

經濟部 110 年度  
《資策會創新前瞻技術研究計畫》  
合作研究計畫

《智慧基站管理研究分析》  
建議書徵求文件

財團法人資訊工業策進會

中華民國 110 年 03 月 01 日

# 110 年度合作研究計畫建議書徵求文件

## 一、 簡介(說明本合作研究計畫之背景、動機、目的及重要性)

在台灣準備發展5G NR small cell基地的廠商，皆針對基地效能與應用整合緊鑼密鼓的規劃為主；同時目前各廠商之5G NR small cell解決方案，主要是以技術規格驗證為主體，在5G NR small cell資源管理以及在多樣性需求之傳輸效能上討論尚少。本主計畫藉由智慧化無線資源管理技術的發展，對目前SoC based small cell進行系統傳輸效能的最佳化與精進，並與該解決方案之下游廠商進行合作，為其產品化提供關鍵技術支援，良好的效能數據將提高該解決方案之能見度，並協助國內基地設備廠商提供具備差異化、智慧化無線資源管理之軟、硬整合之方案，提升國產基地的技術能量與功能，並推動國產5G專網的生態系的發展。

為建立上述主計畫之目標，本學包計畫期待藉由學界在此研究方向之能量，提出在學術與初步架構驗證之結果，以加速並補充本主計畫在智慧化無線資源管理技術的發展。

## 二、 計畫目標(應包含本合作研究計畫預期可達成或量化的目標)

近年來隨著行動流量的增加，行動網路和運行的設備必須變得更加趨於軟體、虛擬化、智慧和高效節能，以至於成立 O-RAN Alliance 致力發展 Open-RAN 架構，以使設備更加開放和相容於新一代的人工智慧方法[1]。利用嵌入式機器學習(machine learning, ML)系統和人工智慧模組將能以即時分析與反應的方式來增強網路效能，而具有開放性、標準化界面的其他虛擬化網路元素也將是 O-RAN Alliance 開發之設計關鍵。

隨著 5G 的出現，網路將變得越來越複雜並支援要求更嚴苛的應用，漸漸無法以傳統的手段來部署、最佳化、和運營網路，應該要能夠利用新的學習基礎來進行自動化的管理，藉此減少運營成本的支出。如圖 1 的 O-RAN 參考架構，在 Near-RT RIC(Open-RAN 近即時智慧 RAN 控制)層中，可經由來自 UE 的數據收集來即時的控制和調適 RAN 的功

能和資源並經由 E2 介面執行其邏輯功能。為了實現智慧資源管理，可利用運行於 Near-RT RIC 的應用程式 xApps，來處理從基站所獲得的數據並進行後續的無線資源分配(radio resource management, RRM)。xApps 可以由第三方設計提供，以擴充 RAN 的功能，可作為主要的功能開發目標。

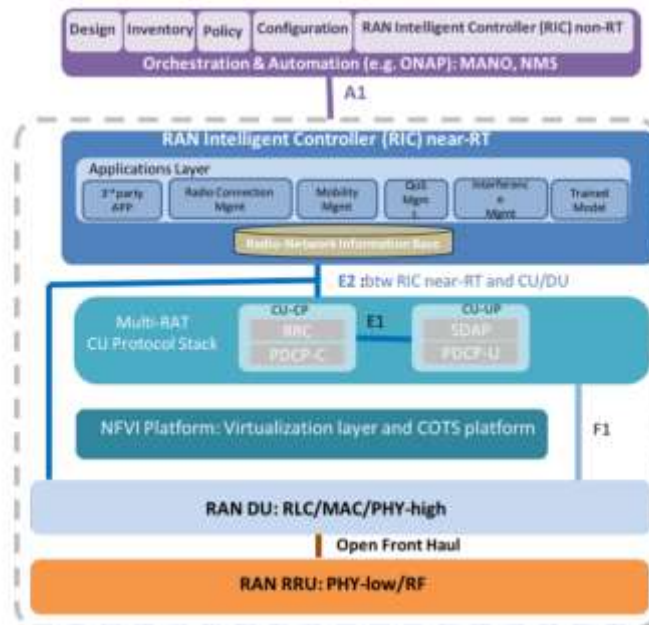


圖 1：O-RAN Alliance 參考架構[1]。

如[2]所介紹，由於 5G NR 的上下行傳輸由基地台所排程，上行傳輸需由終端發起排程需求後待基地台排程資源(UL grant)才能傳輸，因此一般上行的延遲較下行大，而 Rel.15 NR 版本支援了 UL grant-free 的傳輸方式，以 RRC 命令配置固定周期的 configured grant (CG)，降低了 UE 端的 end-to-end 延遲(如圖 2)，主要可應用於未來的智慧工廠與車聯網... 等等。

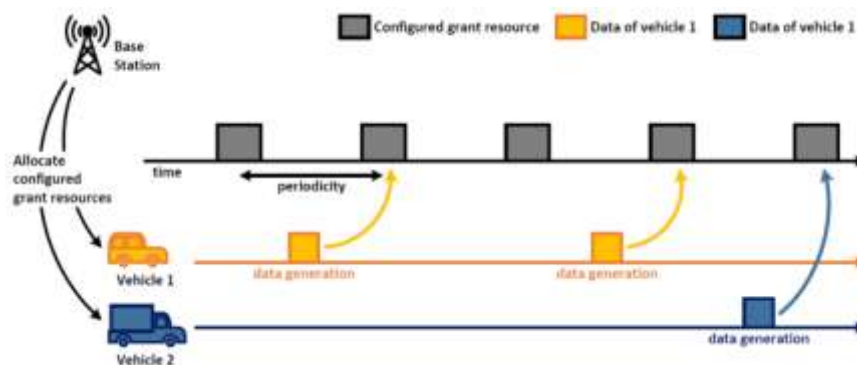


圖 2：以 configured grant 來降低延遲[3]。

因此，在 Open-RAN 架構中，我們的目標主要是以智慧基站功能提升低延遲應用之效能，在 CG 架構下，透過所設計的 xApps 實現進階資源管理，其中的技術包括了排程和控制等資源管理方法，以及在實作上如何將 Near-RT RIC 與基站來做連接，並讓基站能夠完整支援 xApps 的參數讀取與寫入，以完成所需功能。

在此目標下，將聚焦在以下關鍵技術：

### 1. 無線資源分配(Radio Resource Management, RRM)

如何有效分配資源一直以來是通訊技術的核心問題之一，而在 5G 世代下，通訊有了更多元的服務品質需求，也因此，RRM 的重要性也就更加的突出了，RRM 還可以在未來應用於一些議題：跨基站之間的資訊互通、分享、資源排程、規劃、多基站間的換手、QoE 的最佳化和頻寬分配...等等，而這些議題所得到的解決方案也將為 Open-RAN 帶來更加智慧的應用。

### 2. Near-RT RIC

誠如上述，RRM 一直以來就是無線通訊的重要議題，而在 Open-RAN 架構下，Near-RT RIC 就是一個十分重要的部分，它使得我們得以將 CU(Central Unit)進行輕量化，這是因為那些較為強大、計算複雜的 RRM 功能將由 Near-RT RIC 來支援，於是我們的目標之一就是將 ML 的技術嵌入 Near-RT RIC，以達到在 Open-RAN 中的智慧資源分配。

### 3. Configured Grant、機器學習

CG 與低延遲應用的優化是密不可分的，參考文獻如[4]，介紹了如何在傳統的 grant based 跟 grant-free 組成的設備中取得正確地的 slots，並使用了 MDP 模型來做動態資源分配。[5]介紹 URLLC 在未來自動化工廠的應用，以及 CG 在 5G NR 背景下的壅塞問題，並提出解決方法如：共享資源上進行重傳、CG 傳輸與非正交多址(NOMA)合併。於是我們也將參考上述問題來發想，由於在資源分配的問題非常複雜且困難，希望能夠藉由加入強大的 ML 演算法來加強 xApps 的資源分配能力，也就是能視為一能夠讀取並寫入基站參數的 agent，在基站能夠完整支援之下更加智慧的解決問題，最後能夠達成 UE 更好的體驗品質、低延遲等目的。

在各式各樣的 xApps 的設計之下，預期能夠讓基站能夠更完整的去支援，並讓 Near-RT RIC 甚至是整體 Open-RAN 的架構更加完善，目前在 xApps 較少相關開發的情況下，我

們也能夠於未來 6G 或是智慧工廠...等等應用提供更多的貢獻，以達到真正的智能無線資源分配。

### 三、計畫範圍(說明本合作研究計畫所需執行之項目)

在上述目標下，本計畫預計執行項目需包含：

#### 1. 基地台支援與分析

參考整理文獻了解 CG 的關鍵技術、成果、挑戰和問題，並確定在控制基站時，CG 架構下實現 xApps 功能需要的參數支援，另外也需參考標準確定基站與 CG agent 之間的關係要如何建立。

#### 2. RRM 演算法之設計

主要分配的資源是 CG 在控制基站時所需要讀取的各種參數，演算法選擇的部分可以參考[6]的深度增強式學習(deep reinforcement learning, DRL)(如圖 3)，與一般的 RL 不同於額外狀態(state)的部分加上 deep neural network(DNN)，如同 Q-Learning 一樣能訓練出執行策略(policy)，而去選擇更好的執行動作(action)給環境，獲得更好的獎勵(reward)。其中文章裡的 RRM 注重於基站的頻寬資源與演算法的挑選，並應用於 VR 裝置，提供了一種強大且彈性的學習方法。而我們可以應用此改念，從基站適合實現的演算法做選擇，挑出最好的學習方法來訓練，並能以最有效的方法來進行資源分配。更進一步，在架構上可於 Near-RT RIC 使用執行訓練完成的 model，而在 Non-RT RIC 的部分執行訓練，達到即時的 policy 更新，並以此讓 RIC 可以動態的學習並改變排程策略，由此來提升整體效能，使智慧基站得以實現。

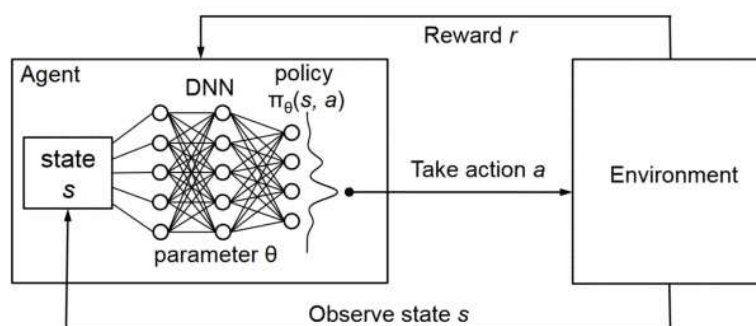


圖 3：深度增強式學習架構[7]。

### 3. xApp 開發

xApps 可以增強 RRM 的功能、資訊紀錄與回報等，其完整描述包含[8]:

(1) 配置：xApp 配置規範應該要包含配置參數的列表(configuration data dictionary)，以及 xApps 的初始配置。

(2) 控制：xApp 控制規範應包括為了執行控制功能所採用與提供的資料型態(例如 xApp URL，參數，輸入/輸出類型)。

(3) 表現指標：xApp 規範包括 xApp 提供的表現指標列表（如:指標名稱，類型，單位和語義），xApp 描述應提供必要的數據以實現其功能。

圖 4 表示了 O-RAN Software Community 裡的範例，在 Near-RT RIC 中的流程，包括了上述控制、配置等資訊。

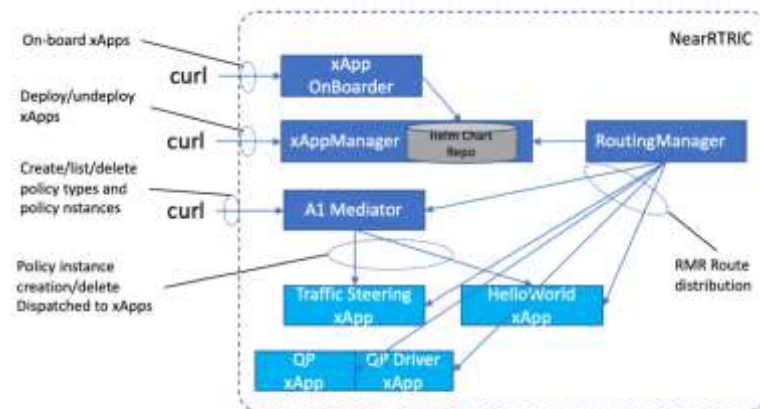


圖 4：xAPP 流程[9]。

總體來說，本計畫將執行 CG 相關功能為主的設計與開發，從基站讀取參數如延遲、可靠度...等等寫入 xApps[10]，並探索以 ML 演算法進行智慧資源管理之效果與可行性。

## 四、 預期成果(說明在執行期限內應完成之工作項目/成果及交付時程)

### 1. 演算法

基於本計畫提出之 Machine Learning(ML)來開發 CG 相關之演算法，包含 CG 的整體步驟、相關函數、參數的定義，可以使整個 CG xApps 得以正常運行。

- 計畫期中報告(包括評估報告、系統架構設計與方法)；
- 計畫期末報告(包括系統架構完整設計、流程分析、與改進方法)。

## 2. 程式碼

完成演算法所需功能之程式碼如：處理 UE 排程、動態設置和參數([11]HARQ scheme、subcarrier spacing)...等等，能夠執行演算法的內容並能夠兼容於現時的系統架構，使用者可藉由這個系統來實現 CG 架構下控制，包含對 gNB 的資料讀寫、排程。

- 計畫期中報告(包含程式架構規劃與流程設計)；
- 計畫期末報告(包含完整系統架構、流程設計與分析、改進方法)；
- 原始程式碼(包含註解說明)與操作文件。

## 3. 論文投稿 (計畫完成前)

撰寫與所提出架構相關論文，可為介紹性的 magazine 或是深入技術性的 conference /transactions paper，將架構、演算法、運行原理、既有技術...等等項目進行整理，描述整個技術的詳細原理與模擬環境，並進一步分析其模擬結果與未來展望。

## 4. 申請專利 (計畫完成前)

主要可針對演算法核心概念或是在架構上的創新來做專利申請。

※前述成果如有專利構想或專利申請產出時，需注意專利申請之新穎性(novelty)。因凡經公開發表之研發成果，如擬申請專利，須於公開發表後 6 個月內完成，前述成果如是以論文方式公開發表，將無法取得大陸與歐盟等國之專利。

## 五、 執行方式(包括計畫時程、計畫分工方式、執行事項，但不限於前述項目)

1. 計畫期間每月執行進度報告會議(e.g. 通過電話或視訊)，就實作規劃等議題進行討論
2. 110年06月20日前 – 期中報告(包含系統架構設計與實現方法、程式架構規劃與流程設計、並含至少一項演算法核心概念或是在架構上的創新專利提案建議)

3. 110年11月15日前 -- 成果展示、期末報告(包括系統架構完整設計、流程分析、與改進方法；及完整程式系統架構、流程設計與分析、改進方法)、一篇技術論文報告。

## 六、計畫期程及預估計畫總經費

計畫執行區間：110年1月1日至110年11月15日

總經費：500,000元

## 七、驗收標準(含教育訓練)(詳述驗收項目、交付形式、內容及時程等)

- 計畫期中報告(110年06月20日前)
  - 基於本計畫提出之Machine Learning(ML)方法(以下簡稱"本計畫ML方法")來評估CG相關之演算法：包括評估報告、系統架構設計與方法
  - 基於本計畫ML方法來評估CG相關之演算法之規劃與設計
  - 包含程式架構規劃與流程設計
- 計畫期末報告(110年11月15日前)
  - 基於本計畫ML方法來評估CG相關之演算法整合機制設計與雛型開發(完整系統架構與流程設計)
  - 基於本計畫ML方法來評估CG相關之演算法之實驗結果評估建議
  - 包含完整系統架構、流程設計與分析、改進方法
- 原始程式碼(包含註解說明)與操作文件(110年11月15日前)
- 一篇與本計畫相關之技術論文報告與專利提案建議(110年11月15日前)

## 八、技術能力需求(請詳述所需要之技術能力或專長)

1. O-RAN 規格: WG3(Near-RT RIC Architecture)之 xApps 定義、RIC 架構...等等
2. 機器學習深度技術背景
3. 程式能力 Python、C、tensorflow 等
4. 軟體模擬平台，Linux，虛擬基站管理等。



## 九、參考文獻

- [1] O-RAN Alliance, "O-RAN: Towards an Open and Smart RAN," White Paper October 2018.
- [2] 5G-Jump "<https://5g-jump.org.tw/zh-tw/report/content/310>" May 2020.
- [3] How 5G reduces data transmission latency, "<https://www.edn.com/how-5g-reduces-data-transmission-latency>", 2018
- [4] T. N. Weerasinghe, A. M. Indika Balapuwaduge, F. Y. Li and V. C. Giner, "MDP-based Resource Allocation for Uplink Grant-free Transmissions in 5G New Radio," 2020 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Seoul, Korea (South), 2020, pp. 1-6.
- [5] N. H. Mahmood, R. Abreu, R. Böhnke, M. Schubert, G. Berardinelli and T. H. Jacobsen, "Uplink Grant-Free Access Solutions for URLLC services in 5G New Radio," 2019 16th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS), Oulu, Finland, 2019, pp. 607-612.
- [6] P. Chen, Y. Chen, W. Huang, C. Huang and O. Tirkkonen, "DDPG-Based Radio Resource Management for User Interactive Mobile Edge Networks," 2020 2nd 6G Wireless Summit (6G SUMMIT), Levi, Finland, 2020, pp. 1-5.
- [7] Reinforcement learning, "<https://www.novatec-gmbh.de/en/blog/deep-q-networks/>", 2018
- [8] O-RAN Near-RT RAN Intelligent Controller Near-RT RIC Architecture 1.0 - April 2020 (O-RAN.WG3.RICARCH-v01.00)
- [9] O-RAN SC "<https://wiki.o-ran-sc.org/display/GS>Hello+World+xApp+Use+Case+Flows>"
- [10] T. Jacobsen et al., "System Level Analysis of Uplink Grant-Free Transmission for URLLC," 2017 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps), Singapore, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/GLOCOMW.2017.8269137.
- [11] C. Wang, Y. Chen, Y. Wu and L. Zhang, "Performance Evaluation of Grant-Free Transmission for Uplink URLLC Services," 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Sydney, NSW, Australia, 2017, pp. 1-6.