

[illegible]

執行期間：90 年 08 月 01 日至 91 年 07 月 31 日

計畫主持人：陳志宏 教授

☐赴國外出差或研習心得報告一份

☐赴大陸地區出差或研習心得報告一份

☒出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

☐國際合作研究計畫國外研究報告書一份

中 華 民 國 九 十 一 年 十 月 十 五 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

身心障礙者電腦化溝通系統之設計與應用—子計畫一。

身心障礙者無線傳輸人機介面系統之開發與應用(3/3)

計畫編號：NSC 90-2614-B-002-005-M47

執行期限：90 年 08 月 01 日至 91 年 07 月 31 日

主持人：陳志宏 教授 國立台灣大學電機工程學系

一、中文摘要

眼位追蹤技術是視線追蹤技術中的關鍵環節，而視線追蹤是用在新一代的視線控制人機介面上。本文提出一種嶄新的技術：型變濾波器，直接利用虹膜邊界上灰階的統計特性變化訊息，將強健度、準確度、與效能都做了大幅的提昇。在運算速度方面，由於使用了一個捲積以及一個最低值點的位置搜尋而已，使得高解析度影像的即時處理得以實現。配合現有視線控制技術，裝置於頭戴式視線控制人機介面，能提昇現有視線控制技術的準確度、強健度，進入實用的階段。對於未來發展而言，未來視線控制人機介面的發展當是朝由網際網路之應用，透過遠端攝影機擷取眼部影像，達到使用者不需配帶任何儀器的狀況。

關鍵詞：眼位追蹤、可變形樣版、可調整濾波器、型變濾波器

Abstract

Eye tracking is one of the keys in the gaze-controlled man-machine interface. A brand new technique for eye tracking is proposed in this thesis: the Most Yielding Filter. It uses the information of the transitional statistical character of limbus to locate the center of the iris. Its computation procedure, is quite simple, with only one

convolution and one searching for the minimum value position. The simplicity of the tracking procedure makes the proposed technique suitable to handle the images with high resolution in real time. Current applications are in pupil tracking and man-machine interfere. For further applications with teleconference systems, head-motion compensation technique is under development for web users.

Keywords: eye tracking, deformable template, steerable filter, the most yielding filter

二、緣由與目的

眼位追蹤技術是視線追蹤技術中的關鍵環節，關係著追蹤所能達到的精確度，而視線追蹤是用在新一代的視線控制人機介面上。眼位追蹤技術所要達成的目標可以用一句話來形容：所視即所得，它能加快控制的速度，也能打破手腳能及的距離限制，對於肢體殘障者也很有幫助，並且有許多不同領域的應用。近廿年來，有許多論文提出了眼位追蹤技術在各方面可能的應用：利用眼睛視線方向作為虛擬實境的反應依據以及多媒體的人機介面，可以使得使用者更能融入虛擬實境，更能讓多媒體的應用更富變化性。視線控制〈Gaze-Controlled〉已經被實際應用在軍

事飛行器的控制上；利用視線控制就能避免操作繁忙時錯誤的開關選擇，並加快控制的反應時間。對於無法行動的人，若唯一能與外界溝通的方式就是靠眼睛，如果有一種裝置，能測得他們的視線，就可以用來與外界溝通——可以靠視線點選電腦螢幕上的選項，控制各種開關，也可以靠視線來選取螢幕上圖形鍵盤的字鍵來打字，使得溝通得以進行。

本文提出一種嶄新的技術：型變濾波器 (the Most Yielding Filter)，直接利用虹膜邊界上灰階的統計特性變化訊息，捨去了前處理的步驟，跳過平滑化以及邊界定義的困擾，也避免了現有各種技術繁雜而不夠強健的處理程序，將強健度、準確度、與效能都做了大幅的提昇；眼睫毛干擾、嚴重反光、眼睛微張...等等以現有技術無法處理的困難，都獲得了解決，即便是在許多連人眼都無法清楚辨識的影像條件下也能維持極佳的追蹤結果；儘管擁有極高之強健度與準確度，其處理程序卻僅僅是一個捲積(convolution)以及一個最低值點的位置搜尋而已，使得高解析度影像的即時處理得以實現；與現有各種計算複雜、費時，僅能處理低解析度的技術相較，本文所提技術的高效能使得眼位追蹤技術的水準向前跨越了一大步，進入了實用的階段。

方法：

現在定義圖-1 上區塊的一個週期的弦式波形的濾波器為轉換態濾波器〈transition filter〉；圖-1 中區塊，取斜坡函數〈ramp function〉作為輸入，並定義斜坡函數上，斜率非零的範圍為轉換態〈transition

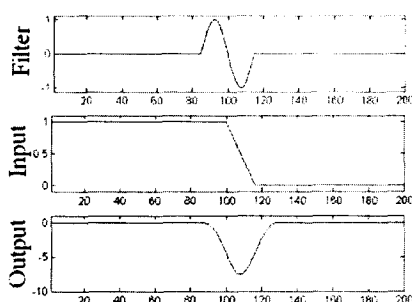


圖-1 轉換態濾波器、斜坡函數、轉換態濾波器與斜坡函數作捲積所得到的輸出波形。

state〉；圖-1 下區塊是轉換態濾波器與斜

坡函數作捲積〈convolution〉所得到的輸出波形，由輸出波形可以發現輸出波形在轉換態的中心點有最小值，沒有轉換態的部分為零。圖-2 的上區塊是一張一般的眼部影像，下區塊的細線是通過虹膜中心點的水平向線灰階分布，亦即眼部影像上水平白線上的線灰階分布，粗線是簡化的灰階分布模型，稱之為虹膜剖面〈limbus profile〉。圖-3 的上區塊，組合兩個反向的轉換態濾波器成為一個虹膜剖面濾波器，中區塊為虹膜剖面；下區塊是虹膜剖面濾波器與虹膜剖面作捲積所得到的輸出結果，由結果可以觀察到最低值點發生在虹

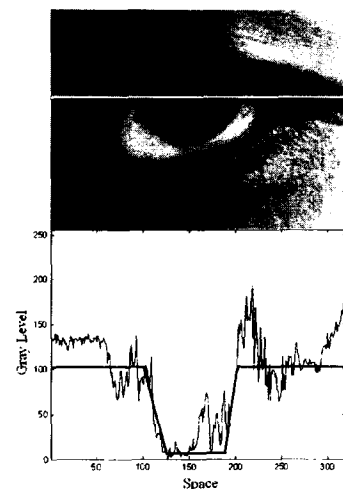


圖-2 上區塊為一般的眼部影像，下區塊的細線是通過虹膜中心點的水平向線灰階分布，亦即眼部影像上水平白線上的灰階分布，粗線是簡化的灰階分布模型，稱之為虹膜剖面。

膜剖面的中心點。

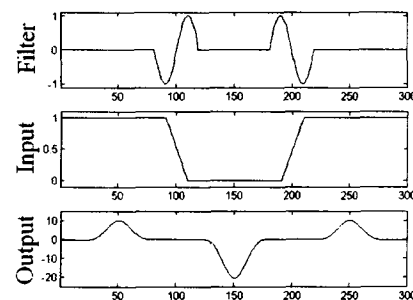


圖-3 上區塊為虹膜剖面濾波器；中區塊為虹膜剖面；下區塊是虹膜剖面濾波器與虹膜剖面作捲積所得到的輸出結果。

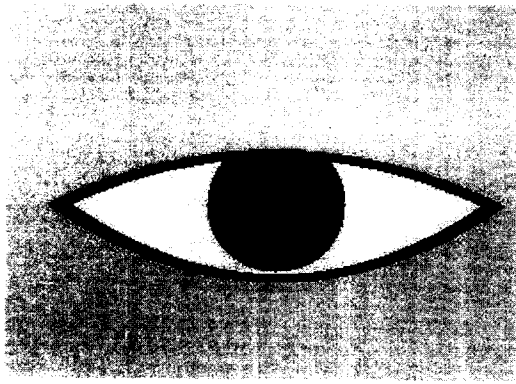


圖-4 眼部影像模型

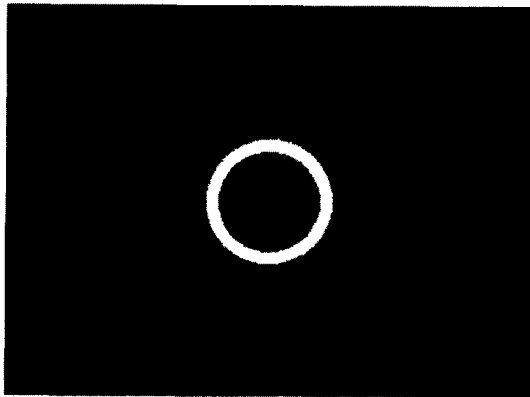


圖-5 型變濾波器

心點為圓心，環繞一圈，可以形成一黑色圓盤；同理，以虹膜剖面濾波器的中心點為圓心，環繞一圈，形成外觀如一車輪的濾波器，稱之為型變濾波器（the Most Yielding filter），如圖-5。如同前述原理，將虹膜剖面與虹膜剖面濾波器作捲積，所得之輸出波形上的最低值點就是虹膜剖面的中心點；同理，將眼部影像模型與型變濾波器作捲積，輸出影像上的最低值點就會是黑色圓盤的中心點，也就是「虹膜中心點」。

在真實眼部影像實驗中，將一小型 PC 攝影機固定在受試者眼前，這樣子可以確保攝影機與眼部的相對位置是固定不變的，也讓虹膜的形狀與大小在攝影機取得的影像中可以被視為是一半徑不變的深色圓形。由圖-13 的六組不同受試者的眼部影像追蹤結果可以發現，不管什麼樣子的眼睛，不管虹膜被覆蓋程度如何，虹膜週遭受濃密修長的眼睫毛包圍，虹膜上有嚴重的反光，周圍光線變化使影像對比瞬間變得極差，眼睛微張...等等狀況，都能找到正確的虹膜中心位置。

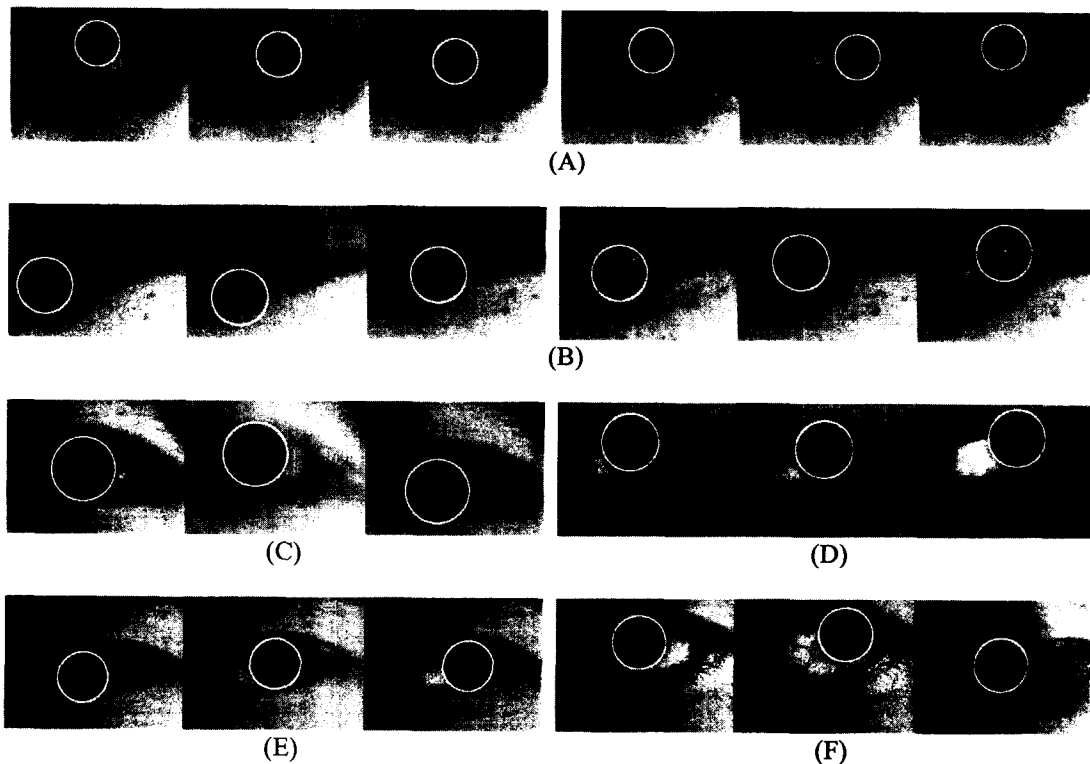


圖-13 真實眼部影像實驗，六組不同人的眼部影像

如圖-4，眼部影像可以用兩條拋物線與一個黑色圓盤來模擬；將虹膜剖面以中

三、結果與討論

本文提出了一種嶄新的眼位追蹤技

術：型變濾波器。捨去現有其他技術所需的前處理步驟，跳過平滑化以及邊界定義的困擾，也避免了現有各種技術繁雜而不夠強健的處理程序，將強健度、準確度與效能都做了大幅的提昇；眼睫毛干擾、嚴重反光、眼睛微張...等等以現有技術無法處理的困難，都獲得了解決；即便是在許多連人眼都無法清楚辨識的影像條件下也能維持極佳的追蹤結果。儘管擁有極高之強健度與準確度，其處理程序卻極其簡單，使得高解析度影像的即時處理得以實現；與現有各種計算複雜、費時，僅能處理低解析度的技術相較，本文所提技術的高效能使得眼位追蹤技術的水準向前跨越了一大步，進入了實用的階段，開啟了下一世代的電腦使用方式的大門。

四、計劃成果自評

本文所提技術可以立即改進現有眼位追蹤儀器的準確度、強健度，並且可以降低儀器成本；配合現有視線控制技術，裝置於頭戴式視線控制人機介面，能提昇現有視線控制技術的準確度、強健度，進入實用的階段。對於未來發展而言，未來視線控制人機介面的發展當是朝由遠端攝影機擷取眼部影像，達到使用者不需佩帶任何儀器的狀況，這種理想境界的達成，則尚待頭部運動補償技術的研究成熟。

五、參考文獻

- computers that sense eye position on the display", *Computer*, Volume: 26 7, July 1993
- [2]. Pastoor S., Jin Liu, Renault S., "An experimental multimedia system allowing 3-D visualization and eye-controlled interaction without user-worn devices", *Multimedia, IEEE Transactions on*, Volume: 1 1, March 1999
- [3]. Merchant S., Schnell T., "Applying eye tracking as an alternative approach for activation of controls and functions in aircraft", *Digital Avionics Systems Conferences*, 2000. Proceedings. DASC. The 19th Volume: 2, 2000
- [4]. Eriksson M., Papanikotopoulos N.P., "Eye-tracking for detection of driver fatigue", *Intelligent Transportation System, 1997. ITSC '97, IEEE Conference on*, 1997
- [5]. Hutchinson T.E., White K.P. Jr., Martin W.N., Reichert K.C., Frey L.A., "Human-computer interaction using eye-gaze input", *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, Volume: 19 6, Nov.-Dec. 1989
- [6]. Norris G., Wilson E., "The Eye Mouse, an eye communication device", *Bioengineering Conference, Proceedings of the IEEE 1997 23rd Northeast*, 1997
- [7]. J.H.J. Allum, F. Honegger, M. Troescher, "Principle underlying real-time nystagmus analysis of horizontal and vertical eye movements recorded with electro-, infra-rad-, or video-oculographic techniques", *Journal of Vestibular Research*, Volume 8, NO. 6, 1998
- [1]. Hutchinson T.F., "Eye-gaze computer interfaces: