

什麼是 Edge AI？

從基本系統架構到場域應用，一次看懂 邊緣智慧如何落地



Edge AI將人工智慧運算部署在資料產生地附近，讓攝影機、感測器與機器設備產生的資料，可以先在現場完成分析，再將事件、結果或摘要傳送至管理平台。其應用已逐漸延伸至智慧製造、交通停車、零售、醫療與智慧建築等場域。

總會諮詢顧問 施正偉



當AI從雲端走進攝影機、AI Box、工業電腦與場域伺服器，真正改變的並不只是運算位置，而是現場能否即時感知、判斷、通報與採取行動。

前言：Edge AI不只是把AI搬到現場

近年人工智慧應用快速進入攝影機、感測器、機器設備與各類終端裝置，「Edge AI」也成為安控、工業電腦、物聯網、智慧建築與智慧製造領域最常被提及的技術名詞之一。

不過，Edge AI並不只是把原本位於雲端的AI模型，搬到一台放在現場的電腦上。真正完整的Edge AI，必須從資料如何取得、

現場如何運算、AI如何判斷，到事件如何通報、設備如何連動，以及管理平台如何維運，形成一套完整系統。換句話說，Edge AI的價值，不只是「看見人、車與物件」，而是讓場域具備下列能力：感知現場、理解事件、判斷風險、通知人員、連動設備，並留下可以追蹤與改善的資料。這也是Edge AI從單一 AI功能，走向場域智慧解決方案的關鍵。

一、什麼是Edge AI？

Edge AI，中文通常稱為「邊緣人工智慧」，是將AI推論與資料處理能力部署在資料產生地附近。

這些運算設備可能是：

- AI攝影機 • 智慧感測器
- AI Box • IoT Gateway
- 工業電腦 • Edge Server
- 場域內的運算伺服器

傳統雲端AI的做法，是將攝影機影像、感測器資料或機器數據傳送到雲端，經過雲端伺服器分析後，再把結果傳回現場。

Edge AI 則是在攝影機、AI Box、工業電

腦或場域伺服器中，先完成即時分析，只將必要的事件、告警、統計結果或影像片段傳送至管理平台。

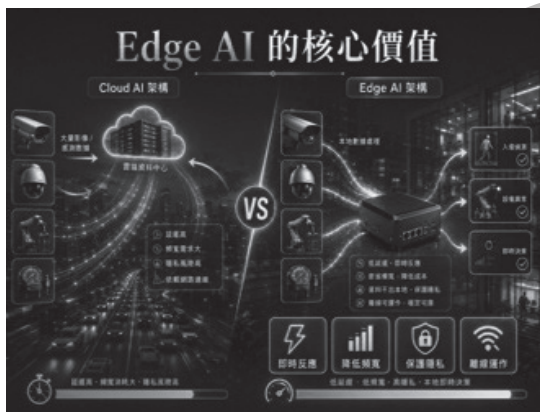
例如，停車場攝影機拍攝到車輛進場時，可以直接由攝影機或現場AI Box完成車牌辨識，再將車牌號碼、進場時間與事件截圖傳送至停車管理系統，而不必把全部即時影像送到遠端雲端分析。

兩者最簡單的差異可以概括為：

雲端 AI：資料先離開現場，再由雲端判斷。

Edge AI：資料先在現場判斷，再把結果送出去。

二、Edge AI的核心價值：不是只有速度更快



雲端AI需要將大量影像與感測資料傳往遠端資料中心，再等待分析結果回傳；Edge AI則在資料產生地附近完成推論，可以降低延遲與頻寬需求，同時改善隱私保護與離線運作能力。

雲端AI需要將大量影像與感測資料傳往遠端資料中心，再等待分析結果回傳；Edge AI則在資料產生地附近完成推論，可以降低延遲與頻寬需求，同時改善隱私保護與離線運作能力。

Edge AI最常被強調的優點是低延遲，但實際應用價值不只如此。

對工廠、醫院、交通、停車場、社區住宅與大型建築而言，系統能不能在事件發生後立即反應，往往比事後產生一份分析報表更加重要。

例如，工廠人員進入機械危險區、長照住民跌倒、車輛逆向進入停車場，或陌生人進入管制區域，都不能等待影像上傳雲端後才處理。

表一：Edge AI的主要價值

核心價值	說明	實際應用例子
即時反應	不必等待資料上傳雲端及結果回傳	偵測人員跌倒後立即通報
降低頻寬	只傳送事件、結果或必要影像	24小時錄影僅上傳異常片段
保護隱私	原始影像與敏感資料可留在現場	人臉特徵值在地比對
離線運作	外部網路中斷時仍可持續分析	工廠斷網時仍能進行瑕疵檢測
降低雲端成本	減少長期資料傳輸、儲存與雲端運算費用	不必將所有攝影機串流送上雲端
現場自動化	AI分析結果可直接控制現場設備	辨識合法車牌後自動開啟柵欄機

1. 即時性

在需要秒級甚至毫秒級反應的場域，將資料傳至遠端雲端再回傳，可能產生無法接受的延遲。

Edge AI可以直接在現場完成辨識，並立刻觸發警報、關閉設備、開啟門鎖或通知相關人員。

2. 頻寬與儲存成本

一支高解析度攝影機每天都會產生大量影像。如果數十支或數百支攝影機都將即時影像送往雲端，不但占用網路頻寬，也會增加雲端儲存與運算費用。

Edge AI可以先在現場篩選，只保留真正需要處理的事件。

3. 隱私與資料治理

醫療、校園、政府機構、企業辦公室與社區住宅，都可能涉及人臉、行為、位置與個人活動資料。

將原始資料保留在現場，只傳送事件結果，可以降低資料外流的範圍，但仍須配合權限管理、加密、稽核紀錄與資料保存政策。

4. 離線與營運韌性

場域的外部網路不可能永遠穩定。若所有AI功能都依賴雲端，網路中斷便可能造成系統失效。

Edge AI可讓核心功能在斷網時繼續運作，待連線恢復後再同步事件與統計資料。

三、一套完整的Edge AI，包含哪些系統架構？



完整的Edge AI並不是只有一台AI Box，而是由感知設備、網路通訊、邊緣運算、AI模型、事件管理與平台維運等六個層次共同組成。任何一層無法穩定運作，都可能影響整體應用成效。

一套完整的Edge AI系統，通常可分為六個基本層次：

攝影機/感測器/機器設備



資料擷取與通訊層



Edge AI 運算設備



AI 模型與應用軟體



事件管理與設備連動



場域平台/控制中心/雲端

第一層：感知與資料來源層

這一層是Edge AI的眼睛、耳朵與觸覺，

負責感知真實世界。

常見設備包括：

- 網路攝影機
- AI攝影機
- 熱影像攝影機
- 車牌辨識攝影機
- 麥克風與聲音感測器
- 溫度、濕度、煙霧與氣體感測器
- 毫米波雷達
- LiDAR
- 3D ToF感測器
- RFID、BLE與UWB定位設備
- 門禁讀卡機、電子鎖與門磁
- PLC、生產設備與機器人
- 電表、水表與能源感測設備

Edge AI並不只處理影像，也可以分析聲音、溫度、震動、電流、位置、設備狀態與其他時間序列資料。

不同資料來源也可以相互驗證。

例如，攝影機偵測到有人進入機房，系統可再比對門禁紀錄。如果沒有合法刷卡資料，事件風險等級便可自動提高。

第二層：資料擷取與通訊層

這一層負責將攝影機、感測器與機器設備的資料，可靠地傳送到Edge AI運算設備。

常見通訊方式及協定包括：

- Ethernet
- Wi-Fi
- Bluetooth、BLE
- Modbus
- MQTT
- ONVIF
- PoE
- 4G、5G
- RS-485
- CAN Bus
- OPC UA
- RTSP

• BACnet

• LoRaWAN

在實際專案中，系統整合的難度往往不只來自AI模型，而是來自不同廠牌、不同協定與不同資料格式。

因此，導入Edge AI前必須先確認：

- 設備資料能否取得
- 串流是否穩定
- 通訊協定是否開放
- API是否完整
- 時間是否同步
- 網路頻寬是否足夠
- 既有設備是否可以整合

若底層資料無法穩定取得，即使AI模型準確率再高，也無法形成可靠的場域應用。

第三層：Edge AI運算層

這一層是Edge AI的運算核心，負責執行AI模型與規則判斷。

表二：Edge AI的四種部署位置

部署位置	說明	適合用途
AI攝影機或智慧感測器	AI 直接部署在終端設備中	單一、固定且即時的功能
AI Gateway/AI Box	集中分析數支至數十支攝影機或感測器	既有系統升級與多功能分析
工業電腦/Edge Server	提供較高運算效能及系統整合能力	工廠、交通、醫院與大型建築
場域資料中心	在園區或企業機房集中運算	大規模、多系統與跨區域管理

常見運算元件包括：CPU、GPU、NPU、TPU、DSP、FPGA、AI Accelerator、AI SoC。選擇Edge AI硬體時，不能只比較TOPS，也要考慮：

- 可同時處理多少影像串流
- 支援的解析度與幀率
- 模型大小及複雜度
- 推論延遲
- 記憶體容量
- 功耗與散熱
- 作業環境溫度
- 軟體開發工具
- 模型轉換與相容性
- 遠端維運能力

• 長期供貨

• 資安及供應鏈要求

有些晶片帳面上的AI運算能力很高，但若缺乏成熟的軟體工具、模型支援與系統整合能力，實際部署成本反而可能更高。

第四層：AI模型與應用軟體層

硬體負責運算，AI模型則負責辨識與判斷。

電腦視覺應用

- 人員與車輛偵測
- 車牌辨識
- 跌倒與離床偵測
- 火焰與煙霧偵測
- 工業瑕疵檢測
- 異常行為分析
- 人臉辨識
- 入侵與越界偵測
- 人流與排隊分析
- 安全帽與反光背心辨識
- 遺留物與物品移除偵測

聲音AI應用

- 玻璃破碎聲
- 槍聲或爆炸聲
- 設備故障聲音
- 尖叫與求救聲
- 機械異音
- 語音命令

感測資料分析

- 設備預知保養
- 冷鏈溫度異常
- 空氣品質預警
- 能源異常分析
- 機械震動分析
- 生產參數異常

AI模型只是其中一部分。實際應用通常還需要規則引擎，將多種條件組合成真正有意義的事件。

例如：

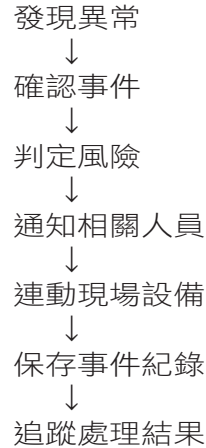
攝影機偵測到人員跨越警戒線，加上門禁系統沒有合法進入紀錄，並且事件發生在非工作時段，系統才將事件判定為高風險入侵。

這比單純在影像中畫出一個人形框，更接近真正的智慧應用。

第五層：事件管理與設備連動層

AI系統的價值，不應停留在辨識畫面，而必須進一步形成事件處理流程。

完整流程通常包括：



可以連動的設備包括：

- 聲光警報器
- 簡訊或即時通訊系統
- 門禁及電子鎖
- 數位看板
- 空調及排煙設備
- 電梯
- VMS影像管理系統
- 手機App
- 廣播與對講系統
- 柵欄機
- 照明
- PLC與生產設備
- 消防系統



Edge AI偵測到未授權人員進入限制區域後，可由VMS顯示即時影像與位置，再依事件風險啟動聲光警報、手機推播、門禁管制及廣播通知，並完整保存事件與處置紀錄。

Edge AI偵測到未授權人員進入限制區域後，可由VMS顯示即時影像與位置，再依事件風險啟動聲光警報、手機推播、門禁管制及廣播通知，並完整保存事件與處置紀錄。

例如，工廠AI偵測到人員進入機械手臂的危險區域後，完整系統不應只在監控畫面上顯示紅框，而應依安全設計進一步：

1. 發出聲光警報。
2. 通知現場主管與管理中心。
3. 將相關攝影機畫面彈出至VMS。

4. 啟動廣播或對講提醒。
5. 視風險及設備安全設計，讓機械減速或停止。
6. 保存事件發生前後的影像。
7. 記錄人員處置時間與處理結果。

這才是從「AI 辨識」走向「場域管理」的完整過程。

第六層：平台、管理中心與雲端層

Edge AI並不代表完全不需要雲端。較合理的架構通常是：

現場負責即時運算，管理平台負責事件管理，雲端負責跨場域整合、模型維護與長期分析。

平台常見功能包括：

- 設備管理
- 遠端更新
- 儀表板
- 使用者及權限管理
- AI模型版本管理
- 事件查詢
- 統計與趨勢分析
- 設備健康狀態監控



- 多場域管理
- 資安稽核
- 告警與處置績效分析
- API整合
- 模型準確率追蹤

因此，Edge AI與Cloud AI並不是互相排斥，而是各自承擔不同工作。

四、三種常見Edge AI部署形態

Edge AI可以部署在AI攝影機、AI Box或場域Edge Server。三種架構並沒有絕對優劣，必須依攝影機數量、AI功能、即時性、整合範圍與維運需求選擇。

1. AI攝影機：單機、單點、固定功能
AI模型直接部署在攝影機內部。

AI攝影機
↓
人員/車輛/車牌辨識
↓
事件傳送至VMS或管理平台

優點

- 系統架構簡單
- 即時性高
- 不需要額外AI主機
- 適合分散式部署
- 可降低影像傳輸量

限制

- 運算資源有限
 - 通常適合少數固定功能
 - 不同品牌的AI結果格式可能不同
 - 模型更新及跨品牌管理較困難
 - 攝影機更換時，AI功能可能一併更換
- 適合車牌辨識、人員計數、越界偵測與單點事件偵測。

2. AI Box：既有影像系統的升級方式

AI Box 從既有攝影機或VMS取得影像，再集中執行一種或多種AI模型。

既有攝影機群

↓
網路交換器/NVR/VMS
↓
AI Box
↓
多種AI分析
↓
告警平台/門禁/營運系統
優點

- 可以保留既有攝影機
- 集中部署及更新AI模型
- 一台設備可分析多路影像
- 可執行多種AI功能
- 適合既有安控系統升級

限制

- 必須計算影像串流數及運算效能
- 影像品質及網路狀態會影響準確率
- AI Box故障可能同時影響多路分析
- 必須處理與NVR、VMS及門禁平台的整合
- 不同 AI 模型可能相互競爭運算資源

AI Box是目前許多既有場域導入Edge AI的重要方式，尤其適合不希望全面更換攝影機的企業。

3. Edge Server：場域級集中運算

大型場域可以使用一台或多台Edge Server，集中整合攝影機、門禁、感測器與營運資料。

攝影機＋門禁＋感測器＋機器設備



場域Edge Server



AI分析＋規則引擎＋資料整合



控制中心＋營運平台＋雲端管理
適合的場域包括：

- 智慧工廠
- 機場
- 大型商場
- 物流中心
- 關鍵基礎設施
- 醫院
- 捷運與車站
- 智慧建築
- 企業園區

這類架構的重點已不只是單一AI功能，而是跨系統資料整合、集中維運與事件協同。

五、Edge AI適用哪些場域？



Edge AI的應用已由單一影像辨識，延伸至智慧製造、交通停車、零售、醫療與智慧建築。不同場域雖然使用相似的運算硬體，但AI模型、事件規則、設備連動與管理流程並不相同。

Edge AI特別適合具備以下條件的場域：

- 需要即時反應
- 影像或感測資料量龐大
- 網路頻寬有限
- 原始資料不適合傳送至外部雲端
- 場域網路可能不穩定
- 必須與門禁、機器或警報設備連動
- 需要24小時持續運作
- 已有大量設備，不適合全面汰換
- 需要跨系統判斷事件

表三：Edge AI主要應用場域

場域	Edge AI主要用途
智慧工廠	瑕疵檢測、危險區入侵、安全穿戴辨識、設備預知保養
交通與道路	車牌辨識、車流分析、違規偵測、事故與壅塞偵測
停車場	車牌辨識、車位偵測、逆向行駛、異常停留與尋車
零售與商場	人流、熱區、排隊、貨架缺貨、顧客動線
醫院	跌倒、離床、禁區管理、急診壅塞、設備定位
校園	周界入侵、陌生人偵測、接送區管理、危險行為預警
社區住宅	尾隨、陌生人徘徊、車道安全、公共空間異常
智慧建築	門禁、能源、空調、空間使用率、設備異常
倉儲物流	人車分流、貨物辨識、裝卸管理、叉車防撞
餐飲與廚房	衛生穿戴、火煙偵測、冷鏈監控、危險行為
長照機構	跌倒、離床、徘徊、呼吸與活動狀態監測
能源與關鍵設施	周界防護、設備巡檢、熱異常、非法進入
農業與養殖	作物病害、動物行為、環境控制、生長分析
城市公共安全	人潮分析、事件偵測、災害預警、跨系統連動

六、不同場域的Edge AI，真正差異在哪裡？

Edge AI 硬體看起來可能十分相似，都是攝影機、AI Box、工業電腦或Edge Server，但不同產業的應用差異，往往不在硬體本身。真正差異主要來自五個層面：

1. 場域問題不同

工廠重視生產安全與品質，醫院重視病患安全與隱私，零售重視人流與營運效率，交通則重視即時性與大範圍管理。

2. 資料來源不同

有些場域主要依賴攝影機，有些需要結合門禁、雷達、感測器、PLC、醫療設備或營運資料。

3. 事件規則不同

同樣是偵測到「人」，在零售店可能只是客流統計，在工廠禁區則可能是重大安全事件。

4. 設備連動不同

停車場需要連動柵欄機，工廠可能連動PLC，醫院需要通知護理站，智慧建築則可能連動門禁、電梯與樓宇管理系統。

5. 責任與處置流程不同

AI發出警報之後，誰負責確認、誰負責處置、多久必須回應，以及事件如何結案，都會影響系統設計。

因此，真正能夠落地的Edge AI解決方案，不能只有一套演算法與一台設備，而必須理解場域的工作流程。

七、Edge AI不等於AI攝影機

AI攝影機只是 Edge AI 的一種終端設備，兩者不能完全畫上等號。

一套完整的Edge AI系統可能包含：

- 一般網路攝影機
- AI攝影機
- AI Box
- 工業電腦
- Edge Server
- NVR
- VMS
- 門禁系統
- 電子鎖
- IoT感測器
- 網路交換器
- 管理平台
- 雲端服務

AI攝影機通常針對單點、固定任務提供即時辨識；Edge AI則是一套涵蓋資料、運算、軟體、事件及維運的完整系統架構。

因此，Edge AI市場並不只屬於攝影機廠商，也涉及：

- AI晶片與加速器供應商
- 工業電腦廠商
- 網通設備廠商
- AI演算法公司
- 安控設備廠商
- VMS與平台軟體公司
- IoT設備廠商
- 系統整合商
- 顧問與工程規劃單位
- 場域營運及維運服務業者

未來的競爭，也可能逐漸由單一硬體規格，轉向整體解決方案整合能力。

八、什麼情況不一定需要Edge AI？

Edge AI並不是所有專案的標準答案。

以下情況可能使用傳統系統或雲端AI就已足夠：

- 資料量很小
- 不要求即時反應
- 外部網路穩定且頻寬充足
- AI功能只是偶爾查詢
- 沒有設備連動需求
- 不涉及敏感資料
- 現場設備數量少
- 建置與維護 Edge 設備的成本高於效益

例如，每天只需上傳少量商品照片進行分類，就不一定需要在每個門市部署AI Box。

選擇Edge AI、Cloud AI或混合架構，應根據實際需求，而不是因為Edge AI是熱門名詞便全面導入。

九、導入Edge AI前，必須先回答哪些問題？

許多專案一開始便詢問應該使用哪一款晶片、AI Box或攝影機，但這通常不是第一個問題。

真正應先確認的是：場域究竟要解決什麼問題。

表四：導入Edge AI前的評估問題

問題	必須確認的內容
要解決什麼問題？	安全、營運、品質、能源或人力效率
AI要辨識什麼？	人、車、物件、行為、設備、聲音或環境數據
要多快反應？	毫秒、秒級、分鐘級或事後分析
需要分析多少資料？	攝影機數量、解析度、FPS、感測器數量
要如何處理事件？	通報、廣播、開門、停機、派工或紀錄
原始資料能否上雲？	隱私、法規、企業政策與資安要求
系統如何維護？	模型更新、設備監控、遠端管理
如何衡量效益？	誤報率、反應時間、節省人力、降低事故
既有系統能否整合？	VMS、NVR、門禁、BMS、MES、ERP
誰負責事件處置？	保全、管理中心、維修、醫護或營運人員

此外，專案還必須訂定可以量化的KPI，例如：

- 偵測率
- 漏報率
- 平均處置時間
- 每路影像運算成本
- 事故或損失降低幅度
- 誤報率
- 平均告警延遲
- 系統可用率
- 人工作業時間減少比例
- 模型重新訓練週期

若沒有明確 KPI，專案很容易只停留在展示AI功能，而無法判斷是否真正產生效益。

十、Edge AI導入最常見的誤區

誤區一：只比較TOPS

TOPS是運算能力指標之一，但不能直接等同於實際可處理的攝影機數量與辨識效果。

影像解析度、FPS、模型架構、記憶體、解碼能力與軟體最佳化，都會影響實際效能。

誤區二：只看模型準確率

實驗室準確率不代表場域準確率。

攝影機角度、光線、逆光、遮蔽、移動速度、物件大小、壓縮率及環境變化，都可能影響辨識結果。

誤區三：認為辨識完成就是專案完成

系統偵測到事件後，如果沒有通報、處置與追蹤流程，AI仍然只是提供一個畫面提示。

誤區四：忽略既有系統整合

Edge AI必須與攝影機、VMS、門禁、感測器、BMS、MES或其他營運系統交換資料。整合能力往往比單一模型更加重要。

誤區五：忽略長期維護

AI模型可能因環境、服裝、設備及行為改變而逐漸失準，因此需要持續監測、調整及更新。

Edge AI並不是設備安裝完成後便能永久維持相同效果。

結語：Edge AI的價值，在於形成完整的場域行動鏈

Edge AI 可以用一句話定義：

Edge AI是在資料產生地附近，利用AI運算設備分析攝影機、感測器及機器資料，並透過規則引擎、管理平台與現場設備連動，達到即時判斷、降低頻寬、保護隱私及提升場域安全與營運效率的系統架構。

但真正有價值的Edge AI，不只是把模型放進攝影機，也不是在監控畫面上框出人、車或物件。

完整的Edge AI必須形成以下應用鏈：

感知設備 → 資料傳輸 → 現場運算 → AI判斷 → 事件管理 → 設備連動 → 營運改善

未來Edge AI的競爭重點，可能不再只是誰的晶片運算速度較快、誰的攝影機能執行較多AI功能，而是誰能把硬體、演算法、網路、平台及場域作業流程，整合成可以長期穩定運作的解決方案。

對安控、工業電腦、IT、物聯網與系統整合產業而言，Edge AI帶來的不只是新產品，而是一次從設備銷售走向場域解決方案的市場轉變。