

發明專利說明書

(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： 97150363

G08G 1/042 (2006.01)

※申請日期： 97.12.24 ※IPC 分類：

G08G 1/01 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

一種辨認車道邊界的方法/A method for identification of traffic lane boundary

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)

吳重雨/Wu, Chung-Yu

住居所或營業所地址：(中文/英文)

300 新竹市大學路 1001 號/1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan 300, R. O. C.

國籍：(中文/英文) 中華民國/R. O. C.

三、發明人：(共 8 人)

姓名：(中文/英文)

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. 周幼珍 Jou, Yow-Jen | 2. 卓訓榮 Cho, Hsun-Jung |
| 3. 陳昱光 Chen, Yu-Kuang | 4. 黃恆 Huang, Heng |
| 5. 徐嘉駿 Hsu, Chia-Chun | 6. 李日錦 Li, Rih-Jin |
| 7. 藍健綸 Lan, Chien-Lun | 8. 曾明德 Tseng, Ming-Te |

國籍：(中文/英文)

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. 中華民國/R. O. C. | 2. 中華民國/R. O. C. |
| 3. 中華民國/R. O. C. | 4. 中華民國/R. O. C. |
| 5. 中華民國/R. O. C. | 6. 中華民國/R. O. C. |
| 7. 中華民國/R. O. C. | 8. 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：

美國 2008 年 12 月 23 日

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：

本發明提出一種辨認車道邊界的方法，首先接收微波訊號；並針對微波訊號進行雜訊抑制；利用頻譜資訊計算封閉區間之合理範圍形成頻率範圍資訊；最後，以機率密度函數模型進行該頻率範圍資訊的計算，藉以辨認車道邊界。本發明係利用自動學習的演算法，提供正確的車道寬度位置，藉以辨認車道邊界。

● 六、英文發明摘要：

The invention provides an on-line procedure that incorporates a semi-supervised learning mechanism with probability density model to form an on-line lane boundary estimator. The on-line reflected signals are used to form the panel data that then applied to address the span information. Furthermore, the span information is employed to address the conflict information which is applied to adjust the gathered data based on certain reasonable assumptions. An on-line automatic lane boundary estimator is trained and obtained using the probability density model by incorporating the accumulated span and the conflict information.

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：

101 接收微波訊號

102 進行雜訊抑制

103 形成頻率範圍資訊

104 進行頻率範圍資訊的計算

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】

本發明為一種辨認車道邊界的方法，特別是一種以頻率範圍資訊和機率密度函數模型辨認車道邊界的方法。

【先前技術】

雷達微波偵測器若要在多車道的環境同時計算各車道的車輛數，需要先建立起車道邊界的資訊，這是件困難的工作。主要原因乃因車輛於不同車道上通過時，微波多多少少會造成鄰近車道產生微波反射的現象，導致無法精確分辨出車道的邊界以得到各車道上的車輛資訊。

在其他雷達微波應用於車道辨識的技術上，於美國專利第 US2007/0016359A1 號的專利文獻「Method and apparatus for providing automatic lane calibration in a traffic sensor」中，拿大 EIS 公司所提供的是各車道的中心頻率，假設一個車道約五公尺之寬度，以進行更新與設定。而輸入是利用一輛車通過所產生的位移，位移的計算是以相距最靠近的車道中心頻率與某一瞬間的代表位置的距離來計算，以不斷的進行修正車道的中心頻率的修正。但本技術已將車道寬度固定，並未具有車道寬度之彈性運算，故仍有實際應用的困難。

此外，於美國專利第 US6556916B2 的專利文獻「System and method for identification of traffic lane positions」，提供了各車道的邊界，輸入值是利用每輛車所通過後，選出一個最

能代表該車的頻率出現位置加上 1。且利用所累積出的圖形以進行高斯混合模型的學習，且利用所學習出的谷底以當成車道邊界。本技術由於以單點位置資訊來代表車輛位置，於計算時可能造成較大的誤差，故亦仍有實際應用的困難。

故在各式的傳統雷達辨識車道的技術上，具有不精確與缺乏彈性之各式缺點，並無法完全適用於辨認車道邊界位置之實際運算。而為因應之需求，尚需發展辨認車道邊界位置的相關技術，藉以節省人力與時間等成本，且能求得正確之車道寬度。

【發明內容】

本發明為一種辨認車道邊界的方法，首先接收微波訊號；並針對微波訊號進行雜訊抑制；利用頻譜資訊計算封閉區間之合理範圍形成頻率範圍資訊；最後，以機率密度函數模型進行頻率範圍資訊的計算，藉以辨認車道邊界。

在本發明中，以電壓訊號作為輸入變數，並進一步透過傅利葉轉換成頻譜訊號。利用車輛通過偵測區域時所反應的累積鋒值，進行適當的修正來找出占用的頻率範圍。如此重複的進行頻率範圍資訊的累積，再利用頻率範圍資訊之間的衝突對累積的圖形作修正。最後，再利用修改過的高斯混合模型以進行學習。倘若兩車道有衝突點，則車道的決定方式是利用衝突點與學習後的結果同時決定；若無衝突，就以學習後的結果以設定邊界。

本發明利用修正高斯混合模型形成可進行自動學習的演算方法，藉以辨認出適當的車道邊界位置。

本發明於使用頻率範圍資訊情況下，可減低於不明車道區域

的誤導判斷情況產生。

本發明可以較快速與較精準之計算方式，辨認車道邊界位置，求得正確之車道寬度。

故而，關於本發明之優點與精神可以藉由以下實施方式及所附圖式得到進一步的瞭解。

【實施方式】

本發明藉由提出一種以頻率範圍資訊 (Frequency Span Information) 和機率密度函數模型，形成可進行自動學習的演算方法，藉以辨認出正確的車道邊界位置。

本發明為一種辨認車道邊界位置的方法，詳細如下列敘述：

如第 1 圖之較佳實施例流程圖，於標示 101 所示，首先接收微波訊號，並透過傅利葉轉換將電壓資料轉換成頻譜資料。

接著如第 1 圖標示 102 所示，針對頻譜資料進行雜訊抑制處理。

如第 1 圖標示 103 所示，利用頻譜資訊計算封閉區間之合理範圍，以形成頻率範圍資訊。

最後如第 1 圖標示 104 所示，使用機率密度函數模型對累積的頻率範圍資訊進行計算，藉以辨認車道邊界。

如第 1 圖標示 101 所示，於本發明較佳實施例中，首先需接收微波訊號。通常使用雷達 (Road-Side Radar Detector) 以偵測過往車輛，當車體通過後，即產生電子電路訊號，將電子電路訊號經過轉換後，形成頻率範圍資訊。

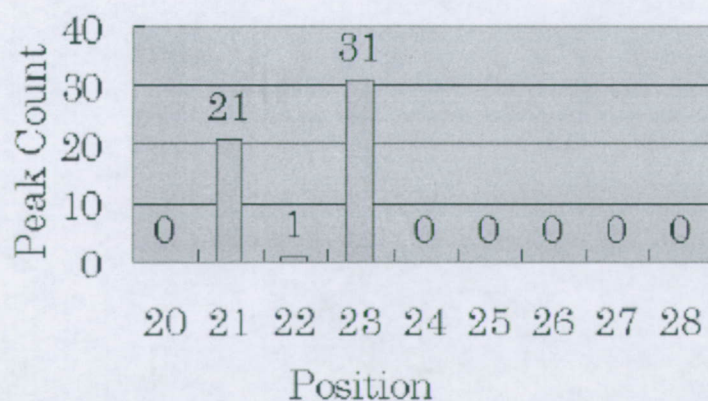
前述之頻率範圍資訊主要是在頻譜資訊 (Frequency Domain) 上找出通過車輛所形成的最小的封閉區間 (Closed Interval)，

而該封閉區間的選定，是經由統計車輛在各頻譜上所累積鋒值 (Peak Count) 而形成；即藉由蒐集車輛通過時的時間連續性 (Temporal Continuity) 資料以形成叢集結果 (Clustering Result)，並非僅取樣單一的樣本點。換句話說，是以車輛在車道上反應的車道寬度資訊(區間資訊)取代車道的位置資訊(單點資訊)。

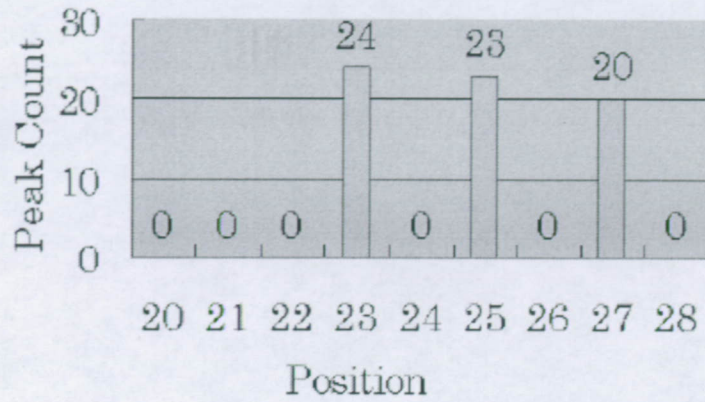
第 1 (a) 表所代表的為小車經過後在各頻譜資訊上的累積鋒值 (Peak Count) 的統計圖表。於第 1 (a) 表中，系統轉換出的最小封閉區間為 [21, 23]，因為在 21, 23 這兩個頻譜上所累積鋒值的數量具代表性，且 21 與 23 的距離夠靠近，所以這樣的累積鋒值的直方圖就可以形成 [21, 23] 這樣的頻率範圍資訊。

而第 1 (b) 表中，為另一個時間點大車經過後，在各頻譜資訊上的累積鋒值的統計圖表，而第 1 (b) 表，系統轉換出小封閉區間為 [23, 27]。第 2 表為頻率範圍資訊累積的統計直方圖。

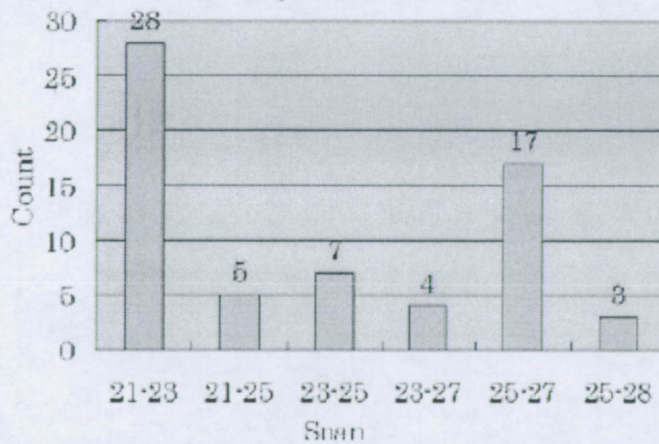
第 1 (a) 表



第 1 (b) 表



第 2 表



如第 1 圖之形成頻率範圍資訊流程圖，於標示 102 中，首先進行雜訊抑制(Noise Reduction)。當車輛經過時會累積車輛鋒值於各頻譜上的次數，當累積鋒值小於一定門檻的頻譜(如小於加總累積鋒值數的 5%)，則該頻譜上的資訊會予以濾除。

如第 1 圖標示 103 中之利用頻譜資訊計算封閉區間之合理範

圍以形成頻率範圍資訊的步驟，其中於計算封閉區間的合理範圍 (Legal Set) 時，需檢查任兩個有累積鋒值的頻譜間的距離是否小於所設定的門檻值(如 1 公尺)，若不是，則將此兩封閉區間視為不同的封閉區間；若是，則形成一個最小的封閉區間來涵蓋這兩個累積鋒值的頻譜，接著之後，再檢視其他累積鋒值的頻譜與所形成的封閉區域的距離是否小於所設定的門檻值(如 1 公尺)，若是，則形成一個較大的最小封閉區間能同時包含先前所形成的封閉區域與頻譜，直到沒有其他累積鋒值的頻譜可以合併為止。當完成上述動作，則得檢查所有的封閉區間與單獨存在的頻譜範圍，若是封閉區間或是單獨存在的頻譜範圍小於所設定的門檻值(如 1 公尺)或是大於限制最大的車道寬度(如 5 公尺)，則刪除此封閉區間與頻譜。

另外，在進行封閉區間距離的比較時會以鄰近封閉區間的邊界進行比較，如 [21, 23] 與 [25, 27] 間的距離為 2 (25-23)。

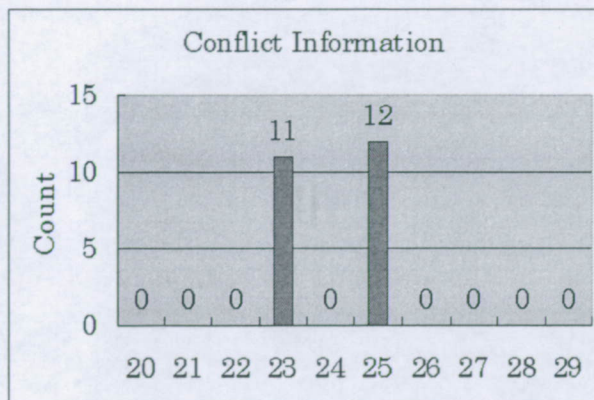
本發明透過限制最大的車道寬度 (Maximum Extent)，例如頻率範圍資訊必須少於正常車道寬度的限制，以過濾出適當的頻率範圍資訊。

由於以單點訊號來代表車道位置，易產生不同車道的不同車種會有相同的表示方式。因此本發明使用頻率範圍資訊，最大的優勢是避免當單點訊號狀況發生時的不利影響，減低不明車道區域的誤導判斷。

接著，本發明會進行衝突資訊處理，來以判別車道邊界調整累積的頻率範圍資訊。第 2 表為頻率範圍資訊累積的統計直方圖。進行衝突資訊處理的步驟主要為觀察各頻率範圍資訊的左邊邊界

與右邊邊界是否有重疊，如有相互重疊 (Overlap) 的現象存則需進行衝突資訊的處理計算。例如第 3 表所示，頻譜封閉區間 23 與封閉區間頻譜 25 會是第 2 表中就同時為兩個頻率範圍資訊發生衝突的地方，此時本發明認定頻譜封閉區間 23 與頻譜封閉區間 25 為衝突資訊，可用來須進行累積的頻率範圍資訊的調整衝突資訊的處理。

第 3 表



衝突資訊是以下列方式進行計算，假設某依頻率範圍資訊其範圍是從位置 l 到位置 r ，則 $L[l]$ 和 $R[r]$ 的計數都會被加上一值。因此可以形成第 3 表可以經由下列(1)得到：

$$C_i = \min\{L[i], R[i]\} \quad (1)$$

其中 C_i 表示衝突資訊在於頻譜位置 i 的衝突次數。此衝突資訊可以利用下列(2)來調整累積的頻率範圍資訊，如第 2 圖所示，讓調整後的累積範圍資訊更能反應車道位置。

$$A_i = \{A_i - C_i\} \quad (2)$$

接著，進行第 1 圖標示 104 所示之以機率密度函數模型進行頻率範圍資訊計算之步驟，即以修正的高斯混合模型 (Gaussian Mixture Model Variant) 進行運算，如下列：

$$p(\bar{x}|\Theta, E_k) = \sum_{m=1}^M \alpha_m g(x; \mu_m, \Sigma_m, E_k), \quad (3)$$

其中 α_1 到 α_m 表示非負 (Non-Negative) 的權重，總和為 1 值， μ_m 為均值， σ_m 為 M_{th} 的高斯變數值。之後，

E - Step :

$$\begin{aligned} J(\Theta) &= \ln \left[\prod_{i=1}^N p(x_i | \Theta, E_k) \right] \\ &= \sum_{i=1}^N [\ln p(x_i | \Theta, E_k)] \\ &= \sum_{i=1}^N \ln [\alpha_1 g(x_i; \mu_1, \Sigma_1) \delta_{i1} + \alpha_2 g(x_i; \mu_2, \Sigma_2) \delta_{i2} + \dots + \alpha_M g(x_i; \mu_M, \Sigma_M) \delta_{iM}] \end{aligned}$$

(4)

$|X_j|$ 代表成分 j 所擁有的樣本集合大小 (Set Size)，即

$$X_j = \left\{ \bigcup_{i=1}^n x_i \delta_{ij} \right\} \setminus \{0\} \quad \text{以及} \quad \bigcup_{j=1}^M X_j = \{x_i\}_{i=1}^N \quad (5)$$

將 (5) 式到 (3) 式中，

$$J(\Theta) = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{|X_j|} [\ln \alpha_j g(x_k; \mu_j, \Sigma_j)] \quad (6)$$

極大化 (6) 式，得到 (6) 式與 α_j ， μ_j ， Σ_j

M - Step :

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_j = \frac{\sum_{k=1}^{|X_j|} \beta_j(x_k)}{|X_j|}, x_k \in X_j \\ \mu_j = \frac{\sum_{k=1}^{|X_j|} \beta_j(x_k) x_k}{\sum_{k=1}^{|X_j|} \beta_j(x_k)}, x_k \in X_j \\ \alpha_j = \frac{\sum_{k=1}^{|X_j|} \beta_j(x_k) (x_k - \mu_j)^T (x_k - \mu_j)}{\sum_{k=1}^{|X_j|} \beta_j(x_k)}, x_k \in X_j \end{array} \right. \quad (7)$$

其中

$$\beta_{j(x_k)} = p(j|x_k) = \frac{p(j \cap x_k)}{p(x_k)} = \frac{\alpha_j g(x_k; \mu_j, \sigma_j^2)}{\sum_{j=1}^M \alpha_j g(x_k; \mu_j, \sigma_j^2)}$$

本發明方法經實際驗證，共計算 183 輛的路過車輛，如第 4 表中所示之車輛經過累積統計值，其中包括了摩托車，小型車以及大型車，且共分佈於第 1 車道至第 4 車道。

第 4 表

	摩托車	小型車	大型車
第 1 車道	8	35	1
第 2 車道	1	28	7
第 3 車道	7	37	10
第 4 車道	2	27	20

而於第 2 圖之累積頻率資訊圖與衝突資訊圖，如圖之上端部分，為上述 183 輛車所累積的頻率範圍資訊，顯示了各個頻譜上的累積次數。在第 1 車道和第 2 車道之間，第 1 個衝突區間 (Conflict

Interval) 由23至25；而在第3車道和第4車道之間，第2個衝突區間由36至38。但經本發明進行衝突資訊處理後，可以得到更精確的累積頻率範圍資訊。

於第3圖之高斯混合模型運算與高斯混合修正模型的比較圖中，如圖之上端部分，為原始的高斯混合模型的運算結果；如圖之下端部分，為高斯混合修正模型 (Gaussian Mixture Models Variant) 之結果；兩者經比較後，可得知經高斯混合修正模型運算後，除了可增加收斂速度，更可將每一個成分的變異數降低，以得到更為精準的車道邊界資訊。

本發明利用修正高斯混合模型形成可進行自動學習的演算方法，藉以辨認出適當的車道邊界位置。且於使用頻率範圍資訊情況下，可減低於不明車道區域的誤導判斷情況產生。並以較快速與較精準之計算方式，辨認車道邊界位置，求得正確之車道寬度。

以上所述僅為本發明之較佳實施例而已，並非用以限定本發明之申請專利範圍；凡其它未脫離本發明所揭示之精神下所完成之等效改變或修飾，均應包含在下述之申請專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第1圖為本發明之較佳實施例流程圖。

第2圖為累積頻率與衝突資訊圖。

第3圖為高斯混合模型運算與高斯混合修正模型的比較圖。

第1(a)表是經過小車在第一車道在的累積鋒值的直方圖。

第1(b)表是大車在第二車道的累積鋒值的直方圖。

第2表為衝突資訊表。

第 4 表為經過車輛累積統計值表。

【主要元件符號說明】

101 接收微波訊號

102 進行雜訊抑制

103 形成頻率範圍資訊

104 進行頻率範圍資訊的計算

十、申請專利範圍：

1. 一種使用衝突資訊處理辨認車道邊界的方法，至少包含：

接收一微波訊號，透過傅利葉轉換轉換一電壓資料成一頻譜資料；

進行一雜訊抑制，係針對該微波訊號濾除一不需要的頻譜資訊；

利用該頻譜資訊計算一封閉區間之一合理範圍以形成一頻率範圍資訊；

檢查兩個封閉區域間的一第一距離是否小於一所設定的門檻值；

檢視其他封閉區域的一第二距離是否小於該所設定的門檻值；

檢查所有的該封閉區間與一單獨存在的頻譜範圍；

進行一衝突資訊處理以調整該頻率範圍資訊；以及

以一所累積的該頻率範圍資訊辨認一車道邊界。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之辨認車道邊界的方法，其中檢查兩個封閉區域間的一第一距離是否小於一所設定的門檻值，若不是，則將此兩封閉區間視為不同的封閉區間。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之辨認車道邊界的方法，其中檢視其他封閉區域的一第二距離是否小於該所設定的門檻值，若是，形成最小的該封閉區間。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之辨認車道邊界的方法，其中檢視其他封閉區域的一第二距離是否小於該所設定的門檻值，若是，

則形成一個較大的最小封閉區間能同時包含先前所形成的該封閉區域與該頻譜，直到沒有其他鋒值的頻譜可以合併為止。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之辨認車道邊界的方法，其中檢查所有的該封閉區間與一單獨存在的頻譜範圍，若是封閉區間或是單獨存在的頻譜範圍小於所設定的門檻值或是大於限制最大的車道寬度，則刪除該封閉區間與頻譜。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之辨認車道邊界的方法，其中該進行該衝突資訊處理之步驟至少包含：

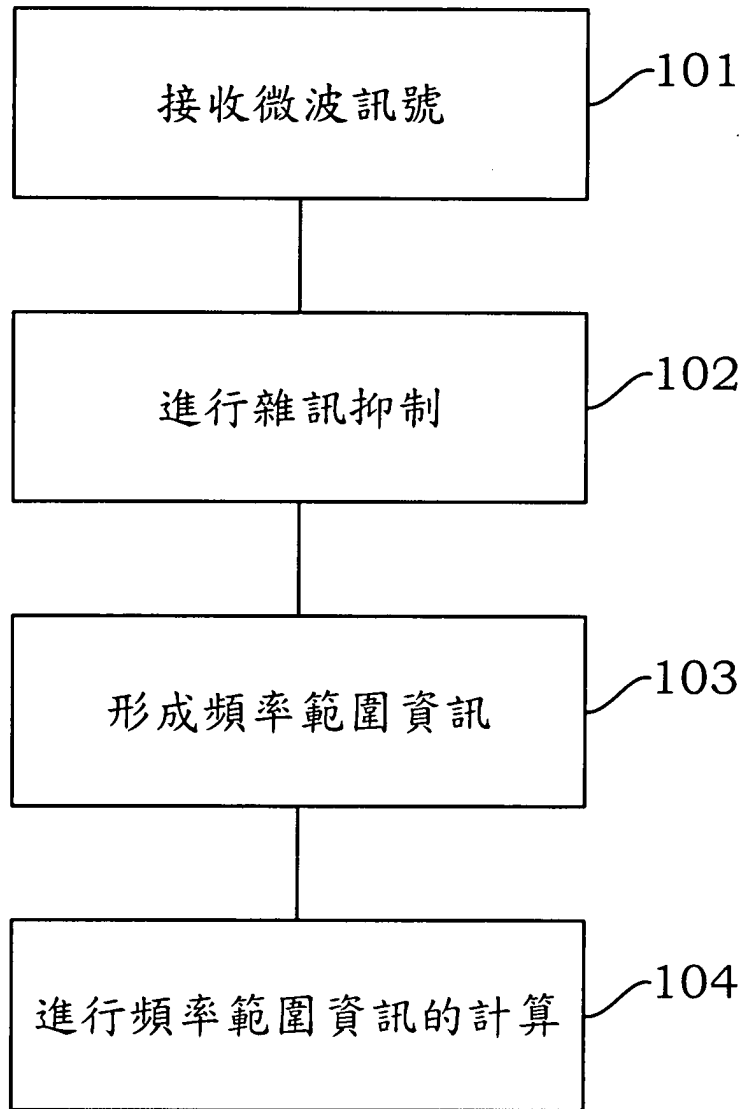
比較該封閉區間的邊界資訊以得到一衝突資訊。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之辨認車道邊界的方法，其中該進行該衝突資訊處理之步驟至少包含：

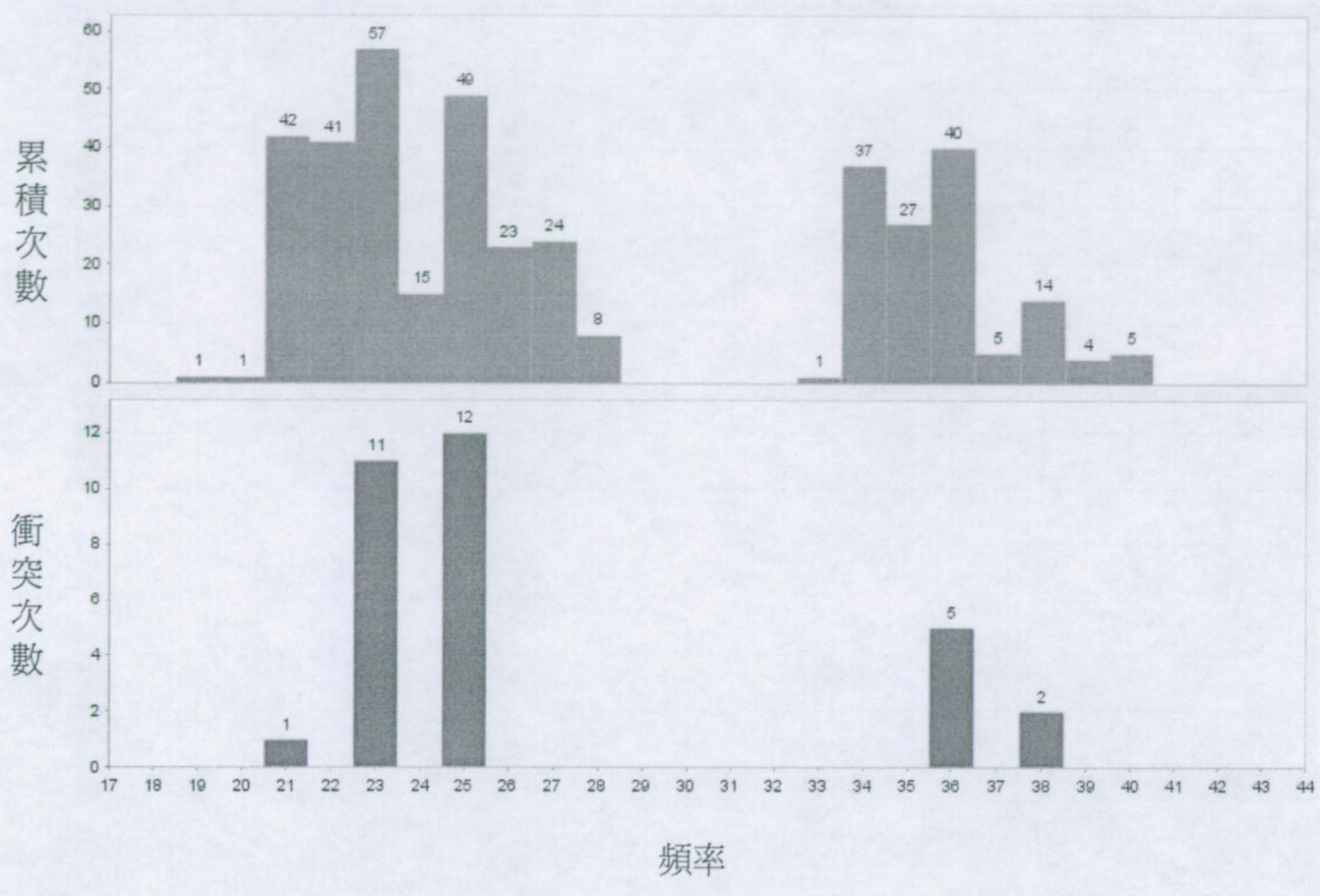
$$C_i = \min\{L[i], R[i]\},$$

其中 C_i 表示衝突資訊， $L[i], R[i]$ 係利用累積之頻率範圍資訊所構成。

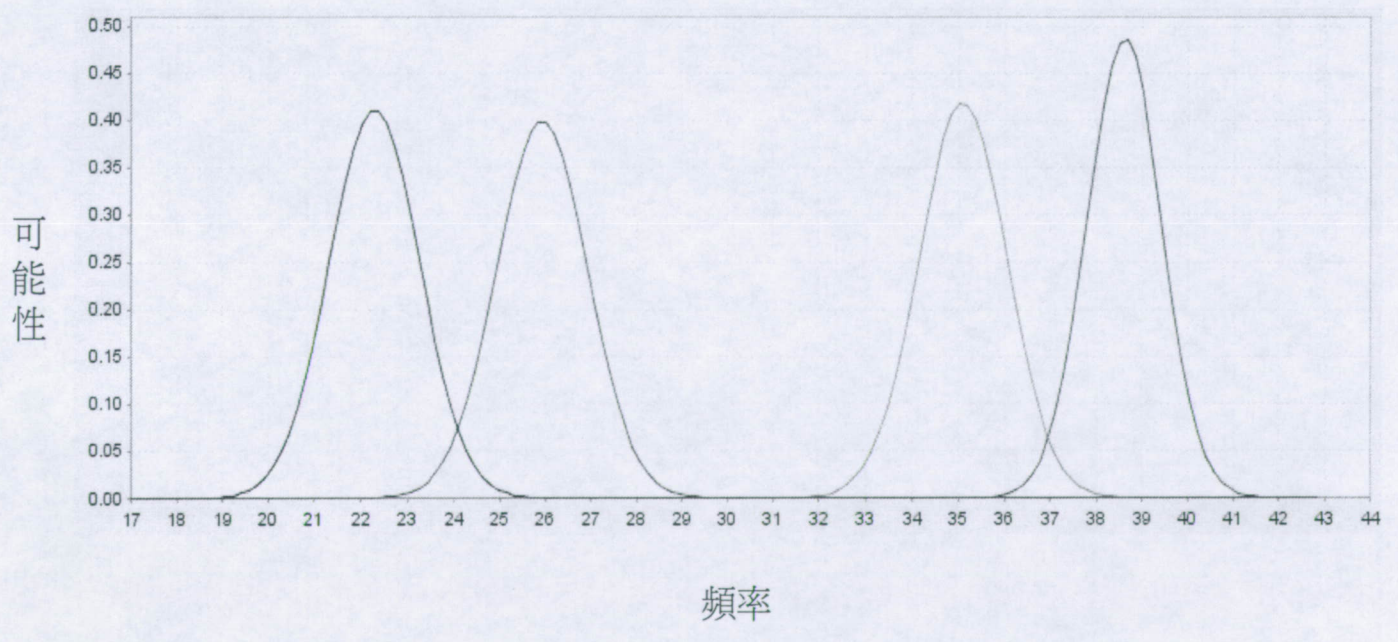
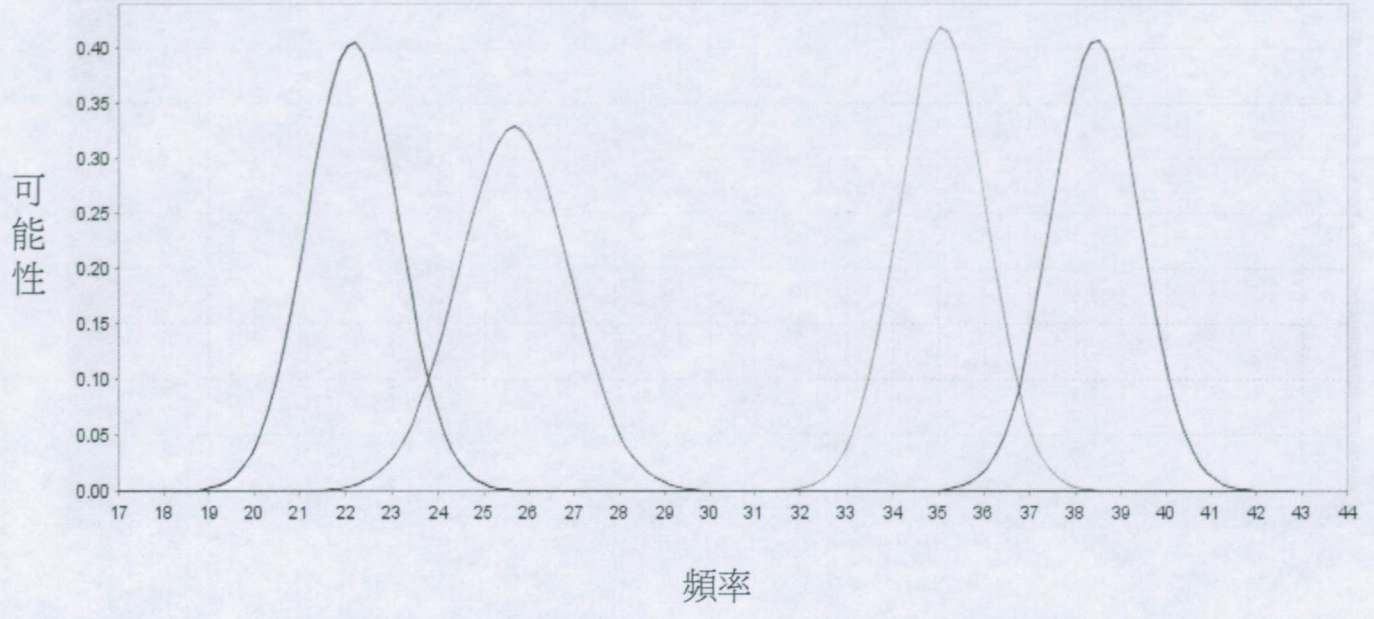
十一、圖式：



第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖