

SDN App Store 分析

鄒永樑¹ 林盈達¹ 賴源正²

¹交通大學資訊工程學系 ²臺灣科技大學資訊管理系

Email: yungliang1992@gmail.com, ydlin@cs.nctu.edu.tw, laiyc@cs.nctust.edu.tw

September 18, 2015

摘要

SDN (Software-Define Networking) 架構中，控制層 (Control Plane) 中的控制器 (Controller) 與運行於其內或上的軟體應用程式 (App) 扮演著定義網路功能的重要工作，SDN 架構若持續被廣泛應用，SDN App Store 亦會擁有極大的需求。本篇報告針對 SDN App Store 進行討論，包括與手機 App Store 之差異、SDN App Store 架構與 SDN App 之分類與特性的比較，而在實驗中，以目前唯一推出啟用的 HP SDN App Store 做為測試對象，模擬使用者步驟，挑選數個 App 實際透過 mininet 與 Open vSwitch 等工具架設所需環境，加以測試其功能並提出觀察。整體而言，HP SDN App Store 在現階段僅能搭配自家的 HP VAN SDN Controller 使用，App 數量在本研究執行的幾個月間並無明顯提升，且實際使用發現，App 上架前之檢查工作似乎不甚嚴謹，以致 App 存在格式問題或執行錯誤，且亦缺乏相關支援文件；然而 HP SDN App Store 亦於近期新增支持 OpenDaylight Controller 的 App 類別，可窺測其亦在持續改進，使之可支援的應用範圍更為廣闊。

關鍵字：SDN、App Store、HP

1. 簡介

SDN (Software-Define Networking) [1] 為網路雲端化的成果，而何謂網路雲端化？為何會分展出 App Store 呢？以下將介紹網路雲端化的種類及 App Store 的需求及其優勢。

1.1. 網路如何雲端化

Control Plane 雲端化：SDN

SDN 是將網路設備中的控制層 (Control Plane) 與資料層 (Data Plane) 分離，由控制器 (Controller) 集中管理 Data Plane，而 Data Plane 中的網路設備僅需負責處理封包的傳遞作業。在 Controller 中以應用程式 (App) 的形式定義不同的網路行為，促使底層的 Data Plane 具有不同的網路功能，透過此 SDN 架構，在不更換

網路設備的情形下，即能快速部署不同的網路環境，集中式的 Control Plane 亦能較以往節省部署網路環境的時間與人力，真正達成雲端虛擬化的目的。

Data Plane 雲端化：NFV

NFV (Network Function Virtualization)[2]目的為降低網路功能(如 NAT、DNS、firewall)與硬體設備之間的依附關係，利用虛擬化技術，使網路功能也可以用軟體實作，脫離專屬的設備，能夠依照需求遷移或部署於網路上各個地方，不需不斷地建置新的硬體設備，有效地利用有限的機房空間，同時也免去以往使用專屬設備所面臨的使用年限問題。

1.2. 為何需要 App Store ?

SDN 將 Control Plane 與 Data Plane 分離，決定網路行為的控制權交由 Controller 與提供不同功能的 App 來決定，用以因應不同的網路需求，以軟體的形式提供不同的網路服務，因此在 SDN 架構下，設備商將不再是提供特定功能的網路設備，取而代之的為 App 運行於 Controller 或是 VM 上。

而若有一個平臺用以彙整這些散佈各處的 App，對使用者來說，僅需透過少數幾個平臺即能找到需求，且 App Store 的管理者基本上皆會訂定一些規範，用以確保上架 App 的品質，對於足以影響到整個網路環境的 SDN 架構，亦是個保障；對開發者來說，提供一個公開的銷售平臺與展示空間，亦能吸引更多的開發者參與。

接下來的章節中，將依序對於 SDN App Store、SDN App 進行介紹，並針對 HP SDN App Store 說明其運作架構及其內 SDN App 的分類整理，並依挑選的 App 實際進行測試，歸納出測試與觀察的結果，最後則為本文做出結論。

2. SDN App Store 介紹

App Store 的機制，目前已廣泛應用於智慧型手機當中，使用者僅需開啟手機上的 App Store 即可下載並使用不同功能的 App，相當方便；而 SDN App Store 其想法概念基本上與之相仿，但因 App 類型、運作環境、使用目的及服務對象差異甚大，以致牽涉更加複雜的互動行為。

2.1. App Store 之差異

SDN App Store 生態系統中，無論 SDN App 亦或是 SDN Controller 皆須於 VM 上運作，因此相較於 Mobile Phone App Store 的生態系統，SDN App Store 生態系統中明顯地如圖 1(a)所示，有著一個 Operator (ISP)的角色存在，用以提供使用者 VM 服務，而若 Operator 同時與 SDN App Store 合作，使用者亦可直接向 Operator 訂閱需要的 App 並直接部署於 VM 上使用，省去了包括分開付款及另外部署 App 的麻煩；使用者亦可自行向 SDN App Store 購買再另外進行安裝部署作業。而 Mobile Phone App Store 相對簡單許多，如圖 1(b)，使用者僅需擁有一

臺支援 Android 或 iOS 作業系統的手機裝置，即可下載 App 逕行安裝與使用。

如表 1 所示，SDN App 與 Mobile App 面對的對象也完全不同，前者的目標主要為整個企業的網路，而後者僅為個人的手機裝置，因此在安全性的門檻需有截然不同的標準。「SDN App Store: My Network is not a phone」[4]一文中即提及若是 Mobile App 存在著某些漏洞，影響的頂多是個人；但相同情況若是發生於 SDN App，因其牽涉的可能為整個企業的網路架構、企業機密等，影響甚劇，因此在 SDN App Store 的實際運作上來講，必將擁有較嚴謹的規範，以取得使用者的信任。而 SDN App Store 如前述提及，因運行環境需求，存在 Operator 的角色，在整個生態系統中，不管是金流或是角色互動上，均較 Mobile Phone App Store 更顯複雜。

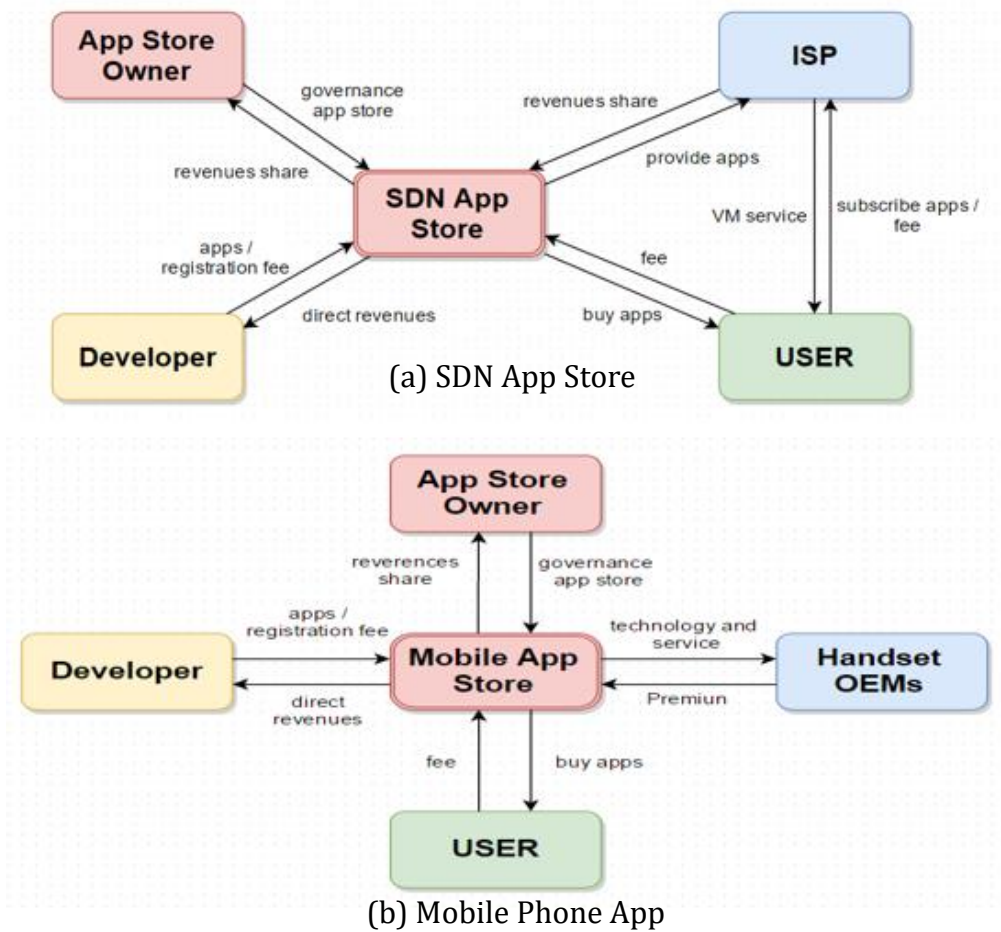


圖 1：App Store 生態系統[3]

表 1：SDN App Store 與 Mobile phone App Store 比較

	Object (user)	Location for app running	Revenues share	Complexity
SDN App Store	Entire business	Controller / VM	Owner, Developer, Operator	High
Mobile App Store	One person	Mobile phone	Owner, Developer	Low

2.2. SDN App Store 架構

SDN App Store 架構如圖 2 所示，主要概念為一個充斥著 App 的容器，並提供一使用者介面，供使用者可以進行瀏覽與購買，或開發者進行 App 的上架動作。而 SDN App Store 亦可與 Controller 配合，當使用著訂閱 App 時，即自動下載至使用者所屬的 Controller 上，以方便直接進行部署的動作。

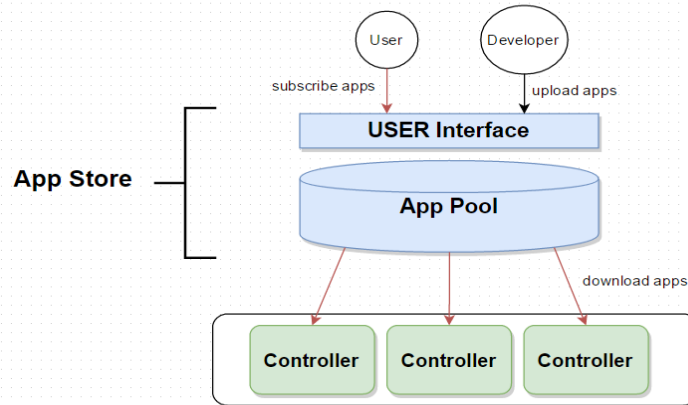


圖 2：SDN App Store 架構

2.3. SDN App 介紹

如表 2 所示，SDN App 依其執行環境，可區分為須依附於 Controller 上執行的 Internal App 與於 Controller 外部 VM 上執行的 External App。兩者主要的差異在於：Internal App 顧名思義需執行於 Controller 上，因此需使用與 Controller 相同之程式碼進行開發，且因 Controller 對於各個被導入的封包皆需做出回應處理，自然運作於其上的 App 與之存在著高度的溝通頻率，以設定對應的網路行為，相對地 Internal App 的延遲性與複雜度必須降低，否則將可能使 Controller 處於死結的狀態，造成網路傳遞的阻礙；External App 則執行於其他 VM 上，透過 Northbound APIs[5]與 Controller 進行溝通，可處理較為複雜的運算與執行動作，可忍受的延遲也相對寬裕。

而在 App 的行為上，又可區分為 Reactive 與 Proactive 兩類[6]，前者在於底層設備的 Flow Entry 或 Configuration 經常會因 Control Plane Packet 的影響而改變；後者 Forwarding Rule 的決定，則主要為受到外在影響(如：Traffic load changes, modification to prioritization requirements)時，主動地做出反應。App 在開發的過程中，Internal App 可設計成具有 Reactive 或是 Proactive 的特性，但 External App 通常僅較適合設計為具有 Proactive 的特性，因其與 Controller 溝通需透過 REST API，就不適合頻繁的處理工作。

表 2：SDN App 執行環境特性比較

Execution Environments	Interaction Frequency	Latency	Complexity	Suited App Class
Internal	high	low	low	reactive/proactive
External	low	high	high	proactive

3. HP SDN App Store

3.1. 架構與運作方式

HP App Store[7]為目前唯一專門為 SDN 所推出的 App Store。提供使用者一個可以瀏覽、購買與直接下載、部署 SDN App 的空間。如圖 3 流程，使用者利用瀏覽器即能存取 HP SDN App Store，並可直接訂閱(購買)App，且若為 Internal App，利用帳號連動亦會自動下載至使用者所屬的 HP VAN SDN Controller 上，點選即可完成 App 的部署，然而實際使用之經驗上，發現部分 Internal App 仍需手動下載後再另行上傳、部署至 Controller，此情況推論為開發者未依規定之格式上傳檔案所導致。而若是 External App，則仍需下載後，另行部署於 VM 上，再透過 REST API 與 Controller 間進行溝通運作。

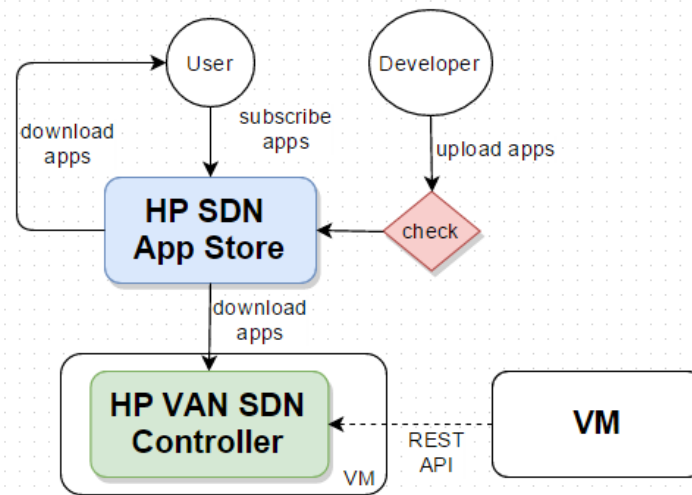


圖 3：HP SDN App Store 使用流程

至於 App 重要的來源—開發者，現階段僅與允許 HP 及其合作夥伴與社群為主，根據官方文件的說明，目前 App 的上架需透過 HP SDN Team，並經過一些簡單的審核，再由 HP SDN Team 發布於 HP SDN App Store。而前段推論，開發者可能因為未按規定上傳檔案，導致 Internal App 無法自動直接下載至 Controller 一事，由此可以推測，因目前開發者皆由 HP 及其合作夥伴為主，因此所謂的「簡單的審核」可能也流於形式，步驟相對鬆散許多。

3.2. 各類型 App 功能比較

目前 HP SDN App Store[8]內共有 Security, Optimization, Orchestration, Tools and Utilities 與 ODL Controller and apps 五大分類，共有約 20 個 App。其中，大部分 App 分布於前三大類，並僅能與 HP VAN SDN Controller[9]搭配使用；而 ODL Controller and Apps 為近期所新增之類別，專門用以提供支援 OpenDaylight Controller 的 App。

Security Apps

表 3 為針對 Security Apps 進行比較，可發現主要功能為針對 DNS 封包進行偵測與避免 DNS tunnel，用以防止存取具危害的網路資源或逕至規避企業所設置的網路規則。

Optimization Apps

表 4 為 Optimization Apps 比較，依其目標可再細分為 Server Load Balance 與 Network Load Balance。前者依據封包內 L4/L7 的 Application Signature 進行判斷，或將原有的 L4/L7 optimizer 設備，配合 SDN 架構，獲取各路徑的 QoS，進一步達到負載平衡；後者則大多以封包可能的傳遞路徑上的 QoS (L2 routing, best path routing...) 為目標，下達 Flow Entry 至 Switch，選擇最佳路徑。

表 3：Security Apps 比較

	Execution Environments	Functionality	how it works
HP Net Protector[10]	Internal	Threat protection	Redirect DNS traffic.
BlueCat DNS Director[11]	Internal	<ul style="list-style-type: none"> Threat protection Prevent DNS tunneling 	Redirect DNS traffic destined for non-corporate servers.
FireSphere Threat Isolator[12]	Internal	Threat protection	Receive command from its relative tools.

表 4：Optimization Apps 比較

	Execution Environments	Target	how it works
Load Master-SDN Adaptive-ESXi[13]	Internal	server	Infrastructure (L2/L3) congestion aware.
TechM Server Load Balance[14]	Internal	server	Based on application signatures (L4/L7).
HP Net Optimizer (for Microsoft Lync) [15]	Internal	network flow	Deploy QoS policy.
TechM SFS (Smart Flow Steering) [16]	Internal	network flow	<ul style="list-style-type: none"> DPI. Injects measurement traffic.
Avni Software Defined Cloud - Load Balancer	Internal	network flow	
ADARA Comet SDN Virtual WAN Optimizer[17]	External	network flow	Set rules to steer the desired traffic.

Orchestration Apps

表 5 為 Orchestration Apps，主要功能為可利用 App 內提供的 Template 預設一些規則條件，當網路條件改變達到所設定之情況時，則會主動做出對應的處理。例如：當所有的 VM 皆達到 95% 的負載，此情況發生時，App 會自動開啟數個新的 VM 用以分擔負載，以提升整體的效能。

綜合上述三大類 App，加以比較並驗證其與表 2 提及之適合的 App 特性是否相符，見表 6 可發現，Security Apps 與 Optimization Apps 多具有 Reactive 的特性，Controller 需依據各個 OpenFlow 封包決定網路行為，因此延遲不可過久，大多設計成 Internal App；而 Orchestration Apps 則具有 Proactive 特性，當外部事件發生時，才 App 主動回應，相較之下與 Controller 溝通頻率較少、延遲時間較長，因此設計為 External App。基本皆符合 SDN App 設計的規範。

表 5：Orchestration Apps

	Execution Environments	Functionality	how it works
ADARA Hercules SDN Orchestration System [18]	External	Configuration and management.	Execute when the condition value exceeds threshold.
Hyperglance - Unified IT Insight & Control[19]	External	Multi-dimensional, interactive 360 ⁰ topology.	Controller output the default flows.

表 6：HP App Store 主要 App 類別比較

Application Category (#)	Application Environments	
	Internal	External
Security (3)	✓	
Optimization (6)	✓ (5)	(ADARA Comet SDN Virtual WAN Optimizer)
Orchestration (2)		✓

4. HP SDN App Store App 測試

本次測試旨在試用 HP SDN App Store，並至 Security 與 Optimization 類別中挑選三個 App，從 App Store 內下載、安裝 HP VAN SDN Controller、依各 App 需求架設所需之環境，到完成部署 App 親自使用，用以模擬使用者真實的使用步驟，目的為檢驗各 App 所描述之功能與實際使用之結果是否一致，並提出對於整個過程得到的觀察。

4.1. Security Apps 測試結果

Test Bed

圖 4(a)為 HP Net Protector 實際測試之架構，此 App 的功能為將使用者的 DNS Query 與 HP RepDV Database 進行比對，以防止存取到具有危害的網頁；圖 4(b)為 BlueCat DNS Director 實際測試架構，此 App 目的在於防範 DNS tunnel 的情況，僅允許區域內的使用者向預先設定之 DSN Server 進行網與名稱的解析。

兩者之測試架構均相當簡單，App 運作於 HP VAN SDN Controller 上，而 Controller 連接著一個由 mininet 所模擬的 OpenFlow Switch，使用者藉由瀏覽網頁模擬上網的過程，並利用 Wireshark 監聽並統計所有經過 OpenFlow Switch 的封包數，再藉由 HP VAN SDN Controller 中內建的 OpenFlow Trace 功能查看所

有被導入 Controller 的封包類型，加以分析。

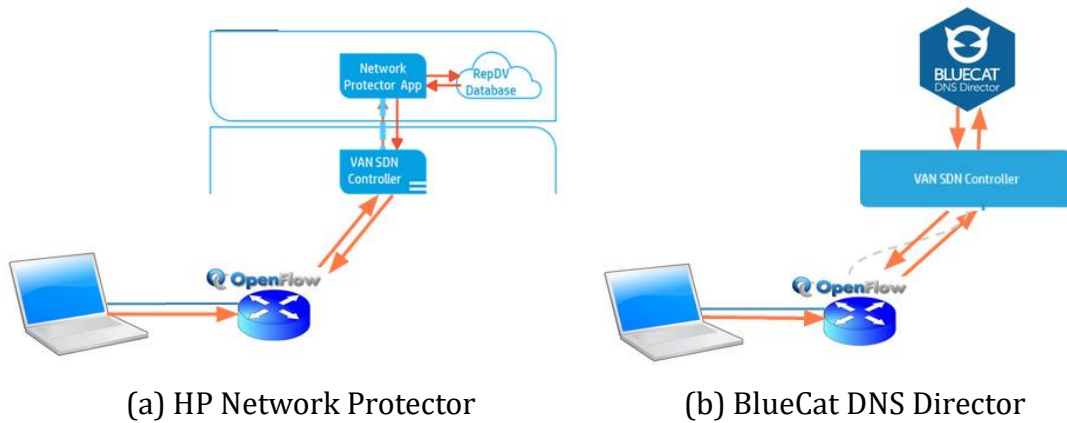


圖 4：Security Apps Test Bed

測試結果

在 Security Apps 測試的過程中發現，兩項待測的 App 均將 DNS 封包視為 Controller Plane Packet，並透過 Flow Entry 的規則導入 Controller 中，其占整體封包的比例約為 1%~2.5%，數據如表 7 所示。而在測試過程中亦發現 DNS Cache 可能影響一定時間內重複存取相同網站的測試結果。且在存取網站時，網站中可能存在著數個 URL，並皆需進行 Domain Name Resolution，以至於測試結果中出現較多的 DNS 封包。

表 7：Security Apps 測試結果

	HP Net Protector	BlueCat DNS Director
Test Environment	OS: Ubuntu 14.04 LTS Controller: HP VAN SDN Controller 2.5.15 Switch: mininet (OpenFlow 1.3)	
Packets	3990	1366
Packets Rx by Controller (Packet In)	98 (all are DNS packet)	13 (DNS, ARP)
%	2.5%	1%

4.2. Optimization Apps 測試結果

Test Bed

圖 5 為 TechM SFS (Smart Flow Steering) 實際測試之架構，根據其安裝說明將 App 部署於另一 VM 上運行，並透過 REST API 與 Controller 進行溝通，而 Controller 下轄一簡單的環狀拓撲，用以模擬 Multipath 的情況，目的為觀察其路徑的選擇方式。此 App 功能為會自動從 Source Switch 產生測試封包至所有拓撲上的路徑，並自 Destination Switch 接收，以偵測各路徑的 QoS 數據，並提供封包最佳化的路徑導引。

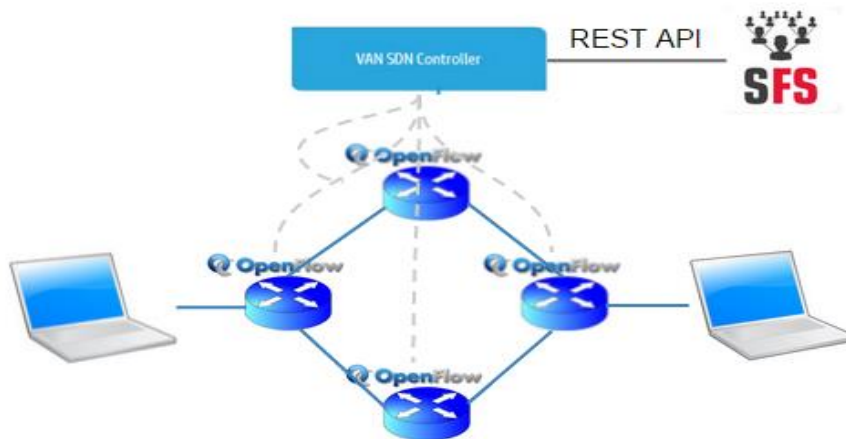


圖 5：TechM SFS (Smart Flow Steering) App Test Bed

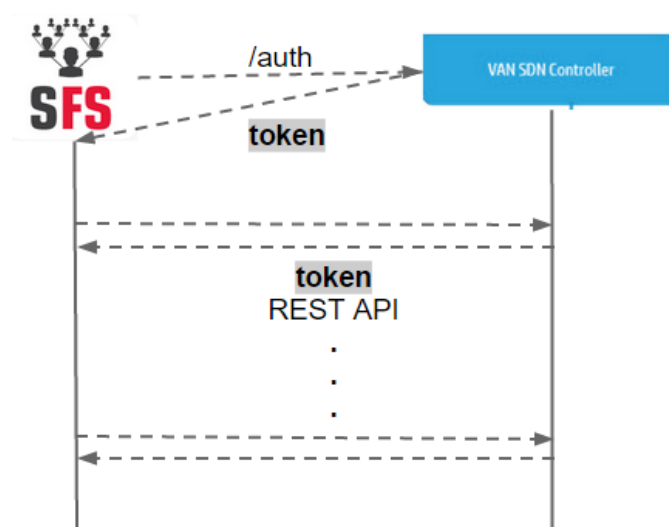


圖 6：HP VAN SDN Controller REST API 示意圖

測試結果

此 App 為 External App，理應透過 REST API 與 Controller 進行訊息的交換，然而在實際的測試過程中，指定完成 Controller 所在的 IP 位置，最後設定欲傳送與接收測試封包的 switch 及對應的 port 後，App 成功執行，不久卻出現「peer certificate cannot be authenticated ...」等錯誤訊息，此一錯誤訊息查找發現為 App 欲透過 REST API 向 Controller 取得下轄 Datapaths 的過程中出現認證上的問題，以致無法繼續後續的執行動作。而根據「HP VAN SDN Controller REST API Reference」[20]中說明，所有 REST API 連線之建立需先透過「/auth API」取得「X-Auth token」，且所有須經認證的 REST API Request 皆須附帶有合法的「X-Auth token」，示意圖詳見圖 6。但對於所有此 App 的 Config. file 內，均無發現關於此認證問題的設定可以著手，其 App 原始碼亦經加密設定無法查看，因此僅能就現階段發現之問題提出的推論，此 App 在 REST API 的請求過程中，可能忽略的先行認證的步驟，以至於此情況的發生。

5. 結論

本篇報告，透過實際使用 HP SDN App Store 並挑選部分 App 進行測試，歸納出以下結論：

HP SDN App Store：

1. 共有五大類 App，分別為：Security、Optimization、Orchestration、Tools and utilities 與 ODL Controller and Apps。約 20 種 App。
2. 目前 HP SDN App Store 內的 App 主要支援 HP VAN SDN Controller，但已有規劃支援 OpenDaylight Controller App 的專屬類別。
3. 同為 Internal App，但有些卻在訂閱後無法自動顯示於 Controller 中，推測應為開發者上傳格式問題。App 上架檢查作業略微鬆散，原因可能為現階段僅提供 HP 及其合作夥伴與社群為主要的開發人員，為相對封閉的開發圈。
4. 目前 HP SDN App Store 內皆未發現具有 NFV。

App 測試結果：

Security Apps

5. Network Protector、DNS Director 均將 DNS 封包視為 Control Plane Packet，並透過 Flow Entry 的規則導入 Controller 中，其占整體封包的比例約為 1%~2.5%。
6. 在網站的存取當中，可能存在數個 URL，並皆需進行 Domain Name Resolve，以至於測試結果中出現較多數量的 DNS 封包。

Optimization Apps

7. TechM SFS 為 External App，皆須透過 REST API 與 Controller 進行溝通，但實測發現，其在 REST API Request 的過程中缺少了認證的步驟，即直接進行 Request，以致出現拒絕存取的問題，無法接續測試。
8. 半數的 Optimization Apps 須搭配其他 modules 或 device(optimizer) 才能使用。

參考資料

- [1] Kreutz, D., Ramos, F. M., Esteves Verissimo, P., Esteve Rothenberg, C., Azodolmolky, S., & Uhlig, S. (2015). Software-defined networking: A comprehensive survey. proceedings of the IEEE, 103(1), 14-76.
- [2] "NFV and SDN: What's the Difference?",
<https://www.sdxcentral.com/articles/contributed/nfv-and-sdn-whats-the-difference/2013/03/>
- [3] "How Apple Inc. (AAPL) iOS And Google Inc. (GOOG) Android Grew Exponentially: The Trends Of Mobile Ecosystem",
<http://dazeinfo.com/2014/07/10/apple-inc-aapl-ios-google-inc-goog-android->

- [growth-mobile-ecosystem-2014/](#)
- [4] “SDN App Stores - My Network is not a phone”, <http://lkhill.com/sdn-app-stores/>
 - [5] “What are SDN Northbound APIs?”,
<https://www.sdxcentral.com/resources/sdn/north-bound-interfaces-api/>
 - [6] “SDN Applications”, <https://github.com/BRCDCcomm/BVC/wiki/SDN-applications>
 - [7] “Brochure-Developing made easy”,
<http://www8.hp.com/h20195/V2/GetDocument.aspx?docname=4AA4-9419ENW&cc=us&lc=en>
 - [8] “HP SDN Showcase”, <https://hpn.hpwsportal.com/catalog.html#/Home/Show>
 - [9] SDN Dev Center, <http://www8.hp.com/us/en/networking/sdn/devcenter-index.html>
 - [10] HP Network Protector SDN Application-1.3 Administrator Guide
 - [11] “Solution brief-Central DNS security, globally delivered”,
<http://h20195.www2.hp.com/V2/GetDocument.aspx?docname=4AA5-1456ENW>
 - [12] “Solution brief -Stop infections inside the network perimeter”,
<http://h20195.www2.hp.com/V2/GetDocument.aspx?docname=4AA5-6134ENW&cc=us&lc=en>
 - [13] “Solution brief- Power a more intelligent network”,
<http://h20195.www2.hp.com/V2/GetDocument.aspx?docname=4AA4-5984ENW&cc=us&lc=en>
 - [14] “Solution brief-Catapult performance”,
<http://h20195.www2.hp.com/V2/GetDocument.aspx?docname=4AA4-5984ENW&cc=us&lc=en>
 - [15] HP Net Optimizer SDN Application-Microsoft Lync 1.3 Administrator Guide
 - [16] “Solution brief-SDN Smart Flow Steering”,
<http://h20195.www2.hp.com/V2/GetDocument.aspx?docname=4AA5-6291ENW&cc=us&lc=en>
 - [17] “Solution brief-SDN virtual WAN optimizer”,
<http://h20195.www2.hp.com/V2/GetDocument.aspx?docname=4AA5-6108ENW&cc=us&lc=en>
 - [18] “Solution brief-Streamlined IT policy management for SDN”,
<http://h20195.www2.hp.com/V2/GetDocument.aspx?docname=4AA5-6109ENW&cc=us&lc=en>
 - [19] “A visibly difference”, http://www.hyperglance.com/wp-content/uploads/2015/08/HyperglanceDatashet_Final1.pdf
 - [20] “HP VAN SDN Controller REST API Reference”,
<http://h20564.www2.hpe.com/hpsc/doc/public/display?docId=c04647295>