



# 於 Gigabit 被動光纖網路 SIP 會談動態頻寬估計系統之設計與實作

蘇暉凱\*、胡勝雄\*、吳誌軒\*、吳承崧<sup>+</sup>、侯廷昭<sup>+</sup>  
國立虎尾科技大學電機工程系\*  
國立中正大學通訊工程學系<sup>+</sup>

**摘要** — 隨著高速網路的發展，網路越來越普及，速度也越來越快，目前以光纖網路為下一代接取網路的主要技術，如 GPON 等。而目前 GPON 的 Dynamic Bandwidth Assignment 機制，分為兩種方式，Status Reporting DBA 與 Non-Status Reporting DBA；SR DBA 是依 ONU 的 Buffer 狀態來反應給 OLT，而 NSR DBA 是在 OLT 上觀察空閒的 GEM frame pattern 並比對 Bandwidth maps 資訊看是否符合。然而許多應用程式皆以會談為基礎，會談應用程式是在會談通訊建立期間才動態決定所使用的資料通道 (Data Channel)，並且動態交換會談媒體格式資訊 (Session Descript Protocol)；因此，在高速網路動態交換資訊時，這兩個 DBA 機制無法準確的依應用服務事先保證頻寬。因此，本論文以 GPON 服務品質保證 (QoS Guarantee) 為主題，設計以應用服務為導向動態頻寬估計系統，並且完成系統雛形實作與效能分析。

## 一、前言

由於現今網路快速的發展，許多應用程式皆以會談 (Session) 為基礎，會談在通訊建立期間才動態決定所使用的資訊通道，並動態交換會談媒體格式的資訊，因此已經無法從單純的 IP Address 與 TCP/UDP Port 來決定封包的應用種類[1][2]。一般 GPON (Gigabit Passive Optical Network) DBA 動態頻寬分配管理機制，無法依據應用服務需求準確給予不同優先等級排程 (如：Priority queuing)，或依據應用服務需求給予合適的頻寬保證。

由於 GPON 是一種媒體共享架構，因此需要 OAM (Operations, Administration and Management) 與 DBA (Dynamic Bandwidth Assignment) 機制進行網路資源分配與排程，以避免資料碰撞發生。GPON 系統支援 Static Time Division Multiple Access (靜態 TDMA) 多工存取方式，每個 ONU (Optical Network Unit) 由 OLT (Optical Line Terminal) 分配固定的時槽 (Time Slot) 進行資料傳送，ONU 必須在被分配的有限時間內，在緩衝區中的資料傳送給 OLT 端。此外，GPON DBA (Dynamic Bandwidth Assignment) 以一個 T-CONT (Transmission Container) 為分配單位[3]，利用 Embedded OAM 交換上行頻寬分配之排程資訊，OLT 可以運用這些機制管理與控制上行/下行頻寬資源之分配；GPON 頻寬分配與控制之相關研究，可參考[4]-[9]。

目前 GPON 的 DBA 機制，分為兩種方式，Status Reporting (SR) DBA 與 Non-Status Reporting (NSR)

DBA；SR DBA 是依 ONU 的 Buffer 狀態來反應給 OLT，而 NSR DBA 是在 OLT 上觀察空閒的 GEM frame pattern 並比對 Bandwidth maps 資訊看是否符合。

本論文以 GPON 服務品質保證 (QoS Guarantee) 為主題，設計以應用服務為導向動態頻寬估計系統。本系統採用會談分類 (Session Classification)[1] 是一種狀態式分類方法，必須分析每一封包先後之關聯性，並且管理每一會談狀態；在應用服務連線初始化期間，ONU 上的 Snooping Agent 會將特定之封包複製一份至 Analyzer Server，以分析應用服務控制協定及應用服務交換之 SDP 資訊，藉此擷取每一會談所需資料頻寬大小；最後，Analyzer Server 將會談狀態資訊回報至 OLT，透過 OLT 的 OAM 與 DBA 機制，提供應用服務動態頻寬保證。

本篇論文以 SIP 影像網路電話使用案例，來驗證本機制功能與效能，在保證應用服務需求頻寬下，讓節省下來之頻寬資源可以做其他更有效運用；未來可以實際應用於 GPON 網路電話服務。

## 二、背景

### 2.1 GPON 簡介

從 90 年代 FTTH (Fiber to the home) 概念興起至今，已經歷了十餘載的發展與演變，ATM Passive Optical Network (APON)、乙太光纖被動網路 (Ethernet Passive Optical Network, EPON)、Gigabit Passive Optical Network (GPON) 等光接入技術推陳出新。其中 GPON 具有高頻寬、高效能、傳輸距離遠、支援多種服務 (包含 ATM、Ethernet、TDM)、OAM 能力、保護安全和可升級能力。GPON 提供之服務應用種類廣泛，如語音 (Voice Communications)、影像 (Video)、視訊會議 (Video Conferencing)、數據 (Data Traffic)、以及綜合數位信號傳輸 (Digital Signal Transmission) 等均可在其架構下傳輸。而 GPON 接取網路技術的 Frame encapsulation 也保證了 GPON 既能繼承傳統的 TDM、ATM 和專線服務，也能夠高效率傳送 IP 服務。

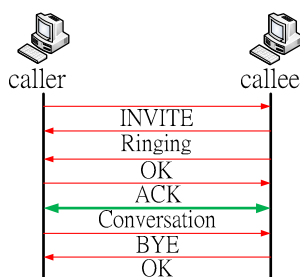
GPON 傳輸模式，下行傳輸採用廣播 (Broadcast) 的方式，上行採用 TDMA 的方式傳輸。而 GPON 中上行頻道 (Upstream Channel，指 ONU 至 OLT 間) 傳送資料時，光纖網路終端 (OLT) 對光纖網路單元 (ONU) 採輪詢 (Polling) 方法被認為是較佳之方式；即 ONU 在 DBA (Dynamic Bandwidth Assignment) 狀態報告時向 OLT 提出要求欲傳送之時槽大小 (Timeslot Size)，而 OLT 對 ONU 所要求之時槽大小，可以採用固定 (Fixed) 或動態 (Dynamic) 之配置來決定，並於傳送「上傳頻寬對映」 (Upstream Bandwidth Mapping) 封包時告知 ONU。

<sup>1</sup> 本計畫由科學工業園區管理局贊助，計畫編號 99IA06。

GPON 以 T-CONT 作為頻寬流量調度單位，並將 T-CONT 分為 5 種類型，不同類型的 T-CONT 具有不同的頻寬分配方式，可以滿足不同資料流對時間延遲、抖動、丟棄封包率等不同的 QoS 要求，類型 1 的特點是固定頻寬、固定時槽，適合對延遲敏感的服務；類型 2 的特點是固定頻寬、時槽不確定，適合對抖動要求不高的固定頻寬服務；類型 3 的特點是有最小頻寬保證又能夠動態共用剩餘頻寬，並有最大頻寬的限制，適合於有服務保證要求而又突發流量較大的服務；類型 4 的特點是 Best Effort，在固定頻寬、保證頻寬、非保證頻寬分配後，競爭使用剩餘頻寬，適合於時間延遲和抖動要求不高的服務；類型 5 是組合類型，在分配完保證和非保證頻寬後，額外的頻寬需求盡力而為進行分配。這方式利用優先等級來分配頻寬，但是當可分配頻寬遠大於總需求頻寬時，如果將分配剩餘的頻寬繼續以輪詢的方式直到分配完為止，會消耗很多時間，降低系統的效率；反之，當總可分配頻寬小於總需求頻寬較多時，每個 ONU 分到的頻寬都會遠小於需求的頻寬。

## 2.2 SIP 標準簡介

SIP 是屬於應用層的協定且是以文字格式為基礎方式傳輸，在建立多媒體通訊時，會使用 SDP (Session Description Protocol) 協議描述會話所使用的媒體細節，包含多媒體格式、網路位址以及通訊埠。當多媒體所需的資料溝通完成後，便會根據溝通後的結果使用 RTP (Real-time Transport Protocol) 來傳遞即時的聲音以及影像。



圖一 SIP 的運作流程

SIP 運作的基本流程可參考圖一，首先發話端 (Caller) 送出 INVITE 給受話端 (Callee)，其中夾帶 SDP 訊息告訴對方自己的多媒體資訊與自己將在哪個通訊埠接收語音，接著發話端接收到 Ringing 的信號表示對方正在響鈴中，受話端接受通話後，回傳 OK 的訊息，同樣利用 SDP 訊息回應對方自己的多媒體資訊與即將在哪個通訊埠接收語音，最後雙方根據之前所交換的資料，使用 RTP 傳送語音給對方。

由前述的流程可得知，SIP 主要是負責控制的信令 (Signaling)，在雙方確認會使用哪種媒體格式前，OLT 是無法依會談應用動態頻寬需求準確地分配頻寬。

## 2.3 會談分類

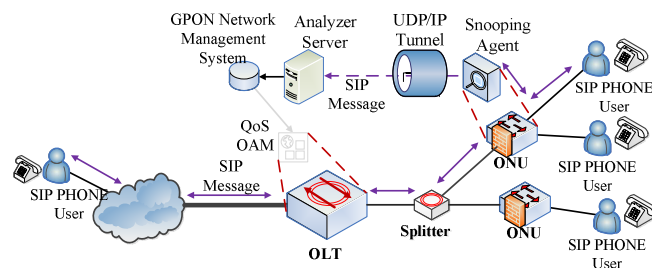
一般封包分類方法可分為兩種類型，非狀態式分類與狀態式分類。非狀態式分類典型的作法是多欄位分類

(Multi-Field Classification)，多欄位分類是根據封包的位址、來源位址、目的埠、來源埠和通訊協定類別等欄位來進行分類封包[10]-[12]。狀態式分類是根據封包前後關聯，進行封包分類，會談分類是狀態分類的一種。會談分類是監測控制通道 (Data channel) 而得知傳輸地址的數據通道 (Data channel)，進行該會談相關封包分類，因此，會談分類必須管理每一會談狀態，並可以準確識別出會談控制與資料所有封包。

由於會談分類必須處理與管理所有會談狀態，對於骨幹高速網路來說，可能會造成傳輸瓶頸，因此，如何運用網路結構與分類機制優化是一大課題。

## 三、系統架構

本論文提出之系統架構圖為圖二，底層為現有 GPON 網路，包含用戶端 ONU 與局端 OLT，中間透過光纖與 Splitter 被動元件串接起來，而在後端平台部分包含 Snooping Agent、Analyzer Server 和 GPON 網路管理系統部分。



圖二 系統架構圖

1. Optical Line Terminal (OLT) 放在中心機房 (Central Office, CO)，是一個 Layer 2 交換機或者是 Layer 3 路由器，主要是控制中心，做網路管理。
2. Passive Optical Splitter (POS) 是被動式光纖分支器，是一個連接 OLT 和 ONU 的無電源設備。它的功能是分發下行資料和集中上行資料。
3. Optical Network Unit (ONU) 是一種 Layer 2 Bridge 設備並位於用戶端，在此本論文將 Snooping Agent 子系統設計並實作於 ONU 上，利用 ONU Switch Chip 來過濾封包，並在不影響正常運作下，複製過濾的特定封包至上層進行 UDP/IP Tunnel Encapsulation 處理。
4. Analyzer Server 子系統架構於 Linux CentOS 環境，自行開發 UDP/IP Tunnel Encapsulation 與 Session Classifier and Protocol Analyzer 功能模組。
5. GPON Network Management System 主要負責收集與紀錄所有 Session 通訊行為資訊，作為分析之重要參考資料。

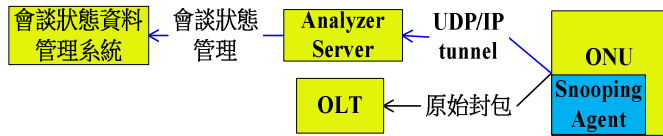
會談分類 (Session Classification) 是本系統的核心技術，在應用服務連線初始化期間，ONU 會將特定之 SIP 封包複製一份至 Snooping Agent 做第一次的會談分類，分析並過濾出我們所需之 SIP 封包資訊，再經由 IP Tunnel 技術送至 Analyzer Server，藉此分析應用服務控制協定及應用服務交換之 SDP 資訊，並推算每一會談所需

資料頻寬大小。最後，Analyzer Server 將分析之會談狀態與所需頻寬大小結果，儲存於 GPON 網路管理系統。

#### 四、 元件設計

##### 4.1 元件功能設計

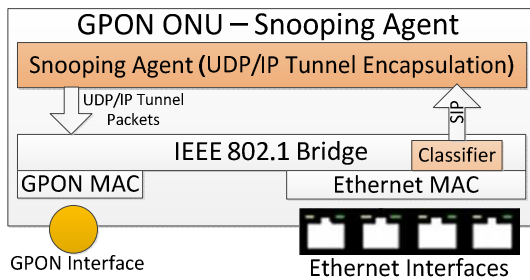
圖三 為應用會談動態頻寬估計系統資料處理流程圖，系統透過 ONU 做封包監聽，藉此擷取網路中所有關於 SIP 之 TCP/UDP 封包，接著透過 Snooping Agent 將擷取到的特定封包經由 UDP Tunnel 的方式送至 Analyzer Server 進行分析，擷取系統所需要的特定資訊，並將其儲存至資料庫系統中，供其他元件使用。



圖三 應用會談動態頻寬估計系統資料處理流程圖

##### 4.2 GPON ONU – SIP Snooping 元件設計

在本論文研究初期，我們將會談分類設計在用戶端 ONU，並且以模組化方式設計。圖四為 GPON ONU 系統架構圖，除了一般 ONU 功能外，額外設計 Snooping Agent 元件，藉此提取所需的會談資訊，其功能包含 SIP Snooping，此元件將需要的會談資訊從 ONU 另外複製一份，透過 Encapsulation 元件將所需資訊封裝送至 Analyzer Server，如圖二。



圖四 GPON ONU 系統架構圖

本論文利用會談分類的方式，將 SIP 封包分類並複製一份，藉由 IP Tunnel 技術送至 Analyzer Server 進行 SIP 會談分析。當 Analyzer 收到 SIP 封包之後，將進行會談分類，分析每一封包的內容，管理本論文所需之 SIP 會談狀態，並且從 SIP 封包分析 Session Description Protocol (SDP) 資訊，擷取所需之媒體資訊，並透過比對媒體頻寬參考表來推算每一會談所需資料頻寬大小。最後，將會談狀態與所需資料儲存於後端資料庫，並以 Web Interface 方式將媒體資訊呈現出來。

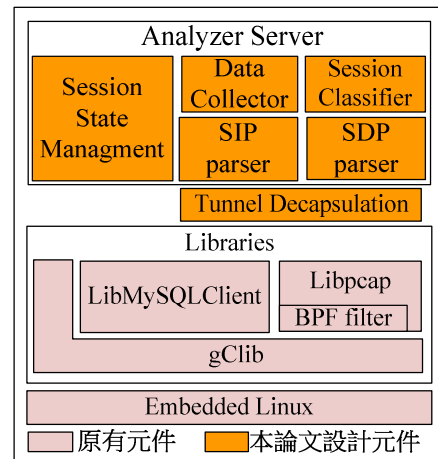
##### 4.3 Analyzer Server – 嵌入式開發平台設計

本論文初期規劃以高效能電腦進行 Session Analyzer 系統軟體發展；最後將轉移到 Intel® EP80579 嵌入式發展平台發展，測試與驗證系統產品化之可行性，並且針對分析效能進行最佳化設計與改善。

在系統硬體平台，本論文採用 Intel® EP80579 嵌入式開發平台作為 Analyzer Server，Intel® EP80579 以 IA-

32 CPU 為核心，最高提供 1.2GHz 之處理能力，並且提供三組 10/100/1000 高速乙太網路介面，以及 Acceleration Services Unit，提供加解密加速功能；可用來分析 SIP 資訊，接著 Analyzer Server 將 Session State Information 儲存至資料庫系統，最後，OLT 將透過提取資料庫系統的資訊並且藉由 OAM 與 DBA 機制，提供應用服務動態頻寬保證。因此，本論文規劃以 Intel® EP80579 嵌入式發展系統，進行嵌入式會談行為分析器設計與實作。

圖五為系統軟體堆疊圖，本系統使用 libpcap 作為會談鑑識系統基礎，其中使用到 libpcap、libMySQLClient 以及 gClib 等函式庫，在 Analyzer 部分，本系統利用 BPF (Berkeley Packet Filter) 接收來自 ONU 傳來的封包，Packet Sniffer、Session SIP parser、SDP parser 之元件功能基本上是利用 libpcap 程式來處理封包分析功能，本論文額外增加 Session Classifier，以進行會談分類，分析來自上行與下行之 SIP 封包；最後，以會談狀態管理元件作為每個 SIP Session 追蹤會談狀態，並以 Data Collector 將所需資訊儲存至 MySQL 資料庫系統。



圖五 於 Intel® EP80579 系統軟體堆疊圖

#### 五、 系統雛形與效能量測

##### 5.1 建立通話實作之成果

本論文採用 Intel® EP80579 嵌入式發展平台作為 Analyzer Server 子系統開發平台，目前本論文已完成完整功能發展，並且將 Analyzer Server 子系統植入 Intel® EP80579 發展平台進行功能測試，如圖六為 Intel® EP80579 嵌入式發展平台發展。



圖六 Intel® EP80579 會談鑑識系統

本系統建置在實驗室對外網路上，網路電話使用者為 2 人，圖七為實際執行語音通話聊天之擷取多媒體資訊。會談分析資訊包含發用者 IP 位址、受話者 IP 位址、上行與下行頻寬、多媒體資訊及多媒體屬性等，此擷取結果可以作為應用服務動態頻寬估算之重要參考數據。

VoIP(SIP) 頻寬資訊

流水號	播話者	受話者	狀態	上行之頻寬(Kbps)	下行之頻寬(Kbps)
1	140.130.X.1	140.130.X.2	BYE	1564	1564
2	140.130.X.1	140.130.X.2	OK	1564	1564

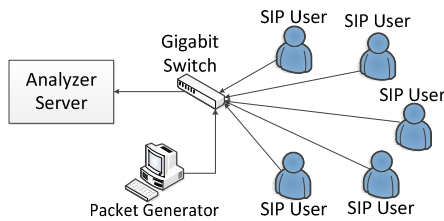
SIP\_Media 資訊

流水號	S_ID	Media_info	Media_attributes	Receive RTP_IP	Receive RTP_port
1	1	audio	0 PCMU/8000	140.130.X.1	5060
2	1	video	99 MP4V-ES/90000	140.130.X.1	5060
3	1	audio	0 PCMU/8000	140.130.X.1	5060
4	1	video	99 MP4V-ES/90000	140.130.X.1	5060
5	2	audio	0 PCMU/8000	140.130.X.1	5060
6	2	video	99 MP4V-ES/90000	140.130.X.1	5060
7	2	audio	0 PCMU/8000	140.130.X.1	5060
8	2	video	99 MP4V-ES/90000	140.130.X.1	5060

圖七 SIP 語音通話與語音多媒體資料

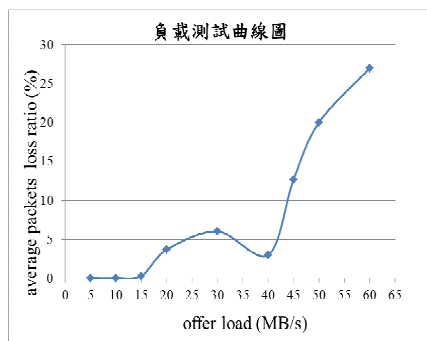
## 5.2 效能測試與量測結果

除了功能性驗證外，在系統效能測試部份，本論文定義系統處理時間為擷取到一個封包至儲存該資料到資料庫的時間，其中包含協定分析、資料處理與資料儲存時間。於嵌入式 EP80579 開發平台效能測試部分，本系統可同時支援 5 位以上 SIP 使用者撥打語音電話，並且可以準確識別 5 位使用者之通訊資料。



圖八 SIP 量測環境圖

另外，於負載測試時，是針對 Analyzer Server 來做負載測試，為避免其他因素影響所以不接上 PON 的環境，如圖八，Packet Generator 以大約一分鐘連續發送封包在 Gigabit Switch 可承受的範圍下，5 位 SIP 使用者撥打語音電話，測試 Analyzer Server 擷取封包遺失率，經三次測試結果取平均值，測試結果如圖九所示，會談鑑識分析器於壓力 43MB/s 內封包準確率可達 90% 以上，在 15MB/s 以下可達到 100% 準確率。



圖九 負載測試曲線圖

## 六、 結論

本論文以服務品質保證為主題，利用 GPON 架構的特性，設計與實作以 SIP 會談動態頻寬估計系統，此系統運用兩層封包分類結構，將非狀態式分類負載分散至用戶端 ONU，以提高系統整體效能。

本論文完成 Intel® EP80579 嵌入式發展平台之實作，並且完成功能性測試，於負載測試結果顯示，會談估計系統於負載 43MB/Sec 內，準確率達 90% 以上，從效能測試數據我們可以發現，SIP 應用會談系統可以滿足一般小型企業網路或家庭網路之網路頻寬保證需求。最後，在系統資源有限的狀況下，如何進行效能優化，以因應更複雜之高速網路環境，將是未來可以繼續努力的方向。

## 參考文獻

- [1] H-K. Su, C-S. Wu and K.-J. Chen, "Session Classification for Traffic Aggregation," IEEE International Conference on Communications 2004 (ICC 2004), June 23, 2004.
- [2] H. Sengar, D. Wijesekera, H. Wang, S. Jajodia, "VoIP Intrusion Detection Through Interacting Protocol State Machines," International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN 2006), pp. 393-402, 25-28 June 2006.
- [3] ITU-T Recommendation G984.3 Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON) : Transmission convergence layer specification.
- [4] J. Jiang, M.R. Handley and J.M. Senior, "Dynamic bandwidth assignment MAC protocol for differentiated services over GPON," Electronics Letters, vol. 42, no. 11, pp. 653-655, 25 May, 2006.
- [5] C.-H. Chang, P. Kourtessis and J.M. Senior, "GPON service level agreement based dynamic bandwidth assignment protocol," Electronics Letters, vol. 42, no. 20, pp. 1173-1174, 28 September, 2006.
- [6] Y. Liu, G. Zhang and Q. Li, "An Improved Dynamic Bandwidth Allocation Algorithm for GPON," Symposium on Photonics and Optoelectronics 2009 (SOPO 2009), pp.1-4, 14-16 Aug., 2009.
- [7] Y. Liu, G. Zhang and Q. Li, "A bandwidth allocation algorithm for reducing the average delay in GPON," 2010 2nd International Conference on Future Computer and Communication (ICFCC), vol. 1, pp. 600-603, 21-24 May, 2010.
- [8] B. Skubic, J. Chen, J. Ahmed, L. Wosinska and B. Mukherjee, "A comparison of dynamic bandwidth allocation for EPON, GPON, and next-generation TDM PON," IEEE Communications Magazine, vol. 47, no. 3, pp. S40-S48, March 2009.
- [9] I. Cale, A. Salihovic and M. Ivekovic, "Gigabit Passive Optical Network - GPON," 2007 29th International Conference on Information Technology Interfaces (ITI 2007), pp. 679-684, 25-28 June, 2007.
- [10] M. Uga and K. Shiimoto, "High speed policy based packet forwarding using efficient multi-dimensional range matching," in Proc. ACM SIGCOMM, Vancouver, Canada, Sept. 1998.
- [11] P. Gupta and N. McKeown, "Algorithms for packet classification," IEEE Network, vol. 15, pp. 24-32, March/April 2001.
- [12] M. Uga and K. Shiimoto, "A modular approach to packet classification: Algorithms and results," in Proc. INFOCOM, Israel, Mar. 2000.