

建立快取策略合作之位置知覺 P2P 系統

柯佳宏、楊宏昌、陳奕明、曾黎明、游象甫

國立中央大學資訊工程研究所

{touto, cyht, yu}@dslab.csie.ncu.edu.tw, tsenglm@csie.ncu.edu.tw

摘要

BitTorrent (BT) 為目前同儕網路中，熱門且有效的分散式檔案傳輸技術。BT 以優秀的下載策略，如稀有片段先取 (Rarest First)，是否阻塞演算法 (Choke Algorithm) 等，來達到順利分享的目標。但是因為 BT 是以綜觀全局來考量下載，使用者不具位置知覺 (Locality Aware) 能力，無法區分其它使用者所屬網域，造成大量的跨網域流量(約 70%)，使得網路服務提供者必須採取管制的策略以維護其它服務。因此本論文提出如何修改 BT 建立一個「快取策略合作之位置知覺 P2P 系統」。系統中有兩個主要的角色：進階跟蹤伺服器 (Enhanced Tracker) 會分配使用者所屬網域的 Super Peer Cache (SPC) 及適當的使用者清單；SPC 能協同所屬網域內部使用者分工合作地將檔案從外部取一份回網域內，進而進行內部交換分享，達到節省跨網域流量之目的。此外，SPC 亦作為內部使用者之檔案備援快取，並採用有效率的以編碼為基礎的快取替代演算法，避免下載完成之使用者離開，造成網域內部檔案部份內容消失。另外相容性方面，原始 BT 軟體使用所提出的進階跟蹤伺服器，亦能達到節省跨網域流量的效果。

關鍵字：位置知覺、快取策略合作、同儕網路、BitTorrent

1 緒論

BitTorrent [1] (以下簡稱 BT)，一個建立在 P2P 架構之上，能迅速將檔案分享的實作例子，顛覆傳統檔案交換的方式，讓使用者有更多來源，以更快的速度交換檔案。BT 系統中，Tracker 扮演控制者的角色，隨機任意地分配使用者清單給要求檔案的使用者，造成同網域使用者不一定能夠知道對方，又因為 BT 提供的阻塞演算法每隔一段時間將會選擇更適合的使用者進行檔案交換，且外部的使用者數量比內部的多得多，所以選到外部使用者的機率也跟著提高，這樣一來將造成跨網域的流量增加。在我們的實測中，BT 跨網域流量佔了很大部分(約 70%)，說明了如果能夠降低 BT 跨網域流量，對於整體網路是有益的。此外，因獲得完整檔案的使用者將相繼離開，如果沒有跟上分享的隊伍一起下載，很容易發生無法取得完整檔案的情形，因此需要備援機制的存在。

因此本論文提出如何修改 BT 技術，建立一個「快取策略合作之位置知覺 P2P 系統」。此系統中有兩個主要的角色：修改過的進階跟蹤伺服器

(Enhanced Tracker)，以及 Super Peer Cache (SPC)。修改過的進階跟蹤伺服器除了維護一般使用者清單外還會維護一份 SPC 清單，在使用者要求使用者名單時，會發給使用者所屬網域的 SPC，以及適當的使用者清單。另外，新架構下的使用者能夠遵從 SPC 仲裁，協調向外抓取哪些檔案片段。分工合作地抓取片段的同時，讓網域內的使用者互相分享檔案片段，如此一來 SPC 能控制從外部抓取一份檔案回網域內，進而減低跨網域流量。

SPC 獲得完整檔案之後亦作為內部使用者之檔案備援快取，視網路內擁有此檔案片段的分佈，協同其他網域的 SPC，動態地對快取內容進行以編碼為基礎的快取替換法，避免下載完成之使用者離開，造成檔案部份內容消失而無法完成後續的下載動作。由以上可知，部署 SPC 不但能擔任協調者的角色，減少絕大部分跨網域流量，另外也能使用編碼方式進行適當的快取替換方法做為備援使用。在相容性方面，因應原始 BT 軟體使用所提出的進階跟蹤伺服器，亦能達到節省跨網域流量的效果。本文其餘內容如下，第二節討論相關研究；第三節說明本系統的設計與方法；第四節評估系統效能；第五節為結論。

2 相關研究

本節討論討論 BT 原理，點對點網路的分析，其他 P2P 相關研究，以及快取替換的策略。

2.1 BitTorrent 原理

BT 流程，(1)發佈者製作 .torrent 檔案。(2)發佈者將 .torrent 檔案發佈到網頁伺服器，並且跟 Tracker 連線註冊。(3)使用者連上網頁伺服器要求 .torrent 檔案。(4)使用者分析 .torrent 檔案，解析出 Tracker 位址，連結到 Tracker 伺服器。(5)從 Tracker 伺服器下載使用者清單(包含一定比例的發佈者)。(6)與清單上的使用者，發佈者進行連線。

建立連線之後，馬上互相交換該檔案目前擁有的區塊資訊 (bitfield)，bitfield 以二元陣列紀錄是否有這個區塊，有就設為一，沒有就設為零，進行這個動作使得雙方馬上得知對方擁有哪些區塊。BT 使用阻塞演算法 (Choker Algorithm) 來控制傳輸連線。要進行資料傳輸之前，首先需要得知目前對方願意讓你下載 (疏通狀態: unchoke)，才能向對方要求片段資料。發佈者因為已經擁有完整的檔案，所以選擇能對整個網路最有貢獻的使用者。未獲得

完整檔案的使用者則使用以牙還牙策略 (Tit-For-Tat)，統計上次傳輸檔案給自己的速度有多快，選擇最快的前幾個，接受他們的要求。阻塞演算法實際上讓分散式架構發揮的很好，它讓使用者能以較公平的方式分享檔案區塊，是 BT 能夠順利運作的重要核心。

2.2 P2P 系統特性分析

在不需改變現有硬體措施的原則之下，P2P 網路便能夠運作的很好，這就是越來越多人大量地使用 P2P 軟體做相關應用的原因。網路上的很多服務，都可以從單一伺服器對多個使用者轉換成為 P2P 架構，如 [2][2][4][5]。

在 [6] 中，使用跟蹤伺服器的 log 資訊觀察了 BT 實際在網路上一段時間的表現；在 [7] 中，以理論方式將類似 BT 架構下的 P2P 系統參數做深入的分析；[8] 則對 P2P 的穩定性做出評估；[9] 搜集多個檔案分享時的數據，並且分析哪些是影響 BT 使用者互相分享的重要因素；[10] 討論了 P2P 對於跨網域流量對於網路的影響，該作者發現百分之七十到九十的片段都經由外部網路獲得，而其實在這些從外部網路獲得的片段當中，有些片段是可以在內部網路獲得的。一般要能減低網域與網域的流量，最直接的方式便是建立快取伺服器，但因為網路文件與 BT 檔案系統有本質上的差異，所以必須經過修改才能套用在 BT 系統上。

2.3 其他 P2P 相關研究

[11] 提出以網路編碼方式為主的 P2P 架構，能減少跨網域流量讓使用者經由特殊編碼方式進行片段交換，系統中佈署的中間節點與快取伺服器類似，但概念稍有不同。P2P 快取伺服器架構下，只握有一塊檔案片段，對於需要下載整個檔案片段才能稱為完整下載的系統，並沒有很大的幫助，所以這個系統以編碼的方式組合檔案片段，讓使用者較不容易因為系統缺少某些片段而無法完成檔案。Forward Error Correction [12] 在傳輸一開始，將資料端加上一些額外檢查位元，如果資料有損失程度在臨界點之內，可以還原。[11] 則讓每個節點都進行編碼，因為每經過一個節點都會編碼一次，所以每次要求都有很大的機率要到不同編碼的片段，排程的問題在這邊獲得解決。

2.4 快取置換法

[13] 分類各種快取替換演算法，並說明評估效能的參數標準，對快取命中率做深入的討論。[14] 介紹了 Web 快取伺服器在快取策略上的各種決策方式，P2P 快取伺服器也是一種快取伺服器，但分享的檔案形式，與原本的網頁代理快取伺服器不同，必須做修改才能對 P2P 系統做出相對應的快

取策略。[15] 對 P2P 快取伺服器定義「哪種情形稱為快取命中」、「快取伺服器對於使用者離開是否應該採取相關措施」、「採用 file-based 或是 range-based」，接著以模擬證明哪種快取替換策略適合 P2P 快取伺服器。

2.5 相關研究總結

因為跨網域流量的產生，有人提出在網際網路提供者內部佈署快取伺服器，搭配攔截、導向 BT 封包，來減低跨網域的流量。

以 Network coding 為基礎所建立的 P2P 架構，能夠減輕跨網域流量。使用編碼方式組合片段也使系統較不會因為缺乏某幾個特定檔案片段而無法完成檔案。

在 [16] 中提到，目前為了要解決跨網域的流量，提出的方法大概可以分為兩類，其中一類就如同之前我們介紹過的攔截導向 BT 流量，讓在網際網路服務提供者內部的快取伺服器來提供快取服務。這類方式大多需要 Layer 7 解析封包，代價很大。另外一類對 port 80 以及副檔名為 .torrent 作監控修改，比起 Layer 7 分析動作要容易的多。其中一種方法稱為 Gateway peer [17]。主要將使用者引導至設定的 Tracker，轉而導向 BT 流量，由區域網路的唯一一個出口對外部抓取檔案片段提供給使用者，由於只有一台機器負責對外流量因此負擔很大。

之後的章節我們將提出一個具位置知覺、快取協同、使用編碼方式快取替換的 P2P 架構。在此架構下，因使用者具備位置知覺，所以可減少跨網域的 P2P 系統流量；另外，使用之前所提到 Gateway peer 攔截 .torrent 技術，相容舊版本的使用者，同時改進僅以單一窗口對外抓取檔案，採取多個使用者與快取伺服器協同合作概念，減輕 P2P 快取伺服器的負擔。

3 系統設計

本章將介紹我們所提出的快取策略合作之位置知覺 P2P 系統，分析並說明系統的運作流程，SPC 的協同分工下載策略運作方式，另外也針對 SPC 的以編碼為基礎之快取替代演算法做了討論。

3.1 系統成員

我們可以從圖 1 觀察到新系統的成員，新的系統總共有六個角色：發佈 Torrent 檔之網頁伺服器 (Torrent Web Server)、進階跟蹤伺服器 (Enhanced Tracker)、負責快取檔案以及仲裁的快取伺服器 (Super Peer Cache)、修改過的使用者 (Modified Peer)、舊版本的使用者 (Old Peer) 以及原始檔案內容發佈者 (Seed)。

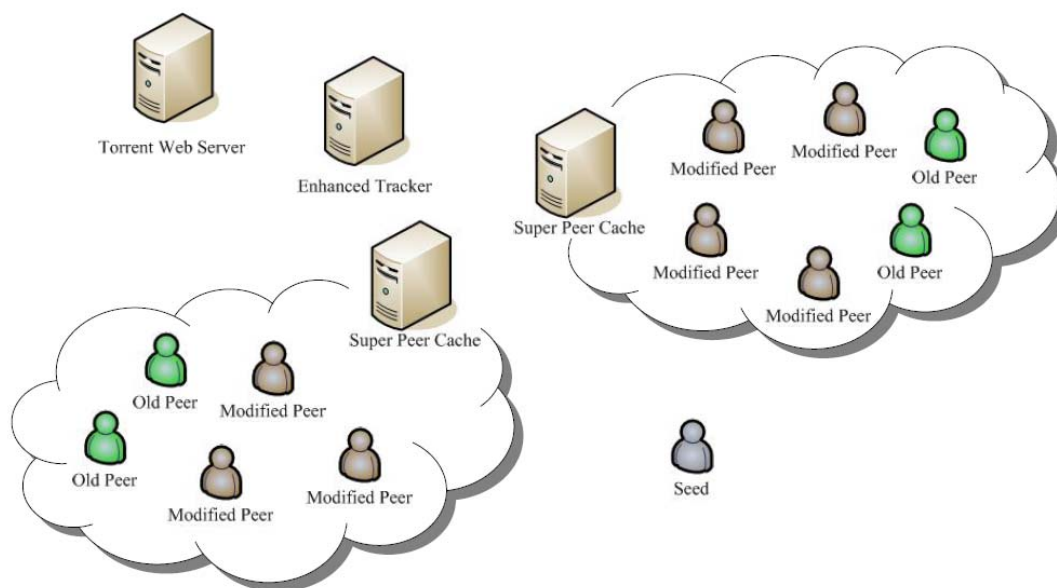


圖 1: 系統架構圖

表 1: 各種減低跨網域流量方法比較

	減低 BT 跨網域流量	協同策略	負荷	需要導向 (對象)	Layer 7 分析	需要修改使用者端	相容
Cache in ISP	優秀	X	大	O (BT 流量)	O	X	O
Gateway Peer	優秀	X	大	O (torrent 檔)	X	X	O
Super Peer Cache	優秀	O	小	O (torrent 檔)	X	O	O

3.2 系統分析

P2P 系統面臨著大量跨網域網路流量的問題。經由表 1 可以對各個系統採取的策略做分析比較。我們發現，各個系統因使用不同的作法，所付出的代價各有不同。Gateway Peer 則因為沒有協同的機制，快取的動作由自己本身完成，負擔較大。另外，Cache in ISP 必須建立在導向以及 Layer 7 分析封包的基礎之上，提高了困難度。因此，我們的系統排除了這些做法，而從修改使用者節點、增加額外的設備機制，達成減少跨網域流量目的。

3.3 運作流程

系統運作流程如下：修改過的使用者經過解析 .torrent 檔案，連線到進階型跟蹤伺服器，進階型跟蹤伺服器除了辨識使用者，將相對應使用者清單返回給使用者外，在返回清單之前還會判斷是否啟動該使用者所屬網域之 Super Peer Cache。SPC

啟動之後，我們的系統就能夠以合作的方式來獲得外部的檔案片段，修改過的使用者與 SPC，將會互相協調一起到外部網路抓取不重複的檔案片段，減輕快取伺服器的負擔，而 SPC 在需要作快取替換時，將採取編碼方式的快取替換策略。舊版本的使用則經由前文所提之 Gateway Peer 攔截 .torrent 檔案方式，將使用者轉而連上我們的進階型跟蹤伺服器，並讓它在這個系統中順利運作。

3.3.1 協同分工下載策略

新的位置知覺 P2P 快取協同系統，除了需要部署進階型跟蹤伺服器外，SPC 在此亦扮演相當關鍵的角色。修改過的使用者能具備位置知覺而以協同的方式抓取檔案，都需要 SPC 進行協調。SPC 內部維護了一張資料表，資料表上記載著哪一個檔案片段是不是已經存在網域當中。如果存在網域當中，那麼只有要求對象是網域內的使用者，SPC 才會回傳訊息給使用者，表示這個片段可以要求。如

果片段存在網域內，連線對象的使用者又位於網域外，則 SPC 將會告知使用者，此份片段已經在網域內存在，不應該再從外面要求資料。這樣一來就可以控制內部使用者向外面抓取檔案片段的行為。

為每一個使用者從跟蹤伺服器收到使用者清單之後，一個一個地根據收到清單上所記載的連線 IP 與 port，與使用者進行握手協定連線。我們在前面提到過，BT 架構中，阻塞演算法扮演重要的角色，套用阻塞演算法便可決定哪些使用者對於自己較大方，進而同意把檔案交給他。我們假設使用者 X 一開始沒有片段，而使用者 Y 有一些片段。使用者 X 初始時向使用者 Y 要求片段，而過了一段時間後使用者 X 將會再擁有另外一部分片段，這時候在初始狀態有給過他檔案的使用者 Y，就可以被使用者 X 評估下載速度，如果下載速度較快，則使用者 X 經過比較，會優先把 unchoke 發給使用者 Y，因此產生了類似表 2 的表格。表 3 的左邊檔案片段數為三的那一欄，相對應的檔案片段編號為四、五，這代表著目前跟我所連線的使用者當中，有三位使用者擁有這些檔案片段。連線的使用者下載完成某塊片段之後，將發出 "have" 訊息，一起連線的使用者收到這個訊息之後，會對這個表格作更新。依照這樣做資料排序的原因與 BT 的選擇方式有關，BT 系統除了在起始以及最後階段採用不一樣的選擇片段方式，大部分都使用最稀有片段先取，這樣一來只要查詢目前所維護的這張表格，就能輕易地觀察出目前哪些片段數目最少，進而決定目前應該下載哪些片段。

表 2: 使用者維護的其他使用者清單

IP	PORT	STATUS	DOWNLOAD SPEED
A	6881	choke	50KB/s
B	6884	unchoke	60KB/s
C	6883	choke	10KB/s
D	6885	choke	5KB/s
E	6887	choke	5KB/s

表 3: 與使用者連接的檔案片段數目資訊

THE NUMBER OF OWNER	PIECE INDEX NUMBER
0	Index[1]
1	index[0], index[2]
2	None
3	Index[4], index[5]
4	None

知道了如何選擇使用者之後，將送出允許傳輸資料的訊息，一直等待對方許可的使用者，收到對方准許訊息後，接著比對目前自己需要的片段，通

常是整個群組中最稀少的片段，以及目前對方擁有的片段，決定發出要求，進行檔案傳輸。SPC 就是在這個地方接手，協同修改過的使用者一起抓取不重複的片段。如圖 2 的兩個表格，其中 M 代表了這個片段編號被 Request 過，R 的表格內有兩個子表格，第一個表格代表這個片段在傳送的過程當中是不是沒有傳遞錯誤的情況發生，另外一個寫著英文字母的地方則代表是誰對外取得這塊資料。如果要求的對象在網域外，就必須通過 SPC 來決定是否要求片段。使用者對 SPC 作查詢，SPC 將告知使用者查詢的結果。如果 SPC 告知此片段已經存在內部網路，SPC 將會協調使用者不要向網域外要求片段，同時隨機提供向外要求過此片段的使用者資訊，讓要求此片段的使用者可以參考之前獲得這個檔案片段的使用者索取這塊資料。如果要求的對象位置在內部網路，則不論此張表是不是有紀錄，都可以直接要求片段。SPC 本身也扮演使用者角色下載檔案片段，也一樣依照這個流程做決策。當某片段順利下載之後，使用者向 SPC 註冊，確定這個片段存在內部網路之中，如圖 3 所示。流程圖如圖 4，藉著這樣的機制，就能以快取協同的方式，分工合作地將檔案從外部取回網域內進行分享。

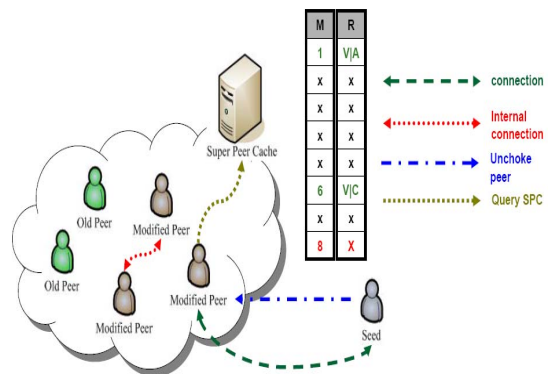


圖 2: 使用者詢問 SPC 是否檔案片段已被要求

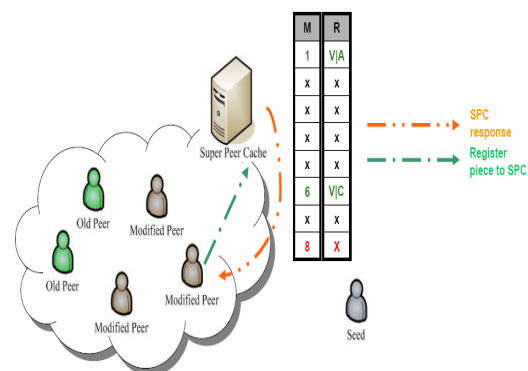


圖 3: SPC 回應使用者，傳輸完成後，向 SPC 註冊

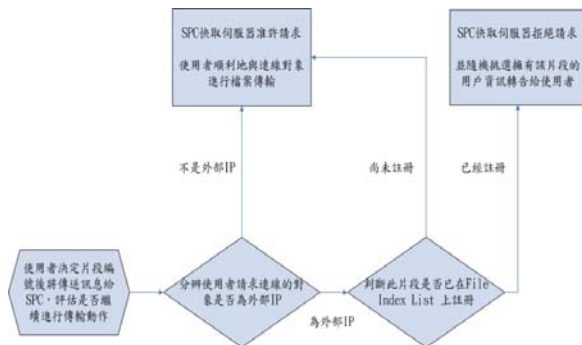


圖 4: SPC SPC 協同策略流程圖

未來我們可以使用 DHT 技術，讓各個使用者分別保存一部分檔案片段的資訊，如果要求的片段經由 DHT 查詢得知存在內部網路，便可隨機選取擁有該片段的使用者進行檔案片段要求。

3.3.2 以編碼為基礎之快取替換演算法

SPC 本身除了負責協調的功能之外，也提供快取的服務。我們在研究中發現，適當地採用編碼技術 (Encode Policy) 能節省空間並提高快取命中率，效果比一般快取替換演算法更好。如果將 A、B 兩片段編碼為 $A \oplus B$ ，空間將節省 50%。

以編碼方式做快取替換的概念如下，目前網域內的使用者，以 bitfield 交換自己有的檔案片段後，得知目前最多的片段是哪一個號碼，如果針對這些片段做編碼，要解出這些檔案相對比較容易，因此可以將這些數目較多的片段，以編碼的方式存在 SPC 當中。所以編碼策略原則為 - 將選出數量最多的兩個片段編碼成一個，這樣就能空出一個空間，意義和替代掉一個片段相同，但是兩個片段都還能透過解碼還原，因此可以提高快取伺服器的命中率。

我們對於片段在網路內的數量是否相對大量提出一個量測的標準，而稱這個標準為權重，Weight，以下簡稱 W。W 的意義為，能夠允許擁有此片段使用者離開的最大數目，如果片段 B 的 W 為八，則擁有 B 的使用者就算離開了八位，系統內還是可以順利解碼獲得 B 的片段。W 越高代表能夠離開的使用者越多，也代表此片段在內部網路相對較多，因此適合被拿來做編碼方式的快取替換。

例如目前在 SPC 上有六個片段分別為 A,B,C,D,E,F = (3,7,2,6,1,2)，對應右括號內為權重。SPC 第一次做快取替換時，將挑出兩個在網路內數量最多也就是權重最大的檔案片段作編碼動作，我們發現在這幾個片段當中，B 與 D 兩個片段數目最多，也就是權重最大，所以選擇它們編碼為 $B \oplus D$ 。如果接下來空間不夠又需要做快取替換，此時 SPC 上擁有五個片段以及其權重更新為 A,C,E,F, $B \oplus D$ = (3,2,1,2,?)，如何計算已經編碼過後合成片段 $B \oplus D$ 的權重，將在稍後提到。假設經過計算發現 A 與 $B \oplus D$ 權重最大，則選擇它們編碼成 $A \oplus B \oplus D$ ，此時 SPC 上擁有四個片段以及其權重變為 C,E,F, $A \oplus B \oplus D$ = (2,1,2,?)。

我們知道尚未編碼片段權重等於其在網路上數量，接下來我們舉例介紹如何計算已經編碼過後合成片段 $A \oplus B \oplus C$ 的權重。首先我們考慮相關的三個片段在網路上的分布情形，(A):2, (B):1, (C):3, (A,B):1, (B,C):1, (A,C):4, (A,B,C):2 表示只擁有檔案片段 A 的使用者數目為二，只擁有檔案片段 A,C 的使用者數目為四，同時擁有 A, B, C 三個片段的使用者為二，其餘依此類推。所以檔案片段 A 在整個網路的數量為九份，亦即有九個人擁有檔案片段 A，檔案片段 B 在整個網路的數量為五份，亦即有五個人擁有檔案片段 B，可以表示成 Total : A:9 B:5 C:10。因為 $A \oplus B \oplus C$ 只要有兩個片段就可以還原出第三個片段，我們假設最差情況下，能容忍某一片段完全消失，此例為最少的 B 片段完全消失在網路中，所以五位使用者消失，因此 $W=5$ ，這五位使用者同時擁有其他片段，其他片段的數目在此做更新，(A):2, (C):3, (A,C):4, Total: A:6 C:7。接著我們可以再容忍擁有檔案片段 A 的使用者消失五個，此時 W 變為 10，至此不能再容忍任何使用者離開，最後我們得到 $A \oplus B \oplus C$ 的權重為 10。

經由以上的說明，我們可以知道，因為 P2P 的檔案片段互相關聯，不像 Web 文件各自為獨立檔案，因此採用編碼式快取替換檔案方式較適合 P2P 快取伺服器架構。

3.3.3 其他考量

SPC 具有仲裁以及快取檔案片段的功能，不可避免的，單一伺服器將遇到 single point of failure，也就是萬一 SPC 無法正常運作，系統將停擺，因此建置救援伺服器是必要的措施。目前我們在網域伺服器，網頁伺服器，資料庫都可以看到這樣的佈署。當主要 SPC 無法運作時，救援 SPC 將啟動，成為主要伺服器繼續服務使用者。

P2P 架構在版權以及管理問題一向備受爭議。目前 BT 在 Tracker 架構下可讓管理者管理非法分享的檔案，使得使用者無法透過 Tracker 連絡到其他使用者分享這些非法檔案，同時拒絕特定 IP 使用者進行連線。BT 只能做到這些功能對於版權管理的確顯得不足。進階型跟蹤伺服器能在發佈者發佈檔案後，知道此發佈檔案需要合法授權使用者才能抓取，爾後使用者連上進階型跟蹤伺服器要求名單時，必須提供版權證明，檢查通過再回傳使用者名單讓使用者進行連線，如此一來就能有效管理版權問題。

4 實驗測試

本節說明實驗環境，並以實驗數據驗證本系統。

4.1 實驗環境

□ 實驗軟體：BitTorrent 4.0.4

- 開發工具：Python 2.4
- 分享檔案大小：8.838 MB
- 機器數量：9
- 網域數目：3
- 實驗環境如圖 5 所示，A 網域：種子*1; B 網域：使用者*2，監測此網域使用者重複流量比例; C 網域：使用者*6

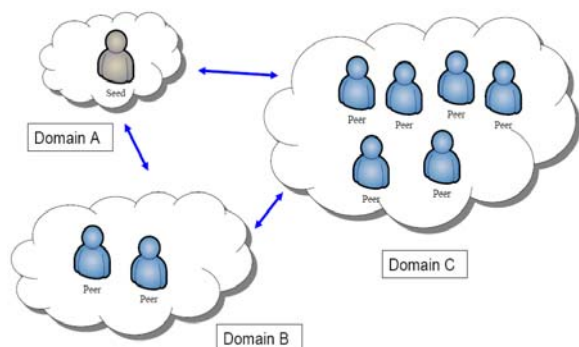


圖 5: 實驗環境使用者架構圖

4.2 實驗數據及分析

我們使用九台機器架設真實的 BT 環境，外部網域的使用者數量為六台，內部網域使用者數量為兩台，另外種子一台，在這兩個網域之外。我們設定各個使用者的上傳頻寬為固定 20KB/s，三次實驗分別改變種子上傳速度，觀察內部網域的使用者是不是能夠從外部下載片段之後，跟內部的使用者做分享，以達到下載一份流量的最理想狀況，同時也測試種子上傳速度對這種現象的影響。

- 重複流量的定義為： $(\text{內部使用者對外部網域下載的總頻寬} \div \text{一份完整檔案的大小}) - 100\% = \text{重複頻寬比例}$

使用者 X 及使用者 Y 代表內部網域 B 內的使用者，並且統計其對外部網域所下載的網路流量進行分析，量測的數據則經由 BitTorrent 軟體內部對各個使用者的上下傳流量統計做監控。如果使用者 X 與使用者 Y 能夠互相交換一半檔案，代表幾乎沒有重複流量。實驗顯示，種子上傳速度對於使用者的來源有影響，但是對網域內交換情形幾乎沒有影響。如表 4 我們可以發現，真實環境下，重複流量的情形是存在的且比例高達七成，如果我們使用本文所提到之位置知覺協同快取機制，如表 5，證明我們所提出的系統能大幅降低重覆流量，至於還會有少數重複流量則是因為 Critical Section 問題，稍稍延長 SPC 回應使用者的時間能減少這樣的情形發生。

此實驗架構在校園網路之下，網域範圍較小。稍早我們提到，造成重複流量的原因為外部使用者數量遠大於內部使用者，所以如果將網域範圍變大，例如整個校園網路視為一個網域，內部使用者的比例相對增加，對外流量的確會減少。但是如果範圍定的太大，等同不考慮跨網域流量對網路所帶來的影響。評估關鍵流量的網域位置，適當地選擇

網域大小，能讓這個系統更順利地運作。

表 4 原始 BT 系統重複流量

	X 上傳給 Y	Y 上傳給 X	重複流量
第一次	0.94 MB	0.84 MB	79.3%
第二次	1.31 MB	1.08 MB	72.2%
第三次	1.00 MB	0.97 MB	77.1%

表 5 Enhance BT 系統重複流量

	X 上傳給 Y	X 上傳給 Y	重複流量
第一次	4.20 MB	4.28 MB	1.4%
第二次	4.16 MB	4.34 MB	1.2%

6 結論

BT 系統中，因為 BT 提供的阻塞演算法每隔一段時間將會選擇更適合的使用者進行檔案交換，且網域外部的使用者數量比內部的多得多，所以選到外部使用者的機率也跟著提高，造成了大量的跨網域流量。

我們使用實驗模擬真實環境，證明的確會有高達七成的跨網域流量。接著比較目前處理跨網域流量的方法，提出「快取策略合作之位置知覺 P2P 系統」。系統中的進階跟蹤伺服器會分配使用者所屬網域的 SPC 及適當地分配使用者清單，讓不一樣身分的使用者分配到適當的群組。經過修改後的使用者能夠在要求片段之前與 SPC 溝通，因此 SPC 能協同內部使用者，讓使用者具備位置知覺能力並分工合作地將檔案取一份回網域內進行分享，達到不下載重覆檔案片段而節省跨網域頻寬的目的。在相容性方面，未經修改的舊版本使用者則由修改 .torrent 導向到進階型跟蹤伺服器，亦能達到節省跨網域流量的效果。

SPC 在面對儲存空間不足時，採取建立在編碼技術上的快取置換方式。在需要空間時，挑選在內部網路權重較大的兩個檔案片段做編碼，權重越大，代表能容許消失的使用者數量越多。空出片段空間的結果雖然與直接替換檔案片段相同，但是經由編碼後的兩個片段能透過解碼還原，因此可以提高快取伺服器的命中率，使用編碼方式快取替換比起單純地將片段丟棄具有更高的效益。

最後我們實作並實驗，經由「快取策略合作之位置知覺 P2P 系統」所量測到的重複流量與原有 BT 系統相比減少約七成，完成時間也與舊系統相差無幾，顯示在我們提出的新系統之下，的確能將跨網域的重複流量控制的很好。

致謝

The authors would like to thank the National Science Council of the Republic of China for fanatically supporting this research under Contract No. NSC-94-2213-E-008-026.

參考文獻

- [1] Bram Cohen , “Incentives Build Robustness in BitTorrent,” May 22, 2003
- [2] <http://www.bitcomet.com/>
- [3] Xinyan Zhang, Jiangchuan Liu, Bo Li, Yum, Y.-S.P., “CoolStreaming/DONet: a data-driven overlay network for peer-to-peer live media streaming,” *INFOCOM*, March 2005, pp.2102-2111 vol. 3
- [4] <http://www.ppstream.com/>
- [5] <http://www.skype.com/>
- [6] M. Izal, G. Urvoy-Keller, E.W. Biersack, P.A. Felber, A. Al Hamra, and L. Garcés-Erice, “Dissecting BitTorrent: Five Months in a Torrent’s Lifetime,” In *PAM*, 2004
- [7] D. Qiu and R. Srikant, “Modeling and performance analysis of bittorrent-like peer-to-peer networks,” *ACM SIGCOMM*, 2004
- [8] R. Bhagwan, S. Savage, and G. M. Voelker, “Understanding availability,” In *International Workshop on Peer to Peer Systems*, 2003
- [9] Nazareno Andrade, Miranda Mowbray, Aliandro Lima, Gustavo Wagner, Matei Ripeanu, “Influences on cooperation in BitTorrent communities Applications,” *ACM SIGCOMM*, 2005
- [10] Thomas Karagiannis, Pablo Rodriguez, Konstantina Papagiannaki, “Should Internet Service Providers Fear Peer-Assisted Content Distribution,” in *Proceedings of the Internet Measurement Conference*, 2005
- [11] Gkantsidis C, Rodriguez P.R, “Network Coding for Large Scale Content Distribution,” *INFOCOM*, March 2005
- [12] Burton H.O , Sullivan D.D., “Errors and error control”, *Proceedings of the IEEE*, Volume 60, Issue 11, Page(s):1293 – 1301, Nov. 1972
- [13] A Balamash, M Krunz, “An overview of web caching replacement algorithms,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2004
- [14] Stefan podlipnig and Laszlo boszo rmenyi, “A Survey of Web Cache Replacement Strategies,” *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 2003
- [15] Wierzbicki, A.; Leibowitz, N.; Ripeanu, M.; Wozniak, R., “Cache replacement policies revisited: the case of P2P traffic,” *IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGRID)*, April 2004
- [16] Ruchir Bindal, Pei Cao, William Chan, Jan Medval, George Suwala, Tony Bates, Amy Zhang, “Improving Traffic Locality in BitTorrent via Biased Neighbor Selection,” *IEEE International*

Conference on Distributed Computing Systems(ICDCS) July, 2006

- [17] 陳宜凡, 游象甫, 曾黎明, 白淳元, “應用於 BitTorrent 之通透快取機制,” *National Computer Symposium (NCS)*, Taiwan, December 2005