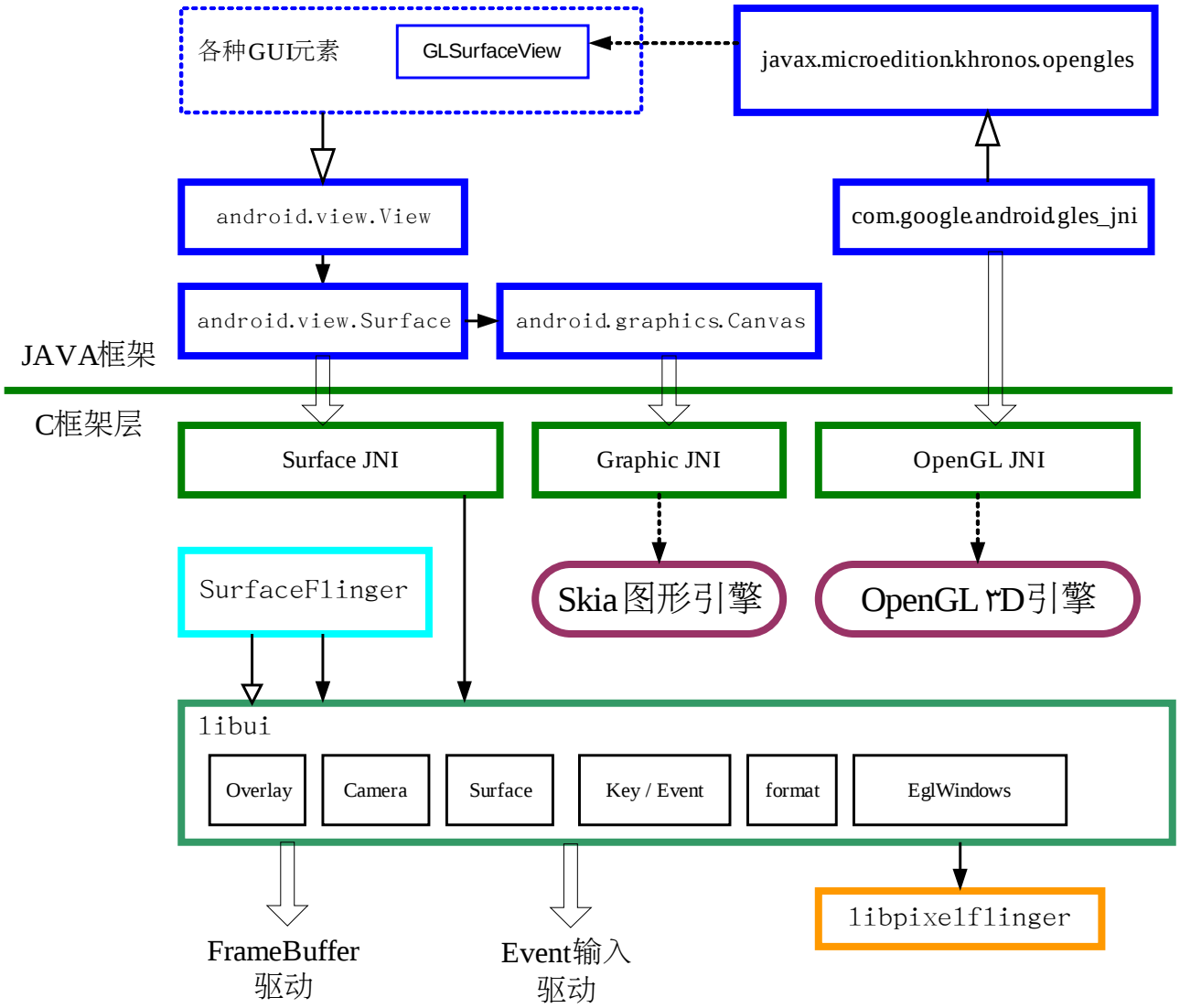
Android 的 GUI 系统

Android 的 GUI 系统

- 第一部分　Android GUI 系统综述
- 第二部分　pixelflinger 和 libui 库
- 第三部分　Surface 系统
- 第五部分　Skia 系统
- 第六部分　OpenGL 系统架构

第一部分 Android GUI 系统综述



第一部分 Android GUI 系统综述

Android 的 GUI 系统由 C 语言的框架和 JAVA 语言的框架组成。

GUI 系统的 C 语言部分包括:

- PixelFlinger
- libui （框架库）
- SurfaceFlinger （Surface 的管理）
- Skia 图形图像引擎
- OpenGL 3D 引擎
- 各种 JNI （向 JAVA 提供接口）

第一部分 Android GUI 系统综述

GUI 系统 JAVA 语言的核心包括:

- android.graphics （对应 Skia 底层库）
- android.view.Surface （构建显示介面）
- android.view.View 及其继承者（用于构建 UI 元素）
- OpenGL 的功能类

javax.microedition.khronos.opengles（由 com.google.android.gles_jni 实现）

第二部分　pixelflinger 和 libui 库

2.1 pixelflinger

2.2 libui

2.1 pixelflinger

libpixelflingner.so 是一个下层的工具性的类，这个类对外的主要内容是 GGLContext 结构，以及初始化和卸载的函数。

system/core/include/pixelflinger/

system/core/libpixelflinger/

```
ssize_t ggllnit(GGLContext** context);
ssize_t gglUninit(GGLContext* context);
```

libpixelflingner.so 这个库对其他的库没有依赖，也并不提供实际的功能，类似一个用于管理工具的库。

2.2 libui

libui 是一个框架性质的集成库，它不仅是显示的中枢，也是整个 GUI 系统的中枢。

UI lib (libui → libpixelflinger)，这个的相关内容在以下的路径中：

frameworks/base/include/ui/

framework/base/libs/ui/

libui 包含了颜色格式，用于实际显示的 Egl 窗口，按键及事件处理， Suface 界面， Overlay ， Camera 等几个方面的接口。

2.2 libui

format 部分：

这个部分本身定义颜色空间的枚举和数据结构，它需要充用 pixelflinger 中的一些关于数据格式定义。

EglWindows 部分：

包含了 EGL 头文件构建的 egl_native_window_t，它依赖 OpenGL 的结构，并给 libEGL 使用的。EGLDisplaySurface 操作了硬件的 framebuffer 的驱动。这也是整个系统显示的基础。

Key/Event 部分：

这是 Android 系统输入的基础，其中定义按键的映射，通过操作 event 事件设备来实现获取系统的输入的。

2.2 libui

Surface：

Surface 相关的头文件和实现为 SurfaceFlinger 定义接口和框架。

Overlay：

定义视频输出的接口。

Camera：

定义摄像头的框架和接口。

2.3 Android 的显示输出系统

Android 使用标准的 framebuffer 作为驱动程序， Android 的本地框架中提供了系统和 framebuffer 驱动程序之间的适配层（硬件抽象层）。

输出部分的硬件抽象（donut 之前）：

EGLDisplaySurface.cpp

调用标准的 FrameBuffer 驱动。

2.3 Android 的显示输出系统

Gralloc Module 是 Eclair 版本之后显示部分的抽象层，它是系统和 Framebuffer 设备的接口，以硬件模块的形式存在。

头文件路径:
hardware/libhardware/include/hardware/gralloc.h

Gralloc 模块实现:
hardware/libhardware/modules/gralloc/

Gralloc 被 libui 使用。

2.3 Android 的显示输出系统

Gralloc.h 中包含了 Gralloc 模块需要具有的接口。

```
typedef struct gralloc_module_t {
    struct hw_module_t common;
    int (*registerBuffer)(struct gralloc_module_t const* module,
            buffer_handle_t handle);
    int (*unregisterBuffer)(struct gralloc_module_t const* module,
            buffer_handle_t handle);
    int (*lock)(struct gralloc_module_t const* module,
            buffer_handle_t handle, int usage,
            int l, int t, int w, int h,
            void** vaddr);
    int (*unlock)(struct gralloc_module_t const* module,
            buffer_handle_t handle);
    int (*perform)(struct gralloc_module_t const* module,
            int operation, ... );
    void* reserved_proc[7];
} gralloc_module_t;
```

2.3 Android 的显示输出系统

```
enum {
    GRALLOC_USAGE_SW_READ_NEVER   = 0x00000000,
    GRALLOC_USAGE_SW_READ_RARELY  = 0x00000002,
    GRALLOC_USAGE_SW_READ_OFTEN   = 0x00000003,
    GRALLOC_USAGE_SW_READ_MASK    = 0x0000000F,

    GRALLOC_USAGE_SW_WRITE_NEVER  = 0x00000000,
    GRALLOC_USAGE_SW_WRITE_RARELY = 0x00000020,
    GRALLOC_USAGE_SW_WRITE_OFTEN  = 0x00000030,
    GRALLOC_USAGE_SW_WRITE_MASK   = 0x000000F0,

    /* buffer will be used as an OpenGL ES texture */
    GRALLOC_USAGE_HW_TEXTURE      = 0x00000100,
    /* buffer will be used as an OpenGL ES render target */
    GRALLOC_USAGE_HW_RENDER       = 0x00000200,
    /* buffer will be used by the 2D hardware blitter */
    GRALLOC_USAGE_HW_2D           = 0x00000C00,
    /* buffer will be used with the framebuffer device */
    GRALLOC_USAGE_HW_FB           = 0x00001000,
    /* mask for the software usage bit-mask */
    GRALLOC_USAGE_HW_MASK         = 0x00001F00,
};
```

2.3 Android 的显示输出系统

Gralloc 模块是显示模块的实现。其中，framebuffer.cpp 用于基于 framebuffer 的显示实现， gralloc 是基于 pmem 的实现。

```
int gralloc_device_open(const hw_module_t* module, const char* name,
        hw_device_t** device)
{
    int status = -EINVAL;
    if (!strcmp(name, GRALLOC_HARDWARE_GPU0)) {
        gralloc_context_t *dev;
        dev = (gralloc_context_t*)malloc(sizeof(*dev));
        memset(dev, 0, sizeof(*dev));
        dev->device.common.tag = HARDWARE_DEVICE_TAG;
        dev->device.common.version = 0;
        dev->device.common.module = const_cast<hw_module_t*>(module);
        dev->device.common.close = gralloc_close;
        dev->device.alloc   = gralloc_alloc;
        dev->device.free    = gralloc_free;
        *device = &dev->device.common;
        status = 0;
    } else {
        status = fb_device_open(module, name, device);
    }
    return status;
}
```

2.3 Android 的显示输出系统

libui 对 gralloc 模块实现了调用，在 ui/FramebufferNativeWindow.cpp 中打开了 gralloc 设备。

```
FramebufferNativeWindow::FramebufferNativeWindow()
    : BASE(), fbDev(0), grDev(0), mUpdateOnDemand(false)
{
    hw_module_t const* module;
    if (hw_get_module(GRALLOC_HARDWARE_MODULE_ID, &module) == 0) {
        int stride;
        int err;
        err = framebuffer_open(module, &fbDev);
        LOGE_IF(err, "couldn't open framebuffer HAL (%s)", strerror(-err));

        err = gralloc_open(module, &grDev);
        LOGE_IF(err, "couldn't open gralloc HAL (%s)", strerror(-err));
    // ......

}
```

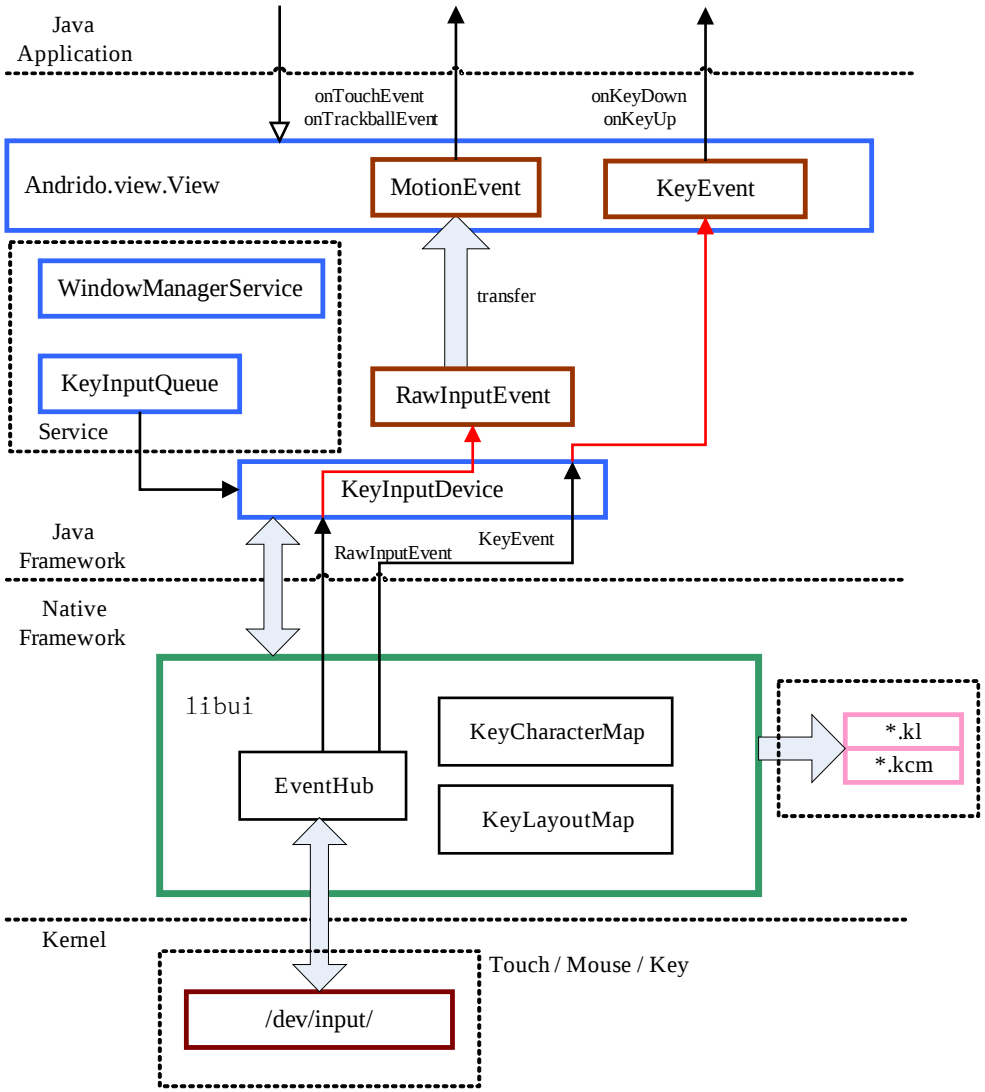
2.4 Android 的用户输入系统

Android 输入系统由 Event 驱动程序，libui 中的 EventHub 和 JAVA 框架中的几个类组成。

Event 的功能被集成在 android.view 包的 View 类中，在应用程序层调用主要通过 View 类及其继承者。

KeyEvent 和 MotionEvent 的处理方法略有不同，KeyEvent 通过转化按键码得到，MotionEvent 通过转化 RawEvent 得到。

2.4 Android 的用户输入系统



2.4 Android 的用户输入系统

输入部分的硬件抽象：

EventHub.cpp

调用标准的 Event 设备驱动。

KeyCodeLabel.h <=> android/view/KeyEvent.java

qwert.kl 键盘布局文件

2.4 Android 的用户输入系统

Multi-Touch 是 Eclair 版本的新特性。

多点触摸的特性，需要从硬件到软件系统的支持。作为 Android 的 GUI 系统，最终的就是将消息从下传递到上面。

输入设备中增加了一个新的类型: TOUCHSCREEN_MT （EventHub.h 定义），EventHub 获得信息只有交由 JAVA 层处理。

2.4 Android 的用户输入系统

android.view.RawInputEvent 增加多点数据表示， InputDevice 作处理，并保持对非多点触摸的兼容性， KeyInputQueue（android/server/KeyInputQueue）进行多点数据的转化。

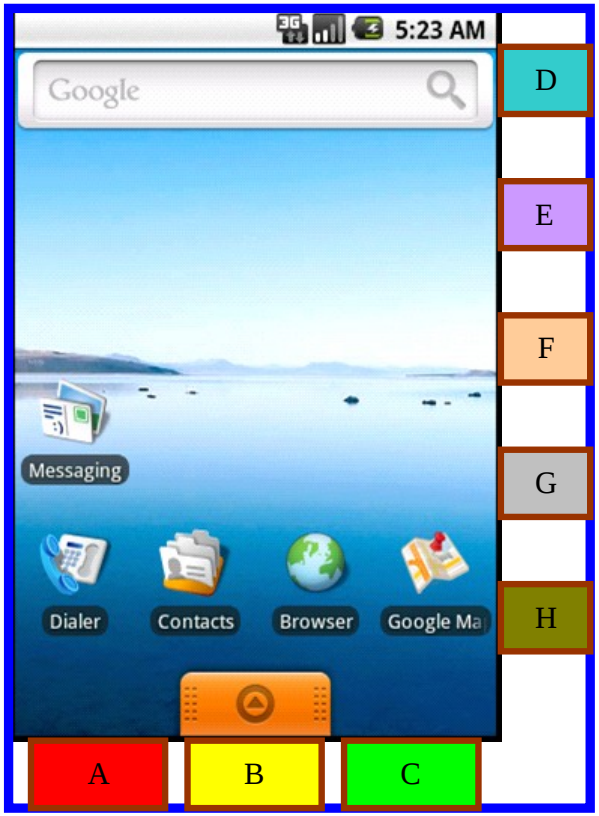
MotionEvent 增加了对多点的支持，最多支持同时有 3 个点触摸。这是上层程序中用到的接口。

注意：没有手势方面的解析，需要应用程序根据多点信息自己实现解释。

2.4 Android 的用户输入系统

Virtual Key 是 Eclair 版本的新特性。

Virtual Key 的功能是利用触摸屏，模拟按键发生的事件，这样就可以利用触摸屏的边缘，实现一些可以自定义的按键效果。



2.4 Android 的用户输入系统

从应用程序的角度，触摸屏设备发送的是 RawInputEvent （原始输入事件），而按键发送的是 KeyEvent （按键事件）。虚拟按键的作用是在某种情况下，将 RawInputEvent 转换成 KeyEvent 。

按键文件:
/sys/board_properties/virtualkeys.{devicename}

代码路径:
services/java/com/android/server/InputDevice.java

通过 readVirtualKeys ，进行消息的转化，将 RawInputEvent 转换成 KeyEvent 。

2.4 Android 的用户输入系统

virtualkeys.{devicename} 是虚拟按键的适配文件，需要放置在目标系统的以下目录中：/sys/board_properties/

文件的格式如下所示：

0x1: 扫描码 :X:Y:W:H:**0x1**: ……

第三部分　Surface 系统

3.1 Surface 系统的结构

3.2 SurfaceFlinger 本地代码

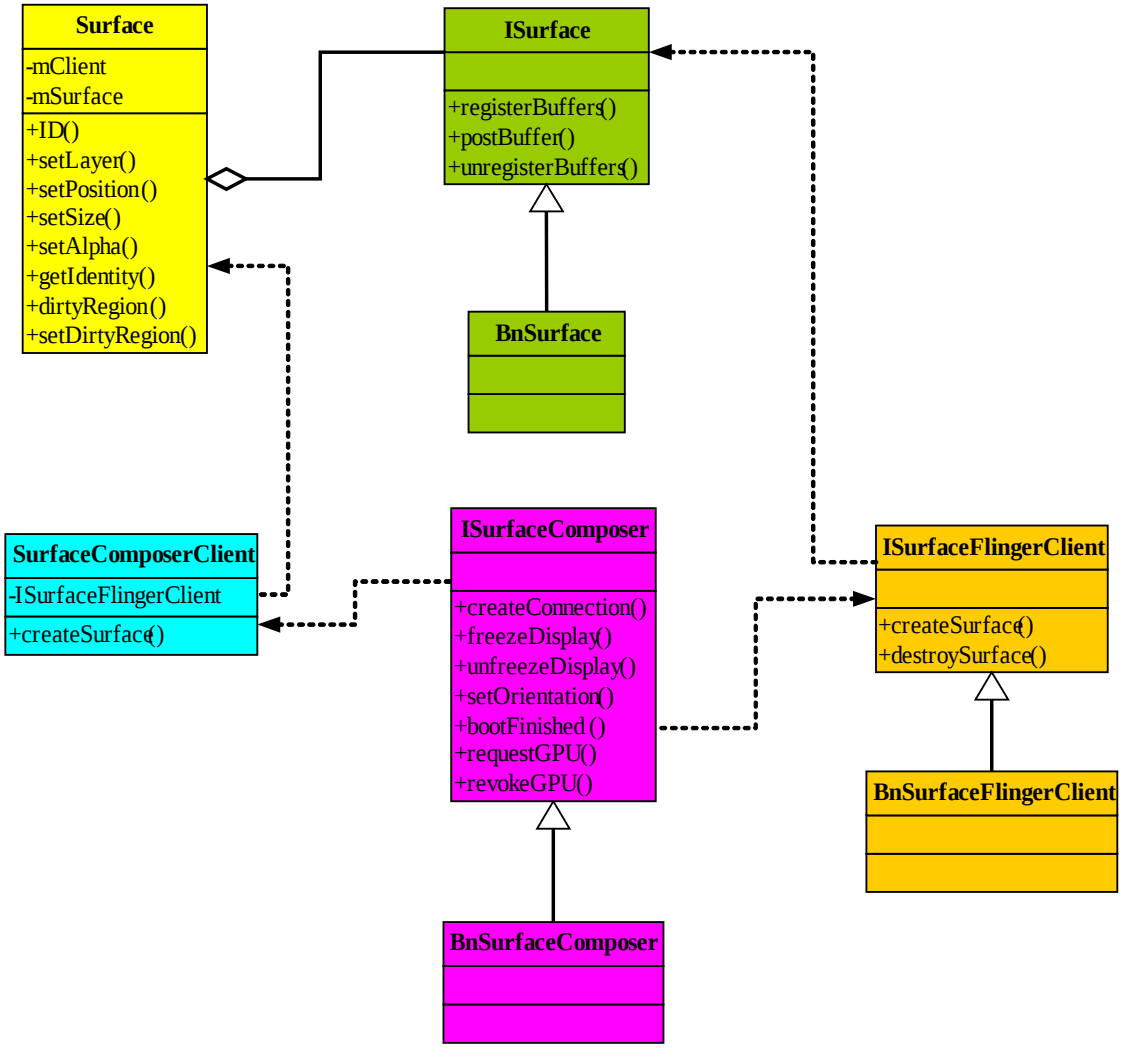
3.3 Surface 的 Java 和 Jni 代码

3.1 Surface 系统结构

Surface 系统的结构:

- libui.so 提供与 Surface 接口。
- libsurfacefilnger.so 提供实现。
- Java 框架层次主要调用 Surface 向 UI 提供接口。
- Navtive （本地调用）部分主要使用 ISurface 。

3.1 Surface 系统的结构



3.1 Surface 系统的结构

Surface 系统的头文件
（路径为： frameworks/base/include/ui/）：
ISurface.h
ISurfaceComposer.h
ISurfaceFlingerClient.h
Surface.h
SurfaceComposerClient.h

Surface 系统的源代码文件
（路径为： frameworks/base/libs/surfaceflinger/）：
ISurfaceFlingerClient.cpp
SurfaceComposerClient.cpp
IsurfaceComposer.cpp
Surface.cpp
Isurface.cpp

SurfaceFlinger 类继承了 ISurfaceComposer，是一个核心的实现。

3.1 Surface 系统的结构

```
class ISurfaceComposer : public IInterface
{
public:
    enum { // (keep in sync with Surface.java)
        eHidden            = 0x00000004,
        eGPU               = 0x00000008,
        eHardware          = 0x00000010,
        eDestroyBackbuffer  = 0x00000020,
        eSecure            = 0x00000080,
        eNonPremultiplied   = 0x00000100,
        ePushBuffers        = 0x00000200,
        eFXSurfaceNormal    = 0x00000000,
        eFXSurfaceBlur      = 0x00010000,
        eFXSurfaceDim       = 0x00020000,
        eFXSurfaceMask      = 0x000F0000,      };
    enum {
        ePositionChanged           = 0x00000001,
        /* ... ... */     };
    enum {
        eLayerHidden        = 0x01,
        /* ... ... */        };
    enum {
        eOrientationDefault     = 0,
        /* ... ... */    };
}
```

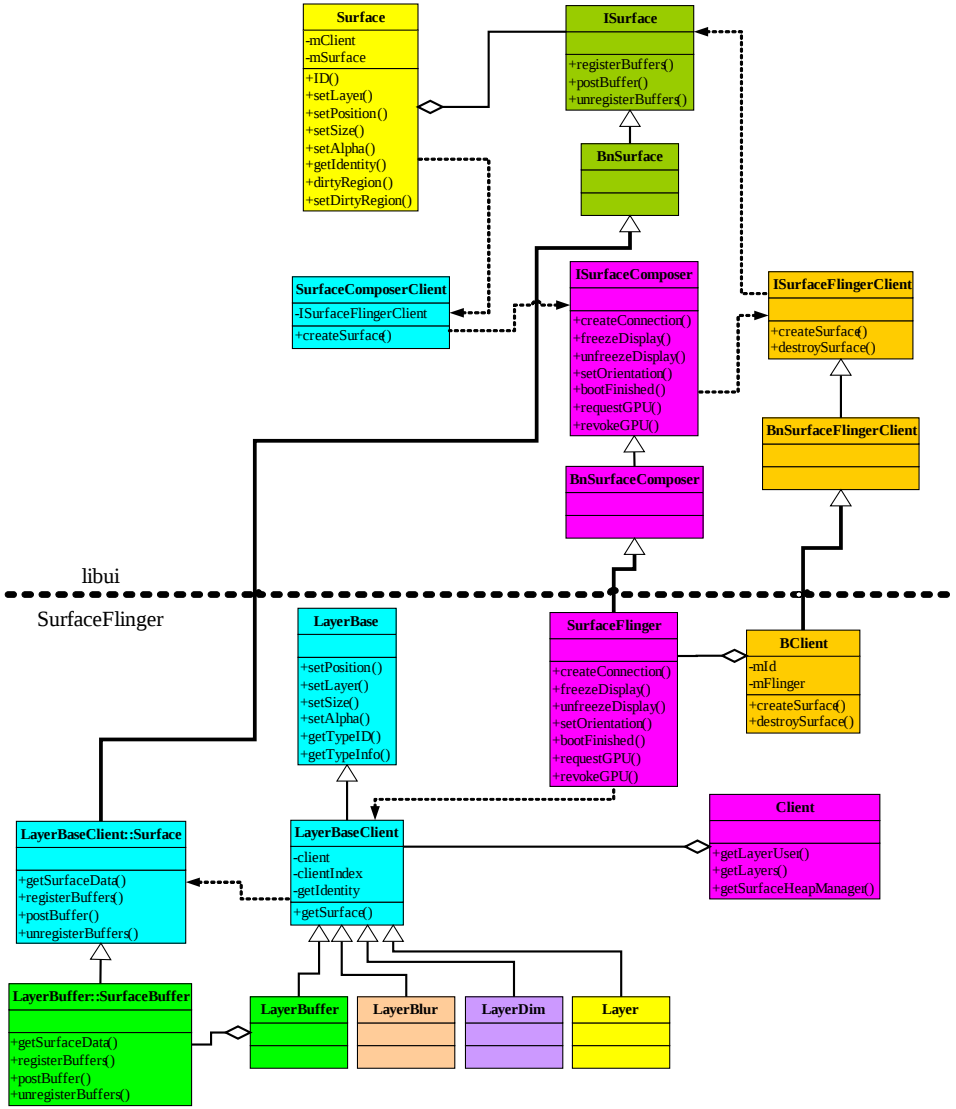
3.2 SurfaceFlinger 本地代码

代码的路径：
frameworks/base/libs/surfaceflinger/

class LayerBaseClient : public LayerBase
    class Surface : public BnSurface

class Layer : public LayerBaseClient
class LayerBuffer : public LayerBaseClient
    class SurfaceBuffer : public LayerBaseClient::Surface
class LayerDim : public LayerBaseClient
class LayerBlur : public LayerBaseClient

3.2 SurfaceFlinger 本地代码



3.2 SurfaceFlinger 本地代码

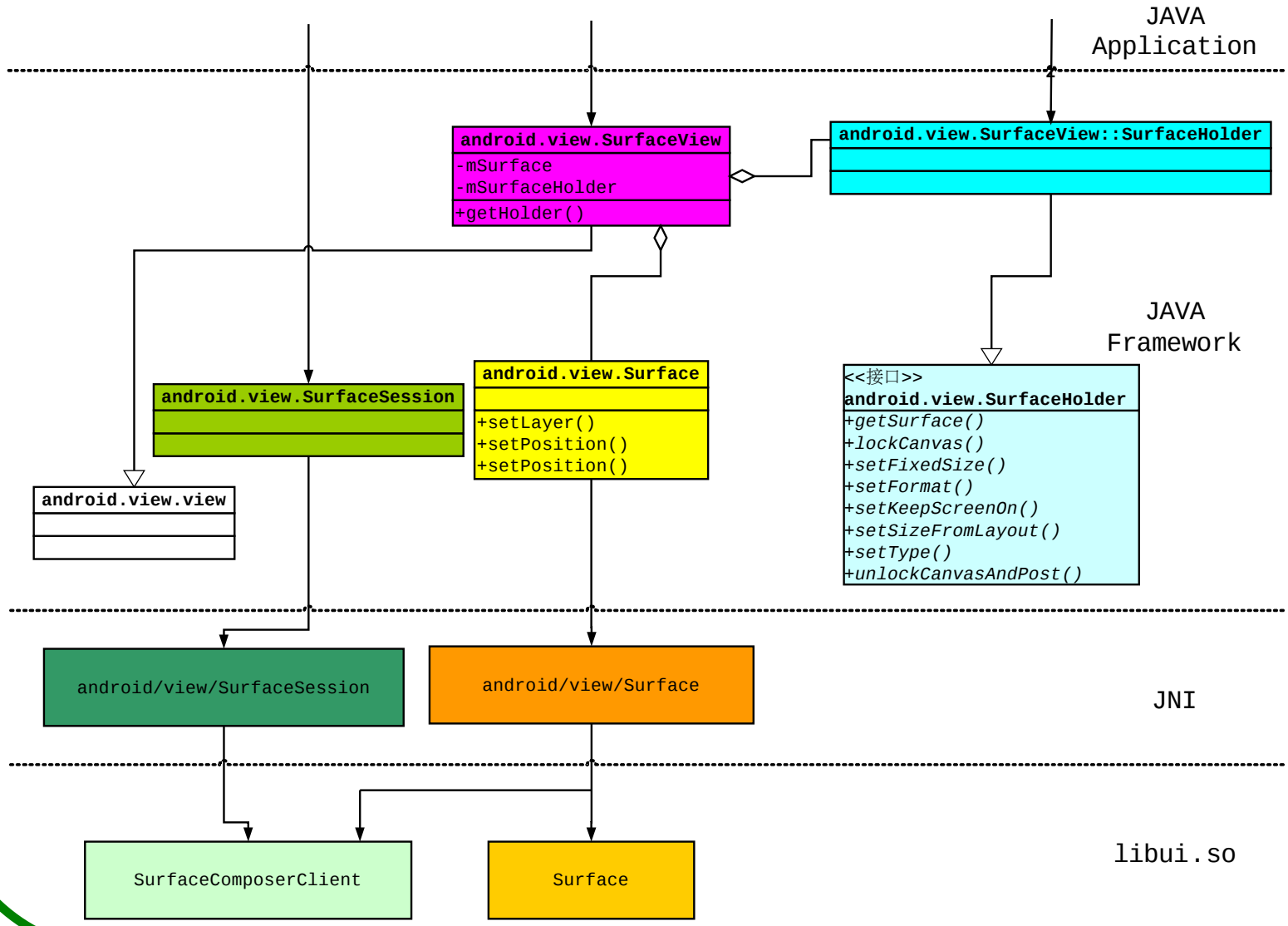
For Create a Surface:

SurfaceComposerClient::createSurface
(ISurface → Suface,
frameworks/base/libs/ui/SurfaceComposerClient.cpp)
→ (IsurfaceFlingerClient:: createSurface)
→ Bclient::createSurface
(framework/base/libs/surfaceflinger/SurfaceFlinger.cpp)
→ SurfaceFlinger::createSurface
(framework/base/libs/surfaceflinger/SurfaceFlinger.cpp)
LayerBaseClient* layer = 0;
sp<LayerBaseClient::Surface> surfaceHandle;
eFXSurfaceNormal → Layer or LayerBuffer
eFXSurfaceBlur → LayerBlur
eFXSurfaceDim → LayerDim
surfaceHandle = layer->getSurface();

For setSize:

Surface::setSize()
→ SurfaceComposerClient::setSize()

3.3 Surface 的 Java 和 Jni 代码



3.3 Surface 的 Java 和 Jni 代码

JNI Code path:

frameworks/base/core/jni/android_view_Surface.cpp

```
#include <ui/SurfaceComposerClient.h>
const char* const kSurfaceSessionClassPathName
      = "android/view/SurfaceSession";
const char* const kSurfaceClassPathName
      = "android/view/Surface";
static void nativeClassInit(JNIEnv* env, jclass clazz);
```

3.3 Surface 的 Java 和 Jni 代码

JNI 代码的路径 ：

frameworks/base/core/jni/android_view_Surface.cpp

```
#include <ui/SurfaceComposerClient.h>
const char* const kSurfaceSessionClassPathName
    = "android/view/SurfaceSession";
const char* const kSurfaceClassPathName
    = "android/view/Surface";
static void nativeClassInit(JNIEnv* env, jclass clazz);
```

3.3 Surface 的 Java 和 Jni 代码

Java 代码的路径：
frameworks/base/core/java/android/view/
3 个主要的类：
Surface (Surface.java)
SurfaceView (SurfaceView.java)
SurfaceSession (SurfaceSession.java)
1 个接口 ：
SurfaceHolder (SurfaceSession.java)

android.view.Surface 表示了一个可以绘制图形的界面，它是实际调用底层的 Suface 接口来完成来控制的硬件载体。

3.3 Surface 的 Java 和 Jni 代码

关于 android.view.View 类：

View 类呈现了最基本的 UI 构造块。一个视图占据屏幕上的一个方形区域，并且负责绘制和时间处理。View 是 widgets 的基类，常用来创建交互式的用户图形界面 (GUI) 。

View 中包含了一个 Surface ，并处理 onDraw(Canvas) 事件。

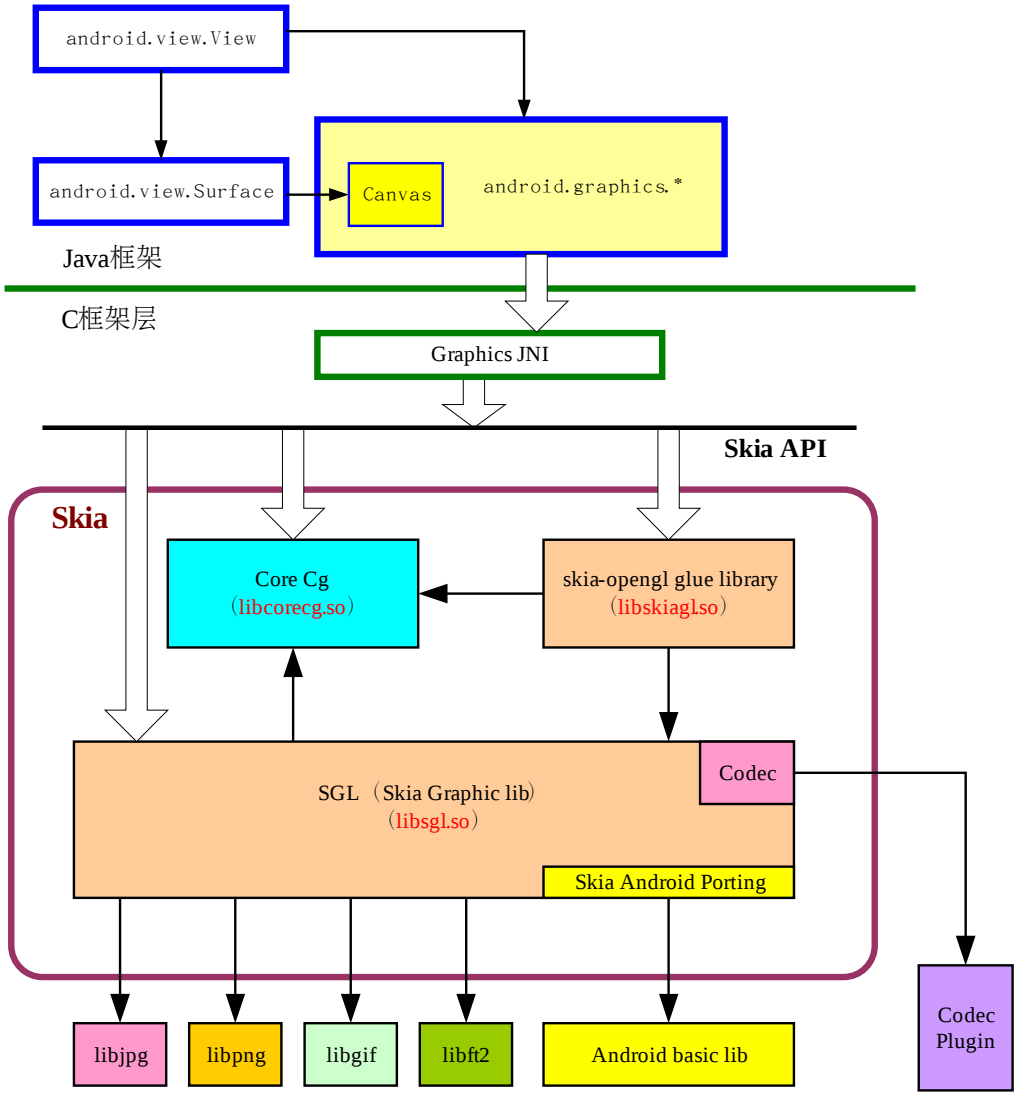
第四部分　Skia 及 android 的图形系统

4.1 Skia 底层库

4.2 Android 图形系统的 JNI 接口

4.3 Android 的图形类

第四部分 Skia 及 android 的图形系统



4.1 Skia 底层库

Skia 是 Google 一个底层的图形，图像，动画， SVG ，文本等多方面的图形库，它是 Android 中图形系统的引擎。

Skia 代码的路径:

external/skia/

Skia 主要包含三个库:

- Core Cg： libcorecg.so
- GL （Skia Graphic Lib）： liblibsgl.so
- skia-opengl glue library： libskiagl.so

4.1 Skia 底层库

Skia 主要包含三个库的代码路径：

- 核心图形库： libcorecg.so

src/core/

- Skia 图形库： liblibsgl.so

src/effects/

src/images/

src/ports/

src/core/

src/utils/

- skia-opengl glue library ： libskiagl.so

src/gl/

4.2 Android 图形系统的 JNI 接口

Android 的图形系统和 Skia 底层库的联系比较紧密。 Android 的图形系统的 JNI 提供了从 Skia 底层库到 JAVA 上层的支持。

Android 的图形系统的 JNI 代码的路径:

frameworks/base/core/jni/android/graphic/

Android 的图形系统对 JAVA 层提供了绘制基本图形的功能，是 GUI 系统的基

4.2 Android 图形系统的 JNI 接口

Canvas.cpp 是 JNI 中核心的接口，为 JAVA 上层的 android.graphics.Canvas 类提供了支持。

```
static SkCanvas* initRaster(JNIEnv* env, jobject, SkBitmap* bitmap) {
    return bitmap ? new SkCanvas(*bitmap) : new SkCanvas;
}
static SkCanvas* initGL(JNIEnv* env, jobject) {
    return new SkGLCanvas;
}
```

4.3 Android 的图形类

Android 的图形类的包是 android.graphic，它通过调用图形系统的 JNI 提供了对 JAVA 框架中图形系统的支持。

Android 的图形系统的代码的路径：
frameworks/graphic/java/android/graphic/

4.3 Android 的图形类

Canvas.java 实现图形系统中最为重要的一个类： android.graphics.Canvas 。

Canvas 类处理“ draw”的调用，当绘制（ draw ）内容的时候需要 4 个基本的组件：一个保持像素的 A Bitmap ，一个处理绘制调用的 Canvas （写入 bitmap ）， 绘制的内容（例如 Rect ， Path ， text ， Bitmap ）和一个 paint （用来描述颜色和样式）。

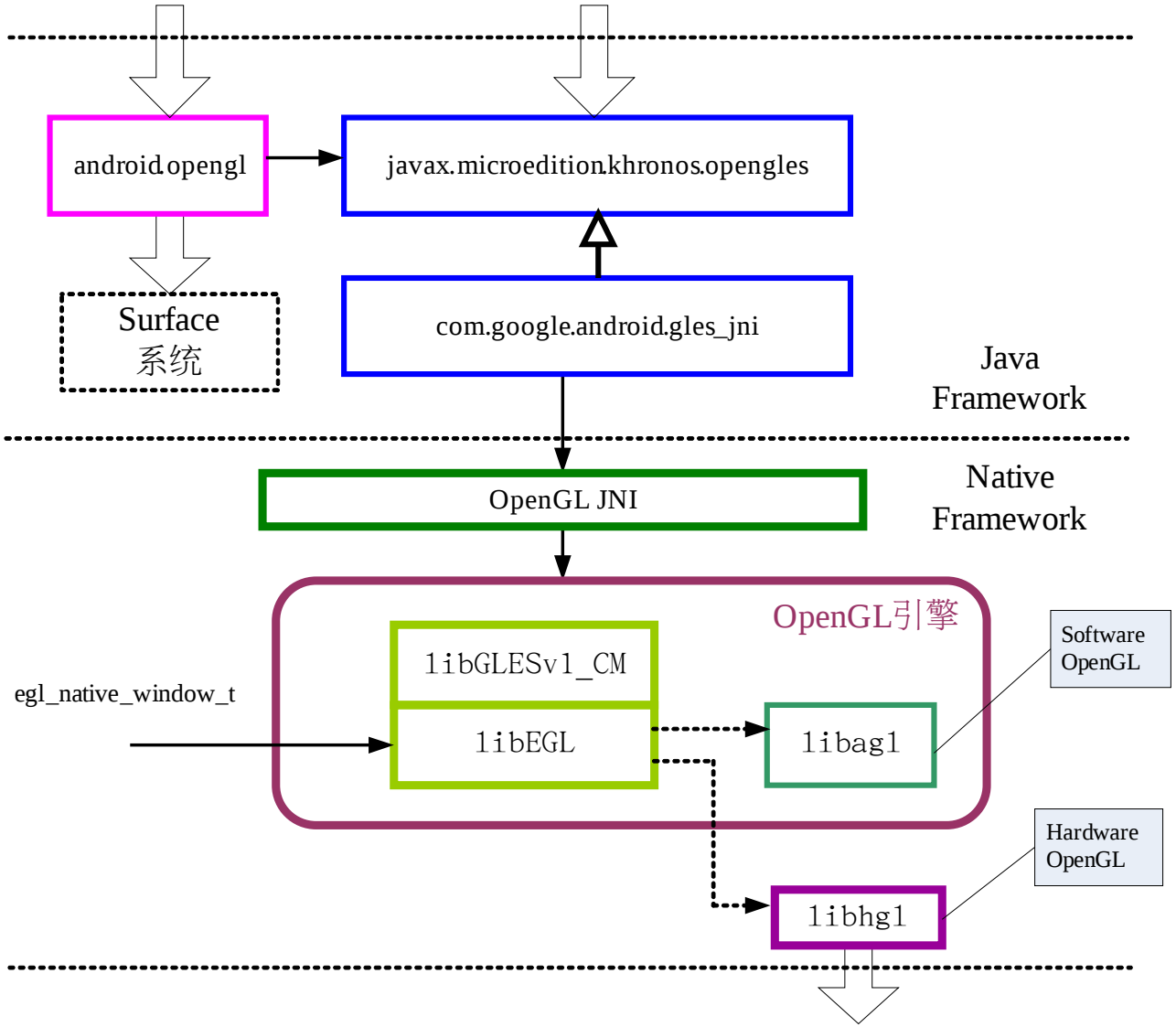
第五部分 OpenGL 系统

5.1 OpenGL 系统结构

5.2 OpenGL 的 Native 代码

5.3 OpenGL 的 JAVA 和 JNI 代码

5.1 OpenGL 系统结构



5.2 OpenGL 的 Native 代码

OpenGL 的本地代码：

frameworks/base/opengl/libagl/

frameworks/base/opengl/libs/

OpenGL 的本地头文件：

frameworks/base/opengl/include/EGL/

frameworks/base/opengl/include/GLES/

OpenGL 的库：

- libEGL.so （EGL 库）
- libGLESv1_CM.so （OpenGL ES 库的封装）
- libagl.so （OpenGL 的软件实现库）

5.2 OpenGL 的 Native 代码

测试代码的路径 ：

frameworks/base/opengl/tests

使用 Surface 的代码 :_

frameworks/base/libs/surfaceflinger/DisplayHardware/DisplayHardware.cpp

另外的一个本地的接口 ：

frameworks/base/opengl/include/EGL/eglnatives.h

```
struct egl_native_window_t* android_createDisplaySurface();
```

其实现:

frameworks/base/libs/ui/EGLDisplaySurface.cpp

```
egl_native_window_t* android_createDisplaySurface();
```

5.2 OpenGL 的 Native 代码

Android Eclair 中版本之后 libagl 的库名称为 libGLES_android.so，放置到目标系统的目录 system/lib/egl 。

新增 OpenGL ES2 的支持：frameworks/base/opengl/libs/ELGS_CM

库的名称为 libGLESv2.so，它与 libGLESv1_CM.so 是并列关系。

5.2 OpenGL 的 Native 代码

Android Eclair 中版本的 libegl.so 将从 system/lib/egl 目录中加载 OpenGL 的实现库，加载的方式由其中的 egl.cfg 文件来决定， OpenGL 的软件实现 libGLES_android.so，通常作为加载的一个库。另外还可以选择加载硬件实现的 OpenGL 库。

egl.cfg 文件的实例如下：

```
0 0 android
0 1 XXX
```

5.2 OpenGL 的 Native 代码

```
#include <EGL/egl.h>
#include <GLES/gl.h>
#include <GLES/glext.h>
int main(int argc, char** argv)
{
    EGLint s_configAttribs[] = {
        EGL_RED_SIZE,    5,    EGL_GREEN_SIZE,     6,  EGL_BLUE_SIZE,      5,   EGL_NONE
     };
     EGLint numConfigs = -1; EGLint majorVersion;  EGLint minorVersion;
     EGLConfig config;     EGLContext context;
     EGLSurface surface;   EGLint w, h;
     EGLDisplay dpy;
     dpy = eglGetDisplay(EGL_DEFAULT_DISPLAY);
     eglInitialize(dpy, &majorVersion, &minorVersion);
     eglChooseConfig(dpy, s_configAttribs, &config, 1, &numConfigs);
     surface = eglCreateWindowSurface(dpy, config,
           android_createDisplaySurface(), NULL);
     context = eglCreateContext(dpy, config, NULL, NULL);
     eglMakeCurrent(dpy, surface, surface, context);
     eglQuerySurface(dpy, surface, EGL_WIDTH, &w);
     eglQuerySurface(dpy, surface, EGL_HEIGHT, &h);
     GLint dim = w<h ? w : h;
```

5.2 OpenGL 的 Native 代码

```
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, 0);
    glTexParameterx(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_NEAREST);
    glTexParameterx(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_NEAREST);
    glTexEnvx(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_REPLACE);
    glEnable(GL_TEXTURE_2D);
    glColor4f(1,1,1,1);
    glDisable(GL_DITHER);
    glShadeModel(GL_FLAT);
    /* ..... */
    return 0;
}
```

4.3 OpenGL 的 JAVA 和 JNI 代码

Android 的 OpenGL 的实现方法是使用一个类来继承 OpenGL JAVA 的标准类，通过对这个类的实现，实现 OpenGL 的功能，在 JAVA 层只需要使用标准类。

javax.microedition.khronos.opengles （JAVA 标准类）：
opengl/java/javax/microedition/khronos/egl/
(GL10.java GL11.java)
opengl/java/javax/microedition/khronos/opengles/
(EGL10.java)
com.google.android.gles_jni (Android 的 GLES 的实现)
opengl/java/com/google/android/gles_jni/

com.google.android.gles_jni JNI:
core/jni/com_google_android_gles_jni_GLImpl.cpp
core/jni/com_google_android_gles_jni_EGLImpl.cpp

5.3 OpenGL 的 JAVA 和 JNI 代码

JAVA 代码：

javax.microedition.khronos.opengles （JAVA 标准类）：
opengl/java/javax/microedition/khronos/egl/
(GL10.java GL11.java)
opengl/java/javax/microedition/khronos/opengles/
(EGL10.java)

com.google.android.gles_jni (Android 的 GLES 的实现类)
opengl/java/com/google/android/gles_jni/

JNI 代码：

com.google.android.gles_jni JNI:
core/jni/com_google_android_gles_jni_GLImpl.cpp
core/jni/com_google_android_gles_jni_EGLImpl.cpp

5.3 OpenGL 的 JAVA 和 JNI 代码

Android 的 android.opengl 是一个 OpenGL 相关的包，它主要提供了为 OpenGL 的输出界面。

android.opengl 的代码路径：
opengl/java/android/opengl/

核心的文件：
opengl/java/android/opengl/GLSurfaceView.java

```
public class GLSurfaceView extends SurfaceView
                                implements SurfaceHolder.Callback
```

5.3 OpenGL 的 JAVA 和 JNI 代码

在 Android 的 JAVA 应用中使用 OpenGL 通常需要 javax.microedition.khronos.opengles 类和 android.opengl 包的结合使用。

```
public class XXXActivity extends Activity {
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        mGLSurfaceView = new XXXGlSurfaceView(this);
        setContentView(mGLSurfaceView);
        mGLSurfaceView.requestFocus();
        mGLSurfaceView.setFocusableInTouchMode(true);
    }
    private GLSurfaceView mGLSurfaceView;
}
class XXXGlSurfaceView extends GLSurfaceView {
    private class CubeRenderer implements GLSurfaceView.Renderer {/* ... ...*/}
    /* ... ...*/
}
```

谢谢！