



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I433053 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 01 日

(21) 申請案號：099137606

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 11 月 02 日

(51) Int. Cl. : G06T5/00 (2006.01)

(71) 申請人：旭曜科技股份有限公司 (中華民國) ORISE TECHNOLOGY CO., LTD. (TW)  
新竹市新竹科學工業園區篤行一路 6 號 4 樓

(72) 發明人：吳鴻居 WU, HUNG CHU (TW)

(74) 代理人：吳冠賜；林志鴻

(56) 參考文獻：

US 6463173B1

US 7031534B2

US 2002/0081022A1

US 2003/0189655A1

US 2006/0007497A1

審查人員：黃鴻鈞

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：5 共 0 頁

(54) 名稱

運用像素區域特性之影像銳利度強化方法及系統

METHOD AND SYSTEM FOR IMAGE SHARPNESS ENHANCEMENT BASED ON LOCAL  
FEATURE OF THE IMAGE

(57) 摘要

本發明提供一種運用像素區域特性之影像銳利度強化系統。一最小值產生單元接收一局部區域中的像素，輸出局部區域中最小的像素亮度值。一最大值產生單元接收該局部區域中的像素，輸出該局部區域中最大的像素亮度值。一減法單元將該最大的像素亮度值減去該最小的像素亮度值，進而產生一差值。一局部區域平均值單元計算局部區域中的像素亮度平均值，以輸出一區域平均值。一銳利度計算單元依據該差值、區域平均值及一可調整係數，用以計算一像素(i,j)的銳利度因子。一銳利化處理單元依據該銳利度因子，用以對像素(i,j)進行銳利化處理。

The invention provides a system for image sharpness enhancement based on local feature of the image. A minimum unit receives pixels from a local area of the image to generate the minimum luma of the pixels. A maximum unit receives pixels from a local area of the image to generate the maximum luma of the pixels. A subtraction unit subtracts the maximum luma from the minimum luma to generate a difference value. A local mean unit calculates the mean value of lumens in the local area to generate a local mean value. A sharpness calculation unit calculates a sharpness factor of a pixel (i,j) according to the difference value, the local mean value, and an adjustable coefficient. A sharpness processing unit performs the sharpness processing of the pixel (i,j) based on the sharpness factor.

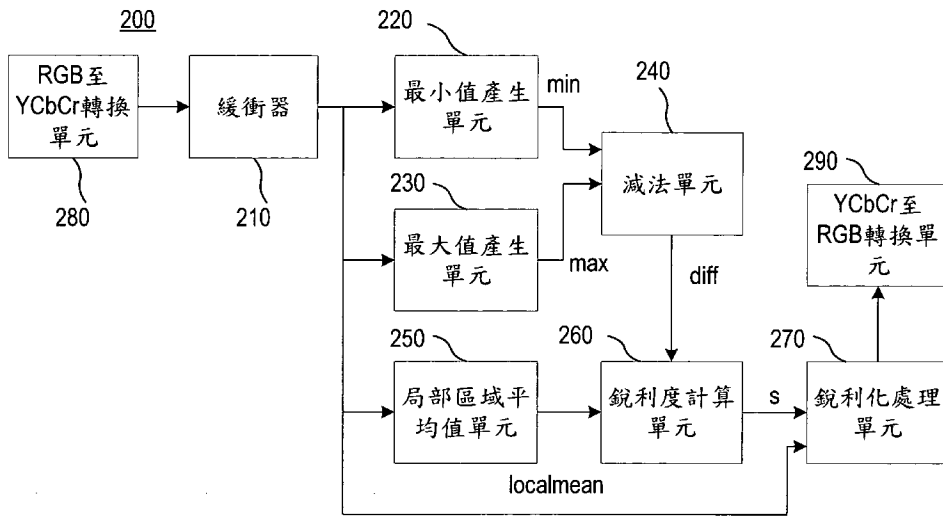


圖 2

- 200 . . . 運用像素區域特性之影像銳利度強化系統
- 210 . . . 緩衝器
- 220 . . . 最小值產生單元
- 230 . . . 最大值產生單元
- 240 . . . 減法單元
- 250 . . . 局部區域平均值單元
- 260 . . . 銳利度計算單元
- 270 . . . 銳利化處理單元
- 280 . . . RGB 至 YCbCr 轉換單元
- 290 . . . YCbCr 至 RGB 轉換單元

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：99137606

※申請日：99.11.2

※IPC分類：

G06T5/00

(2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

運用像素區域特性之影像銳利度強化方法及系統

Method and system for image sharpness enhancement based on local feature of the image

## 二、中文發明摘要：

本發明提供一種運用像素區域特性之影像銳利度強化系統。一最小值產生單元接收一局部區域中的像素，輸出局部區域中最小的像素亮度值。一最大值產生單元接收該局部區域中的像素，輸出該局部區域中最大的像素亮度值。一減法單元將該最大的像素亮度值減去該最小的像素亮度值，進而產生一差值。一局部區域平均值單元計算局部區域中的像素亮度平均值，以輸出一區域平均值。一銳利度計算單元依據該差值、區域平均值及一可調整係數，用以計算一像素(i,j)的銳利度因子。一銳利化處理單元依據該銳利度因子，用以對像素(i,j)進行銳利化處理。

### 三、英文發明摘要：

The invention provides a system for image sharpness enhancement based on local feature of the image. A minimum unit receives pixels from a local area of the image to generate the minimum luma of the pixels. A maximum unit receives pixels from a local area of the image to generate the maximum luma of the pixels. A subtraction unit subtracts the maximum luma from the minimum luma to generate a difference value. A local mean unit calculates the mean value of lummas in the local area to generate a local mean value. A sharpness calculation unit calculates a sharpness factor of a pixel  $(i,j)$  according to the difference value, the local mean value, and a adjustable coefficient. A sharpness processing unit performs the sharpness processing of the pixel  $(i,j)$  based on the sharpness factor.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 2。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

運用像素區域特性之影像銳利度強化系統 200

緩衝器 210

最小值產生單元 220

最大值產生單元 230

減法單元 240

局部區域平均值單元 250

銳利度計算單元 260

銳利化處理單元 270

RGB至YCbCr轉換單元 280

YCbCr至RGB轉換單元 290

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於影像處理之技術領域，尤指一種運用像素區域特性之影像銳利度強化方法及系統。

### 【先前技術】

由於影像中的邊緣及其他灰階突然地改變處通常係與影像中的高頻成分相關，故影像銳利度強化通常利用高通濾波達成，亦即該高通濾波係衰減影像中低頻成分而不會干擾到影像中的高頻成分。

然而僅單獨使用高通濾波會衰減影像中低頻成分，進而造成影像失真。為解決使用高通濾波所造成影像失真的問題，習知技術先使用鈍化遮罩(unsharp masking)用以增強影像的銳利度，其中，鈍化遮罩係將一張原始影像減去該影像的模糊版本，進而獲得一銳利化影像。鈍化遮罩可用系列數學公式表示：

$$f_s(x,y) = f(x,y) - \bar{f}(x,y), \quad (1)$$

當中， $f(x,y)$ 為一原始影像，或是未經鈍化遮罩處理的影像， $\bar{f}(x,y)$ 為該影像的模糊版本， $f_s(x,y)$ 為經由鈍化遮罩處理後的影像。

高增強濾波(high-boosting filtering)係鈍化遮罩的下一代技術。其中，高增強濾波影像(high-boosting filtering image)係定義為：

$$f_{hb}(x,y) = A \times f(x,y) - \bar{f}(x,y), \quad (2)$$

當中， $A$ 大於或等於1， $f(x,y)$ 為一原始影像，或是未經鈍化遮罩處理的影像， $\bar{f}(x,y)$ 為該影像的模糊版本， $f_{hb}(x,y)$ 為高增強濾波影像。高增強濾波影像 $f_{hb}(x,y)$ 可改寫為：

$$f_{hb}(x,y) = (A-1) \times f(x,y) + f(x,y) - \bar{f}(x,y), \quad (3)$$

由公式(1)，公式(3)可改寫為：

$$f_{hb}(x,y) = (A-1) \times f(x,y) + f_s(x,y) \circ \quad (4)$$

當中，高增強濾波可由圖1中的遮罩予以實現。當 $A=1$ 時，高增強濾波類似拉普拉斯銳化(Laplacian sharpening)，當 $A$ 大於1，且越來越大時，銳利化程序的貢獻度則越來越少。當 $A$ 夠大時，高增強濾波影像可視為原始影像乘上一常數。

不論是拉普拉斯銳化、鈍化遮罩或是高增強濾波，當使用遮罩運算時，需使用9個乘法器及8個加法器，其硬體成本極高而不符實際之需要，故習知影像銳利度強化方法及系統仍有諸多缺失而有予以改善之必要。

### 【發明內容】

本發明之主要目的係在提供一種運用像素區域特性之影像銳利度強化方法及系統，其提供了一個不同於習知使用鈍化遮罩(unsharp masking)的簡單方法及系統來強化影像銳利度。並且能根據影像區域性內容的差異，產生不同大小的銳利度因子，避免產生過度或者不足的

銳利度增強。同時亦避免習知使用濾波器需使用大量硬體的缺點。

依據本發明之一特色，本發明提出一種影像銳利度強化方法，係對一影像的亮度訊號執行銳利度強化運算，其中，該影像係由多數個像素以矩陣排列所構成，該方法包括步驟：(A)針對一局部區域擷取其局部區域特徵，用以找尋該局部區域中一最大的像素亮度值及一最小的像素亮度值，進而計算一差值及一區域平均值，其中該局部區域包含一像素；(B)依據該差值，以計算該像素(i,j)的銳利度因子；(C)依據該銳利度因子，對該像素(i,j)進行銳利化處理；(D)重覆前述步驟(A)至(C)，直到該影像中所有像素均執行前述銳利化處理。

依據本發明之另一特色，本發明提出一種運用像素區域特性之影像銳利度強化系統，其對一影像的亮度訊號執行銳利度強化運算，該影像係多數個像素以矩陣排列所構成，該系統包含一緩衝器、一最小值產生單元、一最大值產生單元、一減法單元、一區域平均值單元、一銳利度計算單元、及一銳利化處理單元。該緩衝器暫存該影像之一局部區域中的像素亮度值，其中該局部區域中具有相對應的像素。該最小值產生單元連接至該緩衝器，用以接收該局部區域中相對應的該像素，進而輸出該局部區域中最小的像素亮度值。該最大值產生單元連接至該緩衝器，用以接收該局部區域中相對應的該像素，進而輸出該局部區域中最大的像素亮度值。該減法單元連接至該最小值產生器及該最大值產生器，用以將



該最大的像素亮度值減去該最小的像素亮度值，進而產生一差值。該局部區域平均值單元連接至該緩衝器，用以計算該局部區域中相對應的該像素之亮度平均值，進而輸出一區域平均值。該銳利度計算單元連接至該減法單元及該局部區域平均值單元，其依據該差值、該區域平均值及一可調整係數，用以計算該像素 $(i,j)$ 的銳利度因子。該銳利化處理單元連接至該緩衝器及該銳利度計算單元，依據該銳利度因子，對該像素 $(i,j)$ 進行銳利化處理。

### 【實施方式】

本發明是關於一種運用像素區域特性之影像銳利度強化方法和系統，其對於一影像的亮度訊號執行銳利度強化，該影像係由矩陣排列之多數個像素所構成。圖2係本發明運用像素區域特性之影像銳利度強化系統的方塊圖。該系統200包含一緩衝器210、一最小值產生單元220、一最大值產生單元230、一減法單元240、一局部區域平均值單元250、一銳利度計算單元260、一銳利化處理單元270、一RGB至YCbCr轉換單元280、及一YCbCr至RGB轉換單元290。

該RGB至YCbCr轉換單元280係將該影像由RGB領域(RGB domain)轉換至YCbCr領域。

該緩衝器210連接至該RGB至YCbCr轉換單元280，係以暫存該影像之一局部區域中像素的亮度訊號，其中，該局部區域中具有一像素 $(i,j)$ ， $i, j$ 表示像素於該影像中之位置索引。圖3係本發明之局部區域之示意圖，其中，

該局部區域係以該像素(i,j)為中心的一3X3區域，其包含該像素(i,j)及位於該像素(i,j)的左上、上方、右上、左側、右側、左下、下方及右下的像素(i-1,j-1)、像素(i-1,j)、像素(i-1,j+1)、像素(i,j-1)、像素(i,j+1)、像素(i+1,j-1)、像素(i+1,j)、及像素(i+1,j+1)。

該最小值產生單元220連接至該緩衝器210，用以接收該局部區域中的像素，並輸出該局部區域中最小的像素亮度值min。圖4係本發明之最小值產生單元220之示意圖，該最小值產生單元220係可由一VHDL程式碼所描述，熟於該技術者亦可改寫成Verilog程式碼、或是System C程式碼。

該最大值產生單元230連接至該緩衝器210，以接收該局部區域中的像素，輸出該局部區域中最大的像素亮度值max。

該減法單元240連接至該最小值產生器220及該最大值產生器230，用以將該最大的像素亮度值max減去該最小的像素亮度值min，進而產生一差值diff。

該局部區域平均值單元250連接至該緩衝器210，用以計算該局部區域中的像素亮度平均值，進而輸出一局部區域平均值localmean，其中該局部區域平均值localmean係為將該局部區域中所有像素亮度值相加再除以該局部區域中像素的數目。

於本實施例中，該局部區域平均值localmean係將像素(i-1,j-1)、像素(i-1,j)、像素(i-1,j+1)、像素(i,j-1)、像素(i,j)、像素(i,j+1)、像素(i+1,j-1)、像素(i+1,j)、及像素

(i+1,j+1)的亮度值相加後再除以9。或者可先將像素(i,j)以外的8個像素的亮度值相加後再向右移3位元，再與像素(i,j)的亮度值相加後再向右移1位元，藉此以避免使用除法器。

該銳利度計算單元260連接至該減法單元240及該局部區域平均值單元250，其依據該差值diff、區域平均值localmean及一可調整係數r，用以計算該像素(i,j)的銳利度因子。其中，該銳利度因子係使用下列公式表示：

$$s=r-(diff\div 256),$$

當中，s為該銳利度因子，diff為該差值，r為該可調整係數， $2\leq r\leq 3$ 。由於 $2\leq r\leq 3$ 、且差值diff小於256，故 $1\leq s\leq 3$ 。

該銳利化處理單元270連接至該緩衝器210及該銳利度計算單元260，依據該銳利度因子s，對該像素(i,j)進行銳利化處理。其中，該銳利化處理單元270對該像素(i,j)進行銳利化處理係對該像素(i,j)執行下列公式：

$$p'=localmean+s\times(p-localmean),$$

當中，localmean為該局部區域平均值，s為該銳利度，p為該像素(i,j)的亮度值，p'為執行銳利化處理後該像素(i,j)的亮度值。當s=1時，p'=p，不進行銳利化，當s=3時，p'=3xp-2xlocalmean，表示進行深度銳利化，用以讓該像素(i,j)與該局部區域中的其他像素有較大的差別，進而達到銳利化的目的。

該 YCbCr 至 RGB 轉換單元 290 連接至該該銳利化處理單元 270，以將該影像由 YCbCr 領域轉換至 RGB 領域 (RGB domain)。

熟習本發明技術者可依據前面關於該最大值產生單元 230、該減法單元 240、該局部區域平均值單元 250、該銳利度計算單元 260、該銳利化處理單元 270 的描述，而改寫圖 4 的程式碼，故不予贅述。

圖 5 係本發明運用像素區域特性之影像銳利度強化方法的流程圖，其係對一影像的亮度訊號執行銳利度強化，該影像係由矩陣排列之多數個像素所構成。首先，於步驟 (A0) 中，係將該影像由 RGB 領域轉換至 YCbCr 領域。

於步驟 (A) 中，對包含一像素 (i,j) 的一局部區域擷取其局部區域特徵，其係找尋該局部區域中最大的像素亮度值 max 及最小的像素亮度值 min，進而計算一差值 diff 及一區域平均值 localmean。

該局部區域係以該像素 (i,j) 為中心的一  $N \times N$  區域，例如  $3 \times 3$  區域，其包含該像素 (i,j) 及位於該像素 (i,j) 的左上、上方、右上、左側、右側、左下、下方及右下的像素 (i-1,j-1)、像素 (i-1,j)、像素 (i-1,j+1)、像素 (i,j-1)、像素 (i,j+1)、像素 (i+1,j-1)、像素 (i+1,j)、及像素 (i+1,j+1)，其中，該差值 diff 為該局部區域中最大的像素亮度值 max 減去最小的像素亮度值 min，該局部區域平均值 localmean 係為將該局部區域中所有像素亮度值相加再除以該局部區域中的像素數目。

於本實施例中，該局部區域平均值localmean係將像素(i-1,j-1)、像素(i-1,j)、像素(i-1,j+1)、像素(i,j-1)、像素(i,j)、像素(i,j+1)、像素(i+1,j-1)、像素(i+1,j)、及像素(i+1,j+1)的亮度值相加後再除以9。亦或者可先將像素(i,j)以外的8個像素的亮度值相加後再向右移3位元，再與像素(i,j)的亮度值相加後再向右移1位元，藉此以避免使用除法器。

於步驟(B)中，依據該差值diff，以計算該像素(i,j)的銳利度因子s。其中，該銳利度因子s係使用下列公式表示：

$$s=r-(diff\div 256),$$

當中，s為該銳利度因子，diff為該差值，r為一可調整係數， $2\leq r\leq 3$ 。由於 $2\leq r\leq 3$ 、且差值diff小於256，故 $1\leq s\leq 3$ 。

於步驟(C)中，依據該銳利度因子s，對該像素(i,j)進行銳利化處理。其中，對該像素(i,j)執行銳利化處理係對該像素(i,j)執行下列公式：

$$p'=localmean+sx(p-localmean),$$

當中，localmean為該局部區域平均值localmean，s為該銳利度因子，p為該像素(i,j)的亮度值，p'為執行銳利化處理後該像素(i,j)的亮度值。當s=1時，p'=p，不進行銳利化，當s=2時，p'=3×p-2×localmean，進行深度銳利化，以讓該像素(i,j)與該局部區域中的其他像素有較大的差別，以達到銳利化的目的。

於步驟(D)中，重覆前述步驟(A)至(C)，直至該影像所有像素均執行銳利化處理。

於步驟(E)中，將該影像由YCbCr領域轉換至RGB領域(RGB domain)。

由前述說明可知，本發明無需像習知技術進行高通濾波，亦無需執行邊緣偵測，即可達到影像銳利化的目的。本發明在亮度領域(Luma domain)進行分析與調整，透過區域對比增強(Local contrast stretching)的方式，來達成影像銳利化的目的。本發明所採用的區域對比增強(Local contrast stretching)能夠強化影像中的區域對比，包括針對邊緣方向的對比，當邊緣方向的對比提升之後，影像的銳利度自然獲得提升。

同時，影像銳利化的程度可由銳利度因子決定，而銳利度因子是藉由分析影像中區域特性來產生，根據影像中區域特性的不同，進行不同程度的銳利度增強，俾可以得到較為自然的影像。

更進一步地，本發明提供了一個不同於習知使用鈍化遮罩(unsharp masking)方法來強化影像銳利度。並且能根據影像區域性內容的差異，產生不同大小的銳利度因子，避免產生不適當地銳利度增強。同時，亦避免習知使用濾波器需使用大量乘法器與加法器之硬體的缺點。

由上述可知，本發明無論就目的、手段及功效，均顯示其迥異於習知技術之特徵，極具實用價值。惟應注意的是，上述諸多實施例僅係為了便於說明而舉例而已，本發明所主張之權利範圍自應以申請專利範圍所述為準，而非僅限於上述實施例。

### 【圖式簡單說明】

圖1係習知高增強濾波的遮罩之示意圖。

圖2係本發明運用像素區域特性之影像銳利度強化系統的方塊圖。

圖3係本發明之局部區域之示意圖。

圖4係本發明之最小值產生單元之示意圖。

圖5係本發明運用像素區域特性之影像銳利度強化方法的流程圖。

### 【主要元件符號說明】

運用像素區域特性之影像銳利度強化系統 200

緩衝器 210

最小值產生單元 220

最大值產生單元 230

減法單元 240

局部區域平均值單元 250

銳利度計算單元 260

銳利化處理單元 270

RGB至YCbCr轉換單元 280

YCbCr至RGB轉換單元 290

步驟(A0)、步驟(A)、步驟(B)、步驟(C)、步驟(D)、步驟(E)

## 七、申請專利範圍：

1. 一種影像銳利度強化方法，係對一影像的亮度訊號執行銳利度強化運算，其中，該影像係由多數個像素以矩陣排列所構成，該方法包括步驟：

(A)針對一局部區域擷取其局部區域特徵，用以找尋該局部區域中一最大的像素亮度值及一最小的像素亮度值，進而計算一差值，其中該局部區域包含一像素，該差值為該最大的像素亮度值減去該最小的像素亮度值，該局部區域係以該像素為中心的一3X3區域，其更包含位於該像素的左上、上方、右上、左側、右側、左下、下方及右下像素；

(B)依據該差值，以計算該像素的銳利度因子；

(C)依據該銳利度因子，對該像素進行銳利化處理；  
以及

(D)重覆前述步驟(A)至(C)，直到該影像中所有像素均執行前述銳利化處理；

其中，對該像素執行銳利化處理係對該像素執行下列公式：

$$p' = \text{localmean} + s \times (p - \text{localmean}),$$

當中，localmean為一局部區域平均值，該局部區域平均值係為將該局部區域中所有像素亮度值相加再除以該局部區域中所有像素的數目，s為該銳利度因子，p為該像素的亮度值，p'為執行銳利化處理後該像素(i,j)的亮度值。



2. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中，該銳利度因子係使用下列公式表示：

$$s=r-(diff\div 256),$$

當中，s為該銳利度因子，diff為該差值，r為一可調整係數， $2\leq r\leq 3$ 。

3. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中於步驟(A)之前更包含步驟：

(A0)將該影像由RGB領域轉換至YCbCr領域。

4.如申請專利範圍第3項所述之方法，其中於步驟(D)之後更包含：

(E)將該影像由該YCbCr領域轉換至該RGB領域。

5.如申請專利範圍第4項所述之方法，其中，該局部區域平均值係將位於該像素的左上、上方、右上、左側、右側、左下、下方及右下像素的亮度值相加後再向右移3位元，再與該像素的亮度值相加後再向右移1位元。

6.如申請專利範圍第5項所述之方法，其中，當該銳利度因子為1時，不進行前述銳利化處理，當該銳利度因子為3時，進行深度銳利化，進而讓該像素與該局部區域中的其他像素產生較大的差別。

7. 一種運用像素區域特性之影像銳利度強化系統，其對一影像的亮度訊號執行銳利度強化運算，該影像係由多數個像素以矩陣排列所構成，該系統包含：

一緩衝器，用以暫存該影像之一局部區域中的像素亮度值，其中該局部區域中具有相對應的像素，其中，該局部區域係以該像素為中心的一3X3區域，其更包含位

於該像素的左上、上方、右上、左側、右側、左下、下方及右下像素；

一最小值產生單元，連接至該緩衝器，用以接收該局部區域中相對應的該像素，進而輸出該局部區域中最小的像素亮度值；

一最大值產生單元，連接至該緩衝器，用以接收該局部區域中相對應的該像素，進而輸出該局部區域中最大的像素亮度值；

一減法單元，連接至該最小值產生器及該最大值產生器，用以將該最大的像素亮度值減去該最小的像素亮度值，進而產生一差值；

一區域平均值單元，連接至該緩衝器，用以計算該局部區域中相對應的該像素之亮度平均值，進而輸出一局部區域平均值，該局部區域平均值係為將該局部區域中所有像素亮度值相加再除以該局部區域中的所有像素的數目；

一銳利度計算單元，連接至該減法單元及該局部區域平均值單元，其依據該差值、該區域平均值及一可調整係數，用以計算該像素的銳利度因子；

一銳利化處理單元，連接至該緩衝器及該銳利度計算單元，依據該銳利度因子，對該像素進行銳利化處理；

其中，該銳利化處理單元對該像素(i,j)進行銳利化處理係對該像素執行下列公式：

$$p' = \text{localmean} + s \times (p - \text{localmean}),$$

當中，localmean為該局部區域平均值，s為該銳利度因子，p為該像素的亮度值，p'為執行銳利化處理後該像素的亮度值。

8.如申請專利範圍第7項所述之影像銳利度強化系統，其中，該銳利度因子係使用下列公式表示：

$$s=r-(diff\div 256),$$

當中，s為該銳利度因子，diff為該差值，r為該可調整係數， $2\leq r\leq 3$ 。

9.如申請專利範圍第7項所述之影像銳利度強化系統，其更包含：

一RGB至YCbCr轉換單元，係將該影像由RGB領域轉換至YCbCr領域，進而輸出至該緩衝器；及

一YCbCr至RGB轉換單元，連接至該該銳利化處理單元，用以將該影像由該YCbCr領域轉換至該RGB領域。

10.如申請專利範圍第8項所述之影像銳利度強化系統，其中，該局部區域平均值係將位於該像素的左上、上方、右上、左側、右側、左下、下方及右下像素的亮度值相加後再向右移3位元，再與該像素的亮度值相加後再向右移1位元。

11.如申請專利範圍第10項所述之影像銳利度強化系統，其中，當該銳利度因子為1時，不進行該銳利化處理，當該銳利度因子為3時，進行深度銳利化，進而讓該像素與該局部區域中的其他像素產生較大的差別。

八、圖式 (請見下頁):

-1	-1	-1
-1	A+8	-1
-1	-1	-1

0	-1	0
-1	A+4	-1
0	-1	0

圖 1

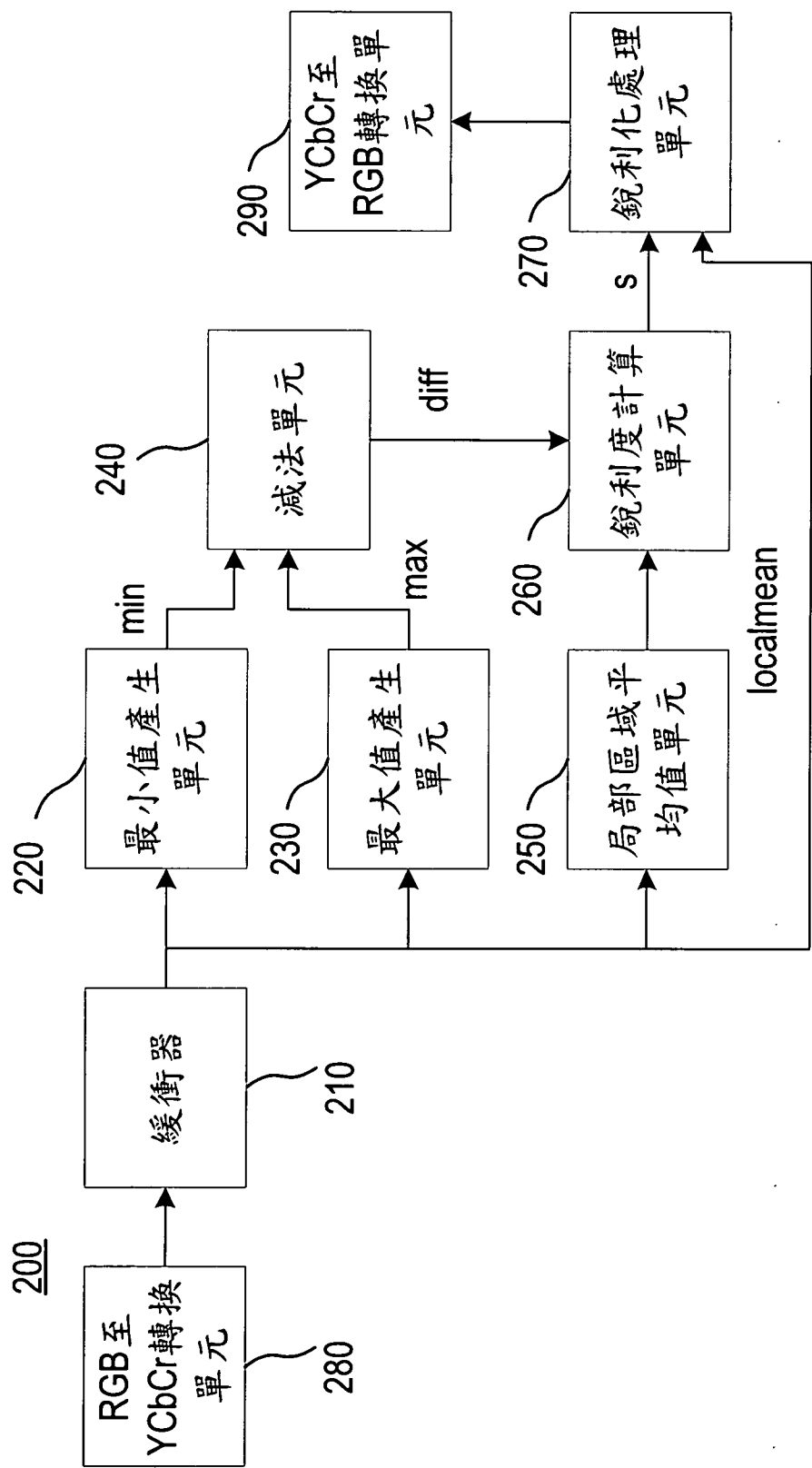


圖 2

$(i-1, j-1)$	$(i-1, j)$	$(i-1, j+1)$
$(i, j-1)$	$(i, j)$	$(i, j+1)$
$(i+1, j-1)$	$(i+1, j)$	$(i+1, j+1)$

圖 3

```

library ieee;
use ieee.std_logic_1164.ALL;
use ieee.std_logic_arith.ALL;
entity min_search is
port(
  rst, clk      :in std_logic;
  pixl_in0      :in std_logic_vector(7 downto 0);
  pixl_in1      :in std_logic_vector(7 downto 0);
  pixl_in2      :in std_logic_vector(7 downto 0);
  pixl_in3      :in std_logic_vector(7 downto 0);
  pixl_in4      :in std_logic_vector(7 downto 0);
  pixl_in5      :in std_logic_vector(7 downto 0);
  pixl_in6      :in std_logic_vector(7 downto 0);
  pixl_in7      :in std_logic_vector(7 downto 0);
  min           :out std_logic_vector(7 downto 0)
);
end min_search;

architecture rtl of min_search is
  type pixl_array is array(8 downto 0) of std_logic_vector(7 downto 0);
  process(clk, rst)
    signal pixl_tmp: pixl_array;
    variable v :std_logic_vector(7 downto 0)
  begin
    if(rst='1') then
      for i in 8 downto 0 loop
        pixl_tmp(i) := "00000000";
      end loop;
    elsif(clk='1' and clk'event) then
      pixl_tmp(0) <= pixl_in0;
      pixl_tmp(1) <= pixl_in1;
      pixl_tmp(2) <= pixl_in2;
      pixl_tmp(3) <= pixl_in3;
      pixl_tmp(4) <= pixl_in4;
      pixl_tmp(5) <= pixl_in5;
      pixl_tmp(6) <= pixl_in6;
      pixl_tmp(7) <= pixl_in7;
    end if;

    if(rst='1') then
      v:='0';
    elsif(clk='1' and clk'event) then
      for j in 0 to 7 loop
        if (conv_integer(pixel(j)) < conv_integer(pixel(j+1))) then
          V := pixel(j);
        else
          V := pixel(j+1);
        end if;
      end loop;
    end if;
    min <= v;
  end process;
end rtl;

```



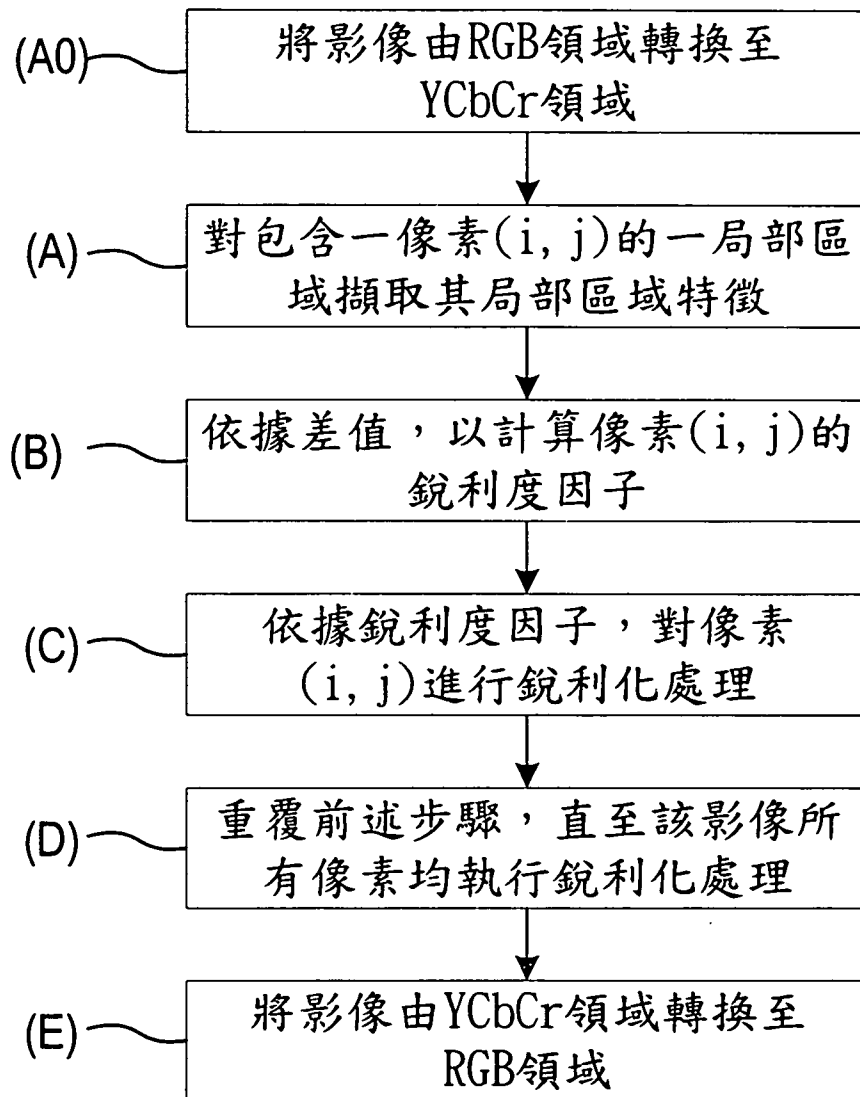


圖 5