

5G 系統

實現產業與社會的轉型

網路連結帶來的數位化轉型，幾乎涉及所有行業。借助前所未有的資訊共享，人們與各行各業之間的合作愈來愈多，並創造出許多結合不同領域的專業知識、顛覆傳統業務模式的解決方案。

但是，若要提供這種連結，網路將面臨顯而易見的壓力；因此，5G系統應運而生。5G系統可以構建邏輯網路切分（network slice），使營運商能夠將實體網路以「網路即服務」的形式提供連接服務，滿足 2020 年左右人們對網路使用的廣泛需求。

簡介

如同音樂產業已徹底轉變其業務模式，其他產業也正改變其做事的方式，從實體消費轉為虛擬產品消費，以更智慧的方式實現更高水準的運作和協同。這種轉型對網路連結提出了新的要求，並為下一代無線存取系統 5G 設置了場景，5G 系統預測將在 2020 年轉為商用網路。

預測 2020 年的使用案例將需要新型的網路連結，該連結將具備規模高度擴展性，並可在速度、容量、安全性、可靠性、可用性、時延及對電池壽命等方面進行編程。

因此，傳統的蜂巢網路和「以不變應萬變」的方法需要加以調整，從而能夠支援成千上萬種使用案例、不同的用戶類型和各式應用。

當前不斷演進的無線存取技術 (RATs)，如 LTE 以及全新的 5G 技術，都將是未來靈活動態 5G 系統的一部分，而跨領域協調和多樣無線存取技術環境也將得到支援。新技術將使近零時延等概念成為現實，但由於需要更高的容量，通訊需要能在比現在更高的頻率範圍內運行。

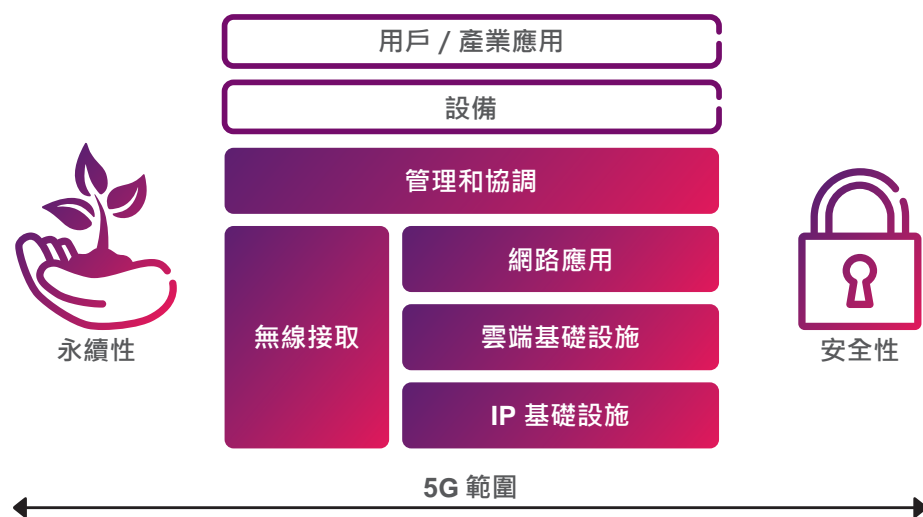


圖1：5G 系統的範圍

簡而言之，下一代 5G 系統演進，可以使營運商將網路作為一種服務，提供給使用者。

採用5G系統

業界對一點已經普遍達成共識，那就是與現有網路相比，5G 系統需要滿足更多的需求。大家普遍認同，網路流量將會成長 1,000 倍；需要連網的設備將會增加 100 倍；有些應用程式要求的速率將是現有網路平均速率的 100 倍；有些會要求近零時延；同時整個系統將努力使電池壽命延長至 10 年。

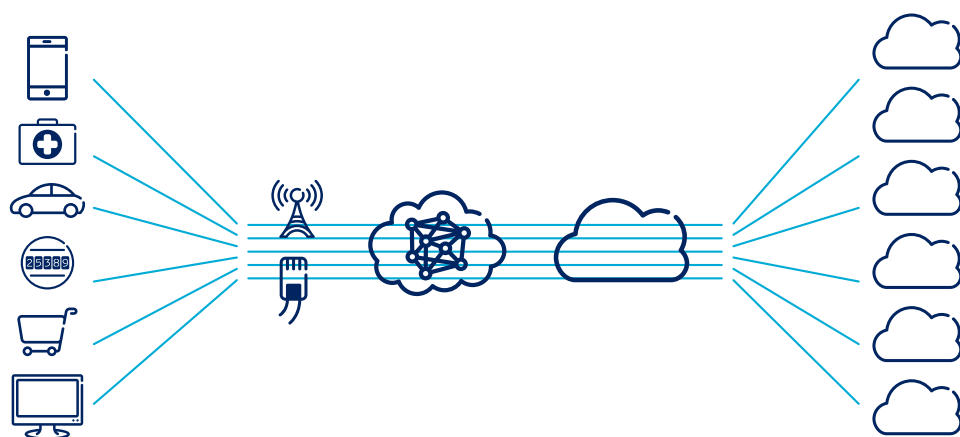


圖2：一個網路 — 眾多產業與許多網路切分

但是，並非未來所有的使用案例都要求超高網速、超智慧並擁有支援各種類型終端設備的能力，因而需以靈活的方式構建網路，使得速率、容量以及覆蓋率等網路性能指標可以自由靈活組合以形成邏輯網路切分，從而滿足各式案例的具體需求。

例如，對於重型機械遙控操作來說，最佳的連結服務需要具有低時延、高頻寬、覆蓋一定的地理區域、並可支援最多的設備類型。

假使採用現在的方式，需要進行遠端機械遙控的建築業或採礦業公司，可能會認為最好的選擇是建立一個自有網路以及一個符合需求的網路連結，並在不需要時進行拆卸。然而，在未來，5G 系統將使營運商能為像這樣的小眾需求提供網路連結服務。

視訊影片也是網路發展的一個重要面向。它在整體網路流量中佔據很大一部分，預計到 2019 年，視訊影片所產生的流量將增長約13倍。屆時，視訊影片的流量將占全球行動流量超過 50% [1]。

由於 5G 系統融合了 LTE 和全新的 5G 技術，它將是多樣無線接取技術的網路。無線資源的利用將非常靈活，可依據不同媒體內容排定優先順序。這種網路能力意味 5G 系統可能成為個人化媒體內容派送的首選方式。

為了滿足這些廣泛變化使用案例的需求，5G系統將採用基於邏輯而不是基於物理資源的技術，使營運商可以將網路作為一種服務提供。這樣的網路即服務方式，可以非常靈活地根據需求進行資源配置、資源再分配，並訂製網路切分。

網路切分

傳統以不變應萬變的「一刀切」網路架構，由於具備專用的支援和 IT 系統，其可預測的流量和流量成長，非常適合在單一服務型使用者的網路進行。然而，使用這種垂直架構，營運商難以擴展電信網路，也很難根據不斷變化的使用者需求，進行調整並滿足新型使用案例的需求。

雲端技術、軟體定義網路 (SDN) 以及網路功能虛擬化 (NFV) 提供一系列工具，使網路架構規劃人員能更抽象地打造系統，從而提高網路的靈活度。雲端、SDN 和 NFV 技術使得垂直系統可被劃分為各個構建塊，形成可程式化或虛擬化連結的水平網路架構，從而適用於各種服務提供和日後擴建。

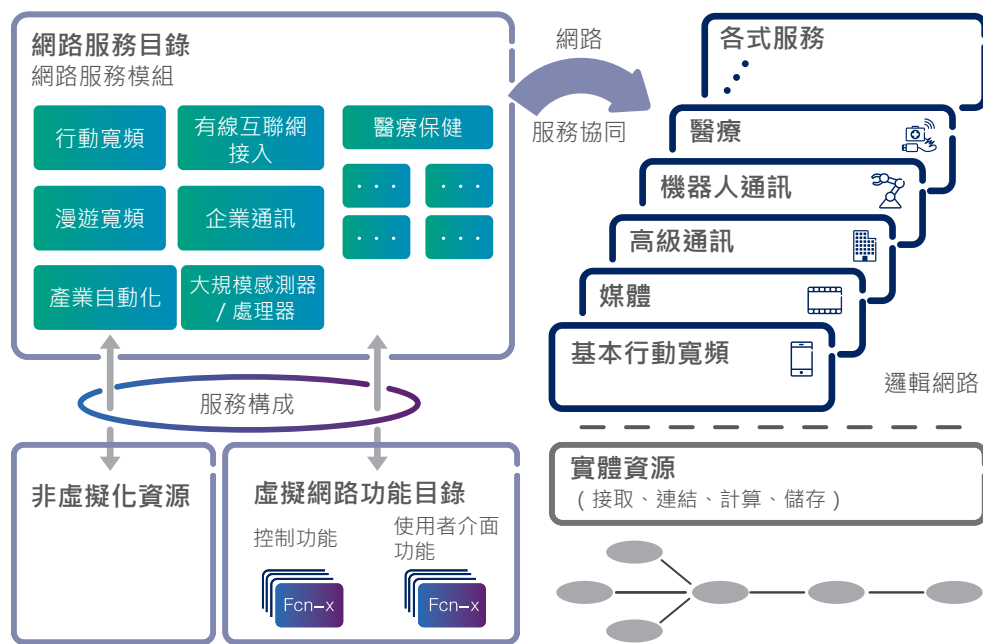


圖3：使用網路切分創建服務

在 5G 系統中，網路將被進一步抽象化為網路切分：這種連結服務是通過許多客製化軟體功能定義的，這些軟體功能包括地理覆蓋區域、持續時間、容量、速度、時延、可靠性、安全性和可用性等。

網路切分並不是一個全新概念，例如 VPN 就是網路切分的基礎版本。但未來網路需要支援一系列廣泛的使用案例並滿足一系列更嚴苛的要求，這表明在 5G 環境中，網路切分將以全新的標準來定義，更像是按需求來訂製網路。

5G中不同類型的 網路切分

網路切分的優勢不只是可以為任一產業提供廣泛的連結服務，同時還能確保根據使用量來進行計費。網路切分可以更完善地使用網路資源，因為每個切分都是根據服務或使用該切分服務所需要的交付複雜性來進行訂製。

智慧電錶服務

例如，電力公司需要為其智慧電錶提供網路連結。這種需求可被轉化為連接眾多M2M設備的網路切分，該網路切分具有一定的時延且其資料速率可滿足在給定的時間內完成狀態更新下載。該服務要求中等的安全級別，由於為純數據服務，故需要高可用性和高可靠性的網路。

此外，亦可根據不同應用配置相應的網路功能，比方更高級別的安全級別、較長的持續時間和更高的可靠性。

電力公司感測器服務

電力公司可能還需要為其故障的感測器提供網路連結。提供該類型服務的網路切分，可從系統所有M2M設備中，全天候接收狀態指標。該使用案例需要具有高可用性和高耐用性的純數據覆蓋，具有中級安全性和中度時延。

此外，基於使用案例，提供該連結服務的網路切分可被配置各種網路功能，例如實現更高級別的安全性或近零的時延。

媒體服務

營運商希望為某個國家所有使用者的串流媒體服務提供超高輸送量。這一類型的網路切分需要具有高數據傳輸速度和低時延。

按需求設置之容量 / 覆蓋

某些關鍵服務可能需要在緊急情況下，對網路容量或覆蓋進行即時連結。針對這種使用案例，可以通過協議預先安排並由營運商按需求提供，該使用案例很重要的一點就是要簽訂商業上的協議。

關鍵推動因素

實現網路切分的概念需要許多成熟且可用的技術。軟體定義網路 (SDN)、網路功能虛擬化 (NFV) 和雲端技術，使網路與其底層物理基礎架構分離開來，因此可以通過編程設計將連結作為服務提供。

由於設備各有不同的屬性，需要以智慧的方式連結網路，盡可能將信令降至最低、最大化休眠週期和精簡化數據傳輸，只為特定的服務發送所需的資訊。

由於服務必須整合多個資訊來源，端到端 (E2E) 間的傳輸需要具有安全性使其獲得用戶的信任。管理系統需要支援各種類型的終端設備，以收取設備連結網路的費用。網路需要同時支援多樣無線接取技術，無線環境需要支援服務的靈活性，同時保持對成本和耗能的控制。

軟體定義網路

軟體定義網路 (SDN) 的優勢，在於抽象化網路的物理架構。藉由網路的可編程性，SDN 能夠整體改變網路行為，大大簡化網路的管理。

SDN 可以提供不同程度的網路編程能力，基於相同的物理網路、甚至相同邏輯網路架構，SDN 可透過編程對不同類型的服務提供最優化且客製的網路切分。因此，一個物理網路可以支援一系列廣泛的服務，並以最佳的方式提供這些服務。

NFV

網路功能虛擬化 (NFV) 將硬體與軟體分離，因此能夠藉由編程實現網路功能，而不受限於硬體的物理架構。借助這種功能，營運商可以實現即時擴展，支援按需求設置之容量或覆蓋等服務的交付。

NFV 帶來的最大優勢就是靈活性，可以不受限於地理位置執行網路功能。通過虛擬化網路的某個功能，人們無需再受特定位置或節點的限制。相同的網路功能可在不同的地點透過不同的網路切分執行。根據不同的使用案例，網路功能既可在集中式數據中心 (DC) 執行，也可在接近基地台的地方執行。通過配置相應的網路功能，相同的物理基礎設施能夠提供具有不同時延的網路連結。

無線接取

為提供未來各種具備客製連結的無線使用案例，5G 系統以能夠靈活無線接取的解決方案為基礎，使其可根據不同的要求和部署類型進行調整。

在頻譜方面，5G 系統需要能在非常寬的頻率範圍下操作，從低於 1GHz 到毫米波 (mmW) 頻率。

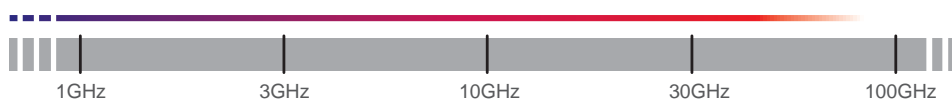


圖 4：5G 使用案例之頻譜範圍

較低頻率的頻段，仍是實現低時延、超高可靠性和在廣域覆蓋提供高數據傳輸速度等 5G 網路功能所用的主要頻段。高頻部署 (10GHz 以上) 將與低頻相輔相成，可在人口稠密地區提供極高的數據傳輸速度和網路容量。

在不同頻譜的分配域下工作，將使 5G 系統具有更高的靈活性。蜂巢通訊從一開始便仰賴專用的授權頻譜，5G 也依然需要專用的授權頻譜以提供高可用性與高品質的網路連結。然而，專用授權頻譜的使用範圍將進一步擴大，採用更靈活的頻譜分配方式運行。例如，Licensed Shared Access (LSA) 將實現跨產業之頻譜共用，授權頻譜與未授權頻譜的組合可透過 Licensed Assisted Access (LAA) 實現，同時借助載波聚合技術，LAA 能夠讓行動設備充分利用授權與非授權頻段組合。

不斷演進的 LTE 將在技術領域不斷發展，並將成為完整 5G 無線接取解決方案中的一項重要組成，使 5G 功能可以向後相容至 LTE 頻譜。與此同時，新的無線接取技術將不斷湧現，這些新技術最初只針對新頻譜資源，不存在與現有技術向後相容的問題。新頻譜將主要集中在高於 10GHz 的高頻資源。然而，將來也可能在較低的頻段上提供新的頻譜資源。長遠來看，新的無線接取技術可能會遷移到 LTE 頻譜中。

LTE 演進與新的無線接取技術之間，需要實現高度的互通才能確保 5G 功能順利推出。互通包括雙向連通，例如，一個終端設備可同時運行於提供高數據傳輸的密集高頻層，以及提供廣域覆蓋連結的低頻段 LTE 層。LTE 與任何新型無線技術之間的用戶平面整合，是高階互通的另一個示例。

5G 無線接取解決方案其他的關鍵元素包括：

- > 先進的多天線技術
- > 壓縮傳輸以最大化資源效率
- > 靈活雙工
- > 接取 / 回傳集成，接取和 (無線) 回傳共用相同的技術和頻譜
- > 完美整合設備對設備的通訊

這些技術元素不僅適用於 5G 無線接取系統的新技術，而且大部份也適用於 LTE 演進。

終端設備

早期蜂巢設備主要是為支援語音業務。現在的設備不僅支援即時訊息與社群網路，同時還支援內容、資訊和媒體等取得和共用。設備類型已經從以語音為主的設備，演變為具有高性能連網能力的行動終端，包括筆記型電腦、智慧型手機、平板電腦和可穿戴裝置等。

連網消費電子產品逐漸崛起，各式的互聯裝置愈來愈常見，從物件到機械設備，比方早餐麥片盒、汽車、家居及農業等。

因此，5G 系統需要支援許多設備類型，種類或數量遠遠超出目前網路所支援的設備類型。網路切分可以進行配置，滿足這些設備類型所支援各種應用的需求，無論這些應用是要求低時延、減少電池耗電量，或實現廣域覆蓋；因此，網路切分可為實現差異化的服務提供必要的支援。

E2E 的安全性

5G 系統願景中的關鍵，是對運算、通訊和儲存等面向共用資源的信任。這種信任取決於必要的安全功能，例如身份管理、資料全面性的完整保護，以及正當管道的技術實現和服務交付，這便是安全性保證。

5G 系統中可能會有各種重要的安全類技術。如果想對滿足不同需求和使用者的網路切分逐一實現安全目標，就需要安全服務水準協定 (Security Service Level Agreement; SSLA)：即網路從安全性和靈活性兩個方面，提供明確、可測量、可執行的能力，讓網路能夠按規定的方式一致地運行。此類 SSLA 指定流量的相關安全限制，有像是流量隔離要求、可用性的標準，或網路安全保證級別等。

使用植入硬體安全錨本身的可信計算技術，讓 5G 系統中的所有設備都以可信的方式啟動。此外，硬體安全錨提供強大的加密 E2E 安全關聯，可以運用於手機和雲計算資料中心中執行的各種應用服務。所有參與者運行的軟體版本可被遠端評估，判斷其是否有正確的 SSLA 配置。因此，實施 SSLA 的安全功能應根植於可信計算技術，這是因為它們能夠提供 5G 系統所需的強大的安全保證。

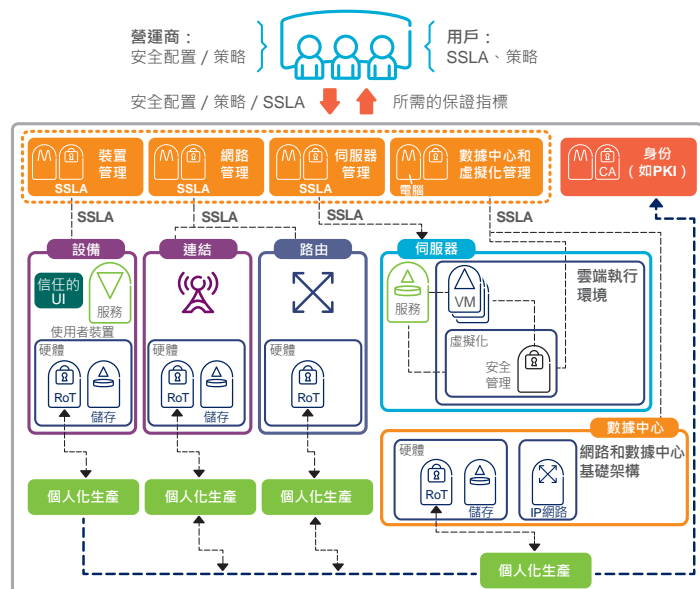


圖5：5G 系統的安全性

管理和協調

營運商以及企業都希望在¹不影響品質的前提下，以最低的成本提供交付和運行服務。為了實現此目標，5G 系統中的管理實體需要能夠自動化和協調配置的流程，還要能為需要存取、控制資源以及管制服務品質的複雜動態系統，協調雲端資源。鑒於使用者對 SLA 的需求不斷增加，網路需要更積極地發揮作用以提高可靠性和確保性能。

通過網路資源集中管理，協調能夠跨越網路上的基本構件以實現流程自動化。

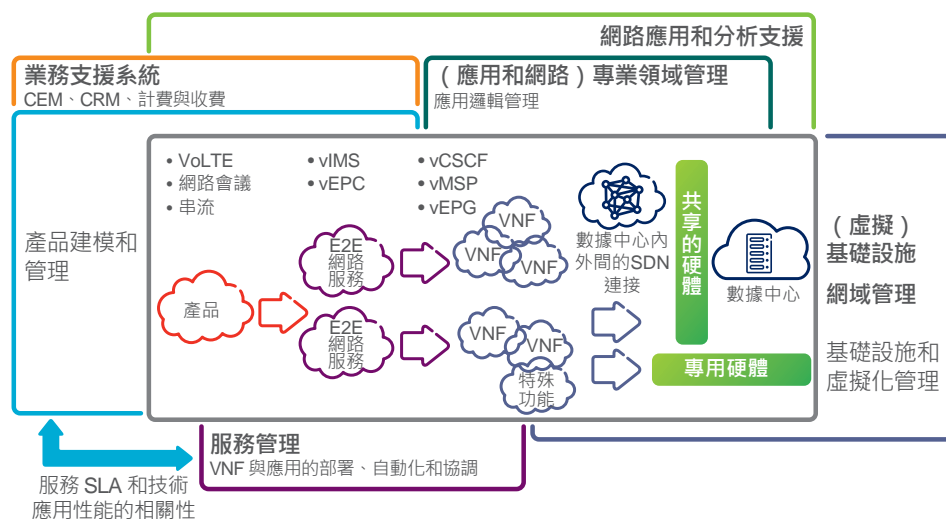


圖6：管理系統架構

為了提供使用多個基本構件資源的服務，需要進行 E2E 協調，使外部提供的業務項目與網路效率一致。例如，為了優化媒體派送，就需要把虛擬網路功能配置在地理位置離使用者較近的資源上。

要使 5G 系統可以應對日益增加的負載，就需要採用新技術，這涵蓋透過數據分析後採取，改善 5G 系統性能和運行的技術及方法，其中包括：

- > 根據數據分析增強 RAN 功能
- > 自動化 - 在營運支援系統和網路管理系統上的自組織網路和數據分析功能
- > 網路營運中心的自動化和數據分析技術

能源管理

網路需要在兩個方面關注能源效率：一是透過降低所有網路資源的耗能以降低營運成本，二是延長電池壽命，實現感測網路的大規模部署。

廣域覆蓋是網路耗能的主因，而研究 [2,3] 表明，LTE 網路能夠在不影響覆蓋的情況下節省大約 50% 的能源，並且依然滿足 5G 下日益增加的流量需求（約 1,000 倍）。

應用和服務需要更加智能化，這樣能夠儘量延長 M2M 設備的休眠時間，只有在真正需要它們處理資訊時才將其喚醒。

靈活度和穩定性

關鍵特殊服務所需的靈活度和穩定性標準，通常比一般用戶使用服務的標準來的高，因此 5G 系統必須能夠達到這樣的水準。在實際應用中，最重要的挑戰之一，將是為關鍵特殊商業服務以及一些傳統服務提供支援。

具備可用性、穩定性和靈活度的高端網路，將能夠提供緊急支援服務，在緊急事件中可按需提供額外的容量或覆蓋等選項。

使用案例

行動寬頻

LTE 等現有行動寬頻技術的功能將繼續發展，在 2020 年之後，這些技術會成為整體無線接取解決方案的中堅力量。其中一項能力，就是在城市和郊區提供 100Mbps 以上的數據傳輸速度，而在任何地方，包括已開發國家及開發中國家當中人煙稀少的農村地區，數據傳輸速度都能達到 10Mbps 以上。智慧天線（包括眾多可控天線元件、更多的頻譜及各基地台間的協調）將有助於為 5G 用戶提供這些標準服務。

媒體

愛立信網路型社會（Networked Society）願景預測，至 2020 年支援影視播放的設備數量，將達 150 億 [4]。這些設備絕大部份將為工業用影像設備，用於機器監控、遠端醫療、安全管理、安全監控以及圖像識別等，大量的資料將由上下行鏈路進行傳輸。

5G 系統由於要支援遠距醫療等用例，需要接近零的時延互動，同時還需要支援時延要求比較寬鬆、更經濟且無線資源利用效率更高的運作。

需特別指出的是，由於專業以及用戶自製的內容將通過蜂巢系統進行上傳，因此上行鏈路影片將會變得比現在重要得多。另外，諸如相機及可穿戴裝置等，都將配有 5G 發射器，以實現上行鏈路影視串流媒體的持續播放。

視訊將成為員警、消防隊及救護車等應急服務單位和人員的重要工具，它可以保護群眾並進行應急管理。高效且超低時延的群體呼叫業務媒體派送，或者時延要求比較寬鬆的警示消息發佈，均會為所有救援行動小組提供相同的媒體資訊，如從頭盔攝影機或直升機攝影機所拍攝之視訊串流。這類使用案例將需要上下行鏈路網路容量，同時還需要網路具備超高可用性及高速移動性。然而，這些功能的提供方式將會更加經濟有效且節約資源，因此僅在需要時才會採用資源密集型的運作模式。

機器類型通訊

機器類型通訊（MTC）的要求不盡相同，大到大規模 MTC，小到關鍵特殊的 MTC 服務。

大規模 MTC

此類使用案例包括建築物及基礎設施的監控、自動化、智慧農業、物流、追蹤以及車隊管理。大規模 MTC 的要求包括：

- > 架構簡單的設備，採用複雜性較低的傳輸模式
- > 可以使用電池運轉多年的設備
- > 對偏遠地區的設備，需要有較長的傳輸距離
- > 可擴展的網路，可以連接大量或少數 M2M 裝置

LTE 已經具備了處理 MTC 特定需求的功能，而 5G 無線接取將進一步使其更加完善，其中包括：

- > 支援設備對設備通訊等不同的傳輸模式
- > 在 MTC 服務與行動寬頻服務之間，實現無線資源的靈活共用
- > 放寬對 MTC 裝置的要求，如數據速率、限定頻寬、限定峰值速率與半雙工運作等

滿足 MTC 擴展性需求的網路切分能夠進行優化，並支援更簡化的程式，比方降低信令，這是一個很重要的目標，因為與大規模 MTC 裝置傳輸的實際資料相比，信令是整體流量以及影響電池耗電量的主要部分。

關鍵 MTC

此類通訊隨時都在進行監管及控制，對端到端 (E2E) 時延的要求非常嚴苛，僅容許數毫秒，且對網路可靠性的要求很高。智慧電網中的能源分佈自動化，便是典型關鍵 MTC 的示例。在該使用案例，能源不穩定且較為分散，電網需要管理不穩定的能源並依需求供電，避免發生電網故障。5G 系統提供的無線接取可以保證低時延，而且網路切分可以進行配置，將網路及應用功能置入網路，以確保 E2E 通訊的低時延、可靠性以及備援餘裕 (redundancy)。

上述兩種機器類型通訊的要求不同，其對於連線性的要求也不一樣，其中兩個典型使用案例為遠程機械和智慧運輸系統 (ITS)。

遠程機械

未來的 5G 系統要支援重型機械的遠端操控，比如礦山挖土機以及森林木材加工機。此類使用案例的優點，在於人們無需在艱困危險的環境中作業，也可以同時管理多台機器從而提高效率，由於駕駛員無需進行實地作業，還可以節省時間。

該案例的關鍵，是能夠將高品質的視訊、音訊以及其他感官資訊從遠端機器環境傳送給操控人員。為了即時管理機械，機器與操控人員間的通訊時延要非常低，這對無線接取、資料傳輸以及核心網路的要求都很高。在這種情況下，應當避免進行長距離資料傳輸，資料處理也要移至距離機械或遠端操控人員更近的地方。此外，由於機械或操控人員有可能處在移動中，因此支援的網路也要適應這種移動性。

智慧運輸系統 (ITS)

由於現代城市都是超大城市，農村人口流入城市的趨勢持續發展，因此若要避免與壓力相關的健康問題，實現碳排放目標，提高效率，其他產業與運輸系統的整合，就需要良好的通勤系統，這一點至關重要。

完全互連的運輸系統，包括各種旅行 (航空、鐵路及公共巴士) 和通勤服務 (汽車、人及自行車)，該系統能夠提供任何城鎮、鄉村以及各個區域的全域視圖。

對於智慧運輸系統而言，資訊可能由公路、鐵路和地鐵沿線的固定基地台發出，也可能由車輛、人員和火車提供。但這有一項巨大的挑戰，那就是要創建一個時延極低的網路切分，能夠預警即將發生的危險。

結語

產業轉型的核心是網路連結，5G系統在通訊、商業及社會的發展方面至關重要。由於網路切分可以提供連結，根據各使用案例、應用以及用戶的需求進行調整和優化，還能夠高效利用網路資源；因此，若要提供與眾不同的產品及服務，網路切分便是關鍵所在。

5G系統是現有網路架構自然演進的成果，並透過軟體定義網路（SDN）、網路功能虛擬化（NFV）以及虛擬化技術分解成各個構建模組，5G系統將會更加抽象。網路功能也因而能作為邏輯網路切分串連在一起，由靈活的無線接取環境提供支援，進行協同管理。

參考資料

[1] 愛立信 · 2014 年 6 月 · 《愛立信行動趨勢報告》

http://www.ericsson.com/res/site_TW/docs/愛立信行動趨勢報告_June%202014.pdf

[2] Ericsson Review · 2014 年 2 月 · 《無線網路之能源表現：從注重功率轉變為精準度》

http://www.ericsson.com/news/140218-er-radio-network-energy-performance_244099438_c?

[3] EARTH · 2012 年 7 月 · 《成果 6.4：最終的綜合概念》

http://bscw.ict-earth.eu/pub/bscw.cgi/d49431/EARTH_WP6_D6.4.pdf

[4] 愛立信 · 2014 年 4 月 · 《愛立信 2020 年媒體願景 — 描繪未來電視》

<http://www.ericsson.com/news/1775026>

延伸閱讀

> 愛立信 · 2014 年 10 月 · 《何謂 5G ? 》

<http://www.ericsson.com/res/docs/2014/5g-what-is-it.pdf>

> 愛立信 · 2014 年 10 月 · 《5G 的用途》

<http://www.ericsson.com/res/docs/2014/5g-what-is-it-for.pdf>

> Ericsson Review · 2014 年 6 月 · 《5G 無線接取》

http://www.ericsson.com/news/140618-5g-radio-access_244099437_c

> NGNM 聯盟 · 2015 年 2 月 · 《5G 白皮書》

https://www.ngmn.org/uploads/media/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf

名詞對照

CEM	客戶體驗管理
CRM	客戶關係管理
DC	數據中心
E2E	端到端
ITS	智慧運輸系統
M2M	設備對設備
mmW	毫米波
MTC	機器類型通訊
NFV	網路功能虛擬化
PKI	公開金鑰基礎建設
RAT	無線接取技術
RoT	信任根
SDN	軟體定義網路
SON	自組織網路
SLA	服務水準協定
SSLA	安全服務水準協定
UI	使用者介面
vCSCF	虛擬呼叫會話控制功能
vEPC	虛擬演進式封包核心網路
vEPG	虛擬演進式封包網路閘道器
vIMS	虛擬IP多媒體系統
VM	虛擬機器
vMSP	虛擬多序列定位
VNF	虛擬網路功能