

發明專利說明書

PD1060439

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：95116809

※申請日期：95.5.12

※IPC 分類：B60Q 1/08
G06F 17/60

一、發明名稱：(中文/英文)

基於電腦視覺的智慧型夜間車輛即時偵測與辨識系統
REAL-TIME NIGHTTIME VEHICLE DETECTION AND RECOGNITION SYSTEM
BASED ON COMPUTER VISION

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學

NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

代表人：(中文/英文)

張俊彥/CHANG, CHUN-YEN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

1001 TA-HSUEH RD., HSINCHU, TAIWAN R.O.C.

國籍：(中文/英文)

中華民國/R.O.C

三、發明人：(共 4 人)

姓名：(中文/英文)

1. 吳炳飛/WU, BING-FEI

2. 陳彥霖/CHEN, YEN-LIN

3. 陳元馨/CHEN, YUAN-HSIN

4. 陳昭榮/CHEN, CHAO-JUNG

國 籍：(中文/英文)

1.~4.中華民國/R.O.C

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項第一款或第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

本案未在國外申請專利

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

國 籍：(中文/英文)

1.~4.中華民國/R.O.C

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項第一款或第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

本案未在國外申請專利

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明係關於一種夜間車輛即時偵測與辨識系統，其包含：光源物件影像切割裝置 1，光源物件分類裝置 2，車燈物件辨識裝置 3，車輛位置判定裝置 4 以及車輛追蹤裝置 5；在各種夜間道路照明狀態下，該系統能有效且正確地標定與辨識來車與前車之車燈，且在當時道路環境狀況下，正確地提供輔助駕駛所需解析車輛前方交通狀況之資訊。

六、英文發明摘要：

A real-time nighttime vehicle detection and recognition system comprising a bright object segmentation device 1, a bright object classifying device 2, a vehicle-lighting object identification device 3, a vehicle position detecting device 4, and a vehicle tracking device 5 is provided. Under various circumstances of road illumination during the nighttime, the system can efficiently and correctly identify the presence of lamps of oncoming and preceding vehicles, and precisely provides the driver with auxiliary information to analyze the traffic conditions in front of the vehicle.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 1 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- | | |
|---|------------|
| 1 | 光源物件影像切割裝置 |
| 2 | 光源物件分類裝置 |
| 3 | 車燈物件辨識裝置 |
| 4 | 車輛位置判定裝置 |
| 5 | 車輛追蹤裝置 |

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明關於一種利用電腦視覺之智慧型夜間車輛即時偵測與辨識系統。

【先前技術】

在夜間行車的過程中，駕駛須依賴頭燈的照明來得知前方車輛的狀況，包括來車數量、相對位置與距離，對於後方來車狀態的感知亦復如是，必須依賴後方來車的頭燈及其照明效果判斷之。由於夜間路況的差異性，一般駕駛必須藉由使用遠光燈或近光燈之判斷，以獲得不等距離的路況訊息，然而，例如在較短距離內發現有前方來車時，此時如係使用遠光燈發生干擾來車駕駛的現象。傳統車輛系統因為無法自行偵測一定距離內之交通狀況，因此突然地由遠光燈自動切換為近光燈，或者相反之切換，都有造成行車中之駕駛，因突兀之光線照射而目眩，增加行車的危險性。

基於上述之需要，即一種能夠自動切換遠近光燈的操作機制，目前已有許多技術可以實現，其中大多數系統是採用超音波或車用雷達來實現來車距離的判定，然而，配置該類裝置的成本相當高。

例如在中華民國專利公告第 00569981、M250832、00328413 號等所揭示，係於車輛前方裝設強光感應器，該強光感應器多以光敏電阻(Photodiode)元件為主，其主要運作方式為感測車輛前方的強光來源，藉此，當夜間行車時，

車輛前方照射燈光強度超出一門檻限定值(threshold value)時，強光感測器即產生感應並判定為前方有車輛出現，且按此訊號觸發控制遠光燈與近光燈之切換機制。不過，若使用光敏電阻裝置等，僅能針對強光的出現與否，判斷是否前方可能有車輛存在，但卻因為尚無法分辨該光源是否為真正的車輛之車燈，亦或其他環境光源，例如強烈閃爍之店招，因而容易造成誤判現象。

此外，先前技術例如 US 5,837,994、US 6,861,809、US 6,868,322 等專利所揭示，係於車前設置了光感應器陣列系統，於夜間行車時，將車輛前方之可視區域加以成像(imaging)感測及加以量化為亮度值(light level)陣列，繼之以使用複數個預先決定之門檻值，使高於一定門檻值之亮度值像素，加以擷取標記，接著再使另一門檻值，來分辨是否為前方車輛車燈之燈光、車燈燈光反射炫光或其他非車燈燈光之環境光源，總之，該等使用光感應器陣列系統之相關技術，透過一系列之亮度門檻值來分別分析由光感應器陣列成像所取得各個亮點區域，並從中分辨其是否為真正的車燈，已可大幅降低誤判之機率，然而，該等技術雖可判別前方有來車靠近或同車道行駛之前車，但仍無法更進一步精確地判斷與標定各前車與來車之相對位置與車輛數目，以獲得更為明確的前方交通狀況資訊。再者，由於該技術係使用預先設定之固定門檻值，其無法針對不同的夜間照明狀況，適應性的調整門檻值選取，以致當應用於具不同之照明狀況之路況環境下，亦無法保持完全一致

之效能。

【發明內容】

有鑑於上述問題，在本發明提出了一個透過 CCD 影像擷取技術與搭配電腦視覺的透視成像模型，以進行夜間來車的偵測與距離之判定。本發明之判定是一個快速的電腦視覺演算法，可以大幅降低實現該控制機制之成本，同時亦具有相當之可靠度，是一個高效能且低成本的解決方案。

本發明之夜間車輛即時偵測與辨識系統，其包含：
光源物件影像切割裝置，將被擷取到之光源物件的影像，進行光源物件切割；光源物件分類裝置，藉由一連通物件標定單元，將該被切割之光源物件進行光源物件分類處理，藉以將各個光源物件之間之關連特性進行歸納而成爲各個光源物件群組；車燈物件辨識裝置，藉由一型態分析單元，從該被歸納之光源物件群組中，藉以獲得各個車輛的特徵資訊；車輛位置判定裝置，係利用一距離估算單元，從該特徵資訊中，獲得在前方路況中所出現各車輛與本身車輛之位置資訊；以及車輛追蹤裝置，在獲得所標定的光源物件群組後，從該位置資訊中，針對各個連續畫面影像中標定的車燈物件群組來偵測其行進的方向，藉以判定每一輛進入監測畫面區域中之車輛的移動資訊，並對應地操控相關裝置設備。

其中，該位置資訊至少包含偵測目標車輛於車道上的距離與相對位置等；另外，該移動資訊至少包含各車輛之相對運動方向與相對速度等；該連通物件標定單元係用以

標定各個光源物件，並以投影分析、物件尺寸、比例、與距離之特徵為元素，加以分析比較。

其中，該型態分析單元係針對所標定之光源物件群組，辨識其是否具有車輛車燈之特徵，且從中辨識出為車頭燈或為車尾燈。另外，該相關裝置設備係車頭燈之遠光燈與近光燈之切換控制器，且該距離估算單元係以透視成像模型為基礎，以估算偵測之目標車輛在某個時間點上，其對應於虛擬及真實空間之座標系之景深距離，並運用該目標車輛在影像中之像素座標位置與景深距離之對應關係，加以推導出其與本身車輛於車道上之景深距離、左側邊緣位置、與右側邊緣位置等等。

如前述本發明之夜間車輛即時偵測與辨識系統，係藉由裝設在擋風玻璃後方的 CCD 視訊擷取系統，以精確地偵測車輛前方可視範圍內的交通狀況，辨識對向車道來車的車頭燈、與本車道之前車的车尾燈，以及判斷標定各前車與來車之相對位置與車輛數目，可進一步協助駕駛判斷交通狀況，並自動控制車上的相關裝置(例如，切換車頭燈之遠光燈與近光燈)。

另外，本發明亦提供一種夜間車輛即時偵測與辨識方法，包含以下步驟：

光源物件影像切割步驟，將被擷取到之光源物件的影像，進行光源物件切割；

光源物件分類步驟，藉由一連通物件標定處理，將該被切割之光源物件進行光源物件分類處理，藉以將各個光

源物件之間之關連特性進行歸納而成爲各個光源物件群組；

車燈物件辨識步驟，藉由一型態分析處理，從該被歸納之光源物件群組中，藉以獲得各個車輛的特徵資訊；

車輛位置判定步驟，係利用一距離估算處理，從該特徵資訊中，獲得在前方路況中所出現各車輛與本身車輛之位置資訊；以及

車輛追蹤步驟，在獲得所標定的光源物件群組後，從該位置資訊中，針對各個連續畫面影像中標定的車燈物件群組來偵測其行進的方向，藉以判定每一輛進入監測畫面區域中之車輛的移動資訊，並對應地操控相關裝置設備。

如上述本發明之系統與方法具有之優點包括：可以在各種夜間道路照明狀態下，皆能有效且正確地標定與辨識路上的來車與前車之車燈，並在這些道路環境狀況下，皆能正確地提供輔助駕駛解析車輛前方之交通狀況之資訊。將這個夜間車輛偵測與辨識系統應用於車輛頭燈的遠近光燈控制，則可以在偵測判斷前方車道的交通狀況時，自動將車輛頭燈之遠光燈與近光燈調整至最佳狀態，如偵測到車輛時，即切換爲近光燈，以防止炫光影響前方來車駕駛，防止因爲來車之遠光燈近距離照射而造成目眩所困擾而導致之車禍危險性；在前方車道已無車輛時，即送出控制訊號切換回遠光燈，以協助駕駛能夠清楚的看到遠方之路況。

【實施方式】

以下將配合圖式及實施例來進一步說明本發明之夜間

車輛即時偵測與辨識系統及方法。

本發明之即時夜間車輛偵測與辨識系統，其具備以下之處理裝置：光源物件影像切割裝置 1；光源物件分類裝置 2；車燈物件辨識裝置 3；車輛位置判定裝置 4；以及車輛追蹤裝置 5，其整體運算處理之架構如第 1 圖所示，以下將依序敘述各處理裝置之演算步驟。

首先，在車內擋風玻璃後裝置攝影機，拍向車輛前方，當夜間行駛時，透過攝影機來擷取夜間之車輛前方的路況影像，如第 2 圖所示，並該影像交由後續的處理模組加以分析處理。

接著，使用光源物件影像切割技術加以分析所擷取之車前路況影像。該切割技術，是基於統計影像分析來決定多重切割門檻值，並加以擷取最明亮之物件平面之的快速影像切割技術。

如前述之該統計分類判定的概念運用於影像切割技術方面，最早係源於 N. Otsu, 等人之研究 (“A threshold selection method from gray-level histograms”, *IEEE Transactions on System Man and Cybernetics*, vol. SMC-8, pp. 62-66, 1978.)，係在於找出一個最佳門檻值 (threshold)，將整張影像的像素分成二類，分別代表前景與背景，使這二類像素集合的「類別間變異量」能夠達於最大值。

對於夜間的道路影像而言，明亮物件係主要切割分析之目標。所以，本發明之多門檻值自動影像切割技術的流程如下：

步驟(1)當程序初始時，所有像素被歸類於起始像素類

別 C_0 ，令 q 表示目前本次迭代(iteration)中存在的像素類別總數，故初始值為 1。

步驟(2)在本次迭代開始時，有 q 個像素類別在前一次的迭代中被決定。接著針對各像素類別 C_n ，計算其統計特性，累進機率函數 w_n ，平均值 μ_n 與標準差 σ_n 。

步驟(3)從目前所決定的像素類別中，找尋其中類別內變異量 $w_n \sigma_n^2$ 貢獻值最大的像素類別，此被選出之像素類別以 C_p 為代表，在下一個步驟終將以此類別作為二元分割之對象。

步驟(4)使用一個最佳化的門檻值 t_s^* ，將像素類別 C_p 切割成二個子類別 C_{p0} 與 C_{p1} 。 C_{p0} 與 C_{p1} 是為從 C_p 分出之子集合，它們可以表示為 $C_{p0}:\{t_p+1, t_p+2, \dots, t_s^*\}$ 與 $C_{p1}:\{t_s^*+1, t_s^*+2, \dots, t_{p+1}\}$ ；而最佳化門檻值 t_s^* 由對最大化切割結果之類別間變異量 v_{BC} 來取得。其中，最佳化的 t_s^* 的取得方法如下列公式所得：

$$t_s^* = \text{Arg Max}_{t_p < t_s \leq t_{p+1}} v_{BC}'(t_s) \quad (1)$$

$$v_{BC}'(t_s) = w_{p0}(\mu_{p0} - \mu_p)^2 + w_{p1}(\mu_{p1} - \mu_p)^2 \quad (2)$$

$$w_{p0} = \sum_{i=t_p+1}^{t_s} P_i \quad w_{p1} = \sum_{i=t_s+1}^{t_{p+1}} P_i \quad (3)$$

$$\mu_{p0} = \sum_{i=t_p+1}^{t_s} iP_i / w_{p0} \quad \mu_{p1} = \sum_{i=t_s+1}^{t_{p+1}} iP_i / w_{p1} \quad (4)$$

$$w_p = \sum_{i=t_p+1}^{t_{p+1}} P_i \quad \mu_p = \sum_{i=t_p+1}^{t_{p+1}} iP_i / w_p \quad (5)$$

其中 w_p 值與 μ_p 值分別為 C_p 所屬之像素灰階值之累進機率與平均值。

步驟(5)在執行了步驟(4)的程序後，可得到 $q+1$ 個像素類別。然後使用以下公式：

$$SF = \frac{v_{BC}(T)}{v_r} = 1 - \frac{v_{WC}(T)}{v_r} \quad (6)$$

來計算切割結果之 SF 分離度鑑別值。如果 $SF < TH_{SF}$ (TH_{SF} 為預設之目標值，本實施例中 $TH_{SF}=0.9$)，表示尚有同質物件尚未被切割出來，則回到步驟(2)進行下一次的迭代程序，否則，則進入步驟(6)。

步驟(6)依照最終所決定之門檻值集合，將影像之像素分別歸類至對應之像素類別，以此將各同質物件分別析離，並結束切割程序。

另外，在本實施例中，使用了 0.9 作為 TH_{SF} 之設定值，這是從大量與多樣化的拍攝影像，不斷進行實驗所測得的最佳值，可獲得最佳化的切割結果。

接著，以對第 2 圖執行光源物件影像切割為例，說明本切割技術之處理過程與結果，由第 2 圖可以看出在典型夜間道路的環境下，所會出現的明亮光源物件，包含了車燈、車燈投射於道路上所造成的反光、路燈、交通號誌燈、霓虹燈等。藉由上述演算過程，其像素之統計分析圖如第 3 圖所示，經過執行上述之影像切割程序後，共獲得三個最佳切割門檻值，以將這些像素分成四個像素群，其中位於統計圖之最右邊者為最明亮的像素群，亦即，夜間車道環境中發光源物件所組成者。第 4 圖為使用本自動切割演算法後，偵測出該實景共有四個同質物件，並將之以不同代表色取代之影像，其中白色者為發光源物件。第 5 圖則

是將後續處理之二值化明亮物件平面，下一階段之分析處理將針對此明亮物件平面進行分析，以正確的取得車燈物件。

接著，將所獲得之二值化明亮物件平面之像素，進行光源物件分類標定處理，這個物件分類標定程序，首先使用連通物件分析，以將各個夜間的光源物體之間之關連特性進行進一步的歸類與聚合。

對於在先前明亮光源物件切割程序所取得之光源物件，必須用連通成份標示 (connected-component labeling) 來把相鄰的圖素標示為同一物件；本發明所提出的快速連通成份標示，是使用一個掃描方法，在經切割後轉換成二值化的影像上，標示所有的連通分量。本發明主要是採用了快速連接物件標示演算法，掃描方向是從上到下，且由從左至右的。因為掃描方向。該掃描方法之好處在於需要二種掃描：粗略 (coarse) 的掃描和精煉 (refined) 的掃描。在粗略的掃描方面，一個連接成份可能被分成幾個部份，而等價的標籤將被加到那些仍判斷為連接成份上去。然後再針對這些等價的標籤，用精煉的掃描來決定連通分量最後的標示，接著在紀錄每個連通分量的區塊後，進行以下的區塊聚合分析以進行車輛物件的判別。

連通分量使用於區塊聚合和車輛物件判別過程的定義如下：

1. B_i 係利用連通分量標記程式所標示出的第 i 個連通分量區塊；

2. B_i 的上緣、下緣、左方與右方的座標分別用 $t(B_i)$ 、 $b(B_i)$ 、 $l(B_i)$ 與 $r(B_i)$ 表示；

3. 連通分量區塊 B_i 之寬與高分別以 $W(B_i)$ 和 $H(B_i)$ 來表示；

4. 兩個連通分量區塊 B_i 與 B_j 的最短水平於垂直距離分別藉由以下公式來計算：

水平距離量測：

$$D_h(B_i, B_j) = \max[l(B_i), l(B_j)] - \min[r(B_i), r(B_j)], \quad (14)$$

垂直距離量測：

$$D_v(B_i, B_j) = \max[t(B_i), t(B_j)] - \min[b(B_i), b(B_j)] \quad (15)$$

5. 二個連通分量區塊 B_i 與 B_j 的垂直投影重疊比例可利用以下公式而獲得：

$$P_v(B_i, B_j) = \frac{-D_v(B_i, B_j)}{\min[H(B_i), H(B_j)]} \quad (16)$$

由於先前明亮物件擷取程序所獲得之光源物件平面中，非車燈物件之光源物體（例如，路燈、紅綠燈、霓虹燈等等），通常位於前方視線所及較高之處。為了事先濾除這些非車燈之光源物件以便加速處理速度，則設定了一條「虛擬地平線」，如第 6 圖所示。這條虛擬地平線設定為所擷取影像區域的三分之一，此線大致與延伸至遠方地平線相合，在此線以下的光源物件，若是判定位在馬路上，大多確實為車燈物件，因此可大幅地增加處理效率。

在取得所有光亮物件的連通分量區塊之特性資訊後，接下來就是使用一個物件聚合程序，將所獲得的成對具有相似特性之明亮物件加以聚合，以從中找出車燈物件。

此程序將搜尋所有區塊，利用數個判定法則，對兩兩

連通物件區塊判斷，判斷是否具有符合車燈的特性排列，若為車燈，必定水平對齊排列且大小相仿。若符合以上條件，便把二個連通物件區塊歸類為一組。

1、二個相鄰明亮物件的水平距離必須在一個合理的範圍內：

$$D_h(B_{k1}, B_{k2}) < 1.5 \times \max(H(B_{k1}), H(B_{k2})) \quad (17)$$

2、二個相鄰明亮物件的垂直投影重疊比例必須符合以下條件，以此判定二個明亮物件是否具有水平對齊特性：

$$P_v(B_1, B_2) > 0.8 \quad (18)$$

3、二個相鄰明亮物件的高度必須要相仿：

$$H(B_s)/H(B_l) > 0.7 \quad (19)$$

若連通物件符合以上條件(17)~(19)，便依序將物件區塊合併成一個區塊群組，代表其為一組具有相似特性的光源物件群組。此物件聚合程序如第7圖所示，觀察其聚合結果，可以看到左側的對向來車之車頭燈被歸類為同一群組，而右邊之同車道前車則被聚合成為另一個物件群組。

完成車燈物件聚合程序後，可獲得光源物件群組，接下來的目標就是運用車燈物件辨識與定位程序，從這些物件群組中，判定是否具有車燈之特徵，並從中辨識出為車頭燈或為車尾燈。

為了判斷是否符合是否車燈之特徵，以及分辨其為車頭燈或車尾燈，可使用以下的判定法則：

1、其寬高比符合 $W/H \geq 2.0$ 之條件，車燈是在車子的前方二

側，其形狀會呈現為一長方形狀態，所以可利用其寬高比，便能夠判斷是否此物件是否具有長方特性。

- 2、景深-面積判定表(Z-A Table)，對於每個物件判斷其寬度和景深距離之對應，是否符合景深-面積判定表所定義之判定準則，此判定表是以統計方式製表，在景深為某一數量時，其相對應之車子正面投影面積之合理範圍，可利用此方式，判斷該物件是否為車輛之車燈。
- 3、為了判別是對向車道之來車之車頭燈，或者是同向前車之車尾燈以獲取來車的運動方向，則以車尾燈多為紅色燈光之特性來判斷之。因此，若是該組燈光物件符合以下條件，則將其判定為車尾燈物件：

$$R_a - 8 > \text{both } G_a \text{ and } B_a, \quad (20)$$

上式中之 R_a 、 G_a 、 B_a 分別代表該燈光物件之像素之紅色 R 、綠色 G 、藍色 B 值之平均值。

在取得各個由車燈物件群組所代表的車輛位置之後，可根據其大致車體在影像上的 y 座標高度位置，應用一個以透視成像(perspective imaging)模型為基礎的距離估算法則，來進行車輛真實空間距離與位置判定程序，以獲取估算其對應於虛擬真實世界之座標系之景深距離 Z-Distance。

其中，由 CCD 攝影機所拍攝影像對應於虛擬真實世界座標系統的原點，座落於透過鏡頭所成像的中心點位置。而該虛擬真實世界座標系統之 X 座標與 Y 座標系，平行對應於 CCD 攝影機所擷取成像之影像之 x 與 y -座標系，而景

深距離 Z 座標系則垂直於 X 座標與 Y 座標系所構成之平面。當道路上的一輛車輛位於離本身車輛前方 Z 公尺距離時，其位置亦將對應投射於成像於 CCD 攝影機所拍攝影像之 y -座標系上。因此，可應用一個以透視成像特性為基礎的距離估測模型，以將被偵測之車輛位於影像中 y -座標之位置，轉換運算為該車輛距離本車輛的景深距離 Z -Distance。該轉換運算模型如下式所示：

$$Z = k \cdot \frac{f \cdot H}{y} \quad (21)$$

其中，參數 k 是一個轉換係數，用於將像素 (Pixels) 單位對應於釐米 (millimeters) 之轉換，以將 CCD 所獲得之影像平面座標系，轉換對應於 CCD 鏡頭上成像之焦距；而參數 H 則為 CCD 攝影機裝測位置離地面之高度，參數 f 則為 CCD 鏡頭之焦距。

而偵測目標車輛的實際車體寬度 W ，亦可以經由透視成像原理以上述景深距離 Z -Distance 值加以轉換計算。讓該偵測目標車輛於 t 時間出現於影像中之像素寬度表示為 $w(t)$ ，則其經由透視成像原理與在該時間之景深距離 $Z(t)$ 之對應關係如下式所示：

$$\frac{W}{w(t)} = \frac{Z(t)}{k \cdot f} \quad (22)$$

$$w(t) = k \cdot \frac{f \cdot W}{Z(t)} \quad (23)$$

其中，車輛像素寬度 $w(t) = x_r(t) - x_l(t)$ ， $x_l(t)$ 與 $x_r(t)$ 分別為影

像中前方偵測目標車輛左側邊緣（左側車燈邊緣）與右側邊緣（右側車燈邊緣）於 t 時間所在之像素座標位置。因此，在某時段 $\Delta t = t_1 - t_0$ 時，本身車輛與一前方偵測目標車輛之相對運動速度 v 可經由以下之推導運算獲得：

$$v = \frac{\Delta Z}{\Delta t} = \frac{Z(t_1) - Z(t_0)}{t_1 - t_0} = \frac{\frac{k \cdot f \cdot W}{w(t_1)} - \frac{k \cdot f \cdot W}{w(t_0)}}{t_1 - t_0} \quad (24)$$

$$= \frac{k \cdot f \cdot W \cdot \frac{w(t_0) - w(t_1)}{w(t_0) \cdot w(t_1)}}{t_1 - t_0} = \frac{Z(t_0) \cdot \frac{w(t_0) - w(t_1)}{w(t_1)}}{\Delta t}$$

因此，欲計算本身車輛與前方目標偵測車輛之間之相對速度 v ，可經由某一時間點 t_0 偵測得之景深距離 $Z(t_0)$ ，與前方目標車輛之寬度 w 之變化率 $w(t_0) - w(t_1) / w(t_1)$ 之乘積關係以獲得之。

經由透視原理運算，亦可從影像中前方偵測目標車輛左側邊緣與右側邊緣之像素座標位置 $x_l(t)$ 與 $x_r(t)$ （如下第 8 圖所示）與景深距離 $Z(t)$ 之對應關係，加以推導運算出其與本身車輛於車道上之實際相對橫向位置 (relative lateral positions) $X_l(t)$ 與 $X_r(t)$ 。假設在 t 時間於車道上距離本身車輛 $Z(t)$ 公尺之某一位置 $X(t)$ ，其對應之影像上之像素座標相對位置 $x(t)$ 將有以下之轉換對應關係：

$$\frac{X(t)}{x(t)} = \frac{Z(t)}{k \cdot f} \quad (25)$$

$$X(t) = \frac{x(t) \cdot Z(t)}{k \cdot f} \quad (26)$$

由上述運算式可以得知，前方偵測目標車輛的左側與右側邊緣位置 $X_l(t)$ 與 $X_r(t)$ 可以分別計算如下：

$$X_l(t) = \frac{x_l(t) \cdot Z(t)}{k \cdot f}, \quad \text{與} \quad X_r(t) = \frac{x_r(t) \cdot Z(t)}{k \cdot f} \quad (27)$$

透過上述運算式，可獲得本身車輛與前方偵測目標車輛於車道上的距離、相對速度、與相對橫向位置等資訊，如此可以輔助駕駛得知本身車輛前方車輛的相對位置與運動資訊，以採取正確的應對操作，以避免夜間行車的意外事故發生，更可進一步的應用此偵測資訊，作為車輛巡航速度及行車路線之自動化控制機制，以增進夜間行車之安全性。

在獲得了各個連續影像畫面中所標定的車燈物件群組後，可應用車輛車燈定位與追蹤程序，以針對各個連續畫面影像中標定的車燈物件群組，對於他們行進的方向，加以追蹤偵測，以精確的判定每一輛進入監測畫面區域中的車輛的移動方向、位置、相對速度等資訊，如此可以更完善的輔助駕駛判斷車輛前方道路之交通狀況。

對於出現於一段視訊畫面中所標定之車燈物件群組，其分別代表著出現於本身車輛前方道路之對向車道來車與同向車道前車，在經過上述之車輛真實距離與位置判定程序來計算並判定其在真實車道上之相對空間位置（景深距離 $Z(t)$ 、左側邊緣位置 $X_l(t)$ 與右側邊緣位置 $X_r(t)$ ）後，分析尋找一系列畫面中該車輛的運動軌跡，直至該車輛消失於本身車輛前方視野之中。當一目標車輛 i 於 t 時間（第 t

幀視訊畫面) 出現於本身車輛前方之空間位置以 P'_i 表示，其定義為：

$$P'_i = (X_i(t), Z_i(t)) \quad (28)$$

其中 $X_i(t)$ 表示目標車輛 i 於 t 時間出現於車道上之水平中心代表位置，其可由以下運算取得：

$$(X_i(t) + X_r(t)) / 2 \quad (29)$$

接著，採用路徑連貫性函數 (path coherence function) 最小化演算法，來計算獲得出現於各幀畫面 (frame) 中各車輛的運動軌跡，並以此計算在每一時間點上，出現於本身車輛前方的各車輛之相對運動方向、相對位置、相對速度等資訊。

首先，以 T_i 代表車輛 i 之追蹤軌跡向量 (trajectory)，該向量代表著在本身車輛前方視野空間中，車輛 i 於一連續時間點序列 $0 - t$ (第 $0 - t$ 張畫面)，其依序所在的空間位置所構成的運動軌跡，其定義為：

$$T_i = \langle P_i^0, P_i^1, \dots, P_i^t, \dots, P_i^n \rangle \quad (30)$$

接著，令 d'_i 代表車輛 i 於第 t 時間畫面的路徑偏移量為：

$$d'_i = \phi(P_i^{t-1}, P_i^t, P_i^{t+1}) = \phi(\overline{P_i^{t-1}P_i^t}, \overline{P_i^tP_i^{t+1}}) \quad (31)$$

其中函數 ϕ 是為路徑連貫性函數 (path coherence function)，而向量 $\overline{P_i^{t-1}P_i^t}$ 代表車輛 i 從 P_i^{t-1} 運動至 P_i^t 的位移向量。而路徑連貫性函數 ϕ 可由運動向量 $\overline{P_i^{t-1}P_i^t}$ 與 $\overline{P_i^tP_i^{t+1}}$ 之關係方程式計算獲得，路徑連貫性函數 ϕ 有二個主要成分，前項代

表 $\overline{P_i^{t-1}P_i^t}$ 與 $\overline{P_i^tP_i^{t+1}}$ 構成的運動方向之偏移，後項代表其運動速度的變化，其概念主要是基於一物體在連續畫面中，其運動軌跡必保持一定之平滑性 (smoothness)，因此其運動方向與運動速度變化應反應一定程度之平滑性，以此構成以下關係運算方程式：

$$\begin{aligned} \phi(P_i^{t-1}, P_i^t, P_i^{t+1}) &= w_1(1 - \cos\theta) + w_2 \left[1 - 2 \left(\frac{\sqrt{d(P_i^{t-1}, P_i^t) \cdot d(P_i^t, P_i^{t+1})}}{d(P_i^{t-1}, P_i^t) + d(P_i^t, P_i^{t+1})} \right) \right] \quad (32) \\ &= w_1 \left(1 - \frac{\overline{P_i^{t-1}P_i^t} \cdot \overline{P_i^tP_i^{t+1}}}{\| \overline{P_i^{t-1}P_i^t} \| \cdot \| \overline{P_i^tP_i^{t+1}} \|} \right) + w_2 \left[1 - 2 \left(\frac{\sqrt{\| \overline{P_i^{t-1}P_i^t} \| \cdot \| \overline{P_i^tP_i^{t+1}} \|}}{\| \overline{P_i^{t-1}P_i^t} \| + \| \overline{P_i^tP_i^{t+1}} \|} \right) \right] \end{aligned}$$

因此，車輛 i 對應於其運動軌跡向量的路徑偏向值，定義為 $D_i(T_i)$ ，可由下式計算獲得：

$$D_i(T_i) = \sum_{t=2}^{n-1} d_i^t \quad (33)$$

進一步地，當一個時段的視訊影像內出現 m 輛車輛時，這 m 輛車輛的運動軌跡向量的總路徑偏向 \mathbf{D} (Overall trajectory deviation) 可以以下式計算獲得：

$$\mathbf{D} = \sum_{i=1}^m D_i \quad (34)$$

基於上述定義之總路徑偏向計算方法，可透過尋求總路徑偏向 \mathbf{D} 的最小值 (minimal value)，來獲得最佳化的多重車輛追蹤軌跡，進而正確獲得出現於本身車輛前方的各車輛之相對運動方向、相對位置、相對速度等資訊。

透過該 CCD 影像擷取裝置，所獲得之車輛前方之交通

影像，經過本系統的分析處理後，偵測獲得實驗車輛前方視野中所出現的對向來車與同向前車之頭燈與同車道前車之尾燈，並將他們分別加以分析辨識其行進方向、追蹤在畫面中的行進、與偵測其與本身車輛之間的相對距離等，其處理結果分別如第 10 圖、第 11 圖與第 12 圖所示。

由第 10 圖所示的實驗範例可知，一輛位於左側對向車道的來車正不斷地接近中。即使該場景中仍有不少非車輛車燈的雜訊光源，仍可正確地偵測到該車輛的一對車頭燈。在該時間點上，該車輛與本身車輛的距離，經本系統測距結果為 21 公尺，這個測距結果相當接近實際手動測距獲得之結果。

第 11 圖係表示當同向與對向車道同時出現車輛的狀況下，本系統所獲得的實驗結果。由這個實驗範例可以看到，左側來車的成對車輛大燈，與位於正前方的前行車輛之成對尾燈，均正確的加以標定擷取出，並且正確的分別判定為正在靠近的對向來車，與同向車道之前行車。而其他車輛與本身車輛之間的相對距離，則分別測得 9 公尺（來車）與 11 公尺（前車）。第 12 圖的測試範例則展示了一個更為困難的偵測場景，在這個測試影像中，二輛車輛的車燈相當接近，且在靠近右側來車之處，有一連串園區廠商的展示燈光光源同時出現，而前方之前型車輛上方，亦有一連串的路燈同時出現，大幅提昇了辨識的困難度。但即使有多數干擾偵測之光源物件的狀況下，本系統仍能正確的分別辨識出這二輛車輛的成對車頭燈與車尾燈，並判

定他們分別為對向的來車與前方之前行車。這二輛車的距離，經本系統測距之結果分別距離本身車輛為 23 公尺（來車）與 10 公尺（前車）。

本實施例之辨識系統係在一 Pentium IV 2.4 GHz 及 512 MB RAM 記憶體的平台，而 CCD 影像擷取裝置所獲得的視訊影像為 720×480 解析度，對於每一幅由 CCD 擷取輸入之路況影像，本系統平均僅需使用 16 毫秒之處理時間。因此，以如此快速之處理時間，可滿足每秒 30 幀的輸入影像之即時視訊處理之需求。在其運算量仍遊刃有餘的情況下，更可進一步整合即時自動駕駛與路況監控功能，例如自動方向盤控制機制、即時視訊壓縮等等的附加功能，進而成為一套功能更完整的夜間駕駛輔助系統。

雖本發明已針對較佳實施例予以描述，但該等實施例係僅描述而非限定於此，例如在隧道或雨天等視線不佳而須以車燈進行距離判斷的路況下亦可適用。熟習於本項技術之該等人士將理解的是，可在不背離本發明之申請專利範圍中所界定之本發明的範疇及精神下，進行各種修正及變化。

參考文獻：

1. 專利公告號 00569981 「汽車遠近車燈自動切換裝置」
2. 專利公告號 M250832 「具防眩功能之車燈控制裝置」
3. 專利公告號 00328413 「具光偵器用於車輛車燈自動啓閉
切換之控制器裝置」
4. US5,837,994 「Control system to automatically dim vehicle

head lamps」

5.US6,861,809「Headlamp control to prevent glare」

6.US6,868,322「Image processing system to control vehicle headlamps or other vehicle equipment」

【圖式簡單說明】

第 1 圖係表示整體運算處理之架構。

第 2 圖係車道實景範例原圖。

第 3 圖係表示車道實景原圖之統計曲線以及實行遞迴影像切割之結果。

第 4 圖係表示執行自動切割演算法後，以代表色取代之影像。

第 5 圖係二值化後之明亮物件平面的表示圖。

第 6 圖係在虛擬地平線之下所設定的處理區域中之明亮物件連通分量區塊的表示圖。

第 7 圖係車燈物件聚合程序示意圖。

第 8 圖係車體水平位置座標示意圖。

第 9 圖係裝設於實驗車輛內擋風玻璃後方之 CCD 影像擷取裝置。

第 10 圖係測試範例一之實驗結果。

第 11 圖係測試範例二之實驗結果。

第 12 圖係測試範例三之實驗結果。

【主要元件符號說明】

1 光源物件影像切割裝置

2 光源物件分類裝置

- 3 車燈物件辨識裝置
- 4 車輛位置判定裝置
- 5 車輛追蹤裝置

第 95116809 號「基於電腦視覺的智慧型夜間車輛即時偵測與辨識系統」專利案

年 月 日修(更)正本
(2008年6月25日修正)

十、申請專利範圍：

1. 一種夜間車輛即時偵測與辨識系統，其包含：

光源物件影像切割裝置，將被擷取到之光源物件的影像，進行光源物件切割；

光源物件分類裝置，藉由一連通物件標定單元，將該被切割之光源物件進行光源物件分類處理，藉以將各個光源物件之間之關連特性進行歸納而成爲各個光源物件群組；

車燈物件辨識裝置，藉由一型態分析單元，從該被歸納之光源物件群組中，藉以獲得各個車輛的特徵資訊；

車輛位置判定裝置，係利用一距離估算單元，從該特徵資訊中，獲得在前方路況中所出現各車輛與本身車輛之位置資訊；以及

車輛追蹤裝置，在獲得所標定的光源物件群組後，從該位置資訊中，針對各個連續畫面影像中標定的車燈物件群組來偵測其行進的方向，藉以判定每一輛進入監測畫面區域中之車輛的移動資訊，並對應地操控相關裝置設備。

2. 如申請專利範圍第 1 項之夜間車輛即時偵測與辨識系統，其中該位置資訊包含偵測目標車輛於車道上的距離與相對位置等。

- 3.如申請專利範圍第 1 項之夜間車輛即時偵測與辨識系統，其中該移動資訊包含各車輛之相對運動方向與相對速度等。
- 4.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之夜間車輛即時偵測與辨識系統，其中更包含一自動化控制機制，可利用該位置資訊與該移動資訊，來對車輛巡航速度及行車路線採取正確的對應操作。
- 5.如申請專利範圍第 1 項之夜間車輛即時偵測與辨識系統，其中該連通物件標定單元係用以標定各個光源物件，並以投影分析、物件尺寸、比例、與距離之特徵加以分析比較。
- 6.如申請專利範圍第 1 項之夜間車輛即時偵測與辨識系統，其中該型態分析單元係針對所標定之光源物件群組，辨識其是否具有車輛車燈之特徵，且從中辨識出為車頭燈或為車尾燈。
- 7.如申請專利範圍第 1 項之夜間車輛即時偵測與辨識系統，其中該距離估算單元係以透視成像模型為基礎，以估算偵測之目標車輛在某個時間點上，其對應於虛擬及真實空間之座標系之景深距離，並運用該目標車輛在影像中之像素座標位置與景深距離之對應關係，加以推導出其與本身車輛於車道上之相對空間位置。
- 8.如申請專利範圍第 7 項之夜間車輛即時偵測與辨識系統，其中相對空間位置係包含景深距離、左側邊緣位置、與右側邊緣位置等等。

9.如申請專利範圍第 1 項之夜間車輛即時偵測與辨識系統，其中該相關裝置設備係車頭燈之遠光燈與近光燈之切換控制器。

10.一種夜間車輛即時偵測與辨識方法，係包含：

光源物件影像切割步驟，將被擷取到之光源物件的影像，進行光源物件切割；

光源物件分類步驟，藉由一連通物件標定處理，將該被切割之光源物件進行光源物件分類處理，藉以將各個光源物件之間之關連特性進行歸納而成爲各個光源物件群組；

車燈物件辨識步驟，藉由一型態分析處理，從該被歸納之光源物件群組中，藉以獲得各個車輛的特徵資訊；

車輛位置判定步驟，係利用一距離估算處理，從該特徵資訊中，獲得在前方路況中所出現各車輛與本身車輛之位置資訊；以及

車輛追蹤步驟，在獲得所標定的光源物件群組後，從該位置資訊中，針對各個連續畫面影像中標定的車燈物件群組來偵測其行進的方向，藉以判定每一輛進入監測畫面區域中之車輛的移動資訊，並對應地操控相關裝置設備。

11.如申請專利範圍第 10 項之夜間車輛即時偵測與辨識方法，其中該位置資訊包含偵測目標車輛於車道上的距離與相對位置等。

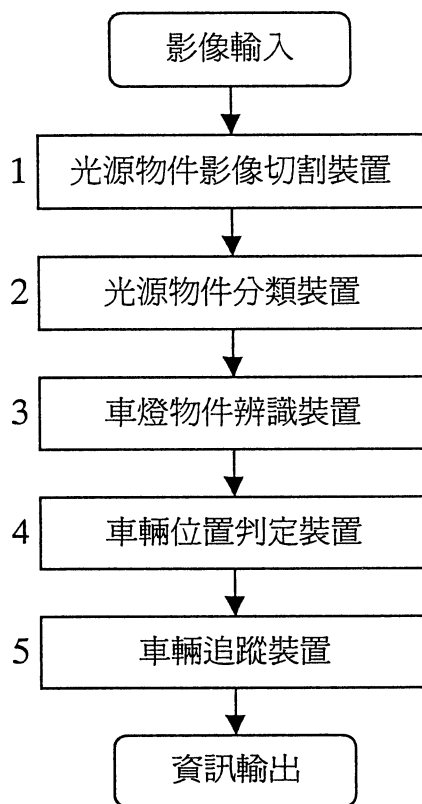
12.如申請專利範圍第 10 項之夜間車輛即時偵測與辨識方

法，其中該移動資訊係包含各車輛之相對運動方向與相對速度等。

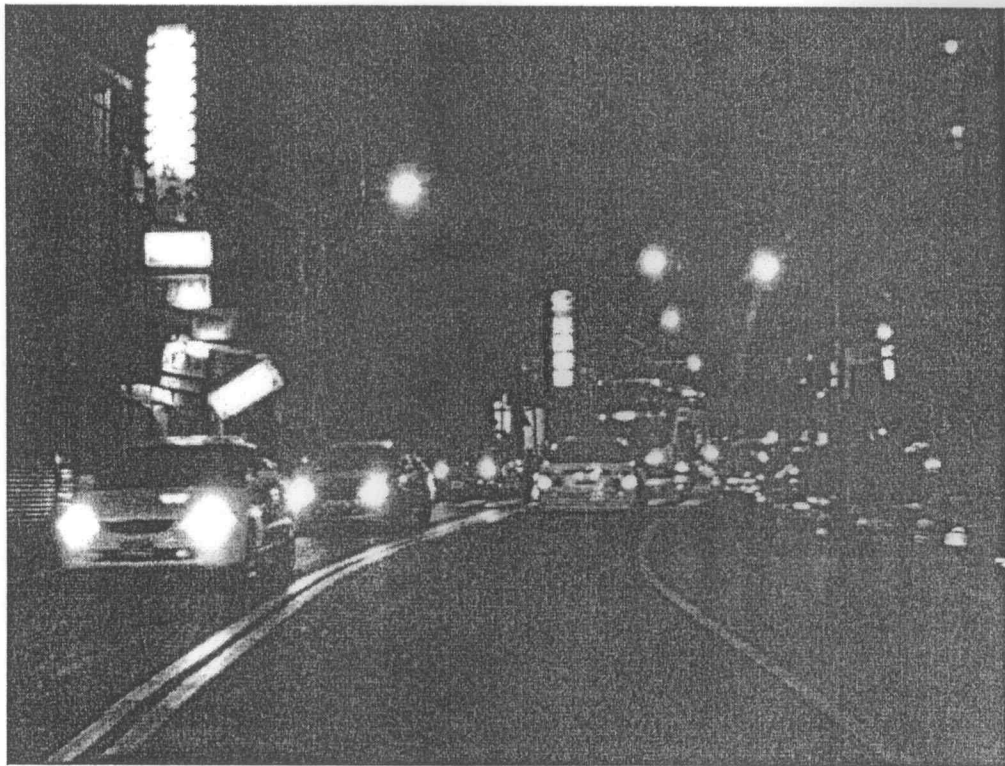
- 13.如申請專利範圍第 10 至 12 項中任一項之夜間車輛即時偵測與辨識方法，其中更包含一自動化控制機制，可利用該位置資訊與該移動資訊，來對車輛巡航速度及行車路線採取正確的對應操作。
- 14.如申請專利範圍第 10 項之夜間車輛即時偵測與辨識方法，其中該連通物件標定處理係用以標定各個光源物件，並以投影分析、物件尺寸、比例、與距離之特徵加以分析比較。
- 15.如申請專利範圍第 10 項之夜間車輛即時偵測與辨識方法，其中該相關裝置設備係車頭燈之遠光燈與近光燈之切換控制器。
- 16.如申請專利範圍第 10 項之夜間車輛即時偵測與辨識方法，其中該距離估算處理係以透視成像模型為基礎，以估算偵測之目標車輛在某個時間點上，其對應於虛擬及真實空間之座標系之景深距離，並運用該目標車輛在影像中之像素座標位置與景深距離之對應關係，加以推導出其與本身車輛於車道上之相對空間位置。
- 17.如申請專利範圍第 16 項之夜間車輛即時偵測與辨識方法，其中相對空間位置係包含景深距離、左側邊緣位置、與右側邊緣位置等等。
- 18.如申請專利範圍第 10 項之夜間車輛即時偵測與辨識方法，其中該型態分析處理係針對所標定之光源物件群

組，辨識其是否具有車輛車燈之特徵，且從中辨識出為車頭燈或為車尾燈。

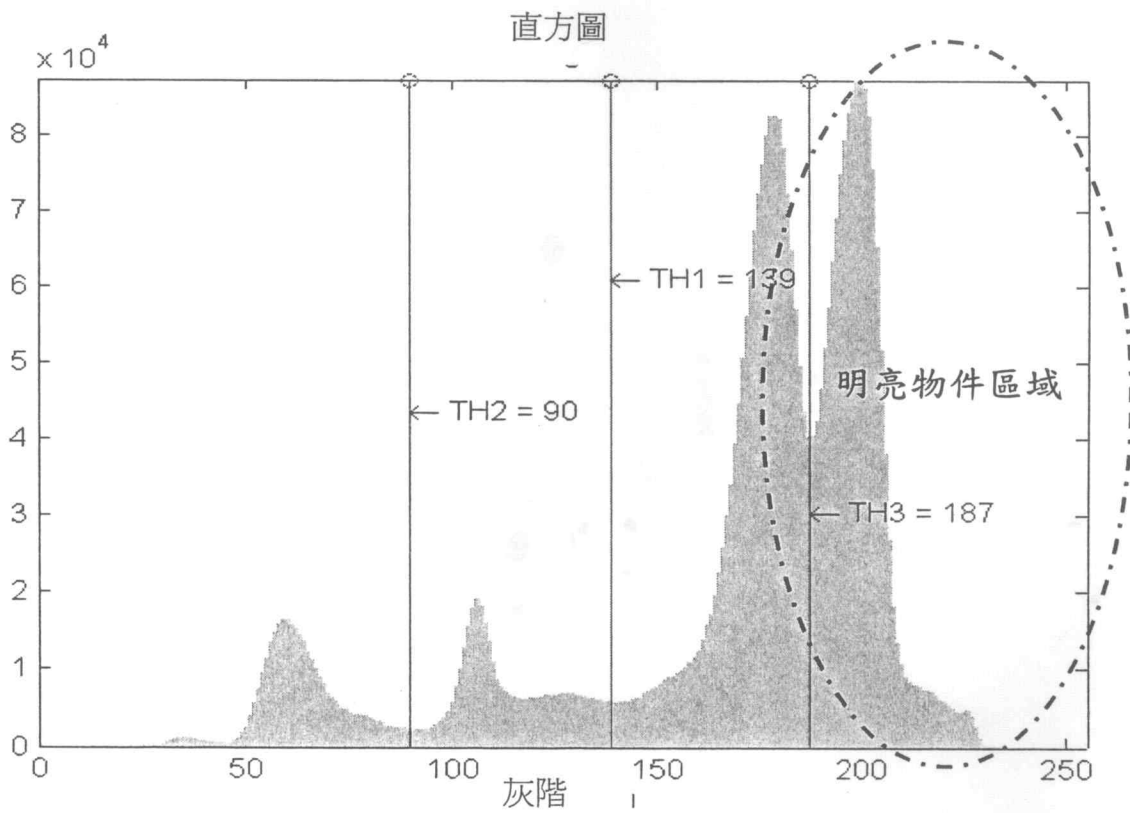
十一、圖式：



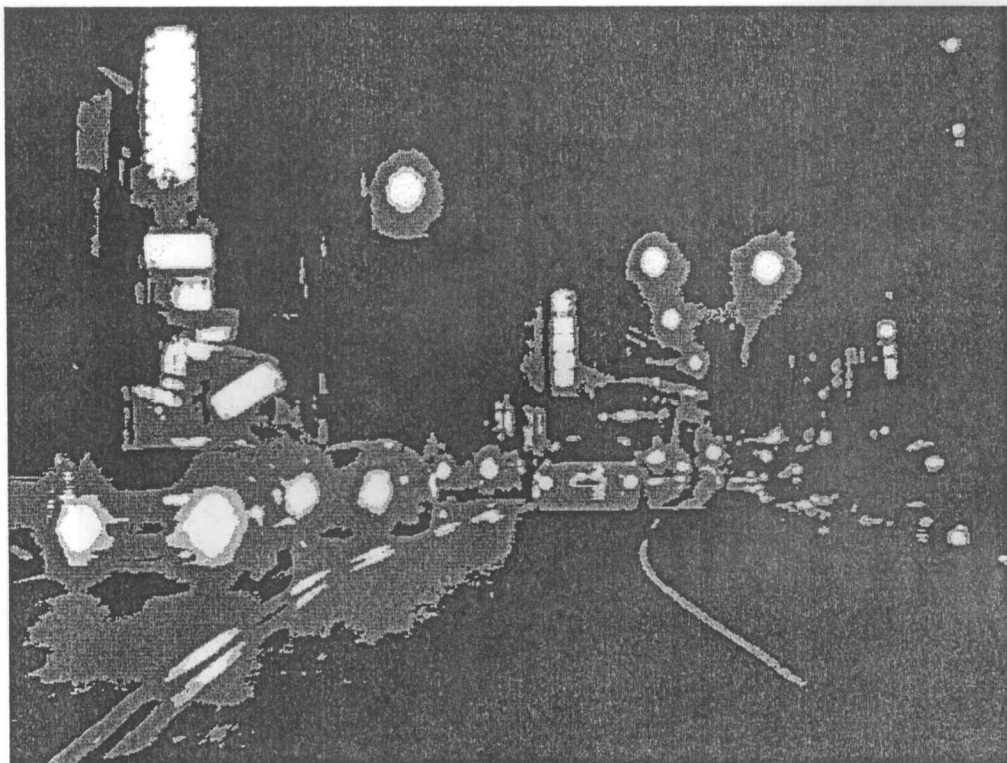
第 1 圖



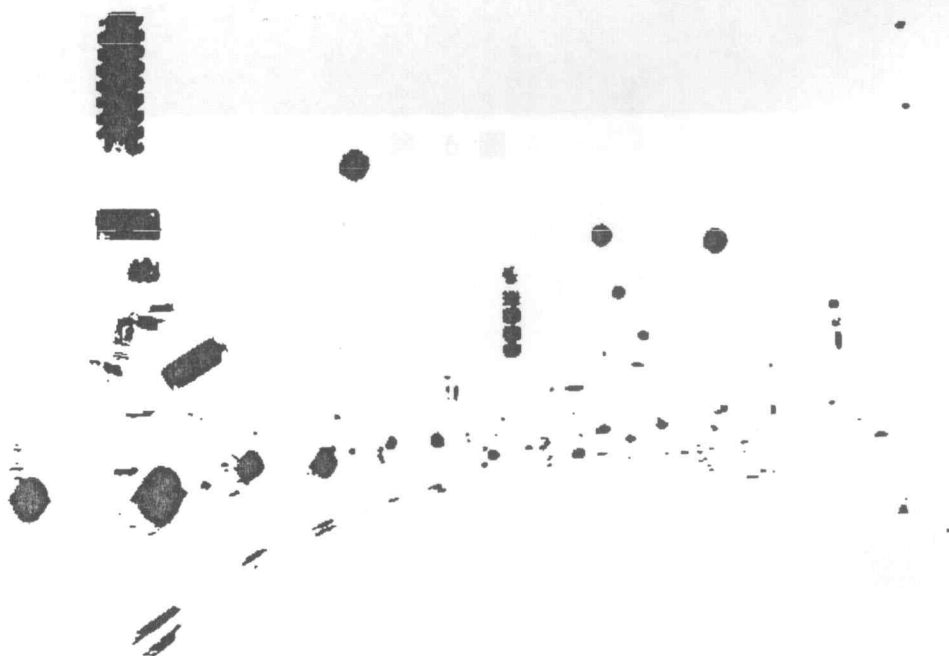
第 2 圖



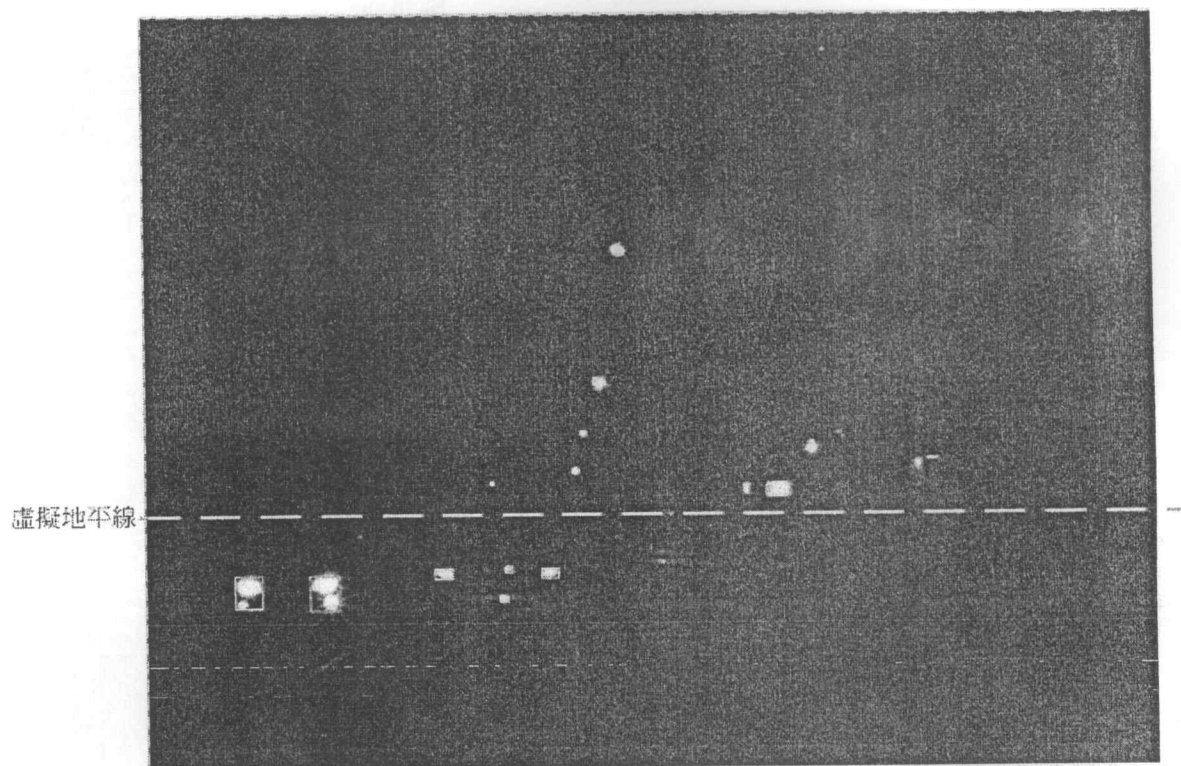
第 3 圖



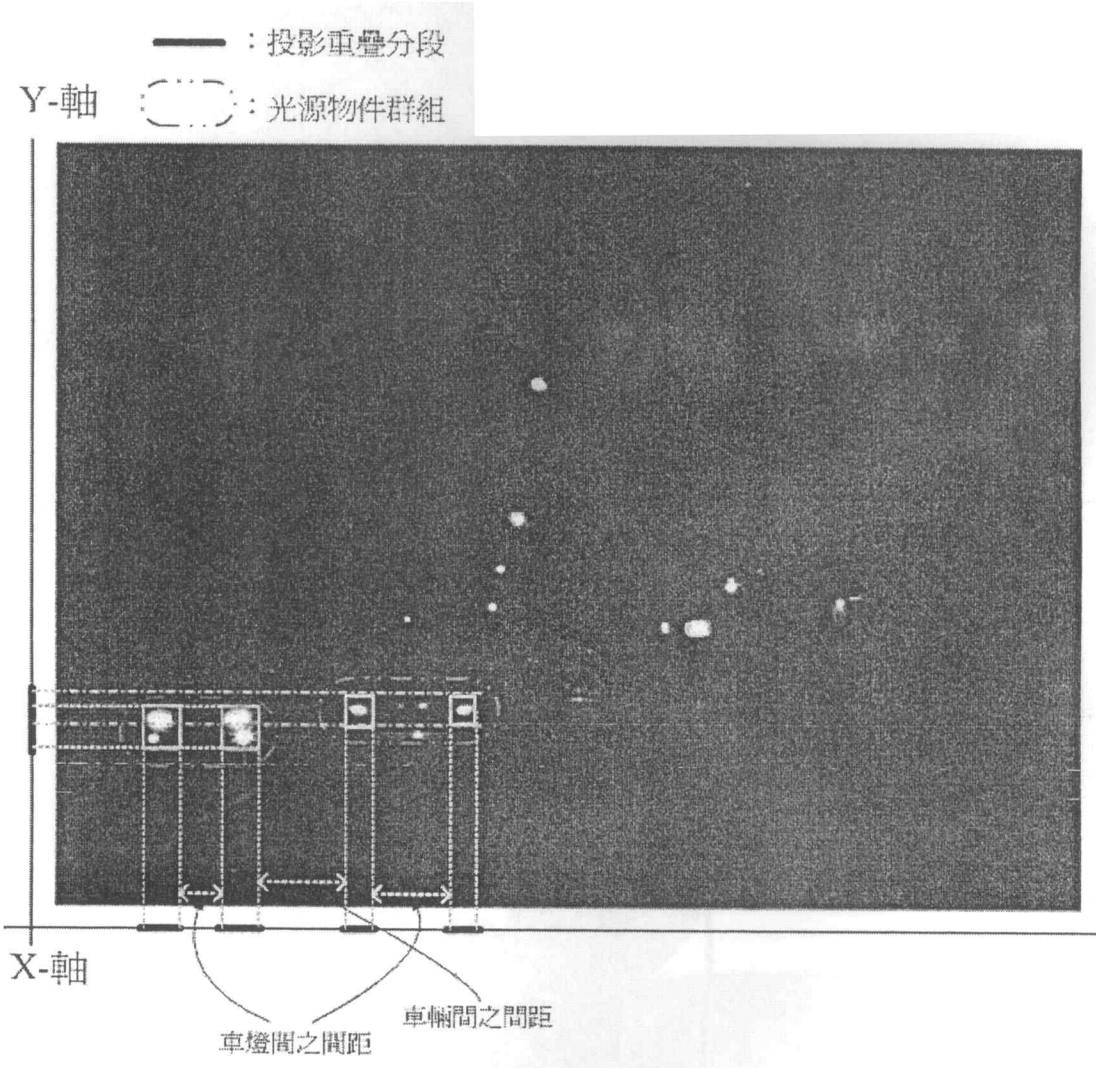
第 4 圖



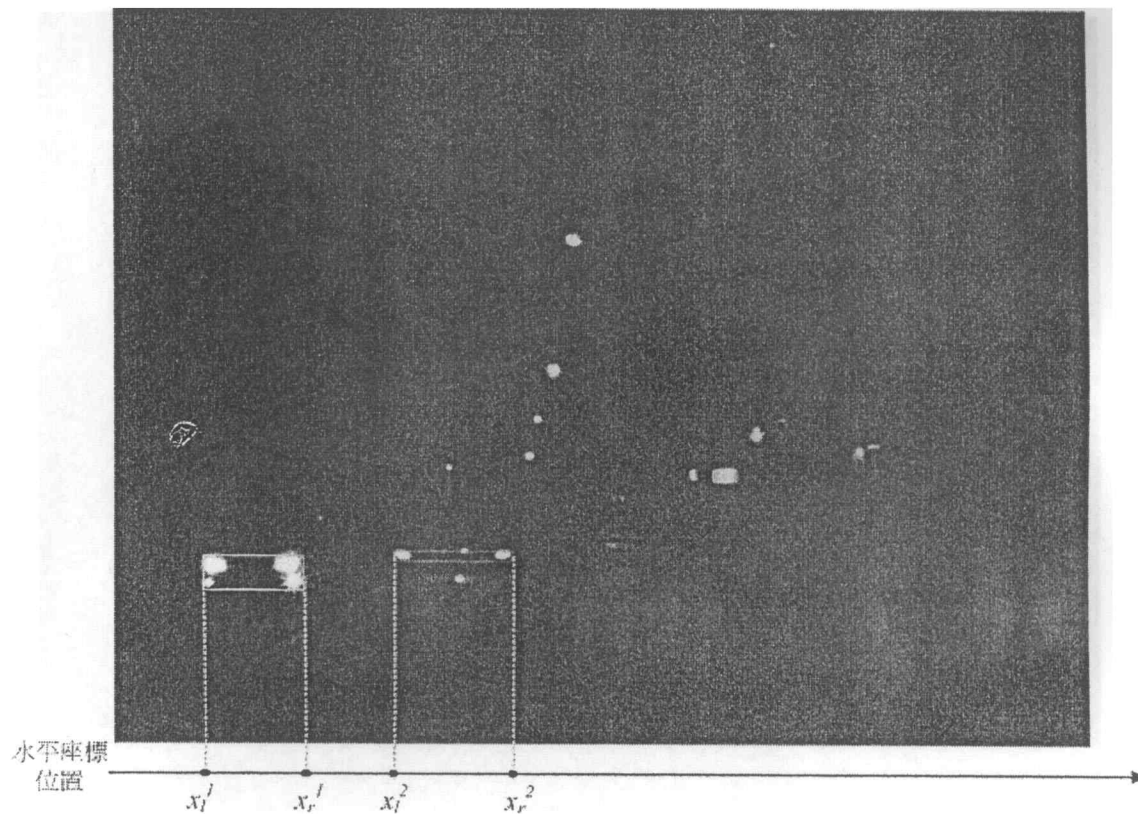
第 5 圖



第 6 圖



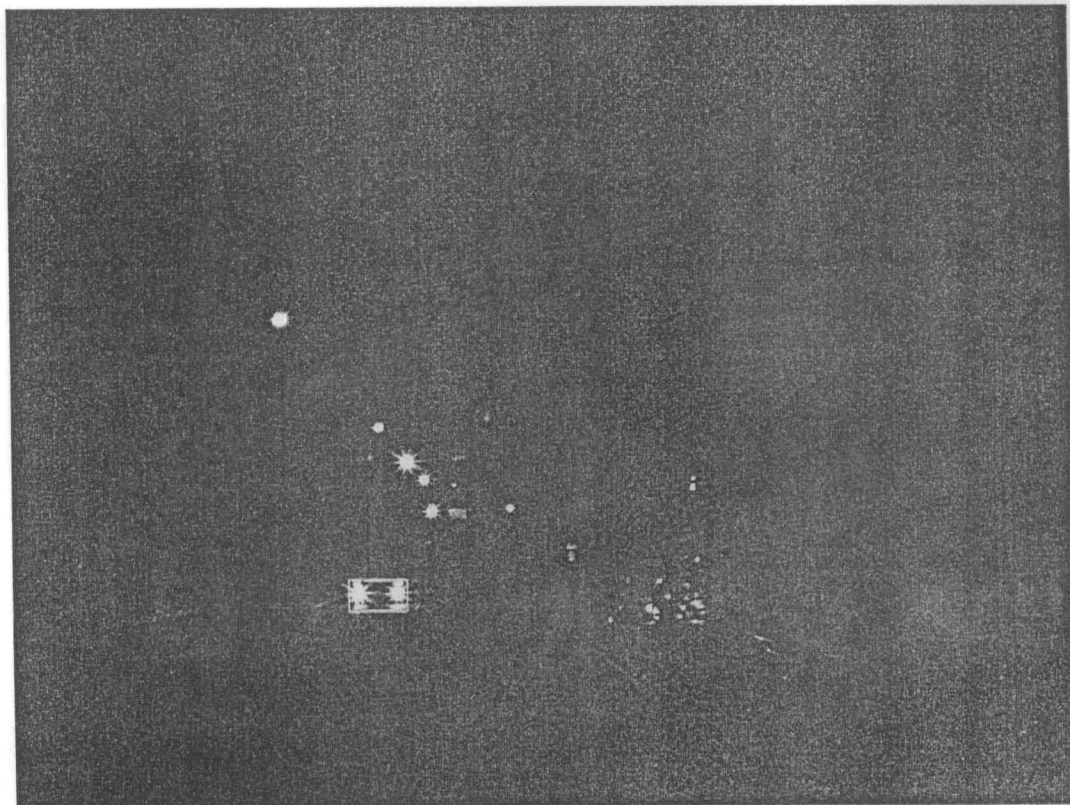
第 7 圖



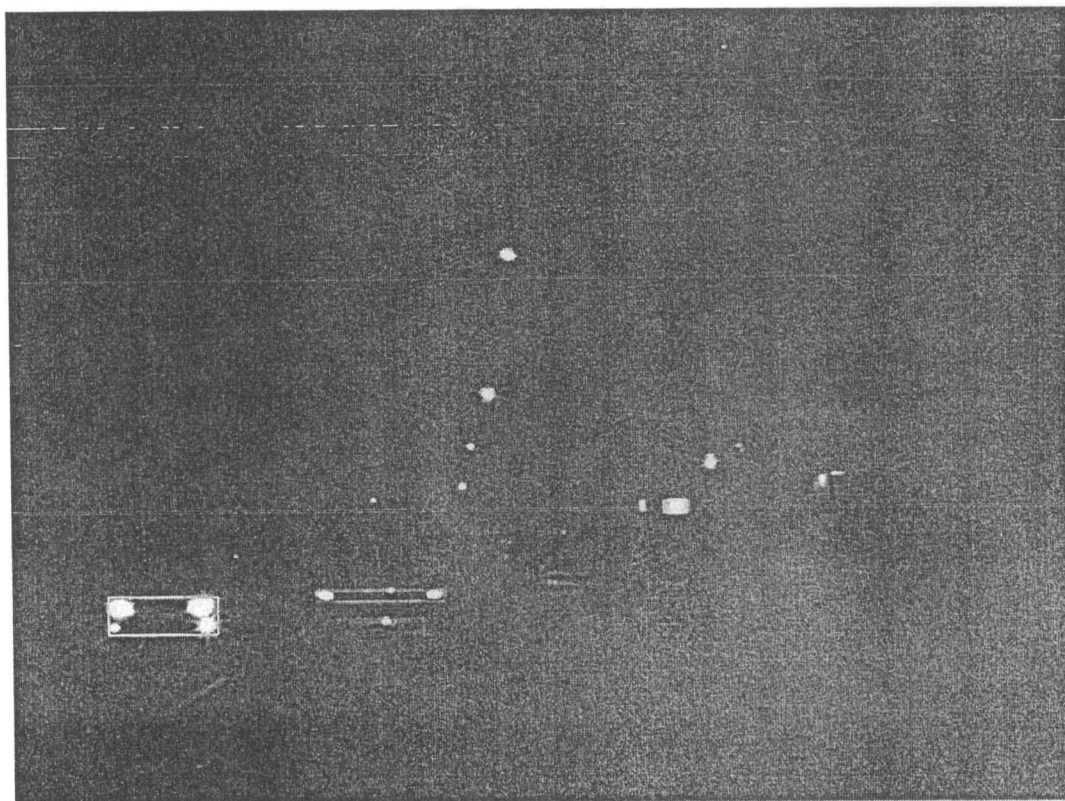
第 8 圖



第 9 圖

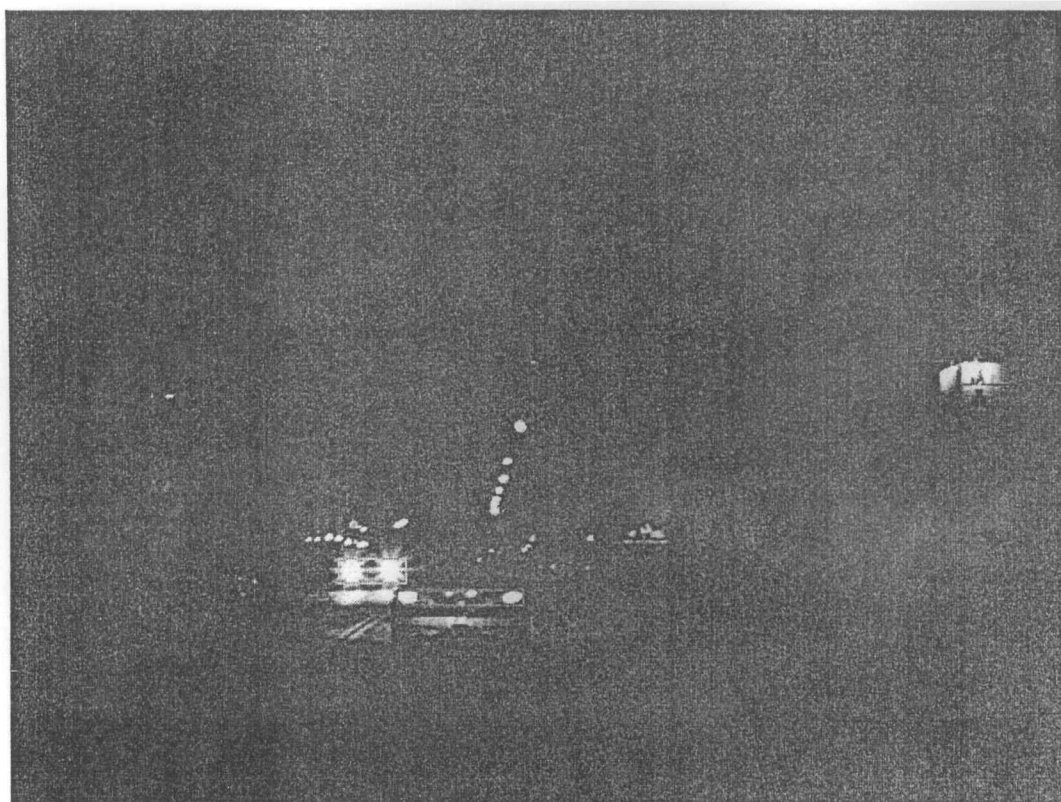


第 10 圖



第 11 圖

I302879



第 12 圖