

# 利用 MPEG-4 動態視訊編碼器在遠端行車路況影像監控之研究

陳璽煌<sup>1</sup> 陳世昌<sup>2</sup> 林炘<sup>2</sup>

<sup>1</sup>樹德科技大學資訊工程系 <sup>2</sup>財團法人車輛研究測試中心

E-mail: shchen@mail.stu.edu.tw

96 年度財團法人車輛研究測試中心科技專案產學合作計劃

## 摘要

本論文提出一套整合 MPEG-4 動態視訊編碼器與 3G 網路之遠端行車路況影像監控系統, 全套系統包括車上錄影主機、行車監控主機以及行車動態影像瀏覽器等三大部分。車上錄影主機使用 MPEG-4 動態視訊編碼器將車用攝影機所擷取的行車即時路況影像進行編碼, 接著透過 3G 網路把編碼後的行車即時路況影像傳回行車監控主機, 使用者可以利用電腦、PDA、或是 3G 手機, 執行專用的行車動態影像瀏覽器連線至行車監控中心的主機, 便可掌握車輛的行車動態路況影像資訊。實驗結果顯示, 配合 MPEG-4 動態視訊編碼器的高壓縮率與高畫質的特性, 在近似解碼畫質的情況下, 本論文所提的 MPEG-4 遠端行車路況影像監控系統所需的傳輸位元率遠比其他使用 Motion-JPEG 或是 Wavelet 編碼技術的監控系統來得少, 這也使得行車路況影像可以透過 3G 網路對外即時傳送。本論文所提的 MPEG-4 遠端行車路況影像監控系統對於車輛防竊、行車車禍責任歸屬認定或是軍警用車輛巡邏監控等均有極高的應用價值。

**關鍵詞:** MPEG-4, MJPEG, Wavelet, 行車路況監控。

## 1. 前言

自從汽車發明之後, 交通事故的發生機率也隨著車輛數目的增加而提高, 交通事故的肇因多為人為疏失或是行車違規所致, 然而事故發生多屬突然, 交通事故的當事人常因無法掌握事故現場資料, 而發生爭執。如果兩造車輛裝有行車記錄器, 便可協助釐清交通事故的責任歸屬。行車記錄器於 1925 年在德國發明, 最初的主要功能在於記錄駕駛的行車時間, 以避免駕駛過度疲勞開車而影響安全, 以及車輛過度運轉而引起事故。傳統行車記錄器屬於機械式, 是利用機械式轉軸帶動指針繪製速度曲線, 其缺點在於準確性低且需經過專業訓練之人員加以判讀, 此外, 機械式行車記錄器還有被事後竄改的可能性。因此, 在 1984 年便有數位式行車記錄器的觀念被提出, 由於數位式行車記錄器能夠提供種類更為繁多、資料更為詳細的數據, 因此逐漸被商用車隊採用。歐盟已立法規定於 2004 年 8 月開始強制所有商用車輛的新車裝設數位式行車記錄器, 歐盟採用的數位式行車記錄器是將數位式資料記錄在駕駛攜帶的 IC 卡與車輛單元中, IC 卡記錄駕駛的基本資料、車輛使用資料、起迄點資料等。車輛單元記錄設備基本資料、駕駛活動資料、里程表資料、速度資料等。警察或交通監理單位路檢時, 只需使用手提電腦及讀卡機, 便可讀取行

車記錄器內所儲存的資料 [1]。

目前主要研發和生產行車記錄器的廠商有 Royaltec、HkeCar、CaSPo、Hudsontec、Mobicon、E&I、Galche、日本汽車研究所、美國 RoadSafety、Drivecam 等企業和 GM、Ford、Toyota、Honda 等汽車廠商。Royaltec 公司在其全球定位系統(Global Positioning System, GPS)中添加了資料記錄器功能, 可以將行駛相關的行車路線、駕駛速度、停車和維修公司資訊等 30,000 筆以上的移動資料儲存到內置記憶體中。車輛行駛路線、速度、時間、GPS 衛星信號接收狀態等移動資料可以通過 PC、筆記本電腦、PDA 等讀出。HkeCar 公司的行車記錄器可以記錄發生事故時各種感測器檢測到的碰撞資料, 並可以儲存事故前後車輛行駛狀態和駕駛員操作狀態並重現其過程。CaSPo 公司的行車記錄器可以記錄汽車每一分鐘的最快速度, 而且可以儲存急剎車、緊急加速、長時間超速、超速等車輛行駛資訊, 並且記錄事故發生前後 30 秒之內方向指示燈、剎車、方向盤操作和轉彎軌跡等資訊。Hudsontec 的產品可以選擇性地安裝前方和後方攝像機, 可以儲存速度、加速度、引擎轉速、剎車操作資訊、方向指示燈操作狀態資訊, 並且支援通過加速度感測器識別某些功能。此產品可以把事故發生前 10 秒和後 5 秒的資料記錄到 Flash Memory 並提供讀取資料軟體。Mobicon 公司的產品是資料行車記錄儀形式, 具有內部嵌入行駛記錄儀, 可以周期性記錄汽車行駛速度、時間與距離。E&L 公司的行車記錄器可以錄製事故前 15 秒到事故後 45 秒左右共 1 分鐘內的情況, 此產品以 0.2 秒為單位, 記錄剎車操作、汽車速度、方向盤角度、駕駛員語音、汽車啟動與否等資訊。Galche 公司產品可以儲存多頻道圖像資料, 與其他產品相比, 加強了行車影像錄影功能。此產品是嵌入式產品, 通過 Motion-JPEG 壓縮方式, 即時儲存 800×600 的動畫, 而且可以儲存多頻道圖像資料, 所以可以在汽車多個地方安裝攝像機 [2]。

日本汽車研究所的行車記錄器“Drive Recorder”只有普通飯盒大小, 可把緊急剎車或緊急打方向盤等突發狀況識別為交通事故, 記錄 1 分鐘內的各種數據, 包括速度、方向盤角度、剎車和油門動作等。而且通過車上安裝的微型攝像頭, 自動記錄從駕駛座上看到的事故前 10 秒和後 5 秒的場面。Drivecam 公司的產品可以記錄碰撞前剎車、油門、轉彎狀態, 也可以記錄發生事故瞬間汽車內部的聲音和圖像。Roadsafety 公司主要為 10 台以上車輛的公司或個人和急救車等事故危險較高的車輛提供產品。此設備從 1996 年開始就嵌入到汽車電

腦診斷系統內部, 在超速、緊急剎車、未系安全帶時發出報警聲音。其儲存卡可以儲存 7 天內的行車記錄, 通過連接電腦可以查看行車記錄。此外美國通用 GM 汽車公司為了收集安全氣囊的啟動資訊, 1990 年開始在車輛上安裝 EDR。從 1994 年開始, GM 在車輛上安裝監測診斷模組設備, 測量安全氣囊啟動時碰撞的程度。在此之後, 逐步可以記錄衝撞前 5 秒的資料, 包括速度、發動機轉速、加速、剎車操作等資料。Ford 公司自 1997 年為自己公司的汽車安裝了控制安全氣囊和座位安全帶的 Restraining 控制模組, Ford 公司把此設備改善為可以記錄衝撞前 5 秒的前方和側面加速度、駕駛員和乘客的安全氣囊啟動狀態、安全帶使用與否等資訊 [2]。

由於數位視訊壓縮技術, 例如 Motion-JPEG 與 MPEG 系列等視訊編碼標準已極為普及, 目前行車記錄器內的車用錄影系統大多已從傳統的類比式改為數位式, 不過現有的 Motion-JPEG 車用數位行車錄影系統受限於視訊編碼演算法的壓縮比偏低, 若要進行長時間錄影便需使用高容量的硬碟當為儲存媒介, 這會導致整套系統體積過大, 且硬碟在震動頻繁的車上使用極易損壞, 同時 Motion-JPEG 的高位元率也不適合利用無線網路進行遠端監控。因此, 研發高畫質、高壓縮率的新一代視訊影像編碼系統便成為車用數位行車錄影系統的改良重點, 而其中尤以 MPEG-4 視訊壓縮標準最受矚目, 隨著規格技術、授權金機制趨於底定, MPEG-4 已於 2004 年進入商品化階段, MPEG-4 的壓縮比較 Motion-JPEG、MPEG-1、MPEG-2 高, 且畫質逼近 MPEG-2 DVD 品質, 因此 MPEG-4 已成為下一代數位錄影機(DVR)、數位攝影機、數位相機等晶片廠商解決方案共同支援的標準功能之一, 目前最新的 MPEG-4 錄影系統已可在 1GB 容量的記憶卡錄製超過 6 小時的動態視訊, 符合一般車用數位行車錄影系統所需 [3-5]。

國內電信業者已於 2005 開啟 3G 網路服務, 與之前頻寬僅有 384Kbps 的 2G GPRS 網路相比較, 頻寬可達 2Mbps 的 3G 網路更適合用來傳送連續且大量的視訊資料, 配合高效率的 MPEG-4 編碼器便可達成行動影像傳輸的功能[6, 7]。本論文所提的 MPEG-4 遠端行車路況影像監控系統改良了當前行車影像記錄器的缺點, 利用 3G 網路將所錄得的動態行車路況影像回傳至行車監控中心的主機, 使用者可透過電腦、PDA 或是 3G 手機連線至行車監控中心主機, 配合專為本系統所開發的行車動態影像瀏覽器便可監看行車路況錄影畫面、行車日期與時間等相關資訊。本論文所提的 MPEG-4 遠端行車路況影像監控系統, 可直接應用在車輛防竊與軍警用車輛巡邏監控等領域。同時本系統的行車動態影像瀏覽器可以反覆觀察、調整播放速度, 有利於車禍肇事原因之推估與肇事責任歸屬的釐清。

## 2. 系統架構說明

本論文所提的 MPEG-4 遠端行車路況影像監視系統包括車上錄影主機、行車監控主機以及行車動態影像瀏覽器等三大模組。圖 1 為這三項模組的整合架構圖, 車上錄影主機負責擷取車外路況影像資料, 經過 MPEG-4 數位編碼處理後, 透過 3G 網路回傳至行車監

控主機, 行車監控主機主要用來記錄備份行車資訊, 提供使用者即時或是在日後檢索行車資訊。行車動態影像瀏覽器是專為行車路況監視系統開發, 使用者可即時瀏覽行車視訊錄影畫面。以下將分三小節來說明車上錄影主機、行車監控主機以及行車動態影像瀏覽器等三項模組。

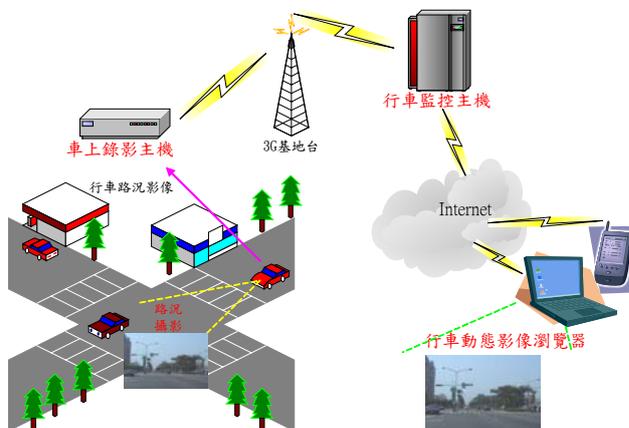


圖 1 遠端行車路況影像監控系統整合架構圖

### 2.1 車上錄影主機

車上錄影主機為本論文所提系統中最重要的關鍵模組, 其功能是将 MPEG-4 影像視訊編碼器壓縮所得的數位位元串列(Bit-stream)透過 3G 網路傳回至行車監控主機。圖 2 為本論文所提車上錄影主機之系統方塊圖, 其中主要包括車用攝影機、MPEG-4 編碼器、3G 網路模組、儲存媒體模組等。儲存媒體可利用硬碟、記憶卡等模組, 使用者操作指令包括開機、錄影、暫停、網路設定等等

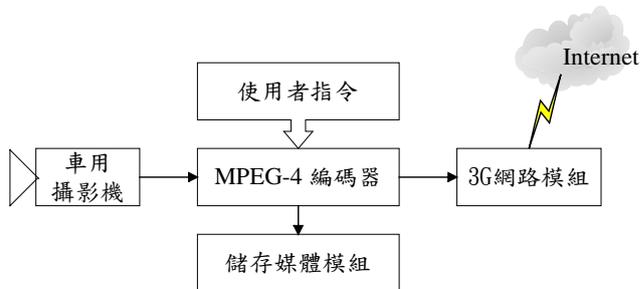


圖 2 車上錄影主機的系統方塊圖

#### 2.1.1 MPEG-4 視訊編碼器

MPEG-4 視訊編碼器於 1998 年 11 月公佈, 其特別強調在多媒體系統的交互性和靈活性。主要應用有影像電話 (Video Phone), 影像電子郵件 (Video Email) 及電子新聞 (Electronic News) 等等, 和 MPEG-1 及 MPEG-2 相比, MPEG-4 的特點是更適於影像互動服務以及遠程監控。MPEG-4 的研發歷史, 最早可追溯至 1990 年 12 月定案的 H.261 標準, 其主要核新技术包括了離散餘弦轉換(DCT)、量化器、移動量預估/補償, 可變長度編碼(VLC)等技巧, 此基本編碼架構被稱為混合式編碼器(Hybrid Codec), 圖 3 及圖 4 分別為此類混合式編碼器之編碼端及解碼端方塊圖, 之後的 MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4、H.263、H.264 等編碼標準都是由

H.261 的基本混合編碼技術加以改良而來, H.261、H.263、MPEG-1、MPEG-2 以及 MPEG-4 的編碼效率及應用範圍如表 1 所示[4, 5]。

表 1 各種視訊編碼標準之編碼效率及應用範圍說明

標準種類	位元率	主要應用範圍
H.261	64~1920 Kbps	視訊會議、視訊電話
MPEG-1	1.5 Mbps	VHS 品質之 VCD
MPEG-2	4 ~ 10 Mbps	高畫質電視(HDTV)、DVD
H.263	20 Kbps	極低位元率視訊影像應用
MPEG-4	10~1500 Kbps	網路視訊直播

雖然最新推出之 H.264 編碼標準的壓縮效能較 MPEG-4 高, 不過 H.264 編碼器的運算複雜度也相對提升, 因此執行 H.264 視訊編碼的硬體成本也較 MPEG-4 高, 本論文在成本考量下選用 MPEG-4 Simple Profile (SP)編碼器。

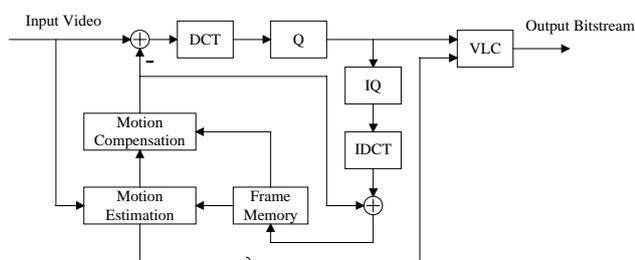


圖 3 混合式編碼器之編碼端方塊圖

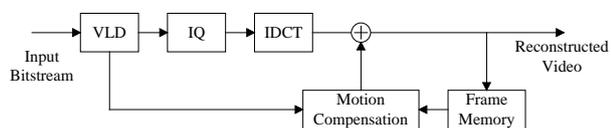


圖 4 混合式編碼器之解碼端方塊圖

### 2.1.2.3G 行動通訊標準

3G 行動通訊的標準是由 3GPP (Third-Generation Partnership Project)負責制定與維護。3GPP 成立於 1998 年 12 月, 成立宗旨為制定第三代行動通訊系統標準, 其涵蓋的領域包括網路架構、3G 終端以及 3G 服務等。在 2001 年 3 月, 3GPP 公佈了第一版無線多媒體串流服務標準, 簡稱為 3G-PSS (Packet-Switched Streaming Services), 3G-PSS 制定了有關聲音、影像、視訊等多媒體無線傳輸之應用平台, 頻寬約在 2Mbps, 已符合 MPEG-4 視訊即時傳輸頻寬所需。在 3GPP-PSS 標準內主要規範了兩部分, 包括通訊協定與編解碼器。在通訊協定部分, 3G-PSS 主要採用了下列傳輸協定: SDP (Session Description Protocol)、RTSP (Real-Time Streaming Protocol)、SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language)、HTTP/TCP 以及 RTP (Real-time Transfer Protocol)。此外, 在編解碼器部分, 3GPP 主要支援下列媒體格式:

- 視訊部分: ITU H.263、ISO MPEG-4 Simple Profile。

- 音訊部分: MPEG-4 AAC-LC (Low Complexity)。
- 語音部分: Adaptive Multi-Rate (AMR) Speech Codec。
- 影像部分: JPEG、GIF。
- 文字部分: XHTML- Encoded、Formatted Text。

## 2.2 行車監控主機

由於車上錄影主機需處理大量的行車影像資訊, 加上僅有 3G 網路的通訊介面, 其頻寬恐怕無法應付使用者直接從外部連線至車上錄影主機來監控行車資訊。因此, 車上錄影主機上所取得的行車影像資訊, 經過 MPEG-4 數位編碼處理後, 除了儲存在車上錄影主機內的記憶媒體模組之外, 另外會利用 3G 網路回傳至行車監控主機進行備份, 提供使用者即時或是在日後檢索行車影像資訊。其功能包括接收車上主機傳送來的行車影像資訊、使用者登入、分級權限查詢等等, 同時支援行車動態影像瀏覽器播放。

## 2.3 行車動態影像瀏覽器

行車動態影像瀏覽器是專為行車路況監視系統開發, 使用者可同步瀏覽行車視訊畫面、行車日期與時間等相關行車資訊。其基本操作分為線上瀏覽與離線瀏覽兩種模式, 線上瀏覽需登錄至行車監控中心的主機, 輸入帳號、密碼後, 選擇欲監控的車輛, 之後以串流 (Streaming) 的形式接收行車監控中心主機傳來的行車動態訊號, 並將其解析出 MPEG-4 視訊畫面播出。離線瀏覽是直接從車上錄影主機的記憶媒體讀取行車動態影像資料, 不需透過網路下載, 其功能與線上瀏覽模式相同。圖 5 為行車動態影像瀏覽器操作示意圖, 最下方的長條為播放控制 Bar, 使用者可以拖曳此 Bar 調整播放時間、進行快轉或是倒轉。



圖 5 行車動態影像瀏覽器操作示意圖

## 3. 實驗結果

本論文使用 Intel Centrino® Duo T2400 1.83GHz, 2GB RAM, Window XP® Professional 作業系統的筆記型電腦做為車上錄影主機, 車用攝影機以 USB 固定焦距彩色視訊攝影機暫替, 影像大小為 320x240, 每秒 30 個畫框(Frame), 使用開放程式碼(Open Source) Xvid Codec 1.1.3 版[8]做為 MPEG-4 SP 編碼器函式庫核心, 3G 網路模組選用中華電信 Huawei E220 HSDPA USB 網路卡, 以 Borland C++® 4.0 編譯器整合車上錄影主機系

統。行車監控主機方面是使用 Intel Pentium4® 2.4GHz, 1GB RAM, Windows XP®作業系統的桌上型電腦, 使用台灣學術網路的固定 IP 接收車上錄影主機回傳的影像資料與對外查詢連線。行車動態影像瀏覽器同樣採用 Xvid Codec 1.1.3 版做為 MPEG-4 SP 解碼器函式庫核心, 建立在行車監控主機之內。

道路實測分為高速公路與市區道路兩種模擬路況, 每種路況均分別錄製 4 段, 各約 1 分鐘的影像, 使用 MPEG-4 SP、Motion-JPEG、Wavelet 等三種視訊編碼進行錄影, 解碼影像的畫質評估採用信號峰值雜訊比 (Peak Signal-to-Noise Ration, PSNR) 參數, 其定義如下 [9]:

$$PSNR = 10 \log \frac{255 \times 255}{MSE} \text{ (dB)}, \quad (1)$$

其中 MES (Mean Squared Error) 的定義為:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f_{i,j} - f'_{i,j})^2}{M \times N}, \quad (2)$$

$f_{i,j}$  與  $f'_{i,j}$  分別代表未壓縮的影像畫面與經壓縮解碼後的影像畫面在  $(i, j)$  位置的畫素值, 且  $1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N$ ; 在本文中  $M = 320, N = 240$ 。由於人眼對於亮度信號較為靈敏 [10], 本論文僅採用影像亮度信號的 PSNR 值進行比較。

表 2 及表 3 分別為高速公路與市區道路兩種路況實際錄影的實驗結果, MPEG-4 SP 編碼器 I Frame 的間隔為 15, 即兩張 I Frame 的間隔內有 14 張 P Frame; 此外, 為提升編碼速度, 本論文的 MPEG-4 編碼器使用三步移動預估 (Three-Step Motion Estimation) 演算法 [11], 同時取消半像素 (Half-pixel) 移動預估以及四組移動向量 (4MV) 選項 [4]。本論文實驗中所用的 MPEG-4 SP、Motion-JPEG 與 Wavelet 編碼器都是透過畫質調整參數來變動影像畫質與位元率之輸出結果, 調整原則為先將 MPEG-4 SP 的平均輸出位元率控制在 128Kbps 之下, 接著計算其平均 PSNR 值, 之後調整其他兩種視訊編碼器使其解碼畫質的平均 PSNR 值與 MPEG-SP 相近。

表 2 高速公路錄影實驗結果

編碼器種類	平均 PSNR	平均位元率
MPEG-4 SP	36.32 dB	125 Kbps
Motion-JPEG	36.44 dB	1,723 Kbps
Wavelet	36.88 dB	812 Kbps

表 3 市區道路錄影實驗結果

編碼器種類	平均 PSNR	平均位元率
MPEG-4 SP	34.96 dB	127 Kbps
Motion-JPEG	35.01 dB	1,872 Kbps
Wavelet	35.21 dB	884 Kbps

從表 2 及表 3 的實驗結果得知, 在近似解碼畫質的情況下, 本論文所提的 MPEG-4 遠端行車路況影像監控

系統所需的傳輸位元率遠比其他使用 Motion-JPEG 或是 Wavelet 編碼技術的監控系統來得少, 且僅需使用 128Kbps 不到的頻寬便可獲得 35dB 左右的解碼影像畫質, 這也驗證 MPEG-4 可編碼出清晰的行車路況影像, 並透過 3G 網路對外即時傳送。

#### 4. 結論

本論文成功地整合 3G 行動網路與 MPEG-4 動態視訊編碼器開發出一套 MPEG-4 遠端行車路況影像監控系統, 全套系統包括車上錄影主機、行車監控主機以及行車動態影像瀏覽器等三大部分。實驗結果顯示, 不論在高速公路或是市區道路, 本論文所提的 MPEG-4 遠端行車路況影像監控系統可使用低於 128Kbps 的位元率來獲得與 Motion-JPEG 或是 Wavelet 編碼技術類似的解碼畫質, 這也使得行車路況影像可以透過 3G 網路對外即時傳送。本論文所提的 MPEG-4 遠端行車路況影像監控系統對於車輛防竊、行車車禍責任歸屬認定或是軍警用車輛巡邏監控等均有極高的應用價值。未來本系統將改用編碼效率更高的 H.264 視訊編碼器, 進一步提升行車錄影畫質與降低傳輸位元率。

#### 5. 致謝

本論文研究承蒙 96 年度財團法人車輛研究測試中心 (ARTC) 科技專案產學合作計劃補助執行, 在此特別感謝。

#### 6. 參考文獻

- [1] 鄭子玘, 林維信, “數位式行車記錄器功能技術規範建立與應用之研究,” 中華技術季刊, No. 63, 2004 年 7 月。
- [2] 汽車導航通信網: “汽車黑匣子技術發展動態分析,” 2005 年 4 月。
- [3] ISO/IEC 14496-2:2004 Information technology -- Coding of audio-visual objects --Part 2: Visual, 2004。
- [4] 吳炳飛等著, MPEG-4 視訊壓縮技術, 全華科技, 2006 年 11 月。
- [5] Lawrence Harte, April Wibnitzhouser, and Tomas Pazderka, Introduction to Mpeg; Mpeg-1, Mpeg-2 and Mpeg-4, Althos Publishing, Aug., 2006.
- [6] Gonzalo Camarillo and Miguel-Angel Garcia-Martín, The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS): Merging the Internet and the Cellular Worlds 2/e, John Wiley & Sons, March, 2006.
- [7] 張智江, 朱士鈞, 3G 第三代行動通信網路技術, 松崗文魁, 2006 年 04 月。
- [8] Xvid 網站: <http://www.xvid.org/>
- [9] Ze-Nian Li and Mark S. Drew, Fundamental of Multimedia, Prentice Hall, 2004.
- [10] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, 2/e, Prentice Hall, 2002.
- [11] 戴顯權, 陳澄如, 王春清編著, 多媒體通訊, 紳籃出版社, 2002 年。