

第四章 實驗結果

本論文之影像運動偵測獨立式系統的外觀如圖 4-1 所示，上層右方是 CMOS 影像感測器介面電路，上層左方則是 Nios Development kit, Stratix edition，下層為 Cyclone School Boy 研發電路板，在外殼左上角為四組不同顏色的 LED 閃爍警示燈。

我們將藉由以下三部份實驗來驗證本論文之影像運動偵測系統：

1. Matlab 模擬驗證：

將一般攝影機所拍攝到的道路影像作為輸入影像來驗證本論文之影像運動偵測演算法。

2. 獨立式系統驗證：

主要驗證獨立式系統之特徵邊緣和角點結果與光流估測結果。

3. 實車測試：

將獨立式系統實地放置於車中，驗證其結果。



圖 4-1 影像運動偵測獨立式系統之外觀

4.1 Matlab 模擬結果

本實驗以 Matlab 軟體模擬影像動態偵測系統，輸入使用 CCD 攝影機所拍攝到的道路影像。結果如圖 4-2~4-34，光流估測搜尋範圍 $-15 \leq u, v \leq +15$ ，圖中顯示特徵擷取的明確物體特徵點，以方框標記之，及被偵測到疑似可能是移動中物體的矩形區塊和代表矩形區塊的光流水平速度向量值，而影像畫面四周邊緣部份區域並沒有顯示有特徵點，是為了避免在光流估測時所預測的 u, v 位移位置不在原始影像畫面上，故不作偵測。由圖可知，移動速度相對大於本車之物體較容易被偵測出來，如圖 4-5~4-8 所示，機車速度大於本車之大多數的區塊被找出來。從側車在超越本車時的行為(物體在畫面上從右至左之移動方式)，其光流流動特性之水平速度向量值是越來越大(-1~-15)，若光流水平速度向量值變化量越大，代表側車相對於本車的速度大很多；若變化量小，則代表側車相對於本車的速度快一些。當本車側邊相鄰車道有疑似物體超越本車或物體存在時，則系統會發出警示訊號。

在 Matlab 模擬時，在影像畫面之左上方顯示如 3.5.5 節安全性分析之三類側車行為情況衍伸，第一組紅色顯示側車速度明顯比本車快的情形，第二組紅色顯示側車正快速超越或將要超越本車，第三組黃色顯示側車側邊有其他側車物體存在，第四組綠色顯示側車相對本車速度為零且在本車側後方，以及根據此四組行為顯示警示標語，包括“請勿變換車道”、“側邊來車超車”、“注意側邊來車”、“其它車輛並行”，實際的影像動態偵測系統則以四組 LED 燈亮來表示警示訊號。

4.1.1. 安全偵測結果

表 2 為圖 4-2~4-23 不同場景和不同車輛之實驗統計結果。經由實際拍攝各種路況之錄影畫面，包含側邊無車情況及有機車和汽車經過情況。

1. 背景(1)：

為在僅有道路背景而無其它車輛，時間為下午四點半左右，其車道兩旁建築物繁多，天氣陰暗的情況下，其正確率達 83.48%，仍有系統偵測錯誤的情形(誤判有車接近)發生，主要原因乃本車晃動(影像感測器晃動)使得影像畫面其遠方景物特徵點光流資訊造成系統偵測錯誤。

表 2 圖 4-2~4-23，Matlab 實驗結果之數據統計

圖框	場景	正確/總 Frame數	正確率
圖4-2 ~ 4-3	背景(1)	96/115	83.48%
圖4-4 ~ 4-5	背景(2)	183/218	83.94%
圖4-6 ~ 4-9	機車(1)	88/93	94.62%
圖4-10 ~ 4-13	機車(2)	72/95	75.79%
圖4-14 ~ 4-19	機車(3)	187/190	98.42%
圖4-20 ~ 4-21	轎車(1)	25/26	96.15%
圖4-22 ~ 4-23	轎車(2)	19/25	76.00%



圖 4-2 背景(1)偵測結果之一 圖 4-3 背景(1)偵測結果之二

2. 背景(2)：

在僅有道路背景而無其它車輛，時間為上午十一點左右，其車道兩旁建築物低矮，天氣晴朗日照充足，在路邊有停放其他車輛的情況下，正確率達 83.94%，仍有系統偵測錯誤的情形(誤判有車接近)發生，主要原因乃本車晃動(影像感測器晃動)和本車速度緩慢的背景景物造成系統偵測錯誤。



圖 4-4 背景(2)偵測結果之一

圖 4-5 背景(2)偵測結果之二

3. 機車(1)：

在本車時速 60 公里速度上下，時間為下午四點半左右，其車道兩旁建築物繁多，場景為有一機車從本車鄰近車道之後方快速超越本車，在機車相對於本車速度稍快的情況下，系統偵測正確率達 94.62%。



圖 4-6 機車(1)偵測結果之一



圖 4-7 機車(1)偵測結果之二

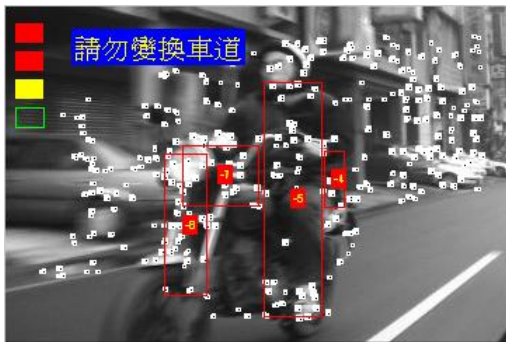


圖 4-8 機車(1)偵測結果之三



圖 4-9 機車(1)偵測結果之四

4. 機車(2)：

在本車時速 30 公里速度上下，時間為上午十一點左右，天氣晴朗，場景為有一機車從本車後方車道變換到本車側邊車道然後超越本車，在機車相對於本車速度稍快的情況下，系統偵測正確率達 75.79%。



圖 4-10 機車(2)偵測結果之一



圖 4-11 機車(2)偵測結果之二



圖 4-12 機車(2)偵測結果之三

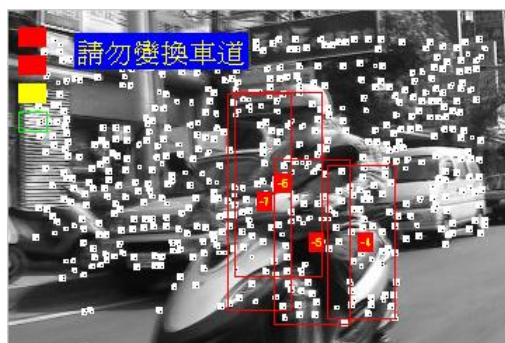


圖 4-13 機車(2)偵測結果之四

5. 機車(3)：

在本車時速約 30 公里速度上下，時間為上午十一點半左右，天氣晴朗，場景為有一機車從本車鄰近車道前方慢慢遠離本車，在機車位於本車側後方位置時，才以相對於本車稍快的速度超越本車，在此情況下，系統偵測正確率高達 98.42%，主要原因是機車與本車相對速度差異不是很大的超越本車行為且本車行車速度不快，尤其是機車(3)的場景，距離本車有一段距離且其特徵光流資訊明顯，故系統偵測的正確率非常高。



圖 4-14 機車(3)偵測結果之一



圖 4-15 機車(3)偵測結果之二



圖 4-16 機車(3)偵測結果之三



圖 4-17 機車(3)偵測結果之四

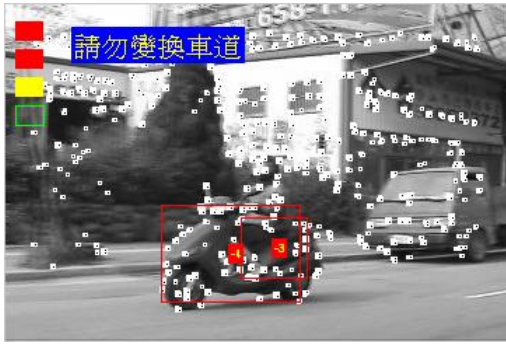


圖 4-18 機車(3)偵測結果之五

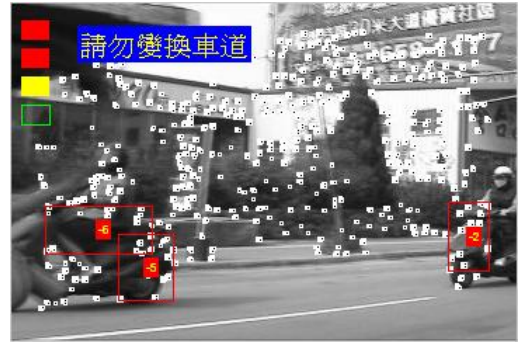


圖 4-19 機車(3)偵測結果之六

6. 轎車(1)和轎車(2)：

在本車時速 40 公里速度上下，時間為上午十一點左右，天氣晴朗，場景為有一淺土黃色轎車和一深黑色轎車從本車鄰近車道之後方快速接近本車，在車輛相對於本車速度非常快且從側後方接近的情況下，系統偵測的正確率達 96.15%和 76%。此兩者正確率的差異可能跟轎車板金顏色有關。



圖 4-20 轎車(1)偵測結果之一

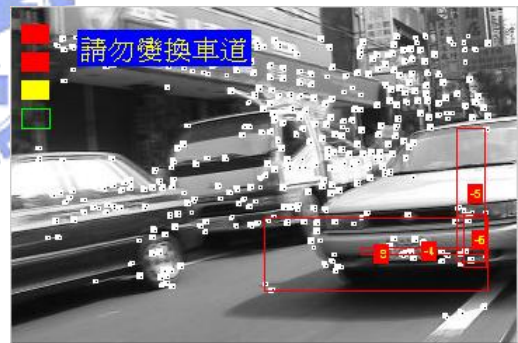


圖 4-21 轎車(1)偵測結果之二



圖 4-22 轎車(2)偵測結果之一



圖 4-23 轎車(2)偵測結果之二

4.1.2. 安全偵測之限制

圖 4-24~4-27，在本車時速 40 公里速度上下，時間為上午十一點左右，天氣晴朗，場景為有一淺土黃色轎車和一深黑色轎車從本車側邊快速超越本車，在轎車相對於本車速度非常快的情況下，系統偵測的正確率非常低。在車輛經過本車旁邊的這段時間裡，由於側車速度相對於本車快很多且非常接近本車的側邊位置，因此移動物體殘影嚴重再加上轎車板金外殼佔影像畫面很大部分，使得特徵光流資訊不足是造成系統偵測正確率非常低的主要原因。



圖 4-24 轎車(1)偵測結果之三



圖 4-25 轎車(1)偵測結果之四



圖 4-26 轎車(2)偵測結果之三



圖 4-27 轎車(2)偵測結果之四

圖 4-28~4-31，在本車時速 40 公里速度上下，時間為上午十一點左右，天氣晴朗，場景為連續兩輛機車從本車鄰近車道之後方快速接近並超越本車，在機車相對於本車速度非常快的情況下，系統偵測成功率 50%~60%。但是，在車輛出現影像畫面的右側至接近本車的後側尾部這段時間裡，系統偵測正確率相當高，如圖 4-28 和 4-30，然而，在機車經過本車旁邊的這段時間裡，由於機車速度相對於本車快很多且非常接近本車的側邊位置，

因此移動物體殘影嚴重再加上特徵光流資訊不足，如圖 4-29 和 4-31，是造成系統偵測正確率低的主要原因。



圖 4-28 機車(4)偵測結果之一



圖 4-29 機車(4)偵測結果之二

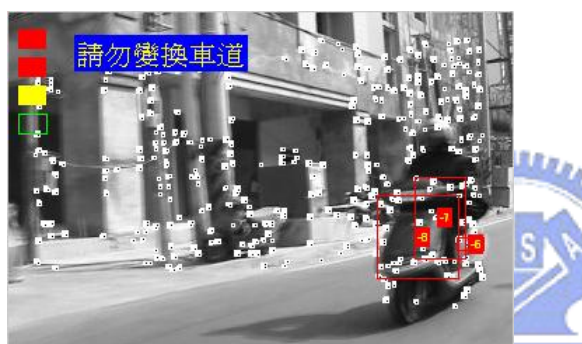


圖 4-30 機車(5)偵測結果之一



圖 4-31 機車(5)偵測結果之二

圖 4-32~4-35，在本車時速 25 公里速度上下，時間為上午十一點半左右，天氣晴朗，場景為本車在行經往右轉彎道路時，有一機車從本車鄰近車道之後方超越本車，在影像平面中，由於 FOE 位置的改變，使得遠方背景特徵光流資訊造成系統偵測錯誤。

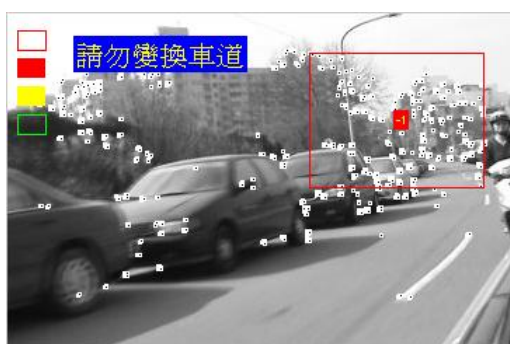


圖 4-32 機車(6)偵測結果之一

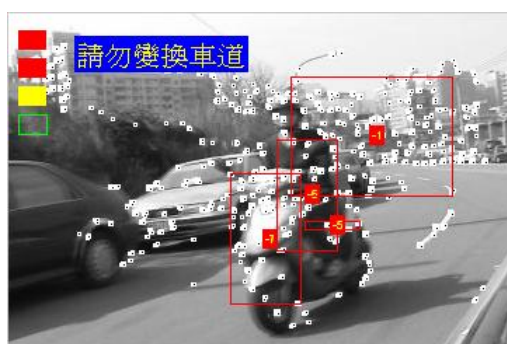


圖 4-33 機車(6)偵測結果之二

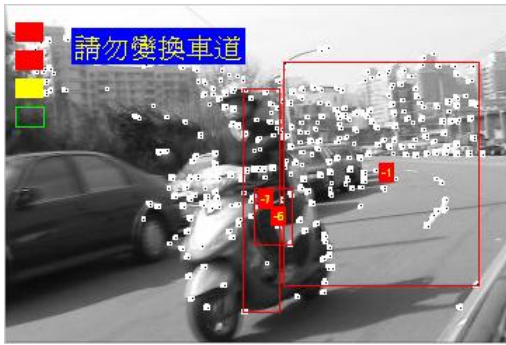


圖 4-34 機車(6)偵測結果之三

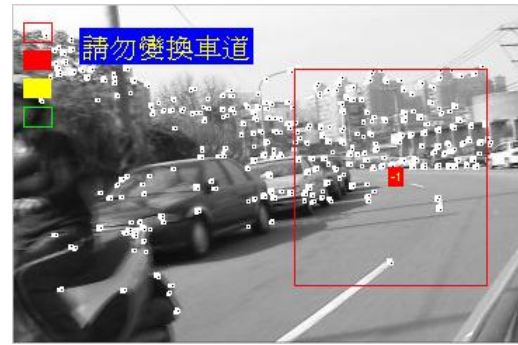


圖 4-35 機車(6)偵測結果之四

從本實驗的結果可知，本系統之演算法在本車以一定速度以上平穩行駛於道路平面，可從移動環境中的影像找出明顯大於本車速度的疑似移動物體區塊位置，無論是汽車或是機車都可偵測，可利用光流資訊與區塊位置提供駕駛者行車輔助之目的。

4.2 獨立式系統驗證

Altera 提供類似 UNIX 型式的命令處理器(command shell)介面來開發軟體，稱為 Nios SDK Shell。它允許使用者在 Nios 開發電路板上的 Nios 系統裡執行程式，執行 nios-build 和 nios-run 命令及各種測試程式。

首先我們使用 nios-run 命令通過 COM 埠發送可執行程式，並且在建立的 Nios 系統模組上執行程式，然後將 nios-run 程式執行在終端機模式 (terminal mode)，透過終端機模式跟 Nios 開發電路板溝通，如圖 4-36 所示，執行程式透過 UART 傳回主選單介面，方便使用者操作及增加其他系統功能設計，以下介紹影像系統選單主要功能：

a：確定 PC 端與 Nios 系統的乙太網路連線狀態。

b：本論文影像動態偵測系統主程式。

d~f：可透過乙太網路把即時影像特徵傳回 PC 端觀看或儲存影像特徵資料。

g,h：可把影像後級處理重要的資料數據透過乙太網路傳回 PC 端儲存。

l~n：兩個七段顯示器從 00 往上計數到 99 和外接 LED 燈信號開/關。

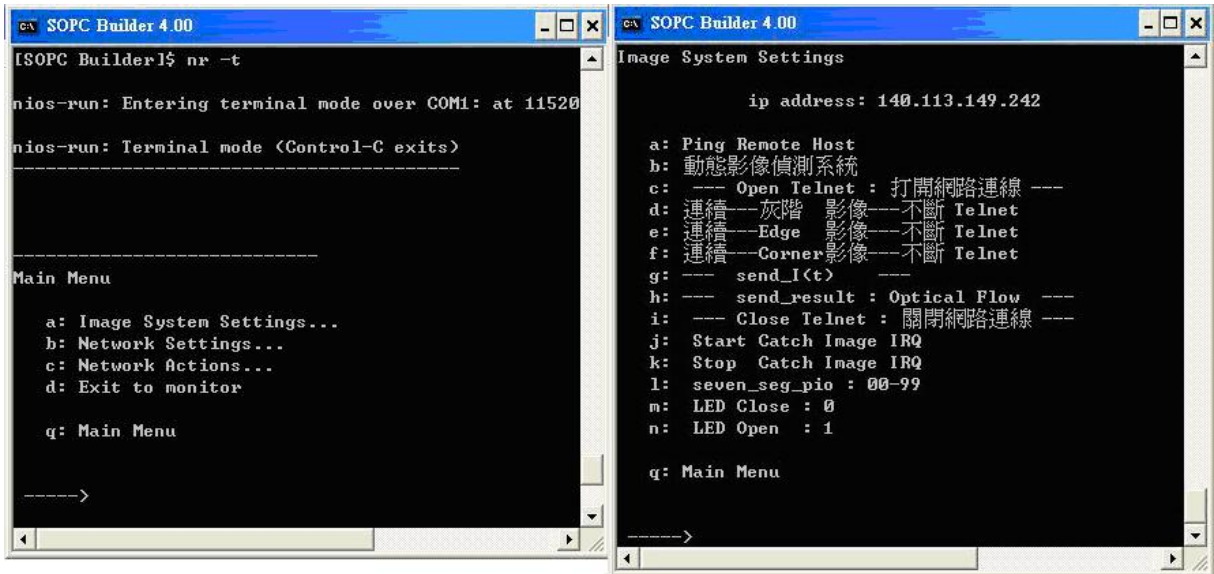


圖 4-36 Nios SDK Shell 執行程式的主選單和影像系統選單畫面

4.2.1. CMOS 影像感測器擷取之實驗結果

圖 4-37 為獨立式系統置於室內擷取影像之結果。而圖 4-38 是將獨立式系統置於車內實地擷取本車側邊道路影像之結果。



圖 4-37 CMOS 室內取像結果



圖 4-38 CMOS 道路取像結果

4.2.2. 特徵擷取之實驗結果

圖 4-39 為 CMOS 取像透過使用者邏輯計算的影像特徵結果。測試物體為一汽車模型和一人偶，其影像特徵為特徵邊緣與特徵角點。

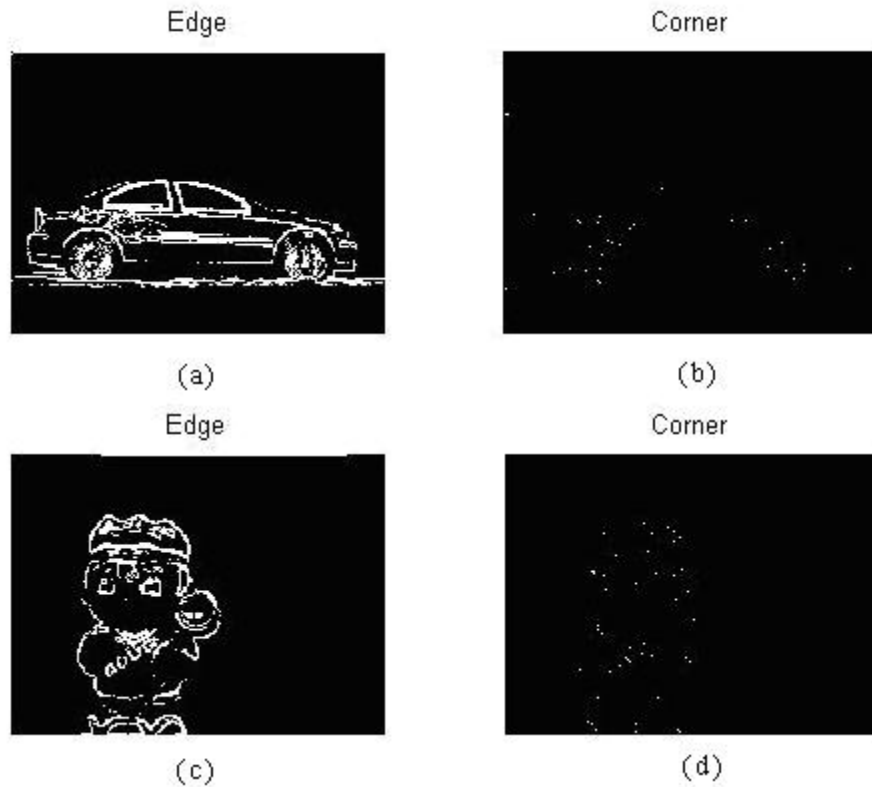
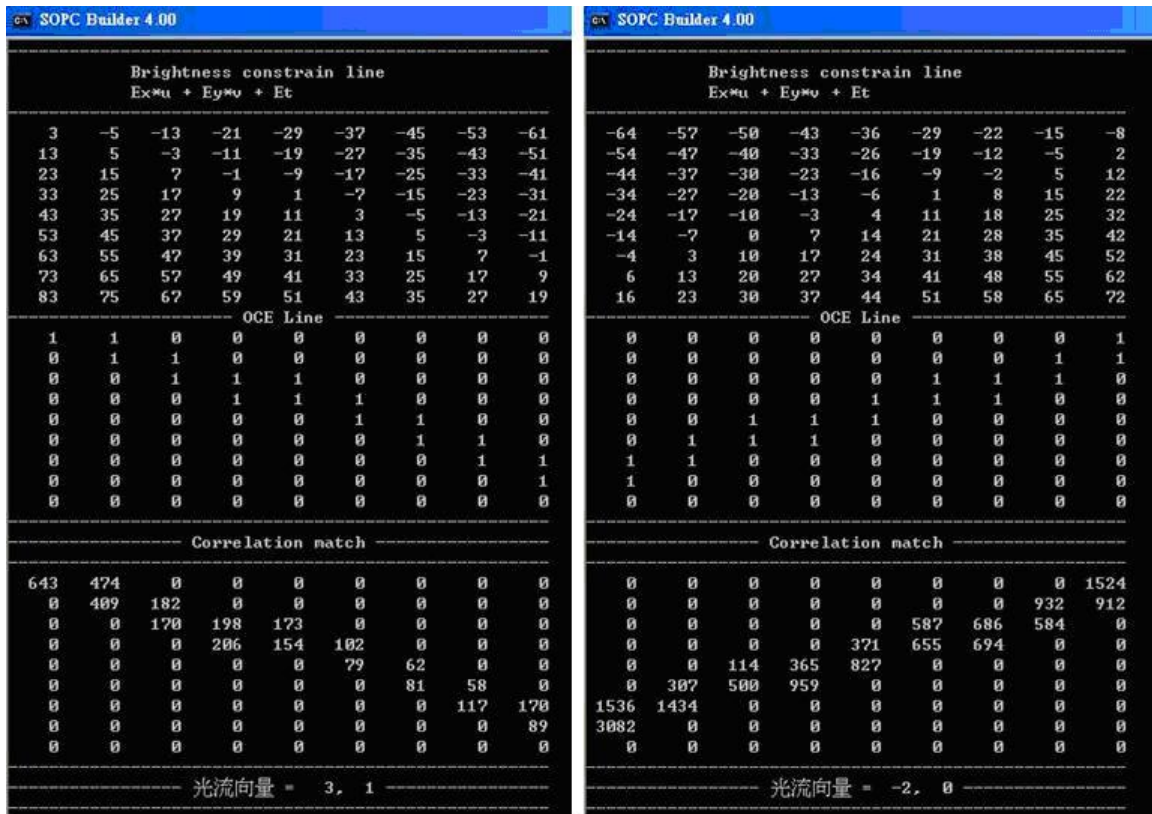


圖 4-39 影像邊緣偵測和角點偵測結果

4.2.3. 光流估測之實驗結果

圖 4-40 為連續兩張影像中某特徵點光流演算法驗證的結果。先透過明亮限制線的 81 組不同 u, v 值的結果，從中找到正負相間的部份，預測特徵點在第二張影像位移的位置，接著做圖素相關性比對，比對值愈小，匹配程度愈高，其最接近光流向量整數值將被找出來。

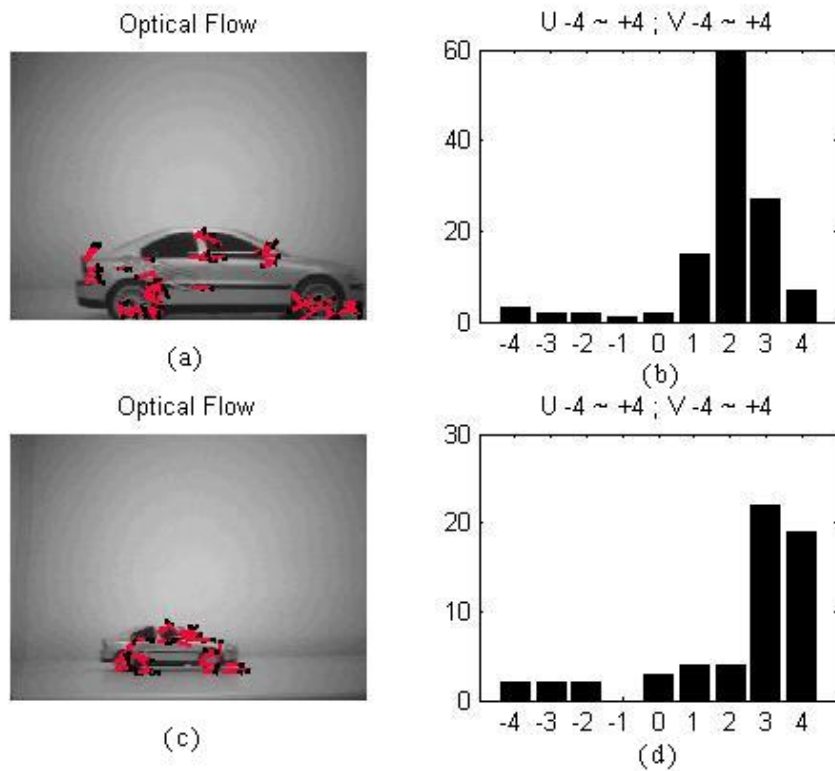
圖 4-41 和圖 4-42 為車輛模型由左至右和由右至左的行為，左邊是光流估測的結果標示在原始圖上，右邊是針對光流水平向量方向不同 u 值的特徵點點數統計結果。從結果顯示，物體往右或往左的行為可明確從圖 4-41 和圖 4-42 之右邊統計結果看出來。



(a)

(b)

圖 4-40 特徵點光流估測結果



(c)

(d)

圖 4-41 光流估測結果(一)

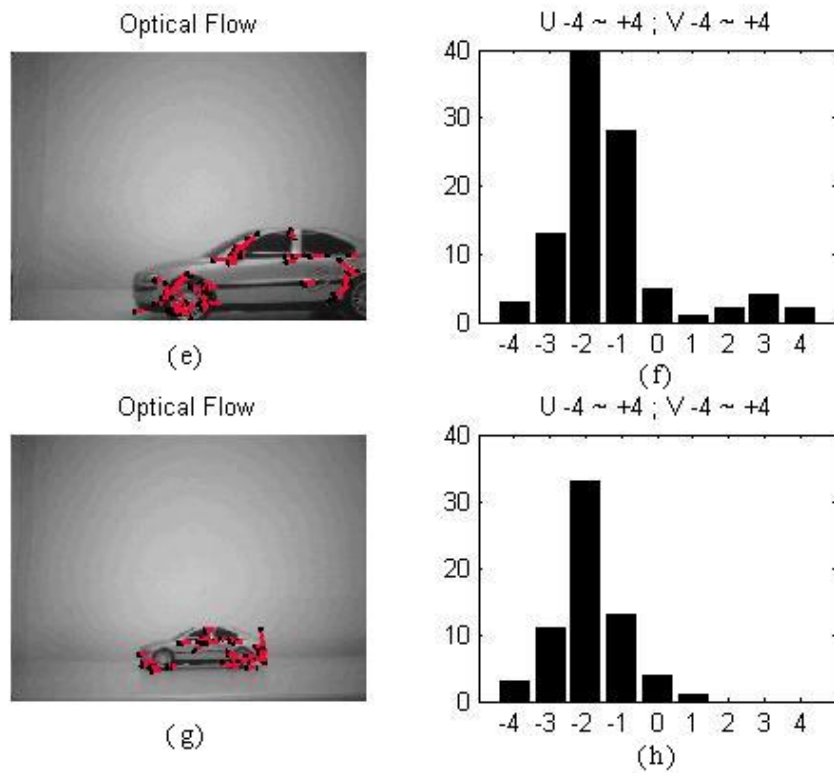


圖 4-42 光流估測結果(二)

4.3 實車測試結果

本實驗將影像運動偵測系統用在實際道路上測試。圖 4-43 為影像運動偵測系統架置於實車內的情況，將此系統置於副駕駛座車窗旁，並把影像感測器朝車窗外取本車側後方包含鄰近車道之道路影像，我們利用筆記型電腦透過 RS232 與此系統溝通。



圖 4-43 影像運動偵測系統置於實車內的情況

實車測試當天，我們將本車行駛於新竹科學園區內的園區三路，時間為下午三點左右，天氣晴朗。為了讓 LED 燈顯示較明顯，我們將 LED 燈周圍用黑色硬紙圍成矩形，如圖 4-44 藍色圈起來的部份。本實驗目的是要驗證當側車出現於 CMOS 影像感測器擷取的影像範圍內，是否能夠偵測到而使 LED 燈發亮。根據不同顏色的 LED 燈代表不同意義，紅-LED 燈亮代表物體相對於本車速度非常快的情形，而橘紅-LED 亮代表物體速度大於本車的情形，綠-LED 燈亮代表有物體跟本車速度較接近的情形。若紅-LED 燈亮，橘紅-LED 燈也一定會亮。由於為了讓偵測系統提高效能，把原本影像處理的畫面是 320*240 改成 160*120，也因此讓綠-LED 燈偵測到物體的情形跟原本預期不太一樣，也就是說綠-LED 亮將可能代表三種情形，側車慢慢接近本車、側車慢慢遠離本車和跟本車速度較接近的情形。以下將對本實驗所拍攝到的結果作一說明，



圖 4-44 系統警示 LED 燈未亮

4.3.1. 狀況一

狀況一，如圖 4-45 所示當中，一開始 4 組 LED 燈都未亮顯示本車側後方無來車，且從畫面車窗內也未看到有車輛經過，經過短暫時間後出現疑似有側車(機車)快速接近的情況，如圖 4-45(a)所顯示紅-LED 燈和橘紅-LED 燈發亮，得知有物體快速接近本車；在車輛出現畫面的車窗之前，綠-LED 燈一直閃爍，顯示本車側邊疑似有移動物體緩慢接近中；結果機車出現在畫面車窗內，以比本車稍快的速度從本車側邊經過，如圖 4-45(b)~(d) 所示。而圖 4-45(e)~(f)顯示另一機車超越側車的情形。



(a) 疑似側車(機車)接近本車



(b) 機車出現畫面上



(c) 機車經過本車



(d) 機車將超越本車



(e) 機車快速超越本車

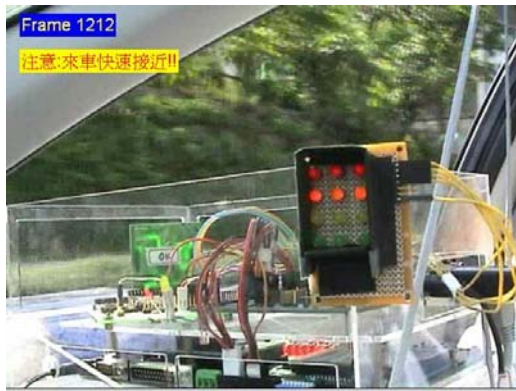


(f) 機車將超越本車

圖 4-45 狀況一之實車測試結果

4.3.2. 狀況二

圖 4-46 當中，顯示某一時刻連續車輛(包括 2 輛機車、1 箱型車和 1 小卡車)超越本車的實驗結果。從燈號顯示之中，這些車輛能適時地被偵測到。



(a)疑似側車(第一輛機車)快速接近本車



(b)第一輛機車經過本車



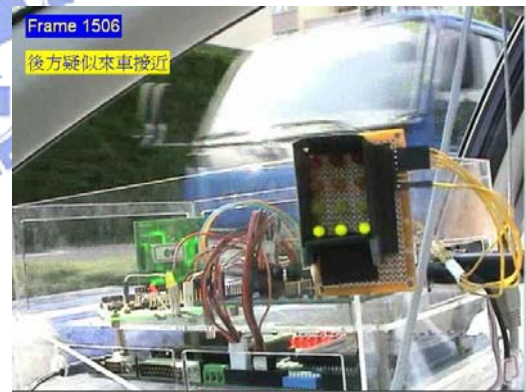
(c)疑似側車(箱型車)接近本車



(d)箱型車經過本車



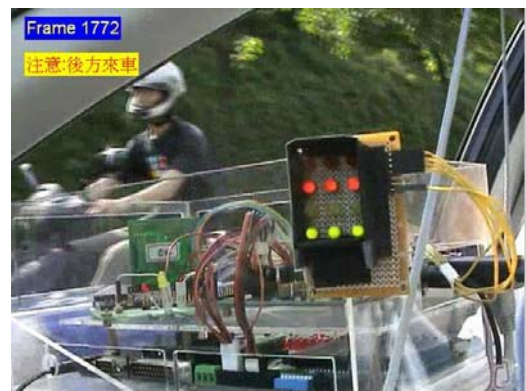
(e)疑似側車(小卡車)接近本車



(f)小卡車經過本車



(g)第二輛機車經過本車

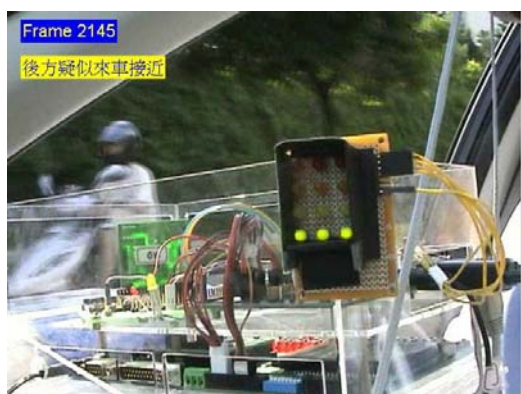


(h)第二輛機車將超越本車

圖 4-46 狀況二之實車測試結果

4.3.3. 狀況三

圖 4-47 當中，顯示機車先從本車右前方位位置以比本車速度稍慢的程度慢慢移動到本車側後方位位置，由於機車速度只是比本車速度稍慢，因此綠-LED 燈有一直閃爍，如圖 4-47(a)~(c)所示結果；接著機車加快速度超越本車，紅-LED 燈和橘紅-LED 燈發亮，如圖 4-47(d)~(f)所示。



(a)機車慢慢遠離本車



(b)機車慢慢遠離本車



(c)機車慢慢遠離本車



(d)機車慢慢接近本車



(e)機車經過本車側邊



(f)機車將超越本車

圖 4-47 狀況三之實車測試結果

由本實驗的結果可知，本系統用在實際道路上可偵測到我們感興趣的移動物體，若偵測到對本車有潛在的危險時，可提供行車輔助資訊以提醒駕駛者。

4.4 實驗討論

由實驗可知，在一向前直行於道路平面上並以一定速度以上行駛的車輛(簡稱本車)，利用獨立式系統擷取本車側後方的連續影像，包含駕駛者看不到的側邊死角盲點區域。若從影像中可看到行駛於本車側邊的車輛(簡稱側車)並可擷取出明確的特徵點和計算其光流資訊，本系統可找出疑似移動物體的區塊位置跟相對應的光流水平向量速度值，若偵測到對本車有潛在的危險時，適時的發出警示訊號，提供行車輔助資訊以提醒駕駛者。然而對於路面不平整和側車速度過快且離本車距離很近，造成 CMOS 影像感測器所擷取的影像晃動，會影響本系統所擷取的特徵點以及光流計算結果的可信度。



第五章 結論與未來展望

5.1 結論

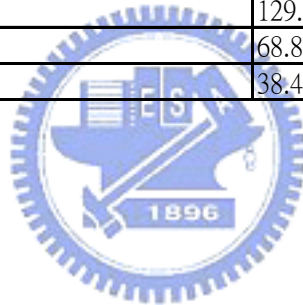
本論文提出了一個設置於車上之影像偵測系統，並實際應用於車輛之側邊安全輔助，在以一正常行駛於平坦道路上的車(簡稱本車)，利用本系統擷取本車側後方的連續影像，包含駕駛者看不到的側邊死角盲點區域。若影像中可看到行駛於本車側邊鄰近道路的車輛(簡稱側車)並將其特徵擷取出和估測其光流資訊情況下，本系統可找出側車特徵點集中的區域位置跟相對應的光流特性，若偵測到側車之行為對本車有潛在的危險時，適時的發出警示訊號，提供行車輔助資訊以提醒駕駛者。對於複雜的背景而言，本論文提出針對我們想找出側車與本車不同範圍內之相對速度，來定義光流估測之 u, v 搜尋範圍，在此可先進行過濾背景物體特徵以及不感興趣的移動物體特徵；再結合 FOE 觀念找出道路平面區域，可避免錯誤地找到背景之特徵點。

在影像動態偵測系統中，我們藉由特徵點的偵測與光流估測，找出連續影像中的移動資訊，並利用光流估測之 u, v 搜尋範圍不同，先進行過濾背景物體特徵以及不感興趣的移動物體特徵，透過光流特性以及由道路平面找出移動中物體之特徵點集中區域，若偵測到側車之行為對本車有潛在的危險時，發出警示以提醒駕駛者。

本系統的適用範圍在本車要直行於道路平面上。對於本車之左/右轉不在本論文討論範圍。另對於路面不平整，造成 CMOS 影像感測器所擷取的影像晃動，和側車速度過快且離本車愈接近，影像感測器所擷取的影像有殘影，均會影響本系統所擷取的特徵點以及光流估測結果。本文開發出一獨立式影像偵測系統，對於本獨立式系統執行影像偵測之效能，整理如表 3。以 160×120 之影像解析度而言，本系統之處理速度為每秒 2 次，尚符合於一秒之反應速度，對於提供車輛側邊安全輔助仍有幫助。

表 3 本影像偵測系統之處理效能

影像 Frame 規格大小	特徵點數 / 角點數	將SDRAM內最新連續兩張圖像中的灰階、水平及垂直梯度搬至SRAM，並選出所須計算之特徵點位置和其Ex,Ey,Et值，所需的時間。	估測連續兩張影像其光流資訊所需的時間。 $-8 \leq u \leq 2, -5 \leq v \leq 5$ 。	分析光流資訊，物體分割和安全性分析所需的時間。	整體處理頻率
320*240	363 / 139	274.34ms	1.1113s	2.39ms	0.72 fps
320*240	237 / 94	272.02ms	723.5ms	1.76ms	1.00 fps
320*240	161 / 79	271.60ms	492.5ms	1.12ms	1.31 fps
160*120	152 / 49	78.79ms	456.84ms	1.02ms	1.86 fps
160*120	110 / 38	78.08ms	357.20ms	1.00ms	2.29 fps
160*120	88 / 29	77.74ms	228.60ms	691.4us	3.26 fps
320*240	247 / 247	243.60ms	463.98ms	1.51ms	1.41 fps
320*240	160 / 160	243.04ms	434.88ms	1.29ms	1.47 fps
320*240	112 / 112	242.84ms	334.08ms	943.2us	1.73 fps
320*240	83 / 83	242.32ms	247.52ms	777.2us	2.04 fps
160*120	58 / 58	74.72ms	154.13ms	399.6us	4.36 fps
160*120	44 / 44	74.29ms	129.64ms	374.9us	4.89 fps
160*120	24 / 24	74.26ms	68.86ms	210.6us	6.98 fps
160*120	13 / 13	73.96ms	38.46ms	193.9us	8.89 fps



5.2 未來展望

本論文之影像動態偵測系統已可提供簡單側車行為警示資訊，但在架構中仍有部分值得進一步研究：

1. 對於本車之左/右轉時，在影像平面中，FOE 的位置也跟著改變，若可根據 FOE 的觀念，提出更完善的側車行為判斷規則，則車輛之側邊安全輔助能更強健。
2. 本動態偵測系統已透過光流特性把疑似移動物體的特徵點群組，若能透過統計和分析更準確地找出特徵點集中的區域，並結合彩色影像資訊，以便估測其形體。
3. 在距離估測方面，可結合其它感測器為整合性的系統，達到更穩健。

參考文獻

- [1] C. Liao, X. Qin, X. Huang, Y. Chai, and X. Zhou, "A Monocular-vision-based Driver Assistance System for Collision Avoidance," *Proc. of 2003 IEEE Intelligent Transportation Systems*, Chongqing, China, 2003, pp.463 – 468.
- [2] E. Dagan, O. Mano, G. Stein, and A. Shashua, "Forward Collision Warning with A Single Camera," *Proc. of 2004 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Parma, Italy, pp.37-42.
- [3] 張源鎰, "行駛車輛之安全距離研究及危險判斷反應," 碩士論文, 大葉大學車輛工程學系, 2003.
- [4] 楊智傑, "影像追蹤系統及其在車輛安全之應用," 碩士論文, 國立交通大學電機與控制工程學系, 2004.
- [5] 曾俊元, "以視覺感知的智慧型車輛防撞系統之研究," 碩士論文, 國立東華大學電機工程研究所, 2003.
- [6] 林俊宏, "應用影像處理技術於車中之前導車追蹤," 碩士論文, 國立台灣大學, 2001.
- [7] 沈松峙, "側邊運動偵測之影像晶片設計," 碩士論文, 國立交通大學電機與控制工程學系, 2005.
- [8] 黃瑞祥, "混合式光流估測法則及其在即時避碰之應用," 碩士論文, 國立交通大學電機與控制工程學系, 2000.
- [9] A. Techmer, "Real-time Vehicle Motion Analysis for Monitoring the Rear Lateral Road," *Proc. of 2004 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Parma, Italy, pp.704-709.
- [10] P.S. Yen, C.Y. Fang, and S.W. Chen, "Motion Analysis of Nearby Vehicles on A Freeway," *Proc. of 2004 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control*, Taipei, Taiwan, 2004, pp.903-908.
- [11] B. Ran and H. X. Liu, "Development of A Vision-Based Vehicle Detection and Recognition System for Intelligent Vehicles" *Proc. of Transportation Research Board annual Meeting*, Nov. 1998.
- [12] J. van Leuven, M.B. van Leeuwen, and F.C.A. Groen, "Real-time Vehicle Tracking In Image Sequences," *Proc. of IEEE Instrumentation and Measurement Conference*, Budapest, Hungary, 2001, pp.2049–2054.

- [13] W. F. Gardner and D. T. Lawton, "Interactive Model-Based Vehicle Tracking," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 18, No. 11, pp.1115-1121, 1996.
- [14] J.L. Barron, D.J. Fleet, and S.S. Beauchemin, "Performance of Optical Flow Techniques," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 12, No. 1, pp.43-77, 1994.
- [15] Y. Mae, Y. Shirai, J. Miura, and Y. Kuno, "Object Tracking in Cluttered Background Based on Optical Flow and Edges," *Proc. of the 13th Int. Conf. on Pattern Recognition*, 1996, pp.196-200.
- [16] Y. Altunbasak, P. E. Eren and A. M. Tekalp, "Region-Based Parametric Motion Segmentation Using Color Information," *J. of Graphical Models and Image Processing*, Vol. 60, No. 1, pp.13-23, Jan, 1998.
- [17] N. Peterfreund, "Robust Tracking of Position and Velocity with Kalman Snakes," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 21, No. 6, pp,564-569, 1999.
- [18] C. Harris and M. Stephens, "A Combined Corner and Edge Detector," *Proc. of 4th Alvery Vision Conf. On Manchester*, 1988, pp. 189-192.
- [19] H. P. Moravec, "Obstacle Avoidance and Navigation in the Real World by a seeing Robot Rover," *Tech Report CMU-RI-Tr-3*, Carnegie Mellon University, Robotics Institute, September 1980.
- [20] R.C. Gonzales, and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd Edition, Prentice Hall, 2002.
- [21] D.H. Ballard, and C.M. Brown, *Computer Vision*, Prentice Hall, 1982.
- [22] I. Masaki, "Machine-Vision Systems for Intelligent Transportation Systems," *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 13, No. 6, pp.24-31, 1998.
- [23] N, *ICM205B VGA/QVGA CMOS image sensor with digital YUV output Data Sheet*, IC MEDIA, 2002.
- [24] N, *Nios Development Board, Stratix Edition Data Sheet*, Altera, 2003.
- [25] N, *Single & Dual-Clock FIFO Megafunctions User Guide*, Altera, 2003.
- [26] N, *Nios DMA Data Sheet*, Altera, 2003.

附錄 A Nios development kit, Stratix Edition 規格

Nios development kit, Stratix edition 規格如下 [24]:

- Stratix EP1S10F780C6ES device
- MAX® EPM7128AE CPLD configuration control logic
- SRAM (1 Mbyte in two banks of 512 Kbytes, 16-2it wide)
- SDR SDRAM (16 Mbytes, 32-2it wide)
- Flash (8 Mbytes)
- Compact Flash connector header for Type I CompactFlash cards (40 available user I/O pins)
- 10/100 Ethernet physical layer/media access control (PHY/MAC)
- Ethernet connector
- Two serial connectors (RS-232 DB9 port)
- Two 5-V-tolerant expansion/prototype headers (2 x 41 available user I/O pins)
- Two Joint Test Action Group (JTAG) connectors
- Mictor connector for debugging
- Four user-defined push-button switches
- Eight user-defined LEDs
- Dual 7-segment LED display
- Power-on reset circuitry

表 A-1 Stratix EP1S10F780C6ES 之規格

名稱	個數
Logic Elements	10,570
M512 RAM blocks (32 X 18 bits)	94
M4K RAM blocks (128 X 36 bits)	60
M-RAM blocks (4K X 144 bits)	1
Total RAM bits	920,448
DSP blocks	6
Embedded multipliers	48
PLLs	6
Maximum user I/O pins	426

附錄 B ICM 205B 之規格

- 307,200(640×480)像素，VGA 格式，使用 1/4”光學系統
- 關聯性雙倍取樣
- On-3hip 9-2it ADC
- On-3hip 數位訊號處理
 - ◆ 即時色彩插補
 - ◆ 可程式/自動曝光控制
 - ◆ 可程式/自動白平衡及色彩校正
 - ◆ 可程式銳化控制
 - ◆ 可程式色彩飽合控制
 - ◆ 可程式 gamma 校正
 - ◆ 可程式亮度校正
 - ◆ 可程式色調校正
 - ◆ 可程式對比校正
 - ◆ 可程式防閃爍(50Hz,60Hz 或關掉，如在戶外)
 - ◆ 可程式中位濾波器(media filter)
- 漸進式讀出
- 視訊模式或單張影像模式
- 輸出資料格式: 8/16 位元 YCbCr,24 位元 RGB 或 8 位元 raw data
- 輸出模式:VGA,QVGA,QQVGA 或自訂
- 輸入/出介面:SIF
- 低電源模式
- 自動光學黑色補償
- 左右鏡射影像
- 上下鏡射影像
- 單一電源供給:3.3V+/-0.15V