

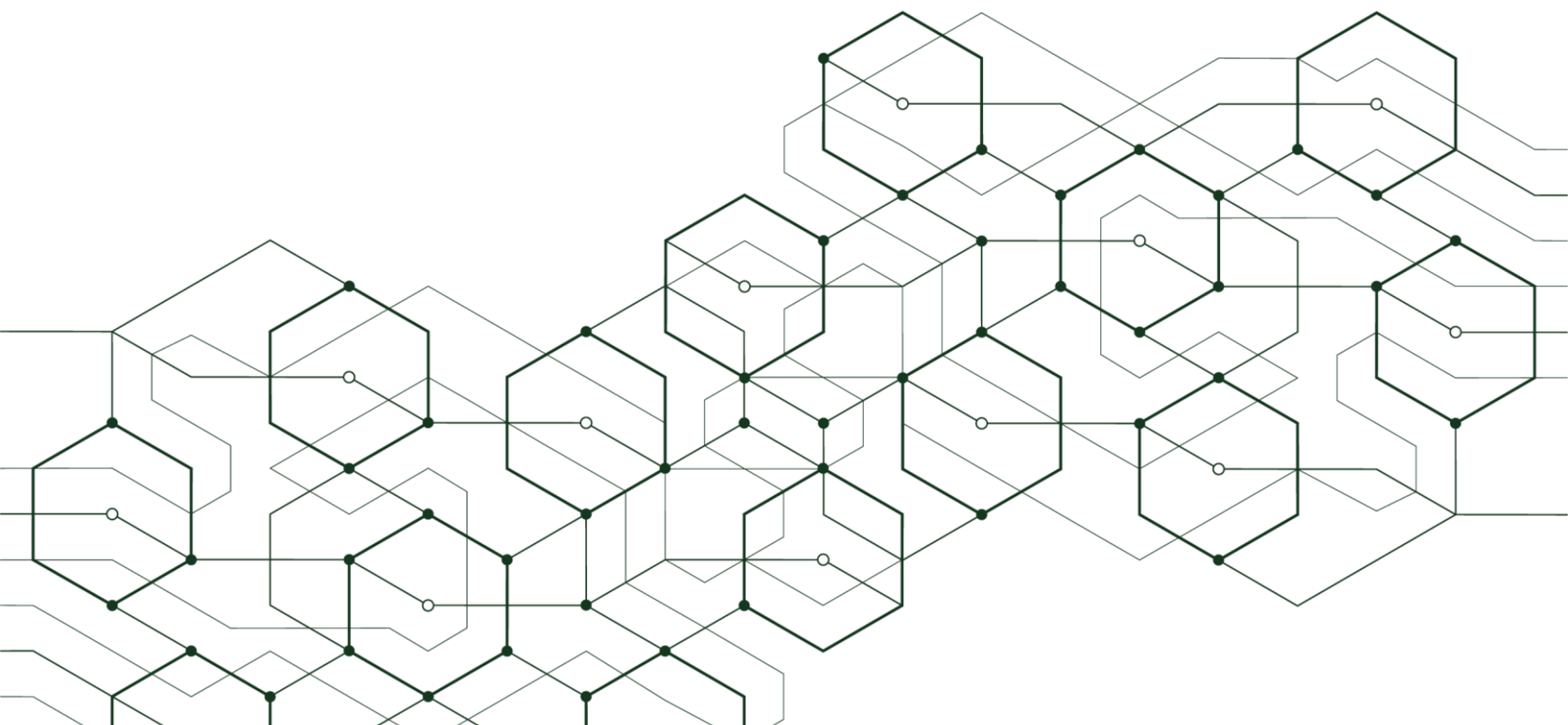
加速邊緣人工智能創新

工具和物聯網差異化策略

作者：執行副總裁 **Chris Rommel** 和總監 **Dan Mandell**

分發許可：

arm



介紹

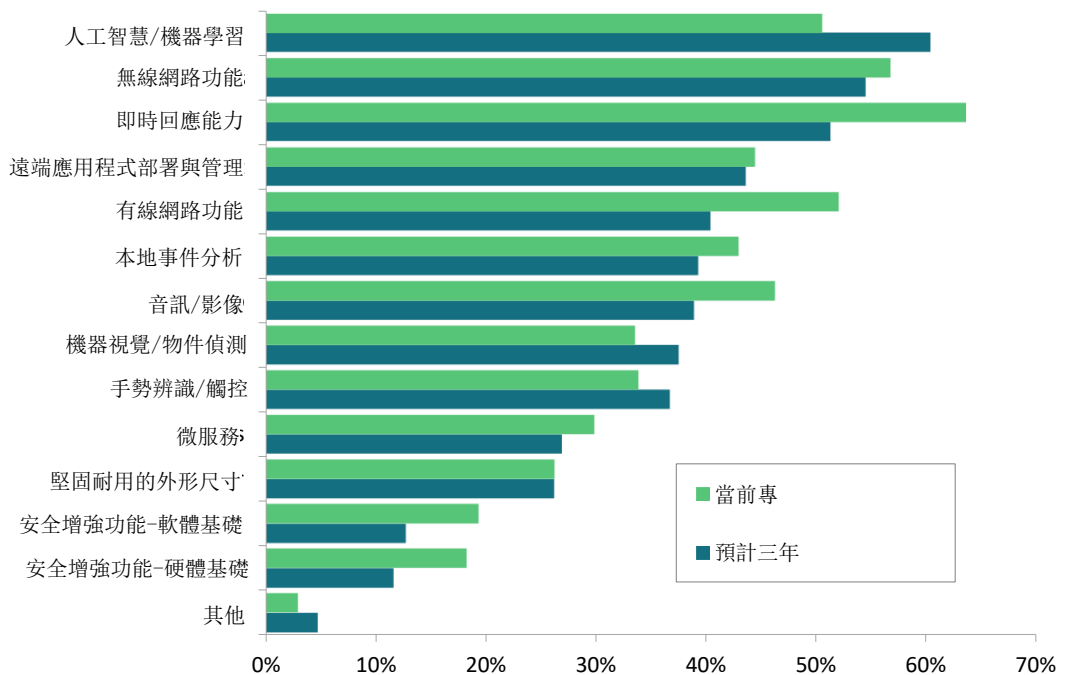
從邊緣網關到終端節點，物聯網重新定義了產品開發和營運策略。習慣於透過實體系統性能來定義產品價值的工程公司必須適應這種變化。連結性以及由此產生的能力迅速重塑了傳統的產品功能目標。無線更新、功能配置、預測性維護以及定位/情境感知服務從根本上改變了客戶參與和價值交付的機制。

如今，差異化的新前沿已經出現 — 邊緣人工智慧 — 推動開發組織比物聯網興起期間更快地適應和發展。嵌

到 2028 年，人工智慧將成為物聯網專案使用的主導技術

如今，差異化的新前沿已經出現 — 邊緣人工智慧 — 推動開發組織比物聯網興起期間更快地適應和發展。嵌入式系統變得越來越智慧化，工作負載也越來越複雜。智慧自動化和自主系統的功能需求正在挑戰系統建構者調整其開發技能、流程和工具。正如人工智慧重塑了企業運算格局一樣，人工智慧現在正在重新定義嵌入式運算需求和功能，為高效能物聯網(HPIoT)設備和網路創建一種結構，允許結合先進的處理、低延遲和可靠、安全的操作。雖然向邊緣 AI 功能的轉變並不均衡且顯示出不同的成熟度，但工程師、開發人員和產品領導者都認識到它的到來和影響。然而，邊緣人工智慧的發展正在將許多組織帶入他們缺乏資源和/或專業知識，有效率地將解決方案推向市場的未知領域。此外，傳統的運算和設計要求仍然存在，許多組織仍然需要克服即時、安全和安全關鍵的開發障礙。

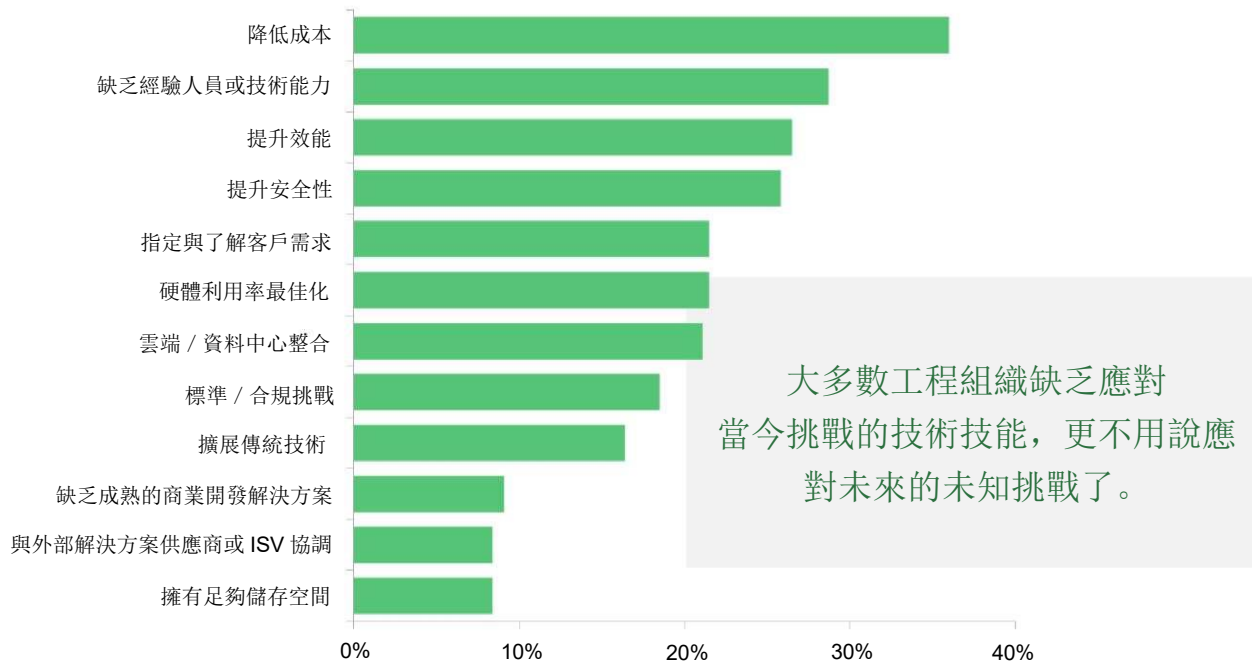
展示 1：目前物聯網項目的能力/特色
(受訪者百分比)



邊緣人工智慧的追求和實施不僅帶來了巨大的機遇，也帶來了新的挑戰，需要重新評估現有的工具、組件和資源。事實上，除了成本之外，缺乏經驗被認為是影響軟體和系統開發挑戰的首要問題 [見展示 2]。其他常見問題強調了尋找由強大生態系統支援的解決方案的重要性，例如滿足動態工作負載需求的性能、強大硬體的可用性以及現有的安全問題，隨著更複雜和數據驅動的應用程式的出現，這些問題的影響可能會變得越來越嚴重。隨著工程組織被迫以前所未有的速度進行創新和部署，明智的開發解決方案選擇不僅會影響效率，還會影響組織的策略方向。在許多情況下，企業和客戶市場已經提供了技術和流程基礎來應對邊緣人工智慧挑戰。在本文中，我們將重點介紹利用和調整人工智慧以滿足邊緣應用的獨特需求的關鍵趨勢、挑戰和解決方案。

展示 2：推動軟體和系統開發挑戰的主要因素

(受訪者百分比)



虛擬資料中心研究背景

VDC 自 1971 年以來一直專注於產品開發和部署技術市場。本文中的分析和支持性討論是基於 VDC 對該市場的持續研究、對 275 名邊緣 AI 決策者的全球調查結果以及對主要物聯網產品開發組織的深入訪談。此項由 Arm 贊助的研究深入分析了影響物聯網組織的主要商業和技術趨勢，以及為解決這些趨勢而實施的最佳實踐。受訪者來自航空航太和國防、醫療保健、工業自動化、零售自動化和智慧城市等多個產業。

推動 HPIoT 發展所需的技術變革

物聯網迫使人們重新評估現有技術

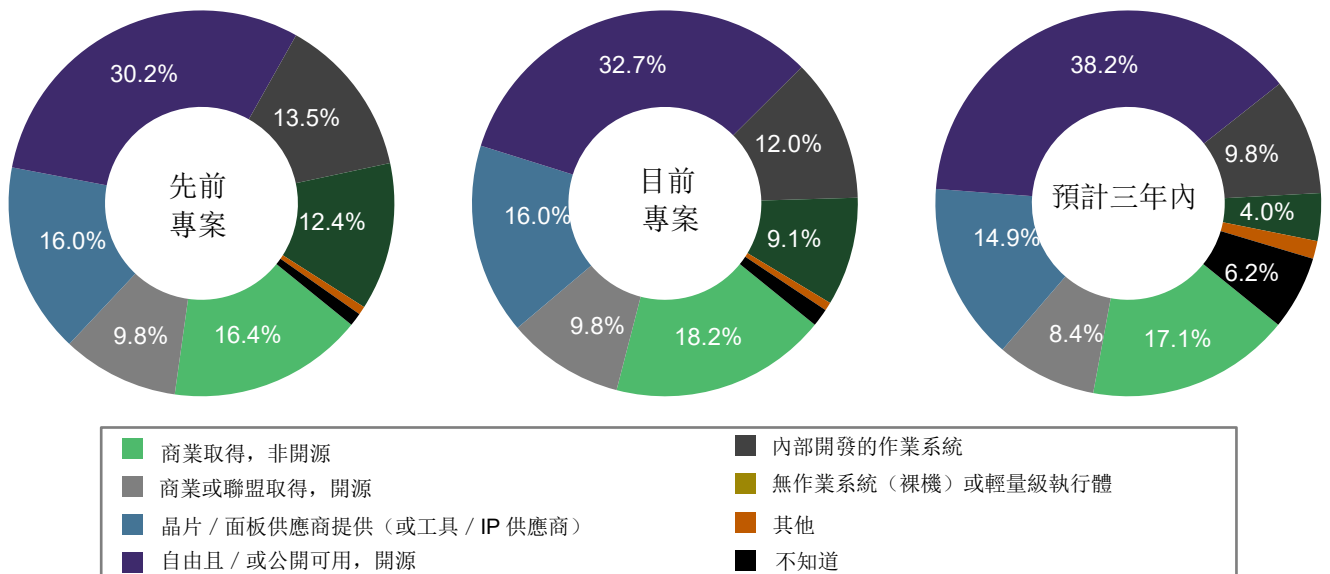
物聯網正迫使人們普遍重新評估現有技術。設備要求的演進需要新的技術選擇 — 從作業系統到安全性、處理器等等。考慮到新系統將如何實現新興的高效能工作負載和物聯網業務目標（包括收集營運數據、提供新的連接服務以及與現有基礎設施介接），這些決策變得更加重要。現在，對於開發組織來說，找到能夠幫助他們應對這些快速變化領域的技術至關重要。

超過 50% 的物聯網工程師計劃在 3 年內使用開源作業系統

現代邊緣工作負載需要開放、可擴展的作業系統

多年來，碎片化一直是嵌入式市場的共同主題。多樣化的系統外形、配置和操作要求促使了高度專業化的解決方案的產生。這種動態在作業系統（OS）領域表現得最為明顯。數十種不同的作業系統，旨在滿足特定的資源限制或效能要求（例如，確定性/即時延遲、佔用空間、缺乏記憶體管理單元或特定產業的中間件功能集和認證）應運而生。

展示 3：主要使用的作業系統
(受訪者百分比)

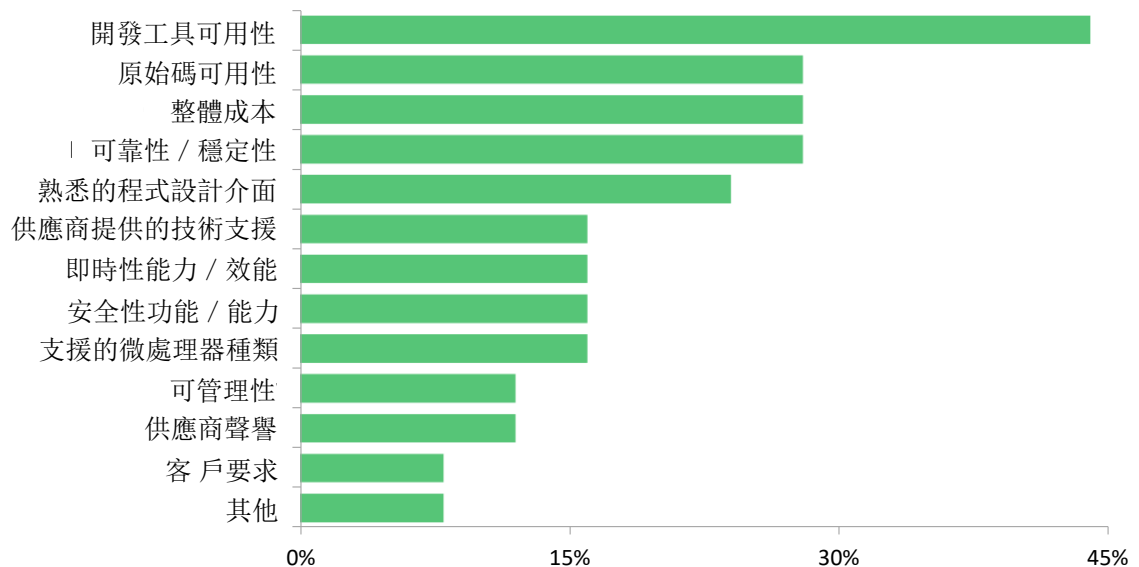


然而現在，市場正在改變。對高級功能和邊緣 AI 的新要求正在推動豐富作業系統的採用。Linux 等開源作業系統在嵌入式市場的應用越來越廣泛，逐漸取代了人們對通用運行時實用程式的根深蒂固的看法。針對即時領域的貢獻不斷增加、解決方案生態系統日趨成熟以及對 Linux 的舒適度和經驗不斷增加，這些因素共同推動了 Linux 的採用率達到新的高度，接受調查的物聯網工程師中有超過 50% 計劃在三年內使用開源操作系統。此外，日益複雜的系統單晶片 (SoC) 和日益普及的虛擬化技術現在為 OEM 提供了多種機制來將豐富的開源作業系統與 RTOS 整合。這些組合使工程師能夠利用 Linux 等解決方案的功能和生態系統，同時透過 RTOS 保持更高的可靠性、安全性和安全性的基礎。

當組織採用豐富的作業系統時，其他因素變得更加重要，不僅對他們對運行時的選擇，而且對他們的解決方案集（從物料清單到整個軟體開發生命週期中使用的解決方案）也同樣重要。例如，當組織遷移沒有正式作業系統的系統時，工具支援至關重要。當組織採用新的解決方案時，他們必須確保針對目標硬體進行最佳化以及針對下一代工作負載進行高效的軟體開發。除了獨立工具和作業系統供應商提供的工具外，Arm 及其授權商等半導體生態系統參與者也提供了一系列用於軟體和機器學習 (ML) 模型開發的 SDK。例如，Arm 的 NN SDK 搭配 CMSIS-NN 和 Arm Compute Library，能提供專為 Arm 裝置設計的最佳化推理引擎和神經網路核心。同樣，這些工具與 LiteRT (原稱 TensorFlow Lite)、TFLite Micro 以及 Ethos-U NPU 之間的緊密整合，有助於為機器學習工作負載提供硬體加速。這些解決方案再結合強大的合作夥伴網路，能為 OEM 提供加速各類工作負載與硬體系統開發所需的靈活性與功能。

展示 4: 從不使用作業系統遷移到使用作業系統時最重要的特性

(受訪者百分比)

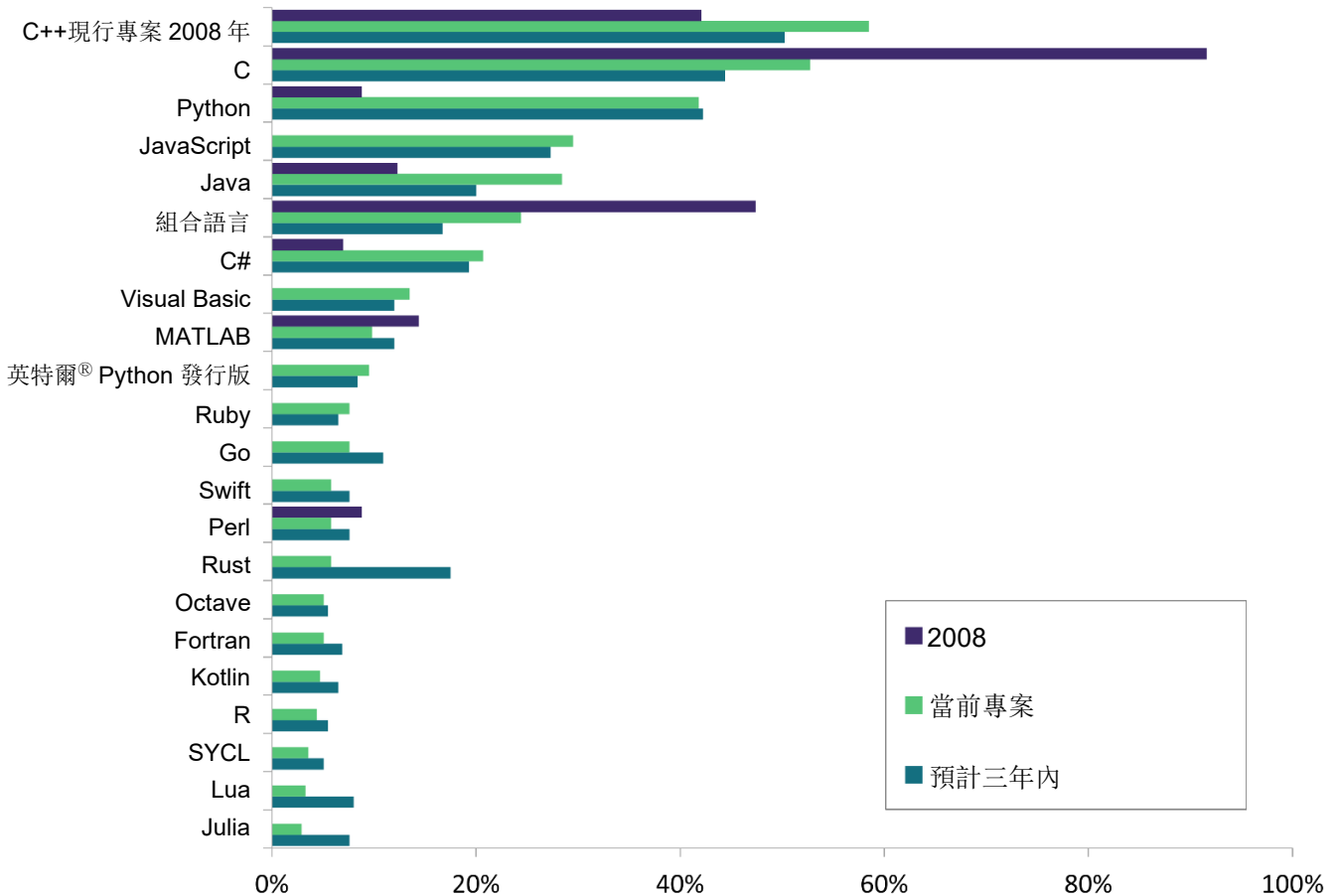


創新語言的變化

數十年來，嵌入式軟體開發主要是用 C 語言及其他低階語言進行。然而，嵌入式工程現在已不再只是小體積、固定功能、單一用途裝置的代名詞。現今裝置通常需要執行多種功能，並配備多個處理器或核心，以滿足系統的各種需求。在過去十年中，雖然高可靠性和確定性等需求讓 C 語言持續受到重用，但這些需求已逐漸被物件導向與高階語言（如 C++ 和 Java）所取代。事實上，現今使用的許多常見軟體開發語言在十年前幾乎沒有使用，這凸顯了傳統嵌入式市場慣性的消失和技術變革的加速。

Python 和高效能運算的語言
是邊緣 AI 創新的媒介

展示 5: 使用的軟體開發語言
(受訪者百分比)



邊緣 AI 的需求及支援其發展的生態系統與函式庫的成熟，再次重塑了創新與內容創作的語言。由於希望能將新硬體的複雜度抽象化，最大限度地利用現有和未來資產，並增加對現成連接與中介軟體的選擇，進一步減少開發所需的時間與成本，並促進跨裝置重複利用，因此高階語言的使用將持續在此市場普及。然而，如今 Python 及其他針對異質運算和/或高效能運算（如 Julia、MATLAB、R、SYCL 等）的語言快速普及，正在改變開發組織的需求。特別是隨著像 PyTorch 與 TensorFlow 等 AI 框架用 Python 建置與支援，推動了 Python 應用的復興，超越了其傳統的腳本用途。這種轉變與人工智慧創新加速的整體趨勢相呼應，也強化了高階語言的價值主張。透過存取廣泛的函式庫（其中許多最初是為企業和客戶用例開發的），工程組織可以進入生態系統專業知識的新領域。為了在一系列邊緣設備上建置和部署，工程組織必須確定能夠與標準 AI 框架整合的平台，同時提供與遺留程式碼庫和 IP 的兼容性。

應用案例

利用人工智慧提高農業效率

這間位於阿根廷的組織，開始設計一台可用來乾燥可可的機器，可可是製作巧克力的重要原料。該機器採用硬體和軟體的組合來監控和控制乾燥過程，包括可可的溫度、濕度和旋轉。採用一系列 LED 燈結合機器學習來優化乾燥過程和產品品質。

他們希望將以前艱鉅的任務自動化，這促使他們整合了一系列傳統技術和新技術。硬體部分使用微控制器（最初為 8 位元，現正升級為 32 位元）來進行感應器輸入及馬達控制，另外也搭配一顆更先進、可運行 Linux 的 Arm SoC。在軟體開發方面，該公司針對微控制器使用 C 語言，而對 SoC 則使用 Python，不過他們坦言尚未完全整合如 TensorFlow 等機器學習函式庫。

「我們未來的重點在於擴展 AI / 機器學習的知識，並將其整合進自家系統，同時也會探索雲端解決方案，畢竟這項技術在我們國家還算是相對新穎的。」

由於該組織希望在未來升級其解決方案，因此融入更先進的人工智慧功能和模型將至關重要。在獨特的細分市場內運作和創新，來自其自身部署的訓練資料對於優化其應用至關重要。

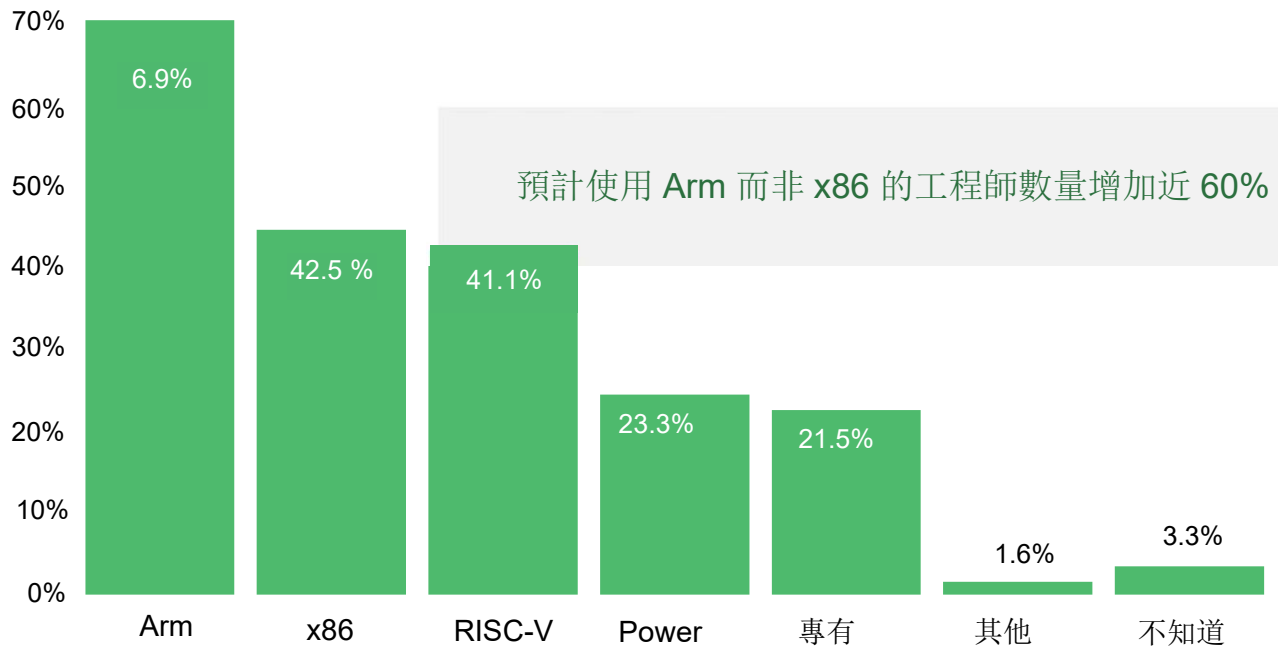


Arm 協助實現高性能未來

物聯網市場極為複雜且多樣化，催生了各種產品的形態、功能和商業模式。有許多標準決定特定硬體和軟體解決方案的選擇。為了回應新需求，工程組織必須同時考慮現有需求以及過去專案在傳統技術和 IP 上的投資。這種趨勢的一種表現就是在處理技術的選擇上。然而，嵌入式與邊緣市場的處理器家族種類比傳統 IT/伺服器市場多出許多。雖然近年來 Arm 與 x86 處理器已出現一定程度的整合，但晶片組數量龐大與產品演進速度加快，對於無法有效規劃未來的工程組織帶來了挑戰。

展示 6：預計三年後將使用的處理器架構

(受訪者百分比)

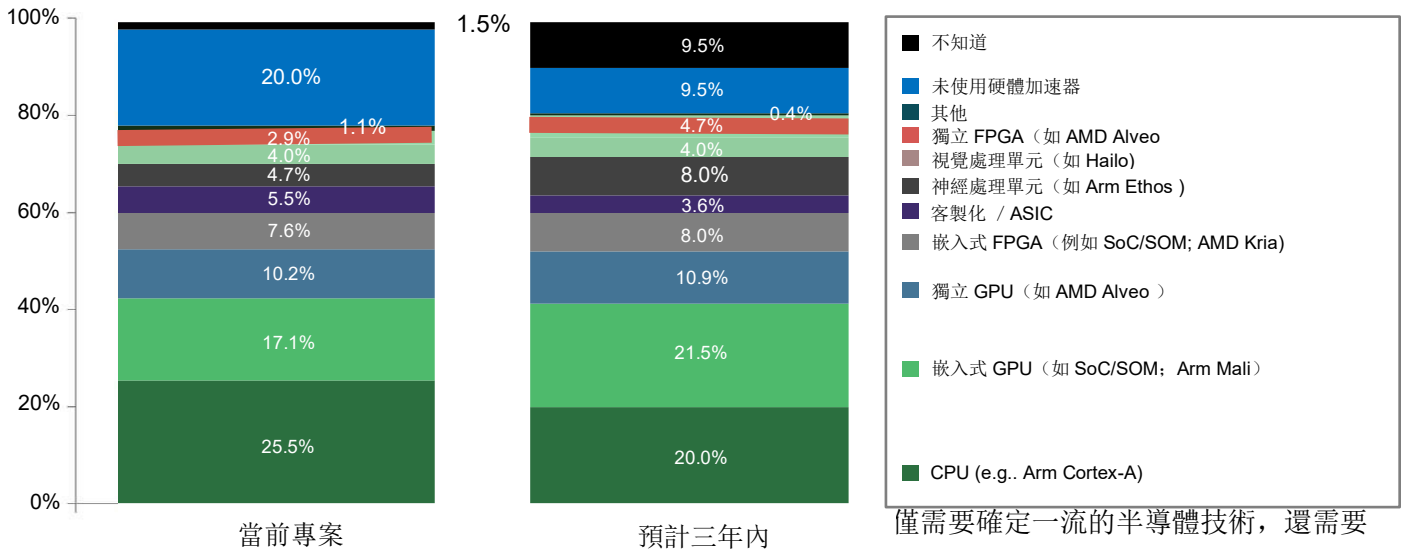


在過去的二十年裡，Arm 已經成為工程組織的首選。Arm 不僅已被超過 50% 的工程師列為目前專案的主要架構，而且超過三分之二的工程師預計三年內會在專案中採用該架構。組織已無法再將自己侷限於會限制企業彈性與創新的封閉平台。Arm 的產品組合從小型 MCU 到高效能 CPU、GPU 及 NPU 一應俱全，為半導體供應商及 OEM 提供以下優勢：

1. 電源效率
2. 從邊緣到雲端的可擴展性
3. 效能與計算效率
4. 生態系統和供應商採用

尋找一個靈活、可擴展且基於標準的架構已成為工程組織成功的關鍵基礎。組織現在必須找到能夠滿足其當前和未來設計要求的處理解決方案。為此，越來越多的工程師期望系統和 SoC 更加複雜，並需要更多的外圍運算元件來管理其邊緣 AI 工作負載 [見展示 7]。加速器可以從 GPU 到 NPU 到額外的 CPU — 這些都為工程師帶來了新的效能與設計複雜層次。

展示 7：硬體加速器使用狀況
(受訪者百分比)



Arm Ethos 等 NPU 的使用量將在短短 3 年內翻倍

確定能夠確保其開發組織效率的技術。在選擇主處理器時，程式設計工具的可用性已經排在效能和價格之後的第三位。邊緣 AI 應用程式開發日益複雜且上市時間緊迫，因此需要對技術和工具選擇進行更嚴格的審查。物聯網市場已經做出了同樣的回應。擁有基於 Arm 的設計的工程師，預計未來將佔據大多數項目 [見展示 6]，他們認為工具的可用性是選擇處理器的驅動因素，頻率甚至高於整個市場。

應用案例

展望醫療保健領域人工智慧的未來

該組織正在開發一種新的眼動追蹤系統，為腦性麻痺等殘疾人士提供輔助打字技術，旨在利用現有的最新技術為未來的產品開發和創新建立一個新的長期平台。

與先前的版本相比，新設計旨在降低成本、尺寸和噪音。為了滿足更複雜的要求，新的眼動追蹤系統使用單一基於 Arm 的處理器，而不是先前設計中將資訊傳遞到 PC 的一系列 8 位元微控制器。這種新設計具有更強大的處理能力和整合功能，例如正交解碼，這對於快速解釋眼球運動以進行預期交流至關重要。

「我們的系統成本並不低...但對於處理組件而言，與我們先前的設計相比，其成本與效能之比令人難以置信。它讓我們從根本上改變了我們的設計和使用者的體驗。」



成功所需的工具

軟體複雜性的增加、開發資源的稀缺性以及更苛刻的最終使用者要求正在為工程組織帶來巨大的挑戰。程式碼庫的爆炸性成長和新的功能需求迫使 OEM 尋找新的方法來簡化和加速軟體開發。事實上，開發人員將降低複雜性和抽象編碼過程的方法視為邊緣 AI 專案最重要的特徵，凸顯了在這方面被認為有價值的解決方案的重要性 [見展示 8]。

展示 8: 邊緣 AI 項目特徵重要性排序 (平均回覆數)

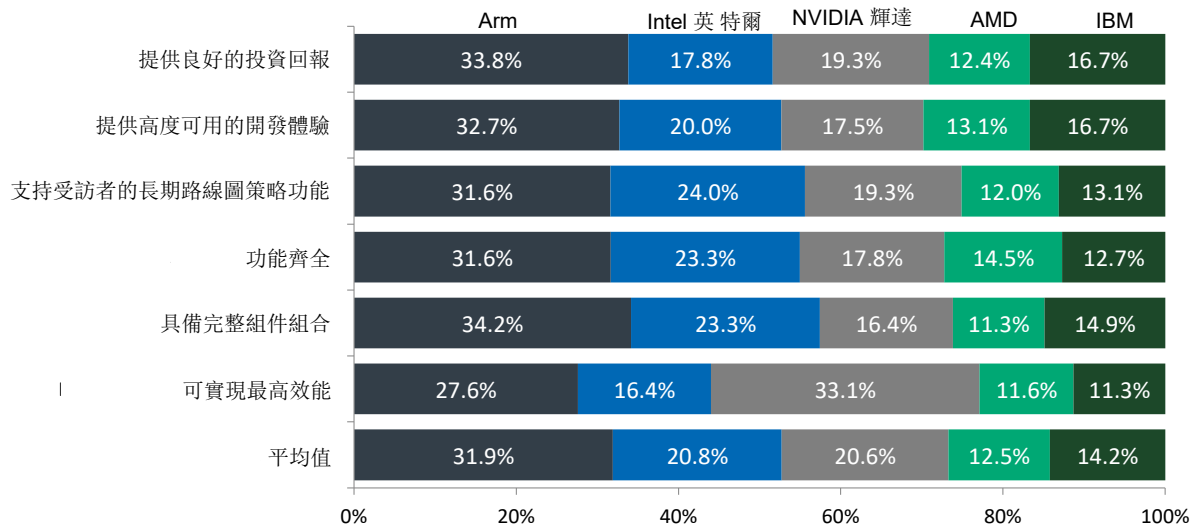
- 1 高度的程式碼抽象
- 2 耗電量
- 3 性能可移植性
- 4 可移植性
- 5 效能

為了滿足下一代邊緣 AI 需求，工程組織必須找到能夠加速開發並為更複雜的處理元素提供最佳化的工具。許多組織將半導體和半導體 IP 組織（例如 Arm 及其授權商）視為開發解決方案的第一步。儘管許多供應商都提供了有用的解決方案，但 Arm 的評價始終高於同行。

事實上，Arm 長期以來一直致力於提供工具來幫助工程組織加速開發 — 從 RVDS 到 DS-5 到 Keil 再到最近的基於雲端的 Arm 虛擬硬體。隨著時間的推移，Arm 擴展了其解決方案集，提供可幫助組織透過高保真虛擬原型「左移開發」的函式庫和平台。這些解決方案有助於在最終矽片可用之前加速軟體開發的啟動，消除傳統的任務序列化和瓶頸。此外，Arm 廣泛的工具組合為工程組織提供了重要的可擴展性資產，涵蓋 MCU 級設備到基於 v9 的 CPU，以及虛擬環境，允許開發人員在每個環境中分析他們的工作負載。

在最近推出的 v9 Edge AI 平台中，Arm 將增強的軟體重複使用與 Ethos NPU 的原生 AI 加速、整合安全性以及雲端和邊緣工作流程之間的 AI 模型可移植性相結合。此外，與前幾代產品相比，新平台的效能有了顯著提升。現在，工程組織可以獲得額外的靈活性，能夠根據功率和效能要求從基於 v9 的 AI 加速或 Ethos NPU 的一系列解決方案中進行選擇。Arm 作為廣受認可的 IP 供應商，擁有獨特的生態系統地位，並數十年來致力於軟體設計能力的投資，這使得它成為同行中最受推崇的工具提供者。[見展示 9]

展示 9：半導體/IP 供應商被認為能提供的軟體工具：
(受訪者百分比)



Arm 被公認為是邊緣 AI 軟體工具領域的領導者，其被引用率比最接近的競爭對手高出 50%

應用案例

利用人工智慧航空航太實現自動化檢測

傳統上，商用飛機的日常維修任務很少被航空旅客所注意。其中一項例行工作，就是定期更換飛機機身外部數以千計的沉頭扣件。為了拆除舊鉚釘，傳統人工方式需要花費大量時間進行鑽孔，且很容易造成飛機損傷的風險。

該組織的設計為該過程帶來了安全性和效率。他們正在為電子鑽孔系統開發一款檢測工具，該工具運用放電加工技術來去除扣件。這個工具採用一顆含有神經協同處理器的 Arm 架構模組 (System-on-Module)，並搭配即時影像辨識系統，以判斷切割的同心度，從而避免損傷飛機鋁合金機身的風險。不過，目前使用者仍需手動辨識系統上所用的扣件種類，以確保正確切割，這造成延誤並提高了出錯的機率。目前，該組織正整合機器學習技術，讓系統能自動辨識扣件種類，進一步提升維修流程的效率。

「挑戰始終來自人力、勞力，以及開發這些東西所需的時間...我們做的每一件事都與硬體緊密結合，並有即時性的需求、輸入、輸出及感應器，所以只要能透過整合式及 AI 最佳化方案提升效率，都是極大的助益。」



VDC 的總結和建議

智慧工程需要性能

物聯網和邊緣人工智慧的發展使得許多現有的嵌入式工程技術和設計流程顯得不足和過時。從 GPU 到程式語言，首先廣泛應用於客戶端和企業系統的技術正在為邊緣產業提供快速發展的催化劑和機制。軟體在電子系統功能和差異化中發揮的作用日益增強，已經顛覆了傳統上不願改變的生態系統。儘管嵌入式設備的許多要求仍然是獨一無二的並且通常是特定於行業的，但其他要求（例如連接性、企業整合、安全性和人工智慧）正變得越來越重要。互聯嵌入式設備數量的不斷增加將對有效管理軟體升級和互聯服務交付的能力提出更高的要求。

當前軟體選擇 驅動 未來創新

持續前沿創新的結構由軟體選擇的線索編織而成。軟體功能比例的不斷增長將會放大任何現有的開發效率低下的問題。原始設備製造商 (OEM) 將面臨越來越大的壓力，需要將軟體設計和交付為整個系統架構和產品生命週期的無縫組成部分，從而為持續工程和差異化發展創建基礎設施。工程組織現在需要新的解決方案來滿足這些不斷變化的需求並加快開發和創造收入時間。許多領先的公司都認識到豐富的開源作業系統可以提供的基礎價值，以幫助加速人工智慧發展 — 超過 50% 的工程師計劃在未來三年內使用開源作業系統。除了利用 Linux 等快速成熟的生態系統之外，組織還必須對其設計進行未來驗證，並建立具有靈活性和可演進性的系統。現在，行業需求變化的速度要求必須創建能夠在部署後發展的嵌入式軟體的設備。

確定能夠支援邊緣 AI 目標的合作夥伴

人工智慧和機器學習的進步正在迅速擴展邊緣應用的潛力。因此，工程組織預計他們對高度最佳化的 AI 解決方案的需求將大幅增加，需要越來越複雜的系統和 SoC，以及更多的外圍運算元素。例如，受訪的工程師預計，他們在短短三年內對 Arm Ethos 等 NPU 的使用量將幾乎翻一番，這展示了企業級解決方案在物聯網領域即將產生的影響。

在認識到邊緣 AI 解決方案的價值之後，必須選擇能夠提供所需的產品、規模和支援組合的合作夥伴。Arm 就是這樣一家公司，它在過去幾十年中建立了服務物聯網行業的產品和專業知識基礎。隨著物聯網系統及其工作負載的複雜性不斷增加，找到一個同樣致力於持續改進和成功的合作夥伴至關重要。Arm 不僅擴展了其處理架構組合以滿足行業需求，而且還確保其客戶和 OEM 都擁有成功的生態系統和工具。

關於作者



Chris Rommel

執行副總裁，
物聯網和工業技術

Chris 領導 VDC 的研究專案和諮詢工作，專注於智慧系統的開發和部署解決方案。他幫助各種各樣的客戶應對並利用影響下一代工業和設備市場的領先趨勢，例如安全、物聯網和工程生命週期管理解決方案。Chris 擁有布朗大學商業經濟學學士學位和公共和私營部門組織學士學位。

Chris 聯絡電子郵件：crommel@vdcresearch.com



Dan Mandell

總監，
物聯網和嵌入式技術

Dan 支援物聯網和嵌入式技術實踐中的各種聯合市場研究計劃和客製化諮詢業務。他領導 VDC 針對嵌入式處理器、主機板、整合系統、物聯網開道器和其他運算硬體的年度研究服務。Dan 的見解幫助領先的技術供應商將其市場進入計劃和競爭策略與動態嵌入式格局及其不斷變化的購買者行為、技術採用和應用要求相結合。Dan 擁有布里奇沃特州立大學資訊系統管理學士學位。

Dan 聯絡電子郵件：dmandell@vdcresearch.com

關於 VDC Research

VDC Research 成立於 1971 年，為全球的技術供應商、最終使用者和投資者提供深入的見解。作為市場研究及顧問公司，VDC 涵蓋自動識別、企業行動力、工業自動化，以及物聯網與嵌入式技術，協助客戶自信地做出關鍵決策。透過提供聯合報告與客製化諮詢，我們的方法論持續為高度技術性市場帶來準確預測與無可匹敵的前瞻見解。VDC 位於麻薩諸塞州 Southborough，以與客戶緊密的個人關係為傲，並以對細節的重視及獨特的觀點自豪，無可比擬。

如需了解更多資訊，請聯繫我們 info@vdcresearch.com。