠傳電信	林偉文 副總經理	林偉文
	蕭景騰 協理	蕭景騰
	賴建良 經理	賴建良
	潘林峰 經理	潘林峰
	陳雅惠 副理	陳雅惠
	黃漢臣 副理	黃漢臣

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」

層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

單位	出席人員	簽名處
亞太電信	劉立三 副總經理	
	何伯陽 經理	何伯陽
	李明峰 副理	李明峰
	游雅芳 高級專員	游雅芳
	張嘉銘 高級專員	張嘉銘
	劉世羣 資深專員	劉世羣

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」
層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

單位	出席人員	簽名處
台灣之星	柯念祖 特別助理	
	王俊亦 處長	
	鄭嘉逸 主任	
	潘科諺 資深管理師	

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」

層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

單位	出席人員	簽名處
台灣數位電視協會	石佳相 常務理事	石佳相
中華民國衛星廣播電視 事業商業同業公會	陳依玫 秘書長	陳依玫
台灣電信產業發展協會	劉莉秋 副秘書長	劉莉秋
中天電視股份有限公司	蔡玫瑛 經理	蔡玫瑛

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」
層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

單位	出席人員	簽名處
台灣微軟	趙明榮 副總經理	
台灣愛立信	李敬偉 協理	
台灣諾基亞	吳英岷 經理	
大同公司中央研究所	陳安誼 經理	

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」

層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

單位	出席人員	簽名處
宏碁電腦	陳昆煜 經理	陳昆煜
台灣野村總合研究所	郭力慈 顧問師	
資策會 智慧網通系統研究所	王家男 經理	王家男

「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究」
層級式頻譜共享法制架構研討會

簽 到 表

時間：106 年 4 月 14 日（星期五）14:00

地點：台北市羅斯福路三段 62 號 5F（金融研訓院 501 室）

單位	出席人員	簽名處
正文科技	方惠明	方惠明

四、會議主題與議程

層級式頻譜共享法制架構研討會

隨著行動上網需求之爆發式成長，各國莫不審慎思量頻譜資源的供求平衡，希冀透過更具彈性的頻譜管理方式，使頻譜供給能滿足業者與用戶需求。層級式頻譜共享機制為近年來國際增進頻譜使用效率之輔助解決方案，讓不同類型之無線電通信系統間，透過廣泛共享頻譜資源之機會，促進頻譜使用效率；於此同時並能保護既有使用者之使用權利、免受有害干擾，透過機制運作與技術規範，提供行動通訊服務或新興無線電應用更多元的頻譜接取機會。此外，新世代 (5G) 行動通信技術所使用之頻段，將聚合使用 1 GHz 以下低頻段至 24 GHz 以上毫米波頻段，以應對 5G 在傳輸速率和系統容量等方面的挑戰。因此，動態頻譜配置在 5G 時代的重要性將更為提高。

為更進一步了解產官學研各界對我國推動建立頻譜共享機制之意見，研究團隊將針對「層級式頻譜共享法制架構重要議題」初步研究成果進行報告，並邀請熟悉頻譜管理相關議題之專家學者座談，以及透過產官學研綜合交流，溝通各界對相關議題之看法。邀請關心通訊產業未來發展之各界共襄盛舉！

專題報告：層級式頻譜共享法制架構重要議題

為確保政府供應規劃的頻譜資源得以滿足市場所需，國際間發展出多種動態頻譜共享機制之實作案例，例如歐洲於 2.3 GHz 頻段推動執照共享接取 (Licensed Share Access, LSA)、美國於 3.5 GHz 頻段建立公民無線寬頻服務 (Citizens Broadband Radio Service, CBRS) 等。在歐盟 LSA 機制下，主要區分為既有頻譜使用者與需執照的共享使用者，透過 LSA 頻譜庫作為中介管理機制。美國 CBRS 則更進一步區分為既有使用者、需執照共享使用者及一般接取使用者，藉由頻譜接取系統 (Spectrum Access System, SAS) 管理該頻段資源的使用授權。

本研討會將由財團法人電信技術中心進行頻譜共享機制與法制架構重要議題專題報告，探討目前國際間對於動態頻譜管理與共享機制發展態勢，從各國頻譜共享機制發展現況、頻譜共享應具備之功能、架構、使用頻段與執照許可、頻譜共享資料庫之建置、維運與管理成本分攤，以及我國頻譜共享機制之實施方式與推動時程等議題進行分析。

專家座談：層級式頻譜共享機制與法制議題探討

為實現頻譜共享機制，需要從法規上授權主管機關在加速頻譜活用與保障既有使用者合理使用之前提下，發展頻譜共享法制架構。依據通傳會「電信管理法」草案第五十七條，主管機關在得以無線電頻率共享之核配方式，使不同類型無線電通信系統間，能有更廣泛之頻譜共享使用機會；同時，因應未來無線電頻率共享使用之管理需求，需透過建置動態頻譜使用資料庫，協調不同使用者以避免造成干擾，確保頻率之有效使用。草案第五十八條更進一步許可推動商用無線電通信系統間之頻譜共享。

為建立我國層級式頻譜共享機制規範，參考國際規範制訂經驗，本研究歸納出數項亟待討論之重要法制議題。首先是共享使用者之身分限制，美國與歐盟在促進新興服務與保障服務品質間各有不同的優先考量，但共同點在於既有使用者之權利保護，將會是共享機制順利運作的關鍵因素。

此外，層級式共享機制需透過資料庫動態管理頻譜分配，資料庫之建置模式包括有業者自行建置、政府科研預算補助或以法律規範授特定業者（共同）建置等型態；在後續維運成本分攤上，也有不同之經費來源考量等。最後，業界參與之意願與推動需考量之時程因素，也是本研究亟待獲取之重要資訊。

本次專家座談將探討頻譜共享機制候選頻段、共享機制功能與架構、共享資料庫設立與管理與頻譜共享機制實施時程等相關議題，擬具討論題綱如附。

討論題綱

1. 可開放共享之頻段？
2. 共享使用者相關議題：
 - 在執照/許可使用的基礎下，是否包含免執照使用？
 - 共享使用者之身分限制/頻譜共享機制之功能？
 - 有關既有使用者保護之其他原則建議？
3. 頻譜共享資料庫設立及管理架構之討論。
4. 業界意願及推動時程？

會議議程

本研討會之舉行，將先由研究團隊簡報目前層級式頻譜共享法制架構重要議題之初步研究成果。接著進行專家座談，邀請國內熟悉頻譜管理運作機制之學者、專家與先進針對相關議題進行與談。最後透過綜合座談之形式，讓關心頻譜共享機制議題的產官學研各界代表於現場發言與互相交流，以增進各界對相關議題之瞭解。

時間：106 年 4 月 14 日(五) 14：00-17：00

地點：台灣金融研訓院 501 室（台北市羅斯福路三段 62 號 5 樓）

時間	議程
13:30-14:00	報到時間
14:00-14:30	專題報告：層級式頻譜共享法制架構重要議題 報告人：財團法人電信技術中心
14:30-15:20	專家座談（一）：層級式頻譜共享機制與法制議題探討
15:20-15:40	茶敘時間
15:40-16:30	專家座談（二）：層級式頻譜共享機制與法制議題探討
16:30~	綜合座談：各界現場發言與交流

五、會議簡報



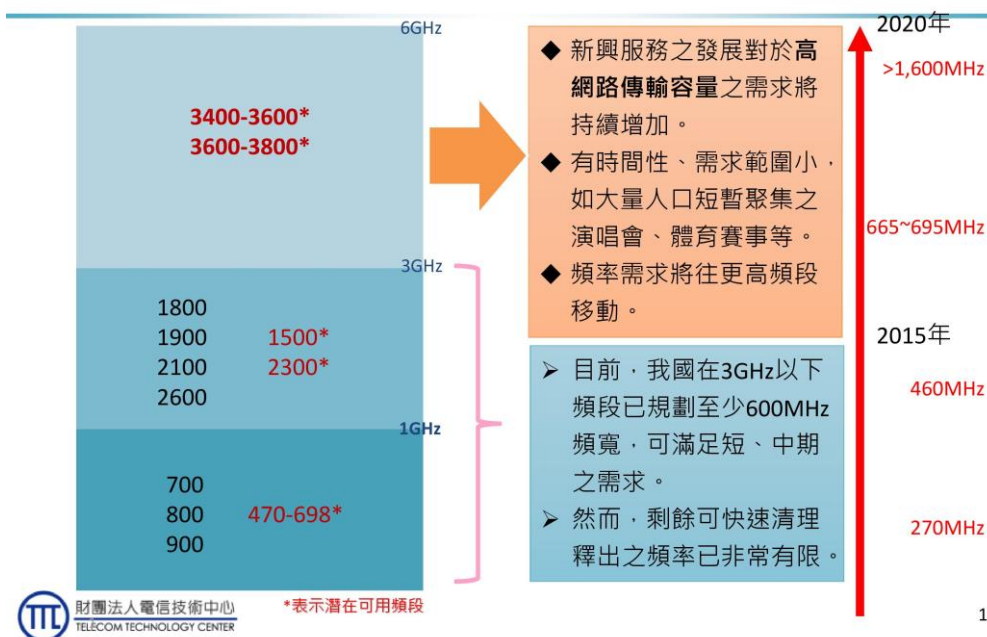
層級式頻譜共享法制架構研討會

法制架構重要議題

財團法人電信技術中心
陳志宇 副研究員
2017.04.14

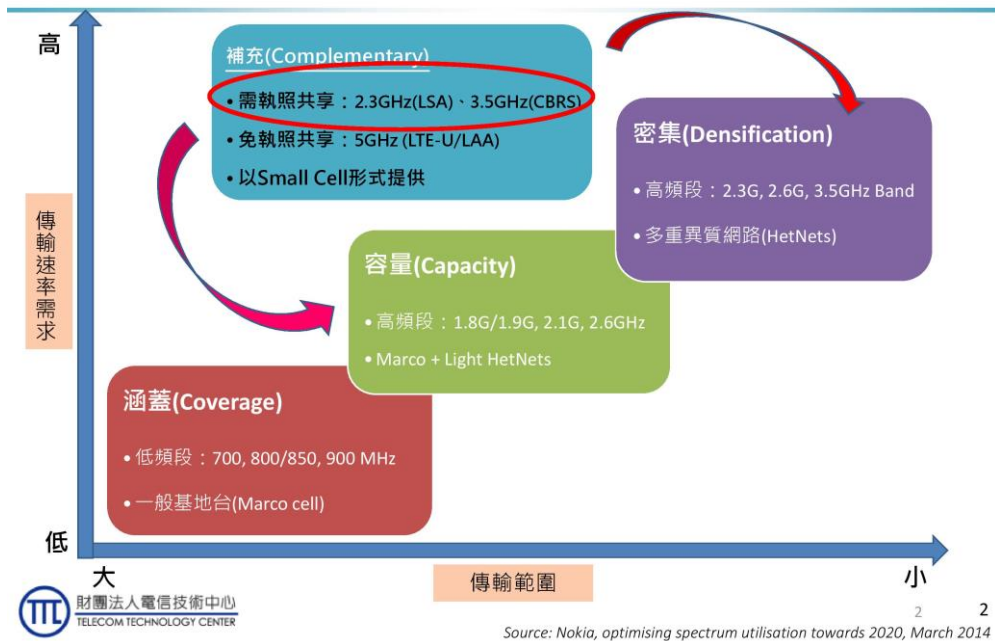
0

行動通訊頻寬需求持續成長

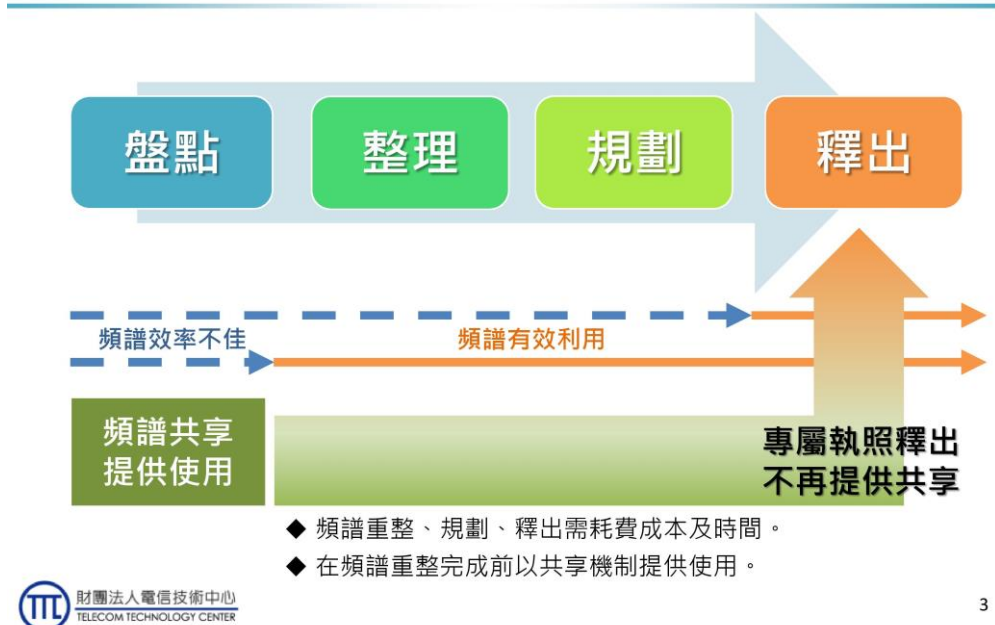


1

頻譜共享機制強化寬頻傳輸

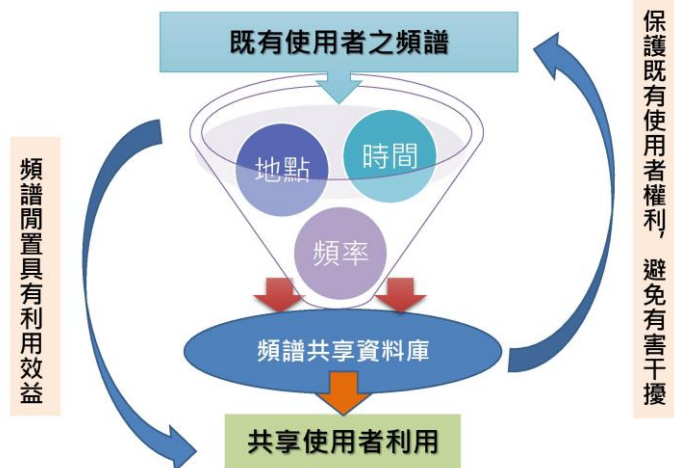


促進頻率使用效益最大化



層級式頻譜共享之概念

共享頻譜：尚未將專屬權利授予電信業者之頻譜。
Ex. 衛星、雷達、節目製作、電視轉播等。

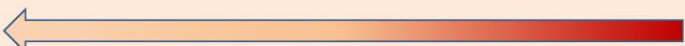


擁有頻譜執照之電信業者、一般電信業者、非電信業者
Ex. 4G、5G電信業者、物聯網業者等。

國際頻譜共享機制與其規劃頻段

	免許可使用	需許可使用	
機制	TVWS (美、英、星)	CBRS (美國)	LSA (歐盟)
頻段	470-698MHz	3.5GHz	2.3GHz
既有使用	數位無線電視	衛星、雷達	衛星、雷達、PMSE
Eco System	無線寬頻接取 (IEEE 802.11af/ah...)	行動寬頻 (3GPP Band 42/43/48)	行動寬頻 (3GPP Band 40)
監理架構	二層 (既有/免許可)	三層 (既有/優先/免許可)	二層 (既有/共享許可)
頻譜分配	動態 (被動查詢)	動態 (主動分配)	靜態 (固定區塊)
額外規範	新加坡：高優先頻道 (HPC)	ESC環境感測能力	尚無額外規範
運作狀況	用於無線寬頻、物聯網 應用、科學研究等	2016年7家業者通過第 一階段審查，進行第二 階段測試與認證	義大利、芬蘭、法國等 進行場域測試

層級式頻譜共享機制之規範定位

管理架構	專屬權利	層級式共享		開放共用
頻段		需執照		免執照
使用		許可使用	免許可使用	
機制發展	3G、4G	歐盟LSA	TVWS	LTE-U/LAA WiFi
		美國CBRS		
創新性	低			
QOS	高			
使用成本	高			

我國建立頻譜共享機制之重要議題

候選頻段

- 頻段：470-698MHz、2.3GHz、3.4-3.8GHz

共享規範

- 以許可使用為基礎，是否同時包含免許可使用？
- 共享使用者資格（具頻譜執照之電信業者、一般電信業者、非電信業者）
- 可提供服務（行動寬頻/物聯網/其他創新應用）

頻譜共享資料庫設立及管理

- 設立：業者自建、政府主導、科研補助、法律規範
- 管理：主管機關管理、自律共管

產業使用意願、推動時程

- 2020頻譜需求（1,600MHz頻寬）
- 電信管理法進度
- 關注CBRS、LSA之商轉狀況

頻譜共享機制潛在候選頻段考量與分析

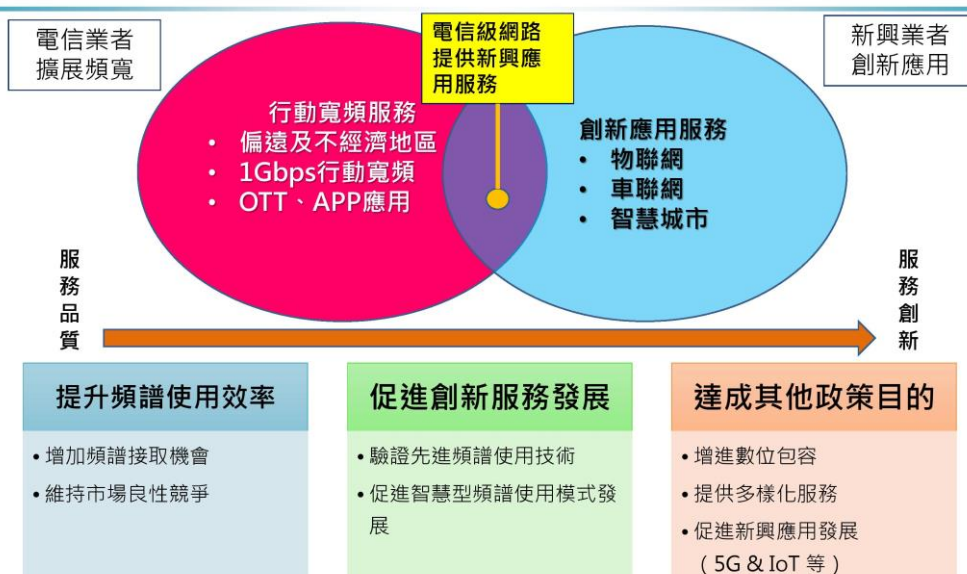
頻譜資源完整性、可用性

頻段是否納入國際標準(3GPP)

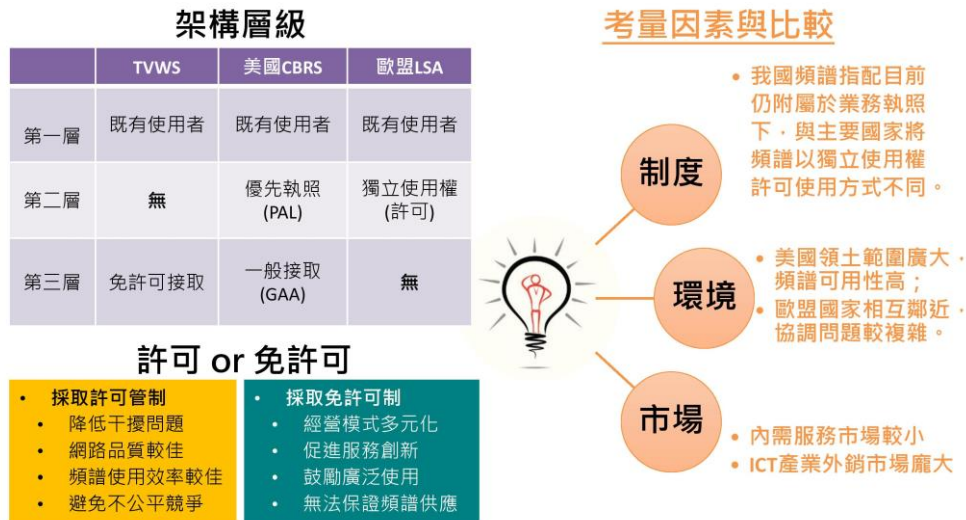
既有使用者保護需求

頻段	470-698MHz	2.3GHz	3.4-3.8GHz
我國現狀	無線數位電視	2300-2355MHz 專用電信使用	衛星通訊為主
我國規劃	530-608MHz 評估導入TVWS 608-698MHz 行動通訊候選頻段	2355-2390MHz 規劃採TDD釋出	3.4-3.6GHz 行動通訊候選頻段
3GPP頻段	無	TDD Band 40 2300-2400MHz FDD Band 30 U : 2305-2315MHz D : 2350-2360MHz	TDD Band 42 (3.4-3.6GHz) TDD Band 43 (3.6-3.8GHz) TDD Band 48 (3.55-3.7GHz) FDD Band 22 U : 3410-3490MHz D : 3510-3590MHz
頻段分析	- 相關技術發展最早，作為新興無線通訊服務。 3GPP尚無規劃。	2355-2390MHz部分已規劃清頻釋出。	- WRC-15決議為IMT通訊頻段。 - 考慮以共享機制釋出 - 優先以室內使用

共享使用者範圍與服務創新



頻譜共享層級設計之考量因素



共享使用者之使用許可

電信管理法（草案）第57條

- 主管機關得考量無線電頻率使用特性、國家安全、技術可行性及市場競爭等情形，依職權或依申請核配二以上使用者使用同一無線電頻率。
- 前項無線電頻率之使用規劃、管理及限制之準則，由主管機關定之。
- 主管機關得委託專業機構管理第一項之頻率使用。
- 前項專業機構應具備之資格條件、受委託之權限、解除或終止委託及其相關委託監督事項之辦法，由主管機關定之。

調和服務品質與服務創新

- 將共享使用者分為二類型（層級化設計）：
 - 第一類型：以使用許可為基礎進行規劃，對於既有服務保護較佳，且可維持共享使用者一定之服務品質。
 - 第二類型：容許免許可使用，附加使用規範限制，可提供新興服務或技術開發、實驗之用。

頻譜共享機制下既有使用者之保護 (1/2)

		美國	歐盟	英國
共享機制	TVWS	CBRS	LSA	Sharing Framework*
頻譜管理	地理資料庫	頻譜接取系統 (SAS)	LSA頻譜庫 LSA控制器	地理資料庫
監理方式	免許可使用	PAL執照 GAA許可	頻段許可	定量頻譜許可
執照區域	無	執照按規劃區域釋出	會員國決定	執照按地理區釋出
額外保護措施	設備功率限制	設備功率限制 ESC環境感測		既有業者所在區域不釋出執照

* Sharing Framework為英國Ofcom針對各頻段釋出是否適合採取共享機制之評估規範，本身並非共享機制。

頻譜共享機制下既有使用者之保護 (2/2)

	美國CBRS	歐盟LSA
機制核心	頻譜接取系統 (SAS) 基站設備 (CBSD)	LSA頻譜庫 (LR) LSA控制器 (LC，位於業者端)
機制角色	可用頻譜資源之分配者	既有使用與共享使用之協調者
頻譜分配	SAS動態分配	固定區塊
操作條件控制	CBSD需回報自身位置，直接自SAS接收操作條件	行動業者透過LC向LR取得特定區域操作條件，業者依取得之操作條件自行調整基站設定
使用者管理	既有使用者無需註冊 共享使用者取得許可 or 免許可	既有使用者需註冊 共享使用者需取得許可
設備管理	CBSD需向SAS註冊	LC需向LR註冊，業者個別基站設備無須揭露
共享使用者限制	非電信業者亦可使用	行動寬頻業者 (需有專屬頻譜執照)
干擾處理	SAS管理者需制定通報/處理程序	依既有規範處理

頻譜管理地理資料庫功能

頻譜共享機制可協助實現彈性化頻譜管理，
惟需仰賴頻譜共享資料庫居間協調 + 共享使用者協力配合

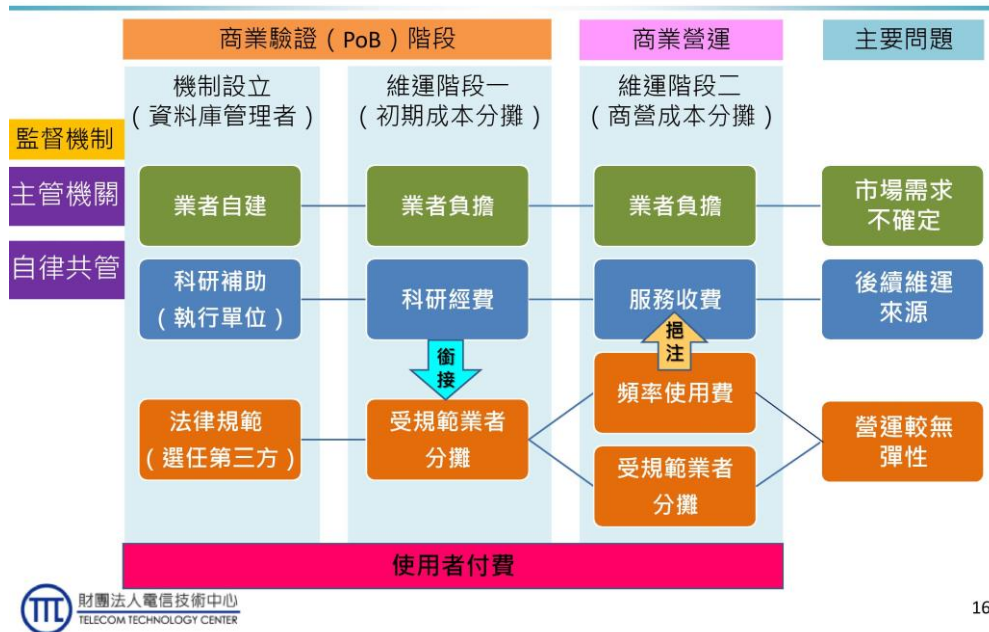


資料庫建置及營運模式

	美國	英國	日本	新加坡
建置者	民間業者	民間業者	NICT(國家資訊技術研究院)	民間業者 (SBO執照)
商業模式	商業/補助	商業/補助	測試場域	商業/補助
建置成本分攤	自行負擔	自行負擔	主管機關	自行負擔
收費	使用者	使用者	無	無(不明)

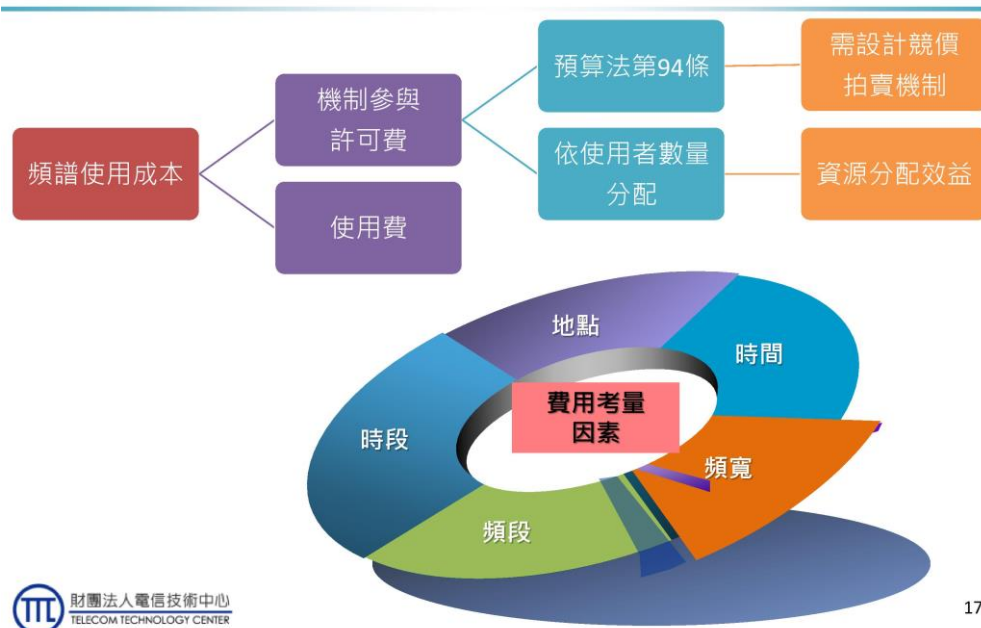
	國際案例歸納	政府建置	其他民間合作模式	
	業者自建模式	政府主導模式	科研補助模式	法律規範模式
經費來源	公私協力或特定專案	年度預算或專案	科研經費	依法規分攤及出資
運作方式	由業者自行建立並維運	主管機關向民間採購技術服務	科技研發投入	依法律規範要求建立
既有案例	國外頻譜共享機制	公務資訊服務系統	手機APP資安檢測機制	號碼可攜集中式資料庫
建置者	個別業者	主管機關委託業者	專案受託單位	由相關業者共同選任 第三方建置、管理
建置成本	個別業者	主管機關	科技研發專案	業者共同分攤
收費	使用者付費	使用者付費	使用者付費	無(業者已分攤)

頻譜共享資料庫設立、維運及監督



16

頻譜共享機制之使用者成本因素



17

相關時程影響

頻譜需求

- 2020年以前估計頻譜需求達1,600MHz
- 5G及物聯網發展時程影響頻譜需求規劃

國際發展

- 歐盟LSA完成大部分標準制訂，但尚未有任何國家依據LSA建立共享規範
- 美國CBRS有7家業者已通過第一階段許可，正進行第二階段測試與認證

授權法源

- 電信管理法草案於2016年12月公布
- 第57條許可建立頻譜共享規範

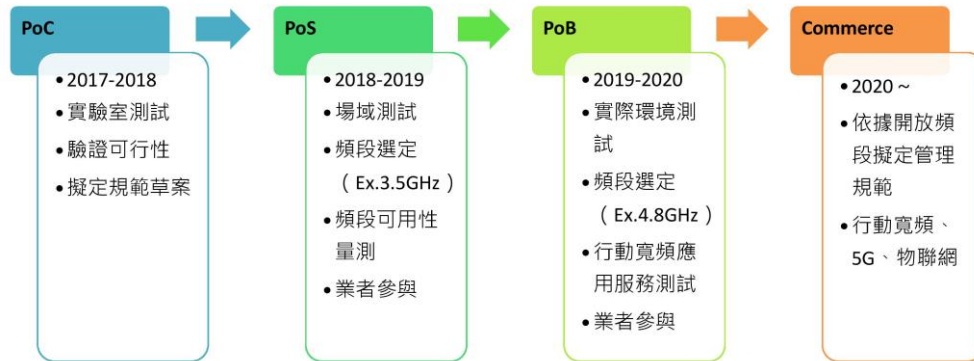
各國頻譜共享機制發展階段

- 國際上已實際運作之層級式頻譜共享機制，較為成熟者為電視頻段共享，然適用於行動寬頻之其他機制則處於概念驗證或正進入商業驗證階段。

	PoC	PoS	PoB	Commerce
TVWS				
LSA				
CBRS				
我國				

- 我國目前正進行頻譜共享機制之管理規範研析以及技術概念驗證。
- 需進行頻譜盤點及特定頻段可用性研析。
- 擇定特定頻段，邀集業者進行場域實證。
- 持續關注國際5G及物聯網之技術標準與管理規範發展。

我國頻譜共享機制發展時程規劃



中長期頻譜共享機制發展芻議



討論議題

專家座談：法制建構

1. 共享使用者相關議題：
 - 在許可使用的基礎下，是否包含免許可使用？（參酌簡報P.6、P.10）
 - 共享使用者之資格是否限制？（參酌簡報P.9）
（Ex：擁有頻譜執照之電信業者、一般電信業者、非電信業者）
 - 除行動寬頻服務之外，頻譜共享機制是否可提供其他功能？（參酌簡報P.9）
（Ex：物聯網、技術實驗）
2. 頻譜共享資料庫設立及管理架構：
 - 資料庫扮演之角色（參酌簡報P.12-13，Ex：頻譜資源之分配者 or 既有使用與共享使用之協調者）
 - 資料庫建置及維運模式之意見。（參酌簡報P.15-17）

綜合座談：頻段選擇及機制推動

1. 可開放共享之頻段？
2. 業界意願及推動時程？

感謝聆聽、敬請指教

英文縮寫及對照

- 電視頻段(TVWS, TV White Space)
- 執照許可接取(LSA, Licensed Shared Access)
- LSA頻譜庫(LR, LSA Repository)
- LSA控制器(LC, LSA Controller)
- 公民無線寬頻服務(CBRS, Citizens Broadband Radio Service)
- CBRS設備(CBSD, CBRS Device)
- 頻率接取系統(SAS, Spectrum Access System)
- 優先接取許可(PAL, Priority Access License)
- 一般授權接取(GAA, General Authorized Access)
- 概念驗證(PoC, Proof-of-Concept)
- 服務驗證(PoS, Proof-of-Service)
- 商業驗證(PoB, Proof-of-Business)

六、活動相片



計畫主持人王彥中研究員
開場致詞



電信技術中心陳志宇副研究員
專題簡報



鄧添來顧問
主持專家講座



經濟部新世代通訊技術推進辦公室
許冬陽副主任發言



臺灣科技大學電機系
楊成發教授發言



成功大學電信管理所
黃光渠教授發言



中原大學財經法律系
林孟楠教授發言



元智大學資訊傳播學系
葉志良教授發言



交通部郵電司
吳昆諺科員發言



國家通訊傳播委員會
曾文方簡任技正發言



台灣數位電視協會
石佳相常務理事發言



中華民國衛星廣播電視同業公會
陳依玫秘書長發言



中華電信
鍾國強協理發言



台灣大哥大
吳中志處長發言



遠傳電信
林偉文副總經理



台灣電信產業發展協會
劉莉秋副秘書長



資策會智慧網通系統研究所
王家男經理發言



台灣微軟
趙明榮副總經理發言



台灣大學電機工程系
蔡志宏教授（計畫顧問）發言



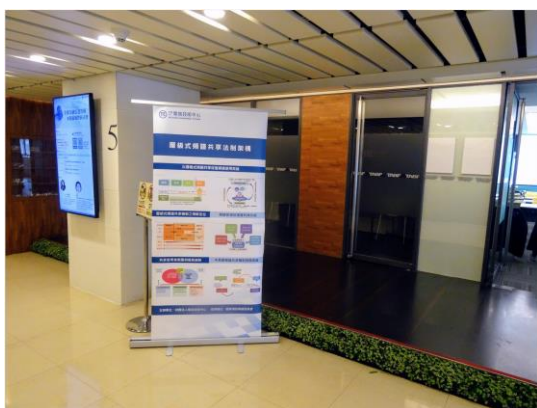
台灣大學電機工程系
張時中教授（共同主持人）發言



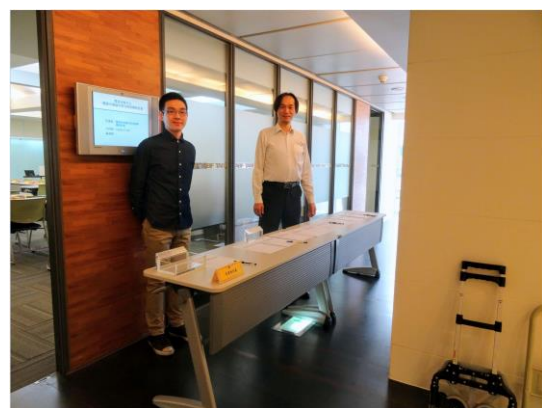
專家座談



與會貴賓



會場入口



報到接待處



會場佈置

附錄參、共享頻率管理規則草案總說明

各式行動寬頻服務推陳出新，行動通訊流量持續快速成長，無線電頻率之釋出已漸有不足。我國在行動寬頻頻率逐漸釋出後，在 1GHz 以下頻率資源已所剩無幾，未來需持續向 1GHz 以上高頻段發展，但高頻段的頻率有效利用仍有待技術突破發展。於此同時，行動網路、高畫質網路視訊 OTT 服務、雲端運算、物聯網等資通訊技術所帶來之多元產業價值創新，推升網路應用服務發展，行動通訊持續增加的頻率需求，將為頻率資源分配帶來新的挑戰。

各國通訊監理機關除陸續釋出更多的頻率外，亦展開提高頻率使用效率之研究，以因應未來行動寬頻需求趨勢。除重整並釋出專屬頻率資源外，為獲得更多可用頻率供應，歐美主要國家亦發展出頻率共享機制。

為確保我國行動寬頻長遠發展所需的頻率資源能充分供給，並與國際頻率應用趨勢接軌，我國展開頻率共享機制之研議及監理規範之擬定，充實我國頻率發展策略及技術法規。由於頻率共享機制之建立，係在特定頻段仍在既有使用者的前提下，利用可能的閒置機會以提升整體頻率效率，也因此增加可用頻率資源的同時，也必須妥善保障既有使用者之權益，增進頻率和諧使用。我國在電信管理法已明訂第 57 條作為法源，授權主管機關將同一頻率核配予二個以上使用者，並建立共享頻率資料庫、委託專業機關加以管理。

參酌國外主要機制之發展，有包含執照以及免執照使用之三層式架構，以及僅包含執照使用之二層式架構，雖然我國並無運作頻率共享機制之前例，且擁有頻率執照之電信業者數量亦有限，但考量頻率彈性化使用之趨勢以及保留未來促進新興服務發展之潛力，本規則規劃為三層架構，將共享使用者分為二個層級並區分優先權；二層級使用者皆需申請共享頻率核配許可，以利主管機關管理，並將共享使用者範圍與電信管理法上許可使用頻率之使用者範圍拉平。後參酌美國已擬定之共享規則規範，明確化既有使用者、共享使用者以及頻率共享資料庫、管理者各別之權利義務，以及頻率共享設備之基本運作規範。

在頻率共享機制之建立上，為了妥善維護既有使用者之權利，並有效利用頻率之間置機會，必須建立頻率共享資料庫以進行動態即時共享，並避免對既有使用者造成有害干擾，在此前提之下，本管理規則制定重點如下：

- 一、明訂法源依據、名詞定義、主管機關，包含共享機制下既有使用者、共享使用者、共享頻率及共享頻率資料庫（草案第一條至第三條）。
- 二、有關共享頻率分配原則，包含頻率、頻段及頻寬分配由主管機關公告，共享頻率核配許可之優先等級、頻率核配應注意地理區域或頻段連續性，為使頻率最大效益能夠發揮，爰明訂頻率分配得考量地理區域或頻率區塊之連續性，使同一業者在不同區域可取得相同頻率、或同一業者在同一區域可取得連續之複數頻率區塊，以提升頻率效率、無差別待遇原則等。
- 三、共享使用者之規範，包含基本條件、須經主管機關核准、共享使用者等級，使用者間干擾防止原則等。（草案第八條、第九條）
- 四、頻率共享資料庫以及管理者為頻率共享機制之核心，所有頻率共享設備都必須先與頻率共享資料庫通訊後才可運作，故須明訂其責任、義務以及與頻率共享設備之關連性。同時為了確保共享機制運作之穩定性，亦要求需確保資訊安全以及落實資料收集與保存義務，以及合理服務費用收取（草案第十條至第十七條）。
- 五、在頻率共享設備規範上，明訂設備需通過主管機關審驗，並須配合頻率管理資料庫之指示運作，共享設備必須能夠回報其所在位置之地理座標，提供服務前必須向頻率共享資料庫取得可用頻率及發射功率之資訊，也必須向資料庫註冊並傳送相關資訊以認證設備所屬共享使用者身份。最後共享設備亦需具備足夠的網路安全能力，以維護資料傳輸的完整、安全及穩定性。（草案第十八條至第二十條）

共享頻率管理規則草案

第一章 總 則	
第一條 本辦法依電信管理法（以下簡稱本法）第 57 條規定訂定之。	指定管理規則法源。
第二條 本辦法之主管機關為國家通訊傳播委員會。	指定主管機關。
第三條 本規則名詞定義如下： 既有頻率使用者：依據電信管理法第 57 條以外之規定，獲核配頻率使用權之人。 共享頻率使用者：依據本規則獲核配共享頻率使用權之人，包含第一級與第二級共享頻率使用者。 共享頻率：經主管機關公告，依本規則界定具共享使用之無線電頻率。 共享頻率設備：符合本規則要求，依據本規則使用頻率之設備。 共享頻率資料庫：經主管機關許	本規則相關名詞之定義。

可，依據本規則核配頻率予共享頻率使用者。 共享頻率資料庫管理者：負責管理共享頻率資料庫之人。	
第二章 共享頻率分配原則	
第四條 依據本規則許可共享頻率之頻段及頻寬分配，由主管機關公告之。	並非所有無線電頻段均可適用於共享機制，不同頻段有不同保護之需求，因此特定頻段之開放應由主管機關另行公告之。
第五條 共享頻率使用者申請使用共享頻率，應先向主管機關申請共享頻率核配許可，並向經主管機關認可之共享頻率資料庫申請核配頻率。 共享頻率使用者應依共享頻率資料庫提供之資訊使用頻率。	由於頻率共享機制之頻率使用並非由主管機關直接核配，而係委由共享頻率資料庫動態核配，因此使用者應先向主管機關申請共享頻率核配許可，再向資料庫申請核配頻率。 頻率共享機制中，由共享頻率資料庫實際負責頻率管理，故使用者應依資料庫提供之資訊使用頻譜。

第六條 共享頻率核配許可依據核配之優先順序，分為優先核配許可及一般核配許可。 電信事業可申請優先核配許可及一般核配許可，其他共享頻率使用者可申請一般核配許可。	參酌美國 CBRS 架構，共享頻率之用途應兼顧寬頻補充與新興服務用途，故設計具優先權設計之三層式架構。 由於我國具備頻率使用能力之電信業者數量有限，擬直接許可電信業者選擇申請優先或一般核配許可；其他類型使用者僅能申請一般核配許可。
第七條 共享頻率之核配，應考量地理區域或是頻段的連續性，以提升頻率使用效率。 共享頻率之核配，除依前條及第三章規定外，應遵守無差別待遇原則。	為提升頻率使用效益，於核配頻率時應盡可能考量地理區域或是頻段的連續性，使共享頻率使用者能盡可能充分利用共享頻率。 除依共享頻率核配許可之優先權規範外，頻率核配應遵守無差別待遇原則。

第三章 共享頻率使用者	
第八條 符合以下條件者得向主管機關申請使用共享頻率核配許可。 一、依電信管理法取得頻率執照之電信事業。 二、依電信管理法取得頻率使用權之電信事業。 三、依電信管理法有關無線電頻率用途規定申請使用頻率，經主管機關許可之自然人或法人。	由於我國取得頻率執照之電信業者數量不多，且此類業者在使用頻率之能力均相對較高，擬直接例示為具備之資格。 其他依電信管理法取得頻率使用權或有需求使用頻率用途（例：實驗、公益用途、專用電信等）之自然人或法人，亦可考量開放申請使用共享頻率。
第九條 共享頻率使用者依據第六條之核配許可，區分為第一級共享頻率使用者及第二級共享頻率使用者。 一、取得優先核配許可者，為第一級共享頻率使用者； 二、取得一般核配許可者，為第二級共享頻率使用者。 第一級共享頻率使用者依據優先核配許可記載之時間、地理區域、頻率、頻段及頻寬，向共享頻率資料庫申請優先核配使用共享頻率。	規範共享頻率之許可及不同層級使用者之優先權。

第二級共享頻率使用者依據一般核配許可，向共享頻率資料庫申請核配使用共享頻率。 第二級共享頻率使用者不得對既有使用者及第一級共享頻率使用者造成有害干擾，且不得要求任何干擾保護。 第二級共享頻率使用者之間應和諧共用共享頻率。	
第四章 共享頻率資料庫之管理	
第十條 共享頻率資料庫應經主管機關許可，提供共享頻率使用者以下資訊： 一、 共享頻率資料庫管理者制定之營運政策與作業流程。 二、 確定並向共享頻率設備提供其所在位置之可用頻率與最大允許發射功率。 三、 註冊和認證共享頻率設備之識別資訊與位置。 四、 主管機關指示之頻率管理事項。	頻率共享機制之運作核心為頻率共享資料庫，負責頻率之分配與管理，故資料庫之設立與運作，需由主管機關加以審核與許可。 由於共享使用者必須依據資料庫提供之資訊使用頻率，故參酌美國 CBRS 與歐盟 LSA 共享機制之規範，歸納並擬定頻率共享資料庫所應提供之資訊。

第十一條 共享頻率資料庫管理者經主管機關指定及委任，處理共享頻率事務。 共享頻率資料庫管理者應負擔以下責任： 一、維護並定期更新主要共享頻率資料庫之軟硬體設備及內容。 二、確保共享頻率使用者之服務穩定性。 三、確保共享頻率資料庫之運作符合主管機關公佈之規範。 四、依據主管機關指示確認、更正或刪除共享頻率資料庫之資訊。 共享頻率資料庫管理者應為以下事項建立標準作業程序。 一、共享頻率干擾問題之申訴及處理。 二、向主管機關不定期（至少每日一次）更新共享頻率設備管理資訊。 三、與其他經主管機關許可之共享頻率資料庫進行資料共享與協調合作，避免頻率指配衝突，促進頻率和諧使用。	資料庫管理者負責營運資料庫，並需配合主管機關政策與規範，維護頻率共享機制之穩定，促進頻率和諧使用，故參酌美國與歐盟之相關規範，擬定資料庫管理者之負擔責任。 資料庫管理者為提供服務，應建立標準作業程序以處理使用者問題、資料共享、及接受主管機關監督。
---	---

第十二條 資訊安全 一、 共享頻率資料庫管理者應建立資料傳輸安全作業流程，確保共享頻率使用者、資料庫與設備間所有通訊與資訊傳輸之正確與安全。 二、 共享頻率資料庫管理者應建立資訊安全機制，確保共享頻率資料庫與設備間通訊之正確與安全，未得許可不得任意存取、訪問或更改共享頻率資料庫發送至各共享頻率設備之資訊。 三、 各共享頻率資料庫間、各共享頻率設備與各資料庫間、各共享頻率設備間之通訊必須確保安全。 四、 共享頻率資料管理者須確保其管理之共享頻率資料庫免受未經許可資訊入侵，及未經許可之資訊更動。 五、 共享頻率資料庫必須驗證共享頻率設備提供的識別資訊是否用於經認證的設備，並且不得向未經認證的設備提供服務。 六、 共享頻率資料庫管理者應確保未	頻率共享機制之資料庫與設備之間均需透過網路連接，為了確保頻率分配的穩定、資料庫資訊的正確性，避免不當的存取及竄改，必須確保所有通訊的安全性。 除規範連線與通訊的安全性外，資料庫亦需針對連線設備進行識別，未經認證之設備不得使用，以維護機制之穩定與安全。
---	---

經授權不得取得任何有關共享頻率機制之運作資訊。	
第十三條 資訊之收集與保留 一、 共享頻率資料庫應保留已註冊之共享頻率設備資訊及既有頻率使用者註冊之設備資訊。 二、 共享頻率資料庫管理者應提供必要的資訊，以有效地協調其他管理者與共享頻率設備間之操作。 三、 非經主管機關許可，各共享頻率資料庫管理者不得對外揭露任何有關共享頻率設備之註冊資訊，且應保密該設備使用人身份。 四、 共享頻率資料庫管理者操作紀錄為時至少 6 個月。 五、 當共享頻率資料庫不再繼續提供服務時，共享頻率資料庫管理者應將資料庫中之相關資訊完整、正確、安全地傳輸至其他經主管機關許可及指定之資料庫，經主管機關確認後，刪除所有委任期間取得之資訊。	明訂資料庫應予以收集及保留之資訊，並規範資訊保留的期間。

第十四條 設備之註冊與授權 一、 共享頻率設備必須向共享頻率資料庫註冊、認證並取得許可授權。 二、 共享頻率設備之識別資訊，須經共享頻率資料庫驗證是否有效，確定有效後，該設備始得提供服務。有效的識別資訊以及經許可之設備列表由主管機關提供。 三、 共享頻率資料庫不得授權共享頻率設備在未經許可之地理區域內使用。 四、 各共享頻率資料庫之許可地理區域劃分應保持一致。	為妥善管理頻率共享之範圍，共享設備亦需向資料庫註冊，並提供識別資訊以確認身份及是否通過審驗。 為維護既有使用者之權利，資料庫可授權之區域設有限制，且所有資料庫均需保持資料與主管機關同步。
第十五條 （資料正確性） 一、 為確保頻率分配之效率，共享頻率資料庫管理者必須確認共享頻率設備所在地之可用與適當的頻段。 二、 為了確保前項資訊之精確性，共享頻率資料庫得使用周邊區域其他共享頻率設備之位置、許可狀態和操作參數、及其他共享頻率資料庫之資訊，以確保頻率有效利用。	明訂頻率共享機制之保持資料正確性之責任，並得利用共享頻率設備所收集之資訊（如 crowd sourcing），輔助確保資料正確性。

三、 共享頻率資料庫必須確認特定頻段在特定區域內之可用性。	
第十六條 （干擾之處理） 共享頻率資料庫於共享頻率設備所在位置之運作期間內，有保護既有頻率使用者在該設備涵蓋範圍內免受有害干擾之責任。 一、 既有頻率使用者或共享頻率使用者受到有害干擾時，得通知共享頻率資料庫。 二、 共享頻率資料庫接獲前項通知，應立即確認共享頻率使用者及頻率使用狀況。若確認干擾為共享頻率使用者造成，共享頻率資料庫應立即協調處理之。 三、 共享頻率資料庫無法處理前項問題時，應即通知主管機關。 四、 有害干擾來自於頻率共享機制以外之因素時，共享頻率資料庫應即通知主管機關。	共享頻率資料庫需保護既有使用者及維護共享頻率之和諧使用，故應扮演一定之處理干擾角色。若無法協調或干擾源來自共享機制之外，亦應通知主管機關並協助處理。

第十七條 費用 共享頻率資料庫管理者可向使用其服務之共享使用者收取合理服務費用。 前項服務費用應經主管機關審核通過。	明訂頻率共享資料庫服務可收取合理服務費用。
第五章 設備規範	
第十八條 頻率共享設備應經主管機關審驗通過，並向主管機關登錄識別資訊。	共享設備屬於射頻管制器材，需經審驗合格。
第十九條 一般規範 一、 共享頻率設備必須能夠確認其所在位置座標，並應於設備首次啟動時，即時通知共享頻率資料庫。 二、 共享頻率設備應能即時自我定位，並即時將更新之定位資訊通知共享頻率資料庫。 三、 共享頻率設備須能由共享頻率資料庫核配之頻率進行雙向通訊。在初始服務傳輸之前，共享頻率設備必須向頻共享譜資料庫註冊並取得共享頻率使用資訊。 四、 共享頻率設備須向共享頻率資料	明訂頻率共享設備運作時所應遵守之基本規範，以維持機制運作穩定。

庫提供必要之完整與正確資訊。當該資訊改變時，應於 60 秒內通知共享頻率資料庫。 五、 共享頻率設備應僅能運作於共享頻率資料庫許可最大功率水平以下。 六、 共享頻率設備應接收並遵守共享頻率資料庫提供之功率限制和核配頻率。當共享頻率資料庫更動前揭指示時，共享頻率設備必須停止傳輸、移動到另一指定頻率、或者在 60 秒內更動其功率。 七、 在接收共享頻率資料庫之資訊後，共享頻率設備必須通知共享頻率資料庫有關其使用頻率和相鄰頻率的接收信號強度、信號傳輸錯誤率或其他相關干擾資訊。 八、 在接收共享頻率資料庫核配一定範圍的可用頻率或頻道的共享頻率設備，必須即時通知共享頻率資料庫其所使用之頻率。 九、 共享頻率設備應具有足夠的安全性，以確保與共享頻率資料庫、其他共享頻率設備與用戶端設備間	
---	--

之通訊安全。 十、 共享頻率設備應僅能與經主管機關許可之共享頻率資料庫通訊。 十一、 共享頻率設備與用戶端設備必須符合主管機關的安全性要求。	
第六章 附則	
第二十條 經主管機關許可之共享頻譜資料庫名單，由主管機關公告之。	明訂由主管機關需公告合格共享頻率資料庫名單。

附錄肆、ViSSA 頻譜共享接取實驗平臺

一、實驗與展示需求概述

為了探討各種頻譜共享情境下各使用者能否和諧共用，本研究以各項研究成果為基礎[ZHC17,CCT17]，規劃實驗情境與進行驗證測試。依據參訪經驗及文獻探討，先行規劃實驗平臺雛形，以需執照頻段共享接取之各類示範應用情境為主（因免執照頻段接取技術實驗平臺尚未有設備裝置可測試）。綜合各類示範應用情境，據以設計出便於展示相關功能與機制之實驗平臺，此雛形將先進行概念性驗證，以精簡正規檢測平臺之建置成本。在本計畫執行期間，本研究經參考國際最新規範，設計頻譜共享測試個案，並利用核心網路模擬器、小細胞基地臺、頻率管理資料庫、管理控制器與感測節點等相應之評估及分析工具，以各測試個案進行頻譜共享方法與相關技術之驗證。

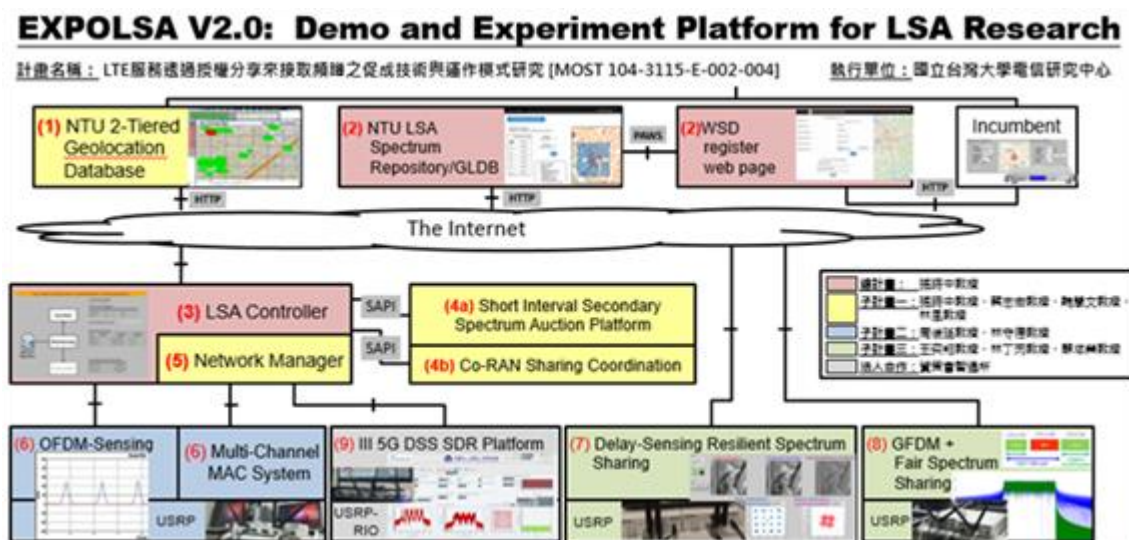
由於各項實驗設備單價高，取得困難。因此本案採用合作之『ViSSA 頻譜共享接取實驗平臺』，進行相關研究與分析。其中，臺灣大學主要研究頻譜共享資料庫與各種演算法及感測技術等[ZHC17,CCT17]。中山大學海工館的行動寬頻示範教學實驗室(海 C2013)主要提供其實驗室之行動寬頻設備包括核心網路到用戶終端等。實驗平臺當中頻譜管理資料庫操作與使用者介面，則由電信技術中心扮演第三方單位之功能角色。

二、台大動態頻譜接取實驗室-EXPOLSA 3.0

本實驗室係整合運用科技部補助「LTE 服務透過授權分享來接取頻譜之促成技術與運作模式研究」三年期計畫下，LTE 服務使用授權頻譜分享(LSA)之研究之成果平台 EXPOLSA3.0。該計畫目標為促成頻譜執照擁有者將未使用或低度使用的頻段供 LTE 服務提供者來分享使用，並維持一定的服務品質。重點為 LSA 促

成技術的研究，包括：動態頻譜感測、以感測為基礎的傳輸與接取、可用 LSA 資料庫，及作業模式與機制設計等之研究，其研究實驗建構之平台稱為 EXPOLSA。

計畫第一年裡 EXPOLSA 1.0 版（手動操作）與第二年 2.0 版（自動化控制）[CCT17]，如下圖所示。



本次 ViSSA 頻譜共享接取實驗平臺將從 EXPOLSA 3.0 實驗平臺裡所開發的 LSA 控制器與資料庫，如上圖(2)(3)處，以及工研院之 Small Cell 來進行本研究設計情境之概念驗證(POC)。

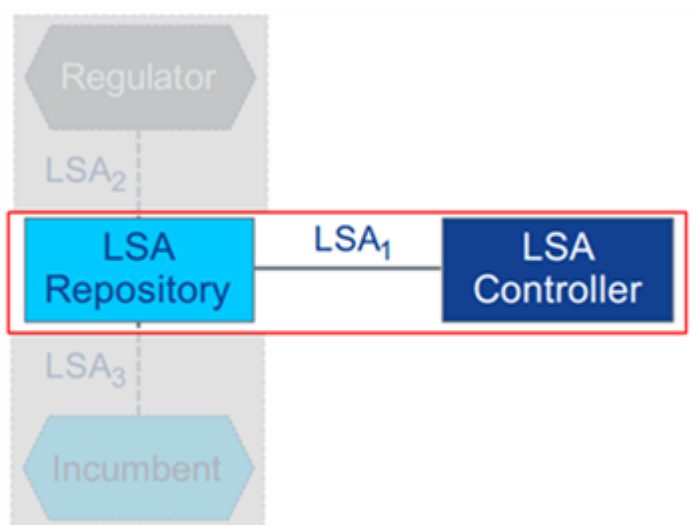
在第三年計畫 EXPOLSA3.0 裡，主要規劃在新增硬體設備以及遵從國際的規範建置在 EXPOLSA2.0 之上，其遵從的規範以及新增的設備如下：

- 根據 ETSI 制定的 TS 103 379[ETS17]的規範，建置遵從 TS103 379 的 LSA 控制器與 LSA 資料庫的介面
- 新增工研院 ITRI LTE Small Cell 硬體設備，讓其運用在 EXPOLSA3.0 之實驗平臺上

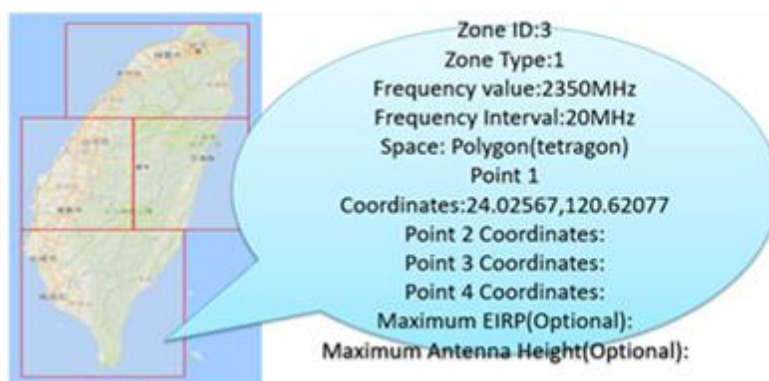
(一) 建置LSA₁展示介面

本研究根據 ETSI 在 2017 年 1 月公開的 TS 103 379[ETS17]規範來建置 LSA 控制器與 LSA 資料庫溝通之間需遵從的資料格式，如下圖標示LSA₁處[YAM15]，透過 LSRAI 中規定的資料型態 Zone 溝通，同時運用週期性的同步來掌握每時每分

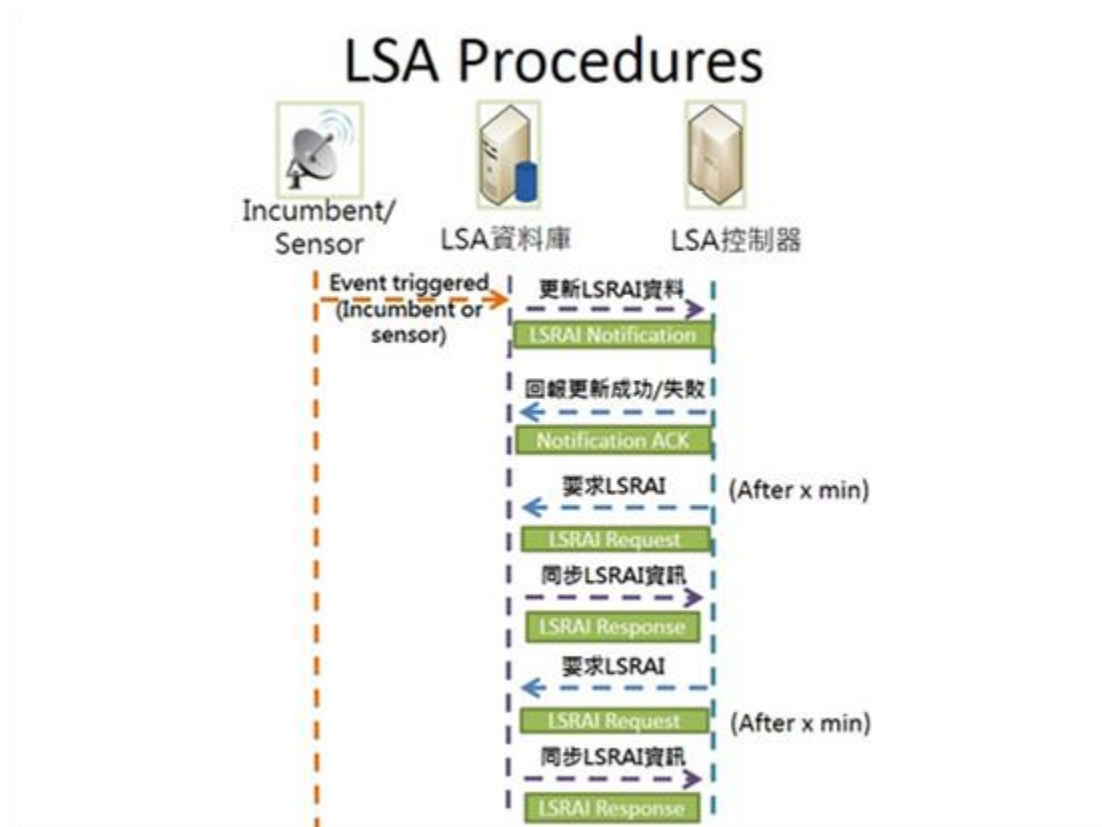
環境、裝置，來及時作出動作，保障主要使用者的頻譜使用權，同時盡量滿足次級用戶所需的頻譜分配。



如下圖所示，LSRAI 中規定的資料型態 Zone 包含下列資訊: 識別碼、型態、頻率、以及空間位置資訊、裝置資訊…等等，在我們的實驗平台中假定把整個地區分為四個 Zone 分別位於東、南、西、北，每一個 Zone 現在的狀況都可以從 Zone 型態觀察到，當一個 Zone 由主要使用者或次級使用者使用時，Zone 的型態會不同，我們的系統主要就使用 Zone 狀態來管控。



LSRAI 中最具特色的一點就是在更新資料庫以及控制器之間的資訊時使用周期性同步的方法，而周期性同步的順序如下圖所示，除了更新資料庫時通知控制器更新以外，在一定的週期當中兩邊也會持續的同步資訊，同步的資料格式以及步驟同樣依照 LSRAI 中的規定。



相較於一來一回的操作式系統，LSA 的周期同步方法可以有效的修正錯誤的系統資訊，在一來一回系統中只要其中一方系統在接收資訊時發生錯誤可能連帶造成後續的蝴蝶效應，但是在 LSA 系統中，如果發生錯誤的話，在下一個同步周期就可以修正之前的錯誤，因此在系統的穩定性上較指令式系統優良許多。

(二) LTE 小細胞網路/通道感測設備

台灣大學動態頻譜接取實驗室架設有由 USRP 配合軟體所構築出的通道訊號感測器，用來模擬 incumbent 的 SFE100 TEST transmitter，以及 Small cell 由 EPC(架設於 linux 系統)，eNodeB 以及兩個 UE 所構成，負責模擬出次級用戶使用通道的情況。如下圖所示。

訊號感測器



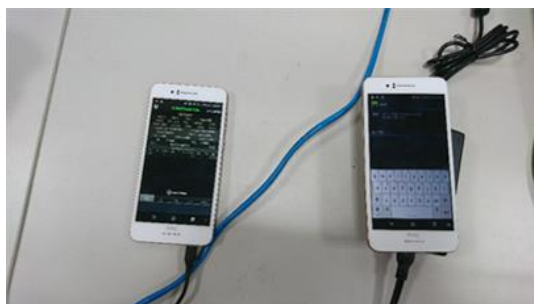
SFE100 TEST transmitter



Small cell



UE (HTC Desire 728)

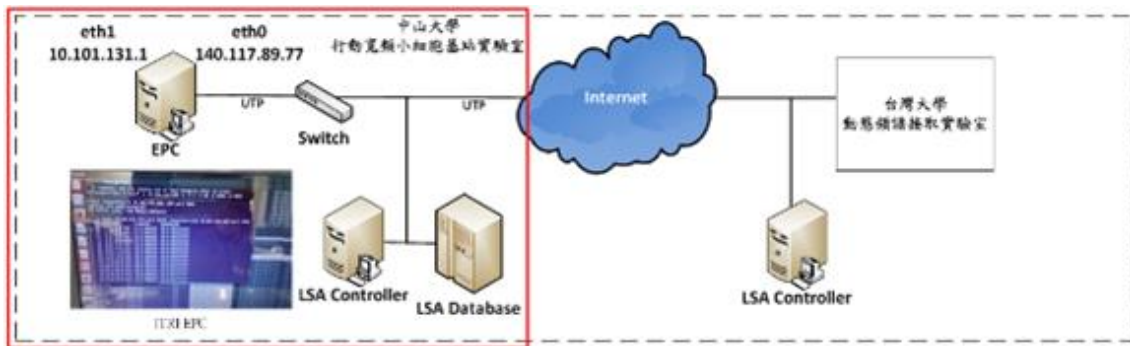


EPC 系統



三、中山大學行動寬頻示範教學實驗室-LTE 小細胞網路

本研究使用在中山大學海工館的行動寬頻示範教學實驗室（海 C2013）建置 LTE-Small Cell 測試場域，除原有之 LTE EPC、LTE 小細胞基站、具有完整信息分析與可錄製的測試終端(UE)、測試終端後台、測試分析軟體、網路頻譜分析儀外，新建置了一台 LSA Controller 主機與 Database，用來紀錄與控制 eNB 正在使用的頻段與釋放的頻段 LSA Controller 包含頻譜與資料庫系統，並與台灣大學的 Controller 之間互連，如下圖所示。

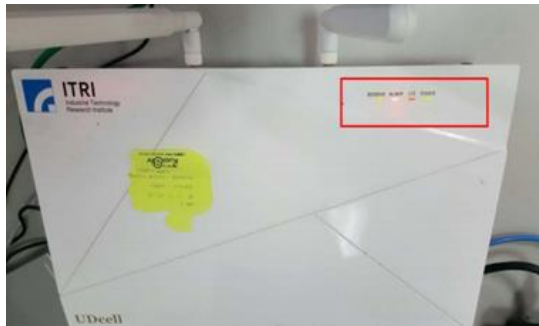


EPC 內有兩張網卡分別為 eth0 和 eth1，eth0 負責連到 Internet (public IP)以及 eth1 負責跟 eNB 溝通(private IP)，EPC 的 eth0 連到中山大學機房再連上 Internet，而 EPC 的 eth1 連到一台 Hub，再由 Hub 連接兩台 eNB，測試用的 UE 必須是具有 TDD Band 40 功能的手機，且需要工研院所提供特製的 SIM 卡才能跟 eNB 連線。

小細胞基站使用當前頻段持續傳送訊息，當既有使用者通知頻譜資料庫要求取回頻段使用權，資料庫借由 LSRAI 通知次級用戶控制器，控制器使用頻譜參數兩個狀態 0 或 1 (使用中與未使用狀態)通知 EPC 連接資料庫取得參數，再根據兩個控制狀態的參數，最後連接小基站做存取控制(軟體重啟)，以完成使用頻段的迴避。

主要使用設備如下圖所示。

Small Cell 1



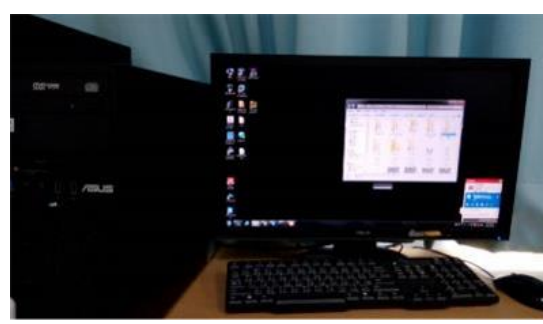
Small Cell 2



EPC 系統



LSA Controller 主機



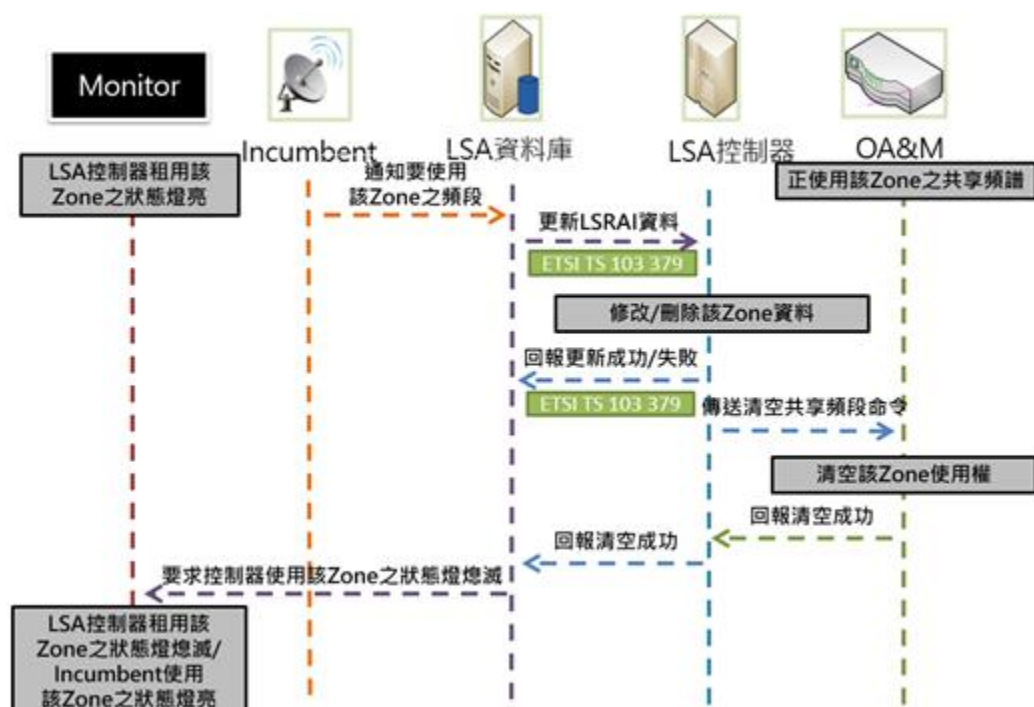
UE(HTC Desire 728)



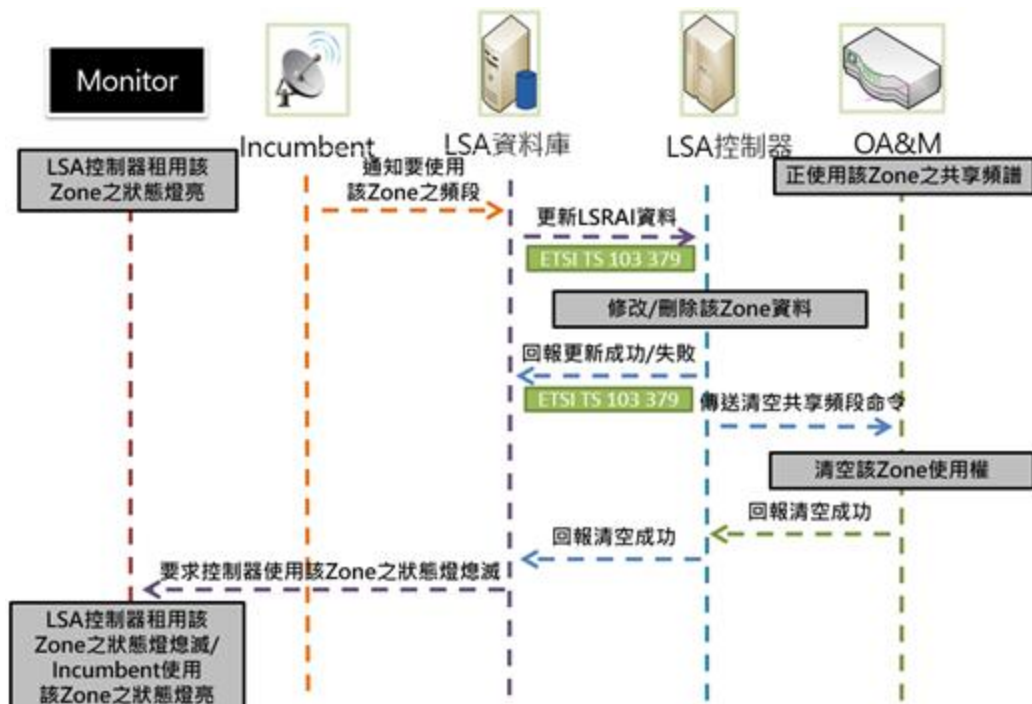
四、情境展示

我們的頻譜共享接取實驗平臺系統功能，可以由兩個情境展示，分別為情境一、主使用者主動更新資料庫的頻譜清空，以及情境二、藉由感測器感測主要使用者訊號的頻譜清空，接下來逐一介紹兩種情況。

情境一：當主要使用者需要收回頻譜的時候，主動的到資料庫去更新 Zone 資訊，當資料庫得到了新的 Zone 資訊後同步控制器，控制器更新資料後依據新的頻譜資料作出反應，在這裡控制器發現 Zone 改為保護主要使用者使用，於是通知底下的次級使用者收回頻段，當次及使用者收回頻段後，控制器更新收回頻段的資訊，最後在同步資料庫完成情境一。如下圖所示。



情境二：與情境一主要的差別在於，在情境二當中主要使用者不會在主動的通知資料庫改變 Zone 的資訊，取而代之的是直接打開訊號，這種狀況通常發生在緊急狀況或是主要使用者不想公開資訊時，這時因為主要使用者沒有主動通知，所以變為我們的感測器偵測到主要使用者的訊號之後通知資料庫，後續的資料同步以及過程都如情境一的後面相同。如下圖所示。



五、系統架構設計與連結介面

(一) 系統場景

1、 中山大學 (Zone3) 情境一：依 LSA 資料庫來執行清空與重啟共享頻段

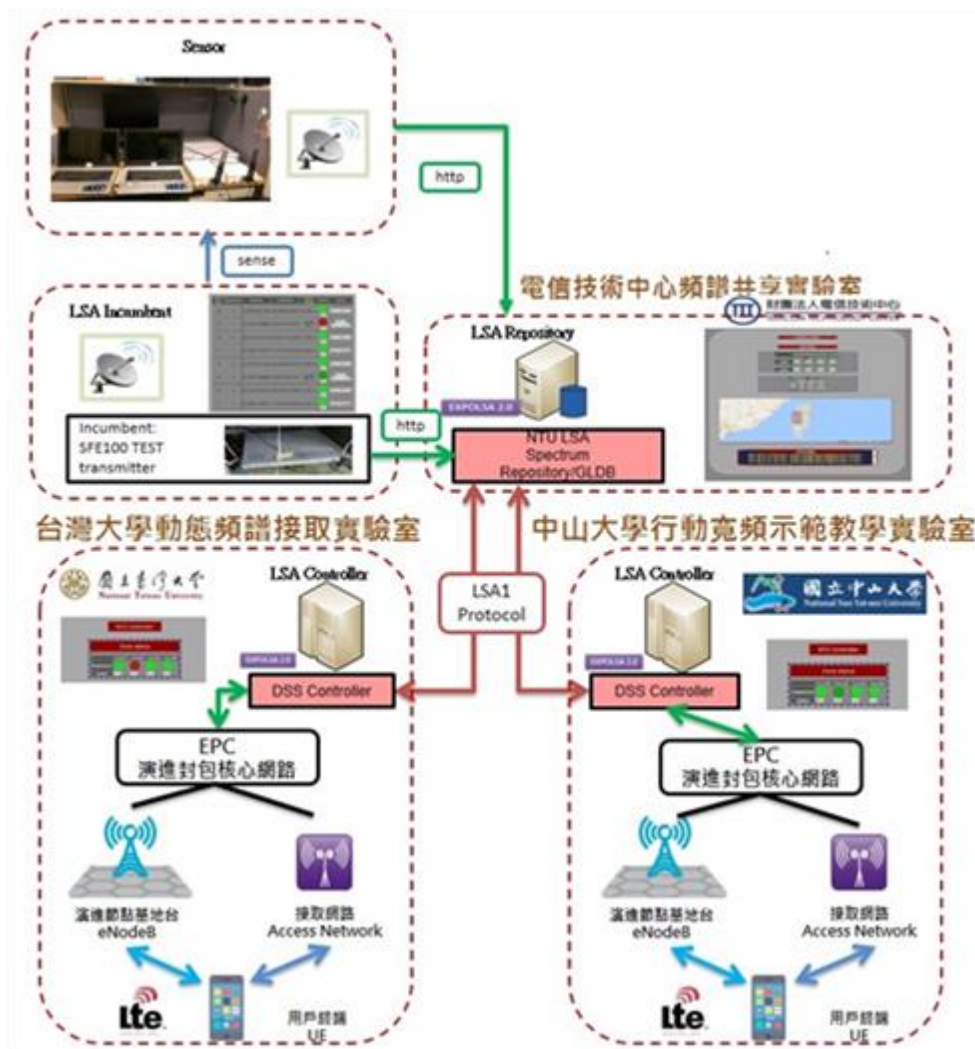
- 小細胞持續傳送訊息
- 既有使用者通知資料庫取回使用權
- 資料庫借由 LSRAI 通知次級用戶控制器
- 控制器通知 Small Cell 管理系統完成迴避

2、 台灣大學 (Zone1) 情境二：依頻譜感測器來執行清空共享頻段

- 小細胞持續傳送訊息
- 既有使用者在未通知資料庫狀態下傳輸訊息
- 感測器接收訊息並分析，確認既有使用者使用
- 感測器通知資料庫取回使用權
- 資料庫借由 LSRAI 通知次級用戶控制器
- 控制器通知 Small Cell 管理系統完成迴避

(二) 系統總體架構

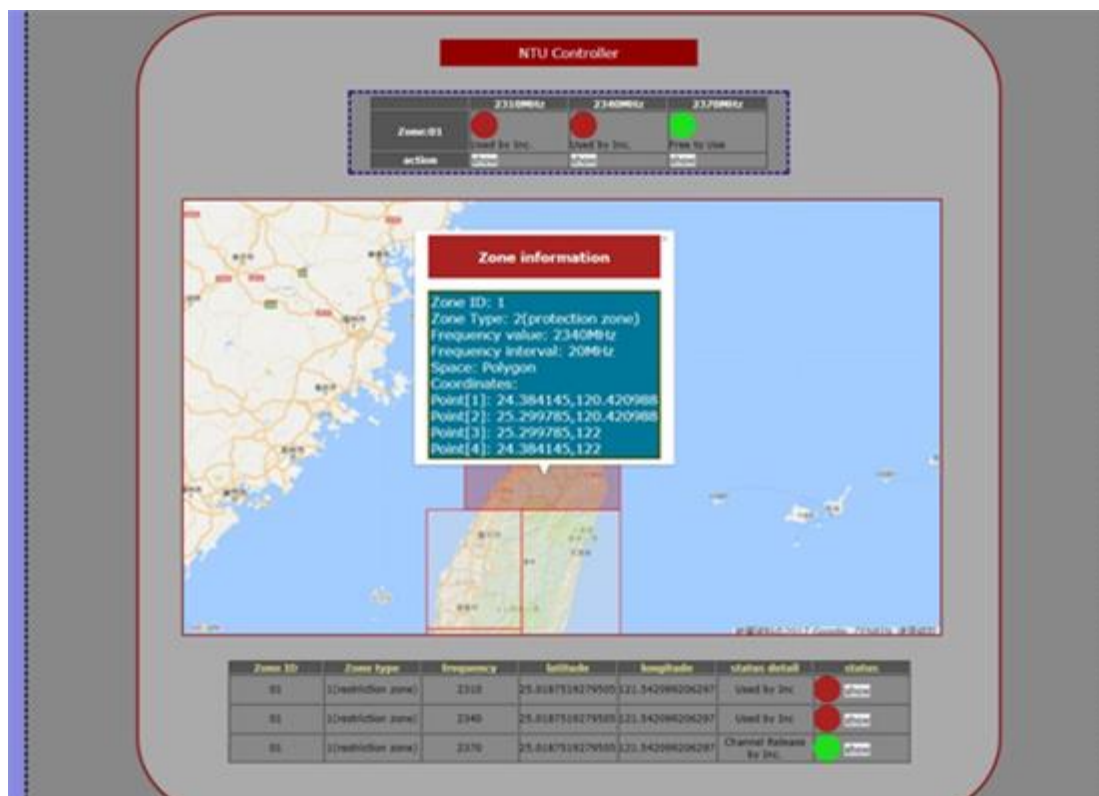
我們的 ViSSA 平台架構設計如下圖所示，主要的角色有 5 個分別為，LSA 資料庫、LSA 控制器(次要使用者)、主要使用者、感測器、以及中央監控器。



本研究使用可以打出 OFDM 訊號的 SFE100 TEST transmitter 來扮演主要使用者，並直接由主要使用者頁面所控制。感測器的部分使用 USRP 來模擬接收運用接收 OFDM 訊號的特徵來偵測主要使用者。次級次使用者的部分有完整的 EPC、基地台以及手機，這些設備可以跟 LSA 控制器連接來接收指令來滿足我們系統的需求。LSA 控制器則依照 LSRAI 與資料庫相連周期性的同步資訊，而我們的中央監控器，直接從資料庫讀出現在各個 Zone 的情況顯示於網頁之上。

(三) 連結介面說明

我們的 ViSSA 平台系統主要介面有三個，分別為 LSA 控制器面板、主要使用者控制面板以及監控面板，三個介面都是使用帳號密碼來登入的，所以可以保障個別的隱私，而每一個介面都只能看到自己權力內的資訊和一些操作。



在 LSA 控制面板（上圖）主要有三個部分，分別為：

- 狀態燈號顯示面板

這個面板使用圖型化顯示出現的各個 Zone 處於甚麼狀態，可以很容易的看出現在的狀況，綠燈的部分代表頻譜可以使用但閒置、藍燈的部分代表頻譜可以使用而次級使用者正在使用該頻段、黃燈的部分代表主要使用者已經收回頻段而次要使用者正在退出、紅燈的部分代表主要使用者已經收回頻段而次要使用者已經退出該頻段，同時在燈號下面有一個按鈕可以讓 Zone 的詳細資訊顯示於地圖之上。

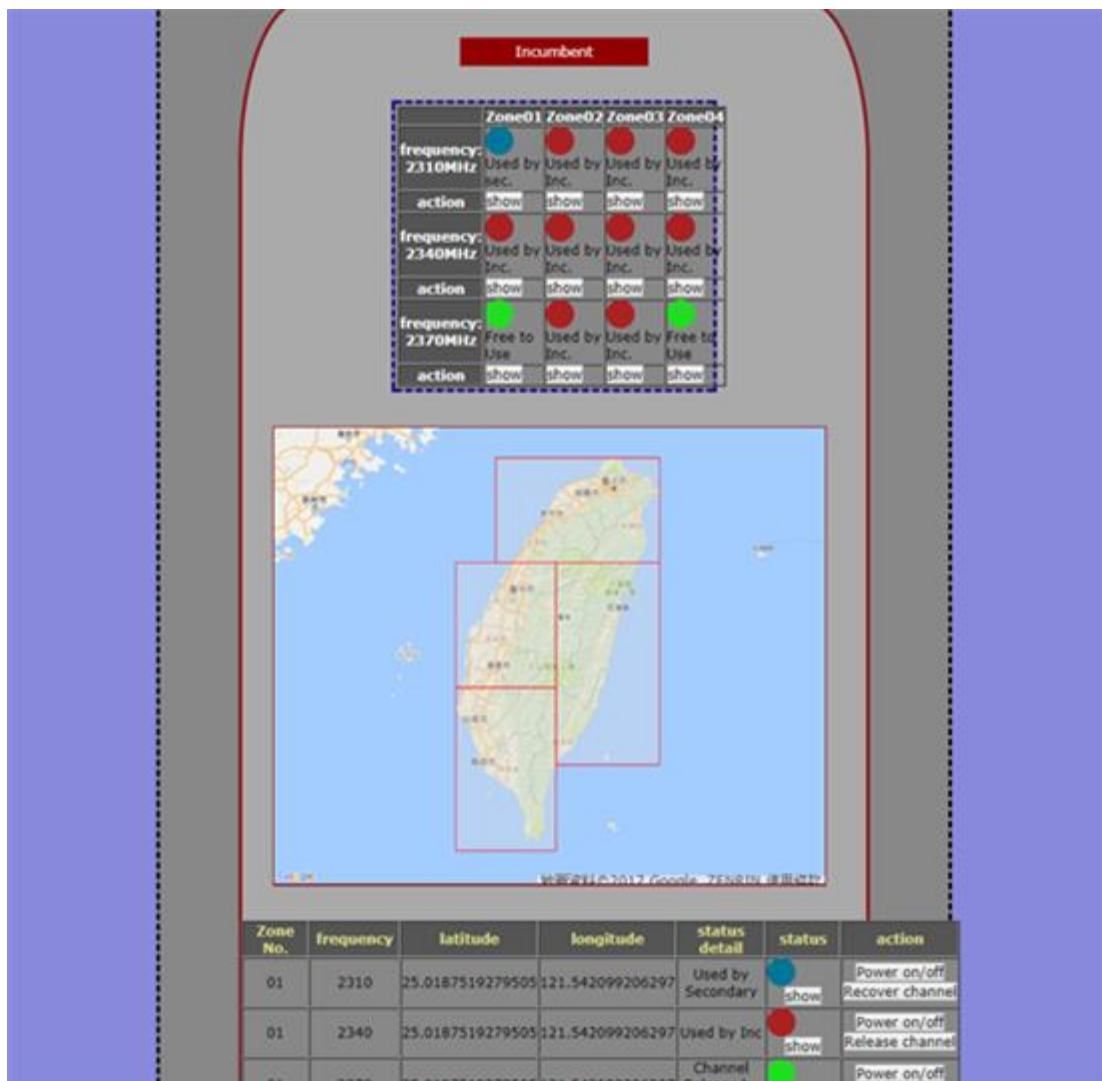
- 地圖

在地圖上可以很明確的顯示出各個 Zone 的位置以及地圖分割，當按下狀態面板的按鈕後可以顯示出更完整的 Zone 資訊包括:識別碼、狀態、頻率狀態、以及 Zone 分割的詳細資訊，在地圖上也會直接對照狀態顯示燈號變色，可以讓使用者更容易的看出現在系統的狀態。

- 狀態表格

直接把目前 Zone 的資訊以表格的方式呈現裡面包含一些較為詳細的資訊，可以直接看出現在各個 Zone 的狀態，而在控制器中只會顯示自己有權力租用的 Zone 資訊。

此外，為了讓使用者可以更好的觀察到資料的流動，所以在主要使用者收放頻譜的時候都可以利用這個介面，看到控制器對所連結設備傳遞的資訊指令。



主要使用者控制面板（上圖）亦由三個部分組成，分別為：

- 狀態燈號顯示面板

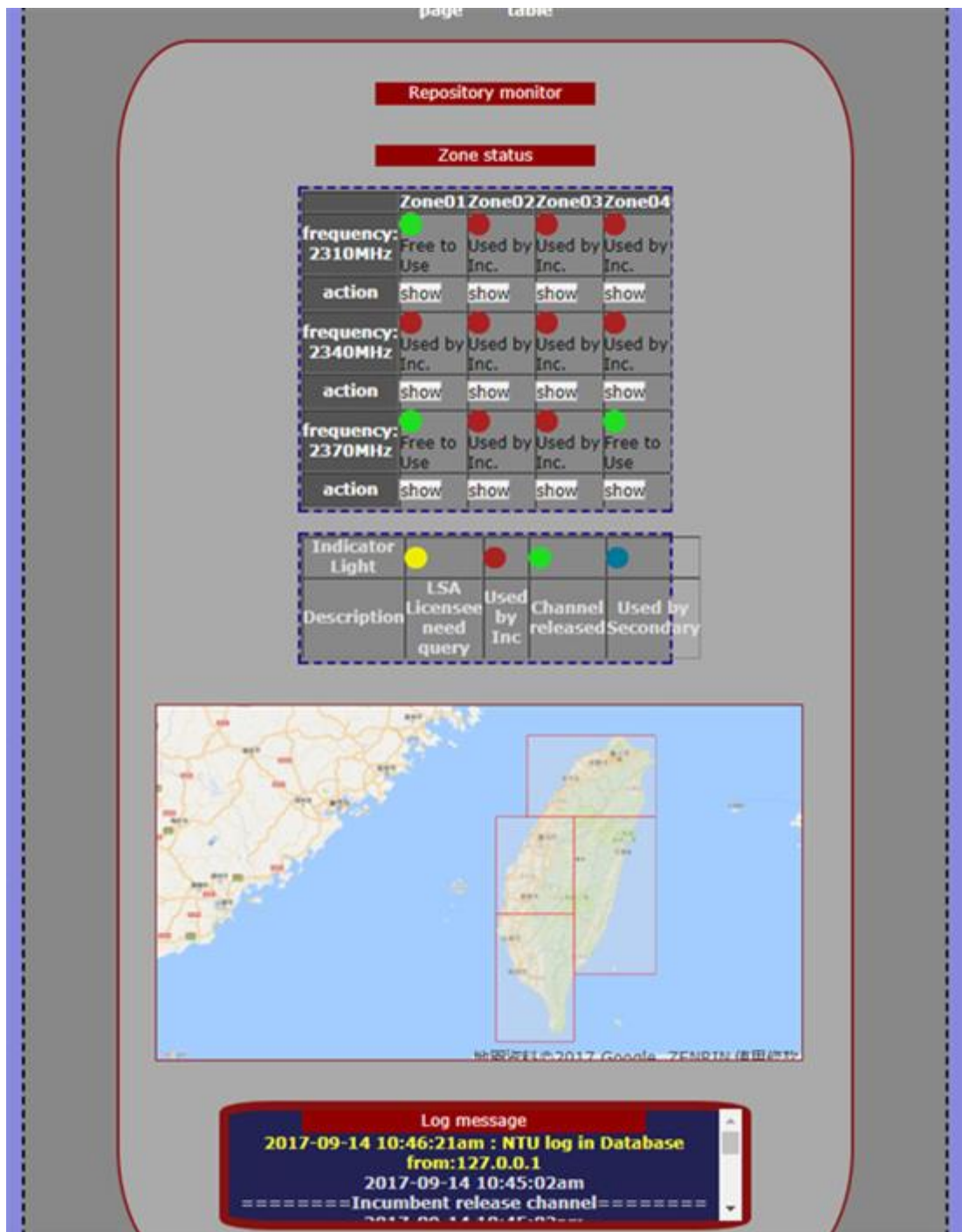
這個面板更上述的控制器面板一樣都會顯示 Zone 現在的狀態以不同顏色的燈號表示。

- 地圖

一樣在按下狀態燈面板後會顯示出詳細的資訊。

- 狀態表格

除了如控制器面板顯示出現在 Zone 的狀態以外還可以下指令收回頻段跟控制自己的訊號產生器的開關，指令有非常單純的兩種，分別為在次級使用者使用時召回頻譜，當召回頻譜按鈕按下時會直接通知資料庫更新狀態，而控制器也會在同步時接收到狀態改變的指令作出動作，另外一個就是釋放出頻譜的使用權力，這邊就是很單純的通知資料庫頻譜釋出而接下來次級使用者可以自由的選擇要不要使用。



上圖為監控者面板，三個主要部份為：

- 狀態燈號顯示面板

這個面板更上述的控制器面板一樣都會顯示 Zone 現在的狀態以不同顏色

的燈號表示，在監控者面板中會顯示出所有 Zone 資訊的資料。

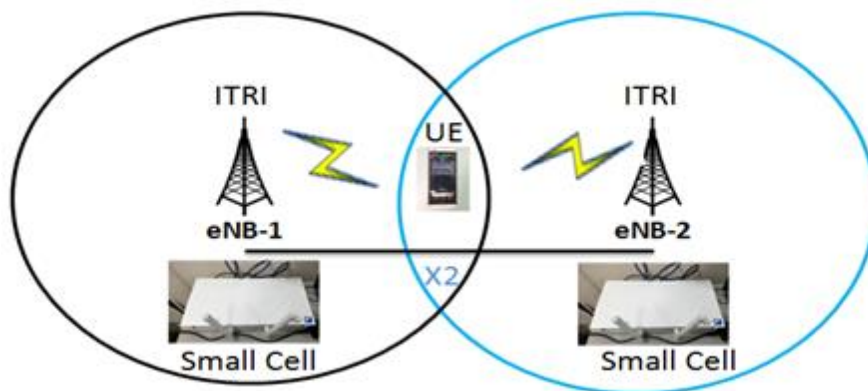
- 地圖

一樣在按下狀態燈面板後會顯示出詳細的資訊。

- 資料流顯示面板

這個面板可以顯示出 LSRAI 的各個資料交換時的資料和詳細資訊，因為這個是監控者面板所以不管是主要使用者對資料庫、次要使用者對資料庫或是各個使用者的系統登入資訊都會在這個面板顯示，裡面也有顯示詳細的時間資訊以及資料流，可以完整的觀察出 LSRAI 的運作。

六、同、異質無線網路於頻譜共享情境下共存之干擾評估



如上圖所示，首先在 LSA 測試中，LTE 小細胞基站是使用不同 Band 來避開彼此干擾，但是當兩台 Small Cell 訊號如果彼此覆蓋範圍太大，還是會影響使用者 (UE) 的訊號強度 (RSRP) 與訊號品質 (RSRQ)，我們透過工研院 (ITRI) 提供的兩台 Small Cell 進行測試，調整兩台 Small Cell 發射功率，來調整重疊區域，透過 X2 介

面進行 2 台 Small Cell eNB 之間的溝通橋樑，使用手機 App 量測相關參數，例如訊雜比(SNR)。

此外，在 LTE 小細胞基站與 WiFi 的共存效能測試中，我們規劃四個干擾測試 Models，Model 1 為單一一台 eNB (使用 2.3GHz 的一個頻段)，Model 2 為兩台 eNB (使用 2.3GHz 的不同頻段)，Model 3 為兩台 eNB (使用 2.3GHz 的相同頻段)，Model 4 為一台 eNB (使用 2.3GHz 的頻段)與一台 WiFi (使用 2.4GHz)。

我們主要是使用 iperf 來進行測試，配合不同的 Modulation，因此可以提供不同的 Data Rate，我們分別在四種模式中量測 Throughput、Packet Loss Ratio、Jitter。

測試的方式是我們使用 DL MCS Index 16 (16QAM)為例，將 Data Rate 從 10Mbps、20Mbps、30Mbps 漸漸提高，當逼近頻寬容量時，會開始產生 Packet Loss 現象，我們就可以估測此值大概是 Bandwidth Capacity 的最大值。

我們在設定 MCS 時，首先在 eNB 系統與 EPC 建立連線後，在 agent 底下有個 testmcs，執行後可選擇 TM 3 的模式與設定 DL 與 UL 參數。

在設定 TM3 時，我們透過 1x2 MIMO 模式傳送不同的 Data Streams，以達到更高的 Data Rate。(如下表所示)

表：LTE Transmission Models

Transmission modes in LTE Release 9		
Transmission modes	Description	Comment
1	Single transmit antenna	single antenna port; port 0
2	Transmit diversity	2 or 4 antennas
3	Open loop spatial multiplexing with cyclic delay diversity (CDD)	2 or 4 antennas
4	Closed loop spatial multiplexing	2 or 4 antennas
5	Multi-user MIMO	2 or 4 antennas
6	Closed loop spatial multiplexing using a single transmission layer	1 layer (rank 1), 2 or 4 antennas
7	Beamforming	single antenna port, port 5 (virtual antenna port, actual antenna configuration depends on implementation)
8	Dual-layer beamforming	dual-layer transmission, antenna ports 7 and 8

Table 3: Overview of the eight transmission modes in LTE Release 9.

LTE UE 會依照 CQI (Channel Quality Indicator) 來動態調整合適的 MCS ，以降低傳輸錯誤率。

如下表所示 Modulation 對照表得到最大 MCS:

- MCS 9 : (QPSK)
- MCS 16 : (16QAM)
- MCS 28 : (64QAM)

表：MCS Index

Table 7.1.7.1-1: Modulation and TBS index table for PDSCH

MCS Index I_{MCS}	Modulation Order Q_m	TBS Index I_{TBS}
0	2	0
1	2	1
2	2	2
3	2	3
4	2	4
5	2	5
6	2	6
7	2	7
8	2	8
9	2	9
10	4	9
11	4	10
12	4	11
13	4	12
14	4	13
15	4	14
16	4	15
17	6	15
18	6	16
19	6	17
20	6	18
21	6	19
22	6	20
23	6	21
24	6	22
25	6	23
26	6	24
27	6	25
28	6	26
29	2	reserved
30	4	
31	6	

我們 MCS 設定範圍為 LTE eNB 可設定參數(如下圖)，在 LTE 在資源分配 UL/DL 比例 2:8。

- downlink mcs 9~28
- uplink mcs 9~20

如 tm3 downlink mcs 9 uplink mcs 9

```

File Edit Tabs Help
m200@m20...  m200@m20...  m200@m20...  m200@m20...
-rwxr-xr-x 1 root root 2188773 Jul 15 2015 0715
drwxr-xr-x 2 root root 1416 Oct 2 13:21 agent
-rwxr-xr-x 1 root root 948496 Jul 15 2015 enbd
-rw-r--r-- 1 root root 3086 Oct 2 12:58 enbd_config
drwx----- 2 root root 160 Jul 20 2015 log
-rwxr-xr-x 1 root root 2340224 Jul 13 2015 ltel23
-rwxr-xr-x 1 root root 590628 Jul 15 2015 mmed
-rw-r--r-- 1 root root 1529 Jun 19 2015 mmed_config
-rw-r--r-- 1 root root 873 Jul 13 2015 oam_rrc.cfg
root@k2hk-evm:~# cd agent/
root@k2hk-evm:~/agent# ./testmcs
TM=2, DLMsc=9, ULMsc=9
root@k2hk-evm:~/agent# ./testmcs -h
usage: testmcs [options]
-m -m mode {2|3}
-d -d mcs {9..28}
-u -u mcs {9..15}
-h prints this message and exits
root@k2hk-evm:~/agent# ./testmcs -m 3 -d 28 -u 9
TM=3, DLMsc=28, ULMsc=9
root@k2hk-evm:~/agent#

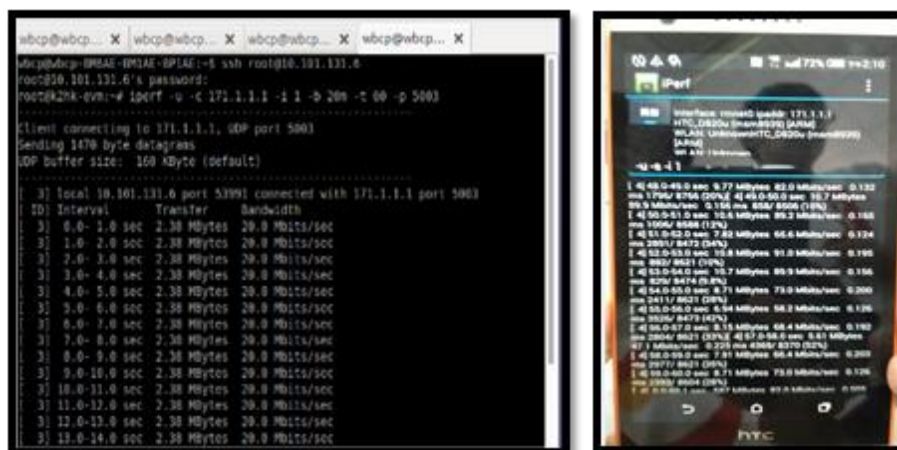
```

圖：MCS 設定範圍

設定所需 MCS 後，在 eNB 介面開另外一個視窗，執行 iperf 指令(如下圖)。

Evm :iperf -u -c 171.1.1.1 -t 60 -i 1 -b 20m -p 5003

手機: iperf -u -s -i 1 -p 5003

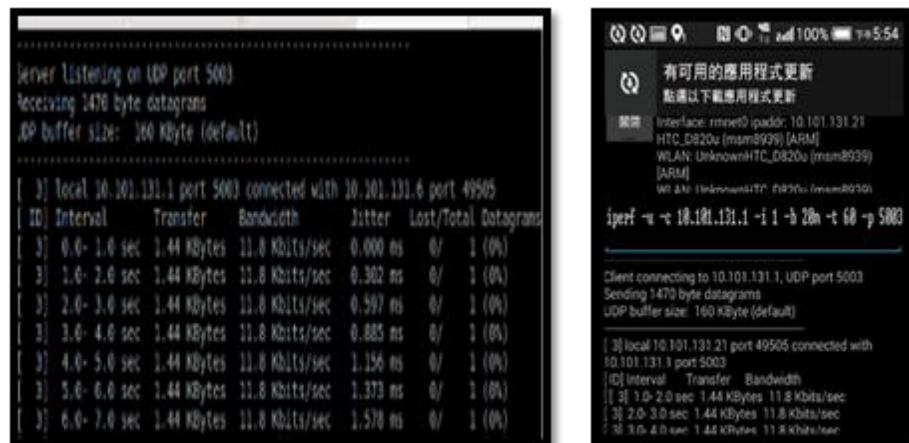


圖：eNB 介面 iperf(DL)與 HTC 826 iperf(DL)

我們在設定 MCS 後，在手機安裝 Iperf，執行 Iperf 指令(如下圖)。

手機: iperf -u -c 10.101.131.1 -i 1 -t 60 -b 20m -p 5003

EPC: iperf -u -s -i 1 -p 5003



圖：eNB 介面 iperf(UL)與 HTC 826 iperf(UL)

附錄伍、LSA 控制器安裝說明

一、安裝 LSA 控制器(windows)

(一) 前置作業-安裝 XAMPP

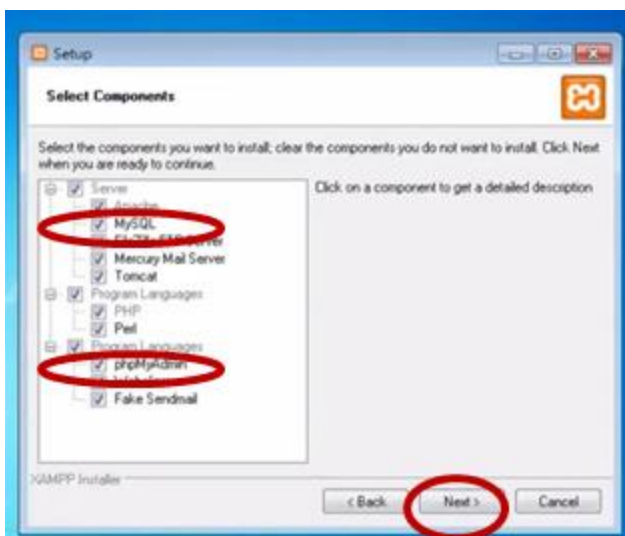
- 1、Google 搜尋 xampp。目前使用版本為 5.538/也可自行下載新版，套件下載網址如下：

https://www.apachefriends.org/zh_tw/index.html

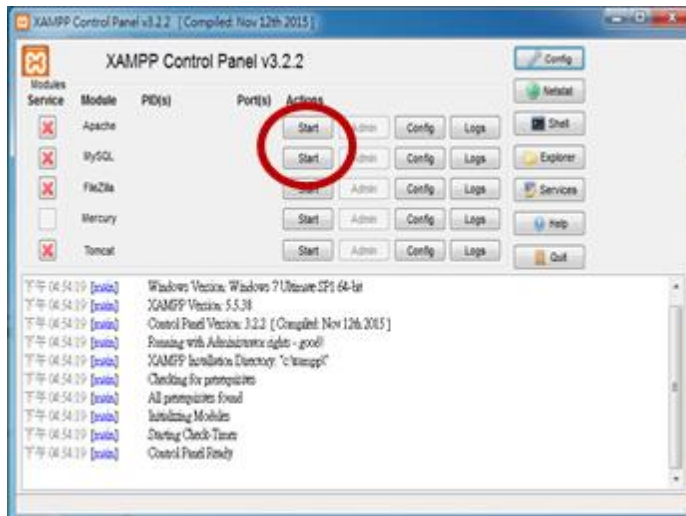
- 2、



- 3、開啟 xampp 安裝程式，點選 next 完成安裝(MySQL、phpMyAdmin 需要勾選)



4、開啟安裝好的 xampp control panel，開啟後啟動 Apache、MySQL 的 Module

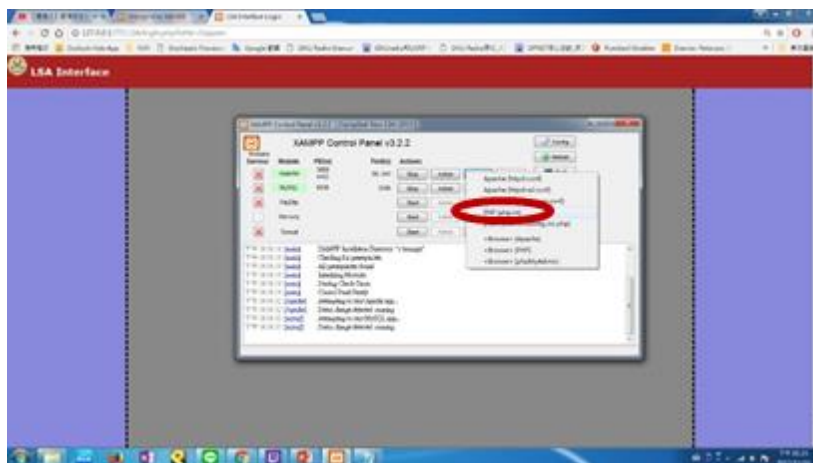


5、打開瀏覽器(ex:google chrome)輸入 127.0.0.1 確認有頁面出現



(二) 開啟 postgres 資料庫

1、打開 Xampp control panel 點選 Apache 的 Config 找到 PHP(PHP.INI) 並點選

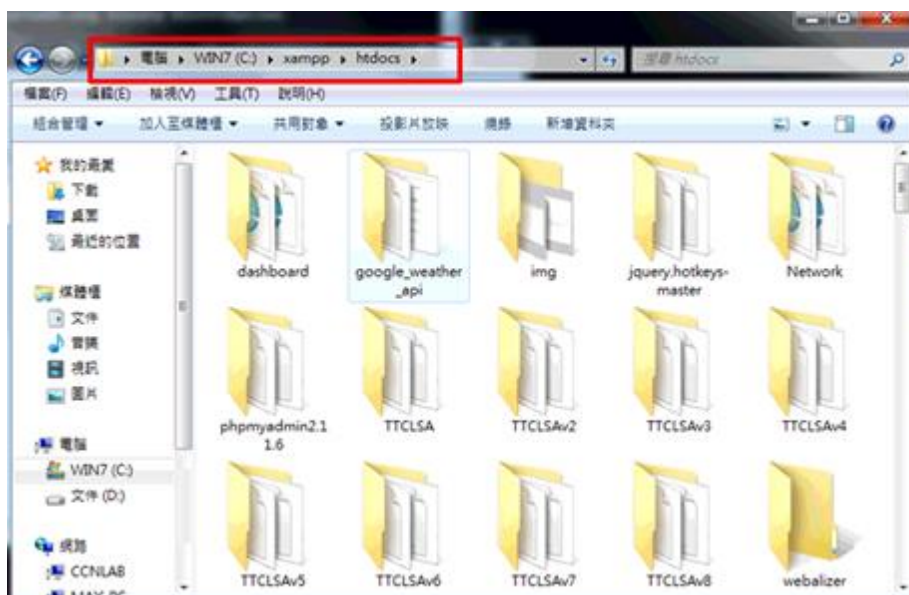


2、 找到;extension=php_pgsql.dll 後將前面;拿掉改為 extension=php_pgsql.dll

3、 重新啟動 Apache server，完成設定

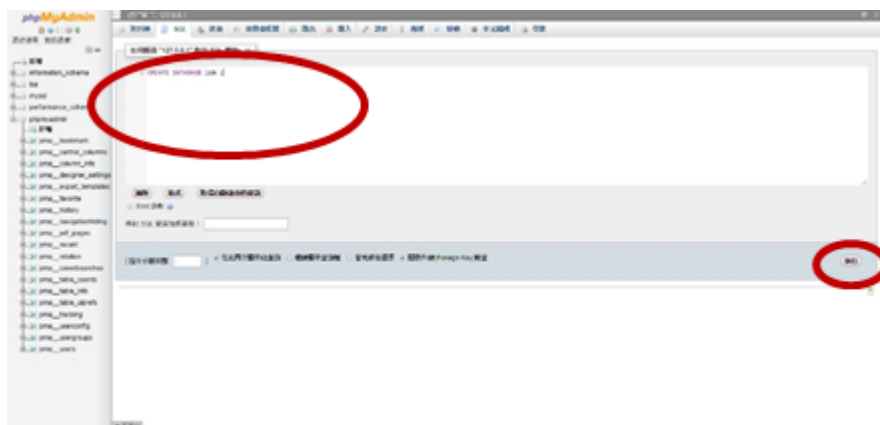
(三) 安裝 LSA 控制器-建立資料庫

1、 找到 xampp 安裝目錄(ex:C:\xampp)在底下找到\htdocs 資料夾，解壓縮 LSA 控制器程式碼至該資料夾





3、 在視窗中輸入 CREATE DATABASE lsa ;點選執行



4、 在視窗中輸入 GRANT ALL ON lsa.* TO lab550@localhost IDENTIFIED BY 'lab550' ;點選執行

(四) 安裝 LSA 控制器-建立帳號

1、 打開瀏覽器(ex:google chrome)，輸入網址

127.0.0.1/TTCLSA/0.Create_user_database/



- 2、點選 1.Create_tables.php，後按下上一頁
- 3、點選 2.Add_user.php
- 4、網址輸入 127.0.0.1/TTCLSA/確認帳號可以登入
 - Sysmgr/123456
 - NTULC/123456
 - NSYSULC/123456
 - Incumbent/123456



如登入畫面有無法顯示的狀況

- 到 C:\xampp\htdocs\TTCLSA 下找到 dblogin.php
- 使用 txt 等文字閱讀軟體開啟
- 將 \$ev = '???'; 依照所在地點設定為 ' lab550/lab207/other'

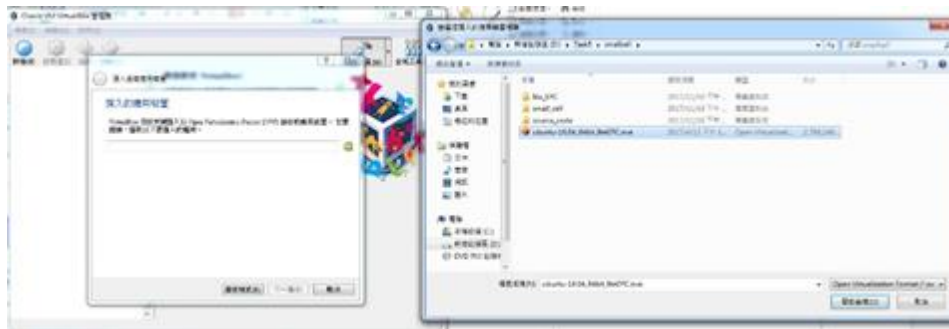
二、安裝 itri small cell(windows)

壹、前置作業-安裝 virtualbox

1、Google 搜尋 virtualbox，下載並安裝



2、完成安裝並開啟，在檔案點選匯入應用裝置，匯入 16.04_64bit_liteEPC.ova



3、開啟虛擬裝置



貳、前置作業-安裝 EPC

- 1、 環境檢查：須確認電腦中有兩張網卡
- 2、 複製檔案資料夾 lite_EPC 至設定好的虛擬機器
- 3、 開啟 termianl 至 lite_EPC，輸入 `sudo ./set_net.sh`
- 4、 開啟 mmed，輸入 `sudo ./mmed_s1ap`

參、前置作業-設定 small cell

- 1、 環境檢查：EPC 與 small cell 間有有線網路連接
- 2、 複製 agent1588_v2.5.160811 至 small cell，在 terminal 輸入 `scp agent1588_v2.5.160811 root@10.101.131.(small cell ID)`
- 3、 連到 small cell 在 terminal 輸入 `root@10.101.131.(small cell ID)`
- 4、 開啟 3 個視窗連至 small cell 分別到 agent1588_v2.5.160811 輸入：
`./run_enb_umca_only.sh+Enter`

`./lte123`

`./enbd_nat`

5、 確認 small cell 開始運行

肆、 自動開啟 small cell

1、 放置附件 update.sh 檔至目錄(ex. /home/root/agentXXX/), 並更改成可執行權限:

`$ chmod +x update.sh`

2、 設置開機自動執行 run_auto.sh

`$ ./update.sh -a`

3、 取消開機自動執行 run_auto.sh

`$ ./update.sh -d`

伍、 控制器自動化控制 small cell

1、 解壓縮 smallcellfreq 檔案

2、 將 cron 裡的文字複製, 打開 terminal 輸入 `crontab -e` 將文字貼上, 輸入 `ctrl+x` 儲存

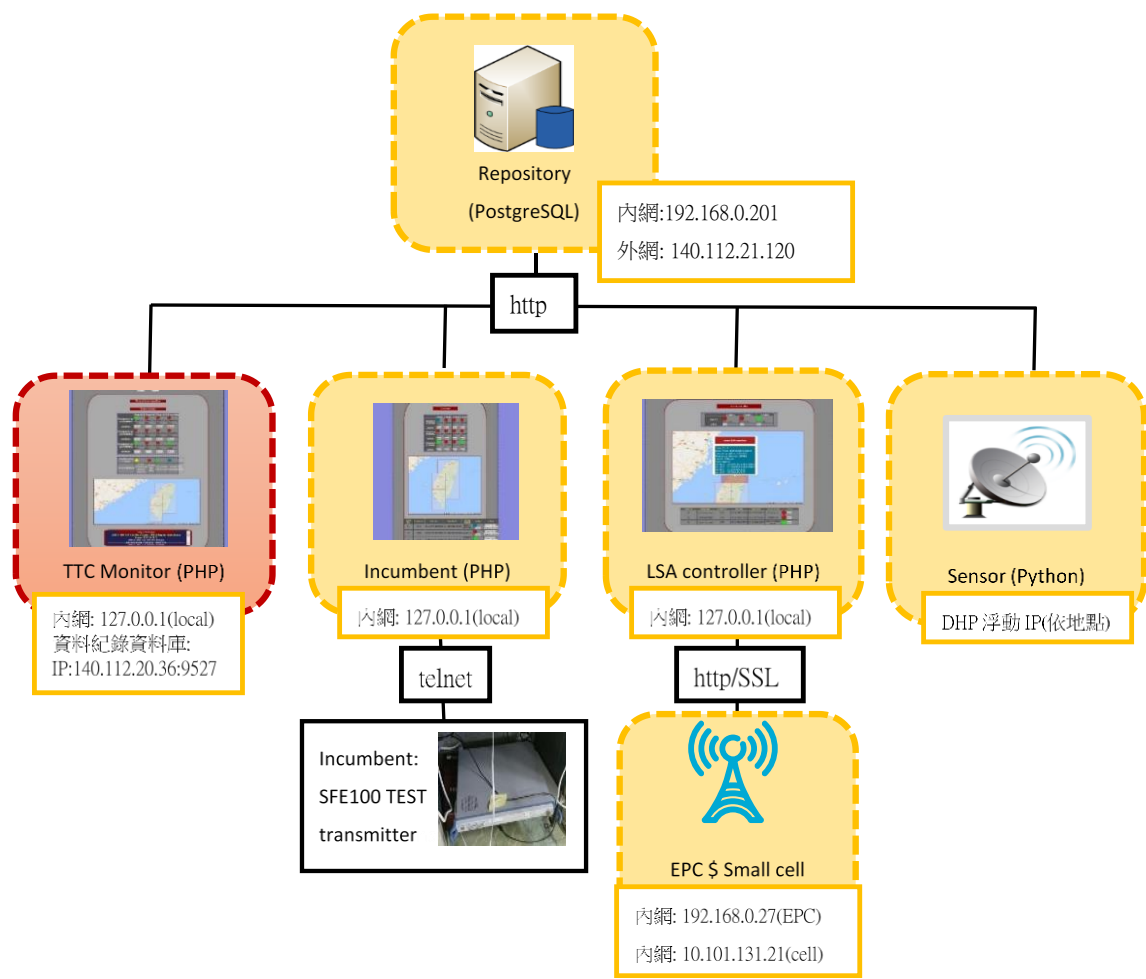
3、 將 Demo2 檔案中的資料庫 IP 依照需求改變(ex: `psql -U spectrum -h (140.112.21.120*) -p 9527 < ~/smallcellfreq/sqluseband2`)

4、 將 Cellreboot 的 small cell IP 依照環境改變(ex: `spawn ssh -l root (10.101.131.28*)`)

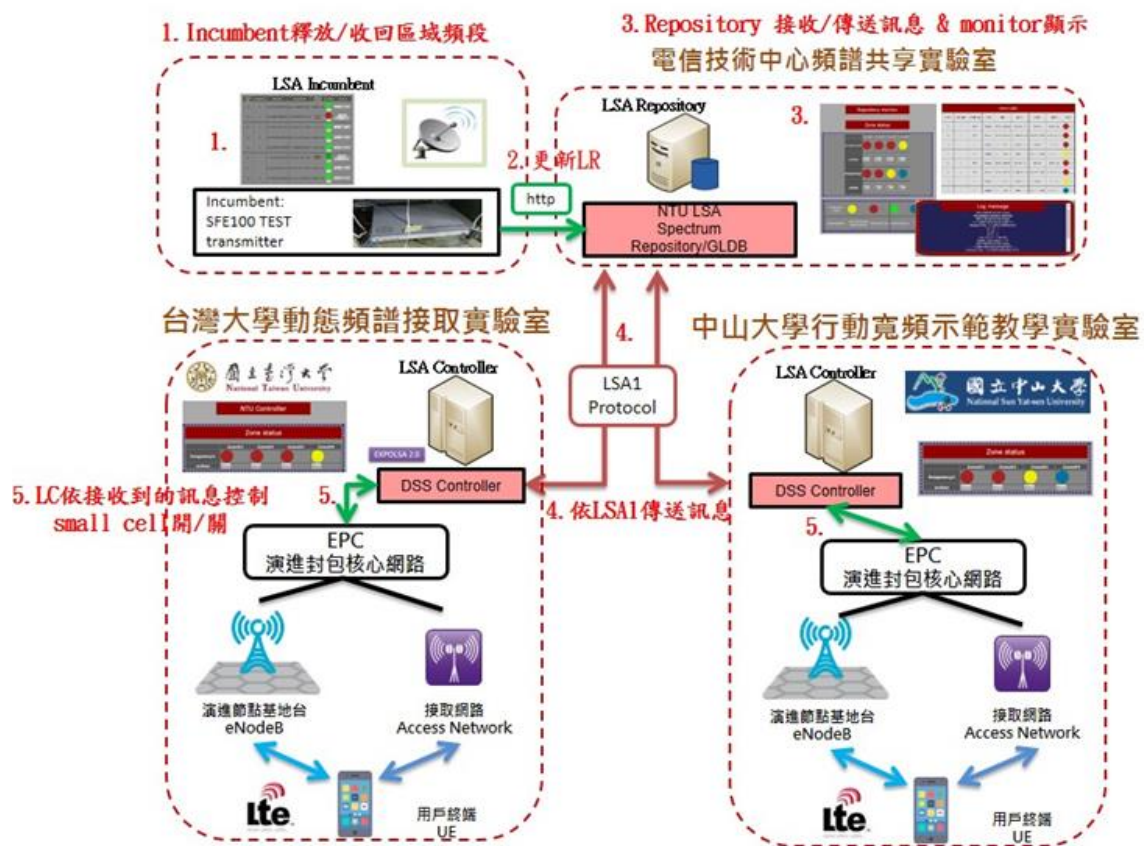
附錄陸、TTC 監控介面說明(安裝)

一、總體架構

壹、控制器總體架構圖



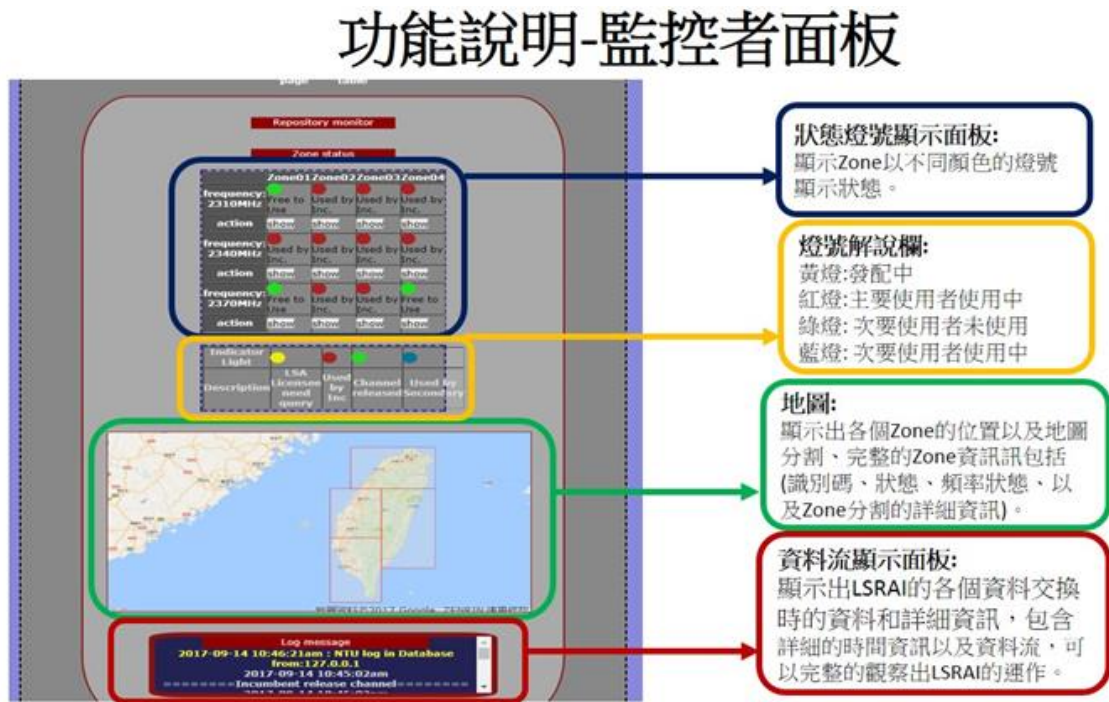
貳、軟/硬體連接架構圖



二、 個別連接架構

壹、 監控器-資料庫

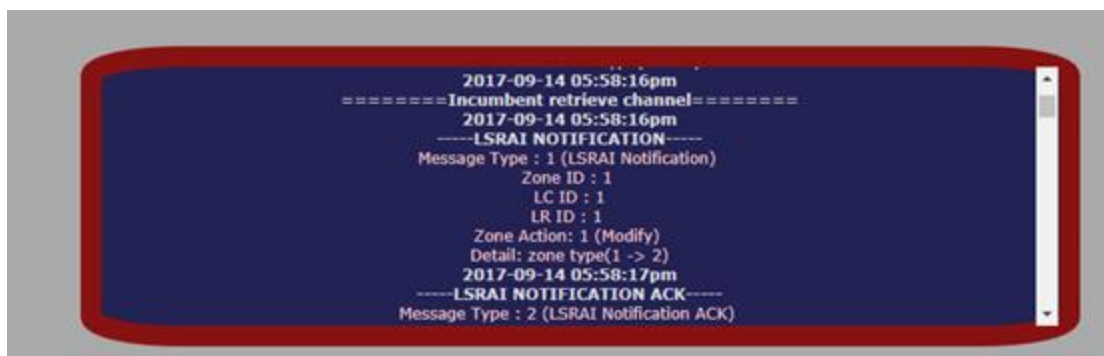
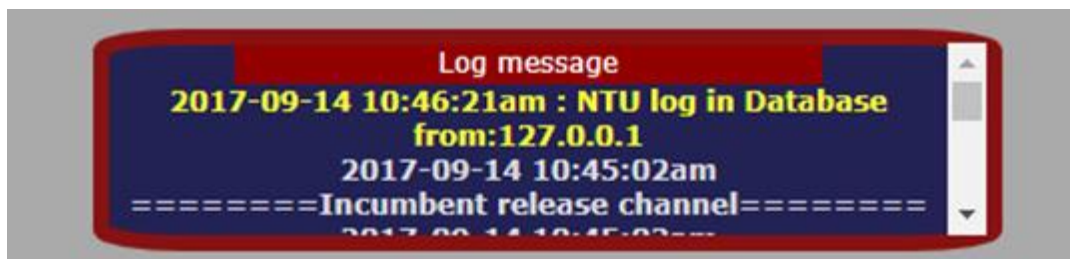
1、 監控器介面說明



2、 監控器介面說明(資料流顯示面板):

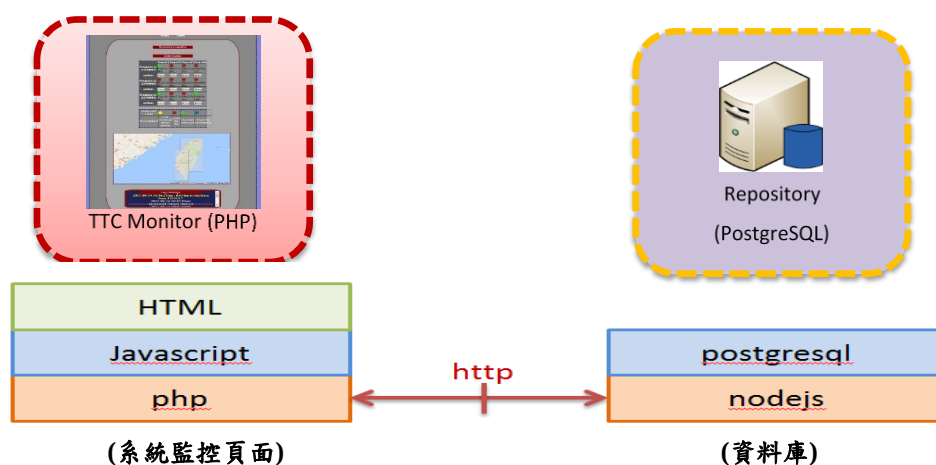
資料庫以及控制器之間的資料流訊息跟一些系統資訊會存入控制器介面的資料流用資料庫 (IP:140.112.20.36:9527), 其中包括:

- 各使用者登入訊息(黃字):
- 系統週期/非週期同步資訊(白字)
- LSRAI 資料流訊息格式內容(粉字)



Name	Presence	Type	Description
Message Type	M	Integer	Identifies the message type: "3" - LSRAI REQUEST "4" - LSRAI RESPONSE
LC ID	M	Integer	Uniquely identifies the LC
LR ID	M	Integer	Uniquely identifies the LR
Request Type	M	String	Full Synchronization

3、 Software stack:

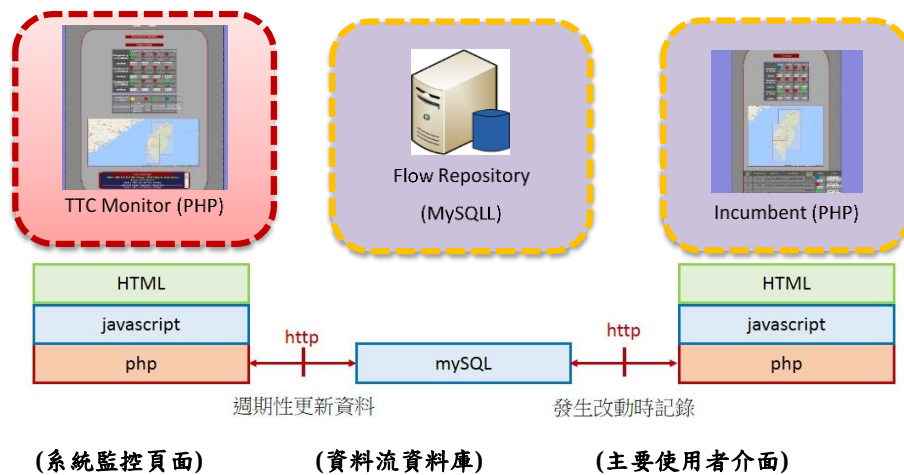


貳、監控器-主要使用者介面

1、連結說明

當主要使用者有做出任何改變資料庫狀態的行為時，動作將會被記錄於資料流用資料庫(IP:140.112.20.36:9527)中。

2、Software stack

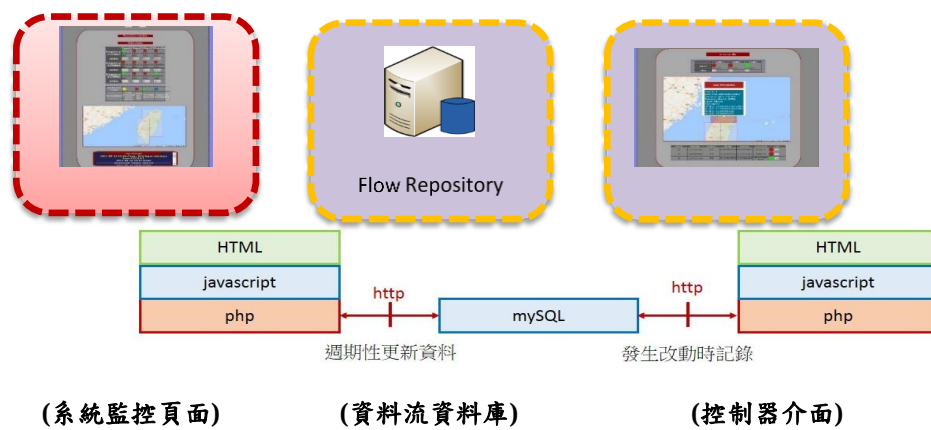


參、監控器-控制器

1、連結說明

當控制器會與資料庫週期性的同步，這些同步資訊的資料將記錄於資料流用資料庫(IP:140.112.20.36:9527)中，再由監控器取出記錄資料。

2、Software stack



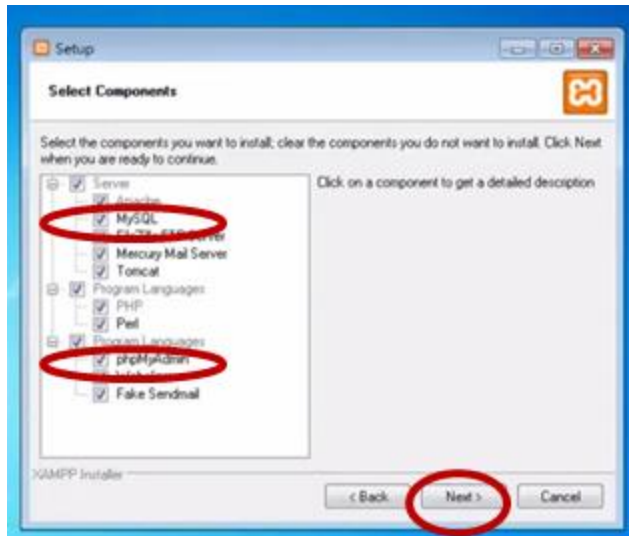
三、 監控器安裝說明

壹、 前置作業-安裝 XAMPP

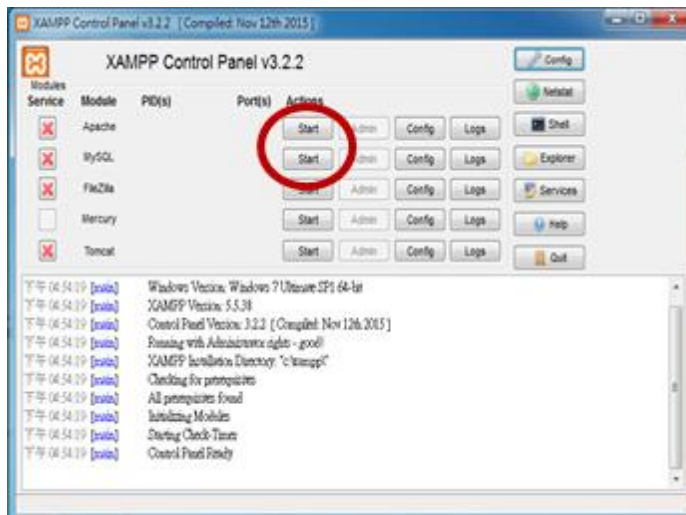
1、 Google 搜尋 xampp(本版本為 5.538/也可自行下載新版)



2、 開啟 xampp 安裝程式，點選 next 完成安裝(MySQL、phpMyAdmin 需要勾選)



3、 開啟安裝好的 xampp control panel，開啟後啟動 Apache、MySQL 的 Module

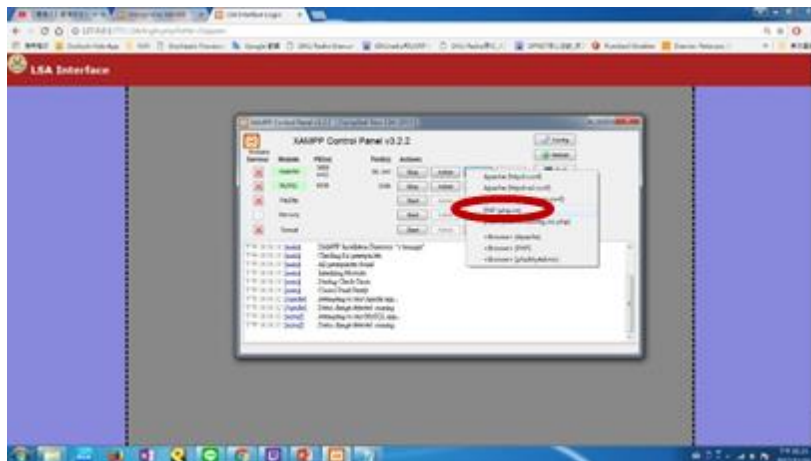


4、 打開瀏覽器(ex:google chrome)輸入 127.0.0.1 確認有頁面出現



貳、開啟 postgres 資料庫

- 1、 打開 Xampp control panel 點選 Apache 的 Config 找到 PHP(phi.ini) 並點選

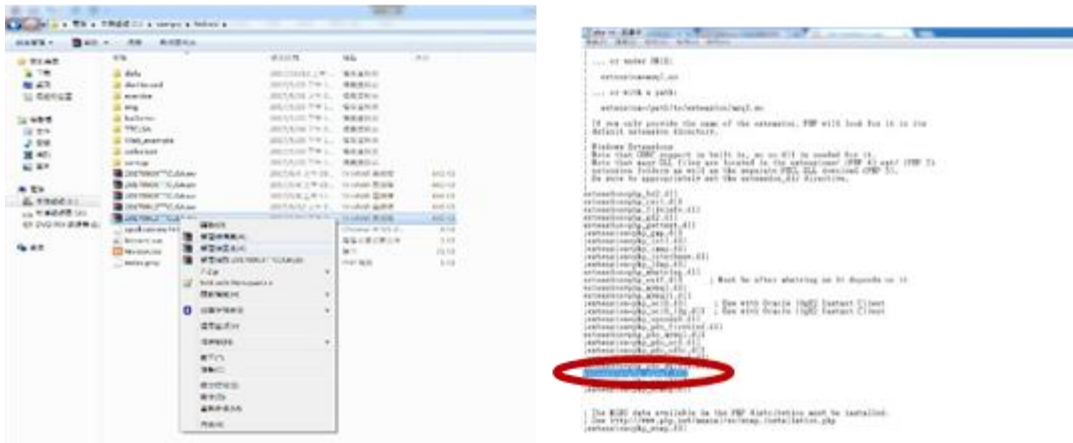


- 2、 找到;extension=php_psql.dll 後將前面;拿掉改為 extension=php_psql.dll
- 3、 重新啟動 Apache server，完成設定

參、安裝 LSA 控制器-建立資料庫

- 1、 找到 xampp 安裝目錄(ex:C:\xampp)在底下找到\htdocs 資料夾，解壓縮 LSA 控

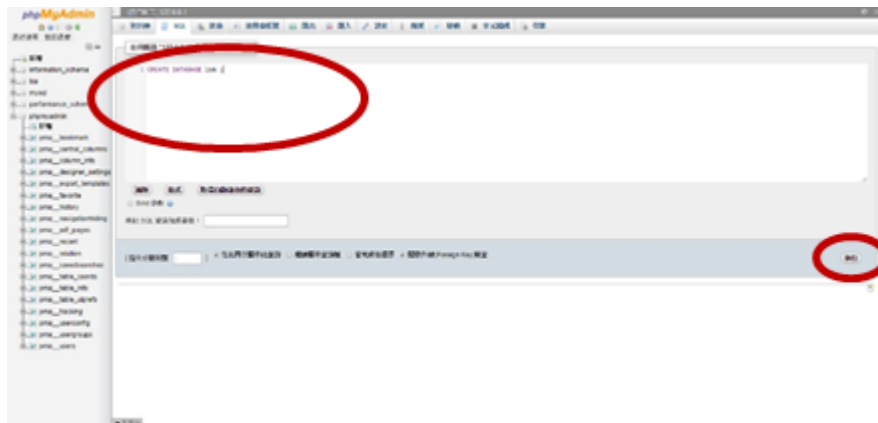
制器程式碼至該資料夾



2、 開啟 Xampp 控制台打開 MySQL Admin 並點選 SQL



3、 在視窗中輸入 CREATE DATABASE lsa ;點選執行



- 4、在視窗中輸入 GRANT ALL ON lsa.* TO lab550@localhost IDENTIFIED BY 'lab550' ;點選執行

肆、安裝 LSA 控制器-建立帳號

- 1、打開瀏覽器(ex:google chrome)，網址輸入

127.0.0.1/TTCLSA/0.Create_user_database/



- 2、點選 1.Create_tables.php，後按下上一頁
- 3、點選 2.Add_user.php
- 4、網址輸入 127.0.0.1/TTCLSA/確認帳號可以登入
 - Sysmgr/123456



如登入畫面有無法顯示的狀況

- 到 C:\xampp\htdocs\TTCLSA 下找到 dblogin.php
- 使用 txt 等文字閱讀軟體開啟
- 將 \$ev = '???'; 依照所在地點設定為 ' lab550/lab207/other'

附錄柒、以資料庫引導為基礎的清空與重啟系統使用說明

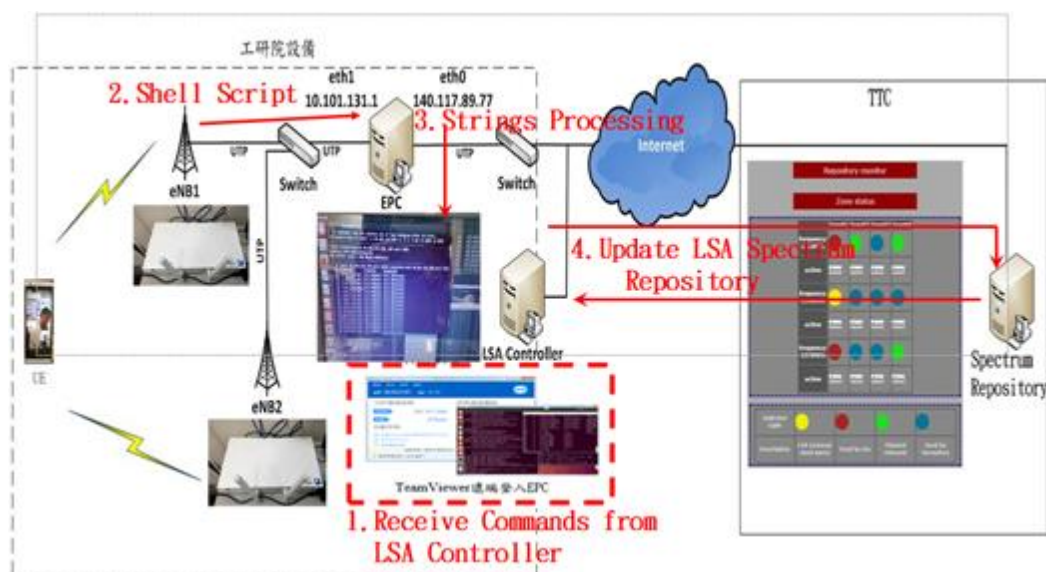
一、執行軟體

- 1、XAMPP 軟體：中山大學實驗室使用台灣大學團隊提供的 LSA 控制器網頁介面，所以需安裝 XAMPP 套裝軟體以顯示網頁。
- 2、PostgreSQL 軟體：因為程式碼一部分需連結 postgresql 頻譜資料庫，所以需安裝 postgresql 套件，我們實驗平台使用 Ubuntu 系統版本 14.04 LTS。

二、前置需求

- 1、安裝 postgresql 套件：在 terminal 輸入 `sudo apt-get install postgresql` 執行安裝。
- 2、把 Shell Script 與 SQL 程式目錄(整個 smallcellfreq 目錄或自訂目錄名稱)複製到 EPC 的使用者家目錄(ex: /home/itriepc/smallcellfreq)。

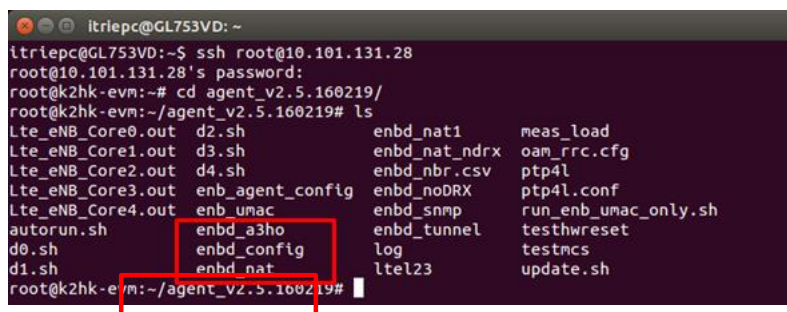
三、測試架構與 Shell Script 程序說明



於上圖測試架構中，主要流程有四：

- 1、 EPC 從 LSA Controller 接收要求頻段清空與重啟命令。
- 2、 EPC 執行 Shell Script 從 eNB 擷取所需要的參數(例如 EARFCN)。
- 3、 在 EPC 中針對已擷取的參數做文字串處理，主要是為了對應 Spectrum Repository(頻譜資料庫)中的參數格式。
- 4、 在 EPC 設定自動執行，把 eNB 擷取到的參數傳送到 Spectrum Repository，同時也把新的參數擷取回傳到 eNB 做更新。

在工研院提供的 eNB 執行軟體內 (agent 目錄下) 有一個 enbd_config 參數設定檔，在設定檔內有一項參數是 EARFCN (E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number) 是用來設定使用頻率。為實作 eNB 使用頻率的清空與重啟轉移功能，我們在 EPC 撰寫一些 Shell Script 針對這個 EARFCN 參數做文字串擷取。



A terminal window showing a file listing operation. The user is at the prompt 'root@k2hk-evm:~/agent_v2.5.160219#'. They have entered 'ls' to list the contents of the current directory. The output shows a list of files and directories, including 'enbd_config' which is highlighted with a red box. Other files include 'enbd_a3ho', 'enbd_nat', 'enbd_nat1', 'enbd_nat_ndrx', 'enbd_nbr.csv', 'enbd_noDRX', 'enbd_snmp', 'enbd_tunnel', 'log', 'ltel23', 'meas_load', 'oam_rrc.cfg', 'ptp4l', 'ptp4l.conf', 'run_enb_umac_only.sh', 'testhwreset', 'testmcs', and 'update.sh'.

```
itrie@GL753VD: ~  
itrie@GL753VD:~$ ssh root@10.101.131.28  
root@10.101.131.28's password:  
root@k2hk-evm:~# cd agent_v2.5.160219/  
root@k2hk-evm:~/agent_v2.5.160219# ls  
Lte_eNB_Core0.out  d2.sh          enbd_nat1      meas_load  
Lte_eNB_Core1.out  d3.sh          enbd_nat_ndrx  oam_rrc.cfg  
Lte_eNB_Core2.out  d4.sh          enbd_nbr.csv   ptp4l  
Lte_eNB_Core3.out  enb_agent_config enbd_noDRX     ptp4l.conf  
Lte_eNB_Core4.out  enb_umac       enbd_snmp      run_enb_umac_only.sh  
autorun.sh         enbd_a3ho      enbd_tunnel    testhwreset  
d0.sh              enbd_config    log            testmcs  
d1.sh              enbd_nat       ltel23         update.sh  
root@k2hk-evm:~/agent_v2.5.160219#
```

在 EARFCN 參數設定中有多個數值以逗號隔開，第一個參數是 eNB 的使用頻率，第二與第三個參數是選擇性使用(optional)，主要是設定 Handover 時的 neighbors 頻率，我們這裡的實驗範例程式碼主要針對第一個參數做擷取處理，如下圖所示。

PCI=4

EARFCN=38950,38750,39050

(optional) only for
inter-freq neighbors

- Set (serving) PCI (Physical cell ID) & EARFCN (carrier frequency). Also, set additional EARFCN for inter-frequency measurement configuration(s)

在擷取 EARFCN 參數後我們要過濾文字串只擷取數字部分，再將數字傳送到 TTC 的頻譜資料庫(Spectrum Repository)相對應欄位中儲存，意思是把 eNB 的使用頻率回報給頻譜資料庫(PostgreSQL)，讓前端網頁去做資料擷取與顯示，同時也包含從頻譜資料庫接收 LSA 控制器要求使用頻率清空(釋放)的參數依據。

此外，在參數回報過程中因為要連結頻譜資料庫，所以我們在 Shell Script 程式中附帶了資料庫的 SQL Command，讓程式執行時就會把參數回報給頻譜資料庫，要連接 PostgreSQL 資料庫必須在 EPC 安裝 postgresql 軟體套件用來連結頻譜資料庫，安裝後才能使用 psql 指令，如下圖所示。

安裝 PostgreSQL，在 terminal 輸入 `sudo apt-get install postgresql` 安裝

```
itriepc@GL753VD: ~  
itriepc@GL753VD:~$ sudo apt-get install postgresql  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree  
Reading state information... Done  
The following NEW packages will be installed:  
  postgresql  
0 upgraded, 1 newly installed, 0 to remove and 467 not upgraded.  
Need to get 5,038 B of archives.  
After this operation, 72.7 kB of additional disk space will be used.  
Get:1 http://tw.archive.ubuntu.com/ubuntu/ trusty-updates/main postgresql all 9.  
3+154ubuntu1 [5,038 B]  
Fetched 5,038 B in 0s (59.1 kB/s)  
Selecting previously unselected package postgresql.  
(Reading database ... 204369 files and directories currently installed.)  
Preparing to unpack .../postgresql_9.3+154ubuntu1_all.deb ...  
Unpacking postgresql (9.3+154ubuntu1) ...  
Setting up postgresql (9.3+154ubuntu1) ...  
itriepc@GL753VD:~$
```

把 Shell Script 多個程式檔放到 EPC 的使用者家目錄內，為避免程式檔案混亂可以再自訂一個子目錄位置存放，此目錄與程式位置必須儲存到 crontab 內容中才有自動執行功能(ex: /home/itriepc/smallcellfreq/)，如下圖所示。

```

itriepc@GL753VD: ~/smallcellfreq
itriepc@GL753VD:~$ cd smallcellfreq/
itriepc@GL753VD:~/smallcellfreq$ ls
cellreboot      demo1~         or             sqlloffband1~  sqluseband3~
cellreboot~     demo2~         or~           sqlloffband2~  sqluseband3~
cellreboot2     demo2~         ping          sqlloffband2~  time
cellreboot2~    enbd_config   ping~         sqlloffband3~  time~
conn            expect.sh      select        sqlloffband3~  txt
cron            expect.sh~     select~       sqluseband1~   txt~
cron-seconds.sh greenband1     shell         sqluseband1~   yellowband1~
cron-seconds.sh~ greenband2     shell~        sqluseband2~   yellowband2~
demo1           greenband3     sqlloffband1  sqluseband2~   yellowband3~
itriepc@GL753VD:~/smallcellfreq$

```

輸入 `cd smallcellfreq` 切換到該目錄內，輸入 `ls -l` 檢查 sh 檔是否有 R 與 X 可讀取與可執行權限，在已完成的程式中都已修改好權限，但此步驟是確保 Shell Script 可被執行的重要依據，在 Linux 系統中檔案設定成有 X 可執行權限的檔案顏色會變為綠色，如下圖所示。

```

itriepc@GL753VD: ~/smallcellfreq
itriepc@GL753VD:~$ cd smallcellfreq/
itriepc@GL753VD:~/smallcellfreq$ ls -l
total 184
-rwxr-xr-x 1 root root 346 8月 22 14:34 cellreboot
-rwxr-xr-x 1 root root 392 8月 22 14:13 cellreboot~
-rwxr-xr-x 1 root root 572 9月 4 15:45 cellreboot2
-rwxr-xr-x 1 root root 574 8月 31 10:27 cellreboot2~
-rwxr-xr-x 1 itriepc itriepc 67 8月 16 16:28 conn
-rw-r--r-- 1 root root 1246 9月 8 17:48 cron
-rwxr-xr-x 1 root root 132 9月 1 15:46 cron-seconds.sh
-rwxr-xr-x 1 root root 115 9月 1 15:42 cron-seconds.sh~
-rwxr-xr-x 1 itriepc itriepc 1209 9月 6 11:38 demo1
-rwxr-xr-x 1 itriepc itriepc 956 9月 4 17:18 demo1~
-rwxr-xr-x 1 itriepc itriepc 4296 9月 7 11:26 demo2
-rwxr-xr-x 1 itriepc itriepc 4043 9月 7 11:18 demo2~

```

為了操作 eNB 執行頻率參數擷取，我們在 EPC 中撰寫 Shell Script 程序，並附帶 SQL 參數去連接頻譜資料庫，從資料庫擷取用來判斷目前 eNB 使用頻段是否有要執行頻段釋放的參數，若判斷 accuracy 參數值為 0 則往下執行頻段釋放程序，如圖 4.2.2.2 所示。

使用 `psql` 指令，`-U` 指定 spectrum 資料庫，`-h` 指定 IP 為 140.112.21.120 資料庫伺服器，`-p` 指定 9527 連接埠。再用 `<` 指令輸出重新導向功能將寫好的 script 指令集輸入至頻譜資料庫執行 SQL 程式。


```

*shell x
1 #!/bin/bash
2
3 #check accuracy = 0
4 resultset=$(psql -U spectrum -h 140.112.21.120 -p 9527 < ~/smallcellfreq/select)
5 echo "DB : 擷取三個 band 數值與 accuracy 狀態值"
6 echo $resultset
7 newband1=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $5}')
8 band1status=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $7}')
9 newband2=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $8}')
10 band2status=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $10}')
11 newband3=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $11}')
12 band3status=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $13}')
13 echo $newband1 整理文字串以供程式參數使用
14 echo $newband2
15 echo $newband3
16 echo $band1status
17 echo $band2status
18 echo $band3status
19 #S1 now S2 replace 判斷正在被使用頻段參數若為 0 則執行頻段釋放
20 if [ $band1status -eq 0 ] || [ $band2status -eq 0 ] || [ $band3status -eq 0 ]
21 then
22 /home/ltriepc/smallcellfreq/deno1
23 fi
24

```

在 script 輸出導向傳送到頻譜資料庫的 SQL 程式內容，就是針對你想修改的欄位去做 update，注意這裡使用的是資料庫的 SQL 結構化查詢語言。

如下圖所示 SQL 範例程式，使用 update 來更新指定資料表，使用 set 做欄位的參數值設定，注意使用 update 指令一定要在後面加上 where 條件式，才會針對要修改的欄位做更新，否則會導致資料表中其他不相干欄位大量修改，造成資料混亂。



```

1
2 update local_incumbents set accuracy = 3 WHERE name = 'TTCzone' and contact_name = '04' and bs_sens='38750'

```

資料表 要設定的 條件欄位 1 條件欄位 2 條件欄位 3
欄位參數

因為我們是在 EPC 的 Shell Script 指令中去連結 eNB 設定檔執行頻段釋放，需要額外使用 expect 的 script 搭配 spawn 指令(在 EPC 執行但是在 eNB 指令中套用)，如下圖所示。

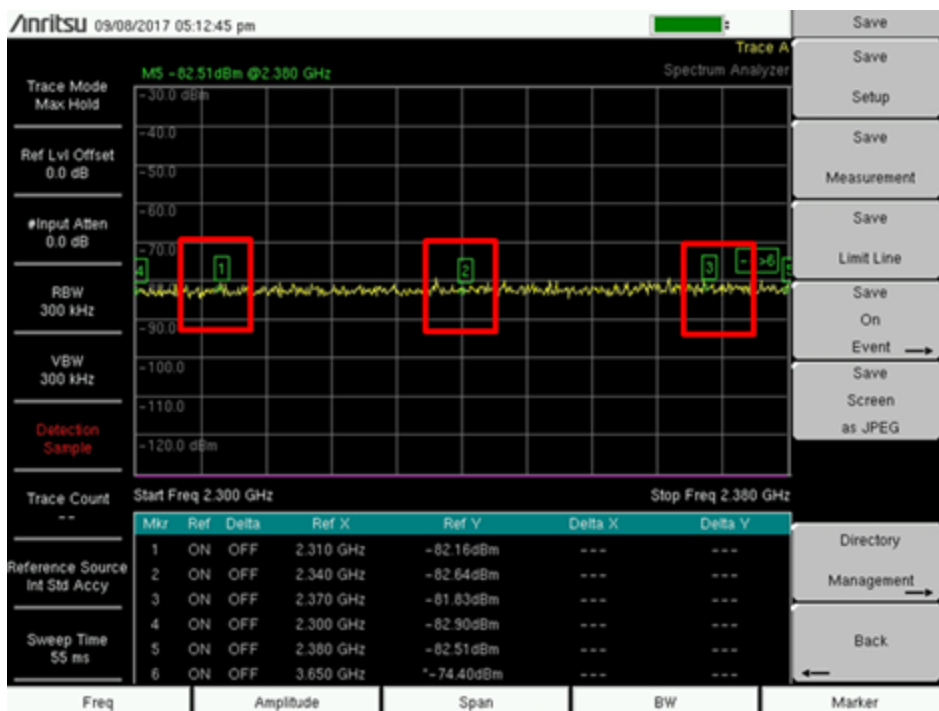
使用 set 指令自訂變數，使用 lindex 指令接收多個參數(若有傳送則接收)，再用 spawn 搭配 expect 連接 eNB 以字串參數附帶指令執行頻段釋放。

```

cellreboot x
1 #!/usr/bin/expect
2
3 set shutdown [lindex $argv 0]
4 set band1 [lindex $argv 1]
5 set band2 [lindex $argv 2]
6 set band3 [lindex $argv 3]
7 spawn ssh -l root 10.101.131.28
8 expect "password:"
9 send "\r"
10 #stay remote
11 expect "#"
12 send "cd agent_v2.5.160219/"
13 send "\r"
14 在 shell 連接中使用 expect 帶參數操作基站(指令)
15 send "sh update.sh -d"
16 send "\r"
17 send "./testhwreset"
18 send "\r"
19 執行重啟(頻段釋放)
20 interact

```

我們在頻譜分析儀上標記了三個數字表示三個 band 的顯示位置，當頻段釋放執行成功時，可觀察到三個位置已經沒有顯示波形，如下圖所示。



接著，當現有頻段釋放後我們要從頻譜資料庫擷取其他未被使用的頻段，使用相同指令連接頻譜資料庫，要在 script 中將兩個頻段參數(釋放頻段與要更新頻段)傳送到 eNB 覆蓋原有頻段設定，如下圖所示。

```

17 #check accuracy = 0
18 resultset=$(psql -U spectrum -h 140.112.21.120 -p 9527 < ~/smallcellfreq/select)
19 echo "DB : " 從頻譜資料庫掃描下一個未使用頻段並擷取參數
20 echo $resultset
21 newband1=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $5}')
22 band1status=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $7}')
23 newband2=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $8}')
24 band2status=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $10}')
25 newband3=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $11}')
26 band3status=$(echo $resultset | awk -F' ' '{print $13}')
27 echo $newband1
28 echo $newband2
29 echo $newband3
30 echo $band1status
31 echo $band2status
32 echo $band3status
33 #! now $2 replace 連接基站傳送兩個頻段參數並執行重啟程序
34 if [ "$band1status" -eq "0" ]
35 then
36     ~/smallcellfreq/cellreboot2 echo $band1 echo $newband2
37 elif [ "$band2status" -eq "0" ]
38 then
39     ~/smallcellfreq/cellreboot2 echo $band1 echo $newband3
40 elif [ "$band3status" -eq "0" ]
41 then
42     ~/smallcellfreq/cellreboot2 echo $band1 echo $newband1
43 fi
44 echo "after reboot"

```

在 EPC 的 Shell Script 指令中使用 expect 指令搭配 spawn 執行參數傳送，若有傳送則使用 lindex 參數去接收，使用 set 指令設定欲接收的變數，再用 send 指令把覆蓋頻段的多行設定以字串參數方式讓 eNB 執行，實際參數覆蓋是用 sed 指令，附帶參數 i 是執行覆蓋、參數 r 是參數內容包含 regular expression(正規表示式)，再用 "sh update.sh -a" 設定 eNB 下次重啟後即自動啟動，最後用 ".testhwreset" 做重啟，此過程包含目錄切換、頻段參數覆蓋、設定重啟後自動啟動新頻段等等，如下圖所示。

```

*cellreboot2 x
1 #!/usr/bin/expect
2
3 #cmd 接收多個參數(若有傳送)
4 set band0 [lindex $argv 0]
5 #now
6 set band1 [lindex $argv 1]
7 set band2 [lindex $argv 2]
8 #replace
9 set band3 [lindex $argv 3]
10 set band4 [lindex $argv 4]
11 set band5 [lindex $argv 5]
12 spawn ssh -l root 10.101.131.28
13 expect "password:"
14 send "\r"
15 #stay remote
16 expect "#"
17 send "cd agent_v2.5.160219/"
18 send "\r"
19 #echo echoecho 38750echo echoecho 39050echo echo
20 #now replace
21 send "sed -i -r -e \"s/$band1/$band3/g\" enbd_config"
22 send "\r" 處理 enbd_config 設定檔
23 send "sh update.sh -a"
24 send "\r"
25 send "./testhwreset" 將 band3 覆蓋 band1(新頻段)
26 send "\r"
27 expect "pipe" 設定重啟後自動啟動新頻段
28 send "\r"
29 interact

```

待 eNB 重啟完成後，我們可以在 LSA Controller 網頁與頻譜分析儀觀察到新的頻段已被套用，如下圖所示。在 LSA Controller 網頁介面上可看到我們目前規劃有 4 個 Zone 與三個 frequency 分別為 2310MHz、2340MHz 與 2370MHz，並使用四種顏色燈號來表示四種狀態，其代表意義分別為：

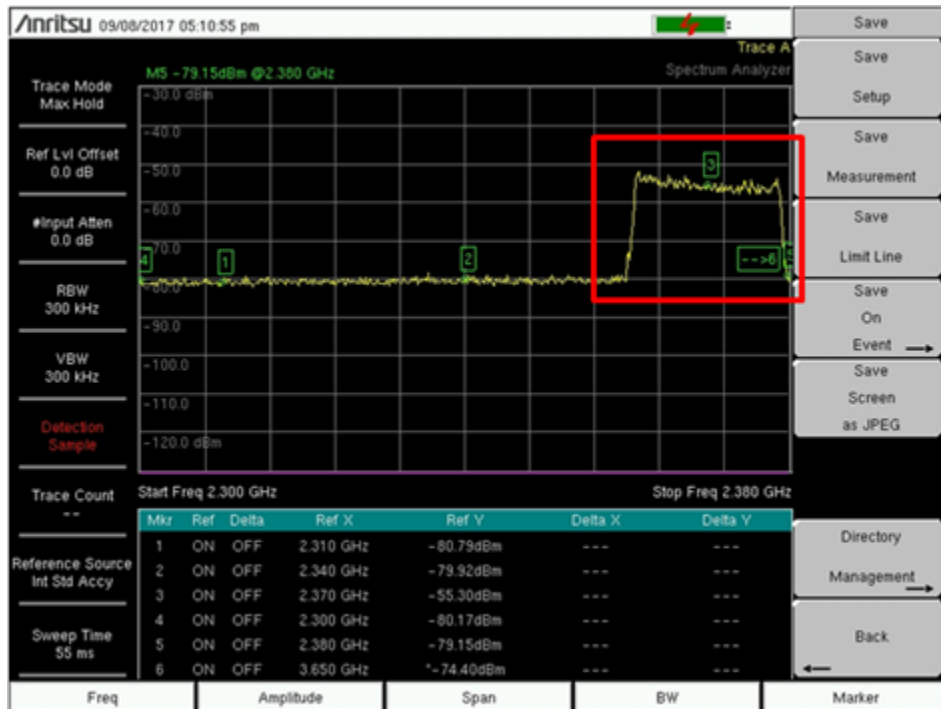
- 黃燈：變換中
- 紅燈：Incumbent 使用 (MNO 不能用)
- 綠燈：MNO 租用但未使用
- 藍燈：MNO 正在傳輸

註：MNO 全名是 Mobile Network Operator

Repository monitor				
Zone status				
	Zone01	Zone02	Zone03	Zone04
frequency: 2310MHz				
action	show	show	show	show
frequency: 2340MHz				
action	show	show	show	show
frequency: 2370MHz				
action	show	show	show	show

Indicator Light				
Description	LSA Licensee need query	Used by Inc	Channel released	Used by Secondary

此時頻譜分析儀亦顯示 eNB 已改用新頻段進行傳輸，如下圖。



完成 Shell Script 程序功能後，因為 script 必須手動執行，所以我們最後要使用 Linux 系統內建的 crontab 讓它每隔一段時間不斷重複執行，在 terminal 輸入 `sudo gedit cron` 開啟 cron 文字檔，將 cron 文字檔內容複製，如下圖示。

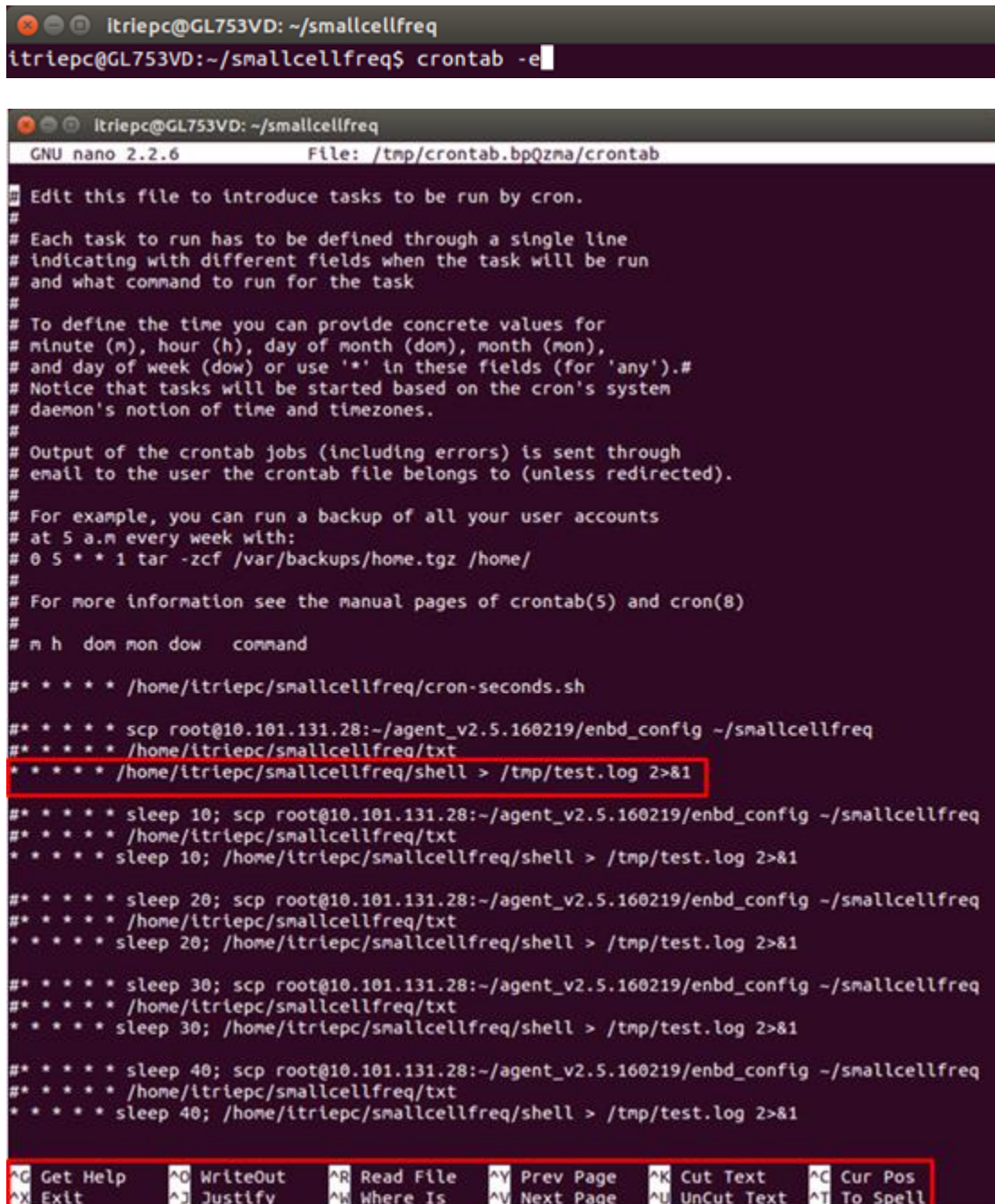
```

itriepc@GL753VD: ~/smallcellfreq
itriepc@GL753VD:~/smallcellfreq$ sudo gedit cron
[sudo] password for itriepc:

File Edit View Search Tools Documents Help
*crn x
1 # * * * * scp root@10.101.131.28:~/agent_v2.5.160219/enbd_config ~/smallcellfreq
2 # * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/txt
3 # * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/shell > /tnp/test.log 2>&1
4
5 # * * * * sleep 10; scp root@10.101.131.28:~/agent_v2.5.160219/enbd_config ~/smallcellfreq
6 # * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/txt
7 # * * * * sleep 10; /home/itriepc/smallcellfreq/shell > /tnp/test.log 2>&1
8
9 # * * * * sleep 20; scp root@10.101.131.28:~/agent_v2.5.160219/enbd_config ~/smallcellfreq
10 # * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/txt
11 # * * * * sleep 20; /home/itriepc/smallcellfreq/shell > /tnp/test.log 2>&1
12
13 # * * * * sleep 30; scp root@10.101.131.28:~/agent_v2.5.160219/enbd_config ~/smallcellfreq
14 # * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/txt
15 # * * * * sleep 30; /home/itriepc/smallcellfreq/shell > /tnp/test.log 2>&1
16
17 # * * * * sleep 40; scp root@10.101.131.28:~/agent_v2.5.160219/enbd_config ~/smallcellfreq
18 # * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/txt
19 # * * * * sleep 40; /home/itriepc/smallcellfreq/shell > /tnp/test.log 2>&1
20
21 # * * * * sleep 50; scp root@10.101.131.28:~/agent_v2.5.160219/enbd_config ~/smallcellfreq
22 # * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/txt
23 # * * * * sleep 50; /home/itriepc/smallcellfreq/shell > /tnp/test.log 2>&1
24

```

在 terminal 輸入 `crontab -e` 把複製好的 cron 程式內容貼到 crontab 內容中，因為 crontab 預設使用指令模式編輯內容，所以此動作是在 terminal 執行。在 crontab 內容下方可看到操作提示，其中 `Ctrl+X` 是 Exit 離開，所以按下 `Ctrl+X`，它會再詢問是否儲存，按下 `Y` 確認存檔，此時 crontab 設定立即套用，它就會依照 script 的內容不斷重複執行，如下圖示。



```
itriepc@GL753VD: ~/smallcellfreq
itriepc@GL753VD:~/smallcellfreq$ crontab -e

GNU nano 2.2.6 File: /tmp/crontab.bpQzma/crontab

# Edit this file to introduce tasks to be run by cron.
#
# Each task to run has to be defined through a single line
# indicating with different fields when the task will be run
# and what command to run for the task
#
# To define the time you can provide concrete values for
# minute (m), hour (h), day of month (dom), month (mon),
# and day of week (dow) or use '*' in these fields (for 'any').#
# Notice that tasks will be started based on the cron's system
# daemon's notion of time and timezones.
#
# Output of the crontab jobs (including errors) is sent through
# email to the user the crontab file belongs to (unless redirected).
#
# For example, you can run a backup of all your user accounts
# at 5 a.m every week with:
# 0 5 * * 1 tar -zcf /var/backups/home.tgz /home/
#
# For more information see the manual pages of crontab(5) and cron(8)
#
# m h dom mon dow   command
* * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/cron-seconds.sh
* * * * * scp root@10.101.131.28:~/agent_v2.5.160219/enbd_config ~/smallcellfreq
* * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/txt
* * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/shell > /tmp/test.log 2>&1
* * * * * sleep 10; scp root@10.101.131.28:~/agent_v2.5.160219/enbd_config ~/smallcellfreq
* * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/txt
* * * * * sleep 10; /home/itriepc/smallcellfreq/shell > /tmp/test.log 2>&1
* * * * * sleep 20; scp root@10.101.131.28:~/agent_v2.5.160219/enbd_config ~/smallcellfreq
* * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/txt
* * * * * sleep 20; /home/itriepc/smallcellfreq/shell > /tmp/test.log 2>&1
* * * * * sleep 30; scp root@10.101.131.28:~/agent_v2.5.160219/enbd_config ~/smallcellfreq
* * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/txt
* * * * * sleep 30; /home/itriepc/smallcellfreq/shell > /tmp/test.log 2>&1
* * * * * sleep 40; scp root@10.101.131.28:~/agent_v2.5.160219/enbd_config ~/smallcellfreq
* * * * * /home/itriepc/smallcellfreq/txt
* * * * * sleep 40; /home/itriepc/smallcellfreq/shell > /tmp/test.log 2>&1

^G Get Help  ^O WriteOut  ^R Read File  ^V Prev Page  ^K Cut Text  ^C Cur Pos
^X Exit      ^J Justify   ^W Where Is   ^V Next Page  ^U UnCut Text ^T To Spell
```

crontab 使用五個欄位來定義時間，分別代表分鐘、小時、日期、月份、週次，第六個則是你的執行指令。crontab 預設最小單位是每分鐘，這裡我們用五個星號(每分鐘)讓它執行，但因為實驗需求我們用 sleep 指令間隔 10 秒的方式，讓它達到每隔 10 秒自動執行。

在 Linux 的 Shell Script 程式中以#字號為註解，因此可以看到大多數內容都是提供說明，實際執行的只有沒加#字號的幾行內容。

四、測試步驟

- 1、 smallcellfreq 程式目錄複製到 EPC 家目錄後，在 terminal 輸入 cd smallcellfreq，切換到該目錄內，可在 terminal 輸入 ls -l 檢查 sh 檔案是否有 R 與 X 權限(Shell Script 程式檔需有可讀取 R 與可執行 X 權限才可執行)。
- 2、 使用 crontab 排程表功能來設定自動執行，在 terminal 輸入 sudo gedit cron，把 cron 文字檔內容複製(可用 vi 或 gedit 看操作習慣)，再輸入 crontab -e 開啟系統的 crontab 設定檔，crontab 預設是使用指令介面做修改(第一次開啟 crontab 會詢問你要使用哪個文字編輯器操作，例如 vi 或 nano)，此範例選擇使用 nano 後就可以編輯設定(程式碼已設定每 10 秒執行一次連結頻譜資料庫)，把複製的文字內容貼上後按 Ctrl+X 離開並按 Y 確認存檔。
- 3、 若有要調整的資料庫欄位參數，可針對頻譜資料庫要調整的欄位參數修改 SQL 程式碼，在 crontab 重複執行 Shell Script 程式時 SQL 程式會自動依據頻譜資料庫參數值(accuracy 欄位)，當參數為 0 時即 Incumbent 要求頻段釋放(執行使用頻段的釋放)。
- 4、 寫好的 SQL 在自動執行時會判斷頻段釋放後掃描頻譜資料庫，擷取可用頻段並更新到基站，程式從目前規劃的三個頻段去掃描，使用 accuracy 欄位參數值排除已釋放頻段，擷取可用頻段的 EARFCN 參數再以 Shell Script 程式傳送到 eNB 做更新。

- 5、 Shell Script 把 EARFCN 參數傳送到 eNB 後，會執行頻率參數覆蓋(詳見 cellreboot 程式檔)，再將 eNB 設定下次開機時自動啟動後將 eNB 重啟(此過程為連續執行)。
- 6、 Shell Script 與 SQL 程式內容主要根據要截取的欄位與參數值去做修改，主要是用 crontab 讓 bash 檔可以自動執行那些 script (擷取→處理→更新)的步驟。

補充：把程式模組加入 crontab 執行後(背景執行)，將不會在 terminal 看到任何執行過程訊息，若要 debug 則建議暫時先把 crontab 功能停用，停用方式就是在 crontab 中全部的內容前面加#字號存檔。

附錄捌、以感測為基礎的清空與重啟系統使用說明

一、硬體需求

- 1、 頻譜感測器(兩台 USRP、兩台筆電)
- 2、 SFE100 TEST transmitter
- 3、 ITRI Small cell、EPC 的主機
- 4、 頻譜分析儀
- 5、 安裝控制器、資料庫、Incumbent 網頁介面之主機(2 台)

二、前置需求

- 1、 頻譜感測器開啟
- 2、 開啟 Small cell 在 2.31GHz 上傳輸
- 3、 開啟 NTU Controller、Repository monitor 之網頁介面

三、操作步驟

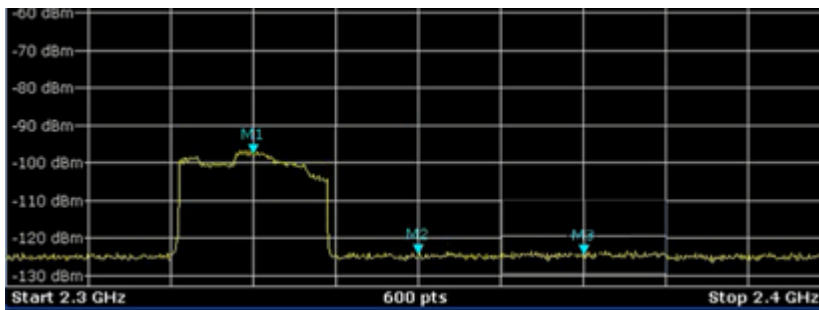
- 1、 首先進入到 Incumbent 網頁登入介面，輸入帳號密碼進行登入



- 2、登入後即進入 Incumbent 介面及資料庫完成連結，下圖可看到 Zone1 的 2310 頻段是藍色燈號，即正在被 MNO 傳輸。另二頻率 2340、2370MHz 分別顯示紅、綠燈，紅燈表示 Incumbent 正在使用這區域的頻段，故 MNO 不能使用該頻段，綠燈表示 MNO 可以在這頻段上傳輸，不過 MNO 目前在這段頻段是閒置的狀態。此外，在過程中，燈號轉黃表示當 Incumbent 要使用頻段時，MNO 還未完成清空頻段的指令時之狀態。



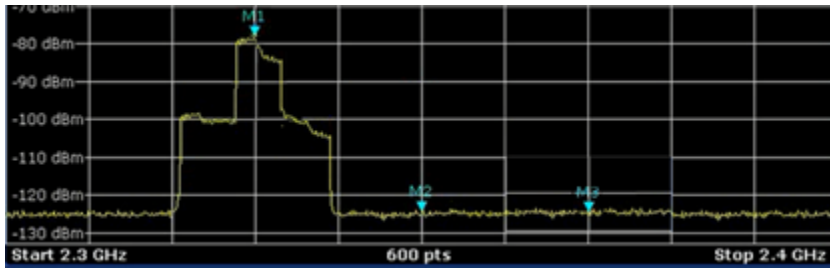
- 3、此時由頻譜分析儀亦可看到 2310MHz 有訊號 (Small cell 正在 2.31GHz 傳輸)



- 4、接著在 Incumbent 網頁下方找到控制開關的表格，找到 zone01 頻段 2310 之欄位，在最右邊 action 處按下 Power on/off 按鈕，系統隨即自動打開 incumbent 的 SFE100 TEST transmitter 傳輸設備

Zone No.	frequency	latitude	longitude	status detail	status	action
01	2310	25.0187519279505	121.542099206297	Used by Secondary		Power on/off Recover channel

- 5、確認頻譜分析儀收到之訊號 (Incumbent 與 Small Cell 均在 2.31GHz 傳輸)



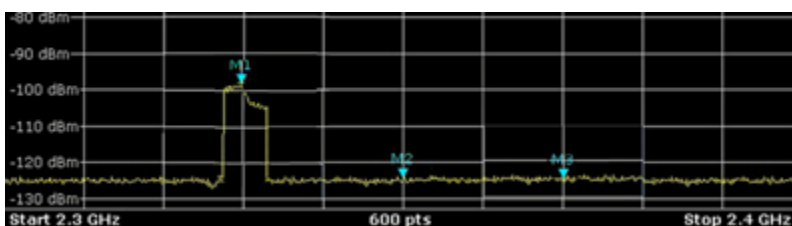
- 6、當頻譜感測器接收到 Incumbent 的傳送訊號後，會自動通知 LSA 資料庫，接著 LSA 資料庫自動通知 MNO 需要清空共享頻段的指令，此時 Zone1 的 2310 頻段狀態指示燈由藍變黃，如下圖所示。



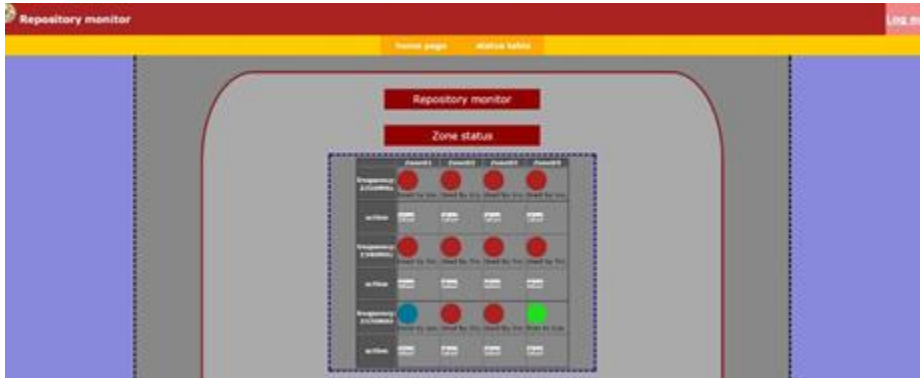
- 7、待 MNO 清空頻段後，會看見資料庫監控畫面的狀態指示燈改變(Zone1 的 2310 頻段代表燈號由黃變紅)



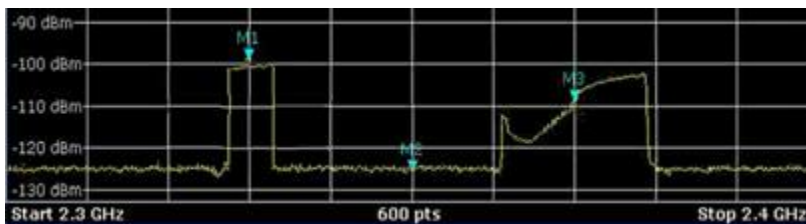
- 8、確認頻譜分析儀收到之訊號 (只剩下 Incumbent 在 2.31GHz 傳輸，Small Cell 退頻)



- 9、因 Zone1 的 2370 頻段是綠燈，即 MNO 可以使用的狀態，故當 Small cell 清空 2310 頻段時，會自動重啟到 2370 頻段，在重啟成功後，可看見資料庫監控畫面 Zone1 的 2370 頻段代表燈號由綠變藍。

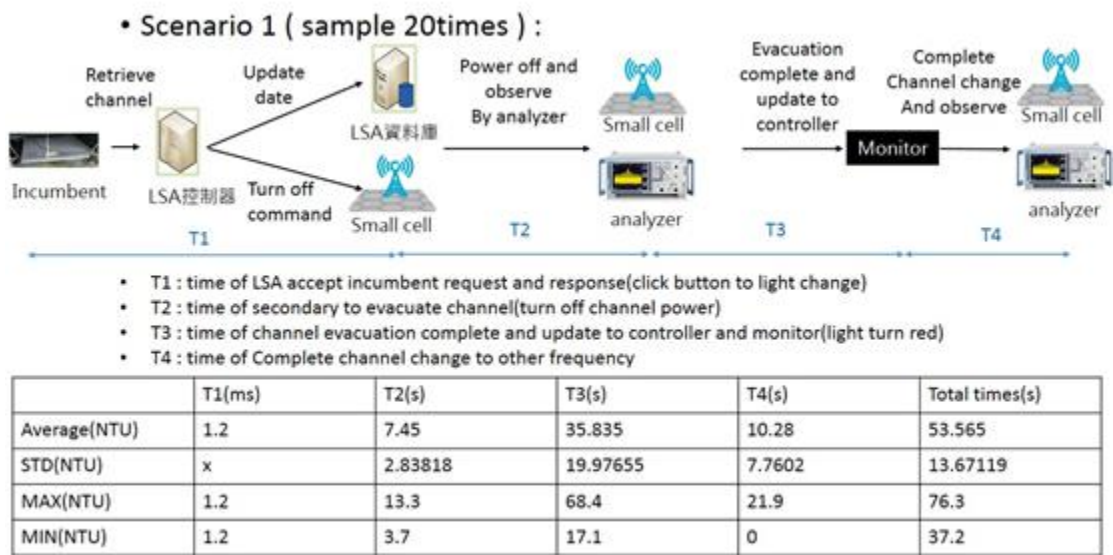


- 10、在頻譜分析儀可看見 Incumbent 及 Small cell 分別在不同頻段上傳輸 (Incumbent 正在 2.31GHz 傳輸、Small cell 重啟到 2.37GHz 上傳輸)，如下圖所示，此時也代表情境二的展示成功。



附錄玖、DSA Lab 情境一時延評估

台大 DSA Lab 一樣有對於情境一作時延的評估，結果與中山大學所量測出來結果大致相符，總系統的時延落在 1 分鐘左右，也可以清楚的觀察到同樣的系統瓶頸會落於硬體重啟的部分，在我們的 20 次的試驗之中還可以觀察到因為系統上傳週期 10 秒所造的一些特別的現象，如 T3、T4 會同時完成因為 10 秒次的更新時間造成硬體已經完成換頻之後，才更新制資料庫所以 T3 系統完成清空這一段就與換頻同時完成，在這個地方也是造成系統時延標準差上升的主要為制，因為回傳以及重開硬體兩個不分都有很大的不確定性，所以會造成這一段的標準差非常的巨大，為來可能可以用非開關硬體的方式或提升回報頻率來改善。



表：情境一的測試結果

Times	T2	T3	T4	Total
1	8.8	18.1	14.8	41.7
2	10.2	58.2	0	68.4
3	8.6	18.8	13.9	41.3
4	6.5	59.3	0	65.8
5	6.6	18.3	13.5	38.4
6	6.2	19	12	37.2
7	4.6	17.1	20.7	42.4
8	4.4	49.8	8.7	62.9
9	13.3	18.9	14.8	47
10	7.9	68.4	0	76.3
11	6.3	17.8	14.8	38.9
12	11.5	48.8	10	70.3
13	12.4	59.5	0	71.9
14	3.7	17.8	21.9	43.4
15	4.6	49.5	9	63.1
16	9.5	18.4	14.6	42.5
17	4.2	58.8	0	63
18	5.3	22.1	15.1	42.5
19	8.5	59.5	0	68
20	5.9	18.6	21.8	46.3
avg	7.45	35.835	10.28	53.565
std	2.83818	19.97655	7.760263	13.67119
max	13.3	68.4	21.9	76.3
min	3.7	17.1	0	37.2