

下世代Network Slicing模組設計

課程單元：NFV

國立中山大學 資訊工程系
授課教師：李宗南教授
教材編撰：黃立杰



目錄

CONTENTS

01 課程目標

06 優勢及挑戰

02 NFV介紹

03 NFV架構

04 NFV Use Case

05 NFV For 5G

01 課程目標



課程目標

- 了解NFV技術並與其他網路技術(如，SDN、雲端計算等)的比較
- 了解NFV基本架構、使用用例及在5G技術下所需面對的問題
- 了解NFV的優勢及所要解決的問題

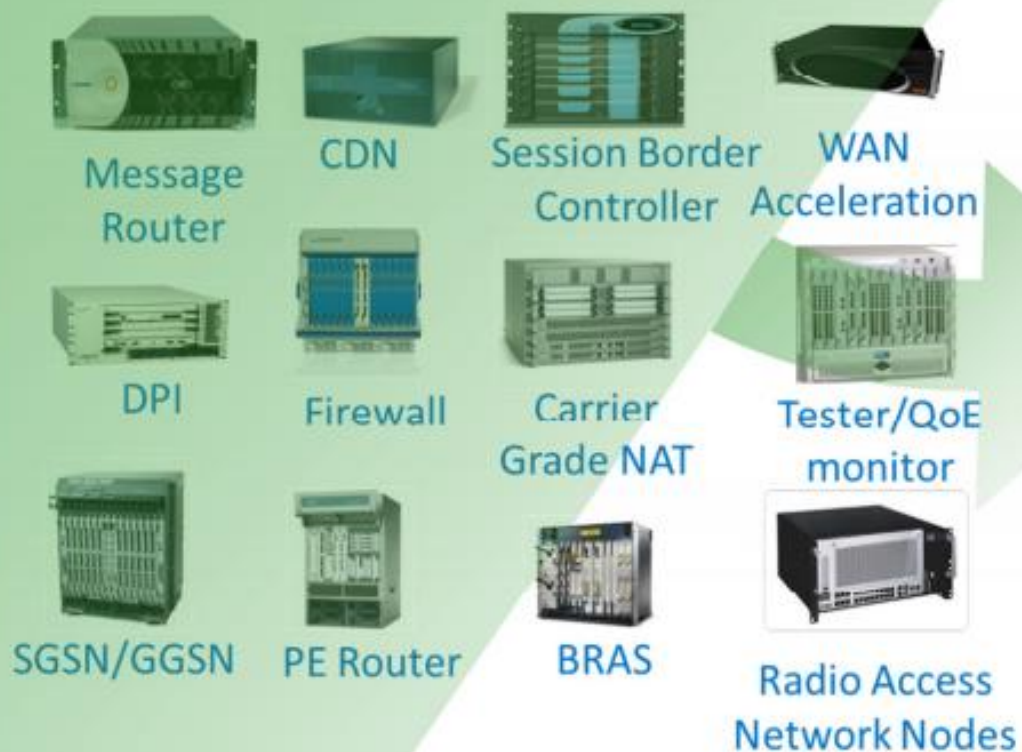
02 NFV介紹



- NFV即網路功能虛擬化，Network Function Virtualization。通過使用x86等通用性硬體及虛擬化技術，來承載很多功能的軟體處理。從而降低網路昂貴的設備成本。例如負載平衡(Load Balance)、防火牆(Firewall)、IPS (Intrusion Prevention System) 等設備。
- 通過軟硬體解耦及功能抽象，使網路設備功能不再依賴於專用硬體，資源可以充分靈活共享，實現新業務的快速開發和部署，並基於實際業務需求進行自動部署、彈性伸縮、故障隔離等。

- 網路功能虛擬化(NFV)是一種網路架構概念，它使用IT虛擬化技術將整個類別的網路節點功能虛擬化為可以連接或鏈接在一起以構建通信服務的構建塊。
- 虛擬化網路功能（VNF）包括運行不同軟體和進程的一個或多個虛擬機、標準大容量服務器、交換機和存儲設備、甚至雲計算基礎架構，而不是每個都有自定義網路功能的硬體設備。

Classical Network Appliance Approach



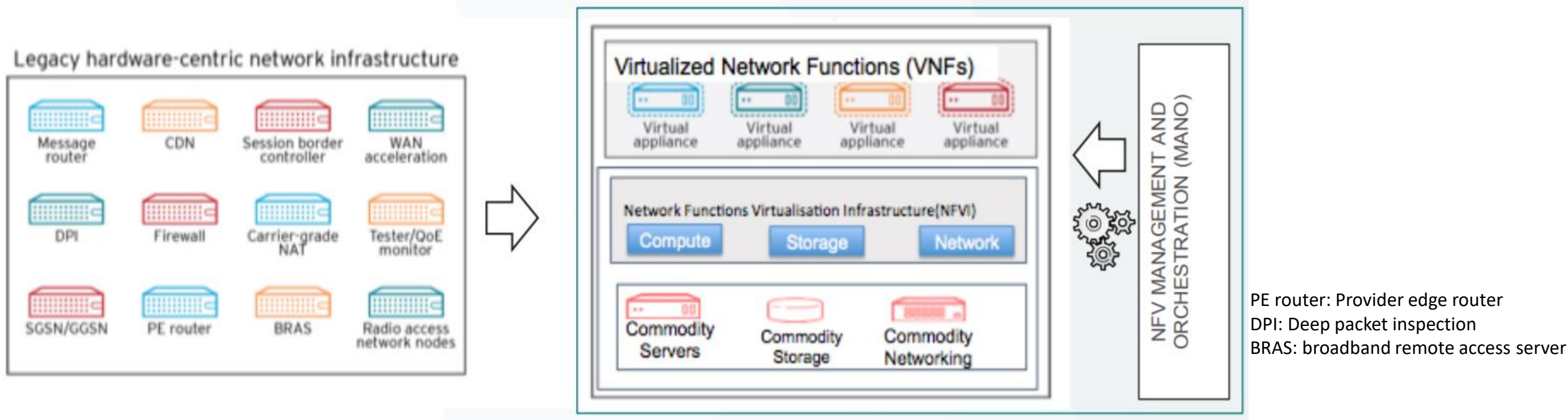
- Fragmented non-commodity hardware.
- Physical install per appliance per site.
- Hardware development large barrier to entry for new vendors, constraining innovation & competition.



PE router: Provider edge router
DPI: Deep packet inspection
BRAS: broadband remote access server

NFV or Network Functions Virtualization:

- Decoupling of network functions from underlying physical network infrastructure
- Move of traditional network functions usually deployed in proprietary hardware to software running in virtual machines (VM) on general-purpose hardware and cloud infrastructure



So, why we need/want NFV(/SDN)?

1. 虛擬化(Virtualization): 使用網路資源而不必擔心它的物理位置、數量組織方式等
2. 佈建(Orchestration): 管理數千台設備
3. 可編程(Programmable): 應該能夠動態改變行為
4. 動態縮放(Dynamic Scaling): 應該能夠改變大小、數量(負載)
5. 自動化(Automation): 讓機器/軟體完成人類的工作
6. 可見性(Visibility): 監控資源、連接
7. 性能(Performance): 優化網路設備利用率
8. 多租戶(Multi-tenancy): 為不同的客戶切片網路 (as-a-Service)
9. 服務集成(Service Integration): 讓網路管理與OSS / BSS相得益彰
10. 開放性(Openness): 完全選擇模塊化插件

Note:這些與我們需要/想要SDN的原因相同。

緣由

- 最初由一群網路服務供應商所建立，原本以硬體為中心建置網路服務，轉移到以軟體為中心來佈署相關的網路設備。
- 以軟體為網路基礎功能，可加速創新網路服務，帶動整體營收成長，亦也降低網路維運成本。
- 它是一種可程式化控制的新型網路基礎配置，將原本的專屬硬體與功能，改為軟體功能，建置在通用大容量伺服器上。
- 歐洲電信標準協會（ETSI）成立了NFV工作小組(Industry Specification Group, ISG)，積極推展SDN和NFV，並發佈一系列白皮書，內容涵蓋架構、應用案例以及虛擬化需求等規格。

- 雖然ETSI是標準開發組織（SDO），但NFV ISG的目標不是製定標準。
- 主要目標是就NFV的業務和技術要求達成行業共識，並達成滿足這些要求的共同方法。
- 如果需要任何標準化來滿足要求，NFV ISG將與其他SDO合作。

傳統硬體部署思維

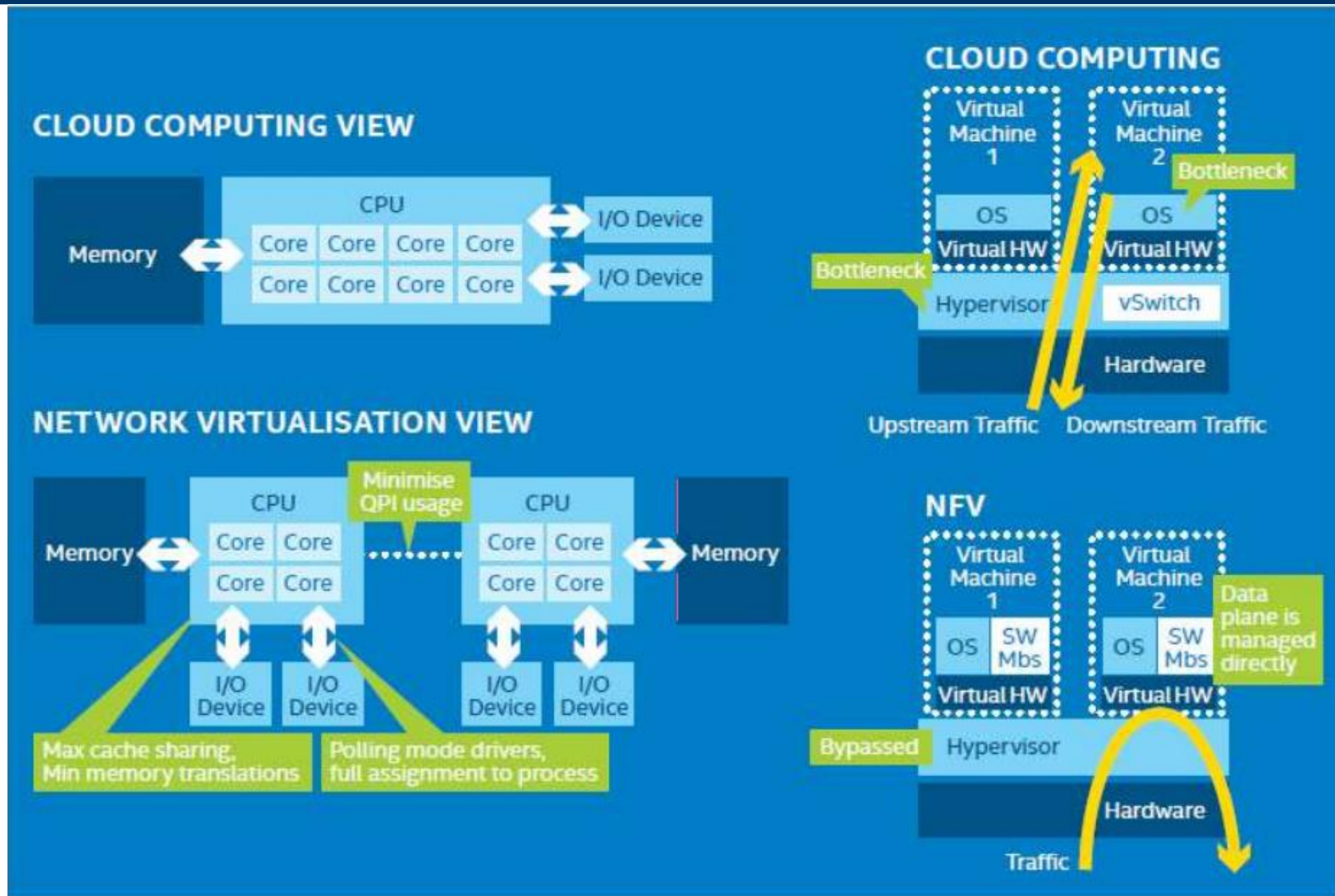
- 越來越多龐大專有的各種硬體設備
 - ✓ 交換器、路由器、防火牆、閘道器、入侵偵測等
- 要提供新的服務，往往要改變硬體架構與建置
- 維護成本提高，需有專門技術來維護設備運作
- 硬體設備生命週期變短，技術和服務的創新加速

- 利用標準的IT虛擬化技術整合多種網路設備
- 利用資源協同、自動化執行、遠端安裝協助部署
- 利用少量的通用伺服器主機，搭配高容量資源來支撐大量的網路應用
- 減少實體主機維護成本及資金投入
- 非專屬機器來處理專屬網路功能

NFV與傳統網路比較

	傳統網路	NFV
作法	分散式的架構，專屬功能有專屬硬體機器。	集中式架構，利用 虛擬化平台 提供專屬機器的網路功能。
優點	從硬體設計來達成網路傳遞訊息的行為，並且提升交易的處理速度。	從虛擬化平台來構成網路佈建網路傳遞處理伺服器透過虛擬化平台彈性調整效能。
缺點	當需要改變訊息傳遞行為時，必須逐一進行設定或者更換原來的設備，如此將耗費非常多的人力和成本。	初期軟硬體設備投資高，並受限於虛擬化平台的基礎硬體環境。

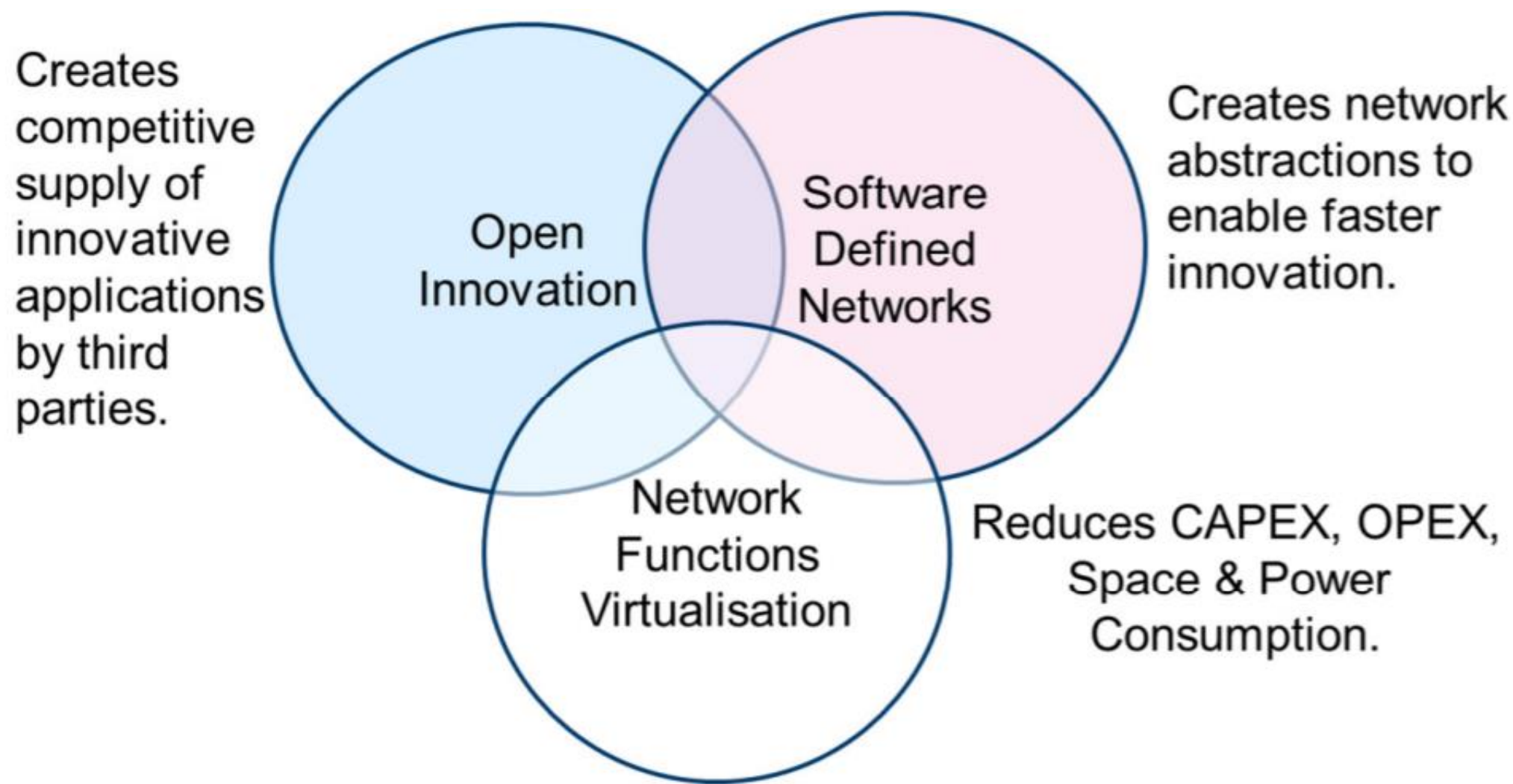
Cloud vs. NFV



Cloud vs. NFV

CLOUD COMPUTING	NFV
1. PERFORMANCE BOUND TO CPU	1. PERFORMANCE BOUND TO I/O & MEMORY ACCESS
2. AGGREGATED VIEW OF RESOURCES (CPU, memory, etc.)	2. NUMA VIEW Internal architecture is relevant for guests
3. ENDPOINTS Applications need the OS	3. MIDDLEPOINTS Data-plane network functions bypass the OS
4. NODE-CENTRIC Shapeless interconnection	4. NETWORK-CENTRIC The network has a shape
5. MANY AND SMALL VMs	5. FEW AND LARGE VMs

與軟體定義網路 (SDN) 的關係



SDN與NFV相似之處

- 使用者需要更大彈性與互通性，而不是尋求某種特別的技術
- 幾乎在同一時間點被提出
- 可以並存，也被放在一起使用
- NFV和SDN互相搭配和一些其他的新技术所使用
- 兩者架構也允許軟硬體分開採購

SDN與NFV相似之處

	SDN	NFV
作法	管理網路的 控制 與 傳送封包 的 轉送 分開，讓資訊技術對於網路行為與效能擁有更大的控制能力。	將那些傳統上與特殊化專屬硬體相關聯的網路程序轉換成可以在標準商用硬體執行的 虛擬化軟體平台 。
效用	集中化控制及可程式設計能解決快速成長和分散化網路在管理上所涉及的複雜性。	網路功能可依需求在網路內移動，向上或向下擴展，不會因安裝新硬體裝置，而造成延誤與成本負擔。
好處	允許在軟體和硬體方面做出個別的採購決策。	促成快速且低成本的功能升級，達到快速的服務創新。

Enablers for Network Functions Virtualisation

- Cloud Computing
 - 網路功能虛擬化利用虛擬化機制通過虛擬機管理程序進行硬體虛擬化，以及使用虛擬以太網交換機（例如vswitch）連接虛擬機和物理接口之間的流量，可將數據包直接路由到虛擬機內存來實現高性能數據包處理。
 - 雲基礎架構提供了通過編排和管理機制來增強資源可用性和使用的方法，適用於網路中虛擬設備的自動實例化，通過將虛擬設備分配到正確的CPU核心、內存和接口來管理資源。
 - 用於管理和數據平面控制的開放API（如OpenFlow, OpenStack）的可用性提供了網路功能虛擬化和雲基礎架構的額外集成度。
- Industry Standard High Volume Servers

Requirements

- 可移植性：解決了跨不同但標準數據中心加載，執行和移動軟體功能的能力。
- 性能：列出描述軟體功能特定性能目標的基礎結構要求所需的能力。
- 管理和業務流程：對存在的機制提出要求，以便協調和管理軟體功能生命週期、基礎架構資源以及對這些功能執行的不同操作。
- 彈性：解決功能，以便在流量需求增加/減少時提供更容易的擴展/縮小和/或輸入/輸出硬體資源的方法。
- 安全性：概述要分析的方面，因為虛擬化環境可能以當前電信架構所不具備的方式暴露於外部攻擊

Requirements

- 彈性和網路穩定性：指限制中斷和恢復正常運行所需的功能，以確保服務可用性和連續性，而不需的功能成為單點故障。
- 服務連續性：按照服務規範和服務水平協議（SLA）要求持續提供服務所需的功能。
- 操作：針對操作功能自動化所需的要求，例如：網路容量適應負載，軟體升級，干預檢測到的故障等。
- 能源效率：解決有助於最大限度地降低大規模虛擬化網路能耗的技術能力。
- 遷移並與現有平台共存：指出支持從當今網路過渡到未虛擬化網路的過渡路徑的要求，而不會中斷服務或對用戶的影響。

03 NFV架構

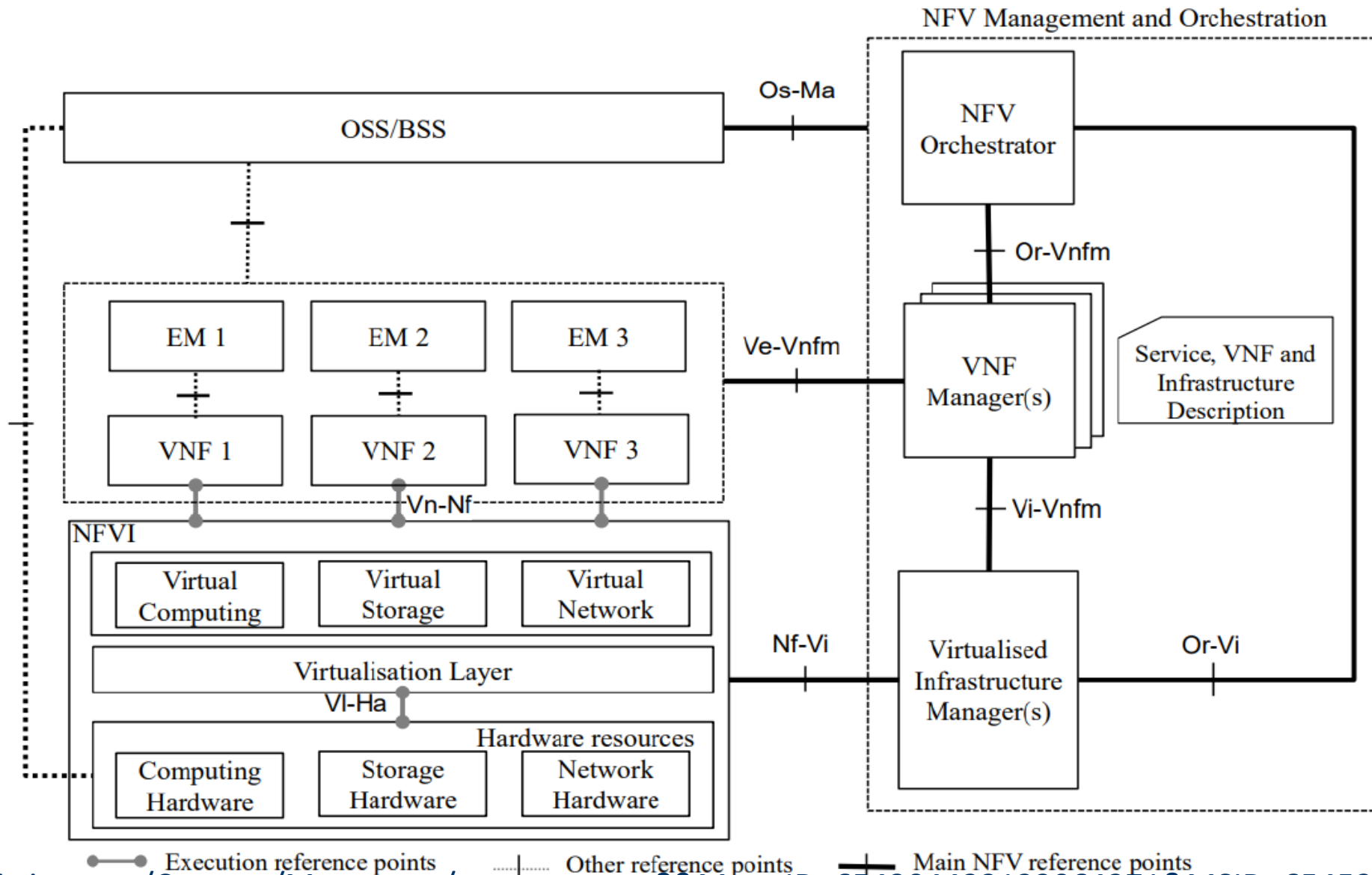


NFV Concepts

- Network Service (NS):
 - 由NFVO編排的NS descriptor描述
 - 可能涵蓋1個或多個VNF圖、VNF和PNF(Physical Network Function)
- VNF Forwarding Graph (VNFFG):
 - 由NFVO編排的VNFFG descriptor描述
 - 可能涵蓋VNFFG、VNF和NF
- VNF:
 - 由VNF管理器實例化的VNF descriptor描述
 - 涵蓋每個映射到VM的VNF組件，並將其描述為虛擬部署單元(Virtual Deployment Unit)

NFV Framework

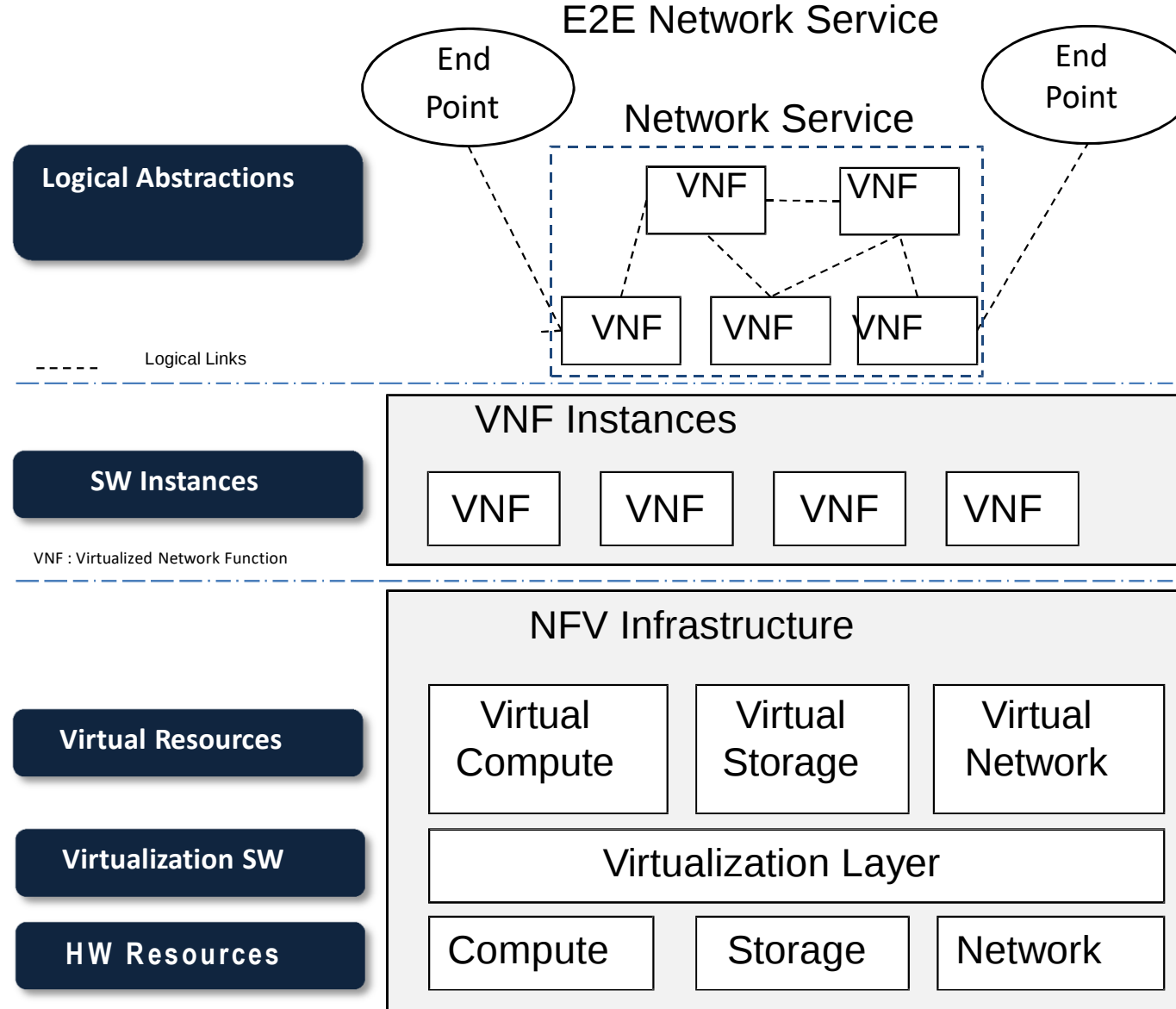
- 根據推動NFV標準制定工作的ETSI組織所釋出的標準文件，NFV的技術架構如下圖



資料取自:

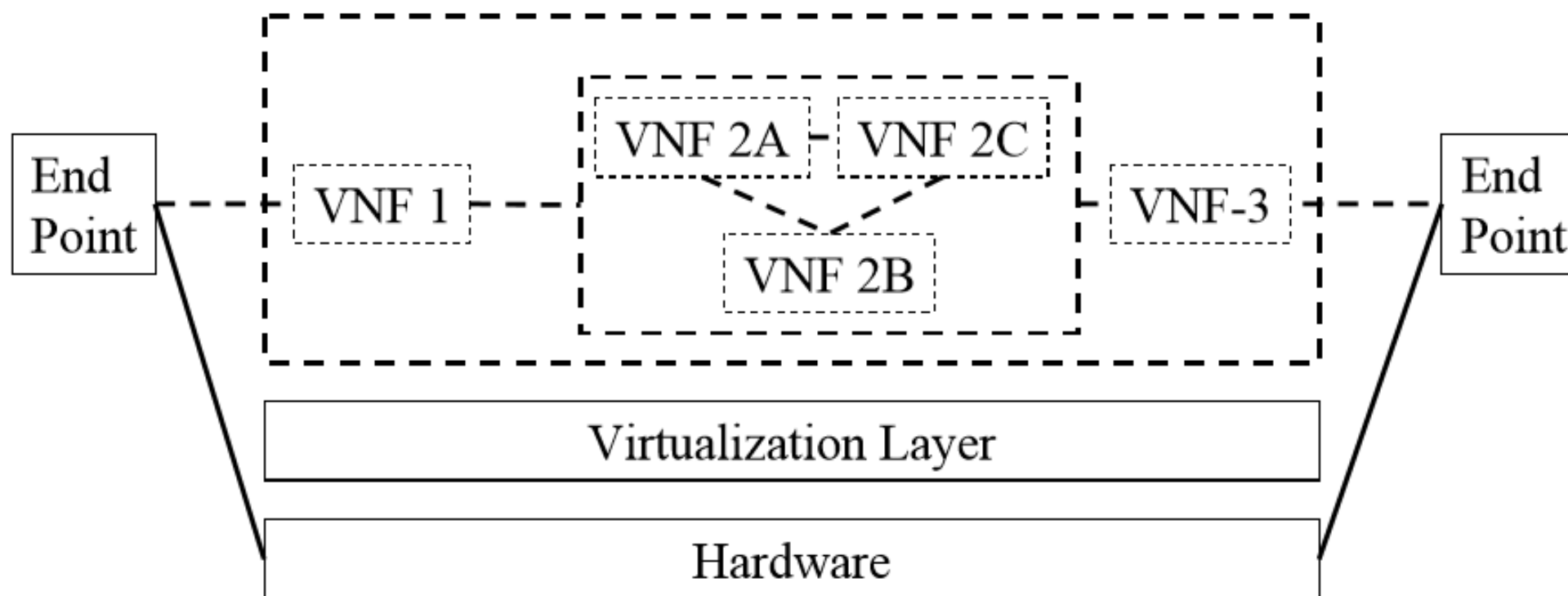
<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messagess/contents.aspx?&MmmID=654304432122064271&MSID=654535310515120532>

NFV Layers



Network Forwarding Graph

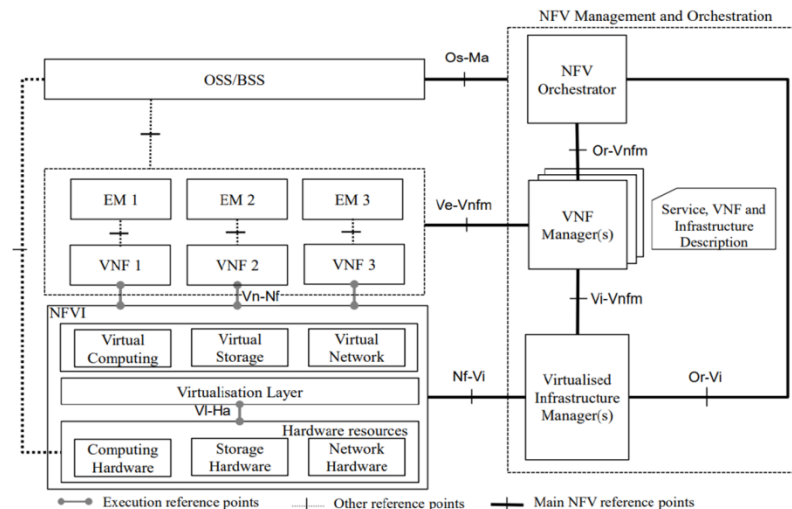
- An end-to-end service may include nested forwarding graphs
- Service Chaining, 在核心網路中，端對端的服務透過多個VNF協同完成，且這個路徑是可以動態調整、組合而成。



資料取自:<http://www.dca.fee.unicamp.br/~chesteve/ppt/NFV-Full-IM15-Final-Screen-v150412.pdf>

NFV五大功能區塊

1. 虛擬化網路功能(Virtualized Network Function, VNF)
2. 網路功能虛擬化基礎建設(NFV Infrastructure, NFVI)
3. 網路功能虛擬化管理與協調流程(NFV Management and Orchestration, NFV MANO)
4. 營運支援系統(Operation Support System, OSS)及企業支援系統(Business Support Systems, BSS)
5. 服務、虛擬化網路功能及基礎建設描述(Service, VNF and Infrastructure Description)



資料取自:

<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messagess/contents.aspx?&MmmID=654304432122064271&MSID=654535310515120532>

虛擬化網路功能(VNF)

- Network Function

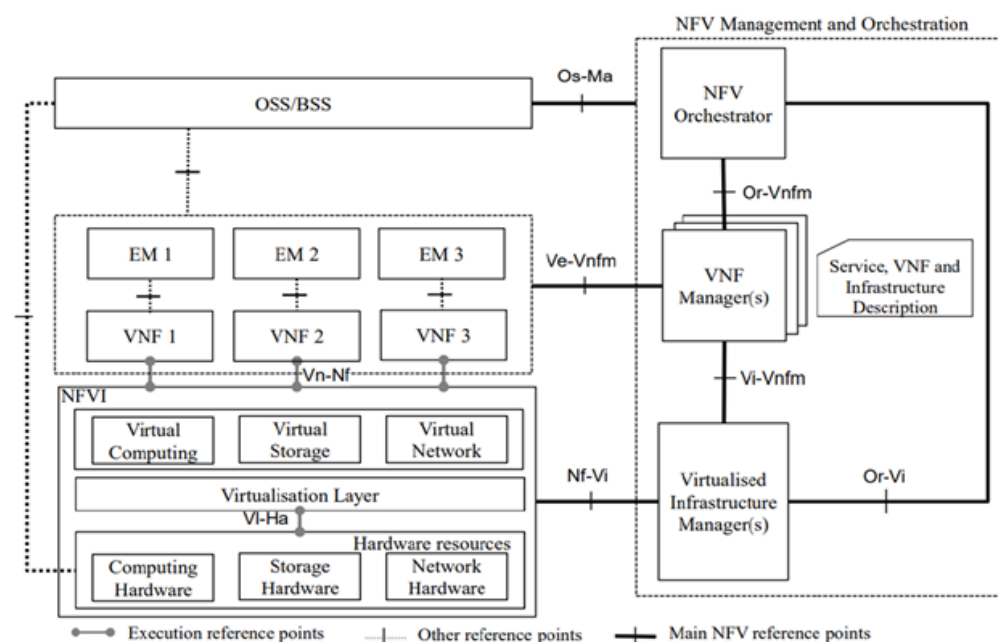
- ☐ Switches, e.g., Open vSwitch
- ☐ Routers, e.g., Click
- ☐ Home Location Register (HLR),
- ☐ Serving GPRS Support Node (SGSN),
- ☐ Gateway GPRS Support Node (GGSN),
- ☐ Combined GPRS Support Node (CGSN),
- ☐ Radio Network Controller (RNC),
- ☐ Serving Gateway (SGW),
- ☐ Packet Data Network Gateway (PGW),
- ☐ Residential Gateway (RGW),
- ☐ Broadband Remote Access Server (BRAS),
- ☐ Carrier Grade Network Address Translator (CGNAT),
- ☐ Deep Packet Inspection (DPI),
- ☐ Provider Edge (PE) Router,
- ☐ Mobility Management Entity (MME),
- ☐ Element Management System (EMS)

虛擬化網路功能(VNF)

- 此功能區塊由各種不同的虛擬網路功能與網路元件管理系統(Element Management System, EMS)組成，前者是由軟體的形式來實現傳統非虛擬化網路中，各類網路硬體所具備的功能，例如第三代合作夥伴計畫(3GPP)長程演進計畫(LTE)EPC中的行動管理實體(Mobility Management Entity, MME)、服務閘道器(Serving Gateway, SGW)、封包資料網路閘道器(Packet Data Network Gateway, PGW)等功能。
- 一個VNF可被配置在一或多個的虛擬機器(Virtual Machines, VM)之上，由EMS負責VNF的操作與管理，通常每個VNF各自具備相對應的EMS對其進行操控，然有時一個EMS也可能同時管理多個VNF，EMS與VNF的配合操作取代傳統網路的運作模式，不再須要佈建各式網路專用硬體。

網路功能虛擬化基礎建設(NFVI)

- NFVI是NFV架構中最基本的基礎建設，主要包含虛擬資源(Virtualised Resources)、虛擬層(Virtualisation Layer)、實體資源(Hardware Resources)三個功能區塊。其中，實體資源包括計算、儲存與網路(例如路由器、有線或無線連結等)的硬體資源，虛擬層則介於實體與虛擬資源之間，跨軟硬體進行整合，將硬體資源虛擬化之後，便成為可動態請求使用的虛擬資源。
- 所有VNF及EMS皆架設於NFVI之上，NFVI中無論是虛擬層次或硬體資源，由VNF的角度來看，皆被視為一體，用以提供VNF所需的虛擬化資源。



資料取自:

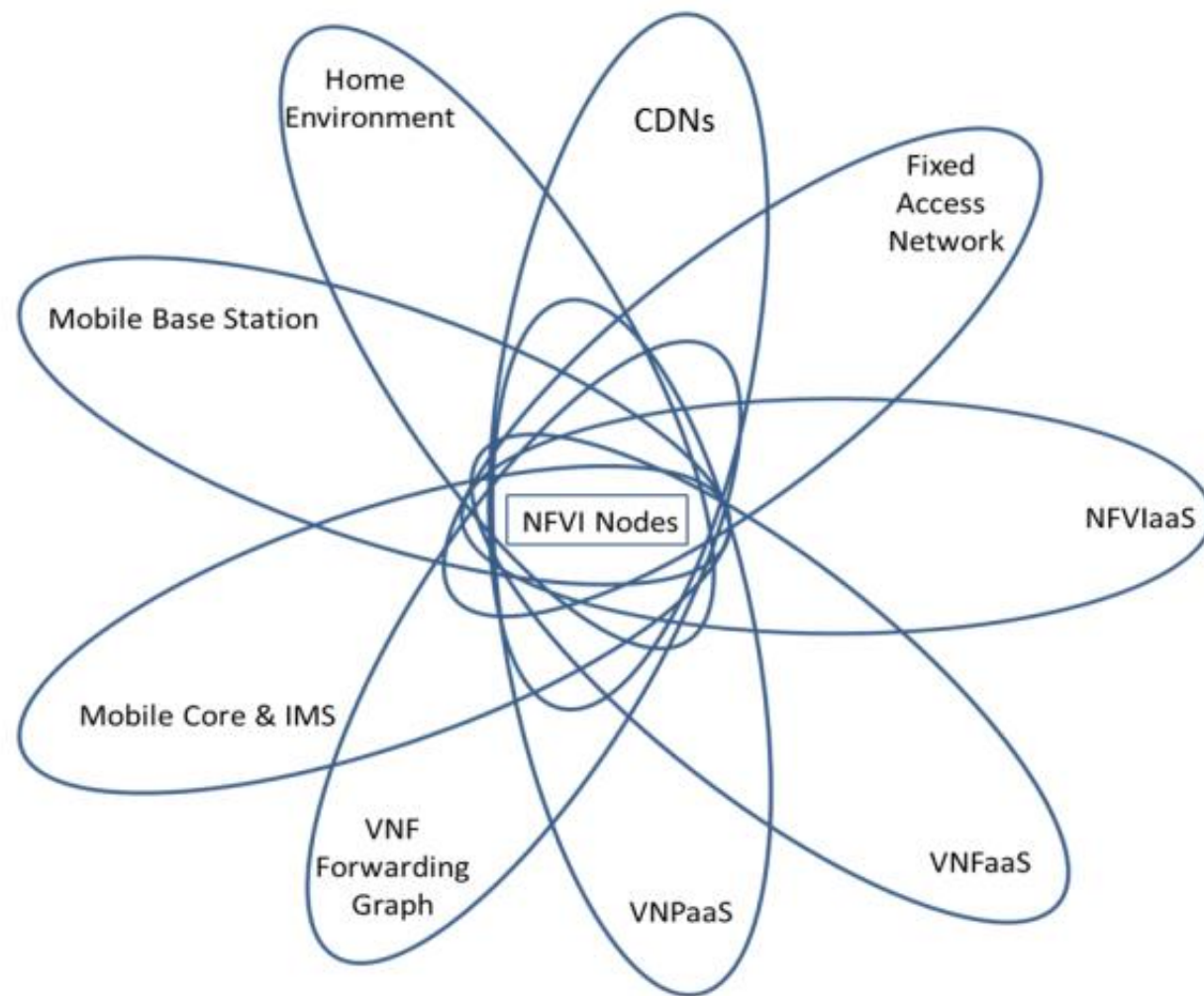
<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messagess/contents.aspx?&MmmID=654304432122064271&MSID=654535310515120532>

網路功能虛擬化基礎建設(NFVI)

- NFVI構建部署VNF環境的硬體和軟體組件的總和，提供了一個利用標準IT虛擬化技術的多租戶基礎架構，可以同時支持多個用例和應用領域。
- NFVI被實現為部署在各種NFVI存在點中的分佈式NFVI節點集，以支持不同用例和應用領域的位置和延遲目標。可以在NFVI節點的容量限制內按需動態地在NFVI上部署VNF。

網路功能虛擬化基礎建設(NFVI)

- NFVI支持多種NFV用例和應用領域



資料取自:ETSI NFV白皮書(NFV_White_Paper3)

網路功能虛擬化管理與協調流程(NFV MANO)

- NFV MANO功能區塊為NFV技術架構中進行整體控管與協調的重要角色，主要包括流程協調(Orchestrator)、VNF管理(VNF Manager)與虛擬化基礎建設管理(Virtualised Infrastructure Manager)三個部分。
- 每當有軟體及硬體資源的需求時，NFV MANO將協調、驗證與授權相關資源的請求，同時負責管理VNF的生命週期(Lifecycle)，例如實例化(Instantiation)、彈性組織(Scaling)、更新、查詢、終止等。
- NFV MANO亦負責網路服務的策略管理(Policy Management)、效能量測與關聯事件的收集與轉送、與基礎建設相關資源的配置，例如為虛擬機器添增資源、提升能源效率(Energy Efficiency)、資源歸還(Resource Reclamation)等。

網路功能虛擬化管理與協調流程(NFV MANO)

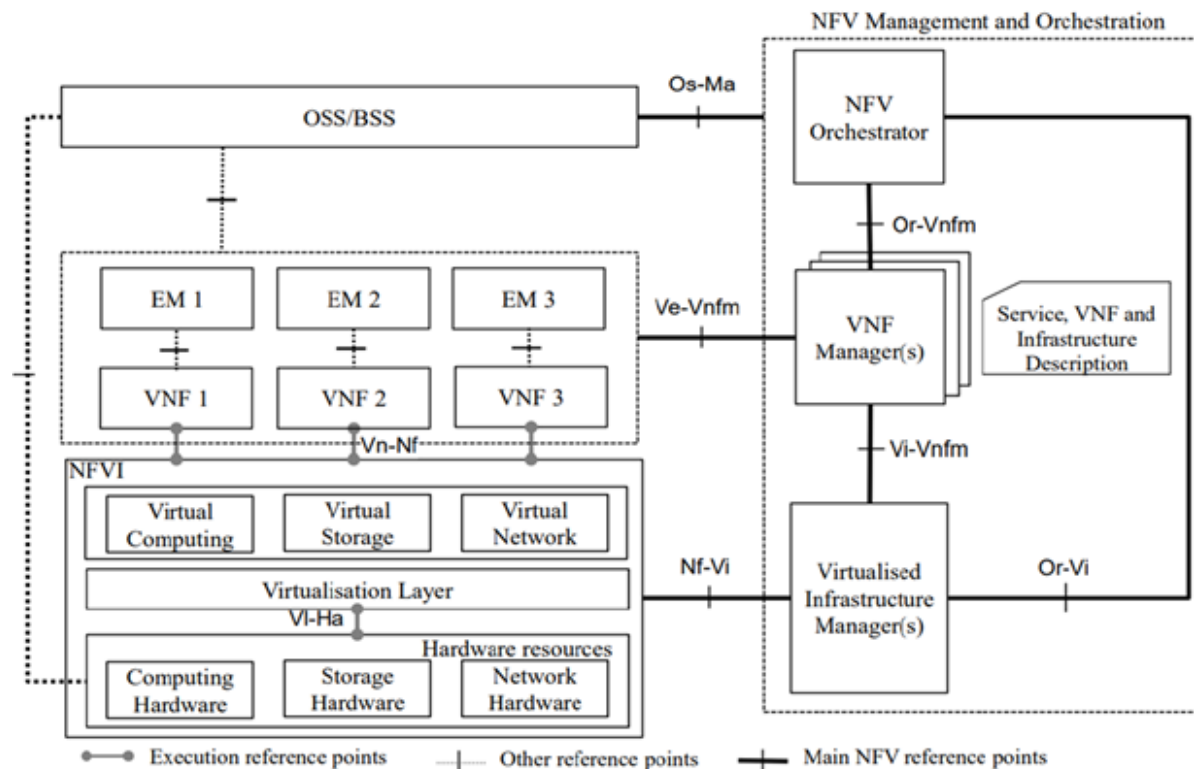
- NFVO，負責全網的網路服務，物理/虛擬資源和策略的編排和維護以及其他虛擬化系統相關維護管理功能。實現網路服務生命週期的管理，與VNFM配合實現VNF的生命週期管理和資源的全局視圖功能。
- VNFM，實現虛擬化網件VNF的生命週期管理，包括VNF實例的初始化，VNF的擴充/縮少，VNF實例的終止。支持接收NFVO下發的彈性伸縮策略，實現VNF的彈性伸縮。與元件管理器（EM）和VNF交互，以進行配置及故障和警報管理。
- VIM，主要負責基礎設施層硬體資源、虛擬化資源的管理、監控和故障告知，對上層VNFM和NFVO提供虛擬化資源池。與NFVI交互以管理和編排虛擬化資源。

營運支援系統/企業支援系統(OSS/BSS)

- OSS為傳統的網路管理系統；BSS為傳統的業務支撐系統，包括計費，結算，帳務，客服，營業等功能。
- 此功能區塊代表著營運商各自的營運支援系統與企業支援系統。對於網路服務或電信營運商而言，採用NFV技術架構快速、靈活的進行網路部署業務，以提供用戶各式便利服務的同時，必須考量自身的營運業務模式與計費原則。因此，NFV MANO執行資源調配取用的任務時，將參考營運支援系統與企業支援系統的角度來進行協調配置。

NFV Reference Points

- Identifying the communication that must occur between the functional blocks to exchange information .
- Identifying and defining these is important to ensure that the flow of information is consistent across the vendor implementation for functional blocks.



資料取自:

<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messagess/contents.aspx?&MmmID=654304432122064271&MSID=654535310515120532>

NFV Reference Points

- Os-Ma-nfvo(Os-Ma): To define the communication between OSS/BSS and NFVO. This is the only reference point between OSS/BSS and the management block of NFV (MANO).
- Ve-Vnfm-vnf: To define the communication between VNFM and VNF. It is used by VNFM for VNF lifecycle management and to exchange configuration and state information with the VNF.
- Ve-Vnfm-em: To define separately for communication between the VNFM and EM functional blocks. It supports VNF lifecycle management, fault and configuration management, and other functions, and it is only used if the EM is aware of virtualization.

NFV Reference Points

- **Nf-Vi:** To define the information exchange between VIM and the functional blocks in NFVI. VIM uses it to allocate, manage, and control the NFVI resources.
- **Or-Vnfm:** Communication between NFVO and VNFM happens through this reference point, such as VNF instantiation and other VNF lifecycle-related information flow.
- **Or-Vi:** The NFV orchestrator (NFVO) is defined to have a direct way of communicating with VIM to influence the management of the infrastructure resources, such as resource reservation for VMs or VNF software addition.
- **Vi-Vnfm:** To define the standards for information exchange between VIM and VNFM, such as resource update request for VM running a VNF.
- **Vn-Nf:** This is the only reference point that doesn't have a management functional block as one of its boundaries. This reference point is meant to communicate performance and portability needs of the VNF to the infrastructure block.

Impact on Operations Support Systems (OSS)

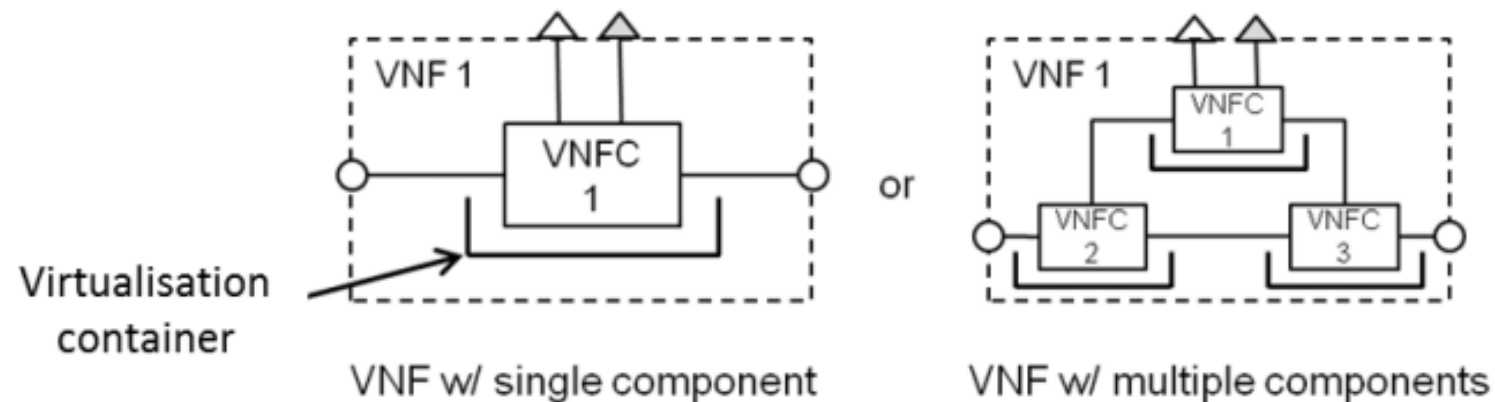
- NFV架構框架標識了一個管理和編排域(MANO)，其中包括三個管理組件，這些組件補充了當前OSS的功能。MANO實體與當前OSS之間以及三個管理組件之間的接口需要標準化，以減少多供應商環境中的集成工作量。
- 為了從NFV自動化和敏捷性中獲得最大收益，當前的OSS和NFV管理和編排實體需要通過資源及服務的管理和運營以有效的方式調整其接口和相關信息模型及其業務流程（即實現，保證，計費，安全性）。

Impact on Operations Support Systems (OSS)

- 對OSS的影響程度將依賴於每個運營商的現有OSS環境：從簡單的現有工具配置到完整的新OSS組件的更改或部署，包括可能包含EMS功能，服務管理，或網路管理控制到MANO。
- 目標是加強和簡化新服務的部署，改善客戶體驗，創造收入並降低CAPEX / OPEX，同時保持對自主和自我管理流程，可編程性，虛擬化和相關機制的控制，以確保以平穩的方式採用。

NFV Software Architecture

- NFV是虛擬化以前作為專有硬件設備實現的網路功能；因此，要解決的一個重要問題是如何從網路功能提供商的角度實現虛擬化。
- VNF Component (VNFC) 的概念。特徵是VNF的內部組件，可以映射到單個容器接口，以提供VNF功能的子集，如下圖所示。
- VNF Composition



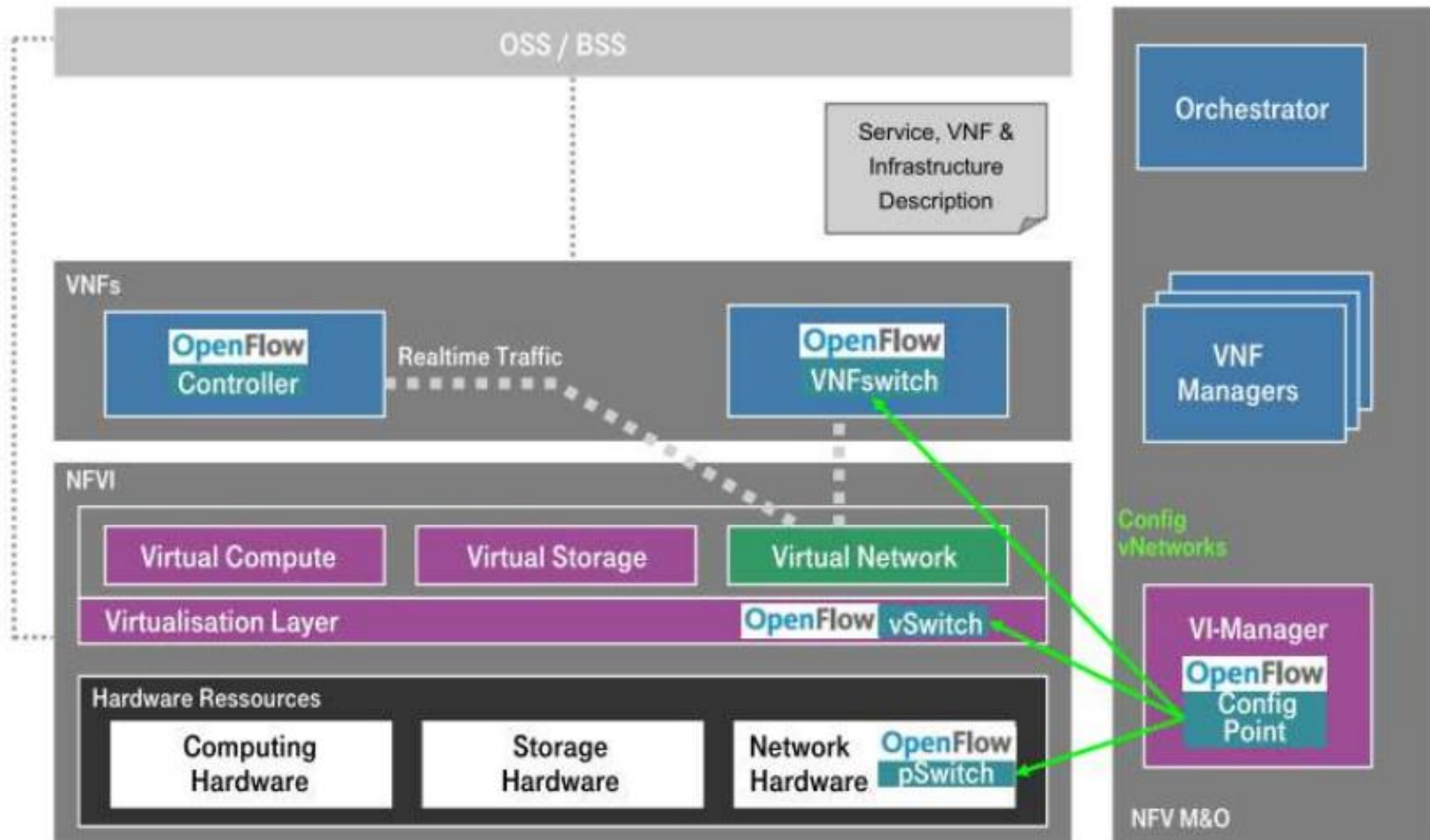
SDN in NFV architecture

- SDN的兩個關鍵要素是控制平面與數據平面的分離，以形成網路的域範圍視圖，以及抽象和編程控制網路資源的能力。這兩種功能非常適合NFV範例，因此SDN在NFV基礎設施資源（物理和虛擬）的編排中發揮重要作用，實現以下功能：配置和配置網路連接和帶寬，操作自動化，安全性和政策控制。
- NFV創建了一個動態的網路環境。VNF及其連接將經常更改以平衡基礎架構的負載。因此，以編程方式控制網路資源（通過集中式或分佈式控制器）的能力非常重要，以構建複雜的網路連接拓撲，並支持服務鏈的自動配置。
- SDN控制器映射到NFV架構框架中整體概念，是作為NFVI網路域的組件。因此，SDN控制器可以有效地與編排系統一起工作並控制物理和虛擬交換，以及提供必要的全面網路監控。

SDN in NFV architecture

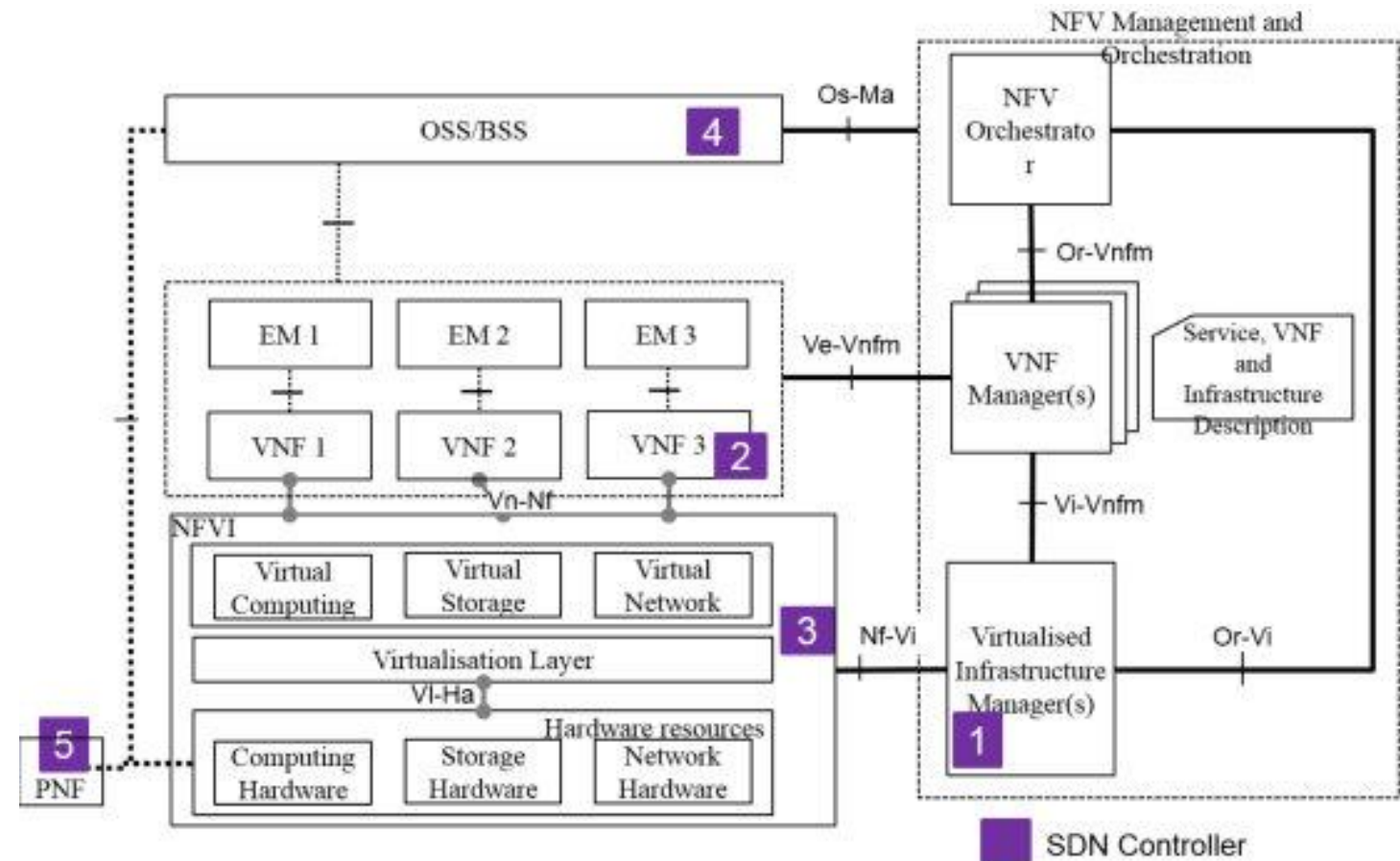
- 需注意當SDN應用於電信網路時，控制平面和數據平面的分離不會導致額外的流量開銷，延遲，抖動等，以及現有協議的重新開發，尤其是對於交換，路由和高可用性。
- SDN受益於NFV引入的概念，例如虛擬化基礎架構管理器和協調器，因為SDN控制器可以在VM上運行。這樣的SDN控制器可以與其他VNF一起成為服務鏈的一部分，從而將其自身呈現為虛擬化網路功能。

SDN in NFV architecture

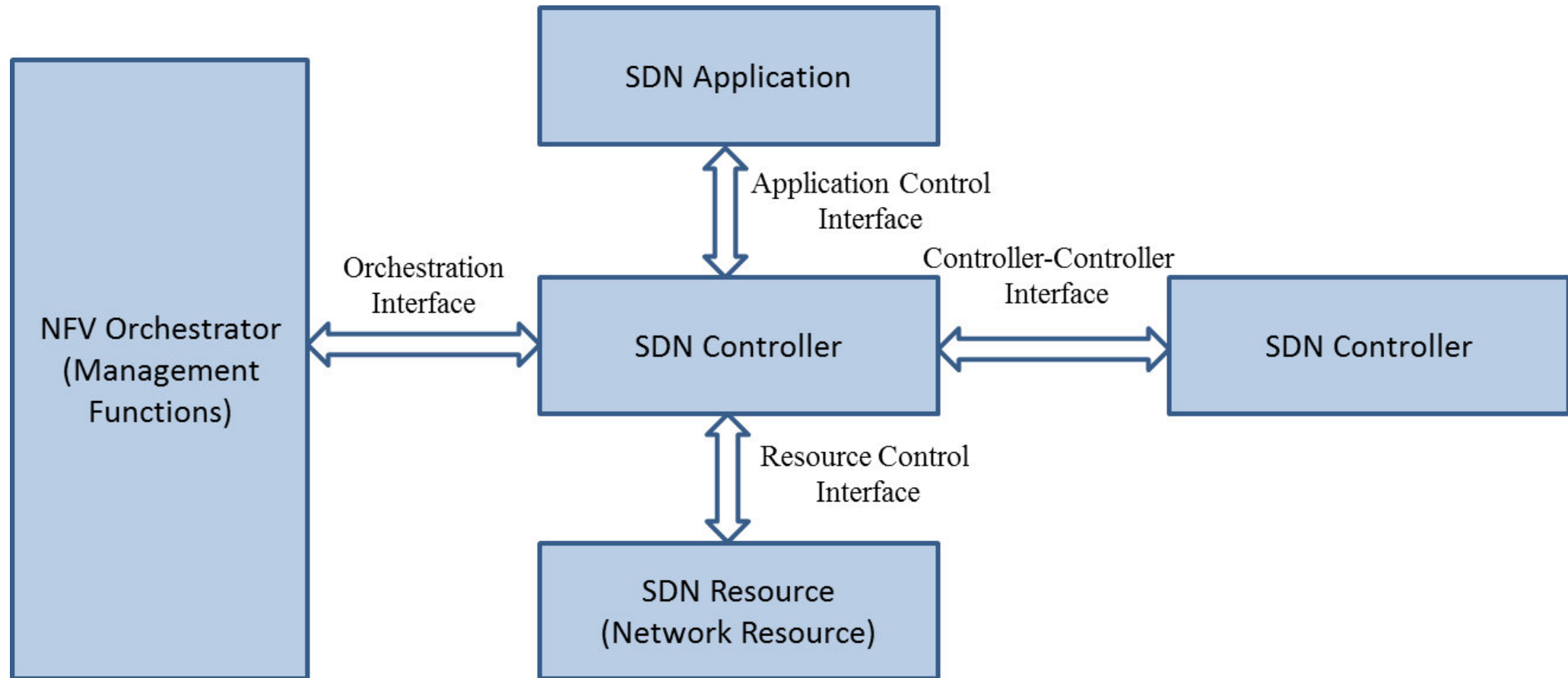


SDN in NFV architecture

- 1- SDN controller as a VIM, Virtualized Infrastructure Manager
- 2- SDN controller as a VNF
- 3- SDN controller in the NFVI
- 4- SDN controller in the OSS/BSS
- 5- SDN controller as a PNF

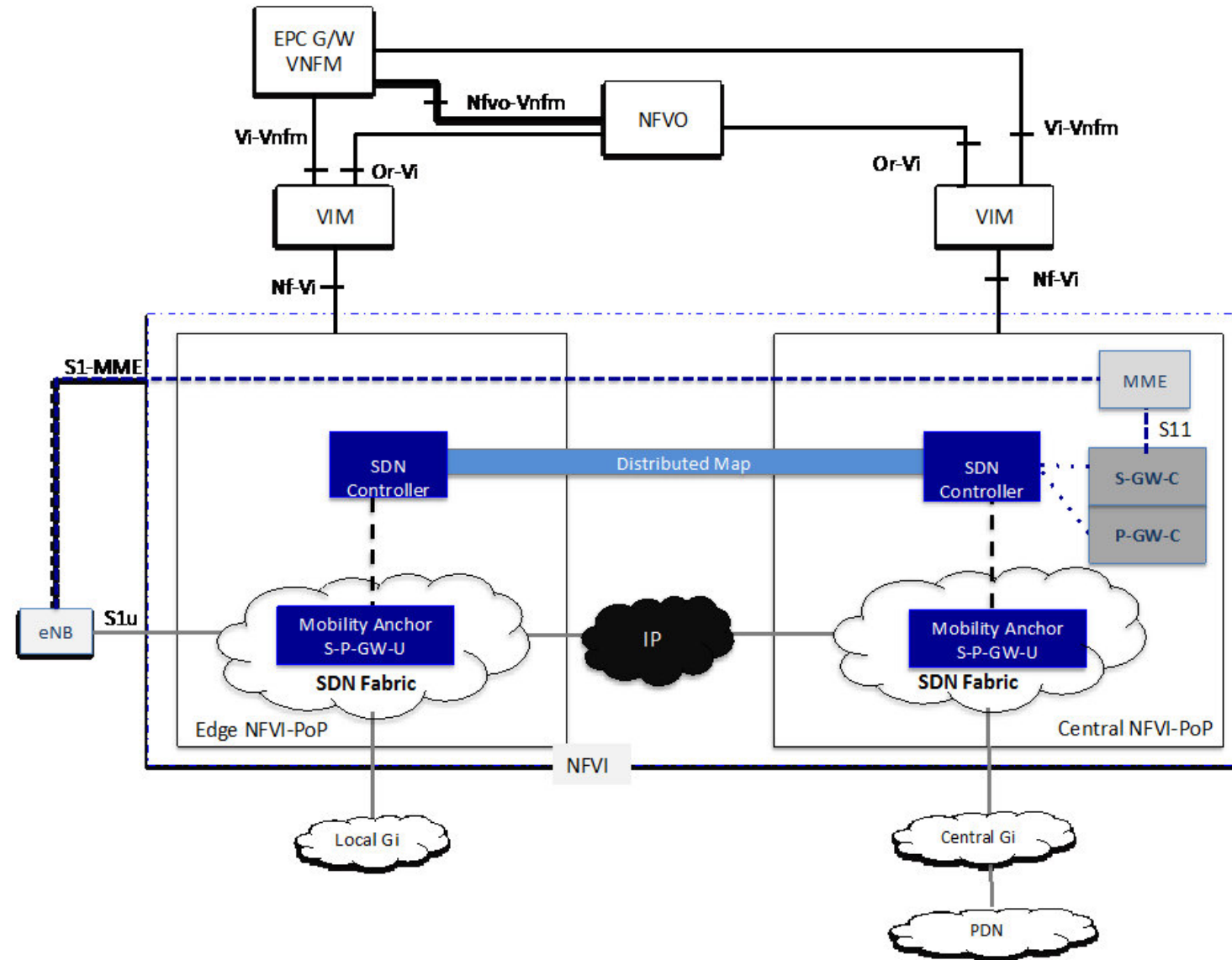


SDN in NFV architecture



SDN in NFV architecture

- SDN enabled Virtual EPC – ETSI NFV POC#34 (source: ETSI NFV)



NFV Reliability and Availability

- NFV的服務可用性要求應至少與同一服務的舊系統的要求相同。為了滿足要求，NFV組件必須在以下方面提供相同或更好的性能：故障率、檢測時間、恢復時間、檢測和恢復的成功率、每次故障的影響等。
- 由於NFV MANO組件在維護服務可用性功能（例如快速服務創建，動態適應負載和過載預防）方面發揮著重要作用，因此它們需要高度可靠。
- 在故障或VNF/服務重新定位事件中恢復NFV中的端到端服務可以通過以下三種方式之一來處理：在具有適當設計機制的服務層（例如IMS恢復過程），在VNF級別（例如，通過傳統的主動/備用機制）或NFV MANO組件。

NFV Reliability and Availability

- 在NFV環境中，故障模型和故障頻率預計與傳統網路運營商系統有很大不同，例如隨著虛擬化，資源彈性和VNF遷移的增加而增加的系統複雜性，以及第三方軟體和硬體之間的互操作性。因此，必須部署主動故障管理方法，例如實時監控資源使用情況（例如CPU、vCPU、虛擬內存、虛擬IO等）、警報關聯和趨勢分析。
- 實現VNF可以選擇將狀態信息與相應的VNF / VNFC分離，並將該信息存儲在“邏輯單元(Logical Unit)”中。“邏輯單元”是虛擬存儲的實例，並且具有自動同步內容的能力。這種保護機制提供有狀態的彈性，即在故障恢復之後維持正在進行的端到端服務會話，幾乎沒有或沒有中斷。但是，在無狀態端到端服務（例如Web /數據服務）中，沒有要維護的狀態信息，因此可以在故障時初始化服務（例如，期望最終用戶的重新access）。

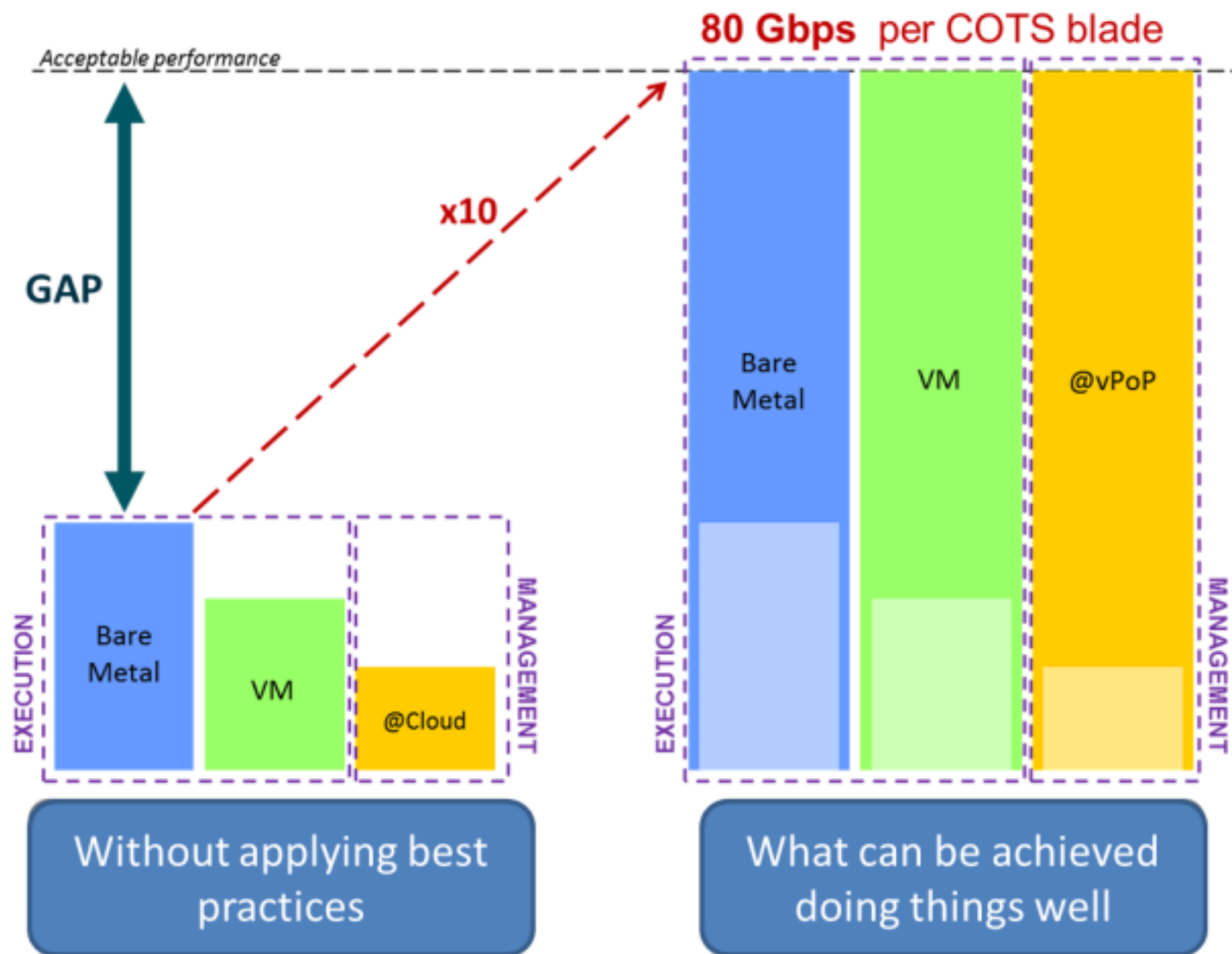
NFV Reliability and Availability

- 針對不同故障情形的各種冗餘方案和其他故障緩解方法，運營商策略和災難恢復機制需要根據NFV MANO組件的關鍵性建立適當的冗餘機制
- 有一種方法是在單獨的集群上配置每個組件，以實現極高的可擴展性和隔離性；而另一種方法可以基於共享集群（共享資源），但這可以使擴展和診斷更複雜

NFV Performance and Portability

- 一旦NFV到位，有效的容量與功能的解耦將簡化網路生態系統中的代理之間的交互作用。硬體提供商可能不知道將來最終會在其設備上運行的VNF，而VNF提供商仍然能夠為不同的硬體配置提供可靠的性能估計（以滿足服務水平協議）。一旦正確定義了這種交互模型，服務提供商的操作就會大大簡化，實現靈活的資源分配和更簡單的編排技術。
- 在實驗證明，在完全虛擬化的環境中可以實現高性能，如下頁圖所示，每台服務器 > 80 Gbps，還可以通過可預測、一致且與供應商無關的方式獲得高性能，利用當前常用的功能最先進的服務器。

NFV Performance and Portability



NFV Security

- NFV使用為雲計算開發的虛擬化技術來提供網路服務，因此確保這種新組合的安全性至關重要。
- 下圖為可能的NFV安全問題

Topology Validation & Enforcement
Availability of Management Support Infrastructure
Secured Boot
Secure Crash
Performance Isolation
User/Tenant Authentication, Authorization and Accounting
Authenticated Time Service
Private Keys within Cloned Images
Back-Doors via Virtualised Test & Monitoring Functions
Multi-Administrator Isolation

04 NFV Use Case



Use Case

- 虛擬化消除了網路功能（NF）與其硬體之間的依賴性，如典型的物理網路設備中所示，通過為虛擬化網路功能（VNF）創建標準化執行環境和管理接口。這導致以虛擬機（VM）的形式由多個VNF共享物理硬體。匯集硬體有助於VNF大規模靈活地共享NFV基礎設施（NFVI）資源。
- 雲計算基礎設施中已經出現的一種現象。這創造了類似於雲計算基礎設施即服務（IaaS）、平台即服務（PaaS）和軟體即服務（SaaS）的服務模型。

Use Case

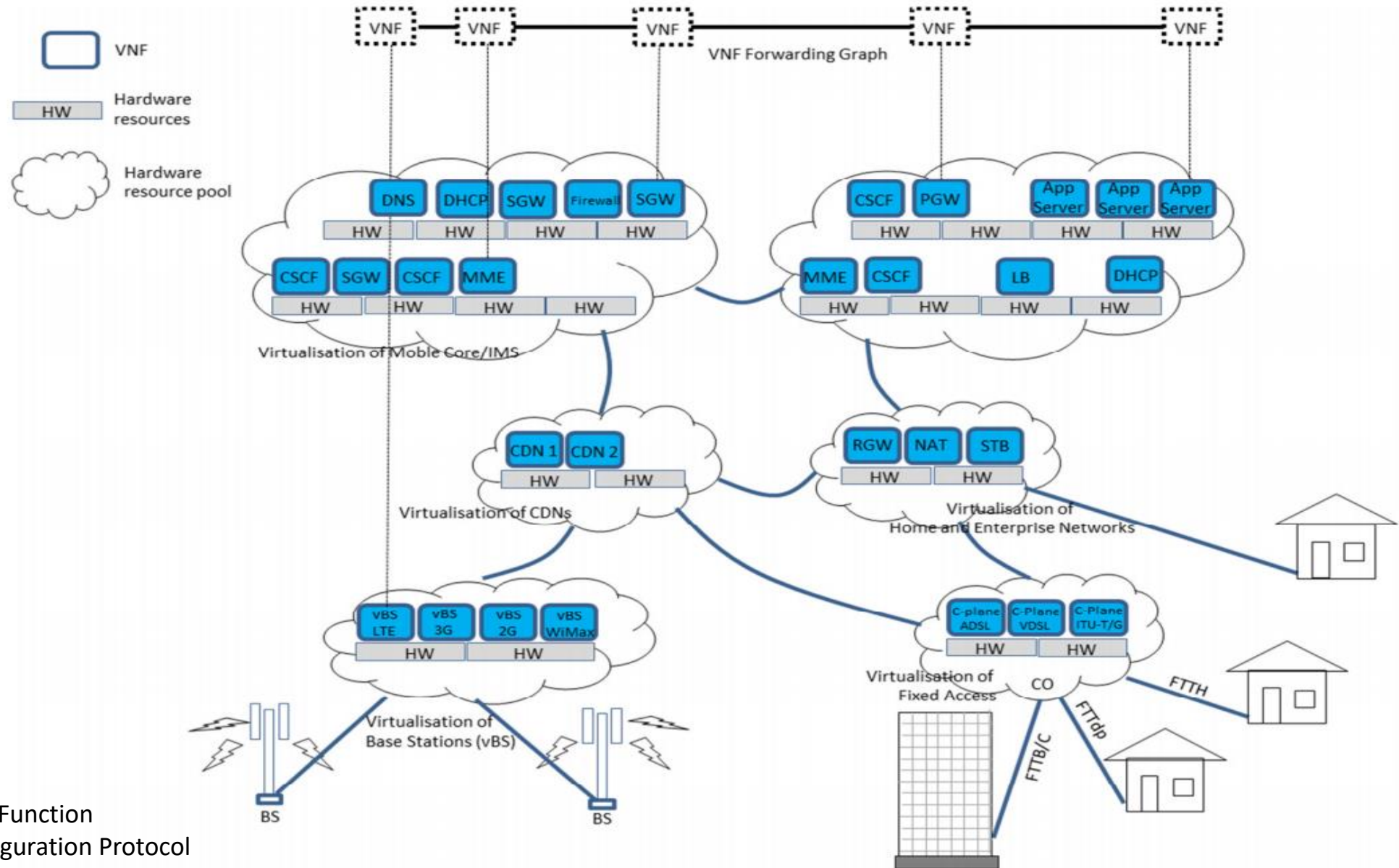
- 在移動網路中，即 Evolved Packet Core (EPC) 和 IP Multimedia System (IMS) 的 NF，用於虛擬化的可以是 Mobility Management Entity (MME)、Serving and Packet Data Networks Gateway (S / P-GW)、Call Session Control Functions (CSCF)，以及使用不同無線標準的基站。EPC和IMS NF可以合併在同一硬體資源池上。通過利用 NFVI 共享以及基於負載的資源分配，故障避免和恢復的自動操作，實現總體擁有成本 (TCO) 的降低。
- 基站 (BS) 功能，例如處理不同無線標準（例如，2G，3G，LTE，WiMax 等）的 PHY / MAC / Network 堆棧可以在集中式環境中共享硬體資源，並實現動態資源分配以及降低功耗。

Use Case

- Content Delivery Networks (CDN) , CDN服務提供商通常在網路邊緣附近部署內容緩存(Cache), 以提高客戶的體驗質量。緩存使用基於每個運營商的CDN提供商的專用硬體。而硬體資源大小適合峰值負載, 因此資源在其生命週期的大部分時間內未得到充分利用, 因為峰值負載是一種時間現象。通過利用和部署虛擬化緩存, 以動態的方式在多個提供商的CDN緩存和其他VNF之間整合和共享底層硬體資源, 以改善資源使用。
- 將不同的非虛擬化NF虛擬化為VNF, 必須將VNF組織成有序圖以實現網路服務。在NFV中, 這種圖形稱為VNF轉發圖(VNFFG)。
- 任何VNF (例如, 網路地址轉換 (NAT), 負載平衡器, 防火牆等) 可以是VNF轉發圖的元素。 VNF轉發圖為運營商提供了所需的抽象級別, 以實現動態和簡化的服務組合。

Use Case

- Overview of NFV Use Cases



CSCF: Call Session Control Function
DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

資料取自: ETSI NFV 白皮書 (NFV_White_Paper2)

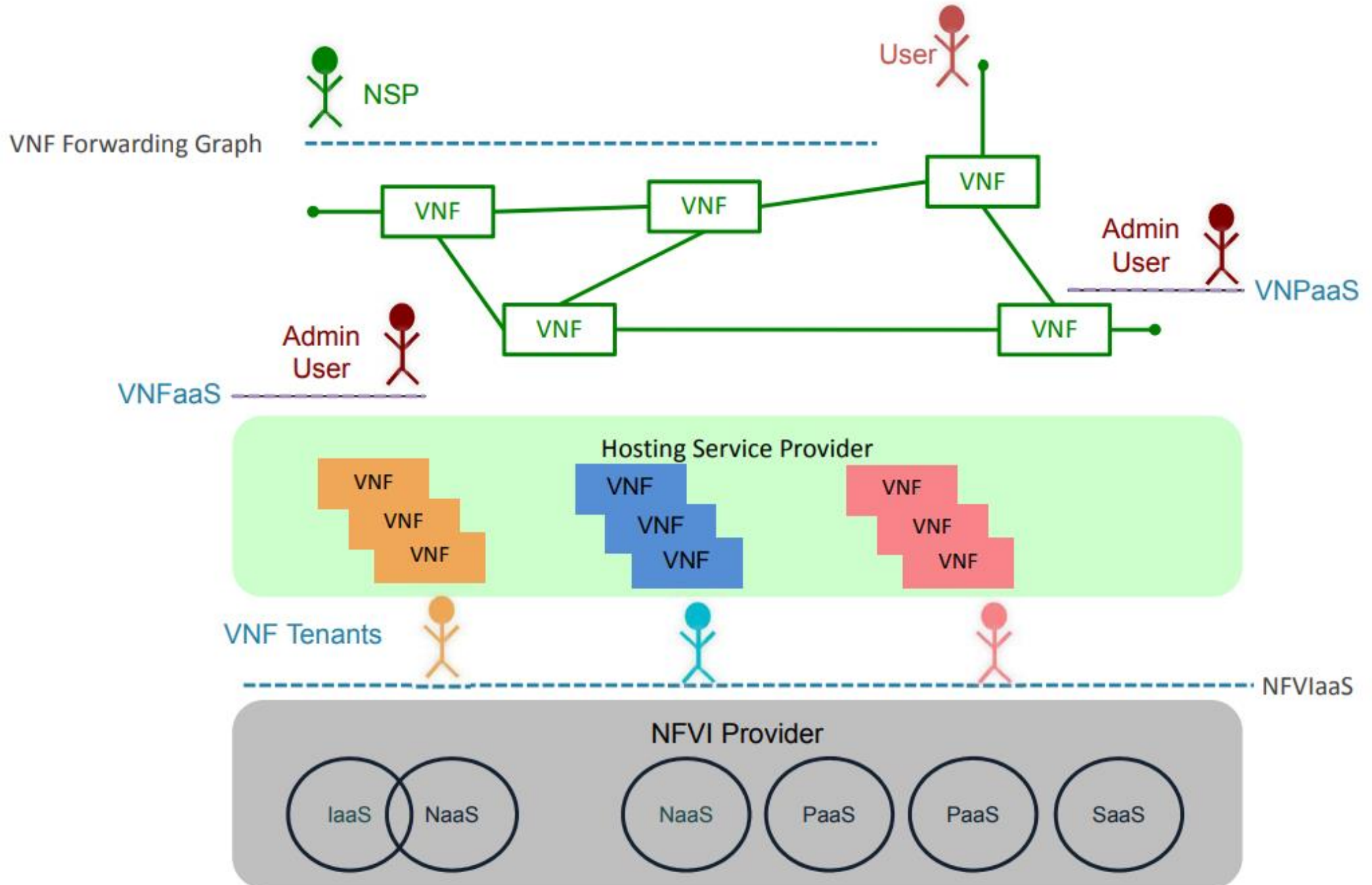
Use Case

- Switching elements: BNG, CG-NAT, routers.
- Mobile network nodes: HLR/HSS, MME, SGSN, GGSN/PDN-GW.
- Home networks: Functions contained in home routers and set top boxes to create virtualised home environments.
- Tunnelling gateway elements: IPSec/SSL VPN gateways.
- Traffic analysis: DPI, QoE measurement.
- Service Assurance: SLA monitoring, Test and Diagnostics.
- NGN signalling: Session Border Controller (SBC), IMS.
- Converged and network-wide functions: AAA servers, policy control and charging platforms.
- Application-level optimisation: CDNs, Cache Servers, Load Balancers, Application Accelerators.
- Security functions: Firewalls, virus scanners, intrusion detection systems, spam protection.

Use Case

- Cloud:
 1. NFV infrastructure as a service (NFVIaaS) like IaaS
 2. Virtual Network Functions (VNFs) as a service (VNFaaS) like SaaS
 3. VNF forwarding graphs (Service Chains)
 4. Virtual Network Platform as a Service (VNPaaS) like PaaS
- XaaS for Network Services (下頁圖)

Use Case

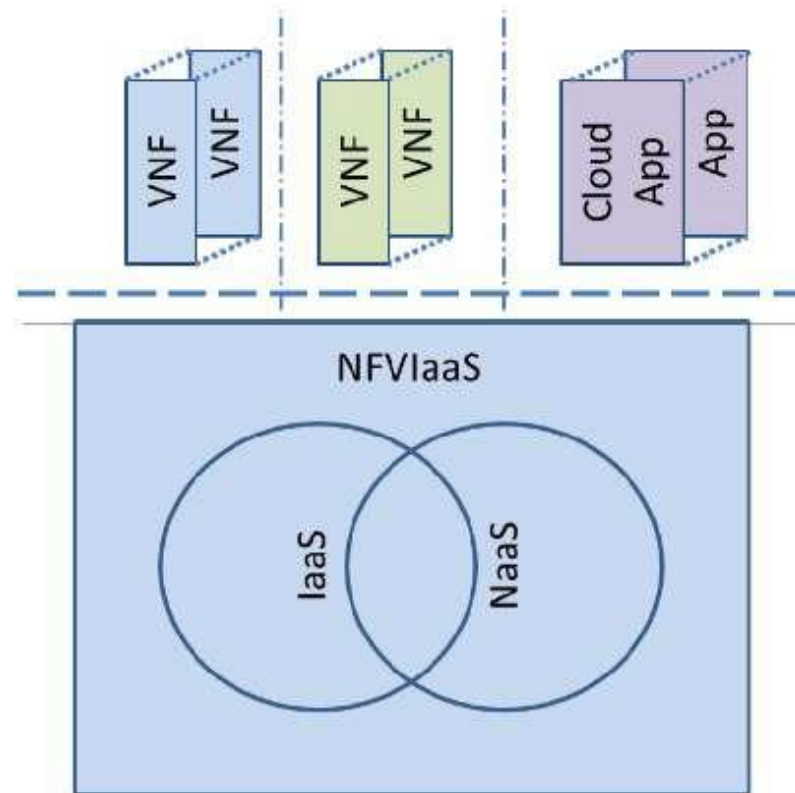


NFV Infrastructure as a Service (NFVIaaS)

- 雲計算服務(Cloud Computing Services)通常以三種服務模型之一提供給消費者
 - Infrastructure as a Service (IaaS)
 - Platform as a Service (PaaS)
 - Software as a Service (SaaS)
- IaaS被定義為向消費者提供處理，存儲和基礎計算資源的能力
- 一些文獻提到了網路即服務（NaaS）提供網路連接服務的能力。 NaaS的一個應用程序是雲服務提供商和客戶之間依照需求所創建的網路連接

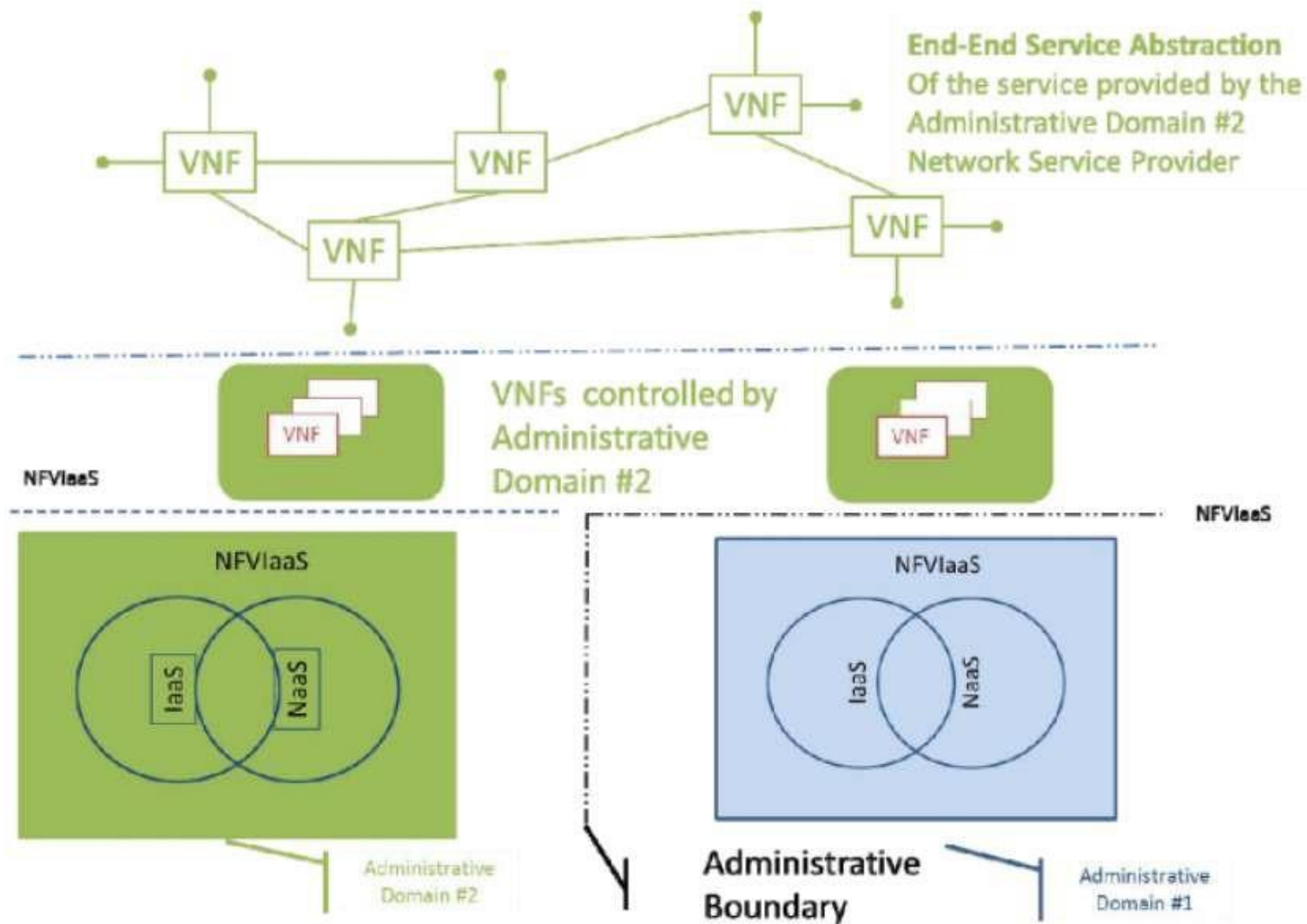
NFV Infrastructure as a Service (NFVIaaS)

- NFV Infrastructure :
 - 提供環境以讓虛擬化網路功能 (VNF) 可以執行
 - NFVIaaS提供與IaaS雲計算服務相當的計算功能，作為運行時執行環境，並支持可被視為與NaaS相當的動態網路連接服務



資料取自:<http://www.dca.fee.unicamp.br/~chesteve/ppt/NFV-Full-IM15-Final-Screen-v150412.pdf>

NFVIaaS: Multi-domain Example

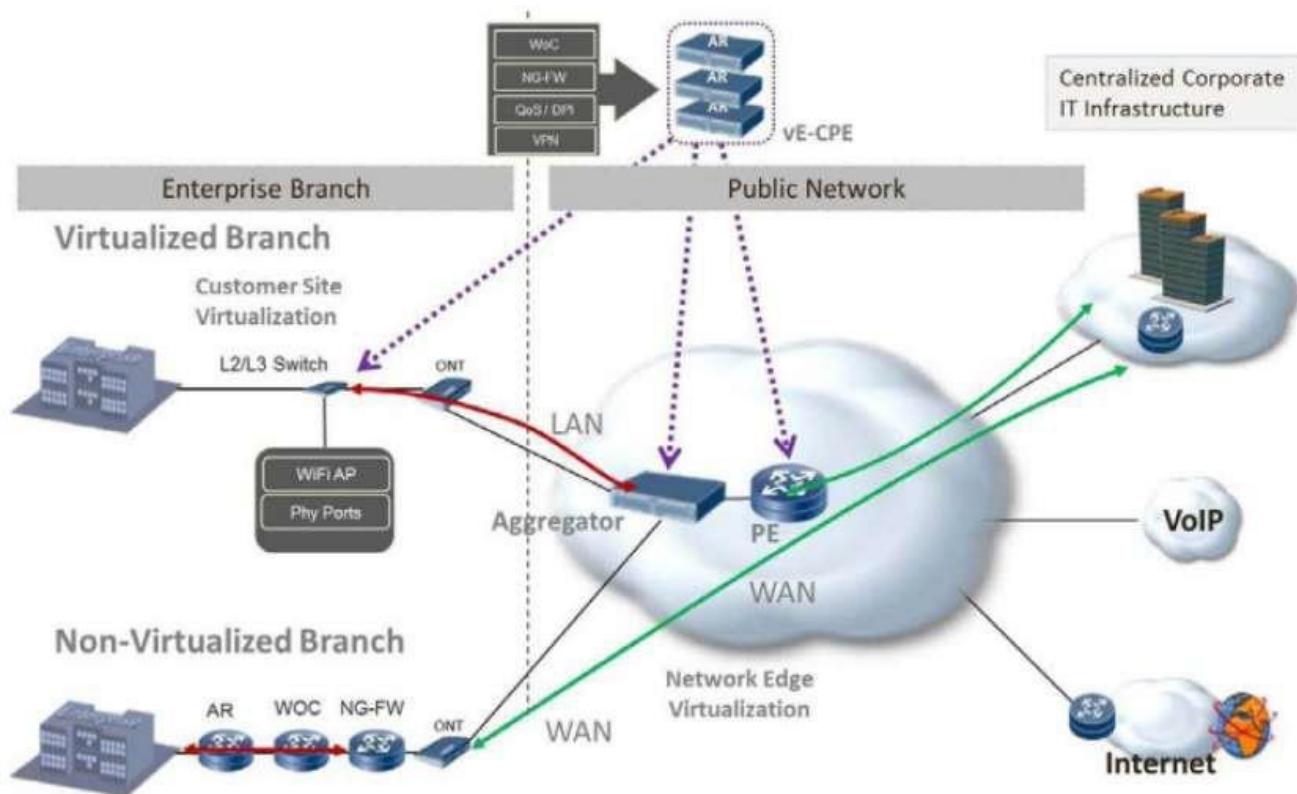


資料取自:<http://www.dca.fee.unicamp.br/~chesteve/ppt/NFV-Full-IM15-Final-Screen-v150412.pdf>

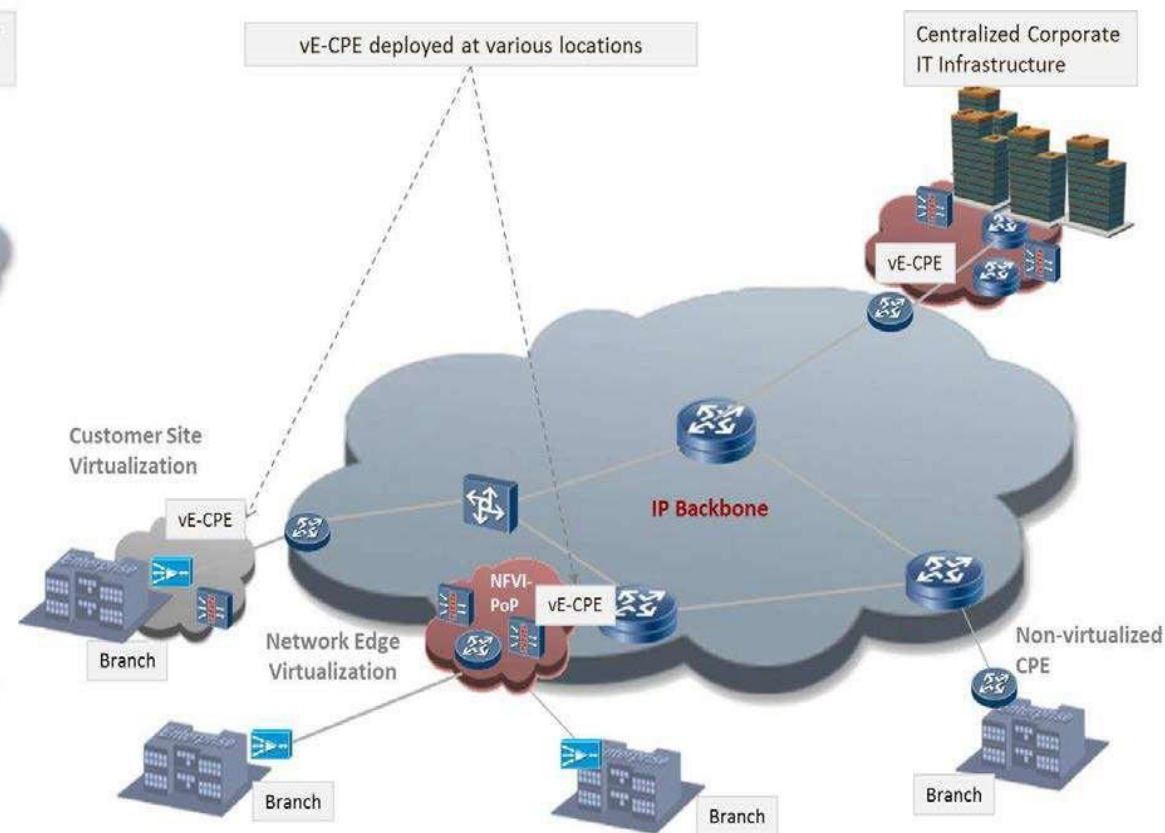
Virtual Network Functions as a Service (VNFaaS)

- 通過將路由功能從專用路由器轉移到在COTS(Commercial Off-The-Shelf)硬體環境中實現的等效功能，提供雲計算功能（如NFVI），實現大幅節省
- 服務提供商可以提供網路功能作為測量服務，企業不用將自己的資金投入到網路基礎設施的部署中
- 服務提供商可以使用其NFVI操作VNF實例，NFVI提供實現企業CPE(Customer premises equipment)所需的功能，並且可能為PE路由器的控制平面提供另一個VNF實例，從而提高其可擴展性

Virtual Network Functions as a Service (VNaaS)



Physical CPE & vE-CPE (routing, VPN termination, QoS support, DPI, NG-FW and a WOC (WAN Optimization Controller))



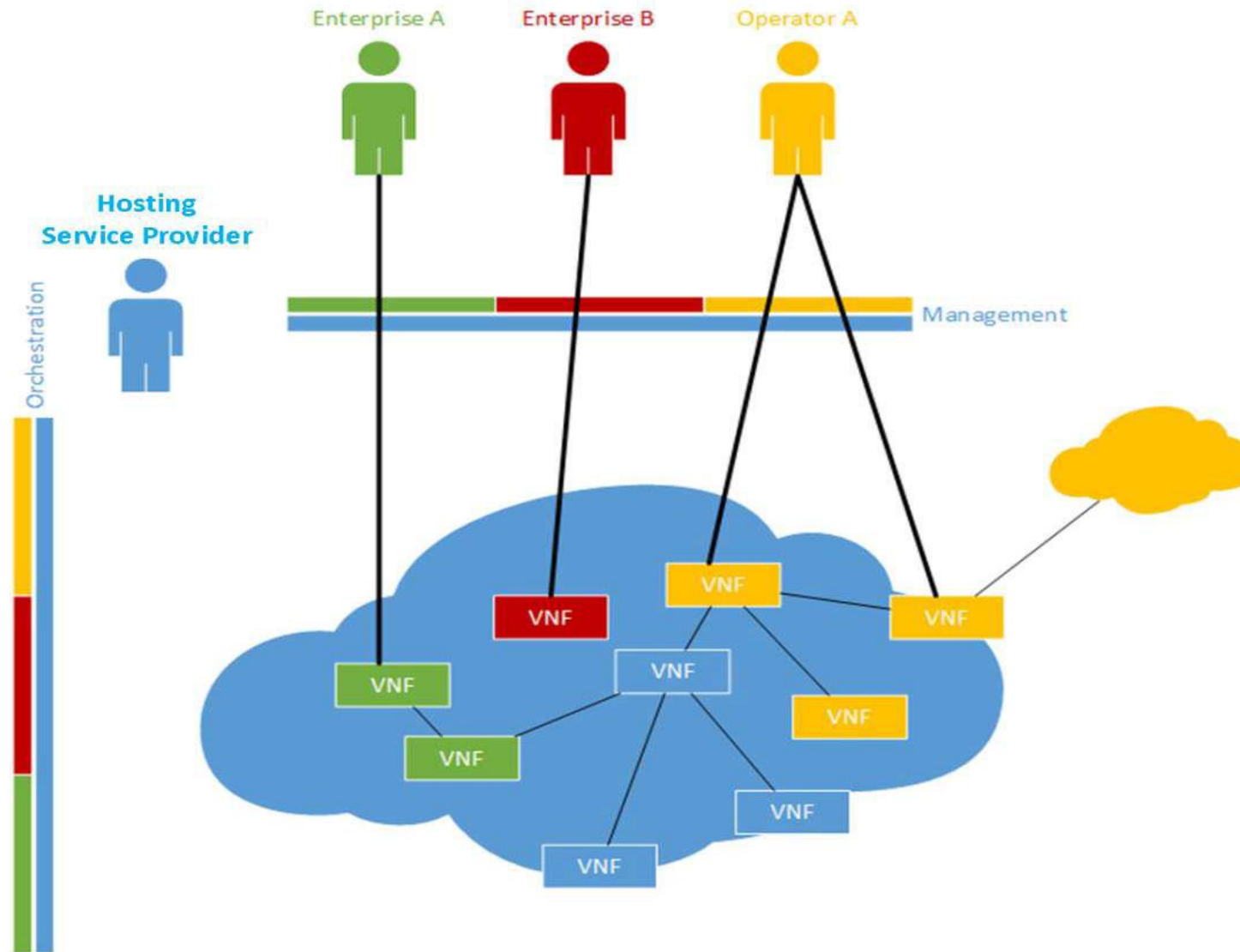
vCPE functionality in many locations

資料取自:<http://www.dca.fee.unicamp.br/~chesteve/ppt/NFV-Full-IM15-Final-Screen-v150412.pdf>

Virtual Network Platform as a Service (VNPaaS)

- 越來越多網路資源不是運營商專門使用的
- 平台即服務（PaaS）作為消費者使用提供商支持的計算平台部署自己應用程序
- 服務提供商提供網路和計算基礎設施的工具包以及可能的一些VNF作為創建虛擬網路的平台
- VNPaaS類似於VNFaaS，主要區別在於服務和可編程性的規模
- VNPaaS提供更大規模的服務，通常提供虛擬網路而不是單個虛擬網路功能。

Virtual Network Platform as a Service (VNPaaS)



資料取自:<http://www.dca.fee.unicamp.br/~chesteve/ppt/NFV-Full-IM15-Final-Screen-v150412.pdf>

Use Case

Cloud:

1. NFV infrastructure as a service (NFVIaaS) like IaaS
2. Virtual Network Functions (VNFs) as a service (VNFaaS) like SaaS
3. VNF forwarding graphs (Service Chains)
4. Virtual Network Platform as a Service (VNPaaS) like PaaS

- **Mobile:**

5. Virtualization of the Mobile Core Network and IMS (IP Multimedia Subsystem)
6. Virtualization of Mobile Base Station

- **Data Center:**

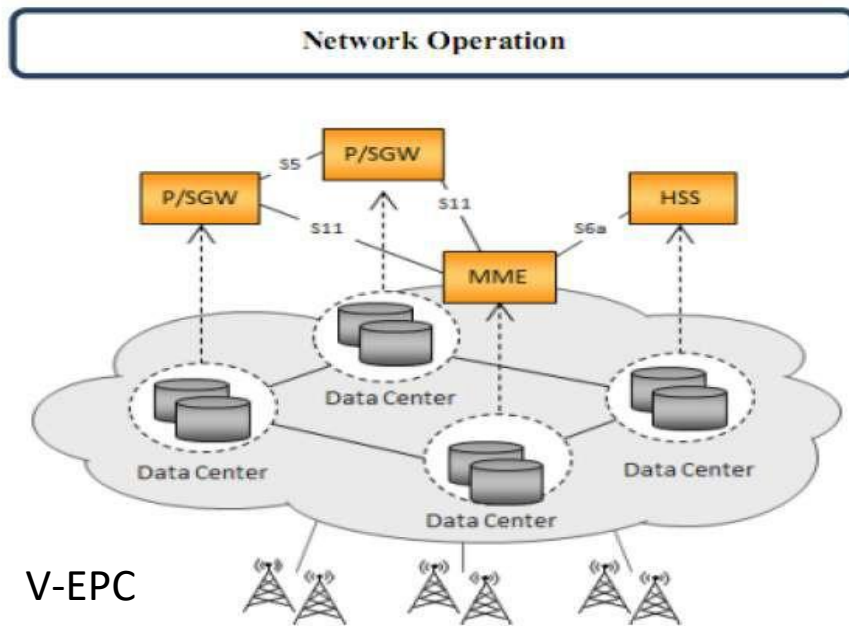
7. Virtualization of CDNs

- **Access/Residential:**

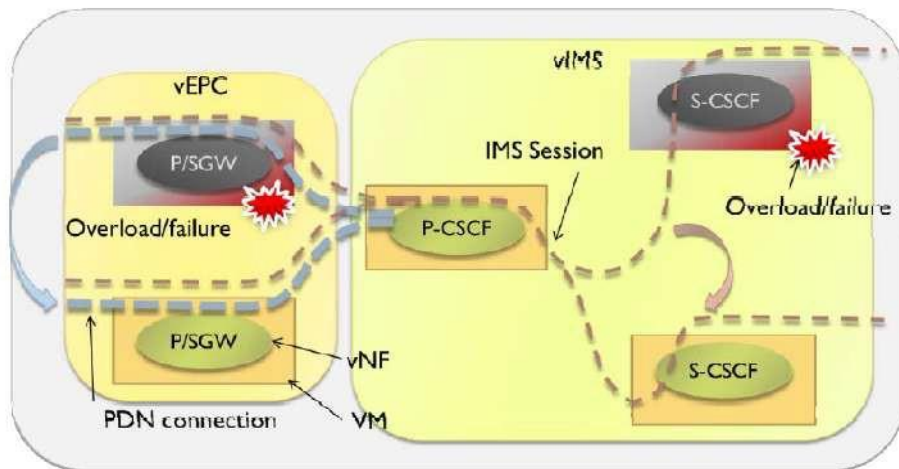
8. Virtualization of the Home environment
9. Fixed Access NFV

Mobile Core Network and IMS

- 移動網路中充斥著各種各樣的專有硬體設備
- 在這樣的硬體資源池上靈活分配網路功能大大提高網路使用效率

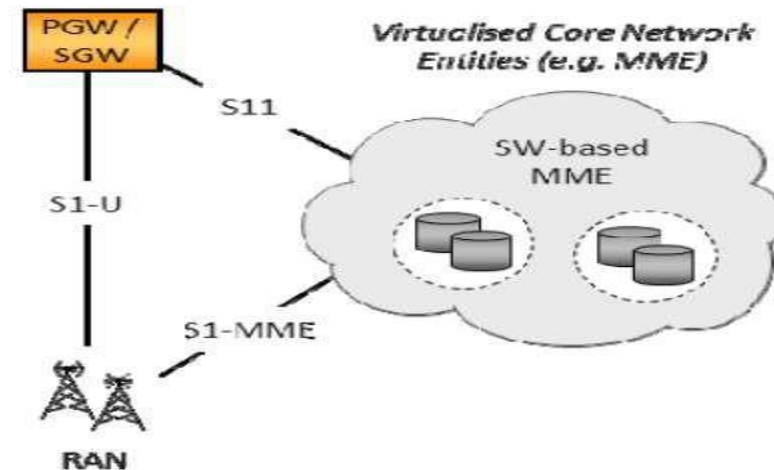


V-EPC



VNF relocation

- Examples of Network Functions include MME, S/P-GW, etc
- 此用例旨在將虛擬化應用於EPC、IP Multimedia Subsystem(IMS)和上述其他網路功能



Partial NFV Deployment

資料取自:<http://www.dca.fee.unicamp.br/~chesteve/ppt/NFV-Full-IM15-Final-Screen-v150412.pdf>

Virtualization of Mobile Base Station

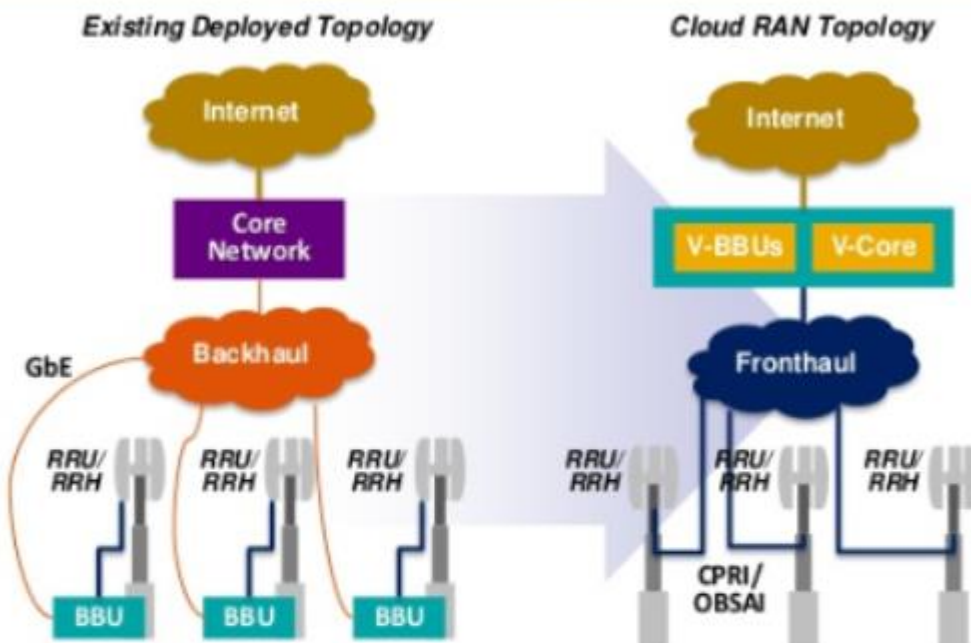
- 移動網路流量由移動設備應用產生的需求顯著增加，而ARPU（收入）難以增加
- LTE也被認為是EPS（演進分組系統）的無線電接入部分，其需要滿足無線電接入網路（RAN）中的高頻譜效率、高峰值數據速率、短往返時間(round trip time)和頻率靈活性的要求。
- 移動基站的虛擬化利用IT虛擬化技術將至少一部分RAN節點實現到標準IT服務器、存儲和交換機上

Virtualization of Mobile Base Station

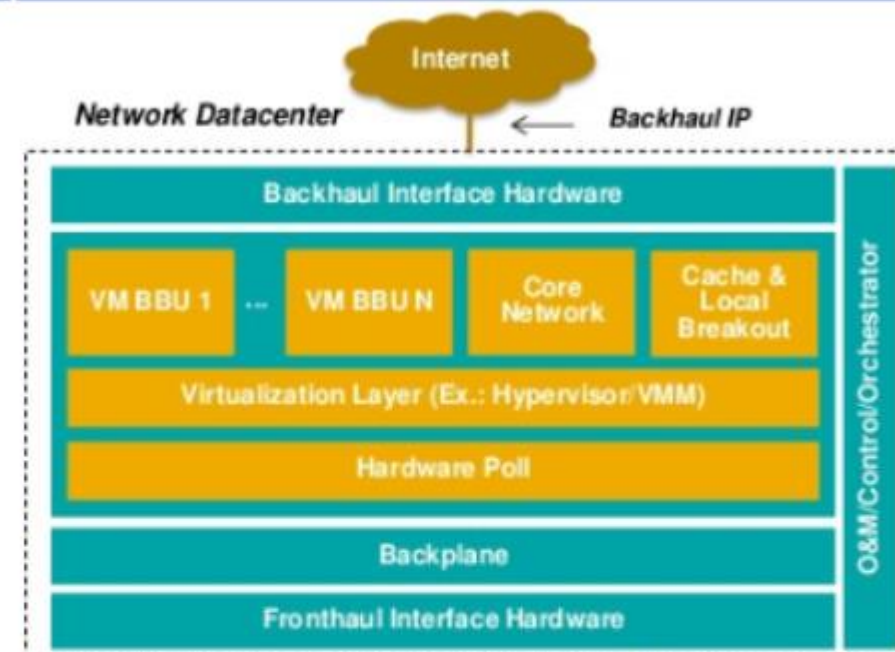
Base Station Virtualization & Cloud RAN Architecture



DEPLOYMENT PARADIGM CHANGE



ARCHITECTURE



PRINCIPLES AND ADVANTAGES

Network Function Virtualization

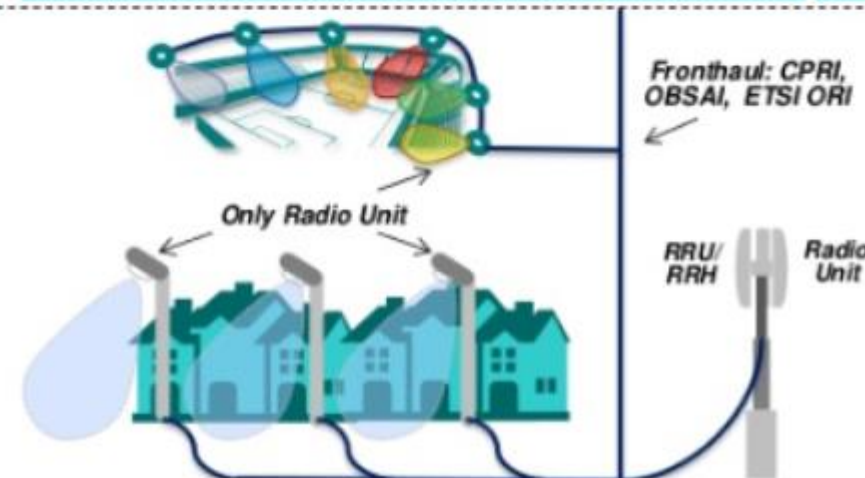
Elastic & liquid Resources
Operational Flexibility
Reduces space and power consumption
Reduces CapEx, OpEx and delivery time

Software Defined Network

Creates an abstraction layer for: controlling; faster development; system service orchestration and overall system evolution;

Open Development Interface

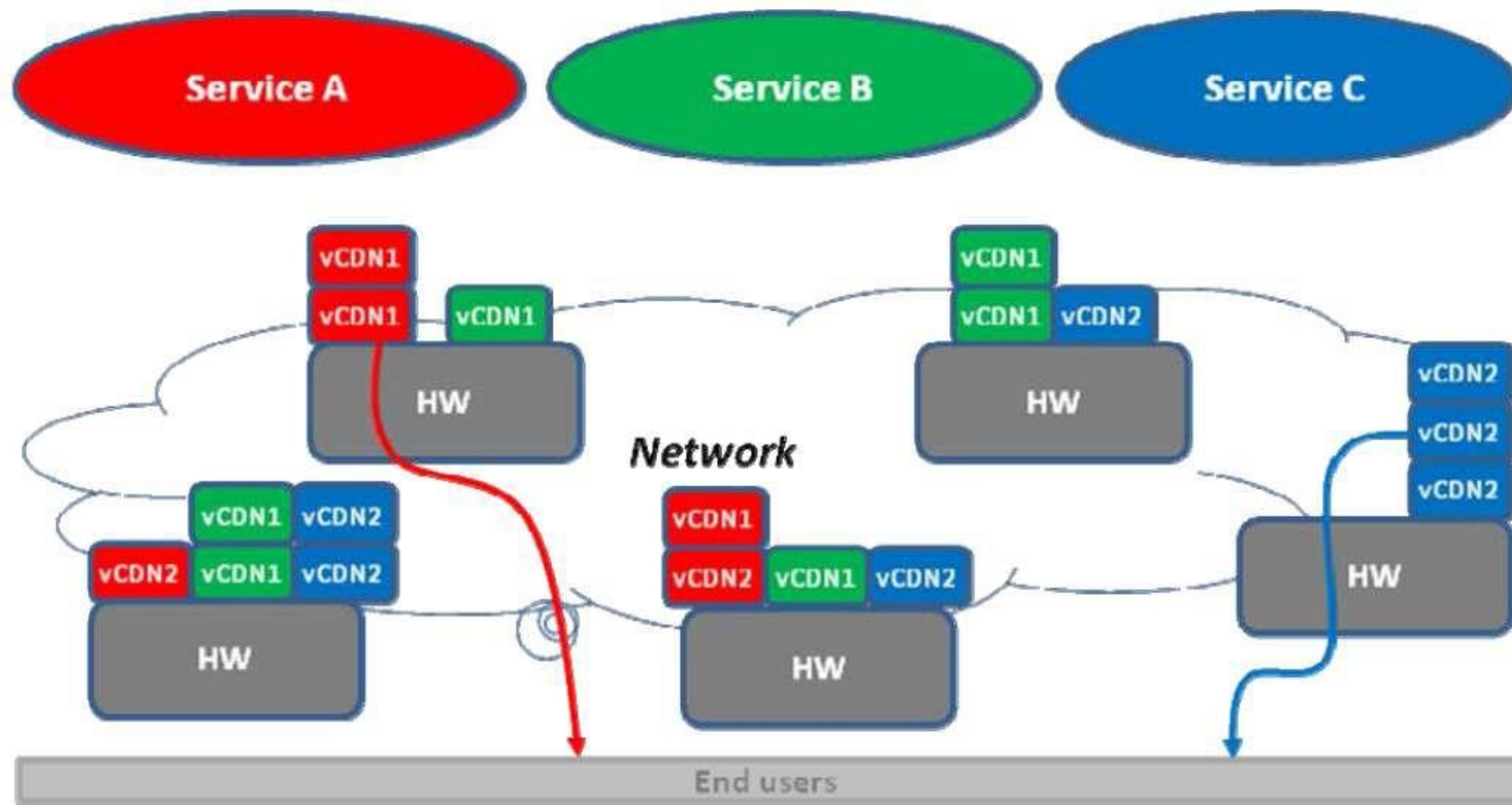
Creates an open environment for new development;
Catalyzes new SON & interference mitigation functionalities support;



Virtualization of CDNs

- 內容（尤其是影音）的傳送是所有運營商網路面臨的主要挑戰之一，因為要向網路的最終客戶提供大量流量
- 將Content Delivery Networks的節點集成到運營商網路中可以成為應對影音流量傳輸挑戰的有效且經濟高效的方式
- CDN提供商要求運營商將其專有緩存節點部署到ISP(Internet Service Provider)網路中。這對雙方都有好處，但也面臨挑戰，最終運營商將在其場所內設置不同緩存設備。

Virtualization of CDNs



Principle of different vCDN cache nodes deployment in Virtualised environment

資料取自:<http://www.dca.fee.unicamp.br/~chesteve/ppt/NFV-Full-IM15-Final-Screen-v150412.pdf>

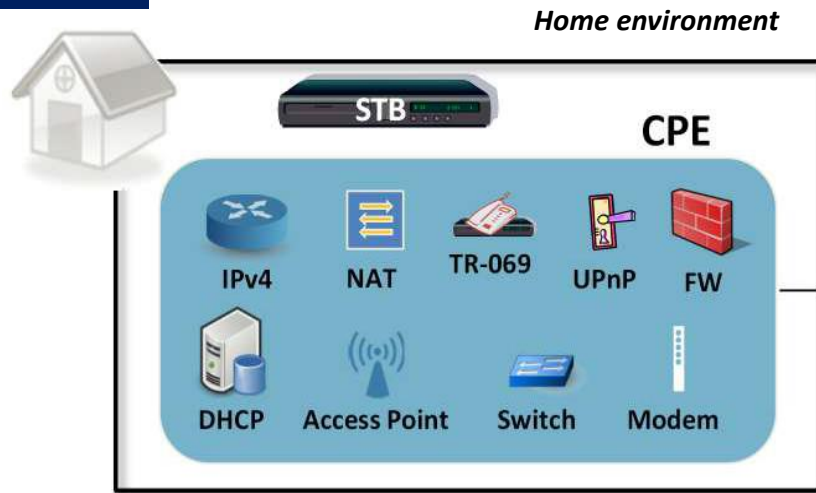
Home Environment

- 當前網路運營商提供的家庭服務是使用位於網路的後端系統和作為家庭網路一部分的專用CPE設備構建的。
- CPE (Customer premises equipment)設備標記運營商或服務提供商在客戶駐地的存在，通常包括：
 - Residential Gateway (RGW) for Internet
 - VOIP services(Voice over Internet Protocol)
 - Setup Box (STB) for Media services normally supporting local storage for PVR(personal video recorder) services

Home Environment

--Simplifying Operation and Service Deployment

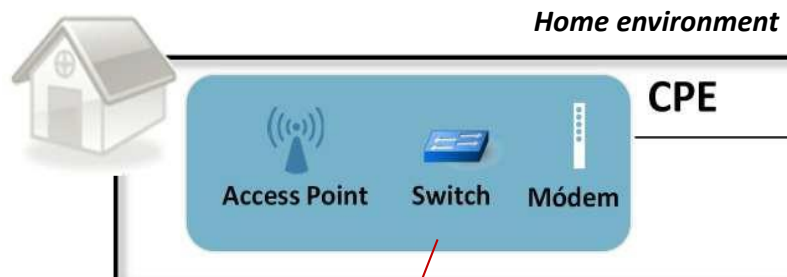
FROM...



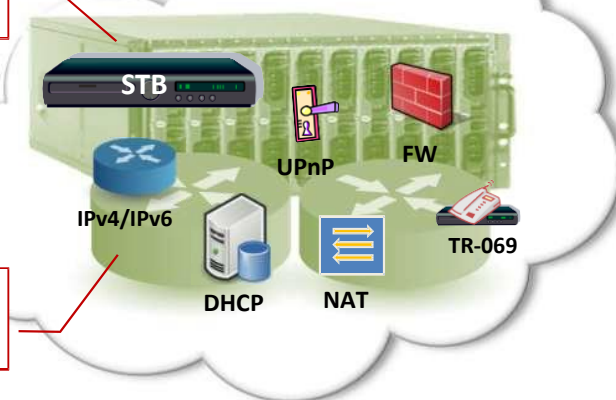
Network environment



... TO



Network environment



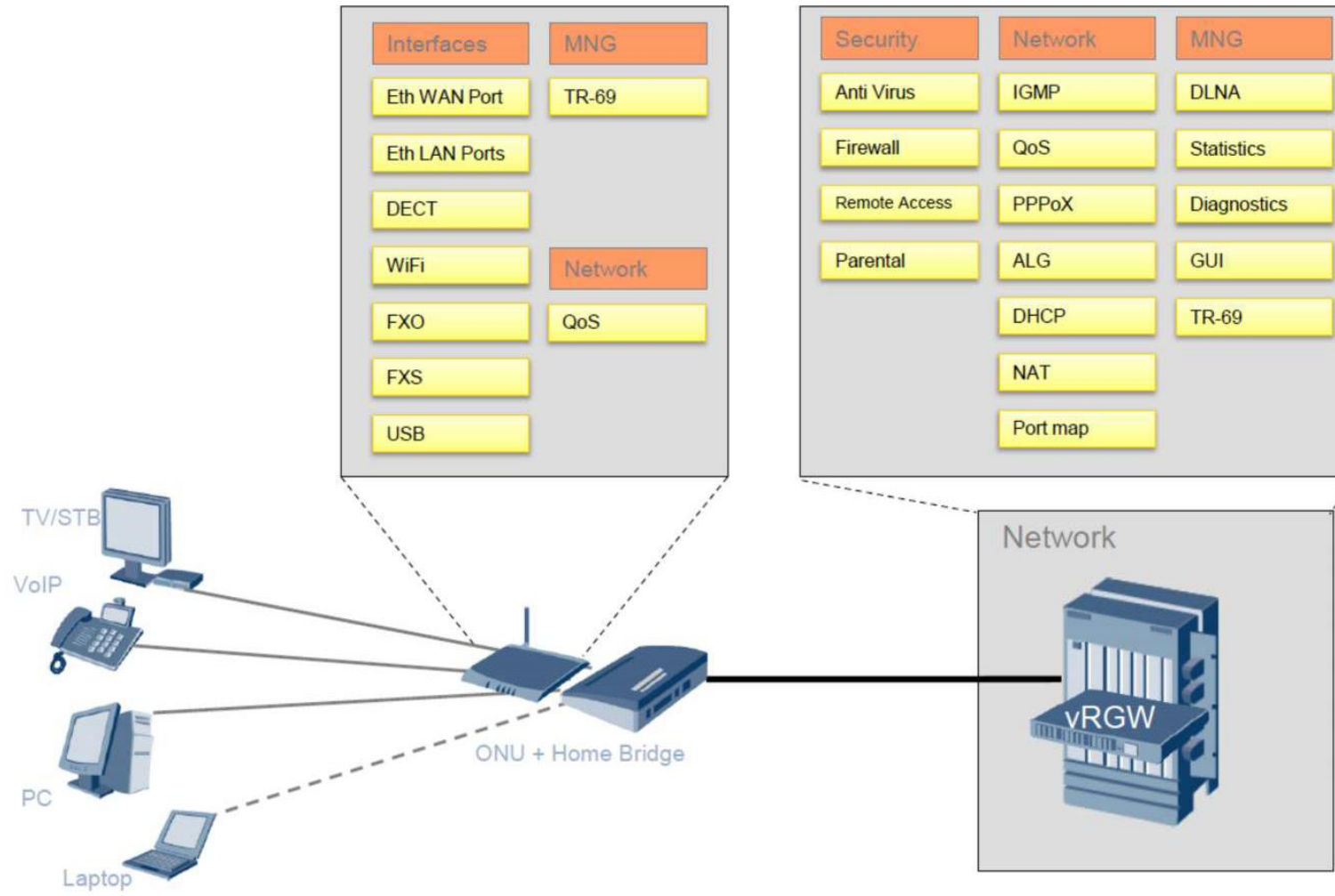
Operation and service deployment are greatly simplified

IPv6 only needed in network environment

Simplification removes all incompatibilities with IPv6

Home Environment

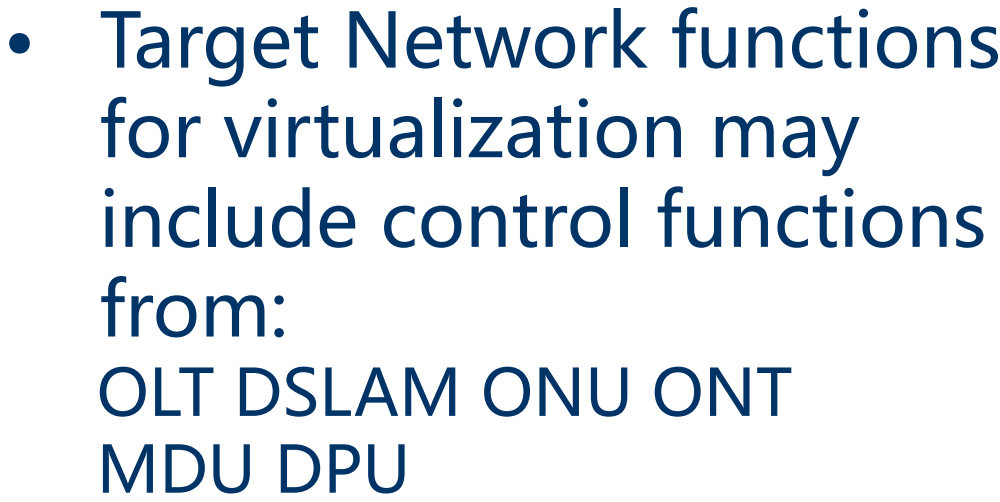
--Virtual Residential Gateway



資料取自:<http://www.dca.fee.unicamp.br/~chesteve/ppt/NFV-Full-IM15-Final-Screen-v150412.pdf>

Fixed Access NFV

- 網路中的主要成本和瓶頸通常發生在訪問(Access)。
 - 對於有線固定接入網路，目前最流行的寬帶接入技術基於DSL，最廣泛部署的變體是 ADSL2 +(Asymmetric)，其最大下載bit為~26 Mb / s。
- 趨勢是在帶有fiber backhaul的新型街道機櫃（FTTcab）中用基於VDSL2的設備取代基於交換的設備
- Note:數位用戶迴路（Digital Subscriber Line, DSL）是通過銅線或者本地電話網提供數位連接的一種技術。
- VDSL(Very-high-bit-rate digital subscriber line)



Access Network Functions Virtualization will be initially applied to hybrid fiber-DSL nodes such as FTTcab and FTTdp

05 NFV For 5G



NFV For 5G

- 5G系統以基於NFV和SDN技術的靈活彈性融合固定/移動(fixed/mobile)核心網路為特徵，能夠支持來自不同領域的網路功能和應用。NFV ISG的關鍵作用是確保基於NFV的5G基礎設施不僅能夠支持5G，還支持無數新網路功能和應用，這些功能和應用無疑將因5G部署而產生，並且不斷發展現有的網路。
- NFV ISG中的網路運營商以及更廣泛的行業正在解決的關鍵NFV特點，以實現5G用例。
- 關鍵NFV特點包括Network Slicing, Cloud-native design principles, End-to-end Service Management, Edge Computing, Cloudification of the Radio Access Network(RAN), Multi-site/domain Services, NFV License Management, Security, Reliability, and Scalability

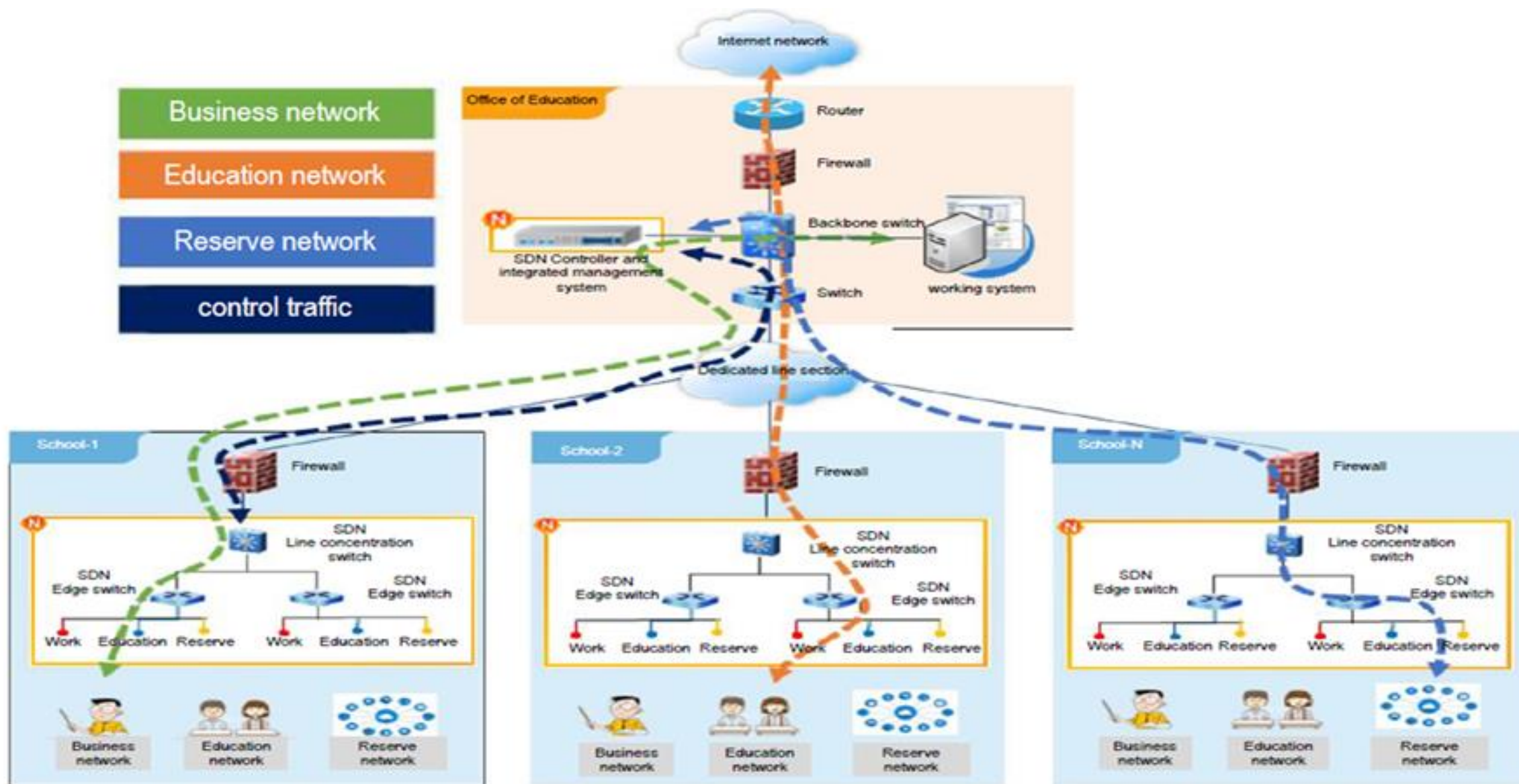
Network Slicing

- Network Slicing是面向服務的網路構造，為應用程序提供所需網路。網路切片可以被視為“網路即服務”範例的實現，其中公共網路能夠提供並公開即時、分區和自包含的“切片”，以有效的方式支持不同的服務並提供所需的服務質量（QoS）。
- 在同一個網路實例上創建多個邏輯網路實例（即切片）基礎網路。每個“切片”的參數根據不同的標準進行優化，可由不同的租戶/組織使用。
- 網路切片被看作是按需(on-demand)網路。在NFV中，通常將切片部署為一個或多個NFV網路服務實例。

Network Slicing

- 利用NFV網路服務和部署的概念，以自動化和靈活的方式部署和管理網路切片
- 切片管理功能使用NFV Orchestrator (NFVO) 為網路服務和虛擬網路功能 (VNF) 生命週期管理公開的應用程序編程接口 (API)，以及其他管理實體公開的其他API，實現故障，配置，計費，切片實例中涉及的網路功能的性能和安全。因此，切片管理可視為特定的操作支持系統 (OSS) 功能區域，需要在NFV之上進行標準化，包括指定將網路切片要求映射到網路服務功能的機制。

Network Slicing



Cloud-native Network Functions

- 雲端原生網路功能是使用除虛擬化之外的通用IT雲端技術實現的網路功能（例如，由可重用組件組成的功能而不是功能的獨立實現）。
- 目標是通過在基礎架構上最大限度地有效利用資源，並且能夠適應IT環境中使用的雲端編排技術，同時提供源自NFV ISG指定NFV要求的效能。
- 遵循雲端的原生設計原則VNFs，有以下假設：
 - 可以分解為許多輕量級組件和通用平台服務
 - 按照基於組件的軟體工程風格（例如Micro-services）設計
 - 在故障條件下快速恢復而設計

Cloud-native Network Functions

- 需要增強NFV ISG定義的接口（MANO和NFVI），以便為VNF的設計者提供靈活的選擇，例如，提供通用平台服務、管理許多相關VNF組件以及許多VNF組件之間的通信。
- 5G網路功能的虛擬化實現可比傳統的物理實現更快地實例化、終止和版本更新，例如以支持網路切片的按需性質(On-demand)。5G網路功能考慮以下因素，以有效部署和運行彈性的端到端網路切片：
 1. 考慮雲端原生VNF提供的機會，設計5G架構，接口和協議堆疊。
 2. 如果與效能要求兼容，則數據存儲應與處理/邏輯分開，以便容易大規模地擴展功能。
 3. 盡可能減少維護網路功能組件中狀態的需要，以便在沒有服務中斷或短暫服務中斷的情況下實現靈活的擴展或遷移。

Cloud-native Network Functions

4. 定義可以獨立擴展、重用、組合和遷移的功能組件並適用於VNF級別（例如，設計可以輕鬆重用以組成各種網路服務和嵌套網路服務的小型VNF）。
5. 考慮在數據存儲與計算之間進行權衡的技術，以便在運行時優化資源利用率和效能。
6. 識別VNF實例，在生命週期操作期間或在故障條件下自動支持跨location的負載平衡和切換（根據需要）。
7. 按應用程序自定義VNF。通過VNF間通信或配置更改來實現。例如，IoT應用程序想要更改連接服務的防火牆VNF的某些設置。

End-to-end Service Management

- 為不同的客戶提供不同的服務，客戶通過選擇基本網路服務組件組成其專有服務，以滿足他們的特定需求。這就是5G網路切片的意思，切片由跨越網路多個網段的功能組成，從訪問核心以及服務組件。
- 必須考慮不同的部署互通場景，包括與傳統網路互通的場景。此外，現有網路和系統（例如OSS / BSS）必須能夠與新場景一起工作以形成端到端服務交付和服務保證解決方案。
- 須解決的關鍵挑戰為完整管理和編排框架的定義。此類框架應開發和利用NFV功能以及其他自動網路功能，以確保可靠性和服務保證。

End-to-end Service Management

- 選擇和重新選擇（例如選擇MME）等程序的設計須考慮到VNF放置的動態特性。在特定VNF上執行的生命週期操作基本上是動態的，並且可能引入有關VNF的放置和部署的變體。
- 仍需要傳統的FCAPS功能，但複雜性將增加，需要更高程度的OAM功能自動化。網路及服務生產將變得更加自動化，並且即時地進行。
- Note:
 - FCAPS:錯誤管理(Fault Management)、組態管理(Configuration Management)、會計管理(Accounting Management)、效能管理(Performance Management)、安全管理(Security Management)。
 - OAM: Operations, Administration, and Maintenance

Edge Computing

- 支持具有超低延遲要求的服務是5G技術的關鍵。意指5G網路部署為高度分散式系統，對延遲最敏感的網路功能在盡可能靠近終端用戶設備或甚至在此類設備內的服務器上運行。
- 業界正在尋找的是具有相關管理和編排功能的單個分散式NFVI，它適用於5G的所有方面和主流NFV用例。

RAN Cloudification

- NFV應用於端到端的5G網路，包括核心網路和無線電接入網路（RAN），以及網路管理系統。網路虛擬化現今仍專注於核心網路，以支持現有系統的發展。而虛擬化現在進入了RAN領域，因此加速RAN Cloudification是必須的。
- RAN Cloudification有望在靈活性、資源/服務管理和協調等方面為運營商提供前所未有的能力。由於無線電信號處理的獨特特性，包括新的5G的1ms或更短的嚴格延遲要求和大容量計算。

RAN Cloudification

- RAN Cloudification比無線網路的其他功能更具挑戰性，例如：
 - RAN功能拆分和RAN VNF的功能定義。並非所有RAN功能都可以適用於虛擬化並在通用處理器上運行或在數據中心中集中運行，但評估最合適的虛擬化目標並定義具有VNF和PNF的明確標識的RAN架構至關重要
 - 應規定RAN-VNF對NFVI的新要求，因為RAN功能處理具有獨特的功能
 - 應指定RAN要求，特別是接口定義和管理
 - 與RAN相關的管理和編排功能，包括Self Organising Networks (SON)，應發展為與NFV-MANO框架互通
 - 是否需要對MANO的RAN功能擴展進行調查，應考慮RAN特定的功能和要求

Multi-site/domain Services

- 基礎架構即服務 (IaaS)、NFV即服務 (NFVaaS) 和網路服務 (NS) 組合在不同管理域中的支持對於5G工作至關重要，例如無線網路中的漫遊場景。
- 在5G環境中，支持網路切片的NS本身是由不同運營商提供的組合，NS組合的情況將變得更常見。因此需要部署NFVO層次結構，其中負責Parent NS的上層NFVO將委託給較低級別的NFVO來管理嵌套的NS。
- 網路服務涉及部署在不同站點的網路功能，需要跨站點建立虛擬網路連接，並通過廣域網 (WAN)。當在訪問網路中提供支持家庭用戶/服務的VNF時，同時要確保有效使用剩餘資源，NFVO通常依賴於WAN基礎設施管理器 (WIM)。

NFV License Management

- NFV軟體組件的提供商目前提供專有的許可證管理機制，使服務供應和許可證獲取/更新操作變得複雜且容易出錯。它還使處理VNF許可證使用的信息變得困難，以確保能正確實施和管理服務提供商與軟體提供商之間的合作。
- 基於NFV的5G系統的動態特性以及基礎設施的快速重新配置，這些要求很難滿足當今可用的許可機制。因此，為減輕這種動態的基於NFV的5G系統中許可證的複雜性，需要對基礎許可管理機制進行標準化。

- 使用NFV確保安全性的核心目標是在5G部署的各方面實現身份管理、證明、身份驗證和加密
- 面臨挑戰:
 - 全面的身份管理功能，不僅包括漫遊或家庭網路用戶，還包括精確定位硬體和軟體組件的方法
 - 一組與安全相關的指南，用於通過建立公共安全基礎和通過網路片隔離以及識別和阻止惡意流量來解決網路切片問題
 - 禁止未經授權的來源使用內存檢查的功能，同時利用內存檢查功能來提高虛擬化網路功能的安全性
 - 安全管理、證明和敏感組件控制的整合（例如合法攔截），進入運營和管理系統。這將提供動態鏈接安全服務並自動部署安全配置的能力。

Reliability

- 彈性要求包括服務可用性、故障管理、預防、檢測和恢復。用例包括：無狀態和有狀態服務的彈性、VNF位置的網路透明度、回復和搶占、VNF的空間分佈、服務鍊和服務連續性。
- 5G增加複雜部署方案的發生，使彈性機制變得複雜，例如：
 - 某些5G系統中VNF和物理網路功能（例如某些RAN功能）的共存，可能在SDN元素的控制下耦合，增加了端到端彈性的複雜性
 - 跨網路切片實現中涉及的網路服務故障傳播的可追溯性變得具有挑戰性
 - 需要多個協調者之間的協調。

Reliability

- 遵循雲端原生設計原則（如軟體組件化）的網路功能從端到端的角度提高了網路服務的整體容錯能力。
- 當發生硬體或軟體故障時，雲端原生方法有助於重新啟動小型輕量級組件，與重新啟動大型VNF相比，恢復時間更短。此外，VNF以某種方式進行組件化，使其能夠在降級模式(Degraded mode)下繼續履行其角色，以防一些非關鍵組件發生故障。

Scalability

- 5G用例和Edge Computing使NFV架構具有大規模可擴展性。5G網路將由大量的分散式計算節點組成，例如，每個家庭可以託管運行5G VNF和應用程序的計算節點。
- 現今虛擬基礎架構管理器（VIM）無法實現這種程度的可擴展性和分發。因此，一個關鍵挑戰是開發VIM架構和實現，這些架構和實現具有大規模可擴展性，同時又具有開放性和靈活性，足以應對未來的5G應用。

06 優勢與挑戰



優勢

- 通過設備合併、借用IT的規模化經濟，減少設備成本、能源開銷。
- 縮短網路運營的業務創新週期，提升投入市場的速度。
- 網路設備可以多版本、多租戶共存，且單一平台為不同的應用、用戶、租戶提供服務，允許運營商跨服務和跨不同客戶群共享資源。
- 基於地理位置、用戶群引入精準服務，同時可以根據需要對服務進行快速擴張/收縮。
- 促進開放，將開放虛擬裝置給純軟體開發者、小商戶、學術界，鼓勵更多的創新，引入新業務，更低的風險帶來新的收入增長。
- 利用標準服務器和存儲中的電源管理功能，以及工作負載整合和位置優化，降低能耗。例如，依靠虛擬化技術，可以在非高峰時段（例如隔夜）將工作負載集中在較少數量的服務器上，以便可以關閉其他服務器或將其置於節能模式

挑戰

- 實現高性能的虛擬化網路設備
 - 可在不同的硬體供應商之間移植，並具有不同的虛擬機管理
- 與基於定制硬體的網路平台共存
 - 實現到完全虛擬化網路平台的高效率遷移路徑
- 虛擬網路設備的管理和編排
 - 確保安全免受攻擊和錯誤配置
- 只有在所有功能都可以自動化的情況下，NFV才會擴展
- 對硬體和軟體故障的適當恢復能力
- 集成來自不同供應商的多個虛擬設備
 - 網路運營商需要能夠“混合&搭配”硬體
 - 來自不同供應商的管理程序
 - 來自不同供應商的虛擬設備

1. <https://wimade.wordpress.com/2016/05/09/%E7%B6%B2%E8%B7%AF%E5%8A%9F%E8%83%BD%E8%99%9B%E6%93%AC%E5%8C%96network-functions-virtualization-nfv/>
2. <https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messagess/contents.aspx?&MmmID=654304432122064271&MSID=654535310515120532>
3. <http://221.179.172.81/pdf/3CEAB89FA5A449AABE7497AA8D9C3EE3.pdf>
4. https://www.cse.wustl.edu/~jain/cse570-13/ftp/m_17nfv.pdf
5. <https://www.etsi.org/technologies/nfv>
6. <http://www.dca.fee.unicamp.br/~chesteve/ppt/NFV-Full-IM15-Final-Screen-v150412.pdf>