

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

題目：具高畫質、低功率與人因優化之 LCD 面板及光源顯示
系統研究-子計畫二：LCD 面板與光源之整合式驅動架構研發

Title: Research of Integrated Driving Algorithm for LCD Panel and Light

Source

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 96-2221-E-009-113-MY3

執行期間：96 年 08 月 01 日至 99 年 07 月 31 日

計畫主持人：黃乙白 助理教授

共同主持人：

計畫參與人員：

廖凌嶢、陳致維、林芳正

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

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

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學 顯示科技研究所
國立交通大學 光電工程研究所

中 華 民 國 98 年 6 月 25 日

摘要

一個高動態液晶顯示器可以藉由區域可控式背光提昇影像對比度。然而，灰階控制的背光調變對於畫面偏於某個色彩(例如純紅、綠、藍等畫面)的畫面來說，其節省的能源相當有限，若能夠分別調控紅、綠、藍 LED 亮度，則能夠更加節省消耗功率。本計畫第二年度已完成彩色背光調變的演算法 Delta-Color-Adjustment (DCA) 法以及 Segment-Color-Control (SCC) 法。依照影像資訊可分別控制紅、綠、藍三色的背光訊號以得到彩色的背光訊號。其次，依據背光訊號的變化可補償出相對應的液晶補償訊號。彩色背光調變不僅可維持影像亮度並可使色彩飽和度提升，最重要的是能夠大幅降低功率消耗。

關鍵字：高動態液晶顯示器、彩色背光調變、液晶補償

Abstract

A high dynamic range liquid crystal display (HDR-LCD) can enhance the image contrast ratio using a locally controlled dynamic backlight. However, the power reduction of intensity controlled backlight for some pure color images like red, green, or blue image was limited. Therefore, we proposed the Delta-Color-Adjustment (DCA) method and Segment-Color-Control (SCC) method to appropriately adjust the backlight intensity of three primary-color LEDs independently. The determination algorithm of the three primary-color backlight signals has been completed in the second year. The red, green, and blue backlight signals can be controlled independently according to the image. Therefore, a color backlight signal can be determined. According to the corresponding backlight signals, the LC signals were compensated to maintain the brightness and image details. Consequently, the color-controlled backlight can not only maintain the image brightness, but also enlarge the NTSC gamut. The most important thing is the

power consumption can be further reduced.

Keywords: *high dynamic range liquid crystal display, color-controlled backlight, liquid crystal compensation*

一. 前言及研究目的

高動態範圍液晶顯示器(HDR-LCD)是一種具有雙調變器的顯示器，它結合了傳統高解析度的液晶顯示面板以及可分區調變的背光技術。高解析度的液晶面板用來維持影像細節，而分區調變的背光技術則可視為控制影像對比度的低解析度面板[1-4]。結合兩面板可達高解析度並有效提高顯示器的影像品質及降低功率消耗。為了使顯示器功率消耗能夠進一步降低，本計畫提出可分別調控紅、綠、藍三色 LED 背光訊號的演算法，如圖 1 所示。除進一步降低消耗功率外，更同時保有灰階調變時高對比度的好處。為了評估彩色背光調變所能節省之功率消耗，我們量測 RGB 三色 LED 在不同灰階值下的功率消耗(如圖 2)，初步估計能更進一步節省 20~40%背光全亮狀態下的功率消耗。

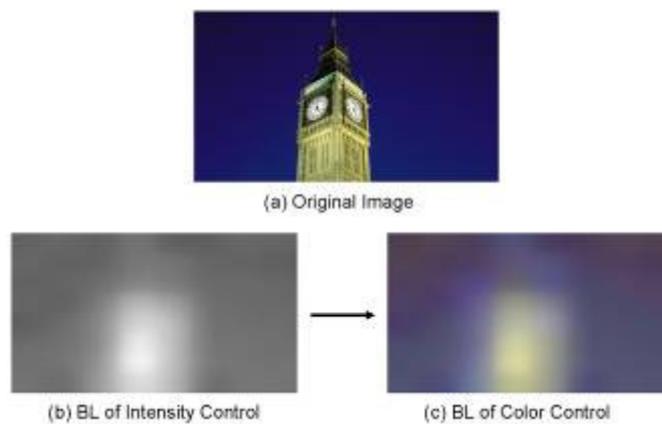


圖 1、原圖(a)分別採用灰階背光調變(b)以及彩色背光調變(c)

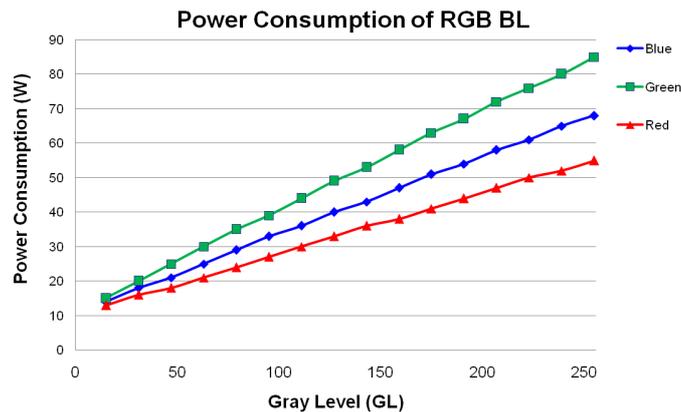


圖 2、三原色不同背光灰階值所對應的電功率(傳統全點亮的背光功率：190W)。單位：Watt

二. 文獻探討

圖 3 為 Samsung 公司所提出彩色背光調變的演算法流程圖[5]。首先，計算出每一區背光所需要的目標亮度，第二，計算每一區背光紅、綠、藍三色背光的理想亮度與目標亮度之差稱為調變因子(dimming factor) $\Delta_R(n)$ 、 $\Delta_G(n)$ 與 $\Delta_B(n)$ 。第三，根據光分佈函數對於每一

區的背光亮度的補償並計算補償完之背光亮度的與目標背光亮度的差 $\Delta Y_R(n)$ 、 $\Delta Y_G(n)$ 及 $\Delta Y_B(n)$ 。若 $\Delta Y_R(n)$ 、 $\Delta Y_G(n)$ 、 $\Delta Y_B(n)$ 滿足一個標準值，則背光的調變則由第二步的調變因子所決定，若不滿足則必須另作補償。此演算法能夠得到一彩色的背光訊號，依照此演算法所得之影像能維持影像品質並且降低顯示器功率消耗。然而，此演算法較為複雜。實際應用於硬體上會是一困難之處。

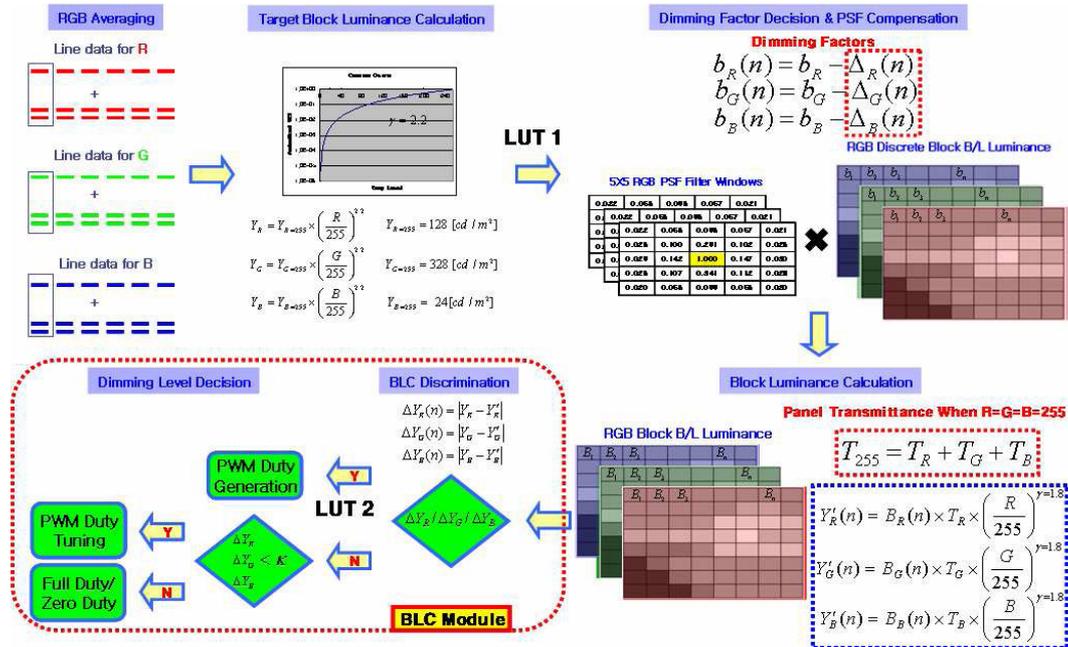


圖 3、Samsung 公司所提出彩色背光調變之演算法流程圖

三. 研究方法

本年度計畫提出兩種彩色背光演算法，Delta-Color-Adjustment (DCA)[6,7]演算法以及 Segment-Color-Control (SCC) [8]演算法，以下將分別進行說明。

A. Delta-Color-Adjustment (DCA)演算法：

Delta-Color-Adjustment (DCA)可針對不同影像對 RGB 三色背光在原始灰階調變的基礎下獨立進行調變，不僅能保有灰階調變時高對比的好處，並且能進一步降低顯示器功率消耗。

此彩色背光演算法概念如圖 4 所示。依據 Brightside Co.發表之灰階背光演算法的流程架構[1-2]，可得 Phase1 的背光(Phase1: BL)。將此背光分成三個維度：紅色背光 BL(R)、藍色背光 BL(B)並使(Phase1:BL) = BL(R) = BL(G) = BL(B)，再分別對 R、G、B 的每一區做細部調變(ΔBL_r 、 ΔBL_g 、 ΔBL_b)，即可獲得一個新的彩色背光值(Phase2: Color BL)。此彩色背光演算法具有下列優點：

1. 低硬體運算量
2. 節省功率消耗

3. 提高對比度

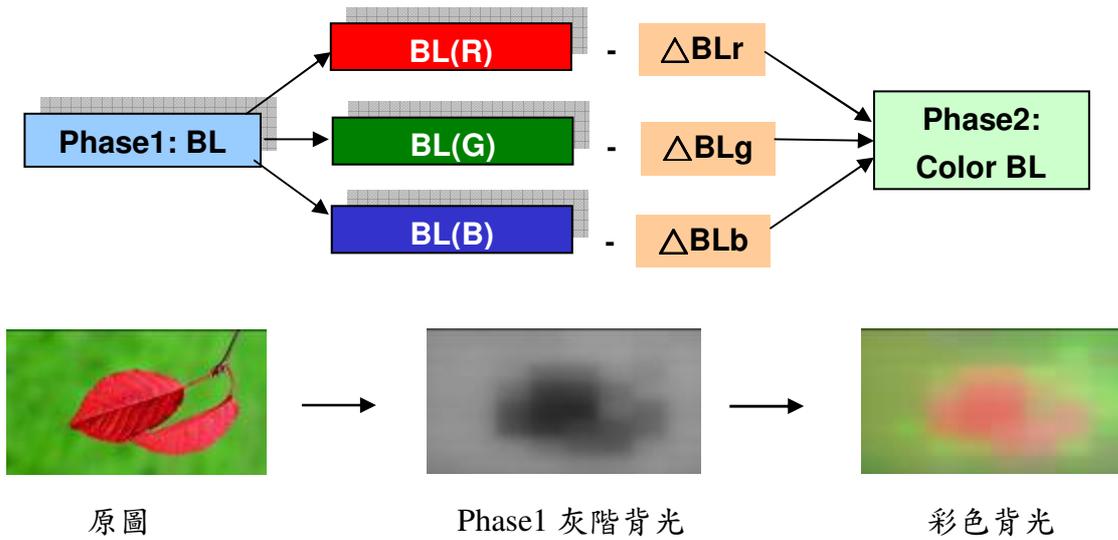


圖 4 彩色背光演算法概念：彩色背光可由 Phase1 灰階背光分別再就 RGB 三色 LED 調整而得

DCA 演算法的關鍵在於適當的決定三色背光微調量，即 ΔBL_r 、 ΔBL_g 、 ΔBL_b 。此演算法的流程圖如圖 5 所示：

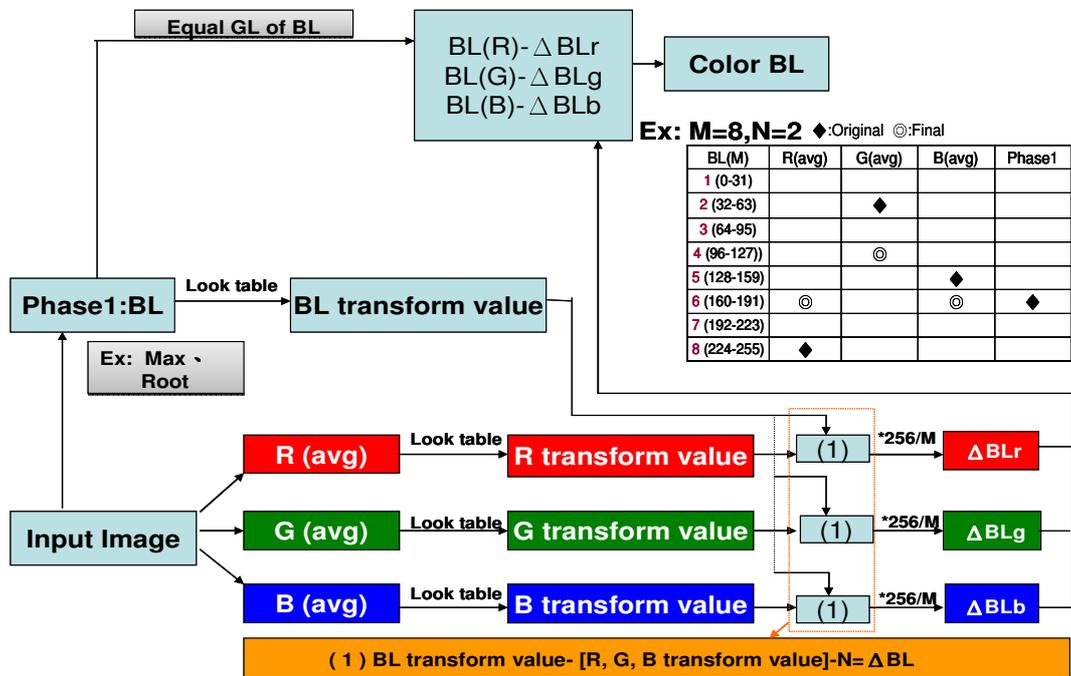


圖 5 演算法流程圖

(1) 首先把 0~255 的背光值等比例($\Delta=32$)分割成 M 區，再依所屬的區域轉換其所代表的值域(1~8)，參照表一。例如：當背光值落在 0~31，則對應到 1；當背光值落在 32~63，則

對應到 2...若背光值落在 224~255，則對應到 8。

- (2) 比較 Phase I 的每一區背光轉換值和影像每一區背光平均值。
- (3) 帶入 Phase I(BL)- [R, G, B(avg)]-N= Δ BL (若 Δ BL \leq 0，則 Δ BL 視為 0 \rightarrow 不做調整)。
- (4) 只做減少的動作，不做增加的動作。

舉例而言，在表一中(M=8、N=2)，灰階背光演算法決定好的某區背光落在 160~191 之間，則此背光轉換值記為 6。再分別算出影像各區中 R、G、B 的平均值，分別置換成所對應到的數值，R=8、G=2、B=5。接著再帶入公式： Δ BL_r=6-8-2=-4 \leq 0 \rightarrow 0， Δ BL_g=6-2-2=2， Δ BL_b=6-5-2=-1 \leq 0 \rightarrow 0。因此，最後此區背光值僅調變 G，減少兩個 Δ (即減少 64 個灰階)；而 R、B 則維持原來灰階背光演算法的值，不予變動。因此 DCA 背光演算法中會有兩個重要的參數(M 和 N)。以下將進行實際量測以找尋最恰當的 M、N 值以優化 DCA 彩色背光決定法。

表一 Delta-Color 背光演算法對應表

◆:Original ◎:Final

BL(M)	R(avg)	G(avg)	B(avg)	Phase1
1 (0-31)				
2 (32-63)		◆		
3 (64-95)				
4 (96-127)		◎		
5 (128-159)			◆	
6 (160-191)	◎		◎	◆
7 (192-223)				
8 (224-255)	◆			

B. Delta-Color-Adjustment (DCA) 優化實驗：

實驗圖片：

本實驗預計要量測各種不同類型的圖片來驗證此彩色背光演算法的優缺點。圖 6 為測試圖片，其中包含單一原色偏多，可觀察能否節省較多的功率；多細節圖片，可觀察是否能維持原影像細節；中對比圖片，可觀察是否能提高對比並節省功率；高對比的圖片，可觀察是否能維持 Phase1 演算法高對比之優點並且達到更節省功率之目的。

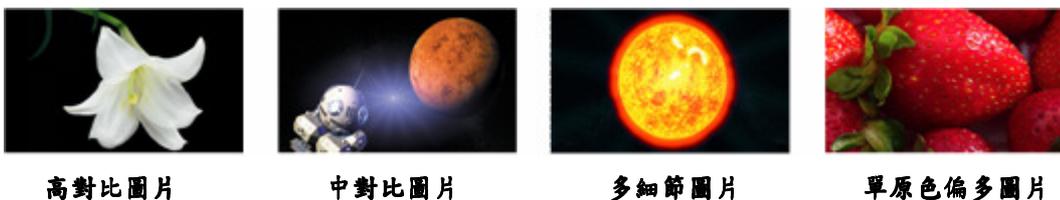


圖 6、實驗圖片

實驗流程：

本實驗流程如圖 7 所示，選擇了四張不同測試圖片，接下來利用 IMF[9]結合 DCA 並搭配不同的 M 與 N，可得到不同的背光值，下一步再分別使用 convolution 的液晶補償方式分

別去補償影像的細節，最後再利用影像品質與功率損耗當做評估的指標，進而找到理想的M,N 值。

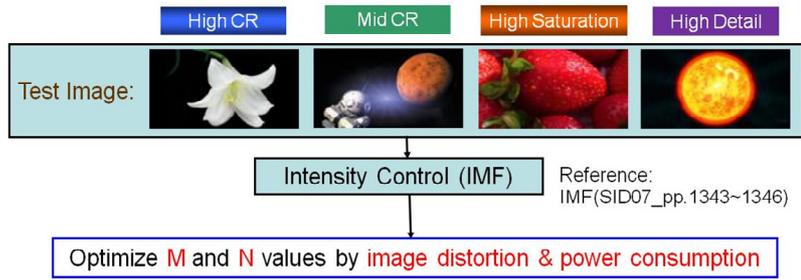


圖7、DCA實驗流程

經由上面的實驗可得到許多組M與N的結果。首先為了維持影像的細節度，我們找了七個人做主觀的人因實驗並給予影像評分。而為了能達到高畫質的影像，我們定義了十分為門檻（分數越高表示畫面品質越好）。從圖8(a)可以發現有六組的M與N滿足此門檻，因此我們再使用功率消耗當作第二個評斷的指標，從上面六組找尋到最低功率消耗的組合，從圖8(b)可知，此DCA方法的M與N優化值為M=16與N=6。

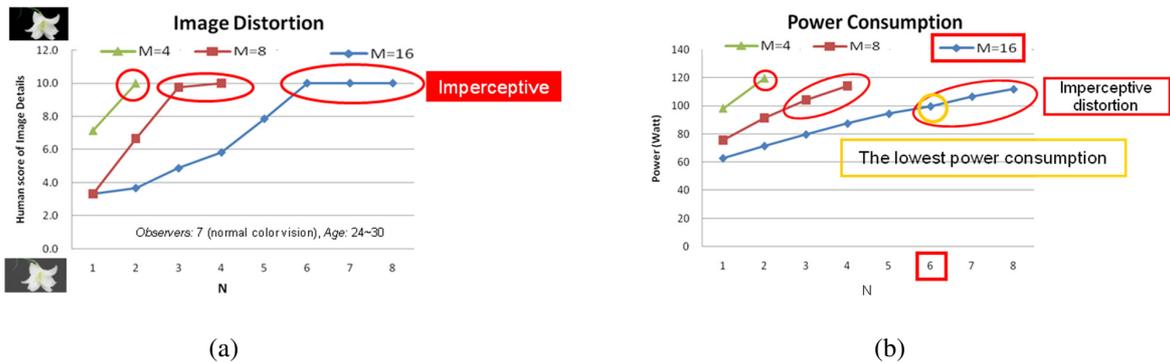


圖8、DCA實驗結果

C. Segment-Color-Control (SCC)演算法：

本年度計畫中新提出的第二個彩色背光演算法為 Segment-Color-Control (SCC)演算法。此方法可結合 Average, Root 與 Max 三種黑白背光的優點，如圖 9 所示。Average 在暗態可以有效的降低漏光，使暗處能達到更暗；Root 在中灰階處可以使背光值平滑，使亮暗處不致於產生明顯的落差；Max 在亮態可以有效的維持住細節。除此之外，此法運算簡單易於硬體實現。

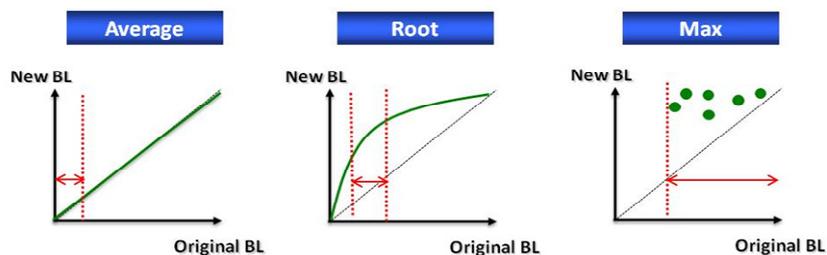


圖 9 各種黑白背光演算法的優點

此彩色背光演算法概念如圖 10 所示，依據 Brightside Co.發表之灰階背光演算法的流程架構可得到黑白背光，將此背光分為三個區域:，再分別對 R、G、B 所落到的每一區做對應，如果對應到 A 區則使用 Average 演算法；如果對應到 R 區則使用 Root 演算法；如果對應到 M 區，則使用 Max 演算法，最後即可獲得一個新的彩色背光值。

此彩色背光演算法具有下列優點:

- 1.硬體運算量低(不需要藉由黑白背光去調變)
- 2.節省功率消耗
- 3.提高對比

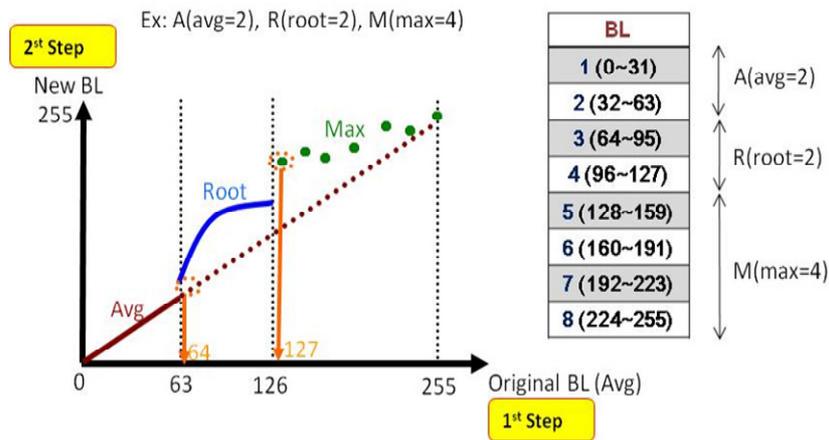


圖 10、SCC演算法流程圖

D. Segment-Color-Control (SCC)優化實驗：

SCC演算法中有三個重要的參數(A,R與M)，分別代表三個演算法所佔的區域，而SCC的實驗流程與DCA幾乎完全一樣，如圖11。同樣是用影像的細節與功率損耗當作評斷指標，最後從實驗結果(圖12)可以發現A=1,R=2,M=5擁有最好的影像畫質與最低功率。

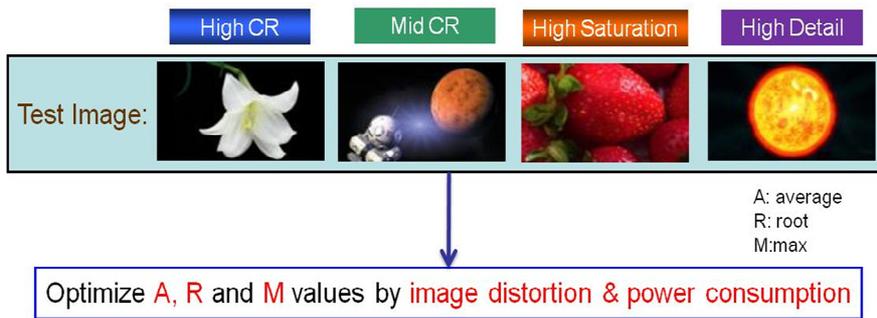


圖 11、1SCC演算法流程圖

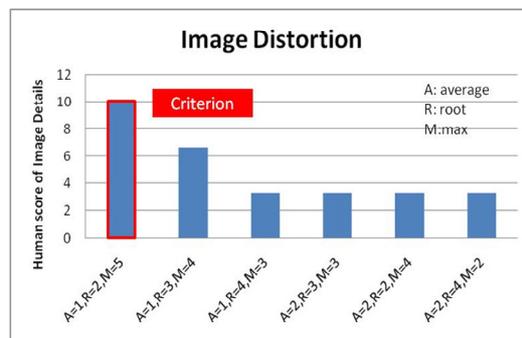


圖 12、2SCC演算法流程圖

四. 實驗結果

最後將兩個新提出的彩色背光演算法(DCA 和 SCC)，實際應用在 37 吋 HDR-LCD 面板上做驗證，實驗流程如圖 13 所示。

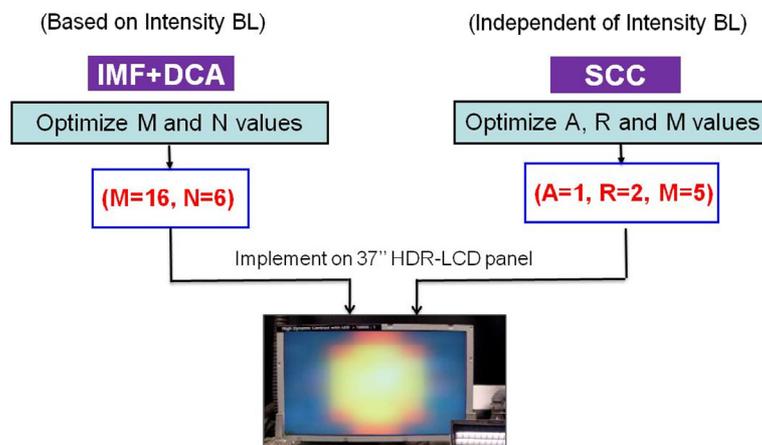


圖 13、實驗流程圖

在高對比影像的實驗結果(圖14)中，兩個彩色背光演算法皆可以達到高對比度(~40000:1)與節省更多的功率。在中對比影像的實驗結果(圖15)中，兩個彩色背光演算法皆可以提昇高對比度與節省功率。在單一原色偏多的影像實驗結果(圖16)中，兩個彩色背光演算法皆可以有效的提昇色彩飽和度從108% NTSC到125% NTSC與節省更多的功率。在高細節的影像結果(圖17)中，兩種彩色背光演算法皆可以維持影像的細節，幾乎與原本背光全亮的一模一樣。

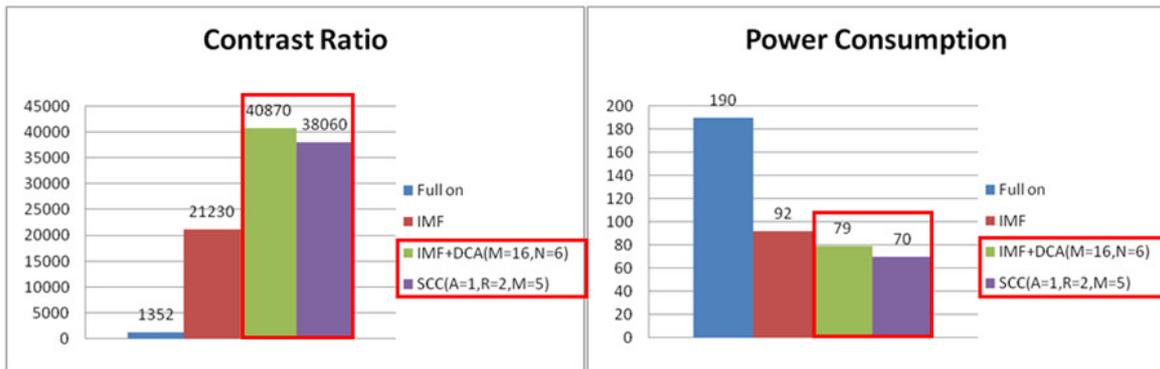
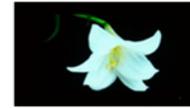


圖 14、SCC演算法流程圖

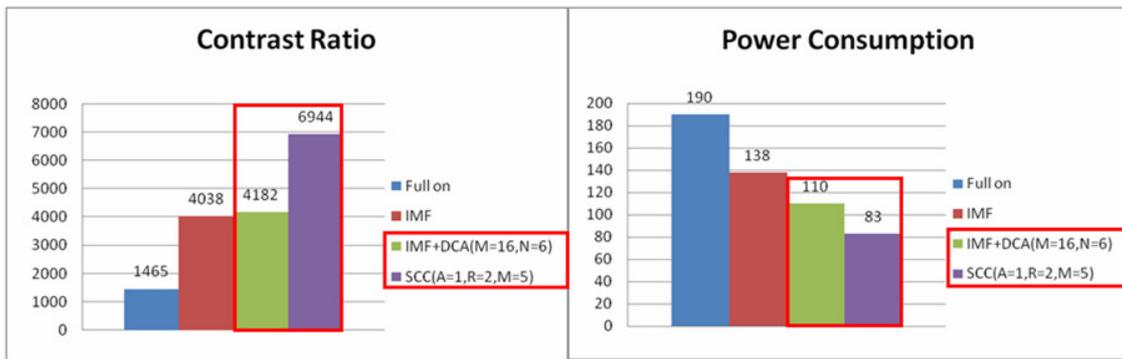


圖 15、SCC演算法流程圖

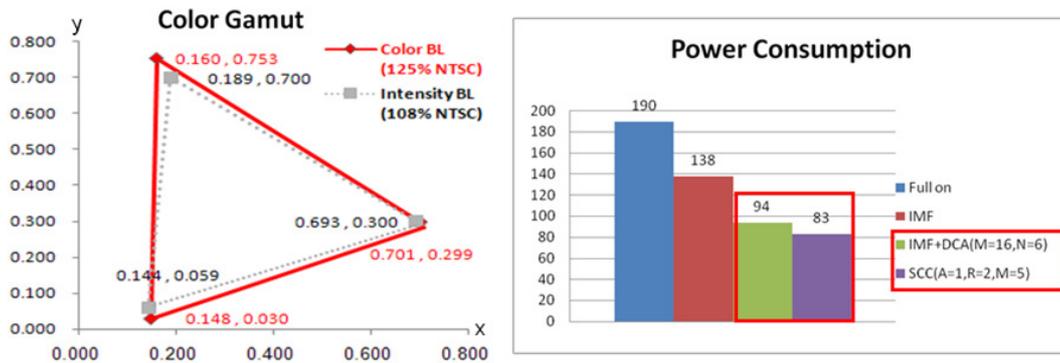


圖 16、3SCC演算法流程圖

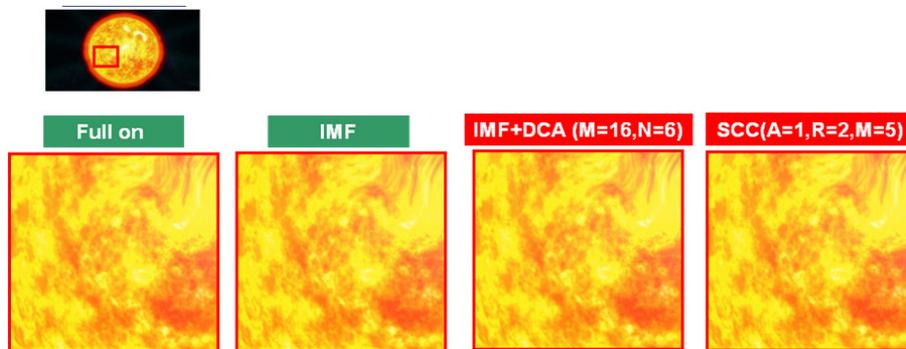


圖 17、SCC演算法流程圖

五. 結論與建議

高動態範圍液晶顯示器為液晶顯示器帶來了許多好處，不僅能夠降低液晶顯示器暗態漏光的現象，其產生的畫面能夠更接近現實環境的影像。然而，若背光的決定不恰當時，則影像會遭遇很嚴重的失真問題。

本計畫提出兩種新的彩色背光調變演算法 Delta-Color Control (DCA)法及 Segment-Color Control (SCC)法。DCA 法能夠套用在不同灰階控制的背光演算法中，因為 DCA 是以灰階控制為基礎去調變 LED。而 SCC 法相對 DCA 法演算更為簡單，因為 SCC 法是直接計算畫面的彩色背光。由實驗的結果可知，此兩種演算法在高對比度的畫面時，不僅能達到高對比度(~40000:1) 也能夠將影像細節維持得很清晰。而且，此兩種演算法能夠提升顯示器的色彩飽和度至 125% NTSC。此外，其功率消耗也比傳統 CCFL 型液晶顯示器及灰階背光控制液晶顯示器來的低。因此，DCA 法與 SCC 法可以是未來彩色背光調變液晶顯示器應用的一種選擇。

六. 計畫成果自評

目前已完成彩色背光調變 Delta-Color-Adjustment (DCA) 演算法及 Segment-Color-Control (SCC)演算法的開發。此兩種背光演算法都相當簡單，搭配液晶訊號之補償，此兩演算法在高對比的圖片皆可以達到高對比(~40000:1)；在色彩偏向性高的圖片可以達到高色彩飽和度(125% NTSC)。除此之外，幾乎都可以更有效的節省功率損耗(40~50%)。DCA可以對各種不同的黑白背光做優化而SCC可以直接查表獲得彩色背光。在本計劃的實驗中，DCA中重要的參數為M=16 與 N=6; SCC中重要的參數為A=1, R=2, M=5。

已發表之期刊論文

1. Fang-Cheng Lin, **Yi-Pai Huang**, Lin-Yao Liao, Cheng-Yumr Liao and Han-Ping D. Shieh, "Dynamic Backlight Gamma on High Dynamic Range LCD TVs", IEEE/OSA Jol. of Display Technology, Vol. 4, Issue 2, pp.139 - 146.(2008)
2. **Yi-Pai Huang**, Ke-Horng Chen, Chun-Ho Chen, Fang-Cheng Lin, and Han-Ping D. Shieh, "Adaptive LC/BL Feedback Control in Field Sequential Color LCD Technique for Color Breakup Minimization", IEEE/OSA Jol. of Display Technology, Vol. 4, Issue 3, pp. 290-295.(2008)
3. Fang-Cheng Lin, **Yi-Pai Huang**, Ching-Ming Wei, and Han-Ping D. Shieh, "Color Break-Up Suppression and Low Power Consumption by Stencil-FSC Method in Field-Sequential LCDs", Journal of SID , Special Section – Best of SID'08 Symp., vol. 17(3), pp. 221-228, (2009)
4. Guo-Zhen Wang, Fang-Cheng Lin, Yi-Pai Huang, and Han Pin D. Shieh, "Delta-Color Adjustment (DCA) for Spatial Modulated Color Backlight Algorithm on High Dynamic Range LCD TVs," *submitted to J. Display Technol.*

已發表之會議論文

1. Guo-Zhen Wang, **Yi-Pai Huang**, Szu-Che Yeh, and Han-Ping D. Shieh, "Segment Color Control (SCC) Method for Color Controlled Backlight of High Dynamic Range LCD-TVs" Society for Information Display 2009 (SID'09)
2. Lin-Yao Liao, Chih-Wei Chen, **Yi-Pai Huang**, Szu-Che Yeh , "Fast MPRT with High Brightness LCD by 120-Hz Local Blinking HDR Systems "Society for Information Display 2009 (SID'09)
3. Fang-Cheng Lin, **Yi-Pai Huang**, Ching-Ming Wei, Han-Ping D. Shieh, Chi-Chung Tsai, Wen-Chih Tai, "Stencil-FSC Method for Color Break-Up Suppression and Low Power Consumption in Field-Sequential LCDs", Society for Information Display 2008 (SID'08), pp. 1088-1091. (2008)
*Selected as Special Section of J-SID: Best of SID'08 Symp.
4. Guo-Zhen Wang, Yi-Pai Huang, Fang-Cheng Lin, Han-Ping D. Shieh, and Szu-Che Yeh, "Delta-Color Adjustment (DCA) Method for Color Controlled Backlight of High Dynamic Range LCD TVs," *SID Symposium Digest Tech Papers*, vol. **39**, pp. 768-771, (2008)
5. Chun-Ho Chen, Ke-Horng Chen, **Yi-Pai Huang** Han-Ping D. Shieh, Ming-Tsung Ho, "Gray Level Redistribution in Field Sequential Color LCD Technique for Color Breakup Reduction", Society for Information Display 2008 (SID'08), pp. 1096-1099. (2008)
6. Lin-Yao Liao, **Yi-Pai Huang**, Szu-Che Yeh, "A Real-Time Image Compensation for High Dynamic Range LCDs", Society for Information Display 2008 (SID'08), pp. 764-767. (2008)

7. **(Best Student Paper Award)** Fang-Cheng Lin, **Yi-Pai Huang**, Ching-Ming Wei, and Han-Ping D. Shieh, “Stencil-FSC Method Achieving a Green LCD-TV,” OPT2008, 2008/12.
8. **(Best Student Paper Award)** Guo-Zhen Wang, **Yi-Pai Huang**, and Szu-Che Yeh, “Segment Color Control Method for High Dynamic Range LCD TVs,” OPT2008, 2008/12

專利

1. 廖凌曉,林芳正,**黃乙白**,汪德美,葉斯哲,謝漢萍,“高動態範圍液晶顯示器液晶補償演算.”大陸, 公開號碼 200710170329.2, 公開日期 20071112
2. 王國振,林芳正,**黃乙白**,汪德美,葉斯哲,謝漢萍,“高動態範圍液晶顯示器彩色背光演算.”大陸, 公開號碼 200710187301.x, 公開日期 20071119
3. **黃乙白**,林芳正,廖振宇,廖凌曉,“液晶顯示器之背光控制方法”,中華民國,公開號碼 200832320,公開日期 20080801

參考文獻

- [1] H. Seetzen, Lorne A. Whitehead, and Greg Ward, “A High Dynamic Range Display Using Low and High Resolution Modulators”, *SID Symposium Digest Tech Papers*, vol. **34**, pp. 1450-1453, (2003).
- [2] H. Seetzen, et al., “High Dynamic Range Display Systems”, SIGGRAPH 2004, ACM Transactions on Graphics,**23**(3), pp. 760-768, 2004.
- [3] E.Y. Oh, S. H. Baik, M. H Sohn, K. D. Kim, H. J. Hong, J. Y. Bang, K. J. Kwon, M. H. Kim, H. Jang, J. K. Yoon, and I. J Chung, “IPS-mode dynamic LCD-TV realization with low black luminance and high contrast by adaptive dynamic image control technology”, *J Soc Info Display*, vol. **13**, pp. 215-219, (2005).
- [4] Y. W. Wang, et al., “Analyses of Point spread function in high dynamic range display system,” *Optics and Photonics Taiwan 2005*, No. G-SA-X 4-3 (2005).
- [5] Dong-Min Yeo, Yong-hoon Kwon, Eui-Jeong Kang, Se-Ki Park, Byungchoon Yang, Gicherl Kim, and Taeseok Jang, “Smart Algorithm for Local Dimming LED Backlight”, *SID Symp. Digest Tech Papers*, vol. **39**, pp. 986-989 (2008)
- [6] Guo-Zhen Wang, Yi-Pai Huang, Fang-Cheng Lin, Han-Ping D. Shieh, and Szu-Che Yeh, “Delta-Color Adjustment (DCA) Method for Color Controlled Backlight of High Dynamic Range LCD TVs,” *SID Symposium Digest Tech Papers*, vol. **39**, pp. 768-771, (2008)
- [7] Guo-Zhen Wang, Fang-Cheng Lin, Yi-Pai Huang, and Han Pin D. Shieh, “Delta-Color Adjustment (DCA) for Spatial Modulated Color Backlight Algorithm on High Dynamic Range LCD TVs,” *submitted to J. Display Technol.*
- [8] Guo-Zhen Wang, Yi-Pai Huang, and Szu-Che Yeh, *SID Symposium Digest Tech Papers*, vol. **15**, pp. 757-759, (2009)
- [9] F. C. Lin, L. Y. Liao, C. Y. Liao, Y. P. Huang, H. P. D. Shieh, T. M. Wang, and S. C. Yeh, “Dynamic Backlight Gamma on High Dynamic Range LCD TVs,” *J. Display Technol.*, vol. **4**(2), pp. 139-146 (2008).