



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I522258 B

(45) 公告日：中華民國 105 (2016) 年 02 月 21 日

(21) 申請案號：102124446

(22) 申請日：中華民國 102 (2013) 年 07 月 08 日

(51) Int. Cl. : **B60W40/10 (2012.01)****B60W30/08 (2012.01)****G01C21/26 (2006.01)**

(71) 申請人：李綱 (中華民國) LI, KANG (TW)

臺北市大安區羅斯福路 4 段 1 號 台大機械系

(72) 發明人：李綱 LI, KANG (TW)

(74) 代理人：楊延壽

(56) 參考文獻：

TW 200925008A

CN 1283498C

CN 100403332C

CN 102360499A

US 7363133B2

審查人員：張人傑

申請專利範圍項數：7 項 圖式數：13 共 36 頁

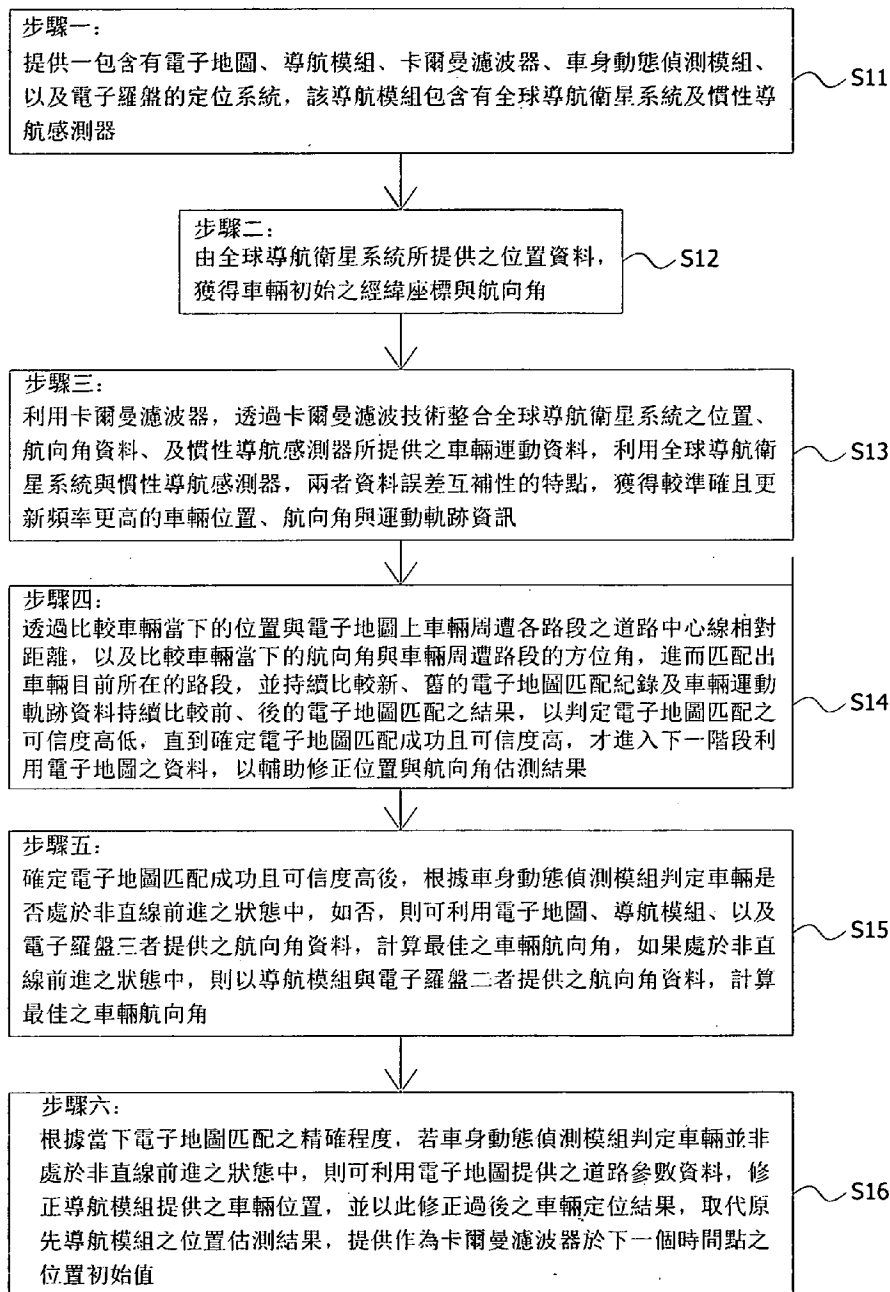
(54) 名稱

基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法

(57) 摘要

本發明目的在於提供一種處於無全球導航衛星系統訊號之狀態下，依舊能維持高精確度車輛即時定位與車道辨識能力之方法，此方法乃基於電子地圖、全球衛星導航系統及車輛動態偵測技術。其技術手段為：提供一包含有電子地圖、導航模組、卡爾曼濾波器、車身動態偵測模組、以及電子羅盤的定位系統，該導航模組包含有全球導航衛星系統及慣性導航感測器，利用前述兩者資料誤差互補性的特點；以達成即時判斷全球衛星定位系統訊號狀態，提升定位系統抗雜訊干擾之能力，並能判斷車輛所屬之車道，並進一步藉由電子地圖資訊提升定位系統之精確度及可靠度，同時更能進行車輛動態偵測，能區別車輛是否正直行中，或轉向、或變換車道、或過彎。

指定代表圖：



符號簡單說明：

S11~S16 . . . 方法  
步驟

第 3 圖

## 發明摘要

※ 申請案號：1021-4446

102.7.08

※ 申請日：

※IPC 分類：B60W 49/00 (2012.01)

B60W 30/08 (2012.01)

G01C 21/56 (2006.01)

**【發明名稱】** 基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之  
車道辨識方法

**【中文】**

本發明目的在於提供一種處於無全球導航衛星系統訊號之狀態下，依舊能維持高精確度車輛即時定位與車道辨識能力之方法，此方法乃基於電子地圖、全球衛星導航系統及車輛動態偵測技術。其技術手段為：提供一包含有電子地圖、導航模組、卡爾曼濾波器、車身動態偵測模組、以及電子羅盤的定位系統，該導航模組包含有全球導航衛星系統及慣性導航感測器，利用前述兩者資料誤差互補性的特點；以達成即時判斷全球衛星定位系統訊號狀態，提升定位系統抗雜訊干擾之能力，並能判斷車輛所屬之車道，並進一步藉由電子地圖資訊提升定位系統之精確度及可靠度，同時更能進行車輛動態偵測，能區別車輛是否正直行中，或轉向、或變換車道、或過彎。

**【英文】**

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（ 3 ）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

10.3003) S11~S16 方法步驟

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

104年6月17日修(東)正本

**【發明名稱】** 基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法

## 【技術領域】

**【0001】** 本發明涉及一種基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，尤指一種能應用於車輛即時定位上的車道辨識方法。

## 【先前技術】

**【0002】** 先進車輛駕駛輔助系統[英文：Advanced Driver Assistance Systems,縮寫：ADAS]及使用無線通訊之協同式車輛安全系統[英文：wireless communication-based cooperative safety systems]仰賴精確、即時之車輛狀態資訊[英文：state information]，包括位置、速度、航向角、車道位置等，並進一步結合電子地圖資料或無線通訊資訊，以輔助駕駛預先判斷可能/即將發生之危險並提早因應。

**【0003】** 現有的第一種現行定位系統架構圖，如第1圖所示，圖中揭示出，其整合有全球衛星定位系統、高階慣性導航系統[INS]和電子地圖資料，其中根據地圖匹配算法之結果，猜測車輛目前所在的車道，再藉由電子地圖提供的車道/道路資訊，修正車輛橫向位置和航向角估測值，以達成車道等級定位精確度。

**【0004】** 而其缺點有二，一為此定位系統所採用的高階慣性導航系統感測器過於昂貴；二為此定位系統無法即時地判斷車輛的動態行為，因此無法準確地判斷電子地圖資訊使用的時機。

**【0005】** 現有的第二種現行定位系統架構圖，如第2圖所示，圖中揭示出，其定位系統整合全球衛星定位系統、慣性導航系統、視覺感測器和電子地圖資料，利用視覺感測器來判斷目前車輛所屬之車道、該路段之車道數目和車輛與車道中心線[lane-center line]之相對距離，並整合電子資料庫相關道路資料，以達成車道等級定位精確度。

**【0006】** 而其缺點有二，一為視覺感測器易受天候狀況(如雨、霧)、光線和障礙物干擾導致無法正常運作；二為定位系統在初始時，若車輛不在具有清楚標線的車道內，將無法利用視覺感測器判斷車輛所屬之車道，並結合電子地圖資料提升車輛定位精確度。

**【0007】** 有鑑於此，如何提供能判斷車輛之動態行為、判斷車輛所屬之車道、並能即時偵測全球衛星定位系統訊號狀態，更能透過車輛運動模型偵測其運動狀態，正確地判斷電子地圖資訊使用時機，以有效地提升定位系統之精確度及可靠度的基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，便成為本發明欲改進的目的。

### **【發明內容】**

**【0008】** 為解決上述問題及達到本發明的目的，本發明的技術手段是這樣實現的，為一種基於電子地圖、全球導航衛星系統[GNSS]及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，其特徵在於包含下列步驟：步驟一：提供一包含有電子地圖(1)、導航模組(2)、卡爾曼濾波器(3)、車身動態偵測模組(4)、以及電子羅盤(5)的定位系統，該導航模組(2)包含有全球導航衛星系統(21)及慣性導航感測器(22)；步驟二：由全球導航衛星系統(21)所提供之位置資料，獲得車輛初始之經緯座標與航向角；步驟三：利用卡爾曼濾波器(3)，

透過卡爾曼濾波技術整合全球導航衛星系統(21)之位置、航向角資料、及慣性導航感測器(22)所提供之車輛運動資料，利用全球導航衛星系統(21)與慣性導航感測器(22)，兩者資料誤差互補性的特點，獲得較準確且更新頻率更高的車輛位置、航向角與運動軌跡資訊；步驟四：根據步驟三所得之初步車輛即時位置與航向角估測資料，透過地圖對照演算法進行地圖匹配，並持續比較前、後的電子地圖(1)匹配之結果，以判定電子地圖(1)匹配結果之可信度高低，直到確定電子地圖(1)匹配成功且可信度高，才進入下一階段利用電子地圖(1)之資料，以輔助修正位置與航向角估測結果；步驟五：確定電子地圖(1)匹配成功且可信度高後，根據車身動態偵測模組(4)判定車輛是否處於非直線前進之狀態中，如否，則可利用電子地圖(1)、導航模組(2)、以及電子羅盤(5)三者提供之航向角資料，計算最佳之車輛航向角，如果處於非直線前進之狀態中，則以導航模組(2)與電子羅盤(5)二者提供之航向角資料，計算最佳之車輛航向角；並以此最佳航向角取代先前導航模組(2)估測之航向角，作為卡爾曼濾波器(3)於下一個時間點之航向角初始值；以及步驟六：根據當下電子地圖(1)匹配之精確程度，若車身動態偵測模組(4)判定車輛並非處於非直線前進之狀態中，則可利用電子地圖(1)提供之道路參數資料，修正導航模組(2)提供之車輛位置之橫向誤差，並以此修正過後之車輛定位結果，取代原先導航模組(2)之位置估測結果，提供作為卡爾曼濾波器(3)於下一個時間點之位置初始值；藉由上述步驟，最終獲得精準之車輛位置座標、車輛航向角、所屬車道位置、車道航向角、車輛運動狀態。

【0009】 更優選的是，所述慣性導航感測器(22)為現有車輛常用感測器，至少包含有下列之一或其組合：速度計、單軸陀螺儀[偏航角速度感測

器]、或車身側向加速度計，而非高階慣性導航系統[INS]，該類高價系統至少包含有三軸加速度計與三軸陀螺儀。

【0010】 更優選的是，所述步驟三中，是利用卡爾曼濾波技術，以及全球導航衛星系統(21)與慣性導航感測器(22)誤差互補性之特點，建立定位感測器誤差補償之機制，進行第一階段之車輛定位與航向角估測精確度提升。

【0011】 更優選的是，所述步驟四中，透過比對新、舊地圖匹配之結果，以判斷地圖匹配之正確性與可信度高低，可確保步驟五、六使用正確之電子地圖(1)資料以進行第二階段提升車輛定位與航向角估測之程序。

【0012】 更優選的是，所述非直線前進之狀態，包含下列之一狀態：轉向、變換車道、過彎、迴轉。

【0013】 更優選的是，所述定位系統，更能配合下列之一裝置應用：先進車輛駕駛輔助系統、無線通訊為基礎之協同式車輛安全系統。

【0014】 更優選的是，所述步驟五中，是為透過電子地圖(1)和電子羅盤(5)的配合，修正導航模組(2)提供之航向角估測值。

【0015】 更優選的是，所述步驟六中，是為透過地圖對照演算法，自電子地圖(1)的資料庫，取得及/或推算目前車輛所在位置之道路參數資料，以判斷車輛所屬車道位置，並修正導航模組(2)提供之車輛位置之橫向誤差。

【0016】 與現有技術相比，本發明的效果如下所示：

【0017】 第一點：本發明的方法中，包含有電子地圖(1)、導航模組(2)、卡爾曼濾波器(3)、車身動態偵測模組(4)、以及電子羅盤(5)的定位系統之使用，提供一種適合一般車輛使用之具備車道等級[lane-level]定位精確



度、即時性的定位系統，能解決現有車輛用定位系統，因全球導航衛星系統(21)及/或慣性導航系統定位系統精準度和可靠度不足的問題。

【0018】 第二點：本發明的方法中，可利用電子地圖(1)資訊以判斷車輛所屬之車道和全球導航衛星系統(21)訊號狀態，並透過車輛運動模型偵測其運動狀態，例如：直線前進和轉向、變換車道等，可正確地判斷電子地圖(1)資訊使用時機，以有效地提升定位系統之精確度及可靠度。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0019】

第1圖：第一種現行定位系統架構圖。

第2圖：第二種現行定位系統架構圖。

第3圖：本發明的流程方塊示意圖。

第4圖：本發明定位系統的架構方塊示意圖。

第5圖：本發明中第一種電子地圖判斷全球導航衛星系統訊號狀態之方法的實施示意圖。

第6圖：本發明中第二種電子地圖判斷全球導航衛星系統訊號狀態之方法的實施示意圖。

第7圖：本發明中第三種電子地圖判斷全球導航衛星系統訊號狀態之方法的實施示意圖。

第8圖：本發明中三種利用電子地圖資訊以判斷全球導航衛星系統訊號狀態的流程示意圖。

第9圖：本發明中交互式多模型演算法的流程示意圖。

第10圖：本發明中地圖對照演算法的流程示意圖。

第11圖：停車格方向與道路方向平行、車輛離開時的示意圖。

第12圖：停車格方向與道路方向垂直、車輛離開時的示意圖。

第13圖：利用電子地圖資料修正橫向定位誤差的概念示意圖。

### 【實施方式】

【0020】 以下依據圖面所示的實施例詳細說明如後：

【0021】 如第3圖、第4圖所示，圖式中揭示出，為一種基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，其特徵在於包含下列步驟：步驟一：提供一包含有電子地圖(1)、導航模組(2)、卡爾曼濾波器(3)、車身動態偵測模組(4)、以及電子羅盤(5)的定位系統，該導航模組(2)包含有全球導航衛星系統(21)及慣性導航感測器(22)；步驟二：由全球導航衛星系統(21)所提供之位置資料，獲得車輛初始之經緯座標與航向角；步驟三：利用卡爾曼濾波器(3)，透過卡爾曼濾波技術整合全球導航衛星系統(21)之位置、航向角資料、及慣性導航感測器所提供之車輛運動資料，利用全球導航衛星系統(21)與慣性導航感測器(22)，兩者資料誤差互補性的特點，獲得較準確且更新頻率更高的車輛位置、航向角與運動軌跡資訊；步驟四：透過比較車輛當下的位置與電子地圖(1)上車輛周遭各路段之道路中心線相對距離，以及比較車輛當下的航向角與車輛周遭路段的方位角，進而匹配出車輛目前所在的路段，並持續比較新、舊的電子地圖(1)匹配紀錄及車輛運動軌跡資料，以判定電子地圖(1)匹配之可信度高低，直到確定電子地圖(1)匹配成功且可信度高，才進入下一階段利用電子地圖(1)之資料，以輔助修正位置與航向角估測結果；步驟五：確定電子地圖(1)匹配成功且可信度高後，根據車身動態偵測模組(4)判定車輛是否處於非直線前進之狀態中，

如否，則可利用電子地圖(1)、導航模組(2)、以及電子羅盤(5)三者提供之航向角資料，計算最佳之車輛航向角，如果處於非直線前進之狀態中，則以導航模組(2)與電子羅盤(5)二者提供之航向角資料，計算最佳之車輛航向角；並以此最佳航向角取代先前導航模組(2)估測之航向角，作為卡爾曼濾波器(3)於下一個時間點之航向角初始值；以及步驟六：根據當下電子地圖(1)匹配之精確程度，若車身動態偵測模組(4)判定車輛並非處於非直線前進之狀態中，則可利用電子地圖(1)提供之道路參數資料，修正導航模組(2)提供之車輛位置，並以此修正過後之車輛定位結果，取代原先導航模組(2)之位置估測結果，提供作為卡爾曼濾波器(3)於下一個時間點之位置初始值；藉由上述步驟，最終獲得精準之車輛位置座標、車輛航向角、所屬車道位置、車道航向角、車輛運動狀態。

【0022】 其中，本發明所提出的方法，藉由使用電子地圖(1)資訊來判斷全球導航衛星系統(21)訊號狀態，不須透過太複雜的機率理論即可判斷全球導航衛星系統(21)訊號狀態。

【0023】 其次，因為傳統交互式多模型(Interactive Multiple Model, IMM)理論之最大缺點，為當全球導航衛星系統(21)訊號中斷時，系統無法更新模型機率，而本發明所提出的方法，能藉由電子地圖(1)資訊來改善此缺點。

【0024】 再者，本發明所提出的方法，可判斷電子地圖(1)資訊之正確性，將可避免系統採用錯誤的地圖資訊，並藉由一最佳航向角的估測，提升車輛航向角估測之精確度。

【0025】 上述中，所述慣性導航感測器(22)，至少包含有下列之一或

其組合：速度計、單軸陀螺儀[偏航角速度感測器]、或車身側向加速度計。

【0026】 上述中，所述步驟四中，是為利用電子地圖(1)資料輔助修正導航模組(2)之位置與航向角估測結果。

【0027】 上述中，所述非直線前進之狀態，包含下列之一狀態：轉向、變換車道、過彎、迴轉。

【0028】 上述中，所述定位系統，更能配合下列之一裝置應用：先進車輛駕駛輔助系統、無線通訊為基礎之協同式車輛安全系統。

【0029】 上述中，所述步驟六中，是為透過地圖對照演算法，自電子地圖(1)的資料庫，取得及/或推算目前車輛所在位置之道路參數資料，並修正車輛位置估測值之側向誤差。

【0030】 上述中，所述步驟五中，更能透過電子地圖(1)和電子羅盤(5)的配合，修正車輛航向角估測值。

【0031】 本發明的定位系統架構，所使用的感測器有：慣性導航感測器(22) [包含：速度感測器和(偏航角速度)陀螺儀或側向加速度計]、電子羅盤(5)、全球導航衛星系統接收器(211)和電子地圖(1)。

【0032】 整體的定位系統可分為兩大部分：(1)藉由卡爾曼濾波器(3) [交互式多模型擴展式卡爾曼濾波器、或是交互式多模型卡爾曼濾波器]整合慣性導航感測器(22)和全球導航衛星系統(21)資訊以估測車輛位置並偵測車輛動態行為(如直線行駛、轉彎、邊換車道、迴轉)，(2)藉由整合卡爾曼濾波器(3)估測之結果、電子羅盤(5)和電子地圖(1)提供之資訊可進一步提升定位之精確度。

【0033】 定位系統利用電子地圖(1)資訊開發相關應用功能，如全球

導航衛星系統(21)訊號狀態之判斷、導航模組(2)之航向角錯誤偵測和提升車輛即時定位之精確度。

【0034】 藉由整合卡爾曼濾波器(3)航向角估測值、電子地圖(1)提供之車道方向角和電子羅盤(5)之航向角資料，估測出最精確的車輛航向角，即使在複雜的環境下，全球導航衛星系統(21)訊號遭受外在干擾、遮蔽和長時間中斷之情況，都能準確地掌握車輛的動態行為和維持車道等級的定位精確度。

【0035】 以全球導航衛星系統[Global Navigation Satellite System, GNSS]中的全球衛星定位系統[Global Positioning System, GPS]為例，以下簡稱GPS，一般市售的導航系統所採用的GPS資訊，是經過接收器本身解碼後的訊息，為美國國家海洋電子協會[National Marine Electronics Association, NMEA]專為GPS接收儀器輸出資料所訂定之標準傳輸格式，此時若要判斷GPS的訊號狀態，只能透過GPS訊號接收器可視衛星顆數、DOP[Dilution of Precision][精度衰減因子]等數據來判斷，無法從GPS原始訊息判斷訊號的狀態。

【0036】 一般當GPS訊號受樓房、橋梁等建築體與樹木的干擾及遮蔽時，GPS訊號接收器之可視衛星數將會降低，DOP數值則會升高，藉此可判定GPS之定位精準程度衰減中，然而，當GPS訊號遇障礙物而反射時，接收器仍有可能收到此訊號而進行定位運算，卻會造成定位結果產生極大之多重路徑誤差[multipath error]，一般的GPS接收器難以偵測此誤差，故接收器所顯示之衛星顆數和DOP[精度衰減因子]數值仍有可能呈現相當良好的狀態。

【0037】 因此，單憑衛星顆數、DOP等數據無法永遠準確地判斷出GPS訊號的真實狀態，否則，將導致定位系統的準確度與可靠度降低。

【0038】 如第8圖所示，本發明在此提出藉由電子地圖(1)資訊判斷GNSS訊號狀態之方法，可即時地判斷GNSS狀況，並動態地調整GNSS量測雜訊的共變異矩陣(covariance matrix (R\_GNSS))，以提升卡爾曼濾波器(3)對GNSS動態誤差的抗干擾能力。

【0039】 如第5圖所示，圖式中揭示出，為本發明中第一種電子地圖(1)判斷全球導航衛星系統(21)訊號狀態之方法，以此圖為例，十字為GNSS的位置、圓圈為GNSS的位置投影至道路中心線的位置，L1為車道寬、L2為GNSS的位置與其道路中心線上之投影點的距離。假設車輛此時正沿著道路方向直行，而未變換車道或轉彎，如果L2持續大於L1[即GNSS定位結果位於道路外側]，則可判斷出目前的GNSS訊號受干擾導致橫向定位誤差超過車道寬度，故利用L1與L2之差值可估測此時GNSS之定位精確程度。

【0040】 如第6圖所示，圖式中揭示出，為本發明中第二種電子地圖(1)判斷全球導航衛星系統(21)訊號狀態之方法，可判斷出GNSS定位結果是否在正確駕駛方向的道路內；以此圖為例，假設已知車子目前行駛在右側車道，且車輛此時正沿著道路方向直行，並未變換車道或轉彎。其中十字為GNSS的位置、圓圈為GNSS的位置投影到道路中心線的位置，其中  $\vec{v}_{project}$  為投影向量、 $\vec{v}_{road}$  為同車輛行駛方向之路段向量、 $\theta_{project}$  為投影向量( $\vec{v}_{project}$ )與水平面上座標y軸的夾角以及 $\theta_{road}$ 為該路段向量( $\vec{v}_{road}$ )與y軸的夾角。

【0041】 根據向量的正交特性， $\vec{v}_{road}$  和 $\vec{v}_{project}$  此兩向量應滿足公

式(I)，且 $\vec{v}_{\text{project}}$ 順時針旋轉 $90^\circ$ 後應與 $\vec{v}_{\text{road}}$ 同方向，依據公式(II)，若否，則判斷出GNSS定位結果落於另一側之道路內，則判斷出目前的GNSS訊號是受干擾的。

$$\text{【0042】 } \vec{v}_{\text{project}} \cdot \vec{v}_{\text{road}} = 0 \text{ (I)}$$

$$\text{【0043】 } \left( \theta_{\text{project}} - \frac{\pi}{2} \right) = \theta_{\text{road}} \text{ (II)}$$

【0044】 如第7圖所示，圖式中揭示出，為本發明中第三種使用電子地圖(1)資料判斷全球導航衛星系統(21)訊號狀態之方法，前述的第一種方法和第二種方法只適用於當車子沿著道路直行之情況，當車子正在轉彎、或是變換車道、或是迴轉時，則可用方法三判斷GNSS訊號狀態；以該圖為例，十字為GNSS的位置，前一刻 $t-1$ 時導航模組所估測出的車輛航向角 $\theta_{\text{GNSS/INS}}$ ， $\vec{V}_{\text{GNSS}}$ 為 $t-1$ 時GNSS定位結果與 $t$ 時GNSS定位結果所計算之位移向量， $\theta_{\text{GNSS}}$ 為位移向量( $\vec{V}_{\text{GNSS}}$ )與 $y$ 軸的夾角，則考慮一般車輛實際的動態行為，在極短時間內( $\Delta t = t - t-1$ )航向角不會發生大幅度的變化，如公式(III)所示，藉由比較 $\theta_{\text{GNSS/INS}}$ 與 $\theta_{\text{GNSS}}$ 之差異可估測目前GNSS定位誤差之大小。

$$\text{【0045】 } \vec{V}_{\text{GNSS}} \triangleq \text{GNSS}_t - \text{GNSS}_{t-1}, \angle \vec{V}_{\text{GNSS}} = \theta_{\text{GNSS}} \cong \theta_{\text{GNSS/INS}} \text{ (III)}$$

【0046】 車輛運動狀態檢測模組，藉由使用交互式多模型[Interactive Multiple Model, IMM]理論整合多個車輛運動模型，並估算出每個模型的發生機率或權重，以達成即時偵測車輛動態之功能。

【0047】 此外，藉由整合多個車輛模型之估測結果，將可提升導航模組(2)即時定位與航向角估測值之精確度。

【0048】 本發明所採用的車輛模型包含橫向運動模型和縱向運動模

型兩種，當橫向運動模型機率較高時，代表車輛可能正在轉彎、迴轉或是變換車道，而當縱向運動模型機率較高時，代表車輛最可能在順著道路方向直線行駛[lane keeping]。

【0049】 如第9圖所示，圖式中揭示出，為本發明中交互式多模型[IMM]演算法的流程示意，其中包含四個步驟：步驟一：交互作用的估計[interaction]；步驟二：濾波[filtering]；步驟三：模型機率更新[model probability update]；及步驟四：估測結合[estimation fusion]。

【0050】 步驟一、交互作用的估計(interaction)：藉由混和機率(mixing probability)  $\mu_{ij}(k-1|k-1)$ 和馬可夫轉移機率 $p_{ji}$ (即從模型j轉換至模型i的機率)結合k-1時刻每個車輛模型所估測的結果  $\hat{x}^i(k-1|k-1)$ 。混和機率之計算如公式(IV)示，其中 $\mu_i(k-1)$ 為在k-1時刻模型i的機率， $\bar{c}_j$ 為正規化常數[normalizing constants]公式(V)。

$$\text{【0051】 } \mu_{ij}(k-1|k-1) = \frac{1}{\bar{c}_j} p_{ij} * \mu_i(k-1), i, j = 1, 2 \quad (\text{IV})$$

$$\text{【0052】 } \bar{c}_j = \sum_{i=1}^2 p_{ij} * \mu_i(k-1), j = 1, 2 \quad (\text{V})$$

【0053】 各模型的狀態和其共變異矩陣[covariance matrix]的初始值之計算方式如公式(VI)、公式(VII)所示。

$$\text{【0054】 } \hat{x}^{0j}(k-1|k-1) = \sum_{i=1}^2 \hat{x}^i(k-1|k-1) * \mu_{ij}(k-1|k-1), j = 1, 2 \quad (\text{VI})$$

$$\begin{aligned} \text{【0055】 } P^{0j}(k-1|k-1) = & \sum_{i=1}^2 \mu_{ij}(k-1|k-1) * \{P^i(k-1|k-1) + \\ & [\hat{x}^i(k-1|k-1) - \hat{x}^{0j}(k-1|k-1)] * \\ & [\hat{x}^i(k-1|k-1) - \hat{x}^{0j}(k-1|k-1)]^T\}, j = 1, 2 \quad (\text{VII}) \end{aligned}$$



【0056】 步驟二、濾波[filtering]：根據步驟一可以得知每個模型的狀態和其共變異矩陣的初始值。步驟二是藉由擴展式卡爾曼濾波器[Extended Kalman Filter][EKF]理論估測和更新每個模型的狀態和其共變異矩陣，因此當系統模型太多時會造成系統運算量的負擔。

【0057】 步驟三、模型機率更新[model probability update]：模型機率的更新是根據量測值 $y(k)$ 所產生的更新誤差[innovation error]，假設該誤差具有高斯統計性質，則量測值的可能性方程式 $\Lambda_j(k)$ 如公式(VIII)式。

【0058】 因此當系統無法得知量測值時，如GNSS訊號中斷時，則系統將無法更新模型機率，此為傳統使用IMM-EKF演算法之車輛定位與導航系統的最大缺點，本提案可藉由使用電子地圖(1)資訊改善此缺點。

$$\Lambda_j(k) \sim N\left(v_j(k), 0, s_j(k)\right) = \frac{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(v_j(k)^T s_j(k)^{-1} v_j(k)\right)\right]}{\sqrt{|2\pi s_j(k)|}}, j =$$

1,2 (VIII)

【0060】 其中 $v_j(k)$ 和 $s_j(k)$ 分別為更新向量[innovation vector]和其共變異矩陣，由公式(IX)、公式(X)表示：

$$\text{【0061】 } v_j(k) = y(k) - H_j(k)x_j(k), j = 1,2 \quad (\text{IX})$$

$$\text{【0062】 } s_j(k) = H_j(k)P^j(k|k)H_j(k)^T + R_j, j = 1,2 \quad (\text{X})$$

【0063】 則模型機率的更新由公式(X I)計算得知， $c$ 為正規化常數，其計算方式由公式(X II)表示。

$$\text{【0064】 } \mu_j(k) = \frac{1}{c} \Lambda_j(k)\bar{c}_j, j = 1,2 \quad (\text{X I})$$

$$\text{【0065】 } c = \sum_{j=1}^2 \Lambda_j(k)\bar{c}_j, j = 1,2 \quad (\text{X II})$$

【0066】 步驟四、估測結合[estimation fusion]：根據步驟三所計算出

的各模型機率，則可利用步驟二各模型所估測出的狀態和其共變異矩陣計算出真實狀態之估測值與其共變異矩陣，如公式(X III)、公式(X IV)所示。

$$\text{【0067】 } \hat{x}(k|k) = \sum_{j=1}^2 \hat{x}^j(k|k) * \mu_j(k|k) \quad (\text{X III})$$

$$\text{【0068】 } P(k|k) = \sum_{j=1}^2 \mu_j(k|k) * \{P^j(k|k) + [\hat{x}^j(k-1|k-1) - x_{kk} - x_{jk-1k-1} - x_{k-1k}]^T\} \quad (\text{X IV})$$

【0069】 本提案所使用的車輛運動模型包含橫向運動模型公式(X V)及縱向運動模型公式(X VI)，狀態變數則包括東( $x_t$ )、北( $y_t$ )位置、車輛航向角( $\varphi_t$ )、速度( $v_t$ )、偏航角速率( $\omega_t$ )，其中 $[w_{xt} w_{yt} w_{\varphi t} w_{vt} w_{\omega t}]$ 代表運動模型之各狀態變數預測值之誤差，可視為模型化簡所造成的誤差。此兩種模型的差異處在於縱向運動模型假設其車輛偏航角為常數[即  $\omega = 0$ ]，因此當車輛正順著道路方向直線行駛時，採用縱向運動模型可避免陀螺儀之動態誤差如：飄移誤差(drifting error)影響系統估測結果之精確度。

$$\text{【0070】 } \begin{bmatrix} x_{t+1} \\ y_{t+1} \\ \varphi_{t+1} \\ v_{t+1} \\ \omega_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ \varphi_t \\ v_t \\ \omega_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_t * \cos(\varphi_t) * \Delta t \\ v_t * \sin(\varphi_t) * \Delta t \\ \omega_t * \Delta t \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{xt} \\ w_{yt} \\ w_{\varphi t} \\ w_{vt} \\ w_{\omega t} \end{bmatrix} \quad (\text{X V})$$

$$\text{【0071】 } \begin{bmatrix} x_{t+1} \\ y_{t+1} \\ \varphi_{t+1} \\ v_{t+1} \\ \omega_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ \varphi_t \\ v_t \\ \omega_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_t * \cos(\varphi_t) * \Delta t \\ v_t * \sin(\varphi_t) * \Delta t \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{xt} \\ w_{yt} \\ w_{\varphi t} \\ w_{vt} \\ w_{\omega t} \end{bmatrix} \quad (\text{X VI})$$

【0072】 如第10圖所示，圖式中揭示出，為本發明中地圖對照演算法的流程示意，本提案所應用的地圖對照演算法是透過比較車輛的位置與路段的相對距離，以及比較車輛的航向角與路段的方位角，判斷出車輛目前所在的路段，並根據車輛的動態行為判斷車輛所屬的車道位置。該地圖對照演算法主要由三部分所組成：初始階段(S21)[Initialization Phase]、次序列階

段(S22) [Subsequent Phase] 和重新搜索階段(S23) [Re-map Matching Phase]。

【0073】 在初始階段(S21)，地圖對照演算法根據定位資訊從地圖資料庫中做完整的搜尋[full search]，判斷出正確的路段，當初始階段(S21)通過地圖匹配一致性檢查則進入次序列階段(S22)，此時將使用歷史軌跡的資料，縮小資料庫的搜索範圍使得地圖對照演算法更有效率。

【0074】 此外，藉由比較全球導航衛星系統(21)及/或慣性導航感測器(22)航向角估測值、電子羅盤(5)航向角估測值和道路方位角彼此間的一致性，可即時地偵測地圖對照演算法結果之正確性，並可透過重新搜索階段(S23)判斷出車輛目前所在的正確路段，可避免定位系統採用錯誤的地圖資訊。

【0075】 如第11、12圖所示，圖式中揭示出，結合車輛動態行為和電子地圖(1)資訊判斷初始的車輛所屬車道，由於定位系統演算法在初始化時若全球導航衛星系統(21)的起始定位精度不足，將難以依賴全球導航衛星系統(21)及慣性導航感測器(22)資料[位置、航向角、運動軌跡]判斷車輛初始之車道位置，導致車輛定位系統無法快速完成地圖對照演算法之初始化運算，並提供正確的車道定位[lane positioning]資訊與道路等級歸屬資料[attributive data]。

【0076】 由於一般車輛啟動時是由路邊的停車格、停車場出發，經由道路外側進入[外側]車道內，利用此一車輛運動常理及地圖資料，再根據車輛的運動狀態[直行、左/右移動]與航向角即可判斷車輛之初始車道位置。

【0077】 一般路邊的停車格設計可分為兩類：(1)停車格方向與道路

方向平行，如第11圖所示，(2)停車格方向與道路方向垂直，如第12圖所示，首先根據車輛初始的航向角及路段的角度可判斷屬於哪一類停車情況，再根據車輛移動後的動態行為及行駛方向，判斷車輛離開停車格進入道路後的所屬車道[一般車輛均會從最外側車道切入車道中心]，並整合電子地圖(1)之道路資訊，修正車輛橫向位置估測值。

【0078】 本發明中關於航向角的修正方式，為透過三個獨立的航向角資訊來源求取最佳估測值，分別為導航模組(2)整合全球導航衛星系統(21)及慣性導航感測器(22)所提供之航向角估測值  $\varphi_{\text{GNSS/INS}}$  (X VII)、路段的航向角  $\varphi_{\text{map}}$  (X VIII) 和電子羅盤航向角  $\varphi_{\text{compass}}$  (X IX)，其中  $v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_3$  分別為此三個航向角資料的估測誤差或量測雜訊， $\sigma$  為  $v_1$  和  $v_2$  之間的相關係數 [correlation coefficient]，在此假設估測誤差與量測雜訊的期望均值皆為0(即  $E[v_1]=E[v_2]=E[v_3]=0$ )，各別的共變異值 [covariance] 分別為  $E[v_1^2]=\sigma_1^2$ 、 $E[v_2^2]=\sigma_2^2$ 、 $E[v_3^2]=\sigma_3^2$ ，以及只有  $v_1$  和  $v_2$  是相關的 [correlated] (即  $E[v_1v_2]=\sigma\sigma_1\sigma_2$ 、 $E[v_1v_3]=0$ 、 $E[v_2v_3]=0$ )，則藉由這三個航向角資訊，可將最佳航向角估測值  $\hat{\varphi}_{\text{opt}}$  由一線性方程式表示之如公式(X X)，當  $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$  與真實的航向角  $\varphi_{\text{true}}$  互相獨立，且根據最小均方法求出其值公式(X X I) ~ 公式(X X III)。

$$\text{【0079】 } \varphi_{\text{GNSS/INS}} = \varphi_{\text{true}} + v_1 \quad (\text{X VII})$$

$$\text{【0080】 } \varphi_{\text{map}} = \varphi_{\text{true\_road}} + v_2 \quad (\text{X VIII})$$

$$\text{【0081】 } \varphi_{\text{compass}} = \varphi_{\text{true}} + v_3 \quad (\text{X IX})$$

$$\text{【0082】 } \hat{\varphi}_{\text{opt}} = k_1 * \varphi_{\text{GNSS/INS}} + k_2 * \varphi_{\text{map}} + k_3 * \varphi_{\text{compass}} \quad (\text{X X})$$

$$\text{【0083】 } k_1 = \frac{\sigma_2^2 * \sigma_3^2 - \sigma_3^2 * \sigma * \sigma_1 * \sigma_2}{\sigma_1^2 * \sigma_2^2 + \sigma_1^2 * \sigma_3^2 + \sigma_2^2 * \sigma_3^2 - 2 * \sigma_3^2 * \sigma * \sigma_1 * \sigma_2 - \sigma^2 * \sigma_1^2 * \sigma_2^2} \quad (\text{X X I})$$

$$\text{【0084】 } k_2 = \frac{\sigma_1^2 \sigma_3^2 - \sigma_3^2 \sigma_1 \sigma_2}{\sigma_1^2 \sigma_2^2 + \sigma_1^2 \sigma_3^2 + \sigma_2^2 \sigma_3^2 - 2 \sigma_3^2 \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_2^2 \sigma_1^2 \sigma_2^2} \quad (\text{XXII})$$

$$\text{【0085】 } k_3 = \frac{\sigma_1^2 \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2}{\sigma_1^2 \sigma_2^2 + \sigma_1^2 \sigma_3^2 + \sigma_2^2 \sigma_3^2 - 2 \sigma_3^2 \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_2^2 \sigma_1^2 \sigma_2^2} \quad (\text{XXIII})$$

【0086】 如第13圖所示，圖式中揭示出，利用電子地圖(1)資料修正車輛定位與導航系統橫向定位誤差的概念，本發明中關於定位精度提升的方式，為利用電子地圖的相關道路資訊[如:車道數目、車道寬資訊]，修正車輛橫向定位誤差，以達成車道等級[lane-level]之定位精度，如該圖所示車子正行駛在車道lane 1內，我們可利用車道寬當作拘束條件修正車輛橫向定位誤差， $x^{\text{true}}$  與  $x^{\text{導航系統}}$  分別表示車子的幾何中心點真實位置和導航系統估測出的位置， $x^{\text{導航系統}}$  乃是導航系統透過整合全球導航衛星系統(21)與慣性導航感測器(22)資訊所求得之車輛位置估測值， $e_2$ 和 $e_1$ 分別表示道路中心線與真實車輛位置和導航系統所估測之車輛位置之相對距離，在一般正常直線行駛情形下，車子的幾何中心位置會在車道內，並約略沿著車道中心線行駛，則該側向距離 $e_2$ 的期望值近似於路寬的一半即： $E[e_2] \approx e_2 = \frac{W}{2}$ ，故車輛幾何中心與道路中心線之橫向估測距離 $\hat{e}$ 可由一線性方程式所表示，如公式(XXIV)，

$$\text{【0087】 } \hat{e} = e_1 + g_{\text{lat}}(e_2 - e_1) \quad (\text{XXIV})$$

【0088】 其中 $g_{\text{lat}}$ 可視為修正橫向位置的增益(gain)，在不使用側向距離感測器之情形下， $g_{\text{lat}}$ 可為一個經驗方程式[empirical function]，並考慮地圖匹配狀態及估測之側向距離 $e_1$ 、全球導航衛星系統(21)訊號狀態等參數，以決定修正側向位置之增益大小。

【0089】 最後修正過的車輛幾何中心位置估測值( $E_{\text{corrected}}$ ， $N_{\text{corrected}}$ )可由公式(XXV)與公式(XXVI)表示：

$$\text{【0090】 } E_{\text{corrected}} = E_{\text{proj}} + \hat{e} \cos(\varphi_{\text{map}}) \quad (\text{X X V})$$

$$\text{【0091】 } N_{\text{corrected}} = N_{\text{proj}} - \hat{e} \sin(\varphi_{\text{map}}) \quad (\text{X X VI})$$

【0092】 其中 $E_{\text{proj}}$ 、 $N_{\text{proj}}$ 為未修正前導航系統所估測出的位置投影至道路中心線的位置， $E_{\text{correct}}$ 、 $N_{\text{correct}}$ 為修正後的位置， $\varphi_{\text{map}}$ 為該路段的航向角。

【0093】 以上依據圖式所示的實施例詳細說明本發明的構造、特徵及作用效果，由於符合新穎及進步性要件，遂爰依法提出發明專利申請；惟以上所述僅為本發明之較佳實施例，但本發明不以圖面所示限定實施範圍，因此舉凡與本發明意旨相符的修飾性變化，只要在均等範圍內都應涵屬於本發明專利範圍內。

### 【符號說明】

#### 【0094】

S11~S16	方法步驟
1	電子地圖
2	導航模組
21	全球導航衛星系統
211	全球導航衛星系統接收器
22	慣性導航感測器
3	卡爾曼濾波器
4	車身動態偵測模組
5	電子羅盤
L1	車道寬
L2	GNSS 的位置與其道路中心線上之投影點的距離
$\vec{v}_{\text{project}}$	投影向量

$\vec{v}_{road}$	同車輛行駛方向之路段向量
$\theta_{project}$	投影向量( $\vec{v}_{project}$ )與水平面上座標 y 軸的夾角
$\theta_{road}$	該路段向量( $\vec{v}_{road}$ ) 與 y 軸的夾角
$\theta_{GNSS/INS}$	t-1 時導航模組所估測出的車輛航向角
$\vec{V}_{GNSS}$	t-1 時 GNSS 定位結果與 t 時 GNSS 定位結果所計算之 位移向量
$\theta_{GNSS}$	位移向量( $\vec{V}_{GNSS}$ ) 與 y 軸的夾角
S21	初始階段
S22	次序列階段
S23	重新搜索階段
$x^{true}$	車子的幾何中心點真實位置
$x^{導航系統}$	導航系統估測出的位置
$x^{proj}$	未修正前導航系統所估測出的位置投影至道路中心線 的位置
$e_1$	道路中心線與導航系統所估測之車輛位置之相對距離
$e_2$	道路中心線與車道中心線的距離
$e'_2$	道路中心線與真實車輛位置之相對距離
W	車道寬

## 申請專利範圍

104年6月17日修(力)正本

1、一種基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識

方法，其特徵在於包含下列步驟：

步驟一(S11)：提供一包含有電子地圖(1)、導航模組(2)、卡爾曼濾波器(3)、車身動態偵測模組(4)、以及電子羅盤(5)的定位系統，該導航模組(2)包含有全球導航衛星系統(21)及慣性導航感測器(22)；

步驟二(S12)：由全球導航衛星系統(21)所提供之位置資料，獲得車輛初始之經緯座標與航向角；

步驟三(S13)：利用卡爾曼濾波器(3)，透過卡爾曼濾波技術整合全球導航衛星系統(21)之位置、航向角資料、及慣性導航感測器(22)所提供之車輛運動資料，利用全球導航衛星系統(21)與慣性導航感測器(22)，兩者資料誤差互補性的特點，獲得較準確且更新頻率更高的車輛位置、航向角與運動軌跡資訊；

步驟四(S14)：透過比較車輛當下的位置與電子地圖(1)上車輛周遭各路段之道路中心線相對距離，以及比較車輛當下的航向角與車輛周遭路段的方位角，進而匹配出車輛目前所在的路段，並持續比較新、舊的電子地圖(1)匹配紀錄及車輛運動軌跡資料，以判定電子地圖(1)匹配結果之可信度高低，直到確定電子地圖(1)匹配成功且可信度高，才進入下一階段利用電子地圖(1)之資料，以輔助修正位置與航向角估測結果；

步驟五(S15)：確定電子地圖(1)匹配成功且可信度高後，根據車身動態偵測模組(4)判定車輛是否處於非直線前進之狀態中，如否，則可利用電子地圖(1)、導航模組(2)、以及電子羅盤(5)三者提供之航向角資料，計算最



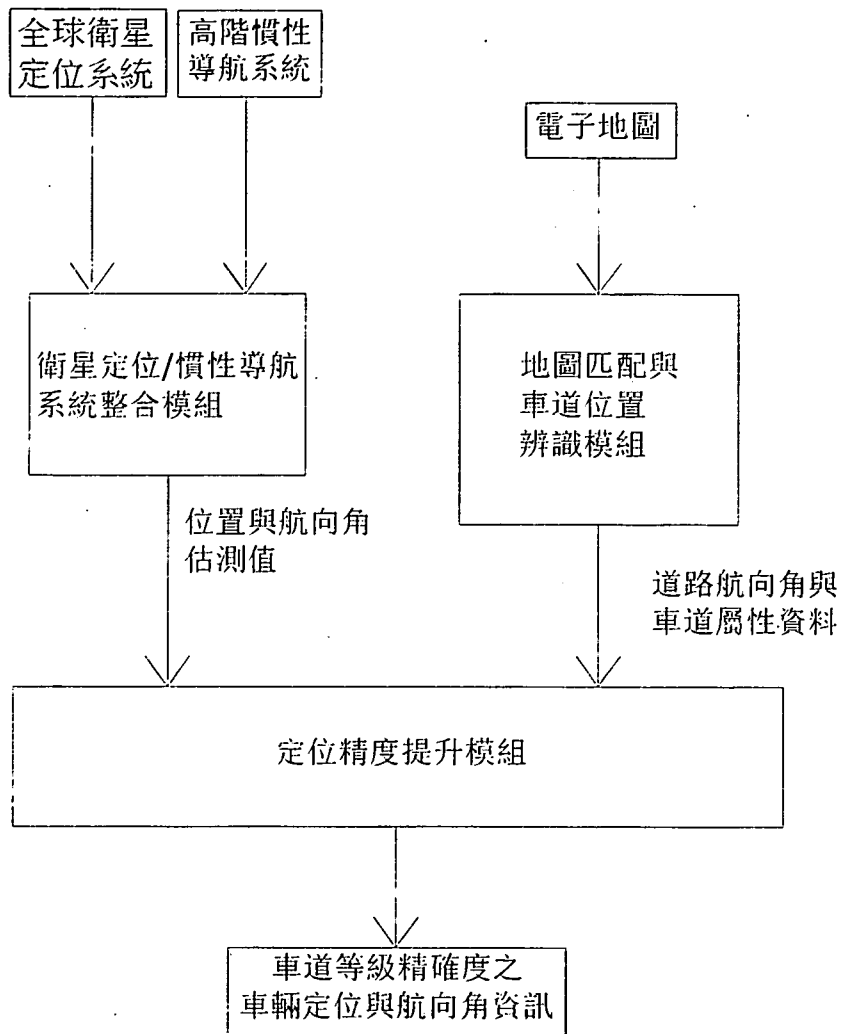
佳之車輛航向角，如果處於非直線前進之狀態中，則以導航模組(2)與電子羅盤(5)二者提供之航向角資料，計算最佳之車輛航向角；並以此最佳航向角取代先前導航模組(2)估測之航向角，作為卡爾曼濾波器(3)於下一個時間點之航向角初始值；

步驟六(S16)：根據當下電子地圖(1)匹配之精確程度，若車身動態偵測模組(4)判定車輛並非處於非直線前進之狀態中，則可利用電子地圖(1)提供之道路參數資料，以判斷車輛所屬的車道位置，修正導航模組(2)提供之車輛位置，並以此修正過後之車輛定位結果，取代原先導航模組(2)之位置估測結果，提供作為卡爾曼濾波器(3)於下一個時間點之位置初始值；藉由上述步驟，最終獲得精準之車輛位置座標、車輛航向角、所屬車道位置、車道航向角、車輛運動狀態。

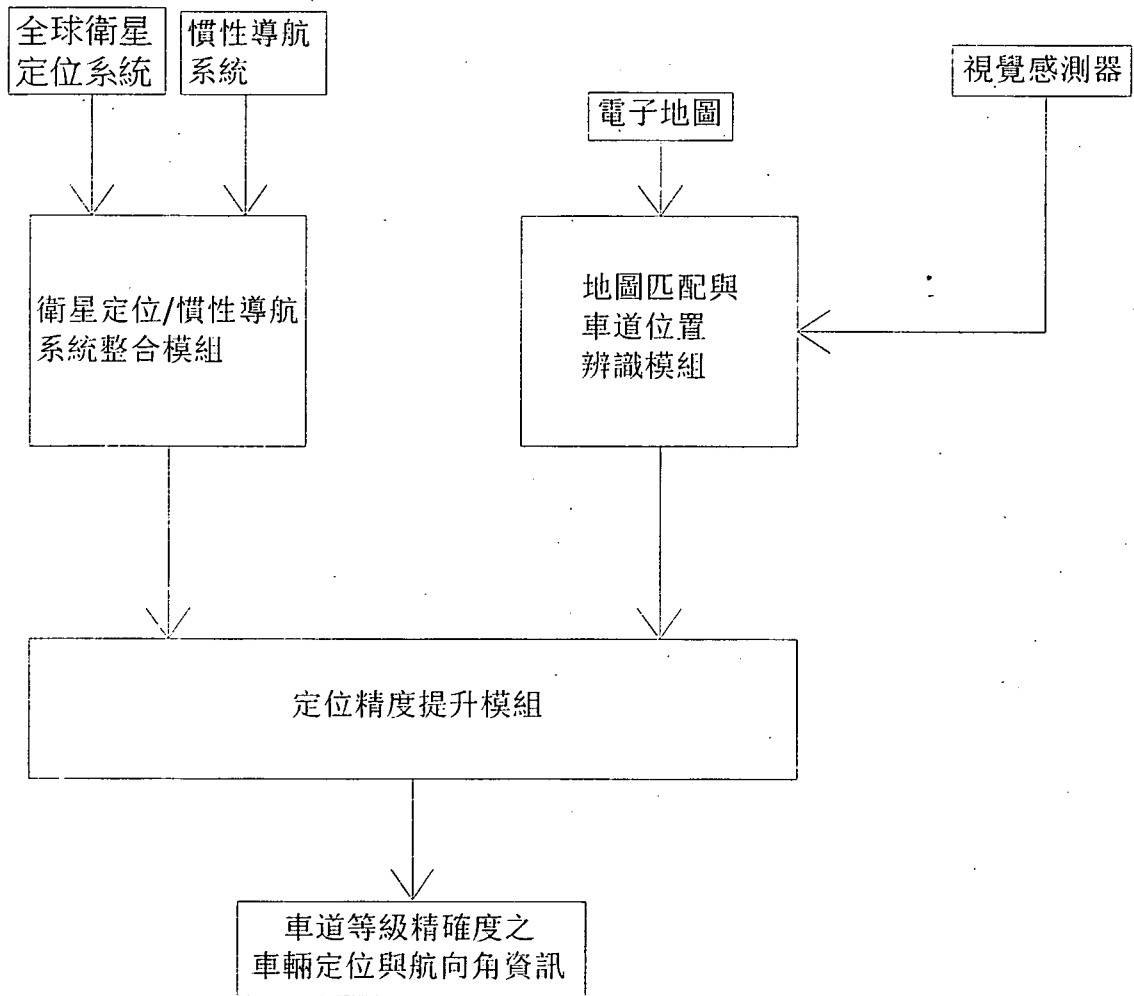
- 2、如請求項1所述之基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，其中：所述慣性導航感測器(22)，至少包含有下列之一或其組合：速度計、單軸陀螺儀、車身側向加速度計。
- 3、如請求項1所述之基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，其中：所述步驟四中，是為輔助修正導航模組(2)的位置與航向角估測結果。
- 4、如請求項1所述之基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，其中：所述非直線前進之狀態，包含下列之一狀態：轉向、變換車道、過彎、迴轉。
- 5、如請求項1所述之基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，其中：所述定位系統，更能配合下列之一裝置應用：先進車輛駕駛輔助系統、無線通訊為基礎之協同式車輛安全系統。

- 6、如請求項1所述之基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，其中：所述步驟六中，是為透過地圖對照演算法，自電子地圖(1)的資料庫，取得及/或推算目前車輛所在位置之道路參數資料，並修正車輛位置估測值之橫向誤差。
- 7、如請求項1所述之基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，其中：所述步驟五中，更能透過電子地圖(1)和電子羅盤(5)的配合，修正車輛航向角估測值。

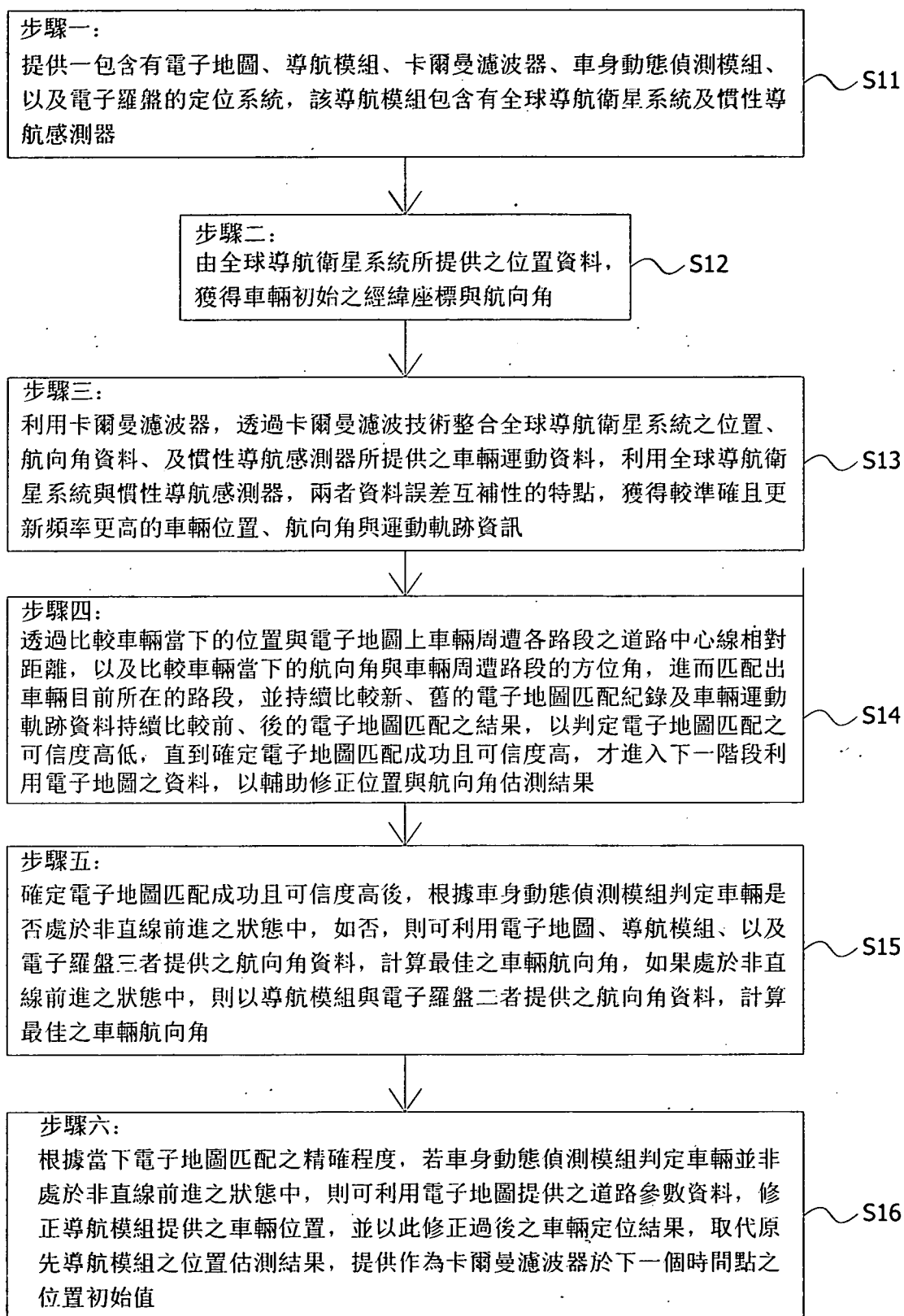
# 圖式



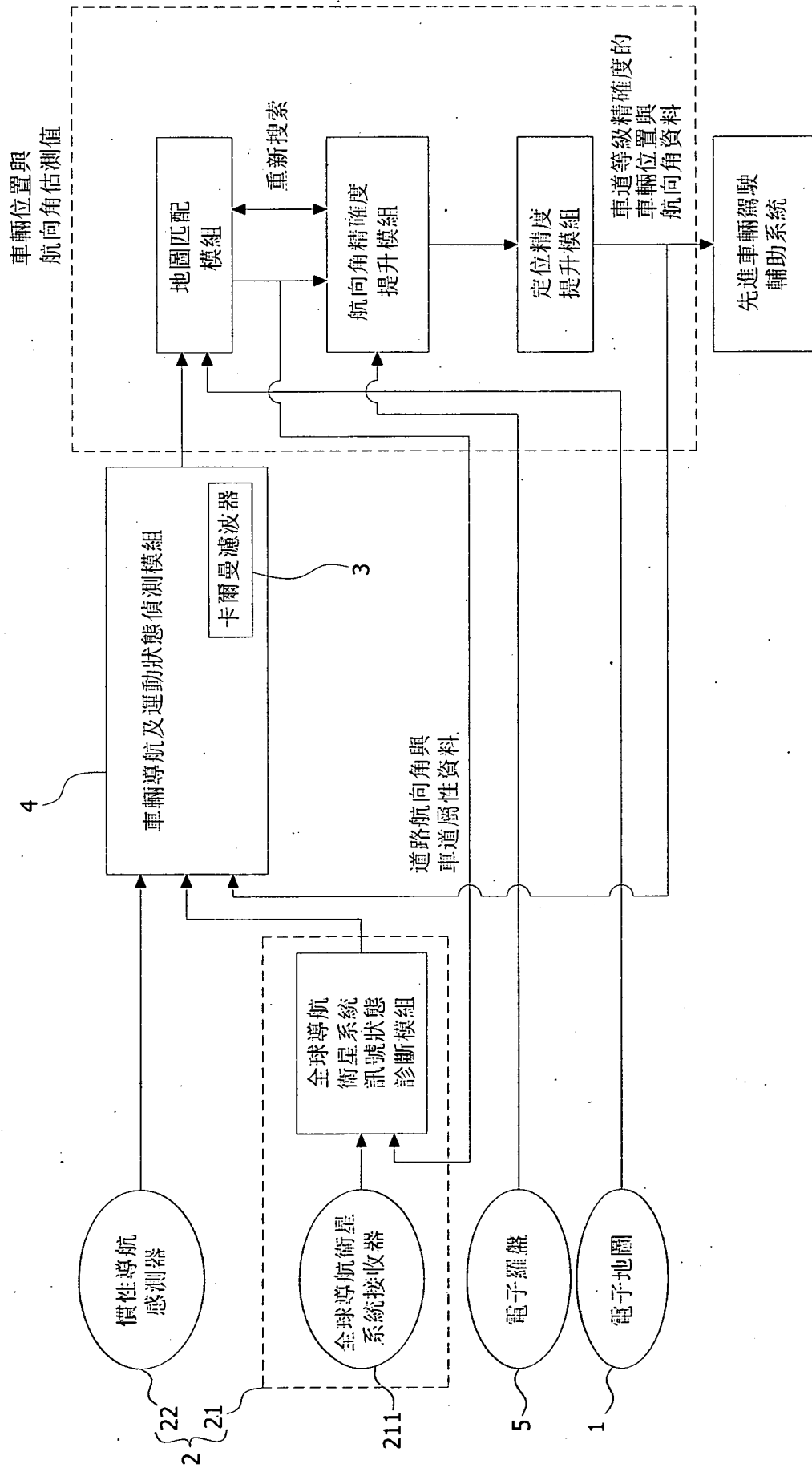
第 1 圖



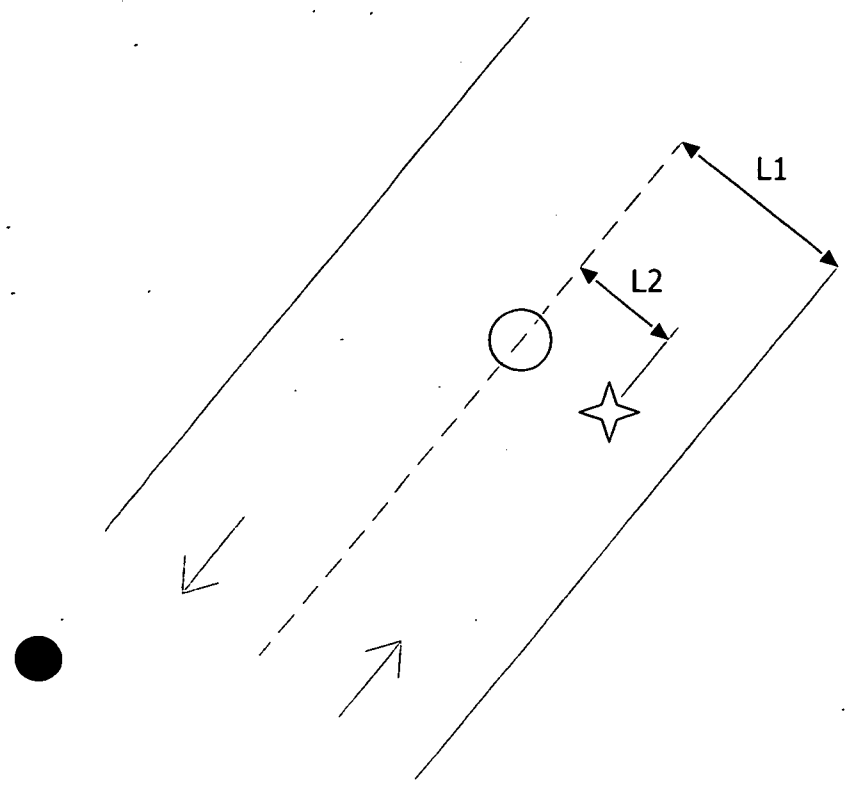
第 2 圖



第3圖

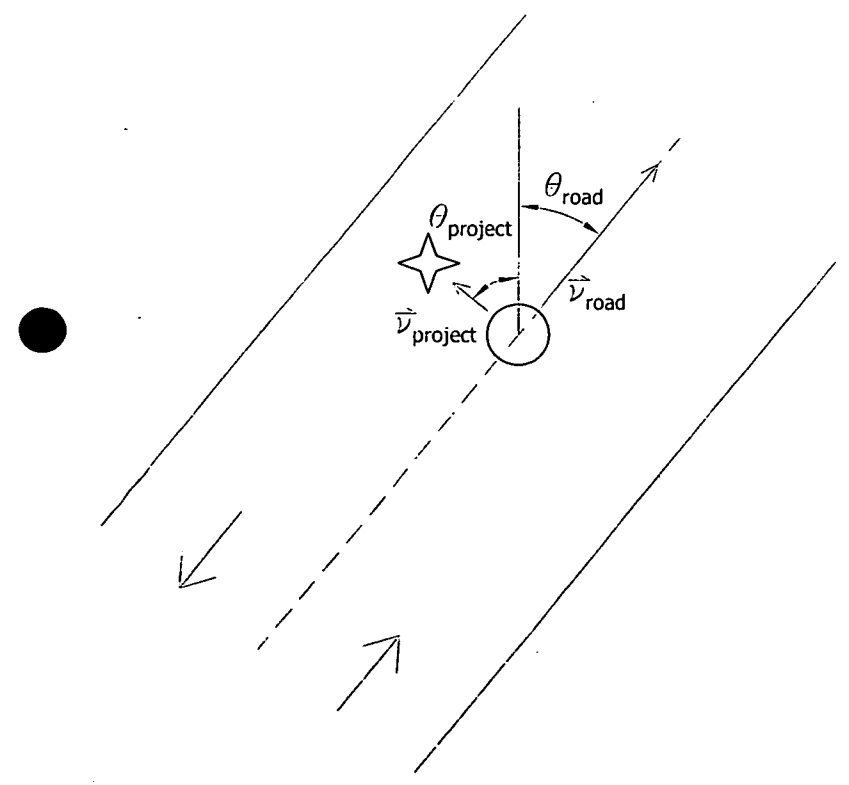


第4圖



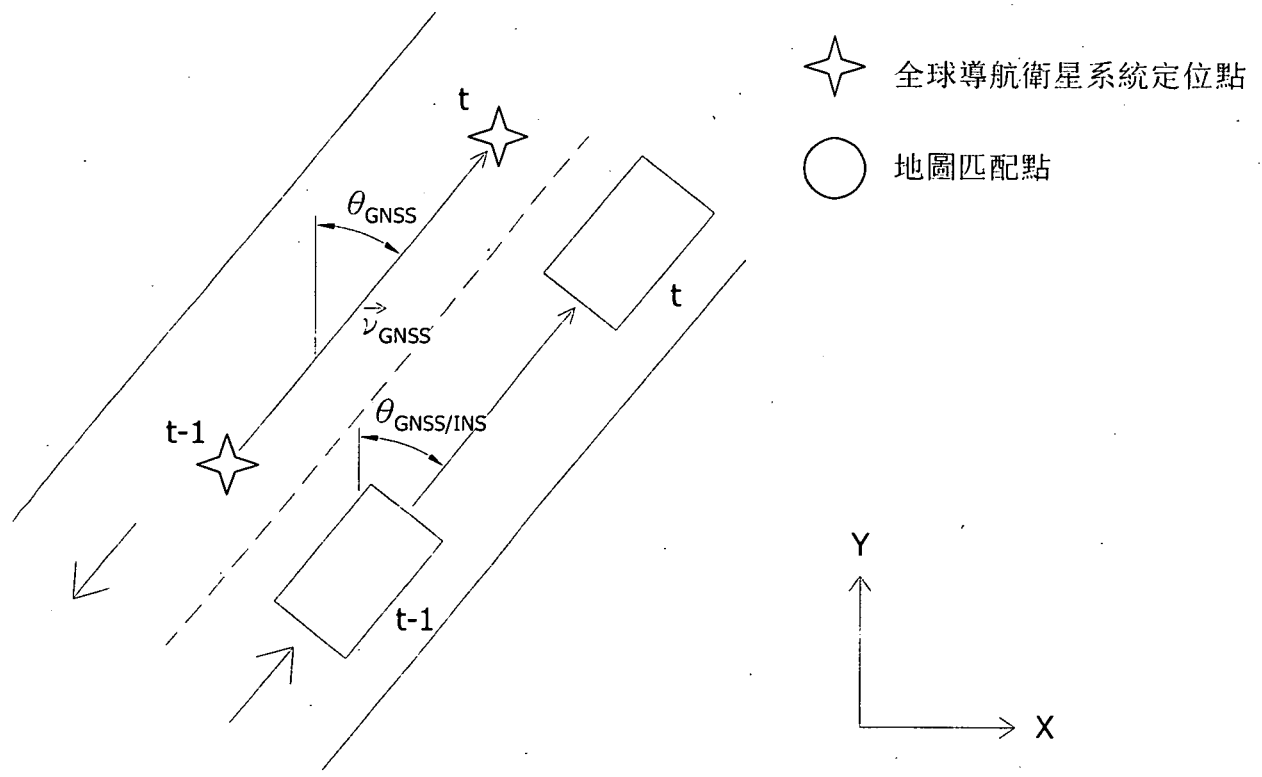
- ★ 全球導航衛星系統定位點
- 地圖匹配點

第 5 圖



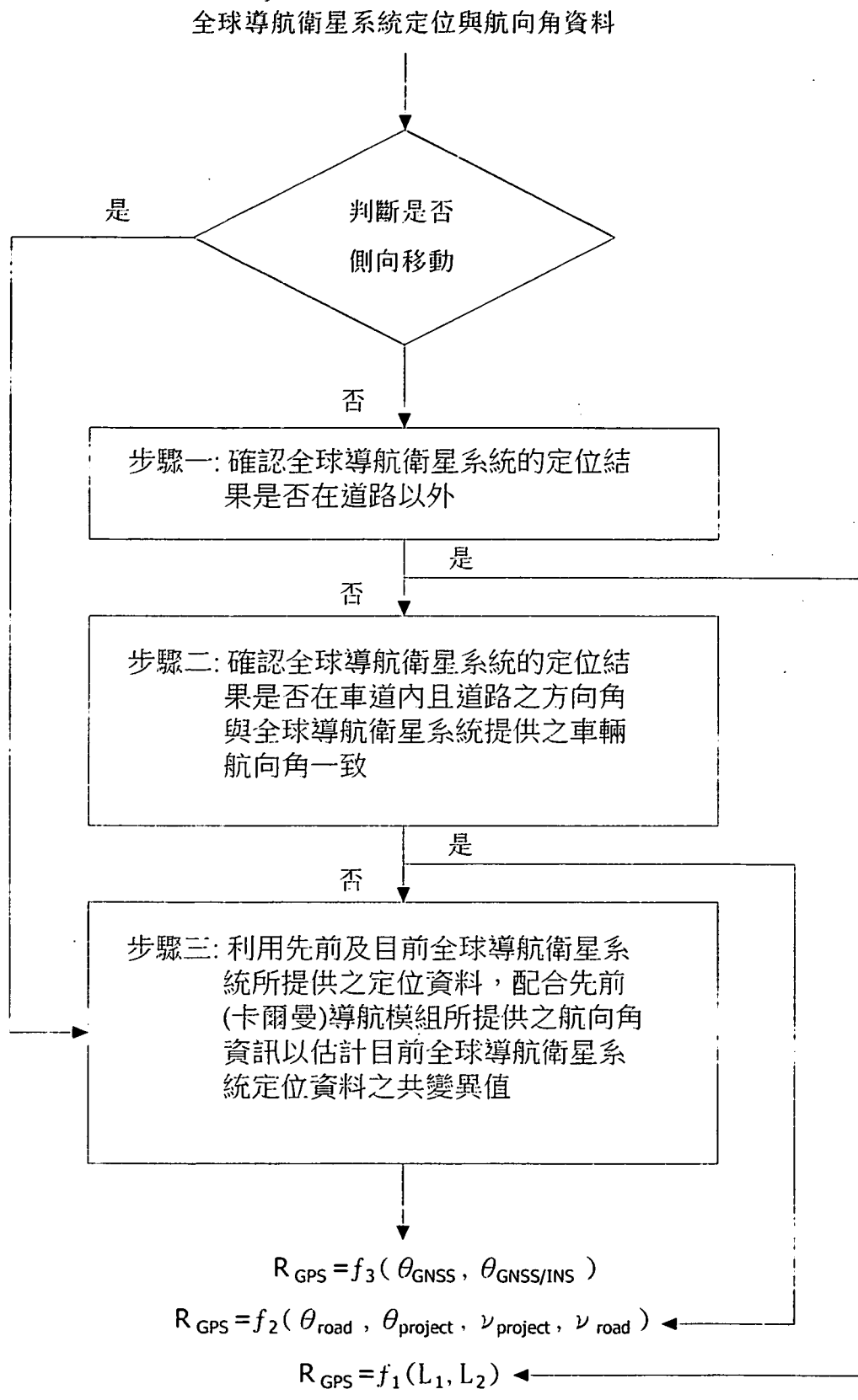
- ★ 全球導航衛星系統定位點
- 地圖匹配點

第 6 圖

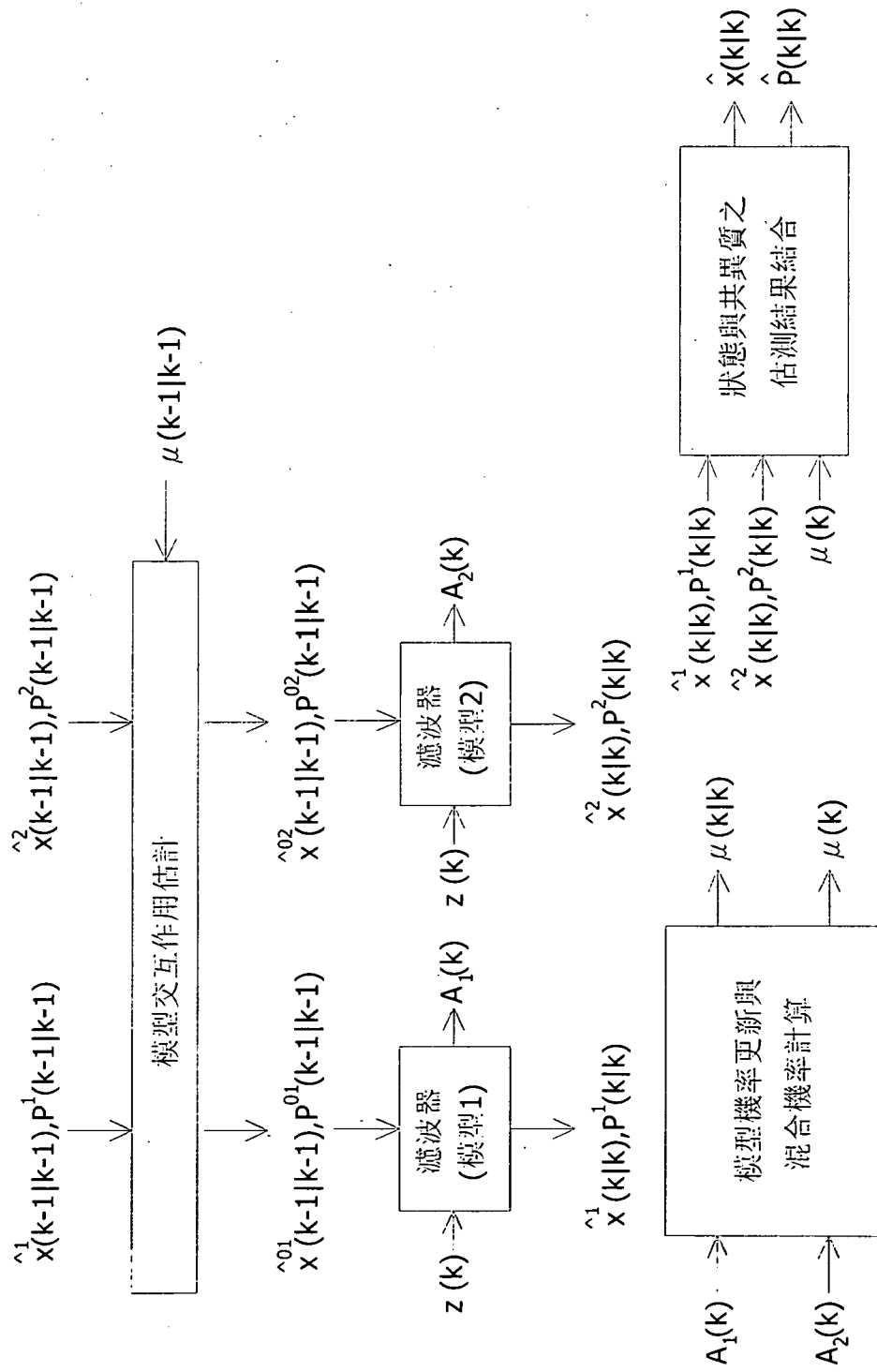


第 7 圖

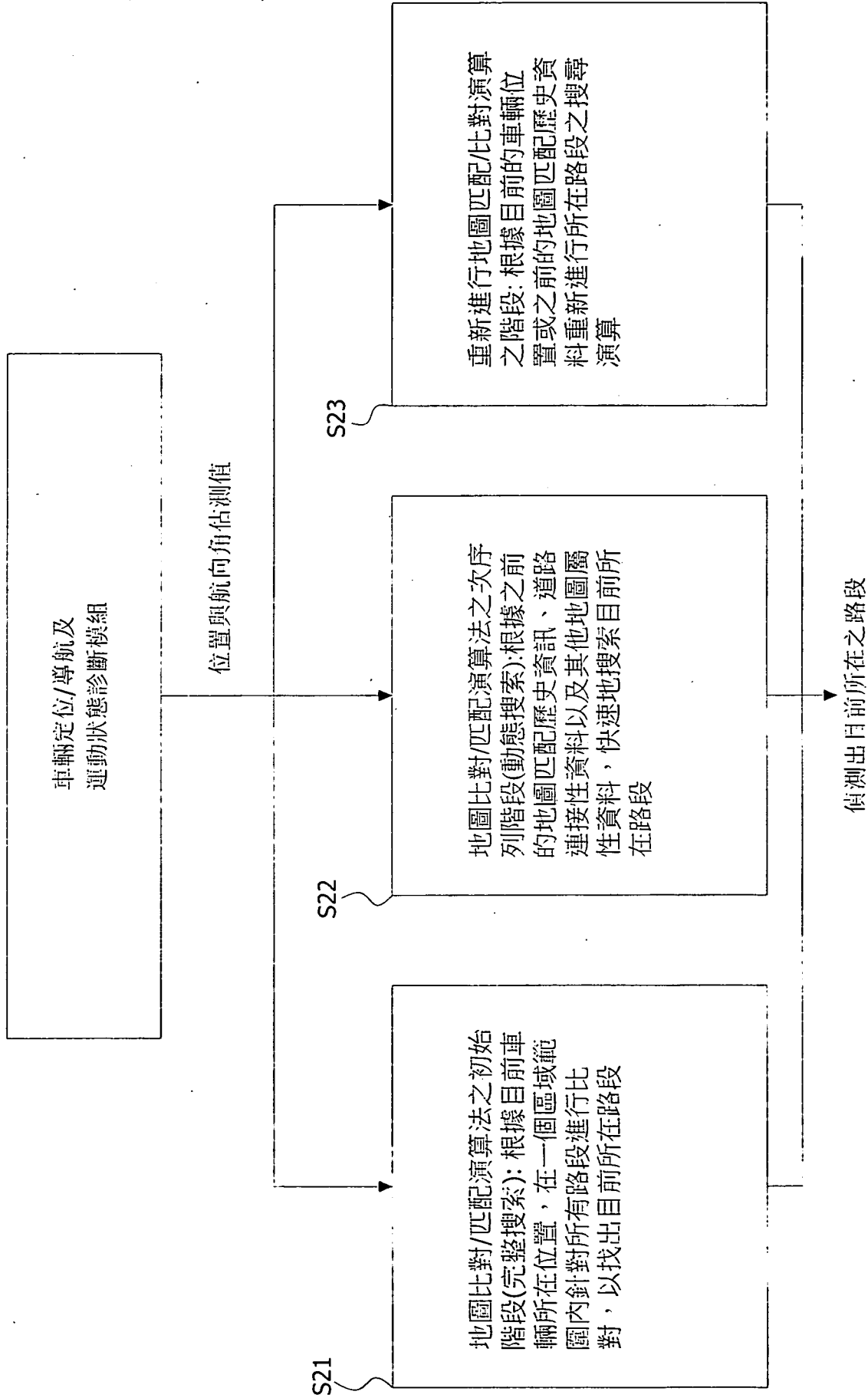




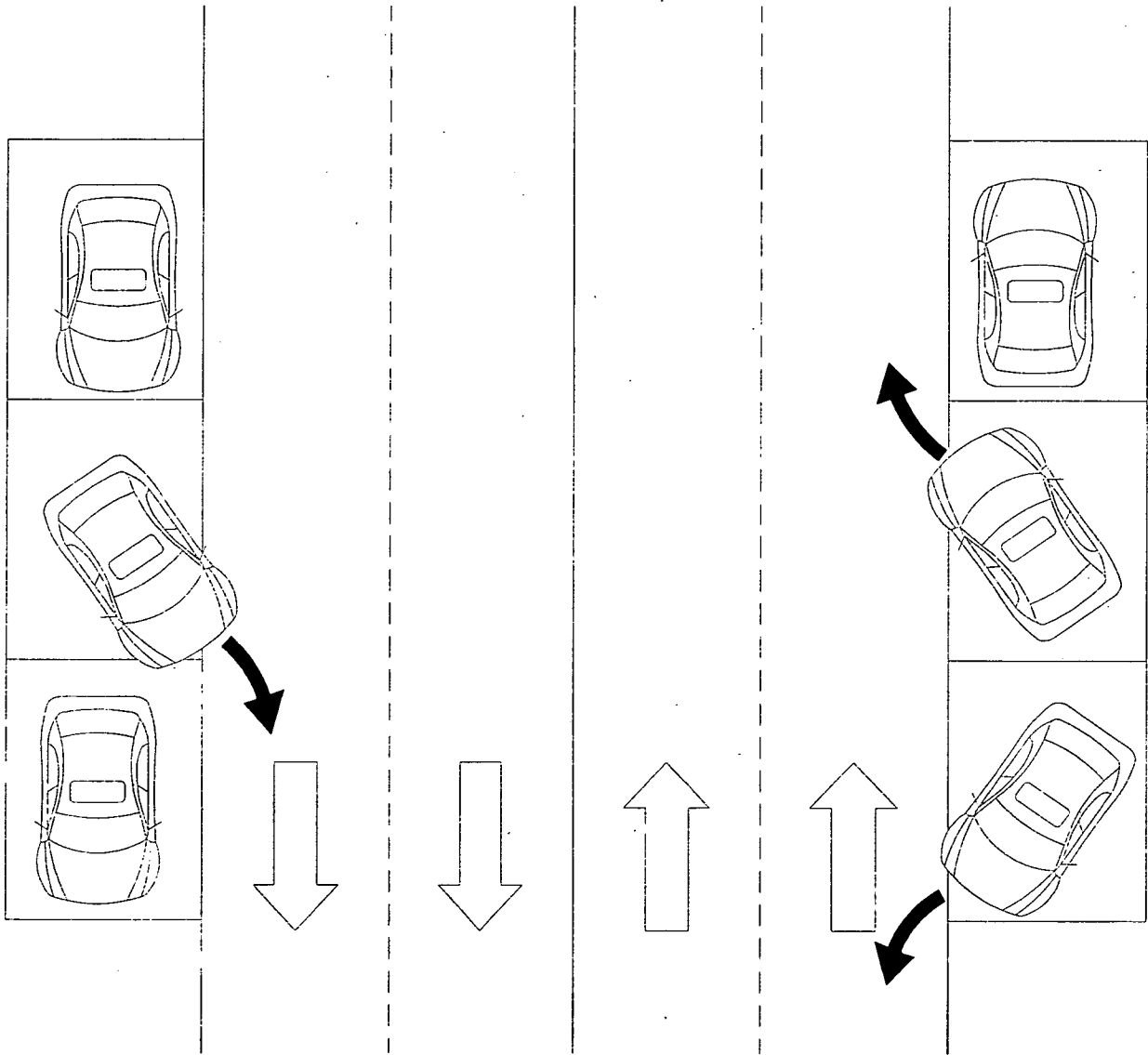
第 8 圖



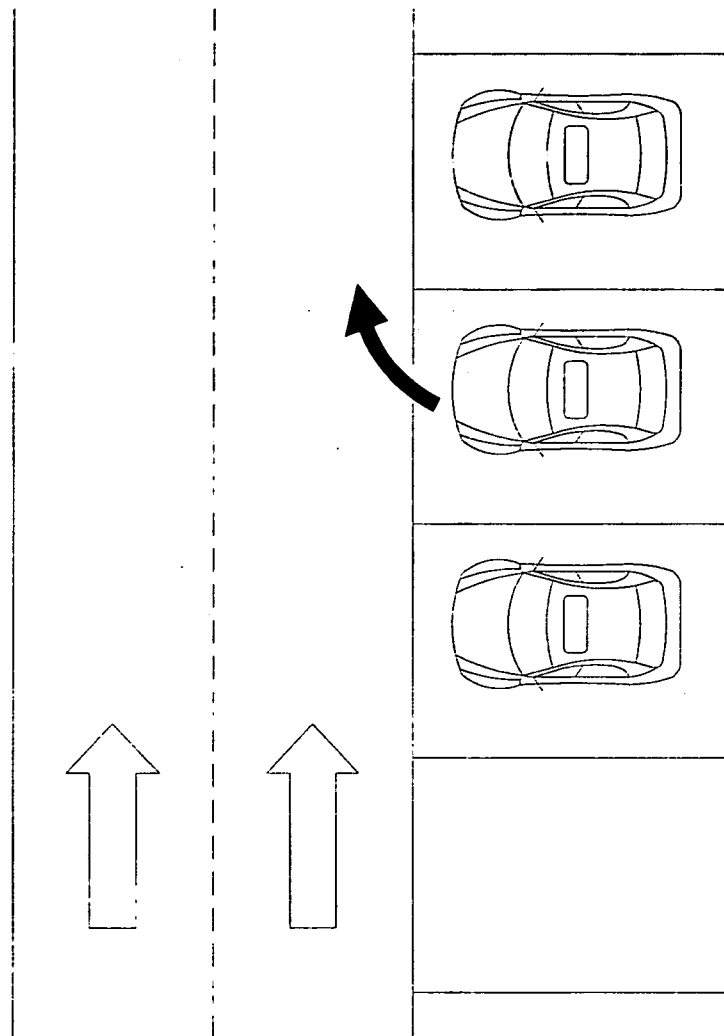
第9圖



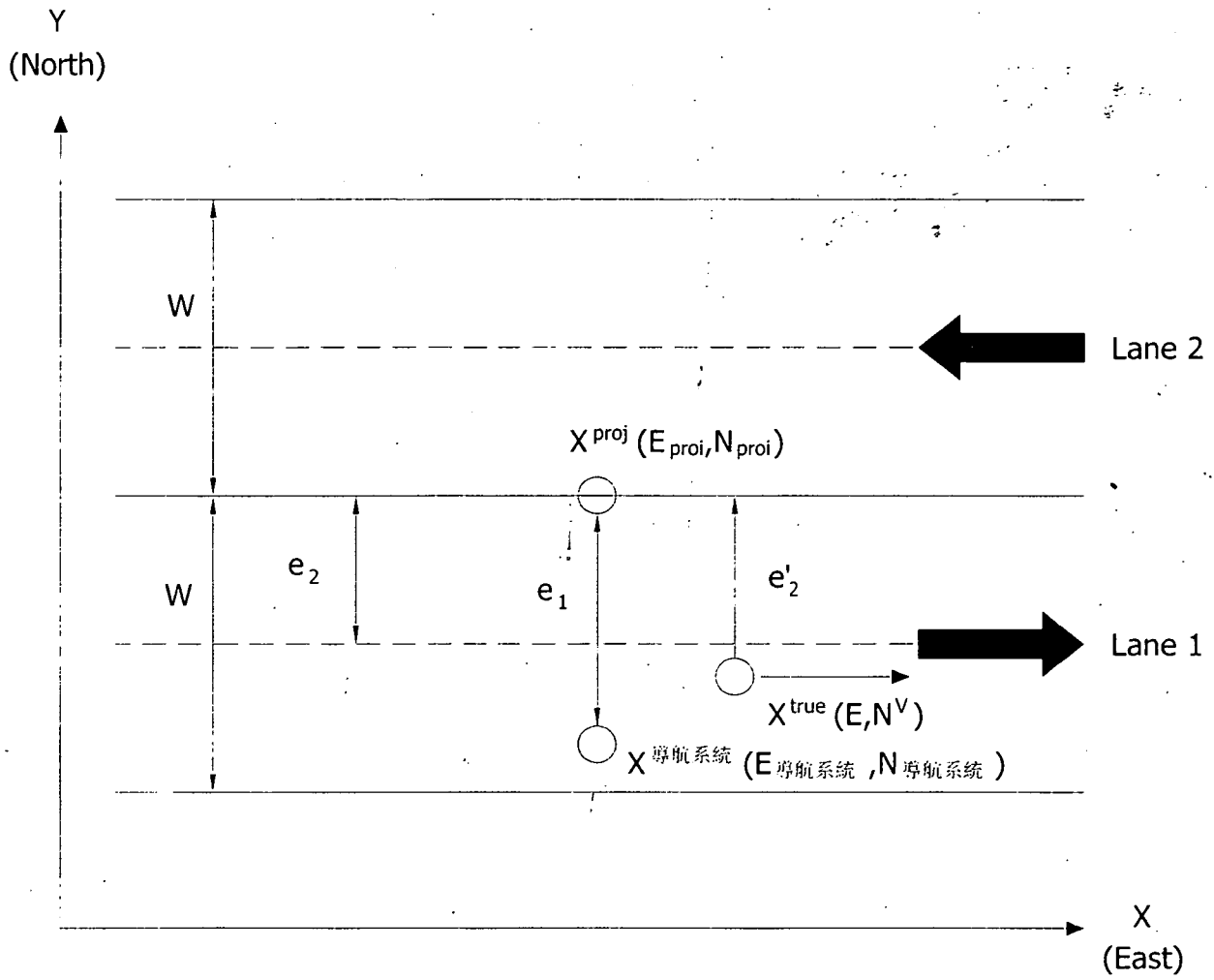
第 10 圖



第 11 圖



第 12 圖



第 13 圖