

具延展性的 5G 行動邊界運算的資料層：多租戶切片

(一) 計畫摘要

第三代合作夥伴計畫(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)已於2018年完成第 5 代行動通訊網路(5th Generation Mobile Networks, 5G)的標準制定(R15)。在5G架構之下能夠提供的服務的類型趨向多元化，像是增強型行動寬頻通訊(Enhanced Mobile Broadband, eMBB)、超可靠度和低延遲通訊(Ultra-reliable and Low Latency Communications, URLLC)、大規模機器型通訊(Massive Machine Type Communications, mMTC)等。由於不同服務需求的服務品質有很大的差異，例如eMBB需要大頻寬而URLLC需要高可靠及低延遲通訊，5G將會導入許多近年發展的新興技術，包括網路功能虛擬化(NFV)、軟體定義網路(SDN)、網路切片(network slicing)、行動邊緣計算(Mobile Edge Computing, MEC)、5G新無線電技術等。本計畫為總計畫「具延展性的5G行動邊界運算：架構.管理.控制與資料層」之子計畫四，探討具良好延展性(scalability)的5G系統中，資源切片議題，亦即在不同的架構下的網路切片中，能確保租戶服務品質的計算資源及網路資源配置議題。

在第一年中，我們探討在前置電信網路(pre-CORD)架構下，以平均延遲及延遲分佈兩種服務品質指標的計算資源及網路資源最佳化配置。第二年則會將研究議題延伸至後置電信網路(post-CORD)的架構，除資源配置，也加入在垂直與水平的網路切片間，動態流量分流機制。本計畫亦配合總計畫在一套包含pre-CORD及post-CORD的測試平台上實作本計畫所研發的各種網路切片機制。

(二) 研究計畫之背景

1、前言及計畫背景

隨著網路的普及應用，已有大量的網路設施被建置於世界各地。近年來，為了因應使用者各式各樣的網路環境需求，電信業者不斷地提供各種新的網路設備用以保證各式網路應用所需的各項服務品質。但傳統的網路服務設備常都侷限於專屬的硬體機器設備，往往電信網路業者在自己的資料中心佈署新的網路功能時，需在自己的機房內擺置更多的機器，除了空間、電能、設備、整合等的成本需求，進而也讓整體網路環境操作變得更加複雜，無法更有彈性的佈署需求的網路功能。在系統日漸複雜、設備繁多、網路功能創新日漸加速的情況下，專屬網路功能的機器生命週期越來越短，使得各電信業者設法想脫離私有硬體的束縛。Open

Network Foundation (ONF) 在2016年提出central office re-architected as a datacenter (CORD)計畫 [1]，將SDN, NFV, Cloud 等技術導入傳統電信網路的central office，進行架構的改造，讓電信業者可以脫離私有硬體的束縛，採用更有彈性的虛擬化環境與通用硬體設備。ONF 對CORD 提出了圖1 所示的架構。

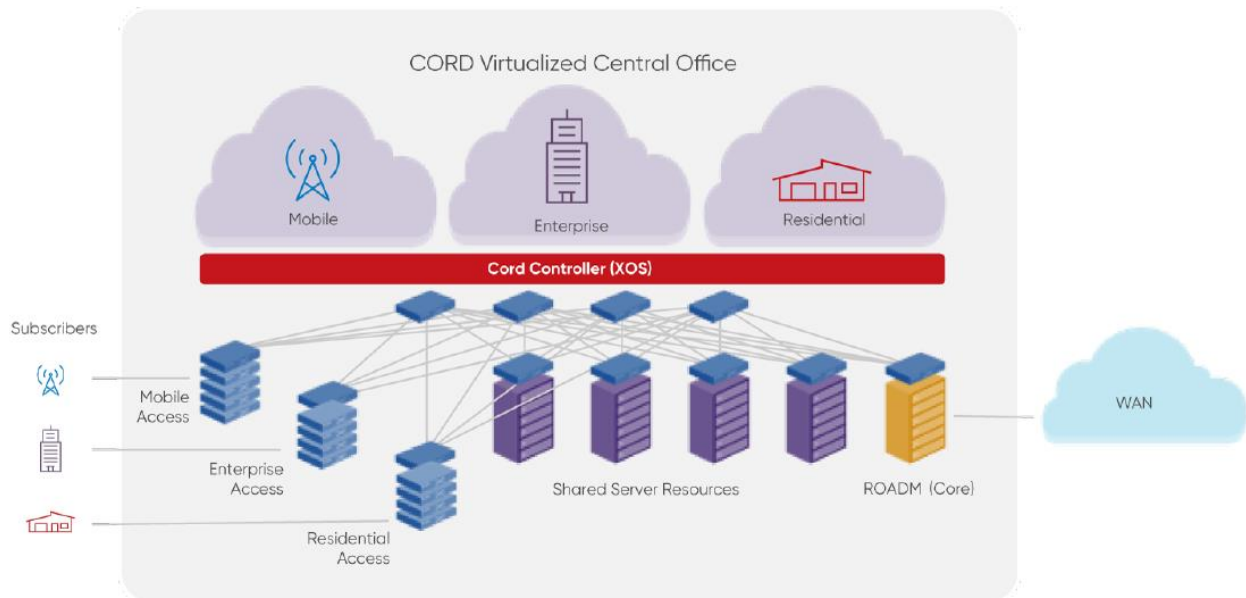


圖 1: CORD 硬體架構 (引自[1])

計算虛擬化與網路虛擬化

在雲端運算中，虛擬化解決方案被大量的採用，原因是在以往的架構中，軟體與設備相依性太高，特別是像路由器、防火牆等網路設備，造成網路設施佈建成本高且彈性低，因此近年來，學界及業界均投入大量的研究，希望能將大部份的網路功能與許多的服務被虛擬化，使軟體(各種網路應用服務)與硬體相依性大大降低且大幅提高佈建的彈性。這些研究已有相當多的成果，讓目前從硬體資源虛擬化到服務與網路功能與服務的虛擬化架構與技術顯得相當成熟。因此，在第五代行動網路(5G)架構中[2]，也採用了虛擬化解決方案，為的是要解決在 4G LTE [3] 面臨的問題。4G 網路設備對於硬體的相依性極高，除了佈建新的設備成本相關可觀，其架構也很難彈性的調整，但隨著使用者裝置(User Equipment, UE)及行動網路應用數量遽增，為了增加服務涵蓋率，架設大量的設備在 4G 效能瓶頸下是唯一解決辦法。然而，這些公共空間中部署的設備數量會受到法律、環境等限制，因此完成多營運商的佈建會面臨尋找適當場地的困難。5G 採用虛擬化技術來分享設備資源，使不同營運商可以共享同一套設備和網路架構，解決區域與空間限制的問題。但因為共享，如何讓各家的營運商皆能提供穩定的服務在同一個平台上，變成是一個難題。另外也因為虛擬化，使得網路功能與服務能更

加彈性的佈建，令5G 網路足以面對愈來愈多元且便利的行動網路應用。而在人們更加仰賴行動網路提供的各項服務的趨勢下，對於服務所提供的品質要求也就變成更加嚴苛的挑戰。面對這些行動應用，第三代合作夥伴計畫(3GPP)依照各種應用的服務品質要求，將之分為三大類型：(1)增強型行動寬頻通訊(Enhanced Mobile Broadband, eMBB)，增強寬頻傳輸(10G)，針對現有的通訊服務提高其傳輸效能並給以用戶無縫的傳輸體驗，並可能進一步開拓新的應用領域和需求。(2)超可靠度和低延遲通訊(Ultra-reliable and Low Latency Communications, URLLC)，高可靠度(錯誤率低於 10^{-5})且低時間延遲(低於 1 毫秒)的通訊應用。(3)大規模機器型通訊(Massive Machine Type Communications, mMTC)，特徵在於連接大量元件設備，約每平方公里內有 100 萬個裝置的機器間通訊需求。

5G 的多租戶切片

為了實現 5G 三大服務類型的品質要求，像是 URLLC 嚴苛的要求，在 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)標準定義[4]中要求到了 1 毫秒的End-to-End 延遲。營運商勢必將服務從遠處貼近使用者以降低延遲，因此ETSI 發表了Mobile Edge Computing (MEC) 的白皮書[5]，MEC 將雲服務移動到行動網路的邊緣(基地台與核心網路之間)。在行動網路邊緣設備(edge) 上提供服務及運算功能，以減少核心網路擁塞和其傳播延遲，如此可大幅降低獲得服務的延遲。至此在5G 網路中的虛擬化架構已經從單純一層(Cloud)變成兩層(Cloud 與 Edge)。從電信商角度可以提供給不同租戶(multi-tenant)各種類型的服務，但是如果是多個租戶所需的網路資源跟計算資源可能不允許共用，如此一來就衍伸出一個概念切片(slicing)。如何在計算資源上切割以及網路資源上切割，這就是多租戶資源分配要探討的議題。本計畫中的多租戶資源分配將會結合5G 的環境去做設計。三大服務類型由於服務品質需求(QoS)皆不相同，如果不進行切片，則不同服務之間會相互影響，進而造成資源互搶，以及有些超用資源的問題，因此顯示出切片的重要性。

5G 前置電信網路

從架構層面來看，從現有的電信架構，要過度到理想的5G架構，我們認為要經過兩個階段，為此我們提出兩種架構，第一年為前置電信網路架構(pre-CORD)，此架構更貼近現有的電信網路。如圖2所示，有一個核心網路，搭配上數個central office(CO)，CN以及CO之間可能相距相當遠大約100公里，最關鍵的地方在於access network 之後嵌入MEC，進行邊緣運算。要使用pre-CORD最大原因有二點

(1)較為貼近現有電信架構，易於將現有架構往此架構推進

(2) 由於嵌入了MEC所以能夠進行邊際運算，並且能夠進行垂直的流量轉移，由邊緣計算到核心計算，也可以進行水平的流量轉移，在不同的邊緣計算之間做轉移。由於有水平以及垂直轉移可以使佈建更為彈性相對的也能夠達到節省更多的資源。

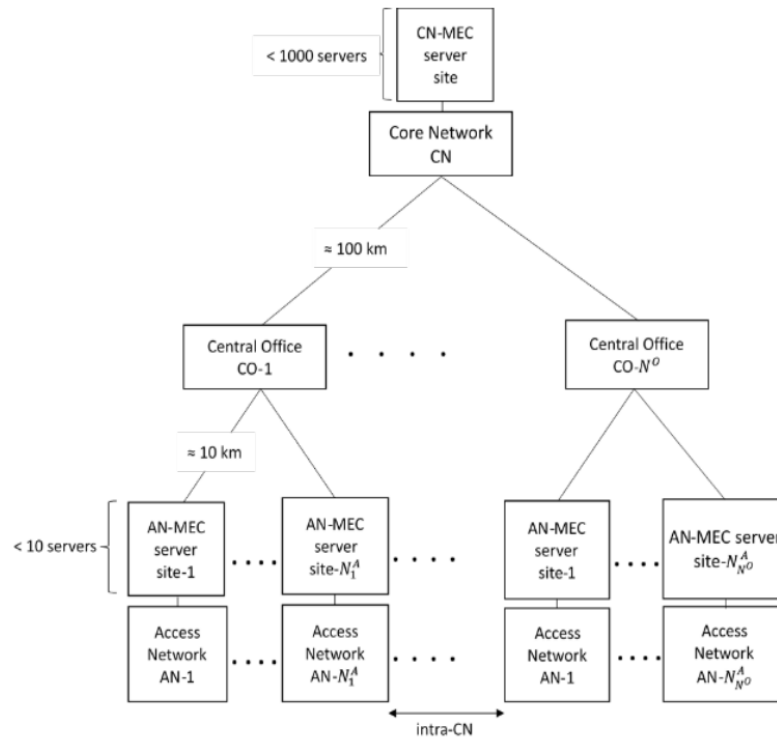


圖 2. 前置電信網路(pre-CORD)架構

5G 後置電信網路

第二年，將基於第一年的架構再做進一步的推進，命名為後置電信網路 (post-CORD)，如圖3所示，假設核心網路虛擬化技術的更為成熟以及穩定，我們可以擁有多個核心網路 (CORE)，並且使其更貼近用戶端，CN以及CO距離可能將會在10公里左右，如此一來相較於現有的電信網路能縮短用戶延遲。因此使用post-CORD原因有兩點 (1) 縮短用戶延遲，(2)在不同CORE network之間流量也是可以相互傳遞，讓資源配置上更為彈性。

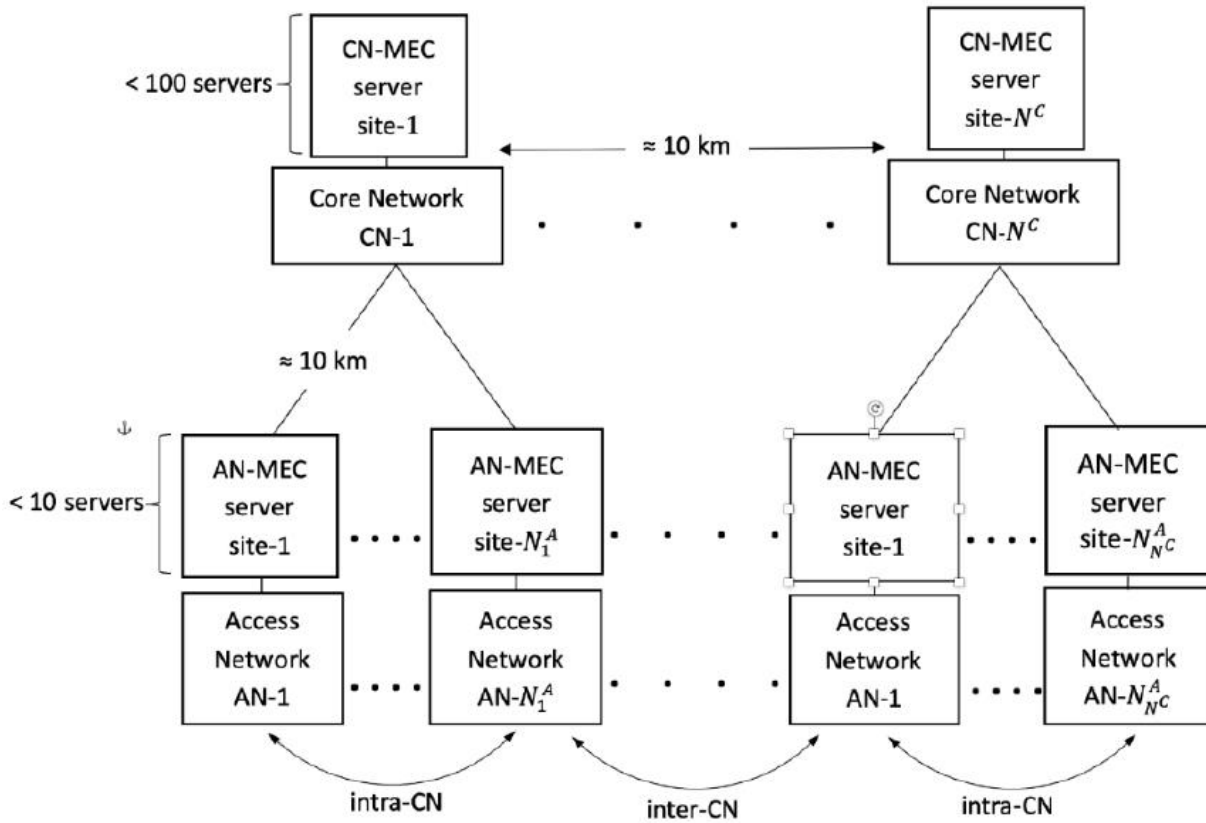


圖 3. 後置電信網路(post-CORD)架構

前置電信網路及後置電電信網路與切片對應性

由於做到了系統延展性，可以使系統的服務更多樣性。但不同類型的服務會有不同的 QoS，在這種狀況下切片的功能就會發揮。在前置電信網路(pre-CORD)架構中，有四個地方可以進行切片，從網路資源來看，可以進行無限存取網路(Access Network)，以及有線的傳輸網路(Transport Network)作切片。從計算資源來看，可以對邊緣計算資源以及核心網路後端的計算資源作切片。由於在pre-CORD 只會有一個CORE Network，環境相對比較單純，只需要考慮Access Network 之間的資源可用量，以及CORE Network 後端的資源可用量，同時監控可用的計算資源以及網路資源，依照使用者的需求在切片出相對應的資源給予。但當來到post-CORD網路架構之下，會有多個CORE Network，網路的架構會橫向的擴大。會有更多分散的計算資源，因此在後置電信網路(post-CORD)的架構，除了延伸四種資源的切片，核網後計算資源如何共享，以及切片，才能達到資源的節省以及增大效益。