

# 以愛爾蘭頻譜調整與重置作業經驗探討頻譜重整政策

巫國豪  
財團法人電信技術中心

**摘要** 一因應行動寬頻流量需求大增，各國多釋出無線電頻譜資源供業者佈建行動寬頻網路。然而，頻譜釋出時，可能遇到使用期限尚未屆滿，但主管機關已規劃透過拍賣方式釋出，或因頻率劃分方式改變，必須調整使用範圍，故頻譜重整作業之重要性日增。本研究參考愛爾蘭頻譜重整經驗，依據使用現狀及未來可能拍賣結果，預擬各種情境，再透過技術實務分析，研擬頻譜重整之時間與成本，此種分析模式可作為主管機關制訂頻譜重整政策之參考。

## 一、研究背景與緣起

臺灣於今年(2013)9月開始進行橫跨 700、900 及 1800MHz 三個頻段的頻譜拍賣作業。三個頻段合計釋出總頻寬達 270MHz，如圖一[1]。由於 700、1800MHz 為國際通用適合佈建 4G LTE 網路之頻段，故吸引現有行動通信業者及新進業者共同競逐寶貴之頻譜資源，以搶占 4G 行動寬頻服務市場先機。



圖一：通傳會規劃釋出 700、900、1800MHz 頻段單位劃分

本次頻譜拍賣作業，除 700MHz 頻段為空白頻段，得標者得標並完成籌設、獲配特許執照即可使用外，900MHz 與 1800MHz 頻段之釋出頻率，多數仍為 GSM 業者使用，非 GSM 業者如得標此頻段時，須待執照屆期後(最快至 2017 年 7 月)方可使用其得標頻塊，影響 GSM 業者以外之競標者參與投標意願；同時，假若有一非 GSM 業者之得標頻率位置，為既有 GSM 業者之現用頻率，既有 GSM 業者需要花費作業時間以完成頻譜清理動作，延緩得標者透過得標頻率建設系統網路之時程，導致得標者於市場上推出行動寬頻服務之時程晚於既有業者，形成一種不公平競爭之現象。當市場不公平競爭的情況出現時，最終可能影響全體國人合理使用 4G 行動寬頻服務之權益。

前述所言之頻譜重整，指頻率使用者將其持有頻率，重置或調整至其他頻率之情形。近年來由於全球行動通信用戶對於智慧型手機接受度大增，為因應行動寬頻流量逐年增長的趨勢，各國頻譜監管機關多進行頻譜拍賣作業，釋出更多頻譜資源以滿足市場所需。然而，由於

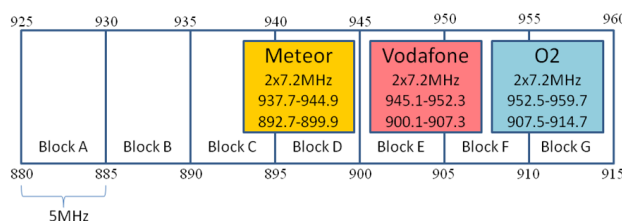
過往 2G、3G 執照頻塊劃分方式(例如我國 1800MHz 頻率劃分方式以 2x11.2MHz 為單位)，不同於現有 4G LTE 以 2x5MHz 為頻塊最小單位之規劃，為了將原先 GSM 使用頻率位置調整為符合 4G LTE 頻率劃分位置之目標，故存在頻譜重整之必要性。

本研究觀察各國頻譜監管機關對於頻譜重整之相關政策後，發現愛爾蘭於 2012 年 11 月完成之 800、900 及 1800MHz 頻譜拍賣作業，過程中同樣存在需進行頻譜重整之需求，且執照拍賣時，部分頻譜使用期限尚未屆滿，故該國監管機關針對頻譜重整作業設計相關規範，以降低頻譜移轉過程中，可能出現影響市場競爭或影響民眾使用權益之情勢。有鑑於此，本研究研析愛爾蘭頻譜重整經驗，以作為我國未來頻譜重整政策之參考。

## 二、愛爾蘭頻譜重整作業經驗探討

### 2.1 愛爾蘭頻譜重整前使用情境

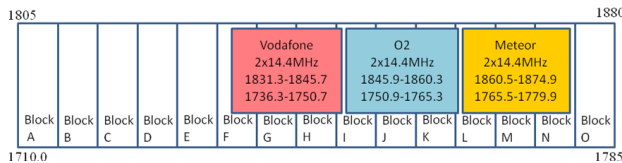
愛爾蘭通訊監管委員會 (Commission for Communications Regulation, ComReg) 於 2012 年 11 月完成 800、900 及 1800MHz 頻譜拍賣作業，拍賣進行前，其中兩個頻段 900、1800MHz 尚為 GSM 業者使用。900MHz 頻段中，Vodafone Ireland 及 Telefonica O2 Ireland 的執照於 2011 年 3 月屆期，而 Meteor Mobile Communications 持有執照期限可用至 2015 年。三家業者於 900MHz 頻段各自持有頻譜數量達 2x7.2MHz 頻寬，與 2012 年 11 月頻譜拍賣之頻塊劃分(以 5MHz 為單位)比較如下圖二。



圖二：愛爾蘭頻譜拍賣前 900MHz 頻段配置圖

2012 年 11 月進行的拍賣作業中，900MHz 頻段劃分為 7 個頻塊，每頻塊頻寬大小為 2x5MHz，與原先使用情境相比，有五個頻塊為既有 GSM 業者使用，僅兩個頻塊為空白頻塊。

1800MHz 頻段部分同樣由三家業者所使用，各自使用頻寬大小達 2x14.4MHz。Vodafone 和 Telefonica O2 持有執照使用期限至 2014 年年底，Meteor 執照使用期限至 2015 年 6 月。與 2012 年 11 月的拍賣作業相比，既有 GSM 業者使用 1800MHz 頻段共占拍賣頻塊之 9 個頻塊，僅 6 個頻塊為空白頻塊，如下圖三。



圖三：愛爾蘭頻譜拍賣前 1800MHz 頻段配置圖

由前述分析所見，2012 年 11 月愛爾蘭拍賣頻譜時，部分拍賣頻塊仍由既有業者使用中，且執照屆期時間略有差異，導致各自啟用時間將有所不同。基於確保拍賣後得標者能在作業成本最低的情況下順利使用，ComReg 透過顧問公司 Vilicom 及 Red-M 聯合針對 900/1800MHz 的頻譜重新配置與調整議題進行研析。

## 2.2 頻譜重整時程之分析方法

對於透過拍賣競標得到頻塊的得標者而言，最重要的議題之一應屬可實際使用得標頻率的啟用時間。因此，如何衡量頻譜移轉所需時間是否合理，即成為舊用戶、新用戶與主管機關彼此間都需要審慎評估的重要課題。

ComReg 委託二家第三方研究單位評估頻譜重整所需時間及成本，二家公司皆熟悉通訊系統網路與技術。Vilicom 公司主要業務為向通訊產業提供工程服務，包含針對客戶提供網路的設計、驗證、測試及最佳化服務。Red-M 公司(現已改名為 Affini)則對於擅長整合固網與行網等連線技術，並能提供商業風險、成本與競爭機會管理等專家意見。以下將針對 Vilicom 和 Red-M 兩家公司聯合提出之 900MHz 及 1800MHz 兩份頻譜重整報告進行分析。

### 2.2.1 針對 900MHz 進行頻譜重整之分析

Vilicom/Reb-M 首先定義頻譜重整過程中可能出現的兩種態樣：頻譜重新配置(relocation)與調整(retuning)。頻譜調整指頻譜持有人在目前持有頻率範圍中進行微調的動作。頻譜重新配置則意味著業者由原本持有的頻譜重新配置至新指派的頻率範圍。

Vilicom/Reb-M 在評估 900MHz 頻譜重整作業所需時間、成本之前，會考量頻譜重整影響的各層面，包括：服務阻塞/延遲率(Grade of Service, GOS)、頻率重複利用(Frequency Re-use)、保護頻段(Guard band)、適應性多重編譯碼(Adaptive Multi-Rate Codec, AMR)以及重整對另外二個頻段如 1800、2100MHz 之影響。

以 GOS 指標為例，該指標主要用以判斷尖峰時段中，服務是否容易出現受阻礙或延遲的狀況。例如平均語音通話品質等級、數據傳輸速率及通話無法成功建立的比例等。Vilicom/Reb-M 認為 GOS 的概念對頻譜重整而言，屬重要的判定指標之一。因為當業者所持有的頻譜資源增加，擁有更多網路資源作為承載訊務量的用途，可逐步降低 GOS 數值；反之，當業者因為頻譜重整作業，導致失去部分頻譜資源時，藉由 GOS 指標，可以判斷出失去頻譜資源對網路容量的實際影響程度。例如干擾程度增加、通話品質降低等，影響使用者對行動通信服務的感受度。

頻譜重整的複雜度將取決於拍賣結果。拍賣結束後可能出現各種不同的結果，主要可歸類為既有業者取得

2x5MHz、既有業者取得 2x10MHz 或新進業者取得 2x5MHz 等狀況。Vilicom/Reb-M 依據現有 900MHz 頻段中，三家業者各持有 2x7.2MHz 之現狀，將可能出現之情境摘要出三種型態[2]：

- 情境一：既有 GSM 業者使用頻寬大小改為指配 2x10MHz；
- 情境二：既有 GSM 業者使用頻寬大小改為指配 2x5MHz；
- 情境三：既有 GSM 業者 Meteor 仍維持原使用頻寬 (2x7.2MHz)，但實際使用頻率須調低 200kHz，以確保相鄰頻塊 E 不會受到干擾。

Vilicom/Reb-M 會將每一個情境所需處理的工程活動劃分為三個階段，包括：

- 規劃階段(Planning Phase)：此階段不進行調整或重新配置動作，而先完成其他工程活動。規劃階段期間，系統網路進入鎖定(lockdown)狀態，網路處於較穩定的時期，網路運作之參考指標可以於此一階段建立。
- 實施階段(Implementation Phase)：此階段進行網路調整或重新配置至新頻率之動作。當實施階段結束時，代表頻譜重整已完成。
- 驗證階段(Verification Phase)：位處實施階段之後，針對調整或重新配置的網路，評估其 GOS 指標及相關數值，持續監控以確保是否還有其他需要處理的技術議題。

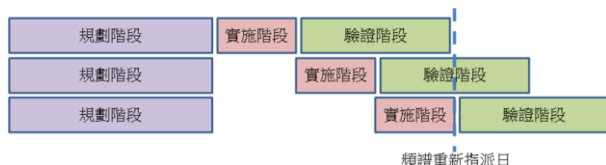
#### 2.2.1.1 情境一(900MHz 改為指配 2x10MHz)

Vilicom/Reb-M 分析拍賣後，既有業者在 900MHz 頻段可以取得比原先 2x7.2MHz 頻寬還多的 2x10MHz，Vilicom/Reb-M 將此種狀態設定為情境一。

在情境一環境下，既有業者原有的頻率指配位置 and 新的頻率指配位置可能會有幾種狀況，例如：

- 新的頻率位置與原位置完全重疊，例如圖二中 Vodafone 原本使用 945.1-952.3MHz(紅色區塊)，假設拍賣後購買到頻塊 E 與 F(Block E&F)。此種情境下業者無立即執行頻譜重整作業之必要。
- 新的頻率位置與原位置部分重疊，假設 Vodafone 於拍賣後購買到頻塊 D 與 E(Block D&E)，則會受到另一業者 Meteor(使用黃色區塊)的影響，必須進行頻譜調整(retuning)作業。
- 新的頻率位置與原位置完全無重疊，假設 Vodafone 於拍賣後購買到頻塊 A 與 B(Block A&B)，新頻率與原頻率完全未重疊，因此需進行頻譜重新配置(relocation)作業。

對情境一而言，無論業者要執行的是頻譜調整作業，或者執行頻譜重新配置作業，該二種作業的規劃階段與實施階段動作皆相近。此外，由於 900MHz 頻段目前部分頻率由三家業者分別持有，因此拍賣結果可能出現拍賣所得之頻率位置與其他業者原使用頻率位置重疊的狀況，導致業者間的頻譜重整作業互相影響。當此種狀況出現時，則各業者的實施階段需依序進行，例如下圖四所示。



圖四：900MHz 情境一之三家業者頻譜重整作業互相影響示意圖

根據 Vilicom/Reb-M 的估算，情境一狀況下的規劃階段時程應會超過四個月，實施階段可能需要三個星期，驗證階段可能會需要兩個月的時間。

至於頻譜重新配置或調整所需花費的成本，例如規劃階段的人力配置、新購買的相關設備、實施階段的人工施作成本等，估算一家業者需要花費約 52 萬歐元之金額來執行頻譜重整作業。

### 2.2.1.2 情境二(900MHz 改為指配 2x5MHz)

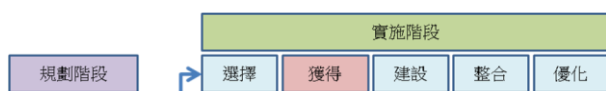
另一種可能出現之情境為既有業者於拍賣後取得之頻寬較原先為少。此種情境會較為複雜，因為業者持有的頻譜資源變少，意味著訊務量可承載頻寬變少，導致訊號干擾指數可能上升。因此，Vilicom/Reb-M 針對頻寬變少的情境下，會對既有業者於都會區及郊區之網路產生的影響進行分析。

Vilicom/Reb-M 在郊區選定阿斯隆鎮(Athlone)及馬林加鎮(Mullingar)作為樣本區域，分析後發現，在訊務量和干擾指標值不變的條件下，將頻寬由 7.2MHz 減少為 5MHz，會導致基地臺數量會由原本的 153 個站臺增加到 199 個站臺，基地臺數量增加約 30%，且每個站臺間的距離由原先的 9 公里縮短為 7.9 公里。

至於都會區部分，Vilicom/Reb-M 選定都柏林(Dublin)南方區域作為樣本區域進行調查，分析後發現頻寬減少的結果，會導致基地臺數量由 45 個站臺增加到 61 個站臺，數量增加約 35%，站臺間的距離由原先 1.275 公里縮短至 1.147 公里。

為了因應 900MHz 頻寬減少，部分訊務量也會分流到業者現有的 1800MHz 或 3G UMTS 使用的 2100MHz 網路。此外，業者有必須增加適應性多重速率編譯碼(AMR)的使用，以維持尖峰時段的通話品質。

Vilicom/Reb-M 分析情境二之處理流程可能包含以下階段，除規劃階段外，實施階段會更進一步細分為五個步驟，包括選擇(Select)新增站臺地點、獲得(Acquire)候選站臺之使用權利、建設(Build)站臺設施、整合(Integrate)及優化(Optimise)。如下圖五所示。



圖五：900MHz 情境二執行步驟示意圖

針對情境二所需花費的處理時程，實施階段中有關建設的部分，應可在九個月內完成，不過，尚須要額外考慮基地臺相關設備之購買及建設時程，整體來說，Vilicom/Reb-M 估算 90% 的新增基地臺佈建應可在第二年底時完成。

由於情境二之環境下，既有業者必須佈建額外的基地臺，故估算成本十分高昂，Vilicom/Reb-M 估算此情境

下業者之總資本支出可能達到 5,500 萬歐元。

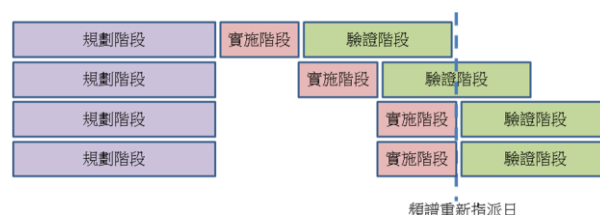
### 2.2.1.3 情境三(Meteor 調整 200kHz)

情境三主要針對 Meteor 公司將其現有使用頻率調低 200kHz，讓拍賣後的頻塊 E 可以免受干擾，為其他業者所用。情境三之步驟大致上和情境一相雷同。時程規劃上亦相同，規劃階段約四個月，驗證階段約一週，而驗證階段所需時間約二個月。頻譜重整成本亦較情境一為低，Vilicom/Reb-M 估算成本約 30 萬歐元。

### 2.2.2 針對 1800MHz 進行頻譜重整之分析

針對 1800MHz 部分，Vilicom/Reb-M 分析既有 GSM 經營者可能都會出現重新配置頻譜之情境。不過，情境設計上，Vilicom/Reb-M 僅規劃既有 GSM 業者使用頻寬大小為 2x15MHz 之情境。(由原先持有頻寬 2x14.4MHz 增加為 2x15MHz)。至於由原頻寬 2x14.4MHz 減少為 2x10MHz、2x5MHz 等頻寬減少之情境，由於需考量的投入變數過多，導致結果過於複雜，因此 Vilicom/Reb-M 無法針對頻寬減少的情境進行量化分析。

1800MHz 頻譜重整作業之階段與 900MHz 相同，皆劃分為規劃階段、實施階段以及驗證階段。Vilicom/Reb-M 依據現有 1800MHz 的頻率配置以及未來拍賣的假設情境，分析最複雜的情境下，可能需要做四次的頻譜重新配置作業。如下圖六所示。



圖六：1800MHz 情境一執行過程相互影響示意圖(最複雜情境)

整體時程上，Vilicom/Reb-M 分析規劃階段與實施階段可能約需花費 4 至 5 個月之時間，時間長度取決於拍賣結果與原頻率使用情形的變化度。如拍賣結果會牽涉三家業者必須執行四次頻譜重新配置，則時間長度預計為 5 個月。至於驗證階段則預計為 2 個月。

由於愛爾蘭本次同時拍賣 900 及 1800MHz 頻段，因此最糟的情況下，既有業者必須依序處理各頻段之頻譜重整，先完成一頻段之頻譜重整作業後，才能針對另一頻段進行頻譜重整作業，等同要花雙倍的作業時程以完成頻譜重整。

依照業者基地臺數量的不同，以及頻譜重整的複雜程度，Vilicom/Reb-M 評估 1800MHz 頻譜重整之作業成本可能介於 15 萬歐元至 29 萬歐元之間。

## 2.3 主管機關對頻譜重整之政策決定

愛爾蘭主管機關 ComReg 考量既有業者現有執照期限以及未來長期發展，因此將執照期程切分為二個時段，第一階段為因應頻譜重整期間所設計之時段，期程為二年，自 2013 年 2 月 1 日起算，至 2015 年 7 月 12 日屆滿。第二階段之頻譜使用時間較完整，長達十五年，自

2015年7月13日起算，至2030年7月12日屆滿。[4]

ComReg 設計二階段執照的主要原因，在於希望得標者執照起算時間，與其實際使用頻率時間相符，因此得標者於第二階段可以使用完整的執照效期十五年，無須受頻譜重整作業時間影響，損害其頻率使用權益。

為了讓得標者能夠在 2015 年 7 月執照起算日時，完整獲得頻譜的使用權益，因此要求相關頻譜重整作業必須在 ComReg 所規範的時間內完成。依據 Vilicom/Reb-M 分析頻譜重整所需花費作業時間，頻譜重新配置(relocation)所需作業時間最多達 9 至 10 個月，而頻譜調整(retuning)所需時間最多需二年，因此 ComReg 要求既有業者以及得標者應該最晚於 2014 年 7 月 12 日前(距離第二階段執照起算日前一年)提交頻譜重新配置專案計畫(Relocation Project Plan)，頻譜調整計畫(Retuning Project Plan)則應於 2013 年 7 月 12 日前提交，該時間點距離第二階段執照起算日前二年。藉由要求既有業者及得標者提供頻譜重整計畫的方式，確保業者能預先針對頻譜重整作業進行規劃，以降低頻譜重整所需作業時間。[5]

### 三、 頻譜重整政策之研析

#### 3.1 愛爾蘭頻譜重整經驗可供參考處

分析愛爾蘭頻譜重整相關作業經驗後，吾人可歸納頻譜重整作業過程中，所需考量之相關要素如下表。

表 I  
愛爾蘭頻譜重整作業要素

考量要素	內容
現況與拍賣結果預想分析	針對頻率使用現況與未來可能之拍賣結果，預先擬定可能出現的情境
細分操作階段	將頻譜重整階段細分為規劃階段、實施階段及驗證階段
技術實務分析	依據預想情境內容，從技術角度分析頻寬變多或變少時，可能導致的情形，並提出建議
時程及成本分析	研析頻譜重整作業，需耗費的時程及成本

由愛爾蘭頻譜重整之經驗，本研究發現針對頻率使用現況及拍賣結果預先設想可能之情境，並透過時程規劃、技術分析及成本分析後，可釐清頻譜重整所需作業時間、成本，藉由前述分析所得，能幫助主管機關制定更明確的政策規劃。

#### 3.2 對我國未來頻譜重整政策之建議

我國於今年 9 月開始進行橫跨 700、900 及 1800MHz 三個頻段的頻譜拍賣作業。除 700MHz 頻段為空白頻段外，900、1800MHz 頻段大部分頻率仍為既有 GSM 業者所使用，因此頻譜重整作業有其必要性。

本研究參考愛爾蘭頻譜重整經驗，提供以下分析供我國本次拍賣參考。

##### (1) 擬定可能之情境

根據我國本次拍賣 900MHz、1800MHz 頻段之現有使用狀況，以及各頻段之頻譜上限，本研究預先擬定可能之情境。

- 900MHz 現有頻率由亞太電信使用 5MHz，中華電信使用 2x15MHz，遠傳電信及台灣大哥大共

同使用 2x5MHz(分區執照)。我國 900MHz 頻譜上限為 2x10MHz。因此，推估拍賣後可能出現以下情境。

- 情境一：2x15MHz 減少為 2x10MHz；
- 情境二：2x5MHz 增加為 2x10MHz；或
- 情境三：2x5MHz 減少為 0。

- 1800MHz 現有頻率由遠傳電信使用 2x22.5MHz(含原和信電信使用頻率)、中華電信使用 2x11.25MHz，台灣大哥大使用 2x11.25MHz，頻譜上限為 2x30MHz。因此，推估拍賣後可能出現以下情境。

- 情境一：2x11.25MHz 減少為 2x10MHz；或
- 情境二：2x11.25MHz 增加 2x15MHz 以上。

依據現有頻率使用情形及拍賣可能之結果擬定相關情境後，主管機關即可更進一步從技術實務面分析頻譜重整所需花費之時程及成本，並據以研擬適合我國頻譜重整之規劃階段、實施階段及驗證階段所需時程。

#### (2) 分析項目

本研究參考愛爾蘭頻譜重整經驗，建議未來主管機關如需制訂我國頻譜重整政策，則應考量的技術分析項目得包括：

- 分析頻譜重整可能影響的各層面，例如服務品質的變化及各項技術指標如 AMR 之變動。
- 因應可用頻寬縮小時，基地臺數量與密度的變化；如需增加基地臺數量以維持訊務量或服務品質，則可更進一步分析增加數量所需花費的時間和成本。
- 前述成本應考量基地台設備成本及人工施作調整成本。
- 研析我國行動通信服務訊務量由 900、1800MHz 分流至 3G 頻段 2100MHz 時，所需花費的時間、成本。

由於愛爾蘭人口密度(60.3/km<sup>2</sup>)與我國人口密度(644.76/km<sup>2</sup>)差異甚大，人口數及國土地理條件亦不相同，顯見二國業者行動網路之系統架構、基地臺數量、佈建方式必然有所差異，因此愛爾蘭頻譜重整之時程、成本規劃可能不盡然與我國國情相符。為更進一步釐清完成我國頻譜重整作業所需之時間成本，建議未來主管機關應可參考愛爾蘭頻譜重整作業之原則及作法，據以研析符合我國國情之頻譜重整時程及成本，並依時程、成本分析制訂完整的頻譜重整政策，以維持市場競爭之公平、確保消費者權益不因頻譜重整作業而受損，並保障頻譜得標者合理之使用權益。

#### 參考文獻

- [1] 國家通訊傳播委員會, 行動寬頻業務釋照公開意見徵詢-101年11月26日, 2012.
- [2] Red-M/Vilicom, *Retuning and Relocating GSM 900 Spectrum Assignments in Ireland. ComReg Document 10/71c*, 2010.
- [3] Red-M/Vilicom, *Retuning and Relocating GSM 1800 Spectrum Assignments in Ireland. ComReg Document 10/105b*, 2010.
- [4] ComReg, *Results of the Multi-Band Spectrum Auction. ComReg Document 12/123*, 2012.
- [5] ComReg, *Multi-band Spectrum Release-Release of the 800 MHz, 900MHz and 1800MHz Radio Spectreum Bands. ComReg Document 12/25*, 2012.