

南 華 大 學

資訊管理學系
碩士論文

適應真實網路環境熱門隨選視訊系統廣播法

**An Adaptive Real Network Environment Scheme
for Video-on-Demand Application**

研 究 生：王芸蓁

指導教授：吳光閔 博士

中華民國 九十八 年 九 月

南 華 大 學

資 訊 管 理 學 系 (所)

碩 士 學 位 論 文

適應真實網路環境熱門隨選視訊系統廣播法

研究生： 王芸蓁

經考試合格特此證明

口試委員： 吳光陞
蔡德誨

何漢鈞

指導教授： 吳光陞

系主任(所長)： 

口試日期：中華民國 98 年 9 月 30 日

誌 謝

感謝幫助、指導過我的每個人。感謝陪伴我的親人、朋友、同學、學長姊及學弟妹，謝謝伊汝姊，謝謝指導過我的老師們，謝謝我的爸爸媽媽，謝謝無線小組的蔡德謙老師，更謝謝不管在待人處事及學業上都細心指導的指導教授－吳光閔老師。

謝謝你們，我的感謝無法用言語形容！

適應真實網路環境熱門隨選視訊系統廣播法

學生：王芸蓁

指導教授：吳光閔 博士

南 華 大 學 資 訊 管 理 學 系 碩 士 班

摘 要

許多 video-on-demand (VoD) 的廣播方法提出了在有限的頻寬中，以延遲使用者的等待時間，做週期性廣播，讓使用者僅需等待一小段時間就能保持影片的連續播放。相關研究所提出的廣播方法都是假設影片的傳輸率(transmission rate)等於其消耗率(consumption rate or playout rate)，因此能在等待下載完第一個影片區塊(segment)後，就以下載與播放 1:1 的速率連續且完整的播放。但是在真實世界網路環境中，影片的傳輸率與消耗率常常不會相等，倘若假設兩者不相等，這些廣播方法的效率變會變差，在播放中可能會產生中斷或者消耗更大的暫存區，因此我們提出本篇方法，來適應現有的網路環境。

本篇方法以 RFS 為基礎，假設影片的傳輸率與消耗率在不相等的環境下，能做最有效的分割並保持影片播放不中斷，並且達到最小的使用者等待時間。

關鍵詞：隨選視訊(VoD)，熱門廣播法

An Adaptive Real Network Environment Scheme for Video-on-Demand Application

Student : Yun Jhen, Wang

Advisors : Dr. Guang Min, Wu

Department of Information Management
The M.B.A. Program
Nan-Hua University

ABSTRACT

Many video-on-demand (VoD) broadcasting methods have been proposed. These methods broadcast every segment periodically using several channel with finite bandwidth. Users only wait for the length of first segment, then they can watch video currently. All of these researches suppose that data transmission rate is the same as its consumption rate (or playout rate). Therefore, when client wait for the beginning of the first segment, they can play the video continuously by transmission rate: consumption rate=1:1. At real network environment, the transmission rate of a video will not often be equal to with the consumption rate.

This work proposes an adaptive real network environment scheme for video-on-demand application, which is based on RFS. Suppose the data transmission rate is different with the consumption rate. Our proposed can maintain multiple clients watching video currently and reduce latency.

Keyword : video-on-demand (VoD), hot/popular video broadcasting

目 錄

口試合格證明書	i
誌謝	ii
中文摘要	iii
英文摘要	iv
目錄	v
表目錄	vi
圖目錄	vii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究架構	5
第二章 文獻探討	6
2.1 FB (Fast Broadcasting) scheme	9
2.2 RFB (Reverse Fast Broadcasting) scheme	11
2.3 RFS(Recursive Frequency Splitting) scheme	13
2.4 分析比較	17
第三章 問題描述	20
3.1 下載率與播放率不同時的狀況	20
第四章 研究方法：ARN-RFS 廣播法	24
4.1 server 端影片區塊與頻道排程	24
4.2 使用者端影片區塊接收	29
第五章 分析與評估	31
5.1 維持播放不中斷	31
第六章 結論與建議	34
參考文獻	35

表 目 錄

表 1、符號參數表.....	7
表 2、RFS 執行步驟 (頻道數 $k=3$).....	15
表 3、不同廣播法影片區塊所能切割最大數.....	18
表 4、ARN-RFS 執行步驟 (頻道數 $k=5$).....	27
表 5、FB、RFS 及 ARN-RFS 影片區塊週期配置.....	33

圖 目 錄

圖 1、影片分割分類.....	3
圖 2、FB 廣播法 (頻道數 $k=5$).....	10
圖 3、RFB 廣播法 (頻道數 $k=5$)	12
圖 4、RFS 廣播法 (頻道數 $k=3$).....	15
圖 5、RFS 廣播法 (頻道數 $k=5$).....	16
圖 6、不同頻道數時 segment 數量 (n) 的差異.....	18
圖 7、不同頻道數時，最大等待時間差異.....	19
圖 8、FB 廣播法，傳輸率=消耗率，頻道數 $k=4$ 時影片配置狀態	21
圖 9、FB 廣播法，傳輸率與消耗率為 1:1.5，頻道數 $k=4$ 時影片配置狀態	21
圖 10、RFS 廣播法，傳輸率=消耗率，頻道數 $k=3$ 時影片配置狀態	22
圖 11、RFS 廣播法，傳輸率與消耗率為 1:1.5，頻道數 $k=3$ 時影片配置狀態	23
圖 12、一部影片在不同傳輸消耗比時，影片區塊 S_j 的出現頻率 (以 $n=16$ 為例).....	25
圖 13、ARN-RFS 廣播法，頻道數 $k=5$ 時，影片區塊的排列方式 (影片的傳輸率與消耗率為 1:1.5)	28
圖 14、ARN-RFS 廣播法，頻道數 $k=5$ 時，影片區塊的排列方式與相對應的頻率期間，紅色區域表示影片區塊相對應的頻率期間(p) (影片的傳輸率與消耗率為 1:1.5)	29
圖 15、ARN-RFS 廣播法，在頻道數 $k=5$ 中，使用者接收影片區塊的方式 (影片的傳輸率與消耗率為 1:1.5).....	30

圖 16、ARN-RFS 廣播法，頻道數 $k=5$ 時影片配置狀態（影片的傳輸率與消耗率為 1:1.5）.....	31
圖 17、ARN-RFS 廣播法，頻道數 $k=5$ 時影片配置狀態（影片的傳輸率與消耗率為 1:1.2）.....	32

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

隨著網路科技的不斷進步，加上硬體效能與處理速度的成長與成本降低，使得 video-on-demand (VoD) 隨選視訊的服務的普及成為未來的趨勢。所謂的隨選視訊服務顧名思義為一種 on-demand 的媒體服務，服務端(server) 提供使用者(client) 在任何想看的時間點選，並播放其想看的影片。

傳統的隨選視訊服務一般稱為 True-VoD (T-VoD)，為真正的隨選視訊服務，在 client-server 架構下，使用者不需要將影片暫存在緩衝區中，就能夠即時的收看想看的影片。其運作架構為：當使用者向服務端要求要看一部影片時，服務端便會分配一個專屬頻道給予使用者，該專屬頻道便會獨立的播放使用者想看的影片，頻道與頻道之間的串流彼此是不能共用的。此方法有一個缺點：當使用者不斷增加時，所需要的頻寬也會同時跟著增加，頻寬資源容易被耗盡，頻寬的提供，遠遠跟不上使用者端數量的成長，因此，這種結果會造成很高的成本負擔。

文獻[2]中提到，大部份(40%~60%)的影片需求皆來自於少數(10~20)的熱門影片，因此在有限頻道中，廣播熱門影片是一個減少頻寬浪費的有效方法。為了改善 True-VoD 頻寬的浪費，在相同時間點，讓一個串流能同時讓多個使用者觀看，對於熱門影片大量的使用需求來說，能有效的控制頻寬增加。這個方法雖然改善頻寬浪費的問題，但是使用者未能在開始時間點選到影片的使用者，勢必要等待一段很長的時間。

許多研究提出了 Near-VoD (NVoD) systems 近似隨選視訊系統來減少

使用者的等待時間。有些方法利用批次廣播法如 Staggerd Broadcast[1]，以批次延遲的方式來廣播影片。每隔一段批次延遲時間，於不同頻道廣播一個完整影片串流。圖 1、(a) [11] 表示完整影片串流。這種方法對於使用者並不需要任何的暫存空間，但是必須花費較長的等待延遲。

在週期性廣播法(periodic broadcasting)[8]中，一部份研究則著重於探討如何有效減少使用者等待時間，把一部影片分割成數個相等固定長度的區塊，並利用不同廣播法將影片區塊配置在多個頻道中，做週期性的廣播，每個區塊需要使用一個頻寬 b 來做廣播，這類的問題歸納為 Fixed-Length Segment-Scheduling(FLSS) problem [11]，又稱為非調合式(non-harmonic)廣播法。圖 1、(b) [11]描述 FLSS problem 切割影片方式，影片以縱向切割成數個固定且相等的區塊。其特點為僅需等待第一個區塊長度的延遲時間，就能達到連續性的播放。如 FB(Fast broadcasting)[6]、PB(Pyramid Broadcasting)[12]、pagoda broadcasting[10]、skyscraper[4]、RFB[13]、RFS[11]等。

而非固定影片區塊長度的週期性廣播法中，有一部份以調和(harmonic)方法來做切割，橫向切割方式源於調和級數，此方法排程的影片區塊所佔用的總頻寬為 $\frac{b}{h} + \frac{b}{h+1} + \dots + \frac{b}{k+h-1}$ (h 為調和參數， k 為總頻道數)，如 HB(Harmonic Broadcasting)[7]、PHB(Poly Harmonic Broadcasting)[8]、GEBB(Greedy equal bandwidth broadcasting)[3]等，圖 1、(c) 為調和式廣播法的橫向切割方式。另外，staircase broadcasting[5]方法則是以二的次方數做橫向切割，其所需的總頻寬為 $\frac{b}{2} + \frac{b}{2^2} + \frac{b}{2^3} + \dots$ ，圖 1、(d) [11]表示了 staircase broadcasting 方法的橫向切割方式。我們可以發現，在非固定影片區塊長度的週期性廣播法中，每個影片區塊僅需使用一部份的頻寬 b 來做廣播即可，這些方法在一段有限的等待時間內，將影片區塊做橫向分割，分割成數個

不同大小的區塊中，並分配於到多個頻道做週期性廣播，藉由調整每個頻道頻寬的方式達到良好的頻寬節省，這些研究對於頻寬的節省有很好的效果。

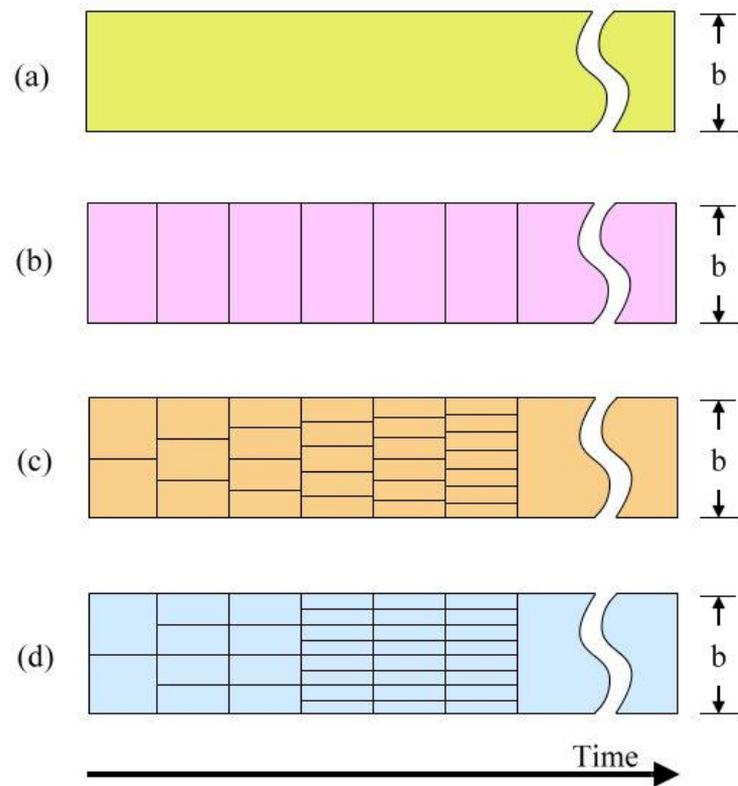


圖 1、影片分割分類：(a)原始影片(ex：staggered broadcasting)，
(b) 縱向切割影片(ex：FLSS)，
(c) 橫向切割影片(ex：harmonic broadcasting)，
(d) 橫向切割影片(ex：staircase broadcasting)。

在眾多廣播方法中，我們發現這些相關研究所提出的廣播方法都是假設影片的傳輸率(transmission rate)等於其消耗率(consumption rate or playout rate)，因此能在等待下載完第一個影片區塊後，就以下載與播放 1:1 的速率連續且完整的播放。但是在真實世界網路環境中，影

片的 transfer rate 傳輸率與消耗率常常不會相等，倘若假設兩者不相等，在消耗率比傳輸率快時，這些廣播方法便會變得不可行，可能在播方中產生中斷或者消耗更大的暫存區，因此我們提出本篇方法，來適應現有的網路環境。

RFS(Recursive Frequency Splitting)具有 FLSS problem 的特性：使用者的最大等待時間(waiting time)為單一個影片區塊(segment)的長度。此方法以遞迴頻率切割的方法找出 segment-to-channel 的最大數，因此此在減少使用者的等待時間上有很好的表現。我們提出一個以 RFS(Recursive Frequency Splitting)為基礎，能夠適應於真實環境中的隨選視訊廣播方法。假設影片在傳輸率與消耗率不相等的環境下，能做出好的效能分割並保持影片播放不中斷，且能達到最小的使用者等待時間。

1.2 研究架構

本論文架構共分為六個章節，首先在第一章介紹隨選視訊系統（video-on-demand, VoD）發展概況，並說明隨選視訊系統廣播方法及分類。第二章的文獻探討中，介紹與本研究相關的 VoD 廣播方法。在第三章的問題描述中，定義本研究中所要解決在真實網路世界環境中可能會發生的問題，第四章的研究方法為本研究所提出以 RFS 為基礎，適應真實網路環境之熱門廣播法，第五章為分析與評估，最後，第六章為結論。

第二章 文獻探討

所謂的隨選視訊 (video-on-demand) 系統為一種網路服務，可透過網際網路 client-server 的架構，讓使用者隨心所欲的觀賞想看的影片，其應用範圍包括了常見的數位影音服務、教學系統服務、甚至可以應用到網路購物、互動性電玩、互動教材與遠距學習等。

傳統的隨選視訊系統，一般稱之為 True-VoD，當使用者向 sever 端要求看一部影片時，sever 端即會配置一條專屬的 channel 給使用者，獨立播放使用者想看的影片，頻道與頻道之間的串流彼此是不能共用的，因此，使用者不需要將影片暫存在緩衝區中，就能夠即時的收看想看的影片。此方法有一個缺點：當使用者不斷增加時，所需要的頻寬也會隨著線性增加，頻寬資源容易被耗盡，頻寬的提供，遠遠跟不上使用者端數量的成長，這將會嚴重的造成頻寬不足，因此，這種結果會造成很高的成本負擔。

為了解決 True-VoD 所造成頻寬嚴重不足的問題，許多研究提出了不同的改善方式，這些方法統稱為 Near-VoD，大致上可分為三類：批次 (batching)，串流合併 (stream tapping or patching) 及週期性廣播 (Periodic broadcasting) 等。

Batching 架構的 VoD 廣播法中，主要是利用延遲等待時間，在多個頻道中，批次廣播影片，一次廣播一個完整影片 stream。當使用者端向伺服器要求看一部影片時，若未趕得上在影片播放起點，則必須等待至延遲週期時間結束，同一部影片 stream 開始時才能觀看。

而 stream tapping 或 patching 架構的 VoD 廣播法，主要概念為：每個使用者均需有足夠的 buffer 來儲存資料。當使用者端向伺服器要求看一部影

片時，若有使用者也要求觀看這部影片，且已經使用頻寬在傳輸了，新加入的使用者能 tap 到其他也要求同部影片的使用者傳輸中的 stream，並取得大部份影片資料，因此伺服器不需負擔太多頻寬，僅需增加額外的少量頻寬，就能服務使用者，以此來減少頻寬的使用。

以 Periodic broadcasting 為架構的 VoD 廣播法的主要概念為，將一部影片切割為數個相等或不等的影片區段，伺服器透過不同排程方法，在不同頻道中反覆週期地播放這些影片區段。無論如何，為了讓影片播放連續不中斷，在每個影片區段播放前，使用者端必須下載完該影片區段，因此必須強調每個影片區塊的 download time 一定要在 starting playing time 或在 starting playing time 之前。

$$\text{DOWNLOAD_TIME}(\varepsilon) \leq \text{PLAYING_TIME}(\varepsilon) \quad \dots (1)$$

(where ε stands for any part of video.)

表 1、符號參數表

D	完整影片長度(sec)
b	每個頻道的頻寬
B	廣播總頻寬
n	影片切割數
k	頻道數
S_j	影片分割區塊， $(1 \leq j \leq n)$
C_i	播放頻道， $(1 \leq i \leq k)$
f_j	S_j 播放的頻率

使用者若想觀看一部影片，最多僅需等待一個影片區段的時間。我們將此類廣播法細分為 Fixed-Length Segment-Scheduling(FLSS) problem 固定長度排程問題與 harmonic 調合式廣播法。

在週期性廣播中(Periodic broadcasting)的 Fixed-Length Segment-Scheduling(FLSS)方法，會將一部影片會分割成 n 個固定相等的區塊 (segment) (S_1, S_2, \dots, S_n) 並且在 k 個頻道中重覆週期性的播放，假設每個頻道的頻寬與消耗率相等，且使用者可以同時地從 k 個頻道中接收資訊，當使用者在開始看影片區塊 S_j 之前，順序在 S_j 之前的影片區塊 $(S_1, S_2, \dots, S_{j-1})$ 必須先被使用者看完。

在非調合式(non-harmonic)的週期性廣播中，每個影片區塊必須在一個連續的時間播放中至少出現一次(S_j 至少在每 j 個影片區塊期間出現一次)。如此一來，便能夠保證影片播放的連續不中斷。在頻道安排中，其中第一個頻道傳送第一個影片區塊，而其他頻道則傳送剩下的片段，使用者想看影片時，會等待第一個影片區塊下載完畢後開始觀賞，因此使用者的最大等待時間等於第一個影片區塊長度。為了維持一個影片區塊播放連續不中斷，區塊 S_j 最少需要使用的頻寬為一個頻道的 $1/j$ 頻寬。[11]在播放不中斷的前提下，影片區塊所能切割的最大數為 n ，其必須滿足於下列條件式：

$$\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{n} \leq k < \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{n+1} \quad \dots (2)$$

PB(Pyramid Broadcasting)[12]廣播法將影片分成多個區塊，其大小以幾何增加的方式，將區塊分配到不同頻道中，來達到小的等待時間。FB(Fast broadcasting)[6]廣播法以改變影片區塊分割與排列，將影片切割成 $2^k - 1$ 個區塊，得到比 PB 更短的等待時間。而 RFB(Reverse FB)方法與 FB 大致相同，基於 FB 的切割方法，利用改變影片區塊排列的順序，其等待時間與 FB 相同，但只需暫存 25% 的影片大小，正好是 FB 需求的一半。RFS(Recursive

Frequency Splitting)以透過區段週期的倍數及起始位置交錯的方式，找出不同週期可以容納在同一頻道的最大解，達到近似最小的等待時間。

而調合式(harmonic)的週期性廣播法，以非固定影片區塊長度來做影片切割，也就是每個影片區塊為不等長的，這類的方法不同於 FLSS problem 的方法，依循特定規則來做橫向切割。如 HB (Harmonic Broadcasting) 橫向切割方式源於調和級數，此方法排程的影片區塊所佔用的總頻寬為

$$\frac{b}{h} + \frac{b}{h+1} + \dots + \frac{b}{k+h-1} \quad (h \text{ 為調和參數}, k \text{ 為總頻道數}), \text{ 而 staircase}$$

broadcasting[5]方法則是以二的次方數做橫向切割，其所需的總頻寬為

$$\frac{b}{2} + \frac{b}{2^2} + \frac{b}{2^3} + \dots$$

。透過調合式配置的 VOD 廣播法對於節省頻寬有很好的效果。這類型的廣播法有 3 個主要特點：

1. 使用較少的頻寬需求。
2. 假設給定固定總頻寬，則可以擁有更多頻寬保持效能增加。
3. 以 greedy 的方式來下載 data。

本篇文章欲探討在真實網路世界環境中，讓使用者最大等待時間達到最小，且能夠播放不中斷，基於 FLSS problem 對於減少使用者最大等待時間有很好的效果，因此針對 FLSS problem 的幾個主要方法來做討論。以下為 FB、RFB、及 RFS 進一步討論其方法：

2.1 FB (Fast Broadcasting) scheme

快速廣播法的基本觀念如下，假設一部熱門影片 V ，其影片期間為 D 。有 k 個頻道數 (C_1, C_2, \dots, C_k) ，每個頻道的頻寬為 b ，並且每個頻道共同廣播這部影片 V 。當這部熱門影片使用者不斷增加時，伺服器端頻寬不會隨之增加，並且透過 FB 的排程方法，能夠減少使用者的 waiting time。

2.1.1. server 端影片區塊與頻道排程

1. the bandwidth B is equally divide into k logical channels, where

$$k = \left\lfloor \frac{B}{b} \right\rfloor = \lfloor \beta \rfloor \dots (3)$$

2. given a video V of length D , divide into n segments

(S_1, S_2, \dots, S_n) , where

$$n = \sum_{i=0}^{k-1} 2^i = 2^k - 1 \dots (4)$$

$S_1 \circ S_2 \circ \dots \circ S_n = V$ (\circ is concatenation operator).

The length of every segment is $\delta = D/n = D/(2^k - 1)$.

3. Channel C_i (C_1, C_2, \dots, C_k) broadcast data segments $2^{i-1} \sim 2^i - 1$ in order and periodically.

Each C_i broadcasting the first segment is $S_{2^{i-1}}$.

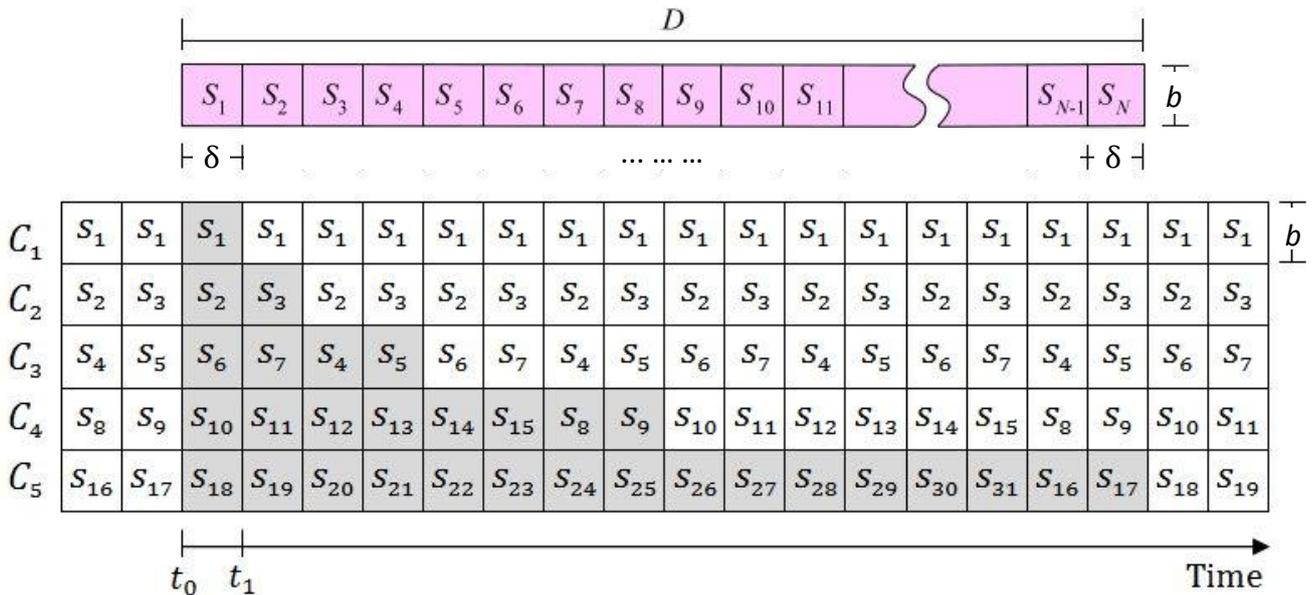


圖 2、FB 廣播法 ($k=5$)

圖 2、展示一個頻道數 $k=5$ 的快速廣播法其頻道與影片區塊的配置方式。頻道 C_1 重覆的廣播第一個影片區塊 S_1 ，頻道 C_2 重覆地廣播接下來的影片區塊 S_2 及 S_3 ($2^{2-1} \sim 2^2 - 1$)，頻道 C_3 重覆地廣播接下來的

影片區塊 S_4 、 S_5 、 S_6 及 S_7 ($2^{3-1} \sim 2^3-1$)。每個頻道 C_i (C_1, C_2, \dots, C_5) 所廣播的第一個 segment 分別為 $S_1, S_2, S_4, S_8, S_{16}$ 。此例子中，這段影片被分為 $n=2^5 - 1 = 31$ 個區塊。

2.1.2. Client 端影片區塊接收

當使用者欲觀賞影片時，必須從 k 個 channels 中下載資料，並依循以下規則：

1. 等待新的 time slot 開始。
2. 同時從 channels C_i 中下載 segment 資料。
3. 當上述步驟開始時，即可開始按照順序播放影片區塊 S_1, S_2, \dots, S_n ，直到播完為止。

2.2 RFB (Reverse Fast Broadcasting) scheme

RFB 的等待時間與 FB 相同，僅做了點小改變。FB 於每個頻道上按區塊的編號由小到大反覆播放，RFB 則是於每個頻道上按區塊的編號由大到小反向排列，重覆播放，並讓使用者晚點去接收片段，利用這些改變，RFB 的等待時間與 FB 相同，但其只需暫存 25% 的影片大小，正好是 FB 需求的一半。

2.2.1. server 端影片區塊與頻道排程

1. the bandwidth B is equally divide into k logical channels, where

$$k = \left\lfloor \frac{B}{b} \right\rfloor = \lfloor \beta \rfloor \dots (5)$$

2. given a video V of length D , divide into n segments (S_1, S_2, \dots, S_n), where

$$n = \sum_{i=0}^{k-1} 2^i = 2^k - 1 \dots (6)$$

$S_1 \circ S_2 \circ \dots \circ S_n = V$ (\circ is concatenation operator).

The length of every segment is $\delta = D/n = D/(2^k - 1)$.

3. Channel C_i (C_1, C_2, \dots, C_k) broadcast data segments $2^{i-1} \sim 2^i - 1$ in reverse and periodically.

Each C_i broadcasting the first segment is $S_{2^{i-1}}$.

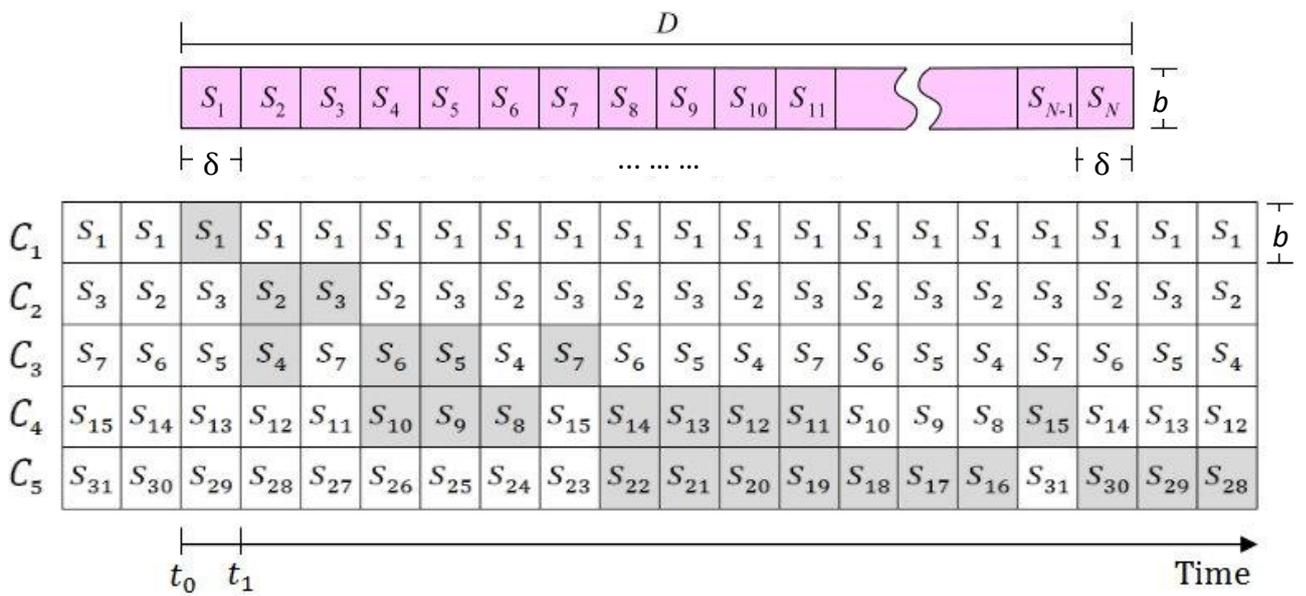


圖 3、RFB 廣播法 ($k=5$)

圖 3、展示一個頻道數為 5 的 RFB 廣播法頻道與影片區塊的配置方式。頻道 C_1 重覆的廣播第一個影片區塊 S_1 ，頻道 C_2 反向的重覆廣播接下來的影片區塊 S_3 及 S_2 ，頻道 C_3 反向的重覆廣播接下來的影片區塊 S_7 、 S_6 、 S_5 及 S_4 。每個頻道 C_i (C_1, C_2, \dots, C_5) 所廣播的第一個 segment 分別為 $S_1, S_3, S_7, S_{15}, S_{31}$ 。此例子中，這段影片被分為 $n=2^5 - 1 = 31$ 個區塊。

2.2.2. Client 端影片區塊接收

RFB 廣播法與 FB 廣播法在影片區塊接收最大的不同點在於：未播放的影片區塊在其播放之前若還會接收到該影片區塊，則先不下載。使用者能夠同時接收每個頻道的資料，下載完後按照區塊順序由 $S_1 \sim S_n$ 觀看影片。

如圖 3、所示，RFB 於每個頻道按區塊的編號由大到小反向排列，重覆播放，並讓使用者晚點去接收片段，灰色部份為使用者所 buffer 的片段。利用這些改變，RFB 的等待時間與 FB 相同，但其只需暫存 25% 的影片大小，正好是 FB 需求的一半。

2.3 RFS(Recursive Frequency Splitting) scheme

以能夠維持影片連續播放的前提，頻率廣播每一個 segment，來達到近似最小等待時間。此方法假設影片的 transmission rate（傳輸率）等於 playout rate（消耗播放率），每個影片的區塊大小相同，且時間單位的長度等於一個影片區塊的長度。

由於在非調合式(non-harmonic)的週期性廣播中，每個影片區塊必須在一個連續的時間播放中至少出現一次，（舉例來說 segment S_9 至少在 9 個 time unit 中配置在頻道中傳輸一次，以保持影片播放不中斷）此方法即是以此廣播頻率切割的概念來設計，欲找出在有限頻道中，符合廣播頻率所能配置 segments 數量的最大數。圖 4、表示在頻道為 5 的例子中，RFS 的廣播排程方法。

2.3.1. server 端影片區塊與頻道排程

假設一部熱門影片 V 其長度為 D ，且有 k 個 channels。首先，先定義 slot sequence $SS(C_i, \eta, p)$ 為一個在 time slot 上的無窮數列(infinite sequence) $[\eta, \eta + p, \eta + 2p, \dots]$ 且其屬於 C_i 。

η 為起始 slot，每隔 p 個 slot 無限重覆。 $(C_i$ is one of k channels. η is an integer, and $\eta \geq 0$. p is an integer, and $p \geq 1$):

1. 一開始，令 $POOL = \{SS(C_1, 0, 1), SS(C_2, 0, 1), \dots, SS(C_k, 0, 1)\}$ 為最初未配置 channels 之集合。
2. 令 j 表示 segment 的編號，起始值 $j=1$ 。
3. 接著，選出一個 slot sequence $SS(C_i, \eta, p)$ ，依下列規則：
 - (1). 由 $POOL$ set 中，選出 $j \bmod p$ 值最小的 $SS(C_i, \eta, p)$ ， $p \leq j$ 。
 - (2). Let $POOL = POOL - \{SS(C_i, \eta, p)\}$.
4. 分割 $SS(C_i, \eta, p)$ 為 $\{SS(C_i, \eta, \alpha p), SS(C_i, \eta + p, \alpha p), SS(C_i, \eta + 2p, \alpha p), \dots, SS(C_i, \eta + (\alpha - 1)p, \alpha p)\}$ ， $\alpha = \lfloor j/p \rfloor$ 。
 - (1). segment S_j 會在 $SS(C_i, \eta, \alpha p)$ slot 上被廣播。
 - (2). $POOL = POOL \cup \{SS(C_i, \eta + xp, \alpha p) \mid 1 \leq x \leq \alpha - 1\}$ 。
5. 若 $POOL \neq \text{empty}$ ，則增加 j by one，並回到第 3 步驟，排程下一個 segment；若 $POOL$ 為空，則結束步驟，並 output j 值為 n 。

如表 2、所示，此表以頻道數 $k=3$ 為例，詳述 RFS 廣播法的執行步驟；圖 4、展示一個頻道數 $k=3$ 的 RFS 其頻道與影片區塊的最後配置方式。

表 2、RFS 執行步驟，頻道數 $k=3$ 。

Iteration (n)	POOL
n = 1	$SS(C_1,0,1), SS(C_2,0,1)^*, SS(C_3,0,1)$
n = 2	$SS(C_2,0,2), SS(C_2,1,2), SS(C_3,0,1)^*$
n = 3	$SS(C_2,1,2)^*, SS(C_3,0,3), SS(C_3,1,3), SS(C_3,2,3)$
n = 4	$SS(C_2,1,4), SS(C_2,3,4), SS(C_3,1,3), SS(C_3,2,3)$
n = 5	$SS(C_2,3,4), SS(C_3,1,3)^*, SS(C_3,2,3)$
n = 6	$SS(C_3,1,6), SS(C_3,4,6), SS(C_3,2,3)$
n = 7	$SS(C_3,4,6), SS(C_3,2,3)^*$
n = 8	$SS(C_3,2,6), SS(C_3,5,6)$
n = 9	$SS(C_3,5,6)$

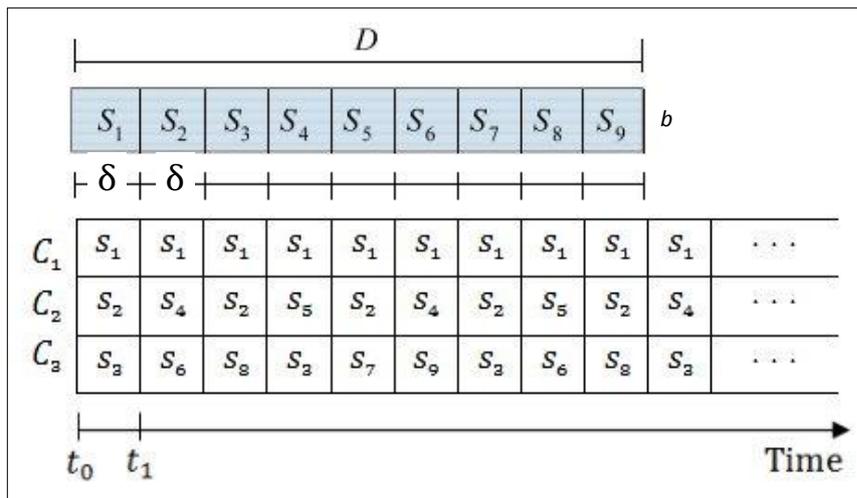


圖 4、RFS 廣播法 ($k=3$)

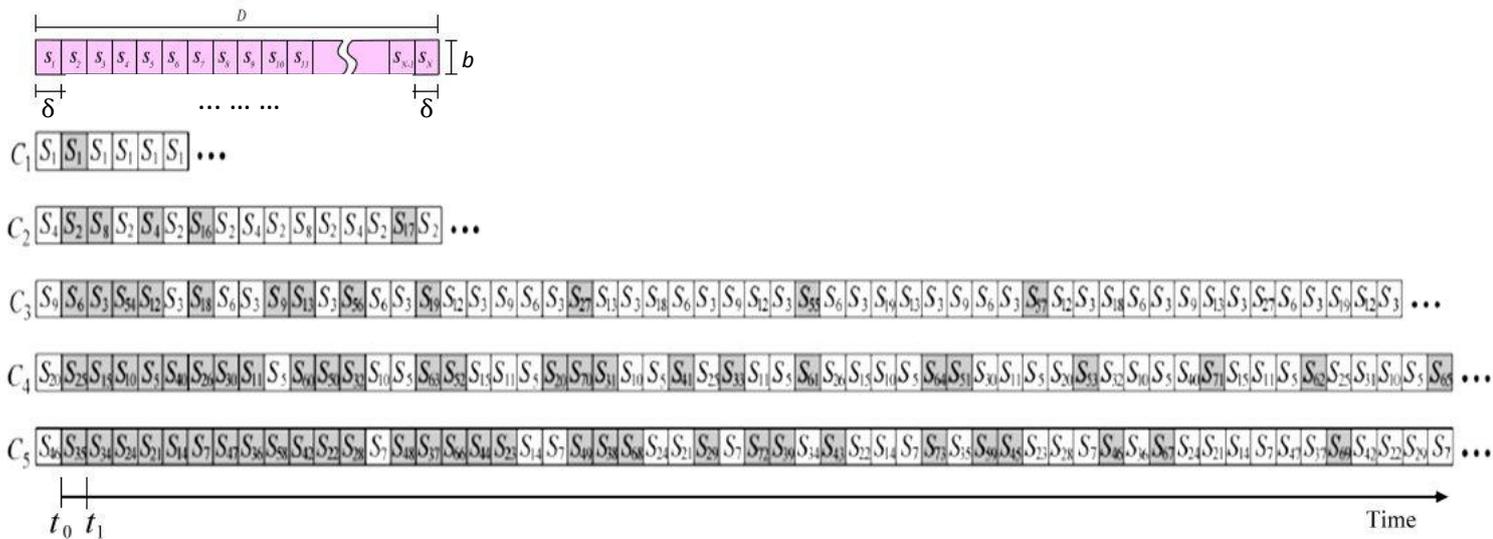


圖 5、RFS 廣播法 ($k=5$)

圖 5、描述當頻道數 $k=5$ 時，RFS 廣播法其影片區塊配置方式。依照 RFS 的概念， S_1 的頻率為 1，則被放置在 C_1 中連續的播放。 S_2 在每個連續兩個時間單位必須出現一次，被配置在 C_2 中，每兩個時間單位放一次，如此說來它的所佔的頻道空間為 $\frac{1}{2}$ 。剩下的 $\frac{1}{2}$ 可被分為 $\frac{1}{4} + \frac{1}{4}$ 。則可配置頻率為 4 的影片區塊。而 $\frac{1}{4}$ 又可分為 $\frac{1}{8} + \frac{1}{8}$ ，直至安排完所有可能配置。

C_3 以同樣方式安排頻率為 3 的 S_3 ， S_3 佔了整個頻道的 $\frac{1}{3}$ ，剩下未配置的 $\frac{2}{3}$ 頻道其中的 $\frac{1}{3}$ 可再分為 $\frac{1}{6} + \frac{1}{6}$ 的倍數頻率供頻率為 6 影片區塊配置。

若配置完頻率為 6 的影片區塊後，頻道空間還有剩，則剩餘的 $\frac{1}{6}$ 又可分為 $\frac{1}{12} + \frac{1}{12}$ ，可供頻率為 12 的影片區塊配置。

若影片區塊無法依其頻率放置在最佳的位置，則可增加其頻率。

以此類推，以廣播頻率配置的方式，連續播放為前提，完成所有

可能配置的最大數。

2.3.2. Client 端影片區塊接收

當使用者想要觀看一部影片時，向伺服器端發出請求，使用者能夠同時接收每個頻道 C_i (C_1, C_2, \dots, C_k)的資料。影片區塊接收後，影片播放會按照區塊順序由 $S_1 \sim S_n$ ，如此一來能保持影片播放不中斷，且對於減少使用者最大等待時間達到很好的效果。

未播放的影片區塊在其播放之前若還會接收到該影片區塊，則先不下載。圖 4、灰色部份表示已下載至緩衝部分。

2.4 分析比較

為了使得每個影片區塊播放不中斷，因此每個 S_j 必須在 j 個 time slot 至少播放一次。例如： S_1 每個 time slot 皆必須播一次，而 S_2 在 2 個 time slot 中至少播放一次。沿用此例子，我們可以推計出，多個頻道 k 中 S_1 佔用了 $1/1$ 個 channel；而 S_2 佔用了 $1/2$ 個 channel。相同的概念，[11]由 Tseng, Yang, and Chang 等學者提出，在 FLSS problem 中，給定 k 個 channels，能夠求得 FLSS problem 之 upper bound n ， n 必須滿足於條件式(2)：

$$\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{n} \leq k < \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{n+1}$$

上述的 upper bound 合用於任何一個 FLSS problem。利用 upper bound 的觀念能在每個確定的頻道上週期性的廣播每個 S_j 。

表 3、The maximum numbers of segments, n ,
offered by different schemes.

k scheme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bound	1	3	9	28	80	220	604	1650	4501	12260
FB	1	3	7	15	31	63	127	255	511	1023
RFB	1	3	7	15	31	63	127	255	511	1023
PB	1	3	9	19	49	99	249	499	1249	2499
RFS	1	3	9	25	73	201	565	1522	4289	11637

表 3、以下載率與播放消耗率相等為前提，較不同 VoD 廣播法中，各個頻道數必須保持影片播放不中斷，所能切割影片數量的最大數，在圖 6、中我們可以看到，RFS 方法在不同頻道中所能切割影片的數量為最多，且其值最接近於 upper bound。

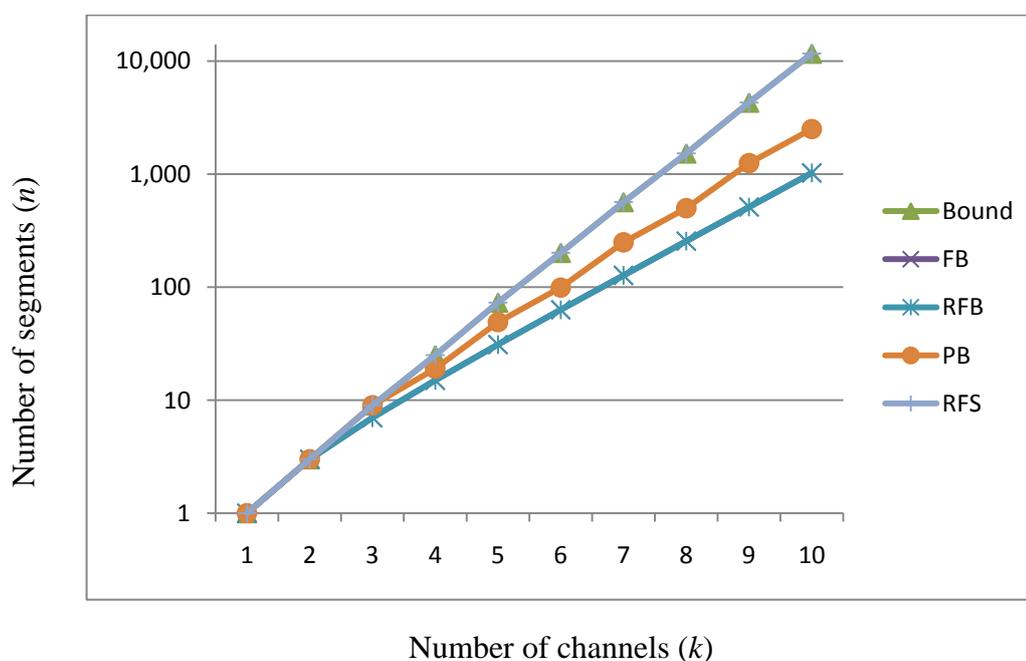


圖 6、不同頻道數時 segment 數量 (n) 的差異

圖 6、比較不同方案 FB、RFB、PB 與 RFS 在不同頻道數時，segment 所能切割的最大數。圖 7、以一部長度為 120 分鐘的影片為例，比較 FB、RFB、PB、SkB 與 RFS 方法，在不同頻道數時最大等待時間的差異。我們可以發現 RFS 方法在解決使用者最大等待時間有最好的效果。

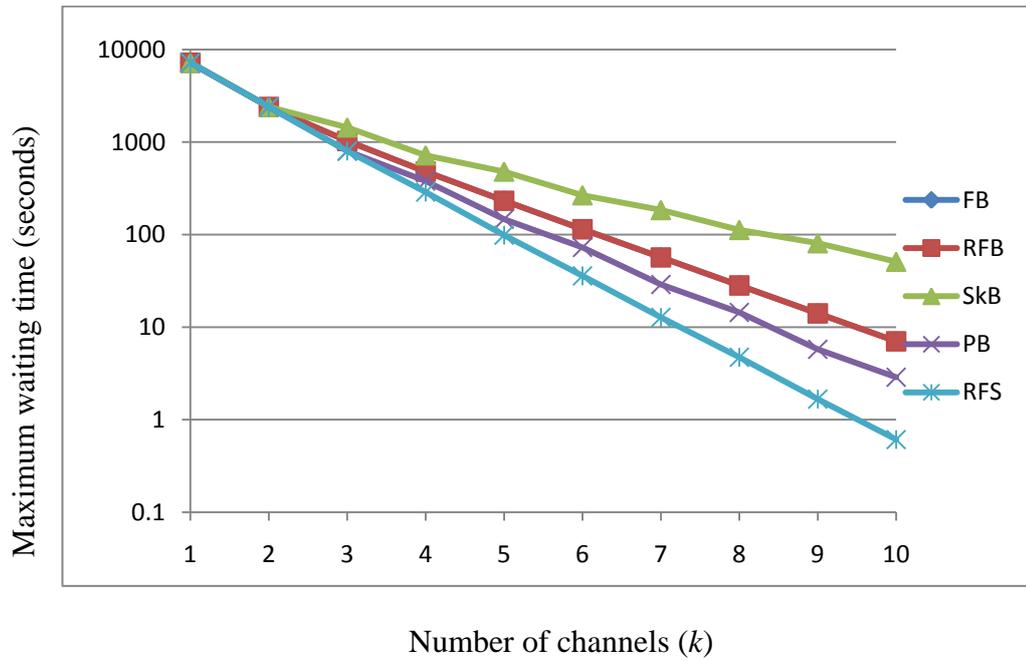


圖 7、不同頻道數時，最大等待時間差異

第三章 問題描述

在 FLSS problem 中，許多研究提出來減少使用者的最大等待時間，利用將影片切割成數個大小相同的影片區塊，使用者僅需等待第一個影片區塊的長度即可觀看影片。在眾多研究中，所提出的廣播方法都是假設影片的傳輸率(transmission rate)等於其消耗率(consumption rate or playout rate)，因此能在等待下載完第一個影片區塊後，就以下載與播放 1:1 的速率連續不中斷且完整的播放。但是在真實世界網路環境中，影片的 transfer rate 傳輸率與消耗率常常不會相等，倘若假設兩者不相等，在消耗率比傳輸率快時，這些廣播方法便會變得不可行，可能在播方中產生中斷或者消耗更大的暫存區，以下舉例說明。

3.1 下載率與播放率不同時的狀況

在安排影片區塊配置時，為了符合公式(1)：

$$\text{DOWNLOAD_TIME}(\varepsilon) \leq \text{PLAYING_TIME}(\varepsilon)$$

(where ε stands for any part of video.)

達到影片區塊能按照順序，且能連續不中斷的播放，我們發現，針對一部影片，每個影片區塊的出現頻率與安排在頻道中的週期配置有一定關係，其必須滿足：

$$f_j \geq p_j \quad \dots (7)$$

(where f_j is the frequency of S_j , p_j is the period of S_j .)

才能使得影片播放不中斷。

3.1.1 FB (Fast Broadcasting) scheme

FB 廣播法，在傳輸率與消耗率為 1:1 時，如圖 8、所示，頻道

數於 $k=4$ 時，影片區塊所配置情形。由圖可知每個影片區塊 S_j 的 f_j 皆大於等於 p_j ，因此在播放完 S_{j-1} 之後，能夠不中斷的播放 S_j 。

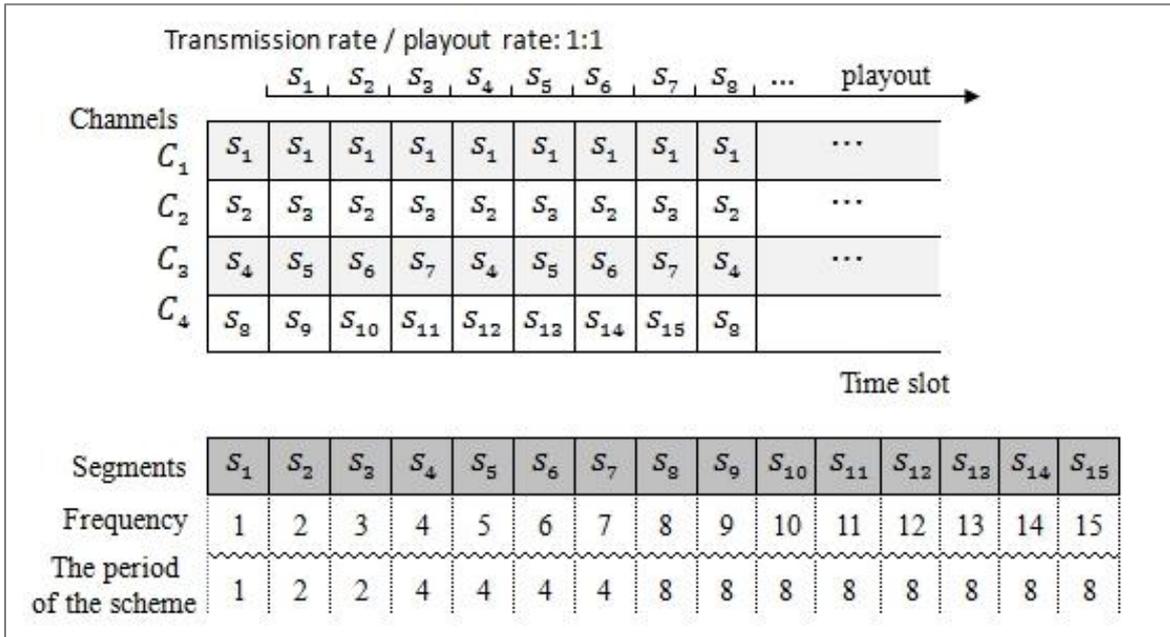


圖 8、FB 廣播法，傳輸率=消耗率，頻道數 $k=4$ 時影片配置狀態。

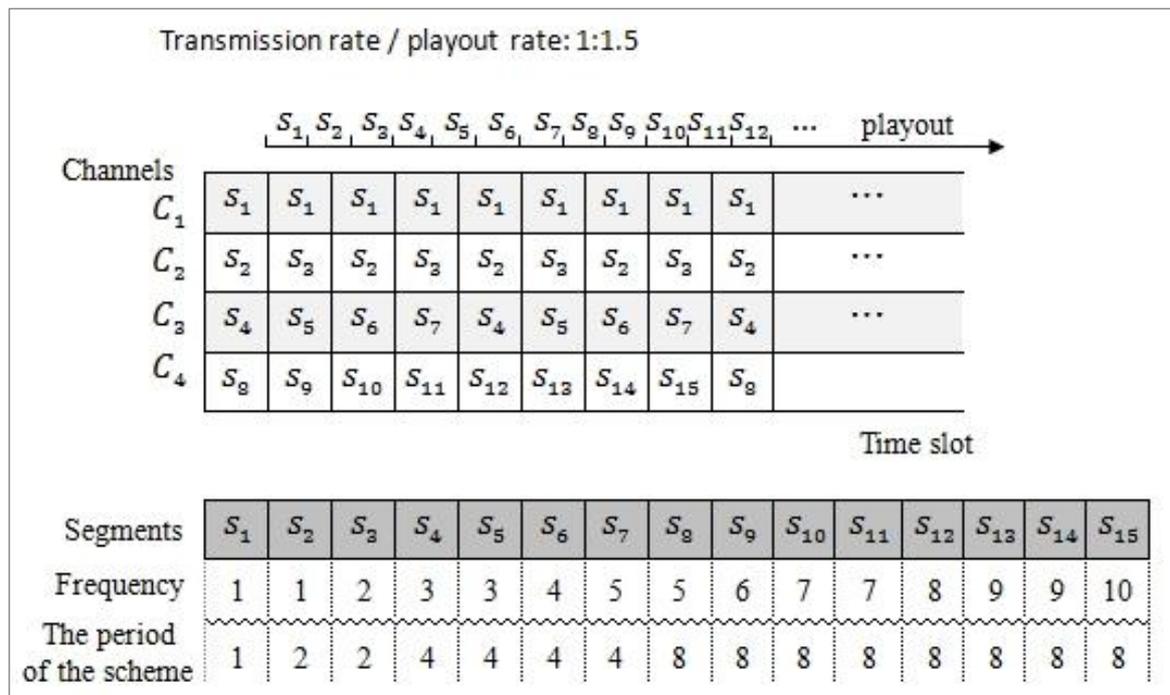


圖 9、FB 廣播法，傳輸率與消耗率為 1:1.5，頻道數 $k=4$ 時影片配置狀態。

但是當傳輸率不等於消耗率時，以圖 9、為例， $k=4$ 時，FB 廣播法在傳輸率與消耗率為 1:1.5 的狀態下，傳輸率比消耗率來得慢，frequency 產生變動，為了維持播放不中斷， S_j 的配置需符合 $f_j \geq p_j$ 。

我們發現 S_j 的配置不符合 $f_j \geq p_j$ 的影片區塊 $S_2, S_4, S_5, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}$ 在不同時間點進入觀看影片時，會發生影片中斷的情形，中斷時使用者需花一段等待時間 buffering 才能繼續觀看影片。

3.1.2 RFS (Recursive Frequency Splitting)

RFS 廣播法，在傳輸率與消耗率為 1:1 時，如圖 10、所示，頻道數 $k=3$ 時，影片區塊所配置情形。由圖可知每個影片區塊 S_j 的 f_j 皆大於等於 p_j ，因此在播放完 S_{j-1} 之後，能夠不中斷的播放 S_j 。

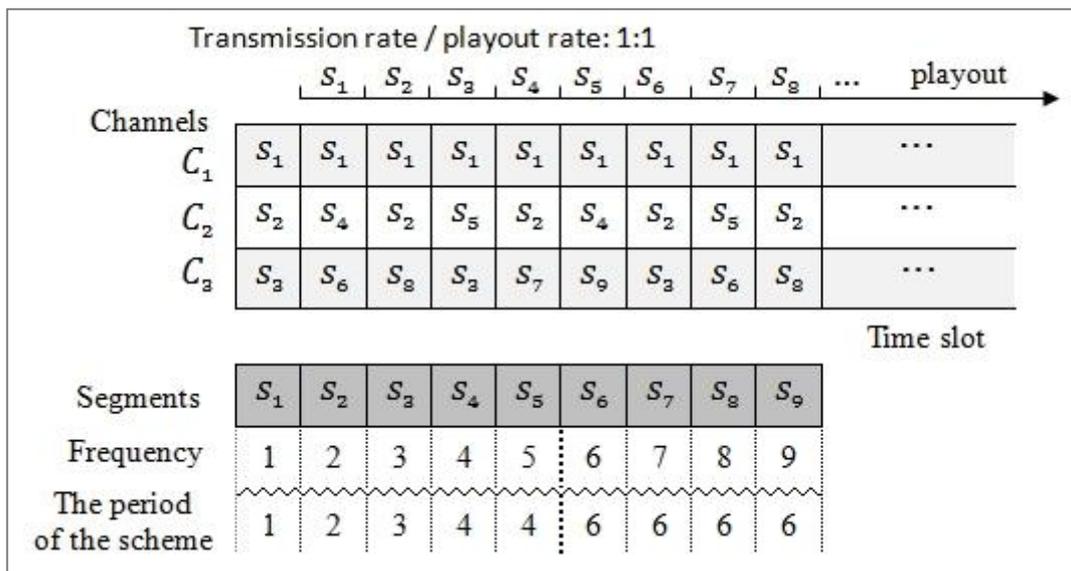


圖 10、RFS 廣播法，傳輸率=消耗率，頻道數 $k=3$ 時影片配置狀態。

當傳輸率與消耗率不相等時，以圖 11、為例，頻道數 $k=3$ ，RFS 廣播法在傳輸率與消耗率為 1:1.5 的狀態下，傳輸率比消耗率來得慢，frequency 產生變動，為了維持播放不中斷， S_j 的配置需符合 $f_j \geq p_j$ 。

我們發現 S_j 的配置不符合 $f_j \geq p_j$ 的影片區塊 $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8$ 在不同時間點進入觀看影片時，會發生影片中斷的情形；中斷時使用者需花一段等待時間 buffering 才能繼續觀看影片，在現實網路環境中，會因此導致效能不佳的狀況。

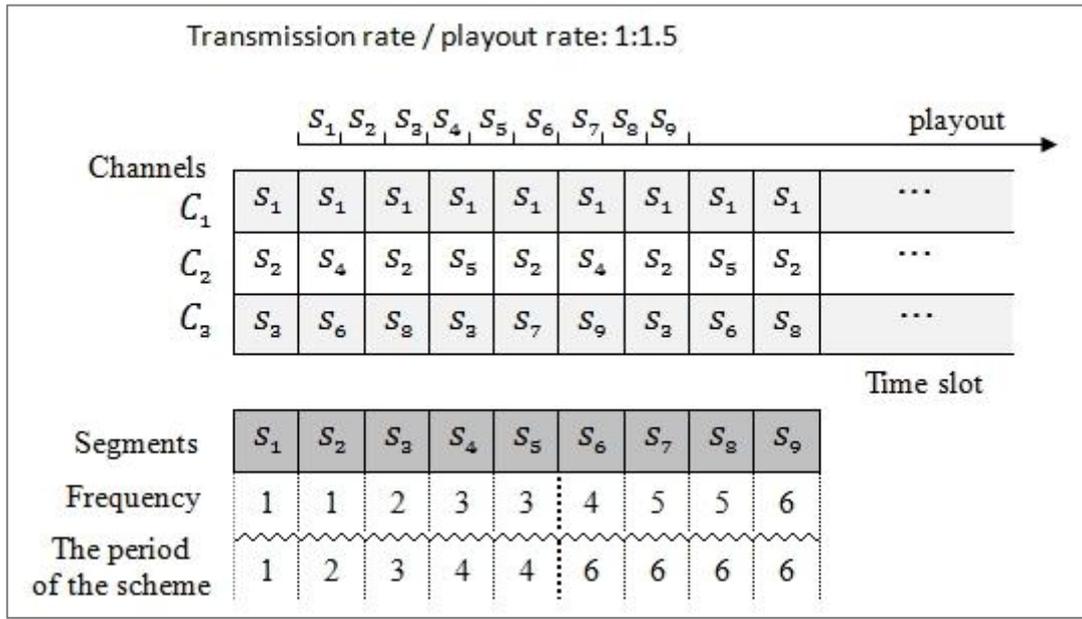


圖 11、RFS 廣播法，傳輸率與消耗率為 1:1.5，
頻道數 $k=3$ 時影片配置狀態。

第四章 研究方法：ARN-RFS 廣播法

RFS(Recursive Frequency Splitting)方法以區塊切割頻率的概念，算出在影片撥放時間內能夠不間斷且連續播放的切割的最大數量，由於週期性廣播法的最小等待時間等於第一個影片區塊的時間，因此使用者的最小等待時間趨近於最佳解，優於其他種方法。

在真實環境中傳輸率與消耗率可能會遇到不相同的情況，當下載傳輸的速度較慢於播放影片的消耗速度時，播放中的影片會產生中斷等待下載，或需要更大的暫存貯存空間，因此我們提出一個 ARN-RFS(Adaptive Real Network Environment base on RFS)方法以 RFS(Recursive Frequency Splitting)為基礎，能夠適應於真實環境中的隨選視訊廣播方法。

4.1 server 端影片區塊與頻道排程

- Suppose the data transmission rate different with playout rate.
- Each segment is equal-size.

按照下列公式，算出影片區塊 S_j 在真實環境中應該出現的頻率。

圖 12、描述一部影片 D 被切割成 n 個影片區塊時，在不同傳輸/消耗比時 S_j 頻率的變化。

Step1: 計算出 f_j

假設傳輸率為 t ，播放消耗率為 p ：

$$1. \quad r = \frac{\text{傳輸率}}{\text{消耗率}} = \frac{t}{p} \quad \cdots (8)$$

$$2. \quad \text{If } j = 1, f_j = 1. \quad \cdots (9)$$

$$3. \text{ If } j > 1, f_j = \lfloor (j - 1) \times r + 1 \rfloor \quad \dots (10)$$

		A video: length D [sec]															
Segment		s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	s_{15}	s_{16}
(a)Frequency		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
(b)Frequency		1	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	11	12	13
(c)Frequency		1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	9	10	11

圖 12、一部影片在不同傳輸消耗比時，影片區塊 S_j 的出現頻率(以 $n = 16$ 為例)
 (a)當傳輸率與消耗率為 1:1 時
 (b)當傳輸率與消耗率為 1:1.2 時
 (c)當傳輸率與消耗率為 1:1.5 時

由公式(8)(9)(10)算出的 f_j 表示 S_j 在週期中，至少每隔 f_j 個必須出現一次。算出 f_j 之後，便依照 RFS 的概念將影片區塊安排至 k 個頻道中。圖 12、為一部影片在不同傳輸消耗比(分別為 1:1、1:1.2 與 1:1.5)時，其影片區塊 S_j 的 f_j 。

Step2: 以 RFS 方法配置頻道中的 segment

假設一部熱門影片 V 其長度為 D ，且有 k 個 channels。首先，先定義 slot sequence $SS(C_i, \eta, p)$ 為一個在 time slot 上的無窮數列 (infinite sequence) $[\eta, \eta + p, \eta + 2p, \dots]$ 且其屬於 C_i 。 η 為起始 slot，每隔 p 個 slot 無限重覆。(C_i is one of k channels. η is an integer, and $\eta \geq 0$. p is an integer, and $p \geq 1$) :

1. 一開始，令

$POOL = \{SS(C_1, 0, 1), SS(C_2, 0, 1), \dots, SS(C_k, 0, 1)\}$ 為最初未配置 channels 之集合。

2. 令 j 表示 segment 的編號，起始值 $j=1$ 。
3. 取得 f_j of S_j (f_j 由 step1 中公式(8)(9)(10)求得)。
4. 接著，選出一個 slot sequence $SS(C_i, \eta, p)$ ，依下列規則：
 - (1). 由 $POOL$ set 中，選出 $f_j \bmod p$ 值最小的 $SS(C_i, \eta, p)$ ，
 $p \leq f_j$ 。
 - (2). Let $POOL = POOL - \{SS(C_i, \eta, p)\}$.
5. 分割 $SS(C_i, \eta, p)$ 為 $\{SS(C_i, \eta, \alpha p), SS(C_i, \eta + p, \alpha p),$
 $SS(C_i, \eta + 2p, \alpha p), \dots, SS(C_i, \eta + (\alpha - 1)p, \alpha p)\}$, $\alpha = \lfloor f_j / p \rfloor$ 。
 - (1). segment S_j 會在 $SS(C_i, \eta, \alpha p)$ slot 上被廣播。
 - (2). $POOL = POOL \cup \{SS(C_i, \eta + xp, \alpha p) \mid 1 \leq x \leq \alpha - 1\}$ 。
6. 若 $POOL \neq \text{empty}$ ，則增加 j by one，並回到第 3 步驟，排
程下一個 segment；若 $POOL$ 為空，則結束步驟，並 output j
值為 n 。

表 4、表示頻道數 $k=5$ ，為傳輸率與消耗率為 1:1.5 時，

ARN-RFS 執行步驟。

表 4、傳輸率與消耗率為 1:1.5 時，ARN-RFS 執行步驟，頻道數 $k=5$ 。

Iteration(n)	Frequency	period	POOL
$n=1$	$f_1=1$	1	$SS(C_1, 0, 1)$, $SS(C_2, 0, 1)$, $SS(C_3, 0, 1)$, $SS(C_4, 0, 1)$, $SS(C_5, 0, 1)$
$n=2$	$f_2=1$	1	$SS(C_2, 0, 1)$, $SS(C_3, 0, 1)^*$, $SS(C_4, 0, 1)$, $SS(C_5, 0, 1)$
$n=3$	$f_3=2$	2	$SS(C_3, 0, 2)$, $SS(C_3, 1, 2)$, $SS(C_4, 0, 1)^*$, $SS(C_5, 0, 1)$
$n=4$	$f_4=3$	3	$SS(C_3, 1, 2)$, $SS(C_4, 0, 3)$, $SS(C_4, 1, 3)$, $SS(C_4, 2, 3)$, $SS(C_5, 0, 1)$
$n=5$	$f_5=3$	3	$SS(C_3, 1, 2)^*$, $SS(C_4, 1, 3)$, $SS(C_4, 2, 3)$, $SS(C_5, 0, 1)$
$n=6$	$f_6=4$	4	$SS(C_3, 1, 4)$, $SS(C_3, 3, 4)$, $SS(C_4, 2, 3)$, $SS(C_5, 0, 1)^*$
$n=7$	$f_7=5$	5	$SS(C_3, 3, 4)$, $SS(C_4, 2, 3)$, $SS(C_5, 0, 5)$, $SS(C_5, 1, 5)$, $SS(C_5, 2, 5)$, $SS(C_5, 3, 5)$, $SS(C_5, 4, 5)$
$n=8$	$f_8=5$	5	$SS(C_3, 3, 4)$, $SS(C_4, 2, 3)^*$, $SS(C_5, 1, 5)$, $SS(C_5, 2, 5)$, $SS(C_5, 3, 5)$, $SS(C_5, 4, 5)$
$n=9$	$f_9=6$	6	$SS(C_3, 3, 4)$, $SS(C_4, 2, 6)$, $SS(C_4, 5, 6)$, $SS(C_5, 2, 5)$, $SS(C_5, 3, 5)$, $SS(C_5, 4, 5)$
$n=10$	$f_{10}=7$	6	$SS(C_3, 3, 4)$, $SS(C_4, 5, 6)$, $SS(C_5, 2, 5)$, $SS(C_5, 3, 5)$, $SS(C_5, 4, 5)$
$n=11$	$f_{11}=7$	5	$SS(C_3, 3, 4)^*$, $SS(C_5, 2, 5)$, $SS(C_5, 3, 5)$, $SS(C_5, 4, 5)$
$n=12$	$f_{12}=8$	8	$SS(C_3, 3, 8)$, $SS(C_3, 7, 8)$, $SS(C_5, 3, 5)$, $SS(C_5, 4, 5)$
$n=13$	$f_{13}=9$	8	$SS(C_3, 7, 8)$, $SS(C_5, 3, 5)$, $SS(C_5, 4, 5)$
$n=14$	$f_{14}=9$	5	$SS(C_5, 3, 5)$, $SS(C_5, 4, 5)^*$
$n=15$	$f_{15}=10$	10	$SS(C_5, 4, 10)$, $SS(C_5, 9, 10)$
$n=16$	$f_{16}=11$	10	$SS(C_5, 9, 10)$ empty, output $j=n=16$

圖 13、為 ARN-RFS 廣播法於 $k=5$ ，傳輸率與消耗率為 1:1.5 時，最後頻道配置狀態。根據上述步驟，首先令 $j=1$ ，接著由 step1 中公式(8)(9)(10)計算出 S_1 其 $f_1=1$ 。根據 step2 將 S_1 由 C_1 開始配置。配置完 S_1 之後，POOL 不為空，then $j=j+1$ 。

接著配置 S_2 ，根據 step2 配置 S_2 接下來將 $f_2=1$ 的 S_2 配置到頻道 C_2 中，POOL 不為空， $j=j+1$ ，繼續重覆 step2 的第 3 步驟，配置 $f_3=2$ 的 S_3 於頻道 C_3 中，每隔 2 個 time slot 配置 1 個 S_3 。

配置完 $f_j = 2$ 的 S_j 後，此頻道假如還有剩餘空間，則可將頻率 $f_j = 4$ 的 S_j 配置於此頻道中，每隔4個time slot配置一個 $f_j = 4$ 的 S_j 。(因為 $f_j = 2$ 配置的 S_j 佔用了整個頻道配置的1/2，因此剩下的1/2又可分為1/4 + 1/4，可配置 $f_j = 4$ 的影片區塊。)

將 $f_j = 4$ 的影片區塊 S_j 配置完後，若還有剩下的空間，剩下1/4又可分為1/8 + 1/8，因此可以將 $f_j = 8$ 的影片區塊放置進來，每隔8個time slot配置一次。若還有空缺，以此類推放置進來，直至頻道配置完成。 $f_j = 3$ 的影片區塊也以此方式配置。

若有影片區塊其頻率無法恰好的放置進入頻道中，則可以增加該影片區塊的頻率如： $f_j=7$ ，可以當做 $f_j=6$ 配置入頻道中。以此類推直到配置完成所能放的影片區塊最大數為止。

圖 134、為 ARN-RFS 廣播法，在頻道數 $k=5$ 時，影片區塊所對應的頻率期間。

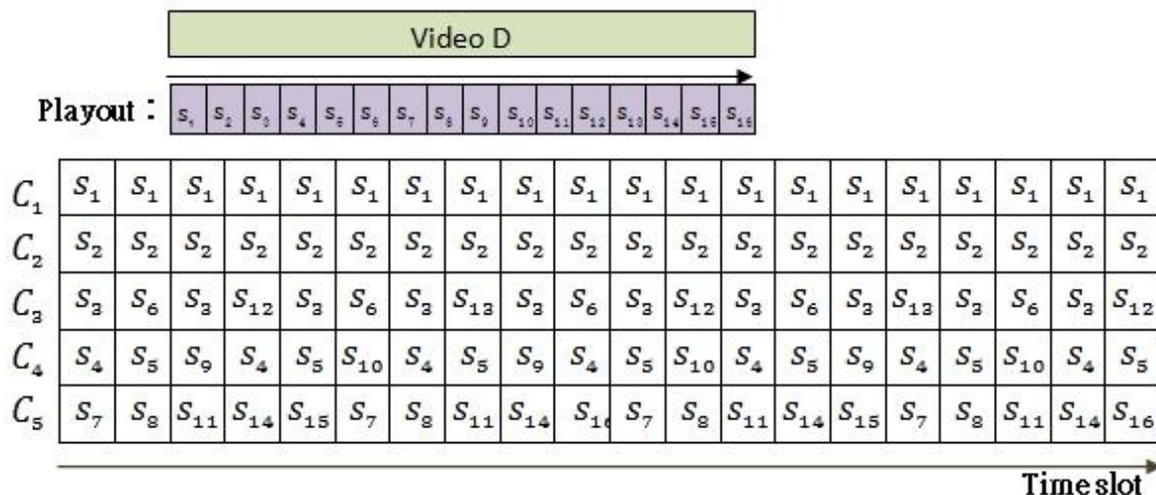


圖 143、ARN-RFS 廣播法，頻道數 $k=5$ 時，影片區塊的排列方式

(影片的傳輸率與消耗率為 1:1.5)

C_1	S_1																		
	1																		
C_2	S_2																		
	1																		
C_3	S_3	S_6	S_3	S_{12}	S_3	S_6	S_3	S_{13}											
	2	4	2	8	2	4	2	8											
C_4	S_4	S_5	S_9	S_4	S_5	S_{10}													
	3	3	6	3	3	6													
C_5	S_7	S_8	S_{11}	S_{14}	S_{15}	S_7	S_8	S_{11}	S_{14}	S_{16}									
	5	5	5	5	10	5	5	5	5	10									

圖 154、ARN-RFS 廣播法，在頻道數 $k=5$ 中，影片區塊的排列方式，有色區域表示影片區塊相對應的頻率期間 (p)。
(影片的傳輸率與消耗率為 1:1.5)

4.2 使用者端影片區塊接收

假設使用者端有足夠的暫存空間來儲存欲播放的影片片段，以 T_0 表示使用者對伺服器端送出需求的時間， T_{start} 表示使用者端開始播放影片的時間，使用者接收影片區塊方式如下，圖 7、描述使用者在頻道數為 5 時接收影片區塊的方式，頻道中深色部份為暫存區塊，在接收完第一塊影片區塊之後即在 T_{start} 播放。

- 使用者能夠同時接收 $C_1 \sim C_k$ 的資料，並儲存在暫存空間中。
- 使用者在 T_0 向伺服器發出請求後，即可開始接收影片區塊，等待第一個影片區塊 S_1 下載完後，便開始播放 S_1 ，因此 S_1 長度為其最大等待時間，播放影片時繼續下載其他影片區塊。
- 影片的播放按照順序，由 S_1, S_2, \dots, S_n 直到播放完畢。
- 使用者端在對伺服器端送出要求之後，假設 S_j 在頻道 C_k 中第一次出現，則其第一次出現的時間點為 T_{first} ， S_j 的下一次出現的時間

點 T_{next} 為，在遇到 S_j 時，若在播放頻率內還會出現 S_j ，則不用在 T_{first} 接收 S_j ，等到 T_{next} 時再接收即可。

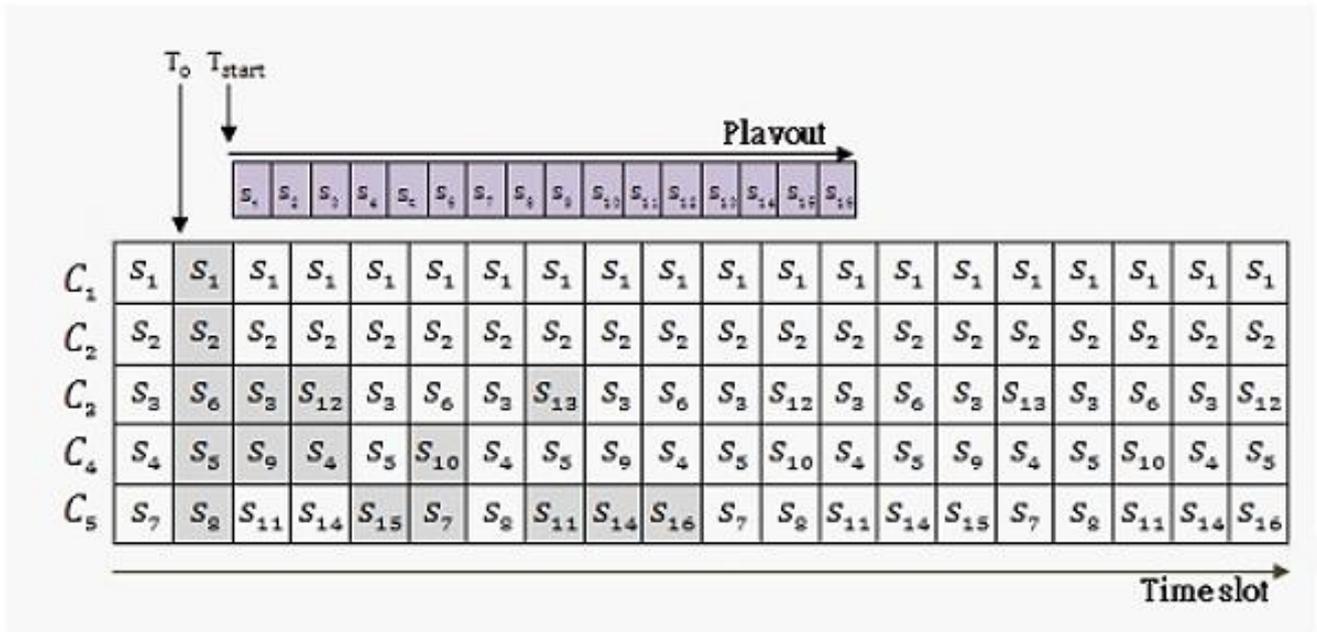


圖 15、ARN-RFS 廣播法，在頻道數 $k=5$ 中，使用者接收影片區塊的方式
(影片的傳輸率與消耗率為 1:1.5)

Transmission rate / playout rate: 1:1.2

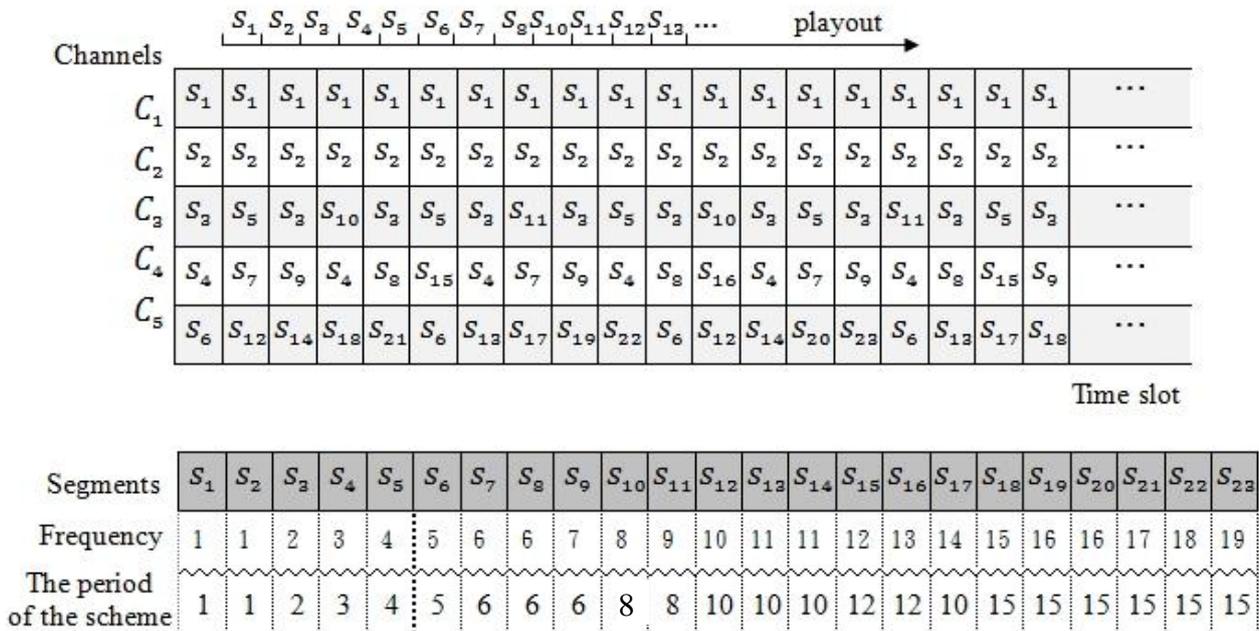


圖 17、ARN-RFS 廣播法，頻道數 $k=5$ 時影片配置狀態。

(影片的傳輸率與消耗率為 1:1.2)

在傳輸率與播放率不同時，要保持播放不中斷，必需滿足 $f_j \geq p_j$ 。由表 5、(a)(b)中，我們發現 FB 及 RFS 方法在傳輸率/消耗率變動時，segment 原本所置的 period(p)即會發生跟不上 frequency(f)的狀況。標示斜線區塊為 $f_j < p_j$ 的影片區塊 S_j 。即為有可能發生播放中斷的 segment。表 5、(c)為 ARN-RFS 在傳輸率/消耗率變動時所需要的 frequency(f)及配置 period(p)，我們所提出的方法其每個 S_j ，皆符合 $f_j \geq p_j$ ，因此能維持播放不中斷。

表 5、(a)FB、(b)RFS 及(c)ARN-RFS 在傳輸率/消耗率不同時，
影片區塊週期配置

(a)
 $k=4, n=15$

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
FLSS problem frequency	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FB 1:1 (p)	1	2	2	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8
FB 1:1.2 (f)	1	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	11	12
FB 1:1.5 (f)	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	9	10

(b)
 $k=4, n=25$

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}	...
RFS 1:1 (p)	1	2	3	4	5	6	6	8	8	10	10	12	12	12	15	...
RFS 1:1.2 (f)	1	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	11	12	...
RFS 1:1.5 (f)	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	9	10	...

(c)
 $k=5$

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}	...
ARN-RFS 1:1.2 (p)	1	1	2	3	4	5	6	6	6	8	8	10	10	10	12	...
ARN-RFS 1:1.2 (f)	1	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	11	12	...
ARN-RFS 1:1.5 (p)	1	1	2	3	3	4	5	5	6	6	5	8	8	5	10	...
ARN-RFS 1:1.5 (f)	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	9	10	...

第六章 結論與建議

隨著硬體效能與網路技術的進步與發展，電腦軟硬體為橋樑連接著人們的各項需求，多媒體的應用逐漸成為許多研究的著眼點。隨選視訊系統則是一個多媒體應用的平台，如何利用有限的資源達到最有效的傳輸，有效的利用與使用者的等待時間等各個主題相繼被提出來討論。

目前相關研究所提出的廣播方法皆假設影片的傳輸率等於其播放消耗率，因此能在等待下載完第一個影片區塊(segment)後，就以下載與播放 1:1 的速率連續且完整的播放。但是在現實環境中，常常下載的速度比播放的速度慢，在下載與播放的速率的不同的狀況下，這些相關的方法便會不可行，可能在影片的播放中產生中斷，或者必須花費更大的暫存空間來儲存無法連續的影片。

本篇研究以 RFS 廣播法為基礎，提出一個適應於現實網路環境的廣播方法—ARN-RFS，來解決上述的問題。透過重新計算頻率及重新配置，找出在不同傳輸/消耗比率時，能連續播放影片，頻道所能配置影片區塊的最大數，同時此方法在不同傳輸/消耗比率時，擁有小的等待時間。

參考文獻

- [1] K.C. Almeroth, and M. H. Ammar, “The use of multicast delivery to provide a scalable and interactive video-on-demand service”, *IEEE Journal on Selected Area in Communications*, Aug. 1996, pp. 1110-1122.
- [2] A. Dan, D. Sitaram, and P. Shahabuddin, “Dynamic Batching Policies for an On-Demand Video Server”, *ACM Multimedia System*, No.4, June 1996, pp.112-121.
- [3] A. Hu, “Video-on-demand broadcasting protocols: A comprehensive study”, *IEEE INFOCOM*, 2001, pp.508-571
- [4] K. A. Hua, and S. Sheu, “Skyscraper broadcasting: Anew broadcasting scheme for metropolitan video-on-demand systems”, *ACM SIGCOMM*, Sept.1997.
- [5] L. S. Juhn, and L.M.Tseng, “Staircase data broadcasting and receiving method for hot video service”, *IEEE Trans. Consumer Electron.*, vol.43, no.4, Nov.1997, pp.1110-1117.
- [6] L. S. Juhn, and L.M.Tseng, “Fast data broadcasting and receiving scheme for popular video services”, *IEEE Trans. Broadcasting*, vol.44, no.1 , March 1998, pp.100-105.
- [7] L. S. Juhn, and L. M.Tseng, “Harmonic broadcasting for video-on-demand service”, *IEEE trans. Broadcast.*, vol.43, no.3, Sep. 1997, pp. 268-271.
- [8] J.-F. Paris, S.W. Carter, and D. D. E. Long, “A low bandwidth broadcasting protocol for video on demand”, *Proceedings of the 7th International conference on Computer Communications and Networks (IC3N'98)*, October 1998, pp.690-697.
- [9] D. Saporilla, K. Ross, and M. Reisslein, “Periodic broadcasting with VBR

- encoded video”, *IEEE INFOCOM 1999*, 1999, pp.464-471.
- [10]H. K. Sul, H. Kim, and K. Chon. “A hybrid pagoda broadcasting protocol with partial preloading”, *Proc. Int. Conf. Multimedia and Expo 2003*, 2003.
- [11]Y.-C. Tseng, M.-H. Yang, and C.-H. Chang, “A recursive frequency splitting scheme for broadcasting hot videos in VOD service”, *IEEE Trans. Communications*, vol.50, no.8 , August 2002, pp.1348-1355
- [12]S. Viswanathan and T. Imielinski, “Metropolitan area video-on demand service using pyramid broadcasting”, *IEEE Multimedia Syst.*, vol.4, 1996, pp.197-208.
- [13]H.-F. Yu, H.-C. Yang and L.-M. Tseng, “Reverse fast broadcasting(RFB) for video-on-demand applications”, *IEEE Trans. Broadcasting*, vol.53, no.1, March 2007, pp.103-111.