

國立成功大學

電信管理研究所

碩士論文

我國導入 5G 專頻專網於 4.8-4.9GHz

所面臨的挑戰與可行性評估

**Challenges and Feasibility Assessment of Implementing
5G Dedicated Spectrum Non-Public Network
in Taiwan at 4.8-4.9 GHz Band**

研究生：蔡旻興

指導教授：陳文字 博士

中華民國一百一十三年六月

國立成功大學

National Cheng Kung University

碩士論文合格證明書

Certificate of Approval for Master's Thesis

題目：我國導入5G專頻專網於4.8-4.9GHz所面臨的挑戰與可行性評估

Title: Challenges and Feasibility Assessment of Implementing 5G
Dedicated Spectrum Non-Public Network in Taiwan at 4.8-4.9 GHz
Band

研究生：蔡旻興

本論文業經審查及口試合格特此證明

This is to certify that the Master's Thesis of TSAI, MIN-HSING

論文考試委員：

has passed the oral defense under the decision of the following committee members

林易彰 陳文宇
蔡欣怡 林洞諱

指導教授 Advisor(s)：

陳文宇
邱子祥

單位主管 Chair/Director：

(單位主管是否簽章授權由各院、系(所、學位學程)自訂)
(The certificate must be signed by the committee members and advisor(s). Each
department/graduate institute/degree program can determine whether the chair/director
also needs to sign.)

2024/6/15

摘要

鑒於國際之通訊技術發展迅速，各國對 5G 專網的重視程度與需求日益增強，將 5G 專網的建設與部署列為重要的發展目標。我國目前開放的頻段於「4.8-4.9 GHz」之間，專門使用在「5G 專頻專網」的行動寬頻專用電信網路，由數位發展部負責，主要是由場域主申請執照與設置專網。由於我國 5G 專頻專網推出之後，企業對於相關內容並不熟悉，因此本研究目的是先分析我國 5G 專頻專網申請之現況，並探討業者導入 5G 專頻專網的考量點與面臨的挑戰，接著進行不同產業導入的可行性評估，希冀使我國有更多企業導入 5G 專頻專網。

本研究採用文獻分析法與專家深度訪談法，透過蒐集國外在應用 5G 專網所遭遇的種種挑戰，並評估我國現況分析與考量我國的環境與規範後，設計針對受訪者的調查問項，面向分為四種，分別為技術導入面、網路資訊安全面、法規面、財務營運面。根據文獻之現況分析與結合專家訪談的方式，修正出後續的研究成果，綜合探討出我國目前導入 5G 專頻專網所遭遇到的挑戰，提出產業合適的可行性評估，以支持政府與企業思考導入決策過程與結果。

本研究發現目前國內外多數案例以實驗性質為主，全面導入之企業並不多。且結果顯示我國多數企業導入 5G 專頻專網時多半仍以財務營運面為首要考量，企業認為導入 5G 專頻專網的成本太高，許多中小型企業也無法負擔後續的維運成本，並且更看重投資報酬率的成長性。另外企業於導入時也會面臨企業文化、人才、整合服務能力、需求、設備成熟度和補助費用等挑戰，造成我國企業遲遲無法提升導入新技術的意願。根據結果進行可行性評估，研析出導入 5G 專頻專網可行程度較高的以高科技或大型製造業為主，其他產業仍受限法規、財務與場域等等之限制。

關鍵字：5G 專頻專網、4.8-4.9GHz 頻段、企業專網、可行性評估、專家深度訪談

**Challenges and Feasibility Assessment of Implementing
5G Dedicated Spectrum Non-Public Network
in Taiwan at 4.8-4.9 GHz Band**

Student: Min-Hsing Tsai

Advisor: Wen-Tzu Chen

*Institute of Telecommunications Management, College of Management
National Cheng Kung University*

SUMMARY

With the rapid development of international communication technology, the importance and demand for 5G non-public network is growing globally. Our country has allocated the 4.8-4.9 GHz band for "5G Dedicated Spectrum Non-Public Network" overseen by the Ministry of Digital Affairs. The primary applicants for licenses and network setup are field operators. Since businesses are not familiar with the 5G dedicated spectrum non-public network, this study aims to analyze the current application status, explore the considerations and challenges faced by operators, and assess the feasibility of adoption across different industries, with the goal of encouraging more enterprises to adopt this network.

This study uses literature analysis and expert in-depth interview. Designed survey questions focusing on technological implementation, network information security, regulations, and financial operations.

The results of this study found that most domestic and international cases are primarily experimental, with few enterprises fully implementing the technology. Financial operations are the main consideration for most enterprises, with high costs being a significant barrier. Small and medium-sized enterprises struggle with maintenance costs and are concerned about return on investment. Additionally, challenges such as organizational culture, talent, service integration capabilities, demand, equipment maturity, and subsidy costs affect adoption. The feasibility assessment suggests that high-tech or large manufacturing industries have a higher likelihood of adopting 5G Dedicated Spectrum Non-Public Network, while other industries face regulatory, financial, and field limitations.

Keywords : 5G Dedicated Spectrum Non-Public Network, 4.8-4.9 GHz Band, Enterprise Non-Public Network, Feasibility Assessment, Expert in-depth Interview

INTRODUCTION

The emergence of 5G non-public network allows the application of 5G in various vertical domains by establishing private infrastructure that is not accessible to the general public. This network is exclusively for specific enterprises and industries, providing communication services such as production, monitoring, and data collection. This approach enhances the effectiveness, stability, reliability, and security of 5G applications. The first detailed explanation of 5G non-public network and their architecture can be found in technical specifications and research documents such as 3GPP TS 22.261. The concept of non-public network was introduced as early as 2018 in 3GPP's Release 15, and the current architecture of 5G non-public network can be found in the studies of 3GPP Release 16. There are two modes of 5G non-public network : Stand-alone Non-Public Network (SNPN) and Public Network Integrated Non-Public Network (PNI-NPN).

In countries such as Germany, Japan, and France, the allocation of 5G spectrum was completed between 2019 and 2020. Many countries with more advanced telecommunications sectors had already commercially launched 5G network by 2019, extensively developing their domestic 5G infrastructure. As public network gradually became unable to meet the operational needs of some enterprises, the attention to 5G non-public network increased, creating future market opportunities for 5G non-public network.

To explore the challenges of implementing non-public network abroad and study the domestic environment, this research aims to further enhance the development of 5G non-public network in Taiwan. Over the past two years, Taiwan has been actively developing 5G non-public network. However, most enterprises are not particularly familiar with the status and license application process of 5G non-public network, leading to difficulties in their implementation. This study aims to take the perspective of enterprises, enabling them to understand the application and implementation of

dedicated spectrum private network, and to grasp the key concerns and priorities of businesses. This can serve as a reference for both the government and enterprises.

MATERIALS AND METHODS

This research is a qualitative study adopting literature analysis and expert in-depth interview as research methods. The ultimate goal is to consolidate the challenges currently faced by our country in implementing 5G dedicated spectrum non-public network and to conduct a feasibility assessment for the industry based on the current situation.

Firstly, challenges encountered during the implementation of non-public network both domestically and internationally will be summarized, which will form the basis for the outline and questions of the in-depth interview. The interview questions will be divided into four aspects: technological implementation, network information security, regulations, and financial operations. Data will be collected from various sources to analyze the current situation in our country, combined with the interviewees' perspectives on the implementation of 5G dedicated spectrum non-public network in Taiwan. The responses will be thoroughly explored to understand the issues considered by the interviewees. The collected interview data will be compiled to facilitate the final consolidation of challenges and feasibility assessment.

RESULTS AND DISCUSSION

After conducting in-depth interview with experts, this study found that regarding the challenges of implementing 5G dedicated spectrum non-public network in our country, experts do not consider technological implementation to be a challenge. Instead, they believe that other aspects need more attention. In terms of network information security, some experts agree that network information security needs to consider the risk of data leakage and its consequences. However, other experts believe that the current information security regulations are relatively complete, and adhering

to existing regulations can effectively build and maintain dedicated spectrum network, so network information security issues will not be a major obstacle.

Regarding regulations, experts have more diverse opinions. Some believe that the implementation of 5G dedicated spectrum non-public network might increase unnecessary costs and pressures, and the government has not achieved a balance in integrated services, posing a significant difficulty for enterprises. Other experts think that the regulations are set with comprehensive considerations and should not be a primary concern for implementing 5G dedicated spectrum non-public network. Finally, on the financial and operational side, experts unanimously agree that this is the current challenge of implementation, especially with the high initial costs and subsequent maintenance expenses. The significant investment costs and unclear investment returns are the biggest factors.

This study also provides other insights into the above challenges, including organizational culture, training and lack of professional talent, insufficient integration capabilities of services, the demand levels of various industries, equipment maturity and compatibility, and insufficient government subsidies. Addressing these aspects more thoroughly would bring better development for the promotion of new technologies in our country.

Furthermore, this study analyzes the feasibility of industrial adoption. In the industrial and manufacturing sectors, especially high-tech and large-scale manufacturing industries, the feasibility of implementing 5G dedicated spectrum non-public network is higher. In fields such as transportation, logistics, and healthcare, due to facing more regulatory restrictions, financial pressures, and site limitations, the feasibility of implementing 5G dedicated spectrum non-public network is relatively low. In summary, to enhance the feasibility of introduction, the obstacles caused by different restrictions should be reduced.

CONCLUSION

This study indicates that most cases are experimental, with few enterprises and applications fully implementing 5G dedicated spectrum non-public network. The limitation of this study is that for the 5G dedicated spectrum non-public network application cases in our country, the government only indicates the enterprises that have successfully applied, without clearly stating the conditions that the unsuccessful applicants did not meet. Therefore, it is difficult to collect data and historical information on the implementation of 5G dedicated spectrum non-public network, and through quantitative data, understand the challenges of implementing 5G dedicated spectrum non-public network in our country and future feasible predictions.

Moreover, although the introduction of the 4.8-4.9GHz 5G dedicated spectrum non-public network in our country faces multiple challenges, if more targeted strategies and measures are adopted, such as strengthening talent cultivation, improving organizational culture, and increasing the attractiveness of subsidy policies, the possibility of realizing 5G dedicated spectrum non-public network applications in the future will be greater, providing more comprehensive services for various industries. This study suggests that in promoting the development of 5G dedicated spectrum non-public network, a leasing system can be considered, evaluating based on demand and the implementation environment, and engaging more in communication and exchanges with the industry to enhance the possibility of successful implementation.

誌謝

時光飛逝，沒想到即將完成碩士班的學習旅程了！當初在進入研究所時，充滿著徬徨以及恐懼，有許多未知的挑戰需要去面對，但同時也抱著滿滿的期待，相信會有許多珍貴的回憶以及成長。

在跨領域學習電信的碩士生活中，要感謝的人非常的多。首先要感謝我的指導教授陳文字老師，當初在選擇指導教授時，第一次的面談就分享了許多研究所需要注意的事情，並且表示願意成為我的指導教授，引導我進入通訊領域的新環境。文字老師努力的讓研究室擁有完整的通訊設備與資源，讓我們可以在研究室精進自己的專業能力。經過文字老師兩年的用心指導，不管是在學術上或是人生的職涯發展，我都獲得了許多的專業知識以及建議，人生的道路也因文字老師的指導有了更好的方向。

接著，感謝論文口試委員林易泉教授、林珮琚教授以及蔡欣怡教授，在論文審查給予了很多建議，每一項建議都非常可貴，也讓我的論文架構以及內容都變得更加完整，辛苦各位老師了！

除了在學術探討上，在研究所的階段中有了一群很熱血的夥伴，不管哪個研究室的同學，都會聚在 Lab402 一起奮鬥。休息時大家會一起去吃很多好吃的東西，來台南之後也因為這些人，體重上升了不少。在這邊跟你們度過的每一個時光，都是難忘的回憶，不管是要去交換的你們、還在為畢業努力的你們或者即將邁入職場的你們，希望大家未來都能夠順順利利，要常常見面啊！

最後，要感謝支持我來讀研究所的家人們，當初沒有反對我繼續升學，而是給予我很多的幫助，讓我能夠無所畏懼的來求學。雖然在研究所的過程中，親愛的爺爺和媽媽沒辦法看到碩士畢業的我，但你們在天上一定過得很快樂吧！回顧這兩年的生活，真的很充實，也感謝自己撐下來了，希望未來也能夠去完成自己的夢想，在人生的旅程中不斷的成長與學習。

蔡旻興 謹致

國立成功大學電信管理研究所

中華民國 113 年 6 月

目錄

第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	6
1.3 研究目的	7
1.4 研究架構	9
第二章 文獻回顧	11
2.1 5G 專網架構回顧	11
2.1.1 5G 專網概述	11
2.1.2 5G 專網架構圖	13
2.2 5G 專網之應用場域	16
2.3 導入 5G 專網應用之挑戰	24
2.4 小結	27
第三章 研究方法	29
3.1 研究框架與步驟	29
3.2 文獻分析法	29
3.3 專家深度訪談法	30
3.3.1 專家深度訪談法內容	30
3.3.2 訪談大綱	32
3.3.3 訪談方式	33
3.3.4 訪談專家名單	33
第四章 研究分析與結果	34
4.1 我國現況分析	34
4.2 專家訪談結果	36
4.2.1 技術導入面	36
4.2.2 網路資訊安全面	38
4.2.3 法規面	41

4.2.4 財務營運面.....	46
4.2.5 其他潛在挑戰.....	50
4.2.6 小結.....	55
4.3 產業可行性評估.....	59
4.3.1 工業、製造業.....	59
4.3.2 交通運輸.....	60
4.3.3 物流倉儲.....	62
4.3.4 醫療照護.....	63
第五章 研究結論與建議.....	65
5.1 結論.....	65
5.2 未來建議.....	67
參考文獻.....	69



表目錄

表 1、SNPN 與 PNI-NPN 比較	3
表 2、各國 5G 專網開放頻段	5
表 3、5G 專網特點	12
表 4、5G 專網與 Wi-Fi 6 比較表	13
表 5、國外 5G 專網部署垂直領域應用案例	23
表 6、國外導入 5G 專網之挑戰	24
表 7、研究步驟、資料來源與研究方法	29
表 8、訪談大綱	32
表 9、訪談專家名單	33
表 10、5G 專頻專網 33 家 PoC 補助廠商	35
表 11、專家對於導入 5G 專頻專網各面向看法彙整表	56
表 12、專家對於導入 5G 專頻專網之其他潛在挑戰統整表	57
表 13、工業、製造業導入 5G 專頻專網可行性評估表	59
表 14、交通運輸業導入 5G 專頻專網可行性評估表	61
表 15、物流倉儲業導入 5G 專頻專網可行性評估表	63
表 16、醫療照護業導入 5G 專頻專網可行性評估表	64

圖目錄

圖 1、 3GPP Releases 時間線	2
圖 2、 5G 專頻專網架構圖	4
圖 3、 研究架構圖.....	10
圖 4、 獨立 NPN 架構圖	14
圖 5、 共享 RAN 架構圖.....	14
圖 6、 共享 RAN 與控制層面架構圖	15
圖 7、 由公眾網路提供 NPN 架構圖.....	16
圖 8、 工業 5G 專網的製造過程圖.....	18
圖 9、 5G 專網導入智慧物流倉儲示意圖	20
圖 10、 自動軌道列車 MONOCAB 圖	21



第一章 緒論

1.1 研究背景

隨著現今的科技不斷地在更新，無線通訊技術也日漸成熟，使人們不管在日常生活或者工作環境上都能更加方便地去運用現代科技，而這些方便的技術與產品都已成為人類未來發展上的墊腳石。為了能應對人類在許多方面上的需求，4G 也逐漸演進成第五代行動通訊技術 (5G)，3GPP 會議在 2018 年 6 月 13 日，於聖地牙哥正式發表 5G NR 標準 SA(Standalone)方案，推出了首個針對商用的 5G 標準 (國家傳播通訊委員會, 2019)，相較於 4G 有著更「高速度」「低延遲」、以及「廣連結」的優勢。

由於商用 5G 網路的出現，人類也希望透過 5G 的優勢，將 5G 運用於各個垂直應用領域上，藉由架設私人的基礎設施，並且不向普通的民眾開放網路，只為特定的一些企業以及產業去提供生產、指揮、監控、數據收集等等通訊服務，讓 5G 在應用上能達到更顯著的效果，提升穩定性、可靠性以及安全性，而有了「5G 專網」(Non-Public Network、Private Network)的出現。在 5G 整合的系統架構上，第一次去說明 5G 專網相關內容以及架構的是 3GPP TS 22.261 等等一系列的技術規範以及研究文獻，研究分析了許多垂直領域行業的通訊技術需求、穩定運作、資訊安全等重要議題(數位發展部數位產業署, 2022)。

早在 2018 年 3GPP 的 Release 15 裡已經有提出專網的概念，如圖 1 的 3GPP Releases 時間線所示。但因為相關的行動網路運營商很少或者沒有想要參與的意願，導致人們對於專網的發展興趣有限，讓 5G 專網的推動又延後了一步，而目前 5G 企業專網的架構可從 3GPP Release 16 的研究中得知，3GPP 將 5G 專網分成了以下兩種模式，分別是獨立的 NPN (Stand-alone Non-Public Network, SNPN)以及公眾網路整合的 NPN (Public Network Integrated Non-Public Network, PNI-NPN)。Release 16 中提到 SNPN 的 5G 系統架構部署需要加上不受信任的非 3GPP 網路接取 (Non-Trusted 3GPP Access)，主要是因為一般的用戶設備沒辦法直接與非 3GPP 網路互通功能 (Non-3GPP Interworking Function, N3IWF) 連線，所以需要透過非 3GPP 網路接取連線，像是可以透過 Wi-Fi 的方式來將

用戶設備接入核心網路，SNPN 這種專網方式是不支援緊急服務、漫遊(在 SNPN 之間的漫遊)、SNPN 之間互相切換或者與 PLMN 與 PNI-NPN 相互切換 (3GPP, 2020)，主要可以應用在智慧工廠上或高科技產業。

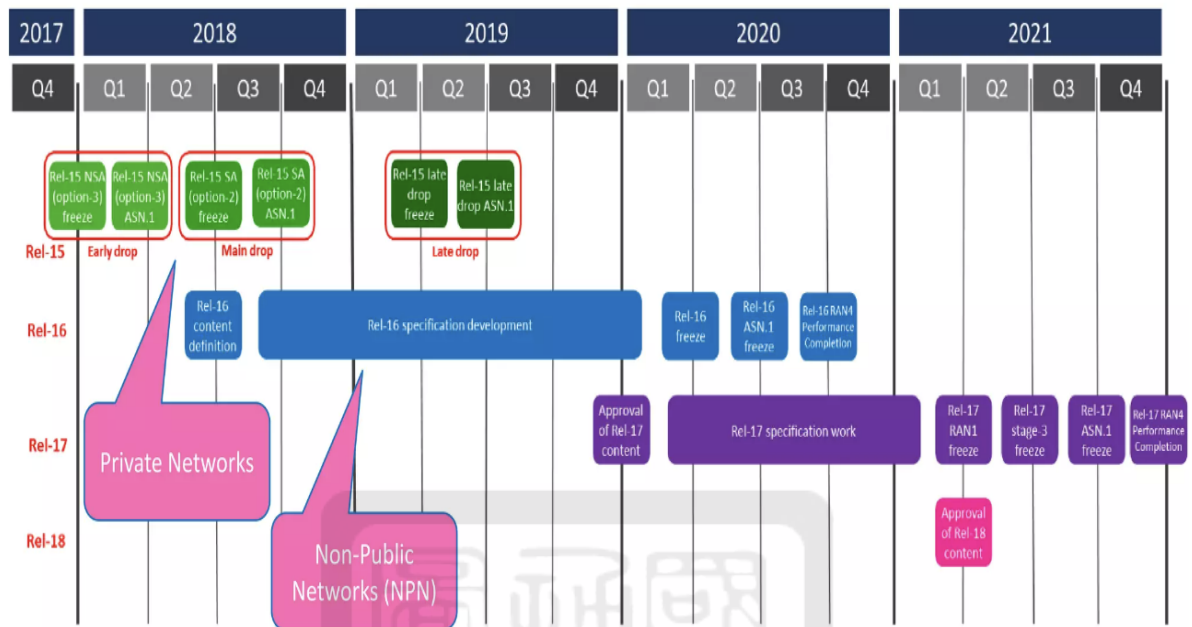


圖 1、3GPP Releases 時間線

資料來源：Ghadialy (2020)

SNPN 與 PNI-NPN 這兩種部署的方式都能替許多的垂直產業提供與公眾網路隔離的 5G 系統網路，接著能夠透過公眾網路的相互存取，建構出一種能透過專網去滿足許多應用產業與案例上的網路需求(黃再裕, 2018)。表 1 是研究人員 Ghadialy 統整兩種部署方式的一些項目比較 (Ghadialy, 2020)，像是 SNPN 的核心網路和頻段方面都是自己擁有以及營運，就如同這個場域的經營者可以自己營運一部分的 5G 網路系統，不需要有電信業者的加入，但就會需要比較高的建設成本，相反地營運成本就會降低；PNI-NPN 則是有一部分的功能需要透過電信業者的核心網路服務去支援 5G 系統，成本方面會和 SNPN 相反。

表 1、SNPN 與 PNI-NPN 比較

	SNPN (獨立)	PNI-NPN (公網)
頻譜	自行擁有頻譜	運營商管理頻譜
投資成本	高建設成本 + 低營運支出	低建設成本 + 高營運支出
網路維護部門	IT 部門、系統整合部門、網路服務提供商	行動網路業者或由行動網路業者選擇的系統整合商
設備, SIM 卡, 訂閱服務等等	自行擁有與維護或透過外部網路服務提供商	行動網路業者負責
安全性	掌握所有資料	由行動網路業者負責
漫遊	無法漫遊	標準化漫遊
較進階地服務	更受限地進階服務，像是 5G 區域網路或 5G 虛擬區域網路	提供以 3GPP 為底以及行動網路業者所支持的進階服務

資料來源：Ghadialy (2020)

對於 5G 企業專網的架構提出之後，不僅僅是在台灣，全球有許多國家中，像是日本、德國、英國、法國、南韓與香港也都開始進行了討論以及發展，開始制定相關的 5G 專網法規與管理政策(何沁蓉, 2021)。首先比較重要的方面則是頻段的開放，每個國家的 5G 專網開放的頻段都有所不同，主要是因為不同的國家以及地區都有著不一樣的頻譜規劃、法律問題以及管理的政策，也和各個國家的技術能力、經濟能力、地理位置以及需求有一定程度的相關性，像是有些國家可能更希望將特定的頻段分給某種產業。另一部分則是更加重視國內人民的使用需求，種種因素都影響著各國開放的 5G 專網頻段。台灣目前開放的頻段是在 4.8-4.9 GHz 之間，是專門使用在「專頻專網」的行動寬頻專用電信網路，主要是由場域主自行去申請頻段執照，並自建專網供自己使用或配合電信商公眾網路建置專網。國家傳播通訊委員會於 2022 年 8 月 26 日舉行了「行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法草案」公開說明會，當時提出了專用電信網路的架構圖，如下圖 2 所示，在核心網路的部分，是可以去組合他人

的核網，但仍需自行建立內部基地台去支援場域內與企業內的網路（國家傳播通訊委員會, 2022），由此簡易架構圖作為後續部署專網的基礎與提出專網方案。

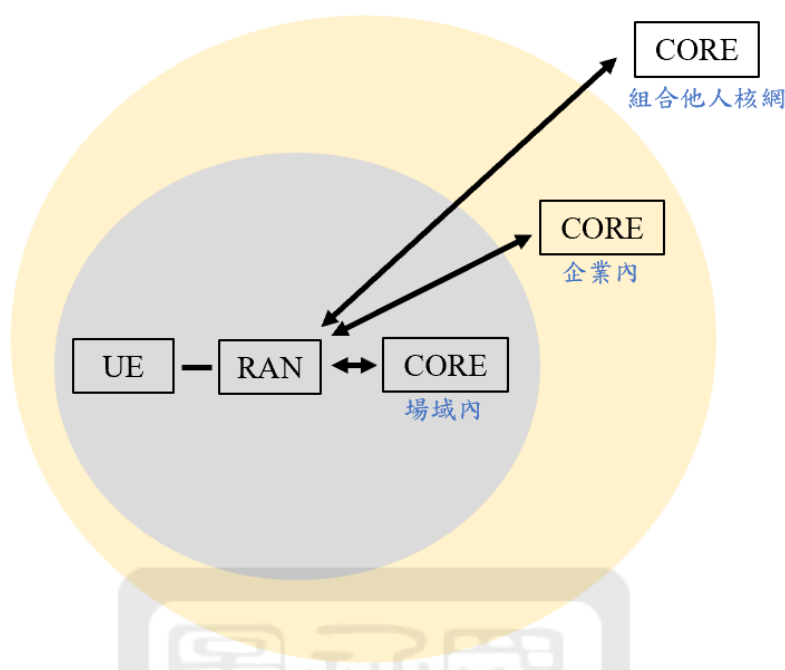


圖 2、5G 專頻專網架構圖

資料來源：國家傳播通訊委員會(2022)

目前在德國、日本以及法國等國家幾乎都在 2019 年至 2020 年之間，完成了 5G 頻譜的分配，且已經有許多通訊領域較為成熟的國家在 2019 年就將 5G 網路進行商轉，大量地去發展各國國內的 5G 基礎建設，企業間也為了各種運作上的需求，公眾網路已逐漸無法滿足部分企業，對於 5G 專網的關注度提高，也造就了未來 5G 專網的市場機會。表 2 是其他國家開放 5G 專網頻段的整理 (Ericsson, 2023; 楊玉奇, 2022)，表中各國也在 2019 至 2021 年陸續規劃完成 5G 專網的頻段並投入，在電信商以及系統整合商的支持與協助下，讓德國、日本、法國、韓國、美國與英國等國家也慢慢邁進了 5G 專網的商用過程。在表中的國家中，僅有日本的 4.6-4.9GHz 專網頻段與台灣較為接近。而目前依據場域的不同，5G 企業專網在國外各領域皆逐漸有發展，在智慧工廠、物流、觀光、醫療、國防等方面的案例出現。

表 2、 各國 5G 專網開放頻段

	洲別	國家	5G 專網開放頻段 (年份)
1	亞洲	台灣	4.8-4.9GHz (2019)
2		日本	2.575-2.595 GHz (2019) 4.6-4.9 GHz (2020)
3			28.2-29.1 GHz (2020)
4		馬來西亞	26.5-28.1 GHz (2021)
5		南韓	4.72-4.82 GHz (2021) 28.9-29.5 GHz (2021)
6	歐洲	香港	27.95-28.35 GHz (2021)
7		英國	3.8-4.2 GHz (2019) 24.25-26.5 GHz (2019)
8			3.7-3.8 GHz (2019) 24.25-27.5 GHz (2021)
9		德國	2.575- 2.615GHz (2019) 3.8-3.9 GHz (2022)
10		法國	3.8-4.2GHz (2020)
11		比利時	3.4-3.48 GHz (2020) 3.64-3.7 GHz (2020)
12		捷克	2.3-2.32 GHz (2020) 24.25-25.1 GHz (2021)
13		芬蘭	3.76-3.8 GHz (2021) 24.25-25.1 GHz (2021)
14		瑞典	3.4-3.48GHz (2021)
15		克羅埃西亞	3.74-3.8 GHz (2021) 24.25-24.65 GHz (2021)
16		丹麥	3.8-4.2GHz (2021)
17		挪威	3.41-3.8 GHz (2021) 26.5-27.5 GHz (2021)
18		希臘	3.4-3.45 GHz (限制地區使用，2023 年新法規訂定) 3.75-3.8 GHz (限制地區使用，2023 年新法規訂定)
19	美洲	荷蘭	3.41-3.48GHz (考慮開放及分配)
20		波蘭	3.55-3.7 GHz (2020)
21	大洋洲	美國	3.7-3.8 GHz (考慮開放及分配)
		巴西	24.25-27.5 GHz (2020) 27.5-29.5 GHz (2020)

資料來源：Ericsson (2023)、楊玉奇(2022)；本研究統整

1.2 研究動機

面對各國對於 5G 專網的逐漸重視，越來越多國家已經將 5G 專網的建置與部署視為重要發展，且如何讓 5G 專網能夠順利運用在垂直場域中，相較於之前的網路能有更高效能、完整功能以及穩固的資訊安全，解決場域主所面臨的困難以及滿足他們的需求，同時能夠以低成本卻能達成高使用效益的階段，成為目前 5G 專網發展炙手可熱的議題。

正因為如此，我國也早在 2019 年釋出 4.8-4.9 頻段給 5G 獨立的專頻專網做使用，是由我國行政院第 3679 次會議中指配，採取的方式則是審議制(科技會報辦公室, 2019)。國際上也有許多針對於 5G 專網所設置的法規與政策，而台灣這邊的專頻專網剛開始是由國家通訊傳播委員會(NCC)訂定規則與負責審核，NCC 當時提出執照的期限是 10 年，跟 5G 專網已經有先進發展的德國與日本一樣，而也有國家的執照期限是 2 至 5 年。在 2022 年 7 月，當時 NCC 統計我國國內提出的 PoC 實驗案例有 42 件，有 28 件是屬於 n79 頻段，就是 5G 專網所使用的 4.8-4.9GHz 頻段，這些 n79 的實驗案例主要都還是分布在智慧工廠、智慧醫療、智慧展演等等場域 (中央通訊社, 2022)。

到了 2023 年，5G 專網的執照申請轉至數位部，於 6 月 5 日開始開放企業申請執照，七月底前已經有超過 40 個案件申請，在 8 月 11 日召開的審查會議，我國國內通過的案件有 7 件，分別有智慧製造、智慧偏鄉教育、智慧展演、5G 技術驗證專網設置、5G 元宇宙專業職能作業訓練系統 (經濟日報, 2023b)。而相較於國外，5G 專網發展比較快的德國與日本，則是遠遠大於台灣的案件，德國 (3.7-3.8GHz)統計至 2023 年 1 月 15 日，總共通過了 293 件的申請案，日本則在 2022 年底統計出有 106 件案件，持有專網通過執照的業者，就可以在當地去進行 5G 專網的架設與部署，並對後續進行營運。接著數位部在 2023 年 9 月 13 日舉辦了「5G 專頻專網落地驗證啟動記者會」，正式宣佈隔年年底將完成 5G 專網落地實驗，並進入商轉階段，遴選出來的業者們總共有 33 個案例，獲得補助，期望在未來 15 個月內有好的成果 (中時新聞網, 2023)。雖然面對我國雖然在導入專網的申請案與普及程度仍不及他國，但仍然不斷地在進行 5G 專網的申請、落地測試與補助，若能在推廣的過程中，促使更多的企業了解到

5G 專網的特性，並熟悉 5G 專網能為其企業帶來哪些競爭力，相信會有更多垂直產業的業者會陸續投入。

綜上所述，面臨 5G 專網導入所遇到令人煩惱的挑戰，為了能將國外導入專網後的挑戰與國內環境進行研究探討，並針對導入前與導入後進行可行性評估，期望能對台灣 5G 專網的發展有更進一步的效果，以促進我國通訊產業技術成長，也能確保我國的眾多垂直領域中能在導入 5G 專網後能增加更多效益。我國在近兩年來已經著手在發展 5G 專網，面對科技進步迅速的時代，企業不得不把握自家轉型的機會，並且加強競爭能力，而大部分的企業對於 5G 專頻專網的狀況以及執照申請並不是特別熟悉，這也導致許多企業在導入上的困難。正因如此，本研究也希望站在企業的角度，讓企業能夠去了解專頻專網的申請以及導入，並去研析導入專網前後的挑戰與評估是否適合導入專網，讓更多企業能夠參考。

1.3 研究目的

我國的通訊技術方面有著先進的網路以及穩定的基礎建設，在數位能力方面就能提升許多，在每年 9 月公布的世界數位競爭力中，台灣在全球的 64 個國家中排第 9 名(IMD, 2023)。我國的通訊技術也使台灣成為科技進步的智慧國家，融合了海陸空領域的多維通訊，讓整體通訊的範圍多元化且充滿關聯性，這些科技技術像是低軌衛星、海底電纜甚至是 5G 通訊等(智慧國家觀測報告, 2022)。雖然 5G 網路商用化礙於許多因素，像是佈建成本高、電信業生態長期封閉、費用增加導致用戶接受程度、法規以及產業跨域人才等原因(沈勤譽, 2019)，導致 5G 網路在我國仍無法普及化，但在有一定的技術水準之下，對於 5G 專頻專網的發展成熟仍指日可待。

目前國際上已有許多國家的企業皆在申請 5G 專網的合格使用執照。由於申請與審核 5G 專頻專網執照的門檻頗為嚴謹，在第一次 5G 專網的審查會議上也具有非常高程度的專業性以及複雜過程(數位發展部數位產業署, 2023)，現場也有許多專家會從各個角度去對申請的企業以及案例進行研究與討論，申請的案件也必須從整個網路架構、核心網路的建置、資訊安全以及能否順利接收網路都有著完整規劃，並在實際測試階段中能夠順利進行。

對於 5G 專頻專網申請過程，數位部已經簡化了許多申請程序，也提出了頻率使用費打折的優惠，希望能吸引更多業者來申請 5G 專頻專網，加強自家領域的能力與影響力，甚至是進行轉型的機會。面對多種角度的考量，仍然有許多企業對於 5G 專頻專網不夠了解，甚至對於專網的建設、營運成本商業模式以及頻段破碎化等有所疑慮(經濟日報, 2023a)，是否能夠在使用專網之後，解決目前企業中所遇到的困難與挑戰，是否能夠滿足自家企業的需求，都成為我國業者導入 5G 專頻專網的阻礙。

為了讓我國更多企業能夠導入 5G 專頻專網，不管是在申請 4.8-4.9GHz 的專網執照或者未來營運上，本研究預計透過文獻分析法與深度訪談法，訪問業者們並根據受訪者所在產業在導入 5G 專頻專網時所會面臨以及考量的問題與挑戰去進行可行性評估。研究目的歸納為以下幾點：

1. 分析我國 5G 專頻專網申請之現況

透過文獻的多方面收集，將我國 5G 專頻專網與電信運營商推出之專網做出差異，了解不同專網所適合的領域。並對於 5G 專頻專網推出之後，於 NCC 導入之後的狀況，將領域統整與情況進行評估。最後將數位發展部接手後之 5G 專頻專網執照申請、補助等狀況統整，透過現況之分析去探討後續影響我國導入 5G 專頻專網之原因。

2. 評估我國業者對於 5G 專頻專網導入的考量點

藉由文獻分析的方式，將目前國外導入專網面臨的問題列入我國評估方案，把訪談大綱擬定完成，針對我國的現況去列出可能考量到的每個面向。接著藉由訪談專家的方式，了解這些面向是否成為各產業對於導入 5G 專頻專網的考量點，其中包括技術導入、網路資訊安全、法規以及財務營運。

3. 探討我國業者在導入 5G 專頻專網所面臨的挑戰

根據訪談大綱擬定的問項，透過專家深度訪談的方式，從產業界、政府機構以及學術界等不同領域的專家收集各種觀點。訪談中不僅僅集中於已知的面向與議題，同時也了解那些未被充分討論的潛在挑戰，與專家們溝通出在考慮導入以及實際導入之申請的操作過程中遇到的具體問題以及對策，從各方面的困難中找出後續的建議以及解決方案。

4. 研析不同產業導入 5G 專頻專網的可行性評估

運用文獻以及專家訪談後的結果，研究多個產業(工業與製造業、交通運輸業、物流倉儲業、醫療照護業)，進行 5G 專頻專網導入可行性。透過對這些產業不同特性的理解和評估，從法規面、財務營運面以及場域限制面的影響程度上，統整出各產業的導入可行性高低，提供給政府以及業界作為導入 5G 專頻專網之後續參考。

1.4 研究架構

本研究之研究架構圖，如下圖 3 所示，其流程是先進行與題目相關的資料蒐集，並深入進行文獻回顧與分析，此階段主要著重於從國際文獻中有概述 5G 專網的基本概念與發展趨勢。接著，本研究詳細回顧了國外在實際應用 5G 專網後所遭遇的主要挑戰，以及不同國家對於專網導入的策略和做法，並考量台灣的环境與現行規範去進行後續評估，設計出一系列針對受訪者的調查問項，從訪談中了解實際導入的各項層面去評估 5G 專頻專網的潛在挑戰及可行性。再來根據文獻分析所揭示出來的現況，結合針對專家的深度訪談結果，修正出最後的研究成果。最終研析出台灣企業目前在導入 5G 專頻專網 (4.8-4.9 GHz) 所考量的方向與面臨的挑戰，並對後續想導入 5G 專網的企業或產業進行可行性評估，藉以支持政府與企業其決策過程與結果，確保有助於推動台灣 5G 新技術的發展。

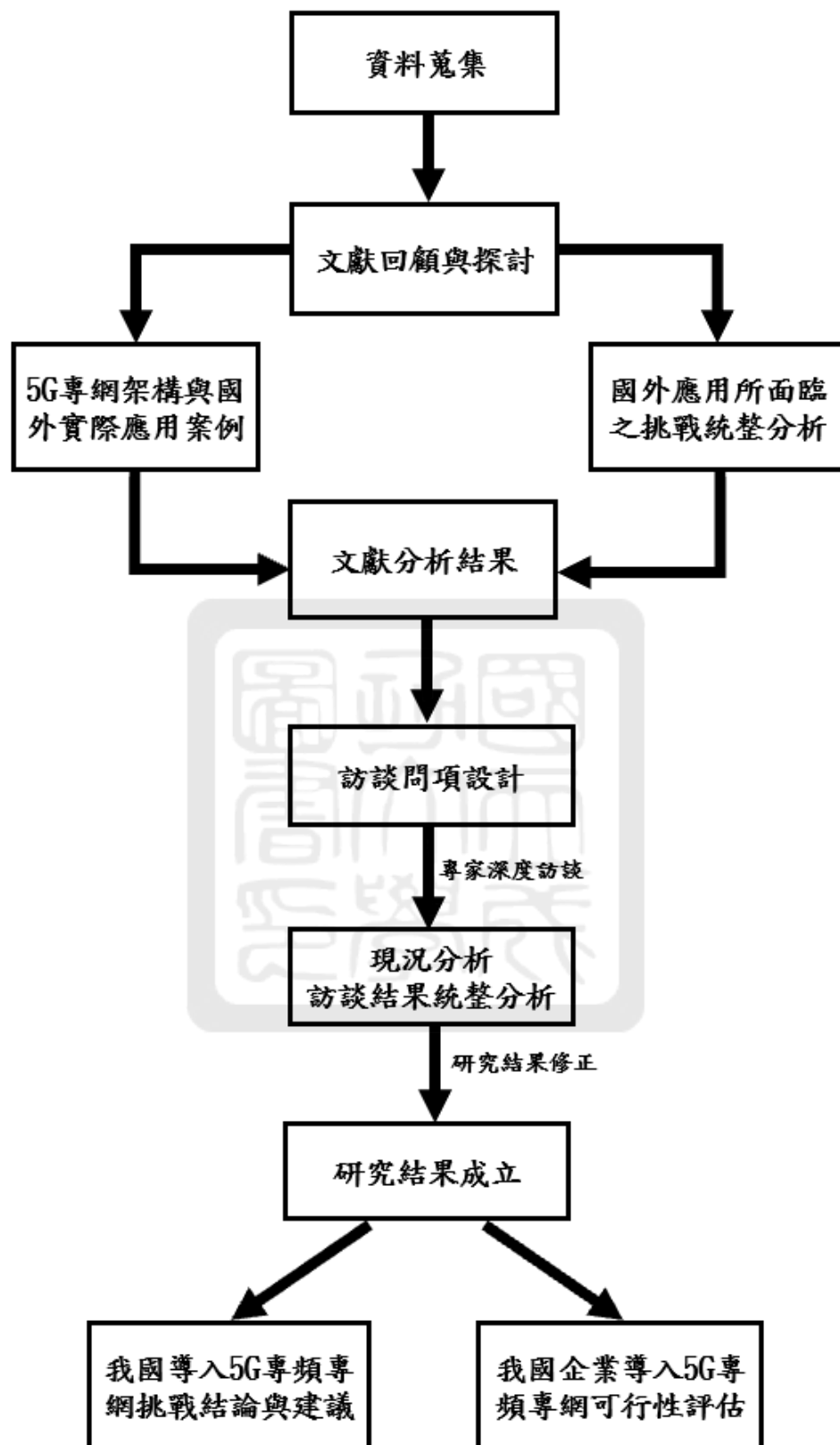


圖 3、 研究架構圖

第二章 文獻回顧

2.1 5G 專網架構回顧

2.1.1 5G 專網概述

5G 專網是一種運用 5G 技術並建立在 5G 裝置基礎上的一種區域網路，可以使用在特定區域內的專用網路連接方式，需要透過專用配置的無線接取網路 (RAN) 以及包括一個或多個基地台，並根據所需容量與覆蓋率去進行擴充。物理上來說，5G 專網可以單獨實體存在，也可以和基地台在同一個區域，而在 3GPP 中則被稱作非公眾網路 (NPN) (Aijaz, 2020)。相較於 5G 專網，有一個較接近的接取方式，叫做開放式無線接取網路 O-RAN (Open Radio Access Network)，是由 O-RAN 聯盟所提出的概念。此概念則是透過採用開放的介面、開放硬體和開放原始碼軟體來組織一個具有成本效益且有敏捷性的無線接取網路。主要會大量使用共通的現成硬體以及商用晶片，並以最大地限度去減低專用網路的安裝成本，確保能在多種供應商的網路中使用標準化介面，所以 O-RAN 是建構一種不依賴單一供應商的小型客製化 5G 專網的一種有價值方案 (C. Li & Akman, 2020)。

在未來十年內中，5G 專網的普及性會越來越高，因為垂直領域產業在資通訊業的生態系統中逐漸成熟，並且具有更加嚴格的功能 (隱私性、安全性、技術能力) 及效能要求 (延遲、吞吐量)，在這些嚴謹的要求中，有些是無法通過公眾網路去滿足，必須經由更私人化的網路模式去進行，在許多報告中有預測了 5G 專網市場的增長趨勢，在 PR newswire 的統計報告中，5G 專網到 2021 年底市場額將達到超過 50 億美元 (Poe et al., 2020)。另外，全球的 5G 專網基礎建設市場規模預計會在 2032 年達到 1035.1654 億美元，2023 年至 2032 年之間的年複合成長率 (CAGR) 為 48.1% (Research and Markets, 2023)。

使用 5G 專網有許多不同的特點，Wen et al. (2022) 在研究中有提到，以下經由本研究統整為表格，如表 3 所示。

表 3、 5G 專網特點

特點項目	說明
實際應用上的持續可用性	根據協定去規範，特定區域內按照協定的品質要求去提供端到端電信服務的時間佔比。像是在 5G 專網中，範圍的最高值會落在 99.999999%，最低值在 99.9%，具體值還是要取決於 5G 專網所使用的應用案例上。(5GACIA, 2019)
超高度的可靠性	通訊服務在給定條件下，能在一定時間內按要求執行的能力。尤其是對於工業自動化或物聯網系統，為了成功執行任務而需要高度的可靠性，滿足限制要求。
超低的延遲性	網路在其數據傳輸中可以實現小於毫秒級的端到端延遲能力。像是在工業自動化中，工廠內人與自主搬運車的相互合作，擁有低延遲就可以有更好的配合。
高設備密度與高吞吐量	5G 專網中許多垂直應用將需要應對或服務不同的形態和行動設備，像是感測器、無人搬運車、AR、VR、攝影機等等，都需要在特定時間內傳送訊息，所以需要大規模連接才能達到此效果。
客製化的可預測 QoS(服務品質)	可以更好地控制性能指標，像是吞吐量、延遲等等，根據不同垂直領域的服務達成特定需求。

資料來源：Wen et al. (2022)；本研究彙整

對於顯著能夠增強效能、容量以及數據的速率，並且能夠成為垂直領域產業無線接取方式的另外一項技術，那就是新一代的 Wi-Fi，稱為 Wi-Fi 6，此時出現了 Wi-Fi 6 去和 5G 專網的特性去做評估，由於兩者都是可以對於垂直領域造成效益，故有文獻將 5G 專網與 Wi-Fi 6 進行了對比，如表 4 所示，從表中可以看到 5G 專網的優勢都較 Wi-Fi 6 好，而 Wi-Fi 6 則是在部署的成本相對於 5G 專網來得低，尤其是在客戶端的方面 (Khorov et al., 2019; Wen et al., 2022)。

表 4、 5G 專網與 Wi-Fi 6 比較表

	頻譜	覆蓋 範圍	可靠性	移動性與非 現場狀態	安全性	戶外環境 適用性	成本	應用 場域
5G 專網	需執照	廣	高	高	高	高	高	關鍵 任務 性
Wi- Fi 6	免執照	當地	低	低	低	低	低	非關 鍵任 務性

資料來源：Khorov et al.(2019)；Wen et al. (2022)

2.1.2 5G 專網架構圖

5G 專網 (5G Non-Public Network、Private Network)分為獨立 NPN 與公眾網路整合 NPN，前者是可以不依賴公眾陸地行動網路(PLMN)所提供的網路功能，後者的部署則是由 PLMN 去進行支援。在部署方面，都會涉及到網路成本、控制和部署複雜性之間的相互權衡，雖然 SNPN 確保能夠透過物理性的隔離方式並且使企業端或垂直領域能夠以高成本作為代價，去保留對專網的完全控制，但相比之下，PNI-NPN 的進入門檻較低 (Cogalan et al., 2022)。

5G 專網的架構圖中，目前主要以 4 種場域圖示作為 5G 專網之架構圖，由以下作為說明：

1. 獨立 NPN (Stand-alone Non-Public Network, SNPN)

在此場域中，NPN 的部署方式為獨立的網路，如圖 4 所示。所有的網路功能都位於指定場所設置的邊界內，且 NPN 與公眾網路分開，兩者之間唯一的通訊路徑是透過防火牆，故防火牆是一個明確定義且可辨識的分界點 (5G-ACIA, 2019)。文獻指出三個可以證明獨立性的事實：1) 5G 專網使用完全獨立於公眾網路的識別碼、2) 5G 專網通常會被分配私有的頻譜、3) 能夠在完整的 5G 系統部署 (包括無線接取網路和核心網路)，並能存在於 5G 專網的邏輯範圍內。儘管獨立的 5G 專網可以獨立去運行，但私人的網路設備有時仍然會需要透過公眾網路服務，所以為了滿足這種需求，是可

以透過防火牆，選擇性地建立私人和公眾網路之間的連接 (Ordenez-Lucena et al., 2019)。

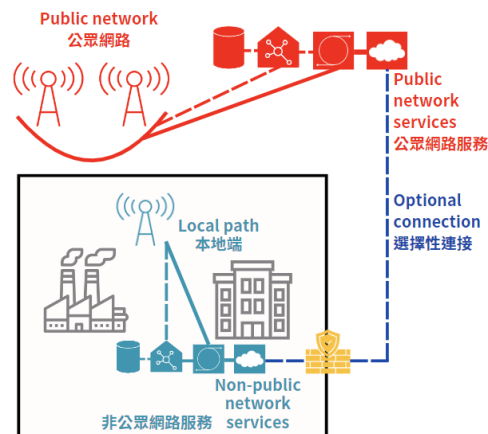


圖 4、獨立 NPN 架構圖

資料來源：5G-ACIA (2019)，本研究繪製

2. 公眾網路整合 NPN (共享 RAN)

在此場域中，NPN 會和公眾網路共用場域內的無線接取網路，而其他的網路功能則繼續保持隔離的狀態，如圖 5 所示。NPN 區域的數據流量以及資料都會保留在場域內，而公眾網路的流量則是轉移至公共區域 (5G-ACIA, 2019)。目前圖 5 中只有一個共享 RAN 的基地台，而根據 3GPP 的規範，包含 RAN 的共享概念可以配置專門給專網用戶使用的基地台 (3GPP, 2022)。

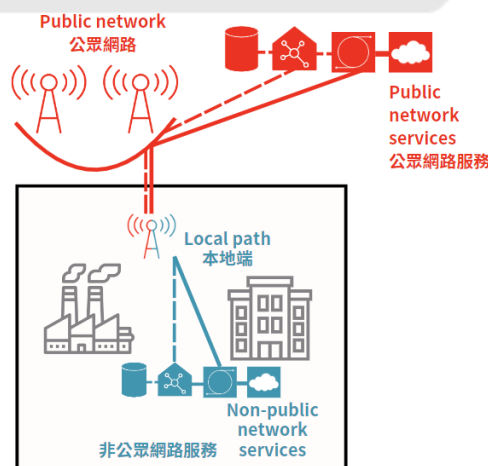


圖 5、共享 RAN 架構圖

資料來源：5G-ACIA (2019)，本研究繪製

3. 公眾網路整合 NPN (共享 RAN 與控制層面)

在此場域中，NPN 會和公眾網路共用場域內的無線接取網路，且網路的控制層面會在公眾網路中去進行，如圖 6 所示。但所有 NPN 的數據流量仍會保留在場域內 (5G-ACIA, 2019)。這種架構可以透過垂直網路切片來實現，在一個共享的設施基礎上，建構獨立的網路，此時公眾網路和專用網路會有不同的切片識別碼，讓兩者保持隔離，但實際上，專網的設備是公眾網路的用戶，可以直接連接到公眾網路和相關服務 (Foukas et al., 2017)。

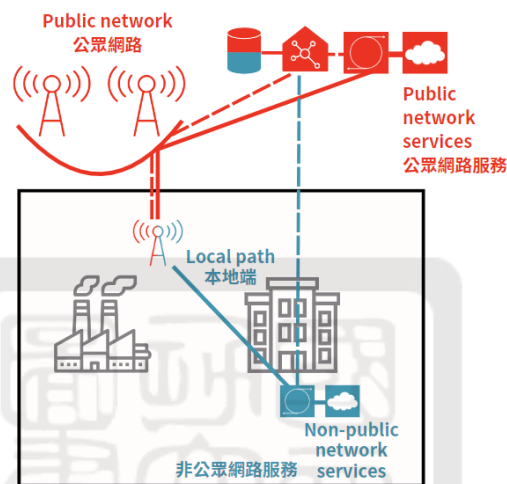


圖 6、 共享 RAN 與控制層面架構圖

資料來源：5G-ACIA (2019)，本研究繪製

4. 公眾網路整合 NPN (由公眾網路提供 NPN)

在此場域中，專網完全由公眾網路來提供服務，NPN 和公眾網路的部分數據流量都會傳到被訂定的場所之外，如圖 7 所示。專網的數據流會通過共享的 RAN 引導到公眾網路上，但這兩部分是被視為完全不同的網路，藉此以確保專網與公眾網路的隔離性和獨立性，而此架構可以在雲端環境中使用虛擬化的網路功能，像是垂直網路切片來達成此狀況 (5G-ACIA, 2019)。

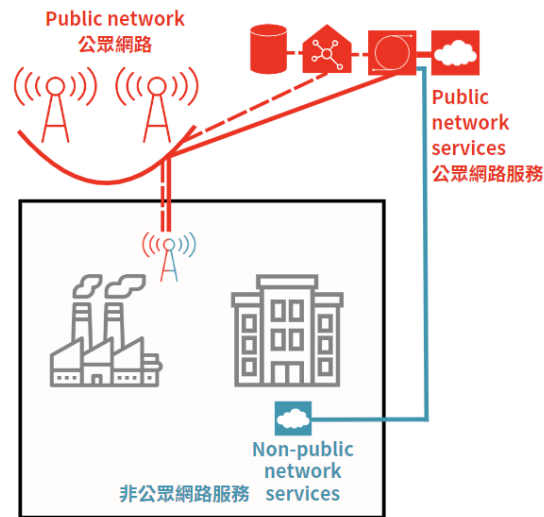


圖 7、 由公眾網路提供 NPN 架構圖

資料來源：5G-ACIA (2019)，本研究繪製

2.2 5G 專網之應用場域

5G 專網到了現今不僅僅只是單純架構與理論而已，有越來越多實際案例運用在垂直領域上。以工業為例，之前在工業方面，專用 LTE 網路往往可以支援很多應用，但當提到工業界的運作中，對於吞吐量、延遲、可靠性、可用性、安全性和設備密度等性能的要求都越來越嚴格，這是 LTE 專用網路或者單純 5G 無法滿足的 (Doğan et al., 2019)。雖然有線的網路技術可以滿足一些需求，但是需要高昂的技術與維護成本，且未來有許多需要移動性的需求，像是工業中的軌道運輸車或物流業的無人貨物搬運車，特別是隨著工業 4.0 的發展，未來的工廠將涉及大量工業物聯網設備，這些設備都會協助垂直產業的發展 (Xu et al., 2014)，這會讓使用有線的網路效率變得不如預期。因此，在垂直領域裡去部署 5G 專網是可以讓工業有更好的發展與有更好地調適 (Brown & PRINCIPAL, 2019)。

不僅僅是在工業的應用案例上，像是機場、礦場、校園、醫院、交通運輸等等，都能從 5G 專網中受益。在機場中，5G 專網的出現提升了許多原本無法完成的技術，包括行動安全系統和實時、自動化且無接觸的旅客掃瞄系統；對於通常沒有公眾網路覆蓋的偏遠礦場，可以透過建立 5G 專網以提高生產力和安全性，而無需依賴行動網路運營商；校園的部分則是利用 5G 專網使擁有者

能夠更快地定義所需的服務，提升科技教育的環境(Wen et al., 2022)。以下將說明 5G 專網在垂直領域的應用：

1. 工業、製造業

5G 專網可以部署在工廠和製造現場，滿足工業自動化網路的嚴格連接要求，達到極低的延遲與極高的可靠性，目前幾乎都是通過有線技術來實現 (Aijaz, 2020)。由於現有的行動網路運營商的網路覆蓋，多半是做為社會資訊化(公眾 5G 網路)的用途，並不能完全保證工業以及智慧製造服務的通訊可靠性和品質 (Ali et al., 2021)。

隨著工業 4.0 的來臨，許多工業部門正積極導入許多的智慧流程，透過數位化的進步，為全球的工業公司提供新的機會，同時提升了製造流程的靈活性 (Shah et al., 2020)。也讓工業環境的許多關鍵支援技術都能增強效果，像是模組化、無線基礎設施、場內移動功能、遠端操作、遙測技術、智慧預測防護與網路安全等等。運用數位孿生的方式，將真實世界存在的東西虛擬化，並通過數據流實時連接，在獨立 SPN 部署的方面是要達到可控的延遲以及數據的速率，同時能讓許多機械設備能夠大規模的連接，並具有強大的安全性和隔離性；遠端操作的工人，藉由專網的技術，讓不同地區的人員控制設備，也可運用感測器去進行遙測，在辦公室內用高清影像監控並防止設備故障 (X. Li et al., 2021)。這些技術都取決於網路的功能及性能，有些工廠的地域非常廣，對於專網的要求就會更加嚴格，所以 5G 專網的部署與成本都會影響整體營運。

在工業製造中使用各種物聯網感測器和人工智慧元素的分析平台將可以立即預測生產線故障並阻止其在網路上的傳播，甚至在它們發生之前提前做預防，使用工業 5G 專網的製造過程圖如圖 8 所示。在不同的行業場景及 QoS 需求下，需要開發一種具有多個順序的智慧排程方案，圖 8 中展示了 5G 專網與網路切片，需要不同的 QoS 規範的設備和服務，由於遠端操作機器手臂需要超低延遲和較高可靠性，因此需要先將資源分配於此 (L1)；廠區內機器人之間的互動(L2)；攝影機監控需要高吞吐量，但對延遲和數據丟失的要求不如前兩者高(L3)；最後為統計、收集數據和製造過程中預測感測器的服務(L4) (Deutsche Telekom, 2019; Ruoxi et al., 2022)。

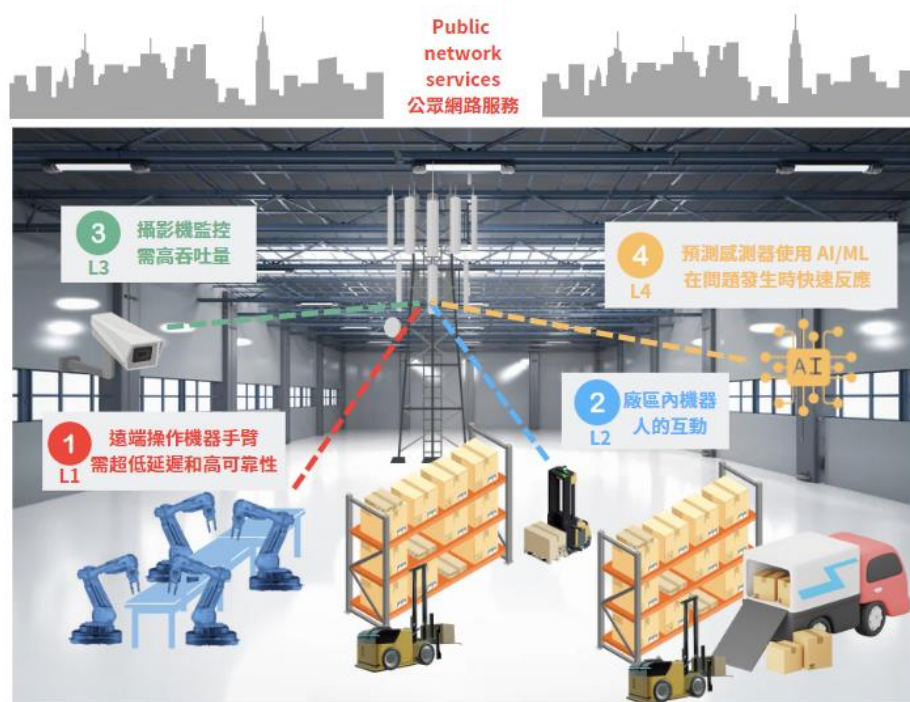


圖 8、工業 5G 專網的製造過程圖

資料來源：Deutsche Telekom(2019)，本研究繪製

2. 交通運輸(鐵路、機場)

現在的運輸系統中，鐵路仍然脫離不了對人類的重要性，不管是火車、高鐵還是地鐵，都因為科技的進步，讓鐵路運輸系統的流程順暢性與安全性都逐漸提升。鐵道路口在列車接近時，通常會需要智慧感應與檢測，對於通訊的傳輸即時性與穩定性有一定的需求，在 5G 專網的部署成本也造成很大的壓力。關鍵性安全通訊系統能運用 5G 去進行連接鐵軌上的列車接近檢測器與操作道口警告門的平交道控制器；另外也可用於提供即時監視影像，監控即將到來的列車以及現場維修人員。因為鐵路平交道、雨量檢測器、火車以及維護人員的位置都需要大規模的網路覆蓋來連接不同實體，並確保訊息以可靠且受保護的方式交換，滿足可靠性、安全性和性能要求，由於獨立基礎設施較為昂貴，通常會運用 PNI-NPN 共享來完成 (X. Li et al., 2021)。

在鐵路的環境中，透過穩定的行動通訊系統，來支援鐵路上重要的任務、運營以及乘客服務，列車中所使用的語音、遠端監控、診斷系統與分佈式緊急通訊，都將於未來的鐵路無線系統去滿足鐵路服務所需的 QoS 要

求，達成更高的可靠性、可用性和安全性。透過網路切片的方式，在適當的部署頻段下，考量到鐵路通訊傳播和通道的限制與特性，設計出適合智慧鐵路的 5G 網路切片架構 (Ai et al., 2020)。針對鐵路的區域較廣，未來 PNI-NPN 結合網路切片的應用會越來越成熟，目前的研究技術仍有限，但相信對推進智慧鐵路交通系統至關重要。

地下鐵路化運輸是需要多種關鍵通訊服務網路來達到平穩地運營，其中之一是列車無線電，要求司機和訊號控制器之間進行安全的關鍵語音通訊；另一項服務涉及列車和軌道旁的訊號傳輸，透過網路通訊進行列車控制，這兩種服務都需要非常高的系統可靠性和低延遲，5G 專網則提供了一種有效的解決方案，可以通過單一技術去實現多種服務，還能促進安全服務，像是列車與軌道的即時監視器 (Aijaz, 2020)。目前對於 5G 專網在地鐵使用上的研究文獻並不多，地底下的通訊品質仍須依賴基礎建設，未來在這方面的進步值得探討。

服務範圍較為廣泛的機場也是 5G 專網使用上討論非常熱絡的場域之一，為了因應數位化的時代，機場內需要確保各種類型的乘客、航空公司、客戶、零售業者、地勤和行李處理系統的運作順暢與安全，透過 5G 專網的特性，讓通訊連接上更加安全與可靠，提高運作效率、自動化以及應對的能力。歐洲有許多在機場使用 5G 專網的案例，像是愛立信(Ericsson)在巴黎機場為法國航空、Hub One 和 Groupe ADP 去部署了 5G 專網，覆蓋了巴黎的三個機場，去提升機場運營上的不足與滿足乘客體驗 (Eswaran & Honnavalli, 2023)。

3. 物流倉儲

倉儲應用中自主移動機器人和自動導引車等應用越來越受歡迎，在倉儲管理中，會運用倉儲管理系統，使其與自主移動機器人之間的連接，對於需求方面則需要高度可靠性、極低且可控的延遲以及高度擴展性。使用 5G 專網，在倉庫操作中提供了許多機會，包括運用影像或視訊引導控制的移動機器人、自主移動機器人車隊之間的同步操作以及對具有最少感測能力的自主移動機器人進行低成本遠端控制 (Aijaz, 2020)。

George et al. 的研究中提出智慧物流倉儲裡的自主移動機器人

(Autonomous Mobile Robot , AMR)是由許多軟體與感測器整合而成，讓機器人能夠去判別並在工作環境中移動，可以繞過固定或正在移動的障礙物，目前的 5G 技術也能讓機器人達到分類貨物或其他任務；自動導引車 (Automated Guided Vehicle ,AGV)則是自主移動機器人的前身，兩者有類似的功能，但後者比較缺乏自主移動，且較依賴基地台等基礎設施 (George et al., 2023)。透過這些自動化的設備，讓物流倉儲中的許多營運流程都更加順利，不僅是能將貨物分配好，還能搬運上貨車，目前最需加強的就是網路連接的問題，如何讓延遲性降低以及貨物揀選準確度上升，快速將數據傳至後台監控。

目前架設 5G 專網在智慧物流倉儲領域是為了能讓自動化的機器人能夠更順暢進行工作，並能遠端監控及操作。近年有智慧物流園區的概念，透過架設 5G 專網來讓 AGV 更快更準確地完成任務，減少延遲性，研究也證實 5G 的低延遲和高可靠性特點讓機器人能夠迅速接收任務，研究數據上顯示變得更有效果，5G 專網導入智慧物流倉儲內示意圖如下圖 9 所示。內部的中心有 5G 專網，並由 5G 與 AGV 來運作，現場也佈置著監視器並能讓人員遠端監控 (Cheng, 2022)。

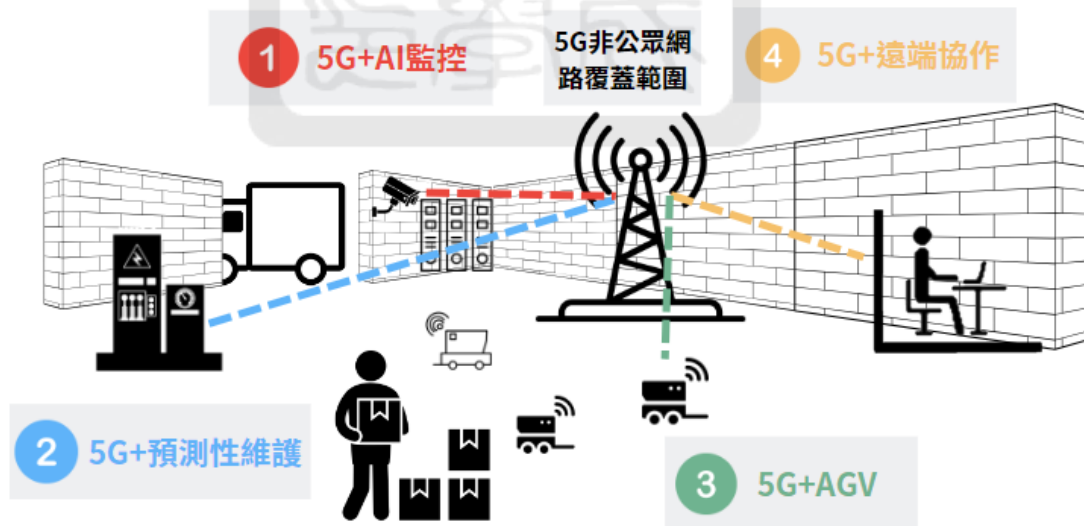


圖 9、 5G 專網導入智慧物流倉儲示意圖

資料來源：Cheng (2022)，第 278 頁，本研究繪製

4. 智慧城市

在智慧的城市中，往往需要在整個城市中架設許多的監視器，用來觀察人類與車子的動向，也可以觀察交通道路上的壅塞行為。為了要達成影像監視，在智慧城市中的關鍵需求是需要具備高清的影像捕捉、傳輸和處理能力，就需要大量的網路和計算能力來處理這麼多的影像，可以透過 5G 專網在廣泛的區域部署，作為解決方案 (Trakadas et al., 2021)。

在智慧城市中，交通運輸佔據了一大部分，有更完善的交通運輸，在城市的規劃上也就會更加完整。目前在智慧交通中有許多自駕車的案例，這些自駕車對於通訊系統與品質的依賴程度較大，所以在功能方面的設置仍然需要非常嚴謹，當智慧城市中有了 5G 專網的部署，才能有更好的實時遠端監控和預防控制。有研究提出了在城市中的自動軌道列車 (MONOCAB)，車子的樣式如圖 10 所示。MONOCAB 的在運營上屬於自動化，車內無操作員，而是由遠端控制，如果發生緊急情況，就會交由人員去進行管理，對於通訊品質的要求就會提高，必須有高性能、低延遲與高度可靠性。目前 MONOCAB 屬於測試階段，研究學者們於 2022 年 10 月 3 日在現場部署了 5G 專網，並證明此技術確實可以達到低延遲的傳輸 (Gustin et al., 2023)。在智慧城市中，不排除小型無人列車的可能性，對於未來城市與人類也增添了許多方便性。



圖 10、自動軌道列車 MONOCAB 圖

資料來源：Gustin et al. (2023)，第 2 頁

5. 醫療照護

醫療是全球都非常關注的議題之一，又是每個國家都脫離不了的一項領域，也讓醫療照護成為 5G 專網落實市場的目標。早於 2017 年中提到如何去透過 5G 的方式改善整體醫療系統，並且概述了機器學習方法如何與醫療系統整合以檢測數據異常，藉此確保不發生醫療問題與糾紛。當時作者們已經開始研究如何讓 5G 能更順利進行遠端診斷和遠端手術 (Latif et al., 2017)。但由於當時屬於 5G 專網提出的初始階段，卻因此成為現在 5G 專網欲達成的目標。

由於 5G 提供了更高效的醫療照護服務，在醫院較為廣且樓層多的場域，透過 5G 專網來改善醫院的網路，最大限度地去擴展且覆蓋整個範圍，比如在馬來西亞，警方在人群上使用藉由 5G 輔助且具有熱感應技術的無接觸體溫篩查無人機，將實時數據安全且快速地傳回 (Eswaran & Honnavalli, 2023)。5G 出現後，不斷有許多跟醫療相關的研究案例出現，例如遠端診療與諮詢、無人機器人巡房、遠端手術、院內監測等，像是 Segura-Sampedro et al. 的研究中進行一項透過遠端診訊病患手術後傷口觀察的研究，研究結果得到患者對這種遠端諮詢的方式感到滿意，認為對於手術後應用是可行且安全的 (Segura-Sampedro et al., 2017)；Bagula et al. 的研究中說明了一項電子物理健康系統，可以遠程監控患者的狀況，透過數位化的數據系統達到遠端醫療的效果 (Bagula et al., 2018)；另外，Lema et al. 的研究中測試了一個以遠端手術系統去提供觸覺反應的觸覺手套，並觀察其性能，當時提出的想法是此應用的性能強度依賴通訊的品質，如延遲與安全性等等 (Lema et al., 2017)。在遠程中需要有高清的影像傳輸，如何能達到低於 10 毫秒的超低延遲與高度可靠性的連接，達到更實時的遠程監控，否則無法最快速的獲得病患數據，仍然是一大問題 (Ullah et al., 2019)。有了以上這些在 5G 的應用上，也讓更多觀望 5G 專網的業者們會更加重視這些應用，積極地將 5G 專網的優勢提升，讓 5G 專網在醫療照護的領域上發揮更好的作用，達到預防與提升診斷速度的效果，未來若落實了 5G 專網於醫療照護領域的導入，在醫療的應用上會有更好的發展。

在垂直領域中，導入 5G 專網的應用會越來越多，以下為 Eswaran& Honnavalli (2023)在研究中統整出來國外使用 5G 專網的案例，如下表 5 所示，表中顯示出一些產業以及實施年份。目前在 5G 專網的應用中還是以製造業為主，接著在交通、物流與醫療照護等等產業中也逐漸有應用。

表 5、 國外 5G 專網部署垂直領域應用案例

產業 (實施年份)	用戶	5G 基礎設施供應商	特性
製造業 (2018)	德國施瓦布明興 OSRAM(歐司朗)	Deutsche Telekom (德國電信公司) & Ericsson(愛立信)	提高生產力、自動化 與彈性(Deutsche Telekom, 2019)
製造業 (2019)	德國辛德爾芬根 Mercedes-Benz (梅賽德斯-賓士)	Telefónica Deutschland (德國電信公司) & Ericsson(愛立信)	未來的智慧製造 (Rodriguez, 2021)
製造業 (2020)	Samsung Austin Semiconductor	AT&T 與美國三星電 子	智慧製造 (Samsung, 2019)
製造業 (2020)	德國萊比錫 BMW 工廠	Deutsche Telekom (德國電信公司) & Ericsson(愛立信)	擁有更高的控制能力 與可靠性 (GSMA, 2020)
製造業 (2020)	英國艾塞克斯郡 福特汽車公司	Vodafone(沃達豐)	取代 Wi-Fi、提升產量 (GSMA, 2021)
製造業 (2021)	法國勒沃德勒伊 Schneider Electric's plant (施耐德電機)	Orange & Nokia	工業化管理上的 QoS 和安全 (Gupta et al., 2019)
交通 運輸 (2020)	英國納尼頓 Horiba Mira	Vodafone(沃達豐)	驗證、測試自動駕駛 車(Waters & Lane, 2020)
交通 運輸 (2020)	德國漢堡 Lufthansa Technik (漢莎技術公司)	Vodafone(沃達豐)	效能最佳化和行動邊 緣運算(MEC)導入 (Vodafone Business, 2020)

自動化工廠 (2019)	日本 OMRON Corporation (歐姆龍公司)	Nokia & NTT DOCOMO	自動化智慧工廠 (GSMA, 2020)
醫療 照護 (2020)	美國亞特蘭大 Emory Healthcare (埃默里醫療中心)	Verizon(威訊)	提供病人遠距監護、 遠距醫療、醫療培訓 (Ashraf, 2020)
醫療 照護 (2020)	韓國首爾 三星醫療中心	Korea Telecom (KT,韓國電信)	將 5G 連接方案應用 於醫療診斷 (Gillispie, 2020)

資料來源：Eswaran & Honnavalli (2023)

2.3 導入 5G 專網應用之挑戰

由於國外在 5G 專網導入之應用較我國多，在部署與使用 5G 專網時，會遇到許多不同的挑戰，而透過國外之研究，統整出表格說明國外的挑戰與問題，如表 6 所示，也透過國外導入 5G 專網時的挑戰來作為我國導入專網之參考，若能從這些挑戰著手去解決，可以減少導入時許多阻礙，增加專網應用可行性。

表 6、 國外導入 5G 專網之挑戰

挑戰	說明
5G 專網中的 無線接取技術	目前許多公用專網會用 Wi-Fi 進行無線連接，運用已部署的基礎設施，降低專網進入門檻並提升 QoS，但仍然需要設計智慧型機制，以便結合 5G NR 和 Wi-Fi，提供具有改進可靠性和吞吐量的連接能力(Prados-Garzon et al., 2021)。
讓頻段能夠彈性且 穩固的使用	因為一些 5G 專網可能會使用免執照頻段，當很多 5G 專網都用相同的免執照頻段時，就會影響到通訊的可靠性以及安全性 (Wen et al., 2022)。
多個頻寬整合操作	當提高無線通訊系統的吞吐量或者降低延遲率時，通常會需要使用傳輸器，讓需要執照或者免執照頻段的 5G 專網能夠接收專網的訊號，但可能會造成中途設備受到干擾，仍是需要解決的問題之一(Wen et al., 2022)。

端到端(E2E)對 QoS 的支援	5G 專網主要特點是能夠達到低延遲和可靠性等的服務，而關鍵的設施對於提供端到端(E2E)的服務，以支援 QoS 品質仍然存在許多挑戰，要確保能夠真正符合 5G 專網中的設定以達到垂直應用服務水準要求 (SLA)，違規 SLA 可能會產生負面的影響 (Prados-Garzon et al., 2021)。
專網控制中心的無線資源分配	當 5G 專網在滿足垂直產業中基礎設施連接的無線通訊需求時，大部分的應用是以非人為的控制為主，以前的技術多半以人為為主，此時在功能上的處理就要更比以前更為嚴謹與有挑戰性 (Ren et al., 2020)。
經濟成本	在部署 5G 專網時，由於用戶平均的收入下降，造成行動網路運營商對於 5G 專網的利潤前景產生阻礙，對於經濟成長方面成為一大挑戰 (Oughton & Jha, 2021)。
共享數據	5G 專網中有共享 RAN 的部分，有些數據流會傳至公眾網路，並結合多個感測器的數據，但數據仍有洩漏、安全與隱私問題，此時保護數據又能高效傳輸就是一項挑戰 (Wen et al., 2022)。
網路安全威脅	5G 專網雖然是專用的網路，但無線連接網路仍存在於空氣中，中途被駭客攔截的風險性仍然非常大，並且有可能被攻擊或發送有害訊號，所以在網路安全的部署上仍然需要做進一步的加強 (Wen et al., 2022)。在 PNI-NPN 部署的基礎設施上，因為 NPN 和 PLMN 之間需要相互操作功能，在安全的隱私上會需要雙向配合，且 NPN 之間的服務也會有不同的隱私要求，因此就需要在這方面的技術上加強，才能解決許多連接與安全問題 (Poe et al., 2020)。
NPN 的垂直管理	未來在專網中，網路切片會是很重要的一項技術之一，雖然行動網路運營商可以調整切片的性能與功能，但每個垂直領域會有不同的要求，此時對於切片的控制水平就要列入考量，在管理能力上就會是一項挑戰 (Poe et al., 2020)。簡化 NPN 的管理以及能融入企業客戶是一項關鍵挑戰，要解決這項挑戰，NPN 必須在網

	路和服務整合方面達成全自動化，實施零接觸措施，可以在 SNPN 中以完成 AI 人工智慧及有任務性的連接網路為願景 (Prados-Garzon et al., 2021)。
設備的生態系統與專網、公網連續性	剛開始部署 5G 時，在設備上的整體生態系統對於 5G 專網來說是一項挑戰，主要是因為目前 5G 即便在快速發展，但在商用上的 5G 設備部署範圍仍然受許多限制，再加上還要考量部署完之後，頻譜方面能不能夠支援，這就會影響到專用網路與公用網路的連接，在服務上產生許多運營問題 (Wen et al., 2022)。
新興商業模式的可行性研究	PNI-NPN 場景的部署使行動網路運營商和垂直領域之間形成合作關係，允許一方向另一方提供服務，許多大型場所都有可能使用專網，但要適當覆蓋這些場所的成本較高，因此很難從單一行動網路運營商的角度來定義商業模型，此時就造成許多策略方面之挑戰 (Poe et al., 2020)。

資料來源：多篇文獻；本研究彙整

透過以上許多文獻的研究，國外在部署 5G 專網前後都會遇到許多的挑戰，而這些挑戰皆有可能也是我國導入 5G 專網之後會面臨到的問題，由於我國在地理、環境以及通訊技術等都與國外有所差距，因此在我國許多企業可能對於 5G 專網的導入有不同的看法。

針對目前台灣有關於 5G 專網的相關論文進行探討，鄭鍾翔 (2021)對於專網部署的研究中提到目前許多企業都尚未具有 5G 專網的部署及營運能力，且部署多半以服務的網路品質與區域有關，透過雲端及網路切片的方式來管理專網，因此作者的研究主要只針對現有 5G 核心網路的元件去進行探討，分析 5G 核心網路 VNF 通訊需求與限制，設計較適合 5G 專網的雲端網路 (鄭鍾翔, 2021)。由此可知作者的研究大多以 5G 網路部署的方向去進行研究，探討部署時對不同企業造成的影響，在部署時的挑戰面向較少提及。

簡嘉南 (2021)的研究中則是先從技術和市場趨勢去進行探討，並且以一家電子代工廠轉型為 5G 專網的使用者或系統整合商的轉型過程為例，而在結論部分以策略創新管理的角度去給予此公司分析與建議 (簡嘉南, 2021)。由此可

知作者的研究中鎖定在一家企業中，探討該公司使用轉型使用 5G 專網的可行性，並提出建議，研究中未提及整體導入 5G 專網面臨的挑戰與各家企業導入的可行性評估。

針對法規方面的研究，分別是從針對各國的 5G 專網法規以及規範去進行探討，並針對我國的 5G 專網法規差異給予最後的建議 (蔡仲頤, 2023)。另一項則是對於使用 5G 專網國家的相關法規進行介紹，並針對我國給予更完善的 5G 專網法規建議 (鄭伊珠, 2023)。由上述可知作者們都以規範的方向去做研析，並對於我國的 5G 專網給予未來建議，尚未探討到我國規範對於 4.8-4.9GHz 的專頻專網導入的影響與挑戰。

在營運發展方面的研究中，林垣百 (2022)探討不同產業使用 5G 專網的思考面，透過五力分析和優劣勢分析去審視個案公司的競爭力，結合專家們對於 5G 專網市場的看法，歸納個案公司發展 5G 專網的難處，並評估訪談的個案公司使用 5G 專網的行銷發展策略，最後對個案公司的整體發展提出建議 (林垣百, 2022)。另一篇研究主要是以 PEST、五力分析、SWOT 分析以及 BCG 矩陣去觀察 5G 專網所產生的商機與發展趨勢，最後給予個案公司營運建議與策略方向 (陳宏盛, 2022)。最後一篇研究主要針對決策者在規劃 5G 專網時，所進行的關鍵因素進行分析，透過文獻資料以及專家學者的訪談得知結果，統整專家們的意見，並依據專家們所重視的不同構面與重要因素給出結論與建議，研究結果發現專家們認為應用場域及政策較為重要 (楊騰達, 2023)。由此可知以上作者所著重在於經營發展策略面向，透過訪談的方式了解專家們的想法，將 5G 專網導入個案公司的阻礙提出，並透過許多分析方式去探討 5G 專網未來的發展方向，針對總體環境狀況與其他競爭公司相比，但並未探討到專注於 4.8-4.9GHz 的專頻專網導入的挑戰以及不同產業導入的可行性。

2.4 小結

綜合文獻回顧之統整，探討了 5G 專網目前在國外的現況與未來發展之範疇，隨著 5G 專網的出現讓許多垂直領域企業能夠在各自產業中發展得更加順利，藉由 5G 專網的特點，提升了性能與功能方面的需求。透過國外的研究，了解到究竟 5G 專網的架構為何；5G 專網與其他通訊技術的差異何在；在導入

5G 專網之後，能為其營運效率上提升多少，並反思導入我國之後的情況。

根據國外 5G 專網之應用場域案例，文獻歸納出許多應用，最為廣泛的仍然是智慧製造，因為工廠屬於地域範圍不大，又能將專用網路限制在內使用的區域，而交通領域、智慧城市、遠距醫療照護等等的範圍則比較廣。在 5G 專網的應用部署上則需要更多考量，在國外的文獻中並沒有明確指出使用的是架構圖中的哪一種形式，但以範圍較廣的領域來說，多半需要公眾網路來整合專網。由於我國目前正積極在推廣專頻專網的執照申請，故也會將國外的一些應用列入訪談共同討論，究竟使用專頻專網能否讓這些領域在我國實現。

根據 2.3 章節的文獻指出在 5G 專網應用上會面臨的一些挑戰，多半是整體的部署之後，5G 專網在技術上面的困難度，接著是在成本、網路資訊安全以及 5G 專網商用化之後，在管理上或可行程度的挑戰，因此在訪談構面上也會設定技術導入面、網路資訊安全面以及將成本與未來營運合併為財務營運面等等，藉由國外的研究探討來討論我國有可能會造成的影響與挑戰。

本論文研究之主題為「我國導入 5G 專頻專網於 4.8-4.9GHz 所面臨的挑戰與可行性評估」，於我國碩博士論文的論文探討中，對於 5G 專網的議題大多專注於部署、規範以及營運，目前尚未有人著重在於導入專頻專網的挑戰性及可行性之研究，因此本研究會將國外統整之資料納入考量，並參考國內環境與企業專家之想法，提供符合我國專網導入之規範且能給予企業作為參考之研究，對於未來我國 5G 專網之發展做出貢獻。

第三章 研究方法

3.1 研究框架與步驟

本研究之研究步驟如表 7 所示，先透過國內外對於 5G 專網架構進行文獻分析統整，接著參考國外導入 5G 專網的垂直應用領域案例以及所面臨到的挑戰，擬定出在台灣的地理環境以及限制下可能會遇到的問題。透過以上文獻回顧的方式，並確定國外的 5G 專網狀況之後，接著會歸納出深度訪談所要進行的大綱與問題，以利受訪者能給予相對應的回應與建議且不偏離主題，了解受訪者對於台灣在導入 5G 專頻專網的看法，以及對於申請專頻專網上的企圖心。最後依據文獻資料蒐集分析我國 5G 專頻專網現況，並透過專家深度訪談的解答去深入受訪者所考量的問題，將蒐集到的訪談資料彙整，以利最後進行研究結果與建議。

表 7、研究步驟、資料來源與研究方法

	研究步驟	資料來源	研究方法
1	5G 專網架構與特性統整	次級資料	文獻分析法
2	國外導入 5G 專網垂直領域應用統整	次級資料	文獻分析法
3	國外導入 5G 專網面臨之挑戰資料統整	次級資料	文獻分析法
4	我國 5G 專頻專網之現況分析	次級資料	文獻分析法
5	我國企業導入 5G 專頻專網面臨之挑戰	專家訪談	深度訪談法
6	結果分析與可行性評估	一級資料	文獻分析法
		次級資料	深度訪談法

資料來源：本研究整理

3.2 文獻分析法

文獻分析法 (Document Analysis)係指透過特定的主題或目的，去大量蒐集相關報告、研究資訊、調查、期刊、論文等等次級資料，並運用完整閱讀的方式去全面地探討所要著重的議題，從多個角度去精準掌握每個面向，了解過去狀況、評估現況以及探索未來的一種研究方法。Thorn et al.的研究中提出可以

從資料的蒐集階段到實際的分析過程，不僅是提高政策研究的有效性，同時也會擴大其在學術界和政策辯論中的影響力，另外也強調這些蒐集來的文獻資料可以用多種方式去表示，像是規範文件、會議記錄、演講內容、年度報告、新聞雜誌以及影片等等(Thorn et al., 2018)。對於文獻分析法的步驟，可分成四項，分別是閱覽與整理(Reading and Organizing)、描述(Description)、分類(Classifying)及詮釋(Interpretation) (朱柔若, 2000)，藉此來提取所需的資料，對於文獻去進行客觀且有系統性的統整。

本研究在文獻資料大多先以國外的文獻來探討，5G 專網架構的部分文獻多半會參考 3GPP、5G-ACIA，以官方的技術文件去支持文獻的可靠性，5G 專網的應用場域則由數個文獻以及報導去說明，統整出國外應用在智慧製造(工業、製造業)、交通運輸、物流倉儲、智慧城市以及醫療照護等案例，最後將國外導入 5G 專網的挑戰整理之後，作為分析的構面，作為我國導入專網後的重要參考依據，以利後續研究。

3.3 專家深度訪談法

3.3.1 專家深度訪談法內容

除了文獻分析法之外，本研究採用的第二項研究方法為專家深度訪談法(In-depth interview)，主要是透過與受訪者深入「訪問」的方式，屬於質性方法研究中時常用來蒐集資料的方式之一，運用雙方之間的口語交談，互相交換彼此的想法，能夠獲得受訪者內心真實的看法，並可以經由與受訪者的訪談，得知受訪者對於問題的第一線資料。通常深度訪談法是需要較多的時間來進行，因為這樣可以掌握到受訪者的主觀意識，當問題較為敏感或者難以回答時，也可以運用訪問的技巧來建立輕鬆愉快的氛圍使受訪者感到舒適，並觀察受訪者的除了語言之外的一些反應(Wimmer & Dominick, 2013)。

「深度訪談法」大致上可以分成三種類型，分別是結構性訪談(Structured Interviews)、非結構性訪談(Unstructured Interviews)與半結構性訪談(Semi-structured Interviews)，主要是訪談的問題結構不太一樣 (Showkat & Parveen, 2017)。

結構性訪談又可稱之為標準式訪問、引導式訪問或控制式訪問，這個方法主要是將問題進行標準化統整，所有的受訪者都是針對一樣的問題結構去進行回答，有著嚴格的訪談架構 (李佳如, 2007)。

非結構性訪談是未預先去設計訪談的大綱，也不去預定問題、表格以及問卷等等標準化程序，直接是透過朝著某個面向，與受訪者進行自由對談，讓受訪者可以隨時提出自己的看法，更像是一種日常對話的感覺，有著開放性的討論 (Showkat & Parveen, 2017)。

半結構性訪談則是介於結構性與非結構性之間，是利用比較廣泛的研究問題去做訪談的依據，在訪談前要擬定好訪談大綱並且設定好一些題目，在雙方的訪談過程中，採用的是有目的性的溝通方式，即使在訪談前已經有訂定大約的訪談架構與問題，但當正在進行訪談時，受訪者無需嚴格按照訪談大綱的順序進行訪談，可以視情況而定去彈性調整訪談問題，而整體訪問的流程方式和順序也可以根據受訪者的回應去隨時調整，具有相當的彈性空間 (潘淑滿, 2003)，重點是想要了解到受訪者的個人想法與感受，如果能在採訪中引導被採訪者到其他沒設想到的議題，就更能知道其主題的不同含意，也會有更加清晰的方向。當我們使用半結構性訪談時，會進行一段假設，是希望每一個受訪者即便給予的問題都相同，但受訪者對於問題的邏輯思考與個人生活經驗的不同，加上本研究會對於不同領域的專家去進行探討，通常會導致受訪者的回應可能有明顯地差異，而當採取較開放的方式，就更能讓受訪者進到放鬆的訪談情境裡，表達最真實的看法與認知。

一般來說因為半結構性的訪談法會比結構性訪談來得更加彈性且不受限，又比非結構性訪談來得更加拘謹，所以經常會被選為深度訪談法採用的方式，且此方法適用於資料不需要去量化處理以及受訪者數量較少的情況下。在評估之後，本研究要讓此議題有一定的大綱與問項，並能讓受訪者有輕鬆開放的心情去面對此次訪談，故以半結構性訪談去作為本研究主要的訪談方式，藉由面對面的方式來了解到受訪者對於台灣導入 5G 專網的看法，並且針對受訪者所在的領域裡，如果導入 5G 專網的話會面臨何種困難，引導受訪者回應出最實際的經驗與答案，並由本研究去進行分析與整理，最後給予客觀的結論。

3.3.2 訪談大綱

在訪談之前，會先擬定與設計整個訪談的大綱，並將大綱給予受訪者參考，使其對於訪談的整體內容有所準備。根據文獻的整理結果，從國外文獻整理出來的架構、應用以及挑戰，並加上我國 5G 專網設置的法規限制，可分成以下四種構面，分別為技術導入面、網路資訊安全面、法規面與財務營運面，每一個構面都會有分別的問題，主要在受訪者回答問題之後，透過半結構式訪談較為彈性的特點，從回應及想法中再繼續追問更加深度的議題，訪談的問題如下表 8 所示。

表 8、訪談大綱

構面	議題
技術導入面	● 您認為目前我國的技術能力在(您的)產業中導入專頻專網是否有落差，技術能力上是不是很困難？
網路資訊安全面	● 您對於 5G 專網的資訊安全風險相較於目前 5G 系統有何看法？
法規面	● 您認為目前法規政策對於 5G 專網的支持情況(優惠政策)，對於業界的幫助與影響程度，業者會不會因此提升申請執照的看法並使用 5G 專網？有其他措施或是否產生不清楚的地方？ ● (業者) 您認為申請 5G 專網的法規流程會不會很繁瑣？是否影響您對於申請 5G 專網之意願？
財務營運面	● 您目前認為我國的經濟發展狀況下，適合在企業中導入專頻專網嗎？對於導入 5G 專網在 ROI(投資報酬率)上的幫助有何看法？
● 您對於哪種應用最適合未來我國導入 4.8-4.9GHz 專頻專網？ ● 目前對於我國(您所在)的產業，(是否會)去申請數位部所提出的專頻專網執照(的看法)？ ● 綜觀以上，以您的經驗來看是否有其他您所想到在我國導入專頻專網的挑戰？	

資料來源：本研究整理

3.3.3 訪談方式

本研究採取「半結構性訪談」的方式，將文獻回顧的重點統整以及擬定好的大綱與問題先提供給受訪者參考，讓受訪者了解 5G 專網的基本內容，讓整體過程進行得更加順利以及資料收集具有參考性。每位專家的訪談時間預計為 45-60 分鐘，訪問的方式以面對面訪談或線上視訊訪談進行。

在訪談時，會先詢問受訪者對於 5G 專頻專網的看法，接著開始從各個構面的問題去做詢問，評估每一項構面是否對受訪者所在領域導入 5G 專頻專網造成影響，訪談過程中會依照受訪者之專業領域去進行問題延伸提問或刪減，讓受訪者有更多專業的想法去針對本研究給予寶貴的回應與建議。

3.3.4 訪談專家名單

受訪專家名單如表 9 所示，專家來自各個產官學界，官界主要以數位發展部為主；學界是國立成功大學交通管理科學系教授為主；產業界主要以製造業、物流業、物流業以及醫療業的專家為主。

表 9、訪談專家名單

	領域	單位
1	公部門	電信主管機關專家
2	電信業	三大電信業者專家 A
3	電信業	三大電信業者專家 B
4	電信業	三大電信業者專家 C
5	電信業	三大電信業者專家 D
6	學術界	國立成功大學交通管理科學系暨電信管理研究所教授
7	物流業	物流公司總經理
8	醫療業	醫療機構主任
9	製造業	智慧製造公司經理

資料來源：本研究整理

第四章 研究分析與結果

4.1 我國現況分析

針對 5G 專頻專網於我國完整的推動，並且能讓更多產業的業者可以將 5G 專頻專網列入自家企業的競爭優勢工具，已經是我國通訊發展非常重要的一環。而當我國正積極推動時，就得先從國外的經驗與遇到的困難來著手，並針對我國環境去做現況分析，以免導致推行時產生阻礙。此小節主要目的為進行 5G 專頻專網目前台灣的 5G 專頻專網使用現況，並掌握未來我國申請 5G 專頻專網執照之考量，進而提出結果與看法。

1. 數位發展部與三大電信業者提供之專網差異

我國數位發展部所提出的專網，在應用範圍及設計目的上與三大電信提供的專網可能有所差異。數位發展部所提出的專網可能更注重在支援政府的數位轉型、推動智慧城市發展或是特定的公共安全服務產業，去提高公共服務的效率，並且能夠推動國家整體的數位化進展。而相比三大電信業者提供的專網服務更可能是針對商業型用戶，包括企業、工廠、或是其他需要高效率、高資安性和高可靠性的產業，為客戶提供高速、低延遲和高度安全的資通訊解決方案，加強各產業營運成果。

2. 5G 專頻專網推出後之狀況

目前我國正積極推動 4.8-4.9 GHz 的政策方向，而近幾年來多半都以 PoC 實驗案件為主，從 2022 年至數位發展部接手之前，已有 5G 專頻專網案件累積共 45 件申請，其分佈的領域非常的多，包括本研究主要探討的智慧製造、智慧物流、智慧交通以及智慧醫療，甚至還有智慧教育、智慧娛樂、智慧農業等不同領域。但申請之案例多半涉及各個業者之商業機密，因此在申請案例僅能以領域做目前推出狀況之研究說明。

到了 2023 年數位發展部推出法規之後，共有 74 件 5G 專頻專網申請案例，目前 33 案獲得補助進行 PoC，因此台灣目前執行 5G 專頻專網較多屬於 PoC 實驗階段。桃園的英業達是國內所有製造代工廠中，最早去進行 5G 專頻專網智慧工廠製造的 PoC 實驗業者，早在 2020 年的時候就已經先建置導入 5G 智

慧工廠的相關實驗設施，並應用在智慧製造中。在目前的現況下，仍然有超過 40 件的案件正在數位發展部所訂出的法規審核中，不管是在場域還是頻段分配上，都期望能獲得 5G 專頻專網補助並執行實驗導入階段，未來若能將目前導入之挑戰修正之後，會有更多需要使用 5G 專頻專網之企業參與執照申請並透過導入專網提升領域之效益。以下將 5G 專頻專網獲得補助之廠商整理為表 10。

表 10、5G 專頻專網 33 家 PoC 補助廠商

企業名稱	產業	應用領域
艾普斯工業股份有限公司	製造	智慧製造
大立光電股份有限公司	製造	智慧製造
鴻海精密工業股份有限公司	製造	智慧製造
和泰產銷工業股份有限公司	製造	智慧製造
友達光電股份有限公司	製造	智慧製造
揚明光電股份有限公司	製造	智慧製造
矽格科技股份有限公司	製造	智慧製造
漢翔航空工業股份有限公司	製造	智慧製造
台灣英業達股份有限公司	製造	智慧製造
晶華國際酒店集團	旅宿	智慧旅宿
遠東新世紀股份有限公司物流	物流	智慧倉儲
統一超商股份有限公司	零售	智慧零售
遠傳電信股份有限公司	電信	智慧商務辦公室
中華電信股份有限公司	電信	智慧商務辦公室
台灣大哥大股份有限公司	電信	智慧商務辦公室
台灣高鐵股份有限公司	交通	智慧交通
桃園國際機場公司	交通	智慧機場
台北捷運股份有限公司	交通	智慧軌道
三立電視股份有限公司	展演	智慧展演
三創數位生活股份有限公司	展演	智慧展演
國立故宮博物院	文化	智慧博物館
國立台灣博物館	文化	智慧博物館
中國醫藥大學附設醫院	醫療	智慧醫療
台北市立聯合醫院	醫療	智慧醫療
台大醫院	醫療	智慧醫療
高雄醫學大學附設醫院	醫療	智慧醫療
長庚紀念醫院	醫療	智慧醫療

亞太電信股份有限公司(已被合併)	電信	智慧城市
台灣智慧城市發展協會	公共服務	智慧城市
高雄市政府	公共服務	智慧城市
新北市政府	公共服務	智慧城市
桃園市政府	公共服務	智慧城市
台中市政府	公共服務	智慧城市

資料來源：本研究整理

4.2 專家訪談結果

本研究透過運用專家深度訪談法，實際邀請到九位相關背景等專家來進行訪談。本研究亦將專家們之意見與建議進行後續歸納，分成「技術導入面」、「網路資訊安全面」、「法規面」以及「財務營運面」來進行闡述，並將專家們給予的其他挑戰看法列入未來導入之考量。

4.2.1 技術導入面

訪談問題一：

您認為目前我國的技術能力在(您的)產業中導入專頻專網是否有落差，技術能力上是不是很困難？

問題說明：

由於一項新技術的導入，最基本需要探討的問題就是技術能力的狀況。在這樣的背景下，專頻專網作為一種針對特定行業或應用設計的通訊技術，其重要性不言而喻，因此本研究認為國外在技術導入上面臨挑戰，是否我國之技術能力也存在著問題。本題目旨在探討在導入專頻專網的過程中，我國在相關產業的技術能力是否存在落差，以及從技術層面來看，這種導入是否面臨著重大困難，了解通訊業者們對於自家技術的了解程度以及能力，並針對各產業領域的專家們對於我國通訊技術的想法與信任程度。透過對此問題的討論，可以更深入地理解專頻專網技術在特定產業中實施的可行性，以及需要克服的技術障礙。

專家觀點：

電信主管機關專家提出在技術導入面，應用場景的碎片化被視為一個顯著

的障礙，因為在市場上的需求和應用場景非常多樣，每一個場景都需要特定的客製化解決方案。針對 5G 專頻專網的優勢為客製化客戶的需求，這不僅增加了技術開發的複雜度，同時也對之後的量產帶來了挑戰。因為碎片化的需求意味著每個解決方案的生產量都相對較小，即便電信業者和系統整合商具備了能為各種產業以及應用場景提供客製化解決方案的能力，都將直接影響了成本效益，導致價格難以降低。此外也提到 5G 專頻專網技術的導入還需要解決跨部門合作的問題，不同領域的知識和運營需求（如資訊技術與操作技術）之間存在顯著差異，這就會增加了導入的複雜性以及難度。因此在技術導入上只要技術的複雜程度越高，我國的技術相信是可以到達，但就看需求者的成本考量。

電信業者專家 B 認為專網的討論可以分為基礎網路和上層應用兩個部分。從企業的角度來看，他們不太關心背後使用的技術細節，而是更關注新技術能否對其營運帶來實質的幫助。對於基礎網路部分，無論是 4G 還是 5G 網路，台灣使用的設備與全球其他國家相同，甚至在某些方面超越其他國家，因為台灣有著獨特的環境和特別的要求，促使原廠提供符合這些要求的設備。因此，在基礎網路技術方面，專家表示我國並不落後於其他國家，甚至強調技術從來都不是問題。

電信業者專家 C 從技術背景的角度來看，認為我國在導入 5G 專頻專網時的技術面與資安面實際上不會遇到太大的問題，因為所需的技術基本上是具備的。然而，專家覺得主要的關鍵在於明確業者的具體需求和目的，並強調技術雖然重要，但有些技術目前尚未能完全達到特定的需求，這意味著在考慮技術導入之前，首先要清晰目標和用途。最後專家指出當考慮導入 5G 專頻專網時，技術面應該是最後才要考量的因素，因為還有許多其他比技術更重要的挑戰存在。

而電信業者專家 D 認為 5G 專頻專網在技術層面並不構成一個挑戰性的障礙，因為已經是非常成熟的一項產品了，尤其是在公網增加客製化的東西進去，目前僅網路切片技術可能尚未完全成熟，但基本上也都完全可以做到了。因此針對 5G 專頻專網的架設以及使用，目前要在我國導入的話已經不算一項挑戰。

根據成功大學交通管理科學系暨電信管理研究所教授所述，導入 5G 專頻專網技術在台灣面臨的挑戰主要集中在技術能力和成本的平衡上，有技術想必

資安方面也會做得到。儘管台灣的通訊業者具備 5G 技術的基本能力，且在三大業者的技術都擁有各自的優勢，但成本問題依然是一個非常大的阻礙，只有資金的充足才是克服技術挑戰的關鍵。因此，教授認為技術能力以及資安保護能力一定有，但導入是否是一件困難的事情且造成目前的挑戰原因，技術能力以及資安都並非是最主要的因素。

物流公司總經理表示通訊技術能力本身對台灣而言不是一個大問題，因為台灣在 IT 產業方面是全球領先的。總經理認為挑戰主要來自於配合面，如何配合我國優越的技術能力，包括電信業者的技術、政府的配合和企業內部流程的轉換。針對專網的建置與轉換過程中，企業不可能暫停運營以進行更新，特別是對於那些需要全年無休運作的行業，如製造業和物流業。因此，電信與設備的供應商在系統轉換到 5G 專頻專網期間的配合必須非常完美，以避免影響到企業的日常運作。

醫療機構主任認為在技術導入面不應該是一個問題，且從技術層面來看，並不存在不能克服的障礙，只要有足夠的資金，技術上的需求基本上都是可實現的。所以主任表示導入 5G 專頻專網推動中，技術導入挑戰不是現在最主要的考慮因素，反而更多的關注點可能在於資金或其他方面。

智慧製造公司經理提到對於使用 5G 專頻專網的業者來說，選擇是否使用 5G 專頻專網更多是基於成本考量。相較於國外這些導入專網遇到的技術挑戰，我國的製造商並不在意使用的技術為何，更重要的是這個技術能為產業帶來什麼實質意義，只要有足夠的成本，技術目前不成太大問題。而有些機械手臂真的需要用到非常低的延遲，我國的通訊技術可能還沒有推出，甚至是還沒有研究到如此低的延遲，那對於通訊技術的成熟度就還有進步的空間，但想必需要如此高品質的技術，在企業的投資成本上就是一項考量。

根據訪談的結果顯示，目前我國在導入 5G 專頻專網的過程中，專家們皆表示所面臨的主要挑戰並非是來自於技術導入面，技術著重的部分多半都伴隨著其他層面。因此，技術導入是這四種面向中最後才需要被探討的部分。

4.2.2 網路資訊安全面

訪談問題二：

您對於 5G 專頻專網的資訊安全風險相較於目前 5G 系統有何看法？

問題說明：

對於 5G 專頻專網在數據傳輸的可靠性、安全性以及網路效率方面，相比於傳統的公眾網路和 Wi-Fi 有著更佳的優勢。然而，儘管 5G 專頻專網設計上具有較高度的安全性，國際上的討論仍然凸顯出一些在實際運用過程中可能遇到的資訊安全風險，像是在共享 RAN 的部分，包括隱藏地訊號干擾、未經授權訪問等問題。本題目旨在探討當我們欲在通訊系統上實現更高度的安全性同時，如何有效辨別以及應對可能產生的資訊安全威脅，確保 5G 專頻專網的安全與可靠性能順利運行，並且了解各產業專家們對於我國資通訊的資訊安全看法，是否對於這個更加安全的 5G 專頻專網有不一樣的見解。

專家觀點：

認同網路資訊安全面為導入 5G 專頻專網的挑戰之專家

電信主管機關專家強調了 5G 專頻專網導入時，資安方面相對來說較為重要，所有操作的數據在資安方面都極為關鍵，意味著資安是一個不可或缺的考慮要素。專家舉了 O-RAN 為例子，當將不同的元件拼接起來建立 O-RAN 時，必須確保每一個元件都是安全的，因為一旦有任何一個漏洞，就有可能被惡意利用，對整個網路造成安全風險。專家表示這就凸顯了在導入 5G 專頻專網時，面對的資安挑戰仍是多方面的，包括確保技術元件的安全性、構建全方位的資安防護策略，以確保 5G 專頻專網的安全以及可靠性，解決資安這方面的挑戰。

電信業者專家 A 提出，當我國在導入 5G 專頻專網時，網路資訊安全面臨的挑戰可以從無線和有線兩個角度來考慮。對於無線通訊，是可以從中攔截通訊內容，但目前現代的技術和 3GPP 的規範已大幅提高無線通訊的安全性。而從有線通訊的角度來看，專網可以分為兩類：一種是連接至核心網路的專網，另一種則是企業擁有自己的核心網路，後者提供了更高層次的安全保障，因為資料流動完全在企業控制之下，不經過公眾網路或其他電信運營商。這也讓專頻專網去使用 5G 相對於 Wi-Fi 來說更能有效防範此類安全問題。專家 A 提到企業需要有專門的部門來監控和管理網路流量，以應對和預防潛在的安全威脅，因為駭客的攻擊是一直存在的，即便做得再安全，仍會有資安洩漏的疑慮，但

相較要越安全越有價值的專網，就需要支付更高的金額來架設以及維護，才能解決網路資訊安全這方面的挑戰。

電信業者專家 D 明確表示資訊安全是一個非常大的挑戰。對於 5G 專頻專網而言，雖然其資安能力相比 5G 公共網路有所提高，但就需要更加嚴格的安全措施來保護網路。使用專網代表企業可能有著不願意被外界知道的敏感訊息，這自然會吸引駭客或有意圖盜取利益的人士。為了讓企業對使用專網有信心，必須在基礎的資安能力上提供充分的保障，進行嚴格監控，並針對可能的安全威脅進行預防和應對，以確保網路的安全性和可靠性。因此，針對客製的資安系統，就算再嚴格的把關，仍然有可能被駭客侵入，所以這方面仍然存在一些挑戰。

不認同網路資訊面為導入 5G 專頻專網的挑戰之專家

電信業者專家 B 表示目前 3GPP 的規範已經非常完善，有許多在討論資安問題，從網路上搜尋到的 Wi-Fi 有許多漏洞，但行動網路 3G、4G 甚至是 5G 的安全漏洞相對於 Wi-Fi 來說就少很多。基本上，如果網路以及設備按照規範的開發以及運行，資安問題應該不會太大，也構不成是一項挑戰。而針對專網的架構，專網允許為特定的客戶去客製網路架構，如醫院專網，可以特別設計以保護病人的個人資料和其他敏感訊息，防止這些資料外洩到醫院之外。透過這種架構設計，許多的數據流，可以透過一種阻絕器，將數據都阻擋下來以防外洩，可以達成更精確的資料保護，即便是電信業者也無法接觸到這些被保護的資料。

物流公司總經理說明對於物流業來說，資訊安全並非最大的考慮點，因為物流的服務與資料的性質決定了潛在的資安風險，和金融業或醫療等行業相比來說相對較低。物流業者更關注的部分是與運送量或庫存相關，而這些資訊被竊取的風險與後果遠不如敏感的個資那麼嚴重。但並不意味著物流業完全無需關注資訊安全，駭客若有心要竊取資料，即便是 5G 專頻專網一樣有風險，所以更需要去對駭客進行資安防護措施。反而物流業者更擔心的是產品庫存與理貨時的準確與安全性，如倉庫貨物被偷竊或揀貨過程中的錯誤，這些問題就會直接關係到整體運作的效率與顧客滿意度。在資安這方面仍然是有風險，但總經理認為並不是目前導入上的困難之一。

醫療機構主任的看法是醫院對於資安的重要性來說，強調醫院裡的資料主要是病人資料，醫療單位非常重視保護個資的行為。而提及 5G 專頻專網與現有 Wi-Fi 相比，主任認為 5G 專頻專網將會提供更好的安全性，特別是在考慮未來醫療器材使用物聯網技術時，5G 的導入似乎是避免高風險和提高資安的必然選擇。但對於資安是否是 5G 專頻專網導入的一項挑戰，主任表示雖然 5G 專頻專網的主打是安全性，但這並不意味著資安問題會阻礙其使用，因為目前醫院都還是以 Wi-Fi 為主，除非以後每個物品都需要連網，例如耳溫計或血壓計等等。相反，他認為相較於其他通訊技術的選擇，當考慮到替代方案可能會帶來更大的安全風險時，專網會是一個比較安全的選擇。

智慧製造公司經理提出即使是在有線網路或者封閉的情況下，仍然會出現資安問題，所以政府所推出 5G 專頻專網的資安不必然可以完全避免，資安問題都是一個持續存在的考量因素。經理強調即便官界與學界提出的理論設計和資訊安全保護技術提升，但這些對製造業的實際應用來說，並不是最重要的考量點。對於企業來說，資訊安全挑戰是一個需要衡量的風險，但對於傳統製造業而言，被盜取的製造資料對駭客來說並不具有高價值，因此駭客可能不會特別針對這些資料，反而是高科技製造業等大公司會較注重資訊被盜取的議題。

根據訪談結果顯示，網路資訊安全面相較於技術導入面來說，有部分專家認為資安相對是重要的，會被許多企業所重視，且目前要做到完全不會受到攻擊，相對來說還是有一定的困難度，仍然是需要依賴資金的運用，因此是企業目前導入上的挑戰之一。而另外的專家們則認為資安伴隨著技術成長，即使能夠更安全的使用，仍然有洩漏風險，但目前的資安規範以及資安需求程度並不高，企業可能會更著重在其他部分，因此不認為是目前導入的挑戰。

4.2.3 法規面

訪談問題三：

您認為目前法規政策對於 5G 專頻專網的支持情況(優惠政策)，對於業界的幫助與影響程度，業者會不會因此提升申請執照的看法並使用 5G 專頻專網？有其他措施或是否產生不清楚的地方？

(業者) 您認為申請 5G 專頻專網的法規流程會不會很繁瑣？是否影響您對於申

請 5G 專頻專網之意願？

問題說明：

隨著 5G 技術的不斷演進和普及，5G 專頻專網成為了支持企業數位化轉型的關鍵技術之一。為了促進 5G 專頻專網的發展，許多國家的政府部門已經推出了一系列優惠政策和措施，目的是在降低企業申請 5G 專頻專網執照的門檻，並鼓勵其建設和使用專網。這些優惠政策像是費用減免、技術支持、申請流程的簡化等，因此在這個背景下，在法規面的題目將圍繞著政府法規政策對於 5G 專頻專網發展的支持情況以及這些政策對業界帶來的影響和挑戰展開討論。第一個問題探討政府的優惠政策對於促進業界採用 5G 專頻專網的效果，以及這些政策是否足夠激勵業者申請執照並建設專網。此外，也將討論業者在面對現行法規和政策時是否存在任何不清晰或困惑的地方，以及政府是否還需要採取其他措施以進一步支持 5G 專頻專網的發展。第二個問題將聚焦於申請 5G 專頻專網執照的法規流程，探討這一流程是否過於繁瑣，以及是否對業者申請 5G 專頻專網的意願產生了影響。透過對這些問題的討論，期望能夠深入了解業者對於當前 5G 專頻專網政策和法規環境的看法，以及這些因素如何影響他們對於投資和採用 5G 專頻專網技術的決策。這兩個問題的討論將有助於揭示當前 5G 專頻專網政策環境的優勢與挑戰，並為政府和業界提供寶貴的反饋，以促進 5G 專頻專網技術的健康發展和應用。

專家觀點：

認同法規面為導入 5G 專頻專網的挑戰之專家

電信業者專家 A 闡述了執照申請與政府補助方面的法規問題。專家 A 認為雖然政府提供補助與優惠似乎是一種幫助產業發展的策略，但這種方式可能是最廉價以及並不是最有效率的資金運用方式。目前的做法往往是基於獲取補助或優惠為目標，而非根據實際的網路建設需求或產出效益，導致資源可能未被充分或恰當地利用。例如，企業可能只是為了拿到補助而建設網路，而不考慮服務品質或網路的長期可持續性，甚至在獲得補助後將蓋好的網路關掉，這對社會來說只會是一種負產出。專家 A 提議政府應該更加注重如何有效地促進業者並根據客戶需求去佈建網路，並兼顧節能減碳，讓企業有更多資金投入於

其他方面。政府主導的不應僅是透過法條要求和提供優惠來吸引企業，而是應當設計一套能夠真正促進 5G 專頻專網健康發展的機制。最後專家 A 提到如果政府能夠要求優惠以及補助能與服務開發和效益達到正相關，那麼企業們可能會更加努力地來達到這些執照申請的法規標準。但這就凸顯了一個較為根本問題，如何去平衡效率以及效益，確保資金能夠在促進技術進步和產業發展的同時，也達到預期的社會和經濟效益，這是一個政府在設定法規以及優惠政策時需要深入考慮並解決的系統性問題，在這方面依舊是許多企業考量的地方。

電信業者專家 B 指出政府對於 5G 專頻專網的優惠政策對企業實際上的幫助並不大，因為頻率使用費的優惠對於企業來說，有更多其他的成本需要考量，因此優惠政策吸引程度並不高。專家 B 進一步提到，5G 專頻專網的申請執照規範對小型企業來說是一大挑戰。法規上的標準與規定，對於資源豐富、人員眾多的大公司來說並不是問題。但對於只有幾個人組成的小型企業來說，滿足這些要求幾乎是不可能的，因為他們很難取得所有相關的認證。這也顯示了在法規方面，對於大公司和小公司之間存在不平等的挑戰，大公司能夠輕易滿足的標準，對小型企業而言可能是一道難以跨越的障礙。

電信業者專家 D 則表示雖然政府推出的優惠政策目的是在鼓勵企業採用 5G 專頻專網，但是優惠政策或者即便是免費提供，設備的相容性有沒有到達，又或者市面上根本沒有這項設備，有錢也買不到的話，優惠再多也沒辦法提升申請執照的意願。因此，在法規面的部分，政府應該更加考量市場上的問題，解決目前面臨到的是否企業能有足夠的資金去提高設備的相容性，而不是提出優惠政策來吸引企業來做使用，並不會提升企業來申請 5G 專頻專網的意願。

物流公司總經理的觀點是目前所提出的 5G 專頻專網執照申請文件以及審查流程相對來說很繁瑣，對於想要快速實施專網的企業來說，不僅耗時又費力，還可能增加不必要的成本和壓力。為了解決這個問題，總經理建議政府應該就直接授權給三大電信公司，畢竟三大電信已經有各自提出的 5G 專網，企業如果需要導入 5G 專頻專網，也可以請業者來評估就好。他認為這樣的做法不僅能減少企業的負擔，更能讓整個流程變得更為高效和直接。政府也可以從電信公司那裡收取相關的頻段費用或租費，而企業則只需關注與電信公司之間的服務品質與成本，無需再被繁瑣的申請過程所困擾。這種方式可以減緩企業對於

導入 5G 專頻專網面臨的法規挑戰，也讓政府與企業之間的合作更加順暢。最後，總經理還指出目前許多由政府部門要求繳交的文件和資料，很多時候並沒有太大的實質意義，這種情況應該被改變。他建議政府應該專注於對電信公司的規範，讓電信公司與企業之間直接協商如何更有效率地實施 5G 專頻專網，同時確保遵守法規，並快速且穩定地推動 5G 技術在企業中的應用。

不認同法規面為導入 5G 專頻專網的挑戰之專家

電信主管機關專家認為在導入 5G 專頻專網的過程中，雖然存在一些法規上的障礙，但這些障礙並非阻礙發展的主要因素。目前 5G 專頻專網未能大規模推進的原因更多地在於市場需求不足，而非僅僅是法規限制，且面臨 5G 專頻專網發展挑戰不是台灣獨有的問題，這是一個全球性的現象。在國際上也提出 5G 技術成為泡沫的觀點，這反映了對 5G 的技術和應用充滿著過度期待以及與市場需求之間存在脫節。另外專家也提到，儘管有許多人呼籲要修訂法律以促進 5G 專頻專網的發展，但在考慮法規調整之前，更應該先在較小規模且不連接公網的環境下展示出 5G 專頻專網的成果和潛力，做出一點成績。這樣的做法不僅有利於實際操作中逐步克服技術與運營上的挑戰，而且當面對法規障礙時，已經取得的成果可以支持法規的調整和修訂。透過這種方法，專家表達了一種實用主義的觀點，認為在推動 5G 專頻專網發展的過程中，應更加關注於市場需求和技術實行的對接，同時也顯示出對於克服法規障礙並推動 5G 專頻專網發展的前瞻性思考。

電信業者專家 C 在法規面提到了幾個關鍵點，他指出我國在 3GPP 和 ITU 等國際通訊標準制定機構中幾乎沒有發言權，這是因為我國不是聯合國會員國，從而在國際標準訂定過程中處於不利地位，這意味著我國的通訊法規必須遵循其他國家和組織制定的規格和標準。因此在申請上的法規，一定是有依據國際上的規定去訂定，要使用到政府規定的頻段就須先達到規定，繁不繁瑣在於企業導入的決心有多大，法規面一定會影響目前的導入，但想必目前許多企業考量的並不是這方面。

成功大學交通管理科學系暨電信管理研究所教授認為主要集中在 5G 專頻專網執照申請的複雜性以及政府對於這一新技術引進的嚴格監管上。教授指出申請 5G 專頻專網執照的過程繁瑣是非常正常的事情，包括了對公司結構、訊

號品質、設備能力等方面的評估，還涵蓋了對潛在的干擾問題的考量。雖然說這個繁瑣的過程對於許多企業來說可能是一個重大的障礙，尤其是當他們認為即便不申請執照，也能夠達到類似的技術實現時，但當交通方面不嚴格去評估所有的內容時，有非常高的可能性會造成人身安全的問題。所以教授認為政府收取的執照費用和未來的維護、租用等費用是必要的，因為執照授予的是一種特殊的使用權，並非每個人都有資格獲得，這一點就類似於駕駛執照的收費理念，目的是在確保只有符合特定標準和條件才能獲得使用權。而對於 5G 專頻專網的場域使用和設備的干擾問題，教授強調交通運輸絕大部分都偏向公共服務性質，應避免對既有基地台造成干擾，這不僅是出於對公共資源合理分配的考慮，也是為了保護公眾利益以及安全。政府在設立相關法規和程序時，需要從多方面進行考量，旨在確保 5G 專頻專網這項新技術的引進既能促進公共服務的提升，又能最小化對現有通訊網路的影響。因此教授認為導入 5G 專頻專網在法規方面的繁瑣性以及限制都是政府的考量，尤其是在智慧交通、城市等等公共服務上，但這並非是導入專網最主要的挑戰。

醫療機構主任認為申請過程雖然看起來複雜，但對於企業或醫院來說，主要的考量並非申請的繁瑣程度，而是這項技術是否真正必要，以及相關的費用和時間成本。另外主任也提到法規會訂定專頻，一定是這個 5G 的技術需要特定的頻段和一定程度的管制，並且管制是必要的，以避免頻段的混亂和濫用，這也意味著需要一個更正式的申請過程。如果 5G 專頻專網的設置和執照的申請都可以被簡化，類似於更換一個路由器那樣簡單，那麼更多的企業和機構可能會選擇使用。因此，對於醫療業而言，主任認為法規會有如此的設置，一定有各方面的考量，但這並非是醫療業導入 5G 專頻專網的一項挑戰。

智慧製造公司經理說明了在商業運作中，即便面臨申辦法規的申請流程繁瑣或優惠政策不足，但這些問題並不是主要的障礙。經理表示一般企業界的操作會選擇將執照申請處理委託給專業的行動網路運營商去負責相關流程，因此對於企業來說，法規本身不是關注的重點。企業更關心的是補助款和自籌款的金額比例，因為這直接關係到投資成本和客戶的接受程度。在當前的薄利時代，企業只會更加關注成本效益，因為經營成本的考量遠遠超過了法規申辦的困擾。根據經理的觀點，對於 5G 專頻專網的推動，法規挑戰不是主要障礙。

根據訪談結果顯示，產官學領域的專家們在法規面皆有不同的看法，一部分專家認為政府所訂定的法規各自有標準所在，以公眾利益為第一考量，因此在每條法規皆有存在的意義。另一部分專家認為過多的法規限制反而會成為企業的導入障礙，眾多應具備的條件都無法達到政府要求，對企業造成一大挑戰。

4.2.4 財務營運面

訪談問題四：

您目前認為我國的經濟發展狀況下，適合在企業中導入專頻專網嗎？對於導入 5G 專頻專網在 ROI(投資報酬率)上的幫助有何看法？

問題說明：

在當前台灣的經濟發展情況下，許多企業面臨著成本和效益的考量，尤其是當談到導入如 5G 專頻專網這樣的新技术時。5G 專頻專網作為一種提供更高速度、更大頻寬和更佳安全性的通訊技術，對企業來說無疑是一項具有吸引力的技術進步，但這同時也伴隨著較高的初期投資成本，包括申請專網執照、建設基礎設施以及後續的維護費用等。對於是否適合在我國目前經濟狀況下導入專頻專網，企業需要考慮的不僅僅是短期內的財務負擔，更應該從長期的角度評估專網技術對於提升營運效率、降低運營成本、增強競爭力以及可能帶來的新商業機會。從投資報酬率 (ROI) 的角度來看，專網的引入雖然初期成本較高，但考慮到其能夠提供的高效率和高可靠性通訊解決方案，對於需要處理大量數據、追求即時性通訊以及需高度依賴遠程操作的行業，如製造業、智慧城市和醫療照護等，導入 5G 專頻專網可能會帶來顯著的正面影響。因此，在評估是否導入專頻專網時，企業和專家們需要進行全面的成本效益分析，考慮到專網技術在提升業務運營效率、保障資訊安全以及開拓新的商業模式等方面的潛在價值。同時，也需要關注政府是否提供相關的政策支持和優惠措施，來緩解初期投資的壓力，並促進 5G 專頻專網技術的廣泛應用。綜合考慮這些因素後，企業可以更加明智地決定在當前的經濟環境下是否導入專頻專網，以及如何最大化其對投資報酬率的正面影響。

專家觀點：

電信主管機關專家指出，雖然 5G 專頻專網的技術被廣泛討論，但對於絕

大多數中小企業而言，成本仍然是一大障礙。這不僅凸顯了技術的升級上以及使用的網路型態對於小型業者的經濟壓力，其實也有表明了一個更廣泛的問題：在追求最新科技的同時，我們是否充分考量了所有企業的可行性與需求？專家進一步提到，許多國家政府在推廣 5G 專頻專網時，往往採用前期補助的策略，以降低企業的初期投資成本，鼓勵他們試用新技術。針對這種做法的背後，是希望企業能夠親身體驗到 5G 專頻專網技術的優勢，從而願意繼續投資與使用。然而，專家也質疑了目前 5G 的技術對於某些應用領域而言，是否真的必要？指出了許多現有的應用其實在 4G 網路下就已經運作良好，既然 5G 都沒有這麼必要的話，企業們的考量是不是會覺得 5G 專頻專網現在是有需要導入的必要性嗎？專家以一個應用來說明，目前常聽到的 MR 眼鏡以及全視角技術，這些高端的應用可能是因為 4G 的延遲而無法達到最佳效果，從而成為需要推動 5G 發展的理由之一，未來當 5G 的技術也不足以滿足現況時，5G 專頻專網的需求程度就會提升。

電信業者專家 B 指出 5G 專頻專網的應用範圍相對較廣，因為這項網路系統基本上是為了滿足客戶特定的需求而量身定制的。成本會根據客戶的期望水平而有很大的變化，導致企業在考慮是否導入 5G 專頻專網時，必須衡量所需投入的成本和預期的效益之間的關係。但以目前的發展來看，多數中小企業通常不願意為 5G 專頻專網投入大量資金，部分原因是這些企業已經有了行之有效的營運模式，並且可能擔心新技術的導入會打亂現有的流程，導致效率下降或成本增加。此外，對於一些中小企業來說，要達到申請專頻專網執照的法規標準，就得投入更多成本來完成基本要求，並且請來更多專業人士來協助達成，而這些成本對於那些有限預算的企業來說無疑是一個重大負擔。專家 B 也分享當與客戶討論導入專網時，他們通常會探討企業的痛點以及通過 5G 技術如何解決這些問題。其實成功的關鍵不僅在於技術本身，還在於企業願意承擔初期的成本，以及他們是否準備好接受可能伴隨技術轉型而來的流程改變。因此，成本方面仍依舊是目前無法順利導入 5G 專頻專網的重大原因。而針對投資報酬率來說，專家 B 相信 5G 專頻專網最終可以對企業產生正面影響，關鍵在於如何使用這項技術。

電信業者專家 C 強調了不論是哪方面的問題，最終都終歸於資金的問題，

特別是在成本方面，涵蓋了供應、安裝以及維修等多個層面。專家 C 認為雖然接取網路的建立相對容易達成，並且前期的供應和安裝問題不難解決，但維運系統的開發和維護則是一個更大的挑戰，有沒有錢去維護這些系統仍然是一項挑戰。而當需要維運系統時，就需要專門人員開發，企業就需要派遣員工到原廠進行學習和培訓，這不僅增加了人事成本，還帶來了可能會依賴特定供應商的風險。如果供應商遇到經營問題甚至倒閉，那麼依賴其技術的企業將面臨重大的營運風險。因此，在財務營運面最大的挑戰就是成本以及後期的維運問題，若解決之後，相信對 5G 專頻專網的導入有很大的發展。

電信業者專家 D 首先舉智慧工廠為例，強調企業會來使用專網，一定是對於降低人力成本、提高作業標準化以及生產力非常重視，且這項技術的導入確實是對企業來說有幫助。不論中小型企業或任何企業在考慮導入 5G 專頻專網時，最終都是基於期望提高投資回報率的考量。然而，當被問及仍未採用專頻專網技術的企業的考量時，專家 D 簡單且明確地回答：就是成本。企業在決策過程中，首要面對的挑戰是財務壓力，不僅是初期投資成本高，而且需要考慮到維護和操作的長期成本。因此，財務營運面的挑戰就是目前企業遲遲不來導入 5G 專頻專網的原因。

成功大學交通管理科學系暨電信管理研究所教授指出主要挑戰集中在成本的大幅度提升以及投資回報的不確定性上。5G 專頻專網的導入在營運面上依然是相對較高的成本，不僅包括初期投資在技術、設備上的大筆資金，還有維護這些專網所需的後續經費。教授提到目前車聯網技術是作為一種成本效益更高的替代方案，使用現有的 4G 或 5G 基礎設施來支援車聯網，可能比建設昂貴的 5G 專頻專網更為合理。尤其是當考慮到特定使用場域的頻率需求並不高時，如每天救護車的通行次數相對較低，使用車聯網就足夠了。最有可能又最具公共利益的可能是於路燈架設 5G 專頻專網，但覆蓋範圍和設備投資上，需要大量的資金支持，且隨著專網範圍的擴大，效能雖然提高，但相應的投資成本也會大幅增加，政府這時也許就扮演非常重要的角色。因此，對於財務營運面，成本依舊是目前最大的挑戰，以及是否有導入的必要性，產生更大的效益，仍然是個值得思考的地方。

物流公司總經理則認為 5G 專頻專網的高建置成本和維運費用本身就不太

適合中小型企业，而對這些企業來說，Wi-Fi 6 已經提供了足夠的效益，且成本效益比也比較高，因此不會有迫切的需求去投資一項如此昂貴的技術。這個 5G 專頻專網可能更適合那些需要快速回饋和低延遲的大型企業，例如製造業的大工廠，或是那些追求極高精準度和快速作業的場域。即使在物流業中，許多流程仍需人工判斷或處理，但現在系統的快速運算能力並不能完全替代掉物流業中的人工操作，且目前的 Wi-Fi 速度對於大多數企業來說已經足夠使用。許多自動化設備，如自動導引車，其導航時並不完全依賴無線網路，而是有著固定的引導線或預設路徑來確保操作的準確性和安全性。在針對投資報酬率方面，總經理認為未來使用 5G 專頻專網基本上是會有正向的效益，但這主要取決於企業的具體需求和應用場景。如果一項技術的投入後無法帶來預期的效益提升，則高階管理層可能在初期就不會導入 5G 專頻專網這項技術，並會重新考慮投資策略。因此，總經理表示目前最大的挑戰仍然還是在成本方面，對於大多數的企業來說仍然不會對這一部分做太大的投資。

醫療機構主任指出現在許多企業或機構，並不認為他們需要 5G 專頻專網，主要因為他們覺得現有的 Wi-Fi 已經足夠滿足他們的需求。這種觀點源於 5G 專頻專網相對於 Wi-Fi 來說會造成較高的成本顧慮。即便 5G 專頻專網執照申請程序簡化了，但實際設置與維運起來仍然涉及額外的成本，這些費用肯定會超過使用 Wi-Fi 的成本，Wi-Fi 基本上只需要購買初始設備，產生的維護費用也較小。主任以遠距醫療為例，雖然遠距醫療在某些情境下極為有用，但因為健保制度的支付標準固定，即使遠距醫療需要更多的設備和人力成本，醫院仍然無法從健保那裡獲得比面對面看診更多的收益，這種模式導致了醫院在進行高成本投資時是否有足夠投資報酬率的挑戰，因為即便服務品質提高，醫院也無法因此而提高收費。因此，主任說明了對於許多企業而言，在決定是否導入 5G 專頻專網時，財務考量和投資報酬率一定是一個重要的決策因素，也是目前無法成功推動的最大挑戰。

智慧製造公司經理強調了投資成本與投資報酬率的重要性，經理認為 5G 專頻專網的投資成本相對於其帶來的價值似乎過高，特別是對於設備投資費用占比較大的中小型企业而言。對於半導體晶圓製造商，其生產環境較為乾淨、有序，且收益較大，可能促使這些企業去申請使用 5G 專頻專網。然而，對於

設備較大、環境較為複雜的中小型製造業來說，5G 專頻專網的實際應用價值和成本效益變得不明顯。針對有線網路和 5G 專頻專網的投資費用，經理強調有線的解決方案不僅成本更低，而且已能滿足目前的需求。此外，經理認為政府在推動前應該更加了解市場的實際需求，因為目前 5G 的務實性並不高，即便是 4G 網路，仍然足夠滿足企業的需求，而無需升級到昂貴的 5G。因此，智慧製造經理的觀點說明了在考慮導入 5G 專頻專網時，財務營運面仍然是目前無法順利推動的原因，主要集中在成本效益與投資報酬率上。除非 5G 技術能帶來明顯的實際價值和投資回報，否則企業可能會因高昂的投資成本和不明確的投資效益而猶豫不決。

根據訪談結果顯示，所有的專家皆表示目前最大的挑戰皆出自於財務營運面，尤其是目前我國多半為中小型企業，在導入新技術時會加重成本的考量。因此在財務營運面上是四種面向中最大的挑戰。

4.2.5 其他潛在挑戰

在探討我國導入 5G 專頻專網於 4.8-4.9GHz 頻段的過程中，除了技術導入、網路資訊安全、法規以及財務營運等方面的挑戰外，通過一系列專家訪談，研究進一步揭示了在 5G 專頻專網導入或申請執照過程中所面臨的其他關鍵挑戰。專家們普遍認為這些挑戰也反映多個層面的複雜性，不僅影響了 5G 專頻專網的快速部署和有效運營，也對我國企業導入 5G 專頻專網產生一些障礙。在此節中將深入探討這些挑戰的具體內容和影響，透過專家見解基礎上從而為我國 5G 專頻專網的成功導入提供策略性的指導和建議。

1. 企業文化

電信主管機關專家指出，當企業試圖引入新技術像是 5G 專頻專網時，會遇到內部的抵抗，這種抵抗不僅來自於人才的缺乏，還與企業文化有關。專家以遠傳電信為例，即使某些技術對企業有明顯的利益，像是遠傳在船運的應用上導入了衛星；但在 5G 專頻專網上仍然存在推動困難，專家提出為何亞東醫院也屬於遠傳之企業，在做專網的遠距醫療時，不嘗試先找亞東醫院呢？所以專家認為企業文化和領導層的視野可能會限制了新技術的採納和實施。

電信業者專家 C 表示在選擇 5G 專頻專網申請的法規中提到禁止為陸資投

資的企業，所以在考量設備來源和合作夥伴時，存在一定的政治限制，比如不能使用來自某些國家的設備和技術，這不僅是資金和技術能力的問題，還涉及到企業文化和價值觀的問題。

物流公司總經理分享了在許多情況下，5G 專頻專網的技術創新推動往往來自於該企業的最高領導。如果老闆認為導入 5G 專頻專網是必要的，則員工和管理層將會配合執行。但實際上很少有高階或中階管理人員會主動向老闆明確地提出，這種猶豫不決的態度反映出許多企業管理層仍對於 5G 專頻專網帶來的具體效益感到不確定，尤其是當考慮到速度的提升可能對企業的實際運營影響不大時。當如何鼓勵管理層和員工主動探索和推動新技術的應用，不僅僅依賴於頂層的決策，成功的技術數位轉型是需要高層的支持與指揮，更需要來自組織內部各層面的積極參與和認可，針對新技術帶來的改變都要有清晰和實際上的理解，並對於導入專網提出看法。所以在推動上更應讓各個企業的人們都了解到這項技術，才能有更多懂相關知識的人員來參與。

2. 人才

電信主管機關專家指出目前 5G 專頻專網的網路管理大多是透過中華電信進行代管的情況，這反映出當前台灣在自有資訊單位的人員中，缺乏足夠的人才以及專業能力來處理 5G 專頻專網相關的事務，可能也沒有足夠的訓練或經驗來獨立管理和維運 5G 專頻專網。而人才這項挑戰仍然也是許多行業裡非常大的議題，需要積極的人才培訓和教育，以滿足行業需求，才能增加各領域的進步和發展。

電信業者專家 A 談到人才面的部份，他將這一挑戰與 AI 技術的導入相比較，強調了專家在技術成功應用中的重要性。專家認為雖然寫程式的技能是基本要求，許多人都有強大的撰寫能力，但真正關鍵在於擁有能夠深入研究和理解如何有效導入新技術的專家。當我國要讓企業導入 5G 專頻專網時，重要的是那些能夠理解企業需求、並利用 5G 專頻專網來創造新價值以及提升效率的專家，有了網路、設備但沒有人來執行這些流程，反而是浪費掉所有的資源。因此，目前我國對於 5G 專頻專網方面的專家真的太少，人才不足是對於一項新技術導入的一項障礙。

電信業者專家 C 表示對專業人才的需求和管理層的角色，涉及導入 5G 專

頻專網的工作不會是一般職員能夠決定的，而需要總經理或者某個部門的高層來提出並負責，這位主管還必須具備跨領域的知識和技能。專家 C 提到目前在我國的大型企業中，即便是資訊單位的人才也是非常稀缺的，更不用說具備電信專業知識和國際合作能力的人才了。當提及 5G 專頻專網的架設以及申請的那些實施過程，就需要多少人力來完成這項工作。因此，專家 C 認為人才目前也是最大的挑戰之一，沒有足夠的人才來了解 5G 專頻專網，對企業未來的影響非常大。

電信業者專家 D 表示人力資源是很大的一個考量。我國的企業可能會選擇逐步導入 5G 專頻專網，但不是一次性地去全面實施，這是因為現有員工對新技術的熟悉程度。雖然 5G 專頻專網會提供較為安全和高速的網路環境，但對於安全性和網路速度的需求也進一步提高了對相關人員的要求。導入 5G 專頻專網是會涉及到人才培養和組織變革的問題，而當需要更多人才的時候，就又会與成本有所關連。

3. 整合服務之能力、需求

電信業者專家 A 指出，許多 5G 專頻專網的建設似乎只是為了獲取政府的補助，而缺乏實際運行的服務，目前我國缺少能夠讓客戶感受到需要升級到 5G 的服務，連 5G 的滲透率都這麼低了，那麼 5G 專頻專網的需求也不會高。即使有許多關於 5G 專網的討論，如遠距醫療、製造等，這些所謂的 5G 專網應用實際上只是利用了 5G 網路的通用服務，而並非真正用到 5G 專網。5G 專頻專網要成功不應僅由網路建設本身來決定，而應基於真正的需求開發出來的服務。目前專家 A 觀察到的主管機關針對這方面真的非常保守，他建議政府應該鼓勵電信業者減少在基礎建設上的投資，轉而將資源用於服務開發，更加了解企業需求，整合出更加有用的內容，才不會在服務以及需求上導致更大的挑戰。

電信業者專家 B 表示目前許多被討論的應用場域其實並不涉及新科技，他舉了一項例子是停車地磁感應和通訊技術被應用於開發顯示停車位的 APP，這些都是已存在的技術，關鍵在於這些技術尚未被有效地整合成能夠提供實際服務的應用。缺乏整合的原因可能一是大眾的需求尚未達到足夠的水平，促使這種整合發生；二是整合開發的成本相對較高，這使得將各種技術結合起來提供新的或改進的服務變得困難。這也說明了在目前 5G 專頻專網的推動上，技術

都要達到，但要把現有企業的需求整合到服務中，了解企業想要什麼，並且能為企業創造價值，才有可能提升 5G 專頻專網的導入率以及普及率，不然將會是一項困難的挑戰。

醫療機構主任表示決定是否需要 5G 專頻專網的首要問題在於目前實際的需求。醫院目前對於高速度的無線網路需求並不迫切，因為許多現有的醫療設備和服務都能在 Wi-Fi 網路環境中良好運作。除非有特定的高速或高穩定度傳輸需求，否則目前的技術已足夠應對大部分情況。主任也強調了需求與經濟發展之間的關聯，尤其是在考慮到 5G 對於不同產業的必要性時，像是製造業對速度和機器連網的高需求程度，使用 5G 專頻專網可能性就會高。相比之下，醫療服務業由於其勞力密集和人對人服務的特性，對於網路速度的需求並不如製造業那麼高。主任指出人工智慧(AI)如果在未來技術能夠實現即時傳輸生理資訊或支援遠距醫療等高級功能，那麼對 5G 專頻專網的需求將會增加。目前的技術發展和應用還未能完全配合 5G 專頻專網的潛力，意味著即便技術已經準備好，如果沒有相應的應用場景，那麼投資回報率仍然是一個問題。

智慧製造公司經理在提出不同企業對於 5G 技術的需求差異性。政府和相關機構在推動 5G 專頻專網時應該更加考慮到不同產業的實際需求，並探索將這些技術首先應用於具有高度需求和前瞻性的領域，以降低初期成本和提高技術的接受度。經理的看法強調了導入 5G 專頻專網在需求面的挑戰，特別是對於中小企業和特定領域來說，高成本以及適用性導致需求上的落差，限制了企業採用 5G 技術的意願。

4. 設備成熟度

電信主管機關專家表示終端設備的成熟度也是一項挑戰。目前市場上的終端設備的成熟度不足，除了手機外，絕大多數的設備尚未內建 5G 模組。這暗示在 5G 專頻專網的部署過程中，現有的設備支持度是一大障礙。再加上企業現有設備的壽命通常很長，對於立即升級至有支援 5G 的新設備，無論是從經濟角度還是實際操作角度來看，都不是一個容易的選擇。專家舉了一個設備更新的現實問題，一台機器手臂或工廠生產設備通常需要使用 10 到 15 年，這意味著在短期內汰換這些昂貴的設備去支援 5G 是不切實際的行為，只能外接接收設備作為一種過渡方案，但這並非長期解決方案。即使是基站設備，也主要

依賴於軟體升級來進行技術更新，而不是頻繁更換硬體。加上現有許多設備仍然依賴 Wi-Fi，那麼快去導入這個 5G 專頻專網的這個模組新設備，專家覺得較為不容易地方。

電信業者專家 B 說明了國家推動專頻專網部分的原因之一是為了回饋並扶持本土的通訊設備商。在專頻專網出來之後，通訊設備商可能只負責一小部分，小型的基地台他們可以製造出來，但即使有了基地台等前端設備，如果沒有後端如核心網路和傳輸設備的完整解決方案，單靠基地台是無法有效運作的。這就需要設備商與其他公司尋求合作，來完成整個 5G 專頻專網的部署。而專頻專網的部分，通常搭配的是 O-RAN 的設備，主要是為降低成本，通過允許使用不同廠商的設備來構建網路，從而減少了對特定大品牌設備的依賴，這理論上應該有助於降低 5G 專頻專網部署的門檻。但從國際經驗來看，如日本的案例顯示，雖然初衷是好的，但在實際運行中可能會遇到品質不達標等問題，導致計畫無法順利進行。因此，在設備的相容性上可能還存在一些問題。

電信業者專家 C 提到 5G 專頻專網儘管在我國擁有相關的技術能力，但實際上卻需要依賴購買國際大廠的設備，特別是不能使用來自大陸廠商。針對設備來源的問題，尤其是關於特定頻段的設備可用性，安裝這些設備就需要大量的人力。如果一個企業需要外包給其他公司來安裝設備並建設專網，那麼與直接使用三大電信業者提供的專網有何差異？最後專家 C 也說明設備配置的具體問題，包括基地台模組和機器模組的變更，以及 CPE (客戶端設備)和 CPU (中央處理器) 的來源和成本問題，這些都是在考慮導入 5G 專頻專網時必須面對的實際問題，設備的不足也會浪費建置的資金成本，在導入專網時應多加思考。

電信業者專家 D 指出 4.8-4.9GHz 的設備尚未成熟，目前多用於演示階段，而非實際應用，因為實際部署這些技術會花費大量時間。即便是現在的 5G 技術，但由於硬體支持的缺乏，真正能夠充分利用 5G 技術的應用仍然很少。此外，專家 D 依舊提到了設備的相容性以及硬體升級需求是導入 5G 專頻專網的主要挑戰。企業在考慮升級到 5G 時，不僅要面對新設備的購置成本，還需考慮如何讓這些新設備正常運作。這些都是財務成本，甚至還包括了技術導入和人力等方面的成本。相較於那些剛剛更新過設備的企業來說，馬上要再升級設

備來與 5G 專頻專網相容，會令人非常猶豫，因為需要再次投資。因此，建置成功的 5G 專頻專網環境並非是一項簡單的事，後續有許多的設備成本考量。

5. 補助費用不足

物流公司總經理表示政府應承擔起前期導入的所有費用，補助推廣 5G 專頻專網的責任，而非讓企業自掏腰包來推廣這項技術，現在是有補助費用，但補助的金額不足以讓中小企業應付導入 5G 專頻專網以及後續維運的成本。除非企業對於專網的需求非常迫切，否則很難有企業願意在政府補助不足的情況下投資。

醫療機構主任提及在醫療產業，任何技術投資的決策都需要考量政府是否提供足夠的實際補助。因為醫院在收入上受限於健保制度，除非政府提供針足額的經費補助，否則醫院很難見到直接的經濟成長去投資先進的技術，尤其是在成本高昂且無法直接轉移到向消費者提高收費的情況下，讓許多醫院無法積極參與此項技術。

智慧製造公司經理想預先確認政府提供的補助是部分費用還是全額補助，對於補助費用是否覆蓋整個 5G 專頻專網架設的費用，或只補助其中的一部分，這種不確定性可能會對企業進行技術導入和進一步的投資決策造成一定的影響，因為明確了解政府補助的範圍和條件對於預算規劃和財務風險評估較為重要。因此，針對目前政府推出的補助費用並不足以應對中小型企業的成本支付情況。

4.2.6 小結

針對國外之文獻所進行的研究分析統整出的四項關鍵構面，分別是「技術導入面」、「網路資訊安全面」、「法規面」以及「財務營運面」以便深度探討這些領域內的關鍵問題與挑戰，豐富研究內容。在專家訪談過程中，不僅聚焦於這些主要構面的內容探討，也加深了訪問內容，不斷地追問更多研究所需的結果，並讓專家們對於導入 5G 專頻專網時可能遇到的具體問題提出更有效的建議，使更多企業能夠提升導入此項技術之意願。於專家深度訪談後，以下針對專家提出的觀點進行表格統整，評估出專家認同與否，旨在顯示專家們對於各項關鍵構面的認同程度，了解四項構面目前是否成為我國導入 5G 專頻專網目

前遇到的挑戰，並彙整出專家們指出的其他潛在挑戰，提供給政府單位參考，如表 11 與表 12：

表 11、專家對於導入 5G 專頻專網各面向看法彙整表

	技術導入面	網路資訊 安全面	法規面	財務營運面
電信主管機關專家	不認同	認同	不認同	認同
三大電信業者專家 A	不認同	認同	認同	認同
三大電信業者專家 B	不認同	不認同	認同	認同
三大電信業者專家 C	不認同	不認同	不認同	認同
三大電信業者專家 D	不認同	認同	認同	認同
國立成功大學 交通管理科學系暨 電信管理研究所教授	不認同	不認同	不認同	認同
物流公司總經理	不認同	不認同	認同	認同
醫療機構主任	不認同	不認同	不認同	認同
智慧製造公司經理	不認同	不認同	不認同	認同
統計結果	認同：0/9 不認同：9/9	認同：3/9 不認同：6/9	認同：4/9 不認同：5/9	認同：9/9 不認同：0/9

資料來源：本研究整理

表 12、 專家對於導入 5G 專頻專網之其他潛在挑戰統整表

	專家看法
企業文化	● 5G 專頻專網之新技術當遭遇內部管理層抵抗，非僅人才缺乏，亦與企業文化及領導視野有關。 ● 5G 專頻專網申請執照會面臨政治限制，設備源選擇反映企業文化與價值觀。 ● 技術創新依賴領導層決策，主管及員工對 5G 專頻專網之效益不確定，表示需多加跨層理解與參與。
人才	● 我國 5G 專頻專網管理大多依賴代管，顯示缺乏專業人才與經驗，急需加強培訓。 ● 我國導入 5G 專頻專網技術強調專家重要性，缺乏能深入理解新技術應用的專業人才是主要障礙。 ● 專業人才需求迫切，管理層需具備跨領域知識，目前大型企業資訊人才稀缺。 ● 企業可能選擇逐步導入 5G 專頻專網，技術培訓與組織變革成為人才培養與成本考量的關鍵。
整合服務之能力、需求	● 許多基礎建設多為獲補助，缺實際服務，需開發真正需求之服務，減少基建投資轉向服務開發。 ● 技術整合能力不足，現有技術未形成有效應用，需求不明確與成本高昂阻礙服務整合。 ● 研究之四項領域對 5G 需求不迫切，實際需求與經濟發展關聯大，產業特性影響 5G 需求差異。 ● 企業針對 5G 與 5G 專頻專網需求差異大，政府推動應考量產業實際需求，降低成本並提高接受度。
設備成熟度	● 終端設備成熟度不足，現有設備支持度低，立即升級至 5G 支援新設備不是容易之事。 ● 國內通訊設備商參與程度低，設備整合需合作，否則為了降低成本但會面臨相容性問題。 ● 我國技術仍依賴國際設備，特定頻段設備可用性及安裝需大量人力，設備配置具體問題仍為挑戰。 ● 4.8-4.9GHz 設備未成熟，實際部署耗時，設備相容性及升級需求造成之成本是主要挑戰。
補助費用不足	● 政府補助金額不足，難以覆蓋中小企業導入 5G 專頻專網的全部成本，使企業投資意願降低。 ● 醫療產業技術投資依賴政府實質補助，高成本與收入限制下難以投資新技術。 ● 補助費用覆蓋範圍不明確，政府補助的部分為全額或比例制，影響企業投資決策。

經過表格統整專家們的看法之後，針對我國導入 5G 專頻專網的挑戰中，絕大多數專家不認同技術導入面為目前導入挑戰，主要的擔憂包括應用場景碎片化、缺乏專業人才、技術雖可行但成本高昂等。且儘管目前的技術足夠滿足專頻專網的需求，但是實際導入時面臨的挑戰相較於技術導入面更值得被重視。

關於網路資訊安全方面，意見較為分歧，部分專家認同資安是導入 5G 專頻專網不可或缺的考量因素，尤其是考量到資料洩漏的風險及其後果。然而，也有專家認為，現行的資安規範已相對完善，遵循現有規範可有效建設及維護專網，且各行業重視的資安內容不盡相同，現行的通訊技術上對於個資也有一定的保護措施了，故資安問題不應成為主要障礙。

對於法規方面，專家們意見不一，有的認為政府的 5G 專頻專網政策提供的優惠對企業幫助有限，而申請流程繁瑣，增加了不必要的成本與壓力，加上政府並未達到整合服務上的平衡，對於企業來說是一大困難點。另外一些專家則認為，雖然市場需求不足且法規可能會影響 5G 專頻專網的推動，且法規的設置都有一定的綜合考量，因此不應是導入專頻專網主要的考量點。

在財務營運面，所有專家均表示認同，認為初期成本和後續維運開銷是導入 5G 專頻專網時最主要的挑戰，尤其對於中小企業而言，高額的成本投資和不明確的投資回報率是兩大阻礙，導致企業對於導入此技術都保持著謹慎態度。

除了技術導入、網路資訊安全、法規與財務營運，專家們也提供了其他見解，包括企業文化與領導視野的轉變、專業人才的培訓與缺乏、服務之整合能力的不足、各產業的需求程度、設備成熟度與相容性以及政府補助不足等問題。這些挑戰都呈現出我國在導入 5G 專頻專網時，更應該從企業文化改革、跨領域人才培育、提升整合能力、調查需求、加速設備更新，到優化政府補助策略等多方面去進行更深入的考量與改進。

綜合以上所述，儘管技術導入的可行性並非主要問題，但資安、法規和財務營運的挑戰仍是目前導入或者推動 5G 專頻專網時，需要不斷地去思考並改善的方面。特別是從財務營運的角度來看，大部分的專家都還是認為目前的企業還是很看重成本上的投資。而針對其他潛在的挑戰，各個方面都代表了不同領域對於這項技術的看法，因此當政府在推動 5G 專頻專網時，應對以上專家認為之各個面向做出更多應變措施。

4.3 產業可行性評估

基於上述專家們大致認同之我國導入 5G 專頻專網挑戰，將「法規面」、「財務營運面」列入可行性評估之範圍，並經由文獻回顧與專家訪談整理出產業可行性之評估。對於法規面來說，雖然認同並未過半，但由於各個產業對於一項新通訊技術都有不同的要求，故在可行性評估時將法規面列入考量範圍，也會較注重在各產業內的相關法規限制。而在各個產業中，都有各自產業不同的應用場域，並不是每個場域都適合導入 5G 專頻專網，因此在探討產業導入之可行性時，將「場域限制面」一併列入評估，並各自以表 13 至表 16 說明。

4.3.1 工業、製造業

在工業、製造業中，5G 專頻專網的導入在技術上，目前的 5G 應用已較為成熟，基本上工業、製造業結合通訊技術都可符合我國與國際製造標準，故影響程度較低。然而，財務營運面對於傳統中小企業而言，因收支不穩定及後續維運費用較難負擔，沒有足夠的資金去投入，加上工廠佔地面積小及封閉性不足導致導入的必要性不高，其可行性相較其他產業屬於中等。而高科技及大型製造業因收支穩定，願意投入成本較高，故在這些企業中導入的可行性較高。在影響程度上以財務營運面的影響程度較高，接著再評估場域是否符合以及必要，影響程度為中。

表 13、工業、製造業導入 5G 專頻專網可行性評估表

法規面		影響程度：低
製造標準與產品認證	● 目前技術確保能在引進 5G 專頻專網之後，製造品質能保持我國與國際之製造標準	
電信管制與申報作業管理	● 目前 5G 於我國製造業已有應用且較為成熟(影像辨識、AR/VR、遠端操控)，製造業大部分只要通過電信頻段與設備監控問題，針對專用頻段上的法規限制不成問題	
財務營運面		影響程度：高
傳統中小企業	● 收支不穩定，容易出現財務危機 ● 預估願意投入 5G 專頻專網成本低 ● 目前成本低之通訊技術已足以滿足需求 ● 較無法滿足後續維運費用	

高科技、大企業	● 收支較為穩定 ● 預估願意投入 5G 專頻專網成本高 ● 成本低之通訊技術已逐漸無法滿足需求，尋求更高精準度以及高階通訊技術 ● 可滿足後續維運費用	
場域限制面		影響程度：中
傳統中小企業	● 工廠封閉性不足 ● 工廠占地面積小	
高科技、大企業	● 工廠封閉程度高 ● 工廠占地面積大	
導入 5G 專頻專網可行性		
傳統中小企業	中	
高科技、大企業	高	

資料來源：本研究整理

4.3.2 交通運輸

交通運輸業面臨較多的法規限制與財務挑戰。法規面包括道路交通管理、電磁相容性要求及對干擾飛航通訊頻段的限制等，像是特定頻段可能干擾救災與醫療救護，如 4.8-4.9GHz 為警消頻段，需進行更進一步之評估，避免造成更嚴重損傷。而大眾交通運輸多半與公眾之生命安全相關，從這些因素就提高了導入 5G 專頻專網的難度，因此在影響程度上較高。財務營運上，除高鐵外，其他交通工具如台鐵、客運及機場均面臨收支問題及後續維運費用的壓力，沒有足夠的資金去負擔新技術的導入，因此在評估上的影響程度也較高。面對場域限制，也是交通運輸中較為擔憂的一部分，高鐵、台鐵、客運要架設 5G 專頻專網的話，勢必要在一個城市中架設非常多的專網，這會造成非常大的成本支出以及環境問題，甚至有可能需要由政府來支援這部分的費用。而機場則是在我國的機場室內架設，相較於其他三種交通運輸工具則不需要架設太多專網。在交通運輸領域中，法規、財務營運以及場域限制上的影響程度都很高，因此，除了機場在場域限制上能夠於室內架設，節省一些成本以及封閉性較其他三項高，導入的可行性為中等，其他交通運輸工具的導入可行性較低。

表 14、 交通運輸業導入 5G 專頻專網可行性評估表

法規面		影響程度：高
大眾運輸工具相關法規	● 道路交通管理對公車使用自動化無人駕駛進行限制 ● 高鐵、台鐵等鐵路系統的通訊設備需符合電磁相容性要求 ● 機場對於干擾飛航之通訊頻段嚴格限制 ● 大眾交通運輸設置通訊技術以不損及大眾生命安全為優先 ● 以公共服務為主的大眾運輸在特定聯絡與運作都需專用頻段	
災害防救	● 特定頻段在城市與都市間架設專網，容易干擾救災與醫療救護，如4.8-4.9GHz為警消頻段，根據《無線電頻率使用管理辦法》第44條中規定主管機關在處理干擾優先順序，應先禮讓災害防救任務，因此需與警政署與消防署協調	
財務營運面		影響程度：高
高鐵	● 2023 年營業額達到新臺幣 498 億元，稅前淨利為新臺幣 97.3 億元，淨利潤為新臺幣 78.2 億元。收支逐年上漲、盈利能力強 ● 票價受法律約束無法調漲導致收支情況隨客源變動 ● 預估願意投入 5G 專頻專網成本低 ● 目前成本低之通訊技術已足以滿足需求 ● 後續維運費用待評估	
台鐵	● 2023 年營業額達到新臺幣 306 億元。目前仍處於無法獲利狀態 ● 票價受法律約束無法調漲導致收支情況隨客源變動 ● 預估願意投入 5G 專頻專網成本低 ● 目前成本低之通訊技術已足以滿足需求 ● 較無法滿足後續維運費用	
客運	● 多家客運之收入皆較疫情前少，後疫情盈利狀況仍不佳 ● 票價受法律約束無法調漲導致收支情況隨客源變動 ● 預估願意投入 5G 專頻專網成本低 ● 目前成本低之通訊技術已足以滿足需求 ● 較無法滿足後續維運費用	
機場	● 後疫情時期我國機場每年預算支出皆大於收入，虧損額等待後幾年填補 ● 預估願意投入 5G 專頻專網成本低 ● 目前成本低之通訊技術已足以滿足需求 ● 後續維運費用待評估	

場域限制面		影響程度：高
高鐵	● 城市之間室外架設，面積廣、封閉性不足，導致成本過高	
台鐵	● 城市之間室外架設，面積廣、封閉性不足，導致成本過高	
客運	● 城市之間室外架設，面積廣、封閉性不足，導致成本過高	
機場	● 機場室內架設，屬於半封閉狀態	
導入 5G 專頻專網可行性		
高鐵	低	
台鐵	低	
客運	低	
機場	中	

資料來源：本研究整理

4.3.3 物流倉儲

物流倉儲業在法規面的影響程度較低，主要是要解決電信干擾與設備相容信問題，交給 5G 專頻專網的專業人員進行評估基本上不會有太大影響。然而，財務營運面上，大、小型物流中心因後疫情時期網路購物的增加而收支穩定，也逐漸打開增加網購市場，對於 5G 專頻專網的投入意願會提高，但未來小型物流中心的收支不一定是穩定成長，而相比大型製造業來說，可投入的成本並沒有這麼充裕，小型物流中心後續維運費用的負擔較大，因此在物流倉儲領域財務營運面影響程度較高。物流中心多半處於半封閉狀態，要使用資安性較高的專網仍有待考量，因此除了在財務營運面影響後，接著評估場域之封閉性是否符合以及需求程度，影響程度為中。綜合評估後，大型物流中心導入 5G 專頻專網為中，小型物流中心則為低。

表 15、 物流倉儲業導入 5G 專頻專網可行性評估表

法規面		影響程度：低
物流中心電信管制與申報作業管理	● 目前物流中心之電信管制由政府派任審核 5G 專頻專網人員前往，物流業大部分只要通過電信頻段與設備監控與相容性問題，針對專用頻段上的法規限制不成問題	
財務營運面		影響程度：高
大型物流中心	● 後疫情讓網路購物提升，物流業收支較為穩定，仍處於成長階段 ● 預估願意投入 5G 專頻專網成本高 ● 目前成本低之通訊技術已足以滿足需求 ● 可滿足後續維運費用	
小型物流中心	● 後疫情讓網路購物提升，物流業收支較為穩定，未來不一定穩定成長 ● 預估願意投入 5G 專頻專網成本低 ● 目前成本低之通訊技術已足以滿足需求 ● 較無法滿足後續維運費用	
場域限制面		影響程度：中
大型物流中心	● 物流廠區室內架設，需大量運貨，屬於半封閉狀態 ● 物流中心占地面積大	
小型物流中心	● 物流廠區室內架設，需大量運貨，屬於半封閉狀態 ● 物流中心占地面積小	
導入 5G 專頻專網可行性		
大型物流中心	中	
小型物流中心	低	

資料來源：本研究整理

4.3.4 醫療照護

醫療照護業在導入 5G 專頻專網時，最期待的就是遠距醫療的部分，而影響最大的是法規面，尤其是與遠距醫療相關的法規尚未完全開放，並對於醫師進行遠距看診也有部分限制。在法規執行上，遠距手術一直被視為爭議性的問題，導入 5G 專頻專網能讓機器的延遲性降低，但對患者進行開刀的究竟是人還是機器，發生狀況由誰負責，在法規上仍然有待評估，因此法規在醫療照護

上影響程度較高。針對財務營運上，醫院由於健保政策的限制，收入有限，且大部分的私人醫院成本皆控管嚴格，這些因素限制了 5G 專頻專網在醫療保健業的應用，對於導入新技術上，財務營運面也是影響醫療照護很重要的因素。最後場域限制方面，醫院也屬於半封閉狀態，有可能降低專網的可靠性，且專網是否能跨越多個樓層進行連網，也是評估的方向之一。綜合來看，醫院導入 5G 專頻專網的可行性較低。

表 16、醫療照護業導入 5G 專頻專網可行性評估表

法規面		影響程度：高
通訊診療治療辦法、醫師法	● 目前我國遠距醫療法規僅開放視訊診療，有別於以往醫師法明定非親自診察，不得對病人治療、開藥以及處方箋或診斷書	
遠端手術相關法規	● 尚未明訂且難以實現，全民健康保險是否承認遠距手術有待評估，對於手術需更低延遲與高可靠性	
財務營運面		影響程度：高
醫院	● 礙於健保限制，醫院收入有所受限，私人醫院成本控管嚴格 ● 預估願意投入 5G 專頻專網成本低 ● 目前成本低之通訊技術已足以滿足需求 ● 後續維運費用待評估	
場域限制面		影響程度：中
醫院	● 醫院室內架設，屬於半封閉狀態 ● 占地面積不廣、樓層多導致連網議題 ● 有些醫院擁有多棟建築，需架設更多 5G 專頻專網	
導入 5G 專頻專網可行性		
醫院	低	

資料來源：本研究整理

第五章 研究結論與建議

5.1 結論

5G 專網是近年較為受矚目的一項技術之一，正逐漸成為國際上積極推動的一項關鍵技術，提供更高效、更安全的通訊服務。與傳統的公眾 5G 網路不同，5G 專網是為了能夠滿足更加特定產業或組織的獨特需求而設計，提供更加客製化的網路服務。這樣的設計不僅能夠確保資料的安全性和隱私性，還能夠根據特定應用的要求來優化網路性能。隨著未來 5G 技術的逐漸成熟以及商用化步伐加快，越來越多的國家和地區開始認識到 5G 專網在推動數位化經濟發展中的重要作用。無論是智慧製造、智慧交通、智慧物流、遠距醫療或是智慧城市等等，5G 專網都能提供所需的高可靠性、低延遲和高速度，使得這些創新應用能夠在未來得以實現，不僅需要技術創新，還需要政策上的支持、跨行業之合作以及標準制定清晰等多方面的共同努力，以確保 5G 專網技術的蓬勃發展和廣泛應用。

目前我國三大電信業者有推出各自的 5G 專網導入方案，而根據政府所推出之「5G 專頻專網」，則是將頻段選擇在 4.8-4.9 GHz，從這 100 MHz 的範圍中，讓專網變得更加具有獨特性，並且是需要向政府申請執照來進行設置與執行。由於國外在導入專網時，勢必有先面臨種種阻礙專網執行的挑戰，而我國相較於國外來說較晚導入，應先參考國外在導入時面臨到的挑戰，再針對台灣的环境與狀況去做導入的評估。因此從國外導入之挑戰共分成四種面向，分別為技術導入面、網路資訊安全面、法規面、財務營運面去進行探討，並對後續其餘挑戰進行收集，做出最後的導入可行性評估與建議。

根據國際上以及我國使用 5G 專頻專網狀況的統計資料，目前大部分都是實驗案件為主，能夠真正完全導入的企業以及應用並不多，且在我國的 5G 專頻專網申請案例中，政府僅表示申請成功之企業，並未明確表示申請 5G 專頻專網失敗的企業中，企業之所屬產業、名稱以及失敗的原因何在。因此較難以收集 5G 專頻專網導入的數據資料以及過去歷史資料，透過量化之數據來了解目前 5G 專頻專網導入我國之挑戰以及未來可行之預測，為本研究之限制，

僅以專家訪談與文獻收集之質性研究方式來進行。

經由各位專家專業的見解與看法，了解到技術導入、網路資訊安全、法規、財務營運四項構面的不同重要性。雖然 5G 專頻專網技術為特定產業或應用帶來客製化通訊解決方案，提升各項 QoS，但我國目前對於 5G 專頻專網的技術導入面較不是導入時猶豫的重點，多半與網路資訊安全、法規、財務營運面有關係，尤其是在法規的限制上、投資成本與投資報酬率的影響，讓目前政府推動 5G 專頻專網仍讓許多企業遲遲無法增加投入的意願，應多著重在這些方面的評估。

對於我國導入 5G 專頻專網所遇到的潛在挑戰，不論是企業文化、人才、整合服務之能力、需求，還是設備成熟度與補助費用，都是影響這一項技術在我國落地的重要因素。由於企業文化和領導管理的限制，以及相對保守的態度，無疑在一定程度上抑制了 5G 專頻專網的推動和應用。此外，人才短缺也是一大障礙，缺乏專業能力處理 5G 相關事務的人員，限制了技術的快速發展與應用。在整合服務能力與需求方面，許多潛在的 5G 應用領域實際上尚未有明顯的需求，或是存在成本與效益的考量，政府應更加重視在統整需求並將服務整合成企業所需要的效果。而設備成熟度的不足，以及政府補助費用不足以覆蓋企業導入成本，亦是限制 5G 專頻專網發展的重要因素。

從產業可行性評估來看，不同產業對於 5G 專頻專網的需求與接受度有所差異。在工業與製造業，尤其是高科技和大型製造業中，甚至相較於其他產業，5G 專頻專網的導入可行性較高，根據國外以及國內的導入的案例或者實驗案例分析，也都是以大型製造業為主。而在交通運輸、物流倉儲以及醫療照護等領域，由於面臨更多的法規限制、財務壓力以及場域限制等挑戰，在導入 5G 專頻專網的可行性就相對較低。

綜合以上所述，我國導入 4.8-4.9GHz 的 5G 專頻專網雖然面臨多重挑戰，但若能夠透過較針對性的策略與措施，如加強人才培養、改善企業文化、提高補助政策的吸引力等等，在未來實現 5G 新技術應用的可能性就更大，並為各行各業帶來更加完整的服務。

5.2 未來建議

本研究經由文獻回顧與專家訪談後的結果，認為企業在決策導入 5G 專頻專網技術時，會對於一項新技術去進行全面的成本效益分析，並考慮尋求政府及產業間的協助與支援，藉以分攤高昂的導入成本，並加速技術的成熟與應用推廣。面對技術快速發展和市場需求的不斷變化，政府應多加了解我國推行新技術應具備的條件，而不是一味地推行，才能提升整體產業界對於新技術的接受度和熱情。因此，在建議的部分總結出三個方向，分別為「租賃制」、「針對需求與導入環境做評估」以及「與產業界溝通交流」，對未來我國推行 5G 專頻專網會有更全面性的機會。

1. 建議採取租賃制

透過租賃制的方式，政府能承諾企業在長期成本投資前，為企業提供一個低風險的試驗平台，讓他們在進行長期且昂貴的資本投資之前，能夠先行驗證 5G 專頻專網的技術效能及服務品質，而不是直接進行執照申請以及架設許多的基礎設施。這種彈性的租賃策略，特別適合那些初步探索新技術領域卻資金有限的企業，使他們能夠在不承擔過大經濟壓力的情況下，利用到先進的 5G 新技術。

另外，可以創立一間專門在負責租賃 5G 專頻專網所需設備的公司，不管是核心網路還是基地台，都由公司負責去進行租借，可以根據不同企業的需求，進行客製化的安排，靈活地去分配和管理 5G 專頻專網的資源。透過此方式，企業也可以將此過程交給此公司去進行處理，短期內公司投入租借的資金就可以進行 5G 專頻專網的服務。租賃制也因為有簽約年限的部分，可以避免目前眾多專家們所疑慮的重點，像是在架設專網之後，效果不佳造成不必要的資源浪費情況。

租賃制不僅讓各企業有機會改善與優化自身在各專業領域的應用，還可透過此方式提升整體產業的運作效率與創新能力，從而加速技術的普及與商業模式的轉型。另外也有助於減少技術在落地的過程中造成風險，長期之下可以提高技術轉型的成功率，促進不同規模企業的共同發展，達到共享經濟的概念，讓 5G 技術在各行各業也逐漸提升使用率，推動我國數位化經濟的快速發展。

2. 推出新政策先針對需求與導入環境做評估

推行 5G 專頻專網不僅牽涉到複雜的技術層面，還會涉及到企業需求、社會、經濟以及生態環境的多方面因素。政府在策劃以及推動任何相關政策前，必須實施全面性且細緻的影響評估，評估其企業們對於這項技術的需求程度以及我國的環境條件與時機是否適合導入 5G 專頻專網。透過更周全的政策規劃，不僅確保 5G 專頻專網的實施能與國家的未來長期發展的戰略相契合，還能平衡並滿足各方利益者的需求與期望，促進整體社會的和諧發展。

3. 政府應多與產業界溝通交流

促進政府與產業界的持續交流是能夠確保推行政策與技術發展有穩定成長並符合實際需求的關鍵因素。透過建立更多的溝通與合作，政府可以更有效地獲得產業界最直接的反饋和建議，並在政策制定中考慮到企業目前的市場變化。且多加進行官界與產業界交流也有助於建立共識，讓涉及到需要大規模投資的項目能夠有更完整的發展脈絡。



參考文獻

- 3GPP. (2020). *TS 23.501 version 16.6.0 Release 16*.
https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123500_123599/123501/16.06.00_60/ts_123501v160600p.pdf
- 3GPP. (2022). *TS 23.251, Network sharing: Architecture and functional description*.
http://www.3gpp.org/ftp/specs/archive/23_series/23.251/
- 5G-ACIA. (2019). *5G Non-Public Networks for Industrial Scenarios*. https://5g-acia.org/wp-content/uploads/2021/04/WP_5G_NPN_2019_01.pdf
- Ai, B., Molisch, A. F., Rupp, M., & Zhong, Z.-D. (2020). 5G Key Technologies for Smart Railways. *Proceedings of the IEEE*, 108(6), 856–893.
- Aijaz, A. (2020). Private 5G: The Future of Industrial Wireless. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 14(4), 136–145.
- Ali, K., Nguyen, H. X., Vien, Q.-T., Shah, P., Raza, M., Paranthaman, Vishnu. V., Er-Rahmadi, B., Awais, M., Islam, S. U., & Rodrigues, J. J. P. C. (2021). Review and Implementation of Resilient Public Safety Networks: 5G, IoT, and Emerging Technologies. *IEEE Network*, 35(2), 18–25.
- Ashraf, C. (2020). *Verizon and Emory Healthcare light up nation's first 5Ghealthcare lab*.
<https://www.verizon.com/about/news/verizon-and-emory-healthcare>
- Bagula, A., Mandava, M., & Bagula, H. (2018). A framework for healthcare support in the rural and low income areas of the developing world. *Journal of Network and Computer Applications*, 120, 17–29.
- Brown, G., & PRINCIPAL, A. (2019). Private 5G Mobile Networks for Industrial IoT. *Heavy Reading, White Paper, Qualcomm Inc*.
- Cheng, C. (2022). Application of 5G Private Network and Internet of Things in Smart Cold Chain Logistics Park. *2022 IEEE Conference on Telecommunications, Optics and Computer Science (TOCS)*, 277–281.
- Cogalan, T., Camps-Mur, D., Gutierrez, J., Videv, S., Sark, V., Prados-Garzon, J., Ordonez-Lucena, J., Khalili, H., Canellas, F., Fernandez-Fernandez, A., Goodarzi, M., Yesilkaya, A., Bian, R., Raju, S., Ghoraishi, M., Haas, H., Adamuz-Hinojosa, O., Garcia, A., Colman-Meixner, C., ... Aumayr, E. (2022). 5G-CLARITY: 5G-Advanced Private Networks Integrating 5G NR, WiFi, and LiFi. *IEEE Communications Magazine*, 60(2), 73–79.

- Deutsche Telekom. (2019). *5G technology in industrial campus networks*.
<https://www.telekom.com/en/company/details/5g-technology-in-campus-networks-556692>
- Doğan, S., Tusha, A., & Arslan, H. (2019). NOMA With Index Modulation for Uplink URLLC Through Grant-Free Access. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 13(6), 1249–1257.
- Ericsson. (2023). *5G Spectrum for Industrial Networks*. Ericsson Whitepaper.
<https://www.ericsson.com/4979df/assets/local/reports-papers/white-papers/5g-spectrum-for-local-industrial-networks.pdf>
- Eswaran, S., & Honnavalli, P. (2023). Private 5G networks: A survey on enabling technologies, deployment models, use cases and research directions. *Telecommunication Systems*, 82(1), 3–26.
- Foukas, X., Patounas, G., Elmokashfi, A., & Marina, M. K. (2017). Network Slicing in 5G: Survey and Challenges. *IEEE Communications Magazine*, 55(5), 94–100.
- George, R., Cherbaka, N. S., & Ellis, K. (2023). *5G opportunities in Warehousing*.
- Ghadiyaly, Z. (2020). *5G Private and Non-Public Network (NPN)*.
<https://blog.3g4g.co.uk/2020/03/5g-private-and-non-public-network-npn.html>
- Gillispie, C. (2020). Networked Benefits: Realizing the Potential of 5G in South Korea. *NBR, NBR Special Report*, (84). https://www.nbr.org/wp-content/uploads/pdfs/publications/sr84_networked_benefits_may2020.pdf
- GSMA. (2020). *5G IoT Private & Dedicated Networks for Industry 4.0*.
<https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2020/10/2020-10-GSMA-5G-IoT-Private-and-Dedicated-Networks-for-Industry-4.0.pdf>
- GSMA. (2021). *Ford and Vodafone harness private 5G networks to continually optimise vehicle manufacturing*. <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2021/05/2021-05-GSMA-5G-IoT-for-Manufacturing-Case-Study-Ford-and-Vodafone.pdf>
- Gupta, M., Legouable, R., Rosello, M. M., Cecchi, M., Alonso, J. R., Lorenzo, M., Kosmatos, E., Boldi, M. R., & Carrozzo, G. (2019). The 5G EVE End-to-End 5G Facility for Extensive Trials. *2019 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*, 1–5.
- Gustin, D., Siekmann, T., Kroll, B., Kleen, P., Schriegel, S., & Jasperneite, J. (2023). Outdoor

- Field Test of 5G-based V2X Communication for Real-Time Monitoring and Remote Control of a Monorail Vehicle. *2023 IEEE 21st International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 1–6.
- IMD. (2023). *World Digital Competitiveness Ranking 2023—IMD business school for management and leadership courses*. <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/>
- Khorov, E., Kiryanov, A., Lyakhov, A., & Bianchi, G. (2019). A Tutorial on IEEE 802.11ax High Efficiency WLANs. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(1), 197–216.
- Latif, S., Qadir, J., Farooq, S., & Imran, M. A. (2017). *How 5G (and concomitant technologies) will revolutionize healthcare*. <https://arxiv.org/pdf/1708.08746.pdf>
- Lema, M. A., Antonakoglou, K., Sardis, F., Sornkarn, N., Condoluci, M., Mahmoodi, T., & Dohler, M. (2017). 5G case study of Internet of Skills: Slicing the human senses. *2017 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*, 1–6.
- Li, C., & Akman, A. (2020). O-RAN use cases and deployment scenarios. Towards open and smart RAN. *White Paper*. https://assets-global.website-files.com/60b1962ffda0a42f779c765b/60d335c6d3fed506ae1dce58_O-RAN%2BUse%2BCases%2Band%2BDeployment%2BScenarios%2BWhitepaper%2BFebruary%2B2020.pdf
- Li, X., Guimaraes, C., Landi, G., Brenes, J., Manges-Bafalluy, J., Baranda, J., Corujo, D., Cunha, V., Fonseca, J., Alegria, J., Orive, A. Z., Ordonez-Lucena, J., Iovanna, P., Bernardos, C. J., Mourad, A., & Costa-Perez, X. (2021). Multi-Domain Solutions for the Deployment of Private 5G Networks. *IEEE Access*, 9, 106865–106884.
- Ordonez-Lucena, J., Folgueira Chavarria, J., Contreras, L. M., & Pastor, A. (2019). The use of 5G Non-Public Networks to support Industry 4.0 scenarios. *2019 IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN)*, 1–7.
- Oughton, E. J., & Jha, A. (2021). Supportive 5G Infrastructure Policies are Essential for Universal 6G: Assessment Using an Open-Source Techno-Economic Simulation Model Utilizing Remote Sensing. *IEEE Access*, 9, 101924–101945.
- Poe, W. Y., Ordonez-Lucena, J., & Mahmood, K. (2020). Provisioning Private 5G Networks by Means of Network Slicing: Architectures and Challenges. *2020 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*, 1–6.

- Prados-Garzon, J., Ameigeiras, P., Ordonez-Lucena, J., Munoz, P., Adamuz-Hinojosa, O., & Camps-Mur, D. (2021). 5G Non-Public Networks: Standardization, Architectures and Challenges. *IEEE Access*, 9, 153893–153908.
- Ren, H., Pan, C., Deng, Y., Elkashlan, M., & Nallanathan, A. (2020). Resource Allocation for Secure URLLC in Mission-Critical IoT Scenarios. *IEEE Transactions on Communications*, 68(9), 5793–5807.
- Research and Markets. (2023). *Private 5G Network Market Share, Size, Trends, Industry Analysis Report, By Component, By Frequency, By Spectrum, By Vertical, By Region, Segment Forecast, 2023-2032*.
<https://www.researchandmarkets.com/reports/5261951/private-5g-network-market-share-size-trends>
- Rodriguez, R. (2021). *5G Telefonica Trials And 5G First Experiences*. GSMA.
<https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/11/CITEL-MNO-Presentation.pdf>
- Ruoxi, W., Beshley, H., Lingyu, Y., Urikova, O., Beshley, M., & Kuzmin, O. (2022). Industrial 5G Private Network: Architectures, Resource Management, Challenges, and Future Directions. *2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*, 780–784.
- Samsung. (2019). *Samsung Business Global Networks*.
<https://www.samsung.com/global/business/networks/insights/blog/photo-essay-samsung-and-att-5g-innovation-zone/>
- Segura-Sampedro, J. J., Rivero-Belenchón, I., Pino-Díaz, V., Rodríguez Sánchez, M. C., Pareja-Ciuró, F., Padillo-Ruiz, J., & Jimenez-Rodriguez, R. M. (2017). Feasibility and safety of surgical wound remote follow-up by smart phone in appendectomy: A pilot study. *Annals of Medicine and Surgery*, 21, 58–62.
- Shah, S., Menon, S., Ojo, O. O., & Naghi Ganji, E. (2020). Digitalisation in Sustainable Manufacturing – A Literature Review. *2020 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)*, 1–6.
- Showkat, N., & Parveen, H. (2017). In-depth interview. *Quadrant-I (e-Text)*, 1–9.
<http://www.uop.edu.pk/ocontents/Lecture%204%20indepth%20interview.pdf>
- Thorn, E., Kimmel, S. C., Chaka, M., Virginia Tech Transportation Institute, Southwest

- Research Institute, & Booz Allen Hamilton, Inc. (2018). *A Framework for Automated Driving System Testable Cases and Scenarios* (DOT HS 812 623).
<https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/38824>
- Trakadas, P., Sarakis, L., Giannopoulos, A., Spantideas, S., Capsalis, N., Gkonis, P., Karkazis, P., Rigazzi, G., Antonopoulos, A., Cambeiro, M. A., Gonzalez-Diaz, S., & Conceição, L. (2021). A Cost-Efficient 5G Non-Public Network Architectural Approach: Key Concepts and Enablers, Building Blocks and Potential Use Cases. *Sensors*, 21(16), 5578.
- Ullah, H., Gopalakrishnan Nair, N., Moore, A., Nugent, C., Muschamp, P., & Cuevas, M. (2019). 5G Communication: An Overview of Vehicle-to-Everything, Drones, and Healthcare Use-Cases. *IEEE Access*, 7, 37251–37268.
- Vodafone Business. (2020). *Lufthansa Technik and Vodafone Business launch 5G private network*. <https://www.vodafone.com/business/news-and-insights/company-news/lufthansa-technik-and-vodafone-business-launch-5g-private-network>
- Waters, M., & Lane, C. (2020). *Connected & autonomous vehicles are the future—The West Midlands is leading the way*. <https://www.tfwm.org.uk/media/ds3ptul3/west-midlands-cav-prospectus-sept-2018.pdf>
- Wen, M., Li, Q., Kim, K. J., Lopez-Perez, D., Dobre, O., Poor, H. V., Popovski, P., & Tsiftsis, T. (2022). Private 5G Networks: Concepts, Architectures, and Research Landscape. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 16(1), 7–25.
- Wimmer, R. D., & Dominick, J. R. (2013). *Mass Media Research*. Cengage Learning.
- Xu, L. D., He, W., & Li, S. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243.
- 中央通訊社. (2022). *NCC 通過 5G 企業專網管理辦法 執照期限 10 年*. 中央社 CNA.
<https://www.cna.com.tw/news/ahel/202207130237.aspx>
- 中時新聞網. (2023). *5G 專頻專網落地驗證啟動 明年底有望完成 33 案*.
<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230913003296-260412?chdtv>
- 何沁蓉. (2021). *5G 專網將帶來什麼樣的未來-國家通訊傳播委員會孫雅麗委員專訪*.
<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=c53adc90-5a37-4c3d-b4a6-33679bdf1656>
- 國家傳播通訊委員會. (2019). *推動 IPv4/IPv6 雙軌普行方案*.
https://www.ncc.gov.tw/chinese/files/19123/5138_42448_191231_11.pdf

- 國家傳播通訊委員會. (2022). 行動寬頻專用電信網路設置使用管理辦法 草案公開說明會.
https://www.ncc.gov.tw/chinese/news_detail.aspx?site_content_sn=52&cate=0&keyword&is_history=0&pages=0&sn_f=47916
- 數位發展部數位產業署. (2022). 推動 5G 垂直應用場域實證與法規調適計畫.
- 數位發展部數位產業署. (2023). 數位發展部召開行動寬頻專用電信網路第一次審查會議. <https://moda.gov.tw/ADI/news/latest-news/6225>
- 智慧國家觀測報告. (2022). 圖解智慧國家四大關鍵科技，從不同角度帶你了解台灣的科技應用實力. The News Lens 關鍵評論網.
<https://www.thenewslens.com/feature/digi-plus/168892>
- 朱柔若. (2000). 社會研究方法－質化與量化取向. 揚智。譯自 W. Lawrence Neuman. 1996. Social research methods: Qualitative and quantitative approaches.
- 李佳如. (2007). 上司領導風格對部屬上行影響策略使用及組織承諾之關連性研究 [碩士論文, 國立交通大學, 臺灣博碩士論文知識加值系統].
<https://hdl.handle.net/11296/a42gc8>
- 林垣百. (2022). 5G 專用網路應用與發展策略-T 公司個案研究 [碩士論文, 國立臺灣科技大學, 臺灣博碩士論文知識加值系統]. <https://hdl.handle.net/11296/3df578>
- 楊玉奇. (2022). 全球 5G 專網部署與應用發展現況. 工科院產科國際所.
https://ieknet.iek.org.tw/iekrpt/rpt_more.aspx?actiontype=rpt&indu_idno=3&domain_id=43&rpt_idno=637709527
- 楊騰達. (2023). 以 5G 技術導入企業專網之研究. <https://hdl.handle.net/11296/v7d35q>
- 沈勤譽. (2019). 5G 邁向商用化挑戰多，這五大關卡最難闖. 未來商務.
<https://fc.bnext.com.tw/articles/view/769>
- 潘淑滿. (2003). 質性研究-理論與應用(第二版). 心理出版社.
- 科技會報辦公室. (2019). 我國 5G 頻譜政策與專網發展.
<file:///C:/Users/User/Downloads/%E5%A0%B1%E4%B8%80%20%E7%A7%91%E6%8A%80%E8%BE%A6%20%E6%87%B6%E4%BA%BA%E5%8C%85.pdf>
- 簡嘉南. (2021). 開放架構 5G 專網解決方案經營策略探討 [碩士論文, 國立清華大學, 臺灣博碩士論文知識加值系統]. <https://hdl.handle.net/11296/x682r6>
- 經濟日報. (2023a). 專網 4 大挑戰待努力 國家隊 ORAN 目標 2 年降價一半.
<https://money.udn.com/money/story/123317/6948774>
- 經濟日報. (2023b). 數位部通過 5G 專網申請案 初審通過七件.

<https://money.udn.com/money/story/7307/7374040>

蔡仲頤. (2023). *5G 專網建置方式與法規制定* [碩士論文,國立彰化師範大學,臺灣博碩士論文知識加值系統]. <https://hdl.handle.net/11296/2p7tb3>

鄭伊珠. (2023). *台灣 5G 專網發展現況：法規與實務* [碩士論文,亞洲大學,臺灣博碩士論文知識加值系統]. <https://hdl.handle.net/11296/b45994>

鄭鍾翔. (2021). *5G 專網雲邊協作之系統設計與研究* [碩士論文,國立臺中科技大學,臺灣博碩士論文知識加值系統]. <https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gswweb.cgi?o=dnclcdr&s=id=%22109NTTI5392009%22.&searchmode=basic>

陳宏盛. (2022). *5G O-RAN 企業專網應用策略分析* [碩士論文,國立臺灣科技大學,臺灣博碩士論文知識加值系統]. <https://hdl.handle.net/11296/uxm369>

黃再裕. (2018). *產業數位轉型引爆需求 5G 企業專網開啟通訊新藍海*. 新通訊.

<https://www.2cm.com.tw/2cm/zh->

[tw/tech/B098E3366F144FE5960E32F587A69401](https://www.2cm.com.tw/2cm/zh-tw/tech/B098E3366F144FE5960E32F587A69401)

