

TWAREN SDN 虛擬專用連線管理系統

周大源 胡仁維 黃文源 劉德隆

財團法人國家實驗研究院 國家高速網路與計算中心，台南，台灣，中華民國

E-mail: {1203053, hujw, wunyu, tliu}@narlabs.org.tw

摘要

本論文展示在 TWAREN SDN 虛擬專用連線服務之管理系統。TWAREN SDN 虛擬專用連線服務係以 Layer 2 OpenVirtex 為核心。而 OpenVirtex 本身以軟體定義網路為基礎，能夠以指令方式建立多重用戶，並配置虛擬專用連線。承接先前所開發的 Web-UI 供裝系統，本團隊擴充系統的管理功能。同樣以 LAMP 架構為基礎，並搭配前端的圖形化介面，讓管理者能夠快速掌握資訊，達到易用、易操作的效果。在網路發生問題時，也能夠快速重建，讓使用者能夠使用更穩定的服務。在原有的 Layer2 OpenVirtex 供裝之外，本系統也提供一個視覺化的使用者介面，讓管理者可以互動方式將 flow entry 寫入到交換器中，讓備援的 SDN 網路得以建立。

關鍵詞：軟體定義網路、OpenVirtex、網路管理

1. 前言

針對全球性雲端供應商而言，為提供更有效的企業級雲端服務，紛紛購置更大量的運算用伺服器，並考量成本低廉、管理便捷、政經情勢穩定等等因素，陸陸續續將更多資料中心 (Data center) 的進駐於世界各地。然而，為了要能夠管理數量日漸擴增的雲端伺服器，若是雲端服務提供者必須透過現有網際網路通訊協定，勢必會有 IP 位址不足、管理不易等等問題。因此，採用更有效的管理方式是必須的。

軟體定義網路 (Software Defined Networking, SDN) 技術已經受到許多雲端服務提供者所採用。此技術將 control plane 與 data plane 分開。Stanford 大學的一項計畫提出新的網路設備溝通協定，稱為 OpenFlow [1]。此計畫將 control plane 自網路設備中抽離至另外一部伺服器中，稱為 controller。透過 TCP 或 SSL 連線，即可利用 OpenFlow 協定與 SDN 交換器溝通。因此，SDN 交換器只需要注重在資料轉送部份，而控制部份則位在伺服器上，以軟體方式實作。

而 OpenVirtex [2] 是以 OpenFlow 協定為基礎的虛擬網路作業系統。它位於實體網路設備與 controller 之間，主要功能是進行控制器與實體網路資源間的配置與調度。OpenVirtex 本身有兩個主要的轉換程序，稱為 virtualize 與 devirtualize。當底

層的實體網路資源有封包要送至 controller 時，OpenVirtex 會透過 virtualize 程序，根據條件送至指定的使用者 controller。另一方面，若上層的使用者程式要寫入 flow entry 至底層的網路設備，OpenVirtex 就會使用 devirtualize 的程序來處理。這些程序都會保證每一使用者的虛擬網路環境不會被其他使用者影響。

本團隊在先前的研究 [3] 中曾經提出以 OpenVirtex 為基礎的動態虛擬網路供裝系統，改善原本 OpenVirtex 僅能修改 Layer3 欄位的交換器的不足，進一步使原本的 OpenVirtex 適用於硬體式的網路交換器。為了改善 OpenVirtex 軟體本身操作上的問題，本團隊亦開發一套 Web GUI 版本的虛擬網路供裝系統[4]，並進行高速傳輸測試[5]。其特色有：

- 1) 以 Web GUI 介面的方式取代指令輸入，無需記憶大量指令。
- 2) 以管理者點選方式取代資料輸入，避免資料輸入錯誤。
- 3) 以圖形界面顯示網路 topology，取代大量 JSON 資料，讓管理者更能在短時間內掌握網路狀態。
- 4) 結合資料庫功能，各類資訊可以額外登載，也可以藉由系統自動參照，方便管理者識別用戶資訊、節點資訊、port 資訊。

為了更進一步地研究軟體定義網路技術，本團隊透過開放使用實驗性質服務方式，以實際使用案例的方式落實 SDN 應用。透過長期觀測，以及與使用者互動等等方式來找出問題並解決問題。因此，本團隊於今年推出 TWAREN 虛擬專用連線服務，提供學研單位進行點對點虛擬專用連線。該服務以 Layer2 OpenVirtex，以及多部 controller 等等來管控資源。

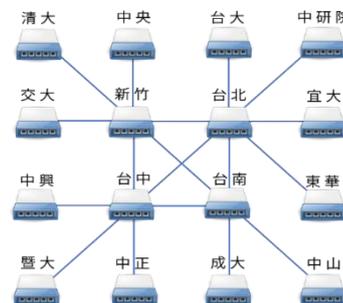


圖 1 TWAREN 虛擬專用連線 topology

配合105年本中心所進行的 TWAREN 100G 骨

幹升級作業[6]，本中心於 TWAREN 的4個骨幹節點與12個區網節點佈建 SDN 交換器。其間之資料路徑由 TWAREN 骨幹的 VPLS 服務來實現。其架構如圖1所示：

本服務已經投入多項應用，例如：

- 1) 本中心台中分部與美國西北大學 ICAIR 實驗室之間的 DTN 線路。
- 2) 與國立交通大學共同進行 SDN-IP 網路介接，並與日本、韓國等多個學研單位進行連線。
- 3) 106年8月，本中心提供 TWAREN SDN 虛擬專用連線，與使用與中華電信研究院、工研院、資策會等單位一同進行世大運影音轉播 [7]。

在實際提供服務時，最重要的需求就是能夠穩定性，儘量讓使用者能夠擁有穩定的網路品質。然而，若是發生外力因素干擾，亦希望能夠快速恢復，讓使用者能夠從斷線中快速恢復。例如在 106年8月15日發生的全台灣大停電事件[8]，造成多處網路設備中斷服務，也導致多處網路斷線。在這樣的情況下，管理者勢必得花費更多心力來檢查錯誤、排除故障。因此，一套完整的管理系統就顯得更加重要。

最常被引用的是 1989 年發表的 ISO 7498-4 號文件。此文件將網路管理規劃成五個項目：

- 組態管理 (Configuration Management)
- 故障管理 (Fault Management)
- 效能管理 (Performance Management)
- 安全管理 (Security Management)
- 計量管理 (Accounting Management)

本研究主要著重於組態管理、故障管理，以及效能管理。

在組態管理中，包含所有管理範圍內的軟硬體設定檔案、設定值都要能夠妥善管理、備份。對應到系統中的部份，如每一個 tenant 的資訊、port 連線資訊、VLAN ID 資訊等等，都要妥善記錄、保存。

在故障管理方面，最理想的目標，是確保系統不故障。若無法達到這樣的要求，就要能以最短的時間、最小的成本來解決故障問題。其中一種方式，就是要記錄事件的成因、解決方案，確保下次發生問題時可以用最快的方式解決。另外，定期針對組態設定檔進行備份，於故障發生後可以快速恢復，也是故障管理的一部份。

如果 tenant 需要進行重建，透過歷史資料庫可以快速進行回復。另外，在效能管理方面，確保網路的效能在理想範圍內，也是故障的預防。可以針對回應時間、流量、正確率、線路使用率等等進行效能量測。這項監控可以透過安裝 MRTG 軟體進行即時監控來完成。

本研究的第 2.節中會先探討相關的研究與技術。在第 3.節中，我們針對 TWAREN SDN 虛擬專用連線管理系統介紹，最後一節則是結論與未來展望。

2.相關研究

本節主要闡述相關研究與技術。包含軟體定義網路、OpenVirtex，以及 Layer 2 的 OpenVirtex。

2.1 軟體定義網路 (Software Defined Networking)

軟體定義網路的概念如圖 2 所示。這一個 SDN 的網路由一部 SDN 的控制器(Controller)來主控兩部 SDN 交換器，如圖 2 中的 switch_A 與 switch_B。兩部 SDN 交換器經由安全通道，以 OpenFlow 通訊協定與交換器傳遞並接收控制資訊。而在兩部交換器之間的通道稱之為資料路徑(data path)，用以轉送資料封包。資料路徑可以用實體線路或是 VPLS[9]達成。

假設在兩部交換器下有數部 host 連接，包含圖中的 host_{A1}、host_{A2}、host_{B1}，以及 host_{B2}。當 host_{A1} 要與 host_{B1} 進行連線，則由 host_{A1} 先向 switch_A 發出 request。而 switch_A 收到 request 後，會向 controller 提出要求以查詢 host_{B1} 的路徑。於是，controller 會向所屬的所有 switch 發出查詢要求，藉以瞭解 host_{B1} 所屬之交換器。

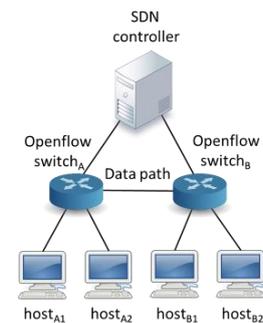


圖 2 Software Defined Networking 概念圖

此時，switch_B 會回應 controller，host_{B1} 為其所屬之 host，因此 controller 會將此路徑資訊再回傳給 switch_A，將查詢到的路徑資訊寫入其擁有的 flow table。因此，從 host_{A1}→switch_A→switch_B→host_{B1} 的路徑便得以開通、資料轉送也得以啟動。

2.2 OpenVirtex 與 Layer2 OpenVirtex

OpenVirtex 是一套虛擬網路作業系統。其架構如圖 3 所示，位於 Controller 與 switch 之間，稱之為虛擬層 (Virtualization layer)。原先在實體層 (Physical layer) 的實體交換器群皆改連至虛擬層的 OpenVirtex 軟體。透過此一連線，OpenVirtex 可以協助實體層的交換器連上網路作業系統層 (Network operating system layer) 的任一控制器 (Floodlight、Ryu、OpenDaylight 等等)。

在 OpenVirtex 的指令中，有分為監控 (monitoring) 指令與租用 (tenant) 指令。前者是用來觀察現有網路的狀況，而後者是用以產生虛擬租用的資訊。

常用的監控相關指令：

- `getPhysicalTopology`：可以傳回目前整體的拓樸結構，包含有所有交換器的 DPID、交換器之間的連結(links)。而常用的租用相關指令如下：
- `createNetwork`：宣告一個 tenant，聲明其使用之控制器 IP 位址、Port 編號，以及在此 tenant 中所使用的 IP 網段與 subnet mask，一般是使用 Private IP 網段。
- `createSwitch`：宣告某 tenant 中可以使用的實體交換器有哪些，需手動加入實體交換器的 DPID。在執行此指令以後，會將一部或多部交換器合併，並設定一個虛擬的交換器之 DPID (Virtual DPID, VDPID)。
- `createPort`：宣告哪些實體交換器的 port 開通以供 hosts 來連接。執行完成後，建立後的 port 將會納入虛擬交換器，成為虛擬交換器的 port。
- `startPort`：針對上述虛擬交換器的 port 進行開通。
- `startNetwork`：針對指定的 tenant 進行啟用。
- `stopNetwork`：若暫時不使用某指定 tenant 時，可以先用 `stopNetwork` 暫時將 tenant 關閉。
- `removeNetwork`：將指定的 tenant 永久刪除。

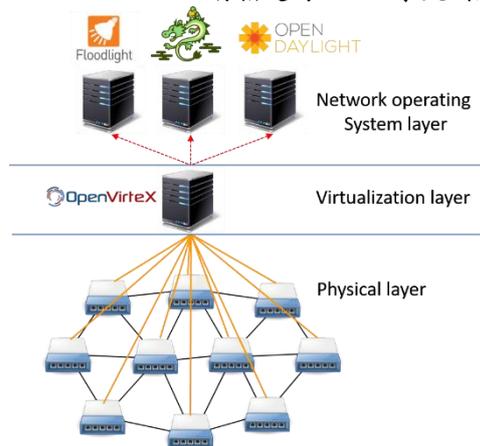


圖 3 OpenVirtex 的架構

本團隊在先前的研究 [3] 中曾經提出以 OpenVirtex 為基礎的動態虛擬網路供裝系統，改善原本 OpenVirtex 僅能修改 Layer3 欄位的交換器的不足，進一步使原本的 OpenVirtex 適用於硬體式的網路交換器。

2.3 Web-UI 供裝系統

Web-UI 虛擬專用連線供裝系統 [4] 是 Web 版本的使用者介面，主要是與 Layer2 OpenVirtex 系統[3] 進行溝通，藉以進行虛擬專用連線的供裝。

如圖 4 Web-UI 虛擬專用連線供裝系統所示，供裝系統的畫面本身分成三個框架。左方為功能表區，右上方是目前的 tenant 列表。而右下方是 TWAREN SDN 的 16 部實體交換器的 topology 圖。交換器圖示本身會顯示節點的代碼，若是兩點間

的 data path 能正常運作，則會顯示一條黃色的連線。這個框架可以即時顯示目前的設備與連線狀況。

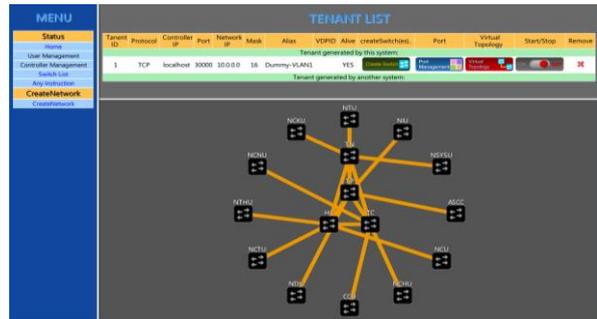


圖 4 Web-UI 虛擬專用連線供裝系統

Tenant ID	Controller IP	Port	Network IP	Mask	Alias	VDPID	Alive	createSwitches	Port	Virtual Topology	Start/Stop	Remove
1	localhost	3000	10.0.0.0	24	alias		YES					
2	6633	10.0.30.0	24	CHITL	00:a4:23:05:00:00:00:01	YES	YES	Port Management	Virtual Topology	Start/Stop	Remove	
3	6633	10.0.30.0	24	CHITL	00:a4:23:05:00:00:00:01	YES	YES	Port Management	Virtual Topology	Start/Stop	Remove	
4	6633	10.0.30.0	24	ITR	00:a4:23:05:00:00:00:01	YES	YES	Port Management	Virtual Topology	Start/Stop	Remove	
5	6633	10.0.30.0	24	WD-C	00:a4:23:05:00:00:00:01	YES	YES	Port Management	Virtual Topology	Start/Stop	Remove	

圖 5 Web-UI 供裝系統的 tenant 列表

如圖 5 所示，供裝系統會顯示目前正在運作中的 tenant 資訊，包含所使用的 tenant ID、所使用的 SDN controller IP 與 port（一般為 6633）。而 Network IP 與 Mask 代表的是在該 tenant 當中所使用的網段。Alias 部份代表該 tenant 的別名。VDPID 代表 virtual datapath identifier，可以用來識別是否將該 tenant 新增了實體交換器。

圖 6 Create Network 功能表單

在左方功能表中按下 Create Network 後，會顯示如圖 6 所示的 Create Network 輸入表單。管理者可以輸入 tenant 所要使用的 Controller IP 與 port、tenant 內的網段，以及管理者所註記的別名。新增 tenant 後，就會在圖 5 中新增一筆 tenant 記錄。

當使用者針對圖 6 的某一筆 tenant 按下 Create Switch 功能時，就會顯示圖 7 的實體交換器選擇表單。圖中所選擇的是台大、交大、台北、新竹四個節點。選定的四部交換器會形成一個 big switch。

在選擇完實體交換器後，便可以點選圖 5 的 Port management 功能。如圖 8 所示，管理者只要選擇虛擬專用連線兩端的 access port 來進行開啟。

在上述設定皆完成後，可以按下圖 9 之 Start/Stop Network 按鈕。紅色表示該連線尚未開通，而綠色表示已經開通。經由上述步驟，就可以將虛擬專用連線建立起來。

<input type="checkbox"/> 中山NSYSU[74:8e:f8:92:1f:d8:00:00]
<input type="checkbox"/> 成大NCKU[cc:4e:24:c4:1c:10:00:00]
<input type="checkbox"/> 中正CCU[cc:4e:24:c4:20:84:00:00]
<input checked="" type="checkbox"/> 台大NTU[cc:4e:24:c4:36:24:00:00]
<input type="checkbox"/> 東華NDHU[cc:4e:24:c4:3f:a4:00:00]
<input type="checkbox"/> 中興NCHU[cc:4e:24:c4:45:7c:00:00]
<input type="checkbox"/> 中研院ASCC[cc:4e:24:c4:8d:74:00:00]
<input type="checkbox"/> 暨大NCNU[cc:4e:24:c4:8e:0c:00:00]
<input type="checkbox"/> 中央NCU[cc:4e:24:c4:95:f8:00:00]
<input checked="" type="checkbox"/> 交大NCTU[cc:4e:24:c4:96:dc:00:00]
<input type="checkbox"/> 清大NTHU[cc:4e:24:c4:a4:38:00:00]
<input type="checkbox"/> 宜大NIU[cc:4e:24:c4:af:cc:00:00]
<input checked="" type="checkbox"/> 台北TP[cc:4e:24:d0:db:80:00:00]
<input checked="" type="checkbox"/> 新竹HC[cc:4e:24:d1:0c:00:00:00]
<input type="checkbox"/> 台中TC[cc:4e:24:d1:12:80:00:00]
<input type="checkbox"/> 台南TN[cc:4e:24:d1:19:00:00:00]
<input type="button" value="submit"/> <input type="button" value="reset"/>

圖 7 Create Switch 輸入表單

交大(NCTU): cc:4e24c496dc0000	台大(NTU): cc:4e24c436240000
<input type="checkbox"/> port: 17 name: eth1/1/17 tag:-1	<input type="checkbox"/> port: 17 name: eth1/1/17 tag:-1
<input type="checkbox"/> port: 2 name: eth1/1/2 tag:-1	<input type="checkbox"/> port: 2 name: eth1/1/2 tag:-1
<input type="checkbox"/> port: 3 name: eth1/1/3 tag:-1	<input type="checkbox"/> port: 3 name: eth1/1/3 tag:-1
<input type="checkbox"/> port: 4 name: eth1/1/4 tag:-1	<input type="checkbox"/> port: 4 name: eth1/1/4 tag:-1
<input type="checkbox"/> port: 36 name: eth1/1/36 tag:-1	<input checked="" type="checkbox"/> port: 5 name: eth1/1/5 tag:0
<input checked="" type="checkbox"/> port: 129 name: eth1/3/1 tag:0	<input type="checkbox"/> port: 6 name: eth1/1/6 tag:-1
<input type="checkbox"/> port: 131 name: eth1/3/3 tag:-1	<input type="checkbox"/> port: 7 name: eth1/1/7 tag:-1
<input type="checkbox"/> port: 132 name: eth1/3/4 tag:-1	<input type="checkbox"/> port: 9 name: eth1/1/9 tag:-1

圖 8 開啟 access post



圖 9 Start/Stop Network 按鈕

3. TWAREN SDN 虛擬專用連線管理系統實作

由於原本的 OpenVirtex 本身所使用的資料庫為 MongoDB，雖然有 tenant 的資訊可供存取，卻非長期使用的資訊，亦無法客製化使用。另外，當 OpenVirtex 發生重置 (reload) 程序時，許多資訊將無法留存。因此，一套搭配額外管理資訊的管理系統是相當必要的。

另外，利用上述資訊也可以額外實作各別的 tenant topology 資訊。接下來，為了讓 TWAREN SDN 虛擬專用連線能夠有一套備用的連線供裝機制，我們提供一個 flow pusher 的 Web-UI 工具，讓管理者可以直接透過 controller 設定交換器內的 flow entry。

3.1 資料庫系統擴充資訊

本管理系統與 Web-UI 的 Provisioning system 共用同樣的資料庫。為了要能夠增加管理用的資訊，資料庫中的資料表必須擴充。在原本資料庫中的資料表 tblTenant 中需要額外新增一些欄位。如表1.所示，在編號欄位中有註記星號的，亦即第10至第13個欄位為額外新增。

表1. Tenant 維護資訊

編號	欄位名稱	意義
1	TenantID	Tenant 編號，由 OpenVirtex 所指定
2	Protocol	TCP/UDP 方式與控制器連線
3	Host	控制器 IP 或名稱
4	Port	Port 編號
5	IP	此 Tenant 中所有 hosts 的網段

6	Mask	此 Tenant 中所有 hosts 的 mask
7	Alias	別名，可用以記憶用戶資料
8	VDPID	虛擬 Datapath ID，用以識別是否建立交換器組
9	Status	目前是否已經啟動
10*	DateBeg	Tenant 啟用時間
11*	DateEnd	Tenant 停用時間
12*	SWList	Switch 列表
13*	SWPorts	各 Switch 與 Client 端對接的 access port

在第10個與第11個欄位中，用以記載 tenant 需要啟用的時間與停用時間。這兩個欄位是針對短期使用所註記。

在第12個欄位中，以文字字串的方式記載所使用的 Switch 之 DPID 清單。若有多部交換器則以逗號分隔。而在第13個欄位中，則是以文字字串的方式記載各 tenant 所需要開通的 access port。以下以一個範例來說明。

假設目前有一個 tenant 使用到交大-新竹-台南的線路。則針對第12個欄位需要填入三部交換器的 DPID：

<交大 DPID>, <新竹 DPID>, <台南 DPID>。

而針對第13個欄位，則是以 <DPID>-<port>-<VLAN tag> 的格式。由於開通的 port 為點對點方式，僅僅只有兩端 access port 需要，因此格式為：

<交大 DPID>-<Port>-<tag>，

<台南 DPID>-<Port>-<tag>

同樣地，在這邊的 port 順序並不影響整體運作，亦即「交大,台南」或是「台南,交大」是相同的意義。

表2. 表示各 link 資訊之資料表 tblPort

編號	欄位名稱	意義
1	SN	序號
2	srcDPID	來源端交換器 DPID
3	PortNum	埠號
4	dstDPID	目的端交換器 DPID

如表 2. 中所示，這個資料表用以表示交換器 A 用哪一個 port 與令一部交換器 B 相連。欄位 srcDPID 表示交換器 A 的 DPID，而 PortNum 是 srcDPID 的 port 編號。另外，dstDPID 是目的交換器 B。在這樣的結構下，若要查出以下完整的資訊，

<交換器 A>-port <交換器 B>-port

必須存取以下兩筆資料來整合：

<交換器 A> port_A <交換器 B>

<交換器 B> port_B <交換器 A>

其中 port_A 表示交換器 A 透過 port_A 與交換器 B 連接，而 port_B 表示交換器 B 透過 port_B 與交換器 A 連接。

3.2 Tenant 回復資訊功能實作

在 TWAREN SDN 虛擬專用連線系統中，會需要重新建立 tenant 的情況如下：

- 當某一個 Tenant 連線發生意外中斷，導致交換器中相關 flow 資料被刪除，則需要重新建立 tenant。

- 申請用戶為短期或定期申請使用，連線時有特殊組態設定值需要保留。

表3. Tenant 歷史資訊

編號	欄位名稱	意義
1	SN	流水序號
2	TenantID	Tenant 編號
3	Protocol	TCP/UDP 方式與控制器連線
4	Host	控制器 IP 或名稱
5	Port	Port 編號
6	IP	此 Tenant 中所有 hosts 的網段
7	Mask	此 Tenant 中所有 hosts 的 mask
8	Alias	別名，可用以記憶用戶資料
11	SWList	Switch 列表
12	SWPorts	各 Switch 與 Client 端對接的 access port

透過表 3. 的歷史資訊就能夠記載先前的 tenant 資訊。

3.3 Tenant Topology 實作

利用在 3.1 節中所談到的擴充資訊，我們可以利用額外的欄位記載每一個 tenant 所使用的實體交換器。另外，藉由 Port 與路徑資訊，我們也能夠繪製出 topology 圖片。

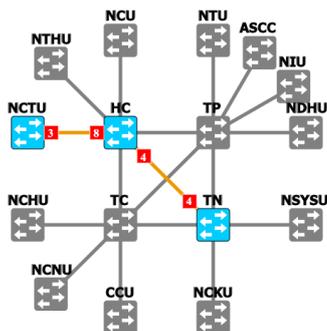


圖 10 單一 tenant 的 topology viewer

圖 10 是我們所開發的 tenant topology viewer。在圖中，在 TWAREN SDN 系統中有 16 部交換器，其間有連線表示兩節點之間有使用骨幹的 VPLS 服務進行直接連線。

為了區別交換器是否屬於該 tenant，我們以不同的顏色來呈現。藍色的交換器與黃色的線路表示是該 tenant 所屬的交換器與其使用到的線路。而在該線路上也以紅底白字標示出兩部交換器之間所使用的 port 編號。

3.4 Flow Pusher 實作

為了確保連線能夠有多重預備方案，除了原本使用 Layer2 OpenVirtex 針對虛擬專用連線進行供裝之外，我們也可以使用設定 flow entry 的方式來進行供裝。圖 11 是一般線路之外的備援架構，交換器可以透過 OpenVirtex 進行供裝，亦可透過 SDN controller 直接進行控管。

由於一般無法直接針對 SDN 交換器進行 flow entry 的設定，而必須透過 SDN controller 以 OpenFlow 的協定寫入交換器中。

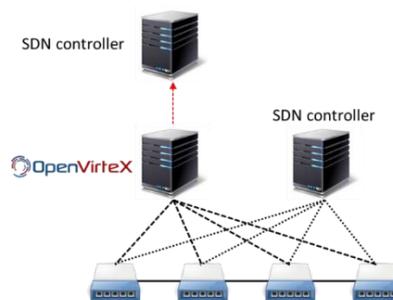


圖 11 備援用架構

一般在 controller 中寫入 flow entry 的方式，往往是以 CLI 方式來達成，需要在對應的屬性中填入相關的參數。為避免人為輸入錯誤，我們開發一套專門針對 TWAREN SDN 虛擬專用連線系統所使用的 flow entry pusher 工具來與 controller 溝通，藉以將 flow entry 寫入交換器當中。

如圖 12 所示，使用者首先針對所需要的交換器進行勾選，圖中為台大、交大、台北、新竹四個節點。勾選後，在右方有數字下拉式選單，選擇該部交換器之順位，依序為 (1) 台大 (2) 台北 (3) 新竹 (4) 交大。如此可以形成「台大→台北→新竹→交大」之連線架構。由於此 flow pusher 會建立雙向之 flow entry，故選擇「交大→新竹→台北→台大」的順序與上述情況是相同的。

基於上述的順序，系統會將頭尾兩個節點判定為兩端用戶 hosts 所介接的交換器，管理者必須在頭尾兩端點指定 access port 編號。而中間經過的交換器則是中繼節點，無需指定 access port 編號。在這邊所需要的 flow entry 資料如下：

Flow Pusher of Controller IP: 192.168.1.1

<input type="checkbox"/> 中研院NSYSU[74:8e:f8:92:1f:d8:00:00]	1▼
<input type="checkbox"/> 成大NCKU[cc:4e:24:c4:1c:10:00:00]	1▼
<input type="checkbox"/> 中正CCU[cc:4e:24:c4:20:84:00:00]	1▼
<input checked="" type="checkbox"/> 台大NTU[cc:4e:24:c4:36:24:00:00]	1▼
<input type="checkbox"/> 東華NDHU[cc:4e:24:c4:3f:a4:00:00]	1▼
<input type="checkbox"/> 中興NCHU[cc:4e:24:c4:45:7c:00:00]	1▼
<input type="checkbox"/> 中研院ASCC[cc:4e:24:c4:8d:74:00:00]	1▼
<input type="checkbox"/> 暨大NCKU[cc:4e:24:c4:8e:0c:00:00]	1▼
<input type="checkbox"/> 中央NCU[cc:4e:24:c4:95:f8:00:00]	1▼
<input checked="" type="checkbox"/> 交大NCTU[cc:4e:24:c4:96:dc:00:00]	4▼
<input type="checkbox"/> 清大NTHU[cc:4e:24:c4:a4:38:00:00]	1▼
<input type="checkbox"/> 宜大NIU[cc:4e:24:c4:af:cc:00:00]	1▼
<input checked="" type="checkbox"/> 台北TP[cc:4e:24:d0:db:80:00:00]	2▼
<input checked="" type="checkbox"/> 新竹HC[cc:4e:24:d1:0c:00:00:00]	3▼
<input type="checkbox"/> 台中TC[cc:4e:24:d1:12:80:00:00]	1▼
<input type="checkbox"/> 台南TN[cc:4e:24:d1:19:00:00:00]	1▼
submit reset	

圖 12 選擇交換器

- Switch 的 DPID
- Flow entry 的自訂名稱
- Priority：一般為 0。
- VLAN-ID：在此專用連線中所使用的 VLAN-ID
- Ingress port 與 Output port：在用戶所介接之交換器上的 trunking port 與 access port。若

非用戶所介接的交換器，本系統稱為 Port1 與 Port2。

- Host-mac address：用戶所介接的 client 端 host 之網卡 mac address。

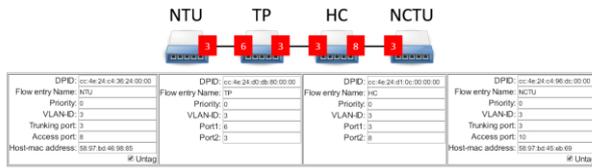


圖 13 Web UI 之 flow entry pusher 畫面

如圖 13 所示，上半部是該 tenant 的邏輯連線架構。每一條 data path 上也顯示其連接的 port 編號。下半部則是 flow entry 資料的輸入表單。透過 topology 的圖形輔助，與資料介面輸入，可以協助使用者填入相關資料，並生成相對應的雙向 flow entry。

4. 場域驗證

如圖 14 所示，世大運影音訊號從中華電視公司透過專線派送至台大節點，與本中心之 SDN 交換器介接。中華電信研究院與工研院則從交大節點介接取得視訊。而資策會亦自台大節點經專線介接，取得世大運訊號。

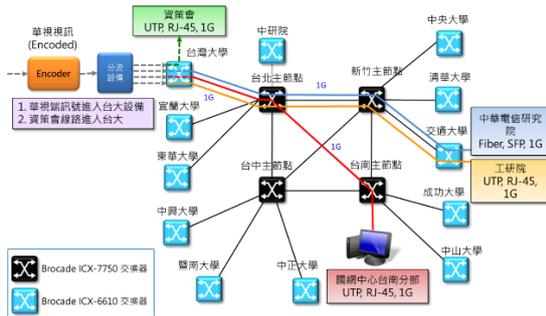


圖 14 世大運 SDN 場域測試網路架構

圖 15 是在國家高速網路與計算中心台南分部的場域展示實景。透過 TWAREN SDN 的虛擬專用連線，在各大節點都能夠以 Full HD 的畫質播放。



圖 15 場域展示實景

如圖 16 所示，為了要針對場域進行驗證，我們也採用 MRTG 等流量監控工具來監控場域測試的網路使用狀況。

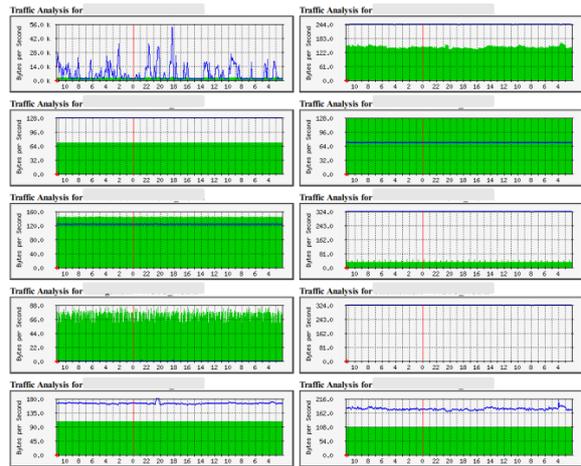


圖 16 監控效能之 MRTG 工具

5. 結論

本論文展示在 TWAREN SDN 虛擬專用連線的管理系統。透過擴充原本的資料庫資訊，並加入歷史記錄，可以讓 tenant 在中斷時快速重建。另外，我們也實作單一 tenant 的 topology viewer，讓管理者更能掌握 tenant 的資訊。另外，我們也建立了另外一個 flow entry 的輸入工具，藉由圖形介面的輔助，讓管理者可以有效地識別 flow 資訊，並自動產生雙向 flow entry。未來，我們將持續針對效能部份進行調校，讓使用者能得到更穩定的虛擬專用連線服務。

參考文獻

- [1] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. Parulkar, L. Peterson, J. Rexford, S. Shenker, J. Turner, "OpenFlow: enabling innovation in campus networks," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 38, no. 2, pp. 69-74, April 2008.
- [2] A. Al-Shabibi, M. Leenheer, M. Gerola, A. Koshibe, G. Parulkar, E. Salvadori, B. Snow, "OpenVirteX: make your virtual SDNs programmable," In Proceedings of the 3rd ACM SIGCOMM Workshop on Hot Topics in Software Defined Networking (HotSDN), pp. 25-30, 2014.
- [3] 胡仁維, 曾惠敏, 劉德隆, "以 OpenFlow 於骨幹上實作動態虛擬網路之供裝," 2015 年台灣國際網路研討會, pp.731-735, 2015
- [4] 周大源, 胡仁維, 黃文源, 劉德隆, "WebGUI 版本虛擬網路供裝系統," 2016 年雲端與大數據研討會, 2016
- [5] 周大源, 楊哲男, 古立其, 劉德隆, "TWAREN SDN 虛擬專用連線之高速傳輸應用", TANet2016 論文集, 花蓮, 2016 年 10 月。
- [6] 台灣 100G 教育學術研究網路正式啟用
<http://technews.tw/2016/10/06/taiwan-100g-education-network/>
- [7] 世大運場域試驗, SDN 打造影音派送新境界
<https://www.communications.org.tw/news/item/9003-0819.html>
- [8] 815 全臺大停電事件
<https://zh.wikipedia.org/wiki/815%E5%85%A8%E8%87%BA%E5%A4%A7%E5%81%9C%E9%9B%BB>
- [9] M. Lasserre, V. Kompella, "Virtual Private LAN Service (VPLS) Using Label Distribution Protocol (LDP) Signaling," IETF RCF 4762, 2007.