



(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 I448715 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 08 月 11 日

(21) 申請案號：101127474

(22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 07 月 30 日

(51) Int. Cl. : G01S13/10 (2006.01)

G01P3/42 (2006.01)

G06F17/10 (2006.01)

(71) 申請人：國立交通大學 (中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72) 發明人：黃崇榮 HUANG, CHUNG JUNG (TW)；戴家威 DAI, CHIA WEI (TW)；蔡宗育

TSAI, TSUNG YU (TW)；李大嵩 LEE, TA SUNG (TW)

(74) 代理人：詹銘文；葉璟宗

(56) 參考文獻：

CN 1392957A

US 5274380

US 7760133B2

JunHyeok. C, "High Angular Resolution Estimation methods For Vehicle FMCW Radar", IEEE, 2011。

審查人員：沈芳怡

申請專利範圍項數：34 項 圖式數：6 共 0 頁

(54) 名稱

移動參數估計方法、角度估計方法及判斷方法

MOTION PARAMETER ESTIMATING METHOD, ANGLE ESTIMATING METHOD AND DETERMINATION METHOD

(57) 摘要

一種移動參數估計方法、角度估計方法及判斷方法，適於電子裝置。所述角度估計方法包括下列步驟。首先，發送第一調頻連續波信號，並由至少一天線接收目標物反射第一調頻連續波信號而形成的第二調頻連續波信號。接著，依據第一調頻連續波信號以及第二調頻連續波信號獲得關聯於目標物的多個移動參數。之後，依據所述多個移動參數以及各天線的組態參數而獲得對應於各天線的多個量測值。繼之，將所述多個量測值代入數學式，以獲得電子裝置的預設方向與目標物之間的估計角度。

A motion parameter estimating method, an angle estimating method and a determination method are provided. The methods are adapted to an electronic device. The angle estimating method includes following steps: sending a first frequency modulation continuous wave (FMCW) signal; receiving a second FMCW signal by at least one antenna, wherein the second FMCW signal is the first FMCW signal reflected by a target; obtaining a plurality of motion parameters related to the target according to the first and second FMCW signals; obtaining a plurality of measurement values corresponding to the at least one antenna according to the plurality of motion parameters and configurations of the at least one antenna; substituting the plurality of measurement values into an equation to obtain an estimated angle, which is between a predetermined direction of the electronic device and the target.

S410~S450 . . . 步驟

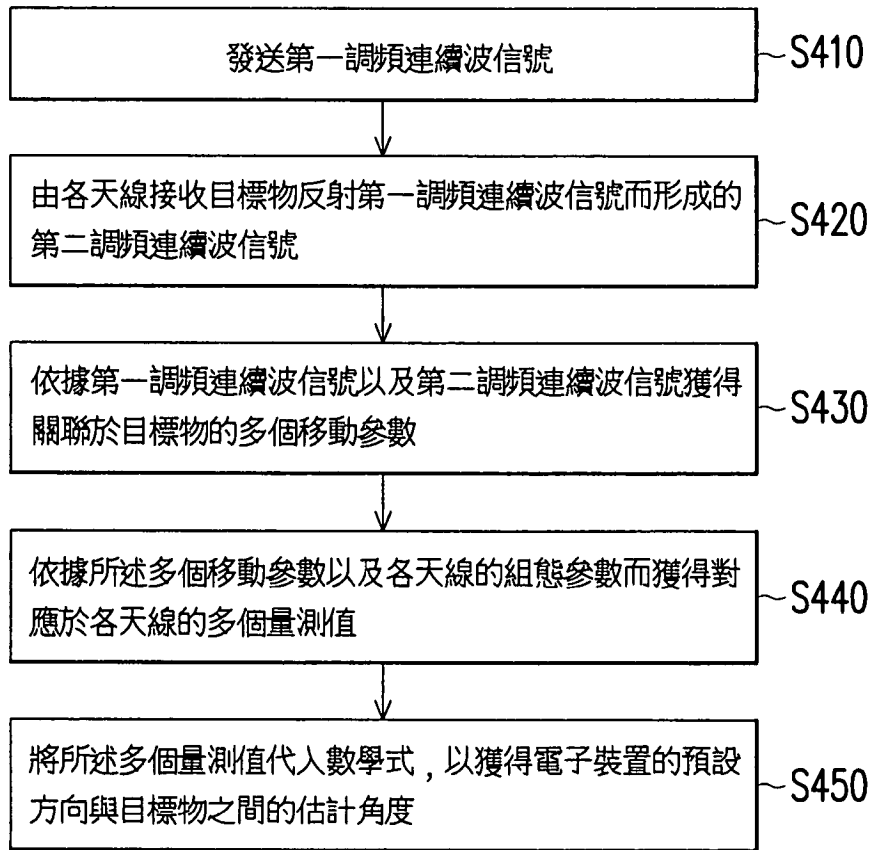


圖 4

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：101127474

※申請日：101.7.30

※IPC 分類：

G01S 13/10 (2006.01)

G01P 3/42 (2006.01)

G06F 19/00 (2006.01)

一、發明名稱：

移動參數估計方法、角度估計方法及判斷方法
MOTION PARAMETER ESTIMATING METHOD, ANGLE
ESTIMATING METHOD AND DETERMINATION
METHOD

二、中文發明摘要：

一種移動參數估計方法、角度估計方法及判斷方法，適於電子裝置。所述角度估計方法包括下列步驟。首先，發送第一調頻連續波信號，並由至少一天線接收目標物反射第一調頻連續波信號而形成的第二調頻連續波信號。接著，依據第一調頻連續波信號以及第二調頻連續波信號獲得關聯於目標物的多個移動參數。之後，依據所述多個移動參數以及各天線的組態參數而獲得對應於各天線的多個量測值。繼之，將所述多個量測值代入數學式，以獲得電子裝置的預設方向與目標物之間的估計角度。

三、英文發明摘要：

A motion parameter estimating method, an angle estimating method and a determination method are provided.

The methods are adapted to an electronic device. The angle estimating method includes following steps: sending a first frequency modulation continuous wave (FMCW) signal; receiving a second FMCW signal by at least one antenna, wherein the second FMCW signal is the first FMCW signal reflected by a target; obtaining a plurality of motion parameters related to the target according to the first and second FMCW signals; obtaining a plurality of measurement values corresponding to the at least one antenna according to the plurality of motion parameters and configurations of the at least one antenna; substituting the plurality of measurement values into an equation to obtain an estimated angle, which is between a predetermined direction of the electronic device and the target.

四、指定代表圖：

- (一)本案之指定代表圖：圖 4。
- (二)本代表圖之元件符號簡單說明：

S410~S450：步驟

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

The methods are adapted to an electronic device. The angle estimating method includes following steps: sending a first frequency modulation continuous wave (FMCW) signal; receiving a second FMCW signal by at least one antenna, wherein the second FMCW signal is the first FMCW signal reflected by a target; obtaining a plurality of motion parameters related to the target according to the first and second FMCW signals; obtaining a plurality of measurement values corresponding to the at least one antenna according to the plurality of motion parameters and configurations of the at least one antenna; substituting the plurality of measurement values into an equation to obtain an estimated angle, which is between a predetermined direction of the electronic device and the target.

四、指定代表圖：

- (一)本案之指定代表圖：圖 4。
- (二)本代表圖之元件符號簡單說明：

S410~S450：步驟

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種參數估計方法，且特別是有關於一種用於估計目標物的移動參數及角度的估計方法。

【先前技術】

隨著人口急速增長以及世界經濟的逐漸復甦，個人可支配所得與消費力逐年上升，使得全球汽車銷售量也隨之不斷攀升。根據統計，在 2010 年中，大部分國家的汽車銷量都呈現正向成長，其中又以中國大陸的汽車銷售量為最高，擁有 1806 萬輛的銷量，隨後則是美國和日本，各自有約 1200 萬輛及 500 萬輛的銷售量。

隨著汽車銷售量不斷成長，車用電子產業亦蓬勃發展，其中包含了車用安全系統、車身系統、駕駛資訊系統、懸吊底盤系統、引擎傳動系統、保全系統等六大方面，其中又以車用安全系統的年複合成長率為最高。

隨著汽車數量日益增長，發生道路事故的機率也逐年增加，歐洲研究顯示，駕駛員只要在發生碰撞的 0.5 秒前得到預警，即可以避免至少 60% 的追尾撞車事故、30% 的迎面撞車事故和 50% 的路面相關事故，而若有 1 秒鐘的預警時間，則可避免 90% 的事故。因此，車用安全系統的重要性可見一斑。

在車用安全系統中，根據功能及種類不同，主要可分為主動式及被動式兩種類型。在 2000 年以前，市場上幾乎

是以被動式安全系統為主，例如安全帶、各類安全氣囊等，直到 2000 年以後，隨著半導體科技進展及高頻電子電路技術的進步，主動式安全系統才開始快速發展。同時，人們對安全的要求也不斷提升，從原本被動地降低意外傷害，轉變為主動地避免意外發生。而在道路行駛的實際狀況中，主動式安全系統能在危險發生前發揮預警功能，提醒駕駛甚至主動操縱車輛閃避危險，達到保護生命安全的目的，將比被動系統扮演更重要的角色。

因此，現今主動式安全系統獲得極大發展，主導整體車用安全系統的市場，舉例而言，適應性巡航控制(Adaptive Cruise Control, ACC)、智慧型停走系統(Stop & Go)、車道偏離警示系統(Lane Departure Warning System)、環境辨識(Environment Recognition)、智慧型防撞系統(Collision Avoidance)、先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Aid System, ADAS)等皆在其範疇內。而各國對於主動安全系統主要發展三大方向為：1. 基本防撞警示技術-適應性巡航控制、防止車輛後方追撞、偵測車輛前方行人與障礙物。2. 進階防撞警示技術-避免不當切換車道、十字路口所發生的碰撞事故，以及車輛診斷。3. 基本駕駛人資訊設備-路線指引、即時交通、駕駛人資訊與行車導航。

目前歐洲的政府研究計畫著重在駕駛者監視系統、路況偵測系統以及智慧化方向控制等功能開發。美國政府與通用汽車合作，開發並測試後視汽車防撞系統。日本現正大量進行智慧化公路(Smartway)實際驗證，採用前視雷達

103年6月6日修正頁(本)
劃線

及車道偏離警示器等子系統，完成巡航、防撞、循軌前進等先進汽車功能，這些功能預計在西元 2015 年在日本大量實施。此外，韓國亦已規劃在 2020 年完成汽車及公路之自動化。

主動安全系統中的適應性巡航控制(ACC)，主要往車輛定速駕駛功能的趨勢發展，其應用範圍可分為高速域、低速域及全速域之巡航控制。其中，適應性巡航控制的原理為利用裝設於車輛前方的雷達系統，在車輛進行定速駕駛時，同時偵測車輛前方的交通狀況，以維持安全距離。當其他車輛進入車道使得安全距離不足時，車輛便自動減速駕駛，而當車輛前方有足夠安全距離時便自動加速，回復至駕駛者設定的速度。目前為止，例如 NISSAN、BMW、Mercedes Benz、Lexus、和 Infiniti 等的汽車製造廠商，都已在高階車款配備適應性巡航控制系統。而 Stop & Go 系統功能為適應性巡航控制的進階版，其改良處在於可視需求將車輛減速至停止，而非在特定速度下關閉系統功能。此外，Stop & Go 系統亦可在前方車輛再度移動時，自動加速至預設速度且保持車距，且預設速度可隨交通狀況不同而自動調整，適用於壅塞的市區道路。

由上述可知在適應性巡航控制及 Stop & Go 系統中，最前端的防撞雷達是非常關鍵的一部分，一旦雷達判斷失誤而提供不正確的訊息，將導致整個系統對應產生錯誤的控制方式。

然而，在一般適應性巡航控制的信號處理技術中，常

需較大的運算量以及較長的觀察時間才能達到一定的偵測精確度，使得適應性巡航控制的實際應用仍有其不理想之處。

【發明內容】

有鑑於此，本發明提供一種移動參數估計方法、角度估計方法以及判斷方法。在移動參數估計方法中，透過所提之修正數學式，可使估計的移動參數更符合目標物的移動情形。在角度估計方法中，透過所推導的封閉形式解，可使估計角度的操作具有低運算量及高精確度的特性。在判斷方法中，透過簡單的操作，可判斷所估計的估計角度是否可靠。

本發明提供一種移動參數估計方法，適於電子裝置，電子裝置包括至少一天線，所述方法包括下列步驟。首先發送第一調頻連續波(Frequency Modulation Continuous Wave, FMCW)信號，並由各所述天線接收目標物反射第一調頻連續波信號而形成的第二調頻連續波信號。接著，依據各所述天線接收的第二調頻連續波信號，個別獲得第一數學式及一第二數學式。之後，依據第一數學式以及第二數學式估計關聯於目標物的多個移動參數。其中，第一數學式為

$$f_{IF_up} = \frac{2 \cdot B \cdot R}{c \cdot T_{ramp}} - \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c},$$

，第二數學式為

$$f_{IF_dn} = \frac{2 \cdot B \cdot (R + v \cdot T_{ramp})}{c \cdot T_{ramp}} + \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c}$$

，其中， B 為第一調頻連續波信號的頻寬， R 為電子裝置與目標物的相對距離， f_c 為第一調頻連續波信號的載波頻率， v 為電子裝置與目標物的相對速度， T_{ramp} 為關聯於所述多個量測值的量測時間， c 為光速。

本發明提供一種角度估計方法，適於電子裝置，電子裝置包括至少一天線，所述方法包括下列步驟。首先，發送第一調頻連續波信號，並由各所述天線接收目標物反射第一調頻連續波信號而形成的第二調頻連續波信號。接著，依據第一調頻連續波信號以及第二調頻連續波信號獲得關聯於目標物的多個移動參數，以及依據所述多個移動參數以及各所述天線的組態參數而獲得對應於各所述天線的多個量測值。之後，將所述多個量測值代入數學式，以獲得電子裝置的預設方向與目標物之間的估計角度。其中，數學式為：

$$\hat{\phi} = -\sin^{-1} \left[\frac{\lambda}{2\pi d} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (j-i) \cdot ARG(r_i^* \cdot r_j)}{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-i} j^2} \right]$$

，其中， $\hat{\phi}$ 為估計角度， N 為至少一天線的數量， d 為至少一天線的間距， λ 為第一調頻連續波信號的波長， r_i 為所述多個量測值中的第 i 個量測值， r_j 為所述多個量測值

中的第 j 個量測值， $ARG(r_i^* \cdot r_j)$ 為 r_i 及 r_j 進行共軛轉置運算 (Hermitian operation) 之後的主幅角。

在本發明之一實施例中，上述第二數學式為

$$f_{IF_dn} = \frac{2 \cdot B \cdot (R + v \cdot T_{ramp})}{c \cdot T_{ramp}} + \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c}$$

。

在本發明之一實施例中，上述第二數學式為

$$f_{IF_dn} = \frac{2 \cdot B \cdot R}{c \cdot T_{ramp}} + \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c}$$

。

本發明提供一種判斷方法，適於電子裝置，電子裝置包括至少一天線，所述方法包括下列步驟。首先，發送第一調頻連續波信號，並由各所述天線接收目標物反射第一調頻連續波信號而形成的第二調頻連續波信號。接著，依據第一調頻連續波信號以及第二調頻連續波信號獲得關聯於目標物的多個移動參數，並依據所述多個移動參數以及各所述天線的組態參數而獲得對應於各所述天線的多個量測值。之後，依據所述多個量測值獲得電子裝置的預設方向與目標物之間的估計角度，並分別設計第一濾波器及第二濾波器，其中第一濾波器的零點位於電子裝置的視場角的範圍之外而，第二濾波器的零點位於估計角度。繼之，分別計算所述多個量測值對應於第一濾波器以及第二濾波器的第一運算值及第二運算值，並依據第一運算值與第二運算值的比例值判斷估

計角度的可靠度。

在本發明之一實施例中，在將所述多個量測值代入數學式，以獲得電子裝置的預設方向與目標物之間的估計角度的步驟之後，更包括將估計角度代入第三數學式，以獲得在電子裝置的視場角的範圍中未出現同位角效應的至少一角度。其中，第三數學式為：

$$\theta_p = \sin^{-1} \left[\sin(\hat{\phi}) + p \cdot \left(\frac{\lambda}{d} \right) \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-i} j^2 \right)^{-1} \right]$$

，其中，

$$p = \left\{ 0, \pm 1, \dots, \pm \prod_{i=1}^{N-1} \left(\left\lfloor \frac{\theta_{FOV}}{\sin^{-1} \left(\frac{\lambda}{2id} \right)} \right\rfloor + 1 \right) \right\}$$

， θ_{FOV} 為視場角。

在本發明之一實施例中，上述第一調頻連續波信號包括第一信號及第二信號，第二調頻連續波信號包括第三信號及第四信號，且其中依據第一調頻連續波信號以及第二調頻連續波信號獲得第一數學式及第二數學式的步驟包括依據第一信號及第三信號的相對關係獲得第一數學式。之後，依據第二信號及第四信號的相對關係獲得第二數學式。

在本發明之一實施例中，上述多個移動參數包括相對距離以及相對速度。

在本發明之一實施例中，上述頻寬可依據關聯於相對

距離的量測距離解析度決定。

在本發明之一實施例中，上述量測時間可依據關聯於相對速度的量測速度解析度決定。

在本發明之一實施例中，上述第一運算值為 $\|w_1^H r\|_2^2$ ，其中 w_1 為第一濾波器的係數， r 為所述多個量測值組成的向量， $(\cdot)^H$ 為共軛轉置運算子， $\|\cdot\|_2$ 為模數 2(2-norm)運算子。

在本發明之一實施例中，上述第二運算值為 $\|w_2^H r\|_2^2$ ，其中 w_2 為第二濾波器的係數， r 為所述多個量測值組成的向量， $(\cdot)^H$ 為共軛轉置運算子， $\|\cdot\|_2$ 為模數 2 運算子。

基於上述，本發明實施例提供一種移動參數估計方法、角度估計方法及判斷方法。在所述移動參數估計方法中，透過第一數學式及第二數學式，可求得較符合於目標物的實際移動情形的移動參數。在所述角度估計方法中，可依據所推導的封閉形式解來找出電子裝置與目標物之間的估計角度。此外，由於所述封閉形式解具有低運算量及高精確度的特性，使得本發明實施例之角度估計方法更適合應用在實際情形中。另一方面，在由角度估計方法得到估計角度之後，可透過所述判斷方法來判斷此估計角度是否可靠。

為讓本發明之上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

【實施方式】

現將詳細參考本發明之示範性實施例，在附圖中說明

所述示範性實施例之實例。另外，凡可能之處，在圖式及實施方式中使用相同標號的元件/構件代表相同或類似部分。

圖 1 是依據本發明之一實施例繪示的利用電子裝置對目標物進行移動參數估計的示意圖。在本實施例中，電子裝置 100 包括信號處理單元 110_1~110_N(N 為正整數)、天線 120_1~120_N 以及角度估計單元 130。其中，天線 120_1~120_N 個別透過信號處理單元 110_1~110_N 連接至角度估計單元 130。信號處理單元 110_1~110_N 可以是通訊信號處理晶片、處理器或電腦系統等硬體元件，或是具備通訊信號處理功能的軟體元件(例如能對通訊信號解調變的應用程式)，此外，信號處理單元 110_1~110_N 也可以是硬體及軟體元件的組合。天線 120_1~120_N 可用陣列方式配置於電子裝置 100 上，且天線 120_1~120_N 兩兩之間的間距例如是間距 d 。

電子裝置 100 可利用例如天線陣列及無線通訊信號處理技術來偵測目標物 140 的移動參數(例如目標物 140 與電子裝置 100 之間的相對速度以及相對距離等)。舉例而言，電子裝置 100 可透過傳送天線(未繪示)發送量測信號，而當此量測信號接觸例如目標物 140 的物體並產生反射之後，電子裝置 100 可利用天線 120_1~120_N 接收反射後的量測信號，並由信號處理單元 110_1~110_N 依據其個別對應的天線接收的信號特性來獲得關聯於目標物 140 的移動參數。

圖 2 是依據本發明之一實施例繪示的移動參數估計方法的流程圖。圖 3 是依據本發明之一實施例繪示的第一調頻連續波(Frequency Modulation Continuous Wave, FMCW)信號及第二調頻連續波信號之間相對關係的示意圖。請同時參照圖 1、圖 2 及圖 3，底下即搭配圖 1 之元件來說明將電子裝置 100 用於估計例如目標物 140 之移動參數的詳細步驟。在步驟 S210 中，電子裝置 100 利用例如傳送天線來發送第一 FMCW 信號(亦即用於量測電子裝置 100 週遭是否有其他物體的量測訊號)。

在一實施例中，第一 FMCW 信號在調變時的頻率變化可依據例如圖 3 繪示的第一信號 T1 來進行。依據圖 3 中的各個參數，第一信號 T1 可表示為：

$$f_{T1}(t) = f_c + \frac{B}{T_{ramp}} \cdot t, \quad 0 < t < T_{ramp} \quad (1)$$

其中，頻寬 B 為第一 FMCW 信號的頻寬，載波頻率 f_c 為第一 FMCW 信號的載波頻率，量測時間 T_{ramp} 為第一 FMCW 信號由載波頻率 f_c 上升至 (f_c+B) 所需的時間。

在其他實施例中，頻寬 B 可依據所要偵測的量測距離(例如電子裝置 100 與目標物 140 的相對距離)解析度來決定。舉例而言， $B = c/(2 \cdot \Delta R)$ ，其中 c 為光速， ΔR 為量測距離解析度。此外，量測時間 T_{ramp} 可依據所要偵測的量測速度(例如電子裝置 100 與目標物 140 的相對速度)解析度來決定。舉例而言， $T_{ramp} = c/(2f_c \Delta v)$ ，其中 Δv 為量測速度解析度。換言之，當所要求的相對距離測量精準度越高時，

頻寬 B 將隨之而變大；而當所要求的相對速度測量精準度越高時，量測時間 T_{ramp} 也將隨之而變長。

接著，在步驟 S220 中，當第一 FMCW 信號接觸例如目標物 140 的物體並產生反射後，電子裝置 100 可由天線 120_1~120_N 接收第二 FMCW 信號(亦即反射後的第一 FMCW 信號)。由於第二 FMCW 信號可能以平面波的方式傳遞，因此對於天線 120_1~120_N 而言，其個別接收的第二 FMCW 信號本質上可能有所差別(例如相位或是功率的差別)。

以天線 120_1 為例，其接收的第二 FMCW 信號頻率變化例如是圖 3 中的第三信號 R1，其可依據圖 3 中的各個參數而表示為：

$$f_{R1}(t) = f_c + \frac{B}{T_{ramp}} \cdot (t - \tau), \quad \tau < t < T_{ramp} \quad (2)$$

其中，時間差 τ 為發送第一 FMCW 信號的時間點與接收第二 FMCW 信號的時間點之間的時間差，拍頻 (beat frequency) f_b 為第一信號 T1 與第三信號 R1 之間在同一時間點時的頻率差(亦即 $f_{T1}(t) - f_{R1}(t)$)。此外，當電子裝置 100 與目標物 140 之間存在相對運動時，第一信號 T1 與第三信號 R1 之間可能具有因都卜勒效應(Doppler effect)而產生的都卜勒偏移頻率 f_d 。

因此，在步驟 S230 中，拍頻 f_b 可依據數學式(1)及(2)而表示為：

$$f_b = f_{T1}(\tau) - f_{R1}(\tau) = \frac{B}{T_{ramp}} \cdot \frac{2R}{c} - \frac{2f_c \cdot v}{c} \quad (3)$$

其中，相對距離 R 為電子裝置 100 與目標物 140 之間的相對距離，相對速度 v 為電子裝置 100 與目標物 140 之間的相對速度。

依據上述教示，本領域具通常知識者應可依據第二信號 T2 及第四信號 R2 之間的相對關係而對應將拍頻 f_b' 表示為：

$$f_b' = \frac{B}{T_{ramp}} \cdot \frac{2R}{c} + \frac{2f_c \cdot v}{c} \quad (4)$$

在一實施例中，拍頻 f_b 及 f_b' 可由信號處理單元 110_1 將其對應的第一 FMCW 信號及第二 FMCW 信號進行混頻，再將此混頻後信號經由例如低通濾波器(未繪示)和快速傅利葉轉換單元(未繪示)而分別求得，但本發明的可實施方式不限於此。

因此，當拍頻 f_b 及 f_b' 為已知時，信號處理單元 110_1 可依據數學式(3)及(4)而估計電子裝置 100 與目標物 140 之間的相對距離 R 及相對速度 v 。

然而，實際而言，當量測時間 T_{ramp} 較長時，電子裝置 100 與目標物 140 之間的相對距離 R 可能產生變化。因此，為了使相對距離 R 及相對速度 v 的估計能更符合電子裝置 100 與目標物 140 之間的實際移動情形，在其他實施例中，數學式(4)可修改為：

$$f_b'' = \frac{B}{T_{ramp}} \cdot \frac{2(R + v \cdot T_{ramp})}{c} + \frac{2f_c \cdot v}{c} \quad (5)$$

。接著，在步驟 S240 中，信號處理單元 110_1 即可依據數學式(3)及(5)求得電子裝置 100 與目標物 140 之間相對距離 R 及相對速度 v (亦即關聯於目標物 140 的移動參數)。

對於天線 120_2~120_N 而言，其個別接收的第二 FMCW 信號將與天線 120_1 接收的第二 FMCW 信號有所差別(例如相位或功率的差別)，但皆可依據上述教示而各自求得關聯於目標物 140 的移動參數。

在其他實施例中，當多個目標物皆反射第一 FMCW 信號，而造成天線 120_1~120_N 個別皆收到多個第二 FMCW 信號時，信號處理單元 120_1~120_N 仍可藉由上述教示的方法而分別求得這些目標物對應的移動參數。以信號處理單元 110_1 及天線 120_1 為例，當天線 120_1 接收對應於上述多個目標物反射的多個第二 FMCW 信號時，信號處理單元可將第一 FMCW 信號及其所接收的多個第二 FMCW 進行混頻，再將此混頻信號經由例如低通濾波器及快速傅利葉轉換單元的操作而找出各個目標物對應的拍頻，進而進行後續的移動參數估計操作。

圖 4 是依據本發明之一實施例繪示的角度估計方法的流程圖。在本實施例中，步驟 S410~S430 可參照圖 2 實施例之內容，在此不再贅述。值得注意的是，在估計關聯於目標物 140 的移動參數 (亦即電子裝置 100 與目標物 140 之間相對距離 R 及相對速度 v) 時，可利用數學式(3)及(5)來計算，也可利用數學式(3)及(4)來計算。然而，本領域具通常知識者應可了解，利用數學式(3)及(5)來計算目標物

140 移動參數的方式由於更能符合實際應用上的情況，因而能導致較高的估計精準度。

請同時參照圖 1 及圖 4，在步驟 S430 後，關聯於目標物 140 的移動參數(亦即電子裝置 100 與目標物 140 之間的相對距離 R 及相對速度 v)應可對應求出。接著，在步驟 S440 中，信號處理單元 110_1~110_N 即可將天線 120_1~120_N 個別收到的第二 FMCW 信號搭配個別的天線組態參數而獲得對應的量測值 $r_1 \sim r_N$ ，其中，量測值 $r_1 \sim r_N$ 可用向量形式表示為：

$$\mathbf{r} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_N \end{bmatrix} = \alpha \cdot \mathbf{a}(\phi) \cdot g(\phi) \cdot s + \mathbf{n} \quad (6)$$

，其中， α 為天線 120_1~120_N 對應於目標物 140 接收的複振幅(complex amplitude)， $\mathbf{a}(\phi)$ 為天線 120_1~120_N 的指向向量(steering vector)， $g(\phi)$ 為天線 120_1~120_N 對應於角度 ϕ 的增益響應(gain response)， s 為將天線 120_1~120_N 接收的第二 FMCW 信號進行解調變(demodulation)後的信號(其為上述相對距離 R 及相對速度 v 的函數)， \mathbf{n} 為複數高斯白雜訊(complex white Gaussian noise)向量。

接著，在電子裝置 100 的視場角(Field of View, FOV)中，電子裝置 100 的預設方向與目標物 140 之間(例如預設方向 DI1 與 DI2 之間)的真實角度 θ 可依據最大似然估計器

(maximum likelihood estimator)來估計。舉例而言，真實角度 θ 的估計角度 $\hat{\phi}$ 可表示為：

$$\hat{\phi} = \arg \max_{\phi \in FOV} \left[\left| \sum_{i=1}^N r_i^* e^{j \frac{2\pi}{\lambda} (i-1) d \sin \phi} \right|^2 \right] \quad (7)$$

，其中，天線數量 N 為天線 120_1~120_N 的數量，間距 d 為天線 120_1~120_N 兩兩之間間距， λ 為第一 FMCW 信號的波長， $(\bullet)^H$ 為共軛轉置運算子(Hermitian operator)。在一番運算後，數學式(7)可化簡為一封閉形式(closed-form)解，亦即：

$$\hat{\phi} = -\sin^{-1} \left[\frac{\lambda}{2\pi d} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (j-i) \cdot ARG(r_i^* \cdot r_j)}{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-i} j^2} \right] \quad (8)$$

，其中， $ARG(r_i^* \cdot r_j)$ 為 r_i 及 r_j 進行共軛轉置運算(Hermitian operation)之後的主幅角。

在步驟 S450 中，角度估計單元 130 即可將量測值 $r_1 \sim r_N$ 代入數學式(8)，以獲得電子裝置 100 的預設方向 DI1 與目標物 140 之間的估計角度 $\hat{\phi}$ 。

在其他實施例中，由於 $ARG(r_i^* \cdot r_j)$ 僅取主幅角，而當其出現同位角的情形時，將導致錯誤的估計角度 $\hat{\phi}$ 。因此，為了使估計角度 $\hat{\phi}$ 避免同位角效應導致的錯誤估計，電子裝置 100 的視場角 θ_{FOV} 需滿足以下不等式：

$$-\frac{\lambda}{2(N-1)d} < \sin(\theta_{FOV}) < \frac{\lambda}{2(N-1)d} \quad (9)$$

。一般而言，越大的視場角 θ_{FOV} 代表電子裝置 100 具有較大的偵測範圍，而為了使天線 120_1~120_N 具有足夠的天線增益(antenna gain)以及較低的旁葉(sidelobe)，需要較大的間距 d 方能達成。然而，由於視場角 θ_{FOV} 與間距 d 之間存在權衡取捨(tradeoff)的問題，使得數學式(9)的條件不容易滿足。舉例而言，當天線 120_1~120_N 被以較大的間距 d 配置時(亦即天線 120_1~120_N 所佔空間較大)，將使得視場角 θ_{FOV} 對應的變小，因而導致電子裝置 100 的偵測範圍變小。因此，當數學式(9)不成立時，估計角度 $\hat{\phi}$ 的估計可能因而產生錯誤。

因此，為了找到出現同位角效應的 $ARG(r_i^* \cdot r_j)$ ，可將估計角度 $\hat{\phi}$ 代入下式：

$$\theta_p = \sin^{-1} \left[\sin(\hat{\phi}) + p \cdot \left(\frac{\lambda}{d} \right) \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-i} j^2 \right)^{-1} \right] \quad (10)$$

，其中，

$$p = \left\{ 0, \pm 1, \dots, \pm \prod_{i=1}^{N-1} \left(\left\lfloor \frac{\theta_{FOV}}{\sin^{-1} \left(\frac{\lambda}{2id} \right)} \right\rfloor + 1 \right) \right\} \quad (11)$$

， $\lfloor \cdot \rfloor$ 為高斯整數運算子(Gaussian integer operator)。換言之，在決定任意的視場角 θ_{FOV} 以及間距 d 之後，即可由數學式(11)求出參數 p 的數值範圍。之後，再將參數 p 及估計角度 $\hat{\phi}$ 代回數學式(10)，即可在視場角 θ_{FOV} 的範圍中找出

沒有發生同位角效應的角度 θ_p 。接著，數學式(7)即可修改為：

$$\hat{\phi}' = \arg \max_{\phi \in \{\theta_p\}} \left[\left| \sum_{i=1}^N r_i^* e^{j \frac{2\pi}{\lambda} (i-1) d \sin \phi} \right|^2 \right] \quad (12)$$

。因此，在藉由數學式(10)以及(11)找出沒有發生同位角效應的角度 θ_p 之後，即可依據數學式(11)求出正確的估計角度 $\hat{\phi}'$ 。

以 $N=3$ 為例，數學式(8)可化為

$$\hat{\phi} = -\sin^{-1} \left[\frac{\lambda}{3\pi d} \cdot \frac{ARG(r_1^* \cdot r_2) + 2 \cdot ARG(r_1^* \cdot r_3) + ARG(r_2^* \cdot r_3)}{4} \right] \quad (13)$$

，而由於 $ARG(r_i^* \cdot r_j)$ 的運算可能出現同位角的問題，此時可透過數學式(10)來在視場角 θ_{FOV} 的範圍中找到沒有出現同位角效應的角度 θ_p ，亦即

$$\theta_p = \sin^{-1} \left[\sin(\hat{\phi}) + 2\pi p \cdot \left(\frac{\lambda}{12\pi d} \right) \right] \quad (14)$$

，其中，

$$p = \left\{ 0, \pm 1, \dots, \pm \left(\left\lfloor \frac{\theta_{FOV}}{\sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{2d}\right)} \right\rfloor + 1 \right) \left(\left\lfloor \frac{\theta_{FOV}}{\sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{4d}\right)} \right\rfloor + 1 \right) \right\} \quad (15)$$

。之後，再將由數學式(14)求得的角度 θ_p 代回數學式(12)，即可對應求得估計角度 $\hat{\phi}'$ 。

圖 5 是依據本發明之一實施例繪示的判斷方法的流程圖。請同時參照圖 1 及圖 5，在本實施例中，步驟 S510~S550 可參照圖 2 及圖 4 實施例的內容，在此不再贅述。此外，電子裝置 100 可更包括一判斷單元(未繪示)，用於判斷估計角度 $\hat{\phi}'$ 是否可靠。

舉例而言，假若電子裝置 100 在估計例如目標物 140 的移動參數時，電子裝置 100 的視場角 θ_{FOV} 內同時有另一目標物(未繪示)以相對距離 R 及相對速度 v 的方式移動，此將導致估計角度 $\hat{\phi}'$ 出現不可靠的情形。此時，在經由步驟 S550 及 S550 獲得例如量測值 $r_1 \sim r_N$ 以及估計角度 $\hat{\phi}'$ 之後，在步驟 S560 中，可在所述判斷單元中設計第一濾波器及第二濾波器，並依據其個別與量測值 $r_1 \sim r_N$ 之間的關係來判斷估計角度 $\hat{\phi}'$ 是否可靠。舉例而言，第一濾波器的零點可設計為位於視場角 θ_{FOV} 之外，而第二濾波器的零點可設計為約略位於估計角度 $\hat{\phi}'$ 處。

在步驟 S570 中，判斷單元可依據例如第一濾波器係數 w_1 以及量測值 $r_1 \sim r_N$ 來計算一第一運算值 P_1 。而在步驟 S580 中，判斷單元可依據例如第二濾波器係數 w_2 以及量測值 $r_1 \sim r_N$ 來計算一第二運算值 P_2 。

在步驟 S590 中，判斷單元可計算第一運算值 P_1 與第二運算值 P_2 之間的比例值 P ，並據以判斷估計角度 $\hat{\phi}'$ 的可靠度。

在一實施例中，比例值 P 例如可依據

$$P = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\|\mathbf{w}_2^H \mathbf{r}\|_2^2}{\|\mathbf{w}_1^H \mathbf{r}\|_2^2} \quad (16)$$

求得，其中， $\|\cdot\|_2$ 為模數 2(2-norm)運算子。此時，假若估計角度 $\hat{\phi}$ 為可靠時，第二運算值 P_2 的值將會因第二濾波器已將量測值 $r_1 \sim r_N$ 的功率大部分濾除而產生較小的值。因此，當比例值 P 大於一預設門限值時，判斷單元即可得知此時量測值 $r_1 \sim r_N$ 是由多個目標物(其與電子裝置 100 之間的相對距離 R 及相對速度 v 皆相同)所反射的信號組成，進而判斷估計角度 $\hat{\phi}$ 為不可靠。在其他實施例中，所述預設門限值可在預定的假警報率(false alarm rate)條件下，依據例如 Bayesian 定理推得，但本發明的可實施方式不限於此。

圖 6 是依據本發明一實施例繪示的將電子裝置用於估計車輛間相對移動參數及角度的示意圖。在本實施例中，電子裝置 100 例如可安裝於車輛 610 的前端，但本發明的可實施方式不限於此。電子裝置 100 可透過例如圖 2 實施例中的方法來同時測量例如車輛 610 與 620 之間的相對距離 R_{12} 以及車輛 610 與 630 之間的相對距離 R_{13} 。此外，電子裝置 100 也可透過例如圖 4 實施例中的方法來同時估計例如預設方向 $D11'$ 與車輛 620 和 630 之間的角度 θ_{12} 和 θ_{13} 。

綜上所述，本發明實施例提供一種移動參數估計方法、角度估計方法及判斷方法。在所述移動參數估計方法

中，透過第一數學式及第二數學式，可求得較符合於目標物的實際移動情形的移動參數。在所述角度估計方法中，可依據所推導的封閉形式解來找出電子裝置與目標物之間的估計角度。此外，由於所述封閉形式解具有低運算量及高精確度的特性，使得本發明實施例之角度估計方法更適合應用在實際情形中。另一方面，在由角度估計方法得到估計角度之後，可透過所述判斷方法來判斷此估計角度是否可靠。

雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，故本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 是依據本發明之一實施例繪示的利用電子裝置對目標物進行移動參數估計的示意圖。

圖 2 是依據本發明之一實施例繪示的移動參數估計方法的流程圖。

圖 3 是依據本發明之一實施例繪示的第一調頻連續波信號及第二調頻連續波信號之間相對關係的示意圖。

圖 4 是依據本發明之一實施例繪示的角度估計方法的流程圖。

圖 5 是依據本發明之一實施例繪示的判斷方法的流程圖。

103年06月16日	修正 對線	頁(本)
------------	----------	------

圖 6 是依據本發明一實施例繪示的將電子裝置用於估計車輛間相對移動參數及角度的示意圖。

【主要元件符號說明】

100：電子裝置

110_1~110_N：信號處理單元

120_1~120_N：天線

130：角度估計單元

140：目標物

610~630：車輛

$r_1 \sim r_N$ ：量測值

DI1、DI2、DI1'：預設方向

θ ：真實角度

S210~S240、S410~S450、S510~S590：步驟

B：頻寬

d ：間距

f_c ：載波頻率

f_b 、 f_b' ：拍頻

f_d ：都卜勒偏移頻率

T_{ramp} ：量測時間

T1、T2、R1、R2：信號

τ ：時間差

R_{12} 、 R_{13} ：相對距離

θ_{12} 、 θ_{13} ：角度

102年06月16日修正
劃線頁(本)

Page ~ 36

七、申請專利範圍：

1. 一種移動參數估計方法，適於一電子裝置，該電子裝置包括至少一天線，該方法包括下列步驟：

發送一第一調頻連續波信號；

由各所述天線接收一目標物反射該第一調頻連續波信號而形成的一第二調頻連續波信號；

依據各所述天線接收的該第二調頻連續波信號，個別獲得一第一數學式及一第二數學式；以及

依據該第一數學式以及該第二數學式估計關聯於該目標物的多個移動參數，

其中，該第一數學式為

$$f_{IF_up} = \frac{2 \cdot B \cdot R}{c \cdot T_{ramp}} - \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c},$$

該第二數學式為

$$f_{IF_dn} = \frac{2 \cdot B \cdot (R + v \cdot T_{ramp})}{c \cdot T_{ramp}} + \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c},$$

其中， B 為該第一調頻連續波信號的一頻寬， R 為該電子裝置與該目標物的一相對距離， f_c 為該第一調頻連續波信號的一載波頻率， v 為該電子裝置與該目標物的一相對速度， T_{ramp} 為關聯於該些量測值的一量測時間， c 為光速。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之移動參數估計方法，其中該第一調頻連續波信號包括一第一信號及一第二信號，該第二調頻連續波信號包括一第三信號及一第四信

號，其中依據該第一調頻連續波信號以及該第二調頻連續波信號獲得該第一數學式及該第二數學式的步驟包括：

依據該第一信號及該第三信號的相對關係獲得該第一數學式；以及

依據該第二信號及該第四信號的相對關係獲得該第二數學式。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之移動參數估計方法，其中該些移動參數包括該相對距離以及該相對速度。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之移動參數估計方法，其中該頻寬可依據關聯於該相對距離的一量測距離解析度決定。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之移動參數估計方法，其中該量測時間可依據關聯於該相對速度的一量測速度解析度決定。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之移動參數估計方法，其中在依據該第一數學式以及該第二數學式估計關聯於該目標物的該些移動參數的步驟之後，更包括：

依據該些移動參數以及各所述天線的組態參數而獲得對應於各所述天線的多個量測值；以及

將該些量測值代入一數學式，以獲得該電子裝置的一預設方向與該目標物之間的一估計角度，

其中，該數學式為：

$$\hat{\phi} = -\sin^{-1} \left[\frac{\lambda}{2\pi d} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (j-i) \cdot \text{ARG}(r_i^* \cdot r_j)}{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-i} j^2} \right] ;$$

其中， $\hat{\phi}$ 為該估計角度， N 為該至少一天線的數量， d 為該至少一天線的間距， λ 為該第一調頻連續波信號的波長， r_i 為該些量測值中的第 i 個量測值， r_j 為該些量測值中的第 j 個量測值， $\text{ARG}(r_i^* \cdot r_j)$ 為 r_i 及 r_j 進行共軛轉置運算 (Hermitian operation) 之後的主幅角。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之移動參數估計方法，其中在將該些量測值代入該數學式，以獲得該電子裝置的該預設方向與該目標物之間的該估計角度的步驟之後，更包括：

將該估計角度代入一第三數學式，以獲得在該電子裝置的一視場角的範圍中未出現同位角效應的至少一角度，

其中，該第三數學式為：

$$\theta_p = \sin^{-1} \left[\sin(\hat{\phi}) + p \cdot \left(\frac{\lambda}{d} \right) \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-i} j^2 \right)^{-1} \right]$$

，其中，

$$p = \left\{ 0, \pm 1, \dots, \pm \prod_{i=1}^{N-1} \left(\left\lfloor \frac{\theta_{FOV}}{\sin^{-1} \left(\frac{\lambda}{2id} \right)} \right\rfloor + 1 \right) \right\}$$

，其中， θ_{FOV} 為該視場角。

8. 如申請專利範圍第 6 項所述之移動參數估計方法，其中在將該些量測值代入該數學式，以獲得該電子裝置的該預設方向與該目標物之間的估計角度的步驟之後，更包括：

設計一第一濾波器，其中該第一濾波器的零點位於該電子裝置的一視場角的範圍之外；

設計一第二濾波器，其中該第二濾波器的零點位於該估計角度；以及

計算該些量測值對應於該第一濾波器的一第一運算值；

計算該些量測值對應於該第二濾波器的一第二運算值；

以及

依據該第一運算值與該第二運算值的一比例值判斷該估計角度的一可靠度。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之移動參數估計方法，其中該第一運算值為 $\|w_1^H r\|_2^2$ ，其中 w_1 為該第一濾波器的係數， r 為該些量測值組成的向量， $(\cdot)^H$ 為共軛轉置運算子， $\|\cdot\|_2$ 為模數 2 (2-norm) 運算子。

10. 如申請專利範圍第 8 項所述之移動參數估計方法，其中該第二運算值為 $\|w_2^H r\|_2^2$ ，其中 w_2 為該第二濾波器的係數， r 為該些量測值組成的向量， $(\cdot)^H$ 為共軛轉置運算子， $\|\cdot\|_2$ 為模數 2 運算子。

11. 一種角度估計方法，適於一電子裝置，該電子裝

置包括至少一天線，該方法包括下列步驟：

發送一第一調頻連續波信號；

由各所述天線接收一目標物反射該第一調頻連續波信號而形成的一第二調頻連續波信號；

依據該第一調頻連續波信號以及該第二調頻連續波信號獲得關聯於該目標物的多個移動參數；

依據該些移動參數以及各所述天線的組態參數而獲得對應於各所述天線的多個量測值；以及

將該些量測值代入一數學式，以獲得該電子裝置的一預設方向與該目標物之間的一估計角度，

其中，該數學式為：

$$\hat{\phi} = -\sin^{-1} \left[\frac{\lambda}{2\pi d} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (j-i) \cdot \text{ARG}(r_i^* \cdot r_j)}{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-i} j^2} \right]$$

，其中， $\hat{\phi}$ 為該估計角度， N 為該至少一天線的數量， d 為該至少一天線の間距， λ 為該第一調頻連續波信號的波長， r_i 為該些量測值中的第 i 個量測值， r_j 為該些量測值中的第 j 個量測值， $\text{ARG}(r_i^* \cdot r_j)$ 為 r_i 及 r_j 進行共軛轉置運算 (Hermitian operation) 之後的主幅角。

12. 如申請專利範圍第11項所述之角度估計方法，其中依據該第一調頻連續波信號以及該第二調頻連續波信號獲得關聯於該目標物的該些移動參數的步驟包括：

依據各所述天線接收的該第二調頻連續波信號，個別

獲得一第一數學式及一第二數學式；以及

依據該第一數學式以及該第二數學式估計關聯於該目標物的多個移動參數，

其中，該第一數學式為

$$f_{IF_up} = \frac{2 \cdot B \cdot R}{c \cdot T_{ramp}} - \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c},$$

，其中， B 為該第一調頻連續波信號的一頻寬， R 為該電子裝置與該目標物的一相對距離， f_c 為該第一調頻連續波信號的一載波頻率， v 為該電子裝置與該目標物的一相對速度， T_{ramp} 為關聯於該些量測值的一量測時間， c 為光速。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述之角度估計方法，其中該第一調頻連續波信號包括一第一信號及一第二信號，該第二調頻連續波信號包括一第三信號及一第四信號，其中依據該第一調頻連續波信號以及該第二調頻連續波信號獲得該第一數學式及該第二數學式的步驟包括：

依據該第一信號及該第三信號的相對關係獲得該第一數學式；以及

依據該第二信號及該第四信號的相對關係獲得該第二數學式。

14. 如申請專利範圍第 12 項所述之角度估計方法，其中該第二數學式為

$$f_{IF_dn} = \frac{2 \cdot B \cdot (R + v \cdot T_{ramp})}{c \cdot T_{ramp}} + \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c}$$

。

15. 如申請專利範圍第 12 項所述之角度估計方法，其中該第二數學式為

$$f_{IF_dn} = \frac{2 \cdot B \cdot R}{c \cdot T_{ramp}} + \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c}$$

。

16. 如申請專利範圍第 12 項所述之角度估計方法，其中該些移動參數包括該相對距離以及該相對速度。

17. 如申請專利範圍第 12 項所述之角度估計方法，其中該頻寬可依據關聯於該相對距離的一量測距離解析度決定。

18. 如申請專利範圍第 12 項所述之角度估計方法，其中該量測時間可依據關聯於該相對速度的一量測速度解析度決定。

19. 如申請專利範圍第 11 項所述之角度估計方法，其中在將該些量測值代入該數學式，以獲得該電子裝置的該預設方向與該目標物之間的該估計角度的步驟之後，更包括：

將該估計角度代入一第一數學式，以獲得在該電子裝置的一視場角的範圍中未出現同位角效應的至少一角度，

其中，該第一數學式為：

$$\theta_p = \sin^{-1} \left[\sin(\hat{\phi}) + p \cdot \left(\frac{\lambda}{d} \right) \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-i} j^2 \right)^{-1} \right]$$

，其中，

$$p = \left\{ 0, \pm 1, \dots, \pm \prod_{i=1}^{N-1} \left(\left\lfloor \frac{\theta_{FOV}}{\sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{2id}\right)} \right\rfloor + 1 \right) \right\}$$

，其中， θ_{FOV} 為該視場角。

20. 如申請專利範圍第 11 項所述之角度估計方法，其中在將該些量測值代入該數學式，以獲得該電子裝置的該預設方向與該目標物之間的估計角度的步驟之後，更包括：

設計一第一濾波器，其中該第一濾波器的零點位於該電子裝置的一視場角的範圍之外；

設計一第二濾波器，其中該第二濾波器的零點位於該估計角度；以及

計算該些量測值對應於該第一濾波器的一第一運算值；

計算該些量測值對應於該第二濾波器的一第二運算值；

以及

依據該第一運算值與該第二運算值的一比例值判斷該估計角度的一可靠度。

21. 如申請專利範圍第 20 項所述之角度估計方法，其中該第一運算值為 $\|w_1^H r\|_2^2$ ，其中 w_1 為該第一濾波器的係數， r 為該些量測值組成的向量， $(\cdot)^H$ 為共軛轉置運算子， $\|\cdot\|_2$ 為模數 2 運算子。

22. 如申請專利範圍第 20 項所述之角度估計方法，其中該第二運算值為 $\|w_2^H r\|_2^2$ ，其中 w_2 為該第二濾波器的係數， r

為該些量測值組成的向量， $(\bullet)^H$ 為共軛轉置運算子， $\|\bullet\|_2$ 為模數 2 運算子。

23. 一種判斷方法，適於一電子裝置，該電子裝置包括至少一天線，該方法包括下列步驟：

發送一第一調頻連續波信號；

由各所述天線接收一目標物反射該第一調頻連續波信號而形成的一第二調頻連續波信號；

依據該第一調頻連續波信號以及該第二調頻連續波信號獲得關聯於該目標物的多個移動參數；

依據該些移動參數以及各所述天線的組態參數而獲得對應於各所述天線的多個量測值；

依據該些量測值獲得該電子裝置的一預設方向與一目標物之間的一估計角度；

設計一第一濾波器，其中該第一濾波器的零點位於該電子裝置的一視場角的範圍之外；

設計一第二濾波器，其中該第二濾波器的零點位於該估計角度；以及

計算該些量測值對應於該第一濾波器的一第一運算值；

計算該些量測值對應於該第二濾波器的一第二運算值；

以及

依據該第一運算值與該第二運算值的一比例值判斷該估計角度的一可靠度。

24. 如申請專利範圍第 23 項所述之判斷方法，其中該第一運算值為 $\|w_1^H r\|_2^2$ ，其中 w_1 為該第一濾波器的係數， r 為這些測量值組成的向量， $(\cdot)^H$ 為共軛轉置運算子， $\|\cdot\|_2$ 為模數 2 運算子。

25. 如申請專利範圍第 23 項所述之判斷方法，其中該第二運算值為 $\|w_2^H r\|_2^2$ ，其中 w_2 為該第二濾波器的係數， r 為這些測量值組成的向量， $(\cdot)^H$ 為共軛轉置運算子， $\|\cdot\|_2$ 為模數 2 運算子。

26. 如申請專利範圍第 23 項所述之判斷方法，其中依據該第一調頻連續波信號以及該第二調頻連續波信號獲得關聯於該目標物的這些移動參數的步驟包括：

依據各所述天線接收的該第二調頻連續波信號，個別獲得一第一數學式及一第二數學式；以及

依據該第一數學式以及該第二數學式估計關聯於該目標物的多個移動參數，

其中，該第一數學式為

$$f_{IF_up} = \frac{2 \cdot B \cdot R}{c \cdot T_{ramp}} - \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c},$$

其中， B 為該第一調頻連續波信號的一頻寬， R 為該電子裝置與該目標物的一相對距離， f_c 為該第一調頻連續波信號的一載波頻率， v 為該電子裝置與該目標物的一相對速度， T_{ramp} 為關聯於這些量測值的一量測時間， c 為光速。

27. 如申請專利範圍第 26 項所述之判斷方法，其中該

第一調頻連續波信號包括一第一信號及一第二信號，該第二調頻連續波信號包括一第三信號及一第四信號，其中依據該第一調頻連續波信號以及該第二調頻連續波信號獲得該第一數學式及該第二數學式的步驟包括：

依據該第一信號及該第三信號的相對關係獲得該第一數學式；以及

依據該第二信號及該第四信號的相對關係獲得該第二數學式。

28. 如申請專利範圍第 26 項所述之判斷方法，其中該第二數學式為

$$f_{IF_dn} = \frac{2 \cdot B \cdot (R + v \cdot T_{ramp})}{c \cdot T_{ramp}} + \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c}$$

。

29. 如申請專利範圍第 26 項所述之判斷方法，其中該第二數學式為

$$f_{IF_dn} = \frac{2 \cdot B \cdot R}{c \cdot T_{ramp}} + \frac{2 \cdot f_c \cdot v}{c}$$

。

30. 如申請專利範圍第 26 項所述之判斷方法，其中這些移動參數包括該相對距離以及該相對速度。

31. 如申請專利範圍第 26 項所述之判斷方法，其中該頻寬可依據關聯於該相對距離的一量測距離解析度決定。

32. 如申請專利範圍第 26 項所述之判斷方法，其中該量測時間可依據關聯於該相對速度的一量測速度解析度

決定。

33. 如申請專利範圍第 23 項所述之判斷方法，其中依據該些量測值獲得該電子裝置的該預設方向與該目標物之間的該估計角度的步驟包括：

將該些量測值代入一數學式，以獲得該電子裝置的一預設方向與該目標物之間的該估計角度，

其中，該數學式為：

$$\hat{\phi} = -\sin^{-1} \left[\frac{\lambda}{2\pi d} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (j-i) \cdot \text{ARG}(r_i^* \cdot r_j)}{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-i} j^2} \right] ;$$

，其中， $\hat{\phi}$ 為該估計角度， N 為該至少一天線的數量， d 為該至少一天線的間距， λ 為該第一調頻連續波信號的波長， r_i 為該些量測值中的第 i 個量測值， r_j 為該些量測值中的第 j 個量測值， $\text{ARG}(r_i^* \cdot r_j)$ 為 r_i 及 r_j 進行共軛轉置運算之後的主幅角。

34. 如申請專利範圍第 33 項所述之判斷方法，其中在將該些量測值代入該數學式，以獲得該電子裝置的該預設方向與該目標物之間的該估計角度的步驟之後，更包括：

將該估計角度代入一第一數學式，以獲得在該電子裝置的一視場角的範圍中未出現同位角效應的至少一角度，

其中，該第一數學式為：

$$\theta_p = \sin^{-1} \left[\sin(\hat{\phi}) + p \cdot \left(\frac{\lambda}{d} \right) \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-i} j^2 \right)^{-1} \right]$$

;

其中，

$$p = \left\{ 0, \pm 1, \dots, \pm \prod_{i=1}^{N-1} \left(\left\lfloor \frac{\theta_{FOV}}{\sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{2id}\right)} \right\rfloor + 1 \right) \right\}$$

， θ_{FOV} 為該視場角。

八、圖式：

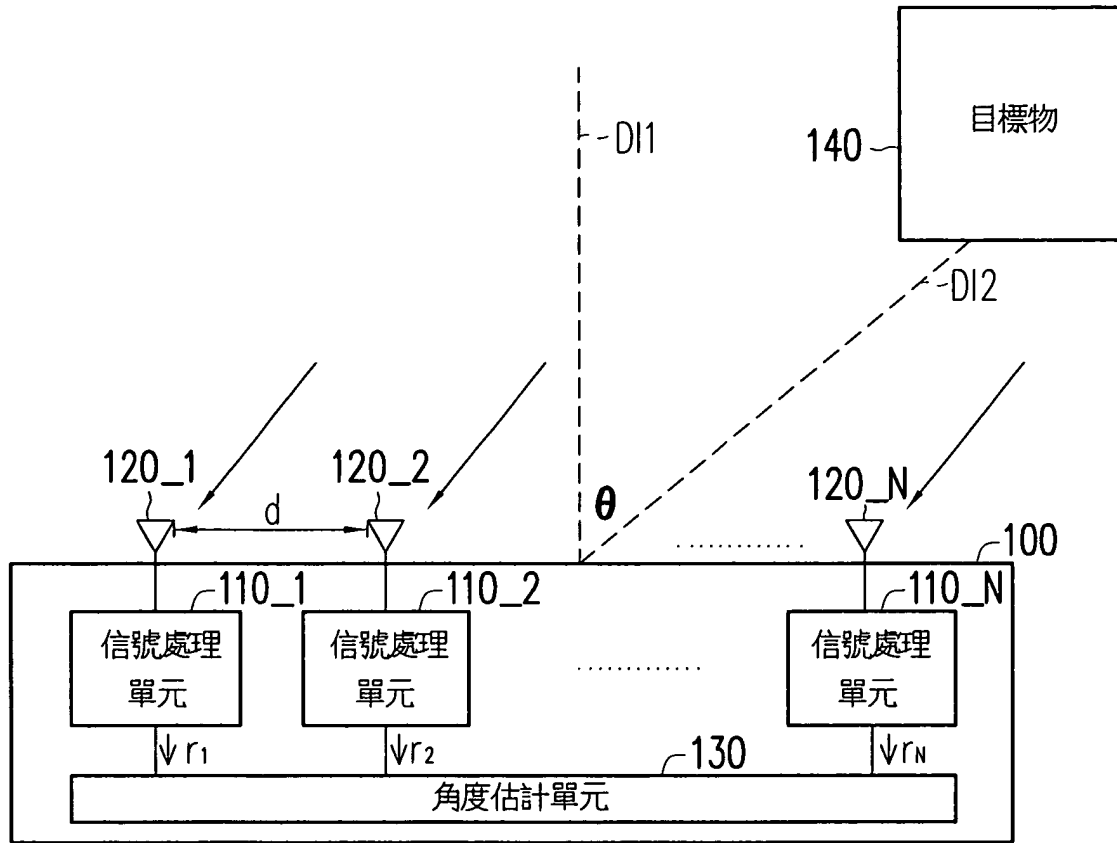


圖 1

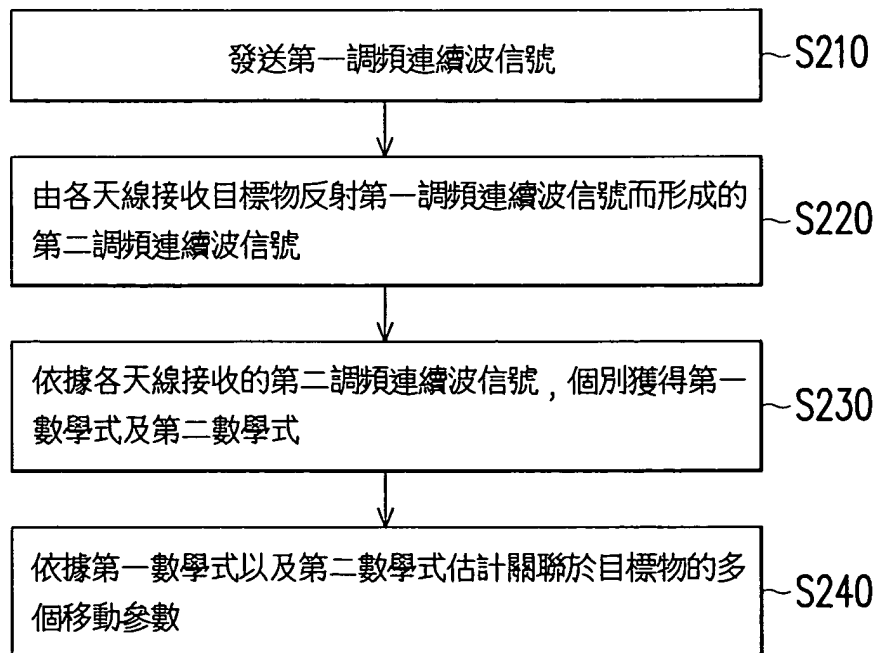


圖 2

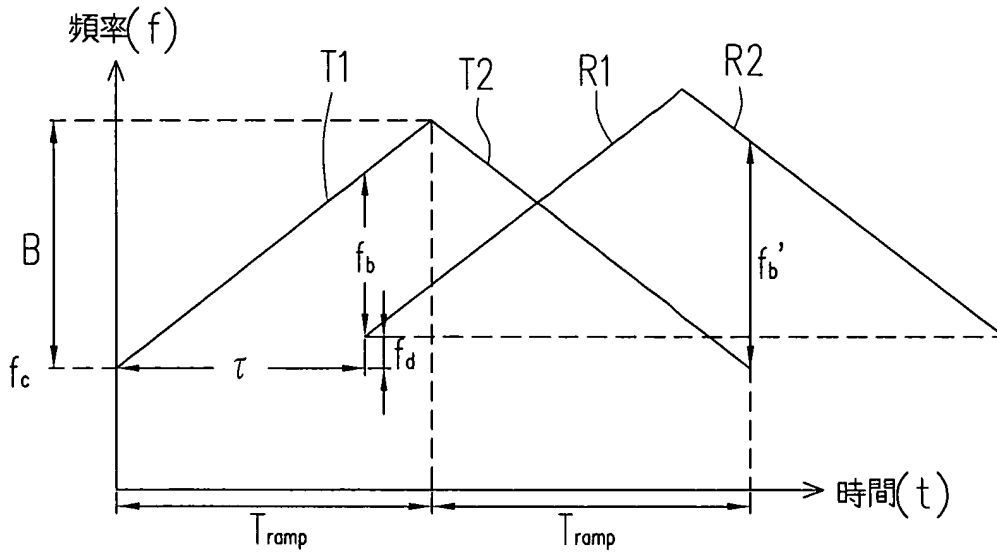


圖 3

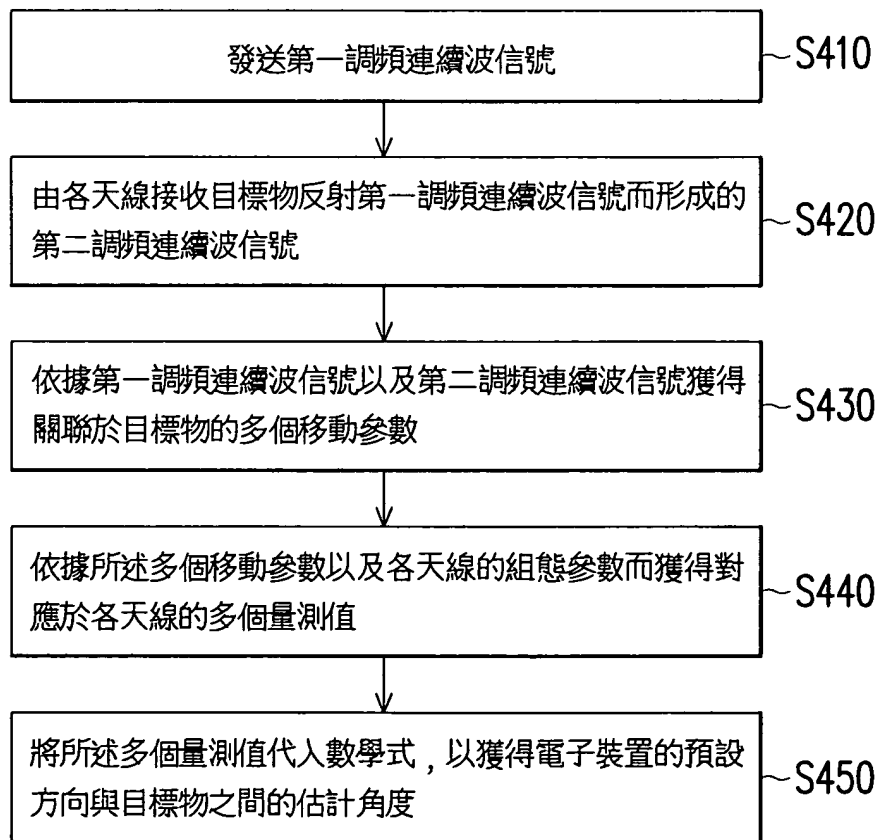


圖 4

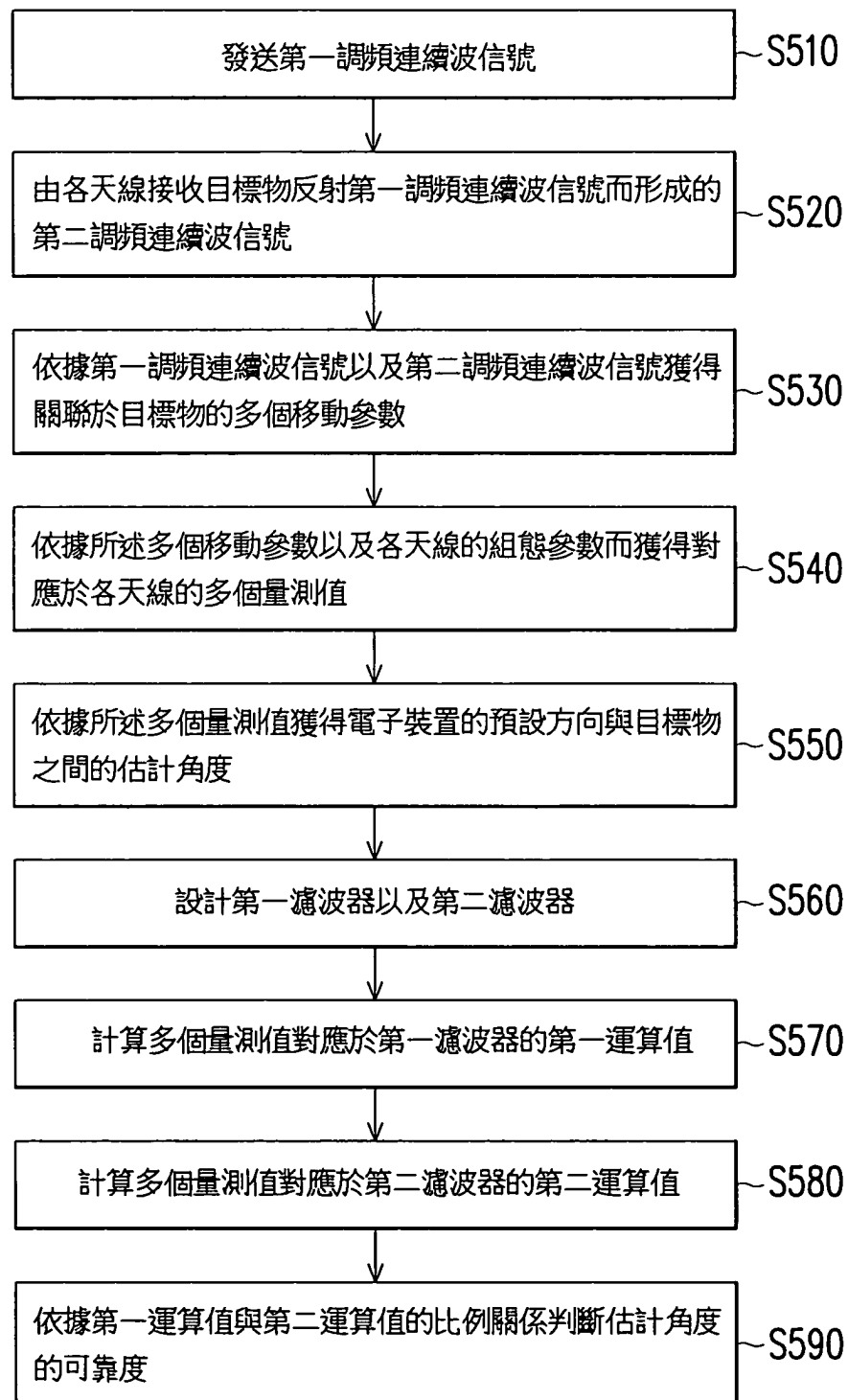


圖 5

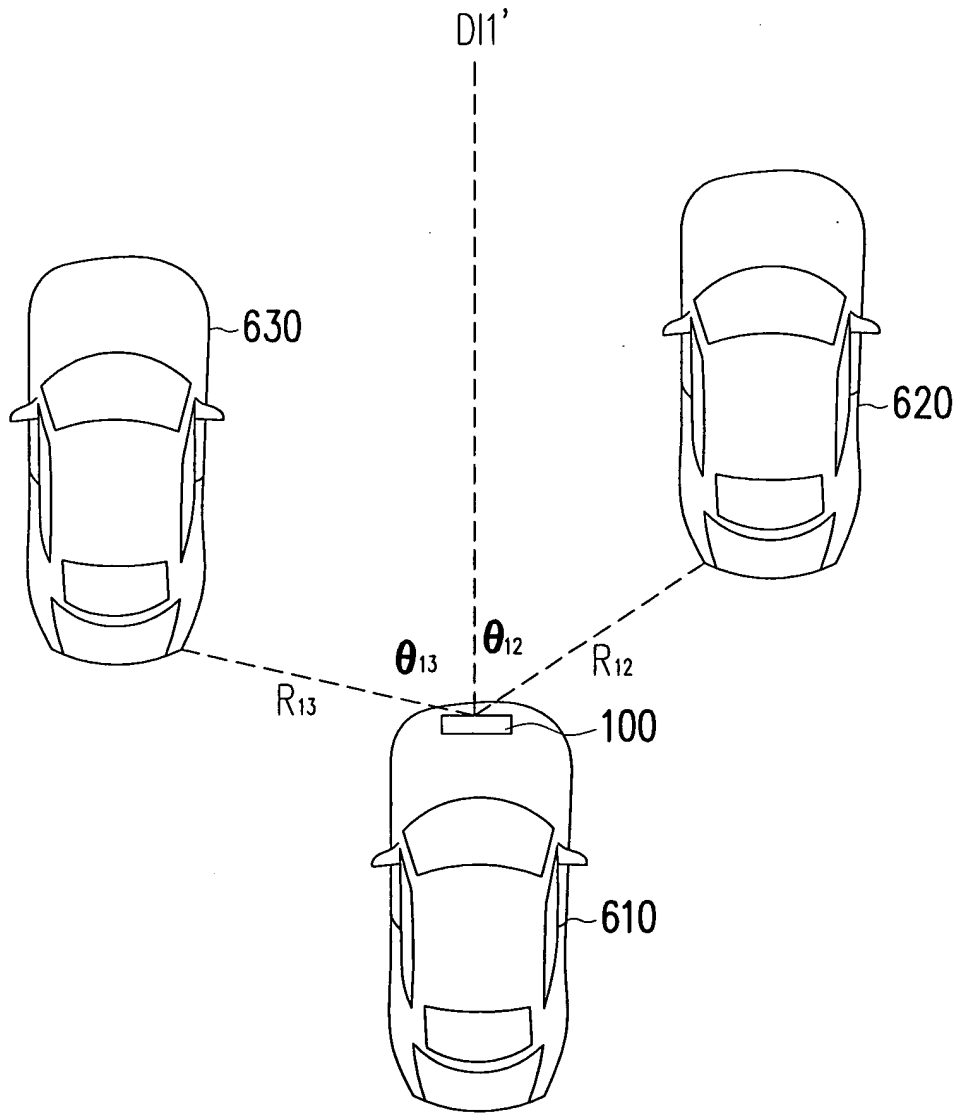


圖 6