

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

在第三代行動網路中應用多協定標籤交換技術之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2213-E-009-067-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學資訊科學學系

計畫主持人：王國禎

計畫參與人員：闕宏時等

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 29 日

在第三代行動網路中應用多協定標籤交換技術之研究

Integrating MPLS Technology to 3G Mobile Networks

計劃編號: NSC91-2213-E-009-067

執行日期: 91/8/1 - 92/7/31

主持人: 王國禎 國立交通大學資訊科學系教授

一、中文摘要 (關鍵詞: 第三代行動電信服務、核心網路、一般封包無線服務、一般封包無線服務隧道、多協定標籤交換隧道、訊務工程、服務品質)

在本計劃中, 我們提出第三代行動電信核心網路全面應用多協定標籤交換(MPLS)的可行方法。GTP-tunnel 是在第三代行動電信核心網路中的傳輸機制, 且已經由第三代聯盟制定為標準規格。在每一個封包傳送過程中, 需要額外的GTP、UDP及IP的標頭(總計40 bytes)。對於短的封包, 例如語音封包, 其傳輸的負荷非常高。Enhanced-GTP被提出來, 它去除了GTP標頭的需求。但是它的工作模式受到限制, 僅適用於不透明的模式, 即GGSN需要支援網路位址轉譯的功能。此外, 它所能提供的效能改善仍然有限, 因為它仍需要一個額外的IP標頭。為了克服這些缺點, 我們提出整合多協定標籤交換的技術到第三代行動電信核心網路。我們使用兩層的多協定標籤交換之標籤(8 bytes), 當作傳輸的機制以取代GTP-tunnel。就我們所知, 這是一個全新的方法, 因為從來沒有以多協定標籤交換為基礎的方法被應用於第三代行動電信核心網路。我們的方法是可行的, 因為有愈來愈多的路由器支援多協定標籤交換的協定。透過將標頭額外負擔由40位元組降至8位元組, 我們所提出的方法, 可以針對語音封包, 將傳輸效能由56.5% ~ 63%提高至86.6% ~ 89.5%。除此之外, 我們的方法可提供較佳的封包傳送效率, 較佳的負載平衡, 較佳的服務韌性, 以及較佳的服務品質支援。

英文摘要 (Keywords: UMTS, core networks, GPRS, GTP-tunnel, MPLS-tunnel, traffic engineering, QoS)

In this project, we present an all-MPLS approach for UMTS 3G core networks. GTP-tunnel has been defined by 3GPP as the transport mechanism for UMTS. For each packet transmitted, extra GTP, UDP, and IP headers (40-byte) are required. For short packets, such as VoIP payloads, transmission overhead is very high. Enhanced-GTP was proposed to eliminate the need of a GTP header. Since its operation mode is limited to non-transport mode only, NAT is required in GGSN. Furthermore, its performance improvement is limited, because an extra IP header (20-byte) is still needed. In response to these drawbacks, we propose to integrate MPLS technology to UMTS 3G core networks. We use MPLS-tunnel as the transport mechanism by using two-level MPLS labels (8-byte) to replace the GTP-tunnel. To the best of our knowledge, this is a novel approach, since no MPLS-based approach was ever proposed for UMTS 3G core networks. Our approach is feasible, since more and more routers are MPLS-capable. By reducing header overhead from 40-byte to 8-byte, our new approach improves transmission efficiency from 56.5% ~ 63% to 86.6% ~ 89.5% for VoIP payloads and also enhance packet forwarding efficiency. In addition, our all-MPLS approach offers better load balancing, better service resilience, and better QoS support, compared to existing approaches.

二、計劃緣由與目的

GPRS 是一個從 GSM 演進而來可以支援封包交換服務的嶄新架構。GPRS 的核心

部分在 UMTS 依然被延用。其 R4 規格的網路架構，如圖（一）所示，包含 GERAN, UTRAN, CS-Domain, PS-Domain, 及 Service Platform。在這篇報告中，我們有興趣討論的部分是 GPRS 的核心網路，亦即 PS-Domain 及 Iu-PS 界面是我們討論的焦點。

現今所規範的技術規格中，在 RNC 和 GGSN 之間採用了 GTP-tunnel [1] 的機制，如圖（二）所示。GTP 標頭承載在 UDP/IP 之上。雖然 layer 2 行動性可以達到，但是其傳輸負荷很高。每轉送一個封包，額外的 IP, UDP, 及 GTP 的標頭（總共 40 位元組）必須加在該封包之上。如果轉送的是很小的封包，諸如 VoIP 封包，其傳輸效能很低。

Enhanced-GTP [2] 已經被提出以改善上述的缺點，如圖（三）所示。雖然它去除了 GTP 及 UDP 標頭的需求，但是它的運作模式侷限於不透明的模式，亦即 GGSN 必須執行 NAT 的轉換，且其傳輸效能改善有限，因為它必須附加上一個額外的 IP 標頭。

傳統的 IP 網路是以目的地為基礎以及採用最小成本的路由方式，所以最短路徑擁塞節點的問題難以避免，更難以達到品質保證的目的。因為 Standard-GTP 及 Enhanced-GTP 所提出的方法都是以 IP 為基礎的，所以會繼承上述的缺點。

MPLS 是由 IETF 所提出的標準。它有許多好處，整理如下：

1. 一個標籤的大小只有四個位元組，遠比一個 IP 標頭來的小。
2. MPLS 支援眾多的第二層協定，諸如：PPP, FR, ATM, Ethernet 等等。
3. 因為它的標籤是可堆疊的，所以可以為未來的應用提供較佳的彈性。
4. 它提供可以避免最短路徑擁塞節點的問題的訊務工程能力，同時可更進一步提高網路使用率。
5. 在 MPLS-tunnel 中，集合的資料流透過 WFQ 作排程，不但可以提供頻寬保證的服務，同時可以提供擴充性。

基於這些好處，我們嘗試整合 MPLS 的技術，將其應用到第三代行動電信的 GPRS 核心網路中。

全 IP 網路的實現是一個趨勢。在 R4 規格中的網路架構 [3]，定義了 MAGACO 協定應用於 CS-domain 中，即 CS-domain 亦採用 VoIP。以 IP 為基礎的 RAN 目前亦被廣泛討論。為了解決採用 IP 為傳輸網路的缺點，第三代 RAN 採用 MPLS 為基礎的網路已被提出 [4]。IP 骨幹網路採用 MPLS 訊務工程的方法，以確保服務品質的方法亦已被提出 [5]。然而，就我們所知，目前尚未有任何研究報告討論在 GPRS 核心網路採用 MPLS，以改善 IP 的缺點。而根據 R5 規格所定義的網路架構，它採用以 SIP 為基礎的 GPRS 網路，以實現 VoIP 的信號協定，此預言 VoIP 世代的到來，亦即 GPRS 網路將扮演更吃重的角色。是以提升 GPRS 核心網路傳輸效能及確保服務品質的支援，實屬關鍵而且刻不容緩。

本計畫所提出的方法，不但可以降低轉送負荷，提昇轉送效能，改進網路負載平衡，增加服務韌性，更可以確保服務品質。藉由本研究可提供一個更可靠、更有效率，服務品質獲得保證的 GPRS 核心網路。以此網路作為服務平台，必能提供高服務品質的無線通訊服務，讓使用者能夠使用高速度、高品質的資料傳輸與語音通訊，以為邁向第三代無線通訊系統作好準備及奠定良好基礎。

三、研究方法及成果

我們嘗試去研究一個較佳的轉送機制以降低傳輸負荷。我們提出一個以 MPLS 為基礎的方法，以改善規格的缺點。我們採用 MPLS-tunnel 的概念，透過兩層的 MPLS 標籤去替換原始的 GTP-tunnel，此為我們方法的轉送機制。我們利用 MPLS 的優勢，針對 GTP-tunnel 規格中的 control-plane, user-plane, 及服務品質的層面去作研究。以下將針對 user-plane 及服務品質作一闡述。

我們所提出在 MPLS 模式下的 user-plane 協定如圖（四）所示。貼上標籤的封包是由外層的標籤作轉送，而非 IP 標頭。貼上標籤的封包在 RNC, SGSN, 及 GGSN 中，是根據內層的標籤作分類，而非 GTP

標頭。既然 GTP 標頭沒有存在的必要，UDP 的標頭亦可以省略。如此一來，我們可以採用兩階層的標籤（8 位元組）去取代原本的 GDP/UDP/IP 的標頭（40 位元組），仍然可以達到相同的功能。此方法可以減少傳輸負荷，進而提昇傳輸效能。

我們提出的確保 MPLS 服務品質的機制，如圖（五）所示。當一個 PDP 封包到達 RNC 或是 GGSN，封包會被分類，以決定轉送該封包的 MPLS-tunnel。該封包進入 MPLS-tunnel 之前會經過 token bucket 的機制作流量控制。符合規格的 PDP 封包才透過階層式 WFQ 的排程演算法進行轉送。如此一來，點對點間的服務品質可以得到保證。

四、討論與結論

我們所提出嶄新的 All-MPLS 方法，不但可以在 UMTS 第三代行動電信的核心網路中減低傳輸負荷，同時可以改善轉送效能、負載平衡、服務韌性，以及確保服務品質。除此之外，因 SGSN 可以作服務容量控制，它加速了 PDP 相關的程序。茲將我們的貢獻整理如下：

1. **較佳的傳輸及轉送效能：**我們所提出的 MPLS-tunnel 方法中，其負載標頭只有 8 個位元組（兩層的標籤），而相對之下，標準規格所定義的 GTP-tunnel 中，其負載標頭卻是 40 個位元組。採用本方法，在第三代行動電信中以 AMR 編碼的 VoIP 封包傳輸，其傳輸效能可以由 56.5% ~ 63% 提昇到 86.6% ~ 89.5%，見表（一）。除此之外，我們的方法採用 MPLS 轉送，比起傳統的 IP 轉送，可以提昇轉送效能達 10% [6]。
2. **較佳的負載平衡：**在標準的 GTP-tunnel 方法中，intra-domain 的網路只提供最短路徑優先的路由選擇方法。使用這個方法會導致網路上某些熱門節點擁塞，而其他節點或鏈結可能仍很空閒。在我們的方法中，我們使用 MPLS 訊務工程的特點，不但可以達到較佳的負載平衡，進而提昇約 10% 的網路流量，更可以改善網路的利用率 [7]。
3. **較佳的服務彈性：**在標準的 GTP-tunnel

方法中，核心網路之網路復原（recovery）方法是採用很耗費成本的 re-routing 方法。我們所提出的方法支援 MPLS 的復原機制，如保護及恢復。使用保護的機制可以在 100 ms 內復原網路連線，而使用恢復的機制可以在 100 ms 至 1 s 之內復原網路連線 [8]。如此一來可以縮短服務中斷的時間，提供較佳的服務韌性。

4. **較佳的服務品質保證：**在標準的 GTP-tunnel 方法中，intra-domain 的網路只提供 DiffServ 的服務品質保證機制，而且網路中的路由器可能遭遇到網路擁塞而造成服務品質不佳。採用 MPLS 為基礎的路由方式，端點到端點之間的足夠資源可以被保留，以提供服務。透過 token bucket 的機制作流量控制，以及階層式 WFQ 作封包排程，端點到端點的服務品質可以得到保證 [9]。
5. **本研究之部分成果已發表於 IEEE VTC 2003-Fall [10]。**

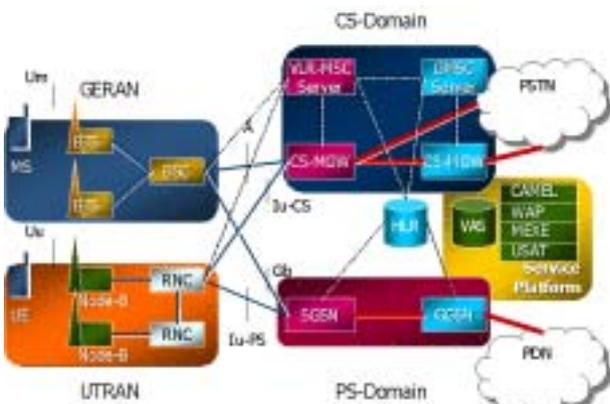
五、參考文獻

- [1] 3GPP, "General Packet Radio Service (GPRS) Service Description: Stage 2," Tech. Spec. 3G TS 23.060, version 5.2.0, 2002.
- [2] S. Tsao, "Enhanced GTP: An Efficient Packet Tunneling Protocol for General Packet Radio Service," in *Proc. IEEE International Conference on Communications*, vol. 9, pp. 2819-2823, June 2001.
- [3] 3GPP, "Network Architecture," Tech. Spec. 3G TS 23.002, version 4.4.0, 2002.
- [4] Y. Guo, Z. Antoniou, and S. Dixit, "IP Transport in 3G Radio Access Networks: an MPLS-based Approach," in *Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, vol. 1, pp. 11-16, Mar. 2002.
- [5] V. Fineberg, "A Practical Architecture for Implementing End-to-End QoS in an IP Network," *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, pp. 122-130, Jan. 2001.
- [6] G. Liu and X. Lin, "MPLS Performance Evaluation in Backbone Networks," in *Proc. IEEE Conf. on Communications*, vol. 2, pp. 1179-1183, Apr. 2002.
- [7] A. Ayyangar and D. Sidhu, "Analysis of MPLS based Traffic Engineering Solution," in *Proc.*

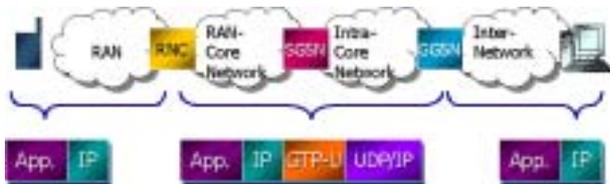
IEEE Int. Conf. on ATM and High Speed Intelligent Symposium, pp. 21–27, Apr. 2001.

- [8] A. Autenrieth and A. Kirstadter, “Engineering End-to-End IP Resilience Using Resilience-Differentiated QoS,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, pp. 50–57, Jan. 2002.
- [9] J. C. R. Bennett and Z. Hui, “Hierarchical Packet Fair Queueing Algorithm,” *IEEE/ACM Trans. on Networking*, vol. 5, pp. 675–689, Oct. 1997.
- [10] H.-S. Cheuh and K. C. Wang, “An All-MPLS Approach for UMTS 3G Core Networks,” *IEEE Vehicular Technology Conference*, Oct. 2003.

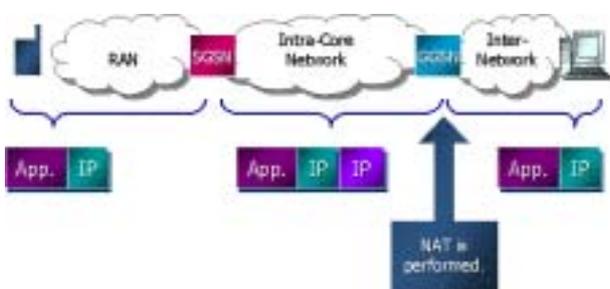
六、圖表



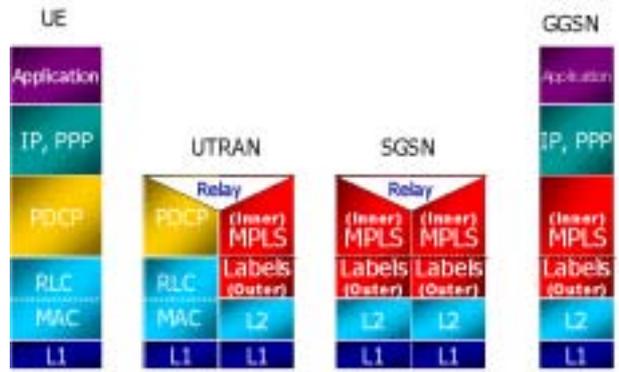
圖（一）：在第三代行動電信技術R4規格中所訂定的網路架構。



圖（二）：在第三代行動電信技術規格中所訂定的GTP-tunnel的機制。



圖（三）：Enhanced-GTP的運作機制。



圖（四）：MPLS模式下的user-plane協定。



圖（五）：MPLS模式下確保點對點服務品質的機制。

Mode	1	2	3	4	5	6	7	8
Bit-rate (Kbps)	4.7	5.1	5.9	6.7	7.4	7.9	10.	12.
	5	5	0	0	0	5	2	2
Frame Size (bits)	95	103	118	134	148	159	204	244
RTP/UDP Header	20 bytes							
IPv4 Header	20 bytes							
Packet Length (bytes)	51.	52.	54.	56.	58.	59.	65.	68
	9	9	8	8	5	9	5	
Standard-GTP Overhead	40 bytes (GTP header + UDP header + IP header = 12+8+20)							
E _t (%)	56.	56.	57.	58.	59.	60.	62.	63.
	5	9	8	7	4	0	1	0
Enhanced-GTP Overhead	20 bytes (IP header)							
E _t (%)	72.	72.	73.	74.	74.	74.	76.	77.
	2	6	3	0	5	5	6	3
2-level MPLS Labels Overhead	8 bytes (Label size × 2 = 4 × 2)							
E _t (%)	86.	86.	87.	87.	88.	88.	89.	89.
	6	9	3	7	0	2	1	5

表（一） Standard-GTP、Enhanced-GTP及
MPLS-tunnel的VoIP傳輸效能分
析。