



雲端智慧服務於工程影像之應用研究

趙志偉／中興工程顧問股份有限公司 研發及資訊部工程師

李明哲／中興工程顧問股份有限公司 三鶯捷運工程處工程師

林冠成／中興工程顧問股份有限公司 三鶯捷運工程處經理

黃志民／中興工程顧問股份有限公司 研發及資訊部協理

周頌安／中興工程顧問股份有限公司 總工程師

雲端運算已是今日資訊開發之重要基礎，透過雲端運算可加速應用軟體的推展與節省管理成本，但雲端運算形式眾多，來源亦十分廣泛，本文將以工程影像管理的角度出發，探討雲端應用程式開發模式。同時，人工智慧應用是近年來快速崛起的主题，在公有雲市場上呈現百家爭鳴的狀態，本文以微軟 Azure 平台為切入點，實作人工智慧相關應用，以快速開發出具備影像辨識功能之應用平台。本文開發之雲端工程影像中心，可結合影像辨識、人臉辨識等人工智慧服務，將巨量影像檔案自動標籤分類，並具備辨識已知人員、推測未知人員特徵等功能，以建構專業之工程影像資料庫，協助提升工程人員對大量工程影像資料之管理效益。

前言

影像資料對現代人來說，已成為生活中不可或缺之記錄方式。同樣的對於工程應用來說，利用監視系統或是攝影裝置來取得影像資料，亦是最快速與直接的工程記錄方法。尤其是行動裝置的普及，隨手拍照或錄影已成為大部分人的生活反射動作。因此妥善保存與運用影像資料，已然成為工程管理系統開發的基礎目標。

工程影像之處理與保存，從時間軸的角度來看，可大致區分為靜態影像與動態影像兩大部分。其中靜態影像（如 JPEG、BMP 等格式）因檔案體積較小，因此無論長期保存還是檔案處理所需耗用的資源較低，且資訊應用技術方面已較為成熟。至於動態影像（如 MP4、MOV 等格式）的部分，其檔案體積龐大，影像處理編碼（encoding）非常消耗運算資源。近年來影片之解析度已提升至 Full HD（1080p）之高解析度格式，甚至高達 4K 之錄影與監視設備亦逐漸成熟，若需

要將影像長期保存或進行應用分析，就技術而言是高成本的負擔與挑戰。

隨著資訊技術的演變，開發環境已由自有軟硬體逐漸朝向雲端運算（Cloud Computing）發展。尤其是大數據（Big Data）與人工智慧（AI）的快速進展，更需要雲端平台所提供的高擴展性才得以普及與深入各應用領域，因此雲端技術的導入已成為資訊開發的主流選擇之一。雲端技術中影像辨識分析的技術發展，目前已邁向機器學習（Machine Learning）的方向，在許多領域都有不錯的成果。因此，藉由公有雲所提供的相關辨識服務，找出適合於營建產業的應用情境，對於處理工程影像來說是一項重要的目標。

工程動態影像目前所面臨問題主要可分為保存與應用兩方面。從雲端服務的角度來說，巨量影像資料的保存可透過雲端分散式儲存系統來解決，雲端上可提供近乎無限量的儲存空間，不但具有良好的可擴展性（Scalability），可依實際使用量來計費，對於影片檔

案的保存來說相當有彈性，不必預先投資機房設備即可開始保存大量影片。

至於影像應用與分析辨識的部分，雲端服務在 PaaS (Platform as a Service) 層級提供了許多解決方案供開發使用，大致可分為語音辨識、文字辨識、人臉辨識和圖像辨識等類別。開發者在不需要具備機器學習相關技能的條件下，即可開始使用 AI 辨識服務，並利用 Web API 的方式呼叫雲端服務即可快速取得辨識結果。

雲端運算簡介

雲端運算定義

雲端 (Cloud) 目前已經轉變成一種流行性代名詞，舉凡生活中的各種大小產品，都不免俗的套上雲端兩字來強調其高端性，常使人誤以為只要能聯網使用的產品就算雲端的範疇，導致各式各樣的傳統軟硬體紛紛套上雲端來包裝行銷，因此以下嘗試用較為嚴謹的定義來釐清雲端技術之發展。

雲端運算 (Cloud Computing) 的實際內涵與範圍，可參考目前業界廣為認定的標準機構 — 美國國家標準與技術研究院 (NIST)，其對雲端運算的基本定義如圖 1：

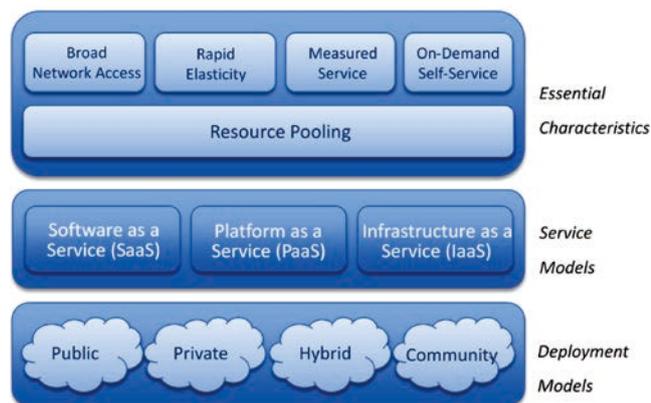


圖 1 NIST 雲端運算模型

(資料來源: National Institute of Standards and Technology SP 800-145)

按照 NIST 的定義，『雲端運算是一種資源共享的使用模式，透過網際網路來取得普及且便利的隨選即用電腦運算資源，例如網路、伺服器、儲存空間、應用程式與服務等等，取得的過程必須能降低管理成本與減少與客戶的互動時間。雲端運算的模型可分為三個服務模式、四個建置模式與五大基本特徵來分別描述。』

三個服務模式

- 軟體服務 (SaaS, Software as a Service)

此服務方式將軟體建置於雲端基礎架構之上，讓一般使用者可透過各式各樣的終端裝置聯網使用，使用對象不必具備軟硬體建置技術，即可直接開始操作使用。
- 平台服務 (PaaS, Platform as a Service)

程式開發者可透過雲端平台提供之開發架構與工具，來直接開發位於雲端上的應用程式，不需要自行管理程式底層所需之伺服器、作業系統、儲存體等基礎架構，直接針對所需功能即可開發軟體。
- 基礎服務 (IaaS, Infrastructure as a Service)

當系統管理或者程式開發需要直接操作作業系統底層資源時，所採取的服務方案。使用者不需自行建置硬體，即可取得作業系統、網路、儲存體等底層操作能力。

四個建置模式

- 公有雲 (Public Cloud)

由企業、學術或政府機構建置之雲端基礎建設，並對外公開提供使用。
- 私有雲 (Private Cloud)

由組織獨自擁有使用之雲端基礎建設，其營運可為自行建置或委外管理。
- 社群雲 (Community Cloud)

由一群具有共同目標與需求之組織團體所共同擁有之雲端基礎建設，其營運可為自行建置或委外管理。
- 混合雲 (Hybrid Cloud)

為上述三種雲端之混和建置模式，並透過標準協定來進行資料與應用程式的交換。

五大基本特徵

- 隨選即用服務 (On-demand Self-service)

使用者可自由的依據自身需要取得運算資源，與雲端供應者之間無須人為的介入，即可於線上完成選用。
- 多樣化網路存取能力 (Broad Network Access)

使用者可透過各種各樣的終端裝置存取雲端服務，例如手機、平板電腦、個人電腦等。

- 資源共享 (Resource Pooling)

由雲端供應商集中統一管理的運算資源，例如處理器、記憶體與網路頻寬等，可同時提供眾多使用者的需求來分配使用，並且可依實際需求大小的改變，隨時進行動態資源調度。使用者無須知道運算資源的實際位置，但是可透過大範圍的區域來選擇實際運行所在的資料中心。

- 快速彈性調度 (Rapid Elasticity)

運算資源可快速且彈性的提供或回收，對於一般使用者的需求來說，雲端供應商幾乎可提供無上限的運算資源供應能力。

- 可量化之服務 (Measured Service)

雲端服務可自動計算資源的實際使用量並產生相關報表，不論是儲存空間、處理器使用程度、網路頻寬或使用人數等，使用者都可以了解並掌握實際消費的額度。

雲端運算優勢

雲端運算對於資訊發展所帶來的衝擊，可先從傳統資訊系統的開發流程來探討。一般來說系統發展至少包含系統規劃、系統建置、軟硬體設備採購與後續之伺服器管理與維護等。其中系統開發的限制，在於自建機房的規模，若超出機房的容納量，則短期內往往無法順利執行。因此機房營運所需投入的成本與長期規劃，便成為資訊系統開發的瓶頸。

若選擇雲端服務的開發模式，則系統開發人員可跳過機房實體設備的限制，直接將應用程式部署至雲端後，即可隨時依使用量來調度雲端資料中心的龐大資源。以公有雲開發模式為例，無論是 IaaS 層級的虛擬機啟動，或者是 PaaS 層級的 API 呼叫，皆屬付費即可立即啟用的運作方式，只要程式開發完成，即可立即佈署上線。此外，雲端市集 (Marketplace) 上更提供了大量的企業級軟體服務，可簡化傳統資訊系統委外開發採購流程，透過簡單的佈署動作，即可快速取得企業級的應用軟體。本文採用了 Microsoft 微軟公司的 Azure 公有雲平台，作為雲端工程影像中心之開發環境，以銜接過去以微軟為主的技術開發資源，以便在降低學習門檻的條件下建置出以雲端為基礎之影像平台。

雲端人工智慧服務

近年來人工智慧 (Artificial Intelligence) 的崛起，

帶給了人類社會對未來無限的想像空間。不同於傳統由需求帶領技術發展的模式，AI 是屬於由技術領導應用的創新式發展，透過此一新技術的展現，讓研發人員以不同的思維來想像未來的發展領域。本文嘗試由目前機器學習中較為成熟的影像辨識應用為出發點，利用公有雲服務所提供的影像辨識 API 切入，以測試未來開發 AI 應用的可能空間。

本文所使用的微軟 Azure 雲端平台在人工智慧方面提供了相當多的服務內容，主要包含機器學習服務 (Azure Machine Learning)、對話機器人服務 (Azure Bot Service) 與智能認知服務 (Cognitive Services) 等三大區塊，本文之影像辨識是屬於智能認知服務中的電腦視覺服務 (Computer Vision) 範疇，以下先介紹智能認知服務的涵蓋範圍：

智能認知服務

Microsoft Azure 的智能認知服務 (cognitive-services)，主要是利用機器學習的方式，來針對文字、語言、影像進行智慧分析。其提供了 HTTP API 的介面供程式開發使用，為目前 PaaS 服務之主流介接方式。此架構適合分散式網站程式開發，依呼叫次數計費，能配合網站規模彈性調整。Azure 的智能認知服務可分為以下類別：

- 辨識 (Vision)：可智慧型識別、標示及控管圖片的影像處理演算法。
- 語音 (Speech)：將語音轉換成文字、使用語音來進行身分驗證，將辨識功能新增至行動裝置應用程式中。
- 語言 (Language)：讓應用程式能夠透過預先建置的程式處理自然語言、評估情感，以了解使用者的真正需求。
- 知識 (Knowledge)：對應複雜資訊和資料，以解決智慧建議和語意搜尋等工作。
- 搜尋 (Search)：將 Bing 搜尋引擎 API 連結至應用程式中，簡單透過 API 呼叫的方式即可取得數十億個網頁、影像、影片和新聞的搜尋結果。

影像辨識服務

本文實作了 Azure 智能認知服務，利用其中的辨識服務來建構平台影像應用功能，可分為下列三部分來說明：

人臉辨識

- 臉部偵測

可同時偵測影像中的多張人臉，並取得臉部所在之矩形位置及臉部屬性，該屬性是以機器學習為基礎的方式來進行預測，臉部屬性包括：年齡、表情、性別、姿勢、微笑及鬍子等。除了臉部屬性預測，API 可同時取得 27 個臉部特徵值，例如瞳孔、眼眶、眉毛、鼻尖、嘴等位置資訊。

- 臉部驗證

API 會傳回信心分數，回傳值介於 0.0 ~ 1.0 之間，以顯示兩張臉是屬於同一個人的可能性，開發人員可依據照片來源之清晰度來決定驗證是否成功之分數。

人臉辨識相關之 Face API 目前共有超過 50 組呼叫介面，並提供 HTTP 通訊協定的方式來使用，參數與執行結果則是透過 JSON 格式字串來傳遞，茲將幾種辨識主要功能所需的 API 名稱與流程整理如表 1：

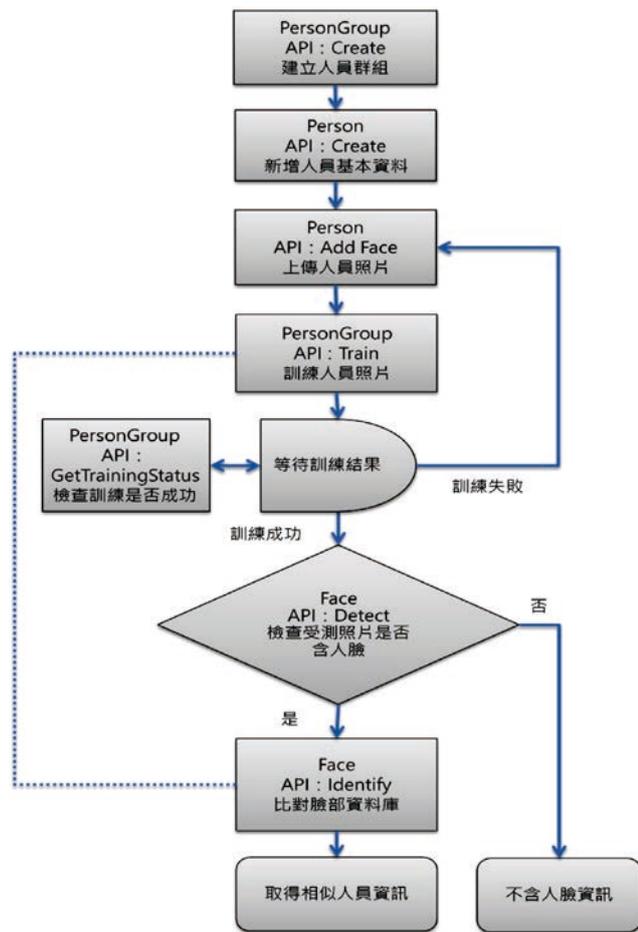


表 1 Face API 臉部辨識呼叫使用流程
(資料來源：Microsoft Azure Face API Reference)

影像標籤辨識

可傳回影像中的視覺化內容資訊，並使用標籤、類別及描述性文字等方式，來自動判讀影像內涵。目前雲端資料庫共有兩千多種預設標籤，涵蓋了生物、風景和行為。

影像文字辨識

光學字元辨識 (OCR) 可偵測影像中的文字，並將辨識出的字詞擷取成數位字元。分析影像後可輔助搜尋，省下複製文字所需的時間及精力。

工程影像數據

動態影像在工程相關的應用方面來說，可簡單區分為兩大來源，一是工地現場必備的長期監視影像系統，二是記錄工程發展所錄製或編輯的短期影片，分別就其特性與未來可能發展說明如下：

工程監視影像系統

監視錄影系統俗稱 CCTV，其特性為錄影時間連續，但儲存耗用大量空間，因此通常採取定期或定量之影片檔案保存方式，將超過容量限制之舊影像刪除，故難以長期保存歷史紀錄。錄影檔案通常存於工地現場之監視系統主機，資料安全與資料維護之風險程度高，若無足夠之備援機制，一旦故障發生則可能遺失重要畫面導致爭議問題發生。

傳統監視攝影通常為封閉式系統，因此影像資料交換不易，只能在現場區域內觀看影像內容。但隨著網路技術的發展，監視系統已逐步朝網路型監視系統邁進，更容易與雲端服務做進一步的結合，一般來說監視系統的發展可分為以下三類：

第一代監視系統：類比式攝影機 + 錄影帶儲存模式 (CCTV)

第二代監視系統：類比式攝影機 + 磁碟儲存模式 (DVR)

第三代監視系統：網路數位攝影機 + NAS 儲存模式 (IP Camera + NVR)

封閉式第一代 CCTV 監視系統目前已退出市場；第二代監視系統主要是將儲存設備改為硬碟為主之數位儲存體；第三代監視系統則是將前端也完全數位

化，從攝影機到主機端均可利用 TCP/IP 網路架構來連結，在佈設與管理上更具有彈性，亦較適合高解度之監視錄影需求。因此本文使用之設備是以第三代監視系統為主。

縮時影像與雲端技術

一般來說，大型土木營建工程除了工項複雜外，需要的工期也相當長，如需掌握工程施作狀況，監視影像不失為良好的切入點，例如國內許多工地均架設有現場攝影機，以便公眾或業主遠距了解施工情形。因為影像紀錄經年累月後資料量驚人，習慣上觀察工程長期變化的方式，是採用縮時攝影（Time-lapse Photography）技術來進行，將上述現場影像資料定時取回，做後續的處理來產生縮時影片。惟此方式需要另外發包製作縮時攝影，處理期間也無法立即取得影像，需靠人工定期處理檔案。且若發生器材故障甚至人為破壞的情形，重要的影像資亦將消逝而無法彌補。因此如何結合現場監視影像的完整錄影，來建立縮時攝影所需要的長期影像來源，亦為本文的重點之一。

隨著高解析度攝影器材的逐步發展，監視系統已逐步邁向 FullHD 以上之高解析度時代。網路監視系統的普及化，使得監視畫面的管理相當容易，影像資料的傳輸也能透過網際網路進行。因此若將原本工程現場必備的監視影像加以再利用，不但可省去縮時攝影器材的架設不便，更能即時取得現場的監控影像資料，做更有效的發揮，產出縮時影片，甚至結合智慧影像分析功能。

要達成以上目標，雲端服務的導入便成為重要技術關鍵。分散各處的現場工程影像，若要同時回傳至伺服器端處理，勢必需要高規格的機房設備才能應付。若採用公有雲平台，則可輕鬆依據影像重要性甚至預算考量，來制定影像收納規格，無論需要全面保存處理，或是局部重點保留，都能夠透過雲端的高延展特性來輕鬆達成。

雲端工程影像中心

以下就本文所述於 Azure 公有雲平台，開發出之工程影像專用之雲端工程影像中心（以下簡稱本平台），主要畫面如圖 2：



圖 2 雲端工程影像中心主要畫面

平台開發過程

本平台完全使用公有雲技術開發，因此系統開發方法也將轉為以雲端服務的角度來思考。本平台主要依據 Azure Application Architecture Guide 提供之論述來執行，主要目標在建立高彈性、高信賴與高擴展性之雲端應用程式。

雲端開發使用之架構樣式，不同於傳統就地（On-Premise）之開發模式。本平台採用適合企業開發之 PaaS 相關服務來建構雲端網站，並依據 Web-Queue-Worker 的架構樣式，來進行雲端開發；另外為了影像轉檔與分析需求，同時也加入了 IaaS 服務來建立虛擬機，以呼叫 Open Source 之 FFmpeg 影像函式庫來進行影像處理相關動作。

有關網站身分驗證部分，使用廣泛通行於網際網路之開放授權（OAuth）單一登入（Single Sign-On）方式，使用者只要擁有社群帳號，即可以免除再一次的帳號密碼輸入，可大幅簡化登入流程。本平台目前提供 Google 帳號的驗證串接，利用 Google 的資安保護機制，來維護帳號的安全性，日後若有需要亦可加入其他支援 OAuth 之社群帳號登入，例如 Facebook、Twitter、Microsoft 等。系統之完整使用情境詳見圖 3：



圖 8 縮時影片播放示範畫面

應用實例：捷運三鶯線工程影像應用

捷運三鶯線簡介

捷運三鶯線是因應三峽地區近年來人口快速成長之需求，同時配合「捷運土城線頂埔站周邊地區都市更新」、「北大安置及青年住宅新建工程」及「三鶯陶瓷藝術主題園區整體開發計畫」等相關計畫推動，所規劃而成之中運量捷運線。路線全長 14.29 公里，共設置 12 站，起站為頂埔站（捷運土城線頂埔站銜接轉乘），終站為鶯桃福德站（鶯歌區鶯桃路、福德一路口），並預留未來可延伸至桃園八德地區，與桃園綠線銜接轉乘，串聯桃園國際機場、高速鐵路及區域城際鐵路，促成重要公共運輸系統間的無縫整合銜接。中興工程顧問公司負責三鶯線捷運系統計畫統包工程之監造工作，工程目前仍在施工階段。

台北大學站實驗監視系統

為測試工程影像雲端服務之實用性，本文之影像來自於架設於台北大學站址附近之網路攝影機，屬於第三代之監視系統，通訊協定使用 TCP/IP 架構，因此可透過網路連結與管理（監視系統畫面如圖 9）。監視影像於 NVR 主機之段落存檔完畢後，即可自動同步至雲端，待累積一日完整影像後，系統即排程製作前一日之縮時影片。縮時影片以 60 倍速的方式進行壓縮，亦即一分鐘縮短為一秒鐘，一小時縮短為一分鐘，觀察一完整日的監視畫面僅需 24 分鐘。產出之影片為標準 H.264 MP4 格式，相容於目前主流之瀏覽器。畫面之框率為 30 FPS (Frame Per Second)，縮時後單框間隔相當於兩秒之原始畫面，因此實際損失的監視影像細節並不多，但可節省約 40 倍的檔案儲存空間。

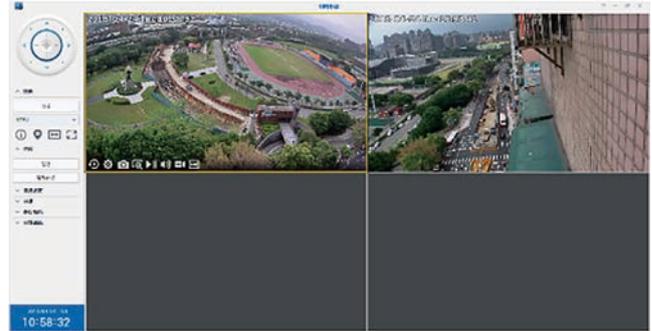


圖 9 台北大學站實驗監視系統畫面

監造影像應用效益

原本僅用於工地區域內之 NVR 監視系統，透過網路連結至雲端工程影像中心，使用範圍擴大至整個網際網路，可大幅擴充使用人數與流量。至於施工過程之查核追蹤等相關記錄工作，已從傳統紙本紀錄、靜態照片拍攝，進入到動態影像的完整紀錄。但動態影片的管理難度卻遠比靜態照片高上許多，不論是影片的後製處理，還是巨量檔案的長期保存，都很難在工務所內單獨完成。透過雲端工程影像中心，可協助監造人員將散落各處的影片上傳至雲端，將收看地點跨出工務所，邁向多元化終端裝置，讓智慧型手機夠輕鬆連接。使用者可透過自動產生的縮時影片，來快速掌握工程發展歷程，並結合雲端人工智慧的分析能力，來強化影像搜尋功能，建立人臉識別資料庫，以進一步發掘影像的潛藏資訊。

結論

雲端技術的導入與評估

雲端運算相關技術的應用十分廣泛，解決方案也相當的多元，若採用自建私有雲的方式，需導入 OpenStack 之類的相關技術來進行伺服器資源管理，但此方式建置成本與技術需求相當高昂，若未經過詳細的成本分析與未來需求調查，則可能會導致資源浪費的狀況發生。

公有雲則是本文採取的建置模式，主要是利用公有雲 Pay As You Go 的彈性計費特性，與完善的操作管理介面，作為雲端系統建置的範例。雲端平台的使用成本是屬於依量計費且持續支出的模式，與自有機房的一次性大量支出模式不同，但是雲端服務的優勢在於強大的自動化管理功能，與多元化的資料備援選擇，可降低許多傳統機房的營運成本，使用少數的人力即可管理大量的伺服器叢集。另外過去自建機房的

過程中，除了初期建置費用，還常忽略了許多隱形的成本支出，例如水、電、冷氣等能源消耗、大樓空間的租金分攤、機房管理的人事成本、軟體授權金的分攤、系統失敗的復原時間與異地備援的執行困難等。

影像數據的儲存方案

巨量資料的儲存與管理，對於小型資訊機房來說是個沉重的負擔。除了需要大量投資儲存設備，高可用性與資料安全備份的處理上也是個難題。系統發生錯誤後能否快速復原、檔案備份機制的的能力是否足夠、異地備援的機制是否成熟，皆影響著機房能否承載巨量影像資料的能力。

本文在開發過程中遵循了雲端的分散式架構樣式，網站單純處理來自使用端之 HTTP Request，影像資料存取由 Azure Blob 儲存體負責，人工智慧影像分析利用 Cognitive Services，影像截圖與縮時動作則交由虛擬機來運算。以上都是容易擴充的雲端服務，若未來有大量用戶加入本影像中心，可在不需要修改程式架構的狀況下，輕鬆於雲端管理介面中調整擴充。

若採用以往單機網站處理架構，集合網站流量、檔案儲存、功能運算於單一主機內，則未來面對大量用戶增加時，勢必較難擴充，若不修改程式的話，則只能夠採取 Scale-Up 的垂直擴展，擴充能力有限，無法如雲端架構採用 Scale-Out 的強大水平擴展模式。

人工智慧加值應用

就目前人工智慧的實際應用層面而言，臉部辨識技術是其中相當重要與成熟的一環，從私人手機的安全解鎖、國際機場的自動通關到無人商店，現今都是透過臉部辨識技術來完成。

在工程影像當中，亦經常有人臉出現的畫面，但

這項隱形的資訊過去從未被加以挖掘利用，因此本文於工程影像的智慧分析功能中，加入了人臉辨識的實際應用。使用者只要事先登錄於系統人臉資料庫，提供數張個人照片，即可自動比對出影片中是否有人臉資料庫的臉孔出現。因此舉凡會議紀錄影片、工地現場查驗過程，均可自動列出參與人員資訊，甚至陌生臉孔也能進行智慧推估，判斷性別、年齡等基礎生物特性，幫助使用者快速整理影片資訊。

除了臉部辨識的功能，系統在人工智慧服務上亦套用了智慧標籤分析、光學文字辨識等服務，自動整理影片畫面可能涵蓋內容，建置影片索引資料庫，並擷取影片中的字幕或標題部分，產生影片說明檔案，進一步強化影片內容搜尋能力，對於在大量影片中查找特定主題提供了便捷的解決方式。

參考資料

1. National Institute of Standards and Technology (NIST): SP 800-145 (The NIST Definition of Cloud Computing)
<https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>
2. Gartner, Inc.: Magic Quadrant for Cloud Infrastructure as a Service, Worldwide
<https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-2G2O5FC&ct=150519&st=sb>
3. Amazon Web Services: AWS 全球基礎設施
<https://aws.amazon.com/tw/about-aws/global-infrastructure/>
4. Microsoft Azure: Azure Architecture Center
<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/>
5. Google Cloud Platform: Google Cloud Platform 全球據點
<https://cloud.google.com/about/locations/?hl=zh-tw>
6. iThome 電腦周刊：iThome 2016 年 CIO 大調查 | 企業雲端平臺採用動向 <https://www.ithome.com.tw/article/103825>
7. iThome Online：安全監控系統的發展歷程
<http://online.ithome.com.tw/itadm/article.php?c=76084&s=1>
8. Youtube：YouTube 統計數據
<https://www.youtube.com/intl/zh-TW/yt/about/press/>
9. 新北市政府三環三線進度公開專頁
https://open33.ntpc.gov.tw/loading_sanying

一個凝聚產官學土木專業知識的團體

一個土木人務必加入的專業學術團體

一個國際土木組織最認同的代表團體

一個最具歷史且正轉型蛻變中的團體



中國土木水利工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING



<http://www.ciche.org.tw>
下載入會申請表

歡迎加入學會

電話：(02) 2392-6325
傳真：(02) 2396-4260

e-mail: service@ciche.org.tw