

## 網路頻寬自動偵測應用於適應性 H.264 影音傳輸之研究與探討

# The Research and Adaption H.264 Video Transmission Based on Bandwidth Auto Detection

李維聰

淡江大學電機工程學系  
台北縣淡水鎮英專路 151 號  
wtlee@mail.tku.edu.tw

楊喬閔

淡江大學電機工程學系  
台北縣淡水鎮英專路 151 號  
793350231@s93.tku.edu.tw

### 摘要

H.264 因為擁有超低資料傳輸率，很適合應用於遠端傳輸，我們希望能夠架設一個當我們出差到國外時，也可以看到家鄉各種節目的平台，但最常發生的問題就是網路頻寬不足或是受到干擾的現象，所以我們提出了一種 Auto bit-rate 的方法，來降低當頻寬不足或是網路不穩定時，仍舊能夠收看穩定得影音品質，雖然要犧牲掉解析度，但穩定的影音品質會比失真率來的更好，我們之所以提出此種架構是因為，便利那些不懂得調整影音畫質的人，讓系統可以自動的調整最穩定的品質和當時網路可以傳輸的最高解析度。

為了驗證 Auto bit-rate 可行性，所以使用的測試平台為嵌入式平台，本文使用平台 MCU 為 STR9105 內建 MAC 及 USB，執行速率方面約為 200MHz，另外加 H.264 媒體處理晶片 Mobilygen MG1264，是一個適合用在 H.264 編碼與解碼的 IC，由 MG1264 將影音訊號編碼成 H.264 再由 MCU 透過 MAC 傳出網路封包，另外架設一台 PC 來做接收播放來做確認影像是否有即時與影像是否有延遲。模擬各種實際網路可能發生的因素，該如何去設置 bit-rate 的大小，不但可以讓 H.264 播放的更順暢，也可以進一部的達到管理順暢度與解析度的目的。

### 關鍵詞

Auto bit-rate、H.264。

### Abstract

Because the characters of H.264 technique form as low ratio data-rate transmitted, it is very suitable to apply the remote transmission. Hopefully, we wish to be able to watch all domestic TV-programs by installing some platform when being far away outdoor even oversea. It always happens to lack enough bandwidth or get worst signal, thus the Auto bit-rate technique improves the above two points; Although it may lose fine dpi, the stable AV quality is still worth overall. That is why we promote the Auto bit-rate

technique with more convenience for tuning the optimal configuration in system.

For testing and verifying the capacity of the Auto bit-rate tech., we take STR9105 with MAC and USB (200MHz) as MCU; furthermore, a Mobilygen MG1264, well adapts to encode and decode the H.264 format. The process is that AV data is encoded by MG1264 as H.264 format, then form as network packets by MAC streaming. In advance, it is necessary to reconfirm the quality during inputting and outputting packet by normal PC at time. We also realize how to configure the size of the bit-rate; not only for making the H.264 format more smoother, but for realizing the capacity of unhindered and the optimal management in advance.

### Keywords

Auto bit-rate, H.264.

### 1. 前言

隨著網路頻寬的增加，科技發展的進步，使用者對於畫質的要求越來越高，數位電視訊號即將取代傳統類比電視訊號，液晶電視也慢慢的取代了傳統的電視，從原本傳統電視的 525 條解析度畫質，到今天 Full HD(1080P)的畫質，在追求畫質完美的同時，網際網路也因為擁有足夠的頻寬，在網路上欣賞影音多媒體的使用者也越來越多了，目前因為串流媒體(Streaming media)的流行，各式影音網站的成立，如 YOUTUBE，但 VCD 品質的 Streaming Video 每秒高達 800kbps，以目前國內的連線品質，要播放較高品質的影片，目前仍舊是稍嫌太慢，雖然 MPEG4 所需要的網路頻寬比較少，但解析度也比較差，慢慢的已經無法達到讓使用者滿意的畫面品質，使用者想要觀賞 DVD 畫質的影片，若家中使用 ADSL，頻寬是仍舊是不足的，所以 2003 年開始，提供了 H.264 的影音格式，H.264 視訊品質優於 MPEG2/MPEG4，以更佳化的編碼率和糾錯率，發展出適用於網路多媒體串流技術；其網路多媒體串流技術使其更能有效的將高壓縮率運用於網路影音傳輸，獲得更好的網路傳輸品質，且良好的網路傳輸模式，更適合應用在即時影音串流。

## 2. 網際網路多媒體介紹

從網路的普及與網際網路基礎架構的建設更加完善，頻寬的需求也漸漸增大，除了可以從網路獲得資料的傳統服務(如：E-mail、FTP、WWW...等)之外，也可以從網路上觀看多媒體節目與應用的需求也開始激增，例如：閱讀電子書、收聽 MP3 音樂、圖片欣賞、觀賞廣告片段、收看實況轉播節目，與最近中華電信的 MOD (Multimedia-on-Demand)... 等等。所謂多媒體，就是將聲音、影像、動畫、文字、以及視訊等不同媒體，運用影音技術將其數位化，並以另一方式結合並呈現。由於網路傳輸的頻寬有限，且由眾多使用者共同分享使用，因此多媒體內容必須先經過壓縮、編碼處理來減少資料量傳輸，網路多媒體串流基本架構如圖 1 所示。

音訊和視訊在網路上的應用，已經幾乎是眾所皆知的事情，如知名網路影音分享 YOUTUBE，採用 Sorenson Spark 與 Adobe Flash 7 提供之影像編碼技術，將用戶上傳影像檔案進行壓縮轉檔，因其低頻寬的需求，雖然其影像品質遠不如 Realvideo 與 Windows Media 等線上串流技術，但目前已經成為本世界最多人瀏覽的網站之一。新的多媒體網路應用應用範圍非常廣泛，其中包含串流技術、IP 電話、視訊會議、網際網路的廣播、最受玩家愛戴的網路遊戲，連遠距離教學都包含在內。

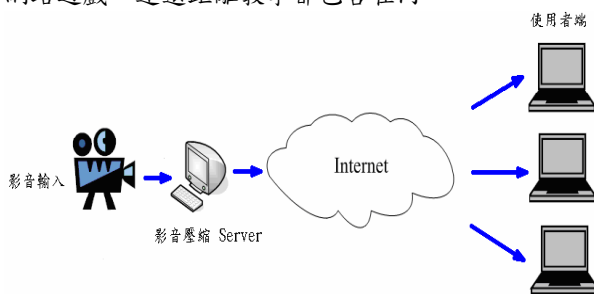


圖 1. 網路多媒體串流基本架構

### 2.1 串流媒體介紹

一個完整的多媒體串流系統一般由三個部分組成，影音壓縮編碼，串流伺服器和使用端播放軟體。影音壓縮編碼是將其輸入的類比訊號或數位訊號將其轉換成視訊壓縮格式如 MPEG-4、H.264... 等。串流伺服器其作用是將視訊壓縮格式檔案透過壓縮轉換為能進行串流傳輸的串流檔案。串流伺服器是由硬體平台和伺服器軟體平台配合提供串流服務。使用者運用串流播放管理程式作播放，其播放器如：VLC。其系統如下圖 2 Streaming 架構圖所示。

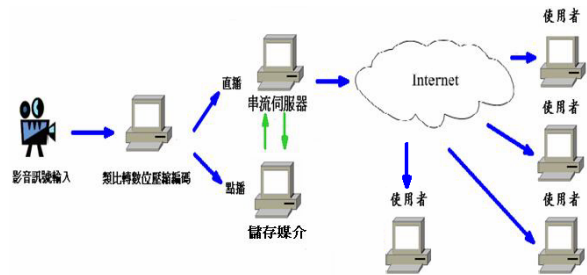


圖 2. 串流媒體架構圖

### 2.2 串流媒體介紹

串流傳輸的過程如下所示：

1. 用戶端瀏覽器與網路 server 之間透過 HTTP/TCP 協定交換控制訊息。
2. 當用戶在瀏覽器上選擇要觀看的多媒體檔案，server 確認後，將需要傳輸的即時多媒體檔案，使用串流 server 將其選擇影音資料串流輸出來。
3. 用戶端將影音串流資料接收後，使用 VLC 播放器或其他可播放之軟體，並使用 HTTP/TCP 協定與網路伺服器確認相關設定值如網路傳輸 bit-rate、package lose... 等，針對這些參數對播放器設定。

播放器及串流伺服器透過即時串流控制協定 (RTSP)，傳輸使用者串流傳輸所需的控制訊息。這些控制訊息可以是諸如播放、快轉、快倒、暫停及錄製等命令。由於控制訊息必須確保正確無誤，採用了 TCP 包的傳輸協定。串流伺服器使用 RTP/UDP 協定將串流數據傳輸到用戶端的播放器，一旦串流數據抵達用戶端，播放器即可播放輸出。其過程架構如下圖 3 所示。

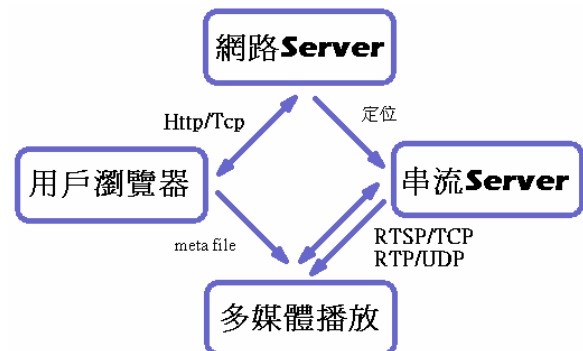


圖 3. Streaming 傳輸原理架構圖

### 2.3 串流傳輸之技術介紹

實現串流傳輸主要有兩種方法：

- (1) 即時串流傳輸 (Real Time Streaming)
- (2) 順序串流傳輸 (Progressive Streaming)

### (1) 即時串流傳輸簡介

1. 這種串流傳輸技術容易在網路擁塞時，會造成封包遺失，造成用戶端串流播放時會有不順暢的現象，嚴重時出現停頓。
2. RTSP(Real Time Streaming)或 MMS (Microsoft Media Server)這些協定，不適用於任何防火牆，在一些防火牆設計不良時會出現不能收看網站的內容。
3. 要有串流媒體 server。

### (2) 順序串流傳輸簡介

1. 這種串流傳輸技術不能用於直播，一般用於點播，與下載播放技術不同的是，它不需要媒體文件全部下載到硬碟後才能播放。
2. 不需要其它特殊協定幫忙。
3. 播放下載部分，資料不會有封包遺失，可以保證最終品質，但須等待時間較長。
4. 不需要有串流媒體 server。

## 2.4 影音格式介紹

常用影音格式如下所示

- MPEG-1：規範了 PAL(352x288, 25frame/s) NTSC(352x240, 30 frame/s)流量標準，視訊傳輸率被壓縮至 1.15Mbps，壓縮比 26:1，可以把 120 分鐘長的影片壓縮到兩張 VCD 大小，最為成功的應用為 VCD (Video Compact Disc)。
- MPEG-2：MPEG-1 在視訊編碼算法上基本上相同，但 MPEG-2 所採用的 AAC(Advanced Audio Coding)，是從 MPEG 標準系統中逐漸發展出的一個強化系統，可以提供較為優秀的聲音品質，相關產品就是 DVD。
- MPEG-4：MPEG-4 提供了非常驚人的壓縮率，可以把 120 分鐘的多媒體流壓縮至 300M，適用於網際網路及無線傳輸上。
- H.264：壓縮率比 MPEG-2 高約 2.25-2.5 倍；而比 MPEG-4 ASP 高約 1.6-2 倍，無數的廣播、纜線供應商、視訊會議組織與消費性電子產品公司，都選擇 H.264 作為其新產品與服務所採用的視訊編解碼器

### 2.4.1 H.264 code IC 介紹



圖 4. Mobilygen MG1264 IC

圖 4 為 Mobilygen 所出的 MG1264 H.264 code Chip，因為內含 encode 與 code 介面，所以可以直接硬體處理 H.264 編碼與解碼，且低功耗的特性、面積、體積可以做到很小，很適合運用在小型 DVD codec、set-top box 或其他相關運用。

## 3. 系統環境架構與 Auto bit-rate 介紹

本實驗整體架構可分為二大部分介紹：Server 硬體平台，與頻寬變化時 Auto bit-rate 自動調整方法；Server 平台使用由某公司所研發出一個 IP STB 產品；IP STB 產品主要功能是将 Video, Audio 訊號輸入至 Server 平台 (IP STB) 把類比訊號編碼成數位訊號透過 LAN 將訊號傳輸至 PC 使用者，使用 VLC Media Play 解碼後播出，我們將此 IP STB 拿來當作此次實驗用的 Server 平台。

環境架設主要是以一台 IP STB 當作我們測試的 Server 平台，將輸入類比 Audio、Video 訊號透過 Server 平台編碼成適合網路傳送的 H.264 影音格式，由 ethernet port streaming 至模擬網路環境的測試儀器 STJ-100，經過網路模擬儀器後再連接至使用者 PC，PC 端所接收到 H.264 資料經由 VLC media play 解碼後播出，其測試過程環境由模擬網路環境儀器 STJ-100 來作模擬網路頻寬由寬變窄，或頻寬由窄變寬的情形，使用一套 Netlimiter 軟體來作為收集資料與觀察 PC 端頻寬的變化，以確認 Auto bit-rate 實際機制所帶來的成效。下圖 5 為實驗環境架設示意圖。



圖 5. 實驗環境架設示意圖。

### STJ-100 網路分析儀介紹

SHUNRA 所開發的 STJ 網路分析儀，可以做的模擬分析如下：

- (1) Bandwidth
- (2) Packet Loss
- (3) Packet Effects
- (4) Link Faults
- (5) Congestion
- (6) Latency

我們利用 STJ-100 改變頻寬大小，限制頻寬已得到經過 Auto bit-rate 自動調整後，獲得 PC 接收端 bit-rate 的數據來做分析。



圖 6 為 STJ-100 網路分析儀

在實驗中我們定義影音壓縮格式為 H.264 format，另定義傳輸 H.264 bit-rate 大小約為 1200k bps (Video 1000k bps，Audio 128k bps，RTCP 與 RTSP 資料量很小，視訊息與資料量而有所變化)，解析度定義為 QVGA Format 320x240，QVGA 格式在其良好的頻寬下實際量測出傳輸 H.264 頻寬 bit-rate 大小約為 400k bps 所得到的畫面與順暢度讓一般使用者皆可接受。

區域網內傳輸影音資料因頻寬穩定，無須使用 Auto bit-rate 來作為頻寬傳輸調整。但將其傳輸方式運用在頻寬變化網路時，會發現頻寬由大變小時，client 端 PC 接收影音資料後可以發現會因 Lost frame rate 過大導致畫面無法播放。圖 7 為頻寬 1200K bit 下降至 1000K bit，頻寬由大變小時未使用 Auto bit-rate 的頻寬變化曲線。

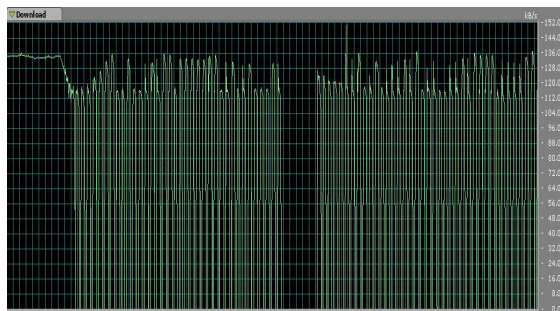


圖 7. 未使用 Auto bit-rate 頻寬變化曲線

透過即時傳輸協定(RTP)和即時控制協定，(RTCP)我們可以計算得到接收的 lose\_frame rate，其 lose\_frame rate 計算方式如下所示：

$$\text{Lose\_frame\_rate} = \frac{\text{total\_frames(per3sec)} - \text{arrive\_frames(per3sec)}}{\text{total\_frames}} \times 100\%$$

.....公式 1

其中 total\_frames 為每三秒 client 端 PC 應得到的 total\_frames；arrive\_frames 為 client 端每三秒實際得到的 total\_frames。藉由偵測 Lose\_frames\_rate 來定義 bit-rate 下降與上升的標準設定。經過多次實驗得知，當 client 端 PC 接收的 Lose\_frames\_rate > 20% 時，畫面開始出現不順暢情況，所以將 Lose\_frames\_rate > 20% 時訂為調降 bit-rate 的一個臨界點。

由上個實驗發現因其變化量過大所以我們修正調降部分，運用調整 bit-rate 機制使其下降與上升幅度不致於太大，其調降範圍如下列公式 2 所示。

$$\text{Reduce\_bitrate} = \text{Original\_bitrate}(1 - \text{frame\_lossrate})$$

.....公式 2

調昇範圍如下所示：

$$\text{Increase\_bitrate} = \text{Original\_bitrate}(1 + \text{Gap})$$

.....公式 3

將其修改傳輸 bit-rate 方式運用在頻寬變化網路時，client 端 PC 接收影音資料後已可間斷播出影音訊息。圖 7 為修正調降 Auto bit-rate 頻寬變化曲線。下列章節更細入探討相關 bit-rate 調整。

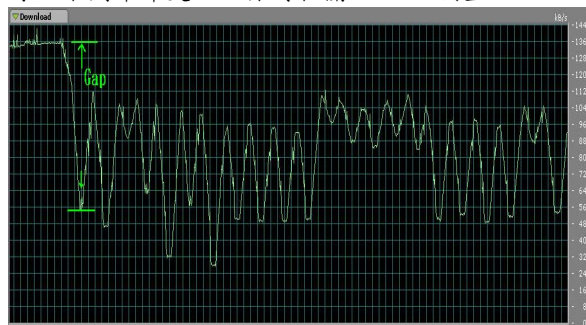


圖 8. 修正調降 Auto bit-rate 頻寬變化曲線

### 3.1 Auto bit-rate 之 Reduce bit-rate 介紹

當 loss frame rate > 20% 時，會作下降 bit rate 的動作，其調降 bit rate 多少，其調降 bit rate 公式 4 如下所示：

$$\text{reduce\_bitrate} = \text{Original\_bitrate} \left(1 - \frac{\text{frame\_loss\_rate}}{X}\right)$$

.....公式 4

X：待實測時驗證參數

X 值越小時下降的幅度就越大，相對越大時下降的幅度就越小。

我們定義實驗環境皆與上一章節一樣，頻寬環境由 1200k bit 下降至 1000k bit，只作調降的更改。另定義調昇曲線，為方便測試，避免未知因素過多，如下公式 5 所示。

$$\text{Increase\_bitrate} = \text{Original\_bitrate} \left(1 + \frac{\text{Gap}}{3}\right)$$

.....公式 5

經實驗由 x=1~9 時，當得到 X=3 時，所得到的頻寬 bit rate 變化較佳。如下圖 9 所示，單位為 Byte。

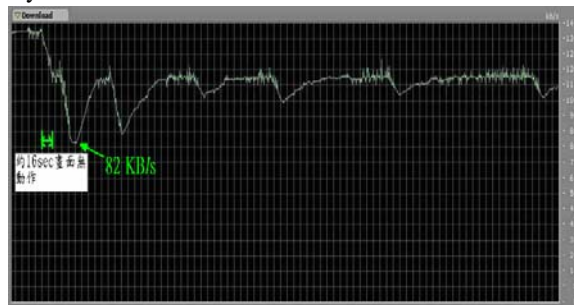


圖 9. X=3 的 Auto bit-rate 頻寬變化曲線

由上述實驗測出當 X=3，頻寬 bit rate 變化曲線所展現出來的部分，可以看出畫面靜止時間與頻寬 bit-rate 下降幅度皆較近合理範圍，以下為調降 bit rate 探討部分：

- **畫面靜止時間：**因頻寬下降時所照成的 Packet Loss 與 loss frame rate 導致畫面呈現靜止狀態，因此這部分盡量縮小畫面靜止時間。圖 10 為 X=8 時，約 58 sec 畫面為靜止狀態。

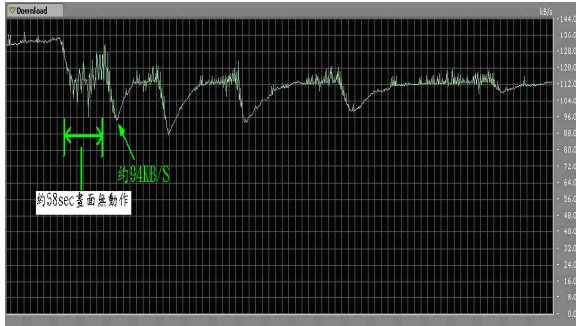


圖 10. X=8 的 Auto bit-rate 頻寬變化曲線

- **頻寬 bit rate 下降幅度：**為了避免讓頻寬下降時帶來解析度變差所我們盡可能把 bit-rate 下降幅度縮小，讓 PC 端使用者再觀看 Server 端影像時能更佳。圖 11 為 X=1 時，傳輸 bit-rate 約為 45KB。

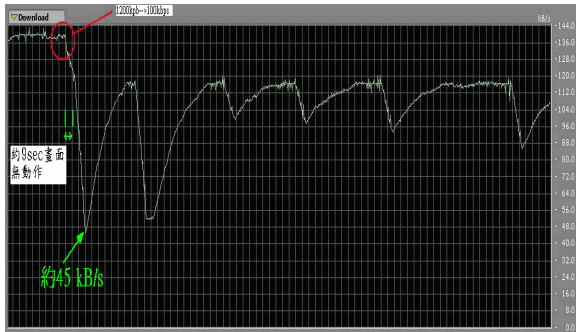


圖 11. X=1 的 Auto bit-rate 頻寬變化曲線

### 3.2 Auto bit-rate 之上昇頻寬 limit 介紹

由上一章節的頻寬變化曲線，可以發現到當調降後要在作調升的動作時，調升的動作似乎一下就很接近頻寬的 maximum，下一階段馬上可能因為頻寬的變化與畫面複雜度的關係馬上又要作調降的動作，因此在未做頻寬上昇的曲線之前我們先限定上昇頻寬的 limit 幅度，我們定義當上昇曲線至 Gap 的 Y % 時，bit-rate 每 15sec 上昇 1% 方式調昇，調昇 bit rate 公式如下所示，上昇頻寬的限制可以使得頻寬變化時，Auto bit-rate 變化不會太劇烈。

$$\text{increase\_bitrate}(Y\%) = \text{original\_bitrate}(1 + 1\%)$$

.....公式 6

我們定義實驗環境皆與 3.1 章節一樣，頻寬環境由 1200k bit 下降至 1000k bit，固定調降頻寬公式 X 參數=3 與調昇曲線如公式 4，只修改調昇方式，其上昇方式為上昇曲線至 Gap 的 Y % 後，bit-rate 每 15sec 上昇 1% 方式調昇。

經實驗由 Y=10%~90% 時，當得到 Y=60% 時，所得到的頻寬 bit rate 曲線變化較佳。如下圖 12 所示，單位為 Byte。

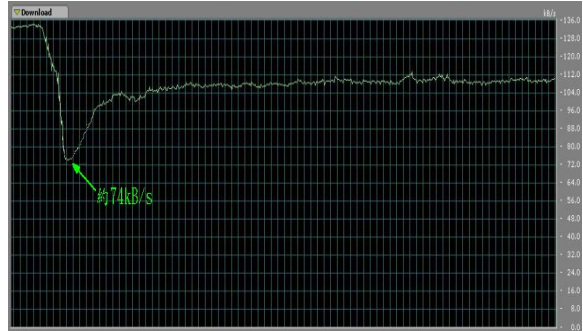


圖 12. Y=60% 的 Auto bit-rate 頻寬變化曲線

經連串的實驗後發現其 limit 為 Gap 的 60% 所得到的曲線較為緩和，所以在後續的實驗中我們將以 limit 為 Gap 的 60% 作後續的實驗。

### 3.3 Auto bit-rate 之 Increase bit-rate 介紹

這章節主要介紹因頻寬調降後到一定程度要作上昇的動作，其上昇時間與頻寬上昇 bit-rate，與後續頻寬變化息息相關，其中經過長期實驗觀察得知，得知：

- 1.) 當 loss frame rate > 20% 時，會作下降 bit rate 的動作，其下降多少 bit rate 如公式 3 所示。
- 2.) 當 5% >= loss frame rate >= 20% 時，維持目前 bit-rate 不作任何變化。
- 3.) 當 loss frame rate < 5% 時，會作上昇 bit rate 動作，其上昇多少 bit-rate 如下公式 7 所示：

$$\text{increase\_bitrate} = \text{Original\_bitrate} \left(1 + \frac{\text{Gap}}{Z}\right)$$

.....公式 7

我們定義實驗環境皆與 3.2 章節一樣，頻寬環境由 1200k bit 下降至 1000k bit，固定調降頻寬公式 X 參數=3 與上昇頻寬的 limit 幅度，limit 為 Gap 的 60%; 我們只修改調昇曲線如公式 7。

在現實中實際網路的變化不致於大幅度變化，但也不會一直穩定不變，所以為了讓曲線上昇的速度可以用在實際網路上，針對頻寬 bit rate 變化曲線又不致於太快，經實驗由 Z=1~9 時，當得到 Z=6 時，所得到的頻寬 bit rate 曲線變化較佳。如下圖 13 所示。

對於 bit-rate 曲線的 Z 參數我們選擇 Z=6，主要是因為上昇時間太久會浪費頻寬資源利用，上昇時間太快 Auto bit-rate 變化幅度又較大，所以我們將實驗參數 Z 值定義為 6。

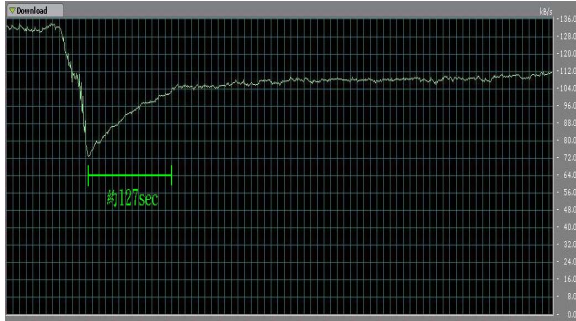


圖 13. Z=6 的 Auto bit-rate 頻寬變化曲線

### 3.4 Auto bit-rate 實驗結論

對於 3.1、3.2、3.3 章節所做的測試，可以發現不管是在下降曲線或上昇曲線中，可發現到上升或下降曲線對時間部份很敏感，為了讓曲線的幅度更為柔和避免過於震盪，所以我們使用 3.1、3.2、3.3 章節的方法來讓曲線更加柔和，又因我們並無法得知網路上實際的頻寬，所以我們使用的方法是逼近的方式來讓頻寬的利用獲得最大效益。

運用 RTP、RTCP、RTSP 之協定機制後，不難發現其機制中部分機制還欠缺多項功能，不過這些機制的親和性能便於使用者追加功能，如資料加密、頻寬偵測、傳輸的服務品質與 Auto bit-rate... 等，也促成近年來網路多媒體影音發展如 VOD、MOD，最有名的就屬網路上的 Youtube.com 以及一些線上影音視訊網路的蓬勃發展。

## 4. 結論

在實際網路中，網際網路多媒體不管是會議上的運用或者是 media 運用如 VOD、MOD 與 IP STB，皆可從實驗可以得知，Auto bit-rate 對其重要性。並且具備許多特色與優點如下：

- 適合用運用在即時性 media 的產品上。
- 讓畫面移動更順暢。
- 頻寬部分能更有效利用。
- 讓畫面解析度可以保持在較佳的狀態。

本次的研究方向對於此部份的網路 Auto bit-rate 機制傳輸來說有相當的助益，實際上網路頻寬一直不斷的在更新變化，如果運用我們所提出的 Auto bit-rate 機制讓系統做自動調整最穩定的品質與當時網路可以輸出的最高解析度來做更靈活的運用，讓使用者能不用煩惱頻寬的變化，只要一開機就能即時獲得最佳的解析度品質及最好的畫面順暢度，讓 H.264 影像傳輸功能頭透過 Auto bit-rate 機制的調整下，更完善的表現出影像的順暢度與解析

度，親近融入我們的日常生活裡。

## 參考文獻

- [1] 林英泓，網際網路之遠端監控系統，國立台灣大學電機工程學研究所，碩士論文 民 90
- [2] 涂義昇，適用於視訊會議之即時傳輸控制協定硬體的設計與實現，國立成功大學電機工程學系碩士論文 民 92
- [3] 李智偉，網際網路即時影像傳輸的分析與研究，國立成功大學電機工程學系 碩士論文 民 94
- [4] 周素素，改善中華電信 MOD 之網路效能，國立中興大學資訊科學研究所 碩士論文 民 94
- [5] 蔡柏義，整合 MPEG-4 與數位影音之儲存系統 國立台灣科技大學電子工程系 碩士論文 民 94
- [6] 謝孟珖，工研院 IEK-ITIS 計畫產業分析師，MPEG-4/H.264 崛起加速數位影音家電起飛 ITIS 評析，資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫(2004/05)
- [7] RTP 即時傳輸協定和即時控制協定  
<http://andrew.csie.ncyu.edu.tw/pdf3/RTP%E5%8D%B3%E6%99%82%E5%82%B3%E8%BC%B8%E5%8D%94%E5%AE%9A%E5%92%8C%E5%8D%B3%E6%99%82%E6%8E%A7%E5%88%B6%E5%8D%94%E5%AE%9A.doc>
- [8] 在網路嵌入式系統上的即時串流協定(RTSP)  
<http://totoro.cs.nthu.edu.tw/~broadband/book/94-95/NES/ch10.pdf>
- [9] 串流媒體介紹  
<http://andrew.csie.ncyu.edu.tw/DOC3/%E4%B8%B2%E6%B5%81%E5%AA%92%E9%AB%94%E4%BB%8B%E7%B4%B9.doc>
- [10] 李振中，能嘉數位科技研究發展部經理，影音資料庫選擇影音壓縮格式的考量因數，財團法人廣播電視事業發展基金
- [11] H.264/AVC  
[http://csie.ntut.edu.tw/labvsp/Chinese/docdownload/2004\\_11\\_02\\_H.264.ppt#256.1.H.264/AVC](http://csie.ntut.edu.tw/labvsp/Chinese/docdownload/2004_11_02_H.264.ppt#256.1.H.264/AVC)