



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 200945245 A1

(43)公開日：中華民國 98 (2009) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：098107882

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 03 月 11 日

(51)Int. Cl.：

G06T1/00 (2006.01)

G06T7/00 (2006.01)

G06T17/00 (2006.01)

(30)優先權：2008/03/12

美國

12/046,862

(71)申請人：賀利實公司 (美國) HARRIS CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：麥尼爾 凱薩琳 MINEAR, KATHLEEN (US)；布拉斯克 史蒂芬 G BLASK, STEVEN G. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：13 共 49 頁

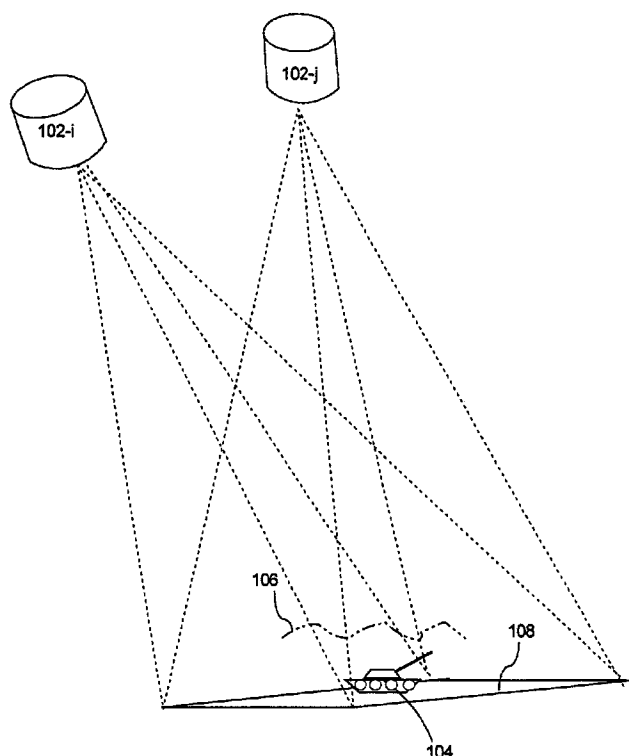
(54)名稱

藉由創造過濾密度影像而記錄三維點雲資料

REGISTRATION OF 3D POINT CLOUD DATA BY CREATION OF FILTERED DENSITY IMAGES

(57)摘要

一種用於對齊三維(3D)點雲資料(200-i、200-j)之兩個或兩個以上圖框的方法(300)。第一圖框(圖框 i)及第二圖框(圖框 j)之每一者之一密度影像係用以獲得該等影像以及因此影像至影像點對應之間的平移。使用「過濾密度」影像之相關決定每一鄰近圖框的對應。該(等)平移向量係用以實行 XY 平面以及 Z 方向之一或多者中的 3D 點雲資料之粗略對齊。該方法亦包括應用於 3D 點雲資料(200-i、200-j)的精細對齊程序。圖框(並非僅鄰近圖框)之間的對應變換係累積並且用於一「全域」最佳化常式，其企圖尋找滿足所有圖框位移的最佳平移、旋轉以及按比例調整參數。



102-i：感測器

102-j：感測器

104：目標

106：包藏材料

108：實體定位/實體
區域/實體體積



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 200945245 A1

(43)公開日：中華民國 98 (2009) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：098107882

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 03 月 11 日

(51)Int. Cl.：

G06T1/00 (2006.01)

G06T7/00 (2006.01)

G06T17/00 (2006.01)

(30)優先權：2008/03/12

美國

12/046,862

(71)申請人：賀利實公司 (美國) HARRIS CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：麥尼爾 凱薩琳 MINEAR, KATHLEEN (US)；布拉斯克 史蒂芬 G BLASK, STEVEN G. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：13 共 49 頁

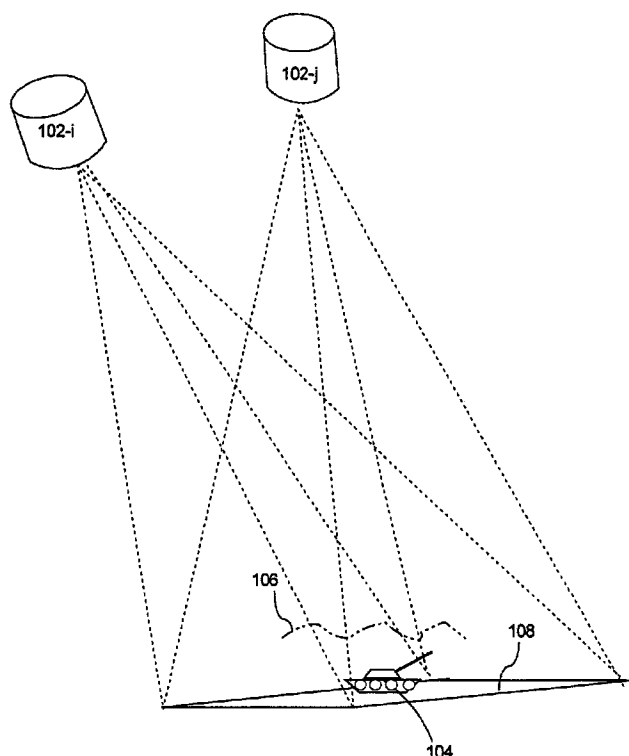
(54)名稱

藉由創造過濾密度影像而記錄三維點雲資料

REGISTRATION OF 3D POINT CLOUD DATA BY CREATION OF FILTERED DENSITY IMAGES

(57)摘要

一種用於對齊三維(3D)點雲資料(200-i、200-j)之兩個或兩個以上圖框的方法(300)。第一圖框(圖框 i)及第二圖框(圖框 j)之每一者之一密度影像係用以獲得該等影像以及因此影像至影像點對應之間的平移。使用「過濾密度」影像之相關決定每一鄰近圖框的對應。該(等)平移向量係用以實行 XY 平面以及 Z 方向之一或多者中的 3D 點雲資料之粗略對齊。該方法亦包括應用於 3D 點雲資料(200-i、200-j)的精細對齊程序。圖框(並非僅鄰近圖框)之間的對應變換係累積並且用於一「全域」最佳化常式，其企圖尋找滿足所有圖框位移的最佳平移、旋轉以及按比例調整參數。



102-i：感測器

102-j：感測器

104：目標

106：包藏材料

108：實體定位/實體
區域/實體體積

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明配置係關於對齊點雲資料，而且更特定言之，係關於對齊用於在野外以及在明顯包藏下的目標之點雲資料。

【先前技術】

隨成像系統頻繁出現的一個問題係，其他物件可能使目標部分地模糊，此阻止感測器適當地照射並且成像該目標。例如，在光學類型成像系統的情況下，能藉由葉子或偽裝網而包藏目標，從而限制一系統適當成像該目標的能力。儘管如此，應瞭解包藏一目標的物件通常係稍多孔的。葉子及偽裝網係此類多孔包藏物之良好範例，因為其通常包括光能穿過的一些開口。

能在使用適當技術的情況下偵測並且辨識在該技術中已知隱藏在多孔包藏物後面的物件。應瞭解一目標透過一包藏物的任何瞬時檢視將包括該目標之表面的僅一部分。此部分區域將由透過該包藏物之多孔區域可見的目標之片段構成。透過此類多孔區域可見的該目標之片段將取決於成像感測器之特定定位而變化。然而，藉由自數個不同感測器定位收集資料，能獲得資料之彙總。在許多情況下，能接著分析資料之彙總以重建該目標之可辨識影像。通常此涉及一對齊程序，藉由其校正用於自不同感測器姿勢得到的一特定目標的影像圖框之一序列以便能自該序列構造一單一合成影像。

為了重建一包藏物件之影像，已知利用一三維(3D)類型感測系統。一3D類型感測系統之一個範例係一光偵測與測距(LIDAR)系統。LIDAR類型3D感測系統藉由記錄自雷射光之一單一脈衝的多個範圍回波以產生一影像圖框而產生影像資料。因此，LIDAR資料之每一影像圖框將由三維(3D點雲)中的點之集合構成，該等點對應於感測器孔徑內的多個範圍回波。此等點係有時稱為「立體像素」，其代表三維空間中的一規則格柵上的數值。3D成像中使用的立體像素係類比於2D成像裝置之背景下使用的像素。此等圖框能加以處理以重建如以上說明的一目標之影像。在此方面，應瞭解，3D點雲中的每一點具有一個別x、y及z數值，其代表以3D之場景內的實際表面。

橫跨多個視圖或圖框部分可見之目標的LIDAR 3D點雲資料之彙總能用於目標識別、場景解譯以及變化偵測。然而，應瞭解，將多個視圖或圖框組裝成組合所有資料之一合成影像需要一對齊程序。該對齊程序對準自多個場景(圖框)的3D點雲以便由3D點雲代表的目標之可觀察片段係在一起組合成一有用影像。用於使用LIDAR資料而對齊並且視覺化包藏目標的一個方法係說明在美國專利公開案20050243323中。然而，該參考中說明的方法需要在時間上彼此緊密接近的資料圖框因此具有有限的有效性，其中LIDAR係用以偵測隨一實質時間週期出現之目標中的變化。

【發明內容】

本發明係關於一種用於對齊關於一關注目標的三維(3D)點雲資料之圖框之兩個或兩個以上的方法。該方法藉由獲取一第一圖框及一第二圖框而開始，每一圖框含有針對一選定物件所收集的3D點雲資料。然後，分別藉由投影自該第一圖框及該第二圖框之每一者的3D點雲資料至二維(2D)平面而獲得該第一圖框及該第二圖框之每一者的一密度影像。使用自該第一圖框及該第二圖框獲得的密度資料，決定一或多個平移向量。該(等)平移向量係用以使用該一或多個平移向量而實行XY平面以及Z方向之一或多者中的3D點雲資料之粗略對齊。依據本發明之一態樣，該方法能包括為對齊選擇自包括少於3D點雲資料的總體積之每一圖框的3D點雲資料之子體積的步驟。

用於該第一圖框及該第二圖框之每一者的密度影像包括一XY密度影像對，其係藉由設定該第一圖框及該第二圖框中含有的一3D點雲中的每一影像點之z座標值至零而獲得。用於該第一圖框及該第二圖框之每一者的密度影像亦包括一XZ密度影像對，其係藉由設定該第一圖框及該第二圖框中含有的一3D點雲中的每一影像點之y座標值至零而獲得。

上述密度影像之每一者經過濾用以獲得一過濾密度影像。過濾包含中值過濾、邊緣增強過濾、或兩種類型的過濾。藉由實行自該第一圖框獲得的過濾密度影像以及自該第二圖框獲得的過濾密度影像之交叉相關而決定一或多個平移向量。一旦實行交叉相關，就根據交叉相關輸出矩陣

中的峰值之定位來決定一或多個平移向量。

相對於XY平面以及在Z軸方向上兩者使用複數個平移向量來有利地實行自該第一圖框及該第二圖框的3D點雲資料之粗略對齊。然後該方法藉由對自該第一圖框及該第二圖框的3D點雲資料實行一精細對齊程序而繼續。

該精細對齊程序包括數個步驟。例如，該精細對齊程序藉由定義該等第一及第二(3D)圖框之每一者內的兩個或兩個以上子體積而開始。然後，識別包括3D點雲資料之選定配置的該等子體積之一或多個限定子體積。實行此步驟，從而計算用於該等子體積之每一者的一特徵值集。然後，使用特徵值計算一特徵度量值集。該等特徵度量值經選定以便識別含有具有一似斑點(blob-like)配置的3D點雲之子體積。此程序針對兩個鄰近及非鄰近場景(例如圖框1、2；1、3；1、4；2、3；2、4；2、5等)而繼續，其中連續編號圖框係鄰近的，而且非連續編號圖框並非鄰近的。

該方法亦包括識別該等子體積之限定子體積中的限定資料點之步驟。限定資料點包括兩個或兩個以上資料點對。每一資料點對包含該第一圖框中的一第一資料點，其最接近匹配該第二圖框中的一對應第二資料點之一位置。

一旦針對所有場景對識別該等限定資料點(如以上說明)，就對與該等圖框之全部相關聯的3D點雲資料同時實行一最佳化常式。該最佳化常式係用以決定可應用於該資料集中的所有點及所有圖框的一全域旋轉、按比例調整及平移矩陣。因此，達到一全域變換而非局域圖框至圖框變

換。

應瞭解，存在能用於一精細對齊程序的許多可用最佳化常式。一些最佳化常式在其僅對鄰近圖框操作的意義上係局域的。反而是，本發明有利地立刻將全域變換用於所有圖框之精細對齊。在此方面，本發明係不像對該精細對齊程序或平均橫跨數個圖框進行圖框至圖框對齊的傳統方法。儘管此等傳統方法加以共同使用，但是已發現其對於產生一令人滿意結果之目的係不充分。

與本發明一起使用的全域變換有利地收集每一關注圖框對的所有對應。在此方面，應瞭解，如本文中使用的術語「對」並不僅僅指鄰近的圖框，例如圖框1及圖框2。反而是，對能包括圖框1、2；1、3；1、4；2、3；2、4；2、5等。此等對對應之全部係接著同時用於精細對齊程序中的全域最佳化常式。同時最小化所有圖框之間的誤差之參數係輸出並且用以變換該等圖框。

【實施方式】

為了瞭解用於對齊三維點雲資料之複數個圖框之發明配置，有用的係首先考量此類資料的性質以及傳統上獲得此類資料採用的方式。圖1顯示在一實體定位108以上某一距離處的兩個不同定位處的感測器102-i、102-j。感測器102-i、102-j能係相同類型之實體不同感測器，或其能代表在兩個不同時間的相同感測器。感測器102-i、102-j將各獲得代表實體區域108之三維(3D)點雲資料之至少一個圖框。一般地，術語點雲資料指定義以三維之一物件的數位

化資料。

基於便於說明本發明，實體定位108將加以說明為地球之表面上的地理定位。然而，熟習此項技術者應瞭解，本文中說明的發明配置亦能應用於對齊自包含代表待成像於任一成像系統中的任一物件的複數個圖框之一序列的資料。例如，此類成像系統能包括機器人製程以及空間探測系統。

熟習此項技術者應瞭解存在各種不同類型的感測器、測量裝置及成像系統，其能用以產生3D點雲資料。本發明能利用於對齊自此等各種類型的成像系統之任一者獲得的3D點雲資料。

產生3D點雲資料之一或多個圖框的3D成像系統之一範例係傳統LIDAR成像系統。一般地，此類LIDAR系統使用高能量雷射、光學偵測器以及時序電路以決定至一目標的距離。在一傳統LIDAR系統中，將一或多個雷射脈衝用以照明一場景。每一脈衝觸發一時序電路，其結合偵測器陣列而操作。一般地，該系統測量光之一脈衝之每一像素的時間以將往返路徑自雷射轉變至目標並且返回至偵測器陣列。自一目標的反射光係在該偵測器陣列中偵測並且其往返行程時間經測量用以決定至該目標上的一點之距離。針對包含該目標的多數點獲得計算範圍或距離資訊，從而創造3D點雲。3D點雲能用以呈現一物件之3D形狀。

在圖1中，由感測器102-i、102-j所成像的實體體積108能含有一或多個物件或目標104，例如一車輛。然而，包

藏材料106可能使感測器102-i、102-j與該目標之間的視線部分模糊。包藏材料能包括限制該感測器獲取關注目標的3D點雲資料之能力的任一類型之材料。在一LIDAR系統的情況下，包藏材料能係自然材料，例如自樹的葉子；或者人造材料，例如偽裝網。

應瞭解，在許多實例中，包藏材料106將係本質上稍多孔的。因此，感測器102-i、102-j將能夠偵測該目標之片段，其透過該包藏材料之多孔區域而係可見。透過此類多孔區域可見的該目標之片段將取決於感測器102-i、102-j之特定定位而變化。然而，藉由自數個不同感測器姿勢收集資料，能獲得資料之彙總。在許多情況下，能接著分析資料之彙總以重建該目標之可辨識影像。

圖2A係含有自圖1中的感測器102-i獲得的3D點雲資料200-i之一圖框的範例。同樣地，圖2B係自圖1中的感測器102-i獲得的3D點雲資料200-j之一圖框的範例。基於方便，圖2A及2B中的3D點雲資料之圖框將分別在本文中稱為「圖框i」及「圖框j」。於圖2A及2B中能觀察到，3D點雲資料200-i、200-j各定義一體積中的一資料點集之定位，該等資料點之每一者能藉由x、y及z軸上的定位而定義於三維空間中。由感測器102-i、102-j實行的測量定義每一資料點之x、y、z定位。

在圖1中，應瞭解感測器102-i、102-j能具各別不同定位及方位。熟習此項技術者應瞭解，感測器102-i、102-j之定位及方位係有時稱為此類感測器的姿勢。例如，感測器

102-i能視為具有由在獲取包含圖框i之3D點雲資料200-i時刻的姿勢參數所定義的一姿勢。

自上述說明，應瞭解圖框i、j中分別含有的3D點雲資料200-i、200-j將係基於不同感測器中心座標系統。因此，將相對於不同座標系統定義圖框i及j中由感測器102-i、102-j產生的3D點雲資料。熟習此項技術者將瞭解，在能於一共同座標系統中適當地代表自兩個或兩個以上圖框的3D點雲資料之前，必須按需要在空間中旋轉並且平移此等不同座標系統。在此方面，應瞭解，本文中說明的對齊程序之一目的係利用自兩個或兩個以上圖框的3D點雲資料以決定圖框之一序列中的每一圖框所必需的資料點之相對旋轉及平移。

亦請注意，僅能在基於共同主旨(即相同實體或地理區域)而獲得圖框i及圖框j中的3D點雲資料之至少一部分的情況下才能對齊3D點雲資料的圖框之一序列。因此，圖框i及j之至少一部分一般地包括自一共同地理區域的資料。例如，一般較佳的係每一圖框的至少約1/3共同區域含有一共同地理區域的資料，儘管本發明在此方面不受限制。此外，應瞭解，不需要在彼此的較短時間週期內獲得圖框i及j中含有的資料。本文中說明的對齊程序能用於已相隔數星期、數月或甚至數年而獲取之圖框i及j中含有的3D點雲資料。

現在參考圖3說明用於對齊3D點雲資料之複數個圖框i、j的程序之概覽。該程序在步驟302中開始並且繼續至步驟

304。步驟302及304涉及獲得包含圖框i及j的3D點雲資料200-i、200-j，其中圖框j係指明為一參考圖框。使用以上關於圖1及2說明的技術來實行此步驟。用於獲得用於每一圖框的3D點雲資料200-i、200-j之切確方法非關鍵性的。所有必需的係，所得圖框含有定義一體積中的複數個點之每一者的定位之資料，以及每一點係由對應於x、y及z軸的一座標集來定義。

該程序在步驟400中繼續，該步驟涉及相對於x、y平面實行圖框i及j中含有的資料之粗略對齊。然後，在步驟500中相對於x、z平面實行圖框i及j中的資料之類似粗略對齊。此等粗略對齊步驟將在以下更詳細地加以說明。然而，請注意，本文中說明的粗略對齊程序有利地涉及選擇指明為所有其他圖框將對準的一參考圖框之一個特定圖框。在圖3中，圖框i將指明為參考圖框，而且j之數值將加以反覆以實行所有n個圖框之粗略對齊。

在步驟600中，決定是否已針對待對齊的圖框之一序列中的所有n個圖框完成粗略對齊。若未完成，則在步驟602中增量j之數值並且該程序返回至步驟304以獲取下一圖框j的點雲資料。然後，重複步驟304、400、500、600及602，直至會對所有n個圖框完成對齊。在該點，該程序將進行至步驟700。

在步驟700中，同時處理自步驟400、500及600中的粗略對齊程序之所有粗略調整圖框對以提供更精確對齊。步驟700涉及同時計算3D點雲資料之所有n個圖框的全域值

$R_j T_j$ ，其中 R_j 係用於對準或對齊每一圖框 j 中的所有點至圖框 i 必需的旋轉向量，而且 T_j 係用於對準或對齊圖框 j 中的所有點與圖框 i 的平移向量。

步驟 800 係該對齊程序中的最後步驟。在步驟 800 中，如在步驟 700 中計算的用於每一圖框之 R_j 及 T_j 的計算值係用以平移自每一圖框的點雲資料至一共同座標系統。例如，該共同座標系統能係圖框 i 之座標系統。在此點，該對齊程序針對圖框之序列中的所有圖框而完成。例如，一感測器可在一收集間隔期間收集由 3D 測量組成的 25 至 40 個連續圖框。此等圖框之全部能與圖 3 中說明的程序對準。該程序然後在步驟 900 中終止並且能顯示自圖框之一序列的彙總資料。

現在進一步詳細地說明圖 3 中的步驟 400、500、700 及 800。現在參考圖 4，步驟 400 中的粗略 x 、 y 對齊能包括以步驟 402 開始的複數個步驟。在步驟 402 中，水平地(即，平行於由圖 2 中的 x 、 y 軸所定義的平面)切片每一圖框 i 、 j 以便選擇包含 3D 點雲 200- i 、200- j 的總體積之一部分。此概念係解說在圖 2C 及 2D 中，該等圖顯示形成圖框 i 、 j 中的子體積 203 之平面 201、202。此子體積 203 係有利地選擇為咸信很可能含有關注目標而且排除並非關注的外來資料之一體積。

在本發明之一項具體實施例中，所選擇的圖框之子體積能包括 3D 點雲資料點，其對應於輕微在地面位準之表面以上的定位而且延伸至地面位準以上的某一預定高程或高

度。例如，範圍自地面位準以上的 $z = 0.5$ 米至地面位準以上的 $z = 6.5$ 米之子體積通常係足以包括地面上的大多數類型之車輛及其他物件。儘管如此，應瞭解，本發明在此方面不受限制。在其他情況下可能需要選擇一子體積，其在相對於地面的較高高地處開始以便僅基於場景中的較高物件(例如樹幹)實行對齊。對於在樹冠下模糊的物件，需要選擇自地面延伸至就在較低樹枝下面的子體積。

在步驟404中，包含3D點雲200-i、200-j的各種資料點係自其在點雲中的定位投影至其各別 x 、 y 平面。陳述另一方式，每一圖框中的資料點之 x 及 y 數值保持相同，而將資料點之每一者的 z 數值設定至零。步驟404之結果係轉換由3D點雲資料構成的每一圖框 i 、 j 至 x 、 y 平面中的二維圖框(XY圖框)。圖8A顯示圖框 i 的選定3D點雲資料之XY平面的投影。圖8B顯示圖框 j 的選定3D點雲資料之XY平面的投影。在此方面，應瞭解，選定3D點雲資料將在每一情況下係在步驟402中選擇的3D點雲資料集。

在步驟405中，3D點雲資料至圖框 i 及 j 之XY平面的投影係用以產生XY密度影像。依據一項具體實施例，藉由使用大小為 $5 \times$ 立體像素大小 $\times$ $5 \times$ 立體像素大小之窗口來創造XY密度影像。一立體像素係場景資料的立方體。此處，術語「立體像素大小」指一單一立方立體像素之邊緣的長度。例如，一單一立體像素能具有基於LIDAR感測器解析度的 $(0.2 \text{ m})^3$ 之大小。在此情況下，立體像素大小將係 0.2 m ，而且過濾器窗口具有尺寸 $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ 。此窗口係用

以處理體積資料之2D XY投影($Z=0$)。立體像素大小*數目立體像素(減去任何過濾器邊緣效應)將等於密度影像之寬度。此處，術語數目立體像素指在對應於密度影像之寬度尺寸的方向上對準的立體像素之數目。顯著地，密度影像之寬度係極接近於移除部分立體像素及邊緣效應之後的2D XY投影影像之寬度。

以上說明的窗口係在2D投影之上傳遞而且窗口中的命中之數目(密度)係用作該窗口定位處的數值。立體像素係基於資料的處理解析度並且係以米為單位。應注意，如本文中說明的密度影像之創造給定較小「權重」至稀疏立體像素，即具有很少「命中」的立體像素。該等區域在粗略對齊程序中並非明顯的而且可包括稀疏葉子(灌木叢、低樹枝)。此外其並非如岩石及樹幹一樣隨時間而穩定。

使用以上說明的程序，獲得圖框i之一XY密度影像，而且獲得圖框j之一XY密度影像。圖9A顯示自圖框i的3D點雲資料之XY投影獲得的一XY密度影像。圖9B顯示自圖框j的點雲資料之XY投影獲得的一XY密度影像。

如以上說明的XY密度影像之目的係允許其後應用的過濾程序尋找將加以對齊的2D形狀之邊緣內容。請注意本文中說明的涉及密度影像之過濾的方法係用於對齊出現在一影像中的某些類型之物件的較佳方法。特定言之，此程序對於在野外係在外面(即未包藏或僅最低程度包藏)的物件較佳工作，因為其在計算上應用起來比較簡單，與一特徵度量方法相對。基於重度包藏的物件之每一圖框內的資料

點之有限數目，熟習此項技術者可預期此方法將不與更重
度包藏的物件合作。然而，亦已發現對齊技術對於樹冠下
的物件出乎意料地較佳工作。若仔細選擇自一3D影像的資
料樣本之切片，則足夠的形狀內容可用於實行相關並且因
此完成如以下說明的「不完全」圖框之粗略對齊。在此方
面，較佳在此類實例中選擇資料點之切片以便僅包括地面
位準至就在較低樹枝下之間的資料點。

在步驟406中，該程序隨一或多個過濾步驟而繼續以分
別自圖框i的XY密度影像以及圖框j的XY密度影像創造一
過濾XY密度影像i及一過濾XY密度影像j。在此方面，步
驟406包括(1)實行XY密度影像i、j之中值過濾，以及(2)實
行中值過濾器XY密度影像i、j之索貝爾(Sobel)邊緣過濾。
現在更詳細地說明此等過濾步驟。

主要實行中值過濾器步驟以減小XY密度影像i、j中的雜
訊。中值過濾器在該技術中為人所知。因此，將不在此處
詳細地說明該程序。然而，一般地，中值過濾涉及選擇一
過濾器遮罩，其係以高度及寬度的某數目之像素。該遮罩
的確切大小能依據特定應用而變化。在本情況下，已發現
具有5像素高x 5像素寬之大小的一過濾器遮罩以提供適當
結果。然而，本發明在此方面不受限制。實際上，該遮罩
係在該影像之上滑動而且該遮罩內含有的中心像素經檢驗
用以決定其是否具有與其相鄰像素比較的類似數值。若沒
有，則此通常係已由雜訊惡化特定像素的指示。因此，該
中值過濾器將採用該遮罩下的其餘像素值來取代中心像素

值。藉由首先分類該遮罩下的所有像素值成數字順序並接著採用中間像素值取代所考量的像素來計算中值。圖10A顯示在中值過濾之前的圖框j之一XY密度影像。圖10B顯示在中值過濾之後的圖框j之一XY密度影像。

過濾密度影像的製備亦涉及邊緣過濾。熟習影像處理領域之技術者將輕易瞭解，基於對準兩個影像之目的，能有幫助的係識別該影像中含有的物件之邊緣。例如，偵測形成一影像的物件之邊緣將實質上減小該影像中含有的資料之總數量。邊緣偵測保存一影像之重要結構特性但是將移除並非一般可用於影像對準之目的之資訊。因此，有利的係在已實行中值過濾之後對XY密度影像實行邊緣過濾。

如本文中所用，術語「邊緣」一般指其中存在強的強度對比度之二維影像內的區域。在此類區域中，通常存在如在鄰近像素之間的強度上的迅速變化。在此方面，應瞭解，雖然存在實行邊緣偵測的許多不同方式，但是此類方法係意欲包括於本發明之範疇內。基於本發明之目的，邊緣過濾能包括現在已知或將來發現的任何技術，其能用於偵測或強調一影像內的邊緣。

依據一較佳具體實施例，能使用一傳統索貝爾過濾器執行本發明中的邊緣過濾。在一索貝爾過濾程序中，一索貝爾運算子係用以決定對一影像的2D空間梯度測量。用於索貝爾過濾器處理的傳統技術已為人熟知。因此，索貝爾過濾技術將不在此處加以更詳細說明。然而，通常地，3個像素高及3個像素寬的第一迴旋遮罩係用於決定x方向上的

一梯度。相同大小之一第二迴旋遮罩係用於決定y方向上的一梯度。在此方面，應瞭解該等第一及第二迴旋遮罩之每一者將係甚小於實際XY密度影像。該等遮罩係各在該影像之上滑動，從而每次依據索貝爾運算子操縱像素之一個3x3群組。第一迴旋遮罩加亮一第一方向上的邊緣，而第二迴旋遮罩加亮橫向於該第一方向之一第二方向上的邊緣。本文中所用的術語「加亮」能指任何影像或資料增強，其允許點雲之邊緣加以更清楚地定義。該程序之結果係在各方向上加亮的邊緣與x及y軸兩者對準。圖11A顯示在中值過濾之後但是在索貝爾過濾之前的XY密度影像。圖11B顯示在索貝爾過濾之後的XY密度影像。圖11B中顯示過濾的XY密度影像，其包括中值過濾以及由索貝爾過濾產生的邊緣增強效應。

在步驟408中，決定一XY平移誤差。XY平移誤差係x、y平面中的偏移或位移，其存在為在過濾XY密度影像i中代表的影像資料與藉由過濾XY密度影像j所代表的影像資料之間。XY平移誤差能藉由一向量來定義，該向量識別偏移或位移之方向及距離為在兩個過濾XY密度影像i、j之間。用於決定XY平移誤差的一個方法係藉由實行過濾密度影像i、j之交叉相關。在該技術中已知兩個影像之交叉相關係一標準方法，其能用於識別類似性為在兩個影像之間。若兩個影像含有至少某一共同主旨，則交叉相關程序一般產生一定位處的相關值中的峰值，其對應於實際XY平移誤差。

顯著地，對於連續得到的圖框，存在很少的旋轉變化。換言之，在該成像裝置相對於所成像的場景之觀點上，存在很少的旋轉變化。在此類情況下，能使用一相關方法，其對於如在兩個影像中含有的場景之間的旋轉並非不變的。例如，一傳統正規化相關方法能用於此目的。

儘管如此，應瞭解，一正規化相關係一般僅可用於兩或三度的旋轉變化。對於在實質上不同時間(例如相隔6個月)以及自不同方位、2D投影(在用於野外物件之較佳模式的情況下)以及3D體積(在用於樹下的包藏物件之較佳模式的情況下)得到的圖框，能存在使用此類傳統正規化相關程序的明顯旋轉誤差。能藉由收集支援資料以允許調整資料之方位來解決此問題。然而，在此類資料並非可用或簡單地不加以使用之情況下，對旋轉係不變的一相關程序係較佳。旋轉不變相關程序在該技術中為人所知。

在本發明中，吾人計算對過濾密度影像 i 、 j 的正規化交叉相關。在此方面，能方便地顯示交叉相關計算之所得輸出為一表面繪圖。交叉相關表面繪圖之峰值出現在圖框 i 及圖框 j 的XY過濾密度影像係最佳相關的情況下。明顯地，相關峰值定位將識別 x 、 y 平面中的偏移為在圖框 i 與 j 之間。自峰值定位輕易地決定實際XY平移誤差向量。簡單地，其係兩個圖框之間自該等圖框之中心計算的得他 $(\Delta)x$ 及得他 y 。應用調整，同時保持參考圖框恆定。若僅存在兩個圖框，則能將任一者視為參考。對於圖框之一序列(如(例如)針對定位在樹冠下的物件所收集)，中心圖

框作為參考圖框而最佳地工作。

本文中相對於步驟408說明的相關程序能包括相對於過濾XY密度影像*i*及*j*實行的正規化交叉相關(NCC)程序。將NCC程序用於對齊二維影像在該技術中為人所熟知。因此，將不在此處詳細地說明NCC程序。然而，一般地，兩個影像*i*及*j*之交叉相關係定義為乘積：

$$\sum_{p_i \in w_i} \sum_{p_j \in w_j} p_i \otimes p_j$$

其中 p_i 係在過濾XY密度影像*i*中的關注域 w_i 之上運行的像素指數，而且同樣地 p_j 係在XY密度影像*j*中的關注域 w_j 之上的運行二維指數。在該技術中應瞭解，能藉由各種不同函數，取決於交叉相關之目的來定義表示為 $\otimes$ 的交叉相關乘積。然而，典型乘積定義之一範例將係如下：

$$p_i \otimes p_j = \sum_{w_i, w_j} (p_i p_j)$$

熟習此項技術者應瞭解上述乘積定義將提供關於兩個不同影像中含有的兩個關注區域有多類似的指示。在此方面，當交叉相關值係在在峰值時，獲得最佳相關。當然，本發明在此方面不受限制而且能使用任何另一NCC程序，只要其產生識別一平移誤差為在XY密度影像*i*與XY密度影像*j*之間的結果即可。

圖12係顯示自圖框*i*獲得的過濾密度影像之螢幕影像合成集、自圖框*j*獲得的過濾密度影像、以及藉由對此等過濾密度影像實行正規化交叉相關所獲得的一相關表面。該相關表面包括在該圖式中加以識別的一相關峰值。

在本發明之另一具體實施例中，一不同方法能用於步驟408中代替NCC程序以決定XY平移誤差。特定言之，能藉由係旋轉不變的類似性度量值來取代該NCC。熟習此項技術者應瞭解，任何適當類似性度量值均能用於此目的，只要其係旋轉不變的，或與NCC程序比較，至少對旋轉變化係不敏感的。在其中當獲得圖框i及j時相對於感測器102-j旋轉感測器102-i的姿勢之該等情形下一旋轉不變類似性度量值能係尤其有利的。

不管用以決定步驟408中的XY平移誤差之特定技術，結果將係x、y平面中的某一平移誤差向量，其定義XY平移誤差為在過濾密度影像i與過濾密度影像j之間。一旦已決定此平移誤差向量，該程序就能繼續至步驟410。在步驟410中，平移誤差向量係用以提供圖框i及j中的資料點之位置的一粗略調整以便其係至少相對於其在x、y平面中的位置而彼此接近對準。該程序接著繼續至步驟500，其中在x、y平面中的粗略對準係完成之後的圖框i、j係繼續傳遞以在z方向上進行粗略對準。

現在參考圖5中的流程圖，能觀察到，步驟500中的粗略z對齊亦能包括複數個步驟502、504、506、508及510。此等步驟一般係類似於圖4中的步驟402、404、406、408、410，在圖5中針對z方向而非x、y平面來實行粗略對齊除外。

現在參考圖5，步驟500中的z方向上的粗略對齊能以步驟502開始。在步驟502中，垂直地(即，平行於由x、z軸

所定義的平面)切片每一圖框i、j以便選擇包含3D點雲200-i、200-j的總體積之一部分。在顯示形成圖框i、j中的子體積205之平面203、204的圖2E及2F中解說此概念。此子體積205係有利地選擇為據信很可能含有一關注目標的體積。在本發明之一項具體實施例中，所選擇的圖框i、j之子體積205能包括3D點雲資料點，其對應於在由圖2中的x、z軸定義的平面之任一側上隔開預定距離的定位。例如，範圍自 $y=-3$ 米至 $y=+3$ 米的子體積能係用於偵測地面上的車輛及其他物件的方便子體積。儘管如此，應瞭解本發明在此方面不受限制。在其他情況下，可能需要選擇一子體積，其自藉由x、z軸定義的平面延伸更大或更小的距離。

在步驟504中，該方法藉由自其在點雲中的定位投影包含3D點雲200-i、200-j的各種資料點於x、z平面上而繼續。陳述另一方式，資料點之x及z數值保持相同，而將資料點之每一者的y數值設定至零。步驟504之結果係轉換包含3D點雲資料的每一圖框i、j至x、z平面中的二維圖框(XZ圖框)。圖13A係自圖框i至選定3D點雲資料之x、z平面的投影。圖13B係自圖框j至選定3D點雲資料之x、z平面的投影。

在步驟505中，3D點雲資料至圖框i及j之XZ平面的投影係用以產生XZ密度影像。XZ密度影像係以類似於以上關於XY密度影像說明的方式之方式而產生，惟在此實例中將Y之數值設定至零除外。以此方式，獲得圖框i之一XZ

密度影像，而且獲得圖框j之一XZ密度影像。

在步驟506中，該程序藉由創造過濾XZ密度影像i以及過濾XZ密度影像j而繼續。分別自圖框i之該XZ密度影像以及圖框j之該XZ密度影像來創造此等過濾XZ密度影像。步驟506中過濾XZ密度影像i、j的創造實際上涉及至少兩個步驟。簡要地，步驟506包括(1)實行XZ密度影像i、j之中值過濾，以及(2)實行中值過濾器XZ密度影像i、j之索貝爾邊緣過濾。以上相對於圖4詳細地說明此等中間步驟。因此，將不在此處重複該說明。

在步驟508中，決定Z平移誤差之粗略決定。Z平移誤差係z軸方向中的偏移或位移，其存在為在過濾XZ密度影像i中代表的影像資料與藉由過濾XZ密度影像j所代表的影像資料之間。Z平移誤差能藉由一向量來定義，該向量識別z方向偏移或位移為在兩個過濾XZ密度影像i、j之間。用於決定Z平移誤差的一個方法係藉由以類似於先前相對於步驟408說明的方式之方式對過濾XZ密度影像i、j實行一NCC操作。或者，亦能使用其他類型的類似性度量值，而非將NCC技術用於決定Z平移誤差。在此方面，應瞭解尤其在其中當獲得圖框i及j時相對於感測器102-j旋轉感測器102-i的姿勢之該等情形下，旋轉不變的類似性度量值能係有利的。

不管用以決定步驟508中的Z平移誤差之特定技術，結果將係某一向量，其將Z平移誤差定義為如在過濾XZ密度影像i與過濾XZ密度影像j之間的Z方向中的偏移。一旦已決

定此平移誤差向量，該程序就能繼續至步驟510。在步驟510中，Z平移誤差向量係用以提供圖框i及j中的資料點之位置的一粗略調整以便其係相對於其在x、z平面中的位置而彼此接近對準。然後，該程序繼續進行至步驟600(參見圖3)。

針對包含一3D點雲圖框集(圖框集)的複數個圖框對而重複以上針對包含3D點雲資料之圖框i、j說明的程序。該程序能以鄰近圖框1及2開始，其中圖框1係用作對準其他圖框的一參考圖框($i=1$)。然而，能有利的係使用一圖框集中間的一圖框作為參考圖框來開始粗略對齊程序。不同地陳述，若吾人具有25個圖框，則圖框13能用作一參考圖框($i=13$)。粗略對齊能用以將圖框14對準至圖框13，圖框15能與粗略對準的圖框14對準等。同樣地，在另一方向中，能將圖框12對準至圖框13，能將圖框11對準至粗略對準的圖框12等。熟習此項技術者應瞭解，此方法將需要圖3中的流程圖之某較小修改，因為步驟602中的圖框j之反覆將不再係單調的。

再次參考圖3，應回想繼步驟400、500及600中的粗略對齊程序之後在步驟700中實行精細對齊程序。熟習此項技術者應瞭解，存在各種傳統方法，其能用以實行對3D點雲圖框i、j的精細對齊，尤其在已完成以上說明的粗略對齊程序之後。任一此精細對齊程序均能與本發明一起使用。例如，能使用一簡單反覆方法，其涉及一全域最佳化常式。此一方法能涉及尋找x、y及z變換，其最佳地解釋在

已完成粗略對齊之後圖框i與圖框j中的資料點之間的位置關係。在此方面，最佳化常式能在尋找解釋圖框i、j中的點之對應的資料點之各種位置變換與接著尋找一位置變換之一特定反覆所給定的最接近點之間反覆。在該技術中已知的各種數學技術能應用於此問題。例如，能應用於此問題的一此數學技術係說明在由J. Williams及M. Bennamoun提供的一論文中，其名稱為「使用正交矩陣而同時對齊多點集」學報，IEEE聲音、語音及信號處理(ICASSP '00)之國際會議，其揭示內容係以引用的方式併入本文中。

現在參考圖7，精細對齊步驟700能包括以步驟710開始的若干步驟。在步驟710中，圖框i及圖框j係各細分成複數個子體積。基於精細對齊程序之目的，能選擇個別子體積，其與圖框i及圖框j的整個體積比較，在總體積上係相當較小的。例如，在一項具體實施例中，包含圖框i及圖框j的體積能劃分成16個子體積。能基於顯現在該場景內的選定物件之預期大小來選擇子體積之確切大小。

在步驟720中，該程序藉由實行特徵分析以決定在步驟710中定義的子體積之每一者的一特徵值集 λ_1 、 λ_2 及 λ_3 而繼續。在該技術中已熟知，一特徵分析能用以提供由一對稱矩陣代表的資料結構之概述。在此情況下，用以計算每一特徵值集的對稱矩陣係選擇為該等子體積之每一者中含有的點雲資料。由x、y及z數值定義每一子體積中的點雲資料點之每一者。因此，可在資料周圍繪製一橢圓體，並且能藉由三個特徵值(即 λ_1 、 λ_2 及 λ_3)來定義該橢圓體。第一

特徵值始終係最大的而且第三特徵值始終係最小的。吾人在尋找僅在此點處的結構。例如，該結構係一物件，例如一卡車或樹幹。吾人能使用圖6中的等式，並且基於瞭解哪個特徵值係最大及最小來計算特徵度量值。

用於計算特徵值的方法及技術在該技術中為人所熟知。因此，將不在此處詳細地說明該等方法及技術。然而，一般地，一子體積中的資料由XYZ點之列表組成。對產生具有係最大的 λ_1 之特徵值的資料實行特徵值分解。循序收集吾人之圖框並且因此鄰近圖框之間的方位係類似的。因此，每一特徵值 λ_1 、 λ_2 及 λ_3 將具有在0與1.0之間的一數值。

使用圖6中的表格計算特徵度量值以決定該子體積中的點雲之結構。先前針對3D點雲資料之圖框之每一者實行的粗略對準係充分的，以便自每一圖框的對應子體積能預期含有與一場景中含有的對應結構或物件相關聯的資料點。

如以上備註，特徵值係尤其可用於特徵化或概述由一對稱矩陣代表的資料結構。在本發明中，特徵值 λ_1 、 λ_2 及 λ_3 係用於計算一系列的度量值，其可用於提供由一子體積內的3D點雲形成的形狀之測量。例如，圖6中的表格識別三個度量值，其能加以計算並且顯示其如何能用於識別線、平面、曲線以及似斑點物件。一似斑點雲能加以瞭解為具有無定形形狀的三維球或塊。因此，如本文中一般參考的似斑點點雲並不包括形成一直線、一彎曲線、或一平面的點雲。

再次參考圖6，使用特徵值 λ_1 、 λ_2 及 λ_3 計算的三個度量值M1、M2及M3係如下：

$$(1) \quad M1 = \frac{\lambda_3}{\sqrt{\lambda_2 \lambda_1}}$$

$$(2) \quad M2 = \lambda_1 / \lambda_3$$

$$(3) \quad M3 = \lambda_2 / \lambda_1$$

當M1、M2及M3之數值係全部接近等於1.0時，此係該子體積含有如與平面或線形狀點雲相反之似斑點點雲的指示。例如，當一特定子體積的M1、M2及M3之數值係全部大於0.7時，能得出結論：該子體積具有似斑點點雲結構。儘管如此，熟習此項技術者應瞭解本發明在此方面不受限制。此外，熟習此項技術者將輕易地瞭解本發明並不限於所示的特定度量值。反而是，能使用任何其他適當的度量值，只要其允許似斑點點雲自定義直線、彎曲線、以及平面的點雲加以區分。

在步驟730中，特徵分析之結果及圖6中的表格係用於識別圖框i、j之限定子體積，其能最有利地用於精細對齊程序。本文中所用的術語「限定子體積」指特徵度量值所指示的在步驟710中定義的該等子體積含有似斑點點雲結構。能有利的係進一步限制限定子體積至包括充分數量的資料或內容之限定子體積。例如，能將限定子體積限於具有其中含有的至少預定數目的資料點之限定子體積。在步驟730中針對包含由一圖框集代表的鄰近及非鄰近場景兩者的複數個場景對來實行此程序。例如，場景對能包含圖

框 1、2；1、3；1、4；2、3；2、4；2、5等，其中連續編號圖框係鄰近的，而且非連續編號圖框並非鄰近的。

一旦已選擇最可用於對齊目的之限定子體積，該程序以步驟740而繼續。更特定言之，在步驟740中，該程序藉由針對該資料集中的每一場景對來識別該等限定子體積內含有的資料點之對應對而繼續。此步驟係藉由尋找一個圖框(例如圖框j)之一限定子體積中的資料點而實現，該等資料點最接近匹配自另一圖框(例如圖框i)之限定子體積的資料點之位置或定位。自限定子體積的原始資料點係用以尋找圖框對之間的對應。能使用K-D樹搜尋方法尋找圖框對之間的點對應。在該技術中已知的此方法有時係指最近相鄰者搜尋方法。

在步驟750中，同時對與該等圖框之全部相關聯的3D點雲資料實行最佳化常式。該最佳化常式係用以決定可應用於該資料集中的所有點及所有圖框的一全域旋轉、按比例調整及平移矩陣。因此，達到一全域變換而非局域圖框至圖框變換。更特定言之，一最佳化常式係用以尋找每一圖框j之旋轉及平移向量 R_iT_i ，其同時最小化在步驟740中識別的資料點之所有對應對的誤差。旋轉及平移向量係接著用於每一圖框j中的所有點以便其能與圖框i中含有的所有點對準。存在於能用於此目的、在該技術中已熟知的數個最佳化常式。例如，最佳化常能涉及同時擾動隨機近似法(SPSA)。能加以使用的其他最佳化方法包括尼德-米(Nelder Mead)單純方法、最小平方擬合方法、以及準牛頓

(Quasi-Netwon)方法。儘管如此，SPSA方法對於實行本文中說明的最佳化係較佳。此等最佳化技術之每一者在該技術中為人所知並且因此將不在此處加以詳細論述。

熟習此項技術者應進一步瞭解，本發明可體現為一資料處理系統或電腦程式產品。因此，本發明可採取一完全硬體具體實施例、一完全軟體具體實施例或組合軟體與硬體態樣之一具體實施例的形式。本發明亦可採取具有在媒體中體現的電腦可用程式碼之一電腦可用儲存媒體上的一電腦程式產品之形式。可使用任何適當電腦可用媒體，例如RAM、磁碟驅動器、CD-ROM、硬碟機、磁性儲存裝置、及/或任何另一形式的程式大量儲存器。

用於執行本發明的電腦程式碼可採用Java®、C++、或任何另一物件導向程式語言來編寫。然而，亦能採用傳統程序程式語言(例如「C」程式語言)來編寫電腦程式碼。可採用視覺導向程式語言(例如VisualBasic)來編寫電腦程式碼。

【圖式簡單說明】

圖1係可用於瞭解為何自不同感測器的圖框需要對齊之圖式；

圖2(由圖2A至2F構成)顯示能對其實行對齊程序的含有點雲資料之一範例圖框集；

圖3係可用於瞭解本發明的一對齊程序之流程圖；

圖4係顯示圖3之流程圖中的粗略XY對齊步驟之細節的流程圖；

圖 5 係顯示圖 3 之流程圖中的粗略 XZ 對齊步驟之細節的流程圖；

圖 6 係解說一特徵度量值集之使用的圖表；

圖 7 係顯示圖 3 之流程中的精細對齊步驟之細節的流程圖；

圖 8(由圖 8A 至 8B 構成)係顯示選定 3D 點雲資料至圖框 i 及 j 之 XY 平面的投影之一螢幕影像集；

圖 9(由圖 9A 至 9B 構成)係顯示針對圖框 i 及 j 獲得的 XY 密度影像之一螢幕影像集；

圖 10(由圖 10A 至 10B 構成)係顯示在中值過濾之前及之後的圖框 j 的 XY 密度影像之一螢幕影像集；

圖 11(由圖 11A 至 11B 構成)係顯示在索貝爾過濾之前及之後的圖框 j 的 XY 密度影像之一螢幕影像集；

圖 12 係一合成螢幕影像，其顯示圖框 i 的過濾 XY 密度影像、圖框 j 的過濾 XY 密度影像、以及藉由對兩個 XY 密度影像實行交叉相關所獲得的相關表面；及

圖 13(由圖 13A 及 13B 構成)係顯示選定 3D 點雲資料至圖框 i 及圖框 j 的 XZ 平面之投影的一螢幕影像集。

【主要元件符號說明】

102-i	感測器
102-j	感測器
104	目標
106	包藏材料
108	實體定位/實體區域/實體體積

200-i	3D點雲資料/3D點雲
200-j	3D點雲資料/3D點雲
201	平面
202	平面
203	子體積
205	子體積
206	平面
207	平面

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：98107882

※ 申請日：98.7.11

※IPC 分類：G06T 1/00 (2006.01)

G06T 7/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

G06T 19/00 (2006.01)

藉由創造過濾密度影像而對齊三維點雲資料

REGISTRATION OF 3D POINT CLOUD DATA BY CREATION OF
FILTERED DENSITY IMAGES

二、中文發明摘要：

一種用於對齊三維(3D)點雲資料(200-i、200-j)之兩個或兩個以上圖框的方法(300)。第一圖框(圖框i)及第二圖框(圖框j)之每一者之一密度影像係用以獲得該等影像以及因此影像至影像點對應之間的平移。使用「過濾密度」影像之相關決定每一鄰近圖框的對應。該(等)平移向量係用以實行XY平面以及Z方向之一或多者中的3D點雲資料之粗略對齊。該方法亦包括應用於3D點雲資料(200-i、200-j)的精細對齊程序。圖框(並非僅鄰近圖框)之間的對應變換係累積並且用於一「全域」最佳化常式，其企圖尋找滿足所有圖框位移的最佳平移、旋轉以及按比例調整參數。

三、英文發明摘要：

Method (300) for registration of two or more of frames of three dimensional (3D) point cloud data (200-i, 200-j). A density image for each of the first frame (frame i) and the second frame (frame j) is used to obtain the translation between the images and thus image-to-image point correspondence. Correspondence for each adjacent frame is determined using correlation of the 'filtered density' images. The translation vector or vectors are used to perform a coarse registration of the 3D point cloud data in one or more of the XY plane and the Z direction. The method also includes a fine registration process applied to the 3D point cloud data (200-i, 200-j). Corresponding transformations between frames (not just adjacent frames) are accumulated and used in a 'global' optimization routine that seeks to find the best translation, rotation, and scale parameters that satisfy all frame displacements.

七、申請專利範圍：

1. 一種用於對齊關於一關注目標的三維(3D)點雲資料之複數個圖框的方法，其包含：

獲取至少一第一圖框及一第二圖框，每一圖框含有針對一選定物件所收集的3D點雲資料；

分別藉由投影自該第一圖框及該第二圖框之每一者的該3D點雲資料至二維(2D)平面而創造該第一圖框及該第二圖框之每一者之一密度影像；

使用自該第一圖框及該第二圖框獲得的該密度影像以決定至少一個平移向量；

使用該至少一個平移向量實行該XY平面及該Z平面之至少一者中的該3D點雲資料之一粗略對齊。

2. 如請求項1之方法，其進一步包含針對對齊而排外地選擇自每一圖框的該3D點雲資料之一子體積，該子體積包括少於該3D點雲資料之一總體積。
3. 如請求項1之方法，其進一步包含藉由設定該第一圖框及該第二圖框中含有之一3D點雲中的每一資料點之一z座標值至零，來選擇該第一圖框及該第二圖框之每一者的該等密度影像為一XY密度影像。
4. 如請求項1之方法，其進一步包含藉由設定該第一圖框及該第二圖框中含有之一3D點雲中的每一資料點之一y座標值至零，來選擇該第一圖框及該第二圖框的該等密度影像為一XZ密度影像。
5. 如請求項1之方法，其進一步包含過濾該等密度影像之

每一者，以在決定該平移向量之前獲得該第一圖框及該第二圖框之每一者的一過濾密度影像。

6. 如請求項5之方法，其中決定該至少一個平移向量之該步驟進一步包含：實行自該第一圖框獲得的該過濾密度影像以及自該第二圖框獲得的該過濾密度影像之一交叉相關。
7. 如請求項6之方法，其進一步包含基於由自該第一圖框的該過濾密度影像以及該第二圖框的該過濾密度影像之該交叉相關產生的一峰值數值來決定該至少一個平移向量。
8. 如請求項1之方法，其進一步包含在該XY平面以及在一Z軸方向兩者上實行自該第一圖框及該第二圖框的該3D點雲資料之一粗略對齊。
9. 如請求項8之方法，其進一步包含對自該第一圖框及該第二圖框的該3D點雲資料實行一精細對齊程序。
10. 如請求項9之方法，其中該精細對齊程序進一步包含定義該等第一及第二圖框之每一者內的複數個子體積。
11. 如請求項10之方法，其中該精細對齊程序進一步包含識別包括3D點雲資料之選定配置的該等子體積之一或多個限定子體積。

八、圖式：

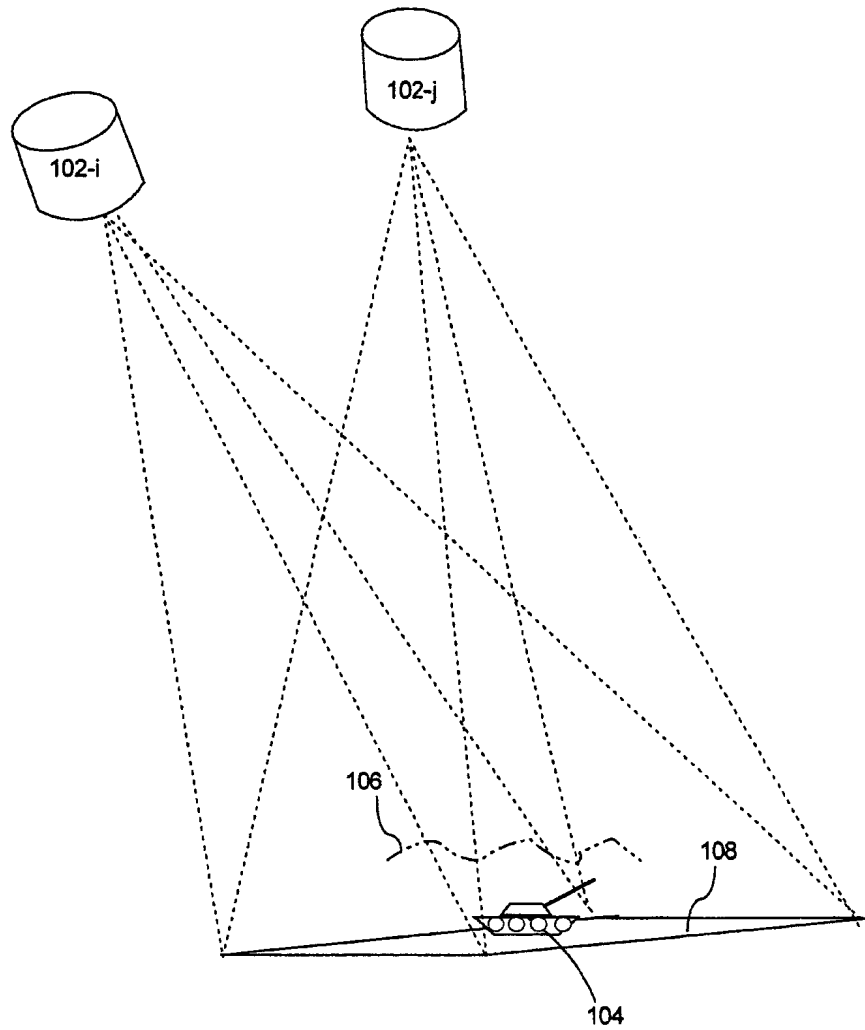


圖 1

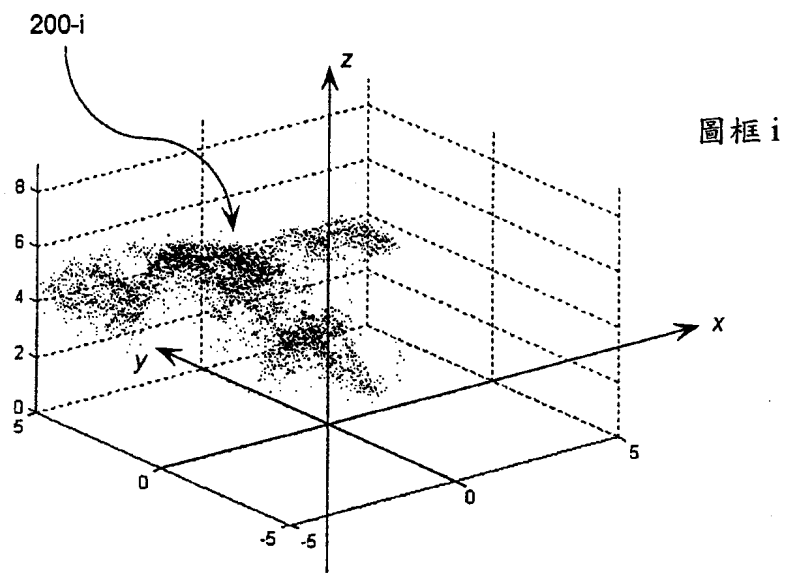


圖 2A

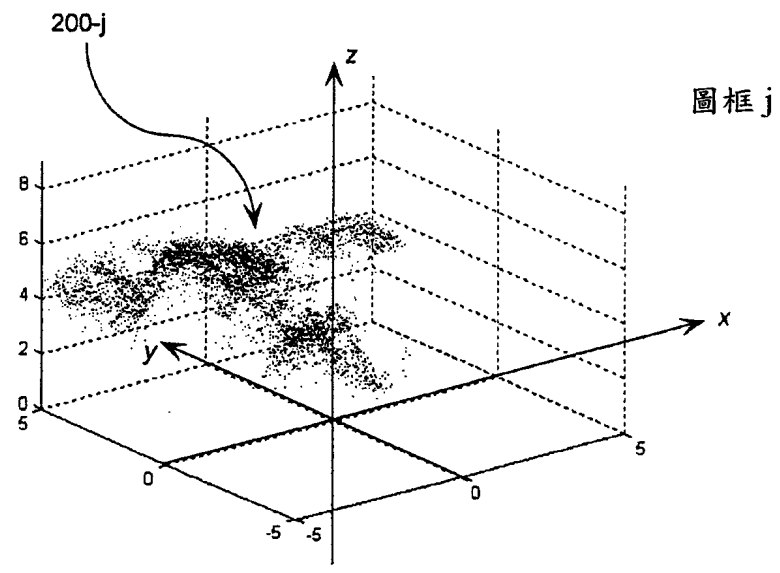


圖 2B

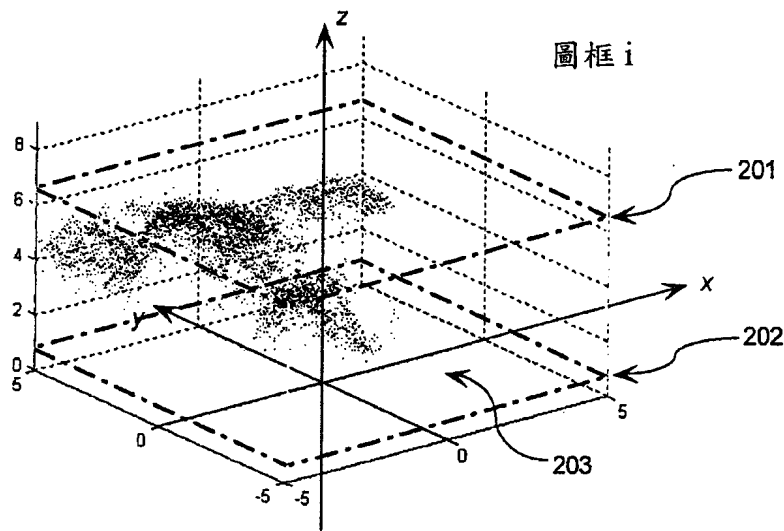


圖 2C

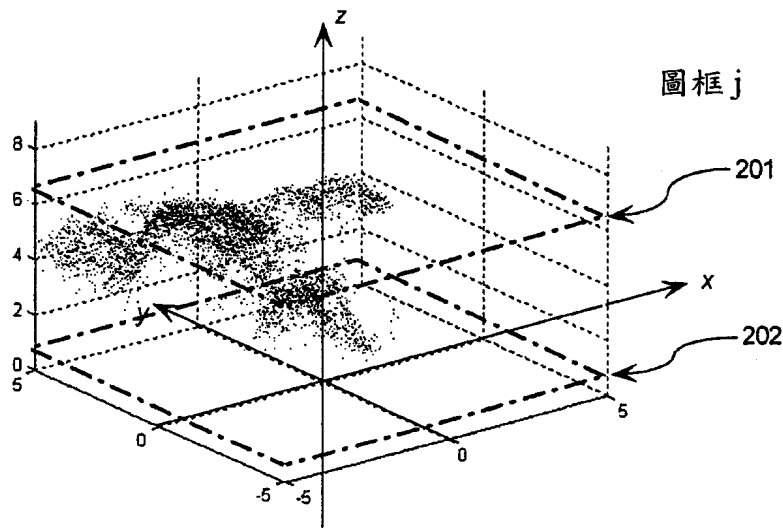


圖 2D

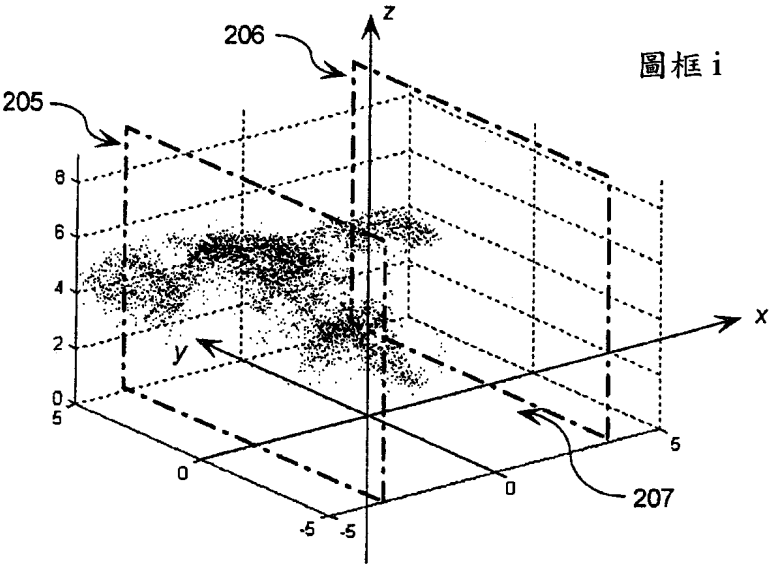


圖 2E

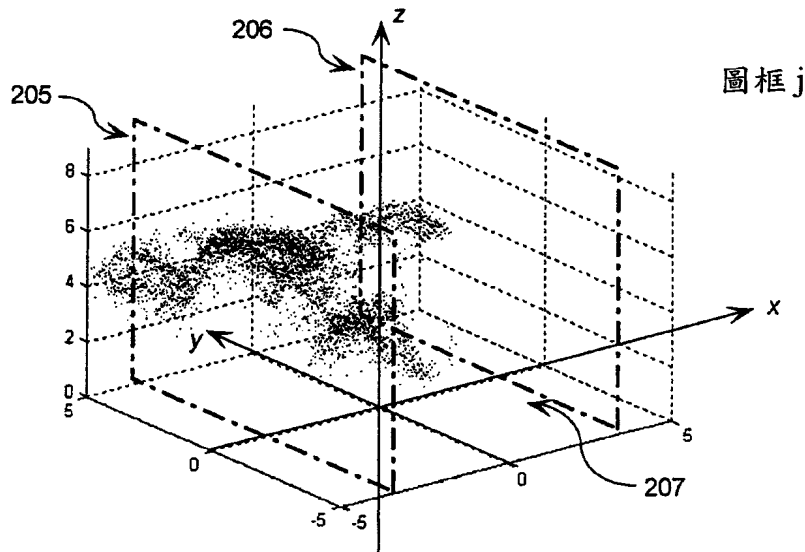


圖 2F

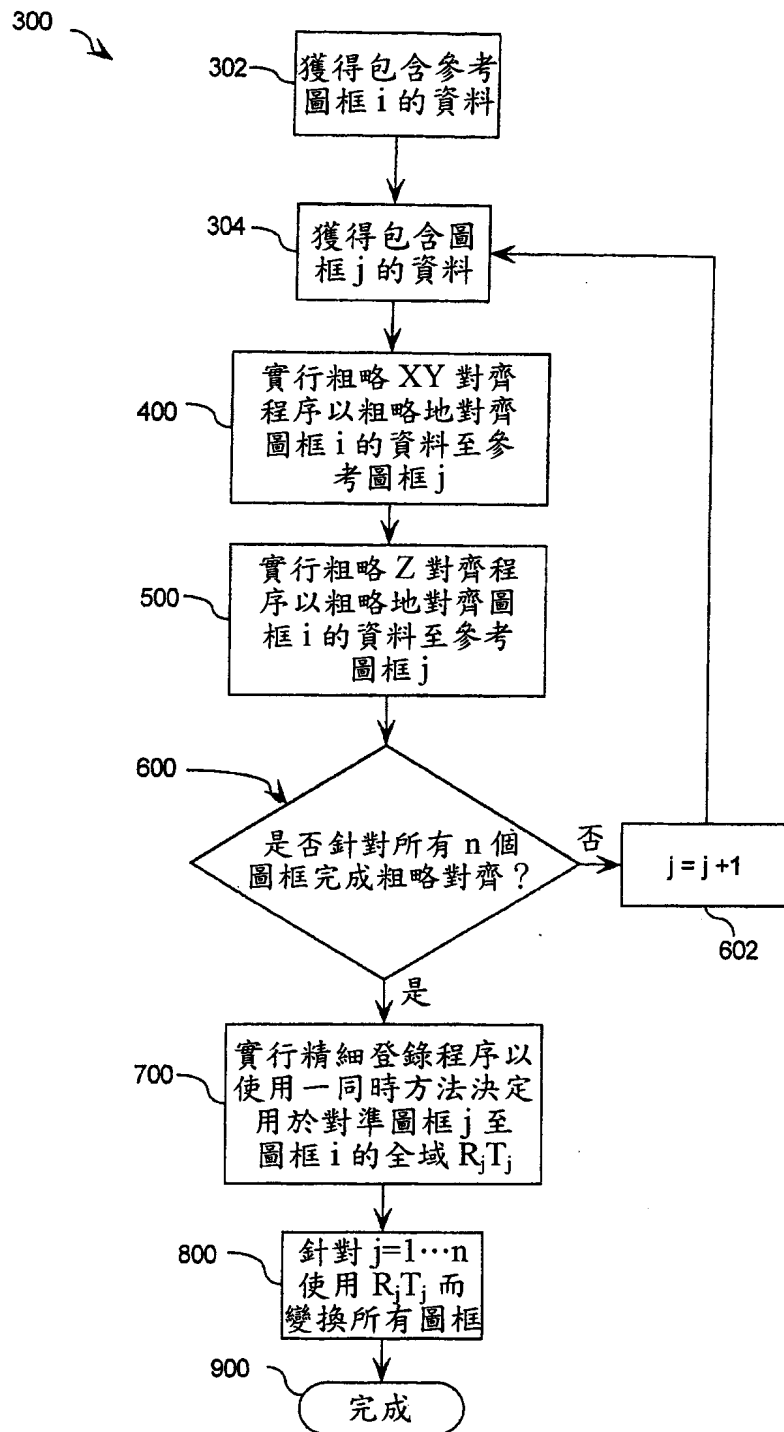


圖 3

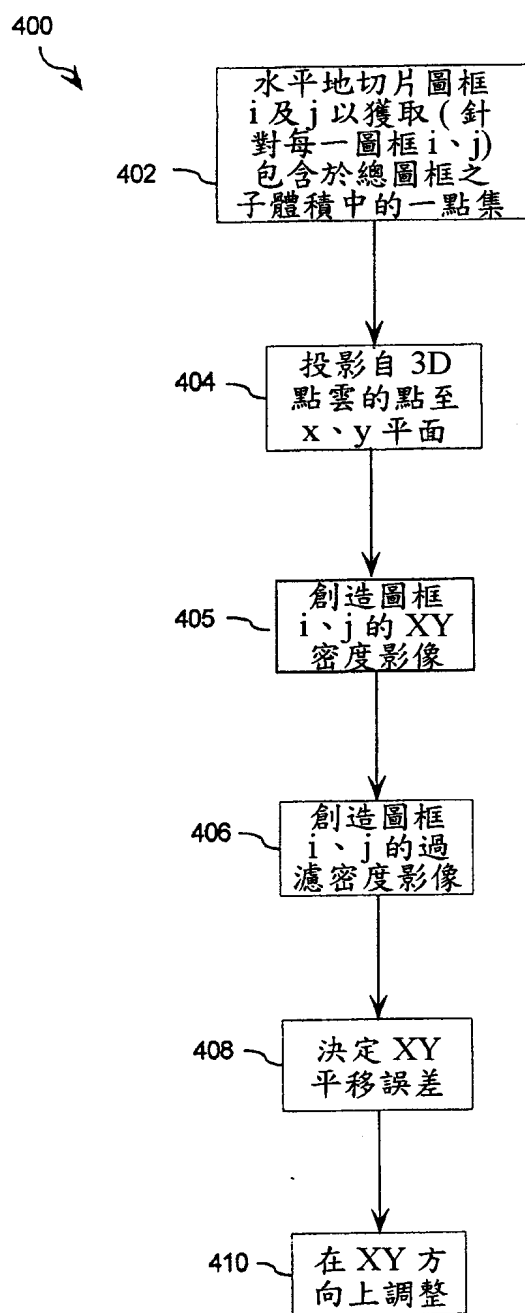


圖 4

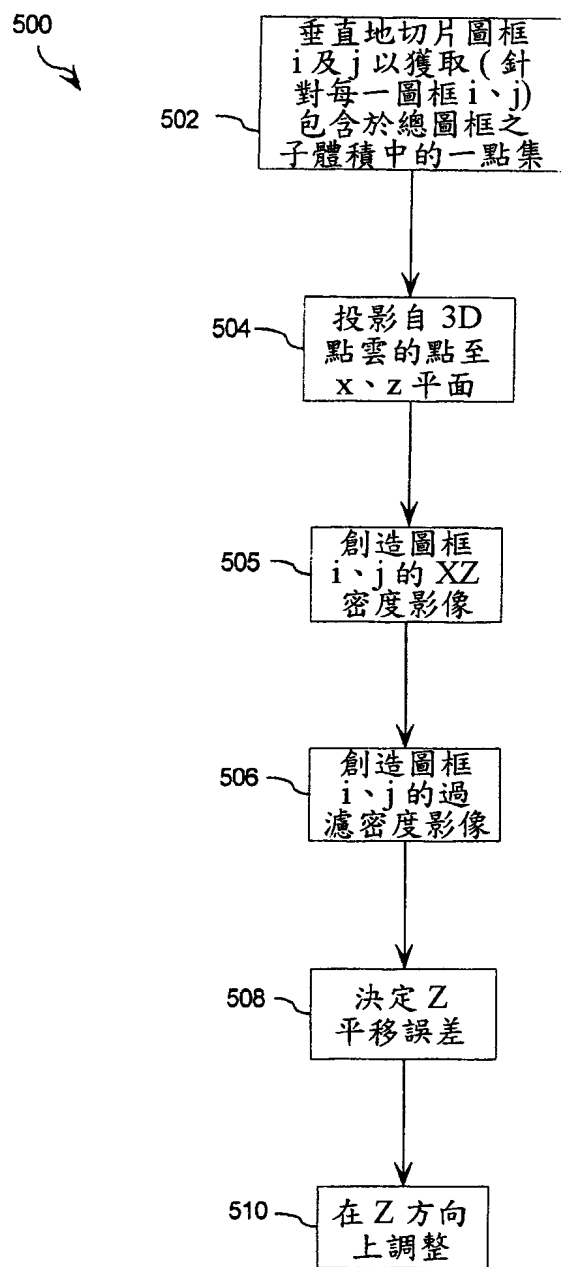


圖 5

範圍	斑點 測試 (1)	平面 (資訊) - 線 (0) 測試	線測試 (0)
度量值	$\lambda_3 / \sqrt{(\lambda_2 \lambda_1)}$	λ_1 / λ_3	λ_2 / λ_1
線	0	資訊	0.0
平面	0	資訊	0.9
曲線	0.5	2.1	0.9
斑點	1.0	1.0	1.0

圖 6

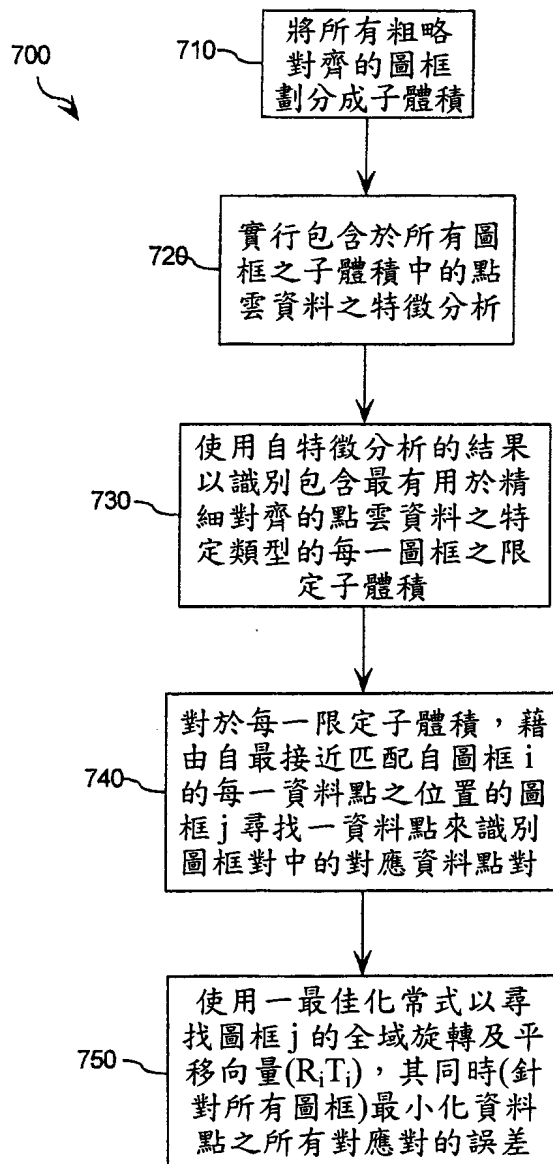


圖 7

四、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：

102-i	感測器
102-j	感測器
104	目標
106	包藏材料
108	實體定位/實體區域/實體體積

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)