

數位通訊之動態影像分析與比較

陳金塔¹ 孔明隆²

¹ 高苑科技大學電機工程所-副教授

² 航空技術學院航空電子系-講師

摘要

本論文研究目的在於分析數位通訊之動態影像。模擬規範的 RF Output Level 在-50dBm 到-79dBm 之間，以載波調變方式 64QAM 及 256QAM 探討動態影像品質，以實物設備動態影像測量以下三種測項：圖像質量等級(Picture Quality Rating, PQR)、差值平均主觀評分(Differential Mean Opinion Score, DMOS)、峰值信號雜訊比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)來分析影像品質。

關鍵字：圖像質量等級、差值平均主觀評分、峰值信號雜訊比

1. 前言

本論文針對數位系統動態影像作量測。採用有線數位接收端進行量測，研究以載波調變方式 64QAM、256QAM 作為探討，利用 RF Output Level 調設不同功率與客觀量測(PQR、DMOS、PSNR)，進行交叉量測再搭配固定的測試動態影像，以美國所訂定的動態影像標準來作基準，以此分析動態影像品質。

DVB-C(Digital Video Broadcasting -Cable)系統(圖 1)由來源編碼(Source Coding)採用 MPEG-2 壓縮技術傳輸影音訊號、基頻界面與同步(Baseband interfacing and sync)、反置與亂碼器(inversion and randomization)、里德所羅門碼(Reed-Solomon Coder)、迴旋交錯器(Convolutional Interleaver)、位元到 M 元組轉換(Byte To m-tuple Conversion)、

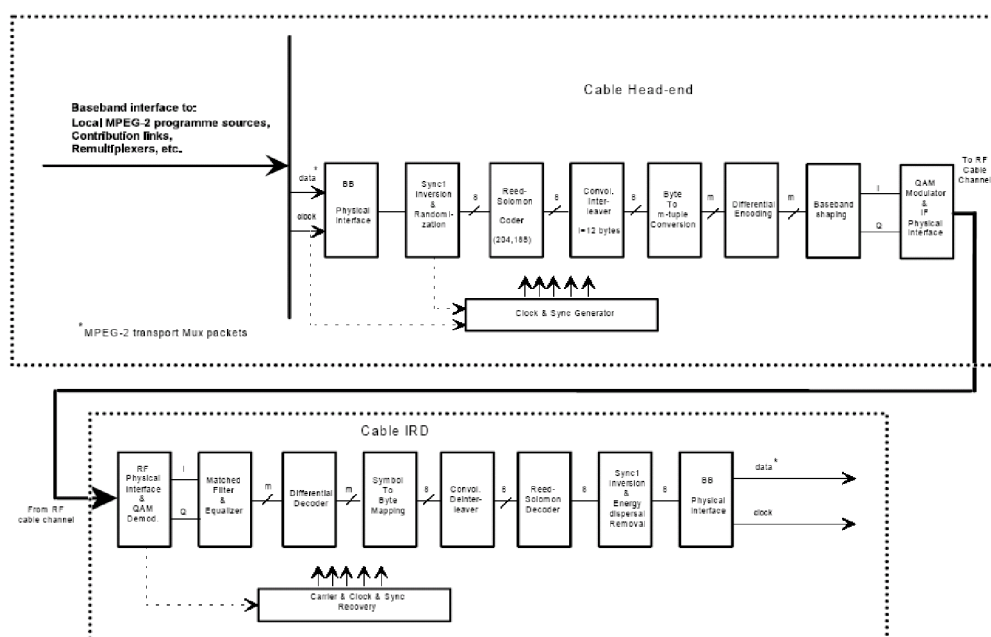


圖 1. 數位動態(DVB-C)系統流程圖

差分編碼(Differential encoding)、基頻形成(Baseband shaping)、調變與物理界面(Modulation and physical interface)。

1.1 亂碼器(randomization)

在進入亂碼器前，傳送入的資料流都會編排成長度為 188 個位元組傳輸封包。每個封包都包含還有一個同步位元組(Sync-Word Byte)和 187 個資料位元組(圖 2)。

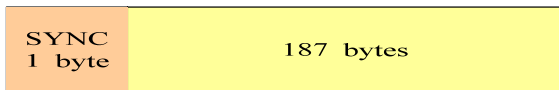


圖 2. MPEG-2 傳輸封包示意圖

每個傳輸封包的同步位元組後的第一個位元組開始做亂數化的動作，亂碼器是由 15 個移位暫存器和 2 個互斥或閘(XOR)以及 1 個 AND 閘所構成。隨機二進位序列 PRBS(Pseudo Random Binary Sequence)的多項式為 $1+X^{14}+X^{15}$ (圖 3)。而亂數化後是以每 8 個傳輸封包為一個單位，且移位暫存器必須初始化為 100101010000000，第一個封包同步位元組在亂數化之前會轉換成補數以做為接收亂碼器的開始信號，當亂數化過程中碰到 7 個封包的同步位元組能會技術產生亂數，必須利用致能信號(Enable)的控制，以停止亂數化。因此亂數序列的周期為 1503 個位元組(圖 4)。

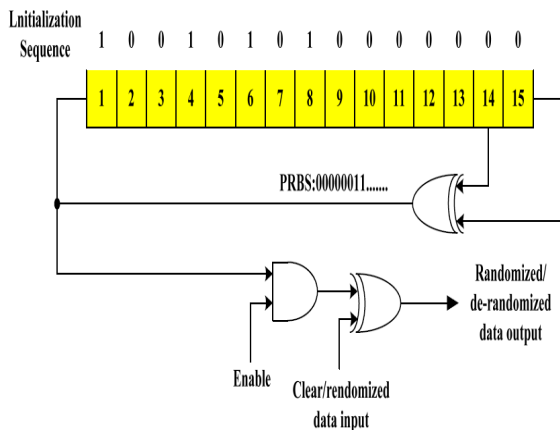


圖 3. 亂碼器架構圖

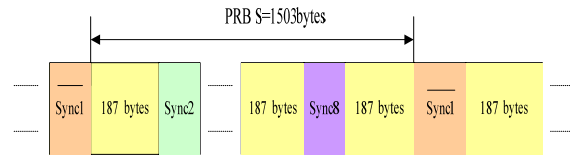


圖 4. 擾亂後的傳輸封包示意圖

1.2 里德索羅門碼(Reed-Solomon Coder)

里德所羅門碼(Reed-Solomon Coder)又稱 RS 編碼，主要目的式降低發生傳輸錯誤的機率。RS(204, 188, t=8)定義於 GF(256)的 (255, 239, t=8) 里德所羅門碼縮短而成。RS 碼為 188 個位元組的 MPEG-2 傳輸封包，產生 16 個錯誤保護位元，長度為 204 個位元組的傳輸封包，此編碼方式可以將錯誤位元組糾錯 8 的錯誤位元組(圖 5)。

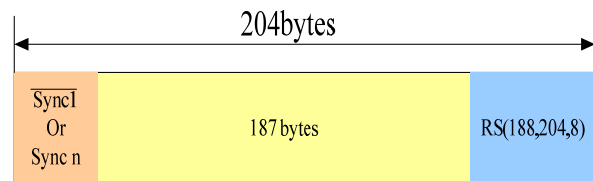


圖 5. 里德所羅門編碼後的封包

RS(204, 188, t=8)是將長度 188 個位元組的傳輸封包加上 51 個空封包全部為零的位元組，以(255, 239, t=8) 里德所羅門碼編碼器之後再將 51 個空封包全部為零的位元組丟棄，形成 204 個位元組的錯誤保護封包。

伽羅瓦體 GF(256)的本質多項式為：

$$p(x)=x^8+x^4+x^3+x^2+1 \quad (1)$$

$$g(x)=(x+\lambda^0)(x+\lambda^1)(x+\lambda^2)\cdots(x+\lambda^{15}) \quad (2)$$

λ 為 GF(256)的本質元素。

1.3 調變(Modulation)

DVB-C(Digital Video Broadcasting

-Cable) 共有 5 種模式調變(Modulation), 為 16-QAM、32-QAM、64-QAM(圖 6)、128-QAM、256-QAM(圖 7), 而 32-QAM、128-QAM 效果並無特別顯著, 在 DVB-C 系統不常被使用, 目前最常被使用 64-QAM 及 256-QAM 而本文也選用此兩種調變(Modulation)。

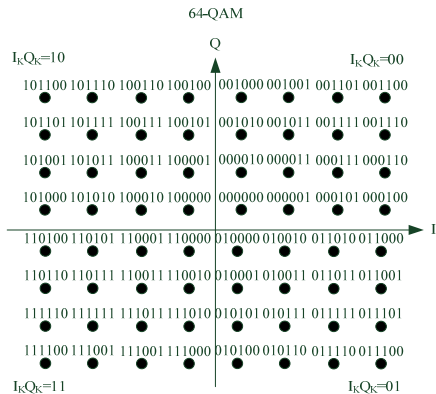


圖 6. 64-QAM 之 constellation

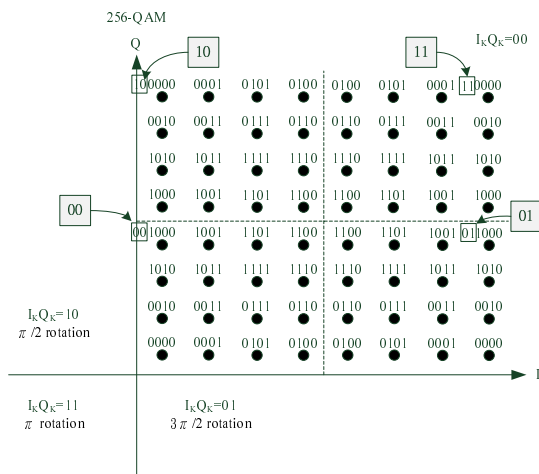


圖 7. 256-QAM 之 constellation

2. 研究架構

DVB-C 系統影像之量測包括動態影像量測與靜態影像量測, 動態影像品質量測有分主觀量測與客觀量測, 主觀評價的方法是將待評價的圖像序列播放給評論者觀看, 並記錄他們的打分, 然後對所有評論者的打分進行統計, 得出平均分作為評價結果, 客觀測量基於仿人眼視覺模型的原理對圖像質量進

行客觀評估, 並給出客觀評價分。主觀量測分為平均主觀評分(Mean Opinion Score, MOS)、差值平均主觀評分(Differential Mean Opinion Score, DMOS)、圖像質量等級(Picture Quality Rating, PQR), 客觀量測分為平均平方誤差(mean square error, MSE)、信號雜訊比(Signal to Noise Ratio, SNR)、峰值信號雜訊比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)與取差值平均主觀評分(DMOS)。

2.1 動態影像測試理論

2.1.1 差值平均主觀評分(Differential Mean Opinion Score, DMOS)

$$DMOS = \frac{m}{(a.bitrate)^n} \quad (3)$$

DMOS 主觀測試方案直接由視頻品質觀察人員同時對參考圖像及測試圖像進行打分, 再對參考圖像和測試圖像的結果進行歸一化(轉換為 0-100); 然後計算參考圖像及測試圖形之間的差值並求平均值, 通過該平均值的分佈來反映被測系統視頻主力能力的好壞, 其分佈範圍為 0-100, 值越小越好。方程式(3)之 bi rate 可表示成 Mb/s, a 為影像格式(SD, VGA, CIF 或 QCIF)之係數, 且 SD 的係數為 1。m, n 為 mpeg2 的 DMOS 與 bit rates 曲線圖的最佳係數, 也就是說, 方程式(3)目的在找出最佳之 a, m, n 係數, 使視覺之誤差為最小。

2.1.2 峰值信號雜訊比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)

平均平方誤差(mean square error, MSE)

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i, j) - K(i, j)]^2 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} PSNR &= 10 \times \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) \\ &= 20 \times \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right) \end{aligned} \tag{5}$$

其中 m 代表影像的寬度、n 代表影像的高度、
I 代表參考像素值、K 代表損傷像素值

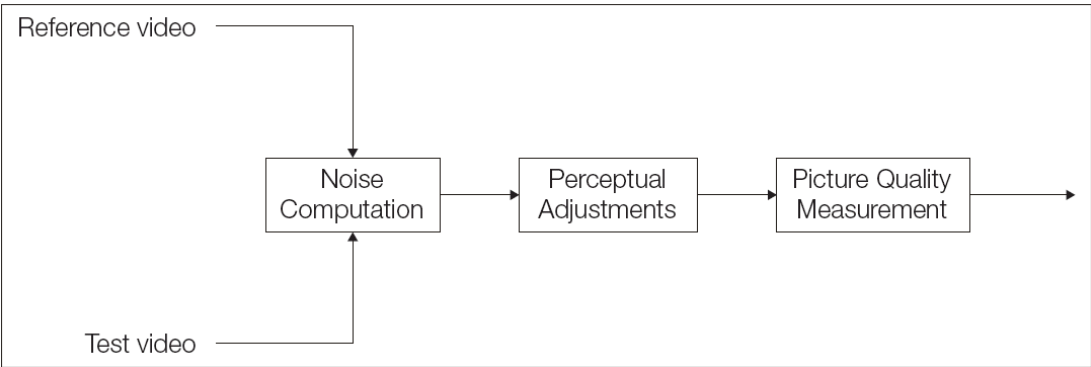


圖 8：雜訊依據的客觀圖像質量測量

MAX_I 是表示圖像點顏色的最大數值，如果每個採樣點用 8 位表示，那麼就是 255。PSNR(dB) = 20 log₁₀ (信號峰值/差值) 其中，信號峰值=255(有時等於 239)。差值=[參考像素值]-[損傷像素值]測試的方法是取一段 sample clip，計算每一張畫面的 PSNR (Peak-SNR) 訊噪比，單位是 dB，訊噪比越 0 PQR = 0 DMOS = 大約為 80 dB PSNR，除此以外，在各種不同的測量單位，沒有直接的比較。

2.2 動態影像評分方式

主要客觀量測有圖像質量等級(Picture Quality Rating, PQR)、差值平均主觀評分(Differential Mean Opinion Score, DMOS)、峰值信號雜訊比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)。

圖像質量等級 (Picture Quality Rating, PQR)，如(表一)所示，在影像質量較高的情況下與人眼測試有較強相關性，比較常用的量測方法，如果 PQR 的測量值較高，則意義不太大。

高的和原來畫面的差距就越小，越接近原始畫面，代表壓縮的品質越好。PSNR 低於 25dB 的話，一般人都無法滿意這樣的畫質；高於 35dB，一般會認為畫質不錯；高於 40dB 以上，不定格注意看的話通常無法分辨和原圖有何不同。

表一：PQR 評分表

評分級別	評分內容
0	理想(無法察覺圖像差異)
0-10	幾乎不能察覺損傷
11-30	可以看出損傷，但不明顯
31-60	絲毫損傷(類似於 10 Mb/s SD MPEG-2)
61-80	明顯損傷(類似於 4 Mb/s SD MPEG-2)
81-100	嚴重損傷(類似於 2 Mb/s SD MPEG-2)
>100	極差(與參考圖像差異極大)

平均觀評分(Mean Opinion Score, MOS)為早期主觀量測法，是給測試人員觀察影像，並要求測試人員評分(評分別級為 1 至 5)。

表二. MOS 評分表

評分級別	評分內容
1	極差
2	差
3	略差
4	察覺有點差
5	察覺不出

由 12 位主觀測試人員評分之 MOS 分數為 3.58，如(圖 9)所表示。



圖 9. 主觀測試人員評分之 MOS 評分

差值平均主觀評分(DMOS)與平均觀評分(MOS)計算公式為 $DMOS=100-20 \times MOS$ 。For example: $3.58MOS=28.4DMOS$ ，如圖 12。

從表三可看出，差值平均主觀評分(Differential Mean inion Score, DMOS)，良好圖像數值會越小，不良圖像數值會越大，當測試圖像與參考圖像之間無差異時等於零。數值 0~100，與 MOS 類似，不過評分剛好相反。

表三：DMOS 評分表

評分級別	評分內容
0	理想
0-20	好
21-40	普通
41-100	差
100	極差

峰值信號雜訊比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)，如圖所表示，以 dB 來表示圖片質量的評定值，當測試圖像(圖 10)與參考圖像(圖 11)無差異時其值接近 80dB，高質量= 高 dB 值，不良圖像= 低 dB 值。

通常在經過影像壓縮之後，輸出的影像

通常都會有某種程度與原始影像不一樣。為了衡量經過處理後的影像品質，通常會參考 PSNR 值來認定某個處理程序夠不夠令人滿意。

$$PSNR(dB) = 20 \log_{10} (\text{信號峰值} / \text{差值})$$

$$\text{Error} = [\text{參考像素值}] - [\text{損傷像素值}]$$

$$\text{信號峰值} = 255$$



圖 10：標準畫質



圖 11：PSNR 影像量測圖

$$PSNR (dB) = 20 * \log_{10} (255 / (134 - 139)) = -34.15 \text{ dB}$$

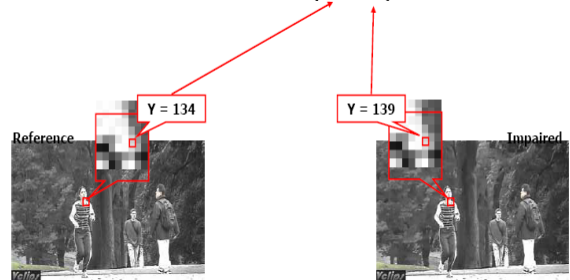


圖12： PSNR 舉例

所以 PSNR 值越大，就代表失真越少。這是一個客觀的評比數據。但有時候並不能完全代表人的主觀感受。

3. 實驗結果

本研究所使用的設備為 Picture Quality Analysis System(PQA500)，包含最完備的人類視覺模型，可針對畫質分析提供最完整的量測與診斷工具套件，包括高畫質 (HD)格式的全面性支援。動態影像驗證之架構示意圖。

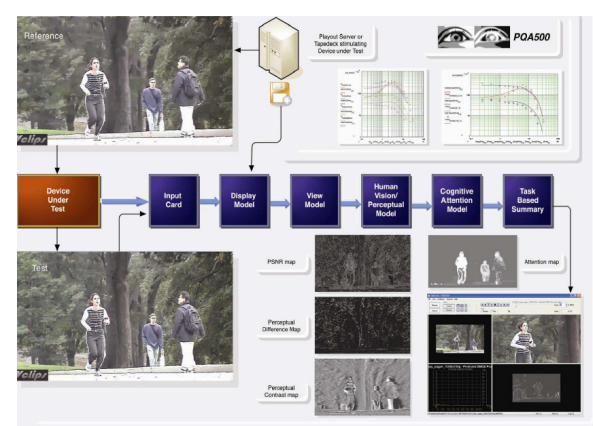


圖13：動態影像驗證之架構示意圖

本實驗採用數位動態影像去量測之實驗，測量研究已更改調變 64QAM 與 256QAM 作為探討，利用量測功率(dBm)調設不同功率與量測差值平均主觀評分 (Differential Mean Opinion Score, DMOS)、圖像質量等級 (Picture Quality Rating, PQR)、峰值信號雜訊比(peak signal-to-noise ratio, PSNR)之動態影像輸出品質，進行交叉量測再搭配固定的測試動態影像，以國外所訂定的動態影像標準來作基準。

3.1 動態影像測試理論

使用者收看到的影像是經過傳輸和解碼後的重構影像。因此端到端的傳送品質很重要。影響使用者接收影像品質的因素主要有：

Delay：儘管 Receiver 都有一定的暫存器（典型的為 5s），但當 Delay 超出暫存器處理能力時，延遲的 Packet 將會被 Receiver 丟棄，從而影響影像品質。

Loss Packet：Loss Packet 是導致影像品質劣化的最主要原因，並且不同的 Packet 對於重構影像的重要性不同，因此即時少量的 Loss Packet 也可能引起 Decoder 主動放棄其他相關的 Packet，造成影像品質下降。

Jitter：一般 Receiver 是針對穩定的 BitRates，當 Jitter 過大時會導致 Decoder 主動放棄某些 Packet，造成影像品質下降。表四為常見影響品質的六大原因：

表四. 常見影響品質

Jerkiness	指影像看起來不平滑，有類似“快轉”時的現象。
Blockiness	造成的原因主要是傳輸誤碼。
Blurring	影像高頻細節部分丟失造成的圖像邊緣拖尾現象。
Noise	指的是由於高頻細節劣化產生的附加象素點，類似“雪花”現象。
Ringing	圖像的高對比度邊緣出現波紋，造成的原因是影像數位化中的吉布斯 (Gibb' s) 現象。
Watermarking	浮水印是在將數位影像的部分內容進行變換處理的基礎上形成，這個過程會導致浮水印雜訊。

3.2 動態影像評價方式

目前對圖像品質的評估方法主要分成兩類：人工評價和設備測量。人工評價：是將待評價的影像循序播放給評審觀看，並記錄評審們的評分，然後對所有評審的評分進行統計，得出平均分作為評價結果。評價方式：將待評估的影像和相應的基準影像交替播放

給評審觀看，每段影像持續播放 10s。設備測量：基於仿人眼視覺的原理對影像品質進行客觀評估，並給出客觀評價分。其中規定了兩個簡單的技術參數：峰值信噪比(PSNR)和均方差(MSE)。測量方式：輸入原始影像和待測量的解碼影像，會即時輸出兩個輸入影像上各像素之差的和。

人工評價有幾個顯著的不足之處：

1. 觀察者一般需要是一個群體，並且經過培訓以準確判定評分，人力和物力投入大。
2. 影像內容與情節千變萬化，觀察者個體差異大，容易發生主觀上的偏差。
3. 人工評價無法進行即時監測。
4. 僅僅只有平均分數，如果評分偏低，無法確切定位問題出在哪。採用設備測量，不僅減少了對人力、物力的需求，而且測量時間大大縮短，並且可做到即時監測。

3.3 動態影像量測

藉由 Picture Quality Analysis System 將數位機上盒影像輸出品質預錄一段影像，再由原始影像進行比對，圖 14 為量測影像。

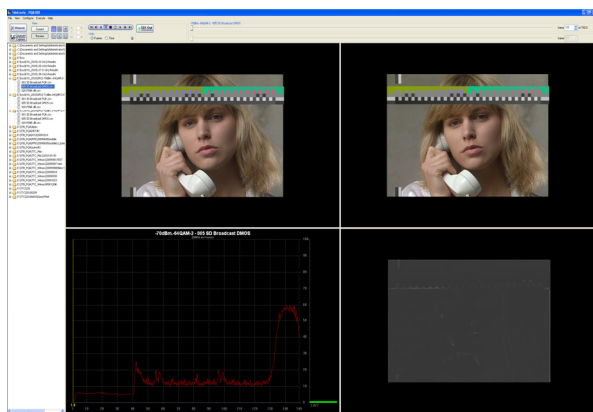


圖 14：量測影像

4. 結論

本研究實驗目的探討 DVB-C 系統之動態影像品質分析，經由載波調變的不同與功率

強度(RF Output Level)的強弱來分析動態影像品質，由數據結果可看出當功率強度越弱時，PQR 值、DMOS 值偏高，則 PSNR 值降低，由此可得知 PQR 值、DMOS 值與功率強度成反比，反之與 PSNR 值成正比。

參考文獻

- 1 薛茂呈(2010)，“DVB-C系統於影像客觀量測分析研究”，高苑科技大學研究所碩士論文。
- 2 王章諭(2008)，“DVB-T於6/7/8M之通道特性與RF訊號分析研究”，高苑科技大學研究所碩士論文。
- 3 泰克科技有限公司(2008) “壓縮圖像質量測量方案”
- 4 泰克科技有限公司 “視訊系統概論及量測方案”
- 5 泰克科技有限公司 “DTV Compressed Video Concepts & System Introduction”
- 6 工業技術研究院，<http://www.itri.org.tw/>
- 7 ETSI(1988), “Digital video Broadcasting (DVB) Framing structure, channel coding and modulation for cable systems” EN 300 429 v1.2.1。
- 8 Tektronix “PQA500”，Picture Quality Analyzer Quick Start User Manual”。

