

# 第一章 緒論

## 1.1 前言

隨著科學的進步，人們對生活的舒適性與安全性的要求也越來越高。例如，近年來對於交通工具防撞系統的研究正在蓬勃的發展當中。為了減少汽車駕駛人在高速駕駛時的負擔，改善駕駛環境的方便與安全性便成了現今汽車發展的重要課題；在多數的交通事故中，與前方車輛未保持適當的行車距離是交通事故發生的主要原因，如能發展出一套汽車防撞設施，將使汽車駕駛人的負擔大為減輕，進而減少交通事故的發生。

所謂智慧型運輸系統(Intelligent transportation systems, ITS)[1]-[5]是藉由已有的高科技，如各種資訊、電腦、通訊、控制即感測等技術，來提昇交通運輸之便捷、安全、效率與舒適。交通運輸基本上可以分為水運、路運及空運三方面，目前大部分的研究皆著重於路運的探討，在這研究領域裡，主要探討的對象包括人、車及路三部份，而先進安全車輛(ASV, Advanced Safety Vehicle)就是屬於此三部份中車的項目。

廣義地來說，先進安全車輛(ASV, Advanced Safety Vehicle)就是應用資訊、電子、材料...等各種領域的先進技術，配合車輛的操縱控制，以提昇車輛行車安全性。由於先進安全車輛系統的主要目的在於能夠主動以及被動的來提供駕駛者相關的資訊、警示與操作輔助，以求能夠提升駕駛安全性，因此，系統亦能夠以提供主動式安全或被動式安全來加以分類。

所謂主動式安全乃是在一般行駛狀況中，事故發生前，由裝設於車輛上之各種先進感測器主動偵測駕駛人、周遭狀況與車輛本身的危險狀態，並發出適當之警告訊息給駕駛者，或是協助閃避危險狀態，避免事故的發生；被動式安全乃是在事故發生時與事故發生後，提供駕駛者與車上乘客保護與急難處理，以期能夠減輕因事故所造成之人員傷亡情形。為避免交通事故發生，其關鍵技術便是感測器的可靠性，先進感測器可用來監控駕駛人的精神狀態、加強視野、防止碰撞及提供與安全相關的資訊等，最終目的是要能避免意外的發生，增進交通安全。

防撞警示系統所實行的機制主要可以分成兩種形式，一種形式是碰撞時間 (Time to

Collision)。所謂碰撞時間是利用兩物體間的相對距離除以其相對速度而得到可能碰撞的時間，當所預估的碰撞時間小於系統所設定的臨界門檻值時，系統認為有發生碰撞危險的可能，則發出警訊警告駕駛人。而另一種形式則是安全距離。當車與車之間的距離，小於系統所設定的安全距離時，系統認為有發生碰撞的可能，隨即會發出警告通知駕駛人。

由於後視鏡和側視鏡有角度上的盲點，使得駕駛人在變換車道時無法正確地判斷變換車道的安全性，駕駛人往往會短暫地轉移前視的注意力到汽車側後方去確定是否有危險。除此之外，下雨天和夜晚時能見度變差，降低了後視鏡和側視鏡的功能。而汽車側邊防撞是屬於安全預防的一環，是利用先進安全汽車上的感測器對汽車兩側周圍的環境作一個偵測，進而得到其與鄰車的環境資訊，當有危險超車或變換車道情形時，將會發出警示。

美國國家高速公路交通安全局在西元 2000 年所發表的資料中，對側邊防撞系統曾訂立感測器所需要的偵測區域，並跟美國通用汽車、Delphi-Delco 等，共同開發側邊防撞警示系統。所開發的系統是利用 24GHz 微米波雷達作為測距的感測器，經由計算 TTC (Time to Collision) 與 TTA (Time to Avoidance) 後，當 TTC 小於 TTA 時，則系統發出警訊告知駕駛人有碰撞危險的可能，並提出利用視覺加上聽覺將是最有效警示駕駛人的方法[6]。美國聯邦運輸部門於西元 2002 年所發表的資料中[7]，曾針對大眾運輸交通工具公車的視線死角，利用 CCD 相機與雷射雷達預測側撞發生機率，以避免側邊碰撞的發生。Valeo 電子儀器公司則是利用七組不同方向的 24GHz 微米波雷達組成一個單一模組，對側方視線死角區域連續不斷的掃描，當側方有車輛時，將在車外後視鏡投射出視覺警示[8]。其他用在於汽車本身側邊防撞的研究多數使用的感測器有超音波感測器[9]、紅外線感測器與影像感測器 CCD、CMOS。其中超音波感測器與紅外線感測器的量測距離短且易受天候影響而產生雜訊，而雷達雖然量測距離長且不會受到天候而影響其效能，但是雷達的價格貴、體積大、解析度低、技術層次高卻成為雷達的缺點，要成為一般中小型房車的安全配備，低成本的感測器為本研究之優先考量。

影像感測器中的 CMOS 感測器由於其整合性高，可以將後端的處理單元一起整合

至單一晶片上，進而加快處理時間而達到 Real time 的效能，故其發展十分值得研究的。近年來有關於 CMOS 影像處理晶片的發展已於前一單元中有介紹，但是在這些的研究中，多數皆是用於偵測移動物體的方向以及其移動的速度等等，而單獨利用 CMOS 影像處理晶片從先進安全汽車側邊防撞的研究尚不多見。

因此設計出一包含類比感測及運算電路之 CMOS 影像感測晶片，透過此一具智慧型功能的影像感測晶片，往往能大幅的提升控制系統的性能，減少所需處理與傳送的資料量及時間，同時減少後級系統中影像處理部份的負擔，進而增加整體系統的即時性表現。

## 1.2 文獻回顧

由於先進安全車輛所強調的就是安全，在行駛的車輛中即時處理所擷取的影像資訊是非常重要的，否則就失去了安全性。例如，當行駛的車輛為了側邊防撞而在車子上架設影像感測器，若處理單元處理該影像感測器所擷取到的影像資訊之時間過長，等到真正有碰撞危險要發生時，此時處理單元由於處理時間過長才正在計算前一刻所擷取到的影像資訊，等到處理結果出來後，危險早就已經發生了。由此可知，即時性對於先進安全車輛可以說是非常重要的一個要素。

在許多的影像處理應用中，動態影像比靜態影像能給我們更多關於外界的訊息。經由連續影像影像強度的光流向量(Optical flow vectors)來估測場景中物體相對於攝影機的運動資訊進而估測物體的深度(Depth)、發生碰撞時間(Time-to-contact)[10]等，而對於先進安全汽車系統的應用，更可利用此動態影像資訊來作為自我移動(ego-motion)參數的運算[11]，例如可利用實際之速度向量場與預期得到的速度向量場之間的差值做分析比較，而能偵測出與障礙物之間的距離及相對速度，再將此資訊提供給 ASV 系統對駕駛者提出警訊，而達到人車安全的功能。在過往的研究中，利用 CMOS 影像感測器進行對移動中物體的偵測比較常見有兩種方法，第一種是影像梯度法(Gradient based method)，而另一種則是影像關聯法(Correlation based method)。接下來將會簡單地介紹

這兩種方法，並且列出曾經使用該方法的研究。

a. 影像梯度法(Gradient based method)

影像梯度法是由局部的亮度分佈變化作時間與空間上的偏導數，以求得影像特徵的速度。接下來將歸納出利用影像梯度法來作偵測移動物體的類比視覺移動感測晶片之研究回顧。於西元 1986 年 Tanner 和 Mead[12] 首先發展出二維影像類比光流晶片，此二維影像類比光流晶片是基於梯度演算法則所設計的，其包含一電阻網路來計算出時間與空間上的偏導數，再利用這些資訊計算出物體的移動向量，但其所展現出的效能卻很粗劣，且類比電路所運算之值也不精準。感測陣列為  $8 \times 8$ ，總晶片面積為  $180 \times 180 \mu\text{m}^2$ 。而 Rainer A. Deutschmann 與 Christof Koch 在西元 1998 年設計之晶片是基於梯度演算法 (Gradient Algorithm) 所設計的，其電路發展出一新穎的寬線性範圍浮閘放大器和一浮閘除法電路[13]。所完成之像素面積為  $147 \times 270 \mu\text{m}^2$ ，總晶片面積為  $2.2\text{mm} \times 2.2\text{mm}$ 。Ming-Han Lei 與 Tzi-Dar Chiueh 於西元 2002 年設計之晶片是基於梯度演算法而偵測出一 2 維光流向量場，其電路包含一電阻性網路來平滑輸入影像，而時間與空間偏導數電路可完成光流限制式，並量測出 2 維速度向量。感測陣列為  $32 \times 32$ ，總晶片面積為  $5.1\text{mm} \times 5.1\text{mm}$ [14]。

b. 影像關聯法(Correlation based method)

影像關聯法基本上可分成兩類，一類是可以比較出在不同時間內圖形移動的距離，另一類則是比較出在相同距離內圖形移動所需的時間。以下則是影像關聯法的相關研究回顧。在西元 1991 年時，Andreou et al. 所設計的晶片是利用影像關聯法而發展出 HRP(Hassenstein-Reichardt-Poggio model of motion computation)[15] 架構。而所完成之晶片可偵測出一維向量場，並利用在軍事標的和機器人的追蹤等應用上。到了西元 1993 年時 Delbruck 其所設計之晶片是基於影像關聯法所設計的  $3 \times 1$  維感測晶片[16]，具有調諧單一空間時間頻率(Spatio-Temporal frequency) 的功能。總晶片面積為  $135 \times 135 \mu\text{m}^2$ 。Kramer 於西元 1995 年所設計之晶片是基於影像關聯法而能偵測出一維速度向量場的

感測晶片[17]，並可利用此感測晶片獲的全域速度圖像(Entire velocity map)，而利用在車輛導航系統上。總晶片面積為  $27500 \mu\text{m}^2$ 。

於西元 2000 年時 Tetsuya Asai *et al.* 設計之晶片是基於影像關聯法所設計的 2 維光流感測晶片[18]，移動偵測系統是基於關聯性類神經網路(Correlation Neural Networks, CNN)而成，並利用類比、數位混合電路來完成一高速且複雜的移動感測系統。所包含的類比電路能夠即時的計算出光流向量而偵測出物體局部移動速度，而數位電路包含一非同步電流模式電路來偵測物體邊緣。此晶片之單一感測電路面積為  $220 \times 290 \mu\text{m}^2$ ，填充因素(fill factor)為 3%。C.Y. Wu and K.H. Huang 在西元 2002 年所設計的晶片是基於影像關聯法而發展出其經過修改後的影像關聯法理論所完成的二維影像處理晶片[19]，該晶片是用來偵測整體移動的方向以及速度。而偵測移動物體的方向及速度所產生的誤差，可以藉由將其輸出作平均而大大地減低。該影像晶片是由  $32 \times 32$  的像素陣列所構成的，每一個像素單元的面積為  $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ ，而晶片總面積為  $4200 \times 4000 \mu\text{m}^2$ ，填充因素(fill factor)為 11.6%。



### 1.3 研究動機與目的

根據參考文獻[19]所完成的二維影像處理晶片，該晶片的演算理論是以影像關聯法為基礎而發展出之改良版影像關聯法而完成的。其功能是用來偵測整體移動的方向以及移動的速度，關於移動的方向與速度的計算是需要 off-chip 利用軟體所處理的，並非可以直接地由晶片的輸出接腳而得知移動的方向與速度確切的數據，若要使用該晶片運用於先進安全汽車中的側邊防撞，勢必需要再另外加上處理的電路或者是電腦程式進行數據的分析與處理，進而得到有用的資訊。然而，這樣可能會使得處理時間增長，如此一來就達不到所要求 Real time 的效果。目前文獻上所取的影像關聯方向為為上(+Y)、下(-Y)、左(-X)與右(+X)四個方向，經由該影像晶片得到的資訊，並不能直接地了解運動中的物體是否接近或者遠離。若將所取的影像關聯方向作一個改變，並增加影像關聯的方向，除了可以偵測移動物體的方向外，更可以得到物體接近或者遠離的資訊。

本論文之目的在設計出一個 CMOS 影像感測與處理晶片，透過該晶片所感測側邊周圍的影像資訊，且經由晶片上的後端處理電路，處理過後的資訊可以直接地、即時地由該晶片的輸出接腳而得到，進而達到對側邊運動偵測之功能，可應用於汽車安全中，對於車輛側邊防撞將具有實用性。

## 1.4 論文組織

本論文一共分為六章，第一章為緒論，主要在於描述本論文之研究目的、動機以及相關文獻回顧。第二章則在介紹影像關聯法此即本論文中影像晶片的基本作用原理。第三章說明本論文中所提出之側邊動態偵測之架構設計，並深入介紹其動作原理，同時進行模擬驗證所提出之架構的功能正確性。第四章說明本論文中所設計之側邊動態偵測電路之設計，同時亦進行模擬驗證所提出之電路的功能正確性。第五章介紹測試晶片的環境設定（硬體架構與設備、軟體程式的撰寫等），以及測試結果。第六章則是結論以及未來展望。

