# Todo

dji.json 网络配置

com.android.provision/com.android.provision.DefaultActivity 为何home会被调起？

C:\Users\key.guan\Desktop\20172300.log ANR剖析

C:\Users\key.guan\Desktop\anr\_log.log

Chaechrevorey:MISUC 为何不会擦除，LAST\_LOG

Ps等Android命令研究

if (mSystemPropertyUpdater == null) {

mSystemPropertyUpdater = new Runnable() {

@Override public void run() {

synchronized (mLock) {

for (int i = mRoots.size() - 1; i >= 0; --i) {

mRoots.get(i).loadSystemProperties();

}

}

}

};

SystemProperties.addChangeCallback(mSystemPropertyUpdater);

}

* [https://blog.csdn.net/s278777851/article/details/6956226](javascript:%20void%200)



* 17:05

[https://github.com/KoVszone/GamePad](javascript:%20void%200)

* 17:24

[http://www.technorange.com/2017/01/how-to-map-gamepad-or-joystick-on-android-to-play-games-using-usb-bt-joycenter/](javascript:%20void%200)

* 18:11

[https://blog.csdn.net/AWNUXCVBN/article/details/12285761](javascript:%20void%200)

* 20:26

[https://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/6882903](javascript:%20void%200)

# JNI层

## JNI的架构和实现方式

# 栈管理

我们知道,a ctivity 在 AMS 中的形式是 ActivityRecord,task 在 AMS 中的形式为TaskRecord,进程在 AMS 中的管理形式为 ProcessRecord。

**Android系统界面用户体验组织（TASKS），**，用户体验到的直观界面都是由很多Tasks组成的。比如，我们从最近任务栏，就可以看到很多TASKS。用户可以随意的切换到其中的一个TASK。也可以按HOME键退出一个TASK。TASK的组织形式是ActivityStack，一个ActivityStack是由好多Activity组成的堆栈。从Android系统设计者的角度来看，一个Task定义了一组行为，而这组行为是由跨多个应用程序的多个Activity组织而构成的。这个打破了以往由应用程序（进程）来定义的资源边界。一个Task就是一个场景的实现。从此构建系统用户体验和行为的边界在于TASK，而非应用程序或者进程。

## 概念

### Task

Task 是activities的集合，通过activity stack来管理，依靠先进后出队列来实现;每个task中都至少有一个activity，新实例出来的activity置于栈顶，Task可以被切换到后台

### Activity Stack

如上所诉，Activity承担了大量的显示和交互工作，从某种角度上将，我们看见的应用程序就是许多个Activity的组合。为了让这许多 Activity协同工作而不至于产生混乱，Android平台设计了一种堆栈机制用于管理Activity，其遵循先进后出的原则，系统总是显示位于栈顶的Activity，从逻辑上将，位于栈顶的Activity也就是最后打开的Activity，这也是符合逻辑的。

在操作应用程序时，每次启动新的Activity，都会将此压入Activity Stack，当用户执行返回操作时，移除Activity Stack顶上的Activity，这样就实现了返回上一个Activty的功能。直到用户一直返回到Home Screen，这时候可以理解为移除了Activity Stack所有的Activity，这个Activity Stack不再存在，应用程序也结束了运行。

可以通过 adb shell dumpsys 查看 TASKS的ActivityStacks

### task的taskAffinity

 任务归属，taskAffinity 这个属性主要是决定持有每个activity属于哪个task。 默认情况下，同一个包中的activity共享同一个affinity（任务共用性）。

### **task的launchMode**

 standard(default)：standard，标准的Activity是可以随意插入到TASK中去的一个组织结构，可以去TaskA，也可以去TaskB，也可以去TaskC，直接并无任何的联系

 singleTop，如果在任务的栈顶正好存在该Activity的实例，就重用该实例，否则就创建新的实例并放入栈顶。

 singleTask，如果在栈中已经有该Activity的实例，就重用该实例(会调用实例的onNewIntent())。重用时，会让该实例回到栈顶，因此在它上面的实例将会被移除栈。如果栈中不存在该实例，将会创建新的实例放入栈中。

 singleInstance

## 源码分析

### 主要涉及4个类

**1) ActivityRecord：activity记录的基本数据结构，**存在历史栈的一个实例，代表一个Activity。

**2) TaskRecord：**Activity栈，内部维护一个ArrayList<ActivityRecord>

**3) ActivityStack：**并不是一个Activity栈，真正意义上的Activity栈是TaskRecord，这个类是负责管理各个Activity栈，内部维护一个ArrayList<TaskRecord>

**4) ActivityStackSupervisor：**内部持有一个ActivityStack，而ActivityStack内部也持有ActivityStackSupervisor，相当于ActivityStack的辅助管理类

#### **ActivityRecord**

/frameworks/base/services/core/java/com/android/server/am/ActivityRecord.java

**void** **[dump](http://androidxref.com/5.1.0_r1/s?refs=dump&project=frameworks)**([PrintWriter](http://androidxref.com/5.1.0_r1/s?defs=PrintWriter&project=frameworks) **[pw](http://androidxref.com/5.1.0_r1/s?refs=pw&project=frameworks)**, [String](http://androidxref.com/5.1.0_r1/s?defs=String&project=frameworks) **[prefix](http://androidxref.com/5.1.0_r1/s?refs=prefix&project=frameworks)**) 定义的方法用于dumpsys activity对于2.2.1.1. ActivityRecord的打印，

final class ActivityRecord {

TaskRecord **task**; // the task this is in.

final IApplicationToken.Stub appToken;

final int userId;

int theme;

int launchMode;

...

}

成员变量task表示自己所在的TaskRecord，这样要找到自己所在的TaskRecord就不必遍历查找了。

#### TaskRecord

final class TaskRecord {

/\*\* List of all activities in the task arranged in history order \*/

final ArrayList<ActivityRecord> mActivities;

/\*\* Current stack \*/

ActivityStack stack;

}

同样的道理，成员变量stack表示自己所在的ActivityStack

#### ActivityStack

final class ActivityStack {

private ArrayList<TaskRecord> **mTaskHistory** = new ArrayList<>();

/\*\* Run all ActivityStacks through this \*/

final ActivityStackSupervisor mStackSupervisor;

ActivityStack(ActivityStackSupervisor.ActivityContainer activityContainer, RecentTasks recentTasks) {

mStackSupervisor = activityContainer.getOuter();

...

}

}

#### ActivityStackSupervisor

public final class ActivityStackSupervisor {

private ActivityStack mFocusedStack;

}

### 场景分析

#### 二、场景解析

##### 1、从桌面第一次启动App

startActivityLocked里构造一个ActivityRecord  
新建一个TaskRecord，并存入mTaskHistory  
ActivityRecord存入mActivities



final int startActivityUncheckedLocked(...) {

final int startActivityUncheckedLocked(...) {

if (reuseTask == null) {

r.setTask(targetStack.createTaskRecord(...);

...

targetStack.startActivityLocked(r, newTask, doResume, keepCurTransition, options);

...

}

}

1) TaskRecord存入mTaskHistory

TaskRecord createTaskRecord(int taskId, ActivityInfo info, Intent intent,

IVoiceInteractionSession voiceSession, IVoiceInteractor voiceInteractor,

boolean toTop) {

TaskRecord task = new TaskRecord(mService, taskId, info, intent, voiceSession,

voiceInteractor);

addTask(task, toTop, false);

return task;

}

void addTask(final TaskRecord task, final boolean toTop, boolean moving) {

task.stack = this;

if (toTop) {

insertTaskAtTop(task, null);

} else {

mTaskHistory.add(0, task);

updateTaskMovement(task, false);

}

...

}

private void insertTaskAtTop(TaskRecord task, ActivityRecord newActivity) {

...

mTaskHistory.add(taskNdx, task);

updateTaskMovement(task, true);

}

2) ActivityRecord存入mActivities



final void startActivityLocked(ActivityRecord r, boolean newTask, ...) {

...

task = mTaskHistory.get(taskNdx);

...

task.addActivityToTop(r);

}

void addActivityToTop(ActivityRecord r) {

addActivityAtIndex(mActivities.size(), r);

}

void addActivityAtIndex(int index, ActivityRecord r) {

...

mActivities.add(index, r);

...

}

##### 2、App启动一个Activity

会不会新建一个TaskRecord取决于launchMode，默认的standard模式不会创建新的TaskRecord  
构造一个ActivityRecord存入mActivities，与上面第二步一样

##### 3、回退



/\*\* @return true if this was the last activity in the task \*/

boolean removeActivity(ActivityRecord r) {

mActivities.remove(r);

...

if (mActivities.isEmpty()) {

return !mReuseTask;

}

...

return false;

}

#### 4、再次回退，回到桌面

从mActivities移除当前ActivityRecord与上面一样，只是当mActivities为空时，会触发mTaskHistory移除当前TaskRecord，如果mTaskHistory为空，则切换到桌面，给mStackSupervisor.mFocusedStack重新赋值

private void removeActivityFromHistoryLocked(ActivityRecord r, String reason) {

...

final TaskRecord task = r.task;

if (task != null && task.removeActivity(r)) {

if (mStackSupervisor.isFrontStack(this) && task == topTask() &&

task.isOverHomeStack()) {

mStackSupervisor.moveHomeStackTaskToTop(task.getTaskToReturnTo(), reason);

}

removeTask(task, reason);

}

}

void removeTask(TaskRecord task, String reason, boolean notMoving) {

...

mTaskHistory.remove(task);

...

if (mTaskHistory.isEmpty()) {

final boolean notHomeStack = !isHomeStack();

if (isOnHomeDisplay()) {

String myReason = reason + " leftTaskHistoryEmpty";

if (mFullscreen || !adjustFocusToNextVisibleStackLocked(null, myReason)) {

mStackSupervisor.moveHomeStack(notHomeStack, myReason);

}

}

...

}

...

task.stack = null;

}

如果不是从Activity调用startActivity，那么目标Activity就不知道自己该属于哪个TaskRecord，所以得指定FLAG\_ACTIVITY\_NEW\_TASK，就会新建一个TaskRecord

作者：风风风筝  
链接：http://www.jianshu.com/p/dbea4645cbc7  
來源：简书  
著作权归作者所有。商业转载请联系作者获得授权，非商业转载请注明出处。

## REF

[Activity（三）栈管理](http://www.jianshu.com/p/dbea4645cbc7)

# startService的原理分析

http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/6677029

# apk安装过程/PMS

## 概述

众所周知，Android应用最终是打包成.apk格式（其实就是一个压缩包），然后安装至手机并运行的。**APK即Android Pac**k**age的缩写。**

Android系统在启动的过程中，会启动一个应用程序管理服务PackageManagerService，这个服务负责扫描系统中特定的目录，找到里面的应用程序文件，即以Apk为后缀的文件，然后对这些文件进解析，得到应用程序的相关信息，完成应用程序的安装过程。

**应用程序管理服务PackageManagerService安装应用程序的过程，其实就是解析析应用程序配置文件AndroidManifest.xml的过程，并从里面得到得到应用程序的相关信息，例如得到应用程序的组件Activity、Service、Broadcast Receiver和Content Provider等信息，有了这些信息后，通过ActivityManagerService这个服务，我们就可以在系统中正常地使用这些应用程序了**。

### 四种安装方式

一般而言，Android应用安装有如下四种方式：

* 系统应用安装：开机时加载指定系统路径下的APK，没有安装界面；
* 原生maket安装：通过各种market应用完成，没有安装界面；
* ADB工具安装：即通过Android的SDK开发tools里面的adb.exe程序安装，没有安装界面；
* 第三方应用安装：比如第三方market、文件浏览器（通过SD卡里的APK文件安装(比如双击APK文件触发)）、app自升级。有安装界面，系统默认已经安装了一个安装卸载应用的程序，即由packageinstaller.apk应用处理安装及卸载过程的界面。

安装过程：复制APK安装包到data/app目录下，解压并扫描安装包，把dex文件(Dalvik字节码)保存到**dalvik-cache**目录，并data/data目录下创建对应的应用数据目录。

卸载过程：删除安装过程中在上述三个目录下创建的文件及目录。

### 应用安装涉及到的目录

/system/app ：系统自带的应用程序，获得adb root权限才能删除

/data/app ：用户程序安装的目录。安装时把apk文件复制到此目录

/data/data ：存放应用程序的数据

/data/dalvik-cache：将apk中的dex文件安装到dalvik-cache目录下(dex文件是dalvik虚拟机的可执行文件,当然，ART–Android Runtime的可执行文件格式为oat，启用ART时，系统会执行dex文件转换至oat文件)

/data/system/packages.xml：通过它可以看到系统安装的所有软件包，以及软件包的信息.类似于Windows**的注册表**，这个文件是在解析apk时由writeLP()创建的，里面记录了系统的permissions，以及每个apk的name,codePath,flags,ts,version,uesrid等信息，这些信息主要通apk的AndroidManifest.xml解析获取，解析完apk后将更新信息写入这个文件并保存到flash，下次开机直接从里面读取相关信息添加到内存相关列表中。当有apk升级，安装或删除时会更新这个文件。

记录系统中所有已经安装的应用信息，包括基本信息，签名和权限。

/system/etc/permissions/

### 安装概述

* 拷贝apk文件到指定目录

在Android系统中，apk安装文件是会被保存起来的，默认情况下，用户安装的apk首先会被拷贝到 /data/app 目录下。/data/app目录是用户有权限访问的目录，在安装apk的时候会自动选择该目录存放用户安装的文件，而系统出厂的apk文件则被放到了 /system 分区下,包括 /system/app，/system/vendor/app，以及 /system/priv-app 等等，该分区只有Root权限的用户才能访问，这也就是为什么在**没有Root手机之前，我们无法删除系统出厂的app的原因了。**

|  |
| --- |
| **root@csb:/data # ls -al | grep app**  **drwxrwx--x system system 2017-09-16 09:38 app** |

* 解压apk，拷贝文件，创建应用的数据目录

为了加快app的启动速度，apk在安装的时候，会首先将app的可执行文件（dex）拷贝到 /data/dalvik-cache 目录，缓存起来。然后，在/data/data/目录下创建应用程序的数据目录（以应用的包名命名），存放应用的相关数据，如数据库、xml文件、cache、二进制的so动态库等等。

* 解析apk的AndroidManifinest.xml文件

Android系统中，也有一个类似注册表的东西，用来记录当前所有安装的应用的基本信息，每次系统安装或者卸载了任何apk文件，都会更新这个文件。这个文件位于如下目录：/data/system/packages.xml。系统在安装apk的过程中，会解析apk的AndroidManifinest.xml文件，提取出这个apk的重要信息写入到packages.xml文件中，这些信息包括：权限、应用包名、APK的安装位置、版本、userID等等。

由此，我们就知道了为啥一些**应用市场**和软件管理类的app能够很清楚地知道当前手机所安装的所有的app，以及这些**app的详细信息**了。

另外一件事就是Linux的用户Id和用户组Id，以便他可以获得合适的运行权限。以上这些都是由PackageServiceManager完成的，下面我们会重点介绍PackageServiceManager。

* 显示快捷方式

这些应用程序只是相当于在PackageManagerService服务注册好了，如果我们想要在Android桌面上看到这些应用程序，还需要有一个Home应用程序，负责从PackageManagerService服务中把这些安装好的应用程序取出来，并以友好的方式在桌面上展现出来，例如以快捷图标的形式。在Android系统中，负责把系统中已经安装的应用程序在桌面中展现出来的Home应用程序就是Launcher了

## 安装调用概述PMS

应用程序管理服务PackageManagerService是系统启动的时候由SystemServer组件启动的，启后它就会执行应用程序安装的过程.

### 系统应用安装方式



**1.PackageManagerService.main()初始化注册**

将PackageManagerService服务初始化并注册到ServiceManager里面进行管理。

**2.建立java层的installer与c层的installd的socket联接**

建立Java层的installer与c层的installd的socket联接，使得在上层的install,remove,dexopt等功能最终由installd在底层实现；

**3.建立PackageHandler消息循环**

建立PackageHandler消息循环，用于处理外部的apk安装请求消息，如adb install,packageinstaller安装apk时会发送消息；

典型的比如INIT\_COPY和MCS\_BOUND等，在通过网络下载时候会调用。

**4. 成员变量readLp（）恢复上一次的安装信息**

由于Android每次启动的时候都需要安装一次信息，但是有些信息是保持不变的，例如Linux用户组Id，PackageManagerService 每次安装程序之后，都会把这些程序的信息保存下来，以便下次使用， 恢复上一次程序的安装信息是通过PackageManagerService 的成员变量mSetting的readLP()来实现的，恢复信息之后就开始扫描和安装app了。

检查/data/system/packages.xml是否存在，这个文件是在解析apk时由writeLP()创建的，里面记录了系统的permissions，以及每个apk的name,codePath,flags,ts,version,uesrid等信息，这些信息主要通过apk的AndroidManifest.xml解析获取，解析完apk后将更新信息写入这个文件并保存到flash，下次开机直接从里面读取相关信息添加到内存相关列表中。当有apk升级，安装或删除时会更新这个文件。

**5.jar的detopt优化**

检查**BootClassPath，mSharedLibraries**及/system/framework下的jar是否需要dexopt，需要的则通过dexopt进行优化；

**6.scanDirLI函数扫描特定目录的apk文件解析**

启动AppDirObserver线程监测**/system/framework,/system/app,/data/app,/data/app-privat**e目录的事件,主要监听add和remove事件。对于目录监听底层通过inotify机制实现，inotify 是一种文件系统的变化通知机制，如文件增加、删除等事件可以立刻让用户态得知,它为用户态监视文件系统的变化提供了强大的支持。当有add event时调用scanPackageLI(File , int , int)处理；当有remove event时调用removePackageLI()处理;

调用installer.install()进行安装工作,检查apk里的dex文件是否需要再优化,如果需要优化则通过辅助工具dexopt进行优化处理；将解析出的componet添加到pkg的对应列表里；对apk进行签名和证书校验,进行完整性验证。



**7.updatePermmisonLp函数分配权限**

这个函数为申请了特定资源访问权限的app，分配相应的用户组ID.

**8.writeLP()函数保存安装信息**

mSetting的writeLP（）将所获得应用程序的安装信息，保存在一个本地的配置文件中。以便下次安装的时候，将应用的信息回复过来。

### 网络下载应用安装



### cmd工具安装

包含pm(AS编译就是用的这个)和adb install（程序安装）

$ adb push \app\build\outputs\apk\app-debug.apk /data/local/tmp/system.launcher

$ adb shell pm install -r "/data/local/tmp/system.launcher"

pkg: /data/local/tmp/system.launcher

Failure [INSTALL\_FAILED\_VERSION\_DOWNGRADE]

$ adb shell pm uninstall dji.system.launcher

DELETE\_FAILED\_INTERNAL\_ERROR

Error while Installing APK

其入口函数源文件为pm.java

(源文件路径：android\frameworks\base\cmds\pm\src\com\android\commands\pm\pm.java)

其中\system\framework\pm.jar 包管理库

包管理脚本 \system\bin\pm 解析

showUsage就是使用方法

|  |
| --- |
| private static void showUsage() {  System.err.println("usage: pm [list|path|install|uninstall]");  System.err.println(" pm list packages [-f]");  System.err.println(" pm list permission-groups");  System.err.println(" pm list permissions [-g] [-f] [-d] [-u] [GROUP]");  System.err.println(" pm list instrumentation [-f] [TARGET-PACKAGE]");  System.err.println(" pm list features");  System.err.println(" pm path PACKAGE");  System.err.println(" pm install [-l] [-r] [-t] [-i INSTALLER\_PACKAGE\_NAME] [-s] [-f] PATH");  System.err.println(" pm uninstall [-k] PACKAGE");  System.err.println(" pm enable PACKAGE\_OR\_COMPONENT");  System.err.println(" pm disable PACKAGE\_OR\_COMPONENT");  System.err.println(" pm setInstallLocation [0/auto] [1/internal] [2/external]");  \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*省略\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*  } |

安装时候会调用 runInstall（）方法

private void runInstall() {

int installFlags = 0;

String installerPackageName = null;

String opt;

while ((opt=nextOption()) != null) {

if (opt.equals("-l")) {

installFlags |= PackageManager.INSTALL\_FORWARD\_LOCK;

} else **if (opt.equals("-r")) {**

**installFlags |= PackageManager.INSTALL\_REPLACE\_EXISTING;**

} else if (opt.equals("-i")) {

installerPackageName = nextOptionData();

if (installerPackageName == null) {

System.err.println("Error: no value specified for -i");

showUsage();

return;

}

} else if (opt.equals("-t")) {

installFlags |= PackageManager.INSTALL\_ALLOW\_TEST;

} else if (opt.equals("-s")) {

// Override if -s option is specified.

installFlags |= PackageManager.INSTALL\_EXTERNAL;

} else if (opt.equals("-f")) {

// Override if -s option is specified.

installFlags |= PackageManager.INSTALL\_INTERNAL;

} else {

System.err.println("Error: Unknown option: " + opt);

showUsage();

return;

}

}

String apkFilePath = nextArg();

System.err.println("\tpkg: " + apkFilePath);

if (apkFilePath == null) {

System.err.println("Error: no package specified");

showUsage();

return;

}

PackageInstallObserver obs = new PackageInstallObserver();

try {

mPm.installPackage(Uri.fromFile(new File(apkFilePath)), obs, installFlags,

installerPackageName);

synchronized (obs) {

while (!obs.finished) {

try {

obs.wait();

} catch (InterruptedException e) {

}

}

if (obs.result == PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED) {

System.out.println("Success");

} else {

System.err.println("Failure ["

+ installFailureToString(obs.result)

+ "]");

}

}

} catch (RemoteException e) {

System.err.println(e.toString());

System.err.println(PM\_NOT\_RUNNING\_ERR);

}

}

其中的 因为有

mPm = IpackageManager.Stub.asInterface(ServiceManager.getService("package"));

Stub是接口IPackageManage的静态抽象类，asInterface是返回IPackageManager代理的静态方法。因为class PackageManagerService extends IPackageManager.Stub所以mPm.installPackage 调用

/\* Called when a downloaded package installation has been confirmed by the user \*/

public void installPackage(

final Uri packageURI, final IPackageInstallObserver observer, final int flags,final String installerPackageName)

这样就是从网络下载安装的入口了。



### 第三方应用安装



## 源码分析

### 配置文件package.xml

/data/system/packages.xml通过它可以看到系统安装的所有软件包，以及软件包的信息

系统自带的软件能升级吗（即安装在系统分区system中的包，如电话，短信），可以升级，如果升级/system/app目录中的包，PackageManagerServer.java对此情况进行处理，被升级的包出现package.xml的**updated-package**字段中，新的包信息会写在package字段中，卸载新包后，原包会恢复到package字段中。启动时新的包会优先地被启动

|  |
| --- |
| **<updated-package** name="com.android.providers.settings" codePath="/system/priv-app/SettingsProvider" ft="15e3b5e10b0" it="15e2e387ad8" ut="15e3b5e10b0" version="22" nativeLibraryPath="/system/priv-app/SettingsProvider/lib" primaryCpuAbi="armeabi-v7a" sharedUserId="1000">  <perms />  **</updated-package>** |

### PMS启动过程

在SystemServer的startBootstrapServices方法中获得启动pms，通过pms的main方法获得其实例。

[/frameworks/base/services/core/java/com/android/server/pm/PackageManagerService.java]

**[java]** [view plain](http://blog.csdn.net/lgglkk/article/details/54579396) [copy](http://blog.csdn.net/lgglkk/article/details/54579396)

[print?](http://blog.csdn.net/lgglkk/article/details/54579396)

1. **public** **static** PackageManagerService main(Context context, Installer installer,
2. **boolean** factoryTest, **boolean** onlyCore) {
3. PackageManagerService m = **new** PackageManagerService(context, installer, factoryTest, onlyCore);
4. ServiceManager.addService("package", m);
5. **return** m;
6. }

Main方法比较简单，就是实例化了一个pms对象，然后将服务对象注册到ServiceManager中，服务名字为”package”，通过命令adb shell service list列出系统所有注册服务中，可以找到package服务。

C:\Users\key.guan>adb shell service list | findstr package

80 package: [android.content.pm.IPackageManager]

注意：pms比ams晚启动，但比ams提前SystemReady。pms的启动到ready的大致流程如（图1）所示。



Android系统在启动的过程中，启动一个应用程序管理服务PackageManagerService负责扫描系统中特定的目录，找到里面的应用程序文件，即以Apk为后缀的文件，然后对这些文件进解析，得到应用程序的相关信息。

应用程序管理服务PackageManagerService安装应用程序的过程，其实就是解析析应用程序配置文件AndroidManifest.xml的过程，并从里面得到得到应用程序的相关信息，例如得到应用程序的组件Activity、Service、Broadcast Receiver和Content Provider等信息，有了这些信息后，通过ActivityManagerService这个服务，我们就可以在系统中正常地使用这些应用程序了。

### PackageManagerService构造方法 ①

[/frameworks/base/services/core/java/com/android/server/pm/PackageManagerService.java]

1. **public** PackageManagerService(Context context, Installer installer, **boolean** factoryTest, **boolean** onlyCore) {
2. EventLog.writeEvent(EventLogTags.BOOT\_PROGRESS\_PMS\_START, SystemClock.uptimeMillis());
3. mContext = context;
4. mFactoryTest = factoryTest;
5. mOnlyCore = onlyCore;
6. mLazyDexOpt = "eng".equals(SystemProperties.get("ro.build.type"));
7. mMetrics = **new** DisplayMetrics();
8. mSettings = **new** Settings(mPackages);
9. mSettings.addSharedUserLPw("android.uid.system", Process.SYSTEM\_UID,
10. ApplicationInfo.FLAG\_SYSTEM, ApplicationInfo.PRIVATE\_FLAG\_PRIVILEGED);
11. mSettings.addSharedUserLPw("android.uid.phone", RADIO\_UID,
12. ApplicationInfo.FLAG\_SYSTEM, ApplicationInfo.PRIVATE\_FLAG\_PRIVILEGED);
13. mSettings.addSharedUserLPw("android.uid.log", LOG\_UID,
14. ApplicationInfo.FLAG\_SYSTEM, ApplicationInfo.PRIVATE\_FLAG\_PRIVILEGED);
15. mSettings.addSharedUserLPw("android.uid.nfc", NFC\_UID,
16. ApplicationInfo.FLAG\_SYSTEM, ApplicationInfo.PRIVATE\_FLAG\_PRIVILEGED);
17. mSettings.addSharedUserLPw("android.uid.bluetooth", BLUETOOTH\_UID,
18. ApplicationInfo.FLAG\_SYSTEM, ApplicationInfo.PRIVATE\_FLAG\_PRIVILEGED);
19. mSettings.addSharedUserLPw("android.uid.shell", SHELL\_UID,
20. ApplicationInfo.FLAG\_SYSTEM, ApplicationInfo.PRIVATE\_FLAG\_PRIVILEGED);

构造方法内部首先获得一个系统级上下文mContext，并在实例化mSettings后，添加system, radio, log, nfc, bluetooth, shell  6种SharedUserSettings到mSettings。

Settings这个类包含所有安装后的apk信息，里面保存了一个mPackages映射表，根据apk包名映射对应的apk包信息，比如permissions权限信息 ，name, codePath, mSharedLibraries, restrictions, userid, version等等，这些信息将保存到一个名为 packages的XML文件中，pms服务启动时，如果packages.xml文件存在，那么会先读里面的内容初始化Settings实例，随后packages.xml文件里面的内容会随着apk安装信息的更新而更新。

Settings类结构如图（2）所示



#### ****Settings的构造方法****

Settings类的构造方法如下，主要创建data/system目录下的多个配置文件，例如packages.xml。

[/frameworks/base/services/core/java/com/android/server/pm/Settings.java]

1. Settings(Context context) {
2. **this**(context, Environment.getDataDirectory());
3. }
5. Settings(Context context, File dataDir) {
6. mSystemDir = **new** File(dataDir, "system");
7. mSystemDir.mkdirs();
8. FileUtils.setPermissions(mSystemDir.toString(),
9. FileUtils.S\_IRWXU|FileUtils.S\_IRWXG
10. |FileUtils.S\_IROTH|FileUtils.S\_IXOTH,
11. -1, -1);
12. mSettingsFilename = **new** File(mSystemDir, "packages.xml");
13. mBackupSettingsFilename = **new** File(mSystemDir, "packages-backup.xml");
14. mPackageListFilename = **new** File(mSystemDir, "packages.list");
15. FileUtils.setPermissions(mPackageListFilename, 0640, SYSTEM\_UID, PACKAGE\_INFO\_GID);
17. // Deprecated: Needed for migration
18. mStoppedPackagesFilename = **new** File(mSystemDir, "packages-stopped.xml");
19. mBackupStoppedPackagesFilename = **new** File(mSystemDir, "packages-stopped-backup.xml");
20. }

//创建data/system目录

//创建data/system/packages.xml文件

//创建data/system/pacakges-backup.xml文件

//创建data/system/packages.list文件

//创建data/system/packages-stopped.xml文件

//创建data/system/packages-stopped-backup.xml文件

#### ****创建并添加SharedUserSetting****

 Settings实例化后，调用Settings的addSharedUserLPw方法添加6个系统的sharedUser，保存在Settings的mSharedUsers数组中。下图是SharedUserSettings的类结构，其中SettingBase是SharedUserSetting的基类，基类中包含pkgFlags/pkgPrivateFlags/PermissionsState，另外SettingBase也是PackageSetting的基类。



### ****实例化SystemConfig并获得gids, systempermissions, features****

## 版本控制原理

pm install

## 错误码分析

### INSTALL FAILED CONFLICTING PROVIDER

#### 问题原因

在Android中authority要求必须是唯一的：不同applicationId&&同authority报错，同一个applicationId&&不同authority不会报错。

比如你在定义一个provider时需要为它指定一个唯一的authority。如果你在安装一个带有provider的应用时，系统会检查当前已安装应用的authority是否和你要安装应用的authority相同，如果相同则会弹出上述警告，并且安装失败。

比如2个应用都是fileprovider，**com.facebook.app.FacebookContentProvider**

<provider

android:name="android.support.v4.content.FileProvider"

android:authorities="fileprovider"

android:grantUriPermissions="true"

android:exported="false">

<meta-data

android:name="android.support.FILE\_PROVIDER\_PATHS"

android:resource="@xml/file\_paths" />

</provider>

<**provider  
 android:name="com.facebook.FacebookContentProvider"  
 android:authorities="com.facebook.app.FacebookContentProvider"  
 android:exported="true"  
 tools:replace="android:authorities"** />

Log查看

|  |
| --- |
| 09-17 11:01:20.288 W/PackageManager( 488): Package couldn't be installed in /data/app/kapp4.v4-2  09-17 11:01:20.288 W/PackageManager( 488): com.android.server.pm.PackageManagerException: Can't install because provider name com.facebook.app.FacebookContentProvider111111111（in kapp4.v4) is already used by kapp3  09-17 11:01:20.288 W/PackageManager( 488): at com.android.server.pm.PackageManagerService.scanPackageDirtyLI(PackageManagerService.java:5872)  09-17 11:01:20.288 W/PackageManager( 488): at com.android.server.pm.PackageManagerService.scanPackageLI(PackageManagerService.java:5564)  09-17 11:01:20.288 W/PackageManager( 488): at com.android.server.pm.PackageManagerService.replaceSystemPackageLI(PackageManagerService.java:10755)  09-17 11:01:20.288 W/PackageManager( 488): at com.android.server.pm.PackageManagerService.replacePackageLI(PackageManagerService.java:10581)  09-17 11:01:20.288 W/PackageManager( 488): at com.android.server.pm.PackageManagerService.installPackageLI(PackageManagerService.java:11045)  09-17 11:01:20.288 W/PackageManager( 488): at com.android.server.pm.PackageManagerService.access$2700(PackageManagerService.java:249)  09-17 11:01:20.288 W/PackageManager( 488): at com.android.server.pm.PackageManagerService$7.run(PackageManagerService.java:8953) |

#### 解决方案

在定义provider是，使用软编码的形式，如下：

<provider

android:name="android.support.v4.content.FileProvider"

android:authorities="${applicationId}.fileprovider"

android:grantUriPermissions="true"

android:exported="false">

<meta-data

android:name="android.support.FILE\_PROVIDER\_PATHS"

android:resource="@xml/file\_paths" />

</provider>

上述代码中通过${applicationId}.fileprovider的形式来指定provider的authorities，所以该provider的authorities会根据applicationId的不同而不同，从而避免了authorities的冲突问题。

<**provider  
 android:name="com.facebook.FacebookContentProvider"  
 android:authorities="com.facebook.app.FacebookContentProvider${facebookId}"  
 android:exported="true"  
 tools:replace="android:authorities"** />

INSTALL\_FAILED\_CONFLICTING\_PROVIDER问题完美解决方案 <http://www.jianshu.com/p/ad8c066e9166>

#### 错误方法

删除了phone.debug.go也没用？

-d有无也没有用

cnt=1000 可用？

pm list packages | grep dji.go.v4 none

root@cs500c:/system/priv-app/DJI-GO4 # ls -al

-rw-r--r-- root root 135979984 2017-09-15 09:59 DJI-GO4.apk

<package name="dji.go.v4" codePath="/system/priv-app/DJI-GO4" version="25701"

clear data reboot 恢复称为cs版本

C:\Users\key.guan\DJI-Launcher\DJI-Launcher.apk: 1 file pushed. 3.5 MB/s (17748532 bytes in 4.824s)

#### 源码分析

1. **if** ((scanFlags & SCAN\_NEW\_INSTALL) != 0) {
2. **for** (**int** i=0; i<pkg.providers.size(); i++) {
3. PackageParser.Provider p = pkg.providers.get(i);
4. **if** (p.info.authority != **null**) {
5. String names[] = p.info.authority.split(";");
6. **for** (**int** j = 0; j < names.length; j++) {
7. if (mProvidersByAuthority.containsKey(names[j])) {
8. PackageParser.Provider other = mProvidersByAuthority.get(names[j]);
9. **final** String otherPackageName = ((other != **null** && other.getComponentName()
10. != **null**) ? other.getComponentName().getPackageName() : "?");
11. **throw** **new** PackageManagerException(**INSTALL\_FAILED\_CONFLICTING\_PROVIDER**,
12. "Can't install because provider name " + names[j] +
13. " (in package " + pkg.applicationInfo.packageName
14. + ") is already used by " + otherPackageName);
15. }
16. }
17. }
18. }
19. }

### INSTALL\_FAILED\_DEXOPT

#### 问题描述

>adb pull /system/priv-app/A/A.apk

>adb install -r A.apk

Failure [INSTALL\_FAILED\_DEXOPT]

|  |
| --- |
| 11-23 13:14:58.054 514-552/system\_process I/ActivityManagerService: Start proc 1362:com.android.defcontainer/u0a2 for service com.android.defcontainer/.DefaultContainerService  11-23 13:14:58.118 1362-1378/com.android.defcontainer D/DefContainer: Copying /data/local/tmp/kpad-Launcher.apk to base.apk  11-23 13:14:58.654 514-552/system\_process D/PackageManager: Renaming /data/app/vmdl442937071.tmp to /data/app/kpad.system.launcher-1  11-23 13:14:58.654 514-535/system\_process I/ActivityManagerService: Force stopping kpad.system.launcher appid=1000 user=-1: replace sys pkg  11-23 13:14:58.655 514-535/system\_process I/ActivityManagerService: Killing 942:kpad.system.launcher/1000 (adj 0): stop kpad.system.launcher  11-23 13:14:58.655 514-552/system\_process W/PackageManager: Trying to update system app code path from /system/app/kpad-Launcher to /data/app/kpad.system.launcher-1  11-23 13:14:58.660 514-569/system\_process D/WifiService: Client connection lost with reason: 4  11-23 13:14:58.661 514-535/system\_process I/ActivityManagerService: Force finishing activity 3 ActivityRecord{32ab6df9 u0 kpad.system.launcher/.Launcher t3}  11-23 13:14:58.662 514-552/system\_process I/PackageManager: Running dexopt on: /data/app/kpad.system.launcher-1/base.apk pkg=kpad.system.launcher isa=arm vmSafeMode=false  11-23 13:14:58.662 514-535/system\_process D/ActivityManagerService: moveHomeStackTaskToTop: moving TaskRecord{1d452549 #3 A=kpad.system.launcher U=0 sz=1}  11-23 13:14:58.663 1381-1381/? E/SchedPolicy: open of /dev/blkio/bg\_non\_interactive/tasks failed: Permission denied  11-23 13:14:58.663 514-535/system\_process D/ActivityManagerService: moveHomeStackTaskToTop: moving TaskRecord{1d452549 #3 A=kpad.system.launcher U=0 sz=1}  11-23 13:14:58.665 514-764/system\_process W/ActivityManagerService: Spurious death for ProcessRecord{27434e4e 942:kpad.system.launcher/1000}, curProc for 942: null  11-23 13:14:58.712 1381-1381/? I/dex2oat: Error opening the directory: /system/lib/plugins  11-23 13:14:58.712 1381-1381/? I/dex2oat: /system/bin/dex2oat --zip-fd=5 --zip-location=/data/app/kpad.system.launcher-1/base.apk --oat-fd=6 --oat-location=/data/dalvik-cache/arm/data@app@kpad.system.launcher-1@base.apk@classes.dex --instruction-set=arm --instruction-set-features=div --runtime-arg -Xms64m --runtime-arg -Xmx512m --swap-fd=7  11-23 13:14:58.718 1381-1381/? E/dex2oat: Failed to open dex from file descriptor for zip file '/data/app/kpad.system.launcher-1/base.apk': Entry not found  11-23 13:14:58.943 171-171/? E/installd: DexInv: --- END '/data/app/kpad.system.launcher-1/base.apk' --- status=0x0100, process failed  11-23 13:14:58.945 514-552/system\_process W/PackageManager: Package couldn't be installed in /data/app/kpad.system.launcher-1  com.android.server.pm.PackageManagerException: scanPackageLI  at com.android.server.pm.PackageManagerService.scanPackageDirtyLI(PackageManagerService.java:6268)  at com.android.server.pm.PackageManagerService.scanPackageLI(PackageManagerService.java:5564)  at com.android.server.pm.PackageManagerService.replaceSystemPackageLI(PackageManagerService.java:10755)  at com.android.server.pm.PackageManagerService.replacePackageLI(PackageManagerService.java:10581)  at com.android.server.pm.PackageManagerService.installPackageLI(PackageManagerService.java:11063)  at com.android.server.pm.PackageManagerService.access$2700(PackageManagerService.java:249)  at com.android.server.pm.PackageManagerService$7.run(PackageManagerService.java:8953)  at android.os.Handler.handleCallback(Handler.java:739)  at android.os.Handler.dispatchMessage(Handler.java:95)  at android.os.Looper.loop(Looper.java:135)  at android.os.HandlerThread.run(HandlerThread.java:61)  at com.android.server.ServiceThread.run(ServiceThread.java:46)  11-23 13:14:58.948 514-552/system\_process E/PackageManager: Unable to get canonical file java.io.IOException: Cannot create /system/app/kpad-Launcher/lib  11-23 13:14:59.076 514-552/system\_process I/art: Explicit concurrent mark sweep GC freed 16714(1031KB) AllocSpace objects, 4(179KB) LOS objects, 33% free, 6MB/9MB, paused 936us total 63.379ms  11-23 13:14:59.081 1349-1349/? I/art: System.exit called, status: 1 |

#### Packages.xml异常

<package name="dji.go.v4" codePath="/system/priv-app/DJI-AS" nativeLibraryPath="/data/app/dji.go.v4-1/lib" primaryCpuAbi="armeabi-v7a" flags="1075363397" ft="15fe43b89a0" it="15fe43b89a0" ut="15fe43b89a0" version="27398" userId="10001">

Apk搞错了。。。。

## 总结

1.安装和卸载都是通过PackageManager，实质上是实现了PackageManager的远程服务PackageManagerService来完成具体的操作，所有细节和逻辑均可以在PackageManagerService中跟踪查看；

2.所有安装方式殊途同归，最终就回到PackageManagerService中，然后调用底层本地代码的installd来完成。

3.再看apk 的安装过程。回个我们再看apk的安装过程，主要分为如下几部

* 拷贝apk文件到指定目录
* 解压apk，拷贝文件，创建应用的数据目录
* 解析apk的AndroidManifinest.xml文件
* 向Launcher应用申请添加创建快捷方式

各个系统的版本如下:



## Ref

[深度探究apk安装过程](http://www.sohu.com/a/132599459_465908)

[Android应用程序安装过程解析(源码角度)](http://www.jianshu.com/p/21412a697eb0)

[pms包管理服务分析-初步理解](http://blog.csdn.net/lgglkk/article/details/54579396)

[pms包管理服务分析-PackageManagerService构造函数和包扫描过程](http://blog.csdn.net/lgglkk/article/details/54839662)

// TODO word

# pms

不论是cmd安装，还是预装market安装，还是ui安装，最终都会调用到installPackage这个方法入口，本节单独讨论系统是如何执行这一个过程的

## 文件拷贝阶段

### installPackage

installPackage方法只是用当前用户安装应用，最后也会调用installPackageAsUser  
//TODO 用户的概念？一个进程就是一个用户？

@Override

public void installPackage(String originPath, IPackageInstallObserver2 observer,int installFlags, String installerPackageName, VerificationParams verificationParams,String packageAbiOverride) {

installPackageAsUser(originPath, observer, installFlags,installerPackageName, verificationParams,packageAbiOverride, UserHandle.getCallingUserId());

}

### installPackageAsUser

installPackageAsUser先检查调用进程是否有安装应用的权限，[再检查调用进程所属的用户是否有权限安装应用](file:///F:\key.guan\kgszgt\asys\%E4%B8%BA%E4%BD%95%E9%9C%80%E8%A6%81%E6%A3%80%E6%9F%A5%E7%94%A8%E6%88%B7?)，最后检查指定的用户是否被限制安装应用。如果参数installFlags带有INSTALL\_ALL\_USERS，则该应用将给系统中所有用户安装，否则只给指定用户安装。安装应用实践比较长，因此不可能在一个函数中完成。上面函数把数据保存在installParams然后发送了INIT\_COPY消息。通过PackageHandler的实例mHandler.sendMessage（msg）把信息发给继承Handler的类HandleMessage()方法会自动调用Packagemanager的安装方法installPackage（），发送消息时会传递一个InstallParams参数，InstallParams是继承自HandlerParams抽象类的，用来记录安装应用的参数。

@Override

public void installPackageAsUser(String originPath, IPackageInstallObserver2 observer,

int installFlags, String installerPackageName, VerificationParams verificationParams,

String packageAbiOverride, int userId) {

//检查调用进程的权限,比如PackageInstaller.apk这个系统应用就必须申请这个权限

mContext.enforceCallingOrSelfPermission(android.Manifest.permission.INSTALL\_PACKAGES, null);

//检查调用进程的用户是否有权限安装应用

final int callingUid = Binder.getCallingUid();

enforceCrossUserPermission(callingUid, userId, true, true, "installPackageAsUser");

//检查指定的用户是否被限制安装应用

// TODO DISALLOW\_INSTALL\_APPS 是安装黑名单

if (isUserRestricted(userId, UserManager.DISALLOW\_INSTALL\_APPS)) {

try {

if (observer != null) {

observer.onPackageInstalled("", INSTALL\_FAILED\_USER\_RESTRICTED, null, null);

}

} catch (RemoteException re) {

}

return;

}

//adb INSTALL\_FAILED\_USER\_RESTRICTED

if ((callingUid == Process.SHELL\_UID) || (callingUid == Process.ROOT\_UID)) {

installFlags |= PackageManager.INSTALL\_FROM\_ADB;

} else {

// Caller holds INSTALL\_PACKAGES permission, so we're less strict

// about installerPackageName.

installFlags &= ~PackageManager.INSTALL\_FROM\_ADB;

installFlags &= ~PackageManager.INSTALL\_ALL\_USERS;

}

//给所有用户安装

UserHandle user;

if ((installFlags & PackageManager.INSTALL\_ALL\_USERS) != 0) {

user = UserHandle.ALL;

} else {

user = new UserHandle(userId);

}

verificationParams.setInstallerUid(callingUid);

final File originFile = new File(originPath);

final OriginInfo origin = OriginInfo.fromUntrustedFile(originFile);

//保存参数到InstallParamsm,发送消息

final Message msg = mHandler.obtainMessage(INIT\_COPY);

msg.obj = new InstallParams(origin, observer, installFlags,

installerPackageName, verificationParams, user, packageAbiOverride);

mHandler.sendMessage(msg);

}

### doHandleMessage-INIT\_COPY

void doHandleMessage(Message msg) {

switch (msg.what) {

case INIT\_COPY: {

HandlerParams params = (HandlerParams) msg.obj;

int idx = mPendingInstalls.size();

if (DEBUG\_INSTALL) Slog.i(TAG, "init\_copy idx=" + idx + ": " + params);

// If a bind was already initiated we dont really

// need to do anything. The pending install

// will be processed later on.

if (!mBound) {

// If this is the only one pending we might

// have to bind to the service again.

if (!connectToService()) {//绑定DefaultContainerService

Slog.e(TAG, "Failed to bind to media container service");

params.serviceError();

return;

} else {//连接成功把安装信息保存到mPendingInstalls

// Once we bind to the service, the first

// pending request will be processed.

mPendingInstalls.add(idx, params);

}

} else {//如果已经绑定好了

mPendingInstalls.add(idx, params);

// Already bound to the service. Just make

// sure we trigger off processing the first request.

if (idx == 0) {

mHandler.sendEmptyMessage(MCS\_BOUND);

}

}

break;

}

INIT\_COPY消息的处理将绑定DefaultContainerService，因为这是一个异步的过程，要等待绑定的结果通过onServiceConnected返回，所以这里的安装参数放到了mPendingInstalls列表中。如果这个Service以前就绑定好了，现在就不需要再绑定，安装信息也会先放到mPendingInstalls。如果有多个安装请求同时到达，这里通过mPendingInstalls列表对他们进行排队。如果列表中只有一项，说明没有更多的安装请求，因此这种情况下回立即发出MCS\_BOUND消息。而onServiceConnected方法同样是发出MCS\_BOUND消息：

class DefaultContainerConnection implements ServiceConnection {

public void onServiceConnected(ComponentName name, IBinder service) {

if (DEBUG\_SD\_INSTALL) Log.i(TAG, "onServiceConnected");

IMediaContainerService imcs =

IMediaContainerService.Stub.asInterface(service);

mHandler.sendMessage(mHandler.obtainMessage(MCS\_BOUND, imcs));

}

public void onServiceDisconnected(ComponentName name) {

if (DEBUG\_SD\_INSTALL) Log.i(TAG, "onServiceDisconnected");

}

};

看下MCS\_BOUND的消息处理

case MCS\_BOUND: {

if (DEBUG\_INSTALL) Slog.i(TAG, "mcs\_bound");

if (msg.obj != null) {

mContainerService = (IMediaContainerService) msg.obj;

}

if (mContainerService == null) {//没有连接成功

// Something seriously wrong. Bail out

Slog.e(TAG, "Cannot bind to media container service");

for (HandlerParams params : mPendingInstalls) {

// Indicate service bind error

params.serviceError();//通知出错了

}

mPendingInstalls.clear();

} else if (mPendingInstalls.size() > 0) {

HandlerParams params = mPendingInstalls.get(0);

if (params != null) {

if (params.startCopy()) {//执行安装

// We are done... look for more work or to

// go idle.

if (DEBUG\_SD\_INSTALL) Log.i(TAG,

"Checking for more work or unbind...");

// Delete pending install

if (mPendingInstalls.size() > 0) {

mPendingInstalls.remove(0);//工作完成，删除第一项

}

if (mPendingInstalls.size() == 0) {//如果没有安装消息了，延时发送10秒MCS\_UNBIND消息

if (mBound) {

if (DEBUG\_SD\_INSTALL) Log.i(TAG,

"Posting delayed MCS\_UNBIND");

removeMessages(MCS\_UNBIND);

Message ubmsg = obtainMessage(MCS\_UNBIND);

// Unbind after a little delay, to avoid

// continual thrashing.

sendMessageDelayed(ubmsg, 10000);

}

} else {

// There are more pending requests in queue.

// Just post MCS\_BOUND message to trigger processing

// of next pending install.

if (DEBUG\_SD\_INSTALL) Log.i(TAG,

"Posting MCS\_BOUND for next work");

mHandler.sendEmptyMessage(MCS\_BOUND);//还有消息继续发送MCS\_BOUND消息

}

}

}

} else {

// Should never happen ideally.

Slog.w(TAG, "Empty queue");

}

break;

}

如果结束了我们看看MCS\_UNBIND消息的处理

case MCS\_UNBIND: {

// If there is no actual work left, then time to unbind.

if (DEBUG\_INSTALL) Slog.i(TAG, "mcs\_unbind");

if (mPendingInstalls.size() == 0 && mPendingVerification.size() == 0) {

if (mBound) {

if (DEBUG\_INSTALL) Slog.i(TAG, "calling disconnectService()");

disconnectService();//断开连接

}

} else if (mPendingInstalls.size() > 0) {

// There are more pending requests in queue.

// Just post MCS\_BOUND message to trigger processing

// of next pending install.

mHandler.sendEmptyMessage(MCS\_BOUND);

}

break;

}

MCS\_UNBIND消息的处理，如果处理的时候发现mPendingInstalls又有数据了，还是发送MCS\_BOUND消息继续安装，否则断开和DefaultContainerService的连接，安装结束。这个安装会尝试4次，超过4次就GG了  
下面我们看执行安装的函数startCopy：

final boolean startCopy() {

boolean res;

try {

if (DEBUG\_INSTALL) Slog.i(TAG, "startCopy " + mUser + ": " + this);

if (++mRetries > MAX\_RETRIES) {//重试超过4次退出

Slog.w(TAG, "Failed to invoke remote methods on default container service. Giving up");

mHandler.sendEmptyMessage(MCS\_GIVE\_UP);

handleServiceError();

return false;

} else {

handleStartCopy();

res = true;

}

} catch (RemoteException e) {

if (DEBUG\_INSTALL) Slog.i(TAG, "Posting install MCS\_RECONNECT");

mHandler.sendEmptyMessage(MCS\_RECONNECT);//安装出错，发送重新连接

res = false;

}

handleReturnCode();

return res;

}

### InstallParams.handleStartCopy

handleStartCopy()执行的工作如下：

* 判断安装标志位是否合法
* 判断安装空间是否足够
* 对安装位置的校验
* 判断是否需要对应用进行校验工作
* 如果校验成功，执行InstallArgs.copyApk()
* 如果无需校验，直接执行InstallArgs.copyApk()

handleStartCopy函数先通过DefaultContainerService调用了getMinimallPackageInfo来确定安装位置是否有足够的空间，并在PackageInfoLite对象的recommendedIntallLocation记录错误原因。发现空间不够，会调用installer的freecache方法来释放一部分空间。  
// 首先对安装的标志位进行判断，如果既有内部安装标志，又有外部安装标志，那么就设置  
//PackageManager.INSTALL\_FAILED\_INVALID\_INSTALL\_LOCATION返回值  
再接下来handleStartCopy有很长一段都在处理apk的校验，这个校验过程是通过发送Intent ACTION\_PACKAGE\_NEEDS\_VERIFICATION给系统中所有接受该Intent的应用来完成。如果无需校验，直接调用InstallArgs对象的copyApk方法。

这个方法比较长，分段来看。

ret = PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED

final StorageManager storage = StorageManager.from(mContext);

final long lowThreshold = storage.getStorageLowBytes(

Environment.getDataDirectory());

final long sizeBytes = mContainerService.calculateInstalledSize(

origin.resolvedPath, isForwardLocked(), packageAbiOverride);

if (mInstaller.freeCache(null, sizeBytes + lowThreshold) >= 0) {

pkgLite = mContainerService.getMinimalPackageInfo(origin.resolvedPath,

installFlags, packageAbiOverride);

}

首先，如果需要的空间不够大，就调用Install的freeCache去释放一部分缓存。这里的mContainerService对应的binder服务端实现，在DefaultContainerService中。中间经过复杂（安装位置，pkgLite.recommendedIntallLocation，安装位置的校验，installLocationPoliy策略等）的判断处理之后，创建一个InstallArgs对象，如果前面的判断结果是能安装成功的话ret=PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED，进入分支。  
// TODO installLocationPoliy() 是位置的策略PackageINfoLite

if (ret == PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED) {

/\*

\* ADB installs appear as UserHandle.USER\_ALL, and can only be performed by

\* UserHandle.USER\_OWNER, so use the package verifier for UserHandle.USER\_OWNER.

\*/

int userIdentifier = getUser().getIdentifier();

if (userIdentifier == UserHandle.USER\_ALL

&& ((installFlags & PackageManager.INSTALL\_FROM\_ADB) != 0)) {

userIdentifier = UserHandle.USER\_OWNER;

}

/\*

\* Determine if we have any installed package verifiers. If we

\* do, then we'll defer to them to verify the packages.

\*/

final int requiredUid = mRequiredVerifierPackage == null ? -1

: getPackageUid(mRequiredVerifierPackage, userIdentifier);

if (!origin.existing && requiredUid != -1

&& isVerificationEnabled(userIdentifier, installFlags)) {

final Intent verification = new Intent(

Intent.ACTION\_PACKAGE\_NEEDS\_VERIFICATION);

verification.addFlags(Intent.FLAG\_RECEIVER\_FOREGROUND);

verification.setDataAndType(Uri.fromFile(new File(origin.resolvedPath)),

PACKAGE\_MIME\_TYPE);

verification.addFlags(Intent.FLAG\_GRANT\_READ\_URI\_PERMISSION);

final List<ResolveInfo> receivers = queryIntentReceivers(verification,

PACKAGE\_MIME\_TYPE, PackageManager.GET\_DISABLED\_COMPONENTS,

0 /\* TODO: Which userId? \*/);

if (DEBUG\_VERIFY) {

Slog.d(TAG, "Found " + receivers.size() + " verifiers for intent "

+ verification.toString() + " with " + pkgLite.verifiers.length

+ " optional verifiers");

}

final int verificationId = mPendingVerificationToken++;

verification.putExtra(PackageManager.EXTRA\_VERIFICATION\_ID, verificationId);

verification.putExtra(PackageManager.EXTRA\_VERIFICATION\_INSTALLER\_PACKAGE,

installerPackageName);

verification.putExtra(PackageManager.EXTRA\_VERIFICATION\_INSTALL\_FLAGS,

installFlags);

verification.putExtra(PackageManager.EXTRA\_VERIFICATION\_PACKAGE\_NAME,

pkgLite.packageName);

verification.putExtra(PackageManager.EXTRA\_VERIFICATION\_VERSION\_CODE,

pkgLite.versionCode);

if (verificationParams != null) {

if (verificationParams.getVerificationURI() != null) {

verification.putExtra(PackageManager.EXTRA\_VERIFICATION\_URI,

verificationParams.getVerificationURI());

}

if (verificationParams.getOriginatingURI() != null) {

verification.putExtra(Intent.EXTRA\_ORIGINATING\_URI,

verificationParams.getOriginatingURI());

}

if (verificationParams.getReferrer() != null) {

verification.putExtra(Intent.EXTRA\_REFERRER,

verificationParams.getReferrer());

}

if (verificationParams.getOriginatingUid() >= 0) {

verification.putExtra(Intent.EXTRA\_ORIGINATING\_UID,

verificationParams.getOriginatingUid());

}

if (verificationParams.getInstallerUid() >= 0) {

verification.putExtra(PackageManager.EXTRA\_VERIFICATION\_INSTALLER\_UID,

verificationParams.getInstallerUid());

}

}

final PackageVerificationState verificationState = new PackageVerificationState(

requiredUid, args);

mPendingVerification.append(verificationId, verificationState);

final List<ComponentName> sufficientVerifiers = matchVerifiers(pkgLite,

receivers, verificationState);

// Apps installed for "all" users use the device owner to verify the app

UserHandle verifierUser = getUser();

if (verifierUser == UserHandle.ALL) {

verifierUser = UserHandle.OWNER;

}

/\*

\* If any sufficient verifiers were listed in the package

\* manifest, attempt to ask them.

\*/

if (sufficientVerifiers != null) {

final int N = sufficientVerifiers.size();

if (N == 0) {

Slog.i(TAG, "Additional verifiers required, but none installed.");

ret = PackageManager.INSTALL\_FAILED\_VERIFICATION\_FAILURE;

} else {

for (int i = 0; i < N; i++) {

final ComponentName verifierComponent = sufficientVerifiers.get(i);

final Intent sufficientIntent = new Intent(verification);

sufficientIntent.setComponent(verifierComponent);

mContext.sendBroadcastAsUser(sufficientIntent, verifierUser);

}

}

}

final ComponentName requiredVerifierComponent = matchComponentForVerifier(

mRequiredVerifierPackage, receivers);

if (ret == PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED

&& mRequiredVerifierPackage != null) {

/\*

\* Send the intent to the required verification agent,

\* but only start the verification timeout after the

\* target BroadcastReceivers have run.

\*/

verification.setComponent(requiredVerifierComponent);

mContext.sendOrderedBroadcastAsUser(verification, verifierUser,

android.Manifest.permission.PACKAGE\_VERIFICATION\_AGENT,

new BroadcastReceiver() {

@Override

public void onReceive(Context context, Intent intent) {

final Message msg = mHandler

.obtainMessage(CHECK\_PENDING\_VERIFICATION);

msg.arg1 = verificationId;

mHandler.sendMessageDelayed(msg, getVerificationTimeout());

}

}, null, 0, null, null);

/\*

\* We don't want the copy to proceed until verification

\* succeeds, so null out this field.

\*/

mArgs = null;

}

} else {

/\*

\* No package verification is enabled, so immediately start

\* the remote call to initiate copy using temporary file.

\*/

ret = args.copyApk(mContainerService, true);

}

}

InstallArgs是个抽象类，一共有三个实现类MoveInstallArgs（针对已有文件的Move）、AsecInstallArgs（针对SD卡）和FileInstallArgs（针对内部存储），会在createInstallArgs()方法中根据不同的参数返回不同的实现类。  
接下来分析FileInstallArgs.copyApk()方法：

### FileInstallArgs.copyApk()

int copyApk(IMediaContainerService imcs, boolean temp) throws RemoteException {

// 已经执行过copy了

if (origin.staged) {

codeFile = origin.file;

resourceFile = origin.file;

return PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED;

}

try {

// 在/data/app/下面生成一个类似vmdl1354353418.tmp的临时文件

final File tempDir = mInstallerService.allocateStageDirLegacy(volumeUuid);

codeFile = tempDir;

resourceFile = tempDir;

} catch (IOException e) {

return PackageManager.INSTALL\_FAILED\_INSUFFICIENT\_STORAGE;

}

// 在imcs.copyPackage()中会调用target.open()，返回一个文件描述符

final IParcelFileDescriptorFactory target = new IParcelFileDescriptorFactory.Stub() {

@Override

public ParcelFileDescriptor open(String name, int mode) throws RemoteException {

if (!FileUtils.isValidExtFilename(name)) {

throw new IllegalArgumentException("Invalid filename: " + name);

}

try {

final File file = new File(codeFile, name);

final FileDescriptor fd = Os.open(file.getAbsolutePath(),

O\_RDWR | O\_CREAT, 0644);

Os.chmod(file.getAbsolutePath(), 0644);

return new ParcelFileDescriptor(fd);

} catch (ErrnoException e) {

throw new RemoteException("Failed to open: " + e.getMessage());

}

}

};

int ret = PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED;

// 调用DefaultContainerService.mBinder.copyPackage()方法复制文件到target.open()方法指定的文件中，也即是上面产生的临时文件

ret = imcs.copyPackage(origin.file.getAbsolutePath(), target);

if (ret != PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED) {

return ret;

}

final File libraryRoot = new File(codeFile, LIB\_DIR\_NAME);

NativeLibraryHelper.Handle handle = null;

try {

handle = NativeLibraryHelper.Handle.create(codeFile);

ret = NativeLibraryHelper.copyNativeBinariesWithOverride(handle, libraryRoot,

abiOverride);

} catch (IOException e) {

ret = PackageManager.INSTALL\_FAILED\_INTERNAL\_ERROR;

} finally {

IoUtils.closeQuietly(handle);

}

return ret;

}

而copyApk方法同样是调用DefaultContainerService的copyPackage将应用的文件复制到/data/app下，如果还有native动态库，也会把包在apk文件中的动态库提取出来。

执行完copyApk后，应用安装到了data/app目录下了。

### InstallParams.handleReturnCode()

在handleStartCopy()执行完之后，文件复制工作阶段的工作已经完成了，接下来会在startCopy()中调用handleReturnCode()->processPendingInstall()来进行应用的解析和装载。

## 解析应用阶段

这个阶段的工作是对安装包进行扫描优化，把应用转换成oat格式，然后装载到内存中去。

### processPendingInstall()

private void processPendingInstall(final InstallArgs args, final int currentStatus) {

// 以异步的方式执行安装，因为安装工作可能持续时间比较长

mHandler.post(new Runnable() {

public void run() {

// 防止重复调用

mHandler.removeCallbacks(this);

PackageInstalledInfo res = new PackageInstalledInfo();

res.returnCode = currentStatus;

res.uid = -1;

res.pkg = null;

res.removedInfo = new PackageRemovedInfo();

if (res.returnCode == PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED) {

// 如果前面返回的是执行成功的返回值

args.doPreInstall(res.returnCode);

synchronized (mInstallLock) {

// 开始安装应用，带LI后缀的函数执行时要带mInstallLock锁

installPackageLI(args, res);

}

// 执行doPostInstall()，这里主要分析一下FileInstallArgs.doPostInstall()

// 如果没有安装成功，这里会清除前面生成的临时文件

args.doPostInstall(res.returnCode, res.uid);

}

// 执行备份，在下面的情况下会执行备份：1.安装成功，2.是一个新的安装而不是一个升级的操作，3.新的安装包还没有执行过备份操作

final boolean update = res.removedInfo.removedPackage != null;

final int flags = (res.pkg == null) ? 0 : res.pkg.applicationInfo.flags;

boolean doRestore = !update

&& ((flags & ApplicationInfo.FLAG\_ALLOW\_BACKUP) != 0);

// Set up the post-install work request bookkeeping. This will be used

// and cleaned up by the post-install event handling regardless of whether

// there's a restore pass performed. Token values are >= 1.

int token;

if (mNextInstallToken < 0) mNextInstallToken = 1;

token = mNextInstallToken++;

PostInstallData data = new PostInstallData(args, res);

mRunningInstalls.put(token, data);

if (res.returnCode == PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED && doRestore) {

IBackupManager bm = IBackupManager.Stub.asInterface(

ServiceManager.getService(Context.BACKUP\_SERVICE));

if (bm != null) {

try {

if (bm.isBackupServiceActive(UserHandle.USER\_OWNER)) {

bm.restoreAtInstall(res.pkg.applicationInfo.packageName, token);

} else {

doRestore = false;

}

} catch (RemoteException e) {

} catch (Exception e) {

doRestore = false;

}

} else {

doRestore = false;

}

}

if (!doRestore) {

// 发送POST\_INSTALL消息

Message msg = mHandler.obtainMessage(POST\_INSTALL, token, 0);

mHandler.sendMessage(msg);

}

}

});

}

processPendingInstall()方法内部是以异步的方式继续执行安装工作的，首先来调用installPackageLI()执行安装工作，然后调用doPostInstall()对前面的工作的返回结果进行处理，如果没有安装成功，执行清除的工作。然后再执行备份操作。  
下面来看一下installPackageLI()方法：

### installPackageLI()

installPackageLI()方法首先解析apk安装包，然后判断当前是否有安装该应用，然后根据不同的情况进行不同的处理，然后进行Dex优化操作。如果是升级安装，调用replacePackageLI()。如果是新安装，调用installNewPackageLI()。这两个方法会在下面详细介绍。

processPendingInstall()方法中执行安装的最后是发送POST\_INSTALL消息，现在来看一下这个消息需要处理的事情：

private void installPackageLI(InstallArgs args, PackageInstalledInfo res) {

final int installFlags = args.installFlags;

final String installerPackageName = args.installerPackageName;

final String volumeUuid = args.volumeUuid;

final File tmpPackageFile = new File(args.getCodePath());

final boolean forwardLocked = ((installFlags & PackageManager.INSTALL\_FORWARD\_LOCK) != 0);

final boolean onExternal = (((installFlags & PackageManager.INSTALL\_EXTERNAL) != 0)

|| (args.volumeUuid != null));

boolean replace = false;

int scanFlags = SCAN\_NEW\_INSTALL | SCAN\_UPDATE\_SIGNATURE;

if (args.move != null) {

scanFlags |= SCAN\_INITIAL;

}

res.returnCode = PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED;

// 创建apk解析器

final int parseFlags = mDefParseFlags | PackageParser.PARSE\_CHATTY

| (forwardLocked ? PackageParser.PARSE\_FORWARD\_LOCK : 0)

| (onExternal ? PackageParser.PARSE\_EXTERNAL\_STORAGE : 0);

PackageParser pp = new PackageParser();

pp.setSeparateProcesses(mSeparateProcesses);

pp.setDisplayMetrics(mMetrics);

final PackageParser.Package pkg;

try {

// 开始解析文件，解析apk的信息存储在PackageParser.Package中

pkg = pp.parsePackage(tmpPackageFile, parseFlags);

} catch (PackageParserException e) {

res.setError("Failed parse during installPackageLI", e);

return;

}

......

// 获取安装包的签名和AndroidManifest摘要

try {

pp.collectCertificates(pkg, parseFlags);

pp.collectManifestDigest(pkg);

} catch (PackageParserException e) {

res.setError("Failed collect during installPackageLI", e);

return;

}

if (args.manifestDigest != null) {

// 与installPackage()方法传递过来的VerificationParams获取的AndroidManifest摘要进行对比

if (!args.manifestDigest.equals(pkg.manifestDigest)) {

res.setError(INSTALL\_FAILED\_PACKAGE\_CHANGED, "Manifest digest changed");

return;

}

} else if (DEBUG\_INSTALL) {...}

// Get rid of all references to package scan path via parser.

pp = null;

String oldCodePath = null;

boolean systemApp = false;

synchronized (mPackages) {

// 判断是否是升级当前已有应用

if ((installFlags & PackageManager.INSTALL\_REPLACE\_EXISTING) != 0) {

String oldName = mSettings.mRenamedPackages.get(pkgName);

if (pkg.mOriginalPackages != null

&& pkg.mOriginalPackages.contains(oldName)

&& mPackages.containsKey(oldName)) {

// 如果当前应用已经被升级过

pkg.setPackageName(oldName);

pkgName = pkg.packageName;

replace = true;

} else if (mPackages.containsKey(pkgName)) {

// 当前应用没有被升级过

replace = true;

}

// 如果已有应用oldTargetSdk大于LOLLIPOP\_MR1(22)，新升级应用小于LOLLIPOP\_MR1，则不允许降级安装

// 因为AndroidM(23)引入了全新的权限管理方式：动态权限管理

if (replace) {

PackageParser.Package oldPackage = mPackages.get(pkgName);

final int oldTargetSdk = oldPackage.applicationInfo.targetSdkVersion;

final int newTargetSdk = pkg.applicationInfo.targetSdkVersion;

if (oldTargetSdk > Build.VERSION\_CODES.LOLLIPOP\_MR1

&& newTargetSdk <= Build.VERSION\_CODES.LOLLIPOP\_MR1) {

...

return;

}

}

}

PackageSetting ps = mSettings.mPackages.get(pkgName);

if (ps != null) {

if (shouldCheckUpgradeKeySetLP(ps, scanFlags)) {

// 判断签名是否一致

if (!checkUpgradeKeySetLP(ps, pkg)) {

...

return;

}

} else {

try {

verifySignaturesLP(ps, pkg);

} catch (PackageManagerException e) {

...

return;

}

}

oldCodePath = mSettings.mPackages.get(pkgName).codePathString;

if (ps.pkg != null && ps.pkg.applicationInfo != null) {

// 判断是否是系统应用

systemApp = (ps.pkg.applicationInfo.flags &

// 给origUsers赋值，此变量代表哪些用户以前已经安装过该应用

res.origUsers = ps.queryInstalledUsers(sUserManager.getUserIds(), true);

}

// Check whether the newly-scanned package wants to define an already-defined perm

int N = pkg.permissions.size();

for (int i = N-1; i >= 0; i--) {

PackageParser.Permission perm = pkg.permissions.get(i);

BasePermission bp = mSettings.mPermissions.get(perm.info.name);

if (bp != null) {

// If the defining package is signed with our cert, it's okay. This

// also includes the "updating the same package" case, of course.

// "updating same package" could also involve key-rotation.

final boolean sigsOk;

if (bp.sourcePackage.equals(pkg.packageName)

&& (bp.packageSetting instanceof PackageSetting)

&& (shouldCheckUpgradeKeySetLP((PackageSetting) bp.packageSetting,

scanFlags))) {

sigsOk = checkUpgradeKeySetLP((PackageSetting) bp.packageSetting, pkg);

} else {

sigsOk = compareSignatures(bp.packageSetting.signatures.mSignatures,

pkg.mSignatures) == PackageManager.SIGNATURE\_MATCH;

}

if (!sigsOk) {

// If the owning package is the system itself, we log but allow

// install to proceed; we fail the install on all other permission

// redefinitions.

if (!bp.sourcePackage.equals("android")) {

res.setError(INSTALL\_FAILED\_DUPLICATE\_PERMISSION, "Package "

+ pkg.packageName + " attempting to redeclare permission "

+ perm.info.name + " already owned by " + bp.sourcePackage);

res.origPermission = perm.info.name;

res.origPackage = bp.sourcePackage;

return;

} else {

pkg.permissions.remove(i);

}

}

}

}

}

// 系统应用不允许安装在SDCard上

if (systemApp && onExternal) {

res.setError(INSTALL\_FAILED\_INVALID\_INSTALL\_LOCATION,

"Cannot install updates to system apps on sdcard");

return;

}

// 下面将会进行Dex优化操作

if (args.move != null) {

// 如果是针对已有文件的Move，就不用在进行Dex优化了

scanFlags |= SCAN\_NO\_DEX;

scanFlags |= SCAN\_MOVE;

synchronized (mPackages) {

final PackageSetting ps = mSettings.mPackages.get(pkgName);

if (ps == null) {

res.setError(INSTALL\_FAILED\_INTERNAL\_ERROR,

"Missing settings for moved package " + pkgName);

}

pkg.applicationInfo.primaryCpuAbi = ps.primaryCpuAbiString;

pkg.applicationInfo.secondaryCpuAbi = ps.secondaryCpuAbiString;

}

} else if (!forwardLocked && !pkg.applicationInfo.isExternalAsec()) {

// 没有设置了PRIVATE\_FLAG\_FORWARD\_LOCK标志且不是安装在外部SD卡

// 使能 SCAN\_NO\_DEX 标志位，在后面的操作中会跳过 dexopt

scanFlags |= SCAN\_NO\_DEX;

try {

derivePackageAbi(pkg, new File(pkg.codePath), args.abiOverride,

true /\* extract libs \*/);

} catch (PackageManagerException pme) {

res.setError(INSTALL\_FAILED\_INTERNAL\_ERROR, "Error deriving application ABI");

return;

}

// 进行DexOpt操作，会调用install 的dexopt命令，优化后的文件放在 /data/dalvik-cache/ 下面

int result = mPackageDexOptimizer

.performDexOpt(pkg, null /\* instruction sets \*/, false /\* forceDex \*/,

false /\* defer \*/, false /\* inclDependencies \*/,

true /\* boot complete \*/);

if (result == PackageDexOptimizer.DEX\_OPT\_FAILED) {

res.setError(INSTALL\_FAILED\_DEXOPT, "Dexopt failed for " + pkg.codePath);

return;

}

}

// 重命名/data/app/下面应用的目录名字，调用getNextCodePath()来获取目录名称，类似com.android.browser-1

if (!args.doRename(res.returnCode, pkg, oldCodePath)) {

res.setError(INSTALL\_FAILED\_INSUFFICIENT\_STORAGE, "Failed rename");

return;

}

startIntentFilterVerifications(args.user.getIdentifier(), replace, pkg);

if (replace) {

// 如果是安装升级包，调用replacePackageLI

replacePackageLI(pkg, parseFlags, scanFlags | SCAN\_REPLACING, args.user,

installerPackageName, volumeUuid, res);

} else {

// 如果安装的新应用，调用installNewPackageLI

installNewPackageLI(pkg, parseFlags, scanFlags | SCAN\_DELETE\_DATA\_ON\_FAILURES,

args.user, installerPackageName, volumeUuid, res);

}

synchronized (mPackages) {

final PackageSetting ps = mSettings.mPackages.get(pkgName);

if (ps != null) {

// 安装完成后，给newUsers赋值，此变量代表哪些用户刚刚安装过该应用

res.newUsers = ps.queryInstalledUsers(sUserManager.getUserIds(), true);

}

}

}

processPendingInstall()来进行应用的解析和装载

installPackageLI()方法首先解析apk安装包，然后判断当前是否有安装该应用，然后根据不同的情况进行不同的处理，然后进行Dex优化操作。如果是升级安装，调用replacePackageLI()。如果是新安装，调用installNewPackageLI()。这两个方法会在下面详细介绍。

processPendingInstall()方法中执行安装的最后是发送POST\_INSTALL消息，现在来看一下这个消息需要处理的事情：

### doHandleMessage- POST\_INSTALL

case POST\_INSTALL: {

//从正在安装队列中将当前正在安装的任务删除

PostInstallData data = mRunningInstalls.get(msg.arg1);

mRunningInstalls.delete(msg.arg1);

boolean deleteOld = false;

if (data != null) {

InstallArgs args = data.args;

PackageInstalledInfo res = data.res;

if (res.returnCode == PackageManager.INSTALL\_SUCCEEDED) {

final String packageName = res.pkg.applicationInfo.packageName;

res.removedInfo.sendBroadcast(false, true, false);

Bundle extras = new Bundle(1);

extras.putInt(Intent.EXTRA\_UID, res.uid);

// 现在已经成功的安装了应用，在发送广播之前先授予一些必要的权限

// 这些权限在 installPackageAsUser 中创建 InstallParams 时传递的，为null

if ((args.installFlags

& PackageManager.INSTALL\_GRANT\_RUNTIME\_PERMISSIONS) != 0) {

grantRequestedRuntimePermissions(res.pkg, args.user.getIdentifier(),

args.installGrantPermissions);

}

// 看一下当前应用对于哪些用户是第一次安装，哪些用户是升级安装

int[] firstUsers;

int[] updateUsers = new int[0];

if (res.origUsers == null || res.origUsers.length == 0) {

// 所有用户都是第一次安装

firstUsers = res.newUsers;

} else {

firstUsers = new int[0];

// 这里再从刚刚已经安装该包的用户中选出哪些是以前已经安装过该包的用户

for (int i=0; i<res.newUsers.length; i++) {

int user = res.newUsers[i];

boolean isNew = true;

for (int j=0; j<res.origUsers.length; j++) {

if (res.origUsers[j] == user) {

// 找到以前安装过该包的用户

isNew = false;

break;

}

}

if (isNew) {

int[] newFirst = new int[firstUsers.length+1];

System.arraycopy(firstUsers, 0, newFirst, 0,

firstUsers.length);

newFirst[firstUsers.length] = user;

firstUsers = newFirst;

} else {

int[] newUpdate = new int[updateUsers.length+1];

System.arraycopy(updateUsers, 0, newUpdate, 0,

updateUsers.length);

newUpdate[updateUsers.length] = user;

updateUsers = newUpdate;

}

}

}

//为新安装用户发送广播ACTION\_PACKAGE\_ADDED

sendPackageBroadcast(Intent.ACTION\_PACKAGE\_ADDED,

packageName, extras, null, null, firstUsers);

final boolean update = res.removedInfo.removedPackage != null;

if (update) {

extras.putBoolean(Intent.EXTRA\_REPLACING, true);

}

//为升级安装用户发送广播ACTION\_PACKAGE\_ADDED

sendPackageBroadcast(Intent.ACTION\_PACKAGE\_ADDED,

packageName, extras, null, null, updateUsers);

if (update) {

// 如果是升级安装，还会发送ACTION\_PACKAGE\_REPLACED和ACTION\_MY\_PACKAGE\_REPLACED广播

sendPackageBroadcast(Intent.ACTION\_PACKAGE\_REPLACED,

packageName, extras, null, null, updateUsers);

sendPackageBroadcast(Intent.ACTION\_MY\_PACKAGE\_REPLACED,

null, null, packageName, null, updateUsers);

// 判断该包是否是设置了PRIVATE\_FLAG\_FORWARD\_LOCK标志或者是安装在外部SD卡

if (res.pkg.isForwardLocked() || isExternal(res.pkg)) {

int[] uidArray = new int[] { res.pkg.applicationInfo.uid };

ArrayList<String> pkgList = new ArrayList<String>(1);

pkgList.add(packageName);

sendResourcesChangedBroadcast(true, true,

pkgList,uidArray, null);

}

}

if (res.removedInfo.args != null) {

// 删除被替换应用的资源目录标记位

deleteOld = true;

}

// 针对Browser的一些处理

if (firstUsers.length > 0) {

if (packageIsBrowser(packageName, firstUsers[0])) {

synchronized (mPackages) {

for (int userId : firstUsers) {

mSettings.setDefaultBrowserPackageNameLPw(null, userId);

}

}

}

}

...

}

// 执行一次GC操作

Runtime.getRuntime().gc();

// 执行删除操作

if (deleteOld) {

synchronized (mInstallLock) {

res.removedInfo.args.doPostDeleteLI(true);

}

}

if (args.observer != null) {

try {

// 调用回调函数通知安装者此次安装的结果

Bundle extras = extrasForInstallResult(res);

args.observer.onPackageInstalled(res.name, res.returnCode,

res.returnMsg, extras);

} catch (RemoteException e) {...}

}

} else {...}

} break;

对POST\_INSTALL消息消息的处理主要就是一些权限处理、发送广播、通知相关应用处理安装结果，然后调用回调函数onPackageInstalled()，这个回调函数是调用installPackage()方法时作为参数传递进来的。

### 总结一下解析应用阶段的工作：

1. 解析apk信息
2. dexopt操作
3. 更新权限信息
4. 完成安装,发送Intent.ACTION\_PACKAGE\_ADDED广播

### 其他相关方法分析

#### getNextCodePath

|  |
| --- |
|  |

类似com.android.browser-1

#### replacePackageLI()

## 其他方法

### PackageParser

parseActivity

## ref

## 装载应用

## ref

<http://www.heqiangfly.com/2016/05/12/android-source-code-analysis-package-manager-installation/>

[https://guolei1130.github.io/2017/01/04/Android应用程序是如何安装的/](https://guolei1130.github.io/2017/01/04/Android%E5%BA%94%E7%94%A8%E7%A8%8B%E5%BA%8F%E6%98%AF%E5%A6%82%E4%BD%95%E5%AE%89%E8%A3%85%E7%9A%84/)  
[Android PackageManager相关源码分析之安装应用](http://www.heqiangfly.com/2016/05/12/android-source-code-analysis-package-manager-installation/)  
[PackageManagerService(Android5.1)深入分析（四）安装应用](http://www.aichengxu.com/android/2506357.htm)  
[Android应用程序安装过程解析(源码角度)](http://www.jianshu.com/p/21412a697eb0)  
<http://www.jianshu.com/p/21412a697eb0>  
<http://solart.cc/2016/10/30/install_apk/>  
一次测试的信息  
adb logcat -b system

10-03 17:39:21.892 I/PackageManager(20739): init\_copy idx=0: InstallParams{3c107196 file=/data/local/tmp/k.art.debug cid=null}

10-03 17:39:21.896 I/PackageManager(20739): mcs\_bound

10-03 17:39:21.896 I/PackageManager(20739): startCopy UserHandle{-1}: InstallParams{3c107196 file=/data/local/tmp/k.art.debug cid=null}

10-03 17:39:21.923 D/PackageManager(20739): installPackageLI: path=/data/app/vmdl828827845.tmp

10-03 17:39:22.027 D/PackageManager(20739): manifestDigest was not present, but parser got: ManifestDigest {mDigest=fe,da,41,e8,49,d6,cd,e5,10,16,26,df,83,1c,24

,cf,eb,1f,7a,fb,be,27,9f,2d,94,92,9c,ce,f2,6d,78,a1,}

10-03 17:39:22.027 W/PackageManager(20739): Package k.art.debug attempting to redeclare system permission android.permission.WRITE\_SETTINGS; ignoring new declar

ation

10-03 17:39:22.027 D/PackageManager(20739): Renaming /data/app/vmdl828827845.tmp to /data/app/k.art.debug-1

10-03 17:39:22.028 D/PackageManager(20739): installNewPackageLI: Package{5c4549c k.art.debug}

10-03 17:39:22.043 I/PackageManager(20739): Linking native library dir for /data/app/k.art.debug-1

10-03 17:39:22.043 D/PackageManager(20739): Resolved nativeLibraryRoot for k.art.debug to root=/data/app/k.art.debug-1/lib, isa=true

10-03 17:39:23.427 D/PackageManager(20739): New package installed in /data/app/k.art.debug-1

10-03 17:39:23.467 V/PackageManager(20739): BM finishing package install for 4

10-03 17:39:23.468 D/PackageManager(20739): Sending to user 0: act=android.intent.action.PACKAGE\_ADDED dat=package:k.art.debug flg=0x4000000 Bundle[{android.int

ent.extra.UID=10047, android.intent.extra.user\_handle=0}]

10-03 17:39:23.468 D/PackageManager(20739): java.lang.RuntimeException: here

10-03 17:39:23.468 D/PackageManager(20739): at com.android.server.pm.PackageManagerService.sendPackageBroadcast(PackageManagerService.java:8321)

10-03 17:39:23.468 D/PackageManager(20739): at com.android.server.pm.PackageManagerService$PackageHandler.doHandleMessage(PackageManagerService.java:1066)

10-03 17:39:23.468 D/PackageManager(20739): at com.android.server.pm.PackageManagerService$PackageHandler.handleMessage(PackageManagerService.java:824)

10-03 17:39:23.468 D/PackageManager(20739): at android.os.Handler.dispatchMessage(Handler.java:102)

10-03 17:39:23.468 D/PackageManager(20739): at android.os.Looper.loop(Looper.java:135)

10-03 17:39:23.468 D/PackageManager(20739): at android.os.HandlerThread.run(HandlerThread.java:61)

10-03 17:39:23.468 D/PackageManager(20739): at com.android.server.ServiceThread.run(ServiceThread.java:46)

10-03 17:39:31.964 I/PackageManager(20739): mcs\_unbind

10-03 17:39:31.965 I/PackageManager(20739): calling disconnectService()

## MyS-自定义服务

* <http://www.cnblogs.com/welhzh/p/5509125.html>
* <http://blog.csdn.net/jinliang_890905/article/details/7320234>
* <http://view.inews.qq.com/a/20160930G078QZ00?refer=share_recomnews>

⬆︎

⟳︎

§

* [framework debug 技巧](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#framework-debug-%E6%8A%80%E5%B7%A7)
  + [安装](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#%E5%AE%89%E8%A3%85)
  + [Java调试](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#java%E8%B0%83%E8%AF%95)
    - [打断点](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#%E6%89%93%E6%96%AD%E7%82%B9)
    - [跟踪代码](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#%E8%B7%9F%E8%B8%AA%E4%BB%A3%E7%A0%81)
    - [打印日志](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#%E6%89%93%E5%8D%B0%E6%97%A5%E5%BF%97)
  + [native调试](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#native%E8%B0%83%E8%AF%95)
  + [ref](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#ref)
* [pms](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#pms)
  + [文件拷贝阶段](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#%E6%96%87%E4%BB%B6%E6%8B%B7%E8%B4%9D%E9%98%B6%E6%AE%B5)
    - [installPackage](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#installpackage)
    - [installPackageAsUser](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#installpackageasuser)
    - [doHandleMessage-INIT\_COPY](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#dohandlemessage-init_copy)
    - [InstallParams.handleStartCopy](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#installparamshandlestartcopy)
    - [FileInstallArgs.copyApk()](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#fileinstallargscopyapk)
    - [InstallParams.handleReturnCode()](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#installparamshandlereturncode)
  + [解析应用阶段](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#%E8%A7%A3%E6%9E%90%E5%BA%94%E7%94%A8%E9%98%B6%E6%AE%B5)
    - [processPendingInstall()](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#processpendinginstall)
    - [installPackageLI()](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#installpackageli)
  + [装载应用](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#%E8%A3%85%E8%BD%BD%E5%BA%94%E7%94%A8)
  + [ref](file:///C:\Users\KEY~1.GUA\AppData\Local\Temp\mpe_preview117912-94856-y0tmon.8azk8lrf6r.html#ref-1)

# WMS

frameworks/base/services/java/com/android/server/WindowManagerService.java

WMS只负责管理View的z-order，也就是管理当前那个View在最上层显示，并不管理绘制。

关键字：堆栈，

与Activity类似，Android系统中的窗口也是以**堆栈**的形式组织在WMS中的，其中，Z轴位置较低的窗口位于Z轴位置较高的窗口的下面（前台Z最大）。在本文中，我们就详细分析WMS是如何以堆栈的形式来组织窗口的。

应用程序进程中的每一个Activity组件在AMS中都对应有一个ActivityRecord对象。AMS的每一个ActivityRecord对象AMS中都对应有一个AppWindowToken对象。输入法窗口类似，在壁纸管理服务WallpaperManagerService中，每一个壁纸窗口都对应有一个Binder对象，这个Binder对象在WMS也对应有一个WindowToken对象。

在WMS中，无论是AppWindowToken对象，还是WindowToken对象，它们都是用来描述一组有着相同令牌的窗口的，每一个窗口都是通过一个WindowState对象来描述的。例如，一个Activity组件窗口可能有一个启动窗口（Starting Window），还有若干个子窗口，那么这些窗口就会组成一组，并且都是以Activity组件在AMS中所对应的AppWindowToken对象为令牌的。从抽象的角度来看，就是在AMS中，每一个令牌（AppWindowToken或者WindowToken）都是用来描述一组窗口（WindowState）的，并且每一个窗口的子窗口也是与它同属于一个组，即都有着相同的令牌。

上述的窗口组织方式如图1所示：



图1 窗口在WindowManagerService服务中的组织方式

其中，Activity Stack是在ActivityManagerService服务中创建的，Token List和Window Stack是在WindowManagerService中创建的，而Binder for IM和Binder for WP分别是在InputMethodManagerService服务和WallpaperManagerService服务中创建的，用来描述一个输入法窗口和一个壁纸窗口。

图1中的对象的对应关系如下所示：

1. ActivityRecord-J对应于AppWindowToken-J，后者描述的一组窗口是{WindowState-A, WindowState-B, WindowState-B-1}，其中， WindowState-B-1是WindowState-B的子窗口。

2. ActivityRecord-K对应于AppWindowToken-K，后者描述的一组窗口是{WindowState-C, WindowState-C-1, WindowState-D, WindowState-D-1}，其中， WindowState-C-1是WindowState-C的子窗口，WindowState-D-1是WindowState-D的子窗口。

3. ActivityRecord-N对应于AppWindowToken-N，后者描述的一组窗口是{WindowState-E}，其中， WindowState-E是系统当前激活的Activity窗口。

4. Binder for IM对应于WindowToken-I，后者描述的一组窗口是{WindowState-I}，其中， WindowState-I是WindowState-E的输入法窗口。

5. Binder for WP对应于WindowToken-W，后者描述的一组窗口是{WindowState-W}，其中， WindowState-W是WindowState-E的壁纸窗口。

从图1还可以知道，Window Stack中的WindowState是按照它们所描述的窗口的Z轴位置从低到高排列的。

以上就是WindowManagerService服务组织系统中的窗口的抽象模型，接下来我们将分析AppWindowToken、WindowToken和WindowState的一些增加、移动和删除等操作，以便可以对这个抽象模型有一个更深刻的认识。

## 增加AppWindowToken

从前面Android应用程序窗口（Activity）与WindowManagerService服务的连接过程分析一文可以知道，一个Activity组件在启动的过程中，ActivityManagerService服务会调用调用WindowManagerService类的成员函数addAppToken来为它增加一个AppWindowToken，如下所示：

1. **public** **class** WindowManagerService **extends** IWindowManager.Stub
2. **implements** Watchdog.Monitor {
3. ......
5. /\*\*
6. \* Mapping from a token IBinder to a WindowToken object.
7. \*/
8. **final** HashMap<IBinder, WindowToken> mTokenMap =
9. **new** HashMap<IBinder, WindowToken>();
11. /\*\*
12. \* The same tokens as mTokenMap, stored in a list for efficient iteration
13. \* over them.
14. \*/
15. **final** ArrayList<WindowToken> mTokenList = **new** ArrayList<WindowToken>();
16. ......
18. /\*\*
19. \* Z-ordered (bottom-most first) list of all application tokens, for
20. \* controlling the ordering of windows in different applications.  This
21. \* contains WindowToken objects.
22. \*/
23. **final** ArrayList<AppWindowToken> mAppTokens = **new** ArrayList<AppWindowToken>();
24. ......
26. **public** **void** addAppToken(**int** addPos, IApplicationToken token,
27. **int** groupId, **int** requestedOrientation, **boolean** fullscreen) {
28. ......
30. **synchronized**(mWindowMap) {
31. AppWindowToken wtoken = findAppWindowToken(token.asBinder());
32. **if** (wtoken != ) {
33. ......
34. **return**;
35. }
36. wtoken = **new** AppWindowToken(token);
37. ......
38. mAppTokens.add(addPos, wtoken);
39. ......
40. mTokenMap.put(token.asBinder(), wtoken);
41. mTokenList.add(wtoken);
43. ......
44. }
45. }
47. ......
48. }

WMS类有三个成员变量mTokenMap、mTokenList和mAppTokens，它们都是用来描述系统中的窗口的。

成员变量mTokenMap指向的是一个HashMap，它里面保存的是一系列的WindowToken对象，每一个WindowToken对象都是用来描述一个窗口的，并且是以描述这些窗口的一个Binder对象的IBinder接口为键值的。例如，对于Activity组件类型的窗口来说，它们分别是以用来描述它们的一个ActivityRecord对象的IBinder接口保存在成员变量mTokenMap所指向的一个HashMap中的。

成员变量mTokenList指向的是一个ArrayList，它里面保存的也是一系列WindowToken对象，这些WindowToken对象与保存在成员变量mTokenMap所指向的一个HashMap中的WindowToken对象是一样的。成员变量mTokenMap和成员变量mTokenList的区别就在于，前者在给定一个IBinder接口的情况下，可以迅速指出是否存在一个对应的WindowToken对象，而后者可以迅速**遍**历WindowManagerService服务中的WindowToken对象。

成员变量mAppTokens指向的也是一个ArrayList，不过它里面保存的是一系列**AppWindowToken**对象，每一个AppWindowToken对象都是用来描述一个**Activity**组件窗口的，而这些AppWindowToken对象是以它们描述的窗口的Z轴坐标由小到大保存在这个ArrayList中的，这样我们就可以通过这个ArrayList来从上到下或者从下到上地遍历系统中的**所有Activity**组件窗口。由于这些AppWindowToken对象所描述的Activity组件窗口也是一个窗口，并且AppWindowToken类是从WindowToken继承下来的，因此，**这些AppWindowToken对象还会同时被保存在成员变量mTokenMap所指向的一个HashMap和成员变量mTokenList所指向的一个ArrayList中。**

理解了WMS类的这三个成员变量的含义之后，它的成员函数addAppToken的实现就好理解了，其中，参数token指向的便是用来描述正在启动的Activity组件所对应的一个ActivityRecord对象，而参数addPos用来描述该Activity组件在堆栈中的位置，这个位置同时也是接下来要创建的AppWindowToken对象在WMS类的mTokenList所描述的一个ArrayList中的位置。

WMS类的成员函数addAppToken首先调用另外一个成员函数findAppWindowToken来在成员变量mTokenMap所描述的一个HashMap检查是否已经存在一个AppWindowToken。如果已经存在的话，那么WindowManagerService类的成员函数addAppToken就什么也不做就返回了，否则的话，就会使用参数token来创建一个AppWindowToken对象，并且会将该AppWindowToken对象分别保存在WMS的成员变量mTokenMap、mTokenList和mAppTokens中。

## 删除AppWindowToken

删除AppWindowToken是通过调用WindowManagerService类的成员函数removeAppTokensLocked来实现的，如下所示：

1. **private** **void** removeAppTokensLocked(List<IBinder> tokens) {
2. // XXX This should be done more efficiently!
3. // (take advantage of the fact that both lists should be
4. // ordered in the same way.)
5. **int** N = tokens.size();
6. **for** (**int** i=0; i<N; i++) {
7. IBinder token = tokens.get(i);
8. **final** AppWindowToken wtoken = findAppWindowToken(token);
9. **if** (!mAppTokens.remove(wtoken)) {
10. ......
11. i--;
12. N--;
13. }
14. }
15. }

WindowManagerService类的成员函数removeAppTokensLocked可以同时删除一组AppWindowToken对象。

参数tokens所描述的是一个IBinder接口列表，与这些IBinder接口所对应的AppWindowToken对象就是接下来要删除的。WindowManagerService类的成员函数removeAppTokensLocked通过一个for循环来依次调用另外一个成员函数findAppWindowToken，以便可以找到保存在列表tokens中的每一个IBinder接口所对应的AppWindowToken对象，然后将该AppWindowToken对象从WindowManagerService类的成员变量mAppTokens所描述的一个ArrayList中删除。

注意，WindowManagerService类的成员函数removeAppTokensLocked是在内部使用的，它只是把一个AppWindowToken对象从成员变量mAppTokens中删除，而没有从另外两个成员变量mTokenMap和mTokenList中删除。

## 移动AppWindowToken至指定位置

移动AppWindowToken至指定位置是通过调用WMS类的成员函数moveAppToken来实现的，如下所示：

1. **public** **void** moveAppToken(**int** index, IBinder token) {
2. **if** (!checkCallingPermission(android.Manifest.permission.MANAGE\_APP\_TOKENS,
3. "moveAppToken()")) {
4. **throw** **new** SecurityException("Requires MANAGE\_APP\_TOKENS permission");
5. }
7. **synchronized**(mWindowMap) {
8. ......
9. **final** AppWindowToken wtoken = findAppWindowToken(token);
10. **if** (wtoken ==  || !mAppTokens.remove(wtoken)) {
11. ......
12. **return**;
13. }
14. mAppTokens.add(index, wtoken);
15. ......
17. **final** **long** origId = Binder.clearCallingIdentity();
18. ......
19. **if** (tmpRemoveAppWindowsLocked(wtoken)) {
20. ......
21. reAddAppWindowsLocked(findWindowOffsetLocked(index), wtoken);
22. ......
23. updateFocusedWindowLocked(UPDATE\_FOCUS\_WILL\_PLACE\_SURFACES);
24. mLayoutNeeded = **true**;
25. performLayoutAndPlaceSurfacesLocked();
26. }
27. Binder.restoreCallingIdentity(origId);
28. }
29. }

参数token描述的是要移动的AppWindowToken对象所对应的一个IBinder接口，而参数index描述的是该AppWindowToken对象要移动到的位置。注意，移动一个AppWindowToken对象到指定的位置是需要android.Manifest.permission.MANAGE\_APP\_TOKENS权限的。

WMS类的成员函数moveAppToken首先找到与参数token所对应的AppWindowToken对象，并且将该AppWindowToken对象从WMS类的成员变量mAppTokens所描述的一个ArrayList中移除，这样做的目的是为了接下来可以将该AppWindowToken对象移动至该ArrayList中的指定位置上，即参数index所描述的位置上。

注意，上述操作只是将参数token所对应的AppWindowToken对象移动到了WMS类的成员变量mAppTokens所描述的一个ArrayList的指定位置上，接下来还需要同时将与该A**ppWindowToken对象所对应的WindowState**对象移动至WMS服务内部的一个WindowState堆栈合适位置上去。

**移动对应的WindowState**对象的操作同样也是分两步执行的：第一步先调用WMS类的成员函数tmpRemoveAppWindowsLocked来将这些WindowState对象从**原来的WindowState堆栈位置移除**；第二步再调用WMS类的成员函数reAddAppWindowsLocked来将这些WindowState对象**插入到WindowState堆栈的合适位置去**。

对应的WindowState对象被移动到的合适位置是通过调用WMS类的成员函数findWindowOffsetLocked来获得的，它的实现如下所示：

1. 参考/\*\*
2. \* Z-ordered (bottom-most first) list of all Window objects.
3. \*/
4. **final** ArrayList<WindowState> mWindows = **new** ArrayList<WindowState>();
5. ......
7. **private** **int** findWindowOffsetLocked(**int** tokenPos) {
8. **final** **int** NW = mWindows.size();
10. **if** (tokenPos >= mAppTokens.size()) {
11. **int** i = NW;
12. **while** (i > 0) {
13. i--;
14. WindowState win = mWindows.get(i);
15. **if** (win.getAppToken() != ) {
16. **return** i+1;
17. }
18. }
19. }
21. **while** (tokenPos > 0) {
22. // Find the first app token below the new position that has
23. // a window displayed.
24. **final** AppWindowToken wtoken = mAppTokens.get(tokenPos-1);
25. ......
26. **if** (wtoken.sendingToBottom) {
27. ......
28. tokenPos--;
29. **continue**;
30. }
31. **int** i = wtoken.windows.size();
32. **while** (i > 0) {
33. i--;
34. WindowState win = wtoken.windows.get(i);
35. **int** j = win.mChildWindows.size();
36. **while** (j > 0) {
37. j--;
38. WindowState cwin = win.mChildWindows.get(j);
39. **if** (cwin.mSubLayer >= 0) {
40. **for** (**int** pos=NW-1; pos>=0; pos--) {
41. **if** (mWindows.get(pos) == cwin) {
42. ......
43. **return** pos+1;
44. }
45. }
46. }
47. }
48. **for** (**int** pos=NW-1; pos>=0; pos--) {
49. **if** (mWindows.get(pos) == win) {
50. ......
51. **return** pos+1;
52. }
53. }
54. }
55. tokenPos--;
56. }
58. **return** 0;
59. }

参数tokenPos描述的是一个AppWindowToken对象在WindowManagerService类的成员变量mAppTokens所描述的一个ArrayList的位置，WindowManagerService类的成员函数findWindowOffsetLocked的目标就要找到与该AppWindowToken对象所对应的WindowState对象在WindowManagerService服务内部的一个WindowState堆栈的起始偏移位置。有了这个起始偏移位置之后，我们就可以将对应的所有WindowState对象有序地插入到该WindowState堆栈中去。WindowManagerService服务内部的WindowState堆栈是通过WindowManagerService类的成员变量mWindows来描述的。接下来我们就分两种情况来分析这个起始偏移位置的计算过程。

第一种情况是参数tokenPos的值大于WindowManagerService类的成员变量mAppTokens所描述的一个ArrayList的大小。这是一种**异常**情况，一般来说，参数tokenPos是指向mAppTokens列表的某一个位置的，不过这时候意味着它所描述的AppWindowToken对象的Z轴位置要大于mAppTokens列表的最上面的一个AppWindowToken对象的Z轴位置的。这也就是说，与参数tokenPos所描述的AppWindowToken对象所对应的WindowState对象的要位于与mAppTokens列表的最上面的一个AppWindowToken对象所对应的任一个WindoState对象的上面。因此，就需要找到与mAppTokens列表的最上面的一个AppWindowToken对象所对应的**Z轴位置最大的一个WindoState**对象在WindowState堆栈中的位置i，然后就可以知道与参数tokenPos所描述的AppWindowToken对象所对应的WindowState对象在WindowState堆栈的起始偏移位置为i+1。

如何找到mAppTokens列表的最上面的一个AppWindowToken对象所对应的Z轴位置最大的一个WindoState对象在WindowState堆栈中的位置i呢？从图1可以可得到一个结论：WMS内部中的所有WindowState对象都是**按照Z轴从位置从小到大排列在WindowState堆栈中的**，并且在mAppTokens列表中，位于上面的一个AppWindowToken对象所对应的那些WindowState对象的Z轴位置是一定大于位于下面的一个AppWindowToken对象所对应的那些WindowState对象的Z轴位置的。**因此，我们只要从WindowState堆栈的顶端开始往下遍历，找到这样的一个WindowState对象，它是属于一个AppWindowToken对象的，即它的成员函数getAppToken的返回值不等于null**，那么它在WindowState堆栈中的位置就是我们要找到的位置i。有了这个位置i之后，将它的值加上1，就可以得到参数t所描述的AppWindowToken对象所对应的WindowState对象在WindowState堆栈的起始偏移位置了。

第二种情况是参数tokenPos的值小于WindowManagerService类的成员变量mAppTokens所描述的一个ArrayList的大小。根据前面得到的推论，我们只要在mAppTokens列表中找到一个AppWindowToken对象，它满足以下三个条件：

A. 它在mAppTokens列表中的位置小于tokenPos；

B. 它在WindowState堆栈中对应有WindowState对象；

C. 它不是将要置于WindowState堆栈的底部。

如果一个AppWindowToken对象在WindowState堆栈中对应有WindowState对象，那么这些WindowState对象也会同时按照Z轴从小到大的顺序保存它的成员变量windows所描述的一个ArrayList中，这意味着如果一个AppWindowToken对象满足条件B，那么它的成员变量windows所描述的一个ArrayList的大小就大于0。

如果一个AppWindowToken对象不是将要置于WindowState堆栈的底部，那么它的成员变量sendingToBottom的值就不等于true，这也意味这个AppWindowToken对象满足条件C。

如果能找到满足上述条件的一个AppWindowToken对象wtoken，那么我们只要找到与它所对应的Z轴位置最大的WindowState对象在WindowManagerService服务内部的WindowState堆栈中的位置i，那么将它的值加1，就可以得到与参数tokenPos所描述的AppWindowToken对象所对应的WindowState对象在WindowState堆栈的起始偏移位置了。

那么如何找到与这个AppWindowToken对象wtoken对应的Z轴位置最大的WindowState对象在WMS服务内部的WindowState堆栈中的位置i呢？从前面的图1可以知道，一个AppWindowToken对象所对应的WindowState对象可以划分为两种类型：第一种类型是父窗口类型的；第二种是子窗口类型的。如果一个WindowState对象所描述的窗口是父窗口，那么它的子窗口就保存在它的成员变量mChildWindows所描述的一个ArrayList中，并且这些子窗口是按照Z轴位置从小到大的顺序排列的，同时，该WindowState对象也会保存在与它所对应的一个AppWindowToken对象的成员变量windows所描述的一个ArrayList中。

有了上述结论，并且假设存在一个能够满足上述三个条件的AppWindowToken对象wtoken，那么就可以从上到下遍历保存在它的成员变量windows所描述的一个ArrayList中的每一个WindowState对象win：

I. 如果WindowState对象win所描述的一个窗口具有子窗口，那么就继续从上到下遍历这些子窗口，即从上到下遍历WindowState对象win的成员变量mChildWindows所描述的一个ArrayList。如果能找到一个WindowState对象cwin，它的成员变量mSubLayer的值大于等于0，那么该WindowState对象cwin在WindowManagerService服务内部的WindowState堆栈中的位置就是我们要得到的位置i。注意，如果WindowState对象cwin的成员变量mSubLayer的值小于0，那么它虽然是一个子窗口，但是它却是位于父窗口的后面的，即它的Z轴位置是小于父窗口的Z轴位置的。

II. 如果WindowState对象win所描述的一个窗口不具有子窗口，即它的成员变量mChildWindows所描述的一个ArrayList的大小等于0，那么它在WindowManagerService服务内部的WindowState堆栈中的位置就是我们要得到的位置i。

得到了位置i之后，将它的值加1，那么就可以得到与参数tokenPos所描述的AppWindowToken对象所对应的WindowState对象在WindowState堆栈的起始偏移位置了。

回到WindowManagerService类的成员函数moveAppToken中，调整好参数token所描述的AppWindowToken对象所对应的WindowState对象在WindowState堆栈中的位置之后，即调用了成员函数reAddAppWindowsLocked之后，这时候系统中的窗口的布局就会发生了变化，即系统中的窗口的Z轴位置关系发生了变化，那么接下来就需要调用成员函数updateFocusedWindowLocked来重新计算系统中的窗口的Z轴位置，并且调用成员函数performLayoutAndPlaceSurfacesLocked来重新布局系统中的窗口。

## 移动AppWindowToken至顶端

移动AppWindowToken至顶端是通过调用WindowManagerService类的成员函数moveAppTokensToTop来实现的，如下所示：

1. **public** **void** moveAppTokensToTop(List<IBinder> tokens) {
2. **if** (!checkCallingPermission(android.Manifest.permission.MANAGE\_APP\_TOKENS,
3. "moveAppTokensToTop()")) {
4. **throw** **new** SecurityException("Requires MANAGE\_APP\_TOKENS permission");
5. }
7. **final** **long** origId = Binder.clearCallingIdentity();
8. **synchronized**(mWindowMap) {
9. removeAppTokensLocked(tokens);
10. **final** **int** N = tokens.size();
11. **for** (**int** i=0; i<N; i++) {
12. AppWindowToken wt = findAppWindowToken(tokens.get(i));
13. **if** (wt != ) {
14. mAppTokens.add(wt);
15. **if** (mNextAppTransition != WindowManagerPolicy.TRANSIT\_UNSET) {
16. mToTopApps.remove(wt);
17. mToBottomApps.remove(wt);
18. mToTopApps.add(wt);
19. wt.sendingToBottom = **false**;
20. wt.sendingToTop = **true**;
21. }
22. }
23. }
25. **if** (mNextAppTransition == WindowManagerPolicy.TRANSIT\_UNSET) {
26. moveAppWindowsLocked(tokens, mAppTokens.size());
27. }
28. }
29. Binder.restoreCallingIdentity(origId);
30. }

WindowManagerService类的成员函数moveAppTokensToTop可以同时将一组AppWindowToken移至顶端，同时需要调用者具有android.Manifest.permission.MANAGE\_APP\_TOKENS权限。

参数tokens所描述的是一个IBinder接口列表，与这些IBinder接口所对应的AppWindowToken对象就是接下来要移至顶端的。在将保存在参数tokens中的IBinder接口所对应的AppWindowToken对象移至顶端之前，WindowManagerService类的成员函数首先会调用前面所描述的成员函数removeAppTokensLocked来删除这些AppWindowToken对象，然后再依次将它们添加到WindowManagerService类的成员变量mAppTokens所描述的一个ArrayList的末尾去。

注意，WindowManagerService类的成员变量mNextAppTransition用来描述系统当前是否正在切换Activity窗口。如果是的话，那么它的值就不等于WindowManagerPolicy.TRANSIT\_UNSET，这时候就需要：

A. 将所有要移至顶端的AppWindowToken对象都保存在WindowManagerService类的另外一个成员变量mToTopApps所描述的一个ArrayList中去，并且将这些AppWindowToken对象的成员变量sendingToTop的值设置为true。

B. 将所有要移至顶端的AppWindowToken对象所对应WindowState对象都移至WindowManagerService服务内部的一个WindowState堆栈的顶端去，这是通过调用另外一个成员函数moveAppWindowsLocked来实现的。

执行完成上述两个操作之后，与要移至顶端的AppWindowToken对象所对应的窗口就会位于窗口堆栈的最上面了。

## 移动AppWindowToken至底端

移动AppWindowToken至顶端是通过调用WindowManagerService类的成员函数moveAppTokensToBottom来实现的，如下所示：

1. **public** **void** moveAppTokensToBottom(List<IBinder> tokens) {
2. **if** (!checkCallingPermission(android.Manifest.permission.MANAGE\_APP\_TOKENS,
3. "moveAppTokensToBottom()")) {
4. **throw** **new** SecurityException("Requires MANAGE\_APP\_TOKENS permission");
5. }
7. **final** **long** origId = Binder.clearCallingIdentity();
8. **synchronized**(mWindowMap) {
9. removeAppTokensLocked(tokens);
10. **final** **int** N = tokens.size();
11. **int** pos = 0;
12. **for** (**int** i=0; i<N; i++) {
13. AppWindowToken wt = findAppWindowToken(tokens.get(i));
14. **if** (wt != ) {
15. mAppTokens.add(pos, wt);
16. **if** (mNextAppTransition != WindowManagerPolicy.TRANSIT\_UNSET) {
17. mToTopApps.remove(wt);
18. mToBottomApps.remove(wt);
19. mToBottomApps.add(i, wt);
20. wt.sendingToTop = **false**;
21. wt.sendingToBottom = **true**;
22. }
23. pos++;
24. }
25. }
27. **if** (mNextAppTransition == WindowManagerPolicy.TRANSIT\_UNSET) {
28. moveAppWindowsLocked(tokens, 0);
29. }
30. }
31. Binder.restoreCallingIdentity(origId);
32. }

WindowManagerService类的成员函数moveAppTokensToBottom可以同时将一组AppWindowToken移至底端。将一组AppWindowToken移至底端与将一组AppWindowToken移至顶端的实现是类似的，只不过是移动的方向相反而已。因此，WindowManagerService类的成员函数moveAppTokensToBottom的实现可以参考前面所分析的成员函数moveAppTokensToTop的实现，这里不再详述。

## 增加WindowToken

从图1可以知道，如果一个WindowState对象不是与一个AppWindowToken对象对应的，那么它就必须要与一个WindowToken对象对应。例如，用来描述输入法窗口和壁纸窗口的WindowState对象对应的就是WindowToken对象，而不是AppWindowToken对象，因为它们不是Activity类型的窗口。

输入法窗口和壁纸窗口分别是由输入法管理服务InputMethodManagerService和壁纸管理服务WallpaperManagerService调用WindowManagerService类的成员函数addWindowToken来增加对应的WindowToken对象的，如下所示：

1. **public** **void** addWindowToken(IBinder token, **int** type) {
2. **if** (!checkCallingPermission(android.Manifest.permission.MANAGE\_APP\_TOKENS,
3. "addWindowToken()")) {
4. **throw** **new** SecurityException("Requires MANAGE\_APP\_TOKENS permission");
5. }
7. **synchronized**(mWindowMap) {
8. WindowToken wtoken = mTokenMap.get(token);
9. **if** (wtoken != ) {
10. Slog.w(TAG, "Attempted to add existing input method token: " + token);
11. **return**;
12. }
13. wtoken = **new** WindowToken(token, type, **true**);
14. mTokenMap.put(token, wtoken);
15. mTokenList.add(wtoken);
16. **if** (type == TYPE\_WALLPAPER) {
17. mWallpaperTokens.add(wtoken);
18. }
19. }
20. }

调用WindowManagerService类的成员函数addWindowToken需要具有android.Manifest.permission.MANAGE\_APP\_TOKENS权限。

对于输入法窗口和壁纸窗口来说，参数token指向的是与它们所关联的一个Binder对象的IBinder接口，而参数type描述的是要在WindowManagerService服务内部增加WindowToken对象的窗口的类型。

WindowManagerService类的成员函数addWindowToken首先检查在成员变量mTokenMap所描述的一个HashMap检查是否已经存在一个WindowToken对象与参数token对应。如果已经存在的话，那么WindowManagerService类的成员函数addWindowToken就什么也不做就返回了，否则的话，就会使用参数token来创建一个WindowToken对象，并且会将该WindowToken对象分别保存在WindowManagerService类的成员变量mTokenMap和mTokenList中。

这里有两个地方需要注意：

A. 由于这里增加的是WindowToken对象，而不是AppWindowToken对象，因此，与增加AppWindowToken不同，这里不需要将新创建的WindowToken对象保存在WindowManagerService类的成员变量mAppTokens中。

B. 如果参数type的值等于TYPE\_WALLPAPER，那么就意味着新创建的WindowToken对象是用来描述壁纸窗口的，这时候还需要将新创建的WindowToken对象保存在WindowManagerService类的成员变量mWallpaperTokens所描述的一个ArrayList中，以方便管理壁纸窗口。

对于非输入法窗口、非壁纸窗口以及非Activity窗口来说，它们所对应的WindowToken对象是在它们增加到WindowManagerService服务的时候创建的。从前面Android应用程序窗口（Activity）与WindowManagerService服务的连接过程分析一文可以知道，增加一个窗口WindowManagerService服务最终是通过调用WindowManagerService类的成员函数addWindow来实现的，接下来我们就主要分析与创建WindowToken相关的逻辑，如下所示：

1. **public** **int** addWindow(Session session, IWindow client,
2. WindowManager.LayoutParams attrs, **int** viewVisibility,
3. Rect outContentInsets, InputChannel outInputChannel) {
4. ......
6. **synchronized**(mWindowMap) {
7. ......
9. **boolean** addToken = **false**;
10. WindowToken token = mTokenMap.get(attrs.token);
11. **if** (token == ) {
12. **if** (attrs.type >= FIRST\_APPLICATION\_WINDOW
13. && attrs.type <= LAST\_APPLICATION\_WINDOW) {
14. ......
15. **return** WindowManagerImpl.ADD\_BAD\_APP\_TOKEN;
16. }
17. **if** (attrs.type == TYPE\_INPUT\_METHOD) {
18. ......
19. **return** WindowManagerImpl.ADD\_BAD\_APP\_TOKEN;
20. }
21. **if** (attrs.type == TYPE\_WALLPAPER) {
22. ......
23. **return** WindowManagerImpl.ADD\_BAD\_APP\_TOKEN;
24. }
25. token = **new** WindowToken(attrs.token, -1, **false**);
26. addToken = **true**;
27. }
29. ......
31. **if** (addToken) {
32. mTokenMap.put(attrs.token, token);
33. mTokenList.add(token);
34. }
36. ......
37. }
39. ......
40. }

如果参数attrs所描述的一个WindowManager.LayoutParams对象的成员变量token所指向的一个IBinder接口在WindowManagerService类的成员变量mTokenMap所描述的一个HashMap中没有一个对应的WindowToken对象，并且该WindowManager.LayoutParams对象的成员变量type的值不等于TYPE\_INPUT\_METHOD、TYPE\_WALLPAPER，以及不在FIRST\_APPLICATION\_WINDOW和LAST\_APPLICATION\_WINDOW，那么就意味着这时候要增加的窗口就既不是输入法窗口，也不是壁纸窗口和Activity窗口，因此，就需要以参数attrs所描述的一个WindowManager.LayoutParams对象的成员变量token所指向的一个IBinder接口为参数来创建一个WindowToken对象，并且将该WindowToken对象保存在WindowManagerService类的成员变量mTokenMap和mTokenList中。

## 删除WindowToken

删除WindowToken是通过调用WindowManagerService类的成员函数removeWindowToken来实现的，如下所示：

1. **public** **void** removeWindowToken(IBinder token) {
2. **if** (!checkCallingPermission(android.Manifest.permission.MANAGE\_APP\_TOKENS,
3. "removeWindowToken()")) {
4. **throw** **new** SecurityException("Requires MANAGE\_APP\_TOKENS permission");
5. }
7. **final** **long** origId = Binder.clearCallingIdentity();
8. **synchronized**(mWindowMap) {
9. WindowToken wtoken = mTokenMap.remove(token);
10. mTokenList.remove(wtoken);
11. **if** (wtoken != ) {
12. **boolean** delayed = **false**;
13. **if** (!wtoken.hidden) {
14. wtoken.hidden = **true**;
16. **final** **int** N = wtoken.windows.size();
17. **boolean** changed = **false**;
19. **for** (**int** i=0; i<N; i++) {
20. WindowState win = wtoken.windows.get(i);
22. **if** (win.isAnimating()) {
23. delayed = **true**;
24. }
26. **if** (win.isVisibleNow()) {
27. applyAnimationLocked(win,
28. WindowManagerPolicy.TRANSIT\_EXIT, **false**);
29. changed = **true**;
30. }
31. }
33. **if** (changed) {
34. mLayoutNeeded = **true**;
35. performLayoutAndPlaceSurfacesLocked();
36. updateFocusedWindowLocked(UPDATE\_FOCUS\_NORMAL);
37. }
39. **if** (delayed) {
40. mExitingTokens.add(wtoken);
41. } **else** **if** (wtoken.windowType == TYPE\_WALLPAPER) {
42. mWallpaperTokens.remove(wtoken);
43. }
44. }
46. ......
47. } **else** {
48. Slog.w(TAG, "Attempted to remove non-existing token: " + token);
49. }
50. }
51. Binder.restoreCallingIdentity(origId);
52. }

调用WindowManagerService类的成员函数removeWindowToken需要具有android.Manifest.permission.MANAGE\_APP\_TOKENS权限。

WindowManagerService类的成员函数removeWindowToken首先找到与参数token所描述的Binder接口所对应的WindowToken对象，接着再将该WindowToken对象从WindowManagerService类的成员变量mTokenMap和mTokenList中删除。

删除了一个WindowToken对象之后，如果该WindowToken对象不是处于不可见的状态，即它的成员变量hidden的值不等于false，那么就意味着它所描述窗口口也有可能是可见的，那么WindowManagerService类的成员函数removeWindowToken就需要作以下两个检查：

A. 如果该WindowToken对象所描述的窗口的其中一个处于动画显示过程，即用来描述该窗口的一个WindowState对象的成员函数isAnimating的返回值等于true，那么就需要该WindowToken对象的状态设置为正在退出状态，即将它保存在WindowManagerService类的成员变量mExitingTokens所描述的一个ArrayList中。

B. 如果该WindowToken对象所描述的窗口是可见的，即用来描述该窗口的一个WindowState对象的成员函数isVisibleNow的返回值等于true，那么就需要调用WindowManagerService类的成员函数applyAnimationLocked来给它应用一个退出动画，该退出动画是通过调用WindowManagerService类的成员函数performLayoutAndPlaceSurfacesLocked来实现的。当一个窗口退出了之后，系统当前获得焦点的窗口可能会发生变化，这时候就需要调用WindowManagerService类的成员函数updateFocusedWindowLocked来重新调整系统当前获得焦点的窗口。

注意，如果正在删除的WindowToken对象是用来描述壁纸窗口的，那么还需要将该WindowToken对象从WindowManagerService类的成员变量mWallpaperTokens所描述的一个ArrayList中删除。

* 1. 增加WindowState

从前面Android应用程序窗口（Activity）与WindowManagerService服务的连接过程分析一文可以知道，增加一个窗口WindowManagerService服务最终是通过调用WindowManagerService类的成员函数addWindow来实现的，如下所示：

1. /\*\*
2. \* Mapping from an IWindow IBinder to the server's Window object.
3. \* This is also used as the lock for all of our state.
4. \*/
5. **final** HashMap<IBinder, WindowState> mWindowMap = **new** HashMap<IBinder, WindowState>();
6. ......
8. /\*\*
9. \* Z-ordered (bottom-most first) list of all Window objects.
10. \*/
11. **final** ArrayList<WindowState> mWindows = **new** ArrayList<WindowState>();
12. ......
14. **public** **int** addWindow(Session session, IWindow client,
15. WindowManager.LayoutParams attrs, **int** viewVisibility,
16. Rect outContentInsets, InputChannel outInputChannel) {
17. ......
19. WindowState win = ;
21. **synchronized**(mWindowMap) {
22. ......
24. win = **new** WindowState(session, client, token,
25. attachedWindow, attrs, viewVisibility);
26. ......
28. mWindowMap.put(client.asBinder(), win);
29. ......
31. **if** (attrs.type == TYPE\_INPUT\_METHOD) {
32. mInputMethodWindow = win;
33. addInputMethodWindowToListLocked(win);
34. ......
35. } **else** **if** (attrs.type == TYPE\_INPUT\_METHOD\_DIALOG) {
36. mInputMethodDialogs.add(win);
37. addWindowToListInOrderLocked(win, **true**);
38. adjustInputMethodDialogsLocked();
39. ......
40. } **else** {
41. addWindowToListInOrderLocked(win, **true**);
42. **if** (attrs.type == TYPE\_WALLPAPER) {
43. .......
44. adjustWallpaperWindowsLocked();
45. } **else** **if** ((attrs.flags&FLAG\_SHOW\_WALLPAPER) != 0) {
46. adjustWallpaperWindowsLocked();
47. }
48. }
50. ......
51. }
53. ......
54. }

WindowManagerService类有两个成员变量mWindowMap和mWindows是用来保存系统中的WindowState对象。其中，成员变量mWindowMap指向的是一个HashMap，它的关键字是一个IBinder接口，一般这个IBinder接口指向的是一个Binder代理对象，引用了运行在应用程序进程这一侧的一个类型为W的Binder本地对象，用来描述一个窗口；成员变量mWindows指向的是一个ArrayList，保存在它里面的WindowState对象是按照其Z轴位置从小到大的顺序排列的。成员变量mWindowMap和mWindows的区别在于，前者给在定一个IBinder接口的情况下，可以快速找到与对应的WindowState对象，而后者用来从上到下或者下到上遍历系统的WindowState对象。由于系统中的WindowState对象是按照其Z轴位置从小到大的顺序排列在成员变量mWindows中的，因此，成员变量mWindows所指向的ArrayList就是我们在前面图1中所说的Window Stack。

理解了WindowManagerService类有两个成员变量mWindowMap和mWindows的作用之后，WindowManagerService类的成员函数addWindow增加一个WindowState对象的过程就容易理解了。

参数client是一个Binder代理对象，引用了运行在应用程序进程这一侧的一个类型为W的Binder本地对象，用来描述要增加到WindowManagerService服务中的一个窗口。WindowManagerService类的成员函数addWindow首先创建一个WindowState对象win，接着再以参数client所描述的一个Binder代理对象的IBinder接口为关键字，将WindowState对象win保存在WindowManagerService类的成员变量mWindowMap中，最后还会根据要增加到WindowManagerService服务中的窗口的类型来调用不同的成员函数将WindowState对象win增加到WindowManagerService类的成员变量mWindows中：

A. 如果要增加的是输入法窗口，即参数attrs所描述的一个WindowManager.LayoutParams对象的成员变量type的值等于TYPE\_INPUT\_METHOD，那么就会调用成员函数addInputMethodWindowToListLocked来将WindowState对象win增加到WindowManagerService类的成员变量mWindows中去，并且会将WindowState对象win保存在WindowManagerService类的成员变量mInputMethodWindow中。

B. 如果要增加的是输入法对话框，即参数attrs所描述的一个WindowManager.LayoutParams对象的成员变量type的值等于TYPE\_INPUT\_METHOD\_DIALOG，那么就会调用成员函数addWindowToListInOrderLocked来将WindowState对象win增加到WindowManagerService类的成员变量mWindows中去，并且会将WindowState对象win保存在WindowManagerService类的成员变量mInputMethodDialogs中，以及调用成员函数adjustInputMethodDialogsLocked来调整刚才所添加的输入法窗口在窗口堆栈中的位置，使得它位于系统当前需要输入法窗口的窗口的上面。

C. 如果要增加的是壁纸窗口，即参数attrs所描述的一个WindowManager.LayoutParams对象的成员变量type的值等于TYPE\_WALLPAPER，那么就会调用成员函数addWindowToListInOrderLocked来将WindowState对象win增加到WindowManagerService类的成员变量mWindows中去，并且会调用成员函数adjustWallpaperWindowsLocked来调整刚才所添加的壁纸窗口在窗口堆栈中的位置，使得它位于系统当前需要壁纸窗口的窗口的下面。

D . 如果要增加的既不是输入法窗口，也不是输入法对话框和壁纸窗口，那么就只会调用成员函数addWindowToListInOrderLocked来将WindowState对象win增加到WindowManagerService类的成员变量mWindows中去，但是如果要增加的窗口需要显示壁纸，即参数attrs所描述的一个WindowManager.LayoutParams对象的成员变量flags的FLAG\_SHOW\_WALLPAPER位等于1，那么还会继续调用成员函数adjustWallpaperWindowsLocked来调整系统中的壁纸窗口在窗口堆栈中的位置，使得它位于刚才所添加的窗口的下面。

在后面的两篇文章中，我们再详细分析WindowManagerService类的成员函数addInputMethodWindowToListLocked、adjustInputMethodDialogsLocked和adjustWallpaperWindowsLocked的实现，其中，前两者是与输入法窗口相关的，而后者是与壁纸窗口相关的。本文主要关注WindowManagerService类的成员函数addWindowToListInOrderLocked的实现，它会将一个指定的WindowState对象增加到窗口堆栈中的合适位置上去。

## 增加WindowState到窗口堆栈

从前面的分析可以知道，将一个WindowState对象增加到WMS服务内部中的窗口堆栈，即WMS类的成员变量mWindows，是通过调用WMS类的成员函数addWindowToListInOrderLocked来实现的。

WMS类的成员函数addWindowToListInOrderLocked的实现比较复杂，我们先列出它的框架，然后再详细分析它的实现，如下所示：

1. **private** **void** addWindowToListInOrderLocked(WindowState win, **boolean** addToToken) {
2. **final** IWindow client = win.mClient;
3. **final** WindowToken token = win.mToken;
4. **final** ArrayList<WindowState> localmWindows = mWindows;
6. **final** **int** N = localmWindows.size();
7. **final** WindowState attached = win.mAttachedWindow;
8. **int** i;
9. **if** (attached == ) {
10. //CASE 1：要增加的窗口win没有附加在其它窗口上
11. **int** tokenWindowsPos = token.windows.size();
12. **if** (token.appWindowToken != ) {
13. //CASE 1.1：要增加的窗口win是一个Activity窗口
14. **int** index = tokenWindowsPos-1;
15. **if** (index >= 0) {
16. //CASE 1.1.1：用来要增加的窗口win的令牌token已存在其它窗口
17. ......
18. } **else** {
19. //CASE 1.1.2：用来要增加的窗口win的令牌token尚未存在任何窗口
20. ......
21. }
22. } **else** {
23. //CASE 1.2：要增加的窗口win不是一个Activity窗口
24. ......
25. }
26. **if** (addToToken) {
27. token.windows.add(tokenWindowsPos, win);
28. }
29. } **else** {
30. //CASE 2：要增加的窗口win附加在窗口attached上
31. ......
32. }
34. **if** (win.mAppToken !=  && addToToken) {
35. win.mAppToken.allAppWindows.add(win);
36. }
37. }
39. ......

我们首先分析一下WMS类的成员函数addWindowToListInOrderLocked的几个本地变量的含义：

A. token。本地变量token指向的是参数win所描述的一个WindowState对象的成员变量mToken所指向一个WindowToken对象，这个WindowToken对象用来描述WindowState对象win所对应的窗口令牌。

B. localmWindows。本地变量localmWindows指向的是WMS类的成员变量mWindows所描述的一个ArrayList，即一个窗口堆栈，WMS类的成员函数addWindowToListInOrderLocked的目标就是要将参数win所描述的一个WindowState对象增加到该窗口堆栈的合适位置上去。

C. attached。本地变量attached指向的是参数win所描述的一个WindowState对象的成员变量mAttachedWindow 所指向的一个WindowState对象，如果它的值不等于null，那么就意味参数win所描述的窗口要附加在本地变量attached所描述的窗口上。

D. tokenWindowsPos。本地变量tokenWindowsPos用来描述与窗口令牌token所对应的窗口的数量。

E. token.appWindowToken。从前面Android应用程序窗口（Activity）与WMS服务的连接过程分析一文可以知道，如果一个WindowToken对象的成员变量appWindowToken的值不等于null，那么就意味着该WindowToken对象的实际类型为是AppWindowToken，即它所描述的是一个Activity窗口令牌，这种类型的令牌的特点是在ActivityManagerService服务的Activity组件堆栈中对应有一个ActivityRecord对象，如图1所示。

F. index。本地变量index的值等于tokenWindowsPos-1，如果它的值大于等于0，那么就意味着窗口令牌tokent已经存在其它窗口，否则的话，就意味着窗口令牌tokent尚未存在任何窗口。

从这些本地变量的含义，我们就可以分情况来将参数win所描述的一个WindowState对象增加到WMS服务内部的窗口堆栈的合适位置上去：

CASE 1：要增加的窗口win没有附加在其它窗口上

----CASE 1.1：要增加的窗口win是一个Activity窗口

----CASE 1.1.1：用来要增加的窗口win的令牌token已存在其它窗口。这时候意味着窗口win需要保存在其它已经存在的窗口的附近，因此，我们只要找到这些已经存在的窗口在窗口堆栈中的位置，那么再根据其它属性，就可以将窗口win保存在已经存在的窗口的上面或者下面。

----CASE 1.1.2：用来要增加的窗口win的令牌token尚未存在任何窗口。虽然这时候窗口win在窗口堆栈中没有位置可以参考，但是它毕竟是一个Activity窗口，我们可以通过与它所对应的AppWindowToken对象在App Token List（即WMS类的成员变量mAppTokens所描述的一个ArrayList）中的位置来获得它窗口堆栈中的位置。回忆我们在前面第3节分析移动AppWindowToken至指定位置的操作时得到的结论：WMS服务内部中的所有WindowState对象都是按照Z轴从位置从小到大排列在WindowState堆栈中的，并且在mAppTokens列表中，位于上面的一个AppWindowToken对象所对应的那些WindowState对象的Z轴位置是一定大于位于下面的一个AppWindowToken对象所对应的那些WindowState对象的Z轴位置的。因此，我们只要找到用来描述窗口win的一个AppWindowToken对象（token.appWindowToken）的上一个或者下一个AppWindowToken对象所对应的窗口在窗口堆栈中的位置，那么就可以这个位置为参考，得到窗口win在窗口堆栈中的位置。

----CASE 1.2：要增加的窗口win不是一个Activity窗口。这时候既然要增加的窗口也没有附加在其它窗口上，那么就意味着要增加的窗口win在窗口堆栈中没有位置可以参考，因此，我们就需要根据它的Z轴位置来决定它在窗口堆栈的位置。

CASE 2：要增加的窗口win附加在窗口attached上。这时候就意味着要增加的窗口win要保存在窗口attached的上面，即窗口在窗口堆栈的位置要以窗口attached在窗口堆栈的位置为参考。

从上面的分析就可以知道，CASE 1.1.1、CASE 1.1.2和CASE 2都有一个共同特点，即要增加的窗口win在窗口堆栈的位置有一个参考值，而在CASE 1.2中，要增加的窗口win在窗口堆栈的位置没有参考值，需要通过其Z轴位置来确定。

在分析上述四种情况之前， 我们还需要再说明一下WMS类的成员函数addWindowToListInOrderLocked的参数addToToken的含义。参数addToToken是一个布尔变量，如果它的值等于true，那么就说明需要将参数win所描述的一个WindowState对象添加用来描述它的窗口令牌token的成员变量windows所描述的一个ArrayList中去。注意，窗口令牌token的成员变量windows所描述的一个ArrayList里面所保存的WindowState对象是按照Z轴位置从小到大的顺序来排列的，因此，在将WindowState对象win保存到这个ArrayList之前，首先要按照它的Z轴位置计算得到它在这个ArrayList中的位置tokenWindowsPos。另一方面，在参数addToToken的值等于true，并且参数win所描述的是一个Activity窗口，即它的成员变量mAppToken不等于null的情况下，还需要将参数win所描述的一个WindowState对象保存在用来描述它的窗口令牌，即一个AppWindowToken对象成员变量allAppWindows所描述的一个ArrayList中去，以便可以知道一个AppWindowToken对象对应的Activity窗口都有哪些。

接下来，我们就分别分析这四种情况是如何将窗口win增加窗口堆栈中去的。

CASE 1.1.1对应的代码为：

1. **if** (win.mAttrs.type == TYPE\_BASE\_APPLICATION) {
2. // Base windows go behind everything else.
3. placeWindowBefore(token.windows.get(0), win);
4. tokenWindowsPos = 0;
5. } **else** {
6. AppWindowToken atoken = win.mAppToken;
7. **if** (atoken !=  &&
8. token.windows.get(index) == atoken.startingWindow) {
9. placeWindowBefore(token.windows.get(index), win);
10. tokenWindowsPos--;
11. } **else** {
12. **int** newIdx =  findIdxBasedOnAppTokens(win);
13. **if**(newIdx != -1) {
14. //there is a window above this one associated with the same
15. //apptoken note that the window could be a floating window
16. //that was created later or a window at the top of the list of
17. //windows associated with this token.
18. ......
19. localmWindows.add(newIdx+1, win);
20. mWindowsChanged = **true**;
21. }
22. }
23. }

这段代码又分为三种情况来将参数win所描述的一个WindowState对象添加到窗口堆栈中：

A. 参数win描述的窗口的类型为TYPE\_BASE\_APPLICATION。在一个令牌对应的所有窗口中，类型为TYPE\_BASE\_APPLICATION的窗口位于其它类型的窗口的下面。因此，这段代码就会调用WMS类的成员函数placeWindowBefore来将参数win所描述的一个WindowState对象保存窗口堆栈中，并且它是位于令牌token的窗口列表的第0个位置的WindowState对象的下面。这时候变量tokenWindowsPos的值会被设置为0，表示参数win所描述的一个WindowState对象要保存窗口令牌token的窗口列表的第0个位置上。

B. 参数win描述的一个WindowState对象的成员变量mAppToken的值不等于null，这意味着参数win描述的是一个Activity窗口，这时候如果窗口令牌atoken（与token描述的是同一个窗口令牌）的窗口列表的第index个位置（即最上面的一个位置） 的WindowState对象描述的是一个Activity启动窗口，即与窗口令牌atoken的成员变量startingWindow描述的是同一个窗口，那么就说明窗口令牌atoken的窗口列表的第index个位置的WindowState对象描述的是窗口win的启动窗口。由于一个窗口的启动窗口总是位于它的上面，因此，这段代码就会调用WMS类的成员函数placeWindowBefore来将参数win所描述的一个WindowState对象保存窗口堆栈中，并且它是位于令牌atoken的窗口列表的第index个位置的WindowState对象的下面。这时候变量tokenWindowsPos的值减少1，即相当于是等于index，表示参数win所描述的一个WindowState对象要插入在窗口令牌token的窗口列表的第index个位置上。

C. 参数win所描述的窗口的类型既不是TYPE\_BASE\_APPLICATION，而且它也没有启动窗口，那么这时候就需要将它保存在窗口令牌token的窗口列表的最上面一个窗口的上面。窗口令牌token的窗口列表的最上面一个窗口在窗口堆栈中的位置newIdx是通过调用WMS类的成员函数findIdxBaseOnAppTokens来获得的，这时候参数win所描述的一个WindowState对象就应该保存在窗口堆栈，即变量localmWindows所描述的一个ArrayList的第newIdx+1个位置上。

CASE 1.1.2对应的代码为：

1. // Figure out where the window should go, based on the
2. // order of applications.
3. **final** **int** NA = mAppTokens.size();
4. WindowState pos = ;
5. **for** (i=NA-1; i>=0; i--) {
6. AppWindowToken t = mAppTokens.get(i);
7. **if** (t == token) {
8. i--;
9. **break**;
10. }
12. // We haven't reached the token yet; if this token
13. // is not going to the bottom and has windows, we can
14. // use it as an anchor for when we do reach the token.
15. **if** (!t.sendingToBottom && t.windows.size() > 0) {
16. pos = t.windows.get(0);
17. }
18. }
19. // We now know the index into the apps.  If we found
20. // an app window above, that gives us the position; else
21. // we need to look some more.
22. **if** (pos != ) {
23. // Move behind any windows attached to this one.
24. WindowToken atoken = mTokenMap.get(pos.mClient.asBinder());
25. **if** (atoken != ) {
26. **final** **int** NC = atoken.windows.size();
27. **if** (NC > 0) {
28. WindowState bottom = atoken.windows.get(0);
29. **if** (bottom.mSubLayer < 0) {
30. pos = bottom;
31. }
32. }
33. }
34. placeWindowBefore(pos, win);
35. } **else** {
36. // Continue looking down until we find the first
37. // token that has windows.
38. **while** (i >= 0) {
39. AppWindowToken t = mAppTokens.get(i);
40. **final** **int** NW = t.windows.size();
41. **if** (NW > 0) {
42. pos = t.windows.get(NW-1);
43. **break**;
44. }
45. i--;
46. }
47. **if** (pos != ) {
48. // Move in front of any windows attached to this
49. // one.
50. WindowToken atoken = mTokenMap.get(pos.mClient.asBinder());
51. **if** (atoken != ) {
52. **final** **int** NC = atoken.windows.size();
53. **if** (NC > 0) {
54. WindowState top = atoken.windows.get(NC-1);
55. **if** (top.mSubLayer >= 0) {
56. pos = top;
57. }
58. }
59. }
60. placeWindowAfter(pos, win);
61. placeWindowAfter(pos, win);
62. } **else** {
63. // Just search for the start of this layer.
64. **final** **int** myLayer = win.mBaseLayer;
65. **for** (i=0; i<N; i++) {
66. WindowState w = localmWindows.get(i);
67. **if** (w.mBaseLayer > myLayer) {
68. **break**;
69. }
70. }
71. ......
72. localmWindows.add(i, win);
73. mWindowsChanged = **true**;
74. }
75. }

这段代码要能冠军WMS服务内部的一个AppWindowToken列表mAppTokens来在窗口堆栈中找到一个参数位置来保存参数win所描述的一个WindowState对象。

最上面的一个for循环执行完成之后，我们假设变量pos的值不等于null，这时候它与变量i以及变量token的关系如图2所示：



图2 窗口win位于窗口C的下面

这时候位于令牌token上面的令牌在窗口堆栈中对应有WindowState对象。注意，这时候第i+2个令牌在窗口堆栈中不对应有WindowState对象，而第i+3个令牌在窗口堆栈中对应有C和D两个WindowState对象，并且这两个WindowState对象所描述的窗口都不是即将要切换到窗口堆栈的底部的。由于第i+3个令牌位于令牌token的上面，并且这两个令牌之间的其它令牌在窗口堆栈中不对应有WindowState对象，因此，这时候参数win所描述的WindowState对象在窗口堆栈中的位置应该以第i+3个令牌所对应的Z轴位置最小的WindowState对象在窗口堆栈中的位置为参考，即以WindowState对象C在窗口堆栈中的位置为参考，而WindowState对象C也正好是变量pos所指向的WindowState对象。

接下来，上述代码会继续检查WindowState对象C是否附加有SubLayer值小于0的窗口。如果有的话，那么就会将变量pos指向SubLayer值最小的那个WindowState对象，这是因为该WindowState对象是在WindowState对象C的最下面的，并且它与WindowState对象C是同属一个令牌的。最后，上述代码就会调用WMS类的成员函数placeWindowBefore来将参数win所描述的一个WindowState对象保存窗口堆栈中由变量pos所指向的那个WindowState对象的下面。

假设最上面的一个for循环执行完成之后，变量pos的值等于null，那么就说明位于令牌token上面的令牌在窗口堆栈中都没有对应有WindowState对象，或者说它们所对应的WindowState对象都是即将要切换到窗口堆栈的底部去的，这时候就需要通过位于令牌token上面的令牌来在窗口堆栈中找到一个参考位置来保存参数win所描述的WindowState对象，这是通过中间的while循环来实现的。

中间的while循环执行完成之后，假设变量pos的值不等于null，这时候它与变量i以及变量token的关系如图3所示：



图3 窗口win位于窗口D的上面

这时候位于令牌token上面的令牌在窗口堆栈中没有对应有WindowState对象。注意，这时候第i-1个令牌在窗口堆栈中不对应有WindowState对象，而第i-2个令牌在窗口堆栈中对应有C和D两个WindowState对象。由于第i-2个令牌位于令牌token的下面，并且这两个令牌之间的其它令牌在窗口堆栈中不对应有WindowState对象，因此，这时候参数win所描述的WindowState对象在窗口堆栈中的位置应该以第i-2个令牌所对应的Z轴位置最大的WindowState对象在窗口堆栈中的位置为参考，即以WindowState对象D在窗口堆栈中的位置为参考，而WindowState对象D也正好是变量pos所指向的WindowState对象。

接下来，上述代码会继续检查WindowState对象D是否附加有SubLayer值大于等于0的窗口。如果有的话，那么就会将变量pos指向SubLayer值最大的那个WindowState对象，这是因为该WindowState对象是在WindowState对象D的最上面的，并且它与WindowState对象D是同属一个令牌的。最后，上述代码就会调用WMS类的成员函数placeWindowAfter来将参数win所描述的一个WindowState对象保存窗口堆栈中由变量pos所指向的那个WindowState对象的上面。

假设中间的while循环执行完成之后，变量pos的值等于null，这时候就说明在窗口堆栈中实在是找不到参考位置来保存参数win所描述的WindowState对象了，因此，就只能通过参数win所描述的WindowState对象的Z轴位置，即它的成员变量mBaseLayer的值来在窗口堆栈中找到一个合适的位置了，如最下面的for循环所示。由于窗口堆栈中的WindowState对象是按照它们的Z轴位置由小到大的顺序来排列的，因此，最下面的for循环只要从下到上找到一个Z轴位置比参数win所描述的WindowState对象的Z轴位置大的一个WindowState对象在窗口堆栈中的位置i，那么就可以将参数win所描述的WindowState对象插入在窗口堆栈的第i个位置上了。

CASE 1.2对应的代码为：

1. // Figure out where window should go, based on layer.
2. **final** **int** myLayer = win.mBaseLayer;
3. **for** (i=N-1; i>=0; i--) {
4. **if** (localmWindows.get(i).mBaseLayer <= myLayer) {
5. i++;
6. **break**;
7. }
8. }
9. **if** (i < 0) i = 0;
10. ......
11. localmWindows.add(i, win);
12. mWindowsChanged = **true**;

由于这时候在窗口堆栈中是没有参考位置来保存参数win所描述的WindowState对象的，因此，这段代码就只能通过参数win所描述的WindowState对象的Z轴位置，即它的成员变量mBaseLayer的值来在窗口堆栈中找到一个合适的位置了，如这段代码中的for循环所示。由于窗口堆栈中的WindowState对象是按照它们的Z轴位置由小到大的顺序来排列的，因此，这段代码中的for循环只要从上到下找到一个WindowState对象，它的Z轴位置小于或者等于参数win所描述的WindowState对象的Z轴位置，那么该WindowState对象在窗口堆栈中的位置i就可以用插入参数win所描述的WindowState对象了。

CASE 2对应的代码为：

1. // Figure out this window's ordering relative to the window
2. // it is attached to.
3. **final** **int** NA = token.windows.size();
4. **final** **int** sublayer = win.mSubLayer;
5. **int** largestSublayer = Integer.MIN\_VALUE;
6. WindowState windowWithLargestSublayer = ;
7. **for** (i=0; i<NA; i++) {
8. WindowState w = token.windows.get(i);
9. **final** **int** wSublayer = w.mSubLayer;
10. **if** (wSublayer >= largestSublayer) {
11. largestSublayer = wSublayer;
12. windowWithLargestSublayer = w;
13. }
14. **if** (sublayer < 0) {
15. // For negative sublayers, we go below all windows
16. // in the same sublayer.
17. **if** (wSublayer >= sublayer) {
18. **if** (addToToken) {
19. token.windows.add(i, win);
20. }
21. placeWindowBefore(
22. wSublayer >= 0 ? attached : w, win);
23. **break**;
24. }
25. } **else** {
26. // For positive sublayers, we go above all windows
27. // in the same sublayer.
28. **if** (wSublayer > sublayer) {
29. **if** (addToToken) {
30. token.windows.add(i, win);
31. }
32. placeWindowBefore(w, win);
33. **break**;
34. }
35. }
36. }
37. **if** (i >= NA) {
38. **if** (addToToken) {
39. token.windows.add(win);
40. }
41. **if** (sublayer < 0) {
42. placeWindowBefore(attached, win);
43. } **else** {
44. placeWindowAfter(largestSublayer >= 0
45. ? windowWithLargestSublayer
46. : attached,
47. win);
48. }
49. }

这段代码要将参数win所描述的WindowState对象附加在变量attached所描述的WindowState对象的上面或者下面，取决于它的成员变量mSubLayer的值是大于0还是小于0。我们分四种情况来考虑。

第一种情况是参数win所描述的WindowState对象的成员变量mSubLayer的值小于0，并且这时候在附加在窗口attached的WindowState对象中，存在一个WindowState对象，它的成员变量mSubLayer的值大于等于参数win所描述的WindowState对象的成员变量mSubLayer的值，如图4和图5所示：



图4 窗口win插入到窗口B的下面



图5 窗口win插入在窗口attached的下面

在图4和图5中，WindowState对象A和B均是附加在WindowState对象attached中。

在图4中，WindowState对象A和B的成员变量mSubLayer的值均小于0，而WindowState对象win的成员变量mSubLayer的值比WindowState对象A的大，但是比WindowState对象B的小，这时候WindowState对象win在窗口堆栈中就应该位于WindowState对象B的下面，这是通过调用WMS类的成员函数placeWindowBefore来实现的。

在图5中，WindowState对象A和B的成员变量mSubLayer的值均大于0，由于WindowState对象win的成员变量mSubLayer的值小于0，这时候WindowState对象win在窗口堆栈中就应该位于WindowState对象attached的下面，这是通过调用WMS类的成员函数placeWindowBefore来实现的。

第二种情况是参数win所描述的WindowState对象的成员变量mSubLayer的值大于0，并且这时候在附加在窗口attached的WindowState对象中，存在一个WindowState对象，它的成员变量mSubLayer的值大于参数win所描述的WindowState对象的成员变量mSubLayer的值，如图6所示：



图6 窗口win插入在窗口B的下面

在图6中，WindowState对象A和B均是附加在WindowState对象attached中。其中，WindowState对象A和B的成员变量mSubLayer的值均大于0，而WindowState对象win的成员变量mSubLayer的值比WindowState对象A的大，但是比WindowState对象B的小，这时候WindowState对象win在窗口堆栈中就应该位于WindowState对象B的下面，这是通过调用WMS类的成员函数placeWindowBefore来实现的。

第三种情况是参数win所描述的WindowState对象的成员变量mSubLayer的值小于0，但是在附加在窗口attached的WindowState对象中，找不到一个WindowState对象，它的成员变量mSubLayer的值比WindowState对象的成员变量mSubLayer的值大，如图7所示：



图7 窗口win插入在窗口attached的下面

        在图7中，WindowState对象A和B均是附加在WindowState对象attached中。其中，WindowState对象A和B以及win的成员变量mSubLayer的值均小于0，但是WindowState对象win的成员变量mSubLayer的值比WindowState对象A和B的都要大，这时候WindowState对象win在窗口堆栈中就应该位于WindowState对象attached的下面，这是通过调用WMS类的成员函数placeWindowBefore来实现的。

        第四种情况是参数win所描述的WindowState对象的成员变量mSubLayer的值大于等于0，但是在附加在窗口attached的WindowState对象中，找不到一个WindowState对象，它的成员变量mSubLayer的值比WindowState对象的成员变量mSubLayer的值大，如图8和图9所示：



图8 窗口win插入在窗口B的上面



图9 窗口win插入在窗口attached的上面

图9 窗口win插入在窗口attached的上面

        在图8和图9中，WindowState对象A和B均是附加在WindowState对象attached中。

        在图8中，WindowState对象A和B的成员变量mSubLayer的值均大于0，并且WindowState对象win的成员变量mSubLayer的值比WindowState对象A和B的都要大，这时候WindowState对象win在窗口堆栈中就应该位于WindowState对象B的上面，这是通过调用WMS类的成员函数placeWindowAfter来实现的。

        在图9中，WindowState对象A和B的成员变量mSubLayer的值均小于等于0，而WindowState对象win的成员变量mSubLayer的值大于0，这时候WindowState对象win在窗口堆栈中就应该位于WindowState对象attached的上面，这是通过调用WMS类的成员函数placeWindowAfter来实现的。

         注意，在这四种情况中，如果参数addToToken的值等于true，那么都需要将参数win所描述的WindowState对象增加到与它所对应的窗口令牌token的窗口列表windows中去。

         10. 删除WindowState

          删除WindowState是通过调用WMS类的成员函数tmpRemoveWindowLocked来实现的，如下所示：

**[java]** [view plain](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908) [copy](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908)

1. **public** **class** WMS **extends** IWindowManager.Stub
2. **implements** Watchdog.Monitor {
3. ......
5. **private** **int** tmpRemoveWindowLocked(**int** interestingPos, WindowState win) {
6. **int** wpos = mWindows.indexOf(win);
7. **if** (wpos >= 0) {
8. **if** (wpos < interestingPos) interestingPos--;
9. ......
10. mWindows.remove(wpos);
11. mWindowsChanged = **true**;
12. **int** NC = win.mChildWindows.size();
13. **while** (NC > 0) {
14. NC--;
15. WindowState cw = win.mChildWindows.get(NC);
16. **int** cpos = mWindows.indexOf(cw);
17. **if** (cpos >= 0) {
18. **if** (cpos < interestingPos) interestingPos--;
19. ......
20. mWindows.remove(cpos);
21. }
22. }
23. }
24. **return** interestingPos;
25. }
27. ......
28. }

        这个函数定义在文件frameworks/base/services/java/com/android/server/WMS.java中。

        WMS类的成员函数tmpRemoveWindowLocked将参数win所描述的窗口及其子窗口从WMS服务内部的窗口堆栈中删除，即从 WMS类的成员变量mWindows所描述的一个ArrayList中删除。

        如果每一个被删除的窗口在窗口堆栈中的位置比参数interestingPos的值小，那么WMS类的成员函数tmpRemoveWindowLocked还会将参数interestingPos的值减少1，这相当于是计算当删除参数win所描述的窗口及其子窗口之后，原来位于窗口堆栈中第interestingPos个位置的窗口现在位于窗口堆栈的位置，这个位置最终会作为WMS类的成员函数tmpRemoveWindowLocked的返回值。

       11. 在指定位置增加WindowState

       在指定位置增加WindowState是通过调用WMS类的成员函数reAddWindowLocked来实现的，如下所示：

**[java]** [view plain](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908) [copy](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908)

1. **public** **class** WMS **extends** IWindowManager.Stub
2. **implements** Watchdog.Monitor {
3. ......
5. **private** **final** **int** reAddWindowLocked(**int** index, WindowState win) {
6. **final** **int** NCW = win.mChildWindows.size();
7. **boolean** added = **false**;
8. **for** (**int** j=0; j<NCW; j++) {
9. WindowState cwin = win.mChildWindows.get(j);
10. **if** (!added && cwin.mSubLayer >= 0) {
11. ......
12. mWindows.add(index, win);
13. index++;
14. added = **true**;
15. }
16. ......
17. mWindows.add(index, cwin);
18. index++;
19. }
20. **if** (!added) {
21. ......
22. mWindows.add(index, win);
23. index++;
24. }
25. mWindowsChanged = **true**;
26. **return** index;
27. }
29. ......
30. }

        这个函数定义在文件frameworks/base/services/java/com/android/server/WMS.java中。

        参数win描述的即为要增加的WindowState对象，而参数index描述的即为要将参数win所描述的WindowState对象及其子WindowState对象要增加到窗口堆栈中的起始位置。

       由于参数win所描述的WindowState对象的子WindowState对象的成员变量mSubLayer的值可能会小于0，也可能大于0。大于0的子WindowState对象位于参数win所描述的WindowState对象的上面，而小于0的子WindowState对象位于参数win所描述的WindowState对象的下面。因此，WMS类的成员函数reAddWindowLocked先增加那些小于0的子WindowState对象，接着再增加参数win所描述的WindowState对象，最后增加那些大于0的子WindowState对象。

        假设WMS类的成员函数reAddWindowLocked一共在窗口堆栈中增加了N个WindowState对象，那么它的返回值就等于index + N，这样调用者就可以知道参数win所描述的WindowState对象及其子WindowState对象在窗口堆栈中的最高位置是多少。

        基于第9、第10和第11这三操作，可以组合成很多其它的WindowState操作，如接下来的第12、第13、第14和第15个操作所示。

        12. 将一个WindowState对象及其所有子WindowState对象增加到窗口堆栈中

         将一个WindowState对象及其所有子WindowState对象增加到窗口堆栈中是通过调用WMS类的成员函数reAddWindowToListInOrderLocked来实现的，如下所示：

**[java]** [view plain](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908) [copy](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908)

1. **public** **class** WMS **extends** IWindowManager.Stub
2. **implements** Watchdog.Monitor {
3. ......
5. **private** **void** reAddWindowToListInOrderLocked(WindowState win) {
6. addWindowToListInOrderLocked(win, **false**);
7. // This is a hack to get all of the child windows added as well
8. // at the right position.  Child windows should be rare and
9. // this case should be rare, so it shouldn't be that big a deal.
10. **int** wpos = mWindows.indexOf(win);
11. **if** (wpos >= 0) {
12. ......
13. mWindows.remove(wpos);
14. mWindowsChanged = **true**;
15. reAddWindowLocked(wpos, win);
16. }
17. }
19. ......
20. }

        这个函数定义在文件frameworks/base/services/java/com/android/server/WMS.java中。

        为了得到参数win所描述的WindowState对象的子WindowState对象在窗口堆栈中的起始位置，WMS类的成员函数reAddWindowToListInOrderLocked首先将参数win所描述的WindowState对象增加到窗口堆栈中，这是通过调用前面所分析的成员函数addWindowToListInOrderLocked来实现的，目的是为了获得它在窗口堆栈的位置。有了这个位置之后，WMS类的成员函数reAddWindowToListInOrderLocked就可以调用前面所分析的成员函数reAddWindowLocked来将WindowState对象及其所有子WindowState对象增加到窗口堆栈中去了，不过在调用之前，要先将参数win所描述的WindowState对象从窗口中堆栈删除。

        13. 将一个WindowToken对象对应的所有WindowState对象及其子WindowState对象增加到窗口堆栈的指定位置上

         将一个WindowToken对象对应的所有WindowState对象都增加到窗口堆栈中是通过调用WMS类的成员函数reAddAppWindowsLocked来实现的，如下所示：

**[java]** [view plain](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908) [copy](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908)

1. **public** **class** WMS **extends** IWindowManager.Stub
2. **implements** Watchdog.Monitor {
3. ......
5. **private** **final** **int** reAddAppWindowsLocked(**int** index, WindowToken token) {
6. **final** **int** NW = token.windows.size();
7. **for** (**int** i=0; i<NW; i++) {
8. index = reAddWindowLocked(index, token.windows.get(i));
9. }
10. **return** index;
11. }
13. ......
14. }

        这个函数定义在文件frameworks/base/services/java/com/android/server/WMS.java中。

        与参数token所描述的WindowToken对象所对应的WindowState对象保存在它的成员变量windows所描述的一个ArrayList中。通过遍历这个ArrayList，就可以将与参数token所描述的WindowToken对象所对应的WindowState对象及其子WindowState对象都增加到窗口堆栈的指定的起始位置上去，这是通过调用前面所分析的成员函数reAddWindowLocked来实现的。

        参数index描述的便是最初指定的起始位置，每一次调用WMS类的成员函数reAddWindowLocked之后，它的值都便会被更新为下一个WindowState对象及其子WindowState对象要增加到窗口堆栈中的位置。

        最后，WMS类的成员函数reAddAppWindowsLocked将与参数token所描述的WindowToken对象所对应的WindowState对象在窗口堆栈中的最高位置加1后的得到结果返回给调用者。

       14. 将一个AppWindowToken对象所对应的WindowState对象及其子 WindowState对象移动到窗口堆栈的指定位置上

        将一个AppWindowToken对象所对应的WindowState对象及其子 WindowState对象移动到窗口堆栈的指定位置上是通过调用WMS类的成员函数moveAppWindowsLocked来实现的，如下所示：

**[java]** [view plain](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908) [copy](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908)

1. **public** **class** WMS **extends** IWindowManager.Stub
2. **implements** Watchdog.Monitor {
3. ......
5. **private** **void** moveAppWindowsLocked(AppWindowToken wtoken, **int** tokenPos,
6. **boolean** updateFocusAndLayout) {
7. // First remove all of the windows from the list.
8. tmpRemoveAppWindowsLocked(wtoken);
10. // Where to start adding?
11. **int** pos = findWindowOffsetLocked(tokenPos);
13. // And now add them back at the correct place.
14. pos = reAddAppWindowsLocked(pos, wtoken);
16. **if** (updateFocusAndLayout) {
17. **if** (!updateFocusedWindowLocked(UPDATE\_FOCUS\_WILL\_PLACE\_SURFACES)) {
18. assignLayersLocked();
19. }
20. mLayoutNeeded = **true**;
21. performLayoutAndPlaceSurfacesLocked();
22. }
23. }
25. ......
26. }

        这个函数定义在文件frameworks/base/services/java/com/android/server/WMS.java中。

        参数wtoken描述的是要移动其所对应的WindowState对象的一个AppWindowToken对象，而参数tokenPos描述的是该AppWindowToken对象在WMS服务内部的AppWindowToken列表中的新位置。

        WMS类的成员函数moveAppWindowsLocked首先调用前面所分析的成员函数tmpRemoveAppWindowsLocked来移除所有与参数wtoken所描述的AppWindowToken对象所对应的WindowState对象，接着再调用也是前面所分析的成员函数findWindowOffsetLocked来获得与参数wtoken所描述的AppWindowToken对象所对应的WindowState对象在窗口堆栈中的起始位置。有了这个起始位置之后，就可以也是前面所分析的成员函数reAddAppWindowsLocked来将与参数wtoken所描述的AppWindowToken对象所对应的WindowState对象及其子WindowState对象移动到窗口堆栈上去了。

        最后，如果参数updateFocusAndLayout的值等于true，那么WMS类的成员函数moveAppWindowsLocked还会更新系统当前获得焦点的窗口，以及重新计算系统中的所有窗口的Z轴位置以及重新布局系统中的所有窗口，这三个操作分别是通过调用WMS类的成员函数updateFocusedWindowLocked、assignLayersLocked和performLayoutAndPlaceSurfacesLocked来实现的。

        15. 将一组AppWindowToken对象所对应的WindowState对象及其子 WindowState对象移动到窗口堆栈的指定位置上

         将一组AppWindowToken对象所对应的WindowState对象及其子WindowState对象移动到窗口堆栈的指定位置上是通过调用WMS类的另外一个版本的成员函数moveAppWindowsLocked来实现的，如下所示：

**[java]** [view plain](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908) [copy](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908)

1. **public** **class** WMS **extends** IWindowManager.Stub
2. **implements** Watchdog.Monitor {
3. ......
5. **private** **void** moveAppWindowsLocked(List<IBinder> tokens, **int** tokenPos) {
6. // First remove all of the windows from the list.
7. **final** **int** N = tokens.size();
8. **int** i;
9. **for** (i=0; i<N; i++) {
10. WindowToken token = mTokenMap.get(tokens.get(i));
11. **if** (token != ) {
12. tmpRemoveAppWindowsLocked(token);
13. }
14. }
16. // Where to start adding?
17. **int** pos = findWindowOffsetLocked(tokenPos);
19. // And now add them back at the correct place.
20. **for** (i=0; i<N; i++) {
21. WindowToken token = mTokenMap.get(tokens.get(i));
22. **if** (token != ) {
23. pos = reAddAppWindowsLocked(pos, token);
24. }
25. }
27. **if** (!updateFocusedWindowLocked(UPDATE\_FOCUS\_WILL\_PLACE\_SURFACES)) {
28. assignLayersLocked();
29. }
30. mLayoutNeeded = **true**;
31. performLayoutAndPlaceSurfacesLocked();
33. //dump();
34. }
36. ......
37. }

        这个函数定义在文件frameworks/base/services/java/com/android/server/WMS.java中。

        这个操作与前面分析的第14个操作是类似，区别只在于前者是批量地移动一组AppWindowToken对象所对应的WindowState对象及其子 WindowState对象，而后者是只移动一个AppWindowToken对象所对应的WindowState对象及其子WindowState对象，此外，前者总是会调用WMS类的成员函数updateFocusedWindowLocked、assignLayersLocked和performLayoutAndPlaceSurfacesLocked来更新系统当前获得焦点的窗口、以及重新计算每一个窗口的Z轴位置，并且对这些窗口进行重新布局。

        至此，我们就分析完成WMS服务组织系统中的窗口的方式了。从分析的过程中，可以得到以下结论：

        1. WMS服务维护有一个AppWindowToken堆栈和一个WindowState堆栈，它们与ActivityManagerService服务维护的Actvity堆栈是有关相同的Z轴位置关系的。

        2. ActivityManagerService服务中的每一个ActivityRecord对象在WMS服务中都对应有一个AppWindowToken对象，而WMS服务中的每一个AppWindowToken对象都对应有一组WindowState对象。

        3. 在WindowState堆栈中，AppWindowToken堆栈中的第i+1个AppWindowToken对象所对应的WindowState对象都位于第i个AppWindowToken对象所对应的WindowState对象的上面。

        4. 一个WindowState对象可以附加在另外一个WindowState对象上面，此外，一个WindowState对象还可以有子WindowState对象，它们都是与同一个AppWindowToken对象或者WindowToken对象所对应的。

        5. WMS服务有两个特殊的WindowToken，它们分别用来描述系统中的输入法窗口令牌和壁纸窗口令牌，其中，输入法窗口位于需要输入法的窗口的上面，而壁纸窗口位于需要壁纸的窗口的下面。

        最后，我们可以将WMS服务中的AppWindowToken理解成一个Activity组件令牌，而将它所对应的WindowState对象理解成一个Activity窗口。有了这些概念之后，就为学习WMS服务的各种实现打下坚实的基础。在接下来的两篇文章中，我们就会在本文的基础上，继续分析WMS服务是如何管理系统中的输入法窗口和壁纸窗口的，敬请关注！

## 实例分析：显示一个系统dlg流

new WindowState()

## REF

[Android窗口管理服务WMS对窗口的组织方式分析](http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8498908)

<http://www.jianshu.com/p/40776c123adb>

<http://gityuan.com/2017/01/08/windowmanger/>

# android 通信

Application-四大组件通信

## Activity通信

隐式调用，有利于降低发送者和接收者之间的耦合，它一般用在没有明确指出目标组件名称的前提下

### Intent Filter match过程

#### 使用规范

隐式 Intent

Intent intent = new Intent();

intent.setAction("com.wooyun.test"); startActivity(intent);

* a. action匹配规则：要求intent中的action 存在 且 必须和过滤规则中的其中一个相同 区分大小写；
* b. category匹配规则：系统会默认加上一个android.intent.category.DEAFAULT，所以intent中可以不存在category，但如果存在就必须匹配其中一个；
* c. data匹配规则：data由两部分组成，mimeType和URI，要求和action相似。如果没有指定URI，URI但默认值为content和file（schema）

### 源码分析

https://www.yuanmas.com/info/9ezZpgB0y6.html

主线流程：先match action, 再match data, 最后match category



# 出厂设置

<http://blog.csdn.net/mirkerson/article/details/24322207>

<http://blog.csdn.net/woshing123456/article/details/44524051>

## data/dalvik-cache

dalvik-cache名词解释： 在系统data/dalvik-cache文件夹里有很多安装卸载文件（优化过的字节码），这些文件是当你安装好一个应用程序后，系统会自动生成的一个优化过的字节码文件，但是当你频繁安装卸载某些应用软件后可能对应字节码文件不会同时删除，也即是残留的垃圾，这时就需要用到缓存清理助手来帮助增加您手机的可用空间^0^ 特别提示： 清理Dalvik缓存时，需要Root权限 。

安卓手机程序越装越多，系统提示内存空间不足了吧？卸载一些程序也不会增加多少可用空间

系统缓存文件和卸载定制程序留下来的无用垃圾，可以放心全部删除，系统所需文件重启后能自动生成的。删除后重启手机的时候，时间有点久，大概2－3分钟，期间有段时间为黑屏状态，应用不能正常打开，不要担心，一会系统就加载完成，启动加载期间，不要有任何操作，要耐心等待......系统启动加载完毕，一切正常。

至此，宣布成功！

[](http://images.cnitblog.com/blog/363476/201402/082037504515476.jpg)

[](http://images.cnitblog.com/blog/363476/201402/082037518684475.png)

# 初探boot.art与boot.oat

boot.art与boot.oat与其说是ART虚拟机的两种执行格式，不如说他俩就是ART虚拟机的一部分！！！ART离开了这两个文件，也就无法启动了。

boot.art是一个img文件，而boot.oat文件可以将其理解为ART虚拟机的启动类。

这两个文件是dex2oat命令将Android系统必须的的jar包编译生成的，这两个文件相互联系，缺一不可，boot.art这个img文件直接被映射到ART虚拟机的堆空间中，包含了boot.oat中的某些对象实例以及函数地址。

## 产生过程

删除/data/dalvik-cache/arm的boot.art和boot.oat，

Reboot

adb logcat | grep dex2oat

观察生成日志

root@cs500c:/data/dalvik-cache/arm # rm system@framework@boot.oat

root@cs500c:/data/dalvik-cache/arm # reboot

shell@cs500c:logcat | grep dex2oat

|  |
| --- |
| I/dex2oat ( 379): /system/bin/dex2oat --image=/data/dalvik-cache/arm/system@framework@boot.art --dex-file=/system/framework/core-libart.jar --dex-file=/system/  framework/conscrypt.jar --dex-file=/system/framework/okhttp.jar --dex-file=/system/framework/core-junit.jar --dex-file=/system/framework/bouncycastle.jar --dex-  file=/system/framework/ext.jar --dex-file=/system/framework/framework.jar --dex-file=/system/framework/telephony-common.jar --dex-file=/system/framework/voip-co  mmon.jar --dex-file=/system/framework/ims-common.jar --dex-file=/system/framework/mms-common.jar --dex-file=/system/framework/android.policy.jar --dex-file=/sys  tem/framework/apache-xml.jar --oat-file=/data/dalvik-cache/arm/system@framework@boot.oat --instruction-set=arm --instruction-set-features=div --base=0x708ea000  --runtime-arg -Xms64m --runtime-arg -Xmx64m --image-classes=/system/etc/preloaded-classes |

boot.oat和boot.art文件依赖的dalvik的dex来自于BOOTCLASSPATH中指定的jar包。

|  |
| --- |
| shell@cs500c:/ $ echo ${BOOTCLASSPATH}  /system/framework/core-libart.jar:/system/framework/conscrypt.jar:/system/framework/okhttp.jar:/system/framework/core-junit.jar:/system/framework/bouncycastle.jar:/system/framework/ext.jar:/system/framework/**framework**.jar:/system/framework/telephony-common.jar:/system/framework/voip-common.jar:/system/framework/ims-common.jar:/system/framework/mms-common.jar:/system/framework/android.policy.jar:/system/framework/apache-xml.jar |

[初探boot.art与boot.oat](http://www.iloveandroid.net/2015/12/19/AndroidART-2/)

# ROOT

# QA

1. adb install –r A.apk 执行原理？tmp目录作用，INSTALL\_FAILED\_ILLEGITIMATE\_APK各种安装报错原因，cnt的作用，为啥可以。
2. 系统目录结构是啥
3. App和系统签名的原理是什么？
4. 在sws下正常运行as，执行一次系统签名呢

framework如何更新呢？

pms包管理服务分析-PackageManagerService构造函数和包扫描过程

恢复出厂究竟干了啥

rwxrwxrwx root root 2017-09-15 10:10 bugreports -> /data/data/com.android.shell/files/bugreports

限制第三方cnt原理

updated-package 是否是判断已经升级的标志，在settings界面的时候

SystemServer工作原理，Zygote如何启动的？

alreadyDexOpted.add(frameworkDir.getPath() + "/framework-res.apk");总是失败的原因

adb install执行原理

权限方式来控制第三方安装

最好是在拷贝文件之前就处理下

机子都能root了，其实就没有必要处理版本问题了

# 参考

[Android系统应用的开发和测试](http://www.epubit.com.cn/book/onlinechapter/30644)

[Android 源代码目录结构1 - bionic](http://blog.csdn.net/kickxxx/article/details/6927272)

[Android init.rc文件解析过程详解(一)](http://blog.csdn.net/mk1111/article/details/16357327)

[Android的权限机制之—— “沙箱”机制sharedUserId和签名](http://dengzhangtao.iteye.com/blog/1989065)

# Task

Settings.Global

Wifi热点的ip的查询

Root和非root区别是什么？是否存在root也无法修改的build.prop

书籍: 2017年06月深入理解Android内核设计思想 第2版（上下册）

2017年04月 深入浅出Android源代码：基于Android 6.0和实际开发案例剖析

~~2015年11月 Android系统优化从入门到精通~~

2016年10月 深入解析Android虚拟机

2015年07月深入理解Android系统

2015年06月 构建嵌入式Android系统

深入理解android 卷1 2 3

[RK3399][Android7.1] 调试笔记: <http://blog.csdn.net/kris_fei/article/category/7318364>

Android 安全框架 -- 总概http://blog.csdn.net/blue\_rush/article/details/55045546

https://security.tencent.com/index.php/blog/msg/38