

專利申請之構想揭露書(I)

Docket Number : _____

申請日期：_____年(YY) _____月(MM) _____日(DD)

(Application Date)

1. 專利申請名稱 Title of Invention	(中 文) OFBench: OpenFlow 交換器效能測試方法 (English) OFBench: Performance test suite on OpenFlow switches										
2. 本申請案之聯絡人 Contact Persons	1	第一聯絡人 Main Contact Person	姓名 Name	林盈達	電話 Tel	實驗室 Lab. 03-5712121-56667					
			服務單位 Organization	交通大學		辦公室 Office 03-5731899					
			職稱 Title	教授	傳真 Fax	03-5721490					
			電子信箱 E-mail	ydlin@cis.nctu.edu.tw		手機 Mobile 0933-793666					
	2	第二聯絡人 Secondary Contact Person	姓名 Name	王辰佑	電話 Tel	實驗室 Lab. 03-5712121-56667-12					
			服務單位 Organization	交通大學		辦公室 Office					
			職稱 Title	學生	傳真 Fax	03-5721490					
			電子信箱 E-mail	wangchy@cs.nctu.edu.tw		手機 Mobile 0983-305773					
3. 本申請案所屬合作計畫 Research Project under which This Invention Is Developed	計畫名稱		前瞻技術產學合作計畫－基於 SDN 和 Cloud 架構之無線/寬網技術與服務(II)								
	Project Title										
	計畫編號 Project Number		MOST 104-2622-8-009-001	合作期間 Project Duration							
	合作單位 Project Sponsor										
4. 有關本申請案最早的紀錄 First Lab Records	日期 Date		年(YY) _____ 月(MM) _____ 日(DD)								
	簿號頁數 Locations		研究紀錄簿號：		頁數：						
5. 附件資料 Attachments	<input type="checkbox"/> 本表第 10 項所指之已發表或即將發表文獻 共 _____ 1 _____ 篇										
	<input type="checkbox"/> 本表第 12-1 項所指已檢索之專利資料 共 _____ 2 _____ 篇										
	<input type="checkbox"/> 本表第 12-2 項所指之其他相關文獻 共 _____ 4 _____ 篇										
	<input type="checkbox"/> 本表第 20 項所指之市場分析報告 共 _____ 篇										
	<input type="checkbox"/> 本發明(創作)之相關圖示或表格 共 _____ 頁										
	<input type="checkbox"/> 本構想揭露書之電子檔(磁片)										
	<input type="checkbox"/> 其他：										

6. 發明人
Inventors

6. 發明人 Inventors	1	姓名(代表人) Name (Proj. Leader)	(中 文) 林盈達 (English) Ying-Dar Lin	國 籍 Nationality	<input checked="" type="checkbox"/> 中華民國 Taiwan, R.O.C. <input type="checkbox"/> 雙重國籍 duo citizenship <input type="checkbox"/> 其他 others
		身份證字號 ID No	P120502982		
		服務單位 Organization	交通大學資訊科學系	職稱 Title	教授
		電子郵件信箱 E-mail	ydlin@cis.nctu.edu.tw	電話及傳真 Tel & Fax	(T) 0933-793666 (F)
		永久地址 Home Address	臺北市中正區河堤里 5 鄰金門街 9 之 19 號六樓之 1		
	2	姓 名 Name	(中 文) 王辰佑 (English) Chen-You Wang	國 籍 Nationality	<input checked="" type="checkbox"/> 中華民國 Taiwan, R.O.C. <input type="checkbox"/> 雙重國籍 duo citizenship <input type="checkbox"/> 其他 others
		身份證字號 ID No	L123888584		
		服務單位 Organization	交通大學資訊科學系	職稱 Title	學生
		電子郵件信箱 E-mail	wangchy@cs.nctu.edu.tw	電話及傳真 Tel & Fax	(T) 0983-305773 (F)
		永久地址 Home Address	新竹市大學路 1001 號交通大學資訊科學系		
	3	姓 名 Name	(中 文) 賴裕昆 (English) Yu-Kuen Lai	國 籍 Nationality	<input checked="" type="checkbox"/> 中華民國 Taiwan, R.O.C. <input type="checkbox"/> 雙重國籍 duo citizenship <input type="checkbox"/> 其他 others
		身份證字號 ID No			
		服務單位 Organization	中原大學資訊科學系	職稱 Title	助理教授
		電子郵件信箱 E-mail	ylai@cnsrl.cycu.edu.tw	電話及傳真 Tel & Fax	(T) (F)
		永 久 地 址 Home Address			
	4	姓 名 Name	(中 文) 賴源正 (English) Yuan-Cheng Lai	國 籍 Nationality	<input checked="" type="checkbox"/> 中華民國 Taiwan, R.O.C. <input type="checkbox"/> 雙重國籍 duo citizenship <input type="checkbox"/> 其他 others
		身份證字號 ID No	K120034011		

6.1 技術顧問
Reviewers

注意事項： *請務必提供 <u>五名</u> 相關領域之技術顧問名單（ <u>校內至少兩名</u> ），以利進行校內審查之相關事宜				
1	姓名 Name	(中 文) 王國禎	服務單位 Organization	交大資訊工程系
		(English) Kuo-Chen Wang	職稱 Title	教授
	電子郵件信箱 E-mail	kwang@cs.nctu.edu.tw	電話及傳真 Tel & Fax	(T) 03-5712121 # 56653 (F)
	聯絡地址 Address	新竹市大學路 1001 號		
2	姓名 Name	(中 文) 王協源	服務單位 Organization	交大資訊工程系
		(English) Shie-Yuan Wang	職稱 Title	教授
	電子郵件信箱 E-mail	shieyuan@cs.nctu.edu.tw	電話及傳真 Tel & Fax	(T) 03-5712121 # 31550 (F)
	聯絡地址 Address	新竹市大學路 1001 號		
3	姓名 Name	(中 文) 陳健	服務單位 Organization	交大資訊工程系
		(English) Chien Chen	職稱 Title	合聘教授
	電子郵件信箱 E-mail	chienchen@cs.nctu.edu.tw	電話及傳真 Tel & Fax	(T) 03-5712121 # 31768 (F)
	聯絡地址 Address	新竹市大學路 1001 號		
4	姓名 Name	(中 文) 孫雅麗	服務單位 Organization	台大資管
		(English) Yea-Li Sun	職稱 Title	教授
	電子郵件信箱 E-mail	sunny@im.ntu.edu.tw	電話及傳真 Tel & Fax	(T) 02-23630231 ext. 2870 (F) 02-23621327
	聯絡地址 Address	Department of Information Management, National Taiwan University, No. 1, Sec. 4, Roosevelt Rd., Da-an Chiu, Taipei City, Taiwan 106, R.O.C.		
5	姓名 Name	黃仁宏	服務單位 Organization	中正資工
		Ren-Hung Hwang	職稱 Title	教授
	電子郵件信箱 E-mail	rhhwang@cs.ccu.edu.tw	電話及傳真 Tel & Fax	(T) (05)2720411 ext. 33112 (F) (05)2720859
	聯絡地址 Address	Department of Computer Science & Information Engineering, National Chung Cheng University, Chia-Yi, Taiwan, 621, R.O.C.		

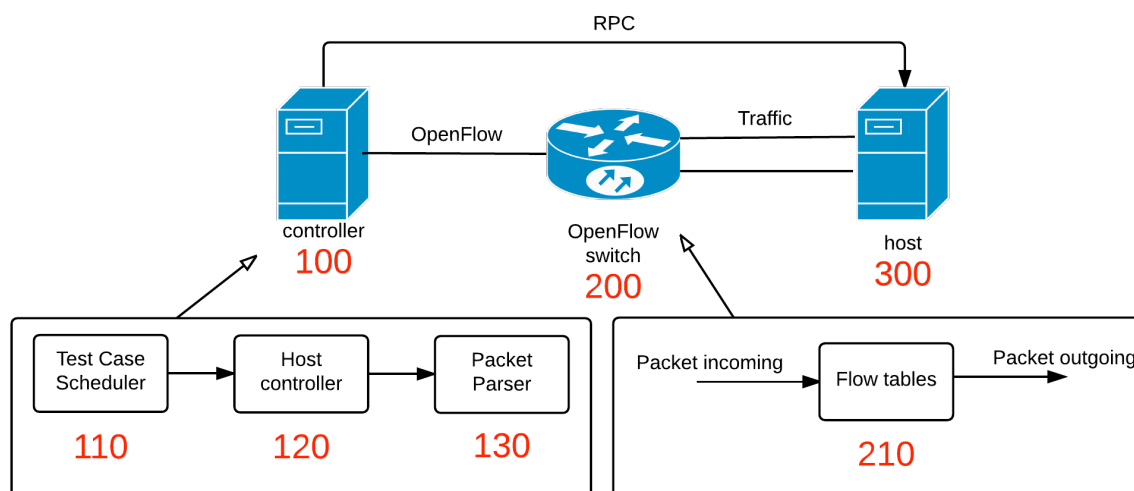
專利申請之構想揭露書(II)

7. 專利申請名稱 Title of Invention	(中 文) OFBench: OpenFlow 交換器效能測試方法
	(English) OFBench: Performance test suite on OpenFlow switches
8. 專利類別 Type of Patent	<input checked="" type="checkbox"/> 發明 (Invention) <input type="checkbox"/> 新型 (New Model) <input type="checkbox"/> 新式樣 (New Type)
9. 申請國家及理由詳述 Applied-For Country (ies) and Reasons	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> 中華民國(Taiwan R.O.C.) <input checked="" type="checkbox"/> 美國(U. S. A.) <input type="checkbox"/> 日本(Japan) </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <input type="checkbox"/> 韓國(R.O.K) <input type="checkbox"/> 中華人民共和國(People's R.O.C.) </div> <div style="margin-top: 10px;"> <input type="checkbox"/> 其他國家：_____ </div> <div style="margin-top: 10px;"> 發明人建議優先申請國家之順序(List of priority)： 中華民國、美國 </div> <div style="margin-top: 10px;"> 其他說明： 1. 若勾選其他國家之申請，請明確填寫國家別(請勿以區域代表申請國家，例如：歐盟) 2. 若勾選中華民國以外之其他國家時，請同時提供本表第 20 項之市場分析報告摘要 </div>
10. 本申請案是否已公開？ Is the Invention Disclosed to the Public?	<div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> 是 (Yes) <input checked="" type="checkbox"/> 否 (No) </div> <p>若是，請註明發表之時間及場所 (If yes, please show the date and location)</p> <p>_____</p> <p>若否，預計公開之日期 (If no, please indicate the anticipated disclosure date)</p> <p>_____</p> <p>公開之目的 (請在適當空格內勾選) (The purpose of disclosure)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> 學術論文或刊物發表 (Publication) <input type="checkbox"/> 學術研討會發表 (Symposium) </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input type="checkbox"/> 展覽 (Exhibition) <input type="checkbox"/> 其他 (Other) </div> <p style="margin-top: 10px;">* 為維持申請專利內容之新穎性，請勿在申請前，發表相關內容之論文。若已先行發表，請檢附已發表之相關文獻，並註明其發表日期及與專利內容之相關程度。</p> <p>For the purpose of patent application (to maintain the novelty of your findings) ,please do not publish any of your invention before application, If you have already revealed part of them to the public, please attach your publications and write down the date and their relevance to your current invention disclosure.</p> <p>* 申請人保證上述資料正確無誤，倘有不實，願受法律之懲罰。</p> <p>The undersigned agree to accept punishments provided for in laws in case of any deceptive activities.</p> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">簽章 (signature) : _____ (代表人)</p> <div style="margin-top: 10px;"> 其他說明： 1. 我國專利法：凡可供產業上利用之發明，無下列情事之一者，得依本法申請取得相關專利：(1)申請前已見於刊物或已公開使用者。(2)申請前已為公眾所知悉者。 2. 本案申請前，因為有(1)研究、實驗(2)陳列於政府主辦認可之展覽會者、及(3)非出於申請人本意而洩漏者等情事，其事實發生之日起六個月內申請者，不受上述第一項各款規定之限制。 註：各國專利權責機關皆有類似之寬限期規定，實際申請作業上，除了台灣與美國申請案外，其他國家之申請案一般都有較嚴苛之寬限標準。不建議申請前，先發表技術。 </div>

11. 本案關鍵字 Keywords	1. 效能測試(Performance testing) 2. OpenFlow 交換器(OpenFlow switch) 3. 軟體定義網路(Software-defined Networking)
12. 相關先前技術 調查情形 Existing Relevant Technologies	<p>已檢索之專利資料 (patent numbers) : 以關鍵字“OpenFlow switch performance”搜尋有 207 篇, 其內容涵蓋 Hybrid network, OAM, Security, QoS, routing, testing, 因此加上關鍵字 testing, 縮小範圍之後則有 2 篇, 其中測試相關的有 2 篇 [US20140337674] Ivancic, Franjo, et al. "Network Testing." U.S. Patent Application No. 14/270,445.</p> <p>1. [US20150138993] Forster, R. Kyle, et al. "Systems and methods for testing networks with a controller." U.S. Patent Application No. 14/085,538. 進一步解說比較, 請見 19 欄位.</p>
	<p>相類似技術或其他已發表之文獻(similar technology or literature) :</p> <p>[1] C. Rotsos, N. Sarrar, S. Uhlig, R. Sherwood, and A. W. Moore, “OFLOPS: An open framework for OpenFlow switch evaluation,” Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), vol. 7192 LNCS, pp. 85–95, 2012.</p> <p>[2] A. Bianco, R. Birke, L. Giraudo, and M. Palacin, “OpenFlow switching: Data plane performance,” IEEE International Conference on Communications, 2010.</p> <p>2. [3] P. Emmerich, D. Raumer, F. Wohlfart, and G. Carle, “Performance characteristics of virtual switching,” 2014 IEEE 3rd International Conference on Cloud Networking, CloudNet 2014, pp. 120–125, 2014.</p> <p>[4] A. Gelberger, N. Yemini, and R. Giladi, “Performance analysis of Software-Defined Networking (SDN),” in Proceedings - IEEE Computer Society’s Annual International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunications Systems, MASCOTS, pp. 389–393, 2013.</p> <p>進一步解說比較, 請見 19 欄位.</p>
	<p>習知技術之說明及其缺失(description of the prior art and the defect) :</p> <p>1. 在傳統網路中交換器效能測試無法在 OpenFlow 交換器測出 control plane 與 data plane 的溝通效能, 也無法檢驗 OpenFlow 交換器相較於傳統交換器新增的功能。</p> <p>3 2. 現有技術針對 OpenFlow 交換器進行的效能測試大多於傳統的測試面項, 部分在 OpenFlow 交換器在新功能及 control plane 與 data plane 的溝通測試其未包含多數常使用的功能。</p>

13.本申請案之特色 Advantages of the Invention	<div data-bbox="442 192 1423 555"> <p>本申請案之發明領域及創作目的(field and purpose of the invention)：</p> <p>發明領域：</p> <p>本發明提出多個新的方法，用來針對 OpenFlow 交換器進行效能測試，以此評估該交換器性能。</p> <p>1.</p> <p>創作目的：</p> <p>提出 OpenFlow 交換器適用的測試方法，並發現交換器實作上的缺陷，使開發商、應用商能有效率的避免因實作缺失而產生的問題。</p> </div> <div data-bbox="442 555 1423 994"> <p>本申請案所欲解決之問題及其技術特點(advantages of the invention)：</p> <p>技術特點：</p> <p>本發明提出多個新的方法，用來針對 OpenFlow 交換器進行效能測試，以此評估該交換器性能。</p> <p>2.</p> <p>解決問題：</p> <p>本發明解決 OpenFlow 交換器在傳統測試方法難以測試、評估的項目，其包含 action time、pipeline time、packet-in rate、packet-out rate、pipeline busy ratio 及 timeout accuracy。</p> </div>
14.本申請案可能應用之範圍 Applicable Fields of the Invention	<div data-bbox="442 994 1423 1160"> <p>可能應用之產業(applicable industries)：</p> <p>1.</p> <p>網路設備製造業</p> <p>網路設備測試業</p> </div> <div data-bbox="442 1160 1423 1303"> <p>可能應用之產品(applicable products)：</p> <p>2.</p> <p>OpenFlow 交換器</p> </div> <div data-bbox="442 1303 1423 1467"> <p>可能授權之公司及聯絡人(potential licensees & contacts)：</p> <p>授權之公司：</p> <p>3.</p> <p>聯絡人：</p> <p>聯絡方式：</p> </div>

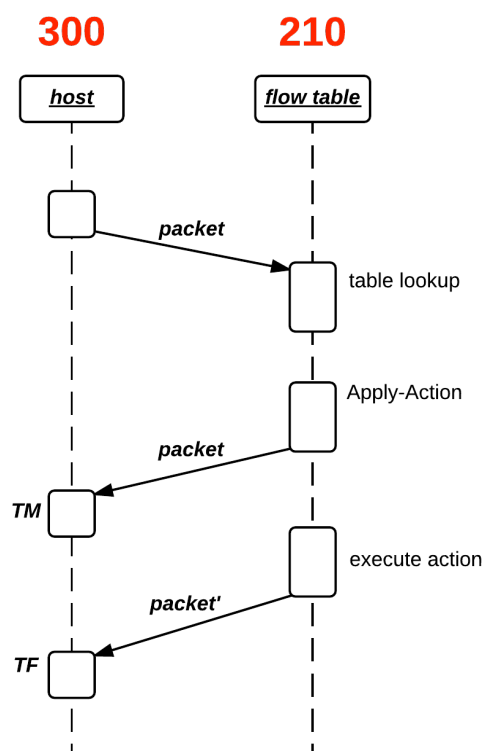
15.較佳實施例之說明(Description of the Preferred Embodiments)：



圖一、OpenFlow 交換器自動化測試架構和內部運作

A. OpenFlow 交換器自動化測試的實施方式和內部運作

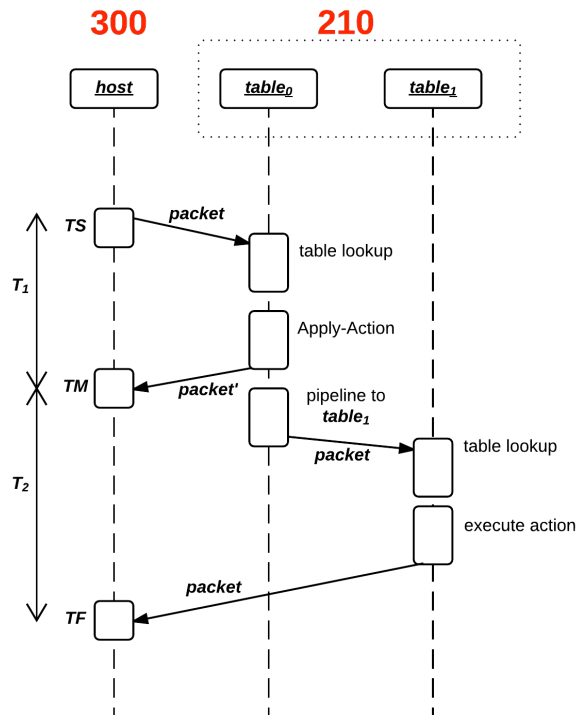
1. 圖 1 所示是一個基本的 OpenFlow 網路拓模，也是測試排程器 110 的一種實施例。所有由內部網路 host 300 所發出的流量(traffic)，必定會通過 OpenFlow 交換器(OpenFlow switch) 200。
2. 該 OpenFlow switch 200 在接收到此流量後，會開始透過內部 flow tables 210 處理該流量，若內部 flow tables 210 中無相對應的 flow entry 則 OpenFlow switch 200 會透過 OpenFlow 連線發出請求給 controller 100 詢問如何處理該流量， controller 100 收到該請求後，透過 OpenFlow 發出回應並管理 flow tables 210 讓 OpenFlow switch 200 能處理對應流量，而此回應讓 host 300 一端所發出的流量能經由 OpenFlow switch 200 達到另一端。
3. 一個自動化測試系統，將由一個測試排程器(Test Case Scheduler) 110 和一個 Host 控制器(Host controller) 120 及一個封包解析器(Packet Parser) 130 構成。
4. 因此在執行一測試方法時，測試排程器(Test Case Scheduler) 110 會藉由 OpenFlow 將 flow tables 210 設為相對應所需要的 flow entries，並透過 Host 控制器(Host controller) 120 讓 host 300 在對應的時間點內進行流量(Traffic)的發送，最後再透過封包解析器(Packet Parser) 130 解析 controller 100 與 OpenFlow switch 200 之間的 OpenFlow 封包及 host 300 收送兩端的流量。



圖二、OpenFlow 交換器 Action time 測試方法

B. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 之 Action time 測試流程

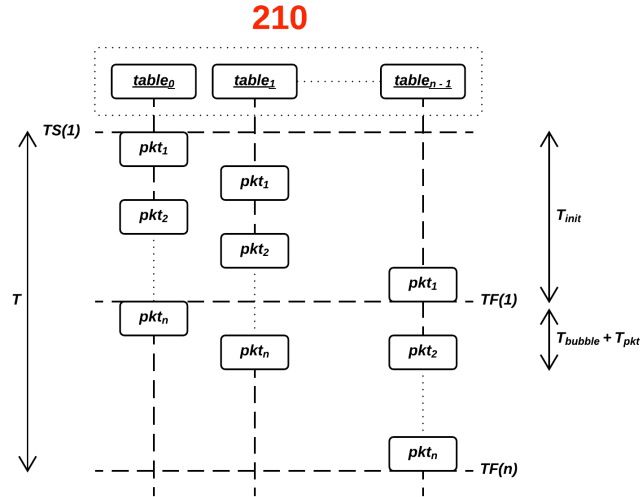
1. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 透過 OpenFlow 連線於 OpenFlow switch 200 的 flow tables 210 中新增一 flow entry, 該 flow entry 有 Write-Action 及 Apply-Action 兩個指令, 當中 Write-Action 具有目標 action 的集合其包含 forwarding 動作, Apply-Action 則執行 mirror 的動作。
2. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 透過 Host 控制器(Host controller) 120 讓 host 300 開始產生對應流量(Traffic)。
3. 步驟 B.2 中, host 300 所送出的流量(Traffic)共送出 n 個封包, OpenFlow switch 200 會因步驟 B.1 產生出 n 個 forwarding 封包及 n 個 mirror 封包, 如圖二所示, 該圖顯示每個封包在先前設置下處理的流程。host 300 收到 forwarding 封包的時間簡稱為 TF, 若每個 TF 以接收之順序編號, 則可以 TF(i)表示, host 300 收到 mirror 封包的時間簡稱為 TM, 若每個 TM 以接收之順序編號, 則可以 TM(i)表示。
4. TM 為目標 action 開始執行的時間, TF 為目標 action 執行完畢的時間, $TF(i)-TM(i)$ 即為第 i 個封包執行目標 action 所需時間。



圖三、OpenFlow 交換器 Pipeline time 測試方法

C. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 之 Pipeline time 測試流程

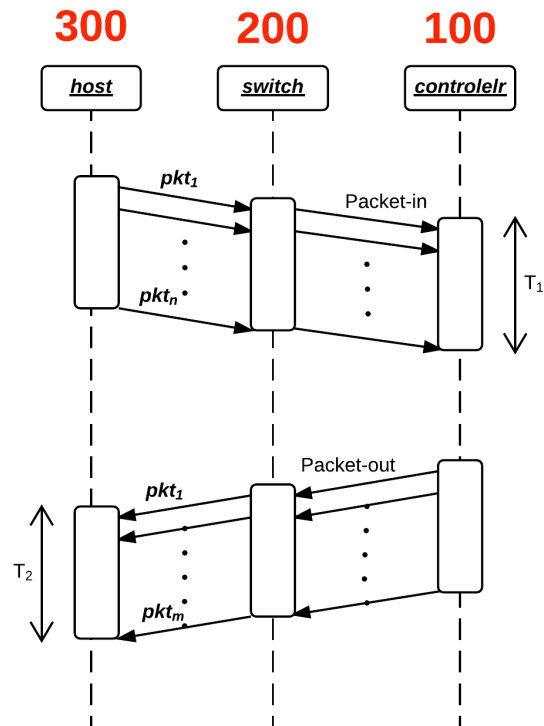
1. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 透過 OpenFlow 連線於 OpenFlow switch 200 的 flow tables 210 中新增二條 flow entry 至 table₀ 及 table₁，第一條 flow entry 有 Go-to 及 Apply-Action 兩個指令，當中 Go-to 指令會將所處理之流量轉至 table₁ 處理，Apply-Action 則執行 mirror 的動作；第二條 flow entry 則執行封包轉發動作。
2. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 透過 Host 控制器(Host controller) 120 讓 host 300 開始產生對應流量(Traffic)。
3. 步驟 C.2 中，host 300 所送出的流量(Traffic)共送出 n 個封包，OpenFlow switch 200 會因步驟 C.1 產生出 n 個 forwarding 封包及 n 個 mirror 封包，如圖三所示，該圖顯示每個封包在先前設置下所處理的流程。host 300 發出封包的時間簡稱為 TS，若每個 TS 以接收之順序編號，則可以 TS(i)表示，每個 host 300 收到 forwarding 封包的時間簡稱為 TF，若每個 TF 以接收之順序編號，則可以 TF(i)表示，host 300 收到 mirror 封包的時間簡稱為 TM，若每個 TM 以接收之順序編號，則可以 TM(i)表示。並以 TM 為基準拆分為 2 個時間段分別為 T1 及 T2，T1 為 TM - TS，T2 為 TF - TM。
4. 透過 T1、T2 及 Round-Trip Time(rtt)來推導出 Pipeline time 為 $T2 - T1 - rtt/2$ 。



圖四、OpenFlow 交換器 Busy ratio 測試方法

D. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 之 Busy ratio 測試流程

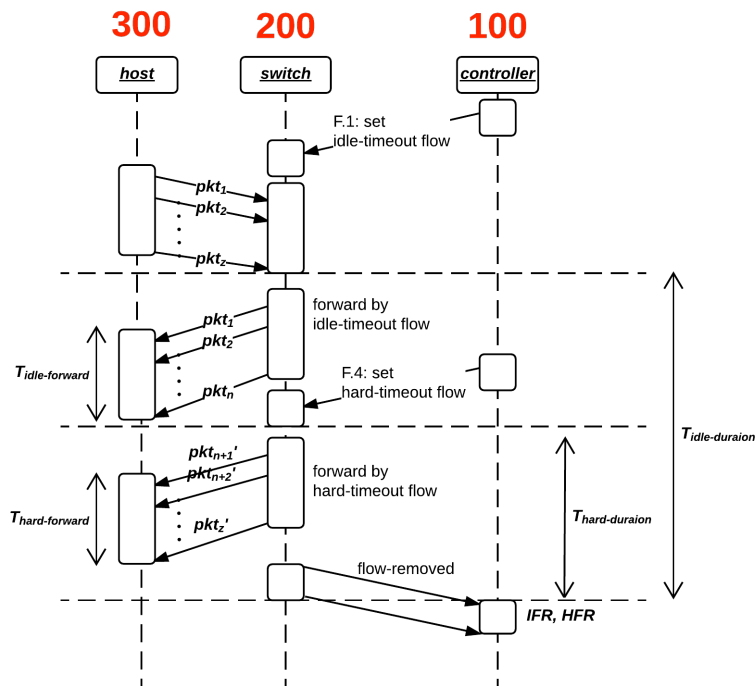
1. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 透過 OpenFlow 連線於 OpenFlow switch 200 的 flow tables 210 中新增 n 條 flow entry 至 $table_0$ 及 $table_{n-1}$ ，當中每一張 table 皆只有一條 flow entry，以 f_i 簡稱 $table_i$ 中的 flow entry。當中 f_0 至 f_{n-2} 皆為 Go-to 指令，當中 Go-to 指令會將所處理之流量轉至 $table_{i+1}$ 處理，而 f_{n-1} 則執行封包轉發動作。
2. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 透過 Host 控制器(Host controller) 120 讓 host 300 開始產生對應流量(Traffic)。
3. 步驟 D.2 中， host 300 所送出的流量(Traffic)其共送出 n 個封包，OpenFlow switch 200 會因步驟 D.1 產生出 n 個 forwarding 封包，如圖四所示，host 300 發出封包的時間簡稱 TS，若每個 TS 以接收之順序編號，則可以 $TS(i)$ 表示，每個 host 300 收到 forwarding 封包的時間簡稱為 TF，若每個 TF 以接收之順序編號，則可以 $TF(i)$ 表示。OpenFlow switch 200 處理第一個封包時間簡稱為 T_{init} ，OpenFlow switch 200 處理 n 個封包時間簡稱為 T ，當中 T_{init} 及 T 分別可由 $T_{init} = TF(1) - TS(1)$ 及 $T = TF(n) - TS(1)$ 得知，
4. 以 T_{init} 推導出單一封包在單一 table 處理所需時間，其簡稱為 T_{pkt} ，以 T 、 T_{init} 推導出單一封包在單一 table 處理所需時間及閒置時間，其簡稱為 $T_{pkt} + T_{idle}$ 。其 busy ratio 可由 $T_{pkt} / (T_{pkt} + T_{idle})$ 推導出 OpenFlow switch 200 中 table 處理封包的效能。



圖五、OpenFlow 交換器 Buffer size 測試方法

E. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 之 Buffer size 測試流程

1. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 透過 OpenFlow 連線於 OpenFlow switch 200 的 flow tables 210 中新增一條 flow entry, 該 flow entry 使 OpenFlow switch 200 將所有流量產生 Packet-in 至 controller 100。
2. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 透過 Host 控制器(Host controller) 120 讓 host 300 開始產生對應流量(Traffic), 其 frame size 簡稱為 FS。
3. 步驟 E.2 中, host 300 所送出的流量(Traffic)其共送出 n 個封包, OpenFlow switch 200 會因步驟 E.1 產生出 n 個 Packet-in 封包, 其過程如圖五所示, 當中 controller 100 接收完 n 個 Packet-in 封包其所需時間簡稱為 T1, 並於接收完後產生對應的 n 個 Packet-out 封包。
4. 步驟 E.3 中, controller 100 產生出的 n 個 Packet-out 封包使 OpenFlow switch 200 產生 m 個 forwarding 封包, 其所需時間簡稱為 T2
5. 當 $m < n$ 時, 即 OpenFlow switch 200 在測試過程中發生 loss, 並可得知其 buffer size 為 $m * FS$, Packet-in rate 為 $n / T1$ 及 Packet-out rate 為 $m / T2$ 。



圖六、OpenFlow 交換器 Timeout accuracy 測試方法

F. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 之 Timeout accuracy 測試流程

1. 如圖六所示，測試排程器(Test Case Scheduler) 110 透過 OpenFlow 連線於 OpenFlow switch 200 的 flow tables 210 中新增一條 idle-timeout flow entry，其 timeout 值為 5 秒並簡稱為 $T_{idle-timeout}$ ，該 flow entry 使 OpenFlow switch 200 將流量轉發至 host 300。
2. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 透過 Host 控制器(Host controller) 120 讓 host 300 開始產生對應流量(Traffic)。
3. 步驟 F.2 後，OpenFlow switch 200 透過 idle-timeout flow entry 開始進行封包轉發，其總共轉發時間簡稱為 $T_{idle-forward}$ 。
4. 測試排程器(Test Case Scheduler) 110 透過 OpenFlow 連線於 OpenFlow switch 200 的 flow tables 210 中新增一條 hard-timeout flow entry 並使其有較高的優先權(Priority)，其 timeout 值為 5 秒並簡稱為 $T_{hard-timeout}$ ，該 flow entry 使 OpenFlow switch 200 將 F.1 所設置的 flow entry disable 並將流量轉發至 host 300。
5. 步驟 F.4 後，OpenFlow switch 200 透過 hard-timeout flow entry 開始進行封包轉發，其總共轉發時間簡稱為 $T_{hard-forward}$ 。
6. 步驟 F.4 後，在 OpenFlow switch 200 中會有 idle-timeout 及 hard-timeout flow entry，此時 2 條 flow entry 之 timeout 計時器開始同步。
7. 在 timeout 計時器達到當初設定的 timeout 值時，OpenFlow switch 200 會將對應的 flow entry 於 flow tables 210 移除，並發出對應的 Flow-removed 訊息給 controller 100，其訊息包含該 flow entry 存在於 flow tables 210 的時間。當中 OpenFlow switch 200 產生 idle-timeout Flow-removed 的時間點簡稱為 IFR，hard-timeout Flow-removed 的時間點簡稱為 HFR，idle-timeout flow entry 所存在的時間簡稱為 $T_{idle-duration}$ ，hard-timeout flow entry 所存在的時間簡稱為 $T_{hard-duration}$ 。
8. 若 $HFR \leq IFR$ ，透過 $T_{hard-forward} - T_{hard-timeout}$ 推導出 hard-timeout accuracy，透過 $T_{idle-duration} - T_{idle-forward} - T_{idle-timeout}$ 推導出 idle-timeout accuracy。
9. 若 $HFR > IFR$ ，則增加 $T_{hard-timeout}$ 並重新執行 F.1~F.8。

16. 本申請案所欲保護的專利範圍(Claims)：

*請列出本技術在方法/構造/裝置/形狀/成份/組成上與習知技術(prior art)之比較，具有創新、進步或功效等獨特技術部分，得以行使排除他人侵權及請求賠償損害之專有權利。

1. 在 OpenFlow 網路環境中，透過 controller 與 OpenFlow 交換器連線及 host 與 OpenFlow 交換器對接兩埠，進而藉由 controller 及 host 透過 mirror-in-progress、masked entry、calculated traffic 三種類型效能測試方法產生對應訊息及流量測量多個效能指標。
2. claim 1 中的多個效能指標其包含 action time、pipeline time、busy ratio、Packet-in rate、Packet-out rate、buffer size、timeout accuracy。
3. claim 1 中的 mirror-in-progress 為在交換器內部運行中進行 mirror。
4. claim 1 中的 masked entry 使 idle、hard timeout 兩種 flow entry 之計時器同步。
5. claim 1 中的 calculated traffic 其收集並分析多個網路事件。
6. claim 3 所提及的 mirror，藉由 OpenFlow Apply-Action 指令，使封包在處理過程中可以獲得額外資料。
7. 使用 claim 3 所提及的 mirror 功能，使 flow entry 在執行 action 前進行封包 mirror，進而可計算出 action time。
8. 使用 claim 3 所提及的 mirror 功能，使 flow entry 在執行 pipeline 前進行封包 mirror，進而可計算出 pipeline time。
9. claim 4 所提及的計時器同步，藉由 OpenFlow 優先權(priority)使 idle、hard timeout 兩種 flow entry 之計時器同步。
10. 使用 claim 4 計時器同步方法，藉由 hard-timeout 的 flow entry 所執行的時間來推導 idle-time 的 flow entry 之 timeout accuracy。
11. claim 5 所提及的多個網路事件其包含封包轉發資訊、Packet-in 訊息、Packet-out 訊息。
12. claim 11 中的封包轉發資訊其包含封包送出、接收時間。
13. 使用 claim 11 所獲得的 Packet-in 及 Packet-out 訊息來推導出 Packet-in rate、Packet-out rate 及 buffer size。
14. 使用 claim 12 所提及的時間資訊推導出 busy ratio 由此得知 pipeline 效能。

17. 中文技術摘要 (Description of Invention in Chinese)：

*請以簡明文字說明有關本發明/創作之內容特點。

OpenFlow 交換器已在現今網路佔有一定地位，隨之帶來的效能議題也倍受矚目。為此，我們提出五項測試方法供驗證各家 OpenFlow 交換器效能評估，當中的測試指標包含 action time、pipeline time、packet-in rate、packet-out rate、pipeline busy ratio 及 timeout accuracy；此外，為了簡化測試流程，我們設計一自動化測試系統 OFBench,該系統為 controller-agent 架構,並提供測試項目的開發功能。

18.英文技術摘要 (Description of Invention in English) :

*為辦理專利申請時所需資料，請務必提供。

Currently, there are many OpenFlow switch products available in the market. The performance issues of OpenFlow protocol are drawing a lot of attentions. In this work, we propose five test cases to evaluate six performance metrics: action time, pipeline time, packet-in rate, packet-out rate, pipeline busy ratio, and timeout accuracy. The switch can be evaluated based on these metrics. And we also propose the automatic test framework: OFBench, which is a controller-agent architecture allowing the development of test case based on high-level script language.

19.技術分析報告摘要：

*請針對本表第 12-1 項與第 12-2 項所檢索之專利或文獻資料，盡量詳細分析每一篇之技術特性，且與本申請案之比較，及本申請案之技術優勢。

**敬請務必檢附此報告摘要，此將作為校內技術審查與專利申請說明書之內容。

(12-1)

現有專利檢索的結果，發現有與 SDN 相關的測試方法。

[US20140337674] Network Testing

此篇專利提出一個 Distrubted cloud services 的測試方法，其方法利用 SDN 的彈性來進行相對應的測試，但與我們所要測試的 switch 方向不同。

[US20150138993] Systems and methods for testing networks with a controller

此篇專利提出對 OpenFlow 中 flow entry 的 forwarding 功能測試，其透過預期結果及實際結果來得知 OpenFlow 交換器在 forwarding 中是否有 loss 發生。

(12-2)

現有文獻方面檢索的結果，發現與本申請案目的(提供 OpenFlow 交換器效能測試方法)相同之公開文獻。

[1]此篇雖然提到 action time 的測試方法，但其結果為透過封包收送兩端的時間來推導，即為 end-to-end 的 action time 數據，該方法與本篇所提供之 mirror 方法而量出的 action time，其多了查表及額外的處理時間。

[2] [3][4]三篇皆提到 OpenFlow 交換器的封包轉發之吞吐量及延遲等測試項目，當中，[4]此篇額外提及 jitter 該項目，但此三篇所提出的項目皆與傳統交換器效能測試類似，並未提及本篇所提出的因 OpenFlow 所產生相關新的測試項目。

20.市場分析報告摘要：

*請針對本表第 09 項所填寫之國家別，提供明確資料(申請人可以提供其他紙本資料代替本分析報告摘要)

- (1) 為何申請該國之詳細理由，請條列詳述。
- (2) 該申請案之技術或產品預估在該國之重要性(市場佔有率、產品之競爭成本.....)。
- (3) 申請該國是否有現存或潛在之競爭優勢？
- (4) 其他有利申請該國之因素 (如有技轉/合作廠商支持、衍生公司新設之市場據點.....)。

****敬請務必檢附此報告摘要，並將作為校內技術審查與評量申請國家別之主要決定因素之一。**

1. 在新興的 SDN 網路環境，其相關產品需要第三方進行相關驗證，讓使用者能對產品的效能有一定認識。而本申請案所提之 OpenFlow 交換器效能測試方法，正是應用於該驗證。
2. 目前測試相關的廠商 Spirent、ixia 僅提供 OpenFlow 控制器的效能測試，尚未於 OpenFlow 交換器的效能測試有所著墨，但如 20.1 所述，目前環境有其需要性，相對於其他廠商，本申請案勢必有存的競爭優勢。