

高頻寬利用率之 SB-RED 影像串流傳輸技術

林政翰¹ 劉川綱^{2*} 徐宏修² 江弘翰³

¹國立高雄應用科技大學電機系

²嘉南藥理科技大學資訊科技系

³嘉南藥理科技大學資訊管理系

摘要

近年來，在網路上分享與觀看影片成爲熱門的應用。然而，影像資料所需的傳輸頻寬較其他類型(例如：聲音、文字)高出許多，因此容易受限於網路頻寬不足而導致影片觀看品質不佳。爲了能在有限的網路頻寬下達到改善影像傳輸品質，本論文提出 Save Bandwidth RED (SB-RED)佇列管理機制以提高網路頻寬的利用率，此機制參考傳統 RED 的隨機提前丟棄技術，當網路中的影像封包被丟棄時，SB-RED 佇列會根據影像的編碼關係優先選擇發生間接不可解析之影像封包進行丟棄，以保留頻寬給其他有機會被接收端解析之影像封包進行傳送。透過實驗結果分析，證實我們所提出的 SB-RED 機制可有效利用頻寬資源達到改善網路影像串流之傳輸品質。

關鍵詞：佇列管理、RED、影像串流、網路頻寬

*通訊作者:嘉南藥理科技大學資訊科技系

Tel: +886-6-2664911 ext. 5705

Fax: +886-6-2667834

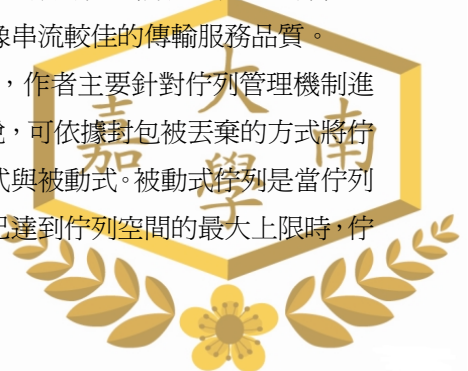
E-mail: chgliu@mail.chna.edu.tw

壹、簡介

近幾年來，在網路上分享與觀看影片成爲熱門的應用。然而，使用者經由網路觀看影像資料的方式，例如在家中使用 ADSL 網路觀看線上影片，容易因爲網路頻寬受到限制而導致影片觀看的品質不佳。因此，如何有效提高網路傳輸的效能與降低影像傳輸所需的頻寬，將是一個重要的研究議題 [1][2][3]。目前相關的解決的方法可以分成三種：一、影像壓縮：影像串流資料傳送到網路之前，先透過編碼的方式將影像畫面進行資料壓縮，例如 MPEG-4[4]和 H.264[5]，如此一來可降低影像傳輸的頻寬需求；然而，經過壓縮處理的影像資料，容易造成影像失真的問題，特別是當發生資料遺失的情形會嚴重影響到影像的觀看品質。二、優先傳輸排程：目前已有相關的網路協定提出利用優先排程

的方式，藉由高優先權的設定，提供影像串流較佳的傳輸品質，例如 IEEE 802.11e[6]和 WiMAX[7]；然而，此方式會造成優先權較低的資料流發生無法傳送的情況，特別是當同時間有大量的高優先權影像資料在網路中傳送，進而導致不公平傳輸 (Unfairness)的問題。三、佇列管理機制：當資料傳送進入網路的速度大於網路本身的處理速度時，則網路中的節點會因爲佇列空間不足而將來不及處理的封包資料丟棄；佇列管理機制可藉由選擇性的封包丟棄提供影像串流較佳的傳輸服務品質。

在本論文中，作者主要針對佇列管理機制進行研究。一般來說，可依據封包被丟棄的方式將佇列管理分爲主動式與被動式。被動式佇列是當佇列中所存放的資料已達到佇列空間的最大上限時，佇



列會開始進行封包丟棄的動作，其中最著名的代表是 Drop-Tail；被動式佇列具有容易實作的優點，但是缺點是容易在一段時間內連續性丟棄封包。主動式佇列是在佇列空間尚未到達滿載之前，根據網路當前的狀態提前丟棄正在傳送的封包，其中最著名的代表是 RED(Random Early Detection)[8]。RED 機制是利用所觀察到的佇列長度，透過公式計算出即將發生的網路阻塞機率，並在佇列滿載之前隨機選擇封包進行丟棄，此做法可解決 Drop-Tail 連續大量丟棄封包的問題。然而，RED 機制在進行丟棄封包時，並不會可考慮封包本身的重要性質，以影像串流來說，經過編碼之後會產生不同重要性的畫面，而畫面之間存在著互相參考的編碼關係，因此如果某一個重要的畫面沒有被成功接收，這將會導致其他畫面因為參考資料遺失而無法順利被播放，進而影響到影像觀看的品質，更重要的，這些接收到卻無法被播放的影像封包會占用到網路上的頻寬，造成傳輸效能下降。因此在本論文中，我們提出一個 Save Bandwidth RED (SB-RED)佇列管理機制以提高網路頻寬的利用率並改善影像串流的傳輸品質，此機制會參考傳統 RED 的隨機提前丟棄技術，當網路中的影像封包被丟棄時，佇列會根據影像的編碼關係將與此相關且尚未傳送出去的影像封包進行丟棄，藉此可以提升頻寬的利用率。

本論文的章節安排如下，首先在第二章介紹與此論文相關的背景知識，包含 RED 佇列管理機制與 MPEG-4 影像編碼技術。第三章介紹由作者提出的 SB-RED 佇列管理機制，其中包含系統架構與 SB-RED 演算法。接著在第四章透過實驗結果進行分析比較，驗證作者所提出的 SB-RED 機制是否達到預期的目標。最後，是此論文的結論與未來研究方向。

貳、背景知識

一、MPEG-4 影像編碼

在 MPEG-4 中，視訊串流經過編碼會產生三種不同的畫面，分別為：I-畫面、P-畫面和 B-畫面。

如圖 1 所示，MPEG-4 將整部影片分成小的單位，即 GOP (Group of Pictures)，在一個 GOP 中只會有

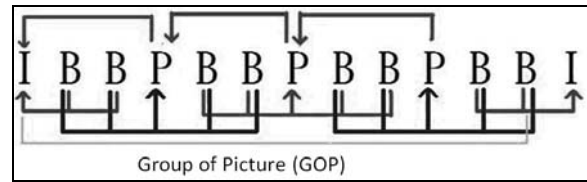


圖 1 MPEG-4 影像編碼

一個 I-畫面，另外會包含數個 P-畫面和 B-畫面，如圖 1 從第一的 I-畫面開始到下一個 I-畫面之前結束為一個完整的 GOP。I-畫面是使用本身畫面的資料內容進行編碼，也就是不參考其他畫面而進行獨立的編碼方式；P-畫面在編碼時會參考前一個被編碼的 I-畫面或 P-畫面再加上本身自己的畫面資料進行編碼，屬於前向參考編碼方式；B-畫面則是參考前一個和後一個 I-畫面或 P-畫面及本身自己的資料進行編碼，圖 1 中的箭頭方向表示影像畫面編碼所互相參照關係。

對於影像畫面而言，要能夠在接收端順利被播放，必須要符合兩個條件：(i)直接可被解析(Directly Decodable)。由於影像畫面在網路中傳送的資料量較大，所以通常會被分割成小封包進行傳送；接收端如果成功收到屬於此影像畫面的所有封包，就可認定此影像畫面屬於可以直接被解析。(ii)間接可被解析(Indirectly Decodable)。由於影像畫面編碼的相互參照，所以一個畫面要能真正被解析，除了本身屬於直接可被解析之外，此畫面所參考的其他畫面也要是可以被解析的，符合此條件的畫面即可認定為間接可被解析。所以對於 I-畫面而言只有參考本身的資料進行編碼，所以只需考慮直接可被解析的問題，但對於 P-畫面和 B-畫面而言，因為都要參考到其他畫面，其中 B-畫面所參考的比例又是最多，就重要性上來看 I-畫面最高，P-畫面次之，最低的是 B-畫面。

二、RED 佇列管理機制

RED 是一種主動式佇列管理機制，當佇列仍有空間可存放新進入的封包資料時，RED 機制會



提早進行封包丟棄的動作。RED 是使用平均佇列長度來預測即將發生的網路壅塞，並採用隨機選擇的方式對封包進行丟棄，使得在網路完全壅塞之前就會讓具有壅塞控制的傳送端做流量速度管制，以避免發生連續性的封包丟棄。

為了能有效觀察網路的負載變化，RED 在計算平均佇列長度時是採用指數加權移動平均法 (Exponentially Weighted Moving Average, EWMA)，公式如下：

$$Avg_i = (1 - w_q) \times Avg_{i-1} + w_q \times q_i \quad (1)$$

其中 q_i 為第 i 次觀察到的實際佇列長度， Avg_i 是第 i 次計算得到的平均佇列長度， w_q 為實際佇列長度的加權係數，計算出平均佇列長度後，將此數值與設定的最大門檻值 (max_{th}) 跟最小門檻值 (min_{th}) 進行比較並依據下列公式來判斷丟棄機率 (P_b)：

$$P_b = \max_p (Avg_i - min_{th}) \div (max_{th} - min_{th}) \quad (2)$$

此丟棄機率會隨著佇列長度增長而提升，其中 max_p 是預先設定的最大丟棄機率值，當 Avg_i 小於 min_{th} 時，封包的丟棄機率值為 0，不會發生封包丟棄的現象；當 Avg_i 大於 max_{th} 時，封包的丟棄機率值為 1，表示此時所有進入到佇列的封包都將會被丟棄。

叁、SB-RED 佇列管理機制

一、系統架構

如前所述，MEPG-4 影像串流本身的影像畫面經過編碼之後，會產生互相參照的關係，因此我們提出一個 SB-RED 佇列管理機制，主要針對影像封包發生丟棄的影響關係設計出一個具有高頻寬利用率的佇列管理機制，並改善影像串流的傳輸品質。如圖 2 所示，在系統架構中包含影像伺服器、影像接收端和路由器。當影像串流資料要傳送到網路之前，會先由影像伺服器進行編碼，同時在影像封包上標記此封包的影像畫面類型，接著將影像封包傳送到網路上的路由器。對於路由器而言，收到影像封包之後，會依據此封包標頭資訊判斷影像封包的類型，並依據其編碼參照關係進行封包丟棄管理。最後，影像封包會由影像接收端負責接收並解

析播放影像串流資料。

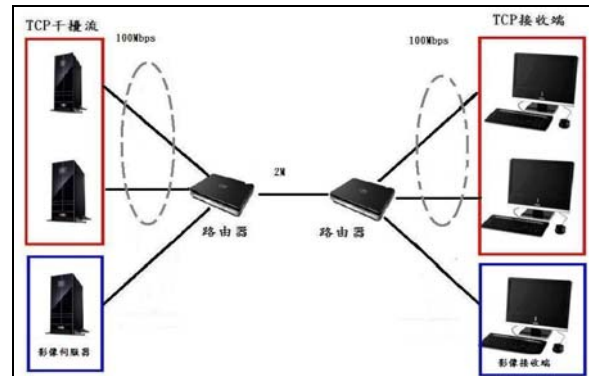


圖 2 系統架構圖

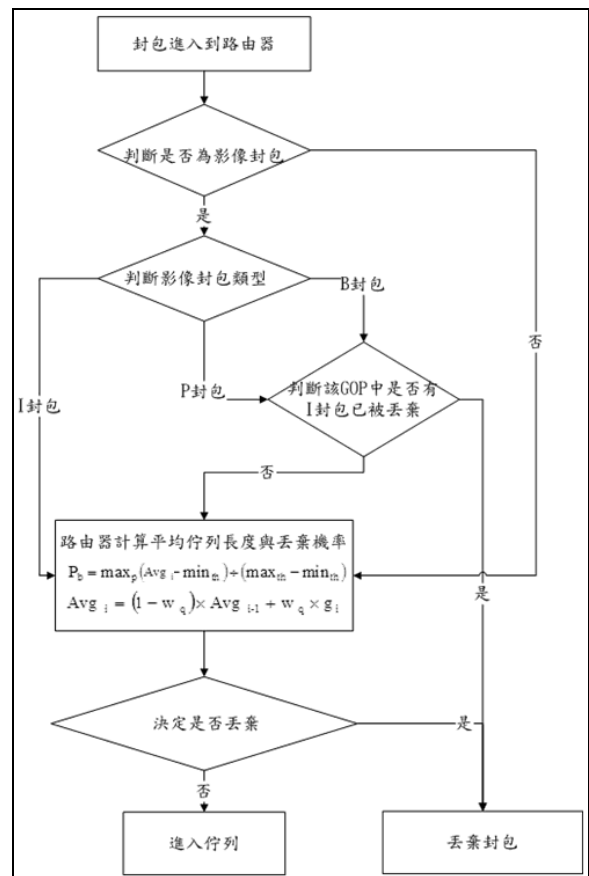


圖 3 SB-RED 演算法流程圖

二、SB-RED 演算法

如圖 3 所示，當封包進入到路由器時會先被依據封包表頭中的欄位值判斷是否屬於影像封包，因為 SB-RED 演算法主要是針對影像封包進行佇列管理，所以對於其他類型的封包則提供採取傳統 RED 機制的傳送方式。如果判定為影像封包，



接下來路由器會判斷此封包所屬的影像畫面類型；如果封包屬於 P 或 B 畫面，因為同一個 GOP 中的 I 封包有發生被丟棄的情形，即代表此 I 畫面是不可解析的，因此參考此 I 畫面的 P 畫面和 B 畫面將會發生間接不可解析的情況，所以在此 GOP 中的所有 P 封包和 B 封包都將會被丟棄，以減少頻寬的浪費；反之，因為 I 畫面在編碼時不需要參考其他畫面資料，所以不會受到其他影像封包遺失的影響，因此 I 封包是採取傳統 RED 機制的預設程序，也就是利用公式計算出平均佇列長度(Avg_i)和丟棄機率(P_b)以進行封包丟棄判斷。

網路產生壅塞的情形，因此所傳送的影片可解析畫面比率也會隨之降低(左邊 Y 軸)，而我們所提出的

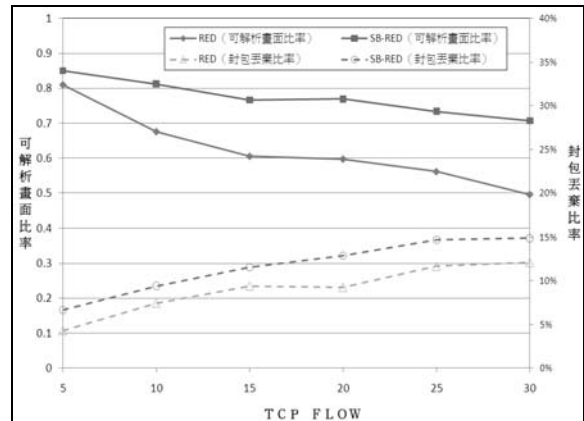


圖 4 影像品質效能比較

肆、實驗結果與分析

一、實驗設定

在實驗中我們使用的平台是 Network Simulator 2.29(NS-2)，實驗環境如圖 2 所示，影像封包透過路由器傳送到影像接收端，為了模擬網路上實際的狀態，在實驗中我們加入 TCP 的資料流做為干擾並使網路產生發生壅塞的現象。實驗所使用的影片是 Foreman[9]，包含影像畫面有 400 個(I 畫面 45 個、P 畫面 89 個、B 畫面 266 個)，影像封包總共 659 個(I 封包 237 個、P 封包 149 個、B 封包 273 個)，兩個路由器之間的頻寬設定為 2Mbps。為了驗證所提出之 SB-RED 機制是否能有效提高頻寬利用率並改善影像串流傳輸品質，在實驗中我們加入了傳統 RED 佇列管理機制一同進行效能比較，RED 機制的參數設定為： $min_{th}=5$ ， $max_{th}=15$ ， $max_p=0.1$ 。

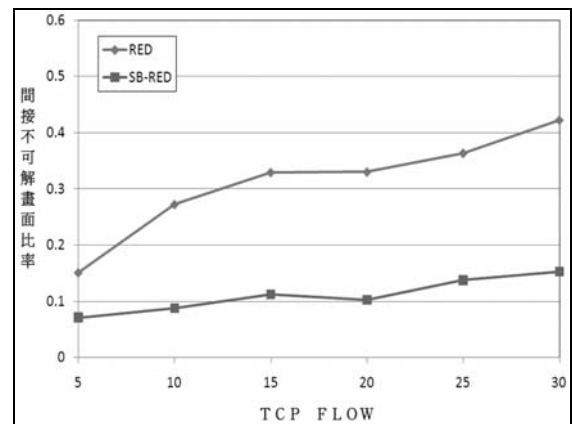


圖 5 間接不可解畫面比率

二、效能分析

在實驗中，我們首先要觀察的是影像封包遺失率和畫面品質的關係。在[10][11]的作者提出一個可用於評估網路影像串流傳輸品質的公式(可解析畫面比率, Decodable Frame Ratio)，此數值表示一部影片中所有傳送出去的影像畫面有多少的比例可以在接收端被接收並順利完成解析，如果所有畫面皆可完成解析，則可解析畫面比率值為 1。如圖 4 所示，當 TCP 資料流的數量增加(X 軸)，使得

SB-RED 機制得到的影像品質是優於傳統的 RED 機制，這是因為 SB-RED 機制在進行封包丟棄管理時，會根據影像編碼的關係將發生間接不可解析的 P 畫面和 B 畫面封包預先進行丟棄，以減少頻寬的浪費，因此如圖中所示，雖然 SB-RED 所丟棄的影像封包數量多於傳統的 RED 機制(右邊 Y 軸)，但是因為 SB-RED 機制所丟棄的大多是確定無法在接收端被解析的影像資料，因此可有效的提升頻寬的利用率，進而達到改善影像品質的目的。

圖 5 所呈現的是在所有被丟棄的影像封包中，有多少比例是屬於間接不可解析。當資料量相同的條件下，網路中發生封包丟棄的數量也應該相同，因此當佇列在進行封包丟棄時，如果可根據封包是否是屬於間接不可解析作為丟棄順序的依據，則可提高頻寬的利用率。在圖 5 中，當 TCP



資料流增加時，傳統 RED 所傳送地影片中的間接不可解析畫面比率會明顯增加，代表所丟棄的封包大部分都是會造成其他畫面不可解析的影響，反之，SB-RED 機制在傳送影像封包時，會提前將間接不可解析的畫面封包丟棄，讓其他畫面封包可以有更多的頻寬進行傳送，提高了影像串流的傳輸品質。最後，我們以實際影像畫面來做比較，如圖 6，可以看出利用 SB-RED 機制所傳送的影像串流所得到的畫面品質比傳統的 RED 機制還要更好。

伍、結論

針對網路使用者在傳輸頻寬受限的環境下，本論文提出一個 SB-RED 佇列管理機制以提升頻寬利用率並改善網路影像串流品質。SB-RED 機制參考傳統 RED 機制中所使用的封包提前丟棄技術，當網路發生壅塞，佇列在進行封包丟棄時會加入影像編碼關係的考量，優先選擇發生間接不可解析之影像封包進行丟棄，以保留頻寬給其他有機會被接收端解析之影像封包進行傳送。透過實驗結果分析，證實我們所提出的 SB-RED 機制可有效利用有限的頻寬達到改善網路影像串流之傳輸品質。

在未來的研究中，我們希望可將此佇列管理技術應用到其他的影像串流編碼方式(例如 H.264 [5])，針對不同的影像編碼技術提出適合的封包丟棄演算法，同時考量影像封包的傳輸延遲問題，以提升網路傳輸效能與影像串流品質。

參考文獻

- [1] H. Zhihai and X. Hongkai, "Transmission distortion analysis for real-time video encoding and streaming over wireless networks," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 16, pp. 1051 – 1062, 2006.
- [2] C. H. Lin, C. K. Shieh, N. Chilamkurti, C. H. Ke and W. S. Hwang, "A RED-FEC mechanism for video transmission over WLANs," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 54, no. 3, pp. 517 - 524, Sep. 2008.
- [3] H. Koumaras, C. H. Lin, C. K. Shieh and A. Kourtis, "A framework for end-to-end video quality prediction of MPEG video," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 21, no. 2, pp. 139 – 154, Feb 2010.
- [4] J. Mitchell and W. Pennebaker. MPEG Video: Compression Standard. *Chapman and Hall*, 1996. ISBN 0412087715.
- [5] D. Marpe, T. Wiegand, G. J. Sullivan, "The H.264/MPEG4 Advanced Video Coding Standard and its Applications", *IEEE Communications*, pp. 134-143, August 2006.
- [6] IEEE Standard 802.11e, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 8: Medium Access Control (MAC) quality of Service Enhancements, 2005.
- [7] IEEE standard for local and metropolitan area networks part 16 (2004). Air interface for fixed broadband wireless access systems, IEEE Std 802.16-2004 (Revision of IEEE Std 802.16-2001).
- [8] S. Floyd and V. Jacobson, "Random early detection gateways for congestion avoidance," *IEEE/ACM Transaction on Networking*, vol. 4, pp. 397 – 413, Aug. 1993.
- [9] Video file, <http://trace.eas.asu.edu/yuv/index.html>
- [10] C. H. Lin, C. H. Ke, C. K. Shieh and N. Chilamkurti, "The packet loss effect on MPGE video transmission in wireless networks," in *IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA'06)*, Austria, pp. 656 – 572, April 2006.
- [11] A. Ziviani, B. E. Wolfinger, J. F. Rezende, O. C. M. B. Duarte and S. Fdida, "Joint adoption of QoS schemes for MPEG streams," *Journal of Multimedia Tools and Applications*, vol. 26, pp. 59 – 80, May 2005.





圖 6 實際播放畫面之影像品質比較



A SB-RED Queue Management for Video Stream over Networks

Cheng Han Lin¹ Chuan Gang Liu^{2*} Hung Hsiou Hsu² Hung Han Chiang³

¹Department of Electrical Engineering,
National Kaohsiung University of Applied Sciences

²Department of Information Technology,

³Department of Information Management,
Chia-Nan University of Pharmacy and Science,
Tainan, Taiwan 71710, R.O.C.

Abstract

Recently, more and more people watch video stream over Internet. However, the requirement of transmission bandwidth for video is higher than voice and text. The video transmission quality is decreasing due to the insufficiently available bandwidth. In this paper, we proposed a queue management mechanism, Save Bandwidth Random Early Detection (SB-RED), to improve the video transmission quality under the limitation of available bandwidth. The SB-RED scheme drops the received video packet before the queue is full, suchlike the traditional RED scheme. Moreover, in order to increase the bandwidth utilization, the SB-RED scheme also drops the undecodable video packets which lost its depending data of video coding. The numerical results show that the SB-RED scheme improves the quality of video stream by the effective bandwidth utilization.

Key words: Queue management, RED, Video stream, Network bandwidth.

*Correspondence: Department of Information Technology, Chia-Nan University of Pharmacy and Science,
Tainan, Taiwan 71710, R.O.C.
Tel: +886-6-2664911 ext. 5705
Fax: +886-6-2667834
E-mail: chqliu@mail.chna.edu.tw

