

# 長榮大學資訊工程學系專案實作成果報告



專案編號： CJCU-CSIE-PRJ-2009-08  
執行期間： 98年2月1日至99年1月8日  
專案成員： 高經汶、李明哲、黃麟期、彭嘉瑜、張雅惠  
指導老師： 黃詒琳 助理教授

中華民國九十八年十一月十三日

# 長榮大學資訊工程學系專案實作

## 跌倒偵測

Falling Detection

專案編號：CJCU-CSIE-PRJ-2009-08

執行期間：98年2月1日至99年1月18日

參與人員：高經汶、李明哲、黃麟期、彭嘉瑜、張雅惠

指導老師：黃詒琳 助理教授

### 中文摘要

本專案是以移動物件的特徵點動量來偵測跌倒事件是否發生，為了達到這個目的，我們首先利用背景相減法來擷取出移動物件的位置，分離出背景和前景物件，並配合一些影像處理技術去除雜訊以及強化物件，讓物件更加完整。從視訊影像中擷取出移動物件後，依據像素的變異度來決定特徵點。接著從這些特徵點去計算出 optical flow 以做為判斷跌倒事件的特徵值，但為了擷取到更真實的動量，我們使用黃詒琳博士所提出之 back-project optical flow 演算法來計算更真實的動量。最後我們以人類的移動和跌倒行為的影像，來進行特徵分析，由分析曲線可看出本專案所擷取之特徵是可靠且有效的。

**關鍵詞：**跌倒偵測、optical flow

### Abstract

This project is based on moving objects within the feature points of the momentum to detect a fall event has occurred, in order to achieve this purpose, we first use of background subtraction to extract out the possible location of moving objects, background and prospects of isolated objects,

and in line with a number of image processing technology and methods to filter to remove the shadow of possible targets. Capture images from the video, after the mobile object, according to the pixels to determine the variability of feature points. Then from these feature points to calculate the optical flow in order to serve as judge characteristic values fall events, but in order to capture more real momentum, we use back-project optical flow algorithm to calculate a more realistic momentum. Finally, we fall of human movement and behavior of images, to carry out systematic experiments to verify that the system is reliable and valid.

**Keywords:** optical flow

### 一、緣由與目的

在高齡化社會與慢性病為主的醫療型態趨勢下，社會對照護的需求日益劇增。

需照護的群組，以病人、幼兒與年老者為主，這些對象以跌倒事件發生最為普遍。其中幼兒因智能尚未發展完全，但身邊往往都有親屬照料，所以當發生意外、跌倒之後的緊急處理較即時且迅速，進而把傷害降至最低；至於年老者，由於家中的成年人都有工作的關係，又不想麻煩下一代的觀念之下，在發生意外時，卻無法做緊急處理，導致延誤治療的黃金時間。根據資料顯示，事故傷害佔老年人死因第七位，其中跌倒則佔六十五歲以上事故傷害的第二位，六十五歲以上的老人是跌倒事故傷害死亡的最高危險群。流行病學調查顯示 1985 年到 1994，每年因跌倒所造成之死亡人數平均為 335.1 人，其中 65 歲以上老人平均有 146.8 人，佔 43.81%。而針對台北某地區居家老人跌倒情形的研究顯示，發生跌倒之盛行率為 51%，在有跌倒經驗的人中，重複跌倒機率为 39.2%，可知居家老人跌倒比率甚高且易再次發生跌倒。老人本身的身體因素隨年齡而增多，故跌倒之發生率、併發症及死亡率亦隨年齡上升。

跌倒意外為這類對象在環境中最常見的意外模式，且容易造成身體外傷與整體健康狀態的劣化，除了可能造成骨折、降低身體功能、減少獨立性、造成心理傷害外，若因跌倒陷入昏迷且未能及時發現且給予治療，甚至會導致死亡。如果跌倒事件越早發現，可以在最短時間內獲得必要的照護，死亡率也就降低。因此，本專案針對環境中提供跌到事件即時偵測之措施，以增進安全保障。

## 二、研究方法

本專案所提出之演算法可分為移動物件偵測與特徵擷取分析兩部份，概述如下：

### 第一部份：移動物件偵測

移動物件的偵測與追蹤是視訊監控系統的最重要的部分，其運作的好壞決定整

個系統的成敗。從連續視訊影像中，判斷那些像素點是屬於前景移動物件，並決定正確的前景區塊，且能夠持續追蹤。傳統上有幾種常用的方式用來偵測前景移動物件，分別說明如下：

- 連續影像相減法（temporal difference）：利用連續影像資訊，直接作差異分析，用以判斷影像中移動物件的位置，此技術對動態環境會自動調整，但對相關物件的特徵萃取效果會比較差。
- 背景相減法（background subtraction）：背景相減法的原理是先將背景資訊事先儲存，然後把目前畫面資訊減去背景資訊，如果有移動物件進入場景時，便可立即得知不同處，以提供移動物件的特徵資訊。但背景相減法對動態背景或偶發事件太過敏感，所以如何取得一個好的背景，以及背景如何更新也是十分重要。

由以上的方法為基礎，本專案採用背景相減法，利用統計的方式建立背景模型，考量連續影像與背景模組的差異，取得前景物件的資訊。

在進行移動物件偵測時，有一個時常會造成困擾的問題，那就是陰影問題。因為光線是直線前進的，故偵測的場景多少都有陰影的存在，因為我們採用以視訊為基礎的偵測方式，所以偵測時前景物件在場景所造成的陰影會對偵測結果造成影響。輕微的陰影可能對於前景偵測沒有太大的影響，但明顯的陰影則會對前景偵測造成一定程度的干擾。

由於此方法無法取到十分完整的移動物件，所以本專案利用型態學的Opening和Closing去除部分雜訊以及修復斷點，以減少影像中的破洞並讓移動物件更加完整。

綜上所述，本專案第一部份：移動物件偵測的流程圖如圖1所示，包含(1)背景

影像擷取，(2)移動物件判斷，(3)背景影像更新，(4)去除雜訊和修復斷點等步驟，各步驟詳如下。

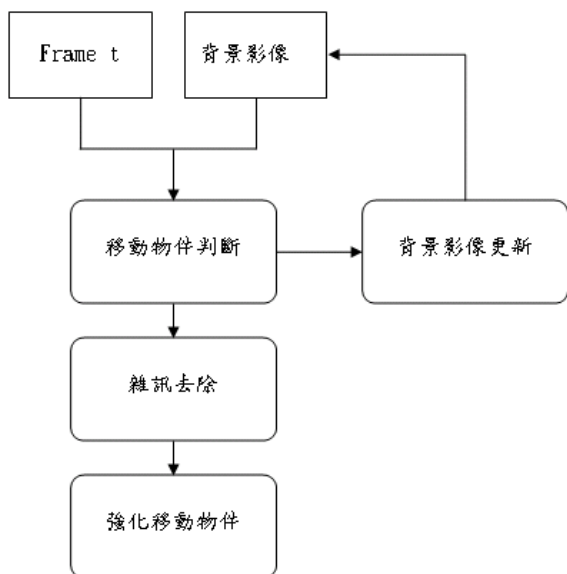


圖1. 第一部分流程圖

### (1) 背景影像擷取

首先取得初始化影像之背景，必須從連續影像中的前 $n$ 張(frames)進行中間值濾波，所得的結果即初始背景。假設 $I(x, y, t)$ 為視訊影像第 $t$ 張影像，位置座標 $(x, y)$ 的影像強度，則初始背景位置 $(x, y)$ 的影像強度 $BG(x, y)$ 為

$$BG(x, y) = \text{median}[I(x, y, d), I(x, y, 2 \times d), \dots, I(x, y, n \times d)] \quad (1)$$

其中 $d$ 表示抽樣的間距，即每隔 $d$ 張影像取樣一張，共取 $n$ 張。由此 $n$ 張影像中間值濾波的结果當做初始背景。

### (2) 移動物件判斷

使用 $mo(x, y, t)$ 表示第 $t$ 張影像，位置座標 $(x, y)$ 是否為移動物件的像素。若 $I(x, y, t)$ 相近於背景影像中座標 $(x, y)$ 的影像強度 $BG(x, y)$ ，則令此像素為背景像素，即 $mo(x, y, t) = \text{false}$ ；否則該像素為移動物件的像素， $mo(x, y, t) = \text{true}$ 。因此， $mo(x, y, t)$ 可由下式求得：

$$mo(x, y, t) = \begin{cases} 1 & \text{if } |I(x, y, t) - BG(x, y)| > \varepsilon \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

### (3) 背景影像更新

靜態背景雖然不會移動，但由於天氣的差異及早晚光線強度的不同，仍會照成背景影像各像素的強度變化。因此，對於一般柔性的像素強度變化，本專案使用下式更新背景

$$BG_{new}(x, y) = \begin{cases} [BG_{old}(x, y) + I(x, y, t)] / 2 & \text{if } mo(x, y, t) = 0 \\ BG_{old}(x, y) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

其中 $BG_{old}$ 表示原始的背景影像之像素強度；而 $BG_{new}$ 表示更新後的背景影像之像素強度。

### (4) 去除雜訊和修復斷點

此階段我們利用型態學的Opening和Closing，兩者皆使用Dilation和Erosion的技巧；其Dilation和Erosion方法的示意圖，如圖2、圖3所示。

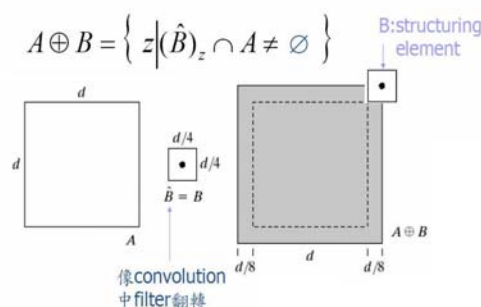


圖2. Dilation 示意圖

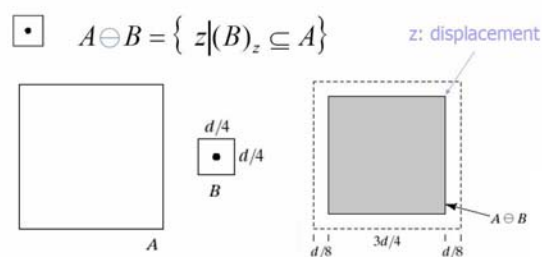


圖3. Erosion 示意圖

Opening :

其中 $f$ 對 $b$ 做Opening表示為：

$$f \circ b = (f \ominus b) \oplus b$$

利用 Erosion + Dilation 完成，其功能可去除影像中不連續的雜點。

Closing :

其中  $f$  對  $b$  做Closing表示為：

$$f \bullet b = (f \oplus b) \ominus b$$

利用 Dilation + Erosion完成，其功能可把物件中的斷點連接。

使用背景相減法，得到前景區塊之後，接著使用型態學 (Morphology) 中的斷開 (Opening) 和閉合 (Closing) 來去除畫面的雜訊和前景物區塊的修補。斷開能使物體輪廓平滑，並消除細小的峽部以及截斷窄的細頸。閉合也會使輪廓部分平滑，並把窄的中斷部分和細小缺口連接起來，消除內部小洞，填補輪廓上的缺口。

## 第二部份：特徵擷取分析

### (1) 特徵點擷取

對於視訊影像中的像素，若具有高變異度即表示該像素的強度較不同於鄰點強度，而高紋理像素所擷取之移動向量通常具有較高之可信度。因此本論文對擷取之移動物件計算其各像素變異，計算出之變異度若高於  $V\_Thd$  則將該像素設為特徵點。像素  $P$  之變異度計算如下式所示：

$$Var(P) = \frac{\sum_{P_i \in B(P)} [I(P_i) - \bar{I}_B(P)]^2}{N_B} \quad (4)$$

其中  $I(P)$  表示像素  $P$  之影像強度， $\bar{I}_B(P)$  表示以像素  $P$  為中心之區塊 (block) 內各像素影像強度的平均值， $N_B$  表示區塊的像素數， $B(P)$  表示以像素  $P$  為中心之區塊。

### 特徵值計算

本專案以像素之移動向量為主要特徵值。同前述假設，若  $I(x, y, t)$  表示視訊影像第  $t$  張影像，位置座標  $(x, y)$  的影像強度，則依據 Horn-Schunck constraint

$$0 = u(x, y) \cdot \frac{\partial I(x, y, t)}{\partial x} + v(x, y) \cdot \frac{\partial I(x, y, t)}{\partial y} + \frac{\partial I(x, y, t)}{\partial t} \quad (5)$$

我們可求得該像素之 optical flow ( $u(x, y), v(x, y)$ )；然而依據 Horn-Schunck 的結論，所求得之 optical flow 並非真實之移動向量，而是移動向量在該像素梯度方向的分量。因此，若我們假設以像素  $P$  為

中心之區塊具有相同的移動向量，則我們可得像素  $P$  上之移動向量  $V \angle \theta$  之成本函數  $f_P(V, \theta)$  定義如下：

$$f_P(V, \theta) = \sum_{i=1}^{N_B} (V \cos(\theta - \theta_i) - V_i)^2 \quad (6)$$

其中  $V \angle \theta$  表示像素  $P$  之移動向量， $N_B$  表示區塊的像素數， $V_i \angle \theta_i, i=1, 2, \dots, N_B$  表示以像素  $P$  為中心之區塊內各像素根據方程式 (5) 所求得之 optical flow。只要最最小化成本函數  $f_P(V, \theta)$  則可求得像素  $P$  之移動向量。

### (2) 動量分析

根據前述處理，我們可求得特徵點之移動向量 ( $u_i, v_i$ )，本專案根據空間之上，下，左，右四個方向將移動量向量 ( $u_i, v_i$ ) 分類為 vn (上, v negative), vp (下, v positive), un (左, u negative) 及 up (右, u positive)。統計每張影像內的特徵點具 vn, vp, un, up 等類別的數量百分比做為跌倒偵測的特徵值。因此視訊影像中，每張影像皆可經由上述處理取得輸入特徵  $\bar{x} = [x_{vn}, x_{vp}, x_{un}, x_{up}]$ ，其中  $x_{vn}, x_{vp}, x_{un}, x_{up}$  分別表示該張影像中特徵點的 vn 動量, vp 動量, un 動量, 與 up 動量之百分比。

## 三、實驗結果

為了驗證本專案提出之特徵值的實用性，我們拍攝一些視訊影像來進行本專案提出方法之處理。

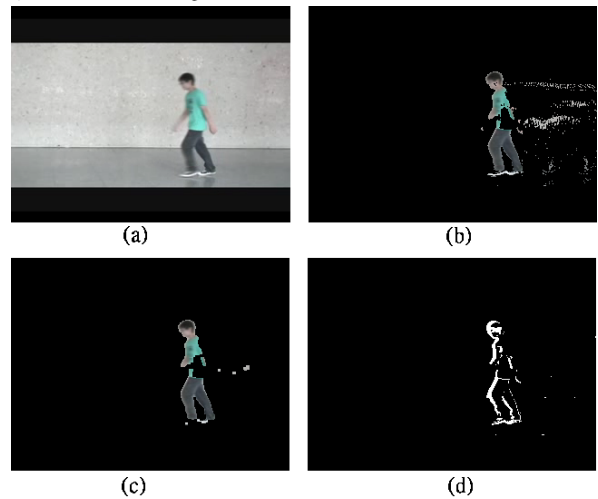


圖 4. 移動物件擷取

- (a) 原始影像 (b) 初始移動物件  
(c) 雜訊去除與強化移動物件  
(d) 特徵點擷取



圖4.(a) 為我們一開始的原始影像，圖4.(b)圖則是我們利用背景相減法所取出的初始前景，接著再利用型態學的Opening和Closing去除雜訊以及強化移動物件為圖4.(c)，最後利用圖4.(c)取得的物件做特徵點的擷取，特徵點分佈結果如圖4.(d)所示。

接著再從圖 4.(d)中的特徵點求出動量來做動量分析，圖 5.即為前述 vn(上)，vp(下)，un(左)，up(右)等動量的曲線圖，橫軸為影像串列中的影像編號，縱軸為動量百分比，四條曲線分別代表上、下、左、右的動量。

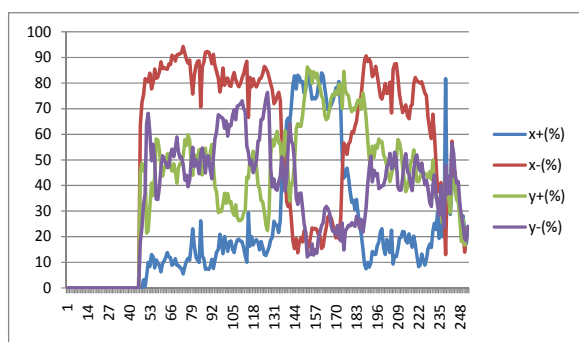


圖 5. 動量曲線圖(跌倒)  
(紅-左，藍-右，綠-上，紫-下)

在圖表中可以看到紅色的曲線分布比較高，由於紅色曲線為往左的動量，由此判斷影像中的移動物件是往左邊行動，所以大部分的動量都是往左邊。

由於人在移動時，都有手部上的擺動，以及腳步踩往移動的反方向，所以可以看到藍色曲線，也就是往右的動量，也會在低百分比的地方有小部份的起伏。至於綠色和紫色，則為人在移動時上下方向的晃動。

另外在影像中人物是往左移動，所以當紅色曲線慢慢下滑時即表示往左邊的動量慢慢在減少，移動物的速度已減慢，直至藍色曲線上升至與紅色曲線糾結時，可知移動物件在水平方向上已經沒有明顯動量。

一開始人物在水平上行走時，沒有特別明顯的上下移動，所以在曲線圖的開始，綠色與紫色已經開始糾結。然而圖中紫色曲線上升的同時紅色曲線也開始慢慢下滑，表示往左的動量減少，往下的動量

增加，這時有可能人物已經開始發生跌倒(倒地的動作)，經與影片相對之 frame 比對，確為發生跌倒的過程動作。

當四條曲線糾結在一起時，可知移動物件已經靜止，這時在影片中人物已經跌倒。

圖 6.即為正常走路之動量曲線圖，供參考對照。

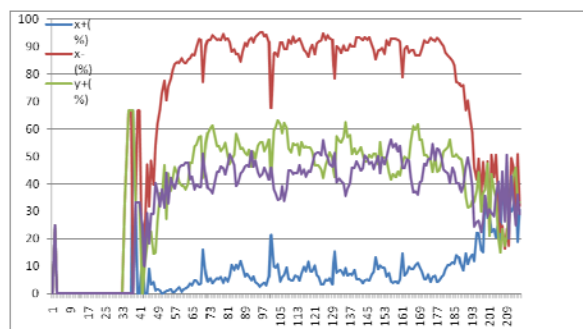


圖 6. 動量曲線圖(正常行走)  
(紅-左，藍-右，綠-上，紫-下)

#### 四、結論與未來展望

##### (1) 專案自評

本專案中我們提出一個視訊監控系統，於一連續輸入的視訊影像中，對於我們設定的目標物，進行偵測、追蹤與分析其行為。在光線變化不大與背景不劇烈變化改變的環境，我們離線擷取出穩定的背景模型，並且使用背景相減、去除雜訊與型態學的技術來取出前景，並以兩張連續畫面的前景物，接著取得此移動物件之區塊向量，進而分析出此移動物件區塊中的動量走向，最後構成動量分析圖。

以跌倒行為偵測為例，當移動物件符合由正常狀態改變成跌倒狀態的條件，即是跌倒行為的發生。在動量分析圖中，四條線的走向，我們以大致判斷出此移動物件的行為(移動的方向、跌倒或者靜止等行為)。

在未來我們可將動量分析圖應用在一些人工智慧的判斷，如類神經網路、基因演算法、模糊理論...等，以不同方向的跌倒資料，來進行比對分析，以利自動化行為分析判斷之用。

## (2) 未來展望

- ◇ 結合不同的取像設備，例如：PTZ (Pan-Tilt-Zoom) 攝影機，可取得更佳的前景影像，以利身份與行為辨識與追蹤。
- ◇ 建立更強建的背景模型，以利背景相減法，來偵測前景。
- ◇ 設計更完善的追蹤演算法，並可以精確地切割移動物件各部分。
- ◇ 結合通訊網路和多媒體技術，提供即時的監控結果。
- ◇ 某些行為收集不易，而靠模擬完成，例如真正的跌倒行為，不易大量收集。故可加強訓練樣本資料庫的收集。
- ◇ 抽取前景物更有強建性的特徵，以利狀態的判斷，並增加各種行為的專屬判斷條件，以增加辨識率。
- ◇ 結合其他生物認證技術，例如：步伐、人臉等生物特徵。

## 四、參考文獻

- [1] 中央健康保險局 <http://www.nhi.gov.tw/>
- [2] 林金泉，人類跌倒之行為分析與偵測，中央大學，資訊工程研究所碩士論文，2004，桃園。
- [3] 許宏駿，以個人數位助理(PDA)為基礎之可穿戴式跌倒即時監測系統，逢甲大學，自動控制工程學系碩士論文，2004，台中。
- [4] 鐘志裕，應用FPGA 與遠端技術之獨居老人安全監測系統，成功大學，電機工程研究所碩士論文，2003，台南。
- [5] 蔡博智，影像追蹤方法應用在監控系統之研究，中原大學機械工程研究所碩士論文，2002，桃園。
- [6] 數位影像處理(Gonzalez: Digital Image Processing 2/E)作(編/譯)者: 繆紹綱 出版年份:2006 。

