

產業焦點評論

物聯網晶片邁向更智慧、更多元化的發展

前言

隨著人工智慧逐漸由雲端邁向邊緣與終端，結合人工智慧的終端裝置與應用數量持續攀升。負責物聯網裝置操控的微控制器晶片，也從傳統簡單的感知、邏輯判斷、訊號收發、控制，成為可承載人工智慧、具備學習推論運算能力的高階晶片。在各垂直領域不同需求以及新興智慧科技快速發展的驅動下，承載人工智慧的物聯網晶片，將加速各領域新興智慧應用的發展。

鄭凱安

Document Code: @[DOCID]

Publication Date: @[pub_date]

Check out MIC on the Internet!
<https://mic.iii.org.tw/aisp>

人工智慧從雲端走向邊緣、終端

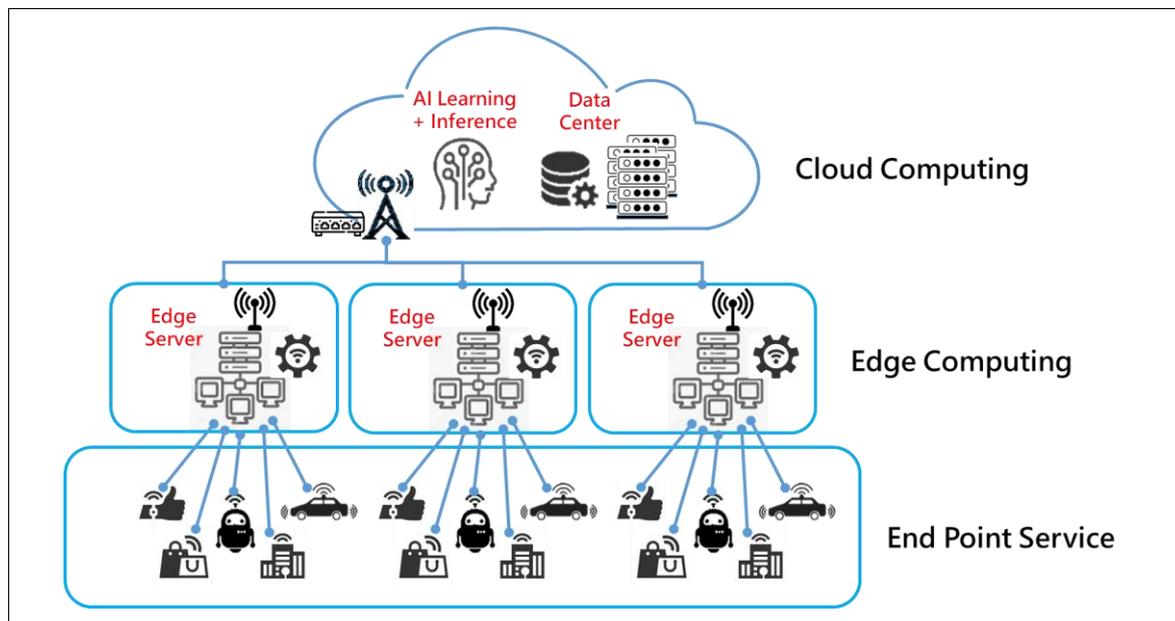
近年來，以深度學習 (Deep Learning, DL) 為主要核心的人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 技術持續精進，已經逐漸滲入人們生活與工作應用的各個領域，涵蓋智慧製造、智慧醫療、智慧商務、智慧觀光、智慧家庭等不同應用。全球 ICT 大廠紛紛投入 AI 多元應用服務的開發，並透過人機互動之技術與裝置，滿足使用者不同的需求。

人工智慧需要透過大量數位化資料的學習訓練建立模型，這些資料包含機構、個人或裝置運行所產生的文字、圖像、影音等不同類型的資料。早期這些資料都是儲存在雲端資料中心 (Cloud Data Center)，以 AI 進行各種學習與推論運算後，透過網路對終端使用者提供服務。隨著 AI 技術與應用的進展，邊緣運算 (Edge Computing) 逐漸興起，在各領域應用中確立其角色。相對於雲端資料中心負責較大量的資料運算分析以及 AI 模型的訓練，邊緣運算伺服器主要利用雲端資料中心訓練好的 AI 模型，在接近終端的網路節點蒐集資料進行分析、訓練與推論，以分攤雲端資料中心的運算負荷、減少資料往返傳送的頻寬與耗時、加快應用程式的執行速度，有效縮短服務遞送的時間。

圖一展示了人工智慧在雲端運算與邊緣運算之分工與合作。邊緣伺服器可以迅速蒐集掌握使用者所處環境的即時資料，進行處理、分析後，依照需求對終端使用者提供即時服務，並將處理分析後之資料回傳雲端進行學習，進一步優化人工智慧模型。另一方面，在邊緣伺服器無法完成全部所需之運算時，仍可透過將不需即時運算部分資料回傳雲端進行處理，再將運算結果傳回邊緣伺服器。

此外，區隔邊緣運算與雲端運算的另一個優點，就是將須使用者相關特定資料之閱覽與處理限制在邊緣與終端，可達成上傳雲端資料的去識別化，以及使用者個人或所處機構資料的保密。

圖一、人工智慧在雲端運算與邊緣運算之分工與合作



資料來源：MIC，2021年3月

物聯網需求推動微控制器發展

微控制器AI化

5G、Wi-Fi-6 等網路通訊技術的進展，進一步推動物聯網的蓬勃發展，也更加強調對終端使用者的快速即時服務。因應應用需求多元化的發展，物聯網裝置逐漸走向智慧化，一個重要的發展趨勢就是物聯網裝置的操控核心開始具備 AI 運算能力，可以蒐集、分析使用者與環境即時資料，就近對使用者提供所需的服務。這個趨勢的關鍵就在做為物聯網裝置操控核心的晶片—微控制器 (Micro Controller Unit, MCU)。

微控制器 MCU 是一種功能相對簡單的低功耗處理器 (Processor)，其內部組成包含中央運算單元、記憶體、計數器、輸入輸出單元等，主要功能為接收輸入訊號後進行簡單運算，再依據運算結果與預設程序輸出操控訊號。以 MCU 承載 AI 後可透過演算法對資料進行即時處理、分析與運用，降低大量資料回傳邊緣伺服器或雲端資料中心的需求，進一步強化對使用者的即時服務與回應。

受限於 MCU 晶片的運算核心與記憶體大小，物聯網裝置所承載的 AI 演算法對運算核心與記憶體的需求必須相對降低，也使其在運算效能方面無法與雲端資料中心相比，但 MCU 承載 AI 的優勢在於晶片價格低廉、運算功耗低，並可節省資料傳送到雲端資料中心進行處理運算的成本。

開源與授權開發並行

因應物聯網需求與產品快速更迭的趨勢，物聯網 MCU 往往會設定較短的開發時程，透過付費授權取得其他公司已開發的晶片架構與特定功能電路智財 (Intellectual Property, IP) 後整合於 MCU 的設計中，以減少晶片開發所需之人力與時間，而授權所需的費用依照取得的 IP 類型，以及 MCU 晶片量產後的數量而定。而以這種授權晶片 IP 為營運模式的公司中，Arm 是最具規模的，目前物聯網裝置中 90% 的 MCU 是採用 Arm 的授權 IP。

有別於付費授權使用已開發的晶片設計 IP，部分 IC 設計公司在物聯網 MCU 開發時，選擇開源 (Open Source) 的晶片設計架構，如 MIPS 與 RISC-V。這類開源晶片設計架構的優勢在於晶片指令集架構 (Instruction Set Architecture) 的彈性，可允許開發者自行調整與設定，特別適合物聯網晶片因應不同應用而有不同功能需求的少量多樣特性；同時不需授權費用，但必須從頭進行設計導致開發時間較為冗長。

開源架構的免費授權使用對產品開發資金有限的中小型 IC 設計公司有相當的吸引力，而其賦予晶片設計的彈性與自主性則是吸引大型 IC 設計公司的重點。不少大型 IC 設計公司如 Qualcomm、NVIDIA 選擇雙軌並行，一方面透過授權取得 IP 完成通用型產品開發快速導入市場，另一方面基於開源架構自行開發，建立自主 IP 並發展獨特晶片功能。

通用型微控制器的多元化規格選擇

基於物聯網裝置應用對於 AI 運算效能的不同需求，近年來有許多可以 MCU 承載的 AI 運算模型被開發出來，這些 AI 所需運算的資料規模與模型複雜度都遠低於雲端資料中心，但是必須配合需求提供不同等級的學習訓練與推論能力。相對的，MCU 的運算核心、記憶體、資料交換介面與功耗管理也發展出許多不同的技術規格組合，走向多元化的發展。

面對開源晶片設計架構彈性與自主性的挑戰，晶片品牌業者所推出的通用型物聯網晶片也走向了更細分的功能規格，讓做為晶片使用者的應用方案業者能有更多的選擇來搭配應用所需。表一以 STMicroelectronics 為例，列舉了部分 STMicroelectronics 基於 Arm 可承載運行人工智慧的 Cortex-M4 晶片架構所開發的多元化 MCU 系列，涵蓋從低階到高階的產品。表中產品主要依照記憶體大小以及封裝接腳數等規格進行區分。不同品牌業者所採用的細分規格還有晶片操作頻率 (Frequency)、電壓電流範圍、訊號輸入輸出接腳數、外接記憶體介面類型、內含類比-數位轉換器 (Analog-

Digital Converter)數量等;部分業者也會列出軟硬體搭配以及主要應用領域的建議,提供應用方案業者參考。

表一、STMicroelectronics 基於 Arm Cortex-M4 架構所開發的部分 MCU 系列產品

Flash	SRAM	64-Pin LQFP	100-Pin LQFP	144-Pin LQFP	176-Pin LQFP
128KB	64KB	STM32F401RB	STM32F401VB		
256KB	64KB	STM32F401RC	STM32F401VC		
256KB	128KB	STM32F446RC	STM32F446VC	STM32F446ZC	
384KB	96KB	STM32F401RD	STM32F401VD		
512KB	96KB	STM32F401RE	STM32F401VE		
512KB	128KB	STM32F446RE	STM32F446VE	STM32F446ZE	
512KB	192KB		STM32F407VE STM32F417VE	STM32F407ZE STM32F417ZE	
512KB	256KB		STM32F429VE	STM32F429ZE	STM32F429IE
512KB	384KB		STM32F469VE	STM32F469ZE	STM32F469IE
1MB	192KB	STM32F405RG STM32F415RG	STM32F405VG STM32F415VG STM32F405VG STM32F415VG	STM32F405ZG STM32F415ZG STM32F405ZG STM32F415ZG	
1MB	256KB		STM32F427VG STM32F437VG	STM32F427ZG STM32F437ZG	STM32F427IG STM32F437IG
1MB	256KB		STM32F429VG STM32F439VG	STM32F429ZG STM32F439ZG	STM32F429IG STM32F437IG
1MB	384KB		STM32F469VG STM32F479VG	STM32F469ZG STM32F479ZG	STM32F469IG STM32F479IG
2MB	256KB		STM32F427VI STM32F437VI	STM32F427ZI STM32F437ZI	STM32F427II STM32F437II
2MB	256KB		STM32F429VI STM32F439VI	STM32F429ZI STM32F439ZI	STM32F429II STM32F439II
2MB	384KB		STM32F469VI STM32F479VI	STM32F469ZI STM32F479ZI	STM32F469II STM32F479II

備註：LQFP—Low-profile Quad Flat Package，薄型四方扁平封裝，具有不同接腳樹與邊長規格
資料來源：各公司，MIC 整理，2021 年 3 月

微控制器承載 AI 帶來新興應用機會

隨著物聯網裝置的普及與大量布佈建，「AI + MCU」加速了新興智慧應用的發展，並在不同垂直領域建立了成功的案例。例如，在智慧製造領域，設備的 MCU 承載 AI 後，可整合環境與製程感測器，導入不同的應用。例如，透過溫度感測器、振動感測器以及電子訊號監控的回饋，AI 可用於判斷設備或零組件的異常狀態或耗損情形，及時預警更換；結合自動光學檢測裝置，AI 可以進行製程結果的即時監測，並回饋可能需要的參數調整；AI 還可以用於感測資料的品質管控與整合，藉以提供資料的品質與可靠性。

智慧醫療

在智慧醫療領域，穿戴式裝置中的 MCU 可以承載 AI，協助進行生理感測資料的處理與即時分析，提高生理監測的效率與準確率。例如，用於嬰兒睡眠監測的智慧踝環，可透過對嬰兒體溫、心跳、動作、姿勢，以及周遭環境溫度、濕度、亮度與噪音度的整合監測，判斷嬰兒的睡眠品質並預測甦醒時間；智慧手環透過光學感測方式量測使用者的心跳、血壓、血氧以及血糖濃度的資訊，並結合 AI 學習建立使用者生理資訊基準，作為異常判斷與警示的基礎，而 AI 也可進一步結合其他生理監測結果如呼吸頻率、心電圖等進行整合判斷，以決定是否發生異常並對使用者發出預警與就醫建議。

智慧家庭

在智慧家庭領域，智慧音箱等語音控制裝置內含承載 AI 演算法的 MCU，可即時達成語音辨識的任務，避免語音資料往返雲端資料中心的時間延遲，有效改善使用者以語音對話控制家電裝置的體驗；廚房內的煙霧偵測器在煙霧濃度過高時，能自主溝通烤箱或瓦斯爐的控制器關閉電源；承載 AI 的智慧空調裝置可結合室內人員感測與溫度感測結果，設定舒適的空調溫度，並達到節約用電的效果。

自駕車

在自駕車應用方面，為避免大量感測資料集中分析運算的功耗散熱問題，以及縮短緊急狀況的反應時間，近年來分散式運算興起，於部分感測晶片中承載 AI，可即時對感測資料進行處理分析，減少回傳至操控核心分析的資料量，或立即進行安全警示或操控。例如，在感測器中增添影像辨識 AI，可擷取影像中的人、車特徵後再行回傳，避免完整影像大量資料的傳輸，或是於緊急時啟動自動煞車系統；光達與 CMOS 影像感測資料也可透過複合式感測晶片承載 AI 預先融合 2D、3D 的影像感測資料後再行回傳，減少操控核心運算負擔。

MIC 觀點

物聯網應用下，MCU與AI的搭配將更加多元化

新興物聯網應用推陳出新，對於物聯網裝置資料處理運算與自主操控的功能需求也各有不同。AI 演算法的精進更進一步強調運算資源的配置要求，搭配物聯網裝置低功耗長效的基本要求，使得應用端對於物聯網 MCU 規格要求，如運算頻率、記憶體容量、資料交換介面、操作電壓電流、輸入輸出接腳數等，走向更細緻、更多元的劃分。

以 STMicroelectronics 基於 Arm Cortex-M4 架構所開發的 MCU 產品系列為例，表一中僅列出 64 pin、100 pin、144 pin、176 pin 四種 LQFP 封裝接腳數的產品型號就已經多達 70 個，更遑論有其他多種特殊接腳數如 169 pin、208 pin 的型號。可以預見未來物聯網 MCU 與不同 AI 演算法將更加多元化，除因應物聯網新興智慧應用的不同需求外，也將挑戰晶片品牌業者在產品應用區隔與生產庫存管理的能力。

晶片IP授權方案的彈性將持續提升

開源晶片設計架構如 RISC-V 與 MIPS 的指令集架構彈性與免付費授權特性對開發多元物聯網 MCU 的中小型 IC 設計公司具有高度的吸引力，近來頗受青睞，並已有不少晶片產品推出市場。這對量產通用型晶片的晶片品牌業者以及提供晶片設計 IP 的對外授權業者造成很大的壓力。

面對開源架構的競爭與客戶建立符合不同應用的晶片組合需求，晶片設計 IP 授權的龍頭 Arm 已經意識到這種壓力，也展開一連串的應對措施，包含 (1) 推出不同規格組合的 Cortex-M IP 系列，提供晶片品牌業者或應用方案業者選用；(2) 推出 Arm Flexible Access 客製化晶片設計平台，在開發階段提供免費 IP 授權，而僅收取晶片量產的權利金以降低 IC 設計公司晶片開發的成本；(3) 在 Cortex-M33、M55 二款晶片 IP 中增加了可客製化定義的指令集區塊，提升了 IC 設計公司依應用需求客製化設計晶片的自主性。

做為目前物聯網晶片市占率最高的 IP 授權業者，Arm 已與晶片設計公司以及終端應用方案業者建立了龐大應用生態體系，卻仍積極導入提高設計彈性、降低設計成本的措施，以期鞏固其目前的領先地位。在開源架構持續發展的壓力下，相信未來 Arm 等晶片設計 IP 擁有者對外授權的模式與技術規格也將更多元化、更具有彈性。



發行所	財團法人資訊工業策進會 產業情報研究所(MIC)
地址	台北市 106 敦化南路二段 216 號 19 樓
電話	(02)2735-6070
傳真	(02)2732-1353
全球資訊網	https://mic.iii.org.tw
會員服務專線	(02)2378-2306
會員傳真專線	(02)2732-8943
E-mail	members@micmail.iii.org.tw
AISP 會員網站	https://mic.iii.org.tw/aisp

以上研究報告經 MIC 整理分析所得，由於產業變動快速，並不保證上述報告於未來仍維持正確與完整，引用時請注意發布日期，及立論之假設或當時情境。
著作權所有，非經 MIC 書面同意，不得翻印或轉載