前言：Android的插件化开发经过这么多年的发展，已经比较成熟，也诞生了很多优秀的插件框架，比如VirtualApk、RePlugin、Shadow等。其实所有支持四大组件的插件框架，都在解决一个问题，就是绕过Manifest注册表校验。传统的做法就是通过Hook技术，欺骗Android系统，注册表插桩，让系统认为启动的是插桩的四大组件，实际loadclass插件的类。

Shadow可以说算是另辟蹊径，开源之初，对外宣传的是零Hook，可关键其实源码里是有一处Hook点的，对此官方也解释了，并非必须。那么Shadow是如何"骗"系统的呢？这其实也就是Shadow设计的巧妙之处，后文会进行分析。

关于Shadow在分析前，有几个点我觉得有必要搞清楚：

1、Shadow是跨进程的，插件运行在插件进程，通过Binder机制通信，所以不了解Binder的，建议提前熟悉一下，否则看着会比较绕。

2、Shadow的宿主和业务插件之间还有一层中间层，中间层也是以插件的形式加载，同时可以升级，有较强的灵活性。

3、插件里写一个页面，比如继承自Activity，我们可以正常写，但是在编译期会修改继承关系，将其父类改为ShadowActivity，ShadowActivity实际上不是一个Activity，他持有HostActivity的代理对象，依赖此完成生命周期的回调。

这个操作是靠修改字节码实现的，自定义gradle脚本，通过javassist或者asm都可以实现，不再赘述。

4、我纯属因为感兴趣所有阅读了源码，实际上并没有应用在生产环境，毕竟推进公司框架层面的修改不是那么容易，而且也不一定合适。各位在选择的时候，也要考虑全面，适合自己公司业务的解决方案才是最好的。

思考：

虽然Shadow与传统插件框架的实现方式不同，但有一些基本流程还是一致的。比如插件的下载、安装、更新、卸载。解析插件apk，插件四大组件的信息解析及缓存，插件的ClassLoader、Resource的处理等。

Shadow不一样的点前言已经介绍，所以可以想到，第一次加载业务插件，首先会加载中间层插件。要想代理Activity（ProxyActivity）和插件Activity(PluginActivity)关联，同时ProxyActivity的生命周期方法能调用到PluginActivity，那么ProxyActivity必然会持有PluginActivity实例话对象的引用。PluginActivity里有具体的业务实现，同时需要回调ProxyActivity的生命周期方法，那么PluginActivity也会有一个有此能力的代理对象。

再次强调，PluginActivity并不是一个真实的Activity，不要被Demo里的源码所欺骗，之所以要在编译期修改继承关系，好处就是在开发阶段，我们可以按照一个真实的Activity的写法去开发，剩下的事儿由框架处理；另外插件也是可以独立运行的。

可能放两张图可以表达的更清楚：

```
public class SplashActivity extends Activity {

    private SplashAnimation mSplashAnimation;

    @Override
    protected void onCreate(@Nullable Bundle savedInstanceState) {...}
}
```


下面是我反编译插件apk得到的代码

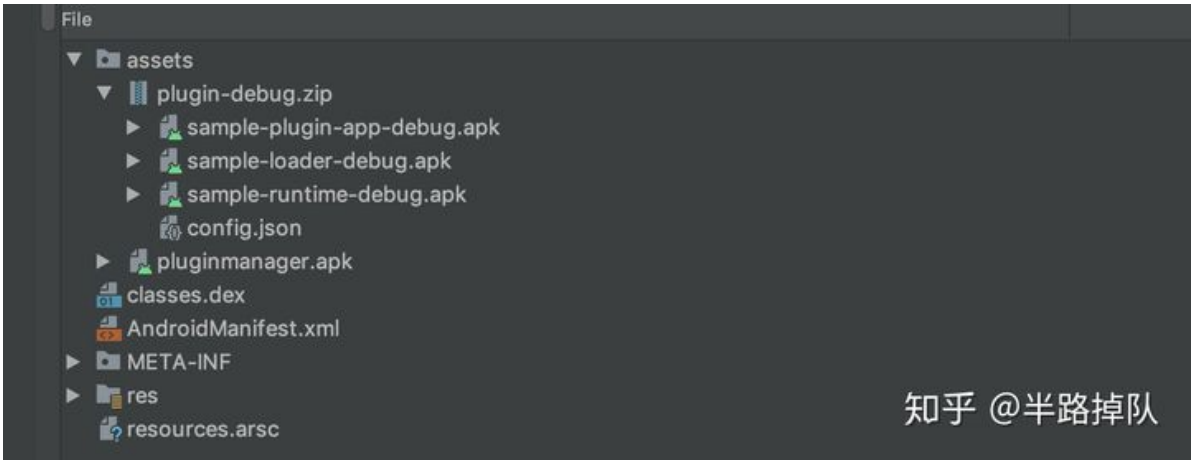
```
public class SplashActivity
  extends ShadowActivity
{
  private SplashAnimation mSplashAnimation;

  protected void onCreate(@Nullable Bundle paramBundle)
  {
    super.onCreate(paramBundle);
    setContentView(R.layout.layout_splash);
    this.mSplashAnimation = new SplashAnimation(this);
    this.mSplashAnimation.start();
```


源码分析:

Shadow源码较多，我们只分析一下插件Activity是如何启动及运行的。

可以先看一下打包出来的apk的结构



我的理解pluginmanager.apk loader.apk runtime.apk是中间层

config.json 是发版信息，主要用于检查更新，其中的uuid即为当前版本的唯一标示

HostApplication的onCreate方法会有一些初始化的工作，主要是把asset目录下的插件复制到指定目录，还有runtime插件的状态恢复，非核心流程，不再详述。

我们直接看启动插件的逻辑，很容易就找到加载插件的缺省页PluginLoadActivity，只有一个startPlugin方法：

```
public void startPlugin() {
        PluginHelper.getInstance().singlePool.execute(new Runnable() {
            @Override
            public void run() {
                // 方法名虽然叫loadPluginManager，实际上并没有真正安装manager插件，
                // 只是将插件路径包装成FixedPathPmUpdater，作为构造函数的参数，创建一个
DynamicPluginManager保存在Application中

HostApplication.getApp().loadPluginManager(PluginHelper.getInstance().pluginMana
gerFile);
                Bundle bundle = new Bundle();
                //插件的安装路径
                bundle.putString(Constant.KEY_PLUGIN_ZIP_PATH,
PluginHelper.getInstance().pluginZipFile.getAbsolutePath());
                //当前值是：sample-plugin-app
                bundle.putString(Constant.KEY_PLUGIN_PART_KEY,
getIntent().getStringExtra(Constant.KEY_PLUGIN_PART_KEY));
                //要启动的插件中的Activity路径
com.tencent.shadow.sample.plugin.app.lib.gallery.splash.SplashActivity
                bundle.putString(Constant.KEY_ACTIVITY_CLASSNAME,
getIntent().getStringExtra(Constant.KEY_ACTIVITY_CLASSNAME));
```

```
                //EnterCallback主要是用于处理插件加载过程中的过度状态
                HostApplication.getApp().getPluginManager()
                        .enter(PluginLoadActivity.this,
Constant.FROM_ID_START_ACTIVITY, bundle, new EnterCallback() {
                            @Override
                            public void onShowLoadingView(final View view) {
                                mHandler.post(new Runnable() {
                                    @Override
                                    public void run() {
                                        mViewGroup.addView(view);
                                    }
                                });
                            }
                            @Override
                            public void onCloseLoadingView() {
                                finish();
                            }
                            @Override
                            public void onEnterComplete() {

                            }
                        });
            }
        });
    }
```

懒的长篇大论，相关逻辑已经写在注释里，会执行到DynamicPluginManager的enter方法：

```
public void enter(Context context, long fromId, Bundle bundle, EnterCallback
callback) {
        if (mLogger.isInfoEnabled()) {
            mLogger.info("enter fromId:" + fromId + " callback:" + callback);
        }
        //动态管理插件的更新逻辑
        updateManagerImpl(context);
        //mManagerImpl的类型是SamplePluginManager
        mManagerImpl.enter(context, fromId, bundle, callback);
        mUpdater.update();
    }
```

mManagerImpl是一个接口，上面的代码其真实实例是SamplePluginManager，updateManagerImpl方法会安装pluginmanager.apk插件，同时通过反射创建一个SamplePluginManager实例，也就是上面的mManagerImpl，同时支持pluginmanager.apk插件的更新逻辑。

所以进入SamplePluginManager的enter->onStartActivity，代码逻辑比较简单，没什么可说的，需要注意一点是会启动一个线程，去加载zip包下的几个插件（runtime、loader、业务插件），而后会调用到其父类FastPluginManager的startPluginActivity方法：

```
public void startPluginActivity(Context context, InstalledPlugin installedPlugin,
String partKey, Intent pluginIntent) throws RemoteException, TimeoutException,
FailedException {
        Intent intent = convertActivityIntent(installedPlugin, partKey,
pluginIntent);
        if (!(context instanceof Activity)) {
            intent.setFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_NEW_TASK);
        }
        //最终启动的是
com.tencent.shadow.sample.plugin.runtime.PluginDefaultProxyActivity
        //PluginDefaultProxyActivity 在宿主manifest中有注册
        context.startActivity(intent);
    }
```

核心流程就在**convertActivityIntent**里，从命名就可以看出来，最终会把我们要启动的插件Activity，映射成一个在Manifest里注册的真实Activity，也就是注释中标注的PluginDefaultProxyActivity。

可以回看一下上文"思考"中的内容，即为Shadow第一次使用插件的主要流程，convertActivityIntent的代码如下：

```
public Intent convertActivityIntent(InstalledPlugin installedPlugin, String
partKey, Intent pluginIntent) throws RemoteException, TimeoutException,
FailedException {
        //这个partKey的真实值是"sample-plugin-app"
        loadPlugin(installedPlugin.UUID, partKey);
        Map map = mPluginLoader.getLoadedPlugin();
        Boolean isCall = (Boolean) map.get(partKey);
        if (isCall == null || !isCall) {
            //其持有的是PluginLoaderBinder的引用
            //这里又是一次跨进程通信
            mPluginLoader.callApplicationOnCreate(partKey);
        }
        return mPluginLoader.convertActivityIntent(pluginIntent);
    }
```

loadPlugin：先安装中间层插件再安装业务插件，当然如果已安装，直接跳过

mPluginLoader：是一个比较关键的变量，具体他是什么初始化的，下面会具体分析

后续的代码执行逻辑可自行看源码，首先会执行loadPluginLoaderAndRuntime方法，这个方法里会初始化插件进程的服务，同时将插件进程的binder对象赋值给mPpsController：

```
private void loadPluginLoaderAndRuntime(String uuid, String partKey) throws
RemoteException, TimeoutException, FailedException {
        if (mPpsController == null) {
            //partKey是启动插件的时候在PluginLoadActivity中赋值
            //getPluginProcessServiceName 获取插件进程服务的名字
            //bindPluginProcessService启动插件进程服务 由此可见，shadow宿主和插件的信息
传递是进程间通信的过程
            bindPluginProcessService(getPluginProcessServiceName(partKey));
            //等待链接超时时间
            waitServiceConnected(10, TimeUnit.SECONDS);
        }
        loadRunTime(uuid);
        loadPluginLoader(uuid);
    }
```

```
......

/**
     * 启动PluginProcessService
     *
     * @param serviceName 注册在宿主中的插件进程管理service完整名字
     */
    public final void bindPluginProcessService(final String serviceName) {
        if (mServiceConnecting.get()) {
            if (mLogger.isInfoEnabled()) {
                mLogger.info("pps service connecting");
            }
            return;
        }
        if (mLogger.isInfoEnabled()) {
            mLogger.info("bindPluginProcessService " + serviceName);
        }

        mConnectCountDownLatch.set(new CountDownLatch(1));

        mServiceConnecting.set(true);

        //CountDownLatch是一个同步工具，协调多个线程之间的同步
        //可以看下这篇文章 https://www.cnblogs.com/Lee_xy_z/p/10470181.html
        final CountDownLatch startBindingLatch = new CountDownLatch(1);
        final boolean[] asyncResult = new boolean[1];
        //从onStartActivity方法可知，当前线程并不是UI线程
        mUiHandler.post(new Runnable() {
            @Override
            public void run() {
                Intent intent = new Intent();
                //serviceName的值是com.tencent.shadow.sample.host.PluginProcessPPS
                intent.setComponent(new ComponentName(mHostContext,
serviceName));
                boolean binding = mHostContext.bindService(intent, new
ServiceConnection() {
                    @Override
                    public void onServiceConnected(ComponentName name, IBinder
service) {//service对应的是PluginProcessService中的mPpsControllerBinder
                        if (mLogger.isInfoEnabled()) {
                            mLogger.info("onServiceConnected
connectCountDownLatch:" + mConnectCountDownLatch);
                        }
                        mServiceConnecting.set(false);
                        mPpsController =
PluginProcessService.wrapBinder(service);
                        try {
                            //跨进程执行PluginProcessService的setUuidManager方法
                            //UuidManagerBinder内部封装了三个方法，可以让插件进程拿到
loader、runtime及指定其他业务插件的相关信息
                            mPpsController.setUuidManager(new
UuidManagerBinder(PluginManagerThatUseDynamicLoader.this));
                        } catch (DeadObjectException e) {
                            if (mLogger.isErrorEnabled()) {
                                mLogger.error("onServiceConnected
RemoteException:" + e);
                            }
```

```
                        } catch (RemoteException e) {
                            if
(e.getClass().getSimpleName().equals("TransactionTooLargeException")) {
                                if (mLogger.isErrorEnabled()) {
                                    mLogger.error("onServiceConnected
TransactionTooLargeException:" + e);
                                }
                            } else {
                                throw new RuntimeException(e);
                            }
                        }
                        try {
                            //第一次拿到的是一个null
                            IBinder iBinder = mPpsController.getPluginLoader();
                            if (iBinder != null) {
                                mPluginLoader = new BinderPluginLoader(iBinder);
                            }
                        } catch (RemoteException ignored) {
                            if (mLogger.isErrorEnabled()) {
                                mLogger.error("onServiceConnected mPpsController
getPluginLoader:", ignored);
                            }
                        }
                        mConnectCountDownLatch.get().countDown();
                        if (mLogger.isInfoEnabled()) {
                            mLogger.info("onServiceConnected countDown:" +
mConnectCountDownLatch);
                        }
                    }
                    @Override
                    public void onServiceDisconnected(ComponentName name) {
                        if (mLogger.isInfoEnabled()) {
                            mLogger.info("onServiceDisconnected");
                        }
                        mServiceConnecting.set(false);
                        mPpsController = null;
                        mPluginLoader = null;
                    }
                }, BIND_AUTO_CREATE);
                asyncResult[0] = binding;
                startBindingLatch.countDown();
            }
        });
        try {
            //当前线程会最多等待10s，startBindingLatch的线程计数为0之前，当前线程会处在中
断状态
            startBindingLatch.await(10, TimeUnit.SECONDS);
            if (!asyncResult[0]) {
                throw new IllegalArgumentException("无法绑定PPS:" + serviceName);
            }
        } catch (InterruptedException e) {
            throw new RuntimeException(e);
        }
    }
```

上文说过，整个流程是运行在子线程，所以启动服务要post到UI线程

后续执行的loadRunTime(uuid);loadPluginLoader(uuid);方法即为启动中间层插件的逻辑，大同小异，只分析loadPluginLoader的执行逻辑，因为要解释关键变量mPluginLoader是怎么来的。

```
public final void loadPluginLoader(String uuid) throws RemoteException,
FailedException {
        if (mLogger.isInfoEnabled()) {
            mLogger.info("loadPluginLoader mPluginLoader:" + mPluginLoader);
        }
        if (mPluginLoader == null) {
            PpsStatus ppsStatus = mPpsController.getPpsStatus();
            if (!ppsStatus.loaderLoaded) {
                //动态加载sample-loader-debug.apk此插件 在插件进程创建了
PluginLoaderBinder的实体
                mPpsController.loadPluginLoader(uuid);
            }
            //拿到PluginLoaderBinder的引用
            IBinder iBinder = mPpsController.getPluginLoader();
            mPluginLoader = new BinderPluginLoader(iBinder);
        }
    }
```

PpsStatus：只是一个状态bean，唯一作用就是保存插件的安装状态

mPpsController：怎么来的上文已经说过，所以他所调用的方法的具体实现，都是插件进程Service里，即PluginProcessService

mPpsController.loadPluginLoader方法，即为安装loader插件，具体不再分析，可以自行查看Shadow源码

PluginProcessService的loadPluginLoader方法调用，有个关键点要注意：

```
void loadPluginLoader(String uuid) throws FailedException {
        ...
        try {
            ...
            //pluginLoader类型：PluginLoaderBinder
            //pluginLoader持有DynamicPluginLoader的对象 封装了一系列插件运行的方法
            PluginLoaderImpl pluginLoader = new
LoaderImplLoader().load(installedApk, uuid, getApplicationContext());
            pluginLoader.setUuidManager(mUuidManager);
            mPluginLoader = pluginLoader;
        } catch (RuntimeException e) {
            ...
        } catch (Exception e) {
            ...
        }
    }
```

上文中提到，第一次启动插件服务的时候mPluginLoader是null，他的初始化就是在这里，反射创建了一个PluginLoaderBinder对象，也就是mPluginLoader。但是真正干活的是其持有的DynamicPluginLoader对象。具体可以看一下com.tencent.shadow.dynamic.loader.impl.LoaderFactoryImpl类

不要忘了这是跨进程的，所以要这样封装，mPluginLoader也是一个binder对象。

再回到FastPluginManager的loadPlugin方法

中间层插件已处理完，那就到了业务插件，会调用mPluginLoader.getLoadedPlugin()，会返回已安装的插件信息，这个方法的具体实现，从上文分析可知，是在DynamicPluginLoader里。如果要加载的插件没有安装，会调用mPluginLoader.loadPlugin(partKey);安装指定插件。

后续的插件安装逻辑直接看源码吧，相信大家都能看懂，会调到ShadowPluginLoader的loadPlugin方法。

再回到**convertActivityIntent**方法

如果插件是第一次启动，那么会调用mPluginLoader.callApplicationOnCreate(partKey);

mPluginLoader是谁已经说了很多次，不再强调。这个方法会初始化插件的contentprovider以及broadcastreceiver

我们直接看mPluginLoader.convertActivityIntent(pluginIntent)，一连串的方法调用连，最终会调用到ComponentManager类的方法:

```
/**
     * 调用前必须先调用isPluginComponent判断Intent确实一个插件内的组件
     */
    private fun Intent.toActivityContainerIntent(): Intent {
        val bundleForPluginLoader = Bundle()
        val pluginComponentInfo = pluginComponentInfoMap[component]!!
        bundleForPluginLoader.putParcelable(CM_ACTIVITY_INFO_KEY,
pluginComponentInfo)
        return toContainerIntent(bundleForPluginLoader)
    }
```

其实很好理解，这里就是将插件Activity映射到我们注册在宿主的Activity，同时将映射关系以及一些必要的数据传递。

在demo里最终映射的Activity是 com.tencent.shadow.sample.plugin.runtime.PluginDefaultProxyActivity

这是一个真实的Activity，可以正常启动。其主要逻辑都在父类PluginContainerActivity中。

先看PluginContainerActivity的初始化方法：

```
    HostActivityDelegate hostActivityDelegate;

    public PluginContainerActivity() {
        HostActivityDelegate delegate;
        DelegateProvider delegateProvider =
DelegateProviderHolder.getDelegateProvider();
        if (delegateProvider != null) {
            delegate =
delegateProvider.getHostActivityDelegate(this.getClass());
            delegate.setDelegator(this);
        } else {
            Log.e(TAG, "PluginContainerActivity: DelegateProviderHolder没有初始
化");
            delegate = null;
        }
        hostActivityDelegate = delegate;
    }
```

hostActivityDelegate：看命名就知道，这是宿主Activity的代理类，我猜应该是给插件Activity使用的，你们觉得呢?

我们来看一下hostActivityDelegate到底是什么：

```
override fun getHostActivityDelegate(aClass: Class<out HostActivityDelegator>):
HostActivityDelegate {
        return ShadowActivityDelegate(this)
    }
```

回到PluginContainerActivity，以onCreate方法为例：

```
 @Override
    final protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        ...
        if (hostActivityDelegate != null) {
            hostActivityDelegate.onCreate(savedInstanceState);
        } else {
            ...
        }
    }
```

这里会调用hostActivityDelegate的onCreate，也就是ShadowActivityDelegate类的onCreate方法:

```
/**
     * com.tencent.shadow.core.loader.delegates.ShadowActivityDelegate
     */
    override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?) {
        ...
        try {
            val aClass = mPluginClassLoader.loadClass(pluginActivityClassName)
            val pluginActivity =
PluginActivity::class.java.cast(aClass.newInstance())
            initPluginActivity(pluginActivity)
            mPluginActivity = pluginActivity

            ...
            pluginActivity.onCreate(pluginSavedInstanceState)
            mPluginActivityCreated = true
        } catch (e: Exception) {
            throw RuntimeException(e)
        }
    }

    private fun initPluginActivity(pluginActivity: PluginActivity) {
        pluginActivity.setHostActivityDelegator(mHostActivityDelegator)
        pluginActivity.setPluginResources(mPluginResources)
        pluginActivity.setHostContextAsBase(mHostActivityDelegator.hostActivity
as Context)
        pluginActivity.setPluginClassLoader(mPluginClassLoader)
        pluginActivity.setPluginComponentLauncher(mComponentManager)
        pluginActivity.setPluginApplication(mPluginApplication)
        pluginActivity.setShadowApplication(mPluginApplication)
        pluginActivity.applicationInfo = mPluginApplication.applicationInfo
        pluginActivity.setBusinessName(mBusinessName)
        pluginActivity.setPluginPartKey(mPartKey)
        pluginActivity.remoteViewCreatorProvider = mRemoteViewCreatorProvider
    }
```

省略掉一些常规代码

val aClass = mPluginClassLoader.loadClass(pluginActivityClassName)

pluginActivityClassName：我们要启动的插件Activity的类路径即为SplashActivity

反射实例化保存在mPluginActivity，用于调用插件Activity的生命周期等系统方法

那么插件Activity要调用super方法，比如onCreate的super方法怎么办呢?

在initPluginActivity方法中会将mHostActivityDelegator 传递给插件activity使用：

pluginActivity.setHostActivityDelegator(mHostActivityDelegator)

本文最开始说过，插件Activity会在编译期修改其继承关系为ShadowActivity，ShadowActivity继承自PluginActivity：

```
public abstract class PluginActivity extends ShadowContext implements
Window.Callback {
    HostActivityDelegator mHostActivityDelegator;

    public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        mHostActivityDelegator.superOnCreate(savedInstanceState);
    }
}
```

宿主调用插件onCrate方法，插件会通过mHostActivityDelegator回调到宿主的super，即mHostActivityDelegator.superOnCreate(savedInstanceState);

```
public void superOnCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
    }
```

到这整个流程就跑通了。