

Chapter 5 Experimental Results

我們準備了 3 組環物影片作為實驗的資料，均為數位典藏計畫的成果資料，其中兩個為歷史博物館的唐三彩文物，一個為故宮博物院的轉心瓶。每組環物影片均為 360 張，水平每 10 度一張，垂直每 10 度一層，每張大小為 512x512 pixels。所有實驗環境均在 Pentium 4 CPU 3.2GHz、1 GB RAM 以及 Window 作業系統下執行。我們最佳化的 H.264 decoder 是根據 reference software 9.0 修該而來，因此數據比較的對象也是 9.0 的版本。

編碼端或解碼端所採用的 H.264 profile 均為 FRExt 新定義的 High 4:4:4 (Hi444P) profile，具備了支援 $YCbCr$ 4:4:4 格式，以及 8x8 luma prediction。其他的壓縮參數如下：I/P slice 的 QP 均為 28，motion estimation search range 為 16，reference frame 的個數為 5，所有的 prediction modes 均開啓，壓縮的序列型態為 IPPP...

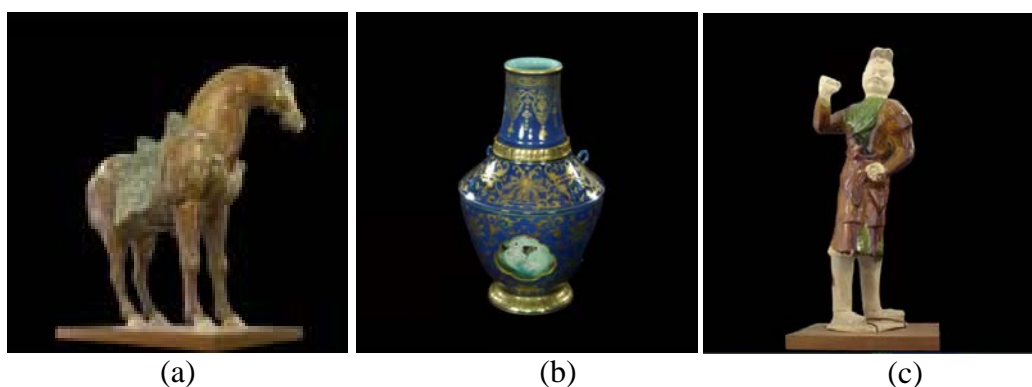


圖 5.1 (a) 歷史博物館唐三彩馬 (b) 故宮轉心瓶 (c) 歷史博物館唐三彩人俑

5.1 Different Compressions for Object Movie

在 2.2 節提到環物影片最先是由 Apple 的 QTVR 提出並於予商業化，QTVR 並提供了 Photo JPEG、Cinepak 和 Sorenson 三種壓縮環物影片的方式，本小節比較這三種方式和 H.264 的壓縮率比較(見表 5.1)。在此 H.264 壓縮環物影片採用群數為 40 群的分群排列後再進行壓縮。明顯看出 H.264 的壓縮率不但大約為 QTVR 的 3-8 倍，而且壓縮後的影像品質比 QTVR 的 Cinepak 和 Sorenson 都要來的好，只比 Photo JPEG 差但是 H.264 的壓縮率要好上許多。

(單位：KB)		唐三彩馬	轉心瓶	唐三彩人俑
Raw Data		276,480	276,480	276,480
QTVR Photo JPEG	壓縮率	32,918 (8.4 : 1)	27,071 (10.2 : 1)	22,429 (12.3 : 1)
	PSNR	44.723	46.921	46.494
QTVR Cinepak	壓縮率	24,086 (11.4 : 1)	24,091 (11.4 : 1)	24,087 (11.4 : 1)
	PSNR	37.343	39.094	38.4
QTVR Sorenson	壓縮率	10,153 (27.2 : 1)	7,983 (34.6 : 1)	7,493 (36.9 : 1)
	PSNR	37.396	37.201	40.623
H.264 (include alpha mask)	壓縮率	3,966 (69.7 : 1)	3,899 (70.9 : 1)	2,528 (109.3 : 1)
	PSNR	40.49	42.63	42.96

表 5.1 H.264與QTVR壓縮率比較表

5.2 Image Clustering and Image Arrangement

在實驗中，我們採取平均分佈的方式選擇分群的 IDR pictures，然後藉由計算其他影像與 IDR pictures motion compensation 之後的 residual 來達到分群目的，接著利用相同的概念繼續排列環物影片。

首先考量環物影片壓縮後的大小以及觀看時的順暢度，必須選擇適當的 IDR pictures 的個數，太多會使得壓縮後檔案大小增加，太少則會影響瀏覽的順暢度。表 5.2 列出了當 IDR picture 分別為 360 張、40 張與 10 張時，對於壓縮後檔案大小和操作性的影響，當 IDR picture 為 360 張時，代表每張環物影像均為 IDR picture，解壓縮時間最短因此可以提供最佳觀賞的操作性，但壓縮後的資料量也是最大。然而當 IDR picture 為 10 張時，由於需要多解出 P-frame 所需的參考影像，因此速度明顯變慢，但是相對檔案大小是較小的。在接下來的實驗中，為了兼顧環物影片解壓縮的速度以及檔案大小，我們選擇了 IDR picture 為 40 張來壓縮環物影片，並作為後續其他實驗之用。

		唐三彩馬	轉心瓶	唐三彩人俑
I=360	Size (單位:Kb)	5725	5374	3818
	FPS	22.1	21.8	23.1
I=40	Size (單位:Kb)	3783 (-34%)	4004 (-25.5%)	2420 (-36.6%)
	FPS	15.3	19.9	16.3
I=10	Size (單位:Kb)	3731 (-34.8%)	3873 (-27.9%)	2369 (-37.9)
	FPS	13.9	14.6	13.4

表 5.2 IDR pictures 個數對於壓縮檔案大小及操作性的影響

表 5.3 列出不同 IDR picture 數量對於壓縮後 PSNR 的影響，因為若每張影像均為 IDR picture 時，有沒有經過分群和排列對於影像品質是沒有任何影響。由於我們在排列環物影片時已經考量相似性高的影像分成同一群，同時也考慮對於其他的影像能夠有較佳 MC/ME 結果的影像優先排列，因此在 IDR picture 為 40 張時，Y channel 的 PSNR 平均提升了 0.23 dB，U channel 的 PSNR 平均提升了 0.24 dB，V channel 的 PSNR 平均提升了 0.28 dB；在 IDR picture 為 10 張時，Y channel 的 PSNR 平均提升了 0.22 dB，U channel 的 PSNR 平均提升了 0.2 dB，V channel 的 PSNR 平均提升了 0.21 dB。

		唐三彩馬		轉心瓶		唐三彩人俑	
		Clustering	No clustering	Clustering	No clustering	Clustering	No clustering
I=360	PSNR(Y)	41.36	-	43.64	-	43.55	-
	PSNR(U)	48.12	-	51.55	-	49.79	-
	PSNR(V)	46.21	-	44.21	-	47.63	-
I=40	PSNR(Y)	40.49	40.16	42.63	42.48	42.96	42.57
	PSNR(U)	47.31	47.07	50.22	50.11	49.16	48.79
	PSNR(V)	45.08	44.75	42.74	42.57	46.53	46.18
I=10	PSNR(Y)	40.26	40.05	42.56	42.39	42.76	42.47
	PSNR(U)	47.20	46.91	50.06	49.98	48.88	48.65
	PSNR(V)	44.84	44.57	42.51	42.39	46.27	46.04

表 5.3 影像分群與排列後對影像品質的影響

5.3 Compression Performance

表 5.4 和表 5.5 分別比較了我們的 decoder、encoder 和 reference software 在效能上的增進。重新改寫後的 reference software 每張解壓縮的時間比原先要快上 7 倍左右，如果再加上環物影片的 alpha 資訊省略掉不需要處理的 MB 之後，速度可以快上 10 倍以上，而 PSNR 並沒有因為速度的增加而降低，大致上維持與原本 reference software 相同的結果。就 decoder 來說，如表 5.4，我們已經能夠達到 15fps 以上的水準，再結合 cache 機制已經能夠使虛擬博物館提供 JIT rendering 的播放效果。

		Reference software JM9.0	Our decoder	Our decoder (with MB skipped)
唐三彩馬	Avg. time(ms)	474	64	50
	PSNR(Y)	40.06	40.04	40.15
	PSNR(U)	47.05	46.95	47.01
	PSNR(V)	44.73	44.42	44.48
轉心瓶	Avg. time(ms)	456	58	38
	PSNR(Y)	42.48	42.48	42.48
	PSNR(U)	50.05	49.50	49.67
	PSNR(V)	42.55	42.33	42.36
唐三彩人俑	Avg. time(ms)	454	60	42
	PSNR(Y)	42.47	42.47	42.58
	PSNR(U)	48.76	48.69	48.75
	PSNR(V)	46.14	45.80	45.86

表 5.4 Decoder效能比較表

藉由環物影片的 alpha 資訊，每組環物影片幾乎平均可以省略掉 50% 以上的 MB，使得環物影片的整體壓縮時間大幅的減少，除了唐三彩馬減少了 39.4% 的時間之外，其他兩組均節省了 50% 以上的時間。此外，因為省略掉的 MB 可以視為完全不失真，所以壓縮後的 PSNR 有微幅的提升。

		Reference software JM9.0	Our encoder
唐三彩馬	Total time(sec)	12180.6	7378.5(39.4%)
	Total bytes	4060653	4050276
	Avg. Skip MB	-	493.0 (48.1%)
	PSNR(Y)	40.06	40.16
	PSNR(U)	47.05	47.07
	PSNR(V)	44.73	44.75
轉心瓶	Total time(sec)	11229.5	5442.6(51.5%)
	Total bytes	3998430	3992374
	Avg. Skip MB	-	620.6 (60.6%)
	PSNR(Y)	42.48	42.48
	PSNR(U)	50.05	50.11
	PSNR(V)	42.55	42.57
唐三彩人俑	Total time(sec)	11322.6	5507.8(51.3%)
	Total bytes	2587975	2591339
	Avg. Skip MB	-	595.2 (58.1%)
	PSNR(Y)	42.47	42.57
	PSNR(U)	48.76	48.79
	PSNR(V)	46.14	46.18

表 5.5 Encoder效能比較表

5.4 Multi-layer Cache Testing

在多層暫存架構中，最底層的 NAL cache 大小會隨著目前解壓縮的環物影片而有所不同，為了能夠快速解壓縮加上壓縮後的環物影片大小約在 3-4 Mb 之間，因此我們會將所有的 NAL 都儲存起來。中間層的运动 vector 和 reference index cache 每一張影像需要 68 Kb，見表 5.6，在本系統為求較佳的播放速度，我們將儲存全部 360 張的環物影像的运动 vector 和 reference index cache，總共需要的記憶體為 23.9 Mb。我們針對不同 reconstructed frame cache 大小測試環物影片播放的順暢度，以及對記憶體的需求。測試的方式是針對不同的使用者觀看每個環物影片 60 秒之後記錄下播放的 fps，最後求取平均值。結果如表 5.7，即使只暫存 5 張的情況下系統仍然可以維持 10 fps 以上；當暫存所有環物影像時，隨著解出的影像越多使用者可以獲得越好的觀賞效果，但考量記憶體的使用量後我們系統所設定的 cache 大小為暫存 120 張，約使用 100 MB 的記憶體。

Buffer name	Formula	Object Movies w=512, h=512 (單位：byte)
Reconstructed frame	$3*w*h$	786432
Reference indices	$w/16*h/16*4$	4096
Motion vectors	$w/16*h/16*64$	65536

表 5.6 Cache 記憶體容量需求

	Memory requirement (Kb)	唐三彩馬	轉心瓶	唐三彩人俑
N=360(full caching)	276480	29.2	26.4	28.5
N=180	138240	18.5	20.1	19.6
N=120	92160	16.4	16.8	17.2
N=72	55296	13.4	14.5	14.3
N=36	27648	10.8	13.5	12.7
N=5 (only caching reference frame)	3840	10.4	11.2	10.8

表 5.7 不同 Cache 大小對環物影片播放的影響

5.5 System Overview

本節將簡單介紹本文所開發的程式介面，以及所應用的博物館虛擬展示系統。圖 5.2 是在 Windows 上利用 C++開發的環物影片播放測試平台，經 H.264 壓縮後的環物影片和其檔頭資訊(包括：影像大小、pan、tilt…)都封裝在單一檔案之中，副檔名為.pom (progressive object movie)，使用者可以藉由滑鼠拉動環物影片，自由地與環物影片互動。

圖 5.3 為利用增添式環場技術所發展的博物館虛擬導覽系統，本論的成果將實際應用在此系統當中，藉由降低 3D 虛擬文物的資料量大小達到網際網路觀賞的目的。

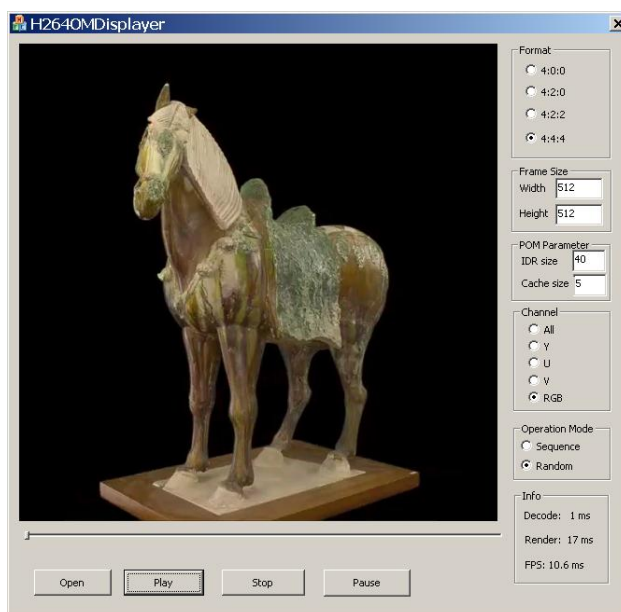


圖 5.2 系統介面-1

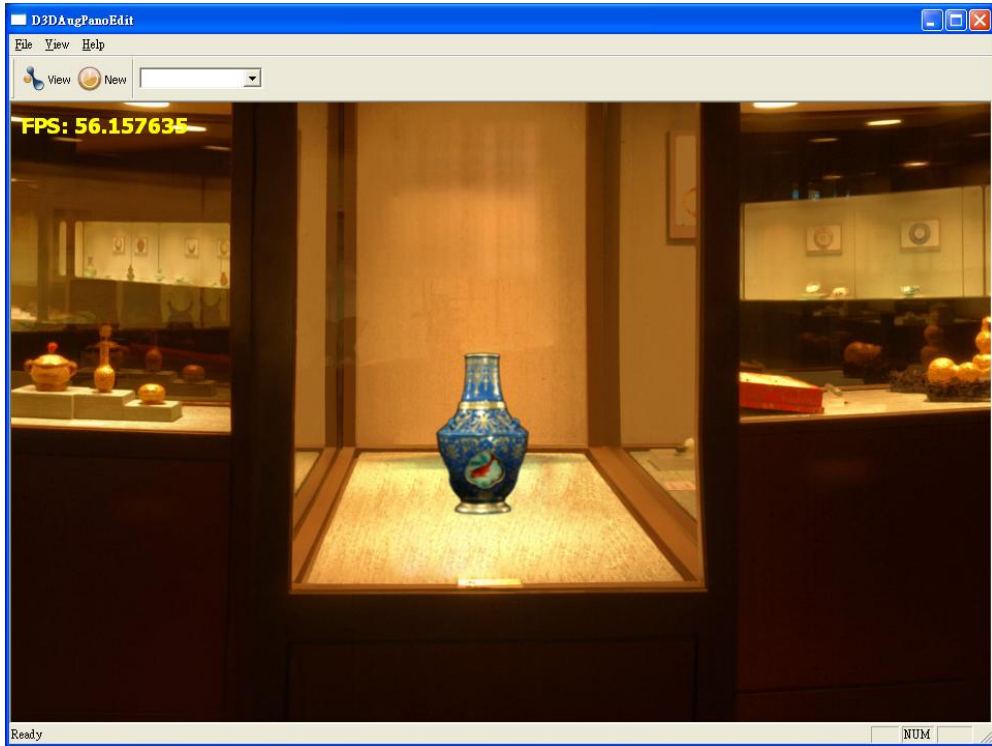


圖 5.3 系統介面-2