



# 張正尚

國立清華大學通訊工程研究所特聘講座教授

第 26 屆國家講座主持人獎  
工程及應用科學類科

## 學術專長

通訊網路理論、網路科學、高速交換機、光佇列

## 學術成就

- |      |   |      |   |
|------|---|------|---|
| 2017 | IEEE INFOCOM Achievement Award          | 2002 | 第一屆有庠科技講座（通訊光電講座）   |
| 2016 | 教育部第 20 屆國家講座主持人獎                       | 2002 | International Federation for Information Processing (IFIP) Working Group 7.3 member |
| 2011 | 國科會 100 年度傑出特約研究員獎                      | 2002 | 第三次獲得國科會傑出研究獎   |
| 2011 | 教育部第 55 屆學術獎                            | 2001 | IBM Faculty Partnership Award   |
| 2008 | 高速網路交換技術之傑出成果獲選為【「科學 50」－國科會 50 科學成就】之一 | 2000 | 第二次獲得國科會傑出研究獎   |
| 2008 | 國科會傑出學者研究獎                              | 1998 | 第一次獲得國科會傑出研究獎   |
| 2007 | 第五屆有庠科技論文獎                              | 1992 | IBM 傑出創新獎 (Outstanding Innovation Award)  |
| 2006 | 第四屆有庠科技論文獎                              |      |   |
| 2005 | 財團法人潘文淵文教基金會研究傑出獎                       |      |   |
| 2004 | IEEE Fellow(2004)                       |      |   |
| 2003 | 國立清華大學傑出教學獎                             |      |   |
| 2003 | 第一屆國立清華大學電機資訊學院傑出教學獎                    |      |   |

## 經歷

- 2017 - 迄今 國立清華大學通訊工程研究所特聘講座教授
- 2006 - 2017 國立清華大學通訊工程研究所講座教授
- 2008 - 2011 國立清華大學通訊工程研究所所長
- 1999 - 2006 國立清華大學通訊工程研究所教授
- 1997 - 1999 國立清華大學電機工程研究所教授
- 1993 - 1997 國立清華大學電機工程研究所副教授
- 1989 - 1993 IBM T. J. Watson Research Center Research Staff Member



## 精進通訊網路 帶領臺灣邁向 6G 新時代

二度榮獲國家講座主持人獎的國立清華大學通訊工程研究所特聘講座教授張正尚是國際知名的通訊網路專家，由他研發的隨機平衡與等效寬頻理論，解決了網路服務品質保證問題。1993年返臺任教後，張老師充沛的研究能量，接連提出網路系統理論、布可夫-范紐曼交換機、光佇列、網路科學、多通道會合問題等研究，皆是影響世界通訊網路科技發展的重要成果。

近年，張老師投入後第五代及第六代行動通訊技術 (5G/6G) 中超可靠低延遲通訊，以及大量連結物聯網的研究，結合眾多優秀學者心血，希望能提供未來智慧型運輸與交通系統、智能電網、VR、工業自動化與遠程醫療等應用，提供通訊服務品質之保證的理論基礎和架構，貢獻臺灣邁向未來10年的6G通訊新時代。

### 同學眼中「電腦神人」 校園演講造成轟動

張老師的父親早逝，家中生計全靠擔任小學教師的母親，也因此養成他早熟獨立的性格。原本高中成績名列前茅，老師全看

好他可以考上第一志願臺大電機系，但考試當天因心情過於緊張失常，分數落在臺大造船系，後來靠著優異的大一成績順利轉進電機系就讀。

80年代，Apple II電腦剛問世，張老師與幾位同學創立電腦研習社，自己購買電路元件，設計鍵盤、電源供應器等組裝成個人電腦。大四時，成為同學們眼中的電腦修護及破解BIOS保護程式的專家。系學會知道有這麼一位「電腦神人」邀請他公開演講，造成校園轟動，不僅擠滿容納100多人的大教室，連走廊上都滿是慕名而來的聽眾。

張老師知道如果要學習更先進的電腦資訊科技，則必須前往美國留學，但家境不寬裕，讓他和母親一度為留學費用發愁，幸好恩師李琳山教授、張進福教授與李學智教授，為他寫推薦信並尋找許多資源，讓張老師拿到哥倫比亞電機研究所全額獎學金，一圓留學夢。

張老師在哥倫比亞大學得以見識到世界一流的學術環境與各國高手，憑著

天份與努力，不但短短四年就取得碩博士學位，也在兩位共同指導教授 Prof. Mischa Schwartz (美國國家工程院院士) 及 Prof. Michael Pinedo 的共同指導下，他的博士論文解了一個近二十年懸而未決的猜想 (conjecture)。這個猜想是著名的機率和隨機程序學者 Prof. Sheldon Ross 提出，張老師以正式的數學理論證明，發展出在 Integrated Service Digital Networks (ISDN) 的應用，讓師長驚艷不已。

### 隨機平衡和等效頻寬理論 贏得 IBM 傑出創新獎

畢業後，憑著優秀的成績與師長推薦，張老師在1989年進入當時最著名的 IBM Watson Research Center 做研究，他形容這個研究中心聚集了全世界最聰明的人，和他們一起工作、一起腦力激盪，是自己成長最快速的一個階段。IBM的四年時光，張老師主要的研究成果為隨機平衡 (Stochastic Majorization) 和等效頻寬理論 (Effective Bandwidth)，為他贏得 IBM 傑出創新獎。而等效寬頻理論的提出，解決了網路隨機服務品質保證問題，兩篇成果論文各被引用超過1000次和800次。

在世界一流大公司工作，張老師無疑已擁有外人心中羨慕的功成名就，但是他知道自己內心無法割捨對臺灣與母親濃厚的感情，所以決定返臺將所學貢獻給家鄉。「或許留在美國學術成就會較大，但是回國近30年，我的生命相當豐富，經歷了很多事，那是在美國無法擁有的，而我從小在臺

灣長大，身旁都是熟悉的朋友與親戚的感覺，更是美國無法取代的。」張老師1993年返臺擔任國立清華大學電機工程研究所副教授至今已近30年，一路從副教授升至專任特聘講座教授，他的研究專長參與了臺灣通訊網路蓬勃發展的重要時期，扮演重要的領航者。

### 完成第一個布可夫-范紐曼交換機 建立國際學界聲譽

張老師首先以他擅長的網路系統理論，在1997年專注於最壞情形分析，被譽為「網路計算工具 (Network Calculus)」，並著成研究專書《Performance Guarantees in Communication Networks》，成為國際多所大學院採用教材，包括以電腦資訊見長的美國伊利諾大學香檳分校和普渡大學，這套理論也被視為現代通訊網路分析、高速網路研究的基礎，影響深遠。1999年張老師從事高速交換機的研究，提出一系列布可夫-范紐曼 (Birkhoff-von Neumann) 交換機的架構，為高速交換機的領域開闢新的研究方向。

張老師更進一步組成高速交換機的研究團隊，從理論架構、晶片設計至系統合成，完成了世界上第一個布可夫-范紐曼交換機的原型機，美國史丹佛大學 Prof. Nick Mckeown 譽為「已為高效能、高速率的交換機跨出重要的一步」，被史丹佛大學、德州大學奧斯汀分校及香港科技大學採用於正規教學課程，其架構已被史丹佛大學的研究小組採用為建造100 Terabits/sec的光交





換機 (Optical Router) · 也因為這個傑出的研究成果讓他得到第 55 屆教育部學術獎 · 而團隊成員日後在國內通訊科技發展成為舉足輕重角色。

不斷創新在網通科技研發 · 是張老師最受人稱道之處。2004 年張老師和研究團隊開始從事光佇列 (Optical Queues) 的研究。全光信號通訊具有高速、寬頻及保密性等優點 · 是未來通訊網路的發展重點 · 但目前的瓶頸在光電轉換產生之延遲及耗能 · 解決之道在創造一個實用的光佇列元件。雖然有許多團隊參與研發 · 但進展有限。張老師希望能將光封包 (optical packet) 直接儲存 · 不需轉換成電的訊號 · 突破性的理論成果 · 第一篇長篇論文收錄於 2004 年《IEEE Transactions on Information Theory》 · 並得到 2006 年第四屆有庠科技論文獎 · 後續的另一篇論文也在 2007 年獲得第五屆有庠科技論文獎。

### 動態群體檢測 為疫情貢獻心力

身為國際級的通訊網路專家學者 · 張老師每回有新的研究成果產生 · 皆是學界與業界注目的焦點 · 但和其他學者不同 · 他的研究發想不是在研究室產生 · 反而是生活周遭環境給他的靈感。「Network calculus 是在夏威夷的海灘上想到的；Birkhoff-von

Neumann switches 是在家裡看電視時想到的；Optical queues 則是在中正紀念堂欣賞夜景時。」

因此 · 2019 年年底開始爆發新冠肺炎 (COVID-19) 疫情 · 造成世界大災難 · 張老師秉著對控制疫情做出一點貢獻的心 · 著手研究 COVID-19 傳染的狀況 · 並預測未來 COVID-19 的發展。他提出一個 time-dependent susceptible-infected-recovered (SIR) 數學的模型來追蹤與預測 COVID-19 的感染人數 · 並探討防疫措施 · 包含保持社交距離 · 限制與會人數 · 以及宣導基本的衛教知識等 · 以遏止病毒的傳播。論文被 Fortune 100 的管理諮詢公司 Oliver Wyman 引用為關鍵參考 · 並做成 COVID-19 PANDEMIC NAVIGATOR 的感染人數查詢網頁 · 也被德國研究團隊的一篇科學文章「Inferring change points in the spread of COVID-19 reveals the effectiveness of interventions」引用。

### 投入臺灣 6G 研發立基礎 佈局通訊科技新世代

臺灣從 2019 年開始進入第五代移動通訊世代 (5G) · 正式名稱為 IMT-2020 · 確立三大應用場景 · 分別為增強型行動寬頻 (enhanced Mobile BroadBand, eMBB) · 超可靠低延遲通訊 (Ultra-Reliable Low-Latency Communications, URLLC) · 以及

大量連結物聯網 (massive Machine-Type Communications, mMTC) · 但是目前國內建置的 5G 通訊系統中 · 並不包含 URLLC 和 mMTC · 使得 5G 技術不足 · 因此 · 下一個通訊世代將是後 5G(B5G) · 甚至 6G 為世界各國的重點發展項目。

張老師的研究團隊提出適用於多通道無線網路多重接取之通訊協定 · 此協定可滿足包括：異步時脈、無允諾傳輸、支持大量已連接設備、保證流量和延遲。針對編碼多重存取 · 他提出波以松接收器的抽象接收器模型 · 建立完整機率分析的理論架構 · 對於 B5G/6G 網路中不同使用者的應用場景 · 提供差異化服務。

至於網路計算工具 · 張老師提出抽象的阿羅哈接收器 · 結合波以松接收器的理論架構 · 在媒體存取控制層建立一個通用的理論架構 · 不僅統一過去十年來在編碼多重存取分析的論文成果 · 更進一步對發展中的 power-domain non-orthogonal multiple access ( NOMA ) 提供分析的結果。

至於速度更快 · 頻率更高 · 更穩定的 6G 行動通訊 · 歐美各家大廠與研究機構已經開始進行規劃 · 也將 6G 視為研究重點的張老師不諱言的表示 · 6G 將是未來 10 年通訊科技的發展趨勢 · 6G 需要更多高端的技術整合 · 是國與國之間的競爭 · 猶如是一場通訊科技軍備大賽 · 臺灣要發展成熟的 6G · 需要更多的人才和研究經費投入 · 才能佈局 6G 的新時代。

### 期許年輕學子投入研究 維持長期競爭力

曾獲得清大傑出教學獎的張老師 · 為臺灣科技業培養出大量人才 · 間接造就臺灣通訊產業的榮景。在學生眼中 · 「老師對學習標準嚴格但是性格和善 · 他樂於學習新知

識的求知精神 · 是學生的榜樣。」就讀碩士班二年級的石哲璋這樣表示。而同樣是碩二生的陳柏霖認為老師邏輯清楚且常有新奇的想法 · 所以上他的課自己也收穫很多 · 有時自己碰到學習難題 · 想不出解答時 · 老師就會激勵他：「不要輕易放棄 · 再多想想 · 答案就出來了！」江冠瑩和游筱雯異口同聲表示 · 老師對自我要求非常高 · 很有自信 · 但不會自滿 · 對研究永遠充滿熱情 · 相對也影響學生在學習上不敢懈怠。

近幾年臺灣科技業發展快速 · 打著高薪 · 高分紅 · 吸引大量優秀學生就讀相關科系 · 投入相關產業當起「科技新貴」 · 相對願意進入學術研究領域的學子比例也越來越低。看在張老師眼中 · 他憂心的表示 · 科技的研發之路其實困難度很高 · 除非有極大熱忱才能持續下去 · 而大環境和年輕人價值觀改變 · 讓人才流失 · 政府有關單位該編列充裕的經費 · 留住人才 · 否則以現在學界開出的薪資 · 很難吸引年輕教授加入 · 這對長期維持臺灣科技競爭力不是件好事。

### 以自強不息自勉 永保學習熱情

張老師晉身為終身榮譽國家講座主持人 · 衷心感謝一路上的貴人相助。第一個是最敬愛的母親 · 「她是位偉大的女性 · 她的獨立堅強撐起一個家 · 讓我沒有後顧之憂的念書 · 我非常佩服她！」第二個就是臺大的三位恩師聯合撰寫推薦信 · 找資源 · 讓他可以出國求學 · 人生完全改觀 · 另外 · 他也不忘感謝清華大學歷任校長對他研究計畫的支持 · 與那些曾經和他一起關在實驗室打拼的戰友。

「自強不息」是張老師奉行一生的座右銘 · 對學習新知永遠抱有熱情 · 他也同樣勉勵新一代的研究學者持續探索未知的領域 · 確立研究目標 · 付出熱情完成 · 貢獻所學 · 終究能獲得屬於自己的舞臺。