

HON HAI
RESEARCH
INSTITUTE 2021
YEARBOOK

HON HAI
RESEARCH
INSTITUTE 2021
YEARBOOK

鴻海研究院年鑑

2016 2017 2018 2019 2020 **2021**

CONTENTS

目錄

-
- 院長的話**
- 4 鴻海研究院願景與使命——
產業技術知識平台 讓世界看見台灣的影響力……………劉揚偉
- 6 **諮詢委員簡介**
- 執行長的話**
- 8 專注前瞻科技 X 掌握問題核心——
扮演轉型樞紐 開啟定義未來的可能……………李維斌
- 定義未來**
- 10 打造無法超越的門檻——
聚焦第三類半導體 搶攻電動車核心優勢
- 14 迎接智慧車聯網時代——
通訊、AI 與資安技術 共構可信任的新產業生態系
- 18 開啟追尋「聖杯」之旅——
啟動量子電腦布局 迎接技術典範轉移
- NExT Forum**
- 22 資通安全研究所：
建構電動車資安系統 以開放生態迎接新挑戰
- 26 人工智慧研究所：
數位經濟時代 以 AI 帶動軟體產業是重中之重
- 30 量子計算研究所：
離子阱量子電腦 打造下一座護國神山
- 34 半導體研究所：
化合物半導體 台灣再下一城池的新契機
- 38 新世代通訊研究所：
從 5G 應用與技術發展出發 描繪 6G 世界藍圖
- 42 **論文重點摘要**
- 79 **鴻海研究院大事記**
-

總編輯 李維斌
專案統籌 溫怡玲
美術設計 Javick Studio、鄭琬蓉
採訪協力 溫怡玲、楊育青、陳梓元
發行人 劉揚偉
出版者 鴻海研究院
地址 236 新北市土城區自由街 2 號
出版日期 2022/05/20

All Rights Reserved. 版權所有，翻印必究

圖片提供：鴻海科技集團、財團法人人工智慧科技基金會

願景
定位

DEFINE
THE
VISION

鴻海研究院願景與使命

產業技術知識平台 讓世界看見台灣的影響力

文／鴻海研究院 院長 劉揚偉

成立鴻海研究院，起心動念來自兩個方向：身為台灣營收最多的企業，對社會與產業可以有什麼貢獻？企業又應該如何維持技術成長動能，永續經營？而貫穿這兩個方向的核心價值，則是重視「基礎」與「分享」的組織文化。

維持成長動能、永續經營是每家企業最重要的挑戰，而前瞻的技術研發則是帶領鴻海集團持續前進的動力。過去研發的工作由各事業群負責，但由於業績有起有落，如果業績下降通常第一個被擱置的預算就是研發。然而，研發不應被視為費用，而是對於未來的投資。

因此，我們決定成立鴻海研究院來擔綱研發工作，事業群則負責產品製造、營運與獲利。而在請教過諮詢委員和業界先進的意見後，我們很明確定位由研究院負責未來三到七年的前瞻技術研發，而三年之內的研發，也就是將已成熟技術產品化的工作，仍然由事業群負責。

以技術驅動 提高台灣的全球能見度

研究院下設五個研究所，其中 AI、半導體和通訊都是與集團 3+3 計畫（指「三大未來產業」與「三大核心技術」，前者為電動車、數位健康、機器人；後者為人工智慧、半導體、新世代通訊）密切相關的關鍵技術，而資通訊安全則是每個領域都要關注的問題；展望未來五年，量子計算無疑是最具顛覆創新爆發力的科技，也是必須提早布局的重點。因此從研究院的架構，可以看出我們對未來技術的布局。

更重要的是，從過去到現在，鴻海集團在科技製造服務業累積豐碩成果，也一直是全世界關注的焦點。若從台灣的角度出發，期待世界更深入了解台灣產業的技術成長與影響力，相信鴻海會是最佳平台之一。

那麼，我們期待讓世界看見什麼？

大家都知道，過去半世紀台灣產業以製造代工見長，早期是 Microsoft、Intel 的產品製造夥伴，接著又是 Google 和 Apple 等大型科技公司不可或缺的合作對象。但雖然如

此，面對全球供應鏈快速重組與產業轉型的挑戰，未來已經無法再倚賴過去的方式創造價值時，必須重新思考：台灣既已累積很多經驗與能力，為什麼不能突破代工格局，發揮技術影響力，在全球產業扮演舉足輕重的角色，共同定義未來？

讓世界看見台灣的技術影響力，更認識台灣，這是鴻海研究院的使命與定位。

做為一個開放的平台，從 2020 年開始，我們透過每年 10 月鴻海科技日（HHTD）、每季固定舉辦科技論壇 NExT Forum，以及多種產業科普內容的推廣，找國際知名專家學者介紹關鍵產業技術進展，並結合台灣產學研界研究成果，毫不藏私地與各界分享，提升台灣產業技術能見度，並擴大影響力。

重視分享的文化 打造知識平台

分享（sharing），是鴻海研究院最重要的基本精神。我在台灣出生、受教育，後來在美國創業，明顯感受到西方社會對於分享的重視，使得他們很快速累積知識與文明，透過各種方式擴大影響力，進而形塑了我們如今的生活模式與產業遊戲規則。

例如專利制度，很多人誤以為是為了保護智財權，其實保護只是手段，真正目的仍是分享。透過給予保護和誘因的制度設計，鼓勵大家分享發明研究成果，而後續研究者就可以在前人的基礎上，繼續延伸或提升。藉由這樣的制度設計，不須浪費人類的聰明才智重複地研發，還能集合眾人之力，有效累積既有知識並持續精進。而這正是我們推動平台的基本精神。

另一個重要的基本精神，則是對於知識基礎（fundamental）的認知與思考。過去台

灣教育因為產業型態的關係，偏重於應用，而缺乏對基礎與本質的深入探究。然而，面對快速變動且愈趨複雜的產業未來，唯有掌握最基本的道理，才能撥開資訊喧囂迷霧，洞察可能的變化方向；也只有真正了解基礎，才有辦法深入淺出、提綱挈領地分享。

三大尊重 奠定鴻海轉型基礎

研究院的成立，是鴻海集團 F3.0 轉型的里程碑，但轉型並不只是研究院的工作，是集團每個事業體與研究院共同的目標。因此我們有相同的三個基本原則：尊重文化、尊重制度與尊重個人。

鴻海集團成立四十多年，是由過去累積的許多傳統打造出今日成就，因此有其存在價值，是我們必須尊重的。而制度則是多年來集體智慧濃縮所在，也是維繫集團正常運作基礎。如同美國百年來的強大，來自於良好制度，可以維持穩定運作且不斷進步，不會因人而異，同樣值得尊重。

至於尊重個人，則是期待每位同仁認同自己的工作，不僅能夠有使命感、有熱情、承擔責任，可以在自由的環境中發揮專長，貢獻組織的同時，也實現自我價值。

鴻海研究院 2021 年元月正式掛牌，至今已滿一年。在執行長與各位所長的帶領下，對於未來發展方向已有共識，雖然仍有進步空間，但成果已令人相當滿意。未來，透過研究院團隊的分享與合作，相信必定能夠走向我們所期待的未來。

諮詢委員簡介



張懋中 博士

現任洛杉磯加州大學電機工程學系講座教授。對高速半導體元件和高頻無線及混合信號電路在通信、雷達、聯結、攝像等系統晶片的研究及開發貢獻卓著，在基礎研究和實際應用領域更是首屈一指。近年持續在可重組人工智慧積體電路、無線通信系統及兆赫波之研究有開創性之成就。曾任國立陽明交通大學校長。

“台灣步伐要加大，要更能欣賞和鼓勵特立獨行的人，走出不同的路。鴻海研究院不僅是技術交流平台，更有機會具備定義市場、定義未來的能力，最後進一步定義產品，帶動產業轉型升級。”——張懋中



郭大維 博士

美國德州大學奧斯汀分校電腦科學博士，國立台灣大學資訊工程學系教授，並為 ACM Fellow、IEEE Fellow、歐洲科學與藝術學院院士、美國國家發明家科學院院士，2019年8月起借調擔任香港城市大學李兆基講座教授兼校長資深顧問暨工學院院長。研究專長領域是非揮發性記憶體之軟體與嵌入式系統、即時系統、快閃記憶體系統、神經元計算、儲存系統。曾任國立台灣大學學術副校長及代理校長。

“面對未來趨勢，我們必須掌握產業核心技術，從「勞力密集」走向「腦力密集」。鴻海研究院的設立不僅代表著數位轉型與產業升級，更重要的是重新樹立台灣未來企業的標竿。”——郭大維



張慶瑞 博士

張慶瑞博士，中原大學講座教授，並為國際電機電子工程師學會會士（IEEE Fellow）、美國物理學會會士（APS Fellow）、俄羅斯國際工程院院士。主要研究量子計算，自旋電子學、磁記錄原理及應用、巨磁阻來源與應用、拓樸絕緣體與二維電子系統的自旋傳輸、介觀尺寸磁性體的動態翻轉機制等。曾任國立臺灣大學代理校長。

“量子科技近年發展快速，然而國內大型企業卻鮮少有準科研領域的長期投入，台灣不論是硬體還是軟體，應該需要快速追趕。鴻海研究院定義的都是全球未來發展方向，極具前瞻性。”——張慶瑞



李開復 博士

李開復博士為全球知名 AI 專家，2019年起出任「世界經濟論壇」第四次工業革命中心的人工智慧委員會聯席主席。於2009年9月在北京創辦關注人工智慧和前沿科技、機器人和自動化、晶片/半導體、醫療科技等方向的投資機構「創新工場」擔任董事長兼首席執行官。李博士著有《AI 2041》、《AI 新世界》與《人工智慧來了》等書籍。曾任職於 Apple、微軟、Google 等科技公司。

“AI 人工智慧正處在高速發展的階段，我將與鴻海研究院一起將 AI 作為基礎設施，與自動車、智慧醫療和機器人等場景深度融合，開啟新一波智慧化產業技術的應用創新能力。”——李開復



吳宗成 博士

國立臺灣科技大學資訊管理系特聘教授、財團法人電信技術中心董事長，專精密碼學與資訊安全、資料庫設計及資料工程領域，並致力於資安人才培育，有豐富產官學研合作經驗，貢獻專業所學於實務場域，為資安研究領域注入能量。

“資安雖尚未構成完整的產業鏈，但已逐步從「專業化」走向「生活化」，成為我們日常生活中必須面對的課題。人才是產業發展的基礎，我將與鴻海一同延續資安人才培育，厚植產業資安能量。”——吳宗成

專注前瞻科技 × 掌握問題核心

扮演轉型樞紐 開啟定義未來的可能

文／鴻海研究院 執行長 李維斌

研究院正式掛牌滿一年，在集團轉型的關鍵時刻，經過 2021 年的摸索嘗試，並展望國際趨勢，可確認專注 3+3 未來產業及核心技術的方向是正確的。而賦能集團、為科技研究創造價值的願景，也已有具體目標和策略，相信不只能成為鴻海集團轉型樞紐，更將是台灣產業整體發展的重要動能。

這一本年鑑，對於鴻海研究院而言意義重大。首先是我們這一年來的努力，包括每季論壇「NExT Forum」邀請重量級專家學者引介前瞻技術、發表多篇論文，以及積極展開與國內外相關產官學研究各界的合作。期待這只是起點，未來的產出將持續展現鴻海對外呼籲之價值主張、滿足鴻海內部發展需求、並作為台灣產業發展之政策參考。

身為鴻海集團轉型的重要樞紐，研究院也積極實踐轉型的核心：我們相信跟著科學走才能引領，回到基礎才能掌握關鍵核心；研究院會持續聚焦問題本質，以問題定義為研究方向發展有價值的前瞻技術。

要達成這個目標，我們深信分工、分享是重要的基本價值，研究院要和全球最頂尖

的機構、學校合作，透過產學研協作，加速累積研究的成果，以科研實力再創全新的護國群山。

同時，研究院也要在層級分明、結構複雜的傳統組織，與靈活、創新、大膽的組織間建立分工分享的溝通橋樑。集團有足夠資源探索各種的構想並實驗不同的流程和營運方式，透過研究院掌握新興科技趨勢，更可能發現具有定義未來潛力的商業模式，有效因應不斷迭代的數位挑戰，創造新機會。

而成就這一切，對的人才、好的人才至為關鍵，因此延攬人才也是重中之重。除了廣納國際優秀人才，培養集團有志研究的人才至研究院進行前沿科技研究，同樣也是布局未來的重大工程。

以鴻海的規模與對市場的靈敏度，加上研究院對科學技術的掌握，我們所聚焦的前瞻議題勢必對國家產業政策有相當幫助。因此研究院會持續不藏私地以論文、論壇、科普、專利等方式公開研究成果，擴大實踐企業社會責任，對台灣產業轉型及新世代人才培養帶來積極正面效益。

定義
未來

DEFINE
THE
FUTURE

打造無法超越的門檻

聚焦第三類半導體 搶攻電動車核心優勢

車用半導體已成全球企業與各國戰略布局關鍵，而積極投入第三類半導體材料與技術研發，將是決定台灣產業核心優勢的關鍵之役。

無庸置疑，電動車（Electric Vehicle）是這個世紀至今最具成長動力，且有潛力顛覆創新現有生態系的產業。早在 2021 年 1 月，美國電動車大廠特斯拉市值就超過包括豐田、福斯、通用、現代……等十大汽車集團總值；而全球各科技大廠和傳統汽車廠也展開跨業合併與收購，布局交通行動服務（Mobility Service）、車載系統，以及零組件供應等不同戰略位置。

而鴻海集團以全球最大電子製造代工廠

的優勢與視野，一方面在 2020 年號召成立「MIH 電動車聯盟」，吸引全球超過 2,000 家企業投入，從材料、軟體、硬體到系統整合，打造車載系統研發平台；另一方面，也由鴻海研究院半導體研究所擔綱，聚焦於前沿基礎技術研發以及國際學術合作，提供強力支援。

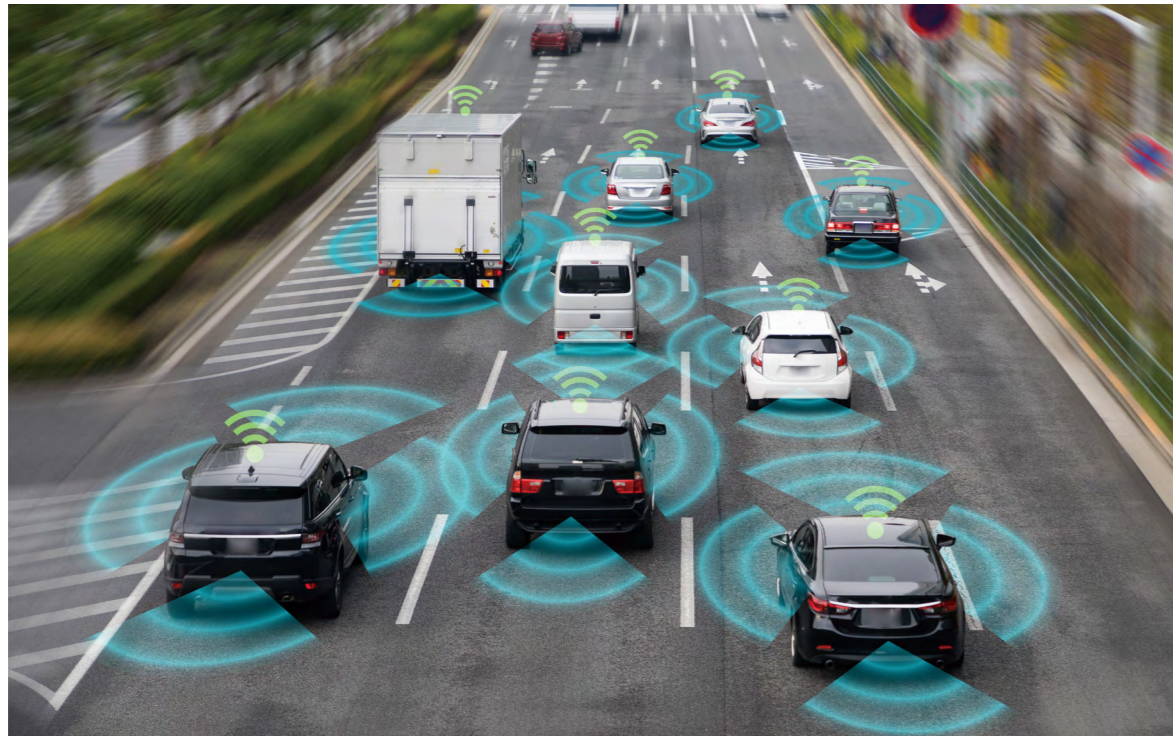
第三代半導體與光達研發 聚焦核心價值

鴻海研究院半導體研究所所長郭浩中表示，半導體研究所在鴻海研究院諮詢委員、國立陽明交通大學前任校長張懋中的指導下，從 2021 年起進行與電動車相關的重要技術研發，一是被稱為自駕車眼睛、簡稱「光達」的感測器 LIDAR（Light Detection And Ranging），另一個關鍵技術則是第三代寬能隙半導體（Wide Band Gap, WBG）。

郭浩中指出，目前 Level 2 等級電動車所配備的先進駕駛輔助系統（ADAS, Advanced Driver Assistance Systems）是否可以順利運作的關鍵，在於內建的感測器。而隨著這幾年自駕功能等級的提升，車用感測器的主力從相機、紅外線、超音波、攝影機改變為毫米波雷達，而如果要達到 Level 4 等級，需要更高精密的感測器，勢必要採用光達與 AI 的結合。

光達除了能更精密偵測距離、位置和形狀之外，還可以透過向各個方向照射雷射，捕獲更大範圍的狀況，也就是視野會比現有的技術更寬廣。但在惡劣天候條件下，偵測能力同樣會受影響，且與目前最常用的毫米波雷達相比，成本相對昂貴許多，這些正是必須透過技術研發來突破的關鍵問題。





解決電動車產業發展三大痛點

另一個關鍵技術則是世界各國競相投入的兵家必爭之地：第三代半導體，或稱為化合物半導體。

鴻海研究院院長、鴻海科技集團董事長劉揚偉說明，目前電動車研發有三大痛點，分別是充電時間太長、電池續航力不足，以及售價太高。而要解決電池與成本過高的問題，都必須回到基礎問題，也就是半導體的效能與功能。

回過頭來看半導體的發展，過去依循摩爾定律的發展幾乎已到物理極致，鴻海研究院諮詢委員張懋中表示，要繼續維持半導體的成長，可以從效能擴張與異質功能整合著手，而效能與功能都可以從材料著手。

半導體材料演變，從第一代的矽、第二代的砷化鎵（GaAs）／磷化銦（InP）、演進到如今以氮化鎵（GaN）及碳化矽（SiC）為主的化合物半導體。第三代寬能隙半導體（Wide Band Gap, WBG）材料提升更高的操作電壓，產生更大的功率，並且降低損耗，與矽元件相比，體積又可大幅縮小，正好符

合電動車、5G 通訊與再生能源等相關應用的需求，不僅大廠爭相投入，全球先進國家幾乎毫無例外，都將其視為發展戰略重點。

產學界投入碳化矽、氮化鎵元件研發

由於化合物半導體耐高壓、耐高溫的特性，「愈高壓愈能省電、充電速度變快，」郭浩中指出，這正好能夠解決電動車充電時間太長、電池續航力不足的問題，所以投入第三類半導體的研究與製造，將成為未來電動車市場的致勝關鍵。

根據全球市場研究機構 TrendForce 調查，2025 年，全球碳化矽半導體元件市場規模將達 33.9 億美元（約 940 億台幣），其中新能源車相關應用約占 61%。郭浩中從電動車最重要的「三電系統」分析，也就是電池模組、電驅系統以及電控，其中電驅系統就是功率半導體。若由成本結構來看，整台車當中，電池占比最高，約占三分之一至 40%，半導體占 30%，可見半導體的重要性。

而第三類半導體中最常被提及的碳化

“ 鴻海最大優勢，就是背後有龐大的出海口，從先進技術研發、產品設計與量產，再加上出海口，這條路打通，對台灣產業是非常大的機會。 ”

矽和氮化鎵元件，各有不同特性。與碳化矽比較，氮化鎵具有更高的介電強度和更高的電子遷移率，因此各項指標都大於碳化矽，顯示氮化鎵功率元件具有優異性能。所以利用氮化鎵材料作為電力電子元件的基板不僅限於學術界，許多微電子領域的大公司也在投資研究氮化鎵解決方案。

有效降低成本 可大幅加速商業化

以氮化鎵為材料的電力元件，市場規模從幾年前僅千萬美元，成長到 2020 年近 140 億美元，且在整體化合物半導體裝置占比已超過 42%，預估 2025 年可達到 181 億美元規模，複合年均成長率預估 5.6%，前景十分令人看好。

從應用面來看，氮化鎵應用包括變頻器、變壓器與無線充電，為國防、雷達、衛星通訊與無線通訊基地站等無線通訊設備的理想功率放大元件。

而氮化鎵當前最大的挑戰在於開發成本依然太高，透過學術跟產業界的互補結合，從氮化鎵晶體成長，到光學設備研發，再到能源及無線傳輸，都需要有更多創新應用上的突破。特別是，如果成功研發出降低氮化鎵元件成本的技術，將能夠大幅加速商業化應用的進程。

整體而言，隨著電動車產業的普及與發展，市場對高效能電源管理的需求將隨之成

長，因此國際半導體大廠、晶圓廠、代工廠等無不積極投入第三類半導體相關產品及技術發展。郭浩中表示，鴻海最大優勢，就是背後有龐大的出海口，「從先進技術研發、產品設計與量產，再加上出海口，這條路打通，對台灣產業是非常大的機會。」

結合既有優勢 布局新世代的關鍵契機

機會，來自於兩個方向。郭浩中指出，過去台灣汽車產業無法突圍而出，原因在於燃油車所需要的引擎、傳動軸等機械零件並非台灣企業強項，但是「電動車像是裝上輪子的手機，」挾著資通訊王國的經驗與強大製造能力，台灣已經先立於不敗之地。

再來，則是台灣長期累積第一類半導體的成功經驗，供應鏈完整且穩定，無論是製程、良率都很難被其他國家超越，若能將這樣的經驗快速移轉到第三類半導體的製造，將會比其他國家更快掌握優勢。

放眼長期發展，鴻海研究院已經與耶魯大學、香港城市大學與陽明交通大學合作，共同投入氮化鎵元件研發，並與工研院專案合作開發碳化矽模組。郭浩中說，若以電動車領域而言，等於從第三類半導體材料，到中下游的模組與整車都能做，進一步發展成為 IDM（垂直整合製造廠），將使得電動車生態系發展更為完整，也是台灣半導體產業拉出下一條成長曲線的絕佳機會。

迎接智慧車聯網時代

通訊、AI 與資安技術 共構可信任的新產業生態系

結合安全、可信任與穩健的技術，智慧車聯網不只改變人們對於「交通」的印象，並且將徹底翻轉產業遊戲規則。

想像一下，當智慧車聯網成真之後，我們的生活可能會變成這樣：上下班途中不再遇到塞車問題，一路綠燈暢行；外出談業務時，不必再多花 20 到 30 分鐘找停車位，手上的 App 會通知我們哪裡有空位，或者車子可以自己停妥，根本不需費心。什麼時候該充電、到哪裡充電最方便，車子和路邊的充電樁可以直接連線，同樣一氣呵成。

這樣的未來，離我們並不太遠；但要達到這樣的理想，其實也並不太容易。鴻海研究院在 2021 年元月正式掛牌後，新世代通訊研究所、人工智慧研究所，以及資通安全研究所，共同投入智慧車聯網相關技術應用研究，期待在這個產業典範轉移的關頭發揮技術研發關鍵力量。

從 2020 年到 2021 年，由於技術持續突破、淨零碳排的壓力，以及鴻海集團積極投入號召成立電動車平台，使得電動車成為新

世代最具發展潛力的產業。不過，除了車子本身，必須要有其他配套才能成就智慧行動的願景，而智慧車聯網就是其中的關鍵，藉由智慧車聯網技術發展，不但提升產業，也能強化交通安全與效率。

智慧、連結與安全 缺一不可

鴻海研究院執行長兼資通安全研究所所長李維斌指出，智慧車聯網組成的兩個關鍵就是「智慧」跟「連結」，智慧的關鍵是人工智慧，連結則必須倚賴通訊技術；而由於交通、車輛都與生命安全直接相關，因此，確保資通及數據安全、保障隱私，必然是貫穿車聯網技術的基礎建設，不可或缺。

連結自帶智慧的車，其中牽涉到的不只是車，影響的也不只是車。智慧交通有四大關鍵組成：車、路、人和環境。電動車只是其中的重要環節之一，必須和其他三大關鍵

組合起來，以通訊、人工智慧與資安技術為基礎，透過系統性思考，拆解其中關聯與動態變化的各種可能性。

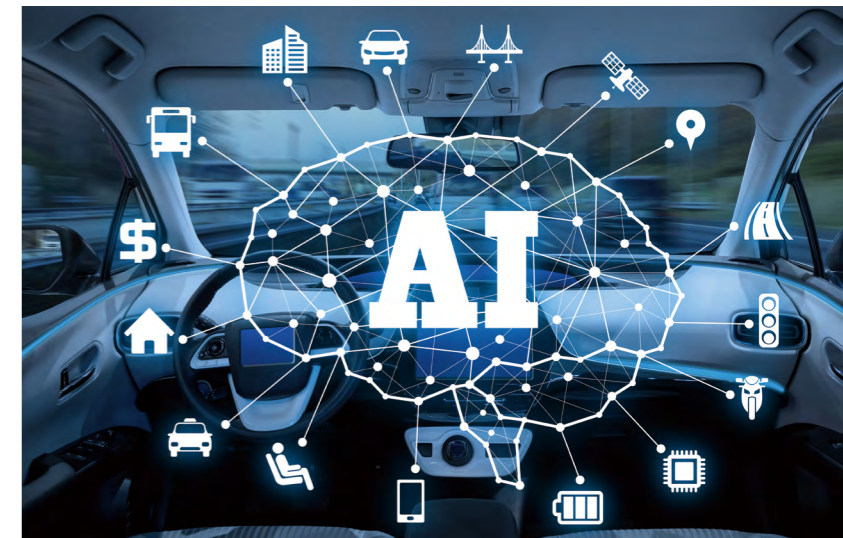
李維斌說，最簡單的拆解方式是分成訊息「輸入」、「處理」和「輸出」三個步驟，輸入的是由各種感測器（sensors）所蒐集到的資料，處理則由人工智慧判斷、預測，進而輸出訊息給車輛或紅綠燈以採取具體行動。

連結車路資料 快速掌握全局路況

新世代通訊研究所所長吳仁銘解釋，在輸入階段，連結是非常重要的。因為單一車雖然自己有感測器，雷達、光達（Lidar），也已經有自駕功能，但因視角有限，例如被前車擋住或受限於原本的視線盲點；或者環境的限制，像是看不到轉彎之後的路況、太遠看不清楚，或暴雨、濃霧影響視線，所以蒐集的資料還是不足的。

若要掌握全局路況，首先當然必須跟其他車輛合作，連結、分享各自取得不同角度與不同時間的資訊。同時，還要連結路側單元（Roadside Units），例如智慧電線桿、智慧路燈等，它們可以一天 24 小時在固定位置收集資料，再跟每台車輛不同的感測結果連結在一起，才能有完整、精準、且能夠幫助自駕車的資訊。

舉一個最簡單的例子，有行人闖紅燈穿越馬路，某台小客車的視線卻正好被旁邊公車擋住，沒辦法看見。但是如果在智慧車聯網的環境下，雖然駕駛人看不到違規的行人，但路旁的智慧紅綠燈、路燈或者旁邊的車輛都已經感測到這件異常行為，並且立刻傳遞訊息到車上，駕駛人可以馬上踩剎車。



假設是無人駕駛的自駕車，速度可能更快，在不到一秒的時間裡傳遞給無人車，立即減速閃避，避免事故發生。

快速判斷有用資訊 動態調整

要蒐集多大範圍的道路資訊才足夠？這會牽涉到資料處理量、處理速度以及反應速度的問題。

吳仁銘指出，每台車以自己為中心，會有一個蒐集數據、交流互動的範圍，稱為關注區域（Region of Concerns）。隨著車輛的移動，一環接一環，每台車有它需要在意的範圍大小，只要超過範圍之外的資訊，價值就不大。而如果將這些範圍外的資訊全部蒐集並拿來分析，反而會降低效率甚至有害行車安全。

當然，區域關注的範圍大小會變動，例如在市區道路，5 公里外發生的事情可能已經跟你無關了，但高速公路上距離 10 公里遠的車禍，或許就會影響後面 20 分鐘內所有將經過這個路段的車輛。該如何判斷多大的範圍最恰當？必須透過蒐集更多資料並進行分析後，逐步優化、隨時調整。

或許大部分的人都知道，目前 Google

地圖的路線規劃就有這個功能，透過不同顏色標示，讓使用者可以看到哪個路段車流量多，可以隨時選擇切換到最快抵達的路線。不過，這同樣只是起步。

影響資料判別的重要因素

車聯網的發展有不同進程，像車流量多寡就是透過感測、蒐集資料後連結送出；接著不同來源與型態的資料必須融合，再下一步才能做出判斷：是不是重要、是不是緊急、是否需要應變，是不是需要重新規劃路線？

吳仁銘指出，在思考這些問題時，影響通訊系統配置規劃的考慮點主要是「不同訊息來源」、「距離遠近」，以及「不同發生時間」。他指出，「年紀愈大的訊息愈不重要」，如果是緊急的訊息，像 2021 年發生的太魯閣號事件就必須立即處理，如果當時已經有類似的智慧系統，是有機會阻止悲劇發生的。

而在考慮智慧車聯網的技術與系統配置時，資通訊安全是至關重要的前提。

李維斌從資通訊安全角度補充說明，判別來源和完整性，同樣是在資料輸入時就必須確認的關鍵事項。

車聯網系統環節多 被攻擊風險大

他指出，車聯網的系統有太多環節，某個環節出問題就會延伸，影響所及，變成整個系統的問題。就資安的角度來看，我們熟悉的網際網路其實只有一個入口，只要確保那個入口安全就可以。然而自駕車與智慧車聯網整合許多系統，可以被被攻擊的切入點很多。甚至於，因為車子都在外面跑，環境與天氣的因素變化多端，所以資安問題不見

得都是人為造成的。

例如交通號誌可能被駭客入侵，使得經過的車輛錯把紅燈當綠燈，但也可能因為天氣因素，造成連結中斷或連結錯誤；甚至自駕車更新軟體時也很可能出錯，這些都必須考慮並預防。李維斌舉例，例如原本應該由 A 紅綠燈送進來的資料，會不會其實是 B 紅綠燈的資料？來源出錯，後續的處理和輸出都跟著錯。再來，送進來的資料是完整的嗎？中間有沒有被刪改過？如果被刪改了又要如何應變？這些都是一開始就必須處理的問題，才能確保智慧車聯網的安全。

兩層次資料處理 AI 快速應變提升安全

當確認資料安全無誤輸入後，就進入「處理」階段，處理數據最重要的應用技術就是人工智慧。人工智慧研究所所長栗永徽表示，人工智慧的處理可以分成 Low Level 與 High Level 兩個不同層次。前者包括物件偵測，例如辨識出汽車、腳踏車或是行人；接著是物件分割（Object Segmentation），標出哪個物件在哪個畫素。這個階段的工作必須做得很準並且夠快，一秒要有 30 格（Frame），也就是超過人類肉眼所能夠感知的真實速度。

至於 High Level 則必須做到軌跡預測，如果有行人從左前方走來，然後走到正前方，接下來就能夠預測他會走到右前方。人工智慧可以預測每個物件的下個時間點會在哪个位置，並根據這個預測來做下一步的計畫，接著就會發出指令採取行動。從資料輸入、資料處理到採取行動，這些速度都比人快很多，因此應變的時間和空間比較大，也才能提升行車效率和安全性。

由於 AI 演算法的不透明性、複雜性與不可解釋性，在這個處理過程中，當然對資訊安全是很大的挑戰，「攻擊可能透過原始資料、模型，甚至是雜訊干擾進行，」李維斌舉例，如果衣服上有一個人眼無法辨識但足以干擾鏡頭判讀的圖形，很可能就讓自駕車誤判穿上這件衣服的人「不是人」。防止這種干擾的技術現在已經相當普遍，「必須採取預防措施，不能等出問題再亡羊補牢，」他強調，維護 AI 本身的安全、可信任和穩健性，是智慧車聯網能否發展的重大問題。

產業遊戲規則轉變「可信任」為關鍵

另一個關注重點，智慧車聯網的價值並不只在於安全，還能夠讓我們的交通更加便利。栗永徽和吳仁銘分別舉例，未來車子充電能夠自己找到最近的充電樁、進而發展出車輛能源管理系統；或者紅綠燈時所有的車輛能夠同時起步，節省後車等待前車的時間……這些都是不用多久就能夠看到的未來。

「這是遊戲規則徹底轉變的時刻，」李維斌指出，從自駕車、智慧車聯網到智慧城市一連串的技术發展，必須倚賴通訊的速度與穩定度、AI 的可信度與安全性，以及對於資訊安全的保障，才能夠逐步建構完成，「電動車無法容忍次級品，『還算安全』是無法接受的。」

因此，電動車與智慧車聯網的技術提升之後，不僅讓車輛產業全面升級，同時也建構起可信任的新產業生態系。李維斌強調：「可信任，不只是車子的機會，」無論通訊技術、AI 與資安，都必須在這樣的基礎上發展，「未來的企業會分成兩種，安全的與不安全的。」

“

新世代通訊研究所 吳仁銘所長

車聯網的發展有不同進程，像車流量多寡就是透過感測、蒐集資料後連結送出；接著不同來源與型態的資料必須融合，再下一步才能做出判斷：是不是重要、是不是緊急、是否需要應變，是不是需要重新規劃路線？

人工智慧研究所 栗永徽所長

從資料輸入、資料處理到採取行動，這些速度都比人快很多，因此應變的時間和空間比較大，也才能提升行車效率和安全性。

資訊安全研究所 李維斌所長

這是遊戲規則徹底轉變的時刻，從自駕車、智慧車聯網到智慧城市一連串的技术發展，必須倚賴通訊的速度與穩定度、AI 的可信度與安全性，以及對於資訊安全的保障，才能夠逐步建構完成。

”

開啟追尋「聖杯」之旅 啟動量子電腦布局 迎接技術典範轉移

無論談到人工智慧、半導體或通訊技術的發展，最後幾乎都會帶上一句：「除非量子電腦出現，才有可能改變現況。」量子電腦，無疑是最具顛覆力的下個世代技術。

量子運算，無疑是學術界與產業界公認最具顛覆性與創新能量的技術，從人工智慧、密碼學、化學、金融到生物科技等不同領域，都可能因此產生下一個典範轉移。因此，各國政府、科技大廠包括 IBM、Intel、Google、微軟……早都已投入研發資源。

鴻海集團是台灣目前積極投入量子研究的企業之一，研究院設立量子計算研究所，並成立離子阱（Ion Trap）實驗室。整合軟硬體技術研發，預計五年內推出 5 到 10 位元開源、可編碼離子阱量子電腦，作為中、長期可擴展量子電腦的平台原型。

投入量子研究領域，是鴻海集團下一個世代發展策略的重要布局，對台灣產業而言，更是重要的宣示，甚至也是對學術界的一劑強心針。

量子產業距離成功不只一步

量子計算所所長謝明修指出，量子電腦雖然被視為下世代最具顛覆力的技術，但到

目前為止，距離成功還有許多待解的關鍵議題。例如現在最先進的量子電腦差不多有一到兩百個的量子位元 (Qubits)，差不多在 10 的平方這樣的數量級。但一台真正有實用性的量子電腦，需要 10 的 6 次方到 10 的 8 次方個量子位元，因此如何做大 (Scalability) 將會是關鍵。謝明修舉例，100 個量子位元就需要一個房間大小的設備的話，如果更大規模要怎麼設計？這預計將會是未來五年的研究熱點，也是量子所關注的關鍵議題。

量子電腦要能夠真正形成產業，技術的突破只是基本，還需要產學研所構成的生態系統，三方相互支持，才會帶動產業興起。雖然從 2020 年開始，量子研究在台灣逐漸被重視，政府也開始投入量子運算資源，但這只是起步。

謝明修說，有了資源的挹注後，通常會吸引老師帶著學生投入研究，就算原本不是量子計算專長的老師，也會想辦法切入，也因此能刺激學校培養出一批熟悉量



子計算的專家。

要有整合框架才能快速前進

「這些人培養出來之後，要去哪裡？不可能都在學校，」謝明修坦言，接下來就需要產業提供舞台，吸納從學校訓練出來的人才，亦即，必須有足夠強大的產業力量，才能帶動正向的人才流動循環。而鴻海研究院正在扮演這樣的角色，接軌學術界與產業界，把人才的科學專業知識轉換成可實際應用的量子工程技術。

同時，這些人才還需要跨領域的知識，因為打造一台量子電腦，需要硬體加上軟體配套，硬體控制涉及傳統電機系相關技能，軟體除了軟體工程訓練之外，也需結合量子知識，才可能讓量子電腦實現。

鴻海研究院離子阱實驗室主任林俊達表示，量子電腦的研發在起步階段就必須有系統整合的概念，不只是專注於個別學術成果與論文的產出，更需要實質面的跨界整合，

在一開始就建立完整的布局 (Roadmap) 與系統性思考，從科學、技術到產品研發，硬體到軟體，都有具體的整合框架。他強調，只有透過這樣的方式，才能互為援引，快速累積經驗與分享研究成果，「整合才能前進，而鴻海最適合擔任這個整合的角色。」

以離子阱突破量子電腦門檻

林俊達坦言，鴻海投入離子阱實驗室，對於基礎物理界是很大的強心針。那麼，離子阱是什麼？鴻海為什麼選擇投入研發離子阱？這必須從量子電腦的原理談起。

不同於傳統電腦以 0 或 1 的位元 (Bit) 處理資料，量子電腦 (Quantum Computer) 是以量子位元作為運算單元，最大的特性就是能夠同時為 0 和 1，如果有 N 個量子位元，那它們就可以有 2 的 N 次方個基本態的疊加，代表 2 的 N 次方個同時存在的狀態，因此能展現出驚人的量子平行性，提升指數加速的運算能力，量子電腦也因此能進行大量

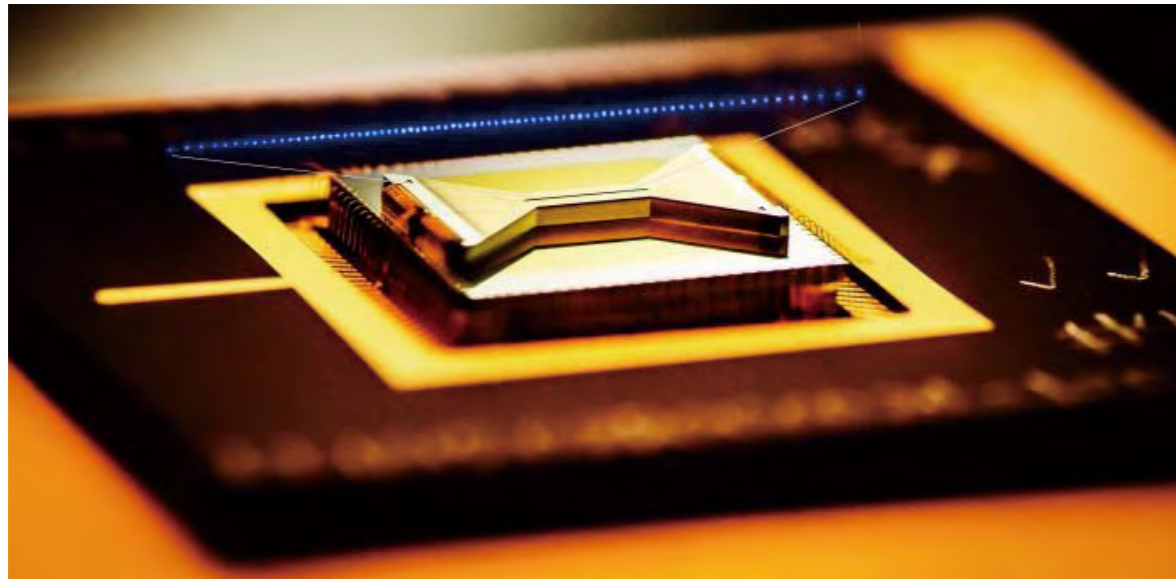


Photo Credit: K. Hudek, IonQ

資料的平行運算。

因此，打造量子電腦的重點技術在於量子位元的設計與位元間的操控，目前有幾個發展中的技術系統，包括超導體、半導體、光子或離子阱等，例如 IBM 和 Google 是使用超導量子位元作為量子電腦的核心，Intel 則是選擇半導體。相較於這些大廠，鴻海選擇投入離子阱研究的原因是什麼？

「離子阱是一種技術，這裡更指的是一種物理系統。而我們要以這個系統來實現量子電腦。」離子阱實驗室顧問、中研院原子與分子科學研究所副研究員張銘顯說，早在 1950 年代就被發明的離子阱並不是很新的技術，目前較為成熟且重要的應用包括質譜儀（註：用質量來測量並分析物質的儀器）。離子阱主要是透過數伏特至千伏特的時變電場以及靜電場來囚禁離子，只要原子束在離子阱中間與電子束或是游離雷射的光子束碰撞，進而產生游離，就能將帶電原子（原離子或簡稱離子）束縛在阱中。

為了避免量子特性受到破壞，離子還必須被維持在絕對低溫、並被隔絕在超高真空的乾淨環境中。所幸這些都是成熟技術，例如雷射冷卻就是讓原子停下來的技術。在產

生離子同時，對阱中的離子施以雷射冷卻，它們就可以在毫秒的時間內失去絕大部分的動能而停留在阱的底部，對應的溫度約為絕對溫度千分之一克爾文（Kelvin）。若繼續施以進階的雷射冷卻，更可以降至百萬分之一克爾文。

老天爺給的禮物 願意抓就有機會

「這是老天爺給的禮物，只要你願意抓就有機會，」張銘顯說，雖然量子科技目前仍被認為是「天邊的彩虹」，投資回報的機率似乎不是 1 就是 0，沒有人可以確定必然可以成功。但他相信，在這個追逐技術的過程中，至少能為台灣下一個世代的科技產業打下良好基礎。

為什麼說離子量子位元是上帝給的禮物？因為相對於超導或半導體系統中，每個人造量子位元或多或少具有差異，離子則是善用天然存在的原子來儲存量子資訊，具有天生的一致性。相較於光子系統，光子只要不飛行就會消失、並容易在飛行中被湮滅，因此很難「儲存」光子來實現量子記憶體。但離子被穩固地囚禁在離子阱中，其量子同調時間長度也是其他系統難以匹敵的，因此

要實現任意量子操作會容易許多。

當然，離子阱系統還有許多技術需要克服，例如，要如何將量子位元數擴展至數百、數萬、甚至百萬，並且能隨心所欲的產生、控制、以及測量多個量子位元產生的量子糾纏態，而這就是未來發展的重點。

為下個世代產業打底的工程

由於量子電腦需要許多技術門檻極高的致能科技（Enabling Technologies）加以支持，對硬體規格的要求可謂近乎苛求，一些困難的工程問題，無法單靠學術界解決，因而需要工業界的支援。

張銘顯舉例，像是發射雷射光去偵測原子，受到激發後的原子不久會掉回基態並發出光子。如果希望這過程中發出來的光子都被相機偵測到，相機的靈敏度就必須要很高。這樣的相機技術未來不只能用在量子電腦上，還能應用在生物科技上。所以，在研發離子阱的過程中，將會賦能許多新的科技，相信也能為產業帶來啟發，並奠定突破、成長的基礎，「這是為下個世代產業打底的工程。」

林俊達表示，隨著離子阱實驗室的成立，結合鴻海科技集團在半導體、資通訊和精密製造的能力，開發離子阱晶片、積體光學，以及先進集成電路等核心硬體設施，而量子計算研究所則將主導軟體部分，也就是開發量子編譯器，並尋求業界合作。

雖然目前台灣落後全球量子電腦的競爭 20 年，但是台積電剛成立時，也是落後 Intel 約 20 年，但 30 年過後不僅追上甚至還領先。張銘顯說，「雖然投資的結果可能是全拿或全輸，不是 1 就是 0，但我們能不能留下 0.5？」

“

量子計算所所長 謝明修

量子電腦要能夠真正形成產業，技術的突破只是基本，還需要產學研所構成的生態系統，三方相互支持，才會帶動產業興起。

離子阱實驗室主任 林俊達

量子電腦的研發在起步階段就必須有系統整合的概念。不只是專注於個別學術成果與論文的產出，更需要實質面的跨界整合，在一開始就建立完整的佈局。

離子阱實驗室顧問 張銘顯

在研發離子阱的過程中，將會賦能許多新科技，也能為產業帶來啟發，並奠定突破、成長的基礎。

”

建構電動車資安系統 以開放生態迎接新挑戰

能源車產業集合了多項重要的技術發展，實現人類對未來交通工具的想像，具備包括連網、自動駕駛、電動化等特色，也帶動一波創新的可能性與產業發展空間。為喚起產業對電動車資安問題的重視，中華民國資訊安全學會與鴻海研究院於 2021 年 3 月

3 日共同舉辦「NExT Forum: Cybersecurity Challenges in E-Vehicle」論壇，帶領大家共同掌握全球產業趨勢。

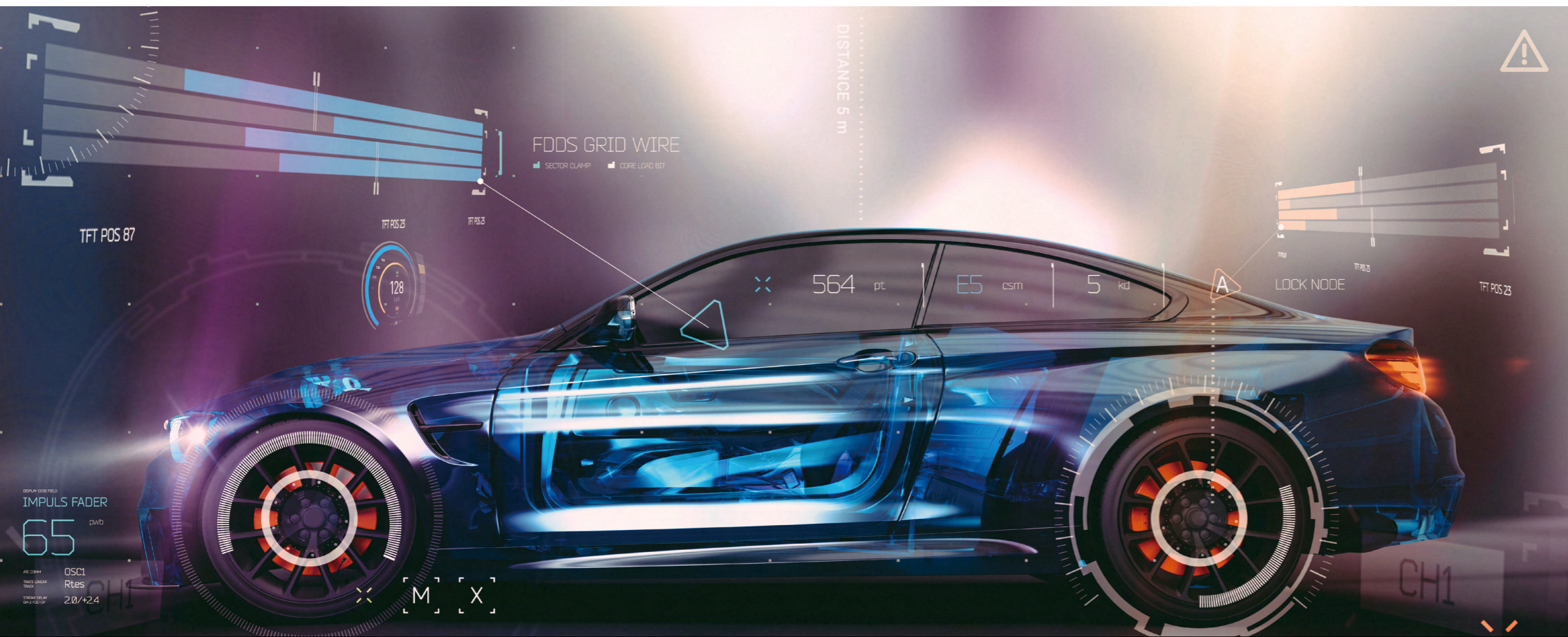
在鴻海研究院諮詢委員、台灣科技大學資管系特聘教授吳宗成博士的號召下，包括中華民國資安學會、台灣微軟、趨勢科技、奧義智慧科技與鴻海科技集團等國內外多家重要企業不僅出席論壇，更攜手倡議成立「新能源車產業資安聯盟」，希望讓企業了解新能源車資安問題的重要性與發展潛力，從對網路安全（Cybersecurity）的認知開始，逐步建立分享技術應用與規範的平台，描繪出新的產業藍圖，進而形成產業聚落。

串連產官學界 幫電動車抓漏

中華民國資訊安全學會范俊逸理事長表示，資訊安全學會一直以來致力於資安人才培育與資安技術研發，並連結產官學界以推動資安發展為宗旨，同時參與並見證台灣資安發展。他預期電動車產業將開啟一個新的資安世代，呼籲各界共同參與並提前布局，運用台灣的優勢在電動車的資安領域中拔得頭籌。

鴻海研究院院長劉揚偉指出，未來幾年電動車產業將呈現爆發式成長，其功能將愈來愈多元且全面，鴻海研究院所提供的交流平台，將從傳統車輛到智慧車輛、從軟體到硬體、從有線的到無線的，大家一同集思廣益，共同探索車輛安全技術以及潛在威脅，建立相關法規與標準，共同掌握全球未來的產業趨勢。

面對全球電動車產業百花齊放，汽車產業正面臨百年來最巨大的轉變，車輛已不再只是單純的交通工具，而是具備強大運算能



全球電動車產業百花齊放，在減碳需求與綠色復甦推波助瀾下，世界各國及各大車廠都已準備踏上電動車的浪潮。此刻，汽車產業正面臨百年來最巨大的轉變——車輛不再只是交通工具，而是具有強大運算能力、隨時連網的大型電腦系統。不過在新場域新商機的背後，仍有很多問題待解決，對乘客安全影響至大的資通安全即為一例。

時逢台灣全力衝刺電動產業之際，鴻海研究院也提出倡議，成立「新能源（電動）車產業資安聯盟」（Mobility In Harmony Open EV Platform），提供產官學研界交流平台，建立完善且值得信賴的電動車資安系統，因應車載資安問題的挑戰，掌握未來機遇。

力並可隨時連網的大型電腦系統。鴻海研究院執行長、資通安全所長李維斌指出，目前電動車上的資安防護尚未得到應有重視，且隨著電動車的功能愈來愈多，被駭可能性也會愈來愈高，如被強制熄火等資安問題，未來恐將成為新常態。

打造開放生態 面對軟體定義的未來

從電動車資安各種挑戰以及相關防護技術切入，MIH CTO 魏國章以蘋果 iPhone 為例說明「開放平台」的重要性。他指出，iPhone 透過 Apple Store 整合應用軟體平台顛覆了產業，後來的安卓 (Android) 應用平台又更進一步開放硬體。軟體的視角與開放性也是 MIH (Mobility In Harmony) 電動車開放平台的重要主題，畢竟目前特斯拉所帶領的系統相對封閉，廠商並無法直接參與開發。

魏國章強調，若從硬體定義的觀點看待汽車產業，不僅會使車輛一落地就贬值，也不易降低車輛系統的統合管理難度，因為在硬體定義的視角下，是將車輛視為許多小電腦的組合，以傳統方式維運車內的各種裝置，卻沒有一個系統可以管理，不僅架構相對複雜，未來的管理難度也很高；如此一來，必定無法達到電動車對於可靠度、即時性與

安全性的所需水準。

針對現階段電動車的發展瓶頸，鴻海登高一呼集合眾多軟體、汽車及資訊相關企業成立 MIH 電動車開放平台，共同建構出下個世代的電動車開發平台，提倡透過「軟體定義」、「軟硬分離」與「開放生態」三大方向，期待打造開放的生態、集合眾人智慧以縮短開發週期，突破目前汽車產業的封閉環境。

資安驅動電動車 如何掌握新商機？

趨勢科技資深產品經理楊豐愷強調，電動車四個輪子所乘載的，是帶有強大運算能力的車用電腦、車身網域控制器，以車用乙太網與傳統 CANBus 等混合而成的一個小型移動網路，小至手機，大至整個智慧交通網路等國家建設都是其連接對象。當電動車安全涵蓋車、路、雲等系統層面，要注意的不僅是汽車安全標準，還包括資安風險。如何融合車內的資安防護技術，搭配雲端運算與資料關聯能力以提供點、線、面的保護，同時預測並追蹤威脅等，皆是發展電動車勢必要面對的複雜課題。

吳宗成表示，資安和隱私保障是電動車不可或缺的命脈。若能瞭解攻擊手法與思維，就能協助檢視車聯網的安全建構方案與

“ 不同於傳統汽車產業，鴻海的電動車硬體開放平台 MIH 是一個以軟體定義的開放平台，強調軟硬體分離、開發週期縮短，建構開放的生態，集合眾人的智慧。 ”

營運策略。目前已公開的實證攻擊手法，包括在 OTA 升級、T-box 通訊模組、ECU、車機娛樂系統和 PKI 認證等，博歐科技執行長范紀鎰強調，了解攻擊手法與思維，有助於檢視車聯網的安全建構方案與營運策略。

如何在資安攻防戰中拔頭籌？奧義智慧科技股份有限公司共同創辦人叢培侃提出車輛電腦雲端診斷分析 (Cloud Diagnostics) 與安全的韌體更新 (Secure OTA) 整合平台，並透過 AI 技術打造全新車輛安全監控中心 (V-SOC)。從自身經驗出發，中華資安國際股份有限公司的總經理洪進福則是建立對應的電動車、路側單元、雲端行控中心等整體防護、監控架構，以及透過紅隊檢測進行偵測防護的有效性驗證，這些都是能夠強化電動車開發業者與營運服務商之安全防護能力的可行作法。

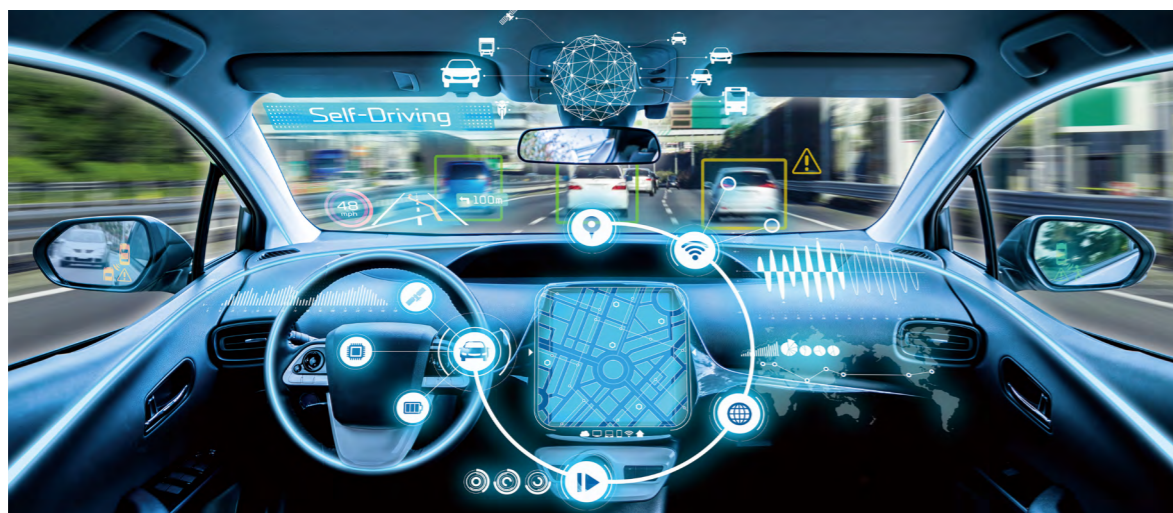
打造信任環境 系統架構最重要

除了資安的攻防，規範框架的系統建構也是不可或缺的一環。台灣微軟大中華區物聯網技術團隊負責人林孟洲帶來了最新安全科技及實際案例分享，並帶領聽眾了解從電動車到車聯服務雲端的全方位安全保護策略，以及整體環境的確實執行面，分享微軟如何從全球視野並考慮執行現況下，提供安全的平台及工具賦能於車廠及生態鏈創新。

數位經濟暨產業發展協會副理事長詹婷怡分享了以信任的生態系統 (Ecosystem of Trust) 在法規、政策與監理的趨勢。詹婷怡指出，當今在資通訊及 5G 與寬頻匯流發展下，從雲端與邊緣到萬物智慧相連所帶來的新體驗，衍生了諸多範圍廣泛且複雜的議題，包括標準及互通互連、資訊安全、資料治理、演算法與偏見、程式設定與漏洞以及倫理等。因此，如何建立可受信任的環境，將是科技技術發展時，不能忽視甚至應加倍關注的議題。

詹婷怡以自駕車為例，指出其不僅重新定義了車輛產業 (Redefining mobility)，也帶來生態系統結構性改變、創新應用整合，及測試驗證國際接軌等挑戰，不僅相關法規整合與整體檢視亟需有規管創新 (Regulating innovation) 的精神；更須從基礎層、網路層、及應用服務層系統式建構以資安為核心的信任環境。

簡言之，在邁入新能源車的時代，「資安議題」是想投入該領域的企業不得不面對的挑戰與機會。未來，鴻海研究院也將定期邀請台灣各界專家集思廣益，討論關鍵科技的發展趨勢，藉由前瞻技術與應用交流，投資台灣產業的未來，共同 Invent the Future。



數位經濟時代 以AI帶動軟體產業 是重中之重



從 2016、2017 年開始，人工智慧（AI）的技術發展與應用研發，乃至系統整合，在全球產業界如火燎原，改變了許多產業的原有面貌與既有工作流程，在不久的未來，也將是促成市場版圖重整的巨大力量。AI 的現在將如何改變人類社會的未來？有哪些值得思考的議題？在 2021 年 6 月 6 日的鴻海 NExT Forum 中，邀集多位產學研專家共同分享最新趨勢。

許多產業都極為關注人工智慧（AI）和 5G 及下一代的 6G 等新通訊技術，整合多種軟硬體應用，進而帶動產業革新已是現在進行式，在醫療、運輸及製造業都有許多成功案例。不過，當 AI 結合 5G 再加上大數據的應用，真正的改變才正要起步。

2021 年 6 月全球疫情雖仍嚴峻，特別台灣在 5 月中疫情緊繃進入三級警戒，卻也因此加速了產業研發的腳步，並使得企業真實面對轉型的重要性與急迫感。

在此同時，鴻海研究院、CityU CENG 香港城市大學工學院、台大 AI 中心、台大 HPC 中心、人工智慧科技基金會及三創育成基金會於 6 月 6 日聯合主辦「人工智慧與新世代通訊論壇」，集合 25 位國內外相關領域專家學者，以超過 10 個小時的直播，從前瞻技術、創新應用到產業實例，分享在醫療、電信、製造、交通等不同領域的進展與洞察。

其中有六場重量級專題講座，包括台大前校長楊泮池、DOCOMO 資深副總裁 Takehiro Nakamura、卡內基梅隆大學 Bossa Nova 講座教授 Marios Savvides、沛星互動科技（Appier）獨立董事簡立峰、陽明交大資工系暨華邦電子講座終身講座教授林一平，以及 Vodafone Chair Professor at TU Dresden 和 Gerhard P. Fettweis 等專家學者，提供科技發展全觀視野，想像未來世界新藍圖。

發展數位經濟 軟體仍待投入

Google 台灣前董事總經理簡立峰長期關注全球 AI 科技發展趨勢，且是協助台灣新創出海的重要推手，他在演講中分析當全球面臨新冠病毒的威脅、中美貿易白熱化，以及 AI 未來發展的趨勢。

他分析 2021 年人工智慧發展的現況與趨勢，有三個明顯的重點。首先是研究趨勢，由於 Transformer 的推出造成 AI 技術突飛猛進，同時也帶動自然語言處理（NLP）大幅進步。其次，則是深度學習或神經網路學習用在 NLP 的模型愈來愈龐大，這樣的規模已經不是一般科研單位或學校有餘力可以訓練的，某種程度使得 AI 發展形同國家的軍備競賽。最後則是由於疫情影響，生物科技、健康關懷等領域研究開始大量採用 AI，已形成「AI Moment」，也是 AI 應用最快速發展的領域之一。

根據 IDC 統計，2023 年全球 50 % 的 GDP 將由數位科技帶動，但台灣的 GDP 只有大約 19.2% 與數位科技有關，而其中軟體又只占 16.6%，跟美國數位 GDP 中軟體高達九成以上完全不同。由此可見，台灣的數位經濟主力仍是硬體，若要到找到持續成長的動力，尋找更具有高附加價值的產業未來，勢必往軟體移動，而 AI 必然是重中之重。

發展軟體 新創可從海外拓展新機會

簡立峰認為，台灣的軟體新創近來表現十分優異，例如在東京證交所上市的沛星互動科技（Appier）即為極具代表性的台灣獨角獸。另外，台灣加速器 AppWorks 每年都會針對新創圈做調查，有幾家新創特別值得留意，例如 AI 晶片的耐能（Kneron）、行銷的愛卡拉（ikala），以及醫療相關的新創團隊如雲象科技等企業。

在東北亞與東南亞都有新創蓄勢待發，例如東北亞的 Yahoo! Japan、南韓 Naver 與 Line 的整合、印尼的 Gojek+Grab+tokopedia，以及新加坡的蝦皮

“ 台灣的數位經濟主力仍是硬體，若要找到持續成長的動力，必須尋找更具有高附加價值的產業未來，也勢必往軟體移動，而 AI 必然是重中之重。 ”

(Shopee)。若我們只專注在台灣本地單一市場，無法跨越東北亞、東南亞與中國的邊境，未來發展將面對很大的挑戰，「台灣的新創必須要有能力參與國際競爭，」簡立峰強調。

AI 醫療 台灣擁有三座金山

疫情催生了許多 AI 醫療、健康相關的研究與應用，例如病情輔助判斷、疫情變化預測以及生命跡象監控。乍看之下，AI 似乎已能應用於醫學上了，但是台大醫院智慧醫療中心副主任李建璋指出，在實務上，AI 要能實際應用於醫療現場仍有一段距離，全世界皆然，從多家科技大廠放棄 AI 醫療業務可見一斑，而主因在於「資料量不足」，不過，這反而極可能正是台灣發展 AI 醫療的利基。

台灣的 AI 醫療有四大關鍵優勢，包括高品質的資料、跨領域人才、好的算力，以及真實的場域應用。特別在資料方面，台灣不僅擁有累積 24 年的「健保資料庫」，還有「電子病歷資料庫」以及由中研院所發起的「人體生物資料庫」，幾乎可稱為醫療的三座金山。因此台灣在 AI 醫療的發展上有大好機會，甚至能將眼光放遠至華人社會。

台灣大學醫學院講座教授、台大前校長楊泮池進一步強調，台灣要建構精準健康大數據永續平台，除了技術與全民健保資料既有優勢，還應該建立兩方面的關鍵資料：

一、回溯性資料：這是由健保資料庫、臨床資料、基因資料庫、醫學影像資料，以及死亡檔等串接建立而成的資料。

二、前瞻性資料：Taiwan BioBank、台灣精準醫療計畫 (TPMI)、腫瘤基因資料庫、基因變異圖譜，以及其他由科技部支持的計畫所建立的資料。

建構精準的健康大數據永續平台

若能透過跨部會的合作與資料整合，就能共同規劃並建置「健康大數據永續平台」；同時，在資料治理及格式也需要一致化，並接軌國際標準。最後，則是要聚焦在國人好發的特定疾病，如感染症、心血管疾病，及肺癌、乳癌、大腸直腸癌和肝癌等，將會讓台灣智慧醫療發展有長足進展。

而除了極具價值的大數據之外，台灣的資通訊產業擁有許多關鍵技術，包括 AI 運算工具、IoT 五感偵測、8K 影像處理以及 5G 通訊傳輸，若能發揮台灣在軟硬體整合的強項，透過盤點資通訊關鍵技術與醫療的整合，將進一步推動智慧醫療的產業發展。

例如與醫療現場最直接相關的臨床流程優化，國立陽明交通大學數位醫學暨智慧醫療推動中心主任楊智傑提醒，讓醫療人員在短時間內進行龐雜資訊的判斷，並且導入到



臨床流程，正是智慧醫療最重要的任務。

此外，當資通訊科技結合創新服務，也能提升偏鄉醫療品質，台大醫院雲林分院副院長馬惠明認為，在新冠疫情期間推動的遠距醫療佈局，連結醫院和醫院診所居家或矯正機關，並在縣市內形成互助聯防，未來更要讓基層變成生態系重要的一環，形成綿密的網絡。

以人為本 讓 AI 帶領產業升級

AI 的應用不受限於產業，並可以跟多種技術結合，解決不同場域的問題。陽明交通大學資訊工程學系暨華邦電子講座終身講座教授林一平提到，AI、大數據結合物聯網的應用，在各種場域不只能提高效率，同時也比過去的技术更加精準。他與團隊自主研发的物聯網平台已被廣泛運用且在多種場域商轉，包括智慧農業 AgriTalk 和智慧養殖 FishTalk，都有相當突出的成果。

從第一波工業革命機器發明、第三波的

電腦與網際網路，直到第四波工業革命 AI 的應用，其關鍵始終是如何強化人的能力，或者幫助人類可以應對未來世界。對研究者而言，了解使用者將會是首要議題，如此才能協助他們善用 AI 工具。

台灣大學資訊管理系教授、台大創新設計學院 (D-School) 執行長陳炳宇認為，唯有提升人機互動體驗，打造以人為中心的 AI 工具，才能讓 AI 發揮最大效用。以互動科技的角度而言，AI 是由數據來支持，這些數據也可以用來支持 AI 以強化互動科技；更進一步再來跟 AI 互動，這就是以使用者為中心的 AI 整體藍圖。

在本場論壇中，香港城市大學郭位校長與鴻海研究院劉揚偉院長也正式簽訂合作備忘錄，透過跨領域的產學合作研究，深化智慧化產業技術的應用創新能力，帶動整體產業升級，更能培養定義未來市場的能力。

從 5G 應用與技術發展 出發 描繪 6G 世界藍圖



在 6G 世代，無線通訊將全方位的方式覆蓋人類以及機器的聯網需求。各種形形色色的應用也藉由高速、低延遲、廣連結、以及高覆蓋率的通訊能力支援而有了發展的可能性。6G 通訊將會以一彈性之架構來支援各形各色的多樣性應用型態。當應用所需時，6G 彈性將能夠提供極致的通訊能力。未來 6G 將提供無所不在的智慧連網並促進數位轉型，6G 研發將以達成高速傳輸、廣域覆蓋、智慧及多功能通訊網路的願景。

5G 通訊的初衷是以 eMBB（增強型行動寬頻）、uRLLC（超可靠低延遲通信）和 mMTC（巨量多機器型態通訊）這三大核心技术，開拓更多服務與應用，目前主要的應用在於智慧型手機，從 5G 到 B5G 的技術演進，將持續提升 XR 性能。

鴻海新世代通訊研究所的關鍵任務，正是促使 5G 通訊搭配人工智慧（AI）及半導體等科技，落地應用在電動車、數位健康與機器人三大產業。2020 年常被稱為 5G 元年，熱潮延續到至 2021 年，下一代通訊技術趨勢 B5G（beyond 5G）到 6G 也開始引起廣泛討論。在 2021 年 6 月 6 日的鴻海 NExT Forum 中，邀請到安謀科技全球創新暨投資副總裁謝弘輝、科技部人工智慧普適研究中心主任曾煜棋、四零四集團艾易科技副總經理李崇漢，以及聯發科通訊系統設計研發本部總經理黃合淇等多位專家，來共同探討前瞻技術與通訊發展的未來發展與應用趨勢。

結合 AI 邊緣運算 5G 推動自駕車發展

對於全球產業界而言，自駕車可能會是下一個最大的商用市場，其運作是透過感測元件搭配攝影鏡頭，將偵測到的路況傳回資料庫，因此網路通訊技術的進展，將是自駕車發展和應用的關鍵。但高效能、低功率以及人工智慧邊緣運算（Edge AI）是該產業目前遇到的瓶頸。

擁有 30 多年的半導體產業經歷、曾在矽谷成功創立數家新創企業的謝弘輝指出，隨著應用裝置產生的數據量愈來愈大，加上 IoT 裝置連結後而產生的數據龐大，這些資料都必須在邊緣端就轉換成有用的數據再往上傳送，也必須確認每一個節點都有 AI 的運算、儲存與加速等功能。

由於路上車況隨時都在改變，因此隨著車子的移動，系統必須需要隨時感應周圍狀況，不斷更新資料與定位。可以想見「數據量龐大」且「需要快速反應」，將是自駕車最具挑戰性的關鍵，而 5G 通訊正好能夠提供支持自駕車最重要的技術，特別是「具可靠性」、「不會斷線」且「低延遲」的特性。

當 5G 連接邊緣設備和雲端，將可透過軟體定義網路（Software Defined Networking, SDN）、網路功能虛擬化（Network Virtualization Function, NFV）以及網路切片技術，打造具可靠性、滿足車輛吞吐量且低延遲的需求。除了期待強大、高性能的 Edge AI 在短期內有重大突破，若能結合 5G 的可靠、低延遲，高頻寬等特性，將有助於自動駕駛的實現。

利用電腦視覺與 5G 技術精準傳輸訊息

5G 除了是自駕車領域的關鍵技術，若能結合電腦視覺應用，對於行車安全也能有所貢獻。曾煜棋在演講中指出，目前透過電腦視覺技術及 5G 中 V2X 進行系統架構的整合設計，並搭配多重感測器，如車載感應器（On-Board Sensors）及路側攝影機（Road-Side Cameras）的處理元件與路上車輛的無線通訊彼此配合，能即時給予駕駛人路況警示，提升道路安全。

由於每台車無線傳輸系統都有專屬的 IP 地址與車輛編號，透過無線通訊的訊息傳輸，和路側攝影機所觀察到的現象進行 ID 配對後，就能辨別車輛識別碼。藉由電腦視覺與 5G 進行密切結合，除了可以辨別車輛識別碼，也能在偵測到危險事件後，精準確認警告訊息所要傳送的對象後，才利用適當的方式將訊息傳出去。

“從 5G 到 B5G/6G，需要持續提升較好的移動能力、較短的遲延，提升容量滿足更多服務，也就是從應用層到物理層的跨層優化，滿足 6G 技術簡單、融合、新型態三個特性。”

要完成這個系統架構必須包含：路邊攝影機、車上的通訊系統、路側的 Road Side Unit（路側單元，意即安裝在路側，進行車輛身分識別與交通流量偵測等多種裝置，例如路燈或紅綠燈。）以及邊緣伺服器。曾煜棋說，人工智慧技術結合 5G 通訊系統，不只能運用於行車安全控制，也能應用於建築物室內及室外的定位，經實驗證明具有良好成效。

打造高彈性與高效能的工業網路

疫情影響製造業的人力配置與生產效能，工業自動化及無人工廠的發展受到更多矚目。李崇漢指出，新世代工業自動化最重要的目標就是「客製化」，透過人工智慧、大數據與雲端運算，精準模擬或預測客戶客製化的需求，讓產品達到一定規模，可以串

連人、事、物，優化物料、生產與成品，讓客製化產品可以高效生產並降低成本。

在客戶需求導向下，雖然每個生產單元還是由專門廠商提供，但廠商們共用通訊協議及數據，在遠端或現場設備均能互相採集數據，因而需要一個具備高彈性、高效能的工業網路架構，讓不同的應用互連互通。為達此目的，必須強化網路的可靠性和安全性，而「時效網路」（Time-Sensitive Networking；TSN）在當中扮演關鍵角色。

TSN 主要是基於 802.1 的網路集合，在對的時間將對的封包傳到對的地點。除此之外，系統的備援機制與資安標準規定，以及系統的網路管理與配置標準應用，這些都是構成 TSN 的核心。不過目前還有四大挑戰必須克服：一、需要更多的使用者案例，進行進一步的驗證與標準訂定；二、需要更多廠商加入，增加操作測試；三、訂定更多的應用標準，即使目前 TSN 的通訊標準大致底定，但是應用必須進一步訂定，去落實 TSN 在不同應用上的可行性；四、要達到經濟規模，如有更多量產產品推行到市面，將能增加 TSN 的便利性。

從 5G 和 B5G 想像 6G 的關鍵議題

延續 5G 應用的討論，6G 世界的發展似乎也近在眼前。黃合淇指出，從生態系統面來看，6G 的發展確實比 5G 更加積極。此刻，

美歐與中國等國紛紛成立 6G 研究組織，試圖找出 6G 關鍵技術。

從技術面來看，當需求愈高、難度提升，研發時間也更長。例如能提供 Tbps（per second, 兆位元組 / 每秒）速度的終端裝置，需要全新數據機及射頻系統的設計，或者結合通訊技術與計算技術，讓網路架構轉型能夠擁有更貼近使用者感受的能力。

目前，5G 尚未看到殺手級的應用，可預見從 5G 到 B5G 甚至到 6G，還有很長的路要走。但我們可以從通信技術演進推敲 6G 新輪廓。3G 常見的手機應用是通話及簡訊，透過 MIMO 技術、載波聚合及利用 Unlicensed Spectrum（未授權頻譜）大幅提升資料傳輸率，滿足行動影音的應用與服務；而 5G 目前最多的應用仍是智慧手機影音串流，導入更高階的 MIMO 技術及拓展到毫米波頻段，但是未來的新型態應用仍在發展型塑中。

循這樣的路徑，不難想像 6G 的終端裝置除了手機外，可能會有新的形態產生，它的資料傳輸率平均值可達 1Gbps，峰值 1Tbps，頻段可能往 sub THz 發展，總頻寬可達 100GHz 以上。可能的應用如超高精細的 XR（延展實境），或是充分結合 AI 技術帶來更好的使用者體驗，甚至結合衛星與蜂巢式網路的覆蓋服務。

6G 的三特性：簡單、融合、新型態

從 5G 到 B5G，需要持續提升 XR 性能，例如較好的移動能力、較短的遲延，提升容量滿足更多 XR 服務，也就是從應用層到通訊層的跨層優化。基於 5G 到 B5G 的技術演進，可以發現 6G 技術有三個特性：

1. **簡單性**：較高的規格如資料輸出率，就

會預期有較高的複雜度，但是在最大負荷（Maximum Load）的物理限制下，導致積體電路實現遇到瓶頸，因此簡化不必要的複雜度，在通訊系統設計上就顯得格外重要。

2. **融合**：不同通訊系統，如下一代 Wifi 與 6G，是否可以在某些地方融合？或者通訊與計算技術，能否相輔相成？

3. **新型態**：新的服務及應用出現，大眾終端裝置是否隨之改變形態？網路形態從傳統的蜂巢式架構，是否走向天、地、空一體的網路架構，達到全覆蓋？

通訊 + AI 降低功耗並提升服務品質

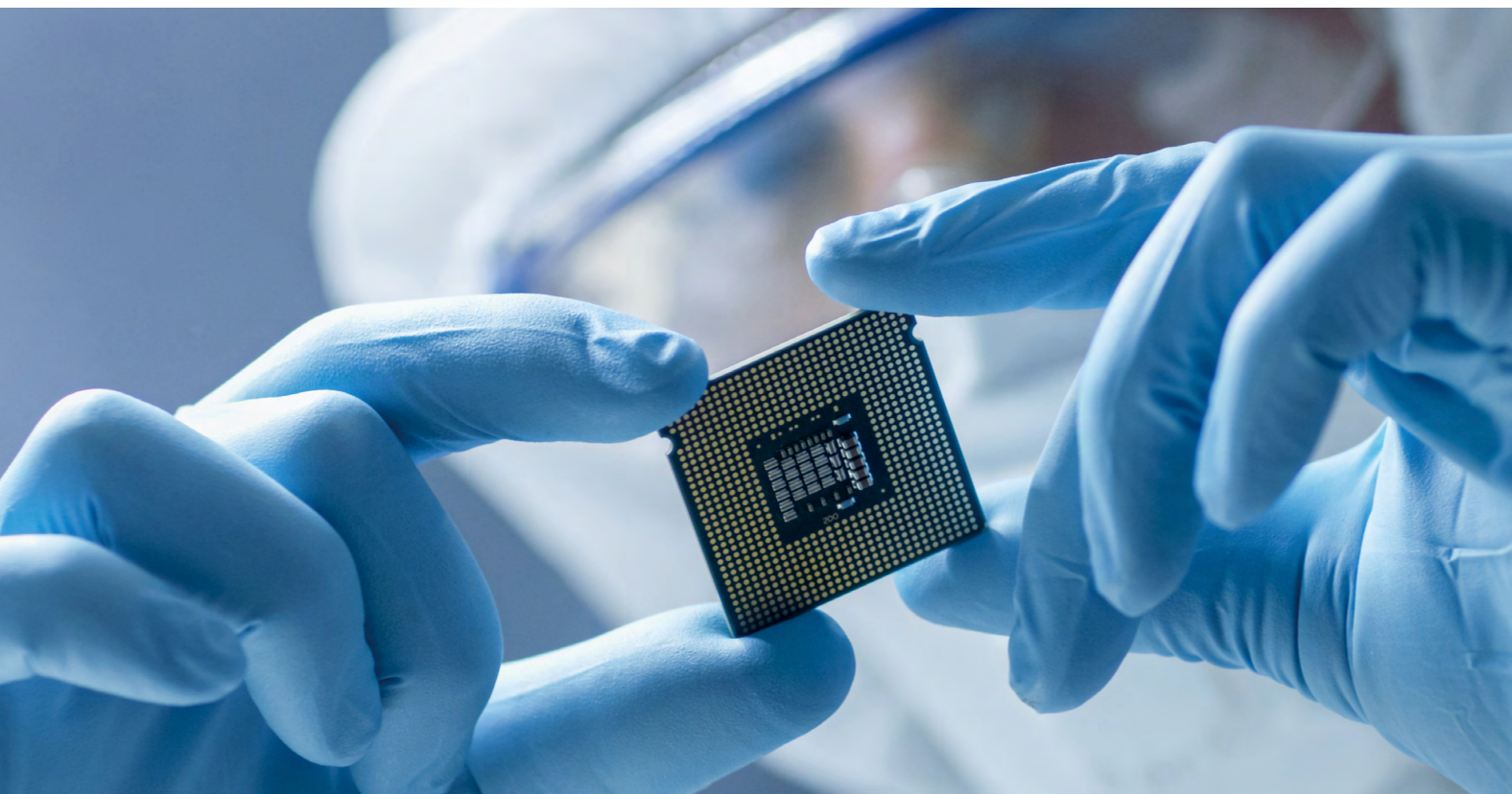
整合 6G 以上三個特性並結合 AI，有兩個方向值得研究。其一是利用 AI 輔助通訊系統及智慧網路，根據大量數據分析抽離出重要的特徵，或建立一個模型，例如透過 AI 演算法分析通道的特性，得到較佳預測，可以用較少的資料回傳給網路端；其次是利用演算法，結合電磁波感測人體的移動情況，預測移動的速度與方位，達到省電的功效。

在智慧網路的部分有幾個特點，AI 計算是分散在網路的各個節點，節點之間的 AI 模型與資訊是流通的，如此一來，透過 AI 的協同合作，隨環境動態變化，網路會選用較佳的編解碼器，達到穩健的通訊服務品質，也就是能夠提供良好的使用者體驗。

5G 強調大頻寬高速率的特性，終端裝置與基地台的功耗也會隨之增加。未來，唯有系統值的優化，考慮如何降低終端裝置與網路端的功耗，同時滿足使用者體驗，並降低電信業者的營運成本，才能讓 B5G 及 6G 技術持續成長。



化合物半導體 台灣再下一城池的 新契機



2020年初開始的新冠疫情震盪全世界，讓半導體供應鏈的重要性浮出檯面。在電動車驅動產業典範轉移的此刻，化合物半導體的技術與應用更是備受矚目，全球已發展國家幾乎都將半導體視為未來五年的兵家必爭之地。為此，鴻海半導體研究所、國際半導體產業協會（SEMI）和陽明交通大學於2021年9月9日以「Compound Semiconductor in E-Vehicle」為題，共同舉辦NExT Forum，與大家一同思考半導體產業的下一步會怎麼發展？台積電以及台灣相關供應鏈如何維持優勢，避免被彎道超車？

本次論壇特別邀請2014年諾貝爾物理學獎得主天野浩（Amano Hiroshi）分享化合物半導體領域最新研究進展。同時也邀請英飛凌、意法半導體、台積公司、穩懋半導體等重量級嘉賓，共同討論化合物、車用半導體的創新應用與技術發展。而在論壇舉辦的同時，陽明交大、鴻海研究院已確定將持續在GaN HEMT及Lidar進行合作，在研發前沿技術、擴大國際合作的同時，也攜手台灣首創的產學創新研究學院，一起培育半導體產業人才。

轉化布局與思維 將成為決勝關鍵

鴻海研究院諮詢委員、中研院院士暨陽明交大前校長張懋中博士指出，政府與產業界對於半導體下一步發展的思維及布局，會是決勝負關鍵。

台灣在矽基（silicon-based）半導體發展成就非凡，至今保持領先地位，然而矽在高功率和高頻設備中幾乎已達到理論上的性能極限，因此，接下來最被看好的是化合物半導體。張懋中強調，儘管電晶體密度愈來愈高，但是個別電晶體的效能（performance）並沒有更好。若想要突破，可從下面兩個方向努力。

首先是半導體效能的擴張（performance scaling），必須從材料著手。半導體材料已經從第一代的矽、第二代的砷化鎵（GaAs）／磷化銦（InP）、演進到第三代以氮化鎵（GaN）及碳化矽（SiC）為主的化合物半導體（compound semiconductor）。材料的更換可以讓電晶體承受更高電壓、運算速度更強，有效提高個別電晶體的效能。

另一個方向則是從功能著手，一直以



來，電晶體運算歸運算、發光歸發光，未來則是將不同功能整合在同一個元件裡，透過多合一元件支援更多功能應用。為了達到這樣的目標，半導體材料的異質整合也是重點之一，不同代的半導體材料可視其特質及需求整合在同一個元件上，「三代同堂」將成為可能的趨勢。

車用半導體 台灣 IC 產業新機會

國際半導體產業協會（SEMI）全球行銷長暨台灣區總裁曹世綸指出，由於電動車、5G、AIoT等新興應用的興起，化合物半導體已是近兩年的熱門話題。至2024年，SiC功率半導體市場將以30%年複合增長率成長；GaN功率器件市場的平均年複合成長率更高達70%，無論是從戰略或市場機會的角度，化合物半導體都將成為值得關注的焦點。

國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系李坤彥教授指出，過往電動車礙於價格、電池容量與充電速度等因素，發展速度緩慢。好消息是，近期新興的碳化矽（SiC）材料正有助於提升車子性能，應用至機電系統中則能降低車子的體積與重量。特斯拉（Tesla）Model 3就是全世界第一個使用碳化矽元件的電動車，使續航力及性能超越當時市面上的各家電動車，一炮而紅。

因發明藍色發光二極體（LED）獲頒諾



貝爾物理學獎的名古屋大學教授天野浩（Amano Hiroshi）分析，在碳化矽、氮化鎵產品問世之後，誰能用更低的成本向終端產品製造商提供元件，克服價格偏高的挑戰將是關鍵。

氮化鎵也是寬能隙半導體的一種，是天野浩關注的研究重點之一。他指出在人口持續成長且消耗大量能源的現代社會，如何有效率提升能源轉換、減少能源浪費跟降低碳排放量，是全世界科學家關注的議題。

天野浩指出，若能以氮化鎵電晶體取代當前普及的矽電晶體，電力轉換的效率將會大幅提升。此外，氮化鎵技術也是無線傳輸的重要關鍵。除了物聯網的資訊傳輸之外，氮化鎵還能應用在無線電力傳輸，日常生活中的電器用品將不再需要接線充電，這項變革將徹底改變當前的生活方式。

氮化鎵元件擁有高轉換效率、小尺寸等優勢，在高功率應用中可以達到更大的節能效益，且能在更高溫的環境下運作，因此繼

碳化矽之後，氮化鎵也成為功率半導體供應商積極發展的目標。

天野浩分析，隨著電動車愈來愈普及，市場對高效能電源管理的需求仍會不斷成長；而寬能隙半導體能為電源應用帶來十分顯著的好處，也讓國際功率半導體供應商，以及台灣晶圓廠、代工廠等業者積極投入相關產品及技術發展。

化合物半導體 延續台灣影響力

此刻，鴻海正積極展開化合物半導體研究與開發。鴻海 S 事業群總經理陳偉銘強調，鴻海無論是在供應鏈的上下游還是在國際上，都有一起做元件電路設計的夥伴，目標在台灣搭建出完整的供應鏈。DIGITIMES 資深分析師兼副總監黃銘章也指出，若台灣能在車用化合物半導體領域逐步發展接近矽半導體的高度，將能夠在全球科技產業及經濟持續做出貢獻，延續台灣在半導體產業的影響力。

曹世綸強調，整個化合物半導體市場的機會與戰略可從應用及資本支出兩個角度來看。

首先是應用面，除了電動車會應用到許多功率半導體元件，對化合物半導體的應用提供了很大的發展機會。在資本支出方面，從 SEMI 的最新報告可以看到，從製造面的供給端來說，2021 年有將近 70 億美元的 capex 投資，在整個化合物半導體晶圓廠的投資已經達到歷史新高。隨著市場需求，預估在 2022 年將有近 85 億美元的巨大投資。無論是應用面或資本支出都是成長趨勢。

台灣擁有從設計、製造、封裝、設備到材料，十分完整的半導體供應鏈；且在過去數十年中，在需要運用化合物半導體的 LED 產業也建立了很好的基礎。基於這些基礎，面對 GaN、SiC 兩種寬能隙新材料與技術的興起，企業該如何部署建構化合物半導體完整的生態鏈？

鴻海科技集團董事長、研究院院長劉揚偉認為，雖然台灣在 ICT 產業鏈擁有完整生態，但是電動車產業鏈仍未齊全。此刻，打造出台灣的電動車產業鏈是重中之重，而這也是鴻海研究院 MIH 平台的關鍵任務，要建構台灣電動車生態鏈，帶動相關產業發展。

「現在一台電動車大概會用到 60 顆碳化矽（Silicon Carbide）功率元件，」劉揚偉解釋，一個六吋碳化矽的晶圓做不到 500 顆元件，約可供應 8 部車的材料，需求遠大於供給。如果能將 Silicon-Based（矽基礎）供應鏈的經驗複製到 SiC 上，台灣在寬能隙半導體的發展將會再多一座護國神山。

“

台灣的整體 ICT 產業鏈以往是由矽半導體所支撐，如果能在車用化合物半導體領域逐步發展接近矽半導體的高度，台灣將能夠在全球科技產業及經濟持續做出貢獻。

”

如何解決半導體人才不足的問題？

劉揚偉提到，當前電動車產業主要面對「充電時間太長」、「續航力不夠」與「價格比油車貴」這三大問題。為了協助客戶找尋可能的解方，鴻海在 2021 年買下了旺宏半導體六吋廠，透過新投資讓晶圓廠專注研發 SiC，讓 SiC 成為重要解方。

此外，結合在福山的八吋廠，以及在馬來西亞策略合作的晶圓廠 SilTerra，後續將瞄準 Power、RF 和 CIS 上的應用，期望解決電動車客戶產能的問題。而鴻海半導體研究所也將寬能隙半導體被列為主要研究項目之一，希望再創產業榮景。

歐美日等國皆相繼推出扶植半導體產業的具體政策，反觀台灣在 2021 年的半導體人才空缺已經超過 28,000 人，然而每屆的相關畢業生僅不到 12,000 人。劉揚偉強調，面對未來電動車產業的發展，台灣需要更多半導體人才，期許政府可以協助業界培育人才，無論是透過產學合作，或是在就業為導向的技職體系中培養基層技術人才，皆是可行的作法。

離子阱量子電腦 打造下一座護國神山

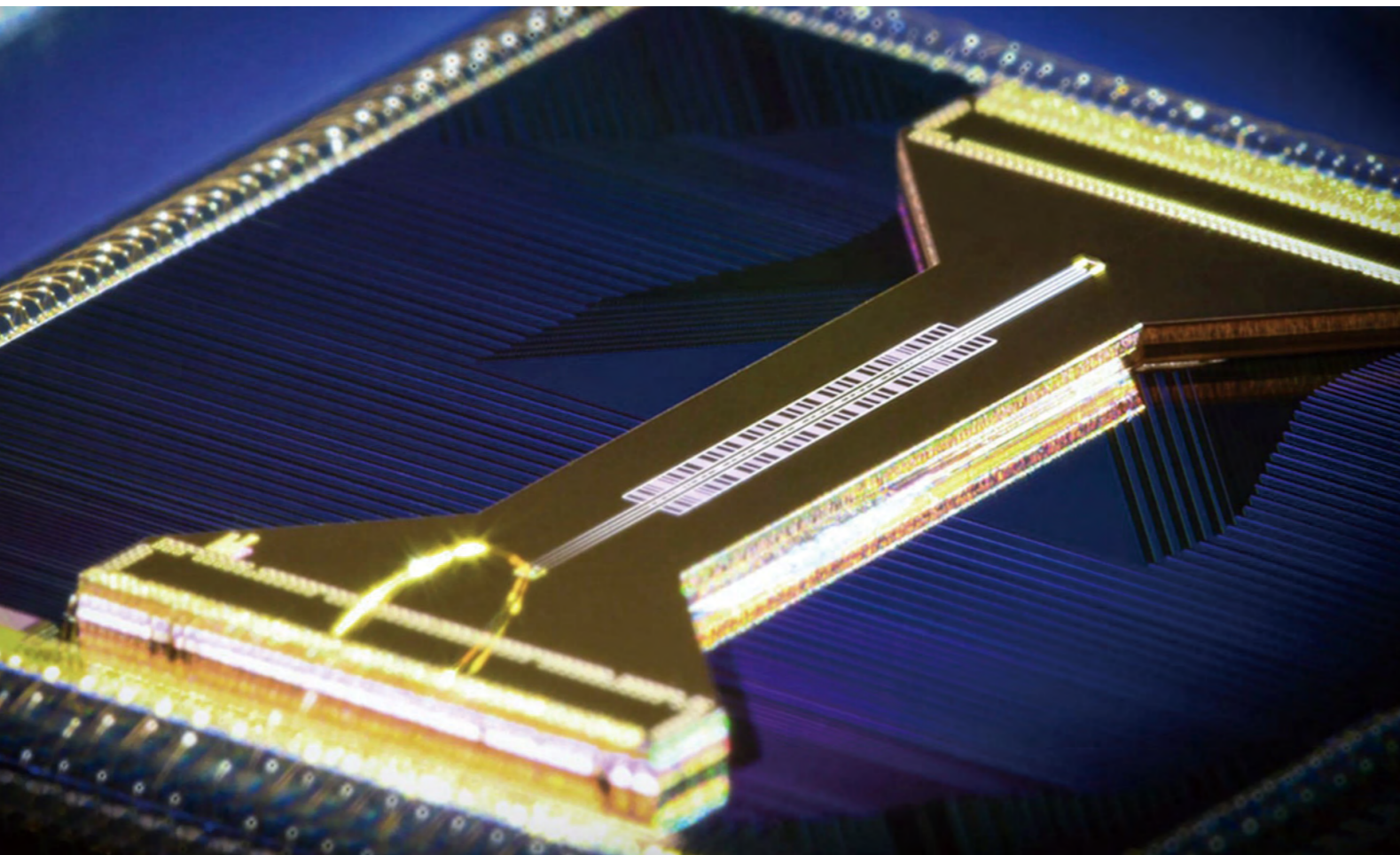


Photo Credit: HONEYWELL

量子電腦 (Quantum Computer) 因擁有強大算力，被視為將「主宰下個世代的運算工具」。做為台灣首個積極投入量子研究的企業，鴻海研究院量子計算研究所 2021 年底於 NEX T FORUM 正式宣布成立全台首間離子阱實驗室。這場論壇邀請國內外產業專家、學者分享最新量子科技趨勢，展現布局量子產業的決心，盼能打造一個由產、學、研三方相互支持的生態系統，希望台灣不論在學術或產業，都能跟上國際潮流，打下量子產業的根基。

量子計算是當前備受關注的焦點，已知在密碼學、化學、金融及生物科技領域上將有著傳統電腦所無法企及的優勢。這幾年來，Google、IBM、微軟和 Intel 等科技大廠早已紛紛布局量子電腦領域，各國政府也積極投入經費研發。

鴻海科技集團董事長兼鴻海研究院院長劉揚偉表示，鴻海研究院創下全台產業之先，邀請中央研究院原子與分子科學研究所副研究員張銘顯，及台灣大學物理系副教授林俊達參與籌辦離子阱實驗室，並邀請林俊達副教授擔任主任，計劃在五年內推出 5 到 10 位元開源、可編碼離子阱量子電腦，作為中、長期可擴展量子電腦的平台原型。

離子阱實驗室 打造下一座護國神山

鴻海研究院諮詢委員、台灣量子電腦暨資訊科技協會理事長、台大 IBM 量子電腦中心主任張慶瑞表示，目前量子電腦的研發有多種技術同時在進行，像是 IBM 推動的超導位元，以及 Quantinuum、IonQ 推動的離子阱等，鴻海研究院在評估人力、物力及未來發展潛力後，決定投入離子阱發展，希望集結台灣關鍵人才資源，整合矽島的基礎，建立基礎研發能量及離子阱量子電腦未來發展的可能，目標在世界占有一席之地。為什麼量子電腦顯然是台灣資通訊產業升級不能放棄的機會？在產學界的專家學者眼中，這是為下一個世代產業打底的工程，而離子阱系統需要許多技術門檻極高的致能科技 (Enabling Technologies) 支持，對硬體規格的要求可謂近乎苛求，一些困難的工程問題，無法單靠學術界解決，需要工業界的支援。因此鴻海科技集團的投入，會是對系統研發極為關鍵的助力。

“

開發量子電腦的不同系統各有優缺點，而且需要的是一連串的技术突破。可以說，走向量子科技是必然的結果。

”

雖然投資的結果可能是全拿或全輸，不是 1 就是 0，但鴻海研究院評估，這樣的投資「仍有機會留下 0.5」。因為建立離子阱實驗室對硬體要求十分高，光是把硬體做好就是在磨練下一個世代的科技產業技術。國際知名學者、芝加哥大學物理系教授金政也強調，量子力學不只能用在量子計算，對於其他科技領域都會產生極大貢獻。張銘顯與林俊達皆同意，和鴻海集團合作投入量子電腦研發，為的不僅是下一波商機，也希望過程中留下的知識能為整個產業帶來啟發，並打下厚實基礎。

量子疊加使量子位元比古典位元有優勢

金政在這場論壇中分享，透過他的研究——利用超低溫原子來實現量子計算的優勢，剖析了量子計算的基礎、應用與挑戰。他指出，若能在一定程度上模擬特定的量子系統，知道系統動態的演變，或許就能藉由控制量子系統來模擬宇宙的形成。

古典電腦的一個位元只能表示 0 或 1 的狀態，而擁有量子力學性質的量子電腦，則是使用能同時處於 0 和 1 的疊加態作為計算單元，稱為量子位元。量子疊加是古典位元

與量子位元的主要差別。

量子疊加的重要特性是，當位元數增加時，能表示的資訊量相較於古典位元的線性增加，量子位元能表示的資訊空間將會指數成長。因此，在處理如模擬複雜系統、與密碼相關的質因數分解，參數最佳化以及資料庫搜索等問題時，藉由量子演算法，量子電腦相較於古典電腦更具優勢。

在量子位元的數量可以規模化，以及穩定度增加之前，目前最能展現量子電腦優勢的問題是量子模擬。金政的實驗室主要進行不同領域的量子模擬研究，以極低溫的鉍原子來實現量子位元，並藉由施加光子來控制量子位元的狀態，而量子系統的控制則是透過量子物質合成器（Quantum Matter Synthesizer）來達成。量子物質合成器將原子加載到特殊晶格中，待原子冷卻後，可以透過移動晶格來控制原子分布並進行成像，進而控制原子與原子之間的交互作用，在量子模擬方面有著很大的幫助。

金政表示，這個系統最特別的地方是，雖然藉由多個原子進行實驗，無法確認個別原子的狀態；但只要能控制並知道系統的演化，便能在一定程度上模擬特定的量子系

統，從而知道系統動態的演變，進一步了解複雜的物理現象，例如將量子電腦與外部環境視成不同的兩個系統，並藉由控制量子系統來模擬宇宙的形成。

打造高效率的商用離子阱量子電腦

儘管量子技術還處於早期發展階段，但全球許多科技巨頭已積極布局研發，例如工業大廠漢威聯合公司（Honeywell International），先前宣布完成收購英國 Cambridge Quantum，並成立新的量子運算公司 Quantinuum，提供軟硬體結合的全端量子計算解決方案。

Quantinuum 首席科學家 Patty Lee 著重研究離子阱量子電腦的量子電荷耦合器件（QCCD）架構，她在論壇中分享，這個架構的特點是離子阱設備上擁有多個區域，能將離子移動到不同區域上執行量子操作。優點是可以保持短離子鏈，避免處理時過於複雜。即使系統中的離子數量增加，也可以保持高保真（High Fidelity）狀態與非常低的串擾（Crosstalk）。

除此之外，量子電腦還能根據量子計算中途的量測結果，執行特定的量子邏輯閘



並重置特定的量子位元，不僅能幫助使用者更有效率進行量子模擬，還能重複進行量子糾錯。瑞士蘇黎世理工大學教授 Jonathan Home 也曾提到量子糾錯在大尺度量子計算的重要性。現行的量子糾錯方案在假設計算錯誤和雜訊的發生都在毫無關聯的前提下，將量子資訊以非局域的方式儲存，再透過不破壞這個非局域資訊的測量方式來揪出錯誤並修正。

掌握量子電腦優勢 從關鍵技術著手

量子電腦擁有強大算力，被視為「下個世代的運算工具」，但距離成功還有很多障礙要克服。

來自新加坡的新創公司 Horizon Quantum Computing 即是以量子軟體公司為定位。執行長 Dr. Joe Fitzsimons 認為，想要操縱量子電腦解決實際問題，首先在硬體上需要更可靠的裝置以及更高效率的量子糾錯；另一部分則是如何讓使用者使用這些量

子裝置，這需要截然不同的思維模式。

作為中國率先開展光量子晶片及光量子電腦商業化的公司，圖靈量子（TuringQ）的創始人兼 CEO 金賢敏及他的團隊以開發光子電腦為目標，包括光子晶片的演算法與系統。他認為，與其他量子實現平台相比，光子的產生、操縱和測量相對容易，並且可以在不與環境耦合的情況下進行長距離傳輸。預期下一代的 3D 光子晶片會大幅降低重量且提高精度與層數，也能提供給各領域的研究小組用於特定演算法及特定應用。

目前，圖靈量子也在研究量子機器學習，並嘗試與 Amazon 等大科技公司合作；並使用量子強化學習尋找如何合成具有高轉換效率的光電材料。這表示量子機器學習可以比傳統機器學習更有效，因而能應用在金融科技、人工智慧和大數據領域上。

“ 量子電腦是台灣資通訊產業升級不能放棄的機會，雖然看起來目前還是停留在「看好未來發展潛力」的階段，且台灣已經落後於全球量子電腦的競爭 20 年，但若因此而決定不投，恐怕無法承擔「萬一成功」的損失！ ”

2021 年論文重點摘錄

項次	論文
1	Super-Resolution Generative Adversarial Network Based on the Dual Dimension Attention Mechanism for Biometric Image Super-Resolution
2	Featureless Blood Pressure Estimation Based on Photoplethysmography Signal Using CNN and BiLSTM for IoT Devices
3	Mask Attention-SRGAN for Mobile Sensing Networks
4	Conditional Wasserstein Generative Adversarial Networks for Rebalancing Iris Image Datasets
5	Continuous Blood Pressure Estimation Using Exclusively Photoplethysmography by LSTM-Based Signal-to-Signal Translation
6	Asymmetric Quantum Concatenated and Tensor Product Codes With Large Z-Distances
7	Quantum Gram-Schmidt Processes and Their Application to Efficient State Readout for Quantum Algorithms
8	Learnability of Quantum Neural Networks
9	Randomized Benchmarking for Non-Markovian Noise
10	Entanglement-Assisted Capacity Regions and Protocol Designs for Quantum Multiple-Access Channels
11	High-Speed and High-Power 940 nm Flip-Chip VCSEL Array for LiDAR Application
12	Development of GaN HEMTs Fabricated on Silicon, Silicon-on-Insulator, and Engineered Substrates and the Heterogeneous Integration
13	High-Uniform and High-Efficient Color Conversion Nanoporous GaN-Based Micro-LED Display with Embedded Quantum Dots
14	Ultrafast 2×2 Green Micro-LED Array for Optical Wireless Communication Beyond 5 Gbit/s
15	Advanced Atomic Layer Deposition Technologies for Micro-LEDs and VCSELs
16	An Edge Intelligent Framework for O-RAN based IoV Networks
17	Subcarrier and Permutation Index Modulation Multiple Access with Rotation Code
18	Supervised Learning of Channel Delay Spreads for Cyclic-Prefix Free OFDM Systems

Super-Resolution Generative Adversarial Network Based on the Dual Dimension Attention Mechanism for Biometric Image Super-Resolution

Chi-En Huang, Yung-Hui Li, Muhammad Saqlain Aslam
and Ching-Chun Chang

Abstract

There exist many types of intelligent security sensors in the environment of the Internet of Things (IoT) and cloud computing. Among them, the sensor for biometrics is one of the most important types. Biometric sensors capture the physiological or behavioral features of a person, which can be further processed with cloud computing to verify or identify the user. However, a low-resolution (LR) biometrics image causes the loss of feature details and reduces the recognition rate hugely. Moreover, the lack of resolution negatively affects the performance of image-based biometric technology. From a practical perspective, most of the IoT devices suffer from hardware constraints and the low-cost equipment may not be able to meet various requirements, particularly for image resolution, because it asks for additional storage to store high-resolution (HR) images, and a high bandwidth to transmit the HR image. Therefore, how to achieve high accuracy for the biometric system without using expensive and high-cost image sensors is an interesting and valuable issue in the field of intelligent security sensors. In this paper, we proposed DDA-SRGAN, which is a generative adversarial network (GAN)-based super-resolution (SR) framework using the dual-dimension attention mechanism. The proposed model can be trained to discover the regions of interest (ROI) automatically in the LR images without any given prior knowledge. The experiments were performed on the CASIA-Thousand-v4 and the CelebA datasets. The experimental results show that the proposed method is able to learn the details of features in crucial regions and achieve better performance in most cases.

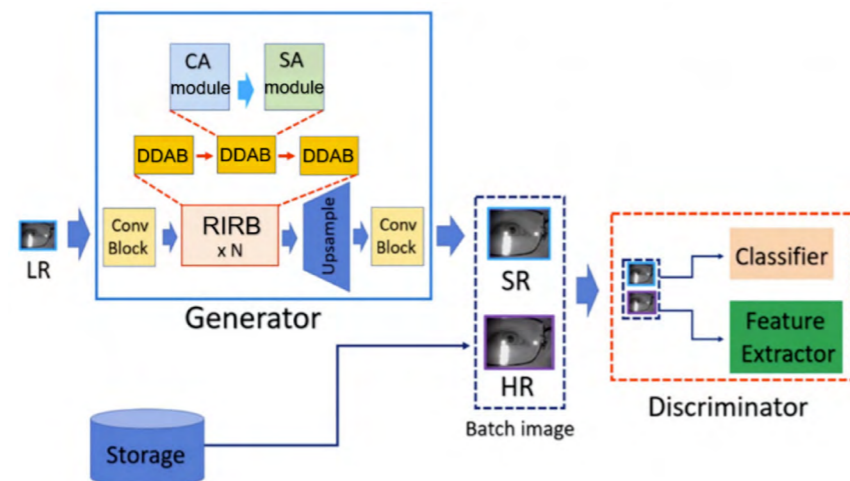
Outline

1. We proposed an accurate super-resolution method which is able to reconstruct the super-resolution (SR) image by the given low-resolution (LR) image.
2. We proposed the dual dimension attention mechanism which is a novel method to enhance the

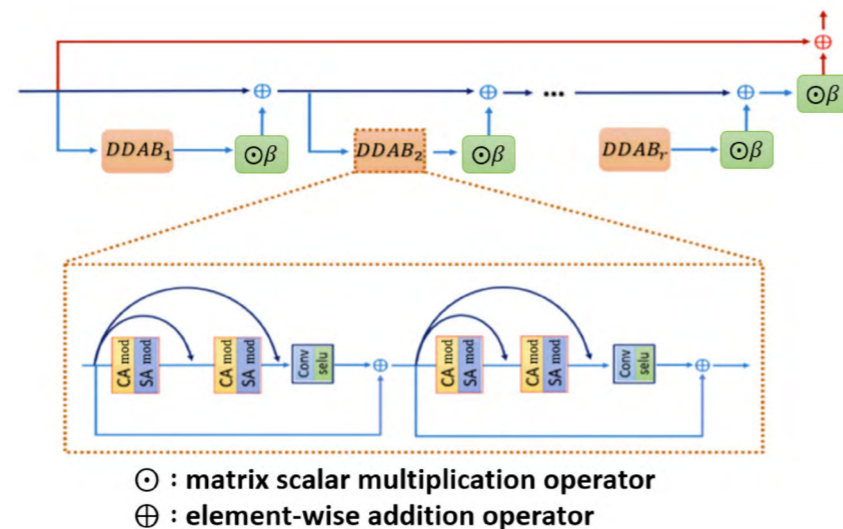
multiple ROI (region of interest) feature.

3. In the application view, the proposed method is able to restore the massive image on the cloud platform back to SR images, in order to reduce the cost of the network bandwidth of passing the numerous data.
4. The reconstructed high-resolution image is highly reliable and benefit to the various downstream task, such as iris recognition, face recognition.
5. As a result, the proposed DDA-SRGAN outperforms the current SOTA (MA-SRGAN) in the iris recognition task by increasing 0.5% verification rate in large-scale biometric experiments and achieves competitive visual results in face recognition.

DDA-SRGAN architecture. The generator is trained by the GAN framework. Moreover, we proposed dual-dimension attention blocks (DDAB), which is able to learn the complex pattern of ROI features.



Dual-dimension attention block architecture. The proposed DDAB is further composed of the channel attention as well as the spatial attention. Furthermore, the complex pattern of ROI feature will be decomposed in terms of the channel dimension as well as the spatial dimension, and such patterns is easy to learn in the generator.



Featureless Blood Pressure Estimation Based on Photoplethysmography Signal Using CNN and BiLSTM for IoT Devices

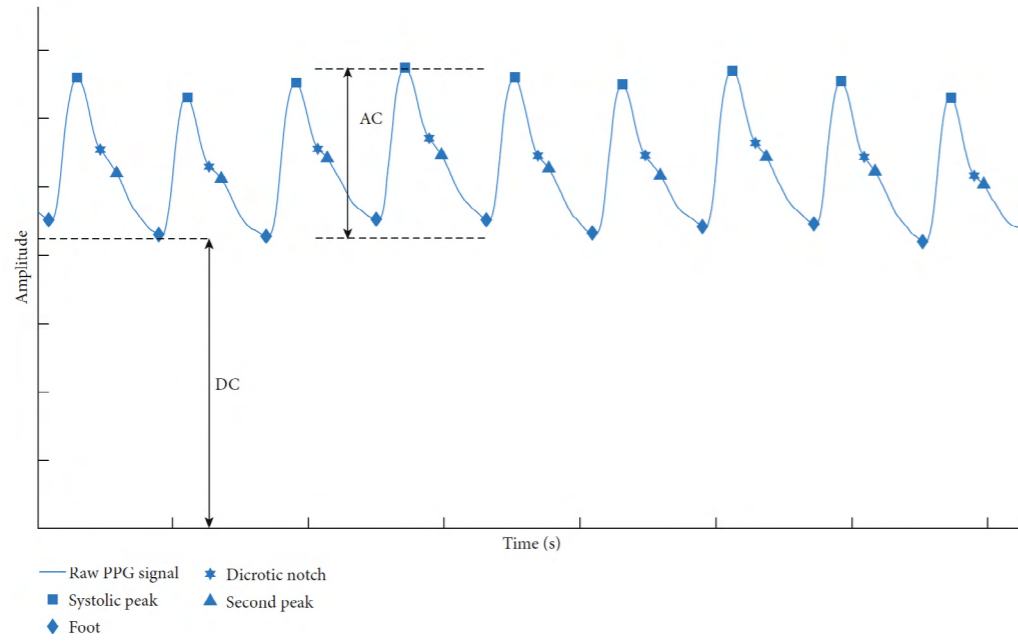
Yung-Hui Li, Latifa Nabila Harfiya, and Ching-Chun Chang

Abstract

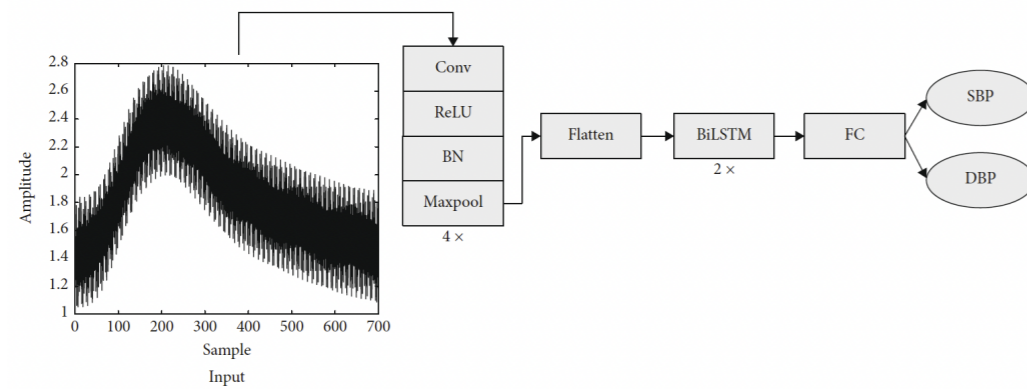
Continuous blood pressure (BP) acquisition is critical to health monitoring of an individual. Photoplethysmography (PPG) is one of the most popular technologies in the last decade used for measuring blood pressure noninvasively. Several approaches have been carried out in various ways to utilize features extracted from PPG. In this study, we develop a continuous systolic and diastolic blood pressure (SBP and DBP) estimation mechanism without the need for any feature engineering. The raw PPG signal only got preprocessed before being fed to our model which mainly consists of one-dimensional convolutional neural network (CNN) and bidirectional long short-term memory (BiLSTM) network. We evaluate the resulting SBP and DBP value by the root-mean-squared error (RMSE) and mean absolute error (MAE). This study addresses the effectiveness of the model by outperforming the previous feature engineering-based methods. We achieve RMSE of 11.503 and 6.525 for SBP and DBP, respectively, and MAE of 7.849 and 4.418 for SBP and DBP, respectively. The proposed method is expected to substantially enhance the current efficiency of healthcare IoT (Internet of Things) devices in BP monitoring using PPG signals only.

Outline

1. In this work, we can predict blood pressure with high accuracy using PPG signals only.
2. Our model which discards feature engineering the process by applying 1D CNN and BiLSTM network.
3. We use the root-mean-squared error (RMSE) and mean absolute error (MAE) to evaluate the resulting SBP and DBP value.
4. We achieve RMSE of 11.503 and 6.525 for SBP and DBP, respectively, and MAE of 7.849 and 4.418 for SBP and DBP, respectively.



PPG signal's decomposition



PPG signal's decomposition.

TABLE 2: Performance of different approaches.

Model	Input	SBP (mmHg)			DBP (mmHg)		
		RMSE	MAE	STD	RMSE	MAE	STD
SVM [12]	5 features from ECG & PPG	—	12.38	16.17	—	6.34	8.45
SVR [31]	35 features from PPG	10.9	8.54	—	5.8	4.34	—
NN [31]	35 features from PPG	11.6	13.4	—	5.9	6.9	—
RF [18]	>15 features from ECG & PPG	13.83	9.54	—	6.80	5.48	—
1DCNN + LSTM	Raw PPG signal	13.49	8.92	8.23	8.78	6.14	5.22
Proposed	Raw PPG signal	11.50	7.85	8.41	6.53	4.42	4.80

Performance of different approaches

Mask Attention-SRGAN for Mobile Sensing Networks

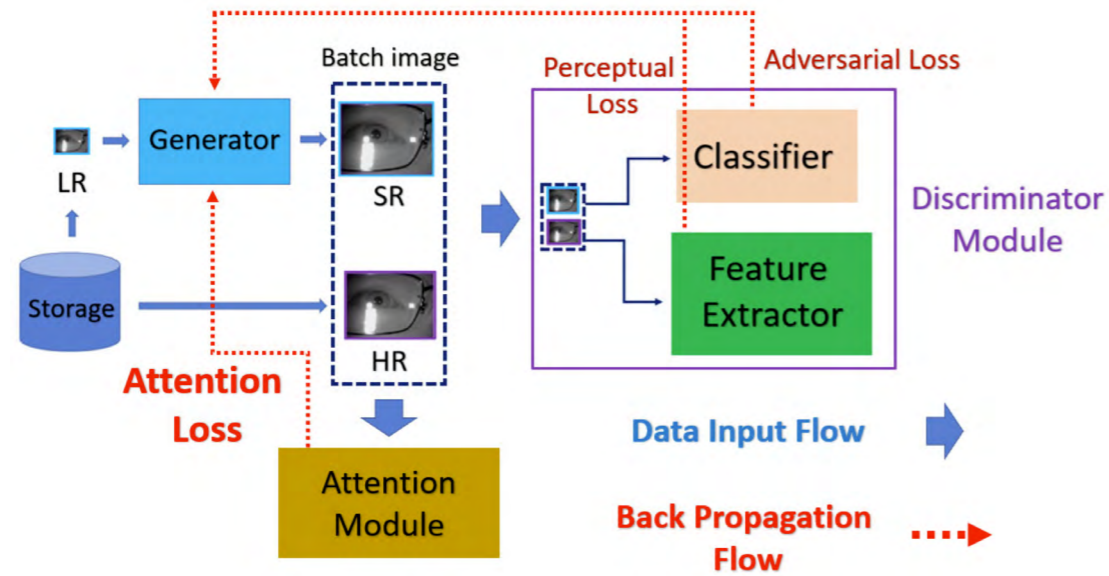
Chi-En Huang, Ching-Chun Chang, and Yung-Hui Li

Abstract

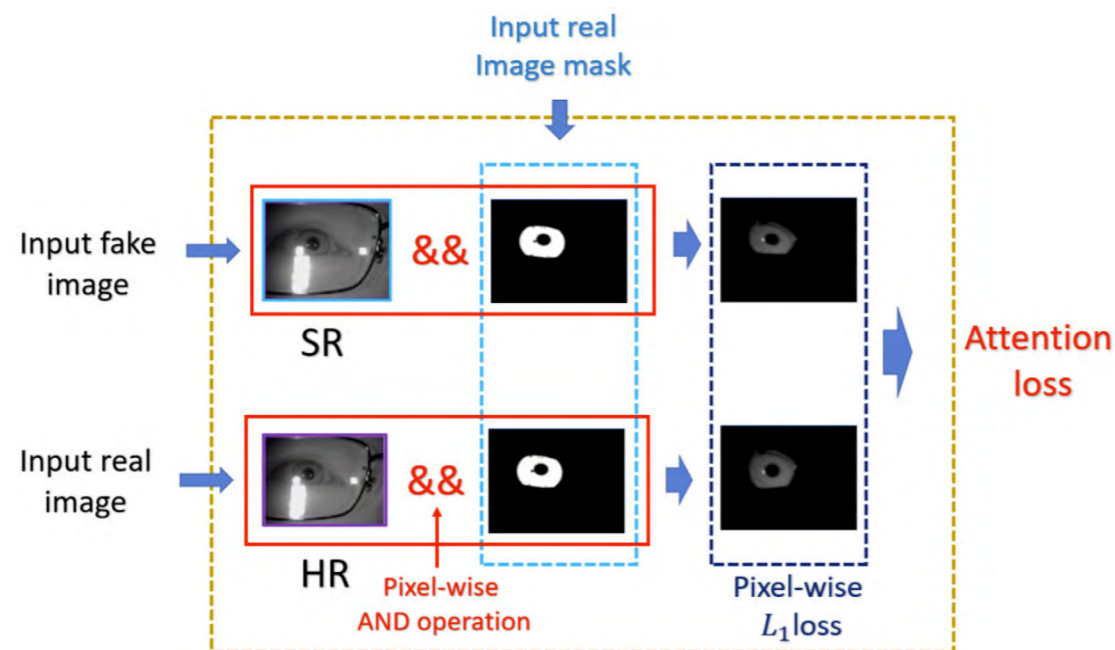
Biometrics has been shown to be an effective solution for the identity recognition problem, and iris recognition, as well as face recognition, are accurate biometric modalities, among others. The higher resolution inside the crucial region reveals details of the physiological characteristics which provides discriminative information to achieve extremely high recognition rate. In this paper, we proposed MA-SRGAN, a single image super-resolution (SISR) algorithm, based on the mask-attention mechanism used in Generative Adversarial Network (GAN). We modified the latest state-of-the-art (nESRGAN+) in the GAN-based SR model by adding an extra part of a discriminator with an additional loss term to force the GAN to pay more attention within the region of interest (ROI). The experiments were performed on the CASIA-Thousand-v4 dataset and the Celeb Attribute dataset. The experimental results show that the proposed method successfully learns the details of features inside the crucial region by enhancing the recognition accuracies after image super-resolution (SR).

Outline

1. We proposed an accurate super-resolution method which is able to reconstruct the super-resolution (SR) image by the given low-resolution (LR) image.
2. We proposed a novel attention mechanism based on the spatial mask which is able to enhance the ROI (region of interest) feature.
3. The proposed mask attention is based on the series of matrix operation which results in computational efficiency.
4. The reconstructed SR image is highly reliable and benefit to the various downstream task, such as iris recognition, face recognition.
5. As a result, the proposed MA-SRGAN outperforms the current SOTA (nESRGAN+) in terms of biometric recognition task and increase about 1.3% verification rate in the iris recognition as well as face recognition in large-scale biometric experiments.



The flowchart of the MA-SRGAN. In the training phase, we feed the image pair into the two branches. In the first branch, the discriminator will measure the quality of the generated image (SR). Moreover, the proposed attention module is able to enhance the feature of ROI regions and force the generator learns better.



Attention module and the corresponding loss in the proposed network. In the attention module, the series of computation efficient operation apply to the input image pair, and generate the binary mask to indicate the ROI region. As a result, the attention loss will force the generator to pay more attention to reconstruct the ROI region of SR image.

Conditional Wasserstein Generative Adversarial Networks for Rebalancing Iris Image Datasets

Yung-Hui LI, Muhammad Saqlain ASLAM, Latifa Nabila HARFIYA, Ching-Chun CHANG

Abstract

The recent development of deep learning-based generative models has sharply intensified the interest in data synthesis and its applications. Data synthesis takes on an added importance especially for some pattern recognition tasks in which some classes of data are rare and difficult to collect. In an iris dataset, for instance, the minority class samples include images of eyes with glasses, oversized or undersized pupils, misaligned iris locations, and iris occluded or contaminated by eyelids, eyelashes, or lighting reflections. Such class-imbalanced datasets often result in biased classification performance. Generative adversarial networks (GANs) are one of the most promising frameworks that learn to generate synthetic data through a two-player minimax game between a generator and a discriminator. In this paper, we utilized the state-of-the-art conditional Wasserstein generative adversarial network with gradient penalty (CWGAN-GP) for generating the minority class of iris images which saves huge amount of cost of human labors for rare data collection. With our model, the researcher can generate as many iris images of rare cases as they want and it helps to develop any deep learning algorithm whenever large size of dataset is needed.

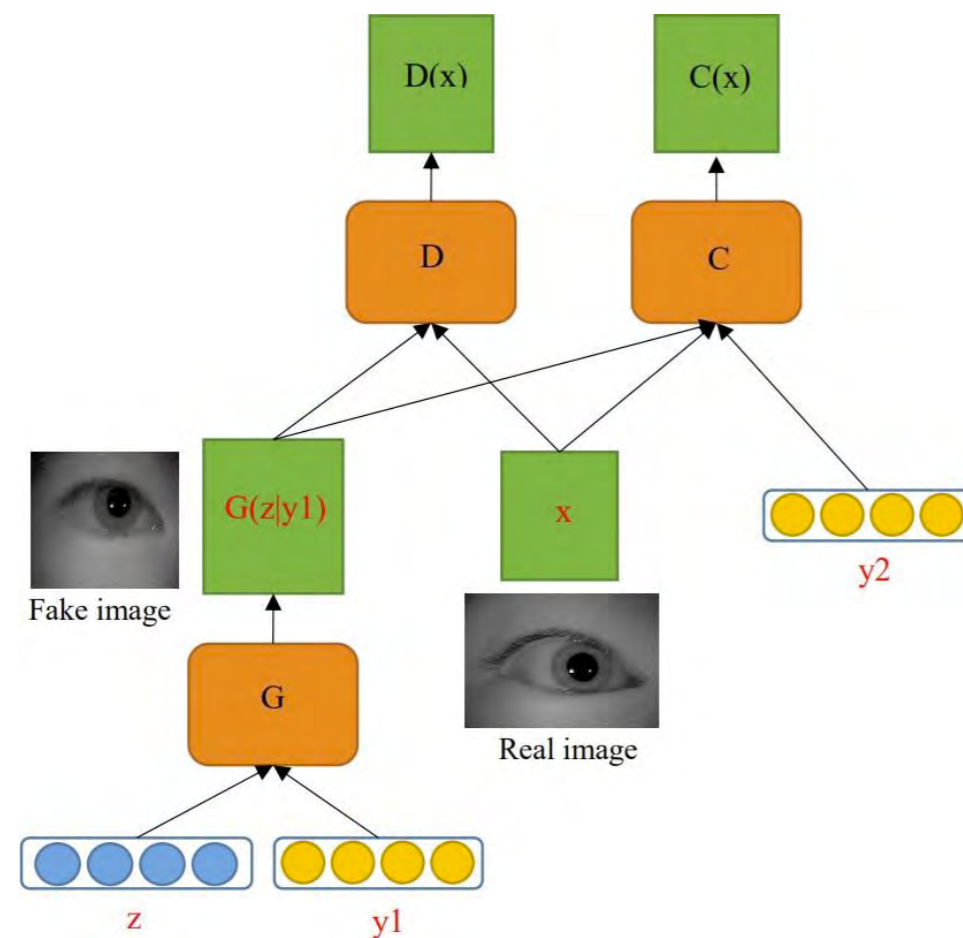
Outline

1. In this work, we proposed a data generation method which is able to create unlimited number of diversity data theoretically, so that the produced data can be used to learn the robust deep learning model with high accuracy.
2. In this work, we train the generator in the GAN framework, which use the discriminator to measure the quality of generated data. Moreover, we apply the auxiliary classifier in GAN framework to generate the target data with the pre-defined conditions. So, the proposed method is able to generate

the realistic as well as the specific high-quality images, which can overcome the insufficiency in image collection for specific purposes.

3. The generated high-resolution image is highly reliable and preserved the most of feature of the original image.

4. As one of the applications, the proposed method is able to generate the specific kind of iris image with high-quality according to the given conditions. By the given conditions, the generator can create numerous data with high diversity, such as the iris image with oversized/undersized pupils, as well as the iris image with/without glasses. Therefore, the generator can overcome the insufficiency of data on specific requirements.



The proposed framework. In the proposed framework, the generator is not only trained by the discriminator, but also be optimized by the classifier. So, the given condition will be taken into account by the generator, and generate the corresponding feature on the target image.

Continuous Blood Pressure Estimation Using Exclusively Photoplethysmography by LSTM-Based Signal-to-Signal Translation

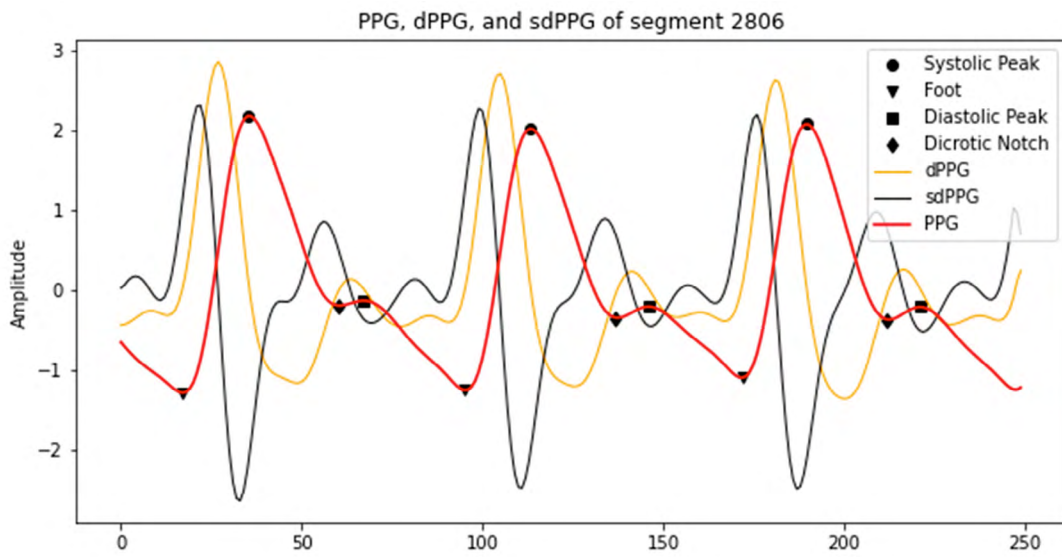
Latifa Nabila Harfiya, Ching-Chun Chang, and Yung-Hui Li

Abstract

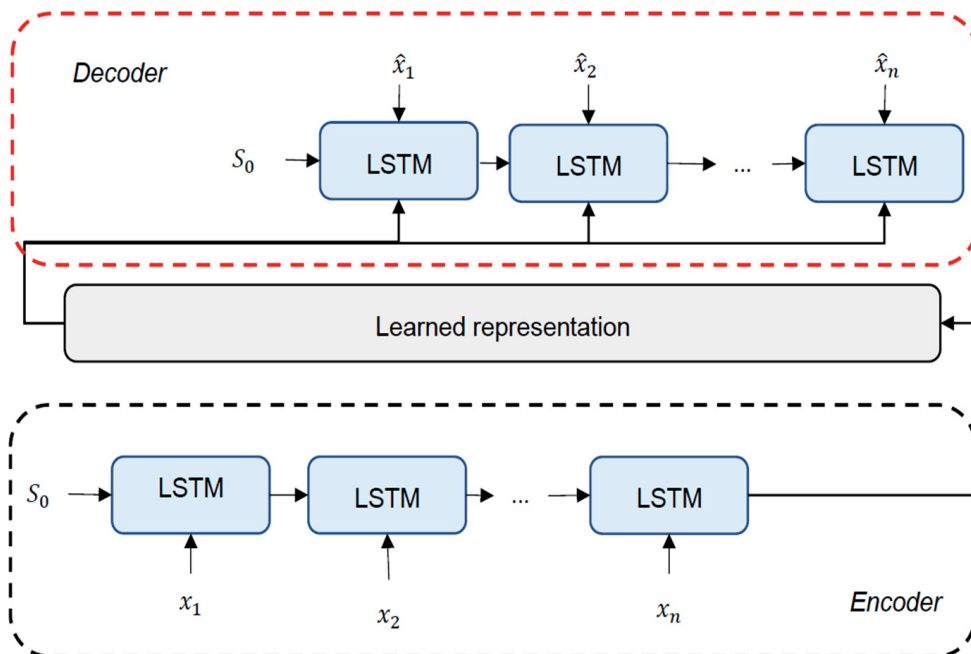
Monitoring continuous BP signal is an important issue, because blood pressure (BP) varies over days, minutes, or even seconds for short-term cases. Most of photoplethysmography (PPG)-based BP estimation methods are susceptible to noise and only provides systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) prediction. Here, instead of estimating a discrete value, we focus on different perspectives to estimate the whole waveform of BP. We propose a novel deep learning model to learn how to perform signal-to-signal translation from PPG to arterial blood pressure (ABP). Furthermore, using a raw PPG signal only as the input, the output of the proposed model is a continuous ABP signal. Based on the translated ABP signal, we extract the SBP and DBP values accordingly to ease the comparative evaluation. Our prediction results achieve average absolute error under 5 mmHg, with 70% confidence for SBP and 95% confidence for DBP without complex feature engineering. These results fulfill the standard from Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) and the British Hypertension Society (BHS) with grade A. From the results, we believe that our model is applicable and potentially boosts the accuracy of an effective signal-to-signal continuous blood pressure estimation.

Outline

1. Using some specific wearable devices can predict blood pressure by our method.
2. Our results of the method fulfill the standard from Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) and the British Hypertension Society (BHS) with grade A.
3. In this work, instead of estimating a discrete value, we focus on different perspectives to estimate the whole waveform of BP.



An example of PPG, dPPG and sdPPG, as well as feature points in them (peak, foot and dicrotic notch)



The proposed LSTM-Autoencoder model architecture.

Asymmetric Quantum Concatenated and Tensor Product Codes With Large Z-Distances

Jihao Fan, Jun Li, Jianxin Wang, Zhihui Wei , and Min-Hsiu Hsieh

Abstract

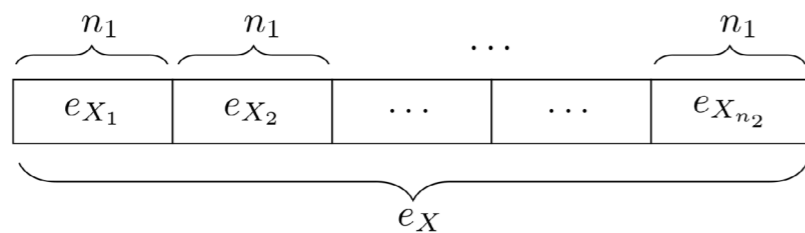
In this paper, we present a new construction of asymmetric quantum codes (AQC) by combining classical concatenated codes (CCs) with tensor product codes (TPCs), called asymmetric quantum concatenated and tensor product codes (AQCTPCs) which have the following three advantages. First, only the outer codes in AQCTPCs need to satisfy the orthogonal constraint in quantum codes, and any classical linear code can be used for the inner, which makes AQCTPCs very easy to construct. Second, most AQCTPCs are highly degenerate, which means they can correct many more errors than their classical TPC counterparts. Consequently, we construct several families of AQC with better parameters than known results in the literature. Third, AQCTPCs can be efficiently decoded although they are degenerate, provided that the inner and outer codes are efficiently decodable. In particular, we significantly reduce the inner decoding complexity of TPCs from $\Omega(n_2 a^{n_1}) (a > 1)$ to $O(n_2)$ by considering error degeneracy, where n_1 and n_2 are the block length of the inner code and the outer code, respectively. Furthermore, we generalize our concatenation scheme by using the generalized CCs and TPCs correspondingly.

Outline

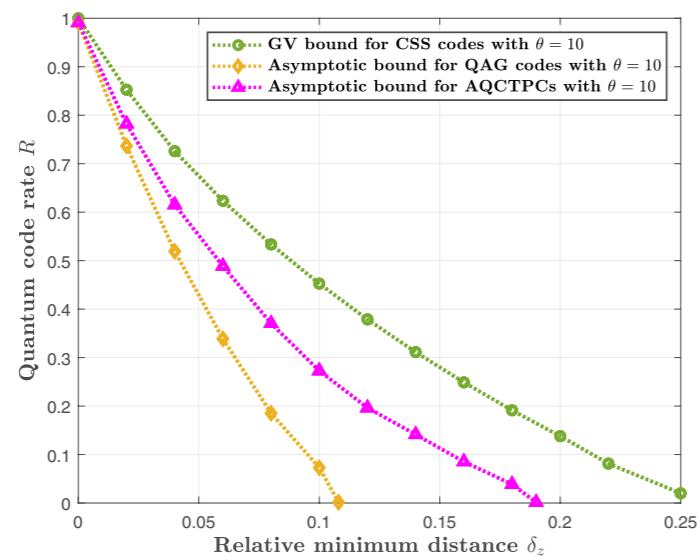
1. We propose a novel concatenation scheme called asymmetric quantum concatenated and tensor product codes (AQCTPCs) that combines both CCs and TPCs, where concatenated codes (CCs) are used to correct Z-errors and tensor product codes (TPCs) are used to correct X-errors.
2. AQCTPCs have the several advantages.
 - ✓ AQCTPCs is very easy to construct since only the outer codes in AQCTPCs need to satisfy the dual-containing constraint in quantum codes. The inner constituent codes can be any classical linear codes,

making us having more freedom in the choice of the constituent codes.

- ✓ Most AQCTPCs are highly degenerate, which means they can correct many more errors than their classical TPC counterparts.
- ✓ AQCTPCs can be decoded efficiently provided that the classical constituent codes can be decoded efficiently. In particular, the total inner decoding complexity is reduced significantly due to error degeneracy.



Dividing the Pauli X-error e_x into n_2 sub-blocks where each sub-block e_{x_i} ($1 \leq i \leq n_2$) is of length n_1 .



The comparison among the asymptotic bound for AQCTPCs, the GV (Gilbert-Varshamov) bound for CSS codes and the asymptotic bound for asymmetric QAGs. The asymmetry parameter $\theta = d_z/d_x$ is chosen as 1, 10, 100 in (a), (b), and (c), respectively. We use the relative minimum distance $\delta_z = d_z/N$ as the horizontal axis and use code rate $R = K/N$ as the vertical axis.

Quantum Gram-Schmidt Processes and Their Application to Efficient State Readout for Quantum Algorithms

Kaining Zhang, Min-Hsiu Hsieh, Liu Liu, and Dacheng Tao

Abstract

Many quantum algorithms that claim speedup over their classical counterparts only generate quantum states as solutions instead of their final classical description. The additional step to decode quantum states into classical vectors normally will destroy the quantum advantage in most scenarios because all existing tomographic methods require runtime that is polynomial with respect to the state dimension. In this work, we present an efficient readout protocol that yields the classical vector form of the generated state, so it will achieve the end-to-end advantage for those quantum algorithms. Our protocol suits the case in which the output state lies in the row space of the input matrix, of rank r , that is stored in the quantum random access memory.

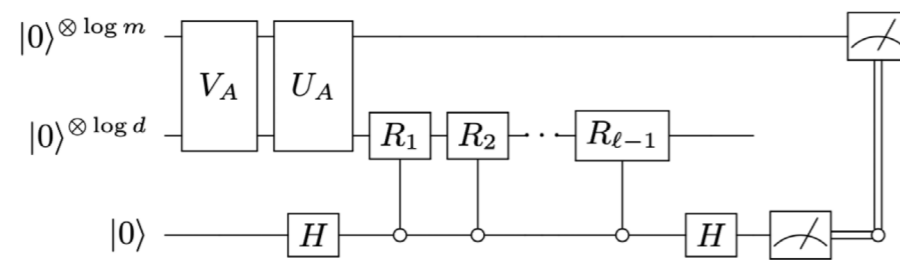
The quantum resources for decoding the state in l_2 norm with ϵ error require $\text{poly}(r, 1/\epsilon)$ copies of the output state and $\text{poly}(r, \kappa^r, 1/\epsilon)$ queries to the input oracles, where κ is the condition number of the input matrix. With our readout protocol, we completely characterize the end-to-end resources for quantum linear equation solvers and quantum singular value decomposition. One of our technical tools is an efficient quantum algorithm for performing the Gram-Schmidt orthonormal procedure, which we believe will be of independent interest.

Outline

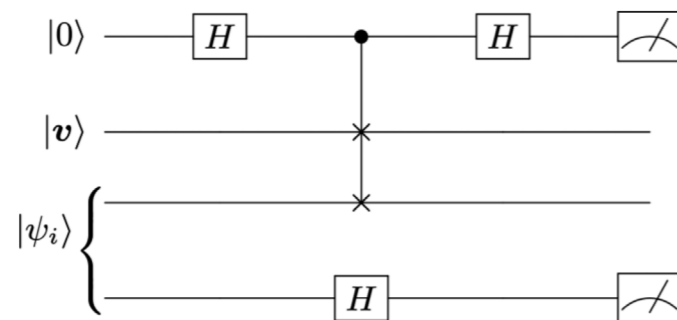
1. The additional step to decode quantum states into classical vectors normally will destroy the quantum advantage in most scenarios because all existing tomographic methods require runtime that is polynomial with respect to the state dimension.
2. In this work, we developed an efficient state readout framework for quantum algorithms which involve a low-rank input matrix and the output state $|\nu\rangle$ lies in the row space of the input matrix and is stored in the quantum random access memory. It yields the classical vector form of the generated state, so it will achieve the end-to-end advantage for those quantum algorithms.

quantum algorithms.

3. The proposed framework for decoding the state in l_2 norm takes $\tilde{O}(\text{poly}(r)\epsilon^{-2})$ copies of the output state and $\tilde{O}(\text{poly}(r, \kappa')\epsilon^{-2})$ queries to input oracles for providing ϵ error bounded classical description, where k is the condition number of the input matrix
4. One of our technical tools is an efficient quantum algorithm for performing the Gram-Schmidt orthonormal procedure, which we believe will be of independent interest.
5. Thus, our protocol preserves the quantum speedup at the state readout step of these quantum algorithms for the case that the rank r and the condition number k are small, relative to the system dimension d .
6. With our readout protocol, we completely characterize the end-to-end resources for quantum algorithms including the quantum SVD and the QRAM-based linear system solver in the low-rank case.



Quantum circuit for the l -th iteration in the QGSP.



Quantum circuit for estimating $\langle t_k | v \rangle \langle v | t_k \rangle$, where $|w\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|t_k\rangle|0\rangle + |t_k\rangle|1\rangle)$

Learnability of Quantum Neural Networks

Yuxuan Du, Min-Hsiu Hsieh, Tongliang Liu, Shan You, and Dacheng Tao

Abstract

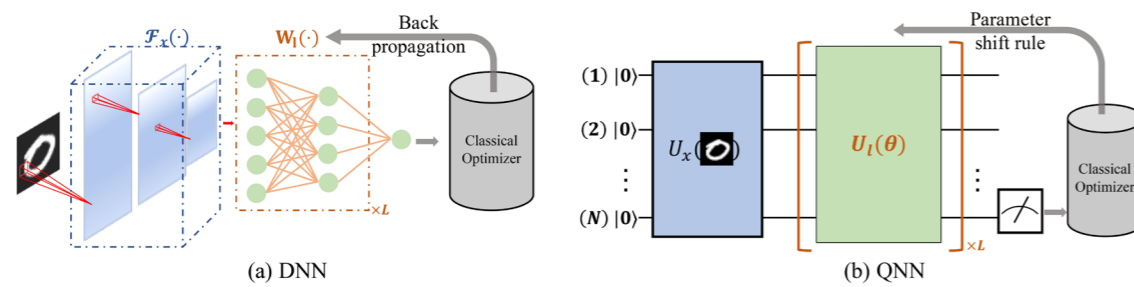
We consider the learnability of the quantum neural network (QNN) built on the variational hybrid quantum-classical scheme, which remains largely unknown due to the non-convex optimization landscape, the measurement error, and the unavoidable gate errors introduced by noisy intermediate-scale quantum (NISQ) machines. Our contributions in this paper are multi-fold. First, we derive the utility bounds of QNN towards empirical risk minimization, and show that large gate noise, few quantum measurements, and deep circuit depth will lead to the poor utility bounds. This result also applies to the variational quantum circuits with gradient-based classical optimization, and can be of independent interest. We then prove that QNN can be treated as a differentially private (DP) model. Thirdly, we show that if a concept class can be efficiently learned by QNN, then it can also be efficiently learned by QNN even with gate noise. This result implies the same learnability of QNN whether it is implemented on noiseless or noisy quantum machines. We last exhibit that the quantum statistical query (QSQ) model can be efficiently simulated by noisy QNN. Since the QSQ model can tackle certain tasks with runtime speedup, our result suggests that the modified QNN implemented on NISQ devices will retain the quantum advantage. Numerical simulations support the theoretical results.

Outline

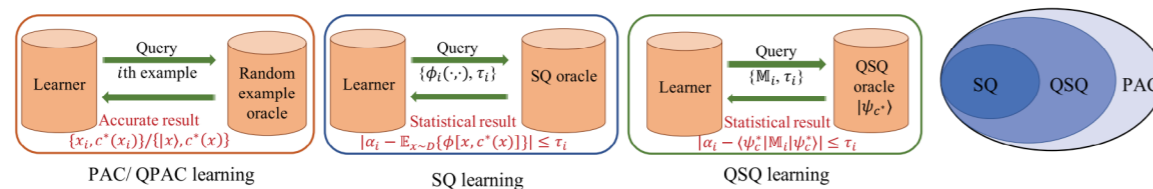
1. In the empirical risk minimization (ERM) framework, we studied the learnability of QNN.
 - ✓ The derived utility bounds indicate that, more measurements, lower noise, and shallower circuit depth contribute a better performance of QNN. Results also applies to gradient-based optimization problem in variational quantum circuit.
2. We prove that QNN can be treated as a differentially private (DP) model.
3. We show that if a concept class can be efficiently learned by QNN, then it can also be effectively learned by QNN even with gate noise. This implies the same learnability of QNN whether

implemented on noiseless or noisy quantum machines

- ✓ We exhibit that the quantum statistical query (QSQ) model can be effectively simulated by noisy QNN. It suggested that the modified QNN implemented on NISQ devices will retain the quantum advantage



Comparison of DNN (deep neural network) and QNN (quantum neural network)



The mechanism of different quantum learning models.

Randomized Benchmarking for Non-Markovian Noise

Pedro Figueroa-Romero, Kavan Modi, Robert J. Harris,
Thomas M. Stace, and Min-Hsiu Hsieh

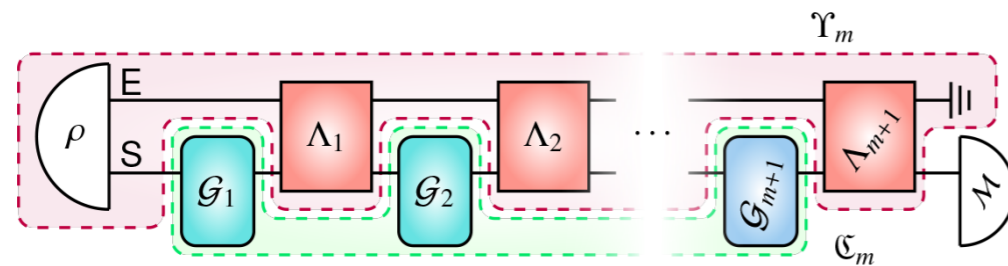
Abstract

Estimating the features of noise is the first step in a chain of protocols that will someday lead to fault-tolerant quantum computers. The randomized benchmarking (RB) protocol is designed with this exact mindset, estimating the average strength of noise in a quantum processor with relative ease in practice. However, RB, along with most other benchmarking and characterization methods, is limited in scope because it assumes that the noise is temporally uncorrelated (Markovian), which is increasingly evident not to be the case. Here, we combine the RB protocol with a recent framework describing non-Markovian quantum phenomena to derive a general analytical expression of the average sequence fidelity (ASF) for non-Markovian RB with the Clifford group. We show that one can identify non-Markovian features of the noise directly from the ASF through its deviations from the Markovian case, proposing a set of methods to collectively estimate these deviations, non-Markovian memory time scales, and diagnose (in)coherence of non-Markovian noise in an RB experiment. Finally, we demonstrate the efficacy of our proposal by means of several proof-of-principle examples. Our methods are directly implementable and pave the way for a better understanding of correlated noise in quantum processors.

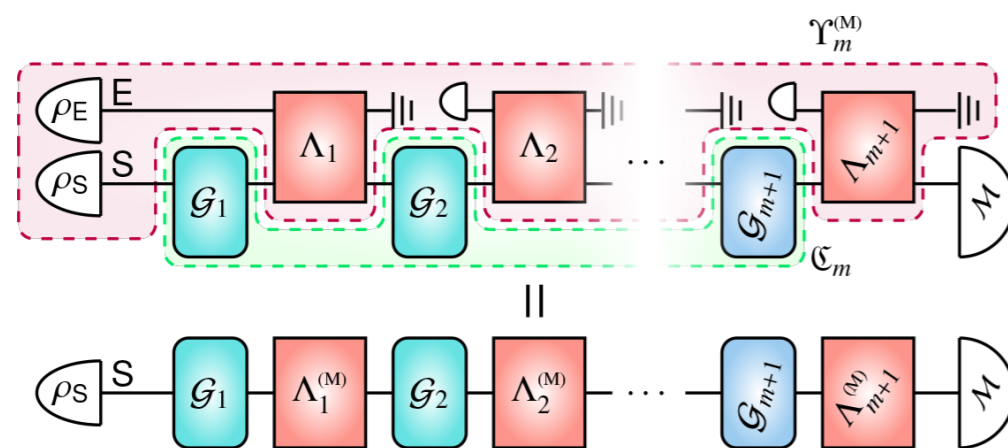
Outline

1. The randomized benchmarking (RB) protocol is designed to estimate the average strength of noise in a quantum processor with relative ease in practice.
2. To consider the increasingly evident temporally correlated case, we extend the RB protocol with non-Markovian noise to be described by the process tensor contraction.
3. We have derived a general analytical expression for the average sequence fidelity (ASF) of a randomized benchmarking (RB) experiment with the Clifford group subject to gate-independent non-Markovian noise.

4. We have proposed a theoretical measure to quantify non-Markovian deviations in an ASF and thus identify non-Markovian features of the noise directly.
5. We have derived the ASF for the case of finite non-Markovian noise, allowing to operationally estimate both non-Markovian noise time scales and the measure of deviations from Markovianity.



A non-Markovian noisy RB sequence as a process tensor contraction.



A Markovianized counterpart of a non-Markovian RB sequence.

Entanglement-Assisted Capacity Regions and Protocol Designs for Quantum Multiple-Access Channels

Haowei Shi, Min-Hsiu Hsieh, Saikat Guha, Zheshen Zhang
and Quntao Zhuang

Abstract

We solve the entanglement-assisted (EA) classical capacity region of quantum multiple-access channels (MACs) with an arbitrary number of senders. As an example, we consider the bosonic thermal-loss MAC and solve the one-shot capacity region enabled by an entanglement source composed of sender-receiver pairwise two-mode squeezed vacuum states. The EA capacity region is strictly larger than the capacity region without entanglement-assistance. With two-mode squeezed vacuum states as the source and phase modulation as the encoding, we also design practical receiver protocols to realize the entanglement advantages. Four practical receiver designs, based on optical parametric amplifiers, are given and analyzed. In the parameter region of a large noise background, the receivers can enable a simultaneous rate advantage of 82.0% for each sender. Due to teleportation and superdense coding, our results for EA classical communication can be directly extended to EA quantum communication at half of the rates. Our work provides a unique and practical network communication scenario where entanglement can be beneficial.

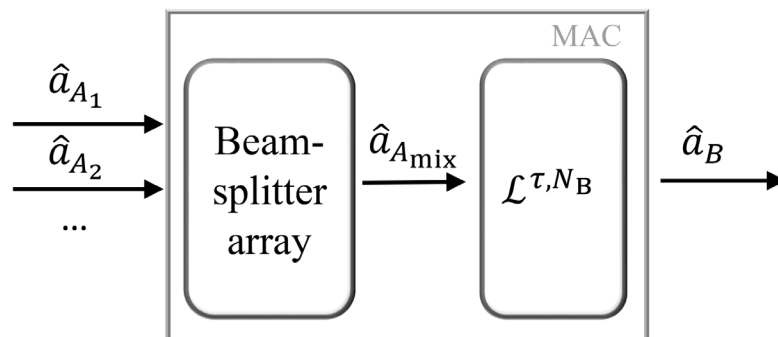
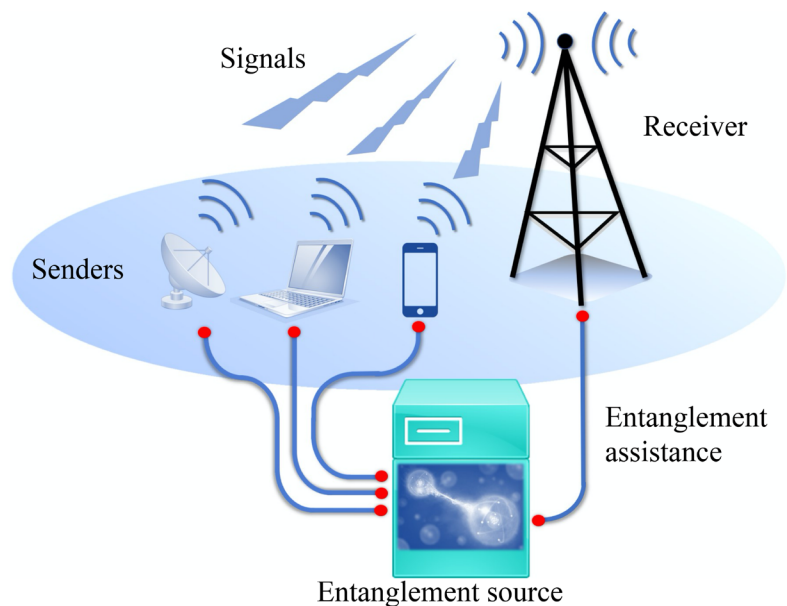
Outline

1. We present a thorough study of entanglement-assisted (EA) classical communication over a quantum multiple-access channel (MAC) with an arbitrary number of senders.
2. On the fundamental information-theoretic side. We prove the general EA classical capacity theorem for an s -sender ($s \geq 2$) MAC, which has been conjectured in 2008 and yet not proven for the past decade. Next, we proceed to evaluate the EA rate region of the bosonic thermal-loss MAC, which models an optical or microwave communication scenario (see Fig. 1). As an example, we consider the bosonic thermal-loss MAC and solve the one-shot capacity region enabled by an

entanglement source composed of sender-receiver pairwise two-mode squeezed vacuum (TMSV) states. The EA capacity region is strictly larger than the capacity region without entanglement-assistance, showing rigorous advantages from entanglement.

3. On the application side, we also propose practical protocols to realize the EA advantage in a bosonic thermal-loss MAC. The protocol consists of phase-modulation encoding on the TMSV entanglement source and structured receiver designs. Four practical receiver designs are given and analyzed. In a large noise background, a simultaneous rate advantage of 82.0% for each sender can

Conceptual schematic of EA classical communication over a MAC. The entanglement source distributes entangled pairs to each sender and the receiver, potentially via a quantum network. Each sender encodes its own message on its share and sends the signal to the receiver. The receiver decodes the messages of all senders by jointly measuring the received signals and the entanglement-assistance locally stored.



Schematic of the bosonic thermal-loss MAC which is the relevant MAC in an optical or microwave communication scenario. The beam splitter array models a linear scattering medium. The thermal-loss channel models the noisy transmission.

High-Speed and High-Power 940 nm Flip-Chip VCSEL Array for LiDAR Application

Kuo-Bin Hong, Wei-Ta Huang, Hsin-Chan Chung, Guan-Hao Chang, Dong Yang, Zhi-Kuang Lu, Shou-Lung Chen, and Hao-Chung Kuo

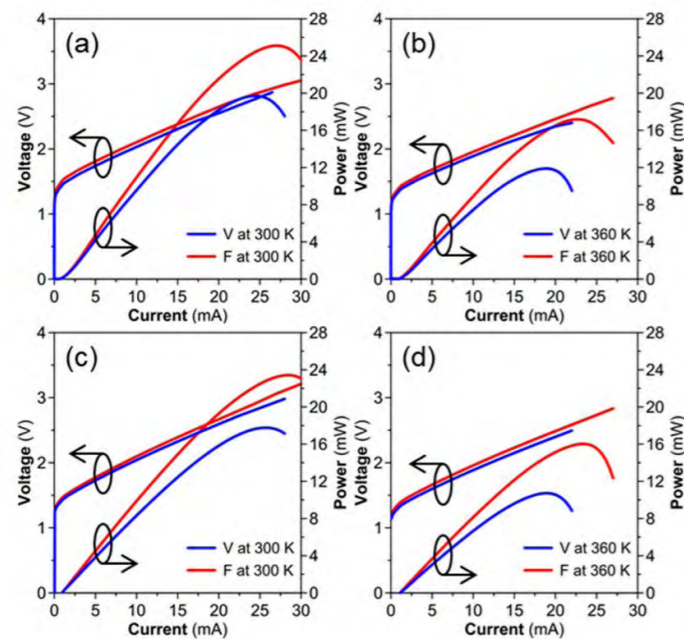
Abstract

In this paper, we demonstrate the design and fabrication of a high-power, high-speed flip-chip vertical cavity surface emitting laser (VCSEL) for light detection and ranging (LiDAR) systems. The optoelectronic characteristics and modulation speeds of vertical and flip-chip VCSELs were investigated numerically and experimentally. The thermal transport properties of the two samples were also numerically investigated. The measured maximum output power, slope efficiency (SE) and power conversion efficiency (PCE) of a fabricated flip-chip VCSEL array operated at room-temperature were 6.2 W, 1.11 W/A and 46.1%, respectively. The measured L-I-V curves demonstrated that the flip-chip architecture offers better thermal characteristics than the conventional vertical structure, especially for high-temperature operation. The rise time of the flip-chip VCSEL array was 218.5 ps, and the architecture of the flip-chip VCSEL with tunnel junction was chosen to accommodate the application of long-range LiDAR. The calculated PCE of such a flip-chip VCSEL was further improved from 51% to 57.8%. The device design concept and forecasting laser characteristics are suitable for LiDAR systems.

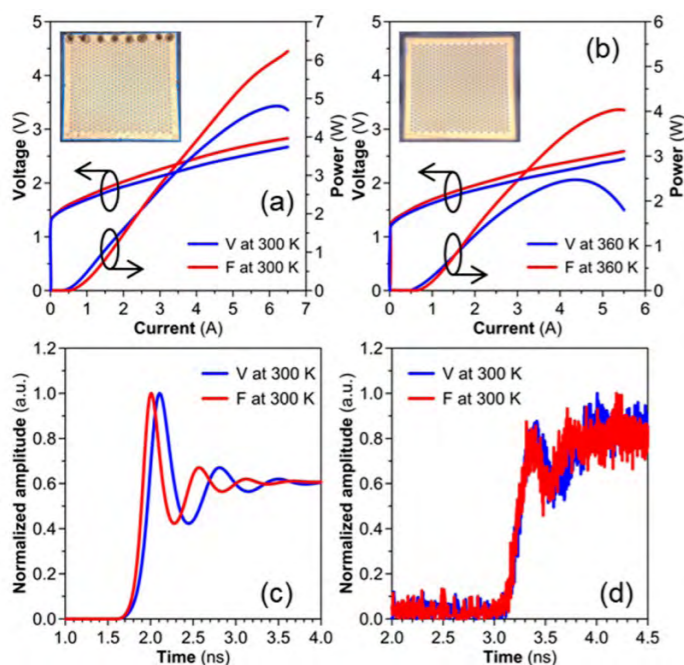
Outline

1. Calculated results indicated that the flip-chip VCSEL has superior heat dissipation, which causes the additional improvement in the output power, slope efficiency and power conversion efficiency.
2. Due to the excellent thermal dissipation of flip-chip VCSEL, the measured output power, slope efficiency and power conversion efficiency under CW operation can reach 6.2 W, 1.11 W/A and 46.1%, respectively.
3. In addition, the measured rise time of the flip-chip VCSEL can be reduced from 237.2 ps to 218.5 ps at a small current.

4. The calculated output power and power conversion efficiency for the flip-chip VCSEL with a GaAs Tunnel Junction structure increased from 23.3 mW to 37.1 mW and 51% to 57.8%, respectively.
5. The overall results suggest that the high-power and high-speed laser device composed of the array of the proposed flip-chip VCSEL with GaAs Tunnel Junction can be fully applied for long-range LiDAR applications.



The light-current characteristics for simulation of vertical and flip-chip VCSELs at (a) 300 K and at (b) 360 K. (c,d) are the measured L-I-V characteristics for two kinds of fabricated VCSELs under CW operation at 300 K and 360 K. The arrows in the figures are indicated as the groups of I-V and L-I curves.



The measured L-I-V characteristics of vertical and flip-chip VCSEL arrays under CW operation at (a) 300 K and at (b) 360 K. The insets in (a,b) show the optical microscope images of vertical and flip-chip VCSEL arrays, respectively. (c) Simulated and (d) measured modulation responses of vertical and flip-chip VCSELs at 300 K. The arrows in the figures are indicated as the groups of I-V and L-I curves.

Development of GaN HEMTs Fabricated on Silicon, Silicon-on-Insulator, and Engineered Substrates and the Heterogeneous Integration

Lung-Hsing Hsu, Yung-Yu Lai, Po-Tsung Tu, Catherine Langpoklakpam, Ya-Ting Chang, Yu-Wen Huang, Wen-Chung Lee, An-Jye Tzou, Yuh-Jen Cheng, Chun-Hsiung Lin, Hao-Chung Kuo, and Edward Yi Chang

Abstract

GaN HEMT has attracted a lot of attention in recent years owing to its wide applications from the high-frequency power amplifier to the high voltage devices used in power electronic systems. Development of GaN HEMT on Si-based substrate is currently the main focus of the industry to reduce the cost as well as to integrate GaN with Si-based components. However, the direct growth of GaN on Si has the challenge of high defect density that compromises the performance, reliability, and yield. Defects are typically nucleated at the GaN/Si heterointerface due to both lattice and thermal mismatches between GaN and Si. In this article, we will review the current status of GaN on Si in terms of epitaxy and device performances in high frequency and high-power applications. Recently, different substrate structures including silicon-on-insulator (SOI) and engineered poly-AlN (QST®) are introduced to enhance the epitaxy quality by reducing the mismatches. We will discuss the development and potential benefit of these novel substrates. Moreover, SOI may provide a path to enable the integration of GaN with Si CMOS. Finally, the recent development of 3D hetero-integration technology to combine GaN technology and CMOS is also illustrated.

Outline

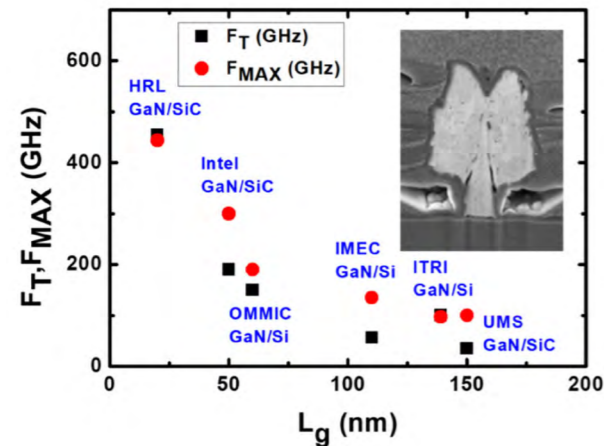
1. We provide an overview of the important technology developments of GaN HEMT. According to these advanced substrate technologies efficiently improve device characteristics, performance, and reliability.
2. Traditional silicon substrates will be replaced by other smooth and friendly substrates (like GaN, SiC, etc.) for RF and power applications.

3. These advanced substrate technologies will bring thicker GaN buffer layer, high thermal conductivity, and high resistance substrate in the future high-power high-frequency components.

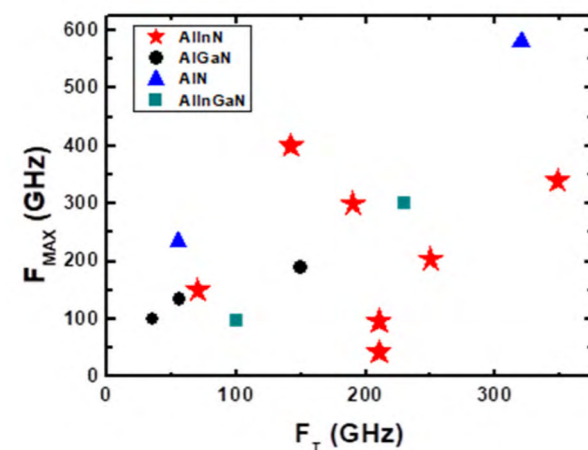
4. In addition, the heterogeneous integration of GaN HEMTs and CMOS structure have become a new direction.

Material	Thermal Conductivity κ (W/m-K)	TBR ($\text{m}^2\text{K/GW}$)	Thermal Expansion Coefficient, ($10^{-6}/\text{K}$)	Lattice Mismatch with GaN (%)
GaN	$160 (300/T)^{1.4}$	–	–	–
Sapphire	$35 (300/T)^1$	10–40	39	16
Si	$150 (300/T)^{1.3}$	10–40	54	17
SiC	$420 (300/T)^{1.3}$	30–60	3.2	4
Diamond	$1200 (300/T)^1$	20–50	62.5	12

Temperature-dependent thermal conductivity of GaN/different substrate materials, TBR values for GaN/substrate interfaces used in simulations are listed.



Benchmark for frequency versus L_g .



Comparison of the measured f_T and f_{MAX} in GaN-based HEMTs from literature.

High-Uniform and High-Efficient Color Conversion Nanoporous GaN-based Micro-LED Display with Embedded Quantum Dots

Yu-Ming Huang, Jo-Hsiang Chen, Yu-Hau Liou, Konthoujam James Singh, Wei-Cheng Tsai, Jung Han, Chun-Jung Lin, Tsung-Sheng Kao, Chien-Chung Lin, Shih-Chen Chen, and Hao-Chung Kuo

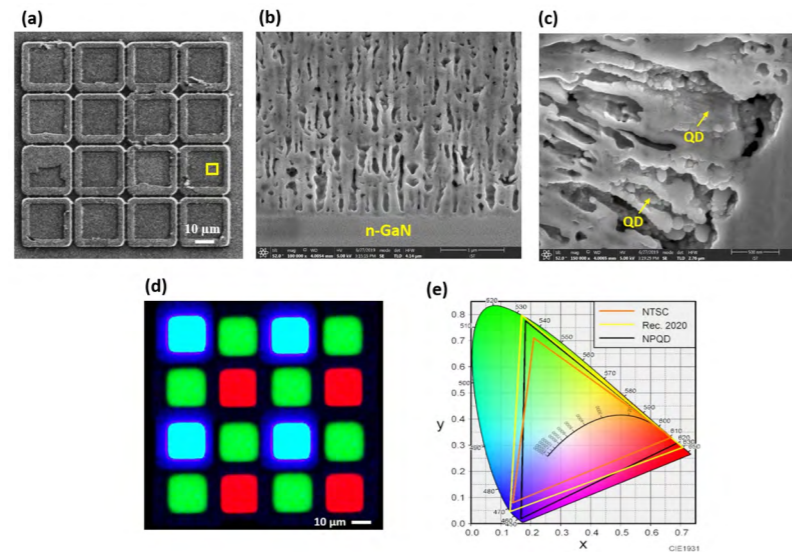
Abstract

Quantum dot (QD)-based RGB micro-LED technology is seen as one of the most promising approaches towards full color micro-LED displays. In this work, we present a novel nanoporous GaN (NP-GaN) structure that can scatter light and host QDs, as well as a new type of micro-LED array based on an NP-GaN embedded with QDs. Compared to typical QD films, this structure can significantly enhance the light absorption and stability of QDs. As a result, the green and red QDs exhibited light conversion efficiencies of 90.3% and 96.1% respectively, leading to improvements to the luminous uniformity of the green and red subpixels by 90.7% and 91.2% respectively. This study provides a viable pathway to develop high-uniform and high-efficient color conversion micro-LED displays.

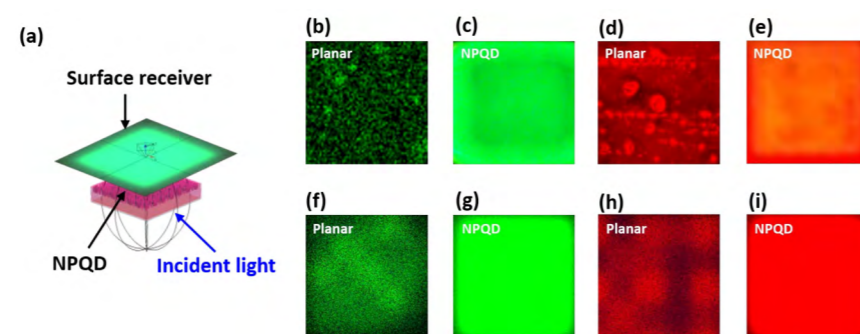
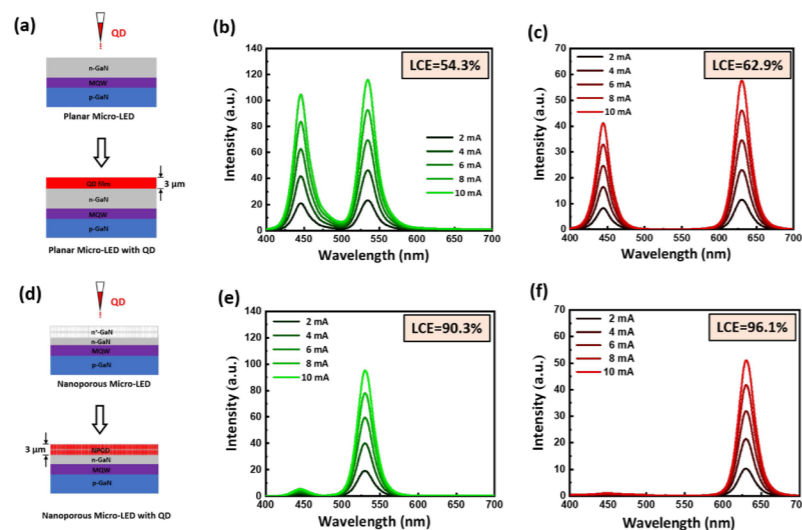
Outline

1. Nanoporous GaN structure provides multiple light scattering as well as increasing the optical path length, furtherly boost up the opportunity of exciting QD.
2. Combining SIJ printing technique and NP-GaN structure can prevent self-aggregation issue and reduce the thickness of display within 3- μm -thick QD layers. Therefore, the LCE values of NP-GaN structure will be enhanced by 66.2% for the green QD and by 52.7% for the red QD comparing to planar structure.
3. An NP-GaN embedded with QDs mitigated the self-aggregation issue of QDs and achieved illuminance uniformity of 90.7% and 91.2% for the green and red subpixels, respectively.
4. A wide color gamut showing 97.3% in the NTSC space and 89.1% in the Rec. 2020 standard was achieved.

(a) Top view SEM of flip chip NP micro-LED array; (b) cross-sectional SEM of NP-GaN; (c) SEM image of NP-GaN structure embedded with QDs; (d) electroluminescence optical microscopy image, and (e) the CIE-1931 chromaticity diagram of RGB NP pixel micro-LED.



Schematic diagram of the (a) normal micro-LED and (d) nanoporous micro-LED with QDs. Electroluminescence spectrum of (b) the green QD film and (e) the green NPQD, (c) the red QD film and (f) the red NPQD with increasing applied current of blue micro-LED pumping source.



(a) LightTools model including surface receiver, nanoporous embedded QD structure, and light source; the measurement fluorescence optical microscopy image for planar GaN (b) green and (d) red QD, and for the NP-GaN (c) green, (e) and red structures; simulation of a luminous image in planar GaN (f) green, and (h) red QD; and with NP-GaN (g) green, and (i) red structures.

Ultrafast 2×2 Green Micro-LED Array for Optical Wireless Communication Beyond 5 Gbit/s

Gong-Ru Lin, Hao-Chung Kuo, Chih-Hsien Cheng, Yi-Chien Wu, Yu-Ming Huang, Fang-Jyun Liou, and Yi-Che Lee

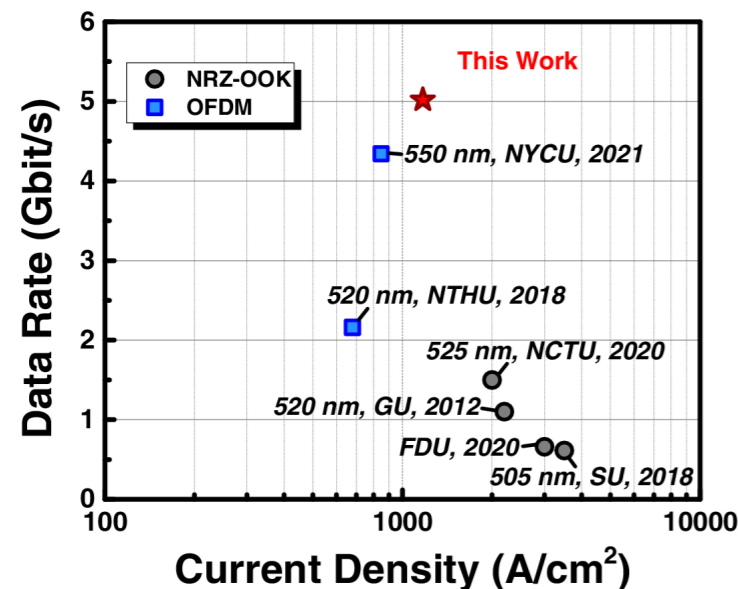
Abstract

A green 2×2 micro light-emitting diode (μ -LED) array with nanostructured grating patterns grown on a semipolar (20-21)-oriented gallium nitride (GaN) buffered layer on (22-43)-oriented sapphire substrate is specially transistor-outline can (TO-can) packaged with a sub-miniature-A (SMA) connector for high-speed data communication beyond 5 Gbit/s. Through a specific design for suppressing the quantum-confined Stark effect (QCSE) in the green 2×2 μ -LED array with a low polarization-related electric field and flat quantum well band diagram, the green 2×2 μ -LED array exhibits a turn-on voltage of 2.5 V and output power of 0.3 mW at 1 A/cm^2 . The green 2×2 μ -LED array also reveals a wavelength shift from 543 nm to 537 nm smaller than that of conventional devices grown on C-plane buffered GaN substrate due to the inhibited QCSE. The $50 \mu\text{m}$ emission aperture of the green 2×2 μ -LED array ensures a lower capacitance for a larger -3 dB modulation bandwidth, which exhibits -1 dB power compression at a larger bias under high-speed operation, as it is less affected by the high resistance of the single μ -LED element. With a specific TO-can+SMA package, the green 2×2 μ -LED array exhibits maximal data rates exceeding 1.5 Gbit/s for the non-return-to-zero on-off keying format and beyond 5.02 Gbit/s for the bit-loaded discrete multitone (BL-DMT) format, which is very promising for optical wireless communication. As the sampling rate increases from 4 GSa/s to 16 GSa/s, the μ -LED array's received signal-to-noise ratio (SNR) improves dramatically from 15.4 dB to 12.2 dB. The SNR remains about 15.4 dB, with a matching bit-error ratio (BER) of 2.7×10^{-3} , whereas the 10-fold oversampling of the eight-ray quadrature amplitude modulation orthogonal frequency-division multiplexing (8-QAM OFDM) data stream with 16 GSa/s appears to reduce the SNR by -3 dB, resulting in a decoded BER of 3.3×10^{-3} . The green 2×2 μ -LED array has demonstrated greater potential in data transmission beyond 5 Gbit/s using the BL-

DMT algorithm for future applications in domains of visible light communication or optical wireless communication when packaged with handed mobile devices.

Outline

1. The InGaN-based semipolar green μ -LED array is fabricated by employing nanostructured grating patterns and circle shape mesa structure, which improves the output power.
2. With a specific TO-can+SMA package, the green 2×2 μ -LED array exhibits maximal data rates exceeding 1.5 Gbit/s for the NRZ-OOK format and beyond 5.02 Gbit/s for the BL-DMT format, which is very promising for optical wireless communication.
3. This device can deliver 16-QAM-OFDM to 4-QAM-OFDM data via the BL-DMT algorithm to achieve a data rate of 5.02 Gbit/s under the FEC criterion.
4. TO-can+SMA package allow the green 2×2 μ -LED array to have a minimal amount of resistance-inductance-capacitance (RLC) time added to its analog modulation response for improved communication performance.
5. The unique structural design minimizes the polarization-related electric field and flattens the QW band diagram to suppress the QCSE in the green 2×2 μ -LED with its turn-on voltage of 2.5 V, emission power of 0.3 mW at 1 A/cm^2 and a very small wavelength shift.



Benchmark of data rate versus current density for green-light LED.

Advanced Atomic Layer Deposition Technologies for Micro-LEDs and VCSELs

Yen-Wei Yeh, Su-Hui Lin, Tsung-Chi Hsu, Shouqiang Lai, Po-Tsung Lee, Shui-Yang Lien, Dong-Sing Wu, Guisen Li, Zhong Chen, Tingzhu Wu, and Hao-Chung Kuo

Abstract

In recent years, the process requirements of nano-devices have led to the gradual reduction in the scale of semiconductor devices, and the consequent non-negligible sidewall defects caused by etching. Since plasma-enhanced chemical vapor deposition can no longer provide sufficient step coverage, the characteristics of atomic layer deposition ALD technology are used to solve this problem. ALD utilizes self-limiting interactions between the precursor gas and the substrate surface. When the reactive gas forms a single layer of chemical adsorbed on the substrate surface, no reaction occurs between them and the growth thickness can be controlled. At the Å level, it can provide good step coverage. In this study, recent research on the ALD passivation on micro-light-emitting diodes and vertical cavity surface emitting lasers was reviewed and compared. Several passivation methods were demonstrated to lead to enhanced light efficiency, reduced leakage, and improved reliability.

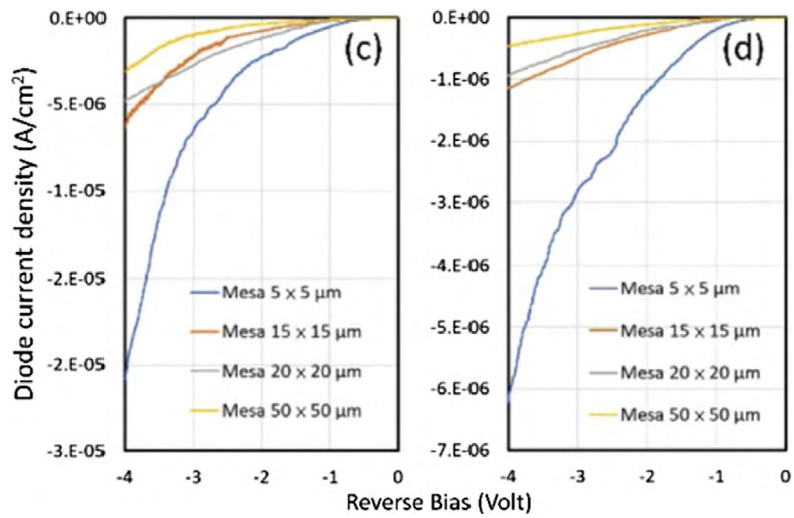
Outline

1. ALD sidewall passivation technique due to its best uniform coverage and high-density film characteristic can prevent leakage current for devices as well as provide high reliability.
2. ALD passivation has been applied to protect the quantum dot (QD) conversion layer in full-color displays. The dielectric layers of ALD- Al_2O_3 or dual layer of ALD- Al_2O_3 / PECVD- SiN_x are regarded as protecting layer. Further, prevent moisture and oxidation and provide excellent reliability.
3. The effects of ALD on the accurate control of DBR growth are specified, this technique has also been found to enhance the optical properties of MQWs, such as the deposition of an anti-reflection

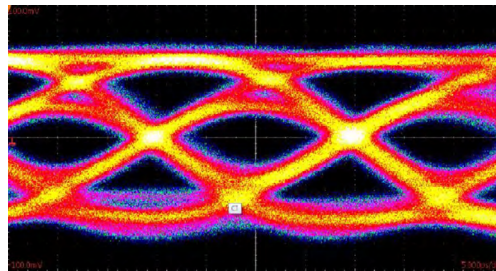
layer for improving the light extraction efficiency of a VCSEL and the accurate control of the growth of MQWs for improving its crystalline quality.

4. Because the output power of the VCSEL with an ITO transparent conductive film exceeds that of the traditional VCSEL, this study addresses the potential applications of ALD for preparing the TCO films of VCSELs.

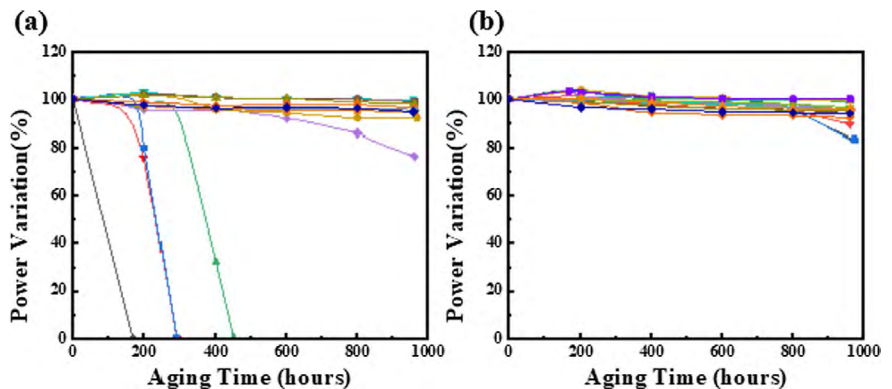
Reverse bias J-V curves of (a) PECVD samples and (b) ALD samples.



Eye-diagrams of 53 Gb/s error-free transmission up to 100 m with the 6 μm diameter of oxide aperture in the VCSEL after ALD.



WHTOL (85 °C/85 % humidity) performance of VCSEL chips, (a) device A, only SiN_x as passivation layer, (b) device B, Al₂O₃/SiN_x as passivation layers.



An Edge Intelligent Framework for O-RAN based IoV Networks

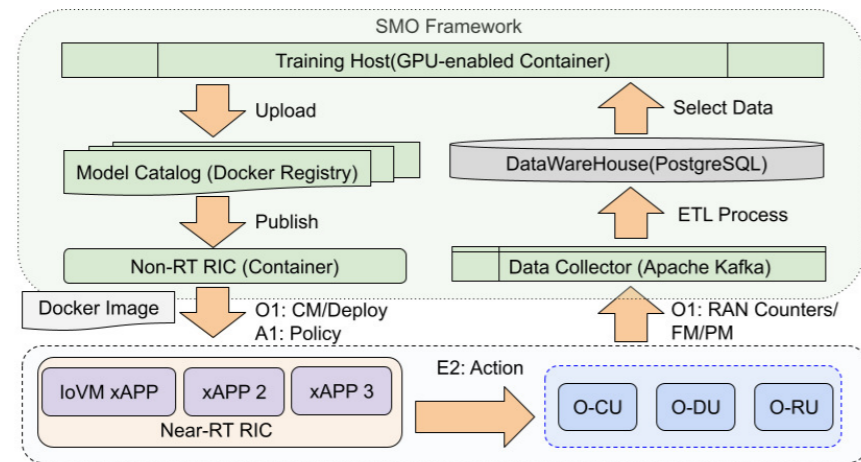
Yu-Kai Huang, Ai-Chun Pang, Jen-Ming Wu

Abstract

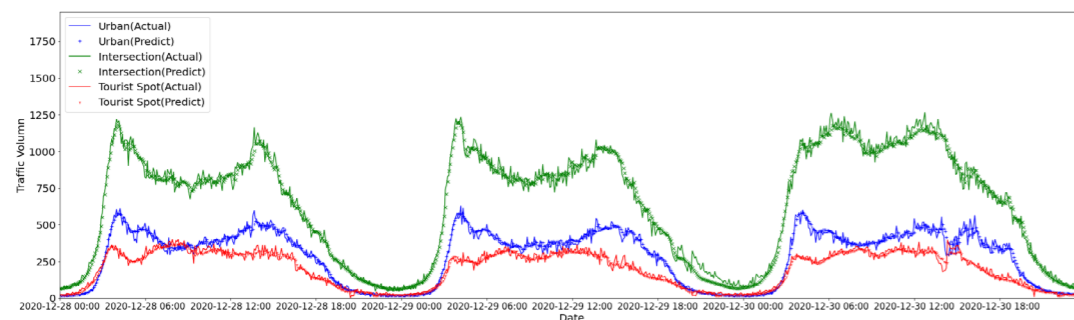
The emerging Internet of Vehicles (IoV) is expected to transform the everyday vehicular experience in the near future. However, IoV will also bring unprecedented challenges unseen in traditional wireless communications systems. Fortunately, the emergence of Open Radio Access Network (O-RAN) technology provides an intelligent base station (BS) solution for IoV networks. In this paper, we propose an edge intelligent framework in compliance with O-RAN architecture. A vehicle traffic flow prediction mechanism is performed in the developed prototype to verify the applicability and feasibility. Through the experiments with a real-world dataset, some insights and guidelines are provided in terms of operational efficiency and applicability. To the best of our knowledge, this work is the first attempt to study the edge intelligence for O-RAN based IoV networks.

Outline

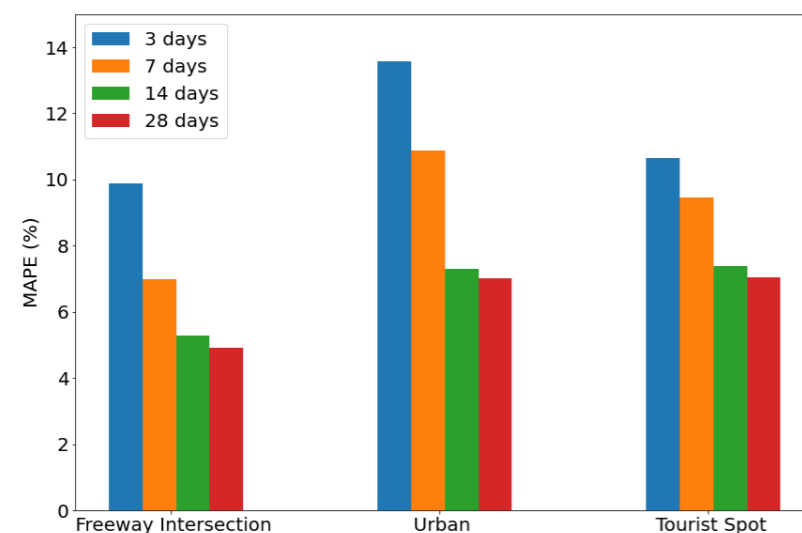
1. We propose an edge intelligent framework with the vehicle traffic flow prediction mechanism for O-RAN based IoV networks. Based on the framework, a prototype is developed which integrates numerous cutting-edge cloud technologies to achieve automation, scalability, and reliability, which are envisioned by O-RAN.
2. We conduct the experiments in the developed prototype with the data source of a real-world dataset, such that the vehicle traffic pattern can be realistically learned and predicted. The numerical results provide insights into how the hardware platform and the length of historical training data affect the prediction performance under various time granularity.
3. We believe that this work provides concrete guidelines for the deployment of O-RAN based IoV Networks in terms of operational efficiency and applicability. To the best of our knowledge, this paper makes the first attempt to study the edge intelligence for O-RAN based IoV networks.



Deployment Flow in the Proposed Framework



Validation Results



Experiment Result

Subcarrier and Permutation Index Modulation Multiple Access with Rotation Code

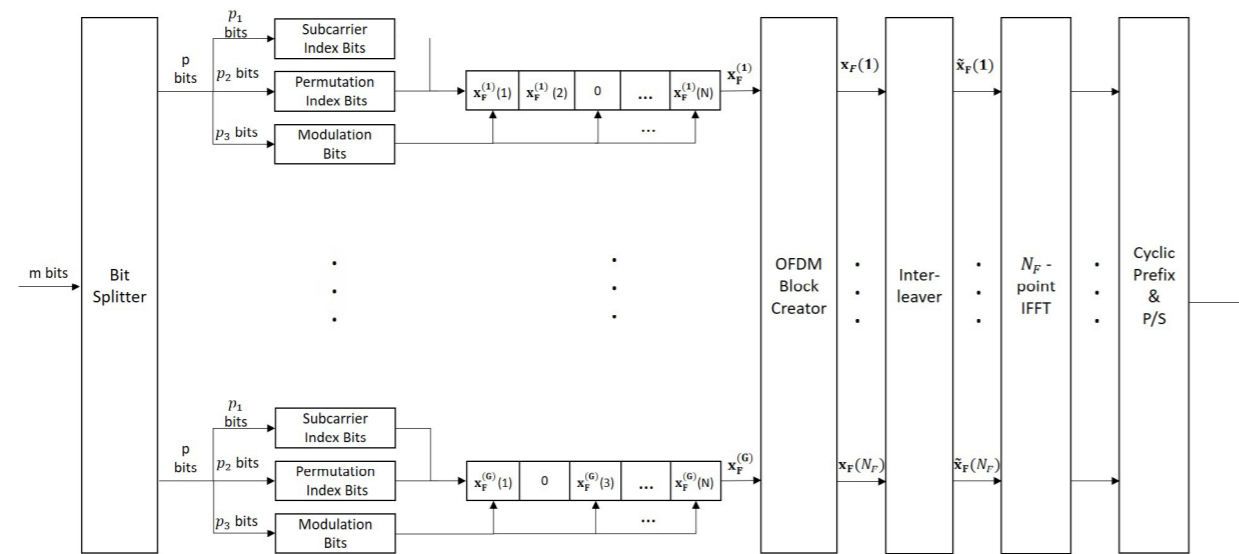
Ming-En Chen, Jen-Ming Wu

Abstract

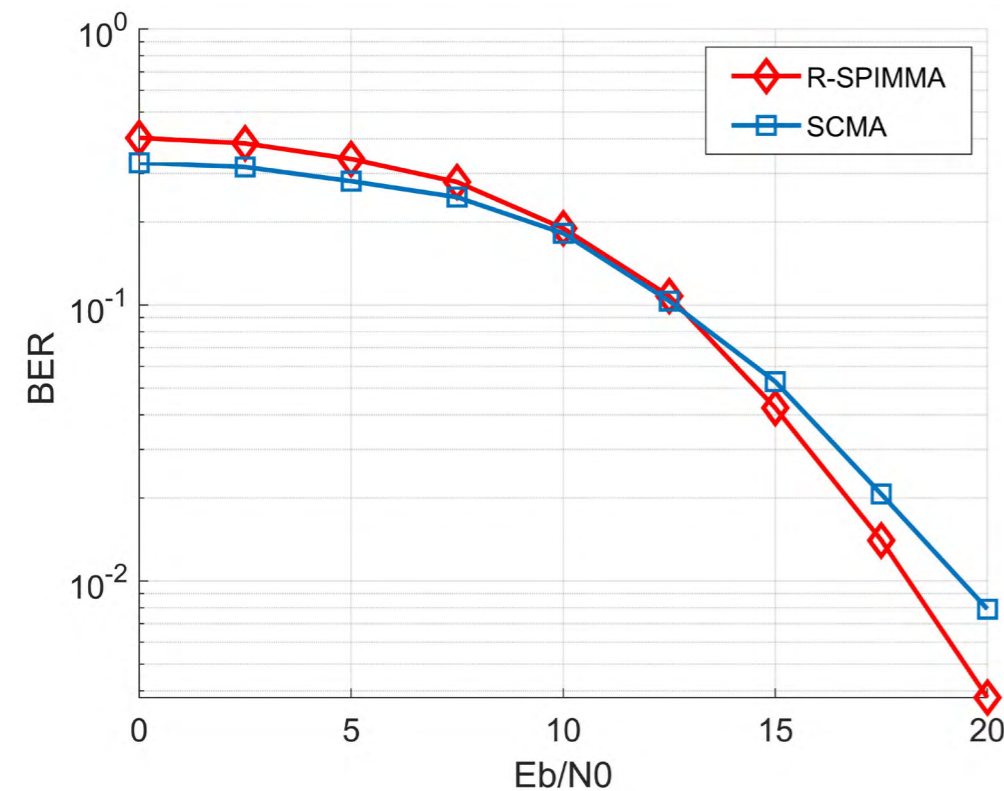
In this paper, a code-domain non-orthogonal multiple access (NOMA) scheme called "Subcarrier and Permutation Index Modulation Multiple Access" (SPIMMA) scheme is proposed over the Orthogonal Frequency Division Multiplexing-Subcarrier and Permutation Index Modulation (OFDM-SPIM) architecture. The Index Modulation Multiple Access (IMMA) which applies index modulation (IM) technique is a codebookbased NOMA scheme. It uses the active subcarriers to make index indices which can carry additional bits besides the modulation bits. The proposed scheme uses the concept of IMMA and improves it by transmitting additional bits through different modes. Index bits which deliver additional information are not only produced from the active and inactive subcarriers but also from the different modes permutation. Therefore, the performance of energy efficiency (EE) and spectral efficiency (SE) are improved. The rotation code is proposed in the SPIMMA to solve the problem of inter-user interference (IUI) in contention based multiple access. Due to the diversity gain from the rotation code, the simulation results show that the bit error rate (BER) of SPIMMA is improved with rotation code.

Outline

1. In this work, we have developed a code-domain NOMA scheme that facilitates grant free random multiple access for IoT applications. The proposed SPIMMA shows better SE, EE than the IMMA, OFDMA, and SCMA schemes.
2. The proposed SPIMMA scheme has the advantage that allows more user to access the same time-frequency resource. Besides, it has the flexibility to adjust system parameters to achieve different SE and EE.
3. The proposed SPIMMA been numerically verified to demonstrate better EE and SE compared with other NOMA schemes under the same modulation order.



Proposed SPIMMA system architecture



BER comparison with SCMA

Supervised Learning of Channel Delay Spreads for Cyclic-Prefix Free OFDM Systems

Jami Hema Ganesh, Jen-Ming Wu

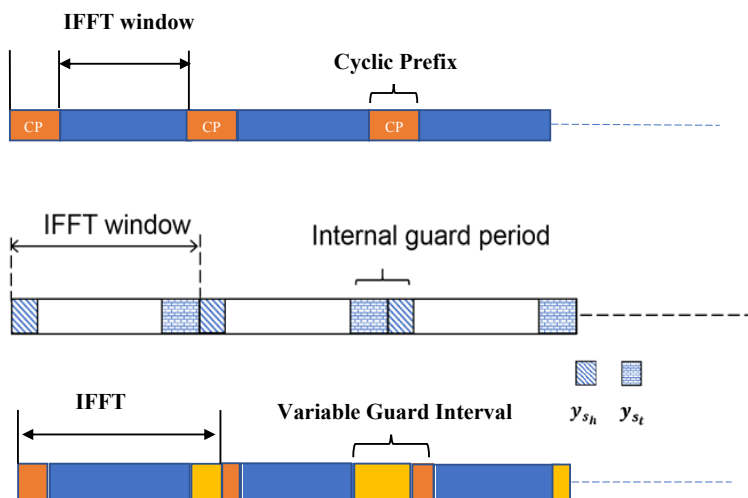
Abstract

This paper studies the use of supervised learning on the channel delay spreads to exploit variable Guard Interval (GI) for Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) based systems. In a multi-user OFDMA system, the cyclic prefix (CP) as External Guard Interval (eGI) applies fixed length among users for synchronization within the cell. However, the excessive length of eGI leads to spectral inefficiency for near users. The DFT-s-OFDM scheme allows flexible length internal guard interval (iGI) and improves the SE of the systems by stagnating the total symbol duration. This paper studies the use of supervised learning technique to determine the length of iGI for each users. The training database is generated based on normalized delay and received power for Tapped Delay Line (TDL) models defined in 3GPP 5G NR technical release. The machine learning classification technique is used to classify the different channel delay spreads which can later be used to determine the length of iGI to the users. The numerical simulation shows that the spectral efficiency can be improved over the CP based OFDM system up to 27%.

Outline

In this paper, the supervised SVM and KNN approaches are presented to learn the channel delay spreads in a multiple access system. Delay spreads of those TDL channel models are classified using the machine learning classification techniques and the testing accuracy of the KNN model is higher compared to the other SVM kernel functions. So, we consider KNN for the classification of delay spread values of different users. Further, the classified data is used to set the variable guard interval. From the simulation results, our proposed scheme has better detection reliability and achieves better BER. The SE of 27.6% increase is obtained compared to CPDFT-s-OFDM.

Frame structure of CP-OFDM and GUV-DFT-s-OFDM



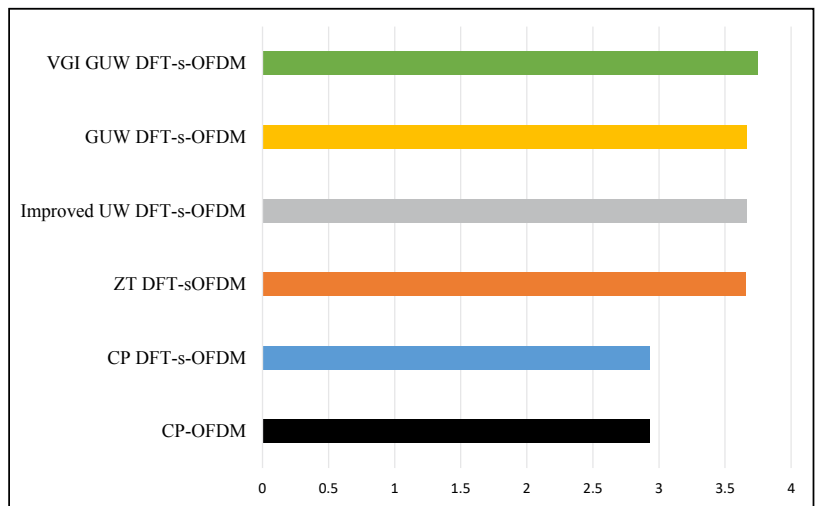
Classification accuracy with KNN

The accuracy for optimal $k = 39$ is 93.4

classification_report:

	precision	recall	f1-score	support
0	0.92	0.85	0.89	197
1	0.95	0.96	0.95	218
2	0.92	0.97	0.94	194
3	0.91	0.97	0.94	198
4	0.97	0.91	0.94	193
accuracy			0.93	1000
macro avg	0.93	0.93	0.93	1000
weighted avg	0.93	0.93	0.93	1000

Improvement in Spectral Efficiency (SE)



鴻海研究院 2021 大事記

01.04

研究院揭牌儀式：鴻海研究院的成立，是集團邁向 F3.0 轉型升級之路的重要發展策略之一。研究院下設五大研究所，專注於未來 3 ~ 7 年的前瞻技術研發，強化鴻海技術與產品創新，讓公司從過去的「勞力密集」升級至「腦力密集」、也為集團「3 + 3」的發展提升核心競爭力。

執行長兼資通安全研究所所長就任：李維斌。曾於台北市政府、台北富邦銀行、逢甲大學等擔任要職，具豐富的產官學研經驗及成果產出。研究領域為網路安全、密碼學、數位浮水印、資訊安全管理。

人工智慧研究所所長就任：栗永徽。在 AI、深度學習及機器學習方面擁有深厚的研究基礎，於全世界最重要的發明展中多次獲得金牌與特別獎的榮譽，也在學術界積極服務，並於九個以上的國際會議中擔任技術委員會及議程委員會的成員。

量子計算研究所所長就任：謝明修。在量子錯誤更正碼、量子通信理論、量子訊息理論、及量子機器學習貢獻卓著，並在 2015 年至 2018 年，被選為 IEEE Transactions on Information Theory 期刊的量子消息理論副編輯。

03.03

NExT Forum 資通安全論壇：邀請多位頂尖專家分享電動車資安關鍵議題，並連結產學界共同成立「新能源車產業資安聯盟」。

04.08

離子阱量子計算工作坊：實現量子計算的可能技術有很多種，離子阱技術能展現出最高的量子邏輯保真度及最大的可控量子糾纏態。特別邀請台灣在該領域中的資深研究人員，分享目前的研究成果。

05.06

半導體研究所所長就任：郭浩中。在光電領域累積超過 20 年研究資歷，發表超過 500 篇國際期刊及 300 篇國際研討會論文，論文引用總數達 15,000 次，H-index 指數 56，獲得國內外專利 37 件、專書 4 本，所掌握的正是發展固態照明、雷射應用與奈米科技不可或缺的核心技能。

06.06

NExT Forum 人工智慧與新世代通訊論壇：專注前瞻布局，特別是 5G 或下一代的 6G、AI，如何結合各種軟硬體應用進而帶動產業革新，創造未來成長曲線。

07.19

新世代通訊研究所所長就任：吳仁銘。研究興趣包含 5G/B5G/6G 通訊及網路技術、相位陣列天線訊號處理、機器學習及無線通訊收發器 IC 設計。曾擔任多個著名 IEEE 國際學術會議的技術議程委員會委員，以及 IEEE 亞太無線通訊會議技術議程委員會主席發表超過百篇學術論文及多件國際專利。

09.09

NExT Forum 半導體論壇：舉辦 NExT Forum 半導體論壇，與香港城市大學簽訂產學合作，並宣布鴻海集團正式投入第三類半導體前沿技術研發。

10.21

先進材料製造技術論壇：協辦 2021 先進材料製造技術論壇。

11.26

HITCON 2021 駭客年會：協辦 HITCON 2021 駭客年會。

12.06

離子阱實驗室主任就任：林俊達。研究興趣包含冷原離子量子操控、量子光學、量子計算與模擬。曾擔任數個國內外量子資訊與計算相關會議的議程委員會委員，並數度參與台灣物理年會議程委員與評審委員、國家理論中心 Thematic group 的統籌委員等。專攻擴展性離子阱架構與離子冷卻理論。

12.12

NExT Forum 量子計算論壇：邀請國際知名學者專家，從技術與產品應用切入，分享量子計算的最新趨勢。正式宣布成立離子阱實驗室。

12.25

年度傑出論文獎：2021 年鴻海研究院旗下五大研究所共產出 40 篇學術論文、26 篇科普文章及 8 件專利案申請，諮詢委員評選出前三名學術論文，聚焦於第三類半導體、量子計算及智慧車聯網等相關領域，並給予高達百萬獎金的實質肯定，期待能深化鴻海在前瞻技術掌握與產品創新能力，吸引更多科研人才加入鴻海研究院。