

使用熱門廣播法及支援點對點傳輸之影音內容傳遞網路

劉之揚 游象甫 曾黎明

中央大學資訊工程研究所

jodulan,yu@dslab.csie.ncu.edu.tw

tsenglm@csie.ncu.edu.tw

摘要

隨著網路頻寬的成長，對於影音多媒體串流的需求也隨之增加，隨選視訊系統 (VOD) 的發展也被認為是下一波網際網路應用的主流。由於影音多媒體串流對於播放伺服器的負擔較重，常使得系統規模受到限制。為解決此問題，可能的做法為在網路中建置影片快取伺服器、利用內容傳輸網路 (Content Delivery Network, CDN) 或使用對等端點對點傳輸網路 (Peer-to-peer Network) 來實限影音多媒體串流。本文提出一結合熱門廣播法及對等端點對點傳輸的影音內容傳遞網路。系統使用兩層式的雜湊表，將所有的影片及使用者映射到系統中的影片伺服器及內容快取複製伺服器，並且經由影片名稱找到影片伺服器，再由使用者的位置找到距離其最近的內容快取複製伺服器。內容快取複製伺服器負責接受使用者的請求，向影片伺服器抓回影片區段，將其存在快取中，並且使用熱門廣播法傳送給使用者，使用者在接收過影片後，利用動態更新將自己的位置記錄在雜湊表中，讓後來進入系統的使用者可以找到已經看過影片的使用者，而向其請求影片區段。最後，我們實作整套系統，並且在網路上播放以測試其效能。

關鍵字：熱門廣播法、內容傳遞網路、快取伺服器、影音多媒體串流、對等端點對點傳輸網路。

1. 緒論

由於影音多媒體串流的資料量大、頻寬需求高、持續時間長，因此對於播放伺服器的負擔也較重，使得系統規模受到限制。為解決此問題，傳統隨選視訊系統常見的做法為在網路中建置影片快取伺服器，藉由快取預存部份或全部的影片，來分擔影片伺服器的負擔、降低頻寬的使用量，並且同時可以減少影片的起始延遲；另一種方式為利用內容傳輸網路 (Content Delivery Network) 將影片預先放置在各地的內容快取複製伺服器 (Content Replica) 中，系統會將使用者的請求導向至離其最近的內容快取複製伺服器，因此使用者可以快速的取得要看的影片；另外也有人提出使用對等端點對點傳輸網路 (Peer-to-peer Network) 的方法來做影音多媒體的串流，因為對等端點對點傳輸網路中沒有集中式的伺

服器，資料是由使用者間彼此分享，所以不會有伺服器過載的情況，並且系統可以有較佳的擴充性 (Scalability) 及容錯能力。

本研究提出一個內容傳輸網路的架構，如圖 1-1 所示，利用事先佈置在各地的內容複製快取伺服器 (Content Replica/Cache) 來儲存及快取影片區段，並且配合熱門影片廣播法將影片廣播至各區的同時段大量使用者。經由適當的快取，可以有效的降低連至影片伺服器所需的頻寬及負擔，並且減少影片起始延遲，在快取伺服器上也因為使用熱門影片廣播法，使得在播放每一部影片時所需的頻寬固定，而可以容納更多的請求。另外也可以經由內容路由 (Content Routing) 來尋找其它已有影片區段的使用者，來彼此交換已經收過的影片區段，配合熱門影片廣播法，使用者可以從其它使用者已複製的部分補償 (Patching) 熱門廣播中所錯過的區段，減少播放的延遲並且可以讓快取伺服器縮短廣播的時間，進一步的節省主幹供應的頻寬，而因為影片來源可以有多个不同的已複製的使用者與快取伺服器，也使得系統不會因為單一的錯誤 (ex: 斷線、當機)，造成無法播放的情形。

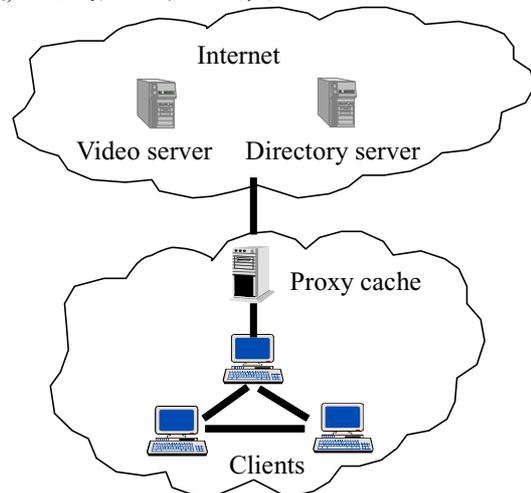


圖 1-1: 熱門廣播法之三層式架構

2. 相關研究

2.1 內容傳輸網路

內容傳輸網路 (Content Delivery Network) 為一經過最佳化的網路，專門用來傳輸某些特定的內容，例如：網頁、圖片、檔案或是影音資料等，目的是希望將內容能夠儘可能的放置在離使用者較近的位置，並且可以

讓他們快速的找到想要取得的內容，使得傳輸的延遲、頻寬的使用及等待的時間都可以降低。在建置內容傳輸網路的方式上，有 Network 及 Overlay 兩種不同的方法，Network 方式為網路上的節點或設備（如：router 及 switch）必須知道內容及使用者所在的位置，並且要負責將其導向及傳輸內容，Overlay 方式為將內容傳輸網路建構在原有的網路上，由使用者或是伺服器端的程式負責尋找及傳輸內容。圖 2-1 列出了在內容傳輸網路中主要的七個部份。

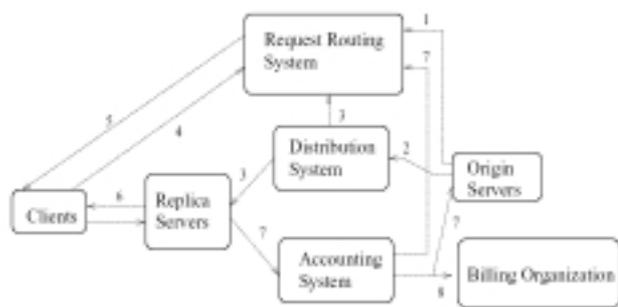


圖 2-1: 內容傳遞網路

Request Routing System 主要目的為根據使用者的位置及要求的內容，將其請求導向到最適合（距離最近、速度最快或負載最輕）的內容複製快取伺服器（Content Replica Servers），目前常見的做法有：

- 1 HTTP redirection: 使用者的請求先經過 Origin Server，伺服器使用 http 協定的重新導向（404 Redirect），將使用者導至 Replica Server
- 1 DNS indirection: 當使用者在做域名查詢時，會以使用者的上層域名組成特定名稱向域名伺服器查詢，特定名稱會對應一組或一組以上的 Ip Address，域名伺服器輪流選擇該特定名稱設定的 Server Ip Address 使得使用者可以取得導向至最接近的 proxy server 資訊或是由域名伺服器在接受查詢時，根據使用者的來源回傳離其最近 Replica 的 Ip address
- 1 Anycasting: 所有的 Replica Servers 共同使用一個 Anycast address，使用者的請求全部指向該位置，由網路中支援 Anycast 的路由器將其導向至其中一台 Replica

Distribution System 將伺服器的內容放置到各內容複製快取伺服器中，如何選擇在哪些內容複製快取伺服器上放置哪些內容，以及選擇內容複製快取伺服器放置的地點，都會直接影響到系統中頻寬的耗用及伺服器的負載。

2.2 對等端點對點傳輸網路

對等端點對點傳輸網路的定義為一個分散式的系統，並且沒有集中式的伺服器，也沒有固定形式的拓撲 (Topology)，在網路中的每一個點都執行相同的程式，有相同的功能，彼此可以分享資源，如：檔案、儲存空間、運算能力等…。由於是分散式的架構，所以也具有容錯能力、可以選擇較近的來源等優點。

在對等端點對點傳輸網路中最重要問題為，如何找到所需的資源，目前已知的做法分為以下三種：

1. 由一集中的伺服器負責接受所有的路由要求 (Routing Request)，並且維護整個網路的拓撲及記錄所有使用者所擁有的資源，所以在做路由時是集中式的架構，只有在傳輸時才是點對點的方式，雖然此種架構在決定路由時所花的成本較低，但是由於整個系統皆依賴一集中的伺服器，因此較不具擴充性 (Scalability) 及容錯能力，Napster[5], Audiogalaxy[6], SoulSeek[7] 皆屬於此種系統。
2. 沒有集中的伺服器，而是從一群的點中選出一個 Supernode，由其負責接受路由要求，記錄底下使用者所擁有的資源，並且與其它的 Supernode 做溝通來尋找所需的資源。Supernode 的推派為根據一個點的開機時間 (Uptime)、連外網路頻寬、運算能力來決定，當一個 Supernode 超過它可以容納的負荷時，可以聯合另一個 Supernode 及其底下的點再共同推派一新的 Supernode。此種架構下，由於在推派 Supernode 及尋找資源時需要做大量的訊息交換，對於網路的負擔較大，決定路由時所花的成本也較高，Kazaa/Fasttrack[8], WinMX[9], eDonkey[10], Gnutella[11] 屬於這種類型的系統。
3. 將路由的工作完全分散到所有的點上，利用分散式雜湊表 (Distributed Hash Table) 的方式，由每一個點記錄著 $O(\log N)$ 筆其它點的資訊 (N 為系統中總共點的數量)，在做路由時，最多需要花 $O(\log N)$ 個 Hop 即可以找到所需資源的位置。因為路由的工作是由每一個點自己完成，所以此種系統有較佳的擴充性，並且相較於推派 Supernode 的方式，對網路的負擔也較低，但是由於需要 $O(\log N)$ 個 Hop 來做尋找，當點跟點的距離很遠或是點與點間網路擁塞時，尋找所需花的時間便會加長。由於利用對等端點對點傳輸網路具有分

散網路流量、容錯能力的特性，用其來做影音多媒體串流時，可以避免因集中式的伺服器而發生過載的情形。然而使用對等端點對點傳輸影音多媒體時，仍會碰到下列幾個問題：

- 系統中任兩點的距離可能很遠，並且它們之間的網路品質也不能確定，因此可能會造成傳輸的延遲過長或是斷線
- 每一個點的狀態並不固定，有可能隨時會離開或加入系統，使得無法保證能將資料傳輸完畢
- 因為每一個點的網路資源有限，所以在做路由要求及控制訊息的傳輸時，必須將儘量資料量及次數降低，以避免對網路造成過大負擔

3. 系統架構

3.1 系統模型

本系統包含 Directory Service, Cache/Replica Service 及 Video Service 三個部份。Directory Service 負責找出使用者所請求影片所在的伺服器位置，並且將其導向至離其最近的內容快取複製伺服器 (Content Replica)，同時必須告訴使用者已有哪些人已經取得過該影片，讓使用者可以向其它人來取得影片的內容；Cache/Replica Service 包含兩個部份，1. 內容快取複製伺服器 (Content Replica) 負責接受使用者的請求，若請求的影片已存在快取中，則使用熱門廣播法將影片傳送出去，若影片不在快取中，則從影片所在的伺服器將影片取回，廣播給使用者，並且快取在系統中，2. 使用者快取 (Peer Cache)，當使用者開始接收影片後，他也可以成為一暫時性的快取，若有其它使用者進入系統欲收看同一部影片時，便可以將他已接收過的部份取回，而不用再經過內容快取複製伺服器；Video Service 負責接收來自內容快取複製伺服器 (Content Replica) 的請求，傳送其缺少的影片區段，並且也會根據系統要求，負責將影片主動遞送至各個內容快取複製伺服器。

3.2 目錄服務(Directory Service)

系統中的 Directory Service 所需的要求有

1. 能夠快速的找出使用者請求的影片位於哪一個伺服器
2. 能夠找到離使用者最近的一台內容快取複製伺服器來播放影片，使得反應時間及影片延遲可以降低，並且有效利用頻寬
3. 能夠讓系統中的使用者可以找到已經接收過影片的使用者，使得影片可以共享

傳統上 Directory Service 的實作方法可分為兩種，一為由集中的伺服器負責收集或是登記紀錄，讓所有使用者可以向其查詢或是更新，如：DNS, LDAP 等...，另一種方法為使用分散式雜湊表 (Distributed Hash Table)，由每一個使用者都使用相同一張雜湊表，存放在使用者端，在查詢所需資源時即可根據該表得知其位置。在本系統中結合了以上兩種方法，來達到我們所需要的功能。

假設在系統中有 n 台影片伺服器， S_1, S_2, \dots, S_n ，影片的總數量為 V ，我們將所有的影片平均映射到 $1 \sim n$ 之間，並且在雜湊表中記載了這 n 台伺服器的位置，每一台影片伺服器平均負責 V/n 部影片。這樣做的優點為，使用者在尋找某部影片時，經由該雜湊表即可快速的找到該伺服器的位置，並且在影片增加時，雜湊表也不需要變動。Hash Function 我們選擇使用每部影片的名稱來當做鍵值 (Key)，Function 的定義為 $hash = ((hash * n) + char_val) \bmod 2^{bit_limit}$ ，其中 $char_val$ 為影片名稱每一個字元的 ASCII 值。

找到影片伺服器後，接著必須選擇一台距離使用者最近的內容快取複製伺服器，假設系統中共有 m 台內容快取複製伺服器， P_1, P_2, \dots, P_m ，我們將所有的 IP 位址映射到 $1 \sim m$ 之間，以 Ipv4 而言，即為每一台內容快取複製伺服器負責 $2^{32}/m$ 個位址，在分配這 m 台內容快取複製伺服器時也是使用相同的 Function，為根據其位址來決定。當使用者連到影片伺服器後，將自己的 IP 位址作為鍵值使用相同的算出結果，再從影片伺服器上的表中得到相對應的內容快取複製伺服器之位址，因為使用者和內容快取複製伺服器都使用本身的位址作為鍵值，所以可以確保以 IP 位址而言，找到的內容快取複製伺服器為離使用者最接近的一台。Hash Function 的做法為將 32bit 的 IP 位轉換成 double word 表示法，方法為將一位址 $\langle I_1 \rangle, \langle I_2 \rangle, \langle I_3 \rangle, \langle I_4 \rangle$ ，用公式轉為 $dw_value = (((I_1 * 256) + I_2) * 256 + I_3) * 256 + I_4$ ，以 IP 206.191.158.55 為例，double word 值即為 $((206 * 256) + 191) * 256 + 158 * 256 + 55 = 3468664375$ 。算出來的數值為一 10 位數的整數，我們根據系統中內容快取複製伺服器的數量，取 10 位數中前 n 位數來做為表的索引 (index)，如 $n=4$ 則可以有 $1 \sim 9999$ 台內容快取複製伺服器， $n=5$ 則總共可以有 $1 \sim 99999$ 台內容快取複製伺服器。

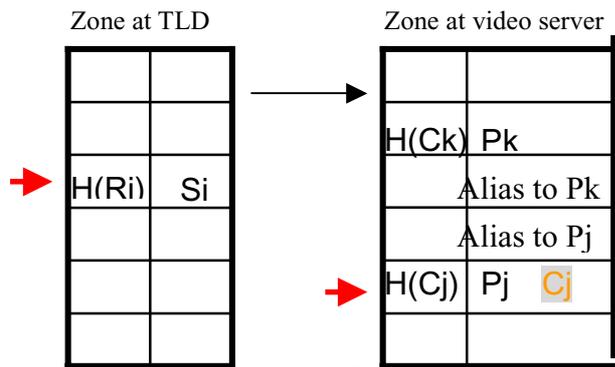


圖 3-1: 兩層式之雜湊表

我們使用兩層式的域名伺服器 (Domain Name Server) 來實作以上所提出的方法，第一層位於系統中 TLD (Top Level Domain) 之 root，TLD 只需為任一合法之 domain 即可，其負責記錄所有影片伺服器的位置，並且將各筆 domain 都委派 (delegate) 至下一層相對應的影片伺服器，第二層位於各影片伺服器，負責記錄所有內容快取複製伺服器的位置。當一使用者 C_j 進入系統中，想要收看影片 R_i ，首先先根據影片的名稱經 Hash Function 算出值 $H(R_i)$ ，再連至 TLD 查詢該影片所在的伺服器位置，如圖 3-1 所示，得到影片伺服器的位置為 S_i ，使用者再根據本身之 IP 位址，經 Hash Function 算出值 $H(C_j)$ ，連至伺服器 S_i 查詢離其最近之內容快取複製伺服器位置，如圖 3-1 所示，得到內容快取複製伺服器位置 P_j ，便可以請求 P_j 開始播放影片。

最後我們希望可以讓已經接收過或是正在收看影片的使用者可以向其它使用者分享其暫存下來的影片，因此我們需要一個動態更新的機制讓願意和其它使用者共享影片的人可以被其它人查詢到。我們使用 DNS dynamic update[15]，來作為系統更新資料的方法。如圖 3-1 所示，系統已有一正在收看或是已經接收完影片的使用者 C_j ，他在找到內容快取複製伺服器後，便使用 DNS dynamic update 向第二層的域名伺服器在屬於自己區域的該筆記錄加上自己的位址 C_j ，並且根據他願意分享資源的時間長短將其註冊為該筆記錄之 TTL (Time to Live)。當有另一位與 C_j 在同一地區的使用者 C_{j2} 想收看和 C_j 一樣的影片 R_i 時，他便會經由和 C_j 相同的步驟找到 $H(C_{j2})$ 此筆記錄，由於 C_j 與 C_{j2} 為同一區的使用者，所以 $H(C_j) = H(C_{j2})$ 。在此筆記錄中已經存放著剛剛 C_j 所加上自己的位置，以及原本的內容快取複製伺服器 P_j ，因此使用者 C_{j2} 便可以選擇向 P_j 請求影片，或是直接從 C_j 取回，並且同樣使用 DNS update 將

自己的位置登記在該筆記錄中。此種方法，可以讓每一個在同一區域中想收看相同影片的人，可以有多个來源選擇，使得若該區內容快取複製伺服器不能服務時，播放不會中斷，增加備援的能力，並且也能從不同來源中選擇一反應時間較快、距離較近、頻寬較大或是負載較輕的來抓取影片，而減輕內容快取複製伺服器的負擔。

3.3 快取/複製服務(Cache/Replica Service)

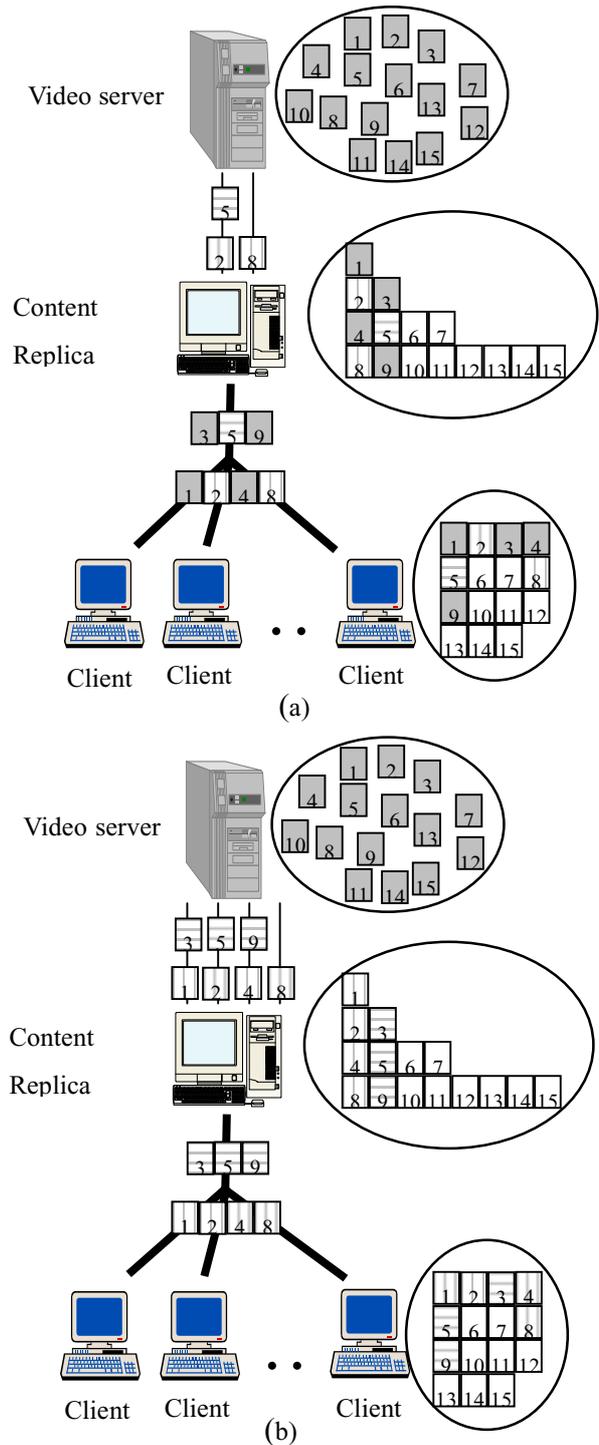


圖 3-2: 使用 4 個頻道之 Fast Broadcasting 快取示意圖

Cache/Replica Service 包含兩個部份，一為內容快取複製伺服器 (Content Replica)，接受使用者的請求，將快取中影片用熱門廣播法傳送給使用者，並且將不在快取中的影片區段向影片伺服器取回，存放在快取中，另一為使用者快取 (Peer Cache)，已經收過影片的使用者，可以做為暫時性的快取，當有其它使用者要看同一部影片時，以點對點的方式直接傳送。

3.3.1 內容快取複製 (Content Replica/Cache)

假設使用者要求一影片，長度為 15 個區段。剛開始時，內容快取複製伺服器為全空的，然後內容快取複製伺服器依 Fast Broadcast 的順序將影片區段由影片伺服器取回，將其傳送給使用者，並且快取在磁碟中。如圖 3-2(a) 所示，底色為直線代表第一時段 (time slot) 要傳送的區段，底色為橫線代表第二時段要傳送的區段，因起始時快取內為全空，所以每個區段都必需向原影片伺服器要求，接著有其它使用者要求同一部影片，若快取中已有部份之影片 (底色為灰色的區段)，如圖 3-2(b) 所示，已存放在快取磁碟中之區段即可直接播給使用者，並且根據接著要播放的順序，由內容快取複製伺服器向原影片伺服器要求快取中缺少之區段。

因為在內容快取複製伺服器中的儲存空間有限，所以當快取空間不足時，我們必須選擇一合適的快取置換法則來決定要保留哪些影片區段在快取中，使得快取之命中率可以提高，而能夠節省連外的頻寬耗用。置換法則設計的考慮因素可以包含 (1) 以區段播放週期之

長短決定，因週期較短之區段重複播放到之機會較高，(2) 以影片播放之順序來決定，因影片的播放為循序前進，所以只要一開始播放，我們就可以知道哪些區段一定會被使用到而將其留在快取中，在本系統中我們使用了 LRU (Least Recently Used) 和 LFU (Least Frequently Used) 及以 LRU、LFU 為基礎，再加以修改過的置換法則。

3.3.2 對等端快取 (Peer Cache)

當使用者已經收完或接收過部份影片後，在不影響其繼續播放影片的前提下，讓他成為暫時性的快取，接受其它使用者的請求。

我們將系統中新使用者進入要求播放影片的情形分為三種：

- (1) 內容快取複製伺服器沒有在播放該影片，並且也沒有其它使用者已經收看過，此時使用者只能向內容快取複製伺服器要求影片，並開始接收廣播
- (2) 內容快取複製伺服器沒有在播放該影片，但是已有其它使用者已經收完該部影片，此時，便直接向該使用者要求影片
- (3) 內容快取複製伺服器正在播放該影片，表示系統中已有其它使用者也正在收看，此時使用者可以選擇：
 1. 加入接收廣播，直到收看完畢
 2. 加入接收廣播，並且同時向其它使用者作補償播放 (Patching)

當使用者選擇作補償播放時，若能夠及時補齊他加入系統之前，已經

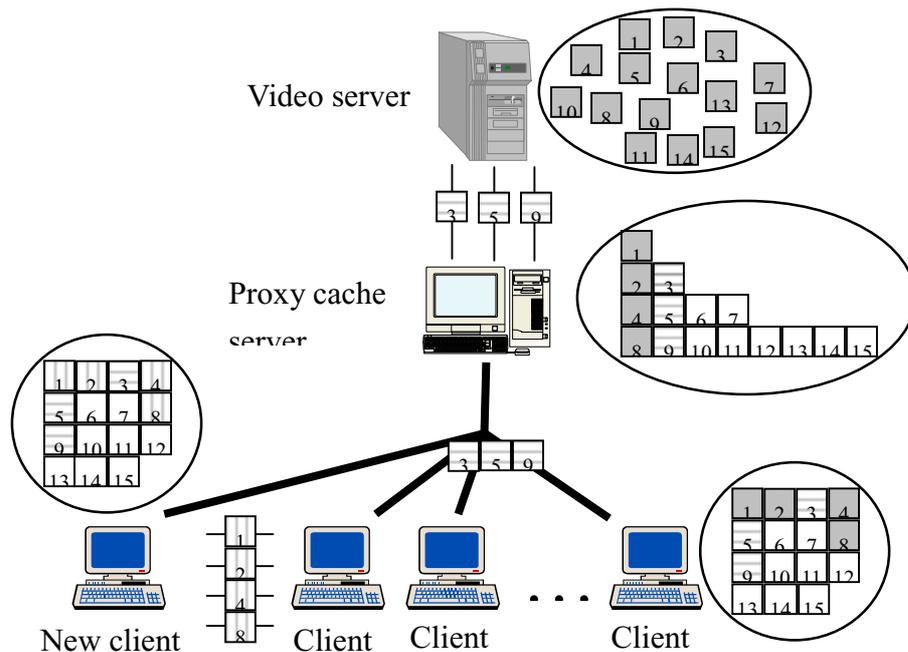


圖 3-3: 點對點傳輸示意圖

播放過的區段的話，便能趕上其它使用者正在接收的時段 (time slot)，然後通知內容快取複製伺服器，使其在一個播放週期完畢後，便可以停止播放，而不用再從頭開始廣播，減輕網路的負載。

如圖 3-3 所示，在系統中已有三個使用者在收看由內容快取複製伺服器用 Fast Broadcasting 播放的影片，在第二個時段 (Time Slot) 時，有一個新的使用者進入系統要收看同一部影片，他便向其它使用者做補償播放 (Patching)，要求第一個時段已經播過的影片區段 1, 2, 4, 8，同時也接收由內容快取複製伺服器所廣播下來的影片區段 3, 5, 9，所以內容快取複製伺服器在播放到第 15 時段時，便可以停止播放，而不必因為有新的使用者進入系統再繼續循環播出。

利用對等端點對點傳輸，讓使用者可以成為暫時性的快取，提供了系統容錯的能力，當內容快取複製伺服器當機或是過載時，使用者仍然可以從其它使用者取得想看的影片，並且提供了熱門廣播法一個補償播放的機制，讓晚進入系統的使用者可以追上之前在收看的使用者，使得廣播的時間可以縮短。

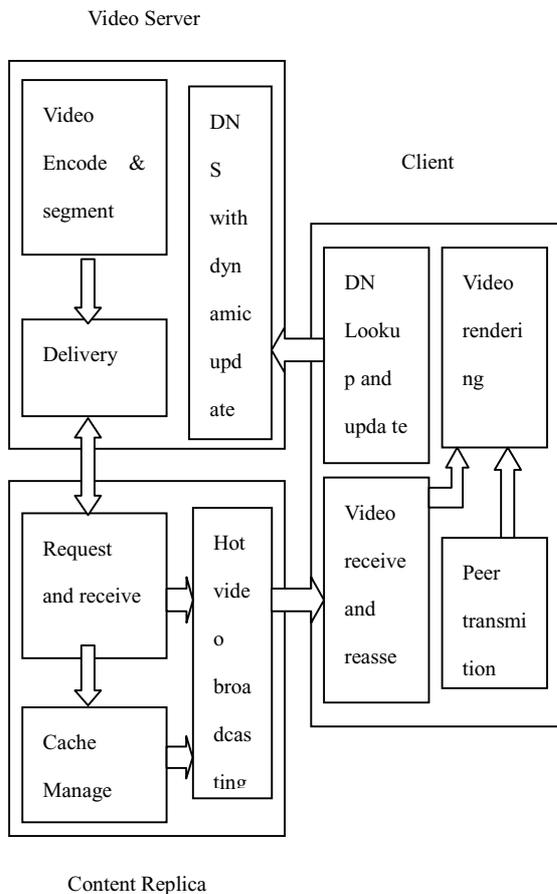


圖 4-1: 系統功能方塊

第四章 系統實作

4.1 功能模組

如圖 4-1 所示，本系統主要由三個部份組成，影片伺服器 (Video Server)、內容快取複製伺服器 (Content Replica) 及使用者 (Client)。影片伺服器實作了三個功能，1. 將影片切分成區段，2. 傳送影片區段到內容快取複製伺服器，3. 提供域名服務讓使用者來查詢及更新。內容快取複製服务器的功能包括，1. 主動的請求或被動的接收影片區段，2. 根據快取置換法則決定接收回來的區段是否要留在快取中，3. 將影片區段使用熱門廣播法傳送給使用者。使用者則包含四個部份，1. 查詢並可以動態的更新 DNS 記錄，2. 接收並重組廣播下來的影片區段，3. 能夠從其它使用者處取回影片區段，並且將已有的部份分享給其它使用者，4. 解壓縮並播放出影片。

4.2 播放流程



圖 4-2: 影片清單

圖 4-2 為進入系統後，取得影片清單共有三部影片可以觀賞，假設使用者選擇觀看“都是為我好”此部影片，系統中的 TLD 為 dslab.ncu.tw，將片名經由 Hash Function 算出儲存該影片之伺服器編號為 1，於是使用者便連往該域名之伺服器 1.dslab.ncu.tw。該使用者之 IP 位址為 140.115.50.58，轉換為 Dword 表示即為 2356359738，系統中為取前 5 位數作為分區之索引，因此在使用者該區的內容快取複製伺服器即為 23563.1.dslab.ncu.tw。

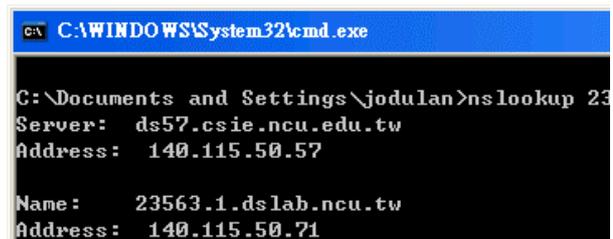


圖 4-3: 內容快取複製伺服器之位置

如圖 4-3 所示，使用者找出該區之內容快取複製伺服器位置為 140.115.50.71，並且由於它是目前該影片唯一的來源，所以也就是最靠近使用者的影片來源。接著，使用者便向 140.115.50.71 請求影片“都是為我好”，該內容快取複製伺服器便會開始用熱門廣播法將影片向使用者廣播，並且向原影片伺服器請求該影片不在快取中的區段。



(a)



(b)

圖 4-4(a):播放前之快取(b):播放後之快取

如圖 4-4(a) 所示，影片“都是為我好”原本存放在快取中的區段只有 Fast Broadcasting 第一個時段所需要的區段 1, 2, 4，在接收到使用者的請求後，便向原影片伺服器抓回剩下的區段 3, 5, 6, 7，如圖 4-4(b) 所示。



(a)



(b)

圖 4-5(a): 播放緩衝(b): 影片播放畫面

圖 4-5(a) 為向內容快取複製伺服器請求之後，開始作播放緩衝 (Buffering) 的畫面，等到收完第一個區段後，便可以開始播放影片，如圖 4-5(b) 所示。並且將自己的 IP 位置註冊到 23563.1.dslab.ncu.tw。

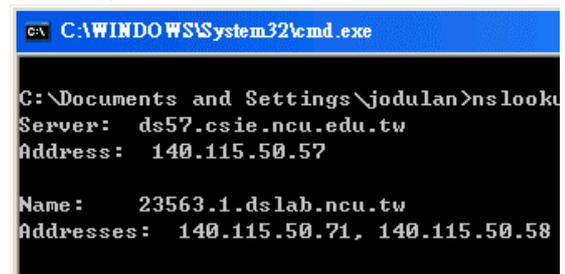


圖 4-6: 使用者動態更新記錄

假設又有另一位與前一個使用者來自同一個區域的使用者，同樣也想收看“都是為我好”這部影片，此時他便會經由與前一位使用者相同的步驟，找到 23563.1.dslab.ncu.tw 這個域名，因為前一個使用者已經將其 IP 位置登錄在此域名中，所以便會取得兩組 IP，140.115.50.71 與 140.115.50.58。

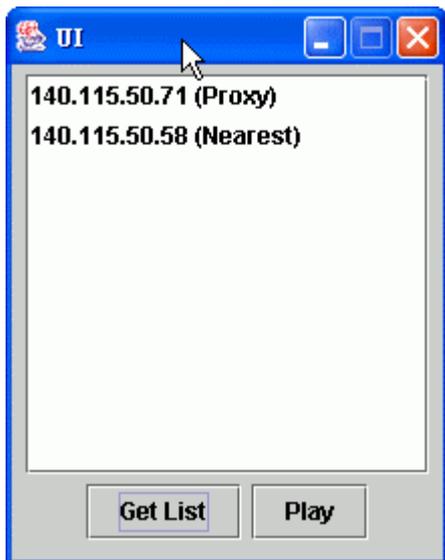


圖 4-7: 影片已有其它使用者收看過

如圖 4-7 所示，使用者得到兩個位置，一為內容快取複製伺服器，一為已經收看過影片之使用者，因為此使用者之 IP 位置為 140.115.50.60，所以得知另一位使用者為影片最近之來源，而可以向其請求影片。在開始接收後，該使用者也同樣向 23563.1.dslab.ncu.tw 註冊自己的 IP 位置，使得其也可分享影片給其它後來進入系統的使用者。

第五章 結論

本文首先提出了一使用熱門廣播法的影音內容傳遞網路，利用事先佈置好的內容快取複製伺服器，使得使用者可以由離其最近的伺服器快速的取得想收看的影片。同時，我們也提供了讓使用者間彼此用對等端點對點傳輸的機制，使用者進入系統時可以先尋找是否有其它已經看過或是正在收看該影片的使用者，然後向其取回影片區段。使用點對點傳輸的方法，可以讓內容快取複製伺服器減少做熱門廣播的時間或是次數，降低內容快取複製伺服器的負載及在區域網路廣播時的頻寬使用；由於每一部影片的來源可以有多個不同的點，也提供系統容錯的能力。最後，我們實作整個系統之雛型，使用兩層式的 DNS 配合 dynamic update 做為尋找影片和內容快取複製伺服器及其它使用者的方法。

未來計畫研究使用者的身份驗證及計費，目前系統並不會對使用者的作身份查驗，若考慮未來實際的運作，可能需要設計一合適之認證及收費系統。另外我們將研究影片版權保護，因在目前系統中，內容快取複製伺服器及使用者都有可能將影片暫存在快取中，而侵犯到影片的版權，未來可以考慮將影片使用加密的方式，讓使用者必須經由認證才能取得解密的鑰匙。

誌謝

作者特別感謝國家科學委員會經費贊助此一研究，合約編號為 NSC 92-2213-E-008-004。

參考文獻

- [1]. L.-S. Juhn, and L.-M. Tseng, "Fast broadcasting for hot video access," in Proceedings of the 4th International Workshop on Real-time Computing Systems and Applications, pp. 237-243, Oct 1997
- [2]. L.-S. Juhn and L.-M. Tseng, "Fast data broadcasting and receiving scheme for popular video services," IEEE Transactions on Broadcasting, vol. 44, no. 1, pp. 100-105, March 1998
- [3]. Yu-Chee Tseng, Ming-Hour Yang, and Chi-He Chang, "A recursive frequency-splitting scheme for broadcasting hot videos in VOD service," IEEE Transactions on Communications, vol. 50, no. 8, pp. 1348-1355, August 2002
- [4]. K.-L. Wu, P. S. Yu, and J. L. Wolf, "Segment-Based Proxy Caching of Multimedia Streams," in Proceedings of WWW10, pp. 36-44, Hong Kong, May 2001
- [5]. <http://www.napster.com/>
- [6]. <http://www.audiogalaxy.com/>
- [7]. <http://www.slsk.org/>
- [8]. <http://www.kazaa.com/>
- [9]. <http://www.winmx.com/>
- [10]. <http://www.edonkey2000.com/>
- [11]. <http://gnutella.wego.com/>
- [12]. Zhao, B., Kubiawicz, J., and Joseph, A., "Tapestry: An infrastructure for fault-tolerant wide-area location and routing," Tech Report UCB/CSD-01-1141, Computer Science Division, U. C Berkeley, April 2001
- [13]. I. Stoica, R. Morris, D. Karger, M.F. Kassarhok, and H. Balakrishnan, "Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Service for Internet Applications," in Proceedings of ACM SIGCOMM'01, September 2001
- [14]. H. Deshpande, M. Bawa, H. Garcia-Molina, "Streaming live media over a peer-to-peer network," in Work at CS-Stanford. Submitted for publication, 2002
- [15]. Vixie (Ed.), P., Thomson, S., Rekhter, Y. and J. Bound, "Dynamic Updates in the Domain Name System," RFC 2136, April 1997