

# 实验三：比特币客户端&比特币回归测试网络

## 一、实验概述

区块链是由一些数量庞大的节点构成的去中心化网络，以实现功能复杂的分布式状态机副本，必然涉及频繁的指令交互。在此过程中，除了设计功能完备、鲁棒性高的客户端程序外，作为构建和调试分布式系统的重要协议，RPC（远程过程调用）也是实现上述功能的必要工具。

本实验以比特币的开源客户端 Bitcoin Core 为例，介绍回归测试网络的搭建方法以及重要 RPC 指令的使用技巧，进而部署一个多节点的本地区块链网络，测试区块链账本层的诸多功能。以此加深学生对于区块链基础协议的理解，提高对于区块链功能的实践能力，实验传授的基本技能也是区块链复杂协议调试过程中的必备积淀。

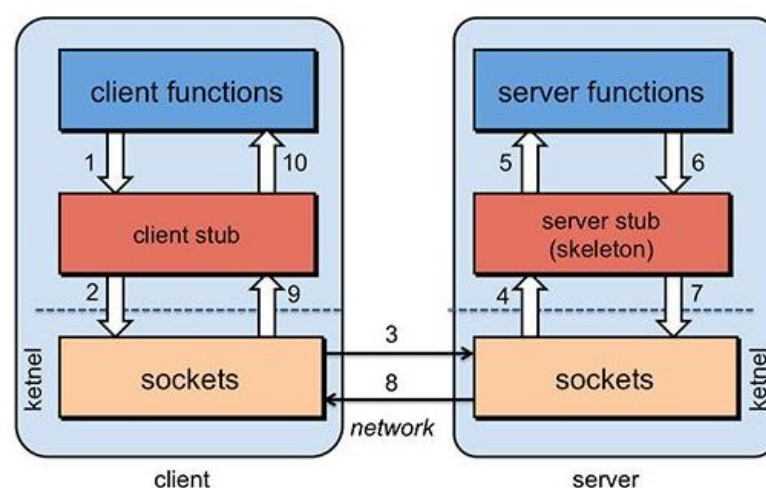
实验内容概述如下：

- A. 掌握 Bitcoin Core 的基础知识、安装与配置方法
- B. 利用 Bitcoin Core 搭建多节点回归测试网络，实现挖矿与交易
- C. 了解 RPC 的作用，通过控制台与测试链进行更加丰富的交互
- D. 拓展实验：利用回归测试网络模拟并测试复杂的区块链状态与功能（分叉、多签交易、局域网联机测试等）

## 二、预备知识

1.**RPC**：远程过程调用（Remote Procedure Control），该类协议可完成网络环境下的对象之间的消息传递工作，传递调用的语义和数据，并从远程计算机程序上请求服务，调用该计算机上提供的函数/方法。

经典的场景下，RPC 最多应用于客户端与服务端间的交互：



在区块链网络中，由于所有的全节点都是对称的，无论是轻节点还是全节点本身在发送一条 RPC 指令时，都需要将该指令广播给尽可能多的全节点，每个节点按照最新的区块链状态独立验证并处理该指令，最终通过区块链的共识算法完成对于该指令执行结果的共识。

2.**Bitcoin Core**：比特币官方开发的节点客户端，提供了成为全节点所需的全面功能，并为比特币的开发、测试和实际运行提供了友好的工具，包含 3 个主要程序：

1) **bitcoin-qt**：封装了完整的比特币全节点，并提供了一个带有 GUI 的钱包程序，可以对交易数据可视化，在钱包的帮助菜单中提供了控制台以发布多类 RPC 指令，对普通用户更加友好。

2) **bitcoind**：提供了一个轻量级的封装好的比特币全节点，在部署后可以通

过向其发布 RPC 指令与之交互，对开发者更加友好。

3) bitcoin-cli: 提供了通过命令行全节点发送 RPC 指令的功能，一般用于与 bitcoin-d 配合进行调试。

### **3.Bitcoin 支持的部署类型：**

1) 主链模式 (Mainnet Mode) -原生态的区块链网络，运行需要庞大的存储、通信以及算力开销，其中流通的代币具备经济价值。

2) 测试网络模式 (Testnet Mode) -由热心开发者组成的全球测试环境，用于在真实的分布式场景下对区块链进行测试，其网络拓扑与区块产生过程都与主链类似，差别是代币没有任何价值。

3) 回归测试模式 (Regtest Mode) -用于开发者测试区块链功能的本地测试环境，测试者具备完整的权限，可以通过指令随意产生区块、创建没有实际价值的代币或测试任何区块链的实际功能。

以上模式的切换由改写比特币的配置文件的相关参数进行控制。

### 三、实验准备

**实验系统：Win10（或 Linux）** 注：线上实验环境以 Linux 为主，实验环境中已安装 bitcoind 以及 bitcoind-cli

**TIP:** 在 Linux 系统中实验的部署方法类似甚至更加方便，增加了对于-daemon 指令（后台运行）的支持。

**实验环境的配置：**

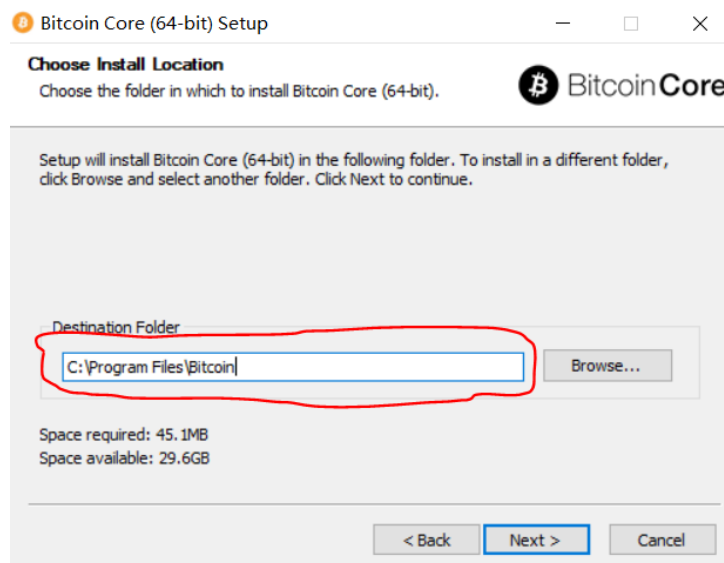
1) 安装预发放的压缩包中 bitcoin-0.15.2-win64-setup.exe (Bitcoin Core 0.15.2), 各版本安装包地址: <https://bitcoincore.org/bin/>。

版本介绍: <https://bitcoin.org/en/release/v0.15.2#downgrading-warning>

bitcoin-0.15.2-win64-setup.exe	2019/7/2 15:15	应用程序	13,988 KB
--------------------------------	----------------	------	-----------

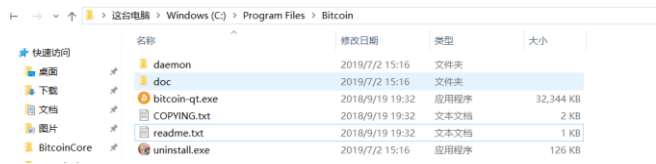
**TIP:** 因为在 0.17.0 的版本更新中，废除了一些对于用户友好的 RPC 调试指令以及大量可在回归模式中使用的环境配置指令，限制了测试的自由度，故不再推荐使用最新的版本的比特币客户端（0.18.X）。

在安装过程中注意记住软件的安装路径（用于配置系统环境），如果出现防火墙对于网络连接的弹窗，请点击“确定”，以确保客户端具备完整的网络功能。



2) 配置环境变量：

默认安装路径下的文件如下图所示，内部包含了 bitcoin-qt 的程序：



名称	修改日期	类型	大小
daemon	2019/7/2 15:16	文件夹	
doc	2019/7/2 15:16	文件夹	
bitcoin-qt.exe	2018/9/19 19:32	应用程序	32,344 KB
COPYING.txt	2018/9/19 19:32	文本文档	2 KB
readme.txt	2018/9/19 19:32	文本文档	1 KB
uninstall.exe	2019/7/2 15:16	应用程序	126 KB

在其 daemon 文件夹下，包含了其他两个主要程序（bitcoind 和 bitcoin-cli）：

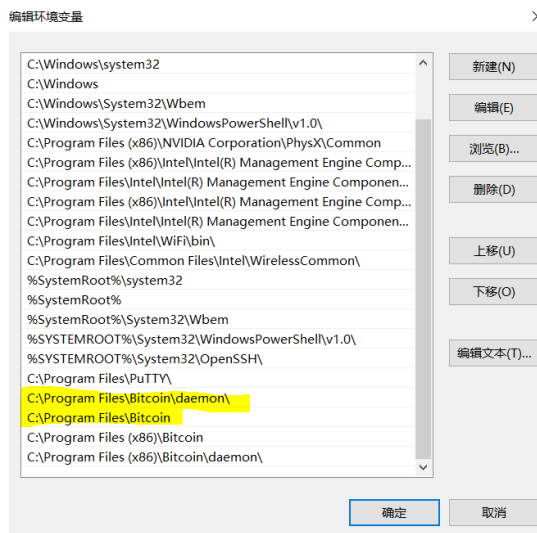
名称	修改日期	类型	大小
bitcoin-cli.exe	2018/9/19 19:32	应用程序	2,926 KB
bitcoind.exe	2018/9/19 19:32	应用程序	10,017 KB

由于本实验需要大量通过命令行调用以上程序，为了避免频繁的切换路径，最好的办法时将以上路径加入到系统环境变量中，具体的操作为：

在系统搜索栏中找到“此电脑”，右击后点击属性，调出控制面板-系统选项，点击“高级系统设置”：



进而点击“环境变量”，找到并选择系统变量中的 Path，点击编辑变量：



点击“新建”，将比特币安装路径和比特币安装路径\daemon\添加到变量中，并依次点击“确定”，“应用”，关闭上述选项卡。

### 3) 检测环境配置是否成功：

“Win+R”调出“运行”，输入“cmd”，调出命令行：

输入 `bitcoind -version`, 出现版本号即为配置成功：

```
C:\Users\vivid>bitcoind -version
Bitcoin Core Daemon version v0.15.2
Copyright (C) 2009-2017 The Bitcoin Core developers

Please contribute if you find Bitcoin Core useful. Visit
<https://bitcoincore.org> for further information about the software.
The source code is available from <https://github.com/bitcoin/bitcoin>.

This is experimental software.
Distributed under the MIT software license, see the accompanying file COPYING
or <https://opensource.org/licenses/MIT>

This product includes software developed by the OpenSSL Project for use in the
OpenSSL Toolkit <https://www.openssl.org> and cryptographic software written by
Eric Young and UPNP software written by Thomas Bernard.
```

有兴趣进行预习的同学请参考：

<https://bitcoin.org/en/developer-examples#regtest-mode>

## 四、实验内容

### 实验 1 熟悉 Bitcoin Core 的基本配置方法

#### 1.1 熟悉比特币客户端的配置方法

比特币客户端的配置可以通过在命令行指令中赋值选项参数的方法进行配置，打开命令行，尝试输入指令 `bitcoind -h`，即可查阅所有的指令：

```
Connection options:
  -addnode=<ip>
    Add a node to connect to and attempt to keep the connection open
  -banscore=<n>
    Threshold for disconnecting misbehaving peers (default: 100)
  -bantime=<n>
    Number of seconds to keep misbehaving peers from reconnecting (default:
    86400)
  -bind=<addr>
    Bind to given address and always listen on it. Use [host]:port notation
    for IPv6
  -connect=<ip>
    Connect only to the specified node(s); -connect=0 disables automatic
    connections
  -discover
    Discover own IP addresses (default: 1 when listening and no -externalip
    or -proxy)
  -dns
    Allow DNS lookups for -addnode, -seednode and -connect (default: 1)
  -dnsseed
    Query for peer addresses via DNS lookup, if low on addresses (default: 1
    unless -connect used)
```

不过，每次重复输入已有的配置相对非常低效，更加常用的手段是将配置信息写入配置文件 `bitcoin.conf` 中，再通过命令行工具中的 `-datadir=<file>`，输入配置文件的进行读取。比特币客户端在 windows 下的默认读取路径为：`%APPDATA%\Bitcoin\`：

**练习 1.1** 尝试打开以上地址，新建文件 `bitcoin.conf`，右击通过常用文本编辑器进行编辑（没有则用系统自带的记事本也可以），在文件第一行添加：`regtest=1`，保存后调出 `cmd` 命令行，运行指令：`bitcoind`，观察以上文件夹内的变化。

名称	修改日期	类型	大小
blocks	2019/7/1 21:52	文件夹	
chainstate	2019/7/1 22:40	文件夹	
wallets	2019/7/1 22:41	文件夹	
.lock	2019/7/1 21:51	LOCK 文件	0 KB
banlist.dat	2019/7/1 21:51	DAT 文件	1 KB
debug.log	2019/7/1 22:41	文本文档	126 KB
fee_estimates.dat	2019/7/1 22:41	DAT 文件	243 KB
mempool.dat	2019/7/1 22:41	DAT 文件	1 KB
peers.dat	2019/7/1 22:41	DAT 文件	5 KB

正常的情况下，比特币的回归测试模式被激活，`bitcoind` 建立了一个全节点，

可以发现默认路径下出现了 regtest 目录, 打开目录, 目录中的前三个文件夹分别对应记录了该节点存储的区块数据, 链上交易状态以及钱包的配置状态, 打开 debug.log, 便可以阅读在这次测试过程中的调试日志信息。

**(练习 1.1 的) 思考题:** 解读当前日志信息, 回答以下问题:

- 1) 测试中为存储链上交易状态初始化的数据空间是多少?
- 2) 初始化过程中, 节点钱包密钥池最终保存了多少对密钥?
- 3) 简述回归测试模式下, 程序添加 P2P 节点的步骤?



## 1.2 学习 bitcoin.conf 的配置方法

如果我们希望配置个性化的回归测试网络，就需要熟悉 bitcoin.conf 常用配置指令，打开实验预习材料中的 example\_bitcoin.conf，学习常用的指令，并在后续实验中进行随时查询。

下面着重介绍一些至关重要的命令：

`regtest=1` 开启回归测试网络的关键指令，遗漏则会自动连入主网，开始同步几 G 的区块数据；

`port=XXX` 节点连接时使用的网络端口，回归测试下默认为 18444，如果设置多个节点同时运行，则需要自定义配置不同的端口，尽量避免与系统已有的服务发生冲突；

`connect=<ip:port>` 和 `addnode=<ip:port>` 都是手动添加已知节点的手段，两者的区别是 `connect` 指令配置后节点将只从配置的特定地址接受数据，拒绝其他节点的连接，而 `addnode` 没有此类限制，这条指令的 ip 在回归测试中一般设定为系统默认回送地址，即 127.0.0.1；

`server=0/1` 这条指令配置节点是否作为服务节点，即是否接受 rpc 指令，默认值为 1，因此不用额外配置；

`rpcport=XXX` 配置 rpc 指令的监听端口，同样的，如果设置多个节点同时运行，则需要自定义配置不同的端口，尽量避免与系统已有的服务发生冲突；

`rpcuser=XXX` 和 `rpcpassword=XXX`，设定 rpc 的访问用户名和密码，安全使用 rpc 指令的必备命令，如果你是节点也不会希望自己的客户端莫名接受了他人的命令从而失去钱包中的所有代币！

**练习 1.2:** 配合以上命令，在回归测试网络中建立三个节点：alice, bob, network,

并使他们相互连接，可以进行交互。

**提示：**在 `%APPDATA%\Bitcoin\` 目录下，分别建立三个文件夹，每个文件夹中分别建立一个 `bitcoin.conf` 文件，并进行配置，三个节点皆配置完成后依次通过命令行输入 `bitcoind -conf=%APPDATA%\Bitcoin\文件名` 启动三个全节点（注：命令行打开后不要关闭，否则节点将停止运行）

**检验连接成功的方法：**如果三个节点连接正常，打开任意一个节点的日志时，都会出现两条类似于如下的节点成功连接的提示信息：`receive version message: /Satoshi:0.15.2/: version 70015, blocks=, us=[::]:0, peer=0\`

**TIP：**可能出现的问题，分配给节点的端口被其他程序占用，可以通过以下命令尝试解决：

`netstat -ano` 查询所有已被占用的端口号和相应进程；

`netstat -ano|findstr "port"` 查询某个端口是否被占用；

`taskkill -f /pid port` 通过进程号杀死占用端口的进程。

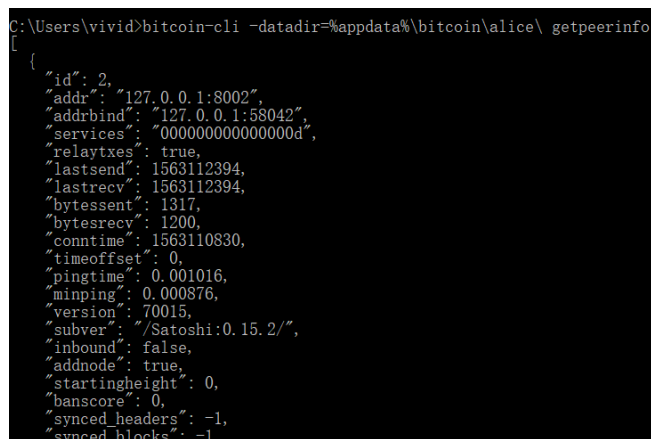
## 实验 2 掌握常用 RPC 指令，利用回归测试网络实现挖矿与交易

借助前面建立的回归测试网络,我们可以采用 bitcoin-cli 向相关节点发布 rpc 指令与测试链进行交互,新打开一个命令行,输入 `bitcoin-cli -h`,查看工具的使用方法。

在每一次使用 bitcoin-cli 时,同样我们需要使用 `-datadir=<dir>` 标记配置文件的路径,之后再承接要发送的 rpc 指令,例如,对于节点 alice: 我们希望查询其视角内与之相连的节点信息,则应该输入:

```
bitcoin-cli -datadir=%appdata%\bitcoin\alice\ getpeerinfo
```

如果回归网络建立正常,则应返回 json 格式的节点信息 (bob, network):



```
C:\Users\vivid>bitcoin-cli -datadir=%appdata%\bitcoin\alice\ getpeerinfo
{
  "id": 2,
  "addr": "127.0.0.1:8002",
  "addrbind": "127.0.0.1:58042",
  "services": "0000000000000000d",
  "relaytxes": true,
  "lastsend": 1563112394,
  "lastrecv": 1563112394,
  "bytessent": 1317,
  "bytesrecv": 1200,
  "conntime": 1563110830,
  "timeoffset": 0,
  "pingtime": 0.001016,
  "minping": 0.000876,
  "version": 70015,
  "subver": "/Satoshi:0.15.2/",
  "inbound": false,
  "addnode": true,
  "startingheight": 0,
  "banscore": 0,
  "synced_headers": -1,
  "synced_blocks": -1
}
```

**TIP:** 由于涉及多次输入指令,每次都要输入路径是非常麻烦的事情,我们可以通过自定义指令来极大的简化这一步骤, windows 系统下,在任意目录建立 regtest.bat 文件,用文本编辑器打开,内部写入:

```
@DOSKEY alice-cli=bitcoin-cli -regtest -datadir=%appdata%\bitcoin\alice %*
```

再写入注册表使其自动运转,即可以 `alice-cli + rpc` 指令代替原来的指令,这对 bitcoind 和 bitcoin-qt 同样适用。

其中 doskey 相当于 Linux 中的 alias, `$*` 表示这个命令还可能还有其他参数, `@` 则表示执行这条命令时不显示这条命令本身。

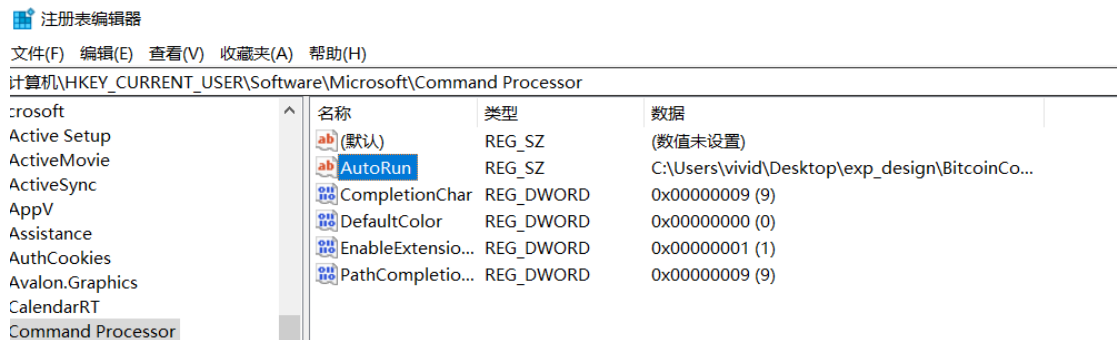
**regtest 指令的优化:** 我们将以下命令复制到 regtest.bat 中保存。

```
@DOSKEY alice-d=bitcoind -regtest -datadir=%appdata%\bitcoin\alice $*
@DOSKEY bob-d=bitcoind -regtest -datadir=%appdata%\bitcoin\bob $*
@DOSKEY network-d=bitcoind -regtest -datadir=%appdata%\bitcoin\network $*

@DOSKEY alice-cli=bitcoin-cli -regtest -datadir=%appdata%\bitcoin\alice $*
@DOSKEY bob-cli=bitcoin-cli -regtest -datadir=%appdata%\bitcoin\bob $*
@DOSKEY network-cli=bitcoin-cli -regtest -datadir=%appdata%\bitcoin\network $*

@DOSKEY alice-qt=bitcoin-qt -regtest -datadir=%appdata%\bitcoin\alice $*
@DOSKEY bob-qt=bitcoin-qt -regtest -datadir=%appdata%\bitcoin\bob $*
@DOSKEY network-qt=bitcoin-qt -regtest -datadir=%appdata%\bitcoin\network $*
```

然后使用组合键 Win+R > 输入 regedit 进入注册表 > 找到 HKEY\_LOCAL\_MACHINE\Software\Microsoft\Command Processor > 右键新建 > 字符串值, 名为 AutoRun, 值为 regtest.bat 的绝对路径 > 保存退出即可完成对指令的优化。



下面我们采用回归测试网络进行测试链的挖矿和交易：

**练习 2：** 打开命令行输入 `alice-cli generate 1` 我们使用节点 alice 产生了一个区块，命令行返回为该区块的地址，复制该地址使用 `getblock "blockid"` 指令便可以查询整个区块的数据,使用 `gettransaction "txid"` 则可以查询任意一个交易。

```
C:\Users\vivid>alice-cli getblock 203dff355a2a58232912d9643027546bd5f9166b2eb06c7f32fce0bb197df0
{
  "hash": "203dff355a2a58232912d9643027546bd5f9166b2eb06c7f32fce0bb197df0",
  "confirmations": 1,
  "strippedsize": 226,
  "size": 226,
  "weight": 904,
  "height": 1,
  "version": 536870912,
  "versionHex": "20000000",
  "merkleroot": "21cf621368bb91197a9086135c4a6f336025497e7ba5ac510368aa0b64d85257",
  "tx": [
    "21cf621368bb91197a9086135c4a6f336025497e7ba5ac510368aa0b64d85257"
  ],
  "time": 1563114036,
  "mediantime": 1563114036,
  "nonce": 0,
  "bits": "207fffff",
  "difficulty": 4.656542373906925e-010,
  "chainwork": "0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000004",
  "previousblockhash": "0f9188f13cb7b2c71f2a335e3a4fc328bf5beb436012afca590b1a11466e2206"
}
```

使用 `getbalance` 指令可以查询账户的余额，`getnewaddress` 则可以为本账户衍生新的地址，尝试以上命令，我们可以发现 alice 挖矿的收益并未纳入其账户余额中，这是由于比特币规定挖矿的收入只有在经过 100 次确认后方可花费，所以让 alice 拿到第一笔 50BTC 收入的方法只有通过指令再生成额外的 100 个区块。

将一定数额的代币发送到特定地址，则可以使用 `sendtoaddress "address" amount` 指令完成，一般默认交易获得 6 个确认后即能视作可安全花费。

灵活运用以上指令，使用 `bitcoin-cli` 完成以下任务：

- 1) 为 alice 生成至少 150 BTC 的可用余额；
- 2) 生成交易，由 alice 分别支付给 bob 2.5BTC，network 1.5BTC，并使交易入块获得确认；
- 3) 展示时请分别用指令获取 bob 和 network 的余额，并展示承载上述关键交易的区块原始数据。

### 实验 3 通过控制台与测试链进行更加丰富的交互

最后我们来学习 bitcoin-qt 的使用方法，关闭之前打开的运行 bitcoind 的命令，使用预设的 `alice-qt` 命令打开 alice 节点的 qt 客户端，如下图所示我们可以发现，钱包记录了刚刚发生的收款交易，但余额的显示似乎还有一些问题，这主要是因为其余两个全节点未上线造成的数据同步异常。

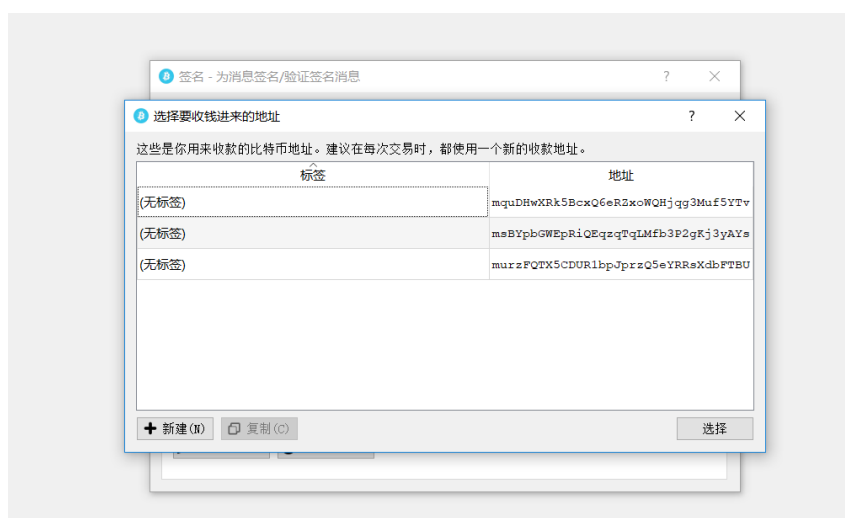


我们用同样的方式打开 bob 和 network 的 qt 客户端，并选择任意节点的钱包-帮助-调试窗口，切换到控制台菜单下，输入 `getbalance` 指令,便可使前端更新正确的余额，点击调试窗口的同伴选项，可以看到客户端正在连接的节点信息，这里可以方便的设置连接的黑/白名单，而网络流量选项卡则可以用于实时检测钱包的网络流量。



在控制台，我们输入 `help`，既可以看到钱包支持的所有 `rpc` 指令，使用 `help+` 不熟悉的指令名称还能够得到详细的指令用法解读，所有 `rpc` 指令都可以在控制台台中进行发送，与 `bitcoin-cli` 的功能完全相同。

在主界面，钱包端提供了一些更加用户友好的功能，包括地址簿、方便的收付款功能、对于交易费用的调节、交易的提醒、交易记录的查询以及钱包的加密、备份等等，每一个功能都有详细的说明，请大家自行选择功能进行体验和学习。



**练习 3:** 请大家综合利用控制台的 `help` 功能，学习并完成如下任务：

利用 `rpc` 指令将如下交易源数据解析为 JSON 格式

```
010000000156211389e5410a9fd1fc684ea3a852b8cee07fd15398689d99441b98b
fa76e2900000000000fffff0280969800000000001976a914fdc7990956642433ea75ca
bdcc0a9447c5d2b4ee88acd0e89600000000001976a914d6c492056f3f99692b56967a4
2b8ad44ce76b67a88ac00000000
```

并回答: a.该交易的输入输出情况;b.该交易的数据量大小;



## 实验 4（拓展实验）：利用回归测试网络模拟并测试复杂的区块链状态与功能

以下实验为**拓展实验（加分项）**，不作强制要求，感兴趣的同学可以任选其一尽情发动脑洞运用不同方法完成：

**拓展实验 4.1：**合理配置 bitcoin.conf，创建一个回归测试网络，并在网络中制造分叉现象，对分叉造成的影响进行观察。

（提示：制造一个脆弱的节点拓扑关系，并使得某关键节点暂时离线）

?	2019/7/15 02...	挖矿所得	➤ (msVRqq5sUPB8mqb1yWBj4qF7Z4omtq1fgr)	[25.00000000]
?	2019/7/15 02...	挖矿所得	➤ (msVRqq5sUPB8mqb1yWBj4qF7Z4omtq1fgr)	[25.00000000]
?	2019/7/15 02...	挖矿所得	➤ (msVRqq5sUPB8mqb1yWBj4qF7Z4omtq1fgr)	[25.00000000]
?	2019/7/15 02...	挖矿所得	➤ (msVRqq5sUPB8mqb1yWBj4qF7Z4omtq1fgr)	[25.00000000]
?	2019/7/15 02...	挖矿所得	➤ (msVRqq5sUPB8mqb1yWBj4qF7Z4omtq1fgr)	[25.00000000]
?	2019/7/15 02...	挖矿所得	➤ (msVRqq5sUPB8mqb1yWBj4qF7Z4omtq1fgr)	[25.00000000]
?	2019/7/15 02...	挖矿所得	➤ (msVRqq5sUPB8mqb1yWBj4qF7Z4omtq1fgr)	[25.00000000]
?	2019/7/15 02...	挖矿所得	➤ (msVRqq5sUPB8mqb1yWBj4qF7Z4omtq1fgr)	[25.00000000]

**拓展实验 4.2：**建立一个 4 节点的回归测试网络，其中任意 3 节点产生一个 2of3(即 3 个人中任意 2 人签名,交易即合法)的多签交易付给第四个节点 35BTC，完成该交易并使其获得确认。

（提示：使用 rpc 命令 createmultisig 进行构造）

**拓展实验 4.3（组队完成-3~4 人）：**多人协作在局域网内建立一个 3-4 人的回归测试网络，并利用钱包完成一笔带有 locktime 为 500 区块高度的多输入多输出交易（需涉及所有节点）并使其得到确认。

## 五、参考文献

[1]<https://bitcoincore.org>, 访问时间: 2021.10.19

[2]<https://bitcoincore.org/bin/bitcoin-core-0.15.2/>, 访问时间: 2021.10.19

[3]<https://bitcoincore.org/en/doc/0.16.1/rpc/>, 访问时间: 2021.10.19