



上天入地 霧運算銜接雲到物

范晨星 文

刑偵劇中每當有案件發生，警察除了勘查案發現場，也必定會找出附近的監控攝影機，翻查案發時間前後的監控影像。如果案發時間不確定，或是監控攝影機部署的比較密集，警察們可能三天三夜還看不完所有檔案，而且這過程如同大海撈針，相當辛苦。

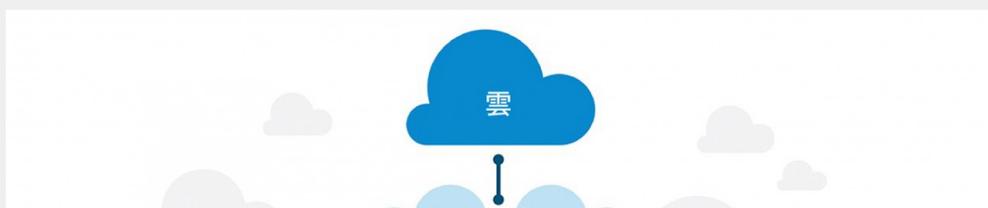
再設想一個情境，業務繁忙的你，清早坐上自動駕駛汽車、設定好目的地，打算在前往會議的路上小憩片刻，這時前方忽然有一個小孩衝到馬路中，而你的汽車偵測到卻.....lag了！

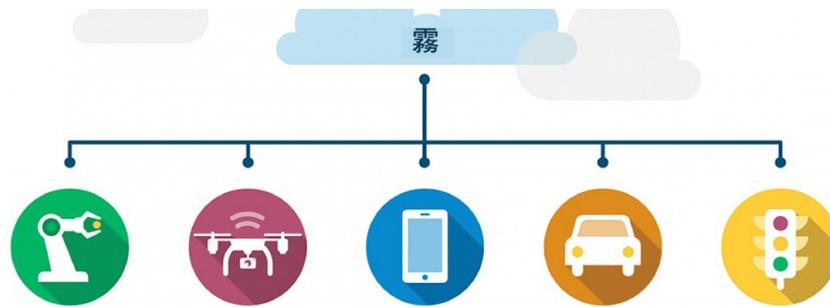
這些都是未來智慧化、數位化、自動化的世界極有可能遇到的問題，霧運算（Fog Computing）就是在這樣的背景下應運而生。

霧 更貼近地面、水平分布的雲

物聯網（Internet of Things, IoT）的概念自2005年在「ITU網際網路報告2005：物聯網」被正式提出之後，隨著中、美各國的積極回應，在全球掀起熱潮，但許多IoT的實際應用面臨延遲、網路頻寬等挑戰，這些問題在原本採用的雲端運算架構下無法解決，而霧運算正是專門設計來滿足IoT、第五代行動通訊系統（5G）和人工智慧（AI）等資料密集應用需求的通用技術框架。

根據開放霧運算聯盟（OpenFog Consortium）定義，霧運算是一種水平的、系統級分散式協作架構，橫跨多個垂直行業和應用領域。它從物開始延伸，包含網路邊緣、雲以及多個協議層，不只是單點或端對端，也不只有一個伺服器 and 基地台，而是一個從雲到物的無縫連續區域，因此它能夠將資源和服務分配到這一連續區域內的任何地方。





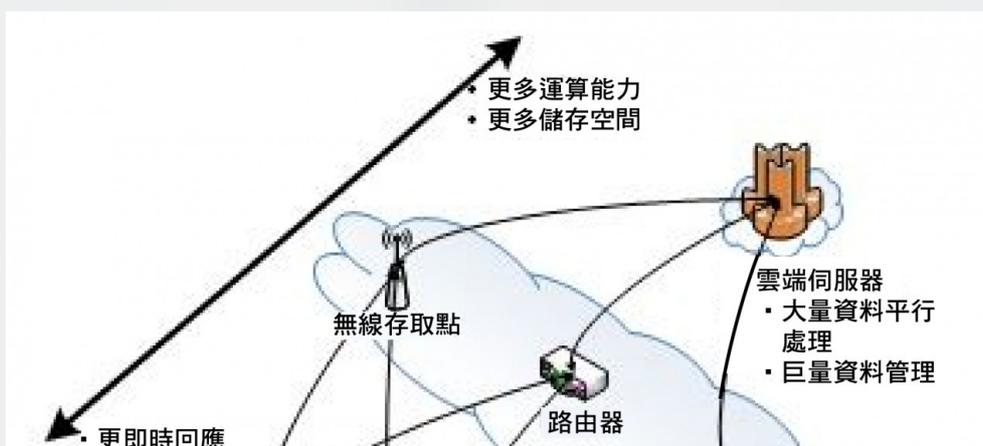
霧運算有3個必要屬性：

- 1 **水平架構**：支持多個垂直行業和應用領域，將智慧與服務傳遞給用戶和商業。
- 2 **雲到物連續性的服務**：使服務和應用分佈得更接近物，可以在從雲到物這一連續區域內的任何地方。
- 3 **系統級的**：從物開始延伸，包含網絡邊緣、雲以及多個協議層，不僅僅是無線電系統，不僅僅是一個特定的協議層，不僅僅是端對端系統的一部分，而是一個跨越物聯網和雲的系統。

霧運算的必要屬性：水平結構、雲到物的連續服務、系統級的。（圖片來源 / 范晨星重製）資料來源：[OpenFog](#)

看到這裡可能有點霧煞煞，我們打個比方。再兩個月就要過年了，年夜飯是各家族的重頭戲，假定年夜飯是在家裡吃，那可能會出現以下兩種情況：家族長媳負責所有菜餚，或是各個小家分別帶菜來團圓。一人全包就像是雲端運算（集中式運算），長媳須具備高度料理甚至統籌管理能力，到市場（資料源）購買大量的食材（原始檔案）回家處理（運算），家裡的冰箱（儲存空間）也必須夠大，才足以存放食材。而各家帶菜則像是霧運算（分散式運算），各家到附近市場購買食材，在自己家裡（霧節點）先初步處理過再帶到吃年夜飯的家中（雲）進行料理最後一步，或者乾脆直接在家裡完成菜餚。

第一種情況中即使長媳經驗豐富，因為需要準備的菜太多，常常必須分趟買菜（頻寬不足），甚至一周前就開始前置作業以免當天手忙腳亂（延遲），費時長且體力、經濟負擔重。而第二種情況將工作向下分攤到各家，菜抵達吃年夜飯的家中時已經過處理、過濾，可減輕長媳、長媳家廚房和冰箱的壓力，有效解決上述問題。





霧運算架構圖。(圖片來源 / 工研院資訊與通訊研究所)

霧運算等於邊緣運算？

與霧運算的概念有點相似，邊緣運算 (Edge Computing) 也屬於分散式運算，將大型服務切割成小單位，移往網路邏輯上的邊緣節點處理，因為邊緣節點較更接近資料源，所以也能加快資料處理和傳送的速度。聽起來是不是很像呢？因此有一些觀點認為兩者是相等的，或說霧運算是邊緣運算的一種。同樣是將運算、存儲能力向下延伸到物聯網，邊緣運算依賴孤島中的單獨節點，透過雲才能實現對等流量傳輸，而霧運算的節點與節點之間具有高度互用性，可對等互連。

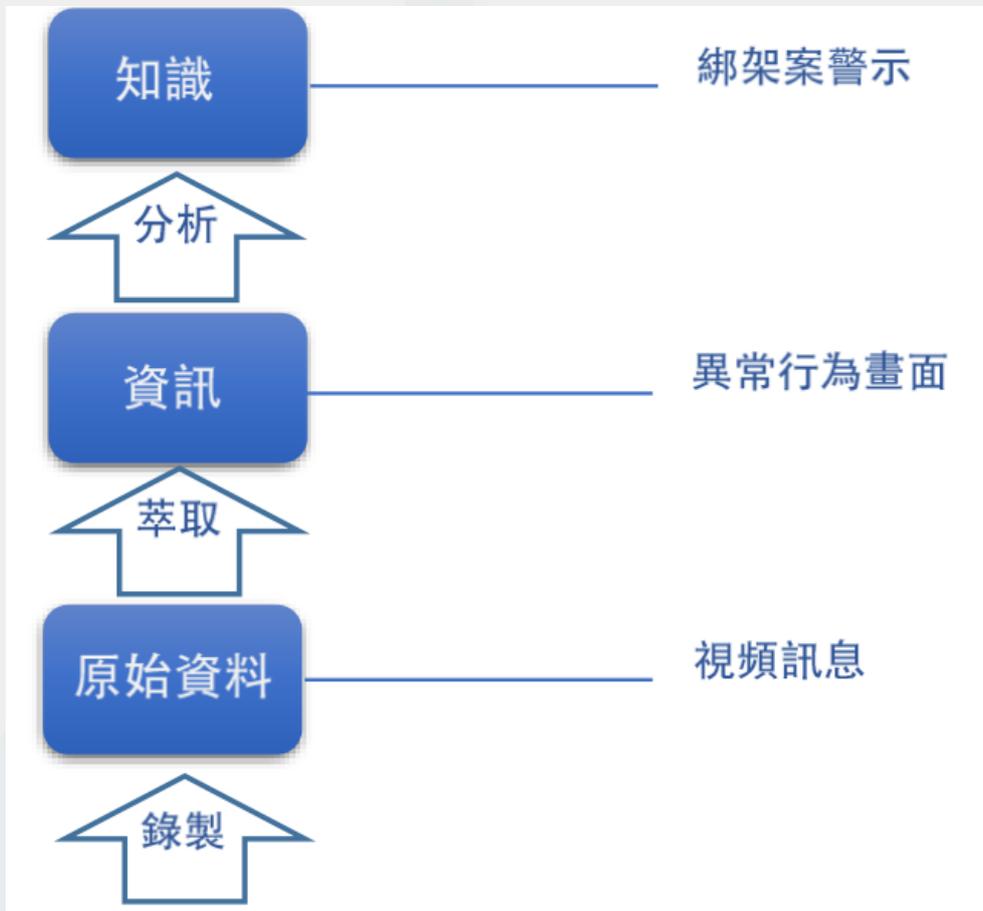
同樣用年夜飯的比喻，單看把菜餚分給各家做，這是邊緣運算，感覺比較接近老闆分派工作，員工向老闆負責，各家獨立作業；而霧運算有一個特點——跨領域、跨應用，各家不但分工更互相合作，寄放食材、共用廚房，這整個協作的系統就是霧運算。開放霧運算聯盟測試床工作組主席 (OpenFog Testbed Working Group Chair) 周明拓在談到霧運算時指出，「 (霧運算的) 關鍵詞是水平的，它與邊緣計算有一點不一樣，霧計劃是支持跨行業、跨網頁運營的模式，其實現在物聯網非常大的痛點是碎片化很嚴重，霧計算能夠把跨網絡的資源利用起來，是無差別的對待，它的水平也可以任意部署。」國立交通大學電子工程學系教授黃經堯也表示，「邊緣運算離終端還是很遠，不可能把邊緣運算全部放到終端去，但霧運算是從終端、邊緣、雲端都可以銜接起來，因此它是一個較好的架構去滿足雲端和物聯網的整體產業發展。」

霧運算的應用

如前文所述，霧運算的應用非常廣泛，IoT、5G、AI、AR、車聯網 (Internet of Vehicles) 等時下最夯的科技發展都與之有關。黃經堯表示，任何在服務上有「大資料量變小資料量」和「即時反應」需求的，都適用於霧運算。我們回到文章開始的情境，看霧運算如何解決以上問題。

在傳統的雲端運算架構中，監控攝影機拍攝的檔案皆會全數傳到雲端儲存和處理，「全數」意即包括毫無價值的資料也會被傳送至雲端伺服器，且現在攝影鏡頭解析度越來越高、檔案越來越大，這樣不只浪費頻寬、增加伺服器負荷量，甚至斷線時還可能造成資料遺失。據Intel物聯網解決方案架構師莊欽龍在報導中闡述，「若能賦予攝影機更好的壓縮能力，在看到影像的同時就做智慧萃取，把真正重要的「資訊」傳送到第二站——網路錄影機 (NVR) 主機或閘道器 (Gateway)，進行更深層的運算分析匯整成「知識」後再送至雲端，既能減輕單一主機的負擔，也能提供更好的服務或取得更先進的分析結果。」如果攝影機

本身就能識別錄製對象的異常動作，例如有人從背後快速擁抱他人，立即將這個時間段的視頻訊號傳至警局電腦，電腦分析出此異常行為代表可能有綁架案發生，就可以在第一時間將警示訊息發至警察手機，同時將篩選過的視訊上傳雲端。



資料處理流程示意圖。(圖片來源 / 范晨星製圖)

如此一來不僅節省上傳不必要檔案的時間和雲端儲存空間，更顛覆了警察辦案「事後找證據和線索」的慣例，增加即時性和主動性。

霧運算也可以解決延遲性的問題。自動駕駛汽車除了倚賴環境感測系統，行進時也須與交通控制系統、路邊傳感器甚至其他車輛彼此連線溝通，根據實時數據更新交通路線。這意味著在每趟行程中將產生數以TB (1TB=1027GB) 計的資料，然而在現行的IoT系統架構中，因為「天上的雲」和「地上的物」距離太遠，無法處理具備次毫秒等級的延遲性要求。由於霧運算架構具備在資料源近端處理和即時反應的能力，因此能滿足自動駕駛車這種高敏捷性的要求。

How does this all work?

網際網路 / 雲 / 伺服器
(全球性)



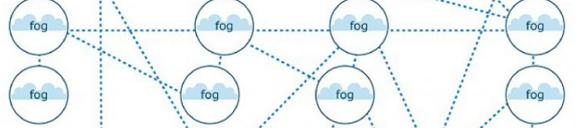
核心網路 / 路由器
(區域性)



通路 / 邊緣節點
(鄰近區域)



閘道器 / 用戶駐地設
(建築 / 街道)

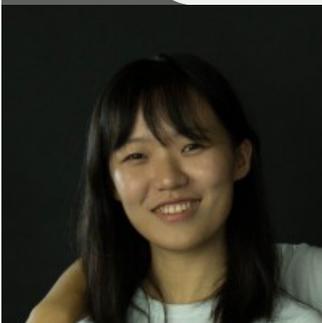


終端 / 物



開放霧運算分層示意圖。(圖片來源 / 范晨星重製) 資料來源: OpenFog

霧運算並不是一個獨立、完整的新產業，它的目標是滿足在IoT等高成長的系統裡追求的服務品質，藉由強化在既有或未來規劃裡的不足，達到商業化的服務目的。



記者 范晨星



編輯 馮瑜庭