

開放架構網路共享部署模式與效益

Open RAN Network Sharing Deployment Model and Benefits

October 28, 2024



IEK Consulting

楊玉奇 Yu-Chi Yang



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

開放架構網路共享部署模式與效益

Open RAN Network Sharing Deployment Model and Benefits

楊玉奇 Yu-Chi Yang



網路共享部署已發展出多種模式，可強化開放網路架構的低成本效益，還兼有節能和環境保護的外部效益。然而，網路共享的推行也還存在許多挑戰，包括技術整合、市場競爭、法規監管和資訊安全等方面的問題有待關注與克服。國際電信大廠 **Vodafone** 和 **Orange** 合作完成全球首例開放架構網路共享部署，從案例中可觀察到電信基礎設施雲端化和虛擬化，促進電信設備專屬軟硬體的解構，朝向多元供應商的發展趨勢，以及共享模式對 **RAN** 供應商可能造成的負面影響。台灣網通設備廠商在 **RAN** 硬體製造已有優勢，應可盡早建立網管軟體能力，發展端到端的智慧化 **RAN** 解決方案，以滿足電信商實施共享部署的複雜網路環境管理需求。

一、依共享程度高低已發展出多種部署模式

網路共享的想法雖然早在 10 年前討論電信網路雲端化和虛擬化議題時，就獲得多方關注和討論，但隨著行動通訊網路技術的進步和架構的改變，共享的概念結合實務部署經驗，也有更加結構性和系統化的發展，並且依共享程度的高低，已發展出多元的共享模式。

(一) 網路共享模式概念

行動通訊網路的基礎設施部署是一種重度投資，即使是對電信商來說也是相當沉重的成本負擔。以當前已商用超過 4 年的 5G 行動通訊為例，投資金額高並且進入業務的時間較長，全球也尚未有電信商宣稱已在這段營運期間達成損益兩平。

開放網路架構發展初期，關於降低成本的效益訴求過於理想化，實務中發現由於整合多元供應商設備的複雜與困難，衍生出更高的成本。然而，隨著獨立組網和網路切片技術益發成熟，共享網路基礎設施並採用網路虛擬化，可望實現營運商大幅降低資本和營運成本的目標。

從概念上來說，行動通訊網路基礎設施共享可分為被動共享和主動共享。在被動共享中，不同行動電信商之間共享的設備僅限於被動網路元素，例如無線電桅杆、電源、機櫃、鐵塔、安全警報器等。主動共享則將共享的範圍擴展到接取網路，包括傳輸基礎設施（光纖、電纜等）、基頻處理資源以及潛在的無線電頻譜。

(二) 可能共享的網路系統與設備

隨著行動通訊網路虛擬化和雲端化的程度提高，網路資源如頻譜、網路設備、計算資源等能夠更靈活高效的分配和使用。這有助於多個網路營運商共享基礎設施，不必為了滿足各自需求而重複投資，在網路高峰時段可以動態分配更多資源，或在特定區域進行資源共享以優化網路效能。以下將行動通訊網路可以共享的部份，分為基礎設施、覆蓋區域、基站設備、核心網路、UDM/HSS(統一數據管理/家庭用戶服務器)、服務平台等。

1. 基礎設施

行動通訊網路的基礎設施通常指的是基地台，但從共享的角度來看，還可以進一步區分為功能設備和維運設備，前者指提供基地台訊號收發處理功能的設備，後者指維持基地台運作的設備。此處所指可共享的基礎設施為維運設備，主要是電源和基地台的鋼架或鐵塔架構，這些設備代表著營運商自建基站必須付出的固定成本，也必須定期支付保養和修繕的費用。

2. 覆蓋區域

意指營運商為用戶提供無線通訊業務的一片區域，也是無線網路的基本組成單位，如果共享即是在訊號覆蓋區域內的兩家營運商用戶可共用訊號。3GPP 即 WCDMA 陣營和 3GPP2 即 CDMA 陣營的標準中，在全向天線基站和定向天線基站的差異基礎上，對區域的定義有所不同。3GPP2 將一個基地台對應的覆蓋區域稱為一個 cell，但針對定向天線基站還有進一步將一個 cell 對應 3 個 sector，表示 3GPP2 的定向站有兩種覆蓋區域的概念。3GPP 則沒有 sector 的概念和說法，無論全向或定向基站都以一個 cell 代表覆蓋範圍。

3. 基站設備

行動通訊基地台設備一般可分為天線系統、電源系統和 GPS 接收器。天線系統可拆解為天線、多台收發機、數位訊號處理器，負責傳輸和接收訊號。電源系統即維持基地台持續運作的電源，現歸類於前述的基礎設施。由於以 4G 為基礎建置的 5G 基地台為數頗多，這類基地台仍使用 GPS 接收器的校時功能作為定位和時間同步之用，全新建置的 5G 基地台則有 IEEE 1588 和同步乙太網路等其他技術選擇。

4. 核心網路

核心網域處理行動網路中的一系列基本功能，例如連線和行動管理、驗證和授權、使用者資料管理和策略管理。實務上來說，核心網路管理流量處理和計費、位置和安全性，確保服務只能讓有權限的人員和設備訪問，並根據使用狀況準確計費。5G 核心網路功能完全基於軟體，並採用雲端原生設計，可在多個雲端基礎架構上實現更高的部署敏捷性和靈活性。

5. UDM/HSS

UDM(統一資料管理)是管理用戶即訂閱者資料的功能/服務，負責管理所有其他流程的使用者資料，在 4G 中，HSS 扮演了這個角色。UDM 與許多其他服務互動，如認證服務功能(Authentication Server Function, AUSF)、存取與行動管理功能(Access and Mobility Management Function, AMF)、會話管理功能(Session Management Function, SMF)、簡訊服務功能(Short Message Service Function, SMSF)。這意味著當 AUSF、AMF、SMF、SMSF 需要訂戶資料時，會向 UDM 請求數據，並且 UDM 向所要求的服務提供資料。

6. 服務平台

服務平台是營運商對用戶提供各類服務的系統，根據與用戶的服務合約，設定提供服務的內容和規格如費率和流量上限。服務平台的共享概念，即是兩家營運商可以在同一個業務平台上，服務各自的客戶，其中涉及到如何正確辨識自家或非自

家的客戶，進而提供正確服務的設定。可以預見如果共享造成服務內容甚至是收費的錯誤，必將招致大量的用戶抱怨。

(三) 網路共享模式類型

網路共享雖然可以很直覺的理解為多家電信商共用同一套無線網路，提供不同的網路服務和計費模式，但在做法上還是可以根據共享的程度高低，區分為漫遊、站址共享、多電信商無線存取網路(Multi-Operator Radio Access Network · MORAN)、多電信商核心網路(Multi-Operator Core Network · MOCN)、網網路閘道心網路(Gateway Core Network · GCN)5種模式。

1. 漫遊

漫遊模式與其說是共享，更像是搭順風車，該營運商完全沒有實體網路，包括基站設置點、基站、核網都採租用，僅建置自己的使用者管理和收費平台。漫遊模式幫助營運商在最低的成本下，以最快的速度開辦服務，但是也因為營運的資源都依賴他人，資源的使用優先權必然落於人後，服務的品質起伏不定。

2. 站址共享

站址共享模式也稱為被動共享模式，兩家營運商只共享基站、機房、電源、天線系統等硬體設施。此模式的特點在於共享的營運商可平分基站建置的費用，有效降低成本。此外，市場上也發展出由專業的基站建置廠商，布建基站後讓營運商租用的模式，營運商只需要專注於提供服務，大型基站的保養與維護由專業廠商處理。

3. 多電信商無線存取網路模式

多電信商無線存取網路模式也稱為主動共享模式，兩家營運商除了共享基站的鐵塔硬體外，也共享了基站內部的元件，但無關乎無線訊號的接入。因此，MORAN模式下各營運商的基站訊號覆蓋區域仍然各自獨立，營運商各自發送自己的訊號編碼，行動裝置用戶依自己的網路設定進行接入即可。

4. 多電信商核心網路模式

多電信商核心網路模式，共享程度比 MORAN 更提高了一些，不但共享了 RAN 的主要設備即基站硬體本身，還共享了基站內部和無線接入資源相關的基站設置點和頻譜。因此，為了建立共享資源的分配公平性和妥適性，例如頻段使用優先權、連網資源不足導致速度低落的處理原則等，在網管技術上又發展出靜態、半靜態、資源池、超額(Overbooking)等四種分配模式。

5. 網路閘道核心網路模式

網路開道核心網路模式是目前實務上網路共享程度最高的模式，比起 MOCN 模式，再更進一步分享了核心網路的部份網路元件。GCN 和 MORAN、MOCN 模式都共享了基站和模組，其中便衍生出有關容量和性能的規劃、參數修改等諸多即時和非即時性的網路管理問題，特別是 GCN 的共享範圍已包括核心網路，情境將更加複雜，甚至涉及到安全防護的議題。

以上各共享模式的特徵和部署方式，可彙整如下圖所示，可更清楚的比較模式之間的差異。

| | 漫遊 | 站址共享 | MORAN | MOCN | GWGN |
|---------|----|------|-------|------|------|
| 服務平台 | 自建 | 自建 | 自建 | 自建 | 自建 |
| UDM/HSS | 租用 | 自建 | 自建 | 自建 | 自建 |
| 核心網路 | 租用 | 自建 | 自建 | 自建 | 共享 |
| 基站設備 | 租用 | 自建 | 共享 | 共享 | 共享 |
| 覆蓋區域 | 租用 | 自建 | 自建 | 共享 | 共享 |
| 基礎設施 | 租用 | 共享 | 共享 | 共享 | 共享 |

資料來源：工研院產科國際所

圖 1 行動通訊網路共享模式共享程度差異

二、歐洲完成首次開放架構網路共享部署

近期在網路共享部署方面，歐洲兩大電信商即英國 Vodafone 和法國 Orange 的合作案例，受到媒體的關注和報導。雖然在技術層次上不是最新的 5G 而是 4G 的網路共享部署，但採用開放網路架構的設計，卻是網路共享部署的首例。測試計畫始於 2023 年 2 月，試點位置在羅馬尼亞 Bucharest 附近的農村地區，計畫完成於同年 10 月。

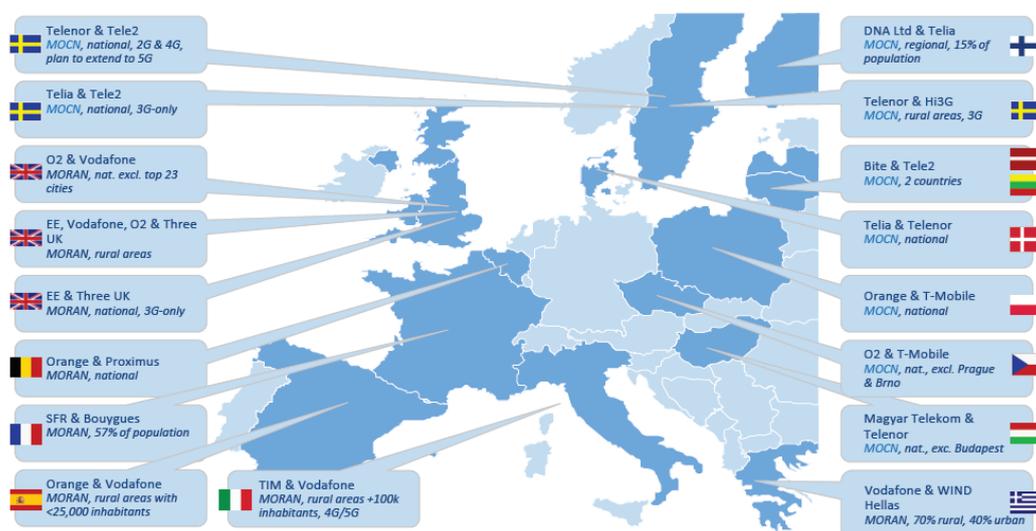
兩大電信商經過徵選後，參與測試計畫的主要供應商分別是 Samsung、Wind River、Dell，支援了 vRAN、網管軟體和系統整合、伺服器等設備。Samsung 提供了 vRAN 軟體，透過其 O-RAN 相容無線電支援 2G、4G 和 5G。Wind River 透過 Studio Cloud Platform 在硬體之上提供了抽象層，以部署和擴展 RAN 軟體。Dell Technologies 為 Dell PowerEdge 伺服器提供了 Intel 處理器和加速卡。

合作協議允許雙方共享所有硬體組件（無線電單元和雲端基礎設施），同時在公有雲基礎設施上獨立管理自己的 RAN 軟體，還可以根據其特定的客戶需求客製化服務和容量，同時確保每個營運商的資料之間安全的隔離。彈性網路共享部署則為

此個案帶來低成本和低能耗的貢獻，透過集中資源，兩家電信商都具體降低了硬體成本，而且最大限度的減少電力消耗和重複站點設置。

雙方的合作中，Vodafone 提供多年來部署 Open RAN 的經驗，Orange 則分享其開放架構實驗室成功進行整合測試的經驗，未來在添加新的無線電站點或升級現有無線電站點時，將具有更大的靈活性。兩大電信商表示，此次合作中他們獲得了實際營運條件下使用 Open RAN 網路的營運經驗，增強了他們對虛擬化網路成熟度的信心，還能夠比較 Open RAN 和傳統 RAN 網路並展示相似的性能。

有鑒於兩家公司對 Open RAN 的承諾，也間接支持了歐盟委員會到 2030 年在所有人口稠密地區 5G 落地的重大目標，此案例將作為 4G 和 5G 網路擴展到歐洲農村社區的標竿。



資料來源：Arthur D Little

圖 2 歐洲進行中網路共享部署計畫

三、網路共享部署效益與挑戰

網路共享部署經過實測後已證實在降低成本方面有顯著效益，一般也認為這是一種對環境保護和節能永續發展相對友善的電信基礎設施建置模式。然而，隨著行動通訊網路技術更迭和架構趨於開放和複雜，網路共享要成為主流建置模式之前，也還有許多挑戰和問題需要克服。

(一) 網路共享部署實證效益

開放網路架構系統整合商 Parallel Wireless 總結其協助客戶實施網路共享部署的經驗指出，網路共享部署可幫助電信營運商獲得諸多成本降低的效益。例如，採

取被動共享可以節省資本支出(CAPEX)和營運支出(OPEX)至少 16%，主動共享的降低幅度則更為可觀，不包括頻譜的主動共享可降低 CAPEX 至少 33%，OPEX 至少 25%；如可共享頻譜，CAPEX 可減少幅度可高達 45%，OPEX 可減少至少 30%。

此外，網路共享部署還有外部性效益，如減少能源消耗可降低環境破壞，減輕民眾對輻射的擔憂等；Parallel 也宣稱若經過完善的規劃與設計和技術支援下，網路共享不僅不會降低用戶體驗，還可以帶來更好的服務品質、更高的傳輸速度和更廣的覆蓋範圍。

(二) 網路共享部署機會與挑戰

關於發展機會方面，舉凡電信商規劃布建網路的地區，具有人口稀少、建置成本高昂、頻譜資源有限或技術標準一致等其中任一項特性，即適用網路共享部署模式。利用降低成本進而控制風險的效益，營運商可以在遍遠鄉村或山區、大城市高樓密集區、頻譜拍賣競爭激烈地區、新興國家等市場上推動網路共享部署，加快網路部署速度。對於台灣電信產業而言，現下正值整合以提升用戶體驗之際，且台灣腹地不足基站建置成本偏高，網路共享應是目前 4G 朝向 5G 甚且是未來 6G 發展下，可採用的部署模式。

然而，網路共享模式的擴散也面臨一些技術、市場、法規和資安方面的挑戰，有待營運商和設備供應商克服。技術方面，網路共享涉及多個電信商共用基礎設施和資源，需要進行技術整合以確保網路的相容性和互通性，尤其在開放網路架構下，原本就有難解的整合問題待解決，網路共享將使整合難度升高。市場方面，網路共享若建置不當，可造成網路擁塞和干擾，損害用戶體驗和權益。法規方面，電信服務屬於寡占市場，業者之間的網路共享合作可能造成市場競爭公平性的傾斜，將招致更多的政府監管。資安方面，在共享無線電資源時，需要身份驗證、加密、存取控制機制、監控和審計工具、強大且安全的介面，以防止跨切片攻擊、資料外洩、資源錯配、錯誤配置、衝突、損害網路效能、頻譜濫用、資源囤積或服務品質下降。

四、網路共享對開放架構之影響

開放網路架構隨網路虛擬化和雲端化技術成熟後，逐漸開始邁入實踐階段，目前在 5G 商轉後也發展了約 4 年多。開放架構之所以受到電信業支持，來自於對成本降低和彈性部署這兩大效益的期待。只不過現行技術還無法跟上概念發展，以致於預期效益還無法普遍且具體的實現。網路共享也是因為開放架構的擴大發展，得以從技術面提高資源共享的程度，並且能夠在網管軟體的幫助下，管理和控制共享後的複雜網路服務設定。透過網路共享的部署嘗試，也增加了開放架構在公網布建的應用機會，且幫助實現了降低成本的效益。

(一) 開放網路架構預期效益未明確實現

開放網路架構不是 5G 時代的新議題，4G 時期或更早就已有開放架構的想法和嘗試，但發展多年成效仍不顯著且不符合預期。開放架構訴求的主要效益，即是藉由開放，形成多元供應商的交易環境，使電信商採購價格合理且符合需求的設備，簡而言之就是降低投資和營運成本、彈性靈活的部署方式。

然而，行動通訊網路架構藉由開放而解構後，還未享受到期望中的成本降低效益，卻要先處理多家不同來源供應商產品的複雜整合問題，而且因此需要支付專業整合廠商高昂費用，以致成本不降反增。至於彈性靈活的部署方式，若是組建後的網路系統，無法妥善整合且達到電信商要求的效能和穩定度，一昧的追求開放其實並不實際。現實情況下，目前絕大多數電信商都不敢全面性的以開放架構方式建構或替換網路系統，封閉的套裝型電信基礎設備解決方案仍是主流。

(二) 網路共享促進一定程度的成本降低

由於長期受市場被大型網通設備商壟斷被迫購買高價設備，電信商對於採用開放網路架構可降低 CAPEX 和 OPEX 的期望很高。因此，當開放架構初期試點驗證後發現無論主客觀條件都難以降低成本時，不少電信商就轉而抱持觀望態度。開放架構下採用網路共享的部署模式後，以類似節流的方式實現成本降低，或許也可以解釋為開放架構另一種實現降低成本效益的途徑。

(三) 網路共享仍無法促成架構完全開放

Vodafone 和 Orange 在羅馬尼亞農村合作開放網路架構網路共享部署的成功，可能代表的是共享模式的成功，而不是開放網路架構的成功。整起案例中，Samsung 不僅提供涵蓋 2G、4G 和 5G 標準的 RU，還提供 RAN 軟體，即使不能稱其為唯一供應商，也算是最主要的供應商；分別提供晶片和伺服器的 Intel 和 Dell，提供虛擬化平台的 Wind River，相形之下如同配角。開放網路架構的核心精神，除了架構的開放，還有市場的開放，也就是多供應商環境的打造。然而，本案例的成功關鍵，卻是因為開放架構部署是由單一供應商主導，這並不符合開放網路架構的精神與核心價值。

IEKView

由於雲端基礎架構上網路功能的容器化，使營運商得以在同一共享硬體上運行不同的 vRAN 軟體版本，甚至允許來自不同的 RAN 供應商，這與傳統 RAN 在專用軟硬體上運作的情境截然不同。Orange 已經聲稱要共享其在羅馬尼亞的整個傳統農村網路，還進一步表示，其整個歐洲部署中，近 50% 的站點是共享的。

然而，如果共享模式蓬勃發展，對於 RAN 供應商而言可能必須有所警覺，OMDIA 研究發現 2023 年 RAN 產品銷售額下降幅度超過 10%，2024 年將繼續下降 7%到 9%。已落入衰退的 RAN 市場，共享模式如果普及，電信商可以得到更多的成本節省，但對製造和銷售 RAN 設備的廠商來說，代表 RAN 的銷售將會衰退。此外，近年在行動通訊產業和電信業也不時發起內部的廠商整併，這也代表 RAN 市場潛在客戶的減少。

對於在 RU 和 RAN 產品佔有優勢的台灣網通設備廠而言，網路共享可能帶來的負面影響，或許可從精進產品功能著手降低衝擊。網路共享部署更注重軟體與硬體之間的整合與協同，以及智慧且即時的網路管控能力，台廠應仿效 Samsung 建立起 RU 硬體和 RAN 軟體的研發和整合能力，發展端到端的智慧化 RAN 解決方案，以滿足共享部署的複雜網路環境管理需求。

以上報告所提供之資訊，在尖端科技發展與產業變動中，無法保證資訊的時效性及完整性，使用者應自行承擔因使用本報告資料可能產生之任何損害。著作權歸工研院所有，非經書面允許，不得以任何形式進行局部或全部之重製、公開傳輸、改作、散布或其他利用本報告資料之行為。

IEK Consulting

會員服務專屬：<http://www.iek.org.tw>

☎ 服務專線：03-5912340

☎ 傳真電話：03-5820302

✉ 客服信箱：iekconsult@itri.org.tw



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute