

# 結合深度感測與機械手臂取物之研究

鄭文昌, 黃暉凱, 阮巽政, 簡敬

朝陽科技大學資訊工程系

e-mail: [wccheng@cyut.edu.tw](mailto:wccheng@cyut.edu.tw)

## 摘要

結合攝影機與機器手臂取物已經許多應用,但在某些環境下,由於光源不足或目標物與背景顏色相近時,常導致辨識錯誤,改善方法常使用深度攝影機,在次研究中,我們結合深度攝影機和工業用機械手臂系統完成一套不同角度自動取物系統,系統利用深度攝影機拍攝深度影像,判斷出目標物的角度,使機械手臂夾爪目標物,並放置在目標位置,將實驗驗證,深度攝影機確實能有效在光源不足或物體與背景不易分割情況下,順利完成目標物辨識,並且決定目標物角度,並正確順利完成自動目標物夾取。

**關鍵字:** 影像辨識, 深度影像切割, 手臂控制系統。

## Abstract

Combined with the robotic arm and cameras to extract object had been proposed in many applications, but in some circumstances, due to the lack of light or similar object and the background color, often lead to identification errors, improve the methods commonly used depth cameras. In the study, we combined depth cameras and industrial robot systems to complete a different angle automatically extract system, the system uses a depth camera to capture the depth image to determine the angle of the target object, the mechanical arm grips object, and placed in the target location. Form the experimental verification, depth camera can indeed effective in insufficient light or an object and the background is not easy to split, the successful completion of the object recognition, and decided to target angle, and correct the successful completion of the automatic object gripping.

**Keywords:** Image processing, Depth image segmentation, Robot Control System.

## 1. 簡介

機械手臂是具有模仿人類手臂功能並可完成各種作業的自動控制設備,機械手臂有多關節連結並允許在平面或三度空間進行運動或使用線性位移移動,構造上由機械主體、控制器、伺服機構和感應器所組成,並由程式根據作業需求設定其一定的指定動作。在 1980 年代機器手臂已成功的應用於汽車製造業等產業,例如組裝、噴漆、焊接、高溫鑄鍛等繁重工作,皆能以機器手臂取代人工作業,除了工業製造上應用,還有商業、農業、醫療救援、娛樂服務、軍事保全甚至在太空探索等領域,都可以發現其應用裝置[1, 2]。

現代機器人科技日新月異,也愈來愈貼近日常生活[3, 4],與人類更進階互動,將會是更大挑戰,目前機器手臂透過攝影機結合,可以完成與人或互動或自動取物的功能,但在某些應用環境中是屬於無亮光或環境與目標物顏色過於相近,以致使用一般攝影機無法正常判斷目標確切位置,所以像聲納或深度探測等感測器對於機器人來說變得相對重要。在此研究我們嘗試結合深度攝影機與機械手臂來完成物體方位判定與機器手臂自動取物。

本研究最主要功能就是讓手臂可以以各種不同角度抓取物件,但如果使用一般攝影機,在某些環境下(例如:目標物體與背景顏色數值相近),攝影機無法正確辨別目標物所在位置及型態角度,而且距離也是一般攝影機無法準確判斷物體方位的一大原因,於是本研究將使用深度攝影機解決此問題,希望最後能夠達成結合手臂與深度攝影機來針對不固定角度的物體並取物,在此研究透過深度攝影機將可以感測出目標物所在位置,俯視形狀,所處高度,以便程式計算出機械手臂移動的座標點與最後手臂的擺放姿勢,不僅能避免移動時的碰撞,也較能使動作更為流暢。

文章結構如下,第二章為系統架構,第三章為深度影像比對與角度偵測,接下來為實驗,最後章節為結論。

## 2. 系統流程

圖 1 所示為系統流程圖，使用者開啟程式後，會先由深度攝影機讀取影像，再由電腦計算比對目標物角度，並配對至能夠控制手臂動作腳本，選好動作腳本，再依序將腳本內命令傳送至手臂端由手臂執行動作。

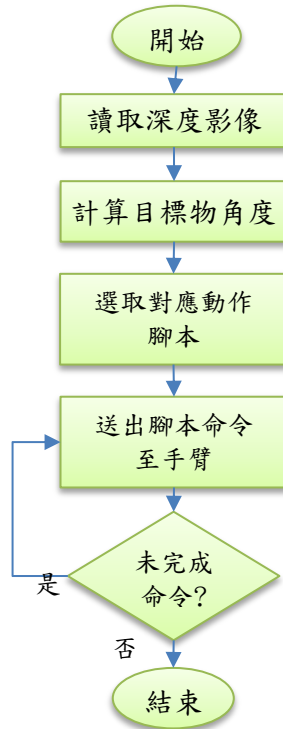


圖 1. 系統流程圖

## 3. 目標物角度偵測

本研究影像處理主要利用 openCV 來完成處理[5]，一開始由深度攝影機擷取影像後，設定 ROI (Region Of Interesting) 範圍(如圖 3)，因為擷取畫面時是擷取到全畫面深度，但是本研究物體擺放位置只有在某個範圍，所以我們可以設定 ROI 來加快比對速度以及提高判斷的正確位置，為了清楚顯示物體位置與計算角度，接著之對深度影像進行二值化來分出物體與背景，由於深度影像的灰階值代表攝影機與物體的距離，在深度攝影機與目標物體放置位置固定下，距離二值化可以利用兩個臨界值分出來目標物體，可以清楚看到物體的形狀，接下找出目標物體輪廓並完成計算角度。影像處理完整流程如圖 2 所示。



圖 2. 影像處理流程



圖 3. 深度影像及彩色影像範例

ROI 在 openCV 函式庫中創建 ROI 可使用 CvRect 資料結構搭配函數 cvSetROI(), CvRect 是矩形結構，其中包含起點座標與矩形寬與高參數，二值化處理方法則使用 cvThreshold() 函數。角度的計算時則使用 cvFindContours() 函數並搭配 CvBox2D 矩形結構，與 CvRect 結構不同的是 CvBox2D 的結構裡有包含偵測物體的角度參數，因此可以運用到這個結構角度參數完成角度偵測。實作時先找尋輪廓，找出包圍目標物體的最小輪廓，得到輪廓後再使用 cvMinAreaRect2() 函數來描述找出目標物體的最小輪廓，圖 4 是函數 cvMinAreaRect2() 通過建立凸外形並且旋轉外形以尋找給定 2D 點集的最小面積的包圍矩形。cvMinAreaRect2() 函數會回傳以 CvBox2D 的結構，再來就是使用 CvBox2D 結構中參數的得到目標物角度。

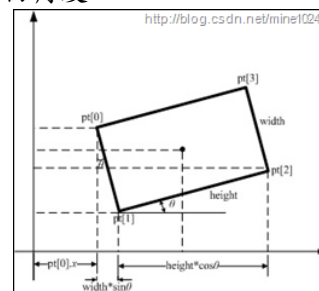


圖 4. 最小矩形輪廓

CvBox2D()函數原型如下，

```
typedef struct CvBox2D {
    CvPoint2D32f center,
    CvSize2D32f size,
    float angle};
```

第一個參數表示圖形的中心，屬於 CvPoint2D32f 結構，第二個參數表示圖形的長和寬，屬於 CvSize2D32f 結構，第三個參數表示水平軸與第一個邊的夾角。

#### 4. 深度攝影機與機器手臂

本研究實驗攝影機選擇 Asus Xtion Pro 深度攝影機[6]，如圖 5 所示，此攝影機體型小比較容易安裝，採用可輕易隨插即用的 USB 設計，並搭配相容於 OPNI NITE 中介軟體的 Xtion PRO 開發解決方案，Xtion PRO 開發解決方案可讓開發人員將最新的體感技術應用於各種用途及產業，使其從競爭者中脫穎而出。例如，電子看板是此技術的理想用途之一，亦可用於行銷、導引或觀光用途。復建醫療也是體感應用的理想領域。有許多領域可受益於動作感應技術，例如教育、醫療、會議及遊戲等[4]。Xtion PRO 開發套件具有極高的開放性。您可以創作自己的應用程式來發展事業，或讓人們的生活更便利且更直覺。任何人都可以開發自己的應用程式。透過開發人員的想像力，可以創作並運用影響深遠的應用程式[7, 8]，表 1 為 Xtion Pro 深度攝影機規格。

表 1. Xtion Pro 深度攝影機規格

傳輸距離	0.8m ~ 3.5m
視野	58° H, 45° V, 70° D (Horizontal, Vertical, Diagonal)
深度影像大小	VGA (640x480) : 30fps QVGA (320x240): 60fps
作業系統支援	Win 32/64:XP/Vista/7 Linux Ubuntu 10.10:X86, 32/64bit, Android(by request)
介面	USB2.0
程式設計語言	C++, C# (Windows), C++(Linux), JAVA
作業環境	Indoor
產品尺寸	18 x 3.5 x 5 cm



圖 5. ASUS Xtion PRO 深度攝影機

在機器手臂方面，本研究實驗使用機台為三菱 MITSUBISHI 6 軸 ROBOT 系統如圖，機台規格如表 2。系統除一台個人電腦以及機器手臂外，還包含一個 Robot 控制箱(CR2DA-700)和手動 Robot 操作遙控器，以下簡單說明基本操作。



圖 6. 三菱 MITSUBISHI 6 軸機器手臂系統

表 2. 機台規格表

機台尺寸	(L):1200mm (W):1500mm (H):1800mm
電源	3ΦAC220V, 50/60Hz

#### 4.1 CR2DA-700 中型 Robot 控制箱

圖 7 為 CR2DA 中型 Robot 控制箱，連接至機械手臂與 PC 端之間，面版上有(a)鑰匙開關、(b)燈號數字顯示器、(c)緊急開關以及(d)一些按鍵。



圖 7. CR2DA 中型 Robot 控制箱

- (a) 鑰匙開關：鑰匙轉向左方，為機器手臂為手動模式 MANUAL，此時使用者可以使用遙控器控制手臂的移動。而當鑰匙轉向右方，為自動模式(AUTOMATIC)，此時由電腦利用程式控制手臂移動。
- (b) 燈號數字顯示器：面版上左上角的顯示器可以查看目前手臂移動速度、錯誤訊息顯示等，也可以在小視窗上看到程式執行的行數，如果發生錯誤可以知道應該從程式中第幾行開始偵錯。
- (c) 面版按鍵：表 3 為按鍵名稱與功能說明，方便使用者對手臂進行操作與設定。

表 3. 為按鍵名稱與功能說明表

按鍵名稱	說明
CHNG DISP	可以切換顯示資訊
UP DOWN	可以加快/減慢手臂移動
SVO ON/OFF	開啟/關閉手臂控制
START/STOP	開啟/關閉 ToolBox 對手臂的控制
RESET	發生錯誤可以重置控制箱
END	停止目前動作
EMG.STOP	立刻停止所有動作

## 4.2 機械手臂遙控器

圖 8 為機器手臂系統的手動遙控器，遙控器可以手動控制手臂位置並搭配 ToolBox 做點位設置，主要用來控制機械手臂位置，控制模式共分為 2 種，分別是 XYZ 和 JOINT 兩種。



圖 8. 機械手臂遙控器

首先將控制箱鑰匙開關切換到手動模式，“MANUAL”，接著打開遙控器電源，並且啟動遙控器面版上的電源開關，則機器手臂進入

操作模式，此時按下遙控器面版上“F1”按鍵則進行 JOINT 模式，而按下遙控器面版上“F2”按鍵則進行 XYZ 模式。

### (a). XYZ 控制模式

圖 9 為 XYZ 控制模式面版資訊，此模式以機械手臂於空間座標的 XYZ 軸之數值設定位置，面版顯示器上右邊的 ABC 則分別為夾爪的座標位置。此模式優點能較快將手臂移動至指定位置，但缺點是此模式操作較為複雜。

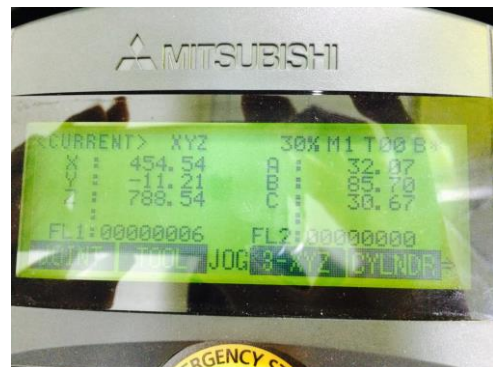


圖 9. XYZ 控制模式面版顯示內容

### (b) JOINT 控制模式

此模式則以機械手臂 6 個軸心為控制軸，分別設定六個軸的旋轉角度方式進行控制，數值分別為 J1, J2, J3, J4, J5 和 J6，圖 10 為 JOINT 控制模式面版資訊，此模式優點是操作方式淺顯易懂，缺點是操作速度偏慢，需要移動每個軸心點位置。在 JOINT 模式中，將點位設置為 J1:0, J2:0, J3:90, J4:0, J5:0, J6:0 時手臂的姿態如圖 11 所示，圖 11(a)-(c)為不同視角看到的影像。

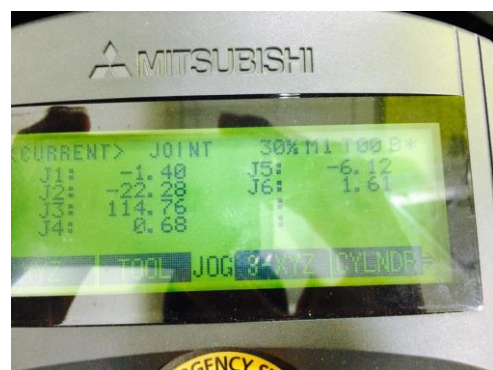
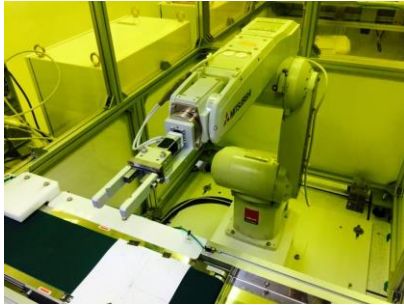


圖 10. JOINT 控制模式面版顯示內容



(a)



(b)



(c)

圖 11. J0 到 J6 均為 0 時手臂姿態圖

## 5. 實驗結果

在此研究實驗，初步假設目標物出現範圍為 60 度到 120 度之間，每 15 度一個單位則目標物出現時角度有 60、75、90、105 以及 120 等五個個角度，因此針對此五個角度，設定移動機器手臂的對應位置點的一連串動作腳本，當影像辨識得到角度後，則依照角度依序輸出對應的動作腳本到機器手臂進行移動控制，以下以某一角度為例，說明其一連串對應點的腳本：

- Step (1)：開啟攝影機，偵測目標物位置和角度，並將偵測到的資料傳送至手臂端開始動作。如圖 12(a)。
- Step (2)：手臂調整角度移動至目標上方，並開啟夾爪。如圖 12(b)。
- Step (3)：手臂向下夾取目標物，如圖 12(c)。
- Step (4)：手臂向上移動回上方，如圖 12(d)。
- Step (5)：移動至目的位置上方，如圖 12(e)。

Step (6)：移動至目的位置，如圖 12(f)

Step (7)：移動至目的位置並打開夾爪，如圖 12(g)。

Step (8)：移動回目的位置上方，如圖 12(h)。

Step (9)：移動回初始位置，並重新偵測是否還有物體，如圖 12(i)。

## 6. 結論

本研究使用深度攝影機結合機器手臂針對不固定角度的目標物進行比對辨識，透過深度攝影機將可以感測出目標物所在位置，俯視形狀，所處高度，以便程式計算出機械手臂移動的座標點與最後手臂的擺放姿勢。實驗結果證實深度攝影機確實可以解決有關於色差及目標高度不確定之問題，且透過此研究讓我們學會如何操控機械手臂，如何將兩個不同控制端的程式結合，並完整連結彼此。希望未來工業 4.0 的時代下，可以改善人類生活品質與生產效益。

## 參考文獻

- [1]. 高野敦，猜一猜，什麼是「工業 4.0」？, *商業週刊*, 2016/1/18, <http://www.businessweekly.com.tw/KBlogArticle.aspx?ID=6328>.
- [2]. 黃發紅，工業 4.0：從概念走向現實，*人民網*, 2016/1/18, <http://scitech.people.com.cn/BIG5/n/2014/0408/c1007-24844258.html>
- [3]. 陳翊煊，家庭機器人，*科技報橘*, 2016/1/18, <http://buzzorange.com/techorange/2015/08/07/jibo-robot-is-coming-to-asia/>.
- [4]. 陳誌睿，KINECT 在微創手術上的應用，<http://mag.longgood.com.tw/2012/11/03/kinect%E5%9C%A8%E5%BE%AE%E5%89%B5%E6%89%8B%E8%A1%93%E4%B8%8A%E7%9A%84%E6%87%89%E7%94%A8/>.
- [5]. OpenCV, 2016/1/18, <http://wiki.opencv.org.cn/index.php>.
- [6]. Hheresy 論壇，ASUS Xtion Pro Live, 2016/1/18, <https://kheresy.wordpress.com/2012/01/19/asus-xtion-pro-live/>.
- [7]. Hheresy 論壇，用 OpenCV 畫出 OpenNI 2 的深度、彩色影像，<https://kheresy.wordpress.com/2013/01/09/%E7%94%A8-opencv-%E7%95%AB%E5>

%87%BA-openni-2-%E7%9A%84%E6%B  
7%B1%E5%BA%A6%E3%80%81%E5%B  
D%A9%E8%89%B2%E5%BD%B1%E5%8  
3%8F/comment-page-3/.

2016/1/18 ,  
<https://kheresy.wordpress.com/2012/12/24/openni2-basic-example/>.

[8]. Hheresy 論壇，OpenNI 2 基本程式範例，

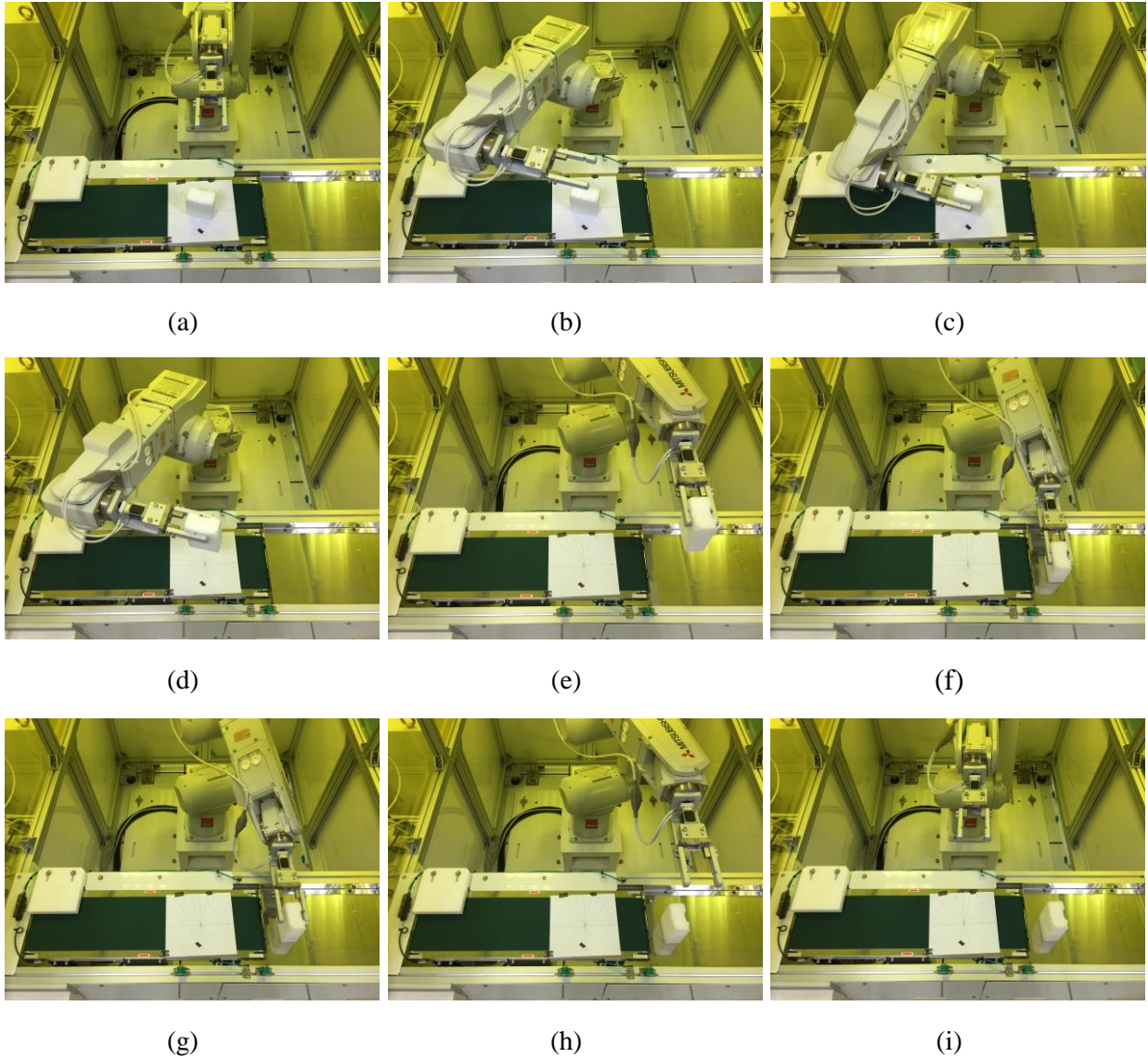


圖 12. 夾取物體流程的連續影像