

# A Novel Method for AR Demonstration of Rigid Objects Stored in Museum

Tsun-Te Liu<sup>1</sup>, Yuan-Sheng Wang<sup>1, a</sup>, Yi-Min Fanchiang<sup>1</sup>, Chia-Hsiung Chang<sup>1</sup>, and Ching-Tang Hsieh<sup>2, b, \*</sup>

<sup>1</sup> Dep. of Physical Education, Tamkang University, New Taipei, Taiwan

<sup>2</sup> Dep. of Electrical Engineering, Tamkang University, New Taipei Taiwan

<sup>a</sup>119391@mail.tku.edu.tw, <sup>b</sup> hsieh@ee.tku.edu.tw

Corresponding Author : \*Ching-Tang Hsieh

**Keywords:** AR Demonstration, SURF, CAMShift.

**Abstract.** Due to the continuous progress of digital video and audio technology, the historical monuments, relics and works in the museum have been digitalized and stored as a part of digital archives. In the past time, digital archives was displayed with the way of plane format like picture. For the three-dimensional format, it is still restricted by the traditional printing technology and can't show the normal three-dimensional information in the exhibition. In this paper, first, we utilize intelligent mobile device with camera to catch object images and convey them to the back-end server by cloud computing communication technologies. And then we use CAMShift(Continuously Adaptive Mean Shift) method with SURF(speeded-up robust features) parameters for object tracking and object recognition on the back-end server. Finally, the corresponding AR(augmented reality) video demonstrations of being recognized object from database is retrieved and transmitted back to the user's device through cloud computing technology to enhance the visual effect of demonstration. Experimental results shows that, these video object images taken under any complex background condition including luminance effect, or from different angles and distance are obtained good and robust recognition results, but also with real-time effect in video demonstrations of 3D display.

## 新的博物館典藏物件的擴增實境展示手法

劉宗德<sup>1</sup>, 王元聖<sup>1, a</sup>, 范姜逸敏<sup>1</sup>, 張家雄<sup>1</sup>, 謝景棠<sup>2, b, \*</sup>

<sup>1</sup>淡江大學體育事務處, 新北市, 臺灣

<sup>2</sup>淡江大學電機工程學系, 新北市, 臺灣

<sup>a</sup>119391@mail.tku.edu.tw, <sup>b</sup> hsieh@ee.tku.edu.tw

通訊作者 : \*謝景棠

**关键词:** 虛擬實境; 加速強健特徵; 物件追蹤法

**中文摘要.** 在數位影音技術不斷進步的現在，博物館內所收藏的歷史古蹟、文物與作品，也在影響下漸漸將這些收藏的文物數位化，作為數位典藏的一部分。過去的數位典藏都是以平面方式呈現，若需以現代之3D技術呈現其內容時，仍會受到傳統印刷式的限制，而無法呈現應有的3D資訊。首先，本文使用智慧型行動裝置擷取影像並以雲端通訊技術傳送至後端伺服器。其次對萃取的加速強健特徵 (speeded-up robust features, SURF) 利用CAMShift (Continuously Adaptive Mean Shift) 做物件偵測之追蹤與辨識在後端伺服器上。最後，從資料庫取出識別所對應的AR影像，再以雲端計算技術傳送至使用者之智慧型行動裝置作3D顯示的視訊介紹，達到不同的視覺感受。實驗證實，從任意背景包含照明影響，角度及不同長短距離所擷取之視訊物件影像均能有抗雜訊及很好的辨識結果，並具有即時性的3D顯示的視訊介紹。

## 1. 引言

在博物館中所收藏的文物典藏，主要是提升人們對文化的認知與培養文藝的氣息，但人們未必能了解展示之文物典藏，因而需要有關的解說使其進一步理解。若以安排導覽員之方式，會因人數過多而無法妥善安排，僅能以分批方式進行。因人們在觀賞時，視覺易受遮蔽影響無法如聽覺全面有效接收資訊，而產生許多如色彩、位置、形態描述之傳達障礙與困擾，且聽覺效果亦隨距離遠而變差。因此在聽覺導覽之外，若能輔以視覺形式之呈現，可降低解說資訊傳達不良的問題。

傳統上最有效的方法是使用二維條碼(Quick Response Code, QR code)進行物件識別。本文提出可容忍與物件在不同角度不同距離下之另一種識別的方式。過去文獻中，電腦視覺影像處理以能突顯影像之局部特徵點與描述方法最常被使用。這些方法在尺度空間與座標系中粹取特徵點，且這些特徵點必須具有獨特性且能抵抗因不同角度與強弱光線的環境變化來維持不變性。文獻[1-3]特徵擷取的方法中，以SURF[3]之處理速度最快較能達到即時性的需求，故本文以SURF作為特徵擷取之方法。然而只以SURF特徵作物件辨識，在複雜環境及資料庫大的情況下，匹配速度會相對降低。因此本文輔以計算量低的CAMShift演算法作為物件偵測的追蹤，來實現即時性的視訊(Video)物件辨識。因智慧型手機裝置的計算能力有限，我們將智慧型手機裝置所擷取的視訊影像以雲端通訊技術傳送至後端伺服器，再以後端伺服器為平台實現即時性的視訊物件辨識。最後從資料庫取出相對應的3D虛擬物件藉由雲端計算技術回傳至智慧型手機裝置，使導覽內容能呈現於使用者智慧型裝置上。接著，本文於第二節介紹相關演算法技術與虛擬實境，第三節敘述所提之手法。最後是實驗結果與結論。

## 2. 相關演算法技術

### 2.1. Speeded-Up Robust Features (SURF)

由學者Bay[3]提出的SURF特徵點提取方式，首先是將原始影像的每一點，與每個倍頻內四種不同大小的 Hessian偵測值做運算，求出Hessian matrix行列式中，值大於零的極值點，來記錄所在的尺度空間。如圖1為  $3 \times 3$  濾波器的例子，讓標記X的像素與上下兩層、自身周圍共計26個像素做比較，若該點大於周圍像素，則該像素為該區塊之特徵點。

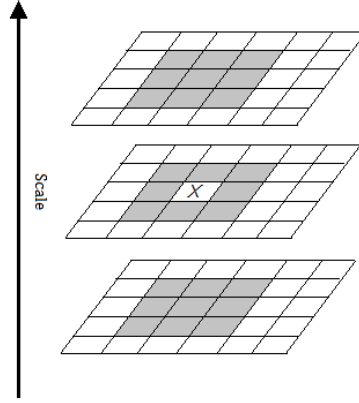


Fig.1 The example of 3×3 filter

接著為確保旋轉的不變性，會將特徵點做為中心點，並計算特徵點在影像中半徑為 $6s$ ，領域內 $x, y$  方向的Haar小波響應，其中 $s$ 為特徵點所標示的尺度值。同時給予高斯權重係數的響應值，如使得越靠近特徵點響應係數越大，反之越遠係數則越小，接著再將60度範圍內的響應係數形成新的向量，遍及所有圓型區域，並以最大向量的方向為該特徵點的主要方向。找到主方向後，以特徵點為中心將座標軸旋轉回主要方向，並按照主方向選取邊長為 $20s$ 的正方形區域，將該區域劃分成 $4 \times 4$ 的子區域，且在每一個子區域內計算25次，範圍內的小波響應，相對於主要方向的水平和垂直方向的Haar小波響應，並分別做為記號 $dx, dy$ ，如圖2所示。

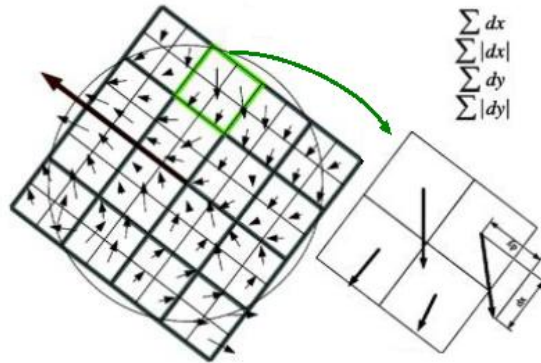


Fig.2 The description of Eigenvectors

最後分別累計每個子區域，並將其表示為公式(1)

$$V_{sub} = \left( \sum d_{x'}', \sum d_{y'}', \sum |d_{x'}|, \sum |d_{y'}| \right) \quad (1)$$

$$M_{00} = \sum_x \sum_y I(x, y) \quad (2)$$

$$M_{01} = \sum_x \sum_y xI(x, y), M_{10} = \sum_x \sum_y yI(x, y) \quad (3)$$

$$x_c = \frac{M_{01}}{M_{00}}, y_c = \frac{M_{10}}{M_{00}} \quad (4)$$

$$w = \max(a \cos \theta + b \sin \theta) \quad (5)$$

$$h = \max(a \sin \theta + b \cos \theta) \quad (6)$$

$$\theta = \tan^{-1} 2 \left( 2\mu_{11}\mu_{20} - \mu_{02} \sqrt{4\mu_{11}^2 + (\mu_{20} + \mu_{02})^2} \right) \quad (7)$$

$$\mu_{ij} = \sum_{x,y} (x - x_c)^i (y - y_c)^j \quad (8)$$

$$I_{max} = \sum_{x,y} ((x - x_c)I(x,y) \cos \theta + (y - y_c)I(x,y) \sin \theta) \quad (9)$$

$$I_{max} = \sum_{x,y} ((x - x_c)I(x,y) \sin \theta + (y - y_c)I(x,y) \cos \theta) \quad (10)$$

## 2.2. CAMShift (Continuously Adaptive Mean Shift)

CAMShift[4]是改良MeanShift[5]的方法，CAMShift會隨物件大小而改變，且演算法與MeanShift相當類似，其方法如下：

- A. 在顏色概率分佈圖中選取搜索窗 W。
- B. 公式(2) (3) (4)分別為計算零階距、計算一階距和計算搜索窗的質心之公式。
- C. 調整寬與高的公式，分別為公式(5)與(6)，其中 $\theta$ 與 $\mu_{ij}$ 如公式(7)與(8)所示。
- D. 移動搜索窗的中心到質心，如果移動距離大於預設的固定閾值，則重複 B, C, D, 直到搜索窗的中心與質心間的移動距離小於預設的固定閾值，或達到指定運算次數停止。

CamShift能有效解決目標變形之問題，對系統資源要求不高，時間複雜度低，在簡單背景下能夠取得良好的追蹤效果。但因為它單純的考慮色彩直方圖，忽略了目標的空間分佈特性，當背景較為複雜，或有多個與目標顏色相似之情況下，會導致追蹤失敗。

## 2.3. 虛擬實境 (Augmented Reality)

Azuma學者[6]說明擴增實境(Augmented Reality, AR)是增強了真實，是可以讓使用者看到真實環境及重疊在真實環境中的虛擬物件，但不是完全的取代真實。在其研究中，提出三個擴增實境的必要屬性：

- (a). 是結合真實與虛擬
- (b). 是即時性的互動
- (c). 必需在三度空間

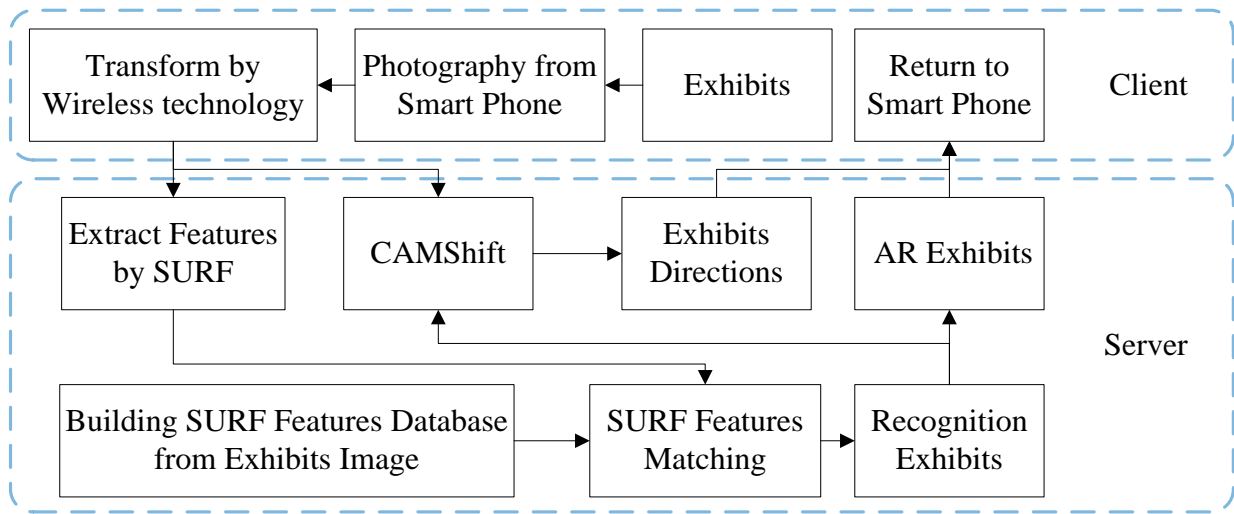
在本文中所使用的擴增實境技術，是由Kato與Billinghurst於1999年共同開發的網路公開原始碼程式ARtoolkit[7]。

## 3. 本文手法

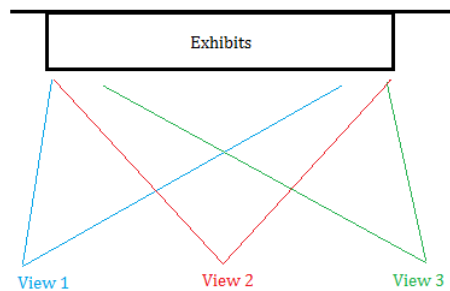
本文提出系統流程圖如圖3，首先先以智慧型裝置將展示品拍攝，接著經由無線通訊技術將拍攝影像傳輸至博物館之伺服器端，並對傳送之影像做SURF特徵擷取。SURF所取出特徵點與伺服器之資料庫比對，識別出展示品的種類，且將由SURF定位之物件做CAMShift處理，以找出展示品解說與擴增實境物件，隨後將對應的展示品解說與擴增實境物件，回傳至智慧型裝置，供使用者瀏覽閱讀，並觀賞展示品之立體模型。

在建立資料庫方面，為了讓SURF能夠準確的比對出正確的展示品，所以資料庫的強健性就相對的重要。資料庫主要分為平面與立體兩類，其中針對平面的展示品取一張正面照作為

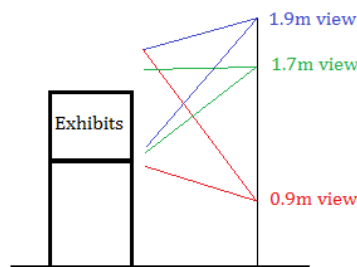
訓練特徵點。在展示品實體中，可能會有靠在牆邊或展示於道中之展示品，本文在針對靠於牆邊之展示品，以如圖4之方式擷取訓練影像，而在道中之展示品，則以每45度取一張影像做為訓練用影像。此外，還以各種高度，如圖5擷取展示品影像做為訓練，除增加資料庫之強健性外，更能應對各種使用者以任何高度拍攝時之情況



**Fig.3 Flow Chart of Our System**



**Fig.4 The aerial view of closing wall exhibits**



**Fig.5 Various heights view**

**Table.1 The recognition percentages in exhibits covered**

Recognition \ Status	25% covered	50% covered	75% covered
Success	94.5%	88.3%	68.7%
Fail	5.5%	11.7%	31.3%

SURF是在影像上產生代表著物體局部特徵的特徵點，眾多特徵點集合代表著一個物體，若要辨識一個物體，則要去匹配已知展覽物件的特徵點。只要有足夠匹配的特徵點數，即可

將該物體辨識出來。另外，由於SURF在執行時並未能達到即時的效果，因此加入CAMShift的追蹤演算法，以增快其效能及強健性。

#### 4. 實驗

在許多利用SURF作為偵測依據的研究中，可發現其容易受到背景中有類似特徵的影響，因此本系統結合CAMShift資訊，能有效將提升即時追蹤物件之準確性。

從實驗中顯示，在正常複雜的環境情況下，本文提出之系統以高達97.8%成功辨識物件。因在展示品展示期間，一定會有其他旅客同時前來參觀的情形，而產生物件之遮蔽問題，故表1為系統已做1160張影像訓練後，遮蔽測試之結果。從表中可以看到，本系統經過遮蔽實驗證實，在遮蔽僅有25%時，辨識結果僅差原識別率3.3%；在遮蔽50%時，仍然有80%以上之正確識別率；而在遮蔽高達75%，僅有25%展示品物件存在時，也能達到68.7%的辨識率。

其中，本文還做了0.5~10公尺的識別距離實驗，經測試結果顯示，3公尺以下為理想之辨識距離，在以上之距離，會因為入鏡之展示品物件過多，或光源之變化，產生識別上之誤差，而無法確定使用者需要了解的展示品為何。

另外在道中的展示品，為進一步確定本系統之強健性，在識別時，若展示品後方有人進入，是否影響辨識結果。在經過實驗測試後，實驗結果顯示並不會影響展示品之識別結果，更提升了本文提出系統之強健性。

#### 5. 結論

本文提出利用SURF強健的特徵辨識，結合CAMShift追蹤與ARToolKit和無標記擴增實境系統。經過實驗證明，本文所提出之系統是有效的，在識別展示品遭受到其他參觀者遮蔽時，僅有25%資訊量，也可以達到相當程度的識別率。雖然和QR碼所能產生之識別效果還有差距，但由於QR碼必須以智慧型裝置，正對著QR碼才能做識別動作，而本系統能與展示品本身物件做結合，且有效距離為3公尺，對應於展示場人口較多之情形，可以較高角度去中距離擷取所要瀏覽之資訊，故本文提出此系統是為有用之系統。

#### References

- [1]. D. G. Lowe. "Distinctive image features from scale-invariant key-points." International Journal of Computer Vision, 2004.
- [2]. Ke, Y., and Sukthankar, R., "PCA-SIFT: A More Distinctive Representation for Local Image Descriptors", Computer Vision and Pattern Recognition, 2004.
- [3]. Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, Luc Van Gool, "SURF: Speeded Up Robust Features", Computer Vision and Image Understanding (CVIU), Vol. 110, No. 3, pp. 346--359, 2008.
- [4]. G. R. Bradski, S. Clara "Computer vision face tracking for use in a perceptual user interface," Intel Technology Journal, 2nd Quarter, 1998.
- [5]. Y. Cheng, "Mean Shift, Mode Seeking, and Clustering" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 17, NO. 8, August 1995.
- [6]. Azuma R., "A Survey of Augmented Reality," Teleoperators and Virtual Environments, pp355-385, 1997.
- [7]. <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/>