

# Input Interface Design via Corner Features

Jiann-Shu Lee\*, Sin-Ru Wang and Pin-Pin Wu

*Department of Computer Science and Information Engineering, National University of Tainan, Taiwan*

*Abstract —With information technology progress, human-computer interactions become diverse and approach to users' needs. The related application software becomes more and more vivid and attractive. Because of its intuition, computer vision based computer games play a major role in the software market. In this paper, we present an intuitive input interface design using a webcam and a piece of paper that enables an user to interact with computer games with low cost.*

**Index Terms — Computer Vision, Input Device, Corner Detection.**

.



---

\*Corresponding author: cslee@mail.nutn.edu.tw

# 植基於角隅偵測之輸入介面設計

李建樹\* 王欣如 吳品品

國立臺南大學資訊工程系

## 摘要

近年來隨著資訊科技的演進，人機互動的形式愈來愈趨向多元，也愈來愈貼近使用者的需求，於是相關應用軟體也愈來愈生動且愈吸引人。其中由於視覺的直覺性，透過電腦視覺結合數位內容的遊戲更成為市場的一大主流。本研究利用 Webcam 與紙板開發出一套簡易且直覺的輸入介面裝置，讓使用者只需以極低成本就能夠與電腦遊戲作互動。

關鍵字：電腦視覺、輸入裝置、角隅偵測

## 壹、緒論

隨著資訊科技的日益進步，電腦視覺也被廣泛應用至各個領域，如醫學工程、電子工程、探勘任務與虛擬實境等，在此同時我們的娛樂遊戲輸入介面也從原本的鍵盤、滑鼠逐漸演進到搖桿、手把、遙控甚至是目前最熱門的體感感測。Wii Remote 是透過紅外線感應的原理，於螢幕上方或下方的 Sensor Bar（感應棒）透過 LED 發射紅外線，Wii Remote 控制器前端具有紅外線 CMOS 感測器，能夠感應到來自 Sensor Bar 所發射的紅外線光點，藉此判斷 Sensor Bar 與控制器之間的相對距離與位置。而微軟的 Kinect 則是透過深度與亮度資訊來估測出玩家的肢體動作。Kinect 透過專用攝影機，利用「3D」影像辨識與深度掃描的技術，來捕捉玩家的動作，除了 2D 影像，向前向後的「深度」移動，也都能夠被擷取。上述這些輸入裝置的演進背後，都是為了讓使用者能夠與遊戲內容有更簡易的互動，以利使用者完全沉浸在遊戲中[1]。

輸入介面類型多元且各有各的擅長，以 Kinect 為例，Kinect 雖有著無手持控制器的優勢，同時卻也造成一定程度的缺點。由於 Kinect 完全透過影像

辨識來捕捉玩家的動作，這樣的方式在進行本身無需器具的遊戲，如：拳擊、賽跑等類型的遊戲非常適合，但若是遊戲本身需要握有器具，例如槍擊遊戲、持劍的格鬥遊戲等，空手不僅缺乏實體感，也無法感受到控制器所產生的力回饋效果，反而失去了遊戲的「體感」效果。由上述敘述可知，Kinect 適合用於完全無需輔助器具的遊戲，例如拳擊、武術、瑜珈、舞蹈等，能夠讓玩家在完全不受手持控制器的限制下，盡情享受遊戲的樂趣。正因娛樂遊戲的多元性造成沒有所謂最好的輸入裝置，只有最適合該遊戲的裝置。

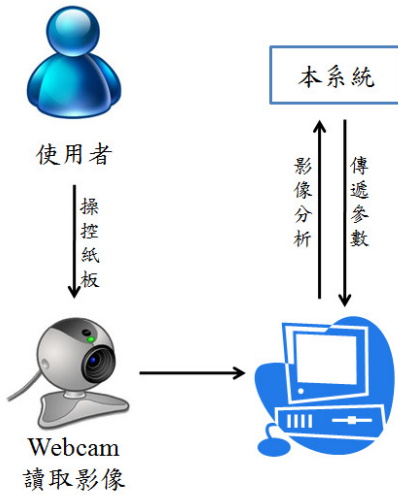
目前市面上的相關商品價格並不低廉，甚至為了配合不同性質的娛樂遊戲，往往會再推出不同的輸入裝置，對於使用者而言這也是一種負擔，而且可能因而造成所推出的輸入裝置普及率不高。基於上述考量，本研究希望能夠針對特定電腦遊戲設計出低價且便利的輸入介面。由於網路視訊通話的日漸普及，使得 Webcam 的使用率大大提升並且價格也很低廉，基於 Webcam 的廣泛普及率與低單價，本研究採用 Webcam 結合電腦視覺技術，並且進一步結合隨手可得的方型紙板或紙片，設計一款便利且簡易的輸入介面系統，讓使用者能夠運用簡易的輸入裝置與遊戲內容進行互動。

## 貳、架構

### 一、系統架構

本研究利用 Webcam 將使用者操控畫面讀取進入電腦後，透過影像分析後，將參數再次回饋給遊戲軟體，進而與遊戲軟體進行互動，系統架構如圖一所示。圖一中的本系統模組負責將 Webcam 的輸入影格進行角隅點偵測，並與前一影格的角隅點比

對出最可能的紙板角隅點，進而利用紙板四邊長度的改變，判斷紙板的移動模式，再將所判斷的移動模式傳給遊戲軟體，達成與遊戲軟體互動的功能。



圖一 系統架構圖

## 二、論文架構

本論文架構共分成四個章節。第一節介紹研究動機與背景。第二節介紹系統架構及論文架構。第三節介紹本研究如何擷取特徵以及擷取特徵後紙板移動模式的辨識。第四節為實驗說明與結果分析，並進行系統效能分析。第五節則對本研究做出結論及未來發展方向。

## 參、研究方法

### 一、特徵擷取

採用四邊形紙板當操作工具，是取其容易獲得。對紙板而言，角隅點是其顯著與穩定的特徵，因此採用角隅點當成紙板的特徵點。就影像分析而言，角偵測主要是判斷影像中角隅的位置。角隅點適合用於影像特徵擷取與影像比對，且可被用來進行物件追蹤。目前已有許多角隅點偵測方法被提出[2-5]，其中 Harris Corner Detector 演算法[2]為深具代表性的角隅點偵測法，茲簡述此方法如下：

$$E(x, y) = \sum_{u, v} w(u, v) [I(x+u, y+v) - I(x, y)]^2$$

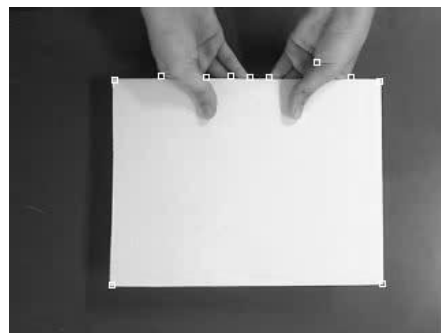
$$= [u, v] M \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$M = \sum_{u, v} w(u, v) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

方程式(1)與(2)中的 $I$ 為輸入影像， $w$ 是檢測視窗， $(x, y)$ 為影像像素座標， $I(x, y)$ 為 $(x, y)$ 點的像素亮度值， $I_x$ 、 $I_y$ 分別為圖像像素在水平方向和垂直方向的1階偏微分， $(u, v)$ 為偏移座標，並令 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 為 $M$ 矩陣的兩個特徵值 (eigenvalue)。最後，計算方程式(3)的角點強度函數 $R$ ，就可以檢測出圖像中的角點：

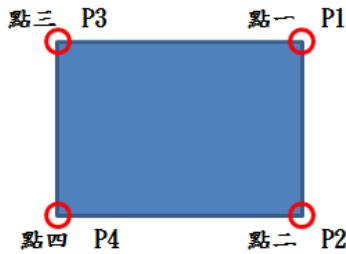
$$R = \det(M) - k(\text{trace}(M))^2 \quad (3)$$

其中方程式(3)中  $\det(M) = \lambda_1 \lambda_2$ ； $\text{trace}(M) = \lambda_1 + \lambda_2$ ； $k$ 為經驗值， $k \in [0, 0.04]$ ，在本研究中 $k$ 設為0.04，檢測門檻值設定為20000，在圖二中以方框標記標示出利用此方法所偵測到的角隅點位置。



圖二 角隅點偵測結果範例

本系統將 Webcam 讀入的影格進行角隅點偵測，取出紙板的四個頂角點位置。藉由使用系統初始化的紙板定位程序，將紙板的四個頂角點依序標記(右上：點一，右下：點二，左上：點三，左下：點四)，如圖三所示。

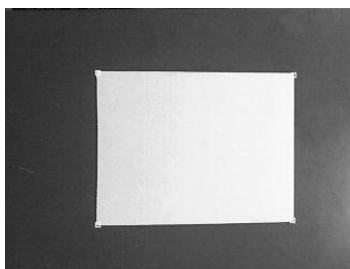


圖三 定位點示意圖

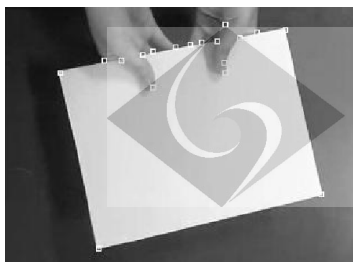
當使用者開始操作紙板時，由於手指與手腕的加入，使得所偵測到的角隅點變多，此時對於紙板四頂點的追蹤會產生干擾，因此本研究將每一張 Webcam 讀入的影格皆先經過 Harris 角隅點偵測後，將所偵測到的每一點與前一影格所定位之四頂點計算歐式距離。

$$d(p, q) = \sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_y - q_y)^2} \quad (4)$$

方程式(4)中p為主要追蹤的四頂點之一，q則為在目前影格中所偵測到的角隅點，取出距離每一定位頂點最近的前三個角隅點當成候選角隅點，再對候選角隅點與前一影格的定位頂點進行周圍亮度相似性量測，找出最相似的候選角點，當成是當下影格的新定位頂點，相關範例影像，請參考圖四與圖五。



圖四 定位初始化

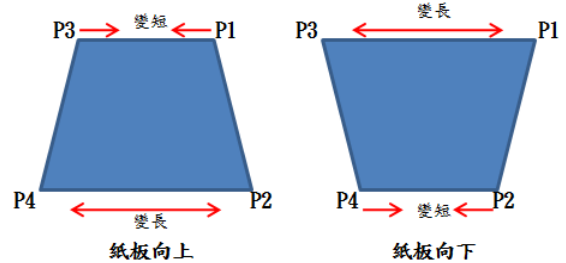


圖五 開始操作時所偵測到之角點

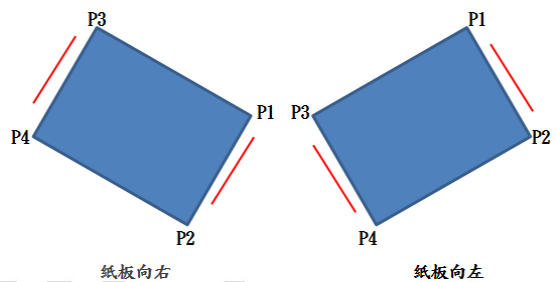
## 二、方向辨識

經由上述之特徵擷取後，即可以追蹤到紙板四頂點的運動，此時再根據四頂點的運動規則來區分使用者目前的操作的模式。以下歸納出四個移動方向的個別特徵，並分為主要特徵與次要特徵。只有同時滿足主要特徵與次要特徵的移動才會被視為有意識的動作，否則該移動會被忽略，藉此濾除使用者無意識的小動作。

當使用者向上移動紙板時，主要特徵為P1和P3的距離會變短，而P2和P4的距離會變長。向下移動紙板時，主要特徵為P1和P3的距離會變長，而P2和P4的距離會變短。向左移動紙板時，主要特徵為P1和P2之連線與P3和P4之連線斜率為負。向右移動紙板時，主要特徵為P1和P2之連線與P3和P4之連線斜率為正。為強化移動方向的判讀效能，本研究藉由歸納每個頂點的座標變化，提出次要特徵。



圖六 向上向下主要特徵示意圖



圖七 向左向右主要特徵示意圖

次要特徵的表示為： $x_n$ 表目前影格某一角隅點的x座標， $x_{(n-1)}$ 表此一角隅點在上一影格的x座標；相對的， $y_n$ 表目前影格某一角點的y座標，

$y_{(n-1)}$ 表此一角隅點在上一影格的y座標) , 茲分述如下:

(1) 向上移動時:

	<b>P2</b>	<b>P4</b>
$x_n - x_{n-1}$	+	-
$y_n - y_{n-1}$	+	-
$ P1-P3 $	變短	
$ P2-P4 $	變長	

(2) 向下移動時:

	<b>P2</b>	<b>P4</b>
$x_n - x_{n-1}$	-	+
$y_n - y_{n-1}$	-	-
$ P1-P3 $	變長	
$ P2-P4 $	變短	

(3) 向左移動時:

	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>
$x_n - x_{n-1}$	+	-	+	-
$y_n - y_{n-1}$	+	+	-	-

(4) 向右移動時:

	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>
$x_n - x_{n-1}$	-	+	-	+
$y_n - y_{n-1}$	-	-	+	+

## 肆、實驗

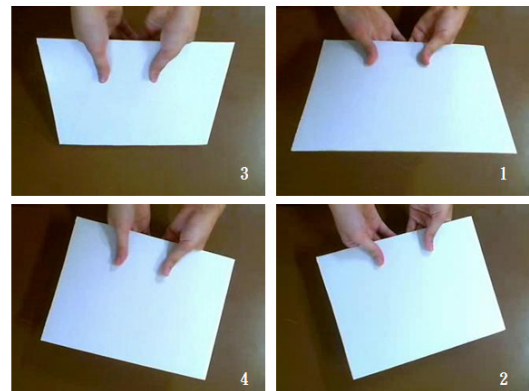
### 一、實驗環境

本研究的實驗皆於安裝有Windows Vista作業系統與配置Pentium 2G處理器以及2G記憶體之個人電腦上進行。使用Microsoft Visual Studio 2008 C#軟體進行系統開發，並以Logitech QuickCam Pro 5000之網路攝影機讀取畫面。

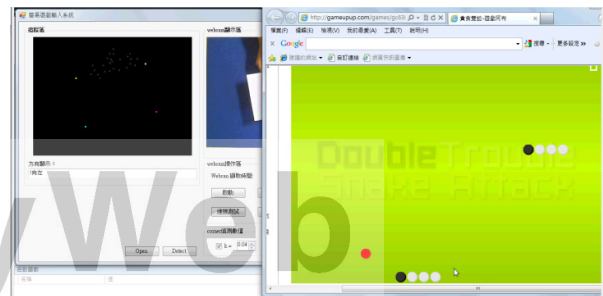
### 二、實驗結果與分析

#### (1) 實驗一

以貪食蛇遊戲做測試，使用者可使用上下左右來操控貪食蛇移動方向，並讓貪食蛇順利吃到紅色小豆子。使用者可利用紙板操控貪食蛇之移動方向，上下左右操控如範例畫面圖八與圖九：



圖八 上、下、左、右操控圖(對應：1、3、2、4)



圖九 貪食蛇遊戲畫面

經由實驗結果統計操控上下左右之正確率只有72%，而造成正確率不高的原因，並不是每個方向的判斷錯誤，而是在轉換不同方向時，中途的過度狀態判斷錯誤而導致整體的操作正確率下降。表一為實驗統計之結果，系統每秒讀取15個frames。測試編號1，實驗共歷時1分鐘，共有900個 frames。測試編號2，實驗共歷時1分45秒，共有1575個 frame。測試編號3，實驗共歷時2分25秒，共有2175個 frames。測試編號4，實驗共歷時2分10秒，共有1950個frames。

表一 實驗一的統計結果

次數 \ 測試編號	上			下		
	正確	錯誤	全部	正確	錯誤	全部
1	4	2	6	4	2	6
2	7	0	7	4	0	4
3	9	1	10	9	0	9
4	12	0	12	8	2	10
小計	32	3	35	25	4	29
次數 \ 測試編號	左			右		
	正確	錯誤	全部	正確	錯誤	全部
1	3	1	4	2	1	3
2	5	1	6	5	1	6
3	6	2	8	8	0	8
4	9	1	10	9	1	10
小計	23	5	28	21	3	27
轉換中錯誤	13					
統計	正確	錯誤	全部			
	91	28	119 次			
正確率	76%					

(2) 實驗二

以賽車遊戲做測試，使用者可使用左右來操控賽車移動方向，而操作紙板左右方法如圖十所示。



圖十 賽車遊戲畫面

經由實驗結果統計操控左右之正確率有88%，而實驗二與實驗一比較之正確率提高原因為減少了上下的輸入，所以也降低了轉換中錯誤機會，使得操控正確率提升。表二為實驗統計之結果，系統每秒讀取15個 frames。測試編號1，實驗共歷時1分37秒，共有1455個 frames。測試編號2，實驗共歷時50秒，共有750個frames。測試編號3，實驗共歷時1分鐘，共有900個 frames。測試編號4，實驗共歷時1分15秒，共有1125個frames。

表二 實驗二的統計結果

次數 \ 測試編號	左			右		
	正確	錯誤	全部	正確	錯誤	全部
1	10	1	11	11	1	12
2	4	1	5	4	1	5
3	7	1	8	8	1	9
4	10	1	11	12	2	14
小計	31	4	35	35	5	40
統計	正確	錯誤	全部			
	66	9	75 次			
正確率	88%					

### 伍、結論與未來展望

本研究所開發的系統不同於鍵盤、滑鼠等傳統非常受限的輸入裝置，而是以能讓使用者方便取得的紙板或紙片為輸入工具，結合廉價的 Webcam，就能製作出簡易的遊戲操控輸入裝置，顛覆直覺輸入裝置高不可攀的形象，讓更多人能以簡易的方式與遊戲內容做互動。由於本系統在轉換不同方向的過度狀態中容易判斷錯誤，因此，目前只適用於受控物件的運動變化自由度較低者。

未來將針對本系統適用的遊戲類別有限，以及動作轉換過程中容易判讀錯誤等弱點進行改進，讓系統也能適用於受控物件的運動變化自由度較高者的遊戲類別，讓動作判斷的準確率能再進一步提升，讓本系統朝向實用之路更往前邁一大步。

### 陸、參考文獻

- [1] (2010) 順從身體的渴望：體感遊戲熱潮，智慧生活報。
- [2] Chris Harris and Mike Stephens (1988), A combined corner and edge detector, in Proceedings of The Fourth Alvey Vision Conference, pp. 147-151.
- [3] X. Gao, F. Sattar, and R. Venkateswarlu (2004), *Corner detection of gray level images using gabor wavelets*, in Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, pp. 2669-2672.
- [4] Stephen M. Smith and J. Micheal Brady (1997), *Susan-a new approach to low level image processing*, International Journal of Computer Vision 23(1), pp. 45-78.
- [5] Chin-Hsing Chen, Jiann-Shu Lee and Yung-Nien Sun (1995), *Wavelet transformation for gray-level corner detection*, Pattern Recognition 28(6), pp. 853-861.

### BIOGRAPHIES



**Jiann-Shu Lee** received the Ph.D. degree in electrical engineering from the National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan. He is currently a Professor with the Department of Computer Science and Information Engineering, National University of Tainan, Taiwan. His current research interests include multimedia signal analysis, image processing, medical image processing, and computational intelligence. He is author or coauthor of many academic articles. Dr. Lee has engaged as a Section Chairs in many domestic and international conferences. He has also received numerous awards from organizations, such as Acer, International Association for the Engineers, Information Hiding and Multimedia Signal Processing, and Xerox.

**Sin-Ru Wang** is an undergraduate with the Department of Computer Science and Information Engineering, National University of Tainan, Taiwan. Her current research interests include image processing and medical image processing.

**Pin-Pin Wu** is a graduate student with the Department of Computer Science and Information Engineering, National University of Tainan, Taiwan. Her current research interests include image processing and medical image processing.

