

國立交通大學

資訊學院 資訊學程

碩士論文



可 調 式 視 訊 人 臉 追 蹤

Face Tracking on Scalable Video

研 究 生：黃尚文

指 導 教 授：傅心家 教授

中 華 民 國 九 十 九 年 六 月

可調性視訊人臉追蹤

Face Tracking on Scalable Video

研 究 生：黃尚文

Student : Shang-Wen Huang

指導教授：傅心家

Advisor : Prof. Hsin-Chia Fu

國 立 交 通 大 學

資 訊 學 院 資 訊 學 程

碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Degree Program of Computer Science

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Computer Science

July 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

可調式視訊人臉追蹤研究

學生：黃尚文

指導教授：傅心家 教授

國立交通大學

資訊學院

資訊學程碩士班

摘 要

如何從靜態的影像中偵測出人臉如何從影像中偵測出人臉的位置長久以來一直是許多人所研究的問題，而動態的影片中來追蹤人臉更是更進一步的研究課題。人臉偵測追常見的應用在於支援人臉辨識與人臉追蹤。目前人臉辨識多以單張影像之辨識為主，很少有利用 3D 立體影像 進行人臉追蹤之研究。然而在人臉追蹤的研究上，目前大部分的文獻都還只是靜態資料庫上的測試，都還無法有效地拿來作即時性的應用，其中最大的困難就是不同的網路頻寬。

本論文提出基於可調式影像編碼下的人臉追蹤研究，在我們的系統架構下，整個系統可以區分成兩個部分：第一個部分是針對可調式影像編碼和解碼的方法，第二部份是對人臉追蹤的方法。我們希望以可調式影像編碼的方法來減少人臉追蹤時的資料量，在資料量減少的情形下，不影響辨識的結果以及影像的正確性，因為資料的減少便能大量縮減人臉辨識追蹤的時間，提高即時影像中人臉追蹤的能力。為了減少處理資料量，我們使用移動向量(MV)來追蹤。

Face Tracking in scalable video

Student: Shngng-Wen Huang

Advisor: Prof. Hsin-Ghia Fu

Degree Program of Computer Science

National Chiao Tung University

ABSTRACT

How is it measure people face to detect in static image, how be a lot of problem that people study since detect the position that measures the faces of people for a long time in the image and come to track in the dynamic film the faces of people are research lesson of nearly one step even more question. To distinguish for main fact pieces of image, few utilize 3D three-dimensional image carry on people research that face track. But on the research that tracks in the faces of people, present most documents are still only the test on static database, also unable to is it make instant application of to bring effectively, most heavy difficulty different network frequently wide among them. The paper is based on scalable video coding algorithm to do face tracking on scalable video, first part we introduce the algorithm of scalable video, second part is for face tracking method. We hope to reduce the data amount of processing face tracking, we use motion vector (MV) to make it.

誌謝

在就讀在職專班的年中，首先我要感謝我的指導教授傅心家教授，對我在多媒體視訊研究領域的指導，岳宏學長對影像技術所提供的支援和解惑，還有同學們努力不懈的態度，與及家人們的支持鼓勵，激勵著我不斷向前，最後我要謝謝交大的老師和在職專班資訊組 92 級的全體同學，帶給我充實研究生生涯。



目錄

中文摘要	III
英文摘要	IV
誌謝	V
目錄	VI
圖目錄	VIII
一、 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 目前研究現況.....	1
1.3 章節介紹.....	1
二、 可調式視訊編碼Scalable video coding.....	3
2.1 可調式視訊編碼流程.....	3
2.2 時間域小波分解.....	3
2.2.1 沿著移動軌跡的時間域小波分解.....	4
2.2.2 移動線程(Motion Threading).....	4
2.2.3 時間輕量化濾波器(Temporal lifting-based filter).....	5
2.2.4 輕量化線程(Lifting-based motion-threading).....	5
2.2.5 多層移動線程(Multi-layer Motion Threading).....	7
2.2.6 關聯式移動評估.....	9
2.2.7 最佳失真率評估準則	10
2.3 空間域小波分解(Spatial wavelet decomposition).....	11

2.4 Entropy Coding.....	12
三、可調性視訊之人臉追蹤.....	13
3.1 人臉追蹤系統架構.....	13
3.1.1 追蹤步驟.....	13
3.1.2 可調性視訊人臉追蹤系.....	13
3.2 人臉追蹤(Face Tracking).....	14
3.2.1 初始人臉位置.....	14
3.2.2 時間小波解碼追蹤分析.....	15
3.2.3 空間小波解碼追蹤分析.....	16
3.2.4 人臉追蹤流程.....	17
3.3 人臉追蹤實例說明.....	18
四、實驗結果與討論.....	20
4.1 實驗架構參數設定.....	20
4.2 時間調變實驗.....	21
4.3 空間調變實驗.....	22
4.4 實驗結果分析.....	22
五、結論與未來之研究.....	23
參考文獻.....	24

圖目錄

圖 2.1	可調性視訊編碼系統圖	3
圖 2.2	沿著移動軌跡的小波分解圖	4
圖 2.3	未經改變的移動線程三維小波編碼圖	4
圖 2.4	5/3 小波轉換圖 左邊是正向編碼, 右圖是反向解碼還原	5
圖 2.5	輕量化移動線程雙向搜尋圖	6
圖 2.6	時間維度的四層小波轉換圖	7
圖 2.7	同一時間維度上相鄰影像上的移動向量和移動評估關係圖	8
圖 2.8	不同時間層上移動向量和移動評估的關係圖	8
圖 2.9	移動評估流程圖	9
圖 2.10	移動評估八種模式選擇圖	10
圖 2.11	空間小波轉換圖	12
圖 2.12	以 lena 影像作時間作一次二維小波轉換範例圖	12
圖 3.1	可調性視訊人臉追蹤系統圖	13
圖 3.2	人臉部分微區塊(MB)Y 值示意圖	14
圖 3.3	經零次時間維度還原視訊圖	15
圖 3.4	經一次時間維度還原視訊圖	15
圖 3.5	經二次時間維度還原視訊圖	16
圖 3.6	經 N 次(N=0,1)空間維度還原視訊	17
圖 3.7	人臉追蹤概圖一	17

圖 3.8	人臉追蹤概圖二	18
圖 3.9	人臉追蹤實例圖(S=0,T=1)	18
圖 3.10	人臉追蹤實例圖(S=0,T=0)	19
圖 4.1	時間調變實驗圖	21
圖 4.2	空間調變實驗圖	22



一、緒論

1.1 研究動機

如何從靜態的影像中偵測出人臉如何從影像中偵測出人臉的位置長久以來一直是許多人所研究的問題，而動態的影片中來追蹤人臉更是更進一步的研究課題。人臉偵測追常見的應用在於支援人臉辨識與人臉追蹤。目前人臉辨識多以單張影像之辨識為主，很少有利用 3D 立體影像 進行人臉追蹤之研究。現今個人通訊已經相當地普遍，所以未來人臉追蹤將可以廣泛地應用在生活上，然而在人臉追蹤的研究上，目前大部分的文獻都還只是靜態資料庫上的測試，都還無法有效地拿來作即時性的應用，其中最大的困難就是**不同的網路頻寬**。可調式視訊的目的就是能在不同的網路頻寬上均可達到我們所希望的視訊品質，但在伺服器端卻只需提供一個檔案供所有的設備要求，即無論在用戶端所使用的設備為何，網路頻寬有多大，對伺服器都只要求同一個檔案，所以還可以大大的節省檔案伺服器對空間上的負擔。在人臉辨識前最重要的就是如何將人臉正確地定位出來，如果人臉定位的不準確，誤判的機率將大大的提高。

1.2 目前研究現況

當前並無使用可調性視訊的人臉追蹤，基於上述提出可調性視訊人臉追蹤。

1.3 章節介紹

在後面的章節中，我將於第二章中講到可調適編碼的知識原理，於第三章描述人臉追蹤的設計方法，接著在第四章描述設計的實做及實驗結果，最後一章描述本文的結論及未來研究的方向。



二、可調式視訊編碼 Scalable video coding

2.1 可調式視訊編碼流程

可調式視訊編碼在空間頻率維度 (space-frequency domain) 和時間為度提供了多

層 (Multi-scale) 影像的表示法，在傳輸速度 (rate)、品質 (quality) 和解析度 (Resolution) 上提供了可調式的能力。

右圖為可調性視訊編碼系統圖

由右圖可知可調式視訊編碼步驟

(1) 時間域小波分解

T_Module

(2) 空間域小波分解

S_Module

(3) Entropy coding

(4) Motion Estimation

移動估計

(5) Motion vector and mode select

移動向量和移動模式選擇

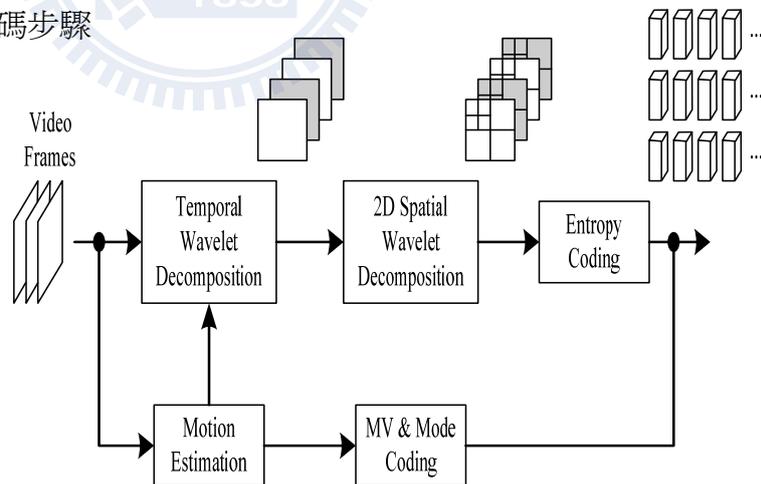


圖 2.1 可調性視訊編碼系統圖

2.2 時間域小波分解

2.2.1 沿著移動軌跡的時間域小波分解

我們以下圖表示沿著移動軌跡的小波分解圖

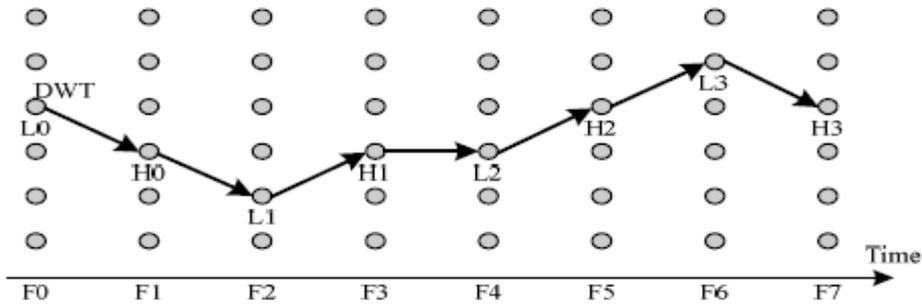


Figure : The temporal wavelet decomposition along with motion trajectory.

圖 2.2 沿著移動軌跡的小波分解圖

F_i : 代表原始輸入影片中第 i 個影像

H_i : 經過第 i 次離散小波高通 (High pass) 後的影像

L_i : 經過第 i 次離散小波低通 (Low Pass) 後的影像

DWT: 離散小波轉換

2.2.2 移動線程(Motion Threading)

下圖是原始未經改變的移動線程三維小波編碼圖

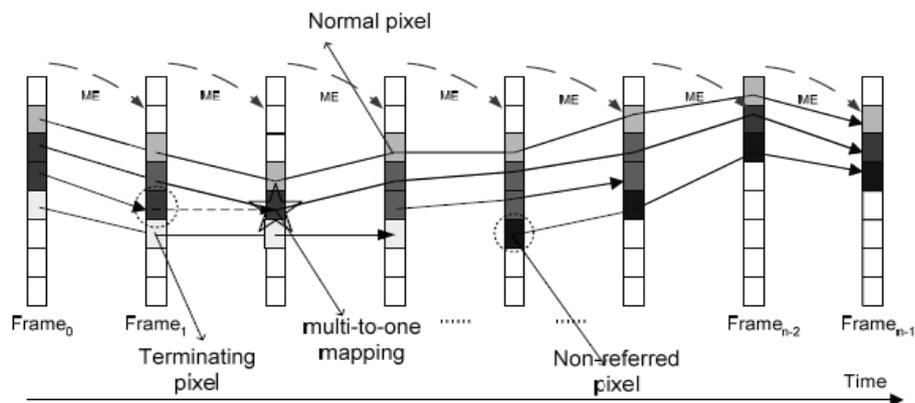


Figure : The original motion-threading 3D wavelet coding.

圖 2.3 未經改變的移動線程三維小波編碼圖

先把圖裡面的細項說明如下:

多對一點(Many to one mapping): 前一影像(frame)中許多個點對應到下一個

影像(frame)中同一點的點

終結點(Terminating pixel): 由於多對一只能留一條線程,其餘點便是終結點

無參照點(Non-referred pixel): 影像中 中沒有向前參考的點

2.2.3 時間輕量化濾波器(Temporal lifting-based filter)

我們在時間域小波轉換核心是採用 5/3 wavelet transform,說明如下圖.

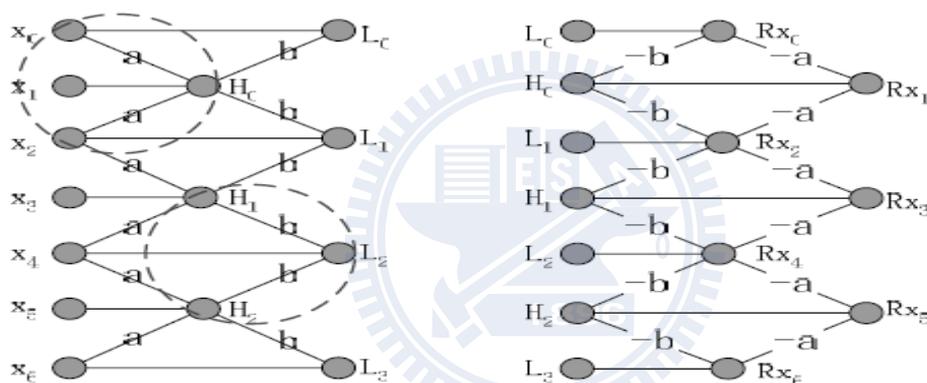


圖 2.4 5/3 小波轉換圖 左邊是正向編碼, 右圖是反向解碼還原

輸入訊號 { x_0, x_1, \dots, x_6 }

小波參數 { L_0, \dots, L_3 } & { H_0, \dots, H_2 }

$$\begin{cases} H_i = x_{2i+1} + a(x_{2i} + x_{2i+2}) \\ L_i = x_{2i} + b(H_{i-1} + H_i) \end{cases}$$

with $a = -1/2, b = 1/4$. (2.1)

2.2.4 輕量化線程(Lifting-based motion-threading)

首先為了解決 2.2.2 中終結點跟無參照點的問題先改良了 5/3 wavelet transform 變成改良式 5/3 小波轉換(advanced 5/3 lifting-based wavelet transform)如

下:

$$\begin{cases} P_{H_i} = P_{F_{2i+1}} + a \times (MT(F_{2i}) + MT(F_{2i+2})) \\ P_{L_i} = P_{F_{2i}} + b \times (MT(H_{i-1}) + MT(H_i)) \end{cases} \quad (2.2)$$

$P_{F_{2i}}$ & $P_{F_{2i+1}}$: 要被更新的現在像素

$MT(\cdot)$: 相鄰影像中映射的像素

P_{H_i} & P_{L_i} : 現在像素的小波係數

有了改良式 5/3 小波轉換,相對就衍生出雙向搜尋的輕量化移動線程如下圖:

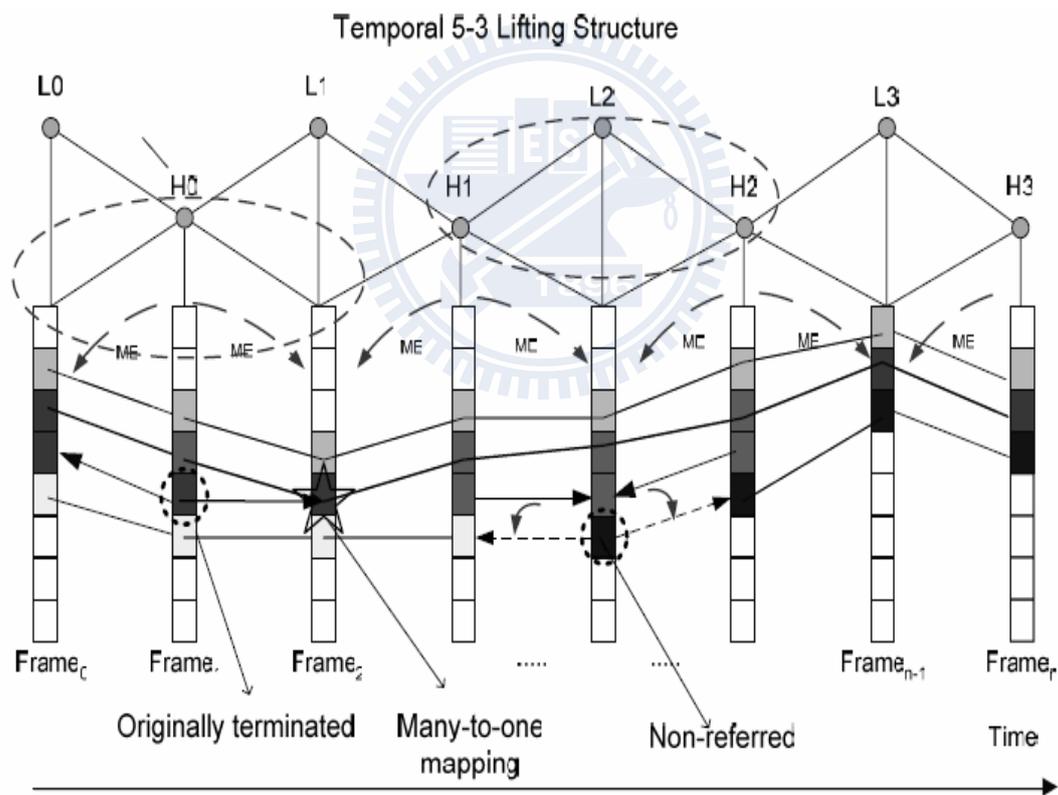


Figure 2: Lifting-based MT with bi-directional motion search.

圖 2.5 輕量化移動線程雙向搜尋圖

由上圖知道每一個點保證可以向前跟向後連接,這樣便解決了無參照點跟終結點的問題.

2.2.5 多層移動線程(Multi-layer Motion Threading)

可調式視訊編碼中可以經過多次的時間域的小波轉換,這裡已經時間域四次轉換

如下圖所示:

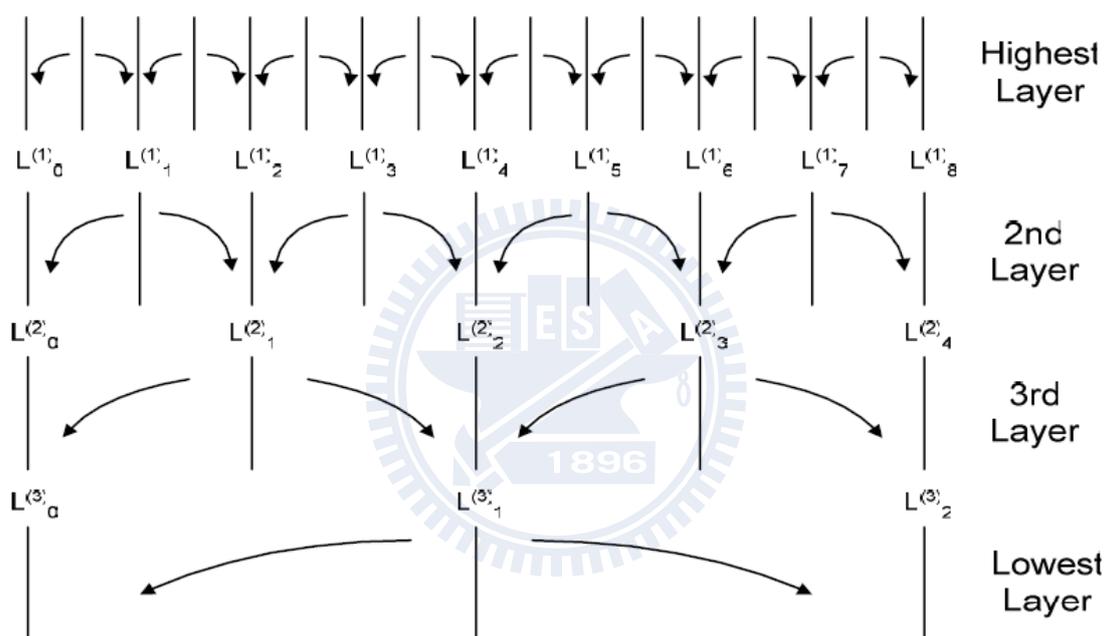


圖 2.6 時間維度的四層小波轉換圖

在這四層架構示意圖中，可以看到在每層都有移動向量，而在較低層的移動向量

也可以由較高層而來，而高層移動向量也可以由低層而來。

下圖可以看出實際在相鄰影像的移動向量和移動評估的關係

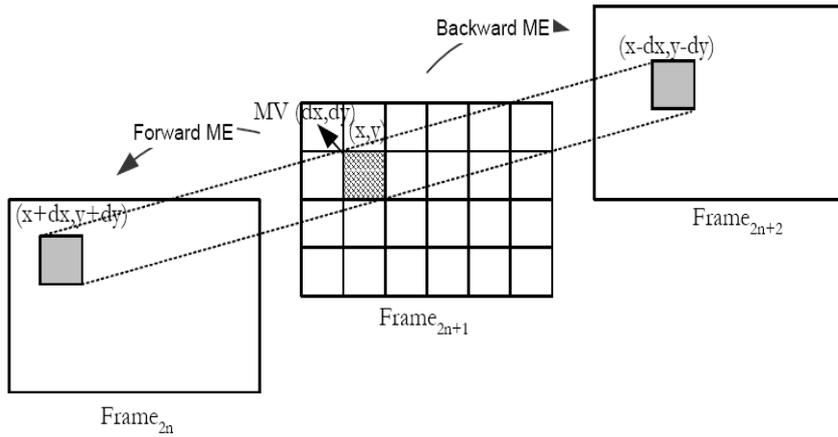


圖 2.7 同一時間維度上相鄰影像上的移動向量和移動評估關係圖

微區塊(MB): micro block 大小為 16 X 16 pixel

在每一對的相鄰階層中,每一層是以微區塊為大小作移動向量的產出,這個移動向

量用以預設出另一層的影像.

兩種參考模式:向前(FwdDir)或向後(BwdDir) MB modes

高層到低層: 完全轉換

低層到高層: 低層要經過時間域上長期的區間

在不同層移動向量和移動評估關係如下

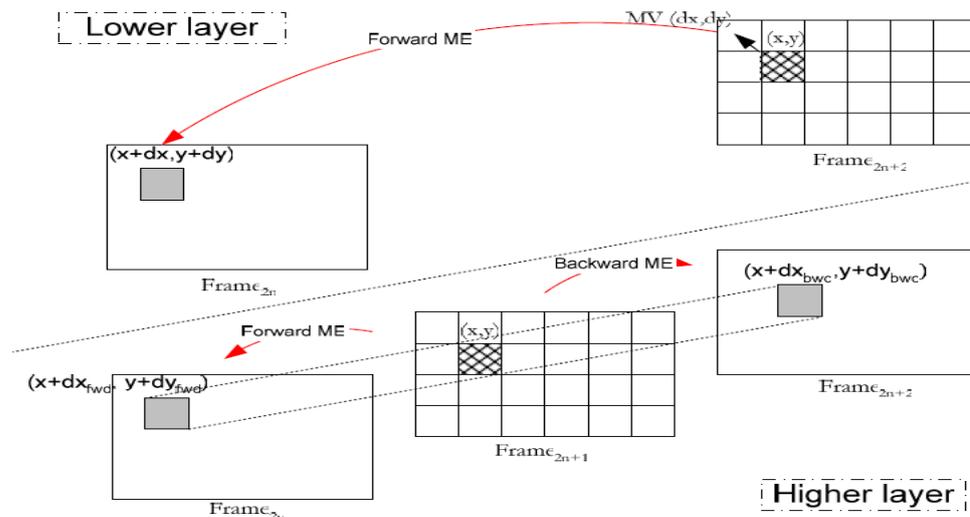


圖 2.8 不同時間層上移動向量和移動評估關係圖

2.2.6 關聯式移動評估

爲了使時間維度轉換的移動評估的速度失真率 (Rate-Distortion) 能最小，所以提供八種模式選擇，下面是移動評估的流程圖，在每個奇數影格中的 MB (Micro Block) 搜尋移動評估模式。

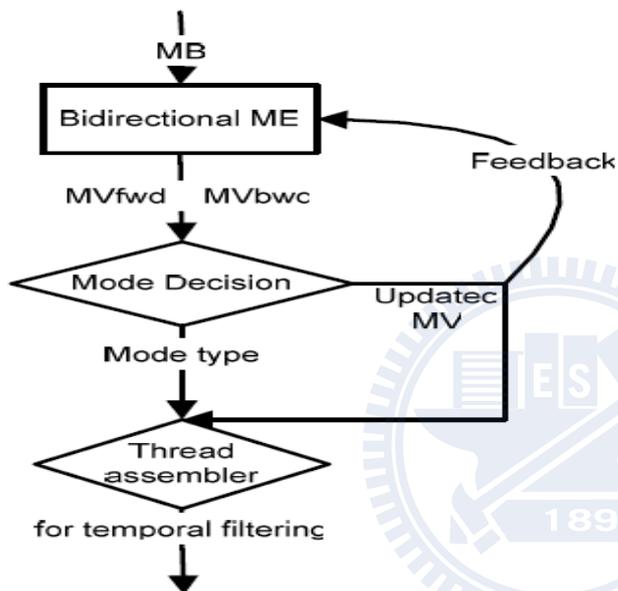


圖 2.9 移動評估的流程圖

以下是八種模式的圖示：

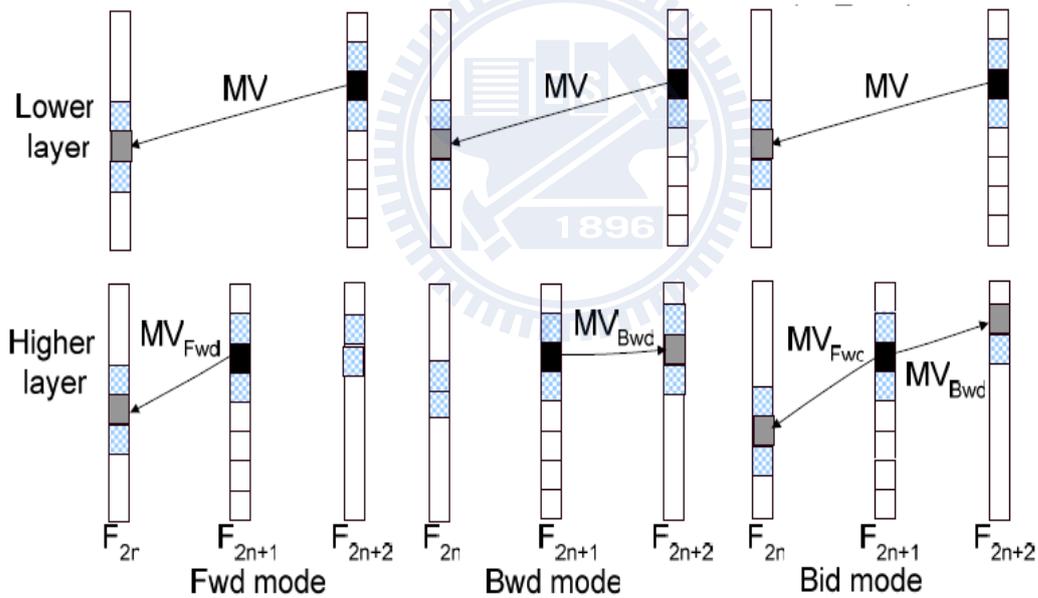
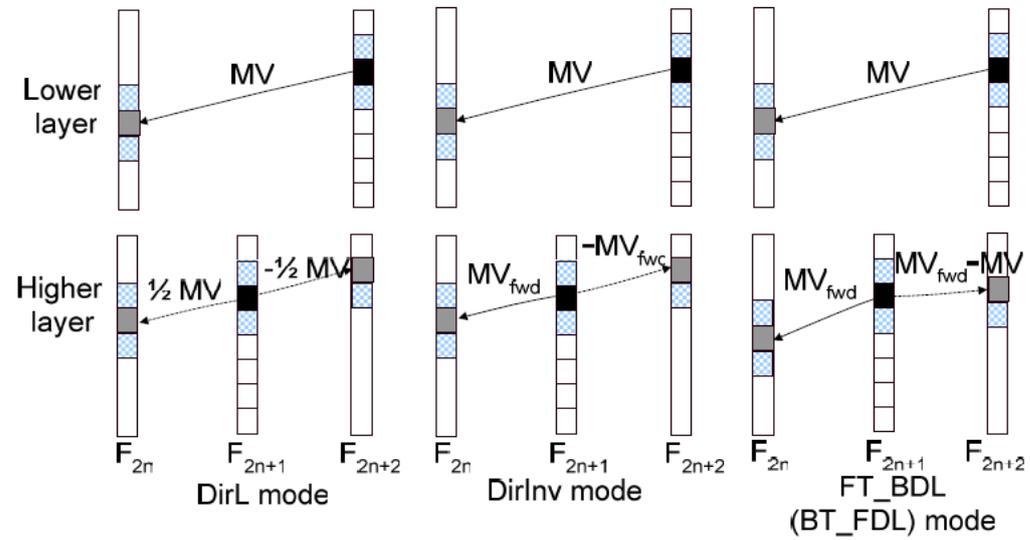


圖 2.10 移動評估八種模式選擇圖

2.2.7 最佳失真率評估準則

最佳失真率評估準則:選擇最低代價.

最低代價公式如下:

$$Cost = \eta \cdot SAD + \lambda \cdot Bits_{motion} \quad (2.3)$$

SAD: 相鄰影像中根據移動向量找到的相對應區塊的以微區塊為單位的差集合.

Bitsmotion: 需要去編碼移動向量相異值(Motion vector difference)的位元數

η : 2 代表選擇向前或向後參考模式; 1 代表其他參考模式.

λ : 控制失真率最佳化的權重.

2.3 空間域小波分解(Spatial wavelet decomposition)

可調式視訊編碼為了也能產出不同解析度的編碼,所以便使用了空間域的小波分解濾波器。空間濾波器 (Space filter) 可以為下列幾種之一 :Haar wavelet transform 跟 9/7wavelet transform。

空間小波分解為了方便說明以 Haar filter 為例，但實作上以 9/7 wavelet filter 為主。

空間濾波器 (Space Haar filter)

-上下運算

-左右運算

-低頻集中在左上，高頻在右下

LL	HL
LH	HH

每個畫面(Frame) 像數(Pixel) 係數分佈如下，經過一次空間二維小波轉換後：

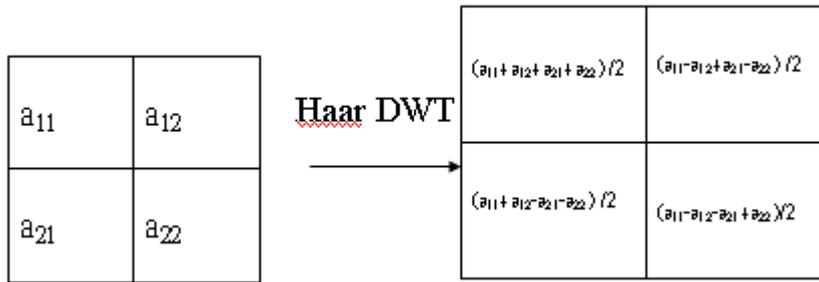


圖 2.11 空間小波轉換圖

現在以標準的 lena 影像圖做例子



圖 2.12 以 lena 影像作時間作一次二維小波轉換範例圖

2.4 Entropy Coding

採用 3-D ESCOT (Three- dimensional Embedded sub-band coding with optimized truncation)

3-D ESCOT 作法方式如下

- (1)Context-based adaptive arithmetic coder.
- (2)Bit-plane coding
- (3)Global rate-distortion optimization

三、可調性視訊之人臉追蹤

3.1 人臉追蹤系統架構

3.1.1 追蹤步驟

- (1). 決定人臉位置區塊，取其中幾個接近中心 $16*16$ pixels micro block 為初始 MV 之 Micro block。
- (2). 取出連續感興趣的人臉區塊的移動向量(MV)和 Mode Decision code (MD)。
- (3). 根據人臉移動向量(MV)和(MD)得到移動評估(ME)以紅線標示人臉位置，以達到人臉追蹤目標。

3.1.2 可調性視訊人臉追蹤系統

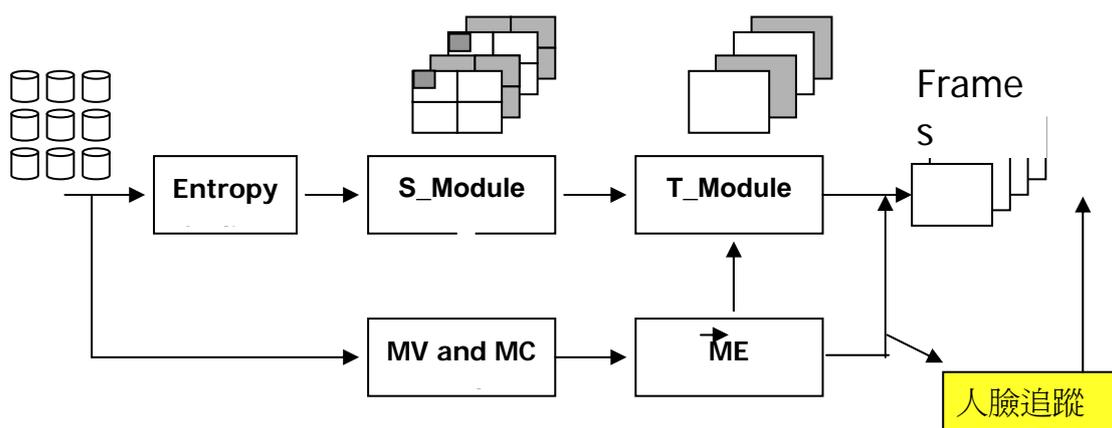


圖 3.1 可調性視訊人臉追蹤系統圖

ME: (Motion Estimation)

3.2 人臉追蹤(Face Tracking)

3.2.1 初始人臉位置

因為我們的重點在做追蹤，任何前處理的影像，若直接對其作人臉偵測，勢必遇到兩個問題:1.人臉的位置不可得知; 2.人臉的大小亦不知道。在這種情形下做人臉追蹤，不但耗時亦非必要，所以我們先取第一張影像的人臉位置微區塊的

移動向量(MVs)。如下所示：

- Color model:
 $((Y > 105) \parallel (Y < 149)) \&\& ((U > 115) \parallel (U < 128)) ((V > 135) \parallel (V < 148))$
-
- 取臉部 16*16 micro block,左圖以 8*8 Y 值示意
-
- 取出初始人臉位置作為初始 MV micro block(MB)



112	112	112	112	112	112	112	112
112	112	112	112	112	112	112	112
112	112	112	112	112	112	112	112
112	112	112	112	112	112	112	112
112	112	112	112	112	112	112	112
112	112	112	112	112	112	112	112
112	112	112	112	112	112	112	112
112	112	112	112	112	112	112	112

以 Y 值表示

圖 3.2 人臉部分微區塊(MB)Y 值示意圖

3.2.2 時間小波解碼追蹤分析

(1) 視訊做零次時間調變：所需追蹤的影像(frame)數減半，亦即根據圖 2.6，取出可調性視訊時間維度第一層的移動向量(MV)和移動評估(ME)去做追蹤。

- 經零次T_Module(T=0) 解出的總Frame 數不變。

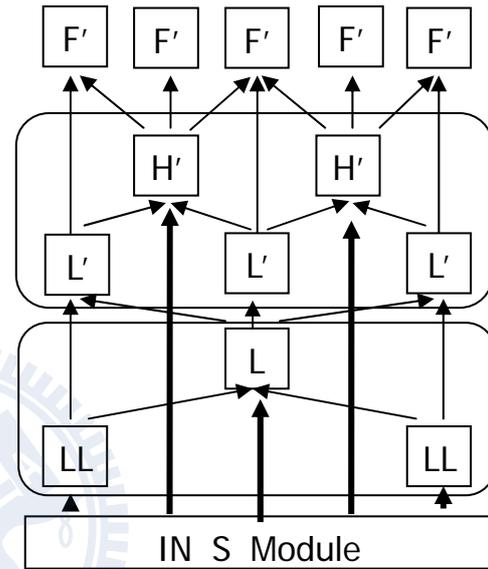


圖 3.3 經零次時間維度還原視訊

(2) 視訊做一次時間調變：所需追蹤的影像(frame)數減半，亦即根據圖 2.6，取出可調性視訊時間維度第二層的移動向量(MV)和移動評估(ME)去做追蹤。

- 經一次T_Module(T=1) 解出的總Frame 數減少一半，還原的 frame 中不含原來的 奇數 frame，所以只需要追蹤 $\frac{1}{2}$ frame數。

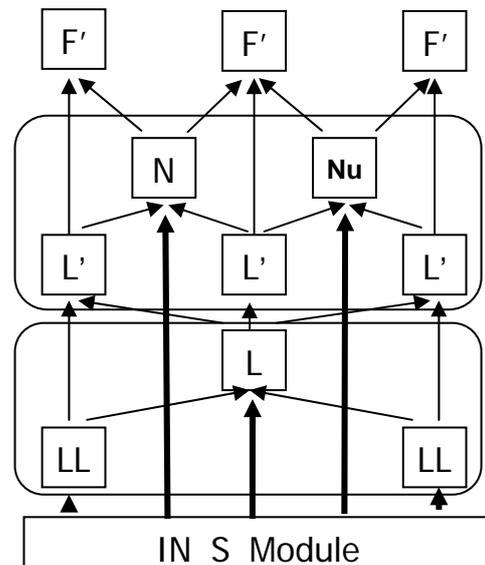


圖 3.4 經一次時間維度還原視訊

(3) 視訊做一次時間調變：所需追蹤的影像(frame)數減半，亦即根據圖 2.6，取出可調性視訊時間維度第三層的移動向量(MV)和移動評估(ME)去做追蹤。

- 經二次T_Module(T=2)
解出的總Frame 數減為原來
1/4，還原的frame 中只含原來
編號 0,4,8,12..，所以只需要
追蹤1/4 frame數。

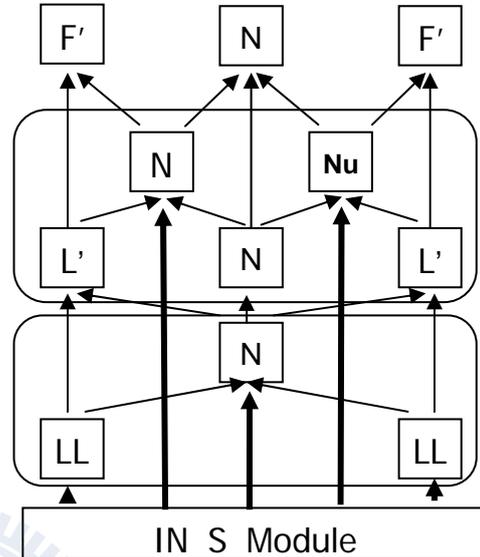


圖 3.5 經二次時間維度還原視訊

3.2.3 空間小波解碼追蹤分析

- (1) 經過兩次 S_Module 轉換後, LL2 subband 代表最低解析度 Frame。
- (2) 對單一 Frame 而言，選擇在 S_Module 做 n 次, 代表還原回來的 Frame 大小和 MV 各做 n 次 down sample。
- (3) 因為 MB 為 16*16 pixels 大小，所以實驗中 S_Module 最多做一次。

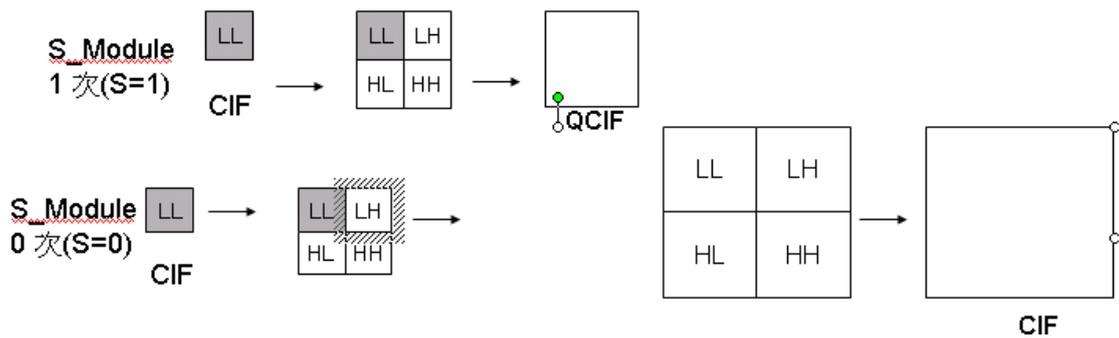


圖 3.6 經 N 次(N=0,1)空間維度還原視訊

3.2.4 人臉追蹤流程

(1)

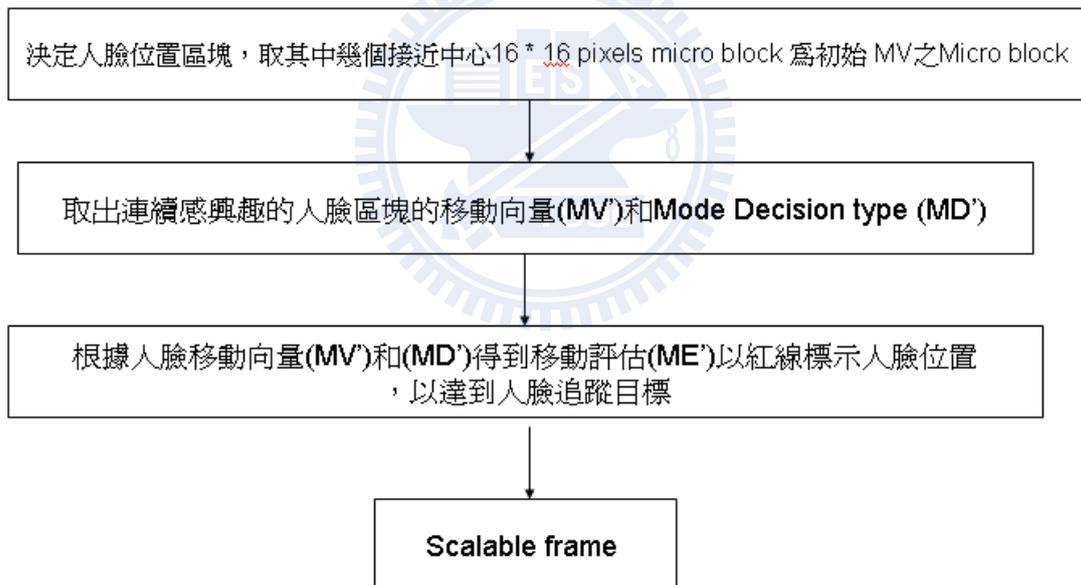


圖 3.7 人臉追蹤流程概圖一

(2)

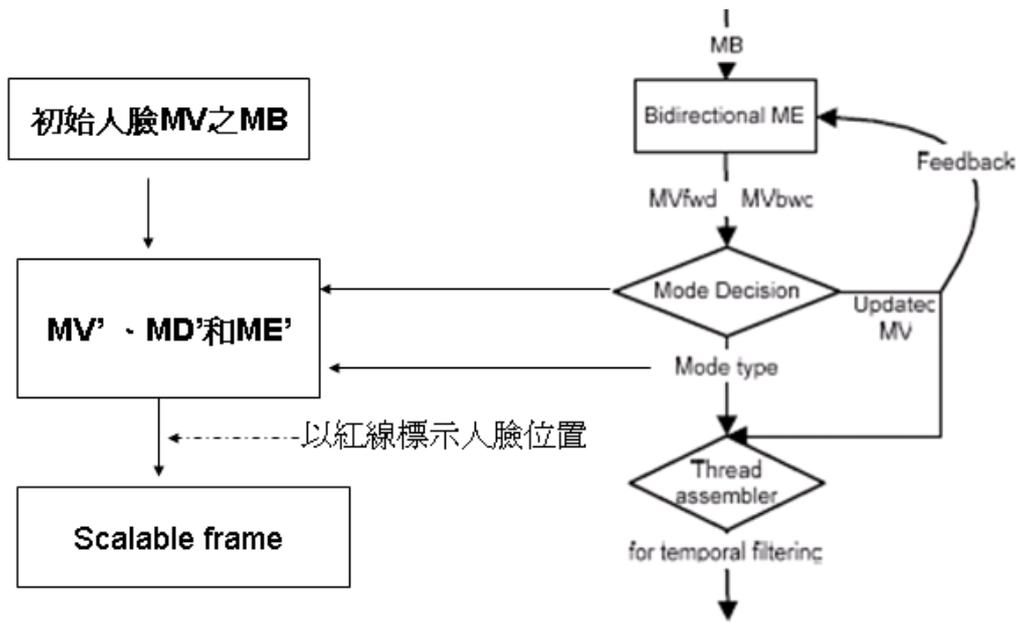


圖 3.8 人臉追蹤流程概圖二

3.3 人臉追蹤實例說明

(1) 以紅線標示 Scalable frame (F'0、F'1、F2'、F'3...)人臉位置

以 S=0(做零次 S_Module),T=1(做一次 T_Module)為例



圖 3.9 人臉追蹤實例圖(S=0,T=1)

(2)以紅線標示 Scalable frame (F'0、F'1、F'2、F'3...)人臉位置

以 S=0(做零次 S_Module),T=0(做一次 T_Module)為例

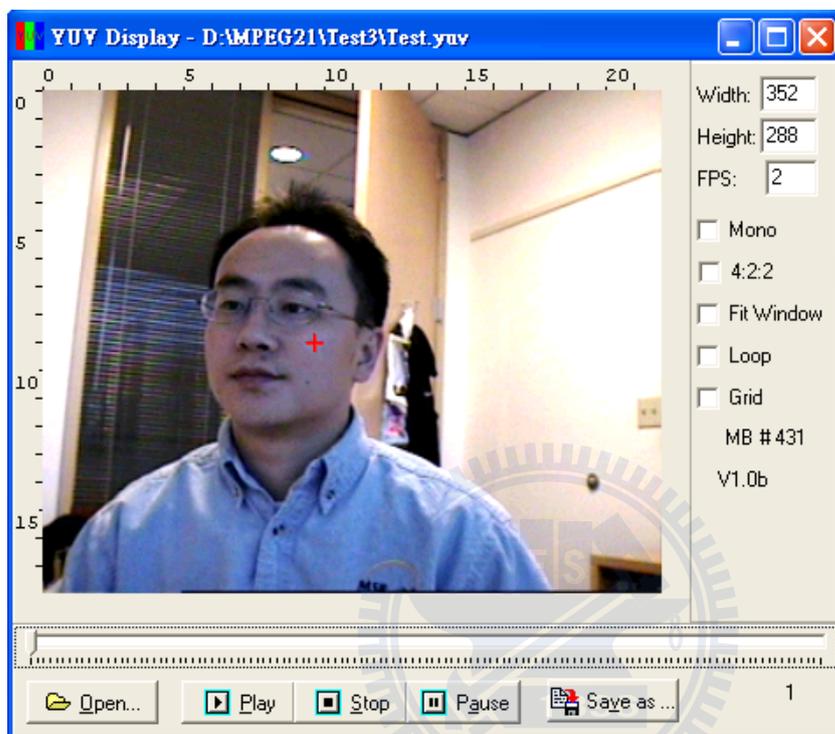


圖 3.10 人臉追蹤實例圖(S=0,T=0)

四、實驗結果與討論

4.1 實驗架構參數設定

Source yuv file for Encoder : Test.yuv

Output bittream file: Test.bit (編碼)

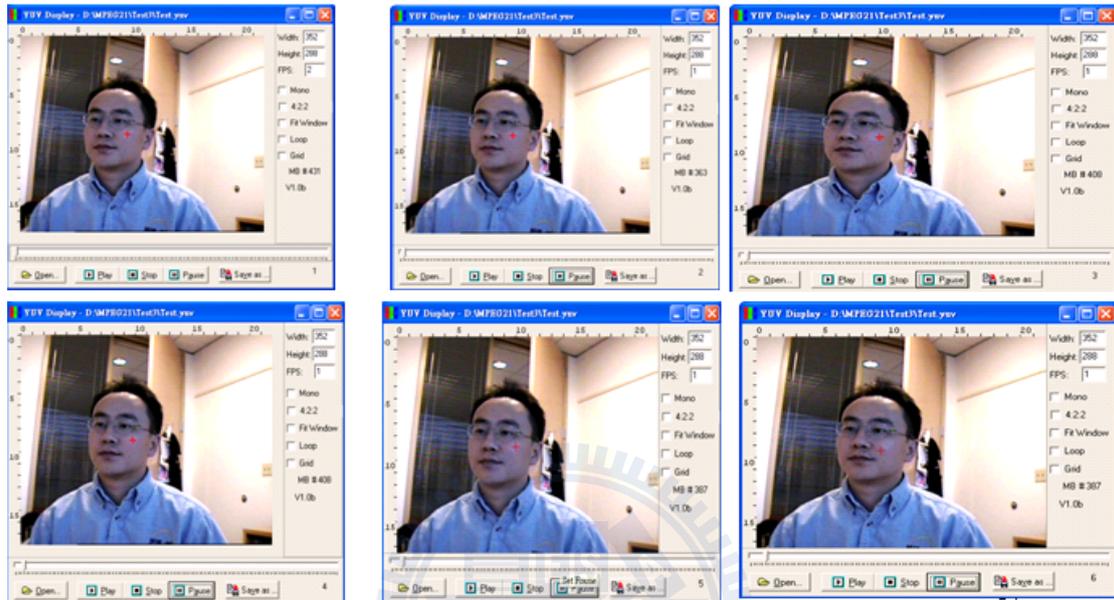
config檔設定：

- frame_width = 352
- frame_height = 288
- frame_number = 122
- level_s = 1 ;Number of supported spatial scalabilities
- temporal_number = 2 ;Number of temporal transform
- Frame_rate : 30 / Second
- Multi-Layer Bitstream : bitstream_layers = 5
- layer0: <S=1 & T=2 & Rate=128 & EndSs=1,1>
- layer1 : <S=1 & T=1 & Rate=64 >
- layer2 : <S=0 & T= 1 & Rate=256>
- layer3 : <S=0 & T=1 & Rate=384>
- layer4 : <S=0 & T=0 & Rate=896>

4.2 時間調變實驗

參數設定 $S=0$, $T=0$

請參考附件DecSeq_352x288_30_mcw.yuv



參數設定 $S=0$, $T=1$

請參考附件DecSeq_352x288_15_mcw.yuv

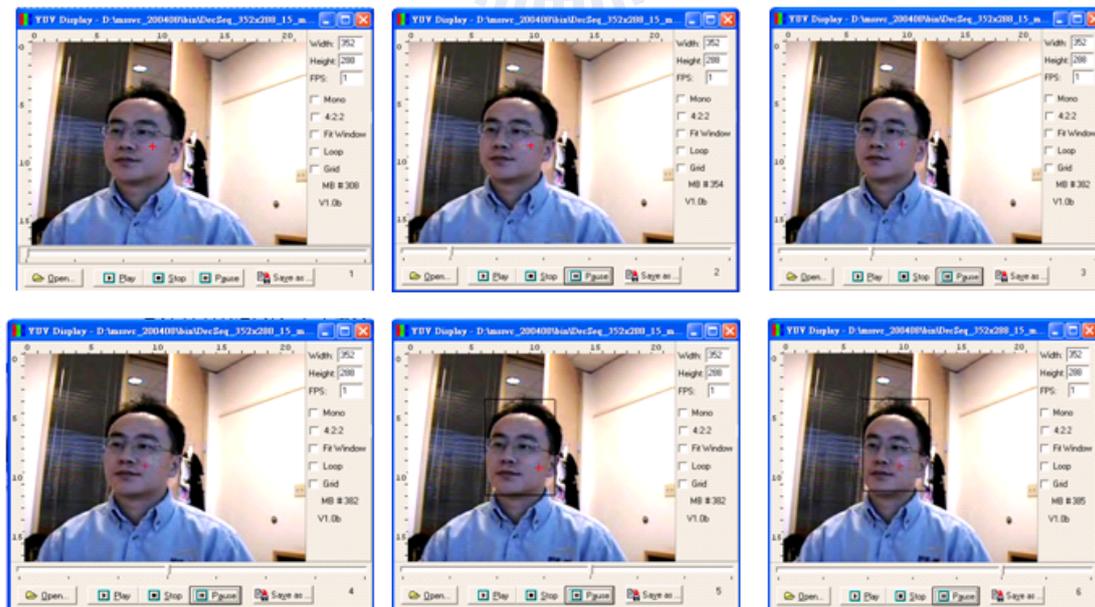


圖 4.1 時間調變實驗圖

4.3 空間調變實驗

參數設定 $S=1$, $T=1$
請參考附件DecSeq_176x144_15_mcw.yuv

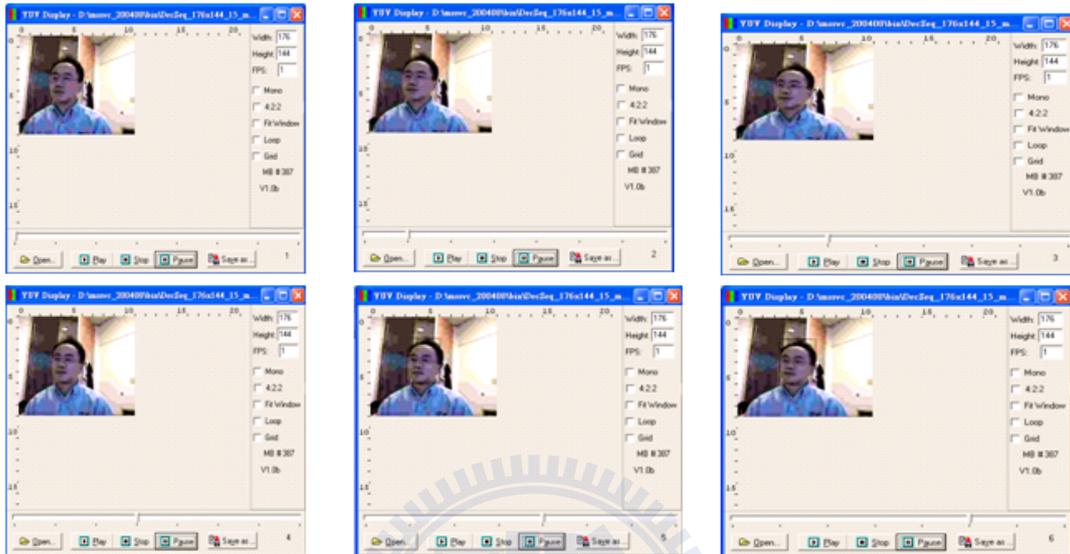


圖 4.2 空間調變實驗圖

4.4 實驗結果分析

因為 MV 跟時間域比較有關聯性，預期沒經空間調變的 frame 追蹤成功率
高，從實驗結果看來不管經時間域 N 次調變($N=0, 1, 2$)追蹤成功率都接近
100%，而經空間域調變者，成功率大約 50%。

五、結論與未來之研究

1.利用可調性視訊空間/時間特性於 Decoder 端選擇在 In_T_module 後還原 Frame

嵌入人臉追蹤程式。

2.因為是以 MV 作為只要人臉追蹤依據，故可以以較少資料分析處理完成。

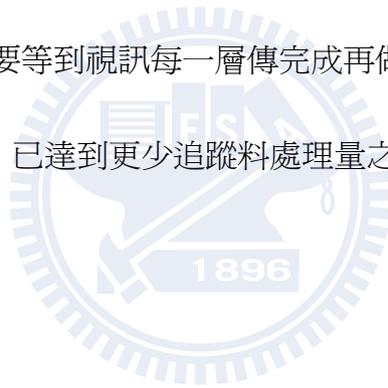
3.因為 MV 跟時間域比較有關聯性，所以沒經空間調變的 frame 追蹤成功率高。

4.因為 MV 跟時間域比較有關聯性，所以經空間調變的 frame 追蹤成功率低。

5.不同頻寬、不同時間壓縮、不同空間壓縮的資料串流，均可做臉追蹤。

6.希望未來在追蹤上不需要等到視訊每一層傳完成再做，而能在個別影像層經

T_Module 完成後做追蹤，已達到更少追蹤料處理量之效果。



參考文獻

1. Wenxian Yang, Feng Wu, Yan Lu, Jianfei Cai, King Ngi Ngan, Shipeng Li, Scalable Multiview Video Coding Using Wavelet, 2005.
2. Xiangyang Ji, Jizheng Xu, Debin Zhao, Feng Wu, "Architectures of incorporating MPEG-4 AVC into three-dimensional wavelet video coding," Picture Coding Symposium, San Francisco, CA, USA, Dec 2004.
3. J.-Z. Xu, S. Li and Y.-Q. Zhang, "Three-dimensional shape-adaptive discrete wavelet transforms for efficient object-based video coding," to be appeared in Proceedings of SPIE VCIP'2000, Perth, Australia, July, 2000.
4. Lin Luo, Feng Wu, Shipeng Li, Zhenquan Zhuang, and Ya-Qin Zhang, A two-pass optimal motion-threading technique for 3D wavelet video coding, IEEE Intl. Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2002), pp.819-822, Scottsdale, AZ.
5. Lin Luo, Feng Wu, Shipeng Li, and Zhenquan Zhuang, Advanced lifting-based Motion-Threading (MTh) techniques for 3D wavelet video coding, invited paper, to appear in SPIE/IEEE Visual Communications and Image Processing (VCIP2003), Lugano, Switzerland.
6. Lin Luo, Feng Wu, Shipeng Li, and Zhenquan Zhuang, Layer-correlated motion estimation and motion vector coding for the 3D-wavelet video coding, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP2003), Barcelona, Spain.
7. Lin Luo, Feng Wu, Shipeng Li, Zixiang Xiong, Zhenquan Zhuang, "Advanced motion threading for 3D wavelet video coding", Signal Processing: Image Communication, special issue on subband/wavelet video coding, 2004.
8. Wanzeng Kong, Shan'an Zhu, "A New Method of Single Color Face Detection Based on Skin Model and Gaussian Distribution 2006.
9. Kumar, C. N. Ravi Bindu, A., An Efficient Skin Illumination Compensation Model for Efficient Face Detection, 2006.
10. J. Yang and A. Waibel, "A real-time tracker," in proc. Of the 3rd IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, Dec. 1996, pp.142-147.
11. U. Neumann, I. Cohen, S. You, D. Fidaleo, and K. Seo, "Real-time face detection from one camera," in IMSC and computer science, USC.
12. G. L. Foresti, C. Micheloni, L. Snidaro, and C. Marchiol, "Face detection for visual surveillance," in Proc. of the 12th IEEE International Conference on Image Analysis and Processing, Sept. 2003, pp. 115-120.
13. R. L. Hsu, M. A. Mottaleb, and A. K. Jain, "Face detection in color images," IEEE Trans.

- Pattern Anal. Machine Intell., vol. 24, pp. 696–706, 2002.
14. C. Gareia and M. Delakis, “Convolution face finder: a neural architecture for fast and robust face detection,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 26, no. 11, pp. 1408-1423, 2004.
 15. M. H. Yang, D. J. Krieguan, and N. Abuja, “Detecting faces in images: a survey,” IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol, 24, no. 1, pp. 34-58, Jan 2002.

