

國家寬頻實驗網路上資源預先保留與資源衝突解決之機制研究

范國清¹ 陳奕明¹ 周立德² 楊詠淇³ 蔡光程³

¹ 國立中央大學電子計算機中心 ² 國立中央大學資訊工程學系

³ 國立中央大學資訊管理學系

Email : s9423017@cc.ncu.edu.tw

摘要

國家寬頻實驗網路的目的是提供各研究單位實驗各種寬頻網路應用的平台，其中一種重要應用就是傳遞即時影音，例如視訊會議及遠距教學等。針對網路服務品質提出來的架構及協定一般可以分為資源立即保留及資源預先保留二大類。但相對於資源立即保留 (Immediate Reservation) 的技術，如 RSVP、ST-2 等，預先保留的技術較少被探討，為了補足這個缺憾，本文將針對網路資源的預先保留問題做探討，並提出一種整合架構來解決資源預先保留過程中可能會發生的資源衝突問題。此整合架構包括下列技術及方法：(1) 使用動態資源分割，讓系統擁有較彈性的資源可供預先保留，(2) 使用優先權的概念，讓具有高優先權的使用者或是服務，能有優先使用資源的權利，(3) 給予使用者建議，在系統資源有限時，讓使用者可以選取其他可使用的資源。我們透過系統模擬的方式，發現本文所提出的方法在使用者請求的處理上與系統整體資源的使用上，都較相關的研究有較佳的效能。**關鍵字**：國家寬頻實驗網路、資源預先保留、資源立即保留、動態資源分割、網路服務品質。

1 簡介

國家寬頻實驗網路的建立，主要是提供各種寬頻應用，尤其是影音方面應用的一個實驗開發環境。在影音服務的應用中，最重要的是如何有效利用網路資源以確保適合的服務品質。

過去解決上述問題的方法，多透過立即資源保留協定 (例如 RSVP[1]) 在使用者需求資源時，由系統立即檢查是否有足夠的資源可提供使用，若資源不足則拒絕請求，反之則進行資源保留的動作。

利用這種方式可確保影音服務得到一定的品質，但這種方式在面臨類似視訊會議或遠距教學，這類可以明確提出要求資源的時點、多寡及使用時間的應用上時，並不是很合適。為解決此問題，近年來，愈來愈多學者在探討預先保留 (Advance Reservation) [2][3][5][6][7][9][8] 的協定。所謂資源預先保留就是可以事先對於資源提出預約，且可以在保留請求被拒絕 (換句話說，發生了資源衝突) 的情況下，仍有替代方案可選擇。所以當我們面臨需要提供服務品質保證的需求時，若能提供資源預先保留及合宜的衝突解決機制，便可以更具彈性且有效率的管理資源的使用。

2 相關研究

2.1 立即保留與預先保留間的資源分配

傳統上有兩種劃分資源的方式，一是共享法 (Sharing)，一是分割法 (Partitioning) [9][8]。所謂共享法就是將所有的資源提供給兩種保留方式一起使用。而分割法就是將整個資源分割成獨立的兩個部分，給兩種保留方式個別使用。但其實兩種方法各有利弊。為了解決共享法與分割法所產生的問題，便有學者將分割法中原本是固定分隔兩種保留的邊界改變成可移動式的邊界 (Movable Boundary)[9]，使用移動式的邊界可以在一方的資源不夠使用時向另外一部份借用頻寬，以解決使用固定邊界缺乏彈性的缺點。

2.2 協商與再協商的作法

所謂的協商是指由使用者第一次發出資源需

求的請求後，系統依據本身資源使用狀態來給予使用者回應。而再協商指的是使用者針對之前已經由系統配置成功的資源做出更動。

協商與再協商的核心問題發生在系統無法滿足所有使用者所提出的資源需求而產生資源衝突。避免資源衝突的解決方法之一就是適當的提供使用者目前系統使用情形的資訊，讓使用者參考系統的資訊來決定本身對於資源的需求，例如有學者提出使用月曆[1][8]的方式來展現系統資源使用的狀況。這種方法的缺點是需要使用者自行檢查系統資源，另一種較佳的解法是由系統依據使用者的資源需求找尋適當的資源給予使用者選擇，讓使用者的請求除了拒絕外，還有選擇其他資源的機會。最具代表性的例子如 NAFUR(A Quality of Service Negotiation Approach with Future Reservation) [4][5]。

但 NAFUR 目前有下列兩點限制

1. 所提出建議的保留持續時間皆等於使用者請求的保留持續時間。
2. 所提出建議的保留開始時間皆大於或等於使用者請求的保留開始時間。

我們的系統將解除上面兩項限制，並在下文中探討解除限制後將帶來的效能改進。

3 資源預先保留的方法

我們提出的資源預先保留方法分為五個步驟，下面各小節我們將先定義系統會用到的重要參數，然後再分別介紹這五大步驟之作法。

3.1 系統環境變數

我們定義兩個節點間做資源保留所會經過的路由器個數為 R ，其中所經過的每一個路由器以 Rh 來表示 ($Rh = \{1, 2, 3, \dots, R\}$)。假設每個路由器可控制的總頻寬為 B_{Rh} ，而在資源分配上，將所有可控制的總頻寬量的 $a\%$ 分割給資源預先保留使用，而 $i\%$ 分割給資源立即保留來使用 ($a\% + i\% = 100\%$)，所以分配給資源預先保留的頻寬

量為 $BA_{Rh} = B_{Rh} \times a\%$ ，分配給資源立即保留的頻寬量為 $BI_{Rh} = B_{Rh} \times i\%$ 。

由於我們採用動態資源分割法，在一方資源不足時可以向另一方借用資源，假設資源立即保留最多可供借用的頻寬量為 $Mi\%$ ，所以有

$B_{Mi}^{Max} = BI_{Rh} \times Mi\%$ 可供借用，而資源預先保留

最多可供借用的頻寬量為 $Ma\%$ ，所以有

$B_{Ma}^{Max} = BA_{Rh} \times Ma\%$ 可供借用，下圖可以輔助了

解資源配置的狀況。

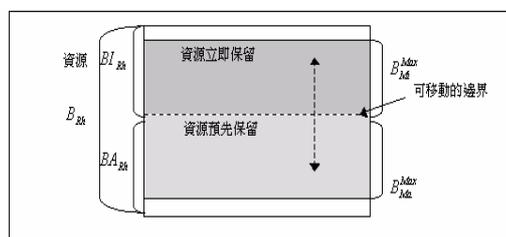


圖 1 資源配置上相關參數的定義

由於在資源保留時會牽涉到時間因子，所以我們將時間切割成若干等份的時槽，並以 T_n 來代表第 n 個時槽，每個路由器在第 n 個時槽的總頻寬表示為 B_{Rh}^n ， B_{Rh}^n 包括劃分給資源立即保留的頻寬量

BI_{Rh}^n ，劃分給資源預先保留的頻寬量 BA_{Rh}^n ，每個路由器在第 n 個時槽用去的資源立即保留資源表

示為 BIU_{Rh}^n ，用去的資源預先保留資源則為

BAU_{Rh}^n ，在第 n 個時槽還可以借給資源預先（立即）保留使用的資源立即（預先）保留頻寬量為 B_{Mi}^n

（ B_{Ma}^n ）。

我們假設每個時槽有 Rq 個使用者的請求進入，其中有 X 個是做資源預先保留，有 Y 個是做更動保留，即 $X + Y = Rq$ ，其中每一個做資源預先保留的請求以 x 來代表 ($X \in \{1, 2, \dots, X\}$)，而每一

個做資源更動保留的請求以 y 來代表 ($Y \in \{1, 2, \dots, Y\}$)。由於加入了優先權的概念，所以各項資源請求也分成 K 類不同層級的服務等級。

每一個請求的輸入部分包括；保留的起始點 R_1^x ，保留的終結點 R_R^x ，保留開始的時間為 S^x ，保留持續的時間長度為 D^x ，需求保留的頻寬量 B_r^x ，以及針對此次請求的優先權 P^x 。

3.2 步驟一：最初的協商

此步驟的工作是去判斷是否有足夠資源供使用者保留，所以必須針對於使用者提出的請求中，保留起始點 R_1^x 與保留終結點 R_R^x 之間經過的所有路由器的資源來做判斷，下列的式子是用來檢查使用者在本階段是否有足夠的資源可以使用。

$$\left\{ \bigcap_{Rh=1}^R \left\{ \bigcap_{n=S^x}^{S^x+D^x-1} [B_r^x \leq (BA_{Rh}^n - BAU_{Rh}^n)] \right\} \right\} \begin{matrix} =_{True} \\ =_{False} \end{matrix} \text{上}$$

式用以檢查系統在使用者所請求的時間區段內是否有足夠資源(針對路徑上所有經過的路由器而言)，若所得結果為 True 則表示資源足夠滿足使用者所請求，然後便將此請求的資源，保留給此使用者；若結果為 False 則表示資源不足，然後就會進入下一階段處理。

3.3 步驟二：動態分割資源

$$\left\{ \bigcap_{Rh=1}^R \left\{ \bigcap_{n=S^x}^{S^x+D^x-1} [B_r^x \leq (BA_{Rh}^n - BAU_{Rh}^n + B_{Mi}^n)] \right\} \right\} \begin{matrix} =_{True} \\ =_{False} \end{matrix}$$

上式用以檢查系統在使用者所請求的時間區段內，加入了動態分割資源的機制後，是否有足夠資源(針對路徑上所有經過的路由器而言)，若所得結果為 True 則表示使用者所請求的成功，除了保留給此使用者的請求，並標記使用者申請保留資源的時段是使用動態分割資源的方式，以便於保留結束後資源分割的復原；若結果為 False 則表示資源不足使用者請求的保留，然後就會進入下一階段處理。

3.4 步驟三：優先權的比較

優先權比較的是參考作業系統中的多層次佇列排程法(Multi-Level Queue Scheduling)。

3.5 步驟四：提供使用者建議

這裡提出的方法是依據 NAFUR 的方法做下列二點改進而來。1.所提出建議的保留持續時間為等於或小於使用者請求的保留持續時間。2.所提出之建議的保留開始時間大於、等於或小於使用者請求的保留開始時間。我們的改進給予使用者較多的選擇。

3.6 步驟五：更動請求的處理

對於更動保留的處理主要分為三種情況；

1. 針對先前保留資源之保留持續時間的延長或縮短。
2. 針對先前保留資源之保留頻寬量的增加或縮短。
3. 取消先前保留的資源。

這裡依據之前的假設，每個時槽進入的使用者請求中有 Y 個是屬於更動保留的請求。假設第 y 個請求的保留動作，為僅針對其先前已完成之保留的保留持續時間延長或縮短 CD^y 個時槽，或僅針對其先前已完成之保留的保留頻寬量增加或減少頻寬 CB_r^y 個單位，或者是針對其先前已完成之保留的保留持續時間延長或縮短 CD^y 個時槽且保留頻寬量增加或減少頻寬 CB_r^y 個單位。所以經過使用者提出更動保留的請求後，我們令 FS^y 代表最後保留開始的時間，所以保留開始的時間則為 $FS^y = S^x$ ，令 FD^y 代表最後保留持續的時間長度，所以保留持續的時間長度則為 $FD^y = D^x + CD^y$ ，令 FB_r^y 代表最後保留的頻寬量，所以保留的頻寬量則為 $FB_r^y = B_r^x + CB_r^y$ 。(若持續時間或保留頻寬量沒有更動則 $CD^y = 0$ 或 $CB_r^y = 0$)。

而使用者所提出的更動保留的請求與先前資源保留的請求所需要經過系統檢驗的步驟是相同的。

4 系統模擬與實驗結果

本節將以模擬的方式，將上一節所提出關於資源預先保留與資源衝突解決方法，做一系列的實驗，並與 NAFUR 的方法做比較。

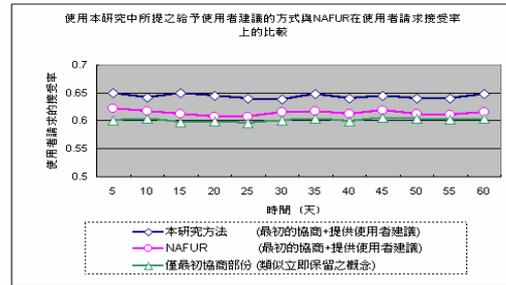
4.1 模擬環境介紹

我們以遠距教學作為整個模擬中的應用，首先假設一個十四個節點的網路拓樸，十四個節點中的相連關係，採用靜態路由的方式。我們使用波森分配(Poisson Distribution)來產生系統在單位時間內所收到的使用者請求個數。在這十四個節點上，每一個節點的頻寬皆為 10MB，並以 1:4 的方式分割給立即保留與預先保留兩部份。在立即保留與預先保留相互借用資源方面，各可借用給對方的頻寬量為 1MB。我們對於預先保留與立即保留的請求都做模擬。在預先保留的部份，對於使用者請求的參數部分包括了保留的起訖點、保留開始時間、保留持續時間、保留頻寬量、與請求的優先權。在保留的起訖點方面，我們將十四個節點取亂數，取得的兩點便為起訖雙方的位置。在保留開始時間方面，我們是在整段時間內取亂數，所取到的值便為保留開始時間。在保留持續時間方面，假設保留持續時間最多九小時，並在 1 到 9 間求取亂數，以做為保留所持續的時間。在保留頻寬量方面，這裡我們允許每個請求最多可以保留 1MB(1000K)的頻寬，然後以 100 到 1000 之間以 100、200、...1000 的方式求取亂數，做為每個請求所保留的頻寬量。在請求優先權方面，我們將優先權的等級分為十級，然後在這十級內求取亂數，所取得的值便為請求的優先權等級。而在立即保留的部分，只有保留起訖點、保留持續時間與保留頻寬量三個參數，其參數的產生方式皆與預先保留中亂數的取法相同。

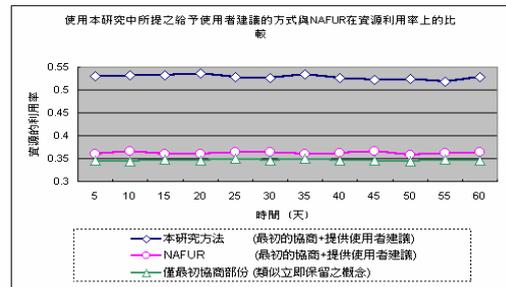
在更動保留部分，只有在保留持續時間與保留頻寬量上的改變。在保留持續時間上，以 1 到 3 間求取亂數，以做為更動持續時間的量，而保留頻寬量上，同先前的方式求取亂數來進行。下面的實驗將測量使用者請求的接受率與系統資源的利用率。

4.2 實驗過程與結果

【實驗一】(最初的協商+提供使用者建議)與請求接受率及資源利用率的關係



(a)



(b)

圖 2. 實驗一之結果

由實驗一的結果中可看出，無論是使用者請求接受率或資源利用率上，最初的協商加上提供使用者建議的方法皆優於 NAFUR，主因在於提供使用者的建議較有彈性。而在最初的協商加上提供使用者建議的方法與僅做最初的協商的比較上，也有類似的成效。

【實驗二】(最初的協商+動態資源分割)與請求接受率及資源利用率的關係

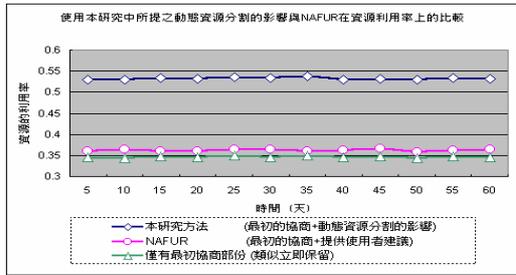
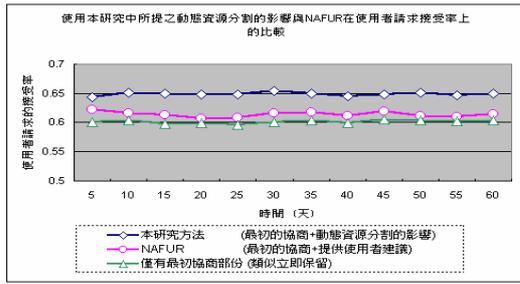


圖 3. 實驗二之結果

從實驗二的結果可看出，不管是使用者請求接受率或資源利用率，最初的協商加上動態資源分割之影響的方法皆比 NAFUR 的方法有更好的效能，主要的原因在於使用動態資源分割的方式能夠在保留給預先保留部份的資源不夠使用時，向立即保留部份借用頻寬，所以在資源上擁有較多的彈性。

【實驗三】(最初的協商+優先權的比較)與請求接受率及資源利用率的關係

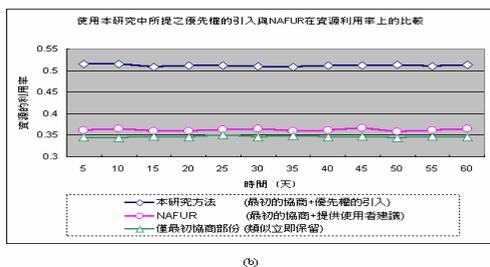
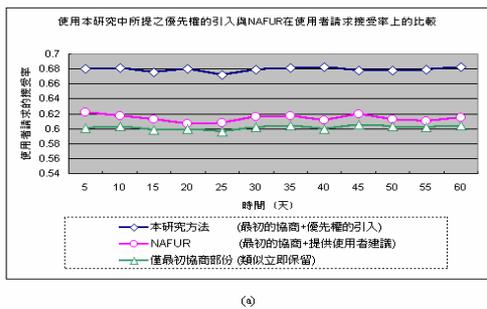


圖 4. 實驗三之結果

由實驗三的結果可看出，無論是使用者請求接受率或資源利用率上，最初的協商加上優先權的處

理的方法皆優於 NAFUR 的方法，所以本方法引用優先權的比較，並不會造成使用者請求接受率與系統資源利用率的低落，反而加入優先權的比較在效能上也有較佳的表現。

【實驗四】(最初的協商+動態資源分割+優先權處理+提供使用者建議)與請求接受率及資源利用率的關係

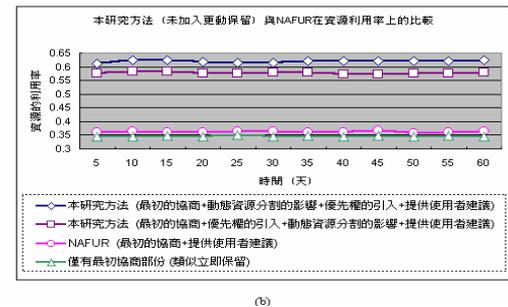
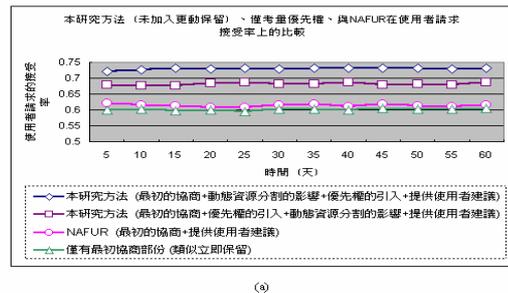
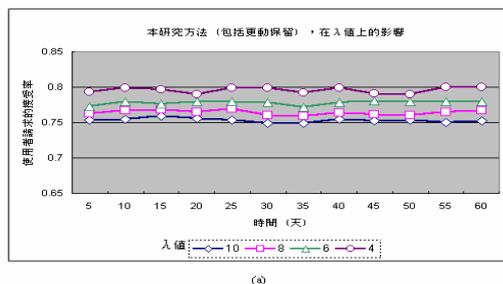


圖 5. 實驗四之結果

由實驗四得知，不管使用者請求接受率或資源利用率，最初的協商、動態資源分割的影響、優先權概念之引入加上提供使用者建議的方法之後都會比 NAFUR 的績效來得好。而在動態資源分割的影響與優先權概念之引入的處理順序上，從實驗結果中可以發現，在效能上先考量動態資源分割的影響較先考量優先權概念之引入來的略佳。

【實驗五】使用者請求到達率 (λ) 值與請求接受率及資源利用率的關係



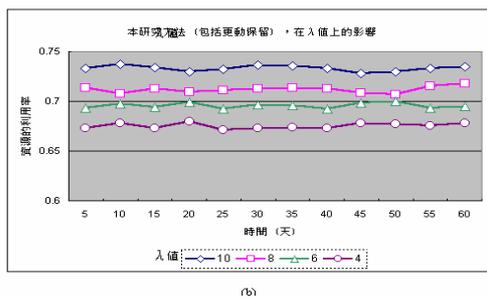


圖 6 實驗五之結果

由實驗五的結果可看出使用者請求到達率 (λ) 值對於使用者請求接受率與系統資源利用率的影响, 在 λ 值與使用者請求接受率的實驗中, 可以看到使用者請求的接受率會隨著 λ 值變大而有遞減的趨勢, 因為 λ 值小代表請求的人數少, 同樣多的資源供較少的[人請求時, 發生資源衝突的情形也較小, 所以使用者請求的接受率也會較高。反之 λ 值大時, 使用者請求的接受率便隨之下降, 而在 λ 值與系統資源利用率的實驗中, 可以看到系統資源利用率會隨著 λ 值變大而有遞增的趨勢。藉此網管人員可以透過調整 λ 值來讓使用者請求的利用率或是系統資源利用率提昇, 做為網路管理上的依據。

5 結論

透過本論文所提到的資源預先保留方法與資源衝突解決的辦法, 可以使得國家寬頻實驗網路支援優先權的概念, 並且使在其上進行的各類應用能達到資源預先保留的功能, 且針對資源衝突的情況也提出改進的方法, 也期望本文提出的機制能提供國家寬頻實驗網路上管理網路頻寬的參考。未來則可以朝如何讓本論文的方法成為政策性網路的實現機制上繼續研究。

參考文獻

[1] Metz, C. "RSVP: general-purpose signaling for IP", *IEEE Internet Computing* Volume: 3 3,

May-June 1999, Page(s): 95-99

- [2] Ferrari, D.; Gupta, A. "Admission Control For Advance Reserved Real-Time Connections", (*HPCS '95*), Page(s): 52-5
- [3] Guerin, R.A.; Orda, A. "Networks with Advance Reservations: The Routing Perspective", *INFOCOM 2000*. Volume: 1, 2000, Page(s): 118-127
- [4] Hafid, Abdelhakim; and etc. "A quality of service negotiation approach with future reservations (NAFUR): a detailed study", *Computer Networks and ISDN Systems*, Volume: 30, Issue: 8, May 1, 1998, Page(s): 777-794
- [5] Hafid, Abdelhakim "A scalable video-on-demand system using future reservation of resources and multicast communications", *Computer Communications*, Volume: 21, Issue: 5, May, 1998, Page(s): 431-444
- [6] Moghe, P.; Rubin, I., "Reserving for future clients in a multipoint application-why and how?", *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on* Volume: 15 3, April 1997, Page(s): 531-544
- [7] Breiter, F.; and etc. "The usage of advance reservation mechanisms in distributed multimedia applications", *Computer Networks and ISDN Systems*, Volume: 30, Issue: 16-18, September 30, 1998 [9] Schill, A.; and etc. "Design and Evaluation of an Advance Reservation Protocol on top of RSVP", *Broadband'98*, 1998,
- [8] Wolf, L.C.; Steinmetz, R. "Concepts for Resource Reservation in Advance", *Multimedia Tools and Applications Journal*, May 1997,
- [9] "國家寬頻實驗網路", <http://www.nben.net.tw>