



雲報專欄：萬網之網——觸覺互聯網

中山大學 資訊工程系特聘教授 李宗南
/技術專家委員會委員

5G 通訊技術在各大廠商的競爭下，正在迅速發展，也朝在 2020 年正式商業營運的目標邁進。5G 通訊技術的主要特色，包括低遲延時間、低耗電量，以及超高系統負荷量，讓需要大量資料傳輸的應用包括車聯網、物聯網、穿戴式裝置、虛擬實境，在運作上變更順暢。但真正能 5G 通訊發揮它的優點莫過於觸覺互聯網(Tactile Internet)，它將會是的下一波創新，對人類生活產生重大的影響。

人類與環境的互動非常重要，我們的感官讓我們感受到周遭的環境，決定是否適應環境或改變環境。但我們的運用知覺系統過程限制了我們與環境的互動速度，只有當系統的回饋適應於我們的人類反應時間時，我們才能直觀又自然地與系統進行互動。因此，要實現人類的感官即時互動系統的需要高品質通訊網路技術。原則上，所有的人類感官都可以與機器進行互動，這方面的技術潛力正在成長。在感官之中，人與技術系統之間的視覺與觸覺相互作用變得越來越重要。

觸覺互聯網將徹底改變社會各個環節，為全球經濟帶來巨大的飛躍潛力，為新興技術市場和基本公共服務提供新的機會。觸覺互聯網要像人類的大腦一樣整合了不同的感官模式，增加感知性能。除聲音與視覺上的回饋外，還須



考慮到觸覺的回饋。觸覺互聯網是整合虛擬實境/混合實境/擴增實境、5G、觸覺感(Haptic sense)等而形成。在虛擬實境中使用者可觀察到對應於真實環境的虛擬場景，其目的在於讓使用者能有更真實的體驗，以及讓使用者可以不用脫下頭戴顯示器，直接在三維虛擬世界找到控制器進行操控設備。

觸覺感是以聽覺和視覺相似的方式建立連接人類與未知環境間之間的一個聯繫。與他們不同的是觸覺感是雙向發生的，像是對某個環境中施加一點壓力並感受環境的所受的扭曲或反作用力。觸覺的溝通比傳統視聽更多，它能在遠程環境中進行真正像是在現場的轉向和控制。這種情況下的挑戰是要不同時性跨模式的互動(cross-modal asynchrony)，因為不同的形態(視覺、聽覺和觸覺)而產生不同傳輸速率延遲和採樣的需求，需要一種方式來達到整合。

觸覺互聯網在傳輸方面需要結合極低的延遲性、高可用性、可靠性和安全性的特徵，為 5G 蜂巢式網路創造了令人矚目的新要求。它需要有 150M bps 以上頻寬及小於 1ms 延遲；這是因為德國德勒斯登工業大學 Fitzek 教授在 SEMICON Europa 2015 上提到在頭戴式顯示器，做足球傳接的動作，若延遲設定為 10 毫秒怎麼樣也接不到球，若延遲設定在 2 毫秒球會從手中滑落，但延遲改設定在 1 毫秒，就可以很輕鬆的接住足球，這為什麼要求觸覺互聯網延遲需要小於 1 毫秒。

觸覺互聯網在未來將有許多不同新應用，產品和服務。它將使人類和機器能夠



在移動的同時在一定的空間通訊範圍即時地與其環境進行互動。下面列出幾種

主要應用

- ◇ **工業自動化產業：**工業自動化是觸覺互聯網的關鍵，穩步增長的應用領域。在虛實整合製造中，控制電路在控制快速移動的設備（如工業機器人）時與人互動時其靈敏度，需要每個傳感器低於 1 毫秒的端對端延遲。目前可透過快速有線連接方式實現控制；而未來 5G 實現，有線系統將被無線系統擴充或替代。
 - ◇ **機器人與網真：**近年來，機器人的技術潛力在醫療保健，自動駕駛，生產維護等領域得到了體現，提高了公眾對機器人商業潛力的認識。至少在可預見的未來，應用觸覺互聯網遠程控制機器人是一個有希望的替代方案。危險區域的建設和維護是提供遙控機器人潛力的良好示例的應用場域，這樣的機器人具有巨大的商業和社會相關性。
 - ◇ **虛擬實境/混合實境/擴增實境：**觸覺互聯網將使虛擬實境/混合實境/擴增實境發揮淋漓盡致的效果，它提供共用觸覺虛擬環境。觸覺回饋的先決條件是高保真，允許用戶透過觸覺與視覺與虛擬實境/混合實境/擴增實境中的角色做更生動的體驗。這允許在遠程手術，微組裝或相關應用中要求高靈敏度和精度的敏感物體操作。當兩個用戶與同一個對象進行互動時，會使用戶可以直接感受到對方的行為。這是現今網路虛擬系統的延遲太大，無法穩定的即時呈現。
 - ◇ **醫療保健：**遠程診斷，遠程手術和遠程康復，將只是一些觸覺互聯網在醫療保
-



健的許多潛在的應用。未來，醫生將能夠命令遠程機器人在病人位置做動作，可隨時隨地應用先進的遠端診斷工具在遠端對病人做身體檢查（如觸診），不僅可以接收視聽訊息，還可以接收關鍵的觸覺回饋。

- ◇ **教育與終身學習**：現代教學方法將通過比嵌入式系統更先進的交互式元素來增強，如電子學習，混合式學習和大規模線上課程以及運動模擬（如飛行模擬器）。觸覺互聯網的瞬時反應時間有可能使教師和學習者的觸覺感官覆蓋，這將是新穎的學習經驗。
- ◇ **個人安全區域**：觸覺互聯網的功能將允許創建一個個人空間安全區域，能夠與附近的觸覺互聯網連接的對象進行互動。適用於道路交通，長遠而言，這個安全區將能夠保護司機，乘客和行人。

觸覺互聯網是結合虛擬實境/混合實境/擴增實境、5G 通訊網路、觸覺感裝置的聯網科技，它的發展將會提供人們一個新的生活型態，影響層面至深且廣，未來的潛在商機不能小覷。因此在發展 5G 通訊、車聯網、物聯網、穿戴式裝置、虛擬實境的同時，產官學研必須及早針對整合技術與應用的觸覺互聯網做相關專利、技術、標準的佈局。
