Android WiFi Display (Miracast)

投屏技术协议：

> DLNA：Digital Living Network Alliance，PC、移动设备、消费电器之间互联互通的协议
>
> AirPlay：苹果开发的无线技术，通过WiFi传输，支持DLNA没有的镜像（设备显示什么，显示屏幕也显示什么）
>
> Miracast：以WiFi Direct为基础的无线显示标准

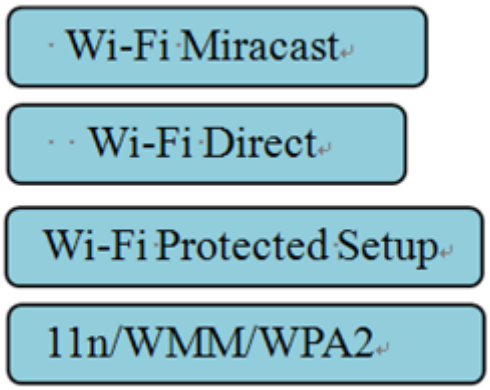
DLNA

蓝牙：蓝牙发现

WiFi Direct：WiFi直连

Nsd：网络服务发现

技术体系：



1. WiFi Direct：WiFi P2P，支持在没有AP（Access Point）下，WiFi设备直连并通信
2. WiFi Protected Setup：用于用户自动配置WiFi网络、添加WiFi设备
3. 11n/WMM/WPA2：11n是802.11n协议（56M提升至600M）；WMM是WiFi Multimedia，针对实时视音频数据的QoS服务；WPA2是WiFi Protected Acess2，传输加密保护

- WiFi Display相关Service：

> MediaPlayerService及相关模块：RTP/RTSP及相应的编解码技术
>
> SurfaceFlinger及相关模块：SurfaceFlinger是将各层UI数据混屏并投递到显示设备中去显示
>
> WindowManagerService及相关模块：用于管理系统中各个UI层的位置和属性
>
> DisplayManagerService：用于管理系统显示设备的生命周期，包括物理屏幕、虚拟屏幕、WiFi Display
>
> WifiService及相关模块：WifiDisplay建立在P2P基础上
>
> MediaRouterService：管理各个应用程序的多媒体播放的行为
>
> MediaRouter：用于和MediaRouterService交互一起管理多媒体的播放行为，并维护当前已经配对上的remote display设备，包括WiFi Display、蓝牙A2DP、chromecast设备
>
> WifiDisplayAdapter：用于DisplayManagerService管理WiFi Display显示的Adapter
>
> WifiDisplayController：用于控制扫描wifi display设备、连接、断开等操作

Android中关注：WiFi Direct（WifiP2pService管理和控制），WiFi Multimedia

Miracast工作流程：

建立WifiDisplay主要步骤如下：
1. WFD Device Discovery（WFD设备发现）
2. WFD Service Discovery (Optional)（WFD服务发现（可选））
3. Device Selection（设备选择）
4. WFD Connection Setup（WFD连接）
5. WFD Capability Negotiation（WFD能力协商）
6. WFD Session Establishment（WFD会话建立）
7. User Input Back Channel Setup (Optional)（UIBC反向控制）
8. Link Content Protection Setup (Optional)（内容保护，即数据加密）
9. Payload Control（负载控制）
10. WFD Source and WFD Sink standby (Optional)
11. WFD Session Teardown（会话终止）

WFD设备通过wifiP2P连接后，Sink端与Source端建立TCP连接，Sink端为Client而Source端为Server。默认端口为7236，执行的协议为RTSP协议。建立连接后进行RTSP协商。步骤6，协商成功后建立会话；步骤7，UIBC通道建立，用于Sink端反向控制Source端，该步骤为可选实现； 步骤8，对与传输的内容做加密保护（HDCP），步骤9，开始音频及视频流的传输与控制，Payload Control：传输过程中，设备可根据无线信号的强弱，甚至设备的电量状况来动态调整传输数据和格式。可调整的内容包括压缩率，视音频格式，分辨率等内容。步骤11，会话终止。

Miracast 视频/声音串流规范不同

Miracast规格在视频上规定使用ITU-T H.264视频编码算法进行压缩，但为配合应用上的特性，有些微的修改，舍弃比较复杂的技术，如基线协议(Baseline Profile, BP)定义的弹性聚集区块(FlexibleMacroblock Ordering, FMO)、任意切片顺序(Arbitrary SliceOrdering, ASO)、冗余切片(Redundant Slice, RS)及CBP(Constrained Baseline Profile)等。另外，Miracast规格还调整HP(High Profile)中的上下文自适应二进制算术编码(Context-adaptive Binary Arithmetic Coding,CABAC)和B Slice，成为新的CHP(Constrained High Profile)。

此外，Miracast视频传输规格级别(Level)定义在3.1到4.2，可选择的分辨率包括美国消费电子产品协会(CEA)、视讯电子标准协会(VESA)及HH(Handheld)标准中所订定的数十种分辨率组合，最高分辨率及更新率可达1,920×1,200 60fps。另外，Miracast视频传输规格也有定义三维(3D)影片格式，包括Top & Bottom[Half]、Frame Sequential、Frame Packing及Side by Side[Half]等格式。

在声音的格式方面，主要定义线性脉冲编码调变(Linear Pulse-Code Modulation, LPCM)、进阶音频编码(Advanced Audio Coding, AAC)及Dolby Advanced Codec 3(AC3)三种声音编码方式，及不同的声道数、取样频率及位频率等。

- Device Discovery：通过Wi-Fi P2P来查找附近的支持Wi-Fi P2P的设备。
- Device Selection：当设备A发现设备B后，A设备需要提示用户。用户可根据需要选择是否和设备B配对。
- Connection Setup：Source和Display设备之间通过Wi-Fi P2P建立连接。根据Wi-Fi Direct技术规范，这个步骤包括建立一个Group Owner和一个Client。此后，这两个设备将建立一个TCP连接，同时一个用于RTSP协议的端口将被创建用于后续的Session管理和控制工作。
- Capability Negotiation：在正式传输视音频数据前，Source和Display设备需要交换一些Miracast参数信息，例如双方所支持的视音频格式等。二者协商成功后，才能继续后面的流程。
- Session Establishment and streaming：上一步工作完成后，Source和Display设备将建立一个Miracast Session。而后就可以开始传输视音频数据。Source端的视音频数据将经由MPEG2TS编码后通过RTP协议传给Display设备。Display设备将解码收到的数据，并最终显示出来。
- User Input back channel setup：这是一个可选步骤。主要用于在传输过程中处理用户发起的一些控制操作。这些控制数据将通过TCP在Source和Display设备之间传递。
- Payload Control：传输过程中，设备可根据无线信号的强弱，甚至设备的电量状况来动态调整传输数据和格式。可调整的内容包括压缩率，视音频格式，分辨率等内容。
- Session teardown：停止整个Session。

SurfaceFlinger对Miracast的支持

Wifi P2P：Android wifi探究三：Wifi P2P 连接附近设备

流媒体协议

1. RTP：Real-time Transport Protocol，传送具有实时属性的数据，建立在UDP上，不保证传送或防止无序传送，允许接收方重组发送方的包序列（例子：视频解码，就不需要顺序解码）
2. RTCP：Real-time Transport Control Protocol，RTP的控制协议，监控服务质量并传送正在进行的会话参与者的相关信息；为RTP媒体流提供信道外控制
3. SRTCP：Secure Real-time Transport Protocol，在RTP基础上定义的一个协议，用于为单播和多播应用程序中的实时传输协议的数据提供加密、消息认证、完整性保护和重放保护
4. RTSP：Real-time Streaming Protocol，控制声音或影像的多媒体串流协议，并允许同时多个串流需求控制； 该协议目的在于控制多个数据发送连接，为选择发送通道，如UDP、多播UDP与TCP

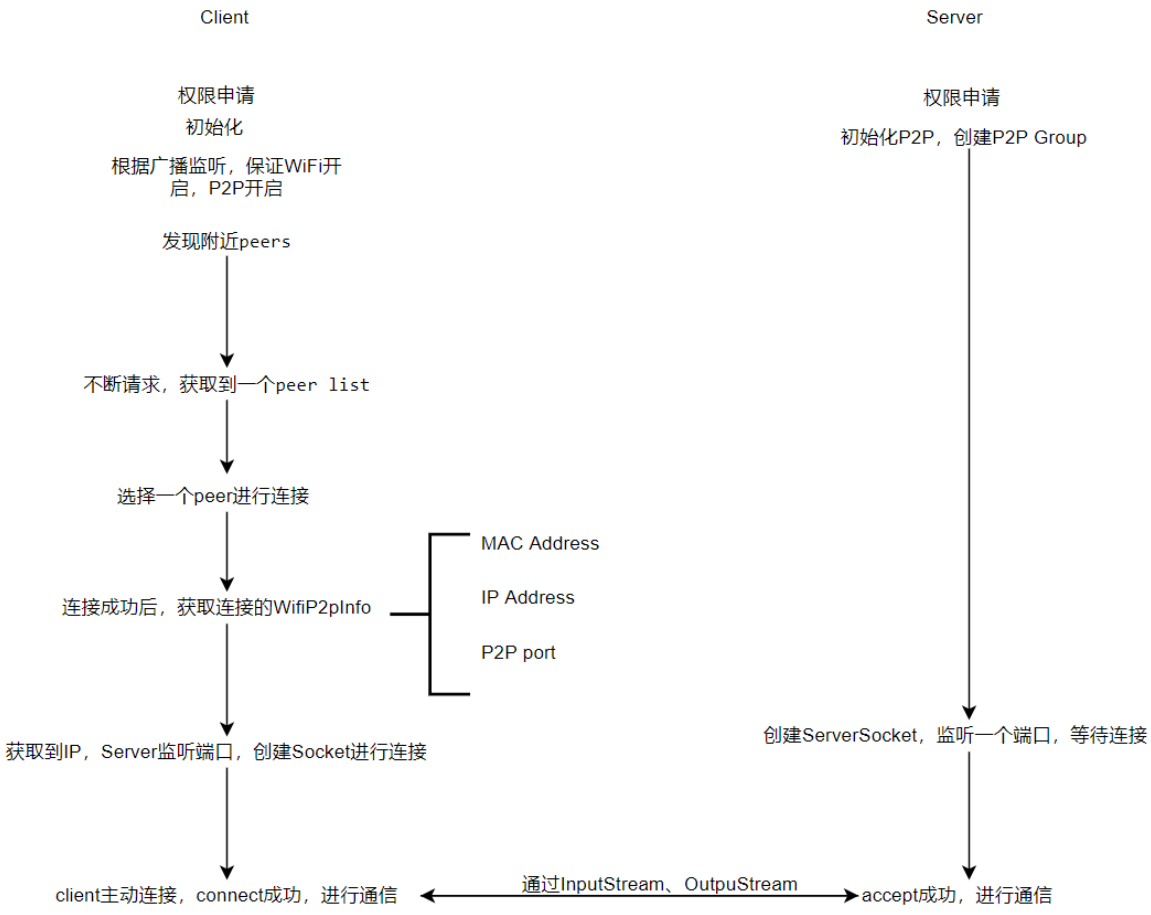
提供途径，并为选择基于RTP上发送机制提供方法； RTSP是双向实时数据传输协议，允许客户端向服务端发送请求（如回放、快进、倒退等）；（**算是在应用层协议？？？？**）

5. SDP：会话描述协议

RTSP发起/终结流媒体、RTP传输流媒体数据 、RTCP对RTP进行控制，同步

RTP/RTSP/RTCP

P2P使用demo



client端

- 权限申请和检查：

```xml
<uses-permission
android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION"
/>

<!--Wifi P2P 权限一定要有，不然获取不到-->
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE" />
<uses-permission android:name="android.permission.CHANGE_WIFI_STATE" />
<uses-permission android:name="android.permission.CHANGE_NETWORK_STATE"
/>
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_NETWORK_STATE"
/>

<uses-permission android:name="android.permission.READ_PHONE_STATE" />
<uses-feature android:name="android.hardware.wifi.direct"
android:required="true"/>
```

部分权限根据API需要动态申请，如WiFi的状态和打开、位置信息的获取

- 初始化P2P设备，注册广播监听器：

```
val intentFilter = IntentFilter().apply {
    addAction(WifiP2pManager.WIFI_P2P_STATE_CHANGED_ACTION)
        addAction(WifiP2pManager.WIFI_P2P_PEERS_CHANGED_ACTION)
        addAction(WifiP2pManager.WIFI_P2P_CONNECTION_CHANGED_ACTION)
        addAction(WifiP2pManager.WIFI_P2P_THIS_DEVICE_CHANGED_ACTION)
}
registerReceiver(mReceiver, intentFilter)
mWifiP2pManager = getSystemService(Context.WIFI_P2P_SERVICE) as
WifiP2pManager
// 用这个通道来查找和连接P2P设备 在 WLAN P2P 框架中注册您的应用
mChannel = mWifiP2pManager?.initialize(this, mainLooper) {
Log.d(localClassName, "channel disconnected") }
// 查找附近P2P设备
mWifiP2pManager?.discoverPeers(mChannel, object :
WifiP2pManager.ActionListener {
    override fun onSuccess() {
        Log.d(localClassName, "discoverPeers onSuccess")
    }

    override fun onFailure(reason: Int) {
        Log.w(localClassName, "discoverPeers onFailure:$reason")
    }
})
```

- 广播接收：
    - 保证P2P打开：

```
WifiP2pManager.WIFI_P2P_STATE_CHANGED_ACTION -> {
    when (intent.getIntExtra(WifiP2pManager.EXTRA_WIFI_STATE, -1))
{
        WifiP2pManager.WIFI_P2P_STATE_ENABLED -> {
            // Wifi P2P is enabled
            Log.d(localClassName, "P2P is enabled")
        }
        else -> {
            // Wi-Fi P2P is not enabled
            Log.d(localClassName, "P2P is not enabled")
        }
    }
}
```

- 得到附近所有的支持P2P的设备peers：

```
WifiP2pManager.WIFI_P2P_PEERS_CHANGED_ACTION -> {
    Log.d(localClassName, "可用的peer list发生改变")
    mWifiP2pManager?.requestPeers(mChannel) { peers ->
availablePeers(peers) }
}

private fun availablePeers(peers: WifiP2pDeviceList?) {
    Log.d(localClassName, "size:${peers?.deviceList?.size}")
    mAdapter.clear()
    peers?.deviceList?.forEach { wifiP2pDevice ->
        val name = wifiP2pDevice.deviceName
        val address = wifiP2pDevice.deviceAddress
        val status = when(wifiP2pDevice.status) {
            WifiP2pDevice.CONNECTED -> "connected"
            WifiP2pDevice.INVITED -> "invited"
            WifiP2pDevice.FAILED -> "failed"
            WifiP2pDevice.AVAILABLE -> "available"
            WifiP2pDevice.UNAVAILABLE -> "unavailable"
            else -> "unknown"
        }
        mAdapter.add("$name : $status\n$address")
    }
    mAdapter.notifyDataSetChanged()
}
```

- 选择连接：

```
val str = mAdapter.getItem(position)
val strs = str?.split('\n')
val address = strs?.get(1)
Log.d(localClassName, "item click: $str address: $address")
// val wifiP2pDevice = mPeers?.get(address)
val config = WifiP2pConfig()
config.deviceAddress = address
config.wps.setup = WpsInfo.PBC
mWifiP2pManager?.connect(mChannel, config, object :
WifiP2pManager.ActionListener {
```

```
    override fun onSuccess() {
        Log.d(localClassName, "connect onSuccess")
    }

    override fun onFailure(reason: Int) {
        Log.w(localClassName, "connect onFailure:$reason")
    }
})
```

- 连接成功后，获取连接的WifiP2pInfo：

```
WifiP2pManager.WIFI_P2P_CONNECTION_CHANGED_ACTION -> {
    Log.d(localClassName, "P2P连接状态发生改变")
    // 可以直接通过intent拿到WifiP2pGroup WifiP2pInfo
    // val group = intent.getParcelableExtra<WifiP2pGroup>(WifiP2pManager.EXTRA_WIFI_P2P_GROUP)
    // 也可以通过request去获取
    // mWifiP2pManager.requestNetworkInfo(mChannel) { networkInfo ->
    //     Log.d(localClassName, "networkInfo:$networkInfo")
    // }
    val networkInfo = intent.getParcelableExtra<NetworkInfo>(WifiP2pManager.EXTRA_NETWORK_INFO)
    networkInfo?.takeIf { it.isConnected }?.let {
        mWifiP2pManager?.requestGroupInfo(mChannel) { wifiP2pGroup ->
            val wifiP2pDevices = wifiP2pGroup.clientList
            val wifiP2p2DeviceOwner = wifiP2pGroup.owner
            Log.d(localClassName, "group p2pInfo:$wifiP2pGroup")
            tv_client_connected.post { tv_client_connected.text = wifiP2pGroup.networkName }
        }
        mWifiP2pManager?.requestConnectionInfo(mChannel) { wifiP2pInfo: WifiP2pInfo? ->
            mWifiP2pInfo = wifiP2pInfo
            Log.d(localClassName, "wifi p2pInfo $mWifiP2pInfo")
            mWifiP2pInfo?.let {
                if (it.groupFormed && it.isGroupOwner) {
                    Toast.makeText(this@WifiP2PClientActivity, "can be connected", Toast.LENGTH_SHORT).show()
                } else if (it.groupFormed) {
                    Log.d(localClassName, "The other device acts as the client. In this case, we enable the get file button")
                }
            }
        }
    }
}
```

- 获取IP，创建Socket进行连接Server端：

```
val fileUri = extras?.getString(EXTRAS_FILE_PATH)
val host = extras?.getString(EXTRAS_GROUP_OWNER_ADDRESS)
```

```
val port = extras?.getInt(EXTRAS_GROUP_OWNER_PORT)
if (fileUri == null || host == null || port == null) {
    Log.e(javaClass.name, "fileUri: $fileUri, host: $host, port: $port")
    return
}
val socket = Socket()
try {
    Log.d(javaClass.name, "opening client socket")
    socket.bind(null)
    socket.connect(InetSocketAddress(host, port), SOCKET_TIME_OUT)
    Log.d(javaClass.name, "client socket:${socket.isConnected}")
    val outputStream = socket.getOutputStream()
    val contentResolver = applicationContext.contentResolver
    var inputStream: InputStream? = null
    try {
        inputStream = contentResolver.openInputStream(Uri.parse(fileUri))
    } catch (e: FileNotFoundException) {
        Log.e(javaClass.name, "file not found exception", e)
    }
    inputStream?.let {
        StreamUtil.copyFile(it,outputStream)
    }
    Log.d(javaClass.name, "Client data written")
} catch (e: IOException) {
    Log.e(javaClass.name, "client socket error", e)
} finally {
    socket.takeIf { it.isConnected }?.apply {
        try {
            close()
        } catch (e: IOException) {
            Log.e(javaClass.name, "client socket close error", e)
        }
    }
}
```

- 断开连接：

```
mWifiP2pManager?.removeGroup(mChannel, object : WifiP2pManager.ActionListener {
    override fun onSuccess() {
        Log.d(localClassName, "disconnect success")
    }

    override fun onFailure(reason: Int) {
        Log.w(localClassName, "disconnect failed:$reason")
    }
})
```

Server端

- 权限申请：

```xml
<uses-permission
android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION"
/>

<!--Wifi P2P 权限一定要有，不然获取不到-->
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE" />
<uses-permission android:name="android.permission.CHANGE_WIFI_STATE" />
<uses-permission android:name="android.permission.CHANGE_NETWORK_STATE"
/>
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_NETWORK_STATE"
/>

<uses-permission android:name="android.permission.READ_PHONE_STATE" />
<uses-feature android:name="android.hardware.wifi.direct"
android:required="true"/>
```

同样部分权限需要主动申请

- 初始化P2P：

```
val intentFilter = IntentFilter().apply {
    addAction(WifiP2pManager.WIFI_P2P_STATE_CHANGED_ACTION)
    addAction(WifiP2pManager.WIFI_P2P_PEERS_CHANGED_ACTION)
    addAction(WifiP2pManager.WIFI_P2P_CONNECTION_CHANGED_ACTION)
    addAction(WifiP2pManager.WIFI_P2P_THIS_DEVICE_CHANGED_ACTION)
}
registerReceiver(mReceiver, intentFilter)
mWifiP2pManager = getSystemService(Context.WIFI_P2P_SERVICE) as
WifiP2pManager
// 用这个通道来查找和连接P2P设备 在 WLAN P2P 框架中注册您的应用
mChannel = mWifiP2pManager?.initialize(this, mainLooper) {
Log.d(localClassName, "channel disconnected") }
mWifiP2pManager?.discoverPeers(mChannel, object :
WifiP2pManager.ActionListener {
    override fun onSuccess() {
        Log.d(localClassName, "discover success")
    }

    override fun onFailure(reason: Int) {
        Log.w(localClassName, "discover failed")
    }
})
// 用于创建GroupOwner，决定谁是Group的主导者
mWifiP2pManager?.createGroup(mChannel, object :
WifiP2pManager.ActionListener {
    override fun onSuccess() {
        Log.d(localClassName, "createGroup success")
    }

    override fun onFailure(reason: Int) {
        Log.w(localClassName, "create group failed: $reason")
    }
})
```

Server可以不用去扫描设备，只需要在P2P中注册就可以了，等待被发现

- 创建ServerSocket，监听：

```
inner class ListenThread : Thread() {

    private val mServerSocket: ServerSocket =
ServerSocket(WIFI_P2P_PORT)

    override fun run() {
        while (true) {
            Log.d(javaClass.name, "server socket bg")
            val client = mServerSocket.accept()
            mHandler?.takeIf { mFilePath != null }?.apply {
                ServerAsyncTask(this, mFilePath!!).execute(client)
            }
        }
    }
}
```

  在子线程不断监听某个端口，等待连接就可以了

- accept成功，通信：

```
val client = params[0]
return client?.use { socket ->
    val f = File(mFilePath,
"wifip2pshared-${System.currentTimeMillis()}.jpg")
    val dirs = File(f.parent?:mFilePath)
    dirs.takeIf { !it.exists() }?.apply { mkdirs() }
    f.createNewFile()
    val inputStream = socket.getInputStream()
    StreamUtil.copyFile(inputStream, FileOutputStream(f))
    socket.close()
    f.absolutePath
}
```

参考

WLAN 直连（对等连接或 P2P）概览

Android WiFi P2P开发实践笔记

Android Wi-Fi Display（Miracast）介绍

多屏互动技术研究（二）之WifiDisplay(Miracast)技术原理及实现

问题记录

1. socket连接失败：

   原因：由于server端对客户端的监听只是用了一个AyncTask，所以导致一次socket通信完成后，后续的再无法进行通信

2. 设备一会查找得到，一会查找不到：

原因：server端没有去初始化P2P，也就没有在WiFi P2P框架中去注册，导致无法client端就无法发现设备，同时server端也要启动discoverPeers，这样才能确保能够被发现，并且GroupOwner也是Server端所持有（并不绝对，可以通过createGroup来决定，最好是在Server端）

3. 在UI线程更新UI导致的NetworkOnMainThreadException：

   原因：`mWifiP2pInfo?.groupOwnerAddress?.hostAddress`，直接通过WiFiP2PInfo去获取了GroupOwnerAddress，然后去获取HostAddress，这个调用过程产生了网络请求？？