

=====

音视频数据处理入门系列文章：

[音视频数据处理入门：RGB、YUV像素数据处理](#)

[音视频数据处理入门：PCM音频采样数据处理](#)

[音视频数据处理入门：H.264视频码流解析](#)

[音视频数据处理入门：AAC音频码流解析](#)

[音视频数据处理入门：FLV封装格式解析](#)

[音视频数据处理入门：UDP-RTP协议解析](#)

=====

有段时间没有写博客了，这两天写起博客来竟然感觉有些兴奋，仿佛找回了原来的感觉。前一阵子在梳理以前文章的时候，发现自己虽然总结了各种音视频应用程序，却还缺少一个适合无音视频背景人员学习的“最基础”的程序。因此抽时间将以前写过的代码整理成了一个小项目。这个小项目里面包含了一系列简单的函数，可以对RGB/YUV视频像素数据、PCM音频采样数据、H.264视频码流、AAC音频码流、FLV封装格式数据、UDP/RTP协议数据进行简单处理。这个项目的一大特点就没有使用任何的第三方类库，完全借助于C语言的基本函数实现了功能。通过对这些代码的学习，可以让初学者迅速掌握音视频数据的基本格式。有关上述几种格式的介绍可以参考文章《[\[总结\]音视频编解码技术零基础学习方法](#)》。

从这篇文章开始打算写6篇文章分别记录上述6种不同类型的音视频数据的处理方法。本文首先记录第一部分即RGB/YUV视频像素数据的处理方法。视频像素数据在视频播放器的解码流程中的位置如下图所示。

□

本文分别介绍如下几个RGB/YUV视频像素数据处理函数：

分离YUV420P像素数据中的Y、U、V分量

分离YUV444P像素数据中的Y、U、V分量

将YUV420P像素数据去掉颜色（变成灰度图）

将YUV420P像素数据的亮度减半

将YUV420P像素数据的周围加上边框

生成YUV420P格式的灰阶测试图

计算两个YUV420P像素数据的PSNR

分离RGB24像素数据中的R、G、B分量

将RGB24格式像素数据封装为BMP图像

将RGB24格式像素数据转换为YUV420P格式像素数据

生成RGB24格式的彩条测试图

本文中的RGB/YUV文件需要使用RGB/YUV播放器才能查看。YUV播放器种类比较多，例如 [YUV Player Deluxe](#)，或者开源播放器（参考文章《[修改了一个YUV/RGB播放器](#)》）等。

## 函数列表

## (1) 分离YUV420P像素数据中的Y、U、V分量

本程序中的函数可以将YUV420P数据中的Y、U、V三个分量分离开来并保存成三个文件。函数的代码如下所示。

```
[cpp]
1.  /**
2.   * Split Y, U, V planes in YUV420P file.
3.   * @param url   Location of Input YUV file.
4.   * @param w     Width of Input YUV file.
5.   * @param h     Height of Input YUV file.
6.   * @param num   Number of frames to process.
7.   *
8.   */
9.  int simplest_yuv420_split(char *url, int w, int h,int num){
10.     FILE *fp=fopen(url,"rb+");
11.     FILE *fp1=fopen("output_420_y.y", "wb+");
12.     FILE *fp2=fopen("output_420_u.y", "wb+");
13.     FILE *fp3=fopen("output_420_v.y", "wb+");
14.
15.     unsigned char *pic=(unsigned char *)malloc(w*h*3/2);
16.
17.     for(int i=0;i<num;i++){
18.
19.         fread(pic,1,w*h*3/2,fp);
20.         //Y
21.         fwrite(pic,1,w*h,fp1);
22.         //U
23.         fwrite(pic+w*h,1,w*h/4, fp2);
24.         //V
25.         fwrite(pic+w*h*5/4,1,w*h/4, fp3);
26.     }
27.
28.     free(pic);
29.     fclose(fp);
30.     fclose(fp1);
31.     fclose(fp2);
32.     fclose(fp3);
33.
34.     return 0;
35. }
```

调用上面函数的方法如下所示。

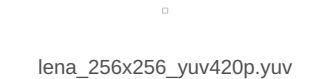
```
[cpp]
1.  simplest_yuv420_split("lena_256x256_yuv420p.yuv",256,256,1);
```

从代码可以看出,如果视频帧的宽和高分别为w和h,那么一帧YUV420P像素数据一共占用 $w \times h \times 3/2$  Byte的数据。其中前 $w \times h$  Byte存储Y,接着的 $w \times h \times 1/4$  Byte存储U,最后 $w \times h \times 1/4$  Byte存储V。上述调用函数的代码运行后,将会把一张分辨率为256x256的名称为lena\_256x256\_yuv420p.yuv的YUV420P格式的像素数据文件分离成为三个文件：

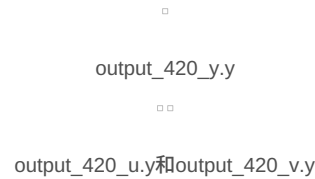
- output\_420\_y.y：纯Y数据，分辨率为256x256。
- output\_420\_u.y：纯U数据，分辨率为128x128。
- output\_420\_v.y：纯V数据，分辨率为128x128。

注：本文中像素的采样位数一律为8bit。由于1Byte=8bit，所以一个像素的一个分量的采样值占用1Byte。

程序输入的原图如下所示。



程序输出的三个文件的截图如下图所示。在这里需要注意输出的U、V分量在YUV播放器中也是当做Y分量进行播放的。



## (2)分离YUV444P像素数据中的Y、U、V分量

本程序中的函数可以将YUV444P数据中的Y、U、V三个分量分离开来并保存成三个文件。函数的代码如下所示。

```
[cpp]
1.  /**
2.   * Split Y, U, V planes in YUV444P file.
3.   * @param url   Location of YUV file.
4.   * @param w     Width of Input YUV file.
5.   * @param h     Height of Input YUV file.
6.   * @param num   Number of frames to process.
7.   *
8.   */
9.  int simplest_yuv444_split(char *url, int w, int h,int num){
10.     FILE *fp=fopen(url,"rb+");
11.     FILE *fp1=fopen("output_444_y.y","wb+");
12.     FILE *fp2=fopen("output_444_u.y","wb+");
13.     FILE *fp3=fopen("output_444_v.y","wb+");
14.     unsigned char *pic=(unsigned char *)malloc(w*h*3);
15.
16.     for(int i=0;i<num;i++){
17.         fread(pic,1,w*h*3,fp);
18.         //Y
19.         fwrite(pic,1,w*h,fp1);
20.         //U
21.         fwrite(pic+w*h,1,w*h,fp2);
22.         //V
23.         fwrite(pic+w*h*2,1,w*h,fp3);
24.     }
25.
26.     free(pic);
27.     fclose(fp);
28.     fclose(fp1);
29.     fclose(fp2);
30.     fclose(fp3);
31.
32.     return 0;
33. }
```

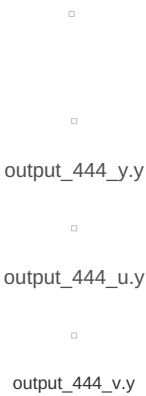
调用上面函数的方法如下所示。

```
[cpp]
1.  simplest_yuv444_split("lena_256x256_yuv444p.yuv",256,256,1);
```

从代码可以看出，如果视频帧的宽和高分别为w和h，那么一帧YUV444P像素数据一共占用w\*h\*3 Byte的数据。其中前w\*h Byte存储Y，接着的w\*h Byte存储U，最后w\*h Byte存储V。上述调用函数的代码运行后，将会把一张分辨率为256x256的名称为lena\_256x256\_yuv444p.yuv的YUV444P格式的像素数据文件分离成为三个文件：

- output\_444\_y.y：纯Y数据，分辨率为256x256。
- output\_444\_u.y：纯U数据，分辨率为256x256。
- output\_444\_v.y：纯V数据，分辨率为256x256。

输入的原图如下所示。



输出的三个文件的截图如下图所示。

### (3) 将YUV420P像素数据去掉颜色（变成灰度图）

本程序中的函数可以将YUV420P格式像素数据的彩色去掉，变成纯粹的灰度图。函数的代码如下。

```

1.  /**
2.   * Convert YUV420P file to gray picture
3.   * @param url      Location of Input YUV file.
4.   * @param w        Width of Input YUV file.
5.   * @param h        Height of Input YUV file.
6.   * @param num      Number of frames to process.
7.   */
8.  int simplest_yuv420_gray(char *url, int w, int h,int num){
9.      FILE *fp=fopen(url,"rb+");
10.     FILE *fp1=fopen("output_gray.yuv","wb+");
11.     unsigned char *pic=(unsigned char *)malloc(w*h*3/2);
12.
13.     for(int i=0;i<num;i++){
14.         fread(pic,1,w*h*3/2,fp);
15.         //Gray
16.         memset(pic+w*h,128,w*h/2);
17.         fwrite(pic,1,w*h*3/2,fp1);
18.     }
19.
20.     free(pic);
21.     fclose(fp);
22.     fclose(fp1);
23.     return 0;
24. }

```

调用上面函数的方法如下所示。

```

1.  simplest_yuv420_gray("lena_256x256_yuv420p.yuv",256,256,1);

```

从代码可以看出，如果想把YUV格式像素数据变成灰度图像，只需要将U、V分量设置成128即可。这是因为U、V是图像中的经过偏置处理的色度分量。色度分量在偏置处理前的取值范围是-128至127，这时候的无色对应的是“0”值。经过偏置后色度分量取值变成了0至255，因而此时的无色对应的就是128了。上述调用函数的代码运行后，将会把一张分辨率为256x256的名称为lena\_256x256\_yuv420p.yuv的YUV420P格式的像素数据文件处理成名称为output\_gray.yuv的YUV420P格式的像素数据文件。输入的原图如下所示。

□

处理后的图像如下所示。

□

## (4)将YUV420P像素数据的亮度减半

本程序中的函数可以通过将YUV数据中的亮度分量Y的数值减半的方法，降低图像的亮度。函数代码如下所示。

```

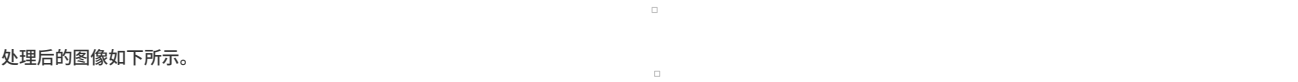
1.  /**
2.   * Halve Y value of YUV420P file
3.   * @param url      Location of Input YUV file.
4.   * @param w        Width of Input YUV file.
5.   * @param h        Height of Input YUV file.
6.   * @param num      Number of frames to process.
7.   */
8.  int simplest_yuv420_halfy(char *url, int w, int h,int num){
9.      FILE *fp=fopen(url,"rb+");
10.     FILE *fp1=fopen("output_half.yuv","wb+");
11.
12.     unsigned char *pic=(unsigned char *)malloc(w*h*3/2);
13.
14.     for(int i=0;i<num;i++){
15.         fread(pic,1,w*h*3/2,fp);
16.         //Half
17.         for(int j=0;j<w*h;j++){
18.             unsigned char temp=pic[j]/2;
19.             //printf("%d,\n",temp);
20.             pic[j]=temp;
21.         }
22.         fwrite(pic,1,w*h*3/2,fp1);
23.     }
24.
25.     free(pic);
26.     fclose(fp);
27.     fclose(fp1);
28.
29.     return 0;
30. }

```

调用上面函数的方法如下所示。

```
[cpp]
1. simplest_yuv420_halfy("lena_256x256_yuv420p.yuv",256,256,1);
```

从代码可以看出,如果打算将图像的亮度减半,只要将图像的每个像素的Y值取出来分别进行除以2的工作就可以了。图像的每个Y值占用1 Byte,取值范围是0至255,对应C语言中的unsigned char数据类型。上述调用函数的代码运行后,将会把一张分辨率为256x256的名称为lena\_256x256\_yuv420p.yuv的YUV420P格式的像素数据文件处理成名称为output\_half.yuv的YUV420P格式的像素数据文件。输入的原图如下所示。



处理后的图像如下所示。

### (5)将YUV420P像素数据的周围加上边框

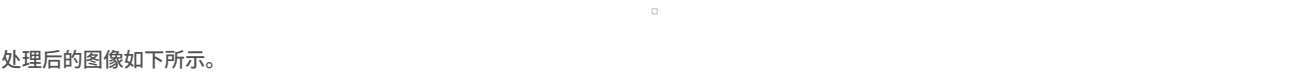
本程序中的函数可以通过修改YUV数据中特定位置的亮度分量Y的数值,给图像添加一个“边框”的效果。函数代码如下所示。

```
[cpp]
1. /**
2.  * Add border for YUV420P file
3.  * @param url      Location of Input YUV file.
4.  * @param w        Width of Input YUV file.
5.  * @param h        Height of Input YUV file.
6.  * @param border   Width of Border.
7.  * @param num      Number of frames to process.
8.  */
9. int simplest_yuv420_border(char *url, int w, int h,int border,int num){
10.     FILE *fp=fopen(url,"rb+");
11.     FILE *fp1=fopen("output_border.yuv","wb+");
12.
13.     unsigned char *pic=(unsigned char *)malloc(w*h*3/2);
14.
15.     for(int i=0;i<num;i++){
16.         fread(pic,1,w*h*3/2,fp);
17.         //Y
18.         for(int j=0;j<h;j++){
19.             for(int k=0;k<w;k++){
20.                 if(k<border||k>(w-border)||j<border||j>(h-border)){
21.                     pic[j*w+k]=255;
22.                     //pic[j*w+k]=0;
23.                 }
24.             }
25.         }
26.         fwrite(pic,1,w*h*3/2,fp1);
27.     }
28.
29.     free(pic);
30.     fclose(fp);
31.     fclose(fp1);
32.
33.     return 0;
34. }
```

调用上面函数的方法如下所示。

```
[cpp]
1. simplest_yuv420_border("lena_256x256_yuv420p.yuv",256,256,20,1);
```

从代码可以看出,图像的边框的宽度为border,本程序将距离图像边缘border范围内的像素的亮度分量Y的取值设置成了亮度最大值255。上述调用函数的代码运行后,将会把一张分辨率为256x256的名称为lena\_256x256\_yuv420p.yuv的YUV420P格式的像素数据文件处理成名称为output\_border.yuv的YUV420P格式的像素数据文件。输入的原图如下所示。



处理后的图像如下所示。

### (6) 生成YUV420P格式的灰阶测试图

本程序中的函数可以生成一张YUV420P格式的灰阶测试图。函数代码如下所示。

```
[cpp]
1.  /**
2.   * Generate YUV420P gray scale bar.
3.   * @param width    Width of Output YUV file.
4.   * @param height   Height of Output YUV file.
5.   * @param ymin     Max value of Y
6.   * @param ymax     Min value of Y
7.   * @param barnum   Number of bars
8.   * @param url_out  Location of Output YUV file.
9.   */
10. int simplest_yuv420_graybar(int width, int height,int ymin,int ymax,int barnum,char *url_out){
11.     int barwidth;
12.     float lum_inc;
13.     unsigned char lum_temp;
14.     int uv_width,uv_height;
15.     FILE *fp=NULL;
16.     unsigned char *data_y=NULL;
17.     unsigned char *data_u=NULL;
18.     unsigned char *data_v=NULL;
19.     int t=0,i=0,j=0;
20.
21.     barwidth=width/barnum;
22.     lum_inc=((float)(ymax-ymin))/((float)(barnum-1));
23.     uv_width=width/2;
24.     uv_height=height/2;
25.
26.     data_y=(unsigned char *)malloc(width*height);
27.     data_u=(unsigned char *)malloc(uv_width*uv_height);
28.     data_v=(unsigned char *)malloc(uv_width*uv_height);
29.
30.     if((fp=fopen(url_out,"wb+"))==NULL){
31.         printf("Error: Cannot create file!");
32.         return -1;
33.     }
34.
35.     //Output Info
36.     printf("Y, U, V value from picture's left to right:\n");
37.     for(t=0;t<(width/barwidth);t++){
38.         lum_temp=ymin+(char)(t*lum_inc);
39.         printf("%3d, 128, 128\n",lum_temp);
40.     }
41.     //Gen Data
42.     for(j=0;j<height;j++){
43.         for(i=0;i<width;i++){
44.             t=i/barwidth;
45.             lum_temp=ymin+(char)(t*lum_inc);
46.             data_y[j*width+i]=lum_temp;
47.         }
48.     }
49.     for(j=0;j<uv_height;j++){
50.         for(i=0;i<uv_width;i++){
51.             data_u[j*uv_width+i]=128;
52.         }
53.     }
54.     for(j=0;j<uv_height;j++){
55.         for(i=0;i<uv_width;i++){
56.             data_v[j*uv_width+i]=128;
57.         }
58.     }
59.     fwrite(data_y,width*height,1,fp);
60.     fwrite(data_u,uv_width*uv_height,1,fp);
61.     fwrite(data_v,uv_width*uv_height,1,fp);
62.     fclose(fp);
63.     free(data_y);
64.     free(data_u);
65.     free(data_v);
66.     return 0;
67. }
```

调用上面函数的方法如下所示。

```
[cpp]
1.  simplest_yuv420_graybar(640, 360,0,255,10,"graybar_640x360.yuv");
```

从源代码可以看出，本程序一方面通过灰阶测试图的亮度最小值ymin，亮度最大值ymax，灰阶数量barnum确定每一个灰度条中像素的亮度分量Y的取值。另一方面还要根据图像的宽度width和图像的高度height以及灰阶数量barnum确定每一个灰度条的宽度。有了这两方面信息之后，就可以生成相应的图片了。上述调用函数的代码运行后，会生成一个取值范围从0-255，一共包含10个灰度条的YUV420P格式的测试图。测试图的内容如下所示。

从程序也可以得到从左到右10个灰度条的Y、U、V取值，如下所示。

Y	U	V
0	128	128

28	128	128
56	128	128
85	128	128
113	128	128
141	128	128
170	128	128
198	128	128
226	128	128
255	128	128

## (7)计算两个YUV420P像素数据的PSNR

PSNR是最基本的视频质量评价方法。本程序中的函数可以对比两张YUV图片中亮度分量Y的PSNR。函数的代码如下所示。

```
[cpp]
1.  /**
2.   * Calculate PSNR between 2 YUV420P file
3.   * @param url1      Location of first Input YUV file.
4.   * @param url2      Location of another Input YUV file.
5.   * @param w         Width of Input YUV file.
6.   * @param h         Height of Input YUV file.
7.   * @param num       Number of frames to process.
8.   */
9.  int simplest_yuv420_psnr(char *url1,char *url2,int w,int h,int num){
10.     FILE *fp1=fopen(url1,"rb+");
11.     FILE *fp2=fopen(url2,"rb+");
12.     unsigned char *pic1=(unsigned char *)malloc(w*h);
13.     unsigned char *pic2=(unsigned char *)malloc(w*h);
14.
15.     for(int i=0;i<num;i++){
16.         fread(pic1,1,w*h,fp1);
17.         fread(pic2,1,w*h,fp2);
18.
19.         double mse_sum=0,mse=0,psnr=0;
20.         for(int j=0;j<w*h;j++){
21.             mse_sum+=pow((double)(pic1[j]-pic2[j]),2);
22.         }
23.         mse=mse_sum/(w*h);
24.         psnr=10*log10(255.0*255.0/mse);
25.         printf("%5.3f\n",psnr);
26.
27.         fseek(fp1,w*h/2,SEEK_CUR);
28.         fseek(fp2,w*h/2,SEEK_CUR);
29.
30.     }
31.
32.     free(pic1);
33.     free(pic2);
34.     fclose(fp1);
35.     fclose(fp2);
36.     return 0;
37. }
```

调用上面函数的方法如下所示。

```
[cpp]
1.  simplest_yuv420_psnr("lena_256x256_yuv420p.yuv","lena_distort_256x256_yuv420p.yuv",256,256,1);
```

对于8bit量化的像素数据来说，PSNR的计算公式如下所示。

上述公式中mse的计算公式如下所示。

其中M，N分别为图像的宽高，x<sub>ij</sub>和y<sub>ij</sub>分别为两张图像的每一个像素值。PSNR通常用于质量评价，就是计算受损图像与原始图像之间的差别，以此来评价受损图像的质量。本程序输入的两张图像的对比图如下图所示。其中左边的图像为原始图像，右边的图像为受损图像。

经过程序计算后得到的PSNR取值为26.693。PSNR取值通常情况下都在20-50的范围内，取值越高，代表两张图像越接近，反映出受损图像质量越好。

## (8) 分离RGB24像素数据中的R、G、B分量

本程序中的函数可以将RGB24数据中的R、G、B三个分量分离开来并保存成三个文件。函数的代码如下所示。

```
[cpp]
1.  /**
2.   * Split R, G, B planes in RGB24 file.
3.   * @param url   Location of Input RGB file.
4.   * @param w     Width of Input RGB file.
5.   * @param h     Height of Input RGB file.
6.   * @param num   Number of frames to process.
7.   *
8.   */
9.  int simplest_rgb24_split(char *url, int w, int h,int num){
10.     FILE *fp=fopen(url,"rb+");
11.     FILE *fp1=fopen("output_r.y", "wb+");
12.     FILE *fp2=fopen("output_g.y", "wb+");
13.     FILE *fp3=fopen("output_b.y", "wb+");
14.
15.     unsigned char *pic=(unsigned char *)malloc(w*h*3);
16.
17.     for(int i=0;i<num;i++){
18.
19.         fread(pic,1,w*h*3,fp);
20.
21.         for(int j=0;j<w*h*3;j=j+3){
22.             //R
23.             fwrite(pic+j,1,1,fp1);
24.             //G
25.             fwrite(pic+j+1,1,1,fp2);
26.             //B
27.             fwrite(pic+j+2,1,1,fp3);
28.         }
29.     }
30.
31.     free(pic);
32.     fclose(fp);
33.     fclose(fp1);
34.     fclose(fp2);
35.     fclose(fp3);
36.
37.     return 0;
38. }
```

调用上面函数的方法如下所示。

```
[cpp]
1.  simplest_rgb24_split("cie1931_500x500.rgb", 500, 500,1);
```

从代码可以看出，与YUV420P三个分量分开存储不同，RGB24格式的每个像素的三个分量是连续存储的。一帧宽高分别为w、h的RGB24图像一共占用w\*h\*3 Byte的存储空间。RGB24格式规定首先存储第一个像素的R、G、B，然后存储第二个像素的R、G、B...以此类推。类似于YUV420P的存储方式称为Planar方式，而类似于RGB24的存储方式称为Packed方式。上述调用函数的代码运行后，将会把一张分辨率为500x500的名称为cie1931\_500x500.rgb的RGB24格式的像素数据文件分离成为三个文件：

- output\_r.y：R数据，分辨率为256x256。
- output\_g.y：G数据，分辨率为256x256。
- output\_b.y：B数据，分辨率为256x256。

输入的原图是一张标准的CIE 1931色度图。该色度图右下为红色，上方为绿色，左下为蓝色，如下所示。



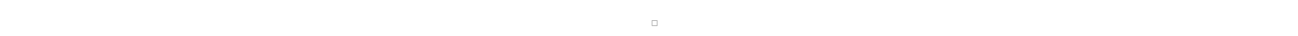
R数据图像如下所示。



G数据图像如下所示。



B数据图像如下所示。



## (9)将RGB24格式像素数据封装为BMP图像



BMP图像内部实际上存储的就是RGB数据。本程序实现了对RGB像素数据的封装处理。通过本程序中的函数，可以将RGB数据封装成为一张BMP图像。

```
[cpp]
1.  /**
2.   * Convert RGB24 file to BMP file
3.   * @param rgb24path    Location of input RGB file.
4.   * @param width        Width of input RGB file.
5.   * @param height       Height of input RGB file.
6.   * @param url_out      Location of Output BMP file.
7.   */
8.  int simplest_rgb24_to_bmp(const char *rgb24path,int width,int height,const char *bmppath){
9.      typedef struct
10.     {
11.         long imageSize;
12.         long blank;
13.         long startPosition;
14.     }BmpHead;
15.
16.     typedef struct
17.     {
18.         long Length;
19.         long width;
20.         long height;
21.         unsigned short colorPlane;
22.         unsigned short bitColor;
23.         long zipFormat;
24.         long realSize;
25.         long xPels;
26.         long yPels;
27.         long colorUse;
28.         long colorImportant;
29.     }InfoHead;
30.
31.     int i=0,j=0;
32.     BmpHead m_BMPHeader={0};
33.     InfoHead m_BMPInfoHeader={0};
34.     char bfType[2]={'B','M'};
35.     int header_size=sizeof(bfType)+sizeof(BmpHead)+sizeof(InfoHead);
36.     unsigned char *rgb24_buffer=NULL;
37.     FILE *fp_rgb24=NULL,*fp_bmp=NULL;
38.
39.     if((fp_rgb24=fopen(rgb24path,"rb"))==NULL){
40.         printf("Error: Cannot open input RGB24 file.\n");
41.         return -1;
42.     }
43.     if((fp_bmp=fopen(bmppath,"wb"))==NULL){
44.         printf("Error: Cannot open output BMP file.\n");
45.         return -1;
46.     }
47.
48.     rgb24_buffer=(unsigned char *)malloc(width*height*3);
49.     fread(rgb24_buffer,1,width*height*3,fp_rgb24);
50.
51.     m_BMPHeader.imageSize=3*width*height+header_size;
52.     m_BMPHeader.startPosition=header_size;
53.
54.     m_BMPInfoHeader.Length=sizeof(InfoHead);
55.     m_BMPInfoHeader.width=width;
56.     //BMP storage pixel data in opposite direction of Y-axis (from bottom to top).
57.     m_BMPInfoHeader.height=-height;
58.     m_BMPInfoHeader.colorPlane=1;
59.     m_BMPInfoHeader.bitColor=24;
60.     m_BMPInfoHeader.realSize=3*width*height;
61.
62.     fwrite(bfType,1,sizeof(bfType),fp_bmp);
63.     fwrite(&m_BMPHeader,1,sizeof(m_BMPHeader),fp_bmp);
64.     fwrite(&m_BMPInfoHeader,1,sizeof(m_BMPInfoHeader),fp_bmp);
65.
66.     //BMP save R1|G1|B1,R2|G2|B2 as B1|G1|R1,B2|G2|R2
67.     //It saves pixel data in Little Endian
68.     //So we change 'R' and 'B'
69.     for(j =0;j<height;j++){
70.         for(i=0;i<width;i++){
71.             char temp=rgb24_buffer[(j*width+i)*3+2];
72.             rgb24_buffer[(j*width+i)*3+2]=rgb24_buffer[(j*width+i)*3+0];
73.             rgb24_buffer[(j*width+i)*3+0]=temp;
74.         }
75.     }
76.     fwrite(rgb24_buffer,3*width*height,1,fp_bmp);
77.     fclose(fp_rgb24);
78.     fclose(fp_bmp);
79.     free(rgb24_buffer);
80.     printf("Finish generate %s!\n",bmppath);
81.     return 0;
82.     return 0;
83. }
```

调用上面函数的方法如下所示。

```
[cpp]
1. simplest_rgb24_to_bmp("lena_256x256_rgb24.rgb",256,256,"output_lena.bmp");
```

通过代码可以看出，改程序完成了主要完成了两个工作：

- 1)将RGB数据前面加上文件头。
- 2)将RGB数据中每个像素的“B”和“R”的位置互换。

BMP文件是由BITMAPFILEHEADER、BITMAPINFOHEADER、RGB像素数据共3个部分构成，它的结构如下图所示。

BITMAPFILEHEADER
BITMAPINFOHEADER
RGB像素数据

其中前两部分的结构如下所示。在写入BMP文件头的时候给其中的每个字段赋上合适的值就可以了。

```
[cpp]
1. typedef struct tagBITMAPFILEHEADER
2. {
3.     unsigned short int  bfType;           //位图文件的类型，必须为BM
4.     unsigned long       bfSize;          //文件大小，以字节为单位
5.     unsigned short int  bfReserverd1;    //位图文件保留字，必须为0
6.     unsigned short int  bfReserverd2;    //位图文件保留字，必须为0
7.     unsigned long       bfbf0ffBits;     //位图文件头到数据的偏移量，以字节为单位
8. }BITMAPFILEHEADER;
9. typedef struct tagBITMAPINFOHEADER
10. {
11.     long biSize;                //该结构大小，字节为单位
12.     long biWidth;               //图形宽度以像素为单位
13.     long biHeight;              //图形高度以像素为单位
14.     short int biPlanes;         //目标设备的级别，必须为1
15.     short int biBitcount;       //颜色深度，每个象素所需要的位数
16.     short int biCompression;    //位图的压缩类型
17.     long biSizeImage;           //位图的大小，以字节为单位
18.     long biXPelsPermeter;       //位图水平分辨率，每米像素数
19.     long biYPelsPermeter;       //位图垂直分辨率，每米像素数
20.     long biClrUsed;             //位图实际使用的颜色表中的颜色数
21.     long biClrImportant;        //位图显示过程中重要的颜色数
22. }BITMAPINFOHEADER;
```

BMP采用的是小端（Little Endian）存储方式。这种存储方式中“RGB24”格式的像素的分量存储的先后顺序为B、G、R。由于RGB24格式存储的顺序是R、G、B，所以需要“R”和“B”顺序作一个调换再进行存储。

下图为输入的RGB24格式的图像lena\_256x256\_rgb24.rgb。



下图封装为BMP格式后的图像output\_lena.bmp。封装后的图像使用普通的看图软件就可以查看。



### (10)将RGB24格式像素数据转换为YUV420P格式像素数据

本程序中的函数可以将RGB24格式的像素数据转换为YUV420P格式的像素数据。函数的代码如下所示。

```

1. unsigned char clip_value(unsigned char x,unsigned char min_val,unsigned char max_val){
2.     if(x>max_val){
3.         return max_val;
4.     }else if(x<min_val){
5.         return min_val;
6.     }else{
7.         return x;
8.     }
9. }
10.
11. //RGB to YUV420
12. bool RGB24_TO_YUV420(unsigned char *RgbBuf,int w,int h,unsigned char *yuvBuf)
13. {
14.     unsigned char*ptrY, *ptrU, *ptrV, *ptrRGB;
15.     memset(yuvBuf,0,w*h*3/2);
16.     ptrY = yuvBuf;
17.     ptrU = yuvBuf + w*h;
18.     ptrV = ptrU + (w*h*1/4);
19.     unsigned char y, u, v, r, g, b;
20.     for (int j = 0; j<h;j++){
21.         ptrRGB = RgbBuf + w*j*3 ;
22.         for (int i = 0;i<w;i++){
23.
24.             r = *(ptrRGB++);
25.             g = *(ptrRGB++);
26.             b = *(ptrRGB++);
27.             y = (unsigned char)( ( 66 * r + 129 * g + 25 * b + 128) >> 8) + 16 ;
28.             u = (unsigned char)( ( -38 * r - 74 * g + 112 * b + 128) >> 8) + 128 ;
29.             v = (unsigned char)( ( 112 * r - 94 * g - 18 * b + 128) >> 8) + 128 ;
30.             *(ptrY++) = clip_value(y,0,255);
31.             if (j%2==0&&i%2 ==0){
32.                 *(ptrU++) =clip_value(u,0,255);
33.             }
34.             else{
35.                 if (i%2==0){
36.                     *(ptrV++) =clip_value(v,0,255);
37.                 }
38.             }
39.         }
40.     }
41.     return true;
42. }
43.
44. /**
45.  * Convert RGB24 file to YUV420P file
46.  * @param url_in Location of Input RGB file.
47.  * @param w Width of Input RGB file.
48.  * @param h Height of Input RGB file.
49.  * @param num Number of frames to process.
50.  * @param url_out Location of Output YUV file.
51.  */
52. int simplest_rgb24_to_yuv420(char *url_in, int w, int h,int num,char *url_out){
53.     FILE *fp=fopen(url_in,"rb+");
54.     FILE *fp1=fopen(url_out,"wb+");
55.
56.     unsigned char *pic_rgb24=(unsigned char *)malloc(w*h*3);
57.     unsigned char *pic_yuv420=(unsigned char *)malloc(w*h*3/2);
58.
59.     for(int i=0;i<num;i++){
60.         fread(pic_rgb24,1,w*h*3,fp);
61.         RGB24_TO_YUV420(pic_rgb24,w,h,pic_yuv420);
62.         fwrite(pic_yuv420,1,w*h*3/2,fp1);
63.     }
64.
65.     free(pic_rgb24);
66.     free(pic_yuv420);
67.     fclose(fp);
68.     fclose(fp1);
69.
70.     return 0;
71. }

```

调用上面函数的方法如下所示。

```

1. simplest_rgb24_to_yuv420("lena_256x256_rgb24.rgb",256,256,1,"output_lena.yuv");

```

从源代码可以看出，本程序实现了RGB到YUV的转换公式：

$$Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B$$

$$U = -0.147 * R - 0.289 * G + 0.463 * B$$

$$V = 0.615 * R - 0.515 * G - 0.100 * B$$

在转换的过程中有以下几点需要注意：

- 1) RGB24存储方式是Packed，YUV420P存储方式是Packed。
  - 2) U，V在水平和垂直方向的取样数是Y的一半
- 转换前的RGB24格式像素数据lena\_256x256\_rgb24.rgb的内容如下所示。

□

转换后的YUV420P格式的像素数据output\_lena.yuv的内容如下所示。

□

**(11)生成RGB24格式的彩条测试图**

本程序中的函数可以生成一张RGB24格式的彩条测试图。函数代码如下所示。

[cpp]  

```
1.  /**
2.   * Generate RGB24 colorbar.
3.   * @param width    Width of Output RGB file.
4.   * @param height   Height of Output RGB file.
5.   * @param url_out  Location of Output RGB file.
6.   */
7.  int simplest_rgb24_colorbar(int width, int height, char *url_out){
8.
9.      unsigned char *data=NULL;
10.     int barwidth;
11.     char filename[100]={0};
12.     FILE *fp=NULL;
13.     int i=0,j=0;
14.
15.     data=(unsigned char *)malloc(width*height*3);
16.     barwidth=width/8;
17.
18.     if((fp=fopen(url_out, "wb+"))==NULL){
19.         printf("Error: Cannot create file!");
20.         return -1;
21.     }
22.
23.     for(j=0;j<height;j++){
24.         for(i=0;i<width;i++){
25.             int barnum=i/barwidth;
26.             switch(barnum){
27.                 case 0:{
28.                     data[(j*width+i)*3+0]=255;
29.                     data[(j*width+i)*3+1]=255;
30.                     data[(j*width+i)*3+2]=255;
31.                     break;
32.                 }
33.                 case 1:{
34.                     data[(j*width+i)*3+0]=255;
35.                     data[(j*width+i)*3+1]=255;
36.                     data[(j*width+i)*3+2]=0;
37.                     break;
38.                 }
39.                 case 2:{
40.                     data[(j*width+i)*3+0]=0;
41.                     data[(j*width+i)*3+1]=255;
42.                     data[(j*width+i)*3+2]=255;
43.                     break;
44.                 }
45.                 case 3:{
46.                     data[(j*width+i)*3+0]=0;
47.                     data[(j*width+i)*3+1]=255;
48.                     data[(j*width+i)*3+2]=0;
49.                     break;
50.                 }
51.                 case 4:{
52.                     data[(j*width+i)*3+0]=255;
53.                     data[(j*width+i)*3+1]=0;
54.                     data[(j*width+i)*3+2]=255;
55.                     break;
56.                 }
57.                 case 5:{
58.                     data[(j*width+i)*3+0]=255;
59.                     data[(j*width+i)*3+1]=0;
60.                     data[(j*width+i)*3+2]=0;
61.                     break;
62.                 }
63.                 case 6:{
64.                     data[(j*width+i)*3+0]=0;
65.                     data[(j*width+i)*3+1]=0;
66.                     data[(j*width+i)*3+2]=255;
67.
68.                     break;
69.                 }
70.                 case 7:{
71.                     data[(j*width+i)*3+0]=0;
72.                     data[(j*width+i)*3+1]=0;
73.                     data[(j*width+i)*3+2]=0;
74.                     break;
75.                 }
76.             }
77.         }
78.     }
79.     fwrite(data,width*height*3,1,fp);
80.     fclose(fp);
81.     free(data);
82.
83.     return 0;
84. }
85. }
```

调用上面函数的方法如下所示。

```
[cpp]
1. simplest_rgb24_colorbar(640, 360, "colorbar_640x360.rgb");
```

从源代码可以看出，本程序循环输出“白黄青绿品红蓝黑”8种颜色的彩条。这8种颜色的彩条的R、G、B取值如下所示。

颜色	(R, G, B)
白	(255, 255, 255)
黄	(255, 255, 0)
青	( 0, 255, 255)
绿	( 0, 255, 0)
品	(255, 0, 255)
红	(255, 0, 0)
蓝	( 0, 0, 255)
黑	( 0, 0, 0)

生成的图像截图如下所示。

## 下载

### Simplest mediadata test

#### 项目主页

SourceForge：<https://sourceforge.net/projects/simplest-mediadata-test/>

Github：[https://github.com/leixiaohua1020/simplest\\_mediadata\\_test](https://github.com/leixiaohua1020/simplest_mediadata_test)

开源中国：[http://git.oschina.net/leixiaohua1020/simplest\\_mediadata\\_test](http://git.oschina.net/leixiaohua1020/simplest_mediadata_test)

CSDN下载地址：<http://download.csdn.net/detail/leixiaohua1020/9422409>

本项目包含如下几种视音频数据解析示例：

- (1)像素数据处理程序。包含RGB和YUV像素格式处理的函数。
- (2)音频采样数据处理程序。包含PCM音频采样格式处理的函数。
- (3)H.264码流分析程序。可以分离并解析NALU。
- (4)AAC码流分析程序。可以分离并解析ADTS帧。
- (5)FLV封装格式分析程序。可以将FLV中的MP3音频码流分离出来。
- (6)UDP-RTP协议分析程序。可以将分析UDP/RTP/MPEG-TS数据包。

**雷霄骅 (Lei Xiaohua)**

**leixiaohua1020@126.com**

**<http://blog.csdn.net/leixiaohua1020>**

版权声明：本文为博主原创文章，未经博主允许不得转载。<https://blog.csdn.net/leixiaohua1020/article/details/50534150>

文章标签：[YUV](#) [RGB](#) [视频](#)

个人分类：[我的开源项目](#)

