

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 高速生醫影像的追蹤及重建系統 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 99-2221-E-216-053-  
執行期間：99年08月01日至100年07月31日  
執行單位：中華大學生物資訊學系

計畫主持人：林志陽

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：林韋廷  
碩士班研究生-兼任助理人員：袁嘉蓉

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公開資訊：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 100 年 10 月 31 日

中文摘要： 本計劃將開發生醫影像重建及追蹤技術外，並應用於生醫研究: 如共軛焦(Confocol)顯微鏡影像的切割及 Rainbow 影像的重建等。在臨床醫學應用如:腎病、帕金森氏病的診斷及追蹤治療，及應用於同步輻射影像影像對齊(Alignment) 及重建 (Reconstruction)等，並利用高速攝影機的追蹤生物的活動(如果蠅等)。由於 GPU(Graphics Processing Unit)技術的成熟，我們也將開發 GPU 版的基礎影像函式庫來加速處理速度。

英文摘要： In this proposal, we will develop a high-speed tracking and reconstruction technique and applied to biomedical study. For instance: reconstruction for confocol microscope images, rainbow images, etc. Application for clinical medicine includes the diagnosis of the disease and treatment tracking for kidney and Parkinson, alignment and reconstruction for synchrotron images. Application for biological includes the track of the fly activity. Because of GPU (Graphics Processing Unit) Maturity of technology, we will also develop the GPU version library for of basic image process function to accelerate processing speeds too

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  
 期中進度報告

(計畫名稱)

高速生醫影像的追蹤及重建系統

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 99-2221-E-216-053

執行期間：2010 年 8 月 1 日 至 2011 年 7 月 31 日

執行機構及系所：中華大學 生物資訊系

計畫主持人：林志陽

共同主持人：

計畫參與人員：林韋廷 袁嘉蓉

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本計畫除繳交成果報告外，另須繳交以下出國心得報告：

赴國外出差或研習心得報告

赴大陸地區出差或研習心得報告

出席國際學術會議心得報告

國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

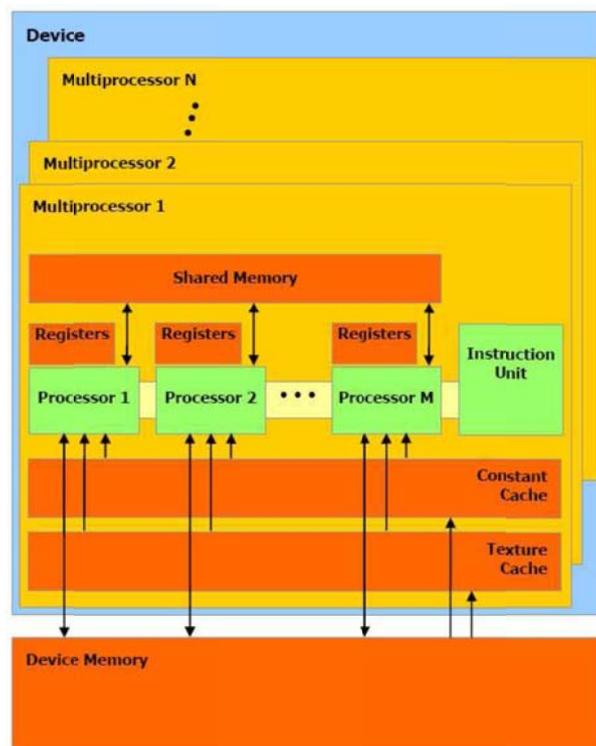
中 華 民 國 2011 年 10 月 12 日

## 前言

本計劃主持人從事於生物醫學影像方面研究，在研究期間發現許多需要高速影像的追蹤及重建技術的生醫影像應用，例如果蠅行為追蹤，斑馬魚電擊研究，心導管內視鏡攝影，血管內超音波(IVUS)，腸胃道內視鏡(EUS)，許多生醫研究或醫療及手術需要及時高速取像及分析，過去由於硬體的限制我們不容易以廉價的方式達到即時的影像分析及重建。由於 GPU 的硬體架構設計，使得 GPU 具有 SIMD (Single Instruction Multiple Data) 的平行運算能力，因此本計畫將藉由 GPU 的平行處理及運算能力進行高速影像的取像及分析應用於生醫的研發及實作。

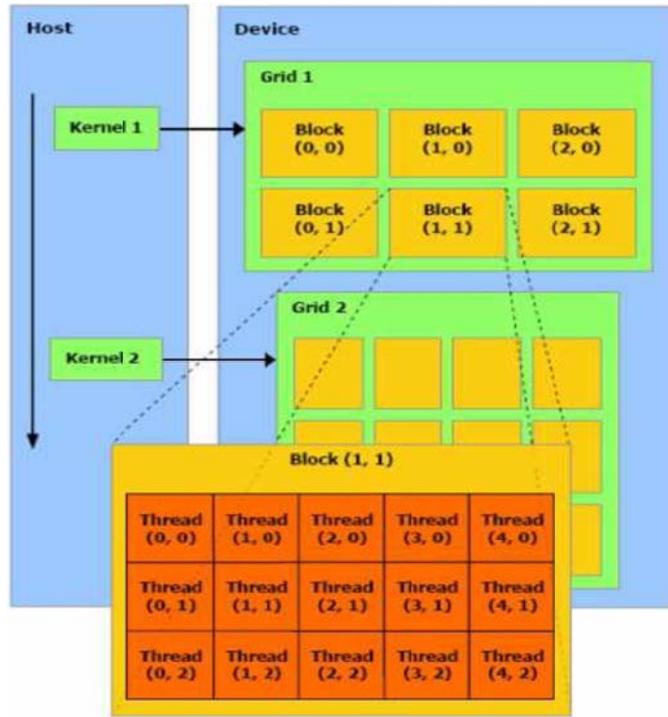
## 研究方法

GPU 程式設計的部分，我們採用 計算統一設備架構 (Compute Unified Device Architecture, CUDA)，藉由 CUDA 來分配管理 GPU 的資料平行計算；透過 C 語言與 CUDA 的函式庫來編寫，GPU 的硬體模型擁有一套 SIMD 的多處理器 (Multiprocessors, MP)，如圖四所示，每一個 multiprocessors 裡包含了四種晶片記憶體：Registers、Shared memory、Constant cache 以及 Texture cache。在每一個時程中，multiprocessor 裡的每一個串流處理器 (Stream processor, SP) 同時執行相同指令。例如，NVIDIA Geforce 8800GTX 架構上擁有 16 個 multiprocessors, 每一個 multiprocessor 包含 8 個 Stream processor，所以總共有 128 個 Stream processor。



圖四. CUDA 硬體架構

圖五表示 CUDA 的程式架構，CUDA 如同其他圖形應用程式介面 OpenGL 以及 Direct3D，允許程式設計師運用 C 語言來做程式的編譯。Host 指的是 CPU 端，Device 指的是 GPU 端，在 CUDA 的程式架構中，主程式是由 CPU 端來執行，而遇到了資料平行處理的部份，就會將要在 GPU 端執行的程式編譯成 Device 能執行的程式，在交由 Device 執行。而這段 Device 執行的程式在 CUDA 裡稱為核心 (Kernel)。在 CUDA 中，GPU 是能同時執行大量執行緒 (Thread) 的計算裝置，每一群執行緒被組織成一個區塊 (Block)。區塊是執行緒的集合，且經由共享記憶體同步地、有效地共享資料。區塊能夠進一步的組織為網格 (Grid)。不過執行緒在不同的區塊不能傳遞以及同步。



圖五. CUDA 程式架構

假如資料經過分割後暫存在 multiprocessors，每一個 multiprocessor 會擁有一個或多個區塊，一個區塊內又包含多個執行緒，有多少個執行緒以及區塊將執行指令，則視使用者分配區塊以及網格的大小而定。有效地將資料分配在每個執行緒是很重要的，多個執行緒以及區塊有便於執行指令時隱藏記憶體存取延遲問題。

在 CUDA 中，另一個概念是執行纜 (Warp)，CUDA 在實際執行時會以區塊為單位，而區塊中的執行緒又會以執行纜為單位，每 32 個執行緒為一個執行纜，同一個執行纜裡的執行緒執行同一個指令。而執行纜的分組動作是由 multiprocessor 自動分配的，會以連續的方式來做分組，舉例來說，一個區塊裡有 128 個執行緒，就會被分成四組執行纜，第 0 個到第 31 個執行緒為第一組，第 32 個到第 63 個執行緒為第二組，以此類推，當一個區塊裡的執行緒無法被 32 整除時，剩餘的執行緒會被編在同一個執行纜裡。而每一個 multiprocessor 有個 8 個 processor，所以可以在 4 個週期執行完一個執行纜。

平行化演算法的加速運算可為臨床或即時生物影像分析上帶來極大的便利。許多原先

採用 CPU 作運算，無法達到即時(Real Time) 運算，而採用 GPU 的演算法程式後可以達成即時(Real Time)運算。

## 結果與討論

我們將研究結果應用於果蠅求偶行為(Courtship)的追蹤，果蠅求偶行為佔大多數他們的社交活動，從遺傳學上講，所有的蒼蠅都知道如何在舉手投足求偶，而生物學家要從他的複雜動作姿勢來研究紀錄其求偶行為來研究其思維及物種演化問題，而求偶行為是由基因控制的一種與生俱來的活動。不同的生物體有不同的方式來吸引異性，在求偶行為。例如，步行的男飛接近雌蠅和舒展的側翼和周圍的雌蠅盤旋的未來。行為發生時，我們可以說，這是求偶行為，而果蠅求愛的測量是困難的，有時兩隻蒼蠅只需步行併攏但不是在求偶狀態，因此如果求愛行為是以人工測量，則需要耗費大量人力，長時間緊釘著它們做紀錄，且觀察是主觀的。

因此我們藉由這些影像特性及果蠅的體態男女有別(如圖六所示)的特性，應用於我們完成的高速即時影像分析系統來達成全自動即時求偶的分析。以即時視頻擷取錄蒼蠅求偶影像，對每一幀影像，計算出每隻果蠅的體態、行進方向和翅膀姿勢的位置。我們使用這些特性來識別所謂的“求偶”的行為是否發生。

首先我們設計匹配濾波器的分布 Eq(1)來匹配出果蠅：

$$g_1(x, y) = e^{-(x^2+y^2)} = e^{-r^2} . \quad (1)$$

在 Eq. (7) 中  $r$  是指從斑點的中心量測的半徑。假如我們定義  $R$  是從中心點量測到的量測到亮度衰減一半的半徑距離，則我們可以將斑點的外型函數寫成：

$$g_1(x, y) = e^{-(r/R)\ln(2)} = e^{\ln(2-r^2/R^2)} . \quad (2)$$

我們可以簡化 Eq. (8) 為

$$g_1(x, y) = 2^{-(x^2+y^2)/R^2} . \quad (3)$$

現在讓我們考慮偵測任意信號  $s(t)$  並加入(高斯白色雜訊)，. 假如信號經過  $H(f)$  的濾波器，則輸出信號  $s_o(t)$  給定如下：

$$s_o(t) = \int H(f)\{S(f) + \eta(f)\}e^{(j2\pi ft)df} , \quad (4)$$

其中  $S(f)$  是  $s(x, y)$  的傅立葉 (Fourier) 轉換，而  $\eta(f)$  是雜訊的頻譜。根據史啓瓦茲不等式 (Schwartz' s inequality)，證明當給定  $Ho(f) = S^*(f)$  . 時濾波器  $H(f)$  能有最大的輸出的訊號雜訊比(SNR, Signal to Noise Ratio)[5, 6]。我們在對  $Ho(f)$  和  $S^*(f)$  做反傅立葉 (Inverse Fourier) 轉換，因為輸入訊號  $s(t)$  是一個實數，所以  $ho(t) = s(-t)$ 。因此在2-D 的例子  $ho(x, y) = s(-x, -y)$ ，最佳化的濾波器 (Optimal Filter) 的頻譜形狀必須和影像的亮度變化的外型有相同的形狀，換句話說最佳化濾波器給定如下：

$$h(x, y) = s(-x, -y). \quad (5)$$

我們將式 (5) 代入 (6) :

$$h(x, y) = g_1(-x, -y) = g_1(x, y), \quad (6)$$

其中  $g_1(x, y)$  是一個對稱函數 (symmetry function), 因而  $g_1(x, y) = g_1(-x, -y)$ 。最脈衝響應為  $h(x, y)$  的佳化濾波器, 也就我們一般所稱的匹配濾波器 (Matched Filter) [6, 7]。為了獲得均值為零的濾波器, 將  $g_1(x, y)$  減去整個濾波器的均值或得式(7) :

$$g(x, y) = g_1(x, y) - m = 2^{-(x^2+y^2)/R^2} - m, \quad (7)$$

其中  $m$  是濾波器的平均值。利用匹配濾波器找出果蠅及其翅膀, 再利用果蠅外型特徵判斷果蠅性別, 並由求偶行為的特徵及利用主軸分析 (Principle Axis Analysis) 計算果蠅的主軸標示出有求偶行為的果蠅, 我們完成的即時系統如圖七、圖八及圖九所示:



圖六. 公與母果蠅的體態差異



圖七. (a)果蠅追蹤影像原始影像 (b)身體碰在一起但未發現求偶現象, 標示出果蠅位置



(a)



(b)

圖八. (a)果蠅追蹤影像原始影像 (b)發現求偶現象，標示出果蠅位置，並在公果蠅身上打上十字



圖九. (a)果蠅追蹤影像原始影像 (b)發現求偶現象身體完全碰觸，標示出果蠅位置，並在公果蠅身上打上十字

### 參考文獻

- [1] D. H. Friedman, "Detection of Signals by Template Matching," Baltimore, MD:Johns Hopkins University Press, 1969.
- [2] G. L. Turin, "An Introduction to Matched Filter," *IRE Transactions in Information Theory*, June 1960.

## 計畫成果自評

我們完成一個整合高速影像擷取並即時(Real Time)計算的架構，利用此系統對於研究人員而言，可以利用此系統作為生物或醫學的即時取像並分析影像，本研究的成果已可實用於果蠅的求偶即時影像追蹤，對於需要高速即時的應用研究有莫大的應用。對於教學而言，學生可以學習 GPU 的應用，及應用本計畫完成的即時顯像系統，很快速地加入其他的生醫影像應用演算發，完成其他的應用系統。

# 國科會補助專題研究計畫項下出席國際學術會議心得 報告

日

期：\_\_年\_\_月\_\_日

計畫 編號	NSC 99-2221-E-216-053		
計畫 名稱	高速生醫影像的追蹤及重建系統		
出國 人員 姓名	林志陽	服務機 構及職 稱	中華大學 助理教授
會議 時間	100年6月19日 至 100年6月25日	會議地 點	Colorado Springs, USA
會議 名稱	(中文) IEEE 電腦視覺及圖形識別電腦學會會議 (英文) IEEE Computer Society Conference on CVPR		
發表 論文 題目	(中文) (英文)		

- 一、參加會議經過
- 二、與會心得
- 三、考察參觀活動(無是項活動者略)
- 四、建議
- 五、攜回資料名稱及內容
- 六、其他

## 一、參加會議經過

IEEE Computer Society Conference on CVPR 是生醫影像領域很重要的會議 (6/19~6/25)，屬於 EI 指標性資料庫收錄會議論文，在會議期間更有許多付費及免費的大師級演講，及廠商參展，會議地點在美國 Colorado Springs, USA，由於這次的會議地點飛機沒有直飛，搭了三段飛機加上轉機時間超過 24 小時才於凌晨抵達住宿飯店，之後及開始參加精彩的 Conference 及 Workshop 課程，

## 二、與會心得

此次會議除了會議論文發表，還有許多 Tutorial: Game Theory in Computer Vision and Pattern Recognition, Diffusion Geometry Methods in Shape Analysis, Frontiers of Human Activity Analysis, ITK meets OpenCV: A New Open Source Software Resource for CV, 更有以下主題的 Workshop: Camera Networks and Wide Area Scene Analysis, Embedded Computer Vision, Large Scale Learning for Vision, Inference in Graphical Models with Structured Potentials, Activity Recognition Competition 等。此次有許多有趣的論文被發表，此次參加國際會議，與以往有很多的不一樣，多了許多有關於 Tablet PC 的應用，更有許多大型廠商及儀器設備展示，並且引發了一些點子，相信對未來的研究有莫大的助益，在幾天的時間中，讓我的研究視野開拓不少。

## 四、建議

目前國內的研討會在規模及質量上，與美國的國際研討會實在無法相比，多參加國際研討會可以增進研究能量，希望能常有機會參與國際研討會，並與國外學術機構建立合作管道。

## 五、攜回資料名稱及內容

攜回 Technical Program, 議程, DM, 等資料

# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2011/10/31

國科會補助計畫	計畫名稱: 高速生醫影像的追蹤及重建系統
	計畫主持人: 林志陽
	計畫編號: 99-2221-E-216-053- 學門領域: 影像處理
無研發成果推廣資料	

## 99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：林志陽			計畫編號：99-2221-E-216-053-				
計畫名稱：高速生醫影像的追蹤及重建系統							
成果項目			量化			單位	備註(質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等)
			實際已達成數(被接受或已發表)	預期總達成數(含實際已達成數)	本計畫實際貢獻百分比		
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (本國籍)	碩士生	2	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	1	2	100%	篇	Ann-Shyn Chiang, Chih-Yung Lin, Chao-Chun Chuang, Hsiu-Ming Chang, Chang-Huain Hsieh, Chang-Wei Yeh, Chi-Tin Shih, Jian-Jheng Wu, Guo-Tzau Wang, Yung-Chang Chen, Cheng-Chi Wu, Guan-Yu Chen, Yu-Tai Ching, Ping-Chang Lee, Chih-Yang Lin, Hui-Hao Lin, Chia-Chou Wu, Hao-Wei Hsu, Yun-Ann Huang, Jing-Yi Chen, Hsin-Jung Chiang, Chun-Fang Lu, Ru-Fen Ni, Chao-Yuan Yeh, and Jenn-Kang Hwang, ' ' Three-Dimensional Reconstruction of Brain-wide Wiring Networks in Drosophila at Single-Cell Resolution,' ' Current Biology, 2011, (SCI, IF:10.992)
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		

	專書	0	0	100%	章/本	
專利	申請中件數	0	0	100%	件	
	已獲得件數	0	0	100%		
技術移轉	件數	0	0	100%	件	
	權利金	0	0	100%	千元	
參與計畫人力 (外國籍)	碩士生	2	0	100%	人次	
	博士生	0	0	100%		
	博士後研究員	0	0	100%		
	專任助理	0	0	100%		

其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)	無					
--	---	--	--	--	--	--

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科教處計畫加填項目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

科技的進步讓高速取像的設備可以廣泛的被使用，但是後端的影像分析及重建卻無法以廉價的方式及時處理，利用 GPU 的平行處理，我們實際應用於果蠅的追蹤及醫學影像的立體重建技術，能達成及時計算並顯示，本計畫對於研究及實務應用皆有助益，未來我們會將更多生醫相關演算法實作於本系統上。