

整合 FMC 網路 EAP-SIM 認證服務端對端自動供裝之研究

王雅纖*、莊謹萍、張原誌、龔家瑋、楊慧琪
中華電信研究院 網路管理研究所

摘要 — 隨著智慧型終端快速成長，SNS(Social Network Service)等應用程式盛行，全球行動數據訊務量爆炸性成長，美國 FCC 預估 2015 的行動訊務量將是 2010 的 25-50 倍。由於智慧型終端均配有 Wi-Fi 模組，Wi-Fi 網路又具備高頻寬優勢和低廉的成本，已被視為最經濟的行動(Cellular)網路互補方案，全球各大電信業者均廣建 Wi-Fi 網路以紓解行動訊務、提升用戶滿意度及增加營收。本文將探討整合 Wi-Fi 網路、有線寬頻及行動網路的 FMC (Fixed-Mobile Convergence)網路，在 Wi-Fi EAP-SIM (Extensible Authentication Protocol GSM Subscriber Identity Module)自動認證服務端對端自動供裝研究，並探討中華電信研究院針對全台首推之 Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務自動化供裝技術及流程，最後進一步探討 Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務自動化供裝之效益。

一、 簡介

隨著智慧型終端(智慧型手機及平板電腦)快速成長，網路型社會(Networked Society)社群應用程式的盛行，全球行動數據訊務量呈現爆炸性成長，依據美國聯邦通信委員會(Federal Communications Commission, FCC)預測，全球 2015 年行動訊務總量將較 2010 年總量成長約 25-50 倍 [1]，引進 4G LTE(Long Term Evolution)也無法解決未來高行動訊務需求。同時，暴增的行動數據量，也沒有替電信業者帶來更多的營收，傳統建設大型基地台提供大涵蓋的經營模式，除了面臨建設成本高，也無法滿足未來行動寬頻時代的需求，因此，全球各大行動電信業者均進行行動網路架構變革，積極尋找行動網路互補方案。

由於 Wi-Fi 技術是智慧型終端的標準配備，又具備高頻寬和成本低廉優勢，依據全球電信與媒體市場調查公司(Informa Telecoms & Media) [1] 所發佈的最新研究，全球營收排名前 20 大的電信公司，有 18 家宣布投資自建公眾 Wi-Fi 網路，建設 Wi-Fi 網路的目的調查分別為，提供卸載行動數據量 46%，提升用戶滿意度 35%，增加營收 17%。然而，相較於行動網路技術，現階段的 Wi-Fi 技術仍未臻成熟，鑑於此國際標準積極制定下一代 Wi-Fi 技術，一為 IEEE 制定 802.11ac [2]，以提供更高速的無線傳輸速率，二為 Wi-Fi Alliance 推出 Hotspot 2.0 標準[3]，以期讓 Wi-Fi 網路像行動網路一樣方便與安全。

IEEE 802.11ac(VHT) 是基於 IEEE 802.11n 所延伸發展的標準，預計在 2014 年初完成標準制訂，工作在 5GHz 頻段，透過更高階的 MIMO 技術更高階調變編碼(MCS)、更高階的多天線技術 方式，其理論最高傳輸速率可達

6.93Gbps，IEEE 802.11ad 工作在 60GHz 頻段，傳輸技術主要採用單載波、OFDM 和波束賦形，提供數位家庭高速傳輸。Wi-Fi Alliance 推出的 HotSpot2.0，是基於 IEEE802.11u 技術標準所延伸發展出的認證標準，而 Passpoint 則是以 HotSpot 2.0 為基礎所發展的產品與設備認證規格。3G/Wi-Fi 無縫切換，業界制訂新的標準實現 Wi-Fi 漫遊須解決的問題，特別是共同的標準 WBA 正制訂 Wi-Fi 漫遊之互連標準。

電信業者提供的行動網路(如 3G、LTE) 與 Wi-Fi 網路服務需能緊密融合，讓用戶能便利地存取、保持用戶行動數據傳送的連續性，提升用戶體驗(如：自動發現 Wi-Fi 網路、優先選擇及使用 Wi-Fi 網路)，因此中華電信公司於 2013 年一月推出全台第一的 3G/Wi-Fi 自動認證服務，此高資安認證服務是 IEEE 802.1X EAP-SIM 模式。

電信公司為提升用戶體驗，必須全面監控行動網路及 Wi-Fi 網路，提供整合的營運管理資訊系統(operational supporting systems, OSS)以提供精準有效的 Wi-Fi 建設 [3]，譬如，電信公司在佈署規劃 Wi-Fi 網路的建設之初，如能透過整合的營運管理資訊系統，從行動網路高訊務細胞進行分析探勘，以找出需優先佈署的 Wi-Fi 熱點或熱區 Hotzone 區塊，就可達到 Wi-Fi 網路有效建設目標。後續的 Wi-Fi 網路與增值服務的供裝、品質監控與優化更仰賴整合營運管理資訊系統；然而行動網路技術與 Wi-Fi 網路及其 backhaul 有線寬頻服務所採用的網路技術、網路架構均各自不同，所採用之 business supporting systems (BSS) 及 營運管理方法也各自不同或略有差異，因此提供整合的營運管理資訊系統對於電信公司極具挑戰。

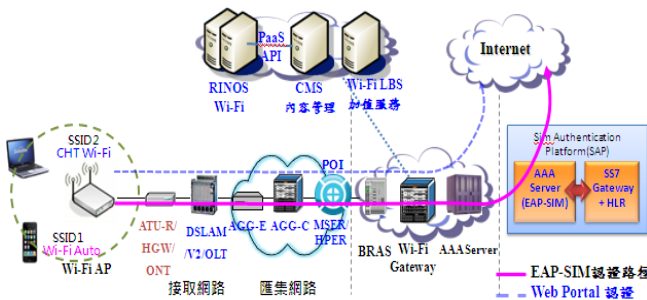
本文主要探討如何提供整合行動 3G 網路與 Wi-Fi 網路提供 Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務自動供裝之研究，本文首先介紹公眾 Wi-Fi 網路架構，並說明要提供 Wi-Fi/3G EAP-SIM 自動認證服務在各網路部分區塊需進行的供裝技術/方法；第三節探討由於中華電信公司所採購使用的網路設備廠牌型號眾多，各廠家提供之網路管理介面與操作方式皆不相同，需要進行的供裝設定作業指令相當繁瑣，如何提供 Wi-Fi/3G EAP-SIM 自動認證服務自動化供裝的方法，以迅速提供各式 Wi-Fi 增值服務與 Wi-Fi 網路維運管理需求，並大幅降低人工設定錯誤問題。第四節進行 Wi-Fi AP-SIM 服務自動供裝的效益分析，最後是本文的結論。

二、 整合 FMC 網路 Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務的網路架構

一個典型的整合行動網路、寬頻網路及 Wi-Fi 網路

以提供 3G/Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務的網路架構圖，如圖一所示，主要由三個網路組成：

- 無線 Wi-Fi 網路: 三種 Access Point (AP)設備類型分別為 Fat AP、Mesh AP、AC (access controller)-Thin AP，電信業者依據不同的場域，規劃使用的不同類型的 AP 設備；其中 AC 設備放置於匯集網路，AC 與 Thin AP 設備間的標準為 CAPWAP(Control And Provisioning of Wireless Access Points)。
- 寬頻接取網路及匯集網路: 接取網路使用的技術可能包含 xDSL (digital subscriber line)、xPON (passive optical network)、MSAN(multi-service access node)等接取技術。彙集網路部分使用 AGG-E (aggregation-edge)網路及 AGG-C (aggregation-core) 網路，採用的技術包含 VPLS(Virtual Private LAN Service)。
- Wi-Fi 核心網路及行動核心網路 AAA(authentication, authorization and accounting) 伺服器:包含 Wi-Fi Gateway 設備、BRAS、AAA 認證，及行動核心網路則包含 AAA 伺服器、HLR (home location register) 等設備。



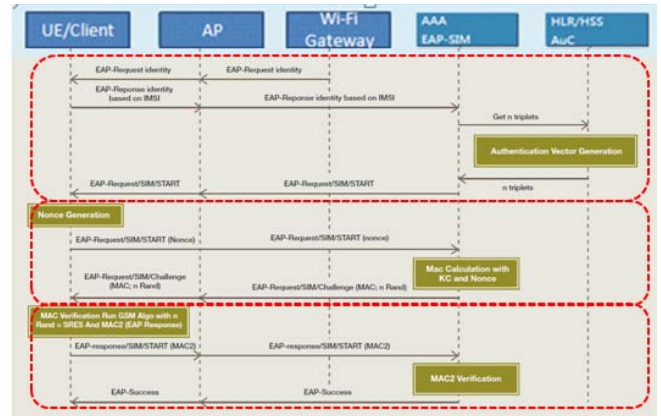
圖一：一個典型整合行動網路、寬頻網路及 Wi-Fi 網路架構圖

現階段電信業者佈建的公眾 Wi-Fi 網路，主要有二類用戶認證服務：網頁 Portal 式認證服務模式及高資安的 EAP-SIM (Extensible Authentication Protocol GSM Subscriber Identity Module) 自動認證服務模式。

網頁 Portal 式認證服務，電信業者會提供一個歡迎網頁(welcome page)，使用者透過瀏覽器至歡迎網頁(或認證網頁)輸入用戶個人的認證帳號及密碼資訊，通過圖一 Wi-Fi 核心網路 AAA 伺服器認證後，使用者即可使用。由於用戶需透多步驟的操作才可通過認證，電信業者為優化此種登入模式以提升用戶體驗，通常提供二種自動化認證服務，分別為用戶終端之 MAC 自動認證及 WISPr (Wireless Internet Service Provider roaming)，MAC 認證是透過 Wi-Fi 核心網路 AAA 伺服器能自動識別用戶手持裝置 MAC。然於如前所述，網頁 Portal 認證服務需先提供歡迎網頁，亦即必須先配發一個 IP 位址給所有可能的用戶，此機制相當耗損各網段的網路資源，如 Wi-Fi AP 設備、接取網路及彙集網路電路、Wi-Fi Gateway 的 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) 資源。

高資安的 EAP-SIM 自動認證服務模式採用 IEEE 802.1X 標準，EAP-SIM 自動認證服務用戶不需要介入

任何手動操作，因此 Wi-Fi 網路 AP 設備必須供裝設定新的 SSID(Service set identification)、對應之核心網路的 AAA 伺服器資訊(如 radius server 及 accounting server)，核心網路設備亦需進行供裝設定。可將 EAP-SIM 自動認證流程分成三個主要步驟，如圖二所示，第一個步驟主要將用戶 SIM 卡透過 Wi-Fi 網路及寬頻網路傳送至行動網路的 AAA 伺服器，以進行國際行動用戶辨識碼(International Mobile Subscriber Identity,IMSI)的驗證確認，第二個步驟則進行用戶的 SIM 卡認證，並判斷用戶 SIM 卡是否符合行動業者 EAP-SIM 服務，第三個步驟進行用戶金鑰認證。EAP-SIM 自動認證服務能有效引導用戶使用 Wi-Fi 網路，達到更好的 3G 訊務分流。



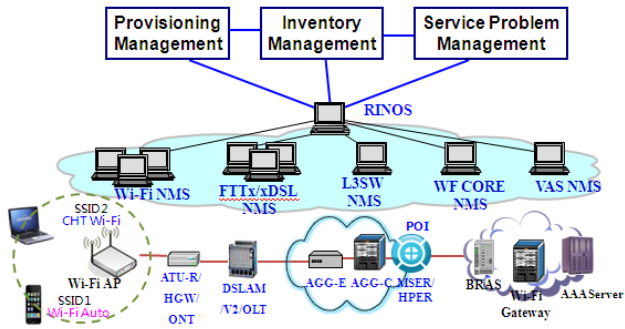
圖二：3G/Wi-Fi EAP-SIM 自動認證流程

三、 整合 FMC 網路 Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務自動供裝系統

電信公司需有效整合 Wi-Fi 網路、有線寬頻網路及行動網路等異質網路，針對不同的網路技術、廠牌型號各異的各類網路設備進行整合監控管理及供裝，以快速提供各式整合 3G/Wi-Fi 增值服務、確保增值服務品質，因此本文提出一電信級整合網路之自動化供裝、查測及監管營運管理系統架構[3][4]，如圖三所示，包含供裝管理系統(Provisioning Management System, PvM)、局情管理系統(Inventory Management System)、服務障礙查測管理系統(Service Problem Management System, SPM)、Rinpoche 整合維運系統(Rinpoche Integrated Operations System, RINOS)，以及多台網路管理系統(Network Management System, NMS)[1]；其中各 RINOS NMS 分別監管對應之網路設備，如 Wi-Fi 網路 AP 設備均納管於 RINOS Wi-Fi 系統，接取網路 DSLAM 設備、xPON 設備、及 VDSL2 設備納管於 RINOS FTTx/xDSL 系統，匯集網路 L3、HPER、MSER 等設備納管於 RINOS AGG 系統，RINOS CR 系統則納管 Wi-Fi 核心網路設備，其中 Wi-Fi 網路及接取網路之設備總類及數量多，所需之網管主機為多部。各 RINOS 網管系統主要透過簡單網路管理協議(Simple Network Management Protocol, SNMP)[5]，及命令列介面(Command Line Interface,CLI)等標準網管協定進行設備監控管理，整合各項供裝設定資訊，提供多面向整合組態管理、效能監控、查測資訊。

此外，Wi-Fi RNMS 網管系統亦提供了查測介面以及

SPM 錯誤管理功能，針對自動供裝失敗的設備，提供 AP 設備設定資訊檢測/查詢功能、以及 On-Demand 重新供裝，有效縮短查察障礙與回覆正確設定之時間，迅速提供各式 Wi-Fi 加值服務與 Wi-Fi 網路維運管理需求，並大幅降低人工設定錯誤問題。



圖三：FMC 整合供裝營運系統架構圖

3.1 公眾 Wi-Fi AP 設備自動納管及自動障礙派工

由於 Wi-Fi 網路 AP 設備建設數量高，本整合系統為提高 EAP-SIM 認證服務自動供裝時效，降低人工納管作業，規劃 AP 設備系統自動納管機制，當施工人員安裝 AP 設備並完成竣工作業，局情管理系統(Inventory Management System)定期自動介接 AP 局情資料給 RINOS Wi-Fi 管理系統，由 RINOS Wi-Fi 系統進行自動化納管 AP 設備，其中 AP 局情資料包含 AP IP 位址、AP 建設地址、業者名稱、電路編號、熱點名稱(Hotspot name)、熱區名稱(Hotzone name)、AP 所轄管理單位資訊等等資訊。

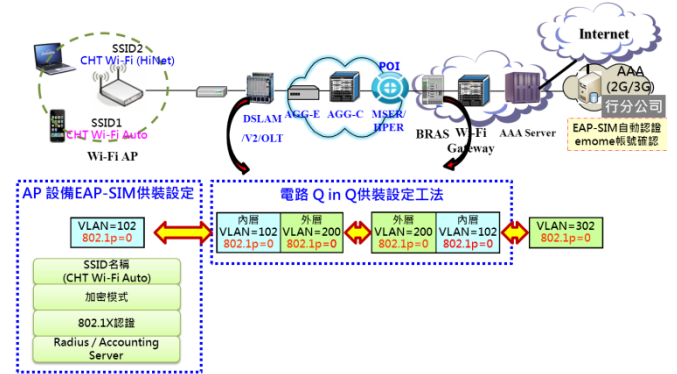
管理系統也同時進行 AP 設備之自動異動、及刪除。當管理系統監測發現 AP 故障時，透過系統自動化方式進行障礙派工，主動通知現場維運人員進行維修，以提高網路品質。如果維運人員發現障礙原因是 AP 設備故障，可更換不同廠牌 AP 設備，管理系統定期檢視並套用正確的設備子模組，並與局情管理系統之局情資料交叉比對，進行設備組態更新，更新 AP 設備名稱，更新管理區域等相關異動資訊。

3.2 EAP-SIM 自動認證服務端對端自動供裝

電信業者要提供一路 Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務端對端自動供裝服務，所需進行的供裝設定主要包含兩大部份：寬頻網路電路之 IEEE QinQ 自動供裝調訂及設定(涵蓋接取網路、匯集網路、核心網路各設備)、Wi-Fi 網路 AP 設備及對應 Wi-Fi 核心網路 Wi-Fi Gateway 設備間自動供裝設定，AP 設備 EAP-SIM 及 SSID 的供裝設定。Wi-Fi 網路提供各式加值差異化服務，在 Wi-Fi 網路 AP 設備必須進行 Multi-SSID 自動供裝設定對應之 SSID、VLAN、加密機制、優先權值、流量限速，在接取網路及彙集網路的電路必須提供 VLAN transparent 或 IEEE 802.1Q tunneling(QinQ)供裝技術並提供 QoS、限速分流等設定。

以圖四為例說明 Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務自動化供裝運作情境：用戶點選 CHT Wi-Fi Auto 的 SSID 時，AP 設備自動透過 EAP-SIM 認證協定與 Wi-Fi Gateway 設備對應之 Radius / Accounting Server 進行認證資料交

換，在 AP 設備需將設定封包 inner VLAN 為 102，接取網路設備採用電路 QinQ 設定工法，將用戶內網 VLAN 102 封裝在外網 VLAN 200 中，使封包帶著兩層 VLAN TAG 穿越接取網路，直到 BRAS 設備再將 VLAN 200 解開，透過 AAA Server 將 VLAN 102 轉導至相對應之認證網頁及服務，以達成不同 SSID 可以利用 QinQ 設定工法轉導至不同認證網頁及服務之目的。



圖四：Wi-Fi EAP-SIM 認證服務自動供裝

Wi-Fi EAP-SIM 認證服務的用戶資訊，經由供裝調度系統將該用戶供裝所需路由與供裝資訊帶至網管系統，先進行電路端供裝、再進行 AP 端供裝。電路端採以路由為基礎之平行多工方式供裝，網管系統會依據所帶來的服務資訊，建立出供裝整個服務所需之供裝路徑以及設定相關網路設備之電路供裝參數，包含各網路設備 IP 位址、用戶埠號、VLAN ID、上下行速率、是否使用 QinQ 設定工法。配發路由之匯集設備端(MSER)需於專屬埠設定 VLAN、並設定 Pseudowires、QoS 參數；接取設備端須於專屬埠上設定 PVID，並設定 MAC 數限制與速率 Profile；而該路由上所經過的每一部乙太網路交換器設備，也須在其串接的 Trunk 埠進行 VLAN 開通作業，以使該用戶的有線網路部分能夠一路暢通接連至 Internet。

無線網路端 AP 設備則採每日大批供裝工法，依據局情管理系統取得之申裝業者代碼，檢查 AP 設備設定與局情管理系統設定是否一致，設定內容包含：Multi-SSID 資訊，如：SSID 名稱、SSID 廣播方式...等，AP 設備在採取 EAP-SIM 自動認證服務時需額外設定 EAP-SIM 供裝參數，如：SSID 加密認證方式、802.1X 認證、Radius/Accounting Server 設定資訊。

Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務自動化供裝技術及流程整合了眾多 RNMS 網管系統主機並提供了一個完整的入口網站介面，在電路端以平行多工的方式對設備進行供裝設定，因此平均每路電路的供裝時間，不會因設備量增加而受影響，大幅提升整體供裝效率，提升客戶滿意度；AP 設備端的部分，Wi-Fi RNMS 網管系統以每日輪詢方式查詢 AP 設備 Multi-SSID、EAP-SIM 供裝設定，當設備回應資訊與 PvM 供裝管理系統管理之設備供裝組態不符時，進行自動修正，大幅節省人工介入處理之維運成本，提升 EAP-SIM 自動認證服務供裝成功率。

四、 3G/Wi-Fi EAP-SIM 服務整合自動供裝系統效益分析

2013 年中華電信公司在台灣首推之 3G/Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務即採用此整合自動化供裝系統，於三個工作天內快速完成自動化供裝作業，本節將進行 3G/Wi-Fi EAP-SIM 服務自動供裝效益分析，為簡化分析資料說明，端對端電路之接取網路為 GPON 設備、匯集網路為 MSER-N0 及 MSER-N1，如表 II 資訊，對此 4 款設備共需設定 228 個指令數，整合自動供裝系統可以平行同時對不同設備供裝設定，全路由供裝設定約需 42 秒；如採人工供裝設定方式，維運人員進行各設備之供裝設定前，須先行手動查詢設備該用戶供裝所需的路由與供裝資訊、該設備之供裝設定方式...等資訊，如表 II 資訊，各約需 0.5~1 小時，因此人工供裝設定總工時需 2.5 小時，整合自動供裝系統優於人工供裝效能約 214 倍。此外，一旦發生人工供裝設定錯誤，常需花費更多時間進行設備障礙點查測並將錯誤之供裝設定回復正常，若是人工設定錯誤需進行障礙查測再供裝，總時間花費約是正確人工設定時間 3 倍。

表 II EAP-SIM 自動認證服務供裝設定成本分析

設備類別	Wi-Fi AP	GPON	MSER-N0	MSER-N1	總計
設定指令數	35	30	95	95	228
自動供裝時間	15s	42s	10s	10s	42s
人工設定時間	0.5 人時	1 人時	0.5 人時	0.5 人時	2.5 人時

最後以 AP 設備總數 100,000 部為例，整合自動供裝系統之 Wi-Fi AP 自動供裝設定成功率為 98.443%，寬頻網路自動供裝成功率為 99.3%，計算每路節省人力效益為 7158 秒；On-Demand 自動查測/供裝服務，可有效節省查察障礙與回復 80% 以上之時間。以每日 8 小時的工作時數進行換算，EAP-SIM 自動供裝服務可節省人力約 67.03 人年，搭配 EAP-SIM On-Demand 自動查測/供裝服務，可再節省約 2.56 人年，合計效益共可節省 69.59 人年。

表 III EAP-SIM 自動認證服務供裝成本效益分析

服務類別	EAP-SIM 自動供裝服務	EAP-SIM On-Demand 自動查測/供裝服務
總電路數	100,000	
影響用戶數 (成功率 98.443%)	98443	1557
每路節省人力效益(秒)	7158	17280
效益合計(節省秒)	704,654,994	26,904,960
效益合計(節省人年)	67.03	2.56

結論

全球各大行動業者面臨行動數據訊務量爆炸性成長，Wi-Fi 技術是智慧型終端的標準配備，具備高頻寬和成本低廉的優勢，各大行動業者均廣建公眾 Wi-Fi 網路以卸載行動數據、提升用戶滿意度、增加營收。Wi-Fi 網路與行動網路需緊密融合，主要的關鍵挑戰為 3G/Wi-Fi

EAP-SIM 自動認證。本文首先探討現階段整合行動網路、寬頻網路及 Wi-Fi 網路以提供 3G/Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務的網路架構，並提出一整合 Wi-Fi 網路、有線寬頻及行動網路一電信級整合自動化供裝、查測及監管之營運管理系統，可對異質網路、異質技術、各類廠牌型號網路設備，快速提供各式加值服務、確保整合網路及服務品質。

本文並探討全台首推之 Wi-Fi EAP-SIM 自動認證服務自動化供裝技術及流程，透過彈性且模組化的自動化供裝整合系統，透過電信級單一整合供裝操作介面，分散式多工的供裝設定方式，同時可供裝同一電路不同網段的網路設備。最後，並進行 Wi-Fi EAP-SIM 服務自動供裝效益分析，本整合自動供裝系統可大幅降低電路服務之供裝設定時間，優於人工供裝效能約 214 倍，並可大幅降低因人工設定所造成之錯誤，提高供裝設定正確性。本整合自動供裝系統設定作業成功率均高達 98% 以上，有線寬頻網路部分高達自動供裝成功率達 99.3%，合計效益共可節省 69.59 人年，加速新服務推出時效、減低 OPEX。

參考文獻

- [1] <http://www.tmforum.org/Perspectives2013/14626/home.html>.
- [2] Burton, Marcus; "Hotspot 2.0 and the Next Generation Hotspot". Retrieved 13 April 2013.
- [3] Ya-Shian Wang, Chin-Ping Chuang, Kuan-Hsiung Liang, Been-Hwang Liao, and Shou-Yi Cheng; "Automated Service Provisioning and Management for Integrated Femtocell/Wi-Fi and Cellular Networks," IEEE CNSM 2011.
- [4] Ya-Shian Wang, Kuan-Hsiung Liang, Hey-Chyi Young, Shou-Yi Cheng, Mei-Chun Chen, and Ya-Ping Huang; "Quality-Assured Provisioning of IPTV Services in Ethernet-Based Broadband Networks," IEEE CNSM 2010.
- [5] William Stallings, SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2, 3rd edition, 1999.