

# TANet 上 IP Multicast 應用的管理

文成康、蔡尚榮、吳重雄  
國立成功大學電機工程研究所  
國立成功大學電算中心  
(Email: ckwen@mail.ncku.edu.tw)

## 摘要

隨著網路應用的快速發展與多樣化，群體通訊將會成為發展網路多媒體應用的最佳選擇。IP Multicast 通訊協定正給群體通訊應用帶來另一個新而有效率的发展空間。也因此促成 MBone(Multicast Backbone) 的誕生。MBone 提供了一個有效率的網路傳輸方式，使得具較大網路頻寬需求的多媒體群體通訊應用有了新的解決方案。本文主要是針對 MBone 在 TANet 上 IP Multicast 的應用進行理論與網管問題之研究，探討不同網路的組態對於整體網路頻寬的影響，提供 TANet 上 IP Multicast 應用的管理參考，以期使 TANet 能有更好的網路服務環境。

## 1、簡介

目前 TANet 雖然在使用率上成長迅速，但其應用還是侷限於傳統之個人使用模式，例如，電子郵遞、檔案傳輸、資料檢索...等等，這可由教育部定期發行的電子計算機中心簡訊中 TANet 使用量之統計數據得知[1]。但是在不久的將來，這些網路服務項目將無法滿足使用者的需求。多人共享的網路服務將會更受歡迎、更具實用價值。例如，視訊會議、遠距教學...等等的應用。因此，思考如何在 TANet 提供一個適合此類網路應用的有效率網路環境以及其管理規範，是件刻不容緩的事。

自從 MBone 在 1992 年形成以後，使得視訊會議不需藉由專屬線路，便可以在日益繁忙的 Internet 上實現[2]。MBone(Multicast Backbone) 是以 Internet 為基石，支援 IP Multicasting 通訊協定的虛擬網路架構。因此，在 TANet 上建構 MBone 網路並且加以妥善管理，便可以實現更多具有相當實用價值的網路應用軟體系統，使 TANet 能更加發揮本身潛在之功能，以提供大規模的網路使用者更好的服務。

本文分以下幾部份來敘述：第一部份為簡介；第二部份為 MBone 的基本理論，包括 IP Multicast 及 Multicast Routing 的方法；第三部份討論 MBone 的網路管理以及不同網路拓模(Topology)對 TANet 的網路頻寬之影響；最後一部份為結論。

## 2、MBone 的基本理論

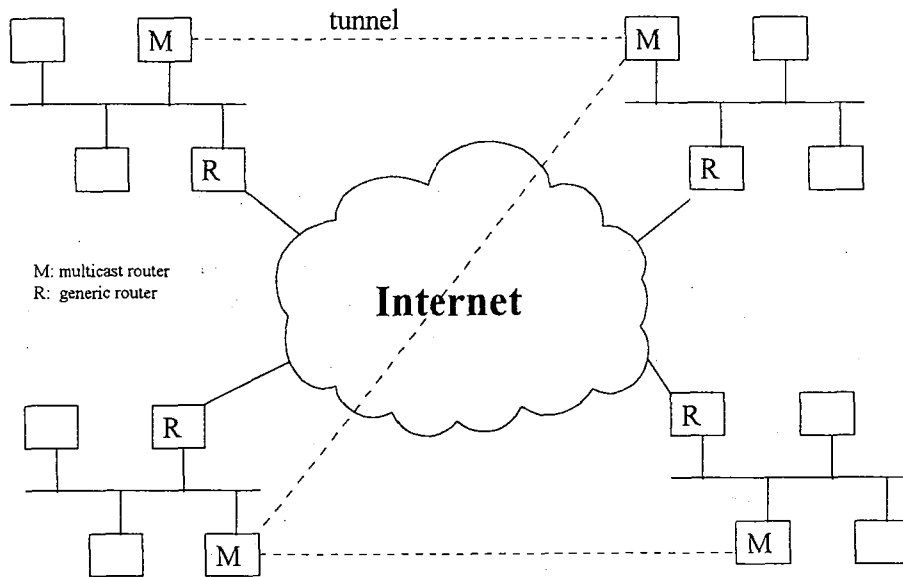
### 2.1 MBone 是什麼？

MBone 是 Multicast Backbone 的縮寫。它是一個架構在現有國際學術網路 (the Internet) 上的一個虛擬網路，並且可支援 IP multicast 之通訊協定。基本上，MBone 具備有四大組成要素：

- (1) 網際網路通訊協定之多重傳播協定 (IP Multicast Protocol),
- (2) 通道(Tunnel),
- (3) 多重傳播路由器 (Multicast Router, mrouterd),
- (4) 多重傳播應用軟體 (Application Software of Multicast).

目前 IP Multicast 通訊協定所使用的封包是經由通道來傳輸，因此它的外觀與一般的 unicast datagram 是一樣的。一個 multicast 的路由器要經由通道來傳送 multicast 封包時，會在封包前加上一個 IP header，且將此 header 中的目的地設定成在通道另一端的 mrouterd。MBone 虛擬網路是由數個具有多重傳播路由器 (multicast routers) 的次網路 (subnets) 以點對點的方式連接成的通道 (tunnel) 組成，這些次網路之間則由通道 (tunnels) 相連接，其中多重傳播路由器是用以支援 IP multicast 封包 (packet) 的轉送 (routing)。一般而言，它是由 IP 網路服務提供者經詳加規畫後才進行架設。多重傳播路由器的執行平台目前是用 Unix 工作站，這主要是考慮其效能，其作業系統須具有 IP multicast 能力並且還需執行一個多重投遞 (multicast) 的轉送程式 mrouterd。mrouterd 基本上是根據 DVMRP (Distance Vector Multicast

Routing Protocol)的通訊協定。不過mouted在實際設計上與DVMRP通訊協定有些許不同，例如：有不同的packet format、tunnel format及額外的packet types等[5]。MBone的主要優點之一便是它可提供分散式應用軟體在廣域的IP網路上有一個即時(real-time)通訊環境。圖一為MBone網路的示意圖。



圖一 MBone 網路的示意圖

MBone的拓模(topology)架構便是以上述的mouted與tunnel為基本元素連結而成星狀(star)或是格狀(mesh)的網路。而MBone與區域性的網路則藉由mouted來銜接。如此一個龐大的網路遍佈全球，其維護工作則是由各mouted機器上的網路管理者來共同合作。

## 2.2 多重傳播通訊協定

在國際學術網路通訊協定(Internet Protocol, 簡稱IP)中有三種基本通訊模式，分別是Unicast、Broadcast及Multicast[7]。由圖二可以簡單地比較三種模式的異同。

IP Multicasting[4]可將IP datagram傳遞給一群主機，而這群主機形成一個multicast群組[7]。這群組中的成員可以散佈在不同的網路上。在一個群組中，各主機可動態地加入此群組成為其中的一員，也可以隨時脫離此群組。每一個multicast群有它專屬的class D multicast位址，位址範圍為224.0.0.0~239.255.255.255 [6]。

IP Multicasting可以用在獨立的網路上

或者是在Internet上。若是用在Internet上，則負責轉送datagram的路由器必須具有支援IP multicast的能力，才能將multicast datagrams轉送到目的網路去。而對方的路由器也必須具有支援IP multicast的能力，才能接收此種datagrams。當然，各主機的核心也必須具有支援IP multicast才行。此外，

multicast datagrams在網路上遊走的存留時間，是由datagram中的time-to-live(TTL)一值來決定長短。

由此可知，IP Multicast主要是在網路上提供群體通訊的一個方法。它至少具有二兩大優點：

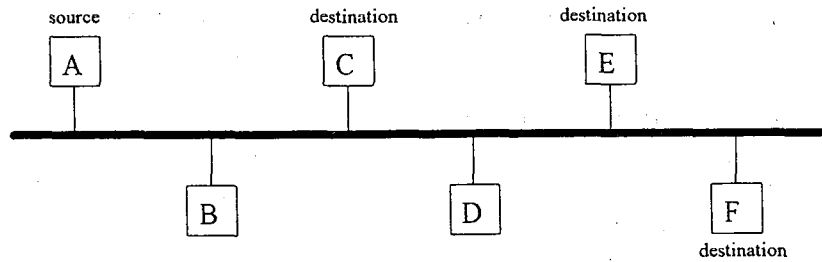
第一、有效率。相對於unicast的方式，multicast只需傳送一次資料即可到達目的地，而unicast卻需要對目的地個別傳送資料，因此multicast在視訊會議、電子郵遞名冊或網路新聞等皆可應用。

第二、較簡單。對於一些無固定地理位置的目的地而言，這是一個很方便的定址方式。例如，廣告服務之應用。

## 2.3 通道(Tunnel)

通道的主要用途是要在現有的網路通訊協定上實現另一種不同的通訊協定。利用這種技術便可以不必大幅修改現有的網路架構而提供另一種網路服務。

MBone也是利用此種技巧在不同次網路之間來交換與傳遞多重傳播的之資料封包。



Example: One packet is sent from source A to destinations C, E, F.

**Unicast** : Hosts C, E, F will receive the packet, but B, D will not.  
( Three copies of the packet will appear on the network)

**Multicast** : Hosts C, E, F will receive the packet, but B, D will not.  
(Only one copy of the packet will appear on the network)

**Broadcast** : Hosts B, C, D, E, F will receive the packet.  
(Only one copy of the packet will appear on the network)

圖二 Unicast、Broadcast 及 Multicast 之比較

不同的次網路之間，實際上是透過一般的路由器相連接，而多重傳播之資料封包無法由此正常路徑傳送，因為目前之網路只支援單一傳播(unicast)及廣播(broadcast)二種通訊協定。但在觀念上這些封包卻可經由通道到達另一端的次網路。因此，為了要達到這項目的，多重傳播資料封包在送上網路前須先加以包裝成 unicast 的封包型態，方可正確地送到目的地。

每一條通道的二端是多重傳播路由器，它們各別對此通道賦予不同的屬性。其中兩項屬性是 metric 及 threshold。Metric 用來代表此一通道加權值，加權值越大，表示此通道越忙碌，或是傳遞路徑越長。而路徑的選擇是依多重傳遞之繞徑演算法，先計算由起點至目的地之間所有 metrics 值的總和，再取其最小者（即最短的路徑）。Threshold 是用來加強資料封包或資料傳遞範圍之管理。資料封包所攜帶的 TTL(Time-to-Live) 值必需大於通道的 threshold 值才有可能被傳送上此通道。每一個多重傳遞的資料封包內都附帶有一個 TTL(Time-To-Live) 值，此值是用以限定此封包所能傳播的最大範圍。此值在經過多重傳遞路由器時會被減掉 1，若新值比通道上的 threshold 值還小，則此封包便被丟棄，不再繼續傳遞下去。

#### 2.4 多重傳播路由器(Multicast Router)

MBone 為何會需要 Multicast Router 呢？基本上有下列三項原因：

第一、繞徑 (route) 及轉送 (forward)

multicast datagrams。它是負責為多重傳播的資料封包尋找一條到達目的地之較短捷徑，並且還要決定已到達它那邊的多重傳播資料封包，是否要轉送到別的次網路上。

第二、管理區域內的群組成員關係。Multicast Router 利用 IGMP [4] 來追蹤區域內的群組成員的情形。它會在固定的間隔時間內送出 IGMP membership request 的訊息到其網路內位址為 224.0.0.1 去。此訊息所攜帶的 TTL 值為 1，也就是說，此訊息的有效範圍只在本次網路中。而所有能夠支援 IP multicast 的電腦於收到此訊息後，便須將它目前所加入的群組資料回報到 224.0.0.1 位址去。Multicast Router 便依據新得的資料更新它原先記載的資料。若是某一個特定群組的資料於特定的時間內都沒回報給 Multicast Router，那麼此群組就被視為已不存在，而原有記載之資料也將從 Multicast Router 的資料庫中移除。

第三、目前一般的路由器產品並不支援 IP Multicast 通訊協定。現在被使用於國際學術網路上的路由器並不具有支援 IP Multicast 通訊協定的能力。

多重傳播繞徑演算法可分為二種。一為 DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)，另一為 MOSPF(Multicast Open Short Path First)。目前 MBone 所實現的繞徑演算法是 DVMRP。傳遞多重傳播資料封包的方法有很多種，較為常見的有：

Multicast、Broadcast、以及 Truncated Broadcast。

Multicast Routing 是一個符合 Multicast 精神的繞徑方式，它只將屬於同一群組的資料封包轉送到具有相同群組成員所在的次網路上。因此，理論上不會造成網路任何不良負擔。不過，目前並無任何一種多重傳播繞徑演算法實現此繞徑方法。較為容易實現的繞徑方法是 Broadcast Routing，它將資料封包廣播至所有相連接的 Mbone 次網路中，不管次網路中是否有所屬的群組存在。但是這種繞徑方式將會在網路中產生不必要的資料傳輸量。新一版 (version 3.x) 的 Mbone 路由器是採用 Truncated Broadcast 來執行執行，它是將 Broadcast Routing 加以改良。Truncated Broadcast 不同於 Broadcast Routing 的是不必要的路徑將會被截掉。也就是資料封包不會被轉送到不需要的次網路去，不過，它還是會比 Multicast Routing 多產生一些額外的網路傳輸量。

## 2.5 多重傳播應用軟體

Mbone 網路的建立原本主要是應用於視訊會議，因此目前在 Mbone 上發展的應用軟體系統皆偏重在視訊會議上。雖然都尚在實驗階段，但已有不錯的成效。例如：處理聲音訊號的 vat、處理影像訊號的 nv、可得知視訊會議時間表的 sd 及可供多人共用的 wb 等皆是相當傑出的軟體[3]。

目前在 Mbone 上使用多重傳播應用軟體所牽涉的問題，主要在於網路的頻寬是否能滿足它的需求。因為一個 multicast 的封包有可能會傳到每一個工作站。當含有影像或是聲音的封包在一個網路頻寬不敷使用的網路上流動時，很快就會使整個網路達到飽和狀態而動彈不得[2]。不過 Mbone 可以透過兩種方式來預防上述情形的發生：一是設定封包在網路上的生命期(time-to-live)、另一是利用複雜的演譯法來適當地限制封包的傳送。根據 IETF multicast 測試的結果[3]，網路的音訊資訊流量約在 100~300 kb/s 之間。因此，預估 500kb/s 的網路頻寬便可應付音訊方面的需求。

## 3、Mbone 的網路管理

由於目前 Mbone 本身是一個虛擬網路，因此，它會與現有網路相重疊，形成網路管理工作的雙重負擔。也因此 Mbone 的管理工作將顯得格外的重要。管理 Mbone 時所

面臨的問題大致有下列數項：

- Mrouter 的裝設
- 通道的建立與組態的設定
- 地理位置的調配與管理
- 節目的安排時程
- 網路頻寬的管理

茲將上述各點討論於后。

### 3.1 Mrouter 的裝設

IP Multicast 的資料封包若要跨越某一次網路傳遞到另一次網路，便需要藉助 multicast routers 才能夠轉送其資料封包到正確的次網路。而且 multicast routers 也具有管理區域次網路中的群組成員關係的能力。但是，並非每一個次網路皆須設置 multicast routers。假如是一單獨的次網路，就不須設置 multicast routers，因為 IP Multicast 的資料封包不必轉送至另外的次網路，也不必與外界交換群組資訊。反之，則須設置一個 multicast router，而且原則上，一個次網路需要一個 multicast router。

### 3.2 通道的建立與組態的設定

在 Mbone 的網路結構中，次網路之間是藉著通道來連接的，因此，適當而正確的設置通道，將有助於提昇資料封包的繞徑與轉送效率。

### 3.3 地理位置的調配與管理

基本上，Mbone 網路的連接及管理是一項互相合作與協調的工作。各個相關的網路管理人員在一致的共識下，才可對網路的拓模結構有所更動，不可應因一時的方便而任意變更其拓模結構。透過相互合作的方式來進行網路的管理工作，不但可免除由特定人員負責龐大網路管理的沉重工作，也可分擔個人設計管理大型網路的工作。

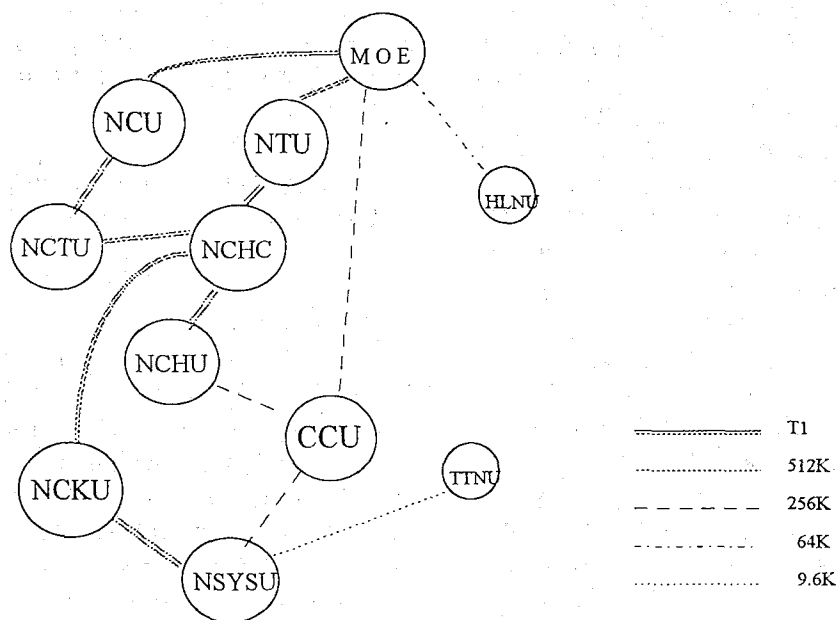
目前的溝通管道是利用電子郵遞信件的交易來達成。Mbone 的網管人員皆可加入一個特設的電子郵遞群，透過此群組來交換技術心得、提供資訊、尋求通道的建立及網路的連接...等等。欲將本地的 Mbone 次網路加入其他 Mbone 網路的程序如下：

1. 新次網路須送一份訊息到 Mbone 電子郵遞群去尋求 Mbone 網路連線。
2. 距離新次網路較近且願意提供通道連接者可回覆此要求。
3. 這些可能的通道提供者可以商量何者所提供的通道是最為合理，以便儘可能降低網路的傳輸量負載。
4. 一旦協調完成，新次網路便可與通道提供者建立新的通道，並對新通道規範適當的 metric 及 threshold 值。

以上所有的協調步驟皆在公開的 Mbone 電子郵遞群進行討論。一般的使用者若要連接 Mbone 網路，應與他們所屬的網路提供者洽詢，若所屬網路並未建立 Mbone 的網路，

### 3.4 Mbone 拓撲結構對網路頻寬之影響

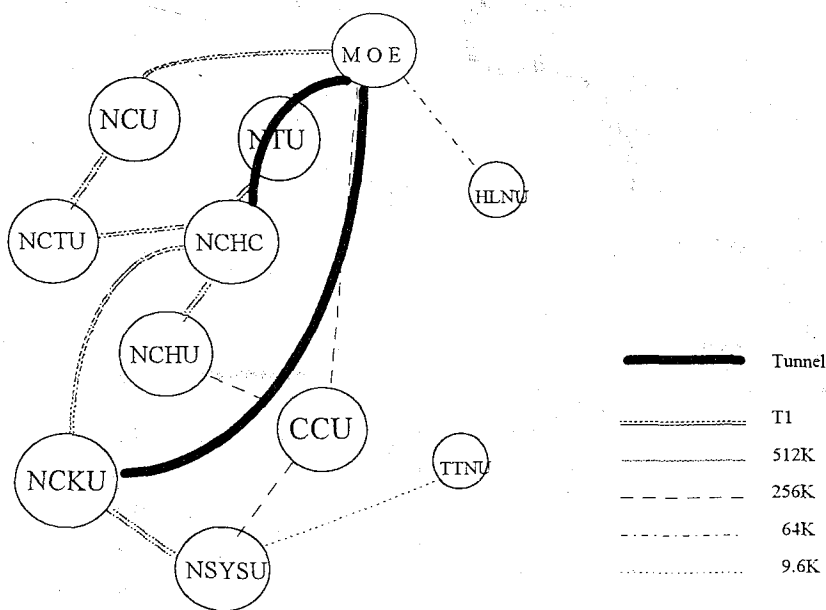
通道的連接要經過仔細的規畫與協調，主要的考量因素是保護寶貴的網路頻寬，避免因不當的通道連接而為網路帶來更重的傳



圖三、TANet 主幹上的主要網路節點

使用者可鼓勵網管人員將其次網路加入 Mbone 的網路行列，分享 Mbone 的網路資源。

輸量負載。我們以一個實例來說明通道連接的重要性。圖三是目前 TANet 主幹上的主要網路節點。



圖四、節點 MOE、NCHC、及 NCKU 的通道連接方法(一)

現在假設由節點 MOE、NCHC、及 NCKU 三者構成一個 Mbone 網路，其間的通道連接方式如圖四所示。乍看之下，這樣的通道連接方式似乎對 NCKU 節點很有利，因為它直接通往 MOE 節點，只要在 MOE 有任何的節目傳播出來，在 NCKU 便可很快接收到。但事實並非如此，從我們對 Mbone 的研究中得知，通道其實是一個虛擬的網路連線，所有的資料封包還是要經由實際的網路連線來傳遞。因此，當 (1) MOE 有節目播送出來的時候，相關的資料封包會經由 NCHC 再轉送到 NCKU，此時再加上原本 MOE 傳送至 NCHC 的相同資料封包，將會造成 MOE 與 NCHC 之間網路傳輸量倍增。(2) NCHC 有節目播送出來的時候，相關的資料封包會先傳送到 MOE 再轉送到 NCKU，中間又會再經過 NCHC，這又會造成 NCHC 與 MOE 之間網路傳輸量倍增。(3) NCKU 有節目播送出來的時候，相關的資料封包會經由 NCHC 再轉送到 MOE，然後再由 MOE 將相同資料封包轉送至 NCHC，這也會造成 MOE 與 NCHC 之間網路傳輸量倍增。在網路頻寬相當寶貴的時下，這樣的網路使用方法並不是大家所樂見的！

在上例中，應當怎麼規劃通道連接才合適呢？圖五可做為一個參考。當 (1) MOE 有節目播送出來的時候，相關的資料封包會經由 NCHC 再轉送到 NCKU，只須一次轉送的功夫便可使其他兩個節點都接收到節目內容，不會造成 MOE 與 NCHC 之間網路傳輸

量倍增。(2) NCHC 有節目播送出來的時候，相關的資料封包會傳送到 MOE，另外也會傳送到 NCKU，這也不會造成 NCHC 與 MOE 之間網路傳輸量倍增。(3) NCKU 有節目播送出來的時候，相關的資料封包會傳送到 NCHC，然後再將相同資料封包轉送到 MOE，也不會造成 MOE 與 NCHC 之間網路傳輸量倍增。

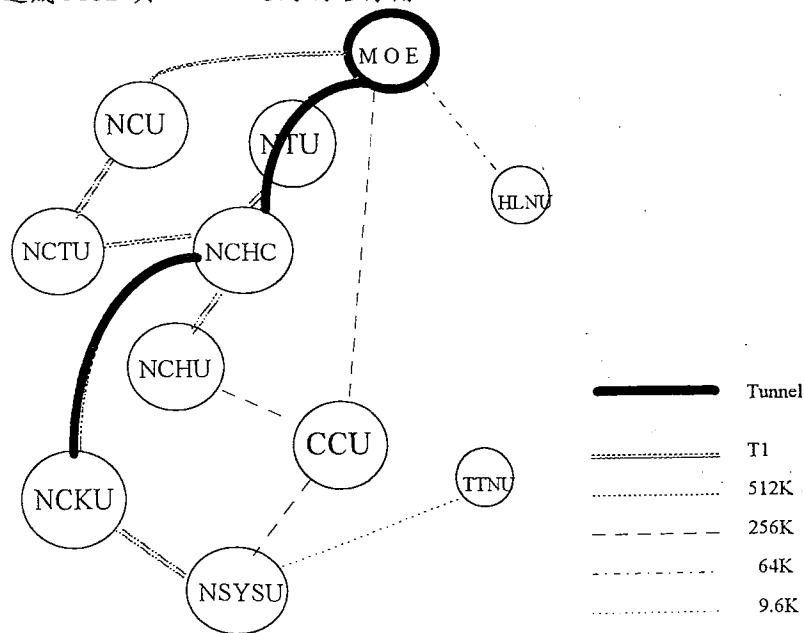
由此例可知，原則上，以循著實際網路連線方式來規劃通道的連接，將是比較合適的方式。

### 3.5 節目的安排時程

雖然目前並無一個完善的節目排程的規範，但節目要在 Mbone 上播送之前最好能事先公告周知。欲舉辦節目的使用者可於數天之前透過特定的電子郵遞群組來傳播節目訊息，通知各使用者，並徵詢反應。然後再利用 Session Directory (sd) 來刊登節目相關資訊，讓有興趣的使用者能夠很容易地接收節目內容。這樣對於 Mbone 有二點好處：(1) 可避免節目所使用的群組位址與他人衝突，(2) 可以避開網路忙碌擁擠的時段。

### 3.6 網路頻寬的管理

由 ietf 在 Mbone 上測試音訊會議的結果來看，300 Kb/s 的網路頻寬即可滿足三、五人音訊會議的需求。因此，設計一條頻寬 500 Kb/s 的實際網路，應足夠讓少數使用者



圖五、節點 MOE、NCHC、及 NCKU 的通道連接方法(二)

在 MBone 網路上進行只有聲音的會談，就如同是使用電話一般。但以現實的網路環境及使用情形來講，並無法如此理想地實現。目前 TANet 上的應用五花八門，剩餘的網路頻寬早已不足 500 Kb/s，更不用說可用的頻寬了，這還沒把影像所需佔用的頻寬估計進去。而且網路的頻寬也和通道的連接方式有密切的關係。一條實際的網路頻寬約為經過此網路上所有通道之頻寬的總和。因此，正確的連接通道可使網路頻寬有效地利用。

MBone 網路的運作對現有的網路頻寬有何影響呢？本文中我們曾做了一個簡單的測量，歸納出一個概略的觀察結果。被測的 MBone 網路是由成功大學校園網路上的三個 MBone 次網路所組成。此次測量的方式是在一個星期中，每天任意挑選三個時段，每時段一小時，收集在該時段中由 MBone 網路所產生的傳輸量(例如，通道上的傳輸量及由 multicast routers 產生的 IGMP 訊息量)，最後再求總和及平均。結果如下：

- Local subnet (no event)
  - tunnel 0.00%
  - routing 0.29%
- Global (no event joined)
  - tunnel 0.47%
  - routing 1.39%
- Global (with one audio event joined)
  - tunnel 4.28%
  - routing 1.59%
- Observations
  - tunnel traffic ~ numbers of events.
  - routing traffic ~ numbers of routers.

由上述結果可知，通道上的傳輸量會隨著 MBone 上同時段在進行的節目個數的增加而加重。這是由於 MBone 是利用通道來傳送節目內容的多重傳遞資料封包。因此，節目排程對網路頻寬的重要性在此可見一般。另外，在正常的運作下，multicast routers 所產生的傳輸量也會對網路頻寬有所影響，換言之，在一具有固定個數 multicast routers 的 MBone 網路中，它們所帶來的影響是可以預期及掌握的。當然，MBone 網路的規模越大，multicast routers 所產生的傳輸量會越多。

MBone 網路頻寬要靠所有的使用者共同合作管理才能達成有效的使用。因此，若是節目廣播的範圍加以適當的節制，則對於網路的頻寬將有莫大的助益。節目的傳送最好是透過 Session Directory，因為 Session Directory 可統一來為各個應用程式設定傳播的有效範圍，也就是指定節目的 TTL 值。區

域性的節目就不須用較大的 TTL 值；反之，廣域性的節目就得指定較大的 TTL 值，以便節目內容能傳送遠些。以下是節目範圍與 TTL 值的一個參考建議：

TTL	Scope
1 - 16	Traffic will be kept within a campus.
17 - 32	Traffic will not exit the TANet.
33 - 64	Traffic will reach all networks in Taiwan (eg. TANet, Hinet, SeedNet).
> 64	Traffic will exit TANet and go to the global MBone.

希望這樣一個簡單的參考值，能避免不必要的相互干擾，也減輕網路的負載。

#### 4、結論

台灣學術網路提供我們一個很好的學術研究與實際應用的網路環境。擁有如此寶貴資源的我們更應當加以珍惜與充分利用。而 MBone 的使用正可為 TANet 帶來更多 multicasting 的應用。

MBone 的主要精神在於使用 Multicast 技術將資料在網路上有效的傳送。雖然目前對於 Multicast 的使用並無一定的嚴格規範，很容易造成網路危險而沈重的負擔。不過，對於日益複雜的多媒體應用軟體系統(例如，視訊會議、遠距教學及遠距醫療等應用)，若能應用 MBone 的技術的確是相當有效且有用。雖然它目前還是處於實驗階段，若我們及早加入研發的行列，鼓勵從事群體通訊應用的研究與發展，推廣 MBone 網路的節目播出，將可從使用的過程中去研究問題與累積技術經驗。

此外，儘早訂定 TANet 上的 MBone 網路使用公約。制定一個可遵循的多重傳播使用與管理規範，避免由於此通訊協定被濫用或不當的通道連接，影響整個 TANet 的網路頻寬。如此可促使 MBone 儘早具有良好之管理規範與更加成熟之應用技術，則必可讓 TANet 有機會提供廣大的使用者一個更生動、親和的網路使用環境。

#### 參考文獻

- [1] 教育部電子計算機中心簡訊，第8401~8405期，1995。
- [2] M.R.Macedonia and D.P.Brutzman, "Mbone Provides Audio and Video Accross the Internet," *IEEE Computer*, April 1994.
- [3] S.Casner, "Frequently Asked Questions(FAQ) on the Multicast

- Backbone(MBone), " May 6, 1993.
- [4] S.Deering, "Host Extensions for IP Multicasting, " Request For Comments:1112, Aug 1989.
  - [5] RFC 1075, Distance Vector Multicast Routing Protocol, D.Waitzman, C.Partridge, BBN STC, S.Deering, Stanford University, November, 1988.
  - [6] RFC 1700, Assigned Numbers, J.Reynolds, J.Postel, ISI, October, 1994.
  - [7] D.E.Commer, "*Internetworking with TCP/IP*, Vol 1, " Prentice Hall, 1991.