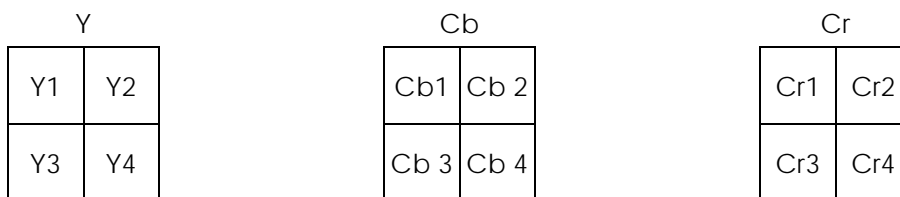


人類的視覺系統(human visual system, HVS)對彩度(colour)的敏銳度少於對亮度(luminance, brightness)的敏銳度。在 RGB 的色彩空間中，三個色彩(R,G,B)是同等重要性，需以相同的解析度(resolution)來儲存各 component，但更有效率的方式是將三個色彩分離成彩度(chrominance, chroma)及亮度(luminance, luma)，根據人類視覺系統的特性，人類對彩度的每銳度少於對亮度的敏銳度，chrominance component 會以較低的解析度來儲存。換句話說，在編碼(encode)或壓縮(compress)時，會將在 RGB 色彩空間的元素轉換成至 YCbCr 色彩空間，Y 表亮度(luminance) component，Cb 及 Cr 表彩度(chrominance) component，經過對 chrominance component sub-sample 或稱 down-sample 之後，得到不同解析度。

接下來介紹 YCbCr subsampling 格式：

(1)4:4:4 sampling

三個 components(Y,Cb 及 Cr)具有相同的解析度，每個 pixel 皆有各自的 components，表示成：



舉個例子，影像的解析度為 176 × 144 pixels

每個 pixel 有 R,G,B 三個 component， $176 \times 144 \times 3 = 76032$ bytes

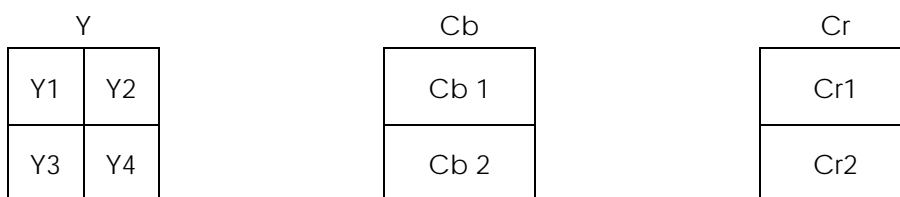
每個 pixel 的 R,G,B 三個 component 轉成 Y,Cb,Cr，現在的 component 為 Y,Cb,Cr，經過 4:4:4 sampling

$176 \times 144 \times 3 = 76032$ bytes

以四個 pixels 為一組，4:4:4 sampling，每個 pixels 平均需要 3 個 bytes (3 bytes per pixel)

(2)4:2:2 sampling

對 chrominance component 進行 horizontal subsampling，而不進行 vertical subsampling，Y1 與 Y2 共用 Cb1 及 Cr1，Y3 與 Y4 共用 Cb2 與 Cr2。



舉個例子，影像的解析度為 176 × 144 pixels

每個 pixel 有 R,G,B 三個 component， $176 \times 144 \times 3 = 76032$ bytes

每個 pixel 的 R,G,B 三個 component 轉成 Y,Cb,Cr，現在的 component 為 Y,Cb,Cr，經過 4:2:2 sampling

$176 \times 144 + (176 / 2) \times 144 + (176 / 2) \times 144$

$= 176 \times 144 \times 2$

$= 50688$ bytes.

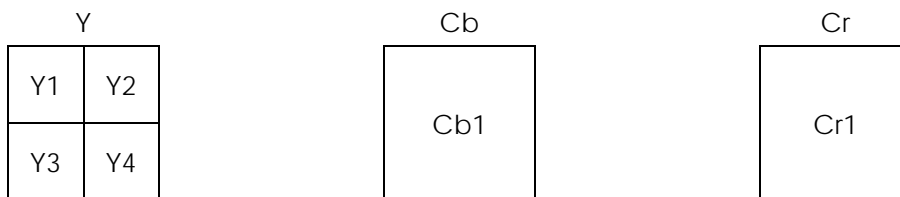
以四個 pixels 為一組，4:2:2 sampling，每個 pixels 平均需要 2 個 bytes (2 bytes per pixel)

$Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Cb1 + Cb2 + Cr1 + Cr2 = 8$ bytes，一組共有四個 pixels

$8 \text{ bytes} / 4 \text{ pixels} = 2 \text{ bytes per pixel}$

(3) 4:2:0 sampling

對 chrominance component 進行 horizontal subsampling 且 vertical subsampling，Y1、Y2、Y3 及 Y4 共用 Cb1 與 Cr1。



舉個例子，影像的解析度為 176 × 144 pixels

每個 pixel 有 R,G,B 三個 component， $176 \times 144 \times 3 = 76032$ bytes

每個 pixel 的 R,G,B 三個 component 轉成 Y,Cb,Cr，現在的 component 為 Y,Cb,Cr，經過 4:2:0 sampling

$$\begin{aligned}
 & 176 \times 144 + (176 / 2) \times (144 / 2) + (176 / 2) \times (144 / 2) \\
 = & 176 \times 144 + 176 \times 144 \times 0.5 \\
 = & 176 \times 144 \times 1.5 \\
 = & 38016 \text{ bytes.}
 \end{aligned}$$

以四個 pixels 為一組，4:2:0 sampling，每個 pixels 平均需要 1.5 個 bytes (1.5 bytes per pixel)

$Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Cb1 + Cr1 = 6$ bytes，一組共有四個 pixels

$6 \text{ bytes} / 4 \text{ pixels} = 1.5 \text{ bytes per pixel}$

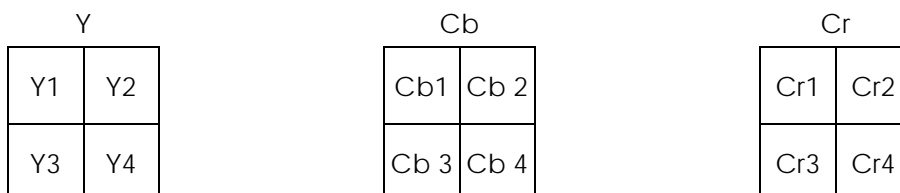
介紹完 Subsampling Format 後，接下來要說明如何 subsampling。

(1) 4:4:4 subsampling

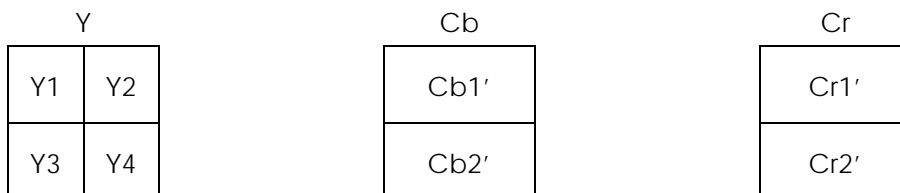
不做任何的動作，直接使用即可。

(2) 4:2:2 subsampling

RGB 經轉換後的 YCbCr



取 4:2:2 subsampling



取平均：

$$Cb1' = (Cb1 + Cb2) / 2$$

$$Cb2' = (Cb3 + Cb4) / 2$$

$$Cr1' = (Cr1 + Cr2) / 2$$

$$Cr2' = (Cr3 + Cr4) / 2$$

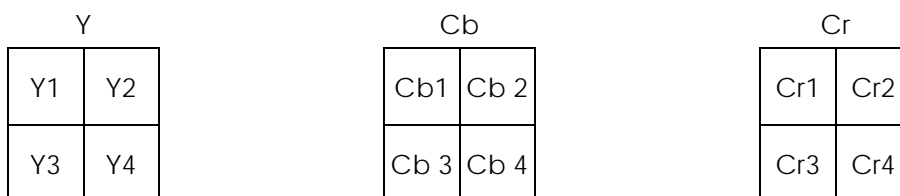
實作的程式：

```
void h2v1_subsampling(unsigned char *origin,unsigned char *result,int width,int height)
{
    int outrow,outcol;
    unsigned char *inptr ;

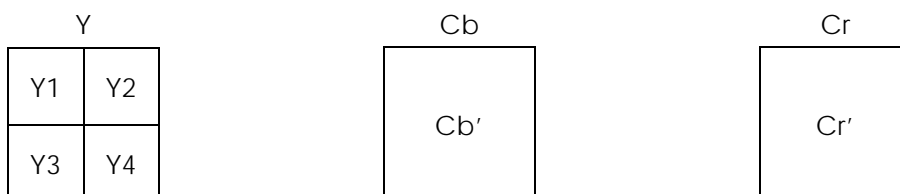
    for ( outrow = 0 ; outrow < height ; outrow++){
        inptr = origin + outrow * width;
        for ( outcol = 0 ; outcol < width ; outcol += 2){
            *result++ = ( inptr[0] + inptr[1] ) >> 1 ;
            inptr += 2;
        }
    }
}
```

(3)4:2:0 subsampling

RGB 經轉換後的 YCbCr



取 4:2:0 subsampling



取平均：

$$Cb' = (Cb1 + Cb2 + Cb3 + Cb4) / 4$$

$$Cr' = (Cr1 + Cr2 + Cr3 + Cr4) / 4$$

實作的程式：

```
void h2v2_subsampling(unsigned char *origin,unsigned char *result,int width,int height)
{
    int outrow,outcol;
    unsigned char *inptr0 ;
    unsigned char *inptr1 ;

    for ( outrow = 0 ; outrow < height ; outrow += 2){
        inptr0 = origin + outrow * width;
        inptr1 = inptr0 + width;
```

```
for ( outcol = 0 ; outcol < width ; outcol += 2 ){  
    *result++ = ( inptr0[0] + inptr0[1] + inptr1[0] + inptr1[1]) >> 2 ;  
    inptr0 += 2;  
    inptr1 += 2;  
}  
}  
}
```

取平均的方式是一種，也有在取平均之前加上 bias，還有其它方式，如 smoothing subsampling，作者沒有深入研究。有興趣瞭解 source code 及方法，可以到 Independent JPEG Group(<http://www.ijg.org/>)去下載 JPEG source code，其中檔案 jcsample.c 是有關於 JPEG subsampling 的實作，jcsample.c 的實作是參考以上這本書：

[Digital Image Warping, George Wolberg, 1990.](#)

[Pub. by IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA. ISBN 0-8186-8944-7.](#)

以上對於 Subsampling 做簡單的描述與實作，希望對你有所幫助! ^^

有如何疑問，歡迎來信 abc9250@yahoo.com.tw