



(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 201216692 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 04 月 16 日

(21)申請案號：099134753

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 10 月 12 日

(51)Int. Cl. : H04N5/225 (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：張意政 CHANG, I CHENG (TW)；黃仲陵 HUANG, CHUNG LING (TW)；劉杰宇  
LIU, CHIEH YU (TW)；王勝毓 WANG, SHENG YU (TW)

(74)代理人：林火泉

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：19 項 圖式數：6 共 21 頁

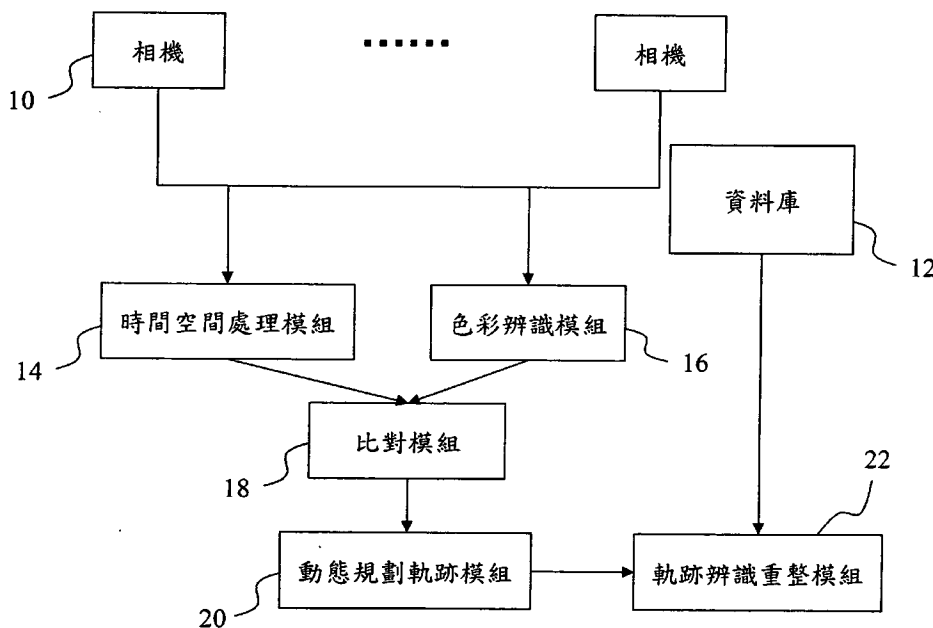
(54)名稱

多相機環境之人物追蹤連結系統及其方法

AN OBJECT TRACKING AND LINKING SYSTEM UNDER MULTIPLE DISTRIBUTED CAMERAS WITH NON-OVERLAPPING VIEWS AND METHOD THEREOF

(57)摘要

本發明提供一種多相機環境之人物追蹤連結系統及其方法，其係包含了三個主要流程：第一部份首先建立相機之監控區域中的進出口，及訓練人物在進出口間的時間空間機率分佈，並據以連結人物移動的追蹤軌跡；第二部份為以動態規劃為基礎之回溯追尋，對追蹤軌跡中的遺失軌跡進行第一次的補償性連結；第三部份為利用隱藏式馬可夫模型訓練之常態路徑，對所連接之移動軌跡進行辨識及重新組合，並對遺失軌跡進行第二次的補償性連結。



# 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：

99144953

※ 申請日：

99.10.12

※IPC 分類：

H04N 5/225

(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

多相機環境之人物追蹤連結系統及其方法 / An object tracking and linking system under multiple distributed cameras with non-overlapping views and method thereof

二、中文發明摘要：

本發明提供一種多相機環境之人物追蹤連結系統及其方法，其係包含了三個主要流程：第一部份首先建立相機之監控區域中的進出口，及訓練人物在進出口間的時間空間機率分佈，並據以連結人物移動的追蹤軌跡；第二部份為以動態規劃為基礎之回溯追尋，對追蹤軌跡中的遺失軌跡進行第一次的補償性連結；第三部份為利用隱藏式馬可夫模型訓練之常態路徑，對所連接之移動軌跡進行辨識及重新組合，並對遺失軌跡進行第二次的補償性連結。

三、英文發明摘要：

The present invention provides an object tracking and linking system under multiple distributed cameras with non-overlapping views and method thereof. The system comprises three major steps: firstly, locating the positions of entrance/exit for each camera view, establishing the spatiotemporal relationship through training process, and constructing the tracking paths of the moving objects based on the spatiotemporal and appearance models; secondly, linking the missing parts in the tracking paths through backward searching by means of dynamic programming; and thirdly, using the database trained by the Hidden Markov Models (HMMs) to recognize if the tracking paths are normal paths, and recombine the abnormal paths to perform the process of path revision.

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：

無。

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種視訊監控人物之追蹤技術，特別是指一種不重疊多相機環境之人物追蹤連結系統及其方法。

### 【先前技術】

按，目前的多相機人物監控研發現況可區分為兩種，一種是不同台相機的可視區域有重疊的情況(overlapping fields of view)，另外一種是每一台的相機可視區域都沒有重疊的情況，因為現實環境中可視區域沒有重疊的情況應用範圍較廣，所以本專利著重於非重疊的情況。

Javed 和 Shafique 在 2005 年所提出之“Tracking across Multiple Cameras with Disjoint Views”使用了顏色直方圖和已經訓練好兩台相機之間的時間機率分佈做為主要的特徵，之後融合這兩個特徵做為判斷兩台這影機中的兩個物件是同一個物件的機率是多少，由於相機經常會受到光線的影響，所以他們也有使用了亮度的變換函數(Brightness Transfer-Functions)去做光線的校準。

由於只用顏色直方圖來代表一個物件的外觀能提供的資訊有限，所以有的研究嘗試增加外觀的特徵。Piccardi 和 Member 在 2007 年年所提出“Disjoint track matching based on a major color spectrum histogram representation”中是使用了主要顏色頻譜直方圖(Major Color Spectrum Histogram)去表示物件的顏色分佈，結果比單用顏色直方圖的比對較為準確。另外有些研究使用了人體的身高或步伐來做為比對的特徵，但由於一般相機和人物移動的相對角度不固定，因此並非每一台相機都可以很準確的取出這些特徵，所以身高和步伐只能在限制較大的情況下才可以使用。

Song et al.在 2008 年所發表之“Robust Tracking in A Camera Network: A Multi-Objective Optimization Framework”提出了路徑平滑函數(Path Smoothness Function)，可以找出路徑可能因光線變化造成錯誤連接的地方，加以校準成為正確的路徑。

因此，本發明即提出一種多相機環境之人物追蹤連結系統及其方法，以克服上述該等問題，具體架構及其實施方式將詳述於下。

### 【發明內容】

本發明之主要目的在提供一種多相機環境之人物追蹤連結系統及其方法，其可在非重疊視角之多相機環境中對於人物的移動予以紀錄，並針對特定人物進行追蹤連結而產生跨相機的追蹤軌跡。

本發明之另一目的在提供一種多相機環境之人物追蹤遺失連結補償性方法，其係利用動態規劃概念及隱藏式馬可夫模型對遺失的追蹤軌跡進一步的補償性追蹤，提高人物追蹤的正確率。

為達上述之目的，本發明提供一種多相機環境之人物追蹤連結系統，包括複數監控範圍不重疊之相機、一時間空間處理模組、一色彩辨識模組、一比對模組、一動態規劃軌跡模組及一軌跡辨識重整模組，其中相機係擷取監控範圍內之影像，並將對應清單儲存於一資料庫中以記錄進出監控範圍之移動物件，時間空間處理模組可訓練每一相機之監控範圍產生至少一出入口區域，並產生相機之間的時間機率分佈；色彩辨識模組係比對同一監控範圍或不同監控範圍內二移動物件之色彩相似度，再利用比對模組依據時間機率分佈及色彩相似度從對應清單中找出最相像的移動物件；動態規劃軌跡模組係當移動物件在各監控範圍之軌跡有缺失時，以回溯方式找

出缺失的部分軌跡；軌跡辨識重整模組進一步利用隱藏式馬可夫模型所建立的資料庫來判斷所追蹤路徑是否為常態路徑，並將非常態路徑予以可能性的組合，藉以修正移動物件之軌跡路徑。

本發明另提供一種多相機環境之人物追蹤連結方法，包括下列步驟：利用複數相機擷取不同監控範圍之影像；依據移動物件進出監控範圍之時間機率分佈及移動物件之色彩相似度，從一對應清單中找出最相像的移動物件；利用一動態規劃軌跡模組將移動物件在各監控範圍間所缺失之軌跡以回溯方式找出並連結；以及利用一軌跡辨識重整模組訓練出複數常態路徑，結合監控範圍之影像，判斷移動物件之軌跡是否符合常態路徑，以修正移動物件之軌跡。

底下藉由具體實施例詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

### 【實施方式】

本發明提供一種多相機環境之人物追蹤連結系統及其方法，可在非重疊視角之多相機環境中進行人物追蹤記錄，特別是可進一步針對錯誤連結進行再修正，以提高追蹤人物移動時的正確率。

第 1 圖為本發明多相機環境之人物追蹤連結系統之架構圖，包括複數相機 10、至少一資料庫 12、一時間空間處理模組 14、一色彩辨識模組 16、一比對模組 18、一動態規劃軌跡模組 20 及一軌跡辨識重整模組 22。第 2 圖為本發明多相機環境之人物追蹤連結方法之流程圖，請同時參考第 1 圖及第 2 圖，在步驟 S10 中複數相機 10 擷取監控範圍內之影像，此相機 10 係架設於建築物內，各自之監控範圍均不重疊；步驟 S12 將每一相機 10 各

自之一對應清單(handover list)儲存在資料庫 12 中，此對應清單記錄進出監控範圍之人物。

接著在步驟 S14 中，時間空間處理模組 14 藉由已錄製好的影片資料訓練出每一台相機 10 在畫面上的出入口區域(exit/entry)，建立相機 10 之間的拓樸關係，假設在建築物中共有八台相機，其監控區域如第 3 圖中所示，分別為相機 1 之監控範圍到相機 8 之監控範圍，而拓樸關係為各監控範圍之連線，接著訓練出每台相機 10 區域和區域的時間與空間關係，亦即當被追蹤的人從某一台相機的出口區走出去並從另一台相機的入口區走進來，便可訓練出在這兩區之間的時間機率分佈，如第 4 圖所示。

除了時間機率分佈之外，顏色的相似度也是一個用來辨識物件相關性的特徵，在步驟 S16 中，色彩辨識模組 16 係比對同一監控範圍或不同監控範圍內二移動物件之色彩相似度；在此步驟中，首先會追蹤相機畫面中移動的物件，並將其標示出來，藉由比較兩個物件其色彩直方圖(color histograms)的相似度來計算其相關性，此相似度的計算是採用巴氏係數(Bhattacharyya coefficient)，定義如下式(1)：

$$\rho(p, q) = \sum_{u=1}^{256} \sqrt{p^{(u)} q^{(u)}} \quad (1)$$

其中  $p(u) = \{p^{(u)}\}_{u=1 \dots 256}$  和  $q(u) = \{q^{(u)}\}_{u=1 \dots 256}$  分別是兩個物件的色彩直方圖， $\rho$  愈大代表兩個色彩直方圖也愈相似，兩個物件就愈有可能是同一個人。因為色彩是一個重要的比較特徵，故每一台相機所拍攝的影像色彩需要進行色彩校正以避免因像機的不同而有太大的色彩偏差。

再利用比對模組 18 依據時間機率分佈及色彩相似度從對應清單中找出

最相像的移動物件。本發明之技術結合顏色的相似度和時間機率分佈來計算不同相機內所追蹤人物的相關程度分數，當此分數超過一預設之門檻值時，這兩個物件即可視為同一個物件。舉例而言，假設一位人員 A 進入了相機的畫面中，將此人員 A 視為一物件  $O_A$ ， $O_A$  由兩個獨立的特徵所組成：時間空間的特徵  $O_A(st)$  和外表的特徵  $O_A(app)$ ，所以需要從對應清單  $H$  中找到最可能對應的人  $O_h$ ，其搜尋的方程式為下式(2)：

$$\begin{aligned}\phi &= \arg \max_{h \in H} \ln P(O_A, O_h) \\ &= \arg \max_{h \in H} (\ln P(O_A, (st), O_h(st))^w \times \ln P(O_A, (app), O_h(app))^{1-w}) \\ &= \arg \max_{h \in H} [w \times \ln P(O_A, (st), O_h(st)) + (1-w) * \ln P(O_A, (app), O_h(app))] \quad (2)\end{aligned}$$

其中  $P(O_A, (app), O_h(app))$  代表色彩直方圖的相似度， $P(O_A, (st), O_h(st))$  代表時間機率分佈， $w$  是時間空間特徵的權重。

步驟 S18 為利用動態規劃軌跡模組 20 以動態規劃為基礎之遺失軌跡連結。在步驟 S14~S16 中之連結方式可將大部分的人物行走軌跡串接起來，但有時可能會因為不同的相機所處環境光線的變化或人物停留在未監控區過久而導致相似度過低，產生軌跡連接上的錯誤，因此步驟 S18 即進一步提出使用動態規劃的回溯方法來來連結這些失去的追蹤片段。

為了解決連接上的錯誤，首先我們使用動態規劃驗算法找出從一監控區域到另一監控區域的機率最高的路徑，這是一種階梯式的回溯過程，以第 5 圖為例，假設相機 1、2、3 中都可找到物件 A，但在相機 4、5 中沒有物件 A，代表相機 3、4 之間的軌跡遺失，則在相機 4 之監控範圍內找出和物件 A 最相似的那一個物件 B，通常會回溯兩到三層。將所觀察的物件 A



和物件 B 可能是同一人的機率表示為  $p(O_A, O_B)$ ，由於可能是相機 4 和相機 3 光線變化過大導致顏色的差異過大，致使相機 3、4 中之物件被辨識為不同物件，故將相機 4 的物件和往前回溯兩到三層，和相機 2 比較相似度，如果有超過一門檻值即可將相機 3 及相機 4 此兩段軌跡給串接在一起，形成完整的追蹤路徑，達到補償串連遺失路徑之目的。

接著在步驟 S20~S22 為利用軌跡辨識重整模組 22 將正常視訊軌跡進行辨識與重整。通常人們一般例行性活動較容易集中在特定的區域及路徑，例如在辦公室和餐廳間的活動路徑，這些我們定義為「常態路徑」。本發明運用隱藏式馬可夫模型(Hidden Markov Models, HMMs)從相機擷取之影像來訓練常態路徑，並進一步利用訓練後的隱藏式馬可夫模型確認現有的連結視訊的組合是否符合常態路徑，若屬非常態路徑，則將進行重新串連這些路徑，並以訓練好的資訊來修正人物行走的軌跡路徑。

首先透過一段時間的視訊影像錄製及分析，並將一些人員經常行走的路徑定義為常態路徑。而後，運用隱藏式馬可夫模型來訓練這些常態路徑，建立常態路徑的資料庫。若一個隱藏式馬可夫模型由 A(進出口移轉機率)、B(進出口觀察機率)、及  $\pi$ (初始進出口機率分佈)來表示，假設人物的路徑為長度為 N 的出入口序列  $S = \{z_0, z_1, z_2, z_3, \dots, z_N\}$ ，而其相關的觀察機率序列為  $O = \{O_0, O_1, O_2, O_3, \dots, O_N\}$ ，則 S 的機率為下式(3)：

$$P(S) = \pi_{z_0} b_{z_0}(O_0) a_{z_0 z_1} b_{z_1}(O_1) a_{z_1 z_2} b_{z_2}(O_2) a_{z_2 z_3} \dots b_{z_{N-1}}(O_{N-1}) a_{z_{N-1} z_N} \quad (3)$$

其中  $\pi_{z_0}$  為出入口初始狀態機率， $b_{z_i}(O_i)$  為  $O_i$  的觀察機率，而  $a_{z_i z_j}$  為出入口轉換機率。

每一條常態路徑都會是一組隱藏式馬可夫模型，當系統產生追蹤路徑

時，軌跡辨識重整模組 22 會去識別這一條路徑是否屬於其中的哪一組隱藏式馬可夫模型，然後選擇機率最高的隱藏式馬可夫模型而且計算輸出的機率。如果輸出的機率有高於一門檻值，那麼相對應的該組隱藏式馬可夫模型就可判別為是一條常態路徑，反之，若沒有高於門檻值則判別為是一條非常態路徑。在判斷步驟 S16 所建立的追蹤路徑後，系統會將所搜尋到的非常態路徑進一步施行可行性的串連組合，以形成多組新的追蹤路徑暫存於資料庫中，然後再次透過隱藏式馬可夫模型去計算新的路徑是否為常態路徑，若經判斷為常態路徑，則產生新的追蹤連結路徑。

第 6 圖所示為一人物走過四台相機的追蹤實施例之示意圖，假設相機之監控區域路徑 1-2-3-4 為人員的行走路徑，但在相機 3 和相機 4 之間因停留時間過久導致被分成二個別的物件，因而產生連結上的錯誤。此時，本發明先利用隱藏式馬可夫模型所建立的訓練資料庫辨別路徑 1-2 和路徑 3-4 是否為常態路徑，若此兩路徑被判別為非常態路徑，但將此二條非常態路徑串接成一新路徑 1-2-3-4 時，其卻被判定為常態路徑，代表物件 A 和物件 B 可能是同一人，接著再去判斷顏色的特徵是否有高於門檻值，或是時間特徵是否有高於門檻值，若其中之一大於門檻值就可以識別物件 A 和物件 B 為同一個人。

綜上所述，本發明提供之多相機環境之人物追蹤連結系統及方法係建立人物在各相機之監控範圍進出之時間及空間關係，並以動態規劃為基礎之遺失軌跡連結技術，配合常態路徑之訓練，可解決因人物外觀或環境光線變化或者是應為人物停留在無法監視區域時間過久而產生的追蹤錯誤，提高監控追蹤的準確率。

唯以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，並非用來限定本發明實施之範圍。故即凡依本發明申請範圍所述之特徵及精神所為之均等變化或修飾，均應包括於本發明之申請專利範圍內。

**【圖式簡單說明】**

第 1 圖為本發明多相機環境之人物追蹤連結系統之架構圖。

第 2 圖為本發明多相機環境之人物追蹤連結方法之流程圖。

第 3 圖為一多相機環境之實施例示意圖。

第 4 圖為第 3 圖所示之多相機環境的時間機率分佈直方圖。

第 5 圖為以動態規劃為基礎回溯找出遺失軌跡之示意圖。

第 6 圖為將各相機監控範圍之視訊影像軌跡進行辨識與重整之示意圖。

**【主要元件符號說明】**

10 相機

12 資料庫

14 時間空間處理模組

16 色彩辨識模組

18 比較模組

20 動態規劃軌跡模組

22 軌跡辨識重整模組

七、申請專利範圍：

1. 一種多相機環境之人物追蹤連結系統，包括：

複數相機，其監控範圍不重疊，用以擷取該等監控範圍內之影像，並將

每一該相機之一對應清單儲存於一資料庫中，以記錄進出該監控範圍之複數移動物件；

一時間空間處理模組，訓練每一該相機之該監控範圍內具有至少一出入口區域，並產生該等相機之間的時間機率分佈；

一色彩辨識模組，辨識同一監控範圍或不同監控範圍內二該移動物件之色彩；

一比對模組，依據該空間時間相似度及該色彩相似度從該對應清單中找出最相像的移動物件；

一動態規劃軌跡模組，當該移動物件在各監控範圍之軌跡有缺失時以回溯方式找出；以及

一軌跡辨識重整模組，訓練出複數常態路徑，結合該等相機之影像以修正該等移動物件之軌跡。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之多相機環境之人物追蹤連結系統，其中該時間機率分佈包含該等相機之間的一拓樸關係以及一行走時間關係。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之多相機環境之人物追蹤連結系統，其中該色彩辨識模組係利用巴氏係數(Bhattacharyya Coefficient)計算該色彩相似度。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之多相機環境之人物追蹤連結系統，其中該比對模組係結合該色彩相似度和該時間機率分佈來計算不同之該相機內

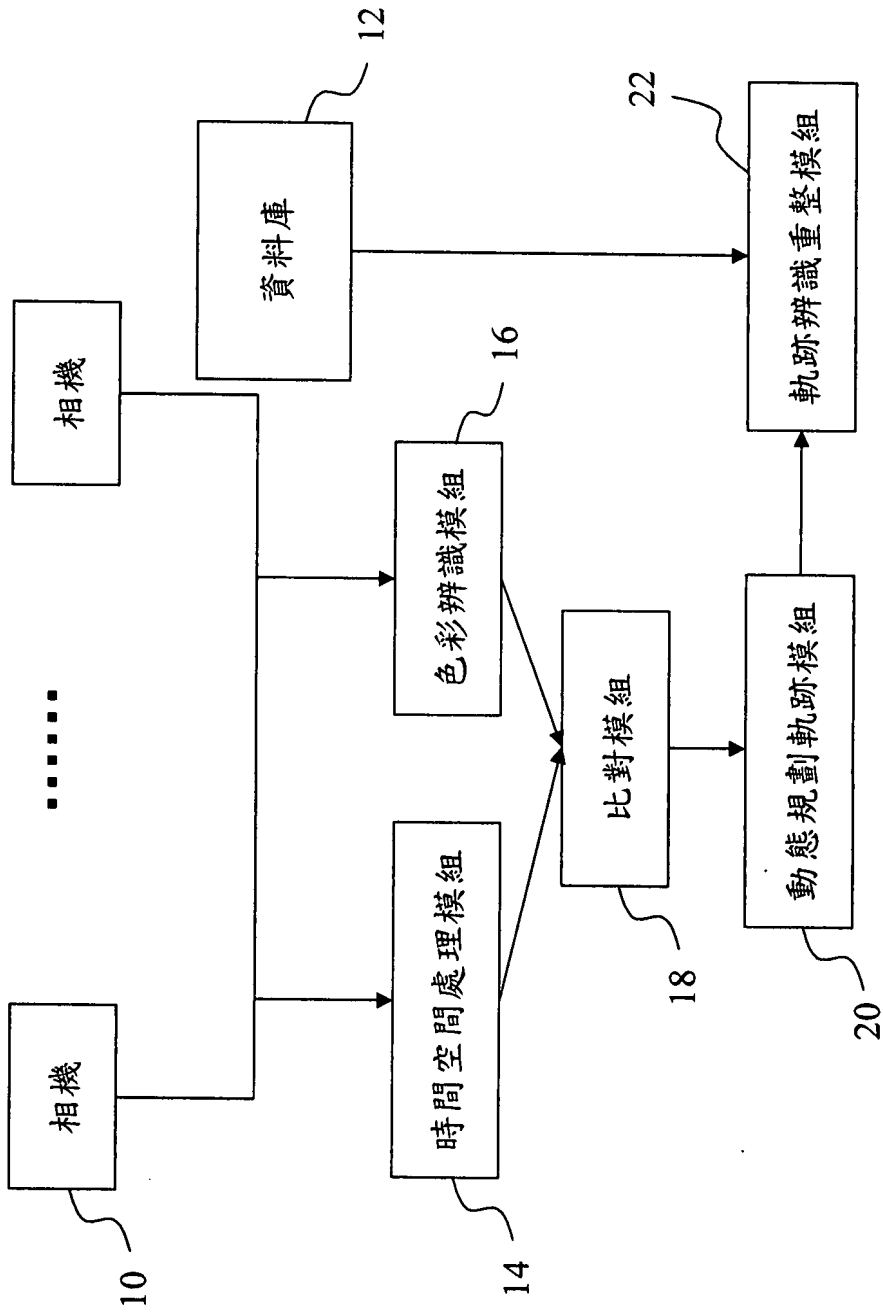
所追蹤之二移動物件的相關程度分數，當該分數超過一門檻值時，該二移動物件可視為同一物件。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之多相機環境之人物追蹤連結系統，其中該動態規劃軌跡模組係利用一動態規劃驗算法找出二段軌跡之間所失去的一移動物件之軌跡，藉由回溯到上一層之監控範圍去比對該二軌跡中該移動物件之該色彩相似度，判斷該分數是否超過該門檻值，以決定該二軌跡中之該移動物件是否為同一物件，及是否可將該二段軌跡串接在一起。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之多相機環境之人物追蹤連結系統，其中該軌跡辨識重整模組係利用一隱藏式馬可夫模型(Hidden Markov Model, HMM)訓練複數常態路徑。
7. 如申請專利範圍第 6 項所述之多相機環境之人物追蹤連結系統，其中該軌跡辨識重整模組更利用訓練後的該隱藏式馬可夫模型確認現有的該等監控範圍之組合是否符合該等常態路徑，據以修正該移動物件之軌跡路徑。
8. 如申請專利範圍第 6 項所述之多相機環境之人物追蹤連結系統，其中該等常態路徑係儲存於一資料庫中，每一該常態路徑為一組隱藏式馬可夫模型。
9. 如申請專利範圍第 6 項所述之多相機環境之人物追蹤連結系統，其中該常態路徑之判斷係依據該等移動物件在該等監控範圍之該出入口區域進出之機率是否大於一預設門檻值，若否則為一非常態路徑。
10. 一種多相機環境之人物追蹤連結方法，包括下列步驟：

- (a)利用複數相機擷取不同監控範圍之影像，並將每一該相機之一對應清單儲存於一資料庫中，以記錄進出該監控範圍之複數移動物件；
  - (b)依據該等移動物件進出該等監控範圍之一時間機率分佈及該等移動物件之一色彩相似度，從該對應清單中找出最相像的移動物件；
  - (c)利用一動態規劃軌跡模組將該移動物件在各監控範圍間所缺失之軌跡以回溯方式找出並連結；以及
  - (d)利用一軌跡辨識重整模組訓練出複數常態路徑，結合該等監控範圍之影像，判斷該等移動物件之軌跡是否符合該等常態路徑，以修正該等移動物件之軌跡。
- 11.如申請專利範圍第 10 項所述之多相機環境之人物追蹤連結方法，其中該色彩相似度係利用一色彩辨識模組以巴氏係數(Bhattacharyya Coefficient)計算比對同一監控範圍或不同監控範圍內之二該移動物件之顏色。
- 12.如申請專利範圍第 10 項所述之多相機環境之人物追蹤連結方法，其中該時間機率分佈係利用一時間空間處理模組訓練每一該相機之該監控範圍，以產生至少一出入口區域，並產生該移動物件在該等相機之間進出的該時間機率分佈。
- 13.如申請專利範圍第 10 項所述之多相機環境之人物追蹤連結方法，其中該時間機率分佈包含該等相機之間的一拓撲關係以及一行走時間關係。
- 14.如申請專利範圍第 10 項所述之多相機環境之人物追蹤連結方法，其中該步驟(b)係結合該色彩相似度和該時間機率分佈來計算不同之該相機內所追蹤之二移動物件的相關程度分數，當該分數超過一門檻值時，該二移動物件可視為同一物件。

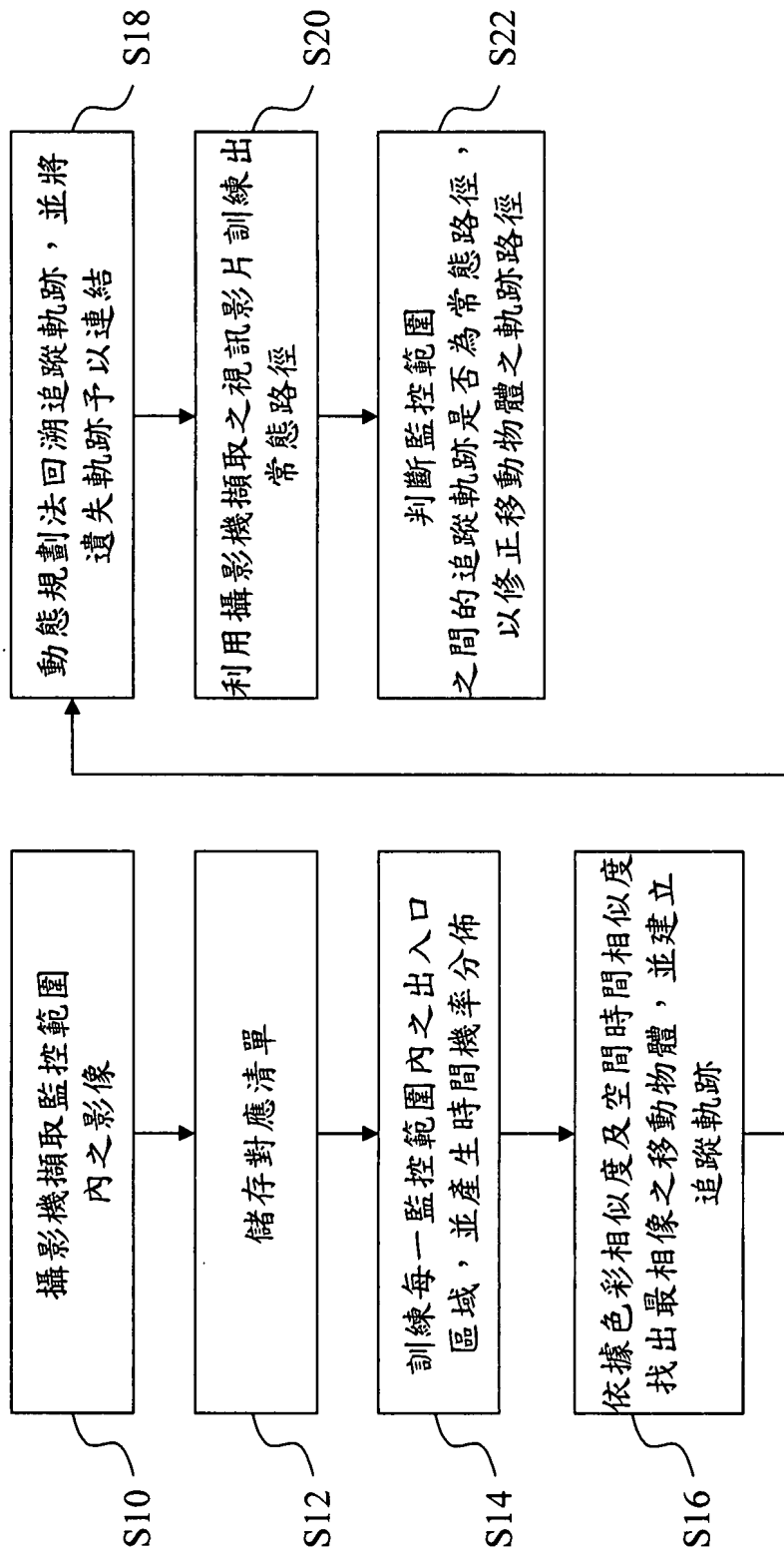
- 15.如申請專利範圍第 14 項所述之多相機環境之人物追蹤連結方法，其中該動態規劃軌跡模組係利用一動態規劃驗算法找出二段軌跡之間所失去的一移動物件之軌跡，藉由回溯到上一層之監控範圍去比對該二軌跡中該移動物件之該色彩相似度，判斷該分數是否超過該門檻值，以決定該二軌跡中之該移動物件是否為同一物件，及是否可將該二段軌跡串接在一起。
- 16.如申請專利範圍第 10 項所述之多相機環境之人物追蹤連結方法，其中該軌跡辨識重整模組係利用一隱藏式馬可夫模型(Hidden Markov Model, HMM)訓練複數常態路徑。
- 17.如申請專利範圍第 16 項所述之多相機環境之人物追蹤連結方法，其中該軌跡辨識重整模組更利用訓練後的該隱藏式馬可夫模型確認現有的該等監控範圍之組合是否符合該等常態路徑，據以修正該移動物件之軌跡路徑。
- 18.如申請專利範圍第 10 項所述之多相機環境之人物追蹤連結方法，其中該常態路徑之判斷係依據該等移動物件在該等監控範圍之該出入口區域進出之機率是否大於一預設門檻值，若否則為一非常態路徑。
- 19.如申請專利範圍第 16 項所述之多相機環境之人物追蹤連結方法，其中該等常態路徑係儲存於一資料庫中，每一該常態路徑為一組隱藏式馬可夫模型。

八、圖式：

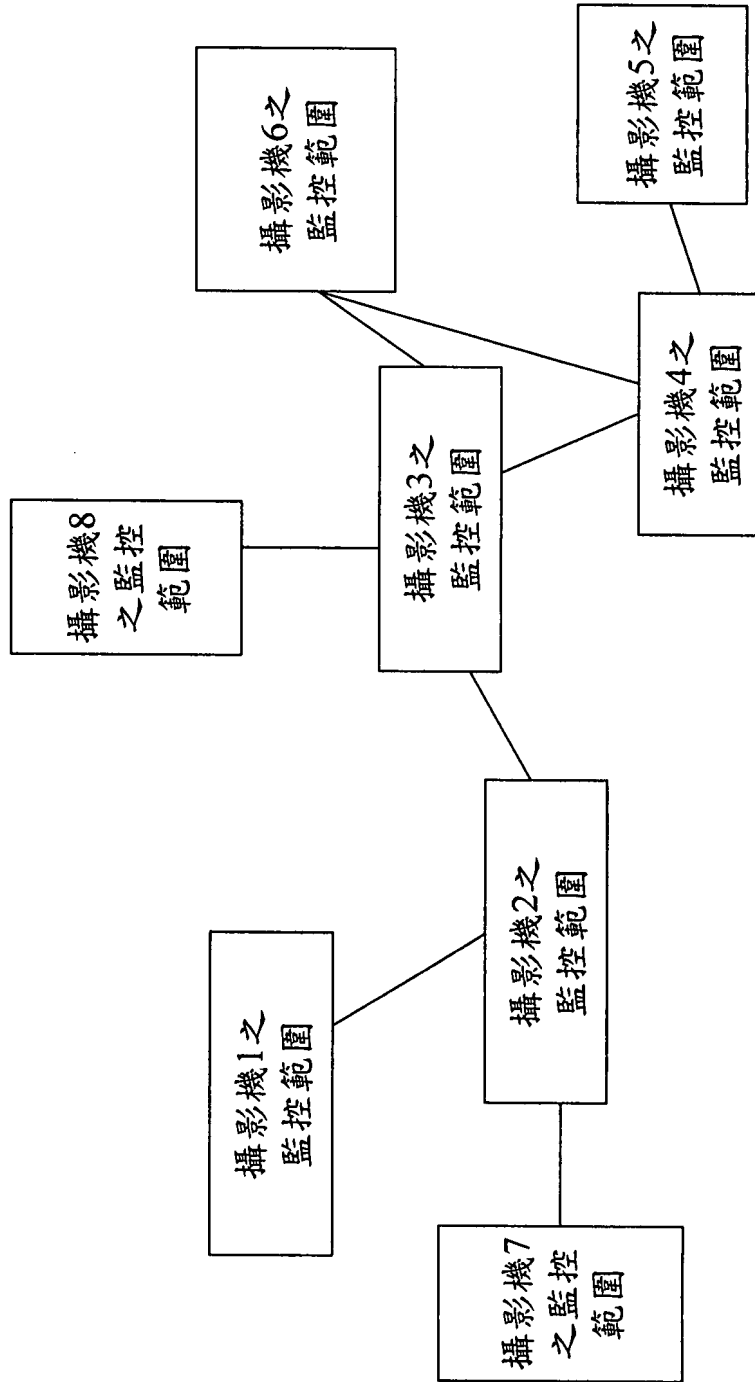


第 1 圖

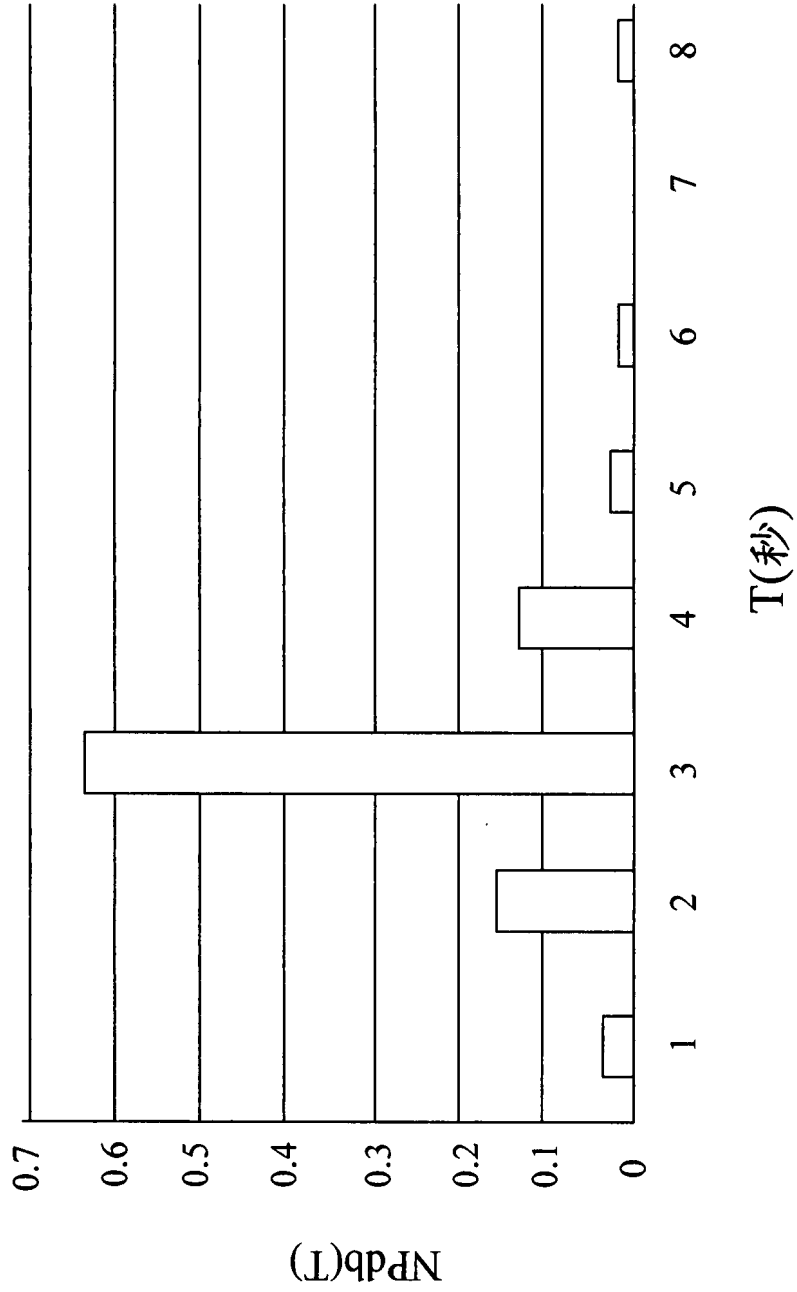




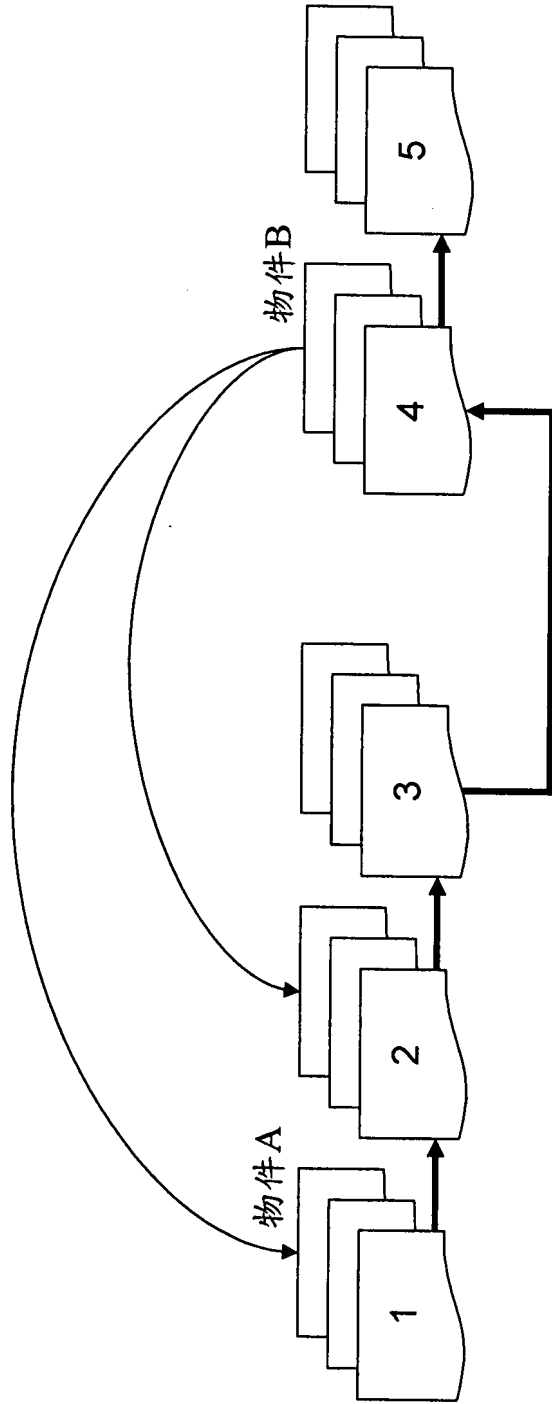
第 2 圖



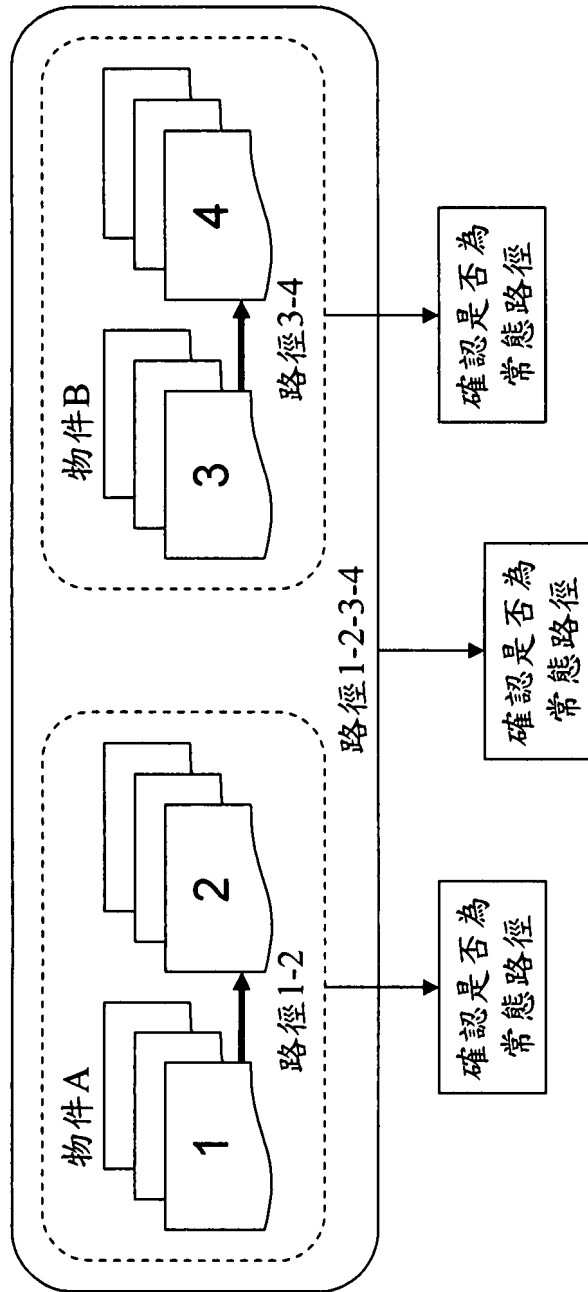
第 3 圖



第4圖



第 5 圖



第 6 圖