

殘障者生活環境科技輔具之研發 – (IV)適用於弱視者之電子放大鏡系統研發

主持人 林啟萬
研究助理 林鑫志

NSC89-2614-E-002-003 NSC89-2218-E-002-067
台灣大學 醫學院暨工學院 醫學工程學研究所

Institute of Biomedical Engineering, College of Medicine and College of Engineering, National Taiwan University

摘要 – 一般的視覺障礙(vision impairment)輔具大多以觸覺或聲音來增加視障者的生活機能,但是因為在視障的定義中包含有不同程度的弱視(low-vision)及失明(blind),視障者有相當大比例的人數屬於漸進式的弱視情形,一般相信若能在此階段給予較好的視覺訊息,則不論是年幼或年長之視障,在日後之復健中都能有相當大的助益。有鑑於此,我們針對因白內障與黃斑症而引致的弱視者研發一套具個別調適功能之數位弱視影像輔助系統,此系統不僅具有傳統視障輔具所具有適用於單色之高色差對比與放大功能與亮度、視野可調整外,更進一步可根據患者的視力狀況(CSF),進行最佳化的調整,可同時適用於文字與彩色影像,有助於患者視覺訊息品質的提昇,達到增加閱讀自習效能之目標。上述功能的使用者端參數設定,可以透過網際網路完成自動的設定,讓弱視者在終端電腦前即可透過網路獲得伺服器端(如課堂或圖書館內)的文字或影像資訊,滿足弱視者教學閱讀的需求。利用數位訊號處理(DSP)晶片的硬體加速與頭戴式投影裝置(HMD),進一步將上述功能縮小化落實於可攜式視障輔具,增進弱視者的生活機能與品質。

前言

視覺是人體中敏感的感覺器官之一,人們藉由視覺感覺器官,可取得與外界訊息的溝通與察覺週遭環境的變動,當視覺器官的感官功能受到相當程度上的損害的話,可能會造成生活機能與品質的降低,特別在與外界溝通、資料訊息的取得、活動範圍、生活品質、工作、休閒等方面。造成感官功能的喪失原因,可能是先天遺傳、後天的疾病或意外及年老所產生的病變,如何提高視覺障礙者與外界的溝通能力並且提昇生活品質,將是我們所追求的目標。

視覺感官器官受到相當程度上的損害,稱作視覺障礙,但是法定的視覺障礙定義和真正的盲之間,視覺障礙者還是有相當多的殘餘視力可使使用,但如何有效的應用視障者的殘餘視力,使得殘餘視力不至再退化,並且藉由給予適當影像處理(放大、反白、適應性影像強化),以提供視覺系統更多的影像資訊,進而提高視覺障礙者對於外界影像資訊的取得能力,將是我們發展視障者電子擴影系統的主要目地。

所以本研究除了著重電子擴影系統的硬體系統的實現外,也將根據人類視覺系統的特性,提供了一套可根據視覺障礙者的視力衰減程度量化的量測方式,並且根據此量化的參數模擬出患者眼中所得到影像,由此制定出合適的影像對比調整參數值,患者可根據此參數來增強影像的對比資訊。適應性影像對比強化處理,除了應用於一般的單色文字閱讀之外,亦可應用於彩色影像的瀏覽,故而提供給視覺障礙者更佳且豐富的影像資訊。

寬頻網際網路快速發展,使得資訊流通與取得更加

地便利與快速。將目前提供給視障者閱讀使用的桌上型電子擴影系統,加入網際網路的功能,使得可以遠端多方向同時閱讀,更進一步地將桌上型的電子擴影擴展成為可輔助視障者課堂教學的閱讀系統。前端系統可以立即將外界影像數位化(如:黑板的影像與講義教材)後,可即時傳送影像到課堂中每一位視障者的螢幕中,並且後端系統可以由使用者依照自己的視力的需求,調整合適自己最佳的閱讀環境的影像增強參數,以增加視覺障礙者在課堂中閱讀與學習之效能為目標,並且可以讓多個後端系統同時取得前端的影像資訊。在未來寬頻網際時代來臨時,視覺障礙者也能因為本身的行動不便,可利用本系統得到遠方圖書館的資料影像,或是學校課堂中教學影像,並且在後端將影像作適應性影像強化處理,提供給視覺障礙者最佳的閱讀環境。

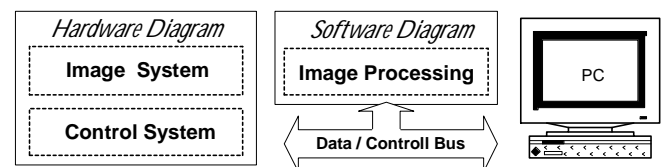
為了視障者外出時閱讀書籍的方便性,進而將電子擴影系統擴展成可攜式閱讀輔助系統。可攜式系統搭配德州儀器公司(Texas Instruments)所推出的 DSP-6711 DSK,並且搭配專屬的 ADC adapter(類比轉數位轉換介面),植入適應性影像強化的功能,以達到快速運算與方便攜帶的需求。

目前發展狀況

目前系統的發展架構將會分成:1.電子擴影系統架構、2.網際網路式教學閱讀系統與3.可攜式閱讀系統,這三個部分加以說明

1. 電子擴影系統

目前電子擴影系統架構如下:



電子擴影系統架構圖

電子擴影系統主要的研發部分著重於供視覺障礙者閱獨使用的輔助系統,其主要架構為硬體與軟體兩個部分。在硬體部分主要是能夠操控閱讀平台與即時得到外界影像為主,並且將影像資訊交由軟體部分的影像處理來做適當的影像增強,產生能讓視覺障礙者與老年人能夠更容易地閱讀書籍與辨識的影像資訊。

€ 硬體部分:

硬體部分由 Image System 與 Control System 所組成並且連接個人電腦,可以做程式化的控制與處理。在 Image System 中透過高倍放大率的鏡頭與攝影機可取得高達 60 倍放大倍率的影像,並且控制系統中可程式化地控制閱讀平台的移動,並且之需利用鍵盤的方向鍵就可達到操控的應用。

€ 軟體部分

在軟體部分我們希望能夠預先地將影像根據患者的

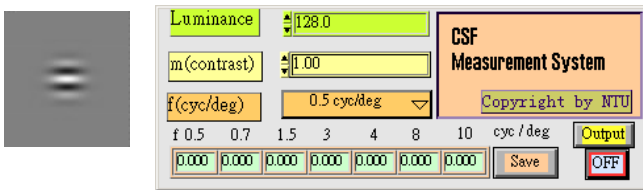
視力衰減程度做適當的影像處理並且增強影像對比資訊，將會使得患者能夠更容易地閱讀書籍與辨認書籍中的圖片。

所以軟體部分，分為前置系統與影像處理核心兩個單元，前置系統主要是先要量化病人視力的衰減程度，並且藉由模擬出患者眼中的影像來決定出影像對比強化參數。再將此對比強化參數植入影像處理核心中，以便硬體部分所擷取的影像可以立即由影像處理核心來作影像對比強化處理，以增強影像中邊界部分的對比強度。

前置系統：

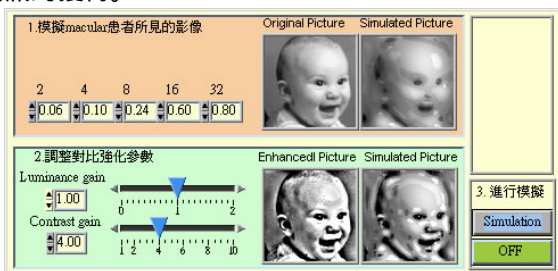
所以在前置系統中，我們整合了量測患者視力衰減程度的功能與可以模擬患者所見的影像，進而可決定影像對比強化參數，以提供最合適患者的影像對比強化的效果。

為了量化患者的視力衰減程度我們利用正弦式的 grating 來量測患者的對比敏感函數(簡稱 CSF)，並且可利用患者的 CSF，分別地利用線性式模擬法與非線性模擬法來分別模擬出白內障患者與黃斑部退化症患者眼中所見影像，進而來決定影像對比強化的參數，然後再代入影像對比強化處理來強化影像邊界的對比，讓患者在現有的視力狀況下得到最佳的視力效果。

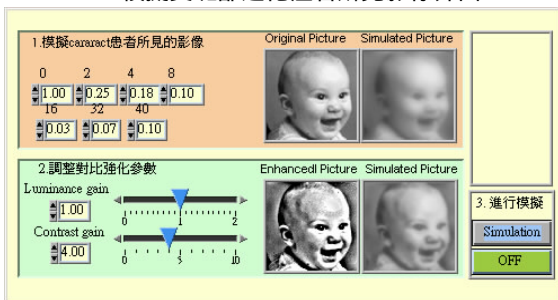


量測對比敏感函數系統解介面

量測得患者的對比敏感函數，可立即轉成圖表並且繪出量化曲線。根據所量得的對比敏感函數，也可立即地套入模擬系統，模擬出黃斑部退化症患者與白內障患者眼中所見的影像，並且可調整影像對比強化參數，將影像強化後再經過模擬患者所見影像來了解影像強化對於患者影像資訊的獲得。



模擬黃斑部退化症者所見影像介面



模擬白內障患者所見影像介面

影像處理核心

在影像處理核心中，提供基本的影像處理與影像對比強化處理兩部分的影像處理單元。

在基本影像處理方面，由硬體部分所得到數位影像

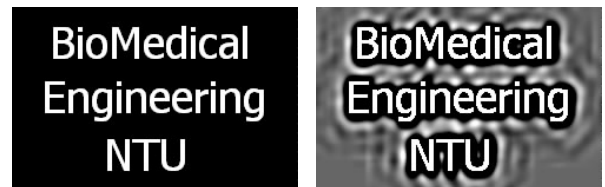
資料可以作立即影像處理如放大、亮度、反白、影像儲存與前後景的顏色調整。

因為視覺障礙者對於文字與背景的對比愈高將會覺得影像更為清楚，所以我們提供了文字與背景顏色反白的功能，並且視覺障礙者可能對於某些特定的顏色會較為敏感，所以我們也在系統中加入文字與背景顏色可以自行調整，以求使用者可以得到最好的閱讀品質。

由前置系統求得最佳影像對比強化參數後，將此參數提供給影像對比強化處理來做影像邊界的對比強化。

強化影像邊界對比處理，我們利用了影像處理中的 adaptive filtering，來強化影像邊界的對比資訊。

我們分別地影像對比強化的方法，強化文字與圖片影像的邊界對比強度，讓視覺障礙者更容易辨認出文字與圖片資訊。



左圖是原始文字，右圖是影像對比強化後的文字



未處理 對比強化後



左：未經處理過白內障患者所見的影像，右：影像對比強化後白內障患者所見影像



左：未經處理過黃斑部退化症者所見的影像，右：影像對比強化後黃斑部退化症者所見影像

從圖中可了解到對於影像對比強化處理後，對於視覺障礙者是有較優的影像品質效果的，並增加視覺障礙者對於影像的理解與辨識度。除了前置系統可預先提供影像對比強化的參數值(contrast gain)之外。視覺障礙者可依照自己的視覺辨識度，再作適度調整對比強化條件，以得到對於影像最佳的辨認效果。

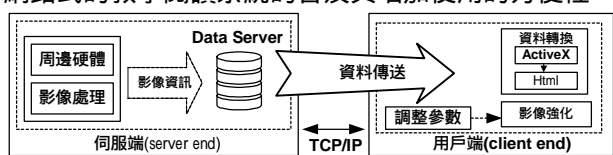
2. 網際網路式教學閱讀系統

網際網路式教學閱讀系統是將目前現有的電子擴影系統，再增加網際網路傳輸的功能，並且運用在視覺障礙者的課堂教學閱讀中使用。其架構可分為伺服器端(server end)與用戶端(client end)。伺服器端(server end)主要將外界影像數位化後並且立即傳送影像資料到用戶端(client end)，而用戶端的功能是要將得到的資料轉回成影像資訊，並且用戶端可提供影像的處理與影像放大等功能。

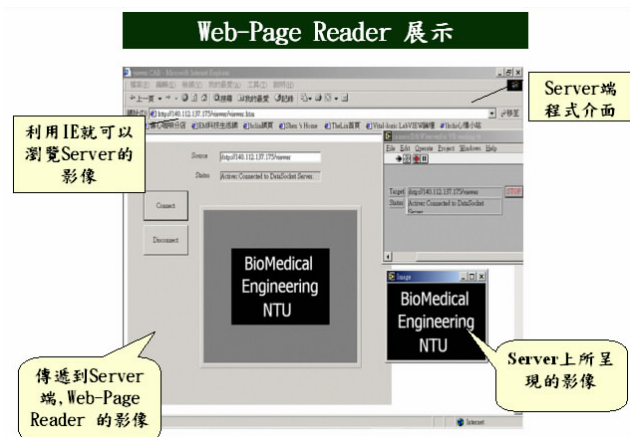
當老師在課堂授課時，若能夠提供一套系統能夠將教材或黑板上的文字，擷取成影像並且數位化，並可同

時將影像傳送給多人系統中，並且用戶端系統可讓每位使用者調整使用者所需的影像處理參數，可使得視覺障礙者可以用清楚的了解與辨識出影像資訊。

我們並且將用戶端系統程式改寫成只需利用瀏覽器就可進行瀏覽影像，使得用戶端系統的電腦中，不需要額外安裝程式，只需要電腦中具備瀏覽器即可即時地觀看並且調整適合自己的影像強化參數，將使得加快網際網路式的教學閱讀系統的普及與增加使用的方便性



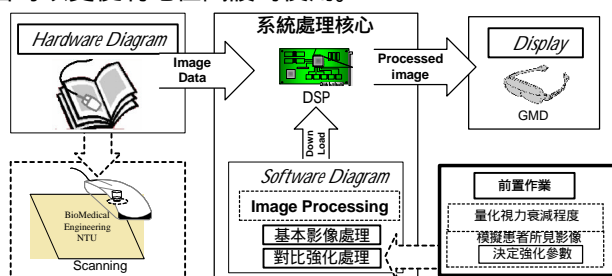
為伺服器系統與用戶端系統間網路架構圖



實際伺服器系統與用戶端系統傳遞影像資料展示圖

3. 可攜式電子輔助閱讀系統

我們已經先後完成的桌上型的電子輔助系統與它應用在網際網路上的教學閱讀系統，此時我們將把我們針對視覺障礙者所需的影像效果—影像對比強化處理的功能，將此功能植入可攜式電子輔助系統中，使得視覺障礙者可以更便利地在閱讀時使用。



可攜式電子輔助閱讀系統架構圖

可攜式電子輔助閱讀系統的架構，在前端影像擷取的硬體部分，將桌上型的閱讀平台專變換成手持式的掃描系統，並且將手持式掃描所得影像資訊，利用類比-數位轉換器轉換(analog-digital converter)成數位訊號後，再交由數位訊號處理器(DSP)作運算後，將數位訊號在轉換成類比訊後，可連接頭戴式眼鏡(GMD)將影像強化後作影像的輸出。

在可攜式系統中，我們主要著重於 DSP kernel 的程式的撰寫，並且將電子擴影系統中的軟體部分，寫成 DSP 系統的程式碼然後下載到 DSP 處理器中，以達成可攜式電子輔助閱讀系統影像處理的需求。

討論與結論

我們已經完成了電子輔助閱讀系統，視覺障礙者可以根據自己對於視力的衰減程度，來調整適合自己的影像對比強化參數(contrast gain)，用來強化影像的對比資訊，以提供最佳的影像效果。並且也將電子輔助閱讀系統加入網際網路傳輸的功能，以得系統成為視覺障礙者在課堂教學中的閱讀系統。並且顧及視覺障礙者外出時閱讀書籍方便性，利用 DSP 處理器，將專屬的影像對比強化的功能植入可攜式系統，能讓視覺障礙者閱讀書籍時更大的方便性與實用性。

參考文獻

1. E. Clearinghouse on Handicapped and gifted children. (1981). Learning related visual problems fact sheet. Reston, VA.
2. R. Kinny (1972). Independent living without sight and hearing. Arlington Heights, IL: Gray Dove.
3. N. Barraga. (1976). Visual handicaps and learning: a developmental approach. Belmont, CA: Wadsworth.
4. C. Bellecci, (1990) What's new in low vision aids. Technology Update, Sensory Aids Foundation, August, 1-4
5. T. Kuyk, J. James, and M. Keverline (eds.) (1990) A pilot study of a telescopic low vision aid with motorized focus. J. Vision rehab., 4(4), 21-30
6. H. Greene, R. Beadles and J. Pekar, (1992) Challenges in applying autofocus technology to low vision telescopes. Opto. And Vision Sci. 69(1), 25-31
7. NASA (1989) Space age vision aids. NASA technical briefs.
8. G.S. Rubin (1989) Low vision enhancement with space age technology. Research to Prevent Blindness, Science Writers Seminar, 57-8
9. R. Massof (1993) Low vision enhancement: Basic principles and enabling technology. CSUN Conference on technology for persons with disabilities, LA
10. E. Peli and T. Peli (1993) Image enhancement for the visually impaired. Optical Eng. 23, 47-51
11. T.B. Lawton (1989) Improved reading performance using individualized compensation filters for observers with losses in central vision. Ophthalmology, 96, 115-26
12. R. Massof and G. Rubin, (1994) Face discrimination with frequency selective contrast enhanced images. Vision Science and its applications, Technical digest series, 2 OSA
13. A. Jampolsky, J. Brabyn, A. Lewis and M. Winderl (1989) Two experimental illumination aids. J. Vision Rehab., 3(3) 33-7