课程回顾补充

> %s： []byte可能会出现乱码
>
> %x: 正常展示
>
> 终端如果出现乱码，可以使用`reset`命令进行重置。

check.sh优化：

```
#!/bin/bash

from=1Fakfxjba4LwEtNVUJnz9erXqjgBeRzvuz
to=1CAu5rZtzWFYnN2KpMUWaN9LXhJ75H1eoX
miner=19dpiTubN8ty2Ji5JTrTSpbUYMhnuuq888


./blockchain send $from $to 10 $miner    "hello world"

./blockchain getBalance $from #2.5
./blockchain getBalance $to #10
./blockchain getBalance $miner #12.5
```

下标访问注意：

所有涉及到切片下标的操作之前，都要校验一下数组|切片的长度。防止访问越界。

Lsh: left shift :左移

Rsh：right shift 右移

签名相关

需要：

1. 私钥 =》付款人的私钥
2. 想要签名的数据src ==》 交易

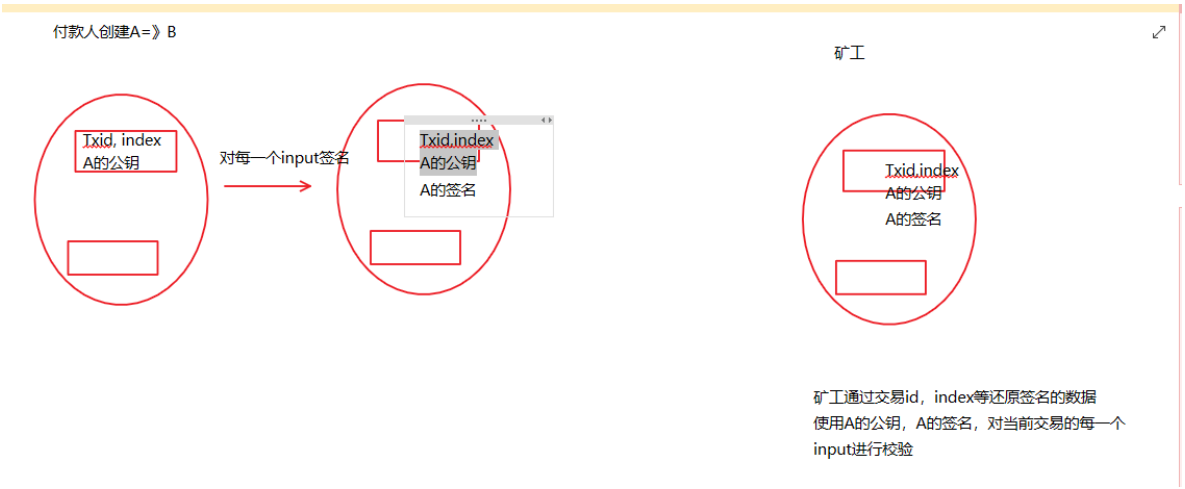
校验：

1. 公钥 =》矿工拿着交易里面的携带的公钥
2. 需要校验的数据src =》通过接收到的交易生成的数据
3. 数字签名 ==》从交易的sig字段中获取

到底对什么进行签名?

1. 签名：对当前的这笔交易进行
2. 这个交易里面要包含哪些数据呢：
    1. 新生成的output的公钥哈希签名（这描述了收款人）
    2. output的金额（描述了转账金额）
    3. 所引用的utxo的锁定的公钥哈希（这描述了付款人）

校验签名



创建交易副本

```
//创建当前交易的副本（裁剪）
//Trim 修剪
func (tx *Transaction) TrimmedTransactionCopy() *Transaction {
    //将input的sig和pubKey字段设置成nil
    var inputs []TXInput
    var outputs []TXOutput

    //遍历input
    for _, input := range tx.TxInputs {
```

```
        inputNew := TXInput{
            TXID:      input.TXID,
            Index:     input.Index,
            ScriptSig: nil,
            PubKey:    nil,
        }

        inputs = append(inputs, inputNew)
    }

    //遍历output
    copy(outputs, tx.TXOutputs)

    txCopy := Transaction{
        Txid:      tx.Txid,
        TxInputs:  inputs,
        TXOutputs: outputs,
        TimeStamp: tx.TimeStamp, //<< 不要使用当前时间，否则矿工校验时的数据一定会改变
    }

    return &txCopy
}
```

Sign函数

```
//具体签名函数
func (tx *Transaction) Sign(priKey *ecdsa.PrivateKey, prevTxs
map[string]*Transaction) bool {
    fmt.Printf("开始具体签名动作：Sign ...\n")
    //所有的签名细节在此处实现
    //TODO

    return true
}
```

SingTransaction

```
//签名相关
func (bc *BlockChain) SignTransaction(priKey *ecdsa.PrivateKey, tx *Transaction)
bool {
    fmt.Printf("开始签名：SignTransaction called!\n")
    if tx.isCoinbaseTx() {
        fmt.Println("发现挖矿交易，不需要签名!")
        return true
    }

    //1. 查到tx所引用的交易的集合
```

```
    var prevTxs map[string]*Transaction

    //TODO

    return tx.Sign(priKey, prevTxs)
}
```

调用:

```
    tx := Transaction{
        TxInputs:  inputs,
        TXOutputs: outputs,
        TimeStamp: time.Now().Unix(),
    }

    //3. 设置交易id
    tx.SetTxId()

    //4. 对当前交易进行签名
    bc.SignTransaction(priKey, &tx)

    //4. 返回
    return &tx, nil
}
```

校验Verify

transaction.go

```
//具体的验证函数
func (tx *Transaction) Verify(prevTxs map[string]*Transaction) bool {
    fmt.Printf("开始具体校验动作: Verify ...\n")
    //TODO
    return true
}
```

blockchain.go

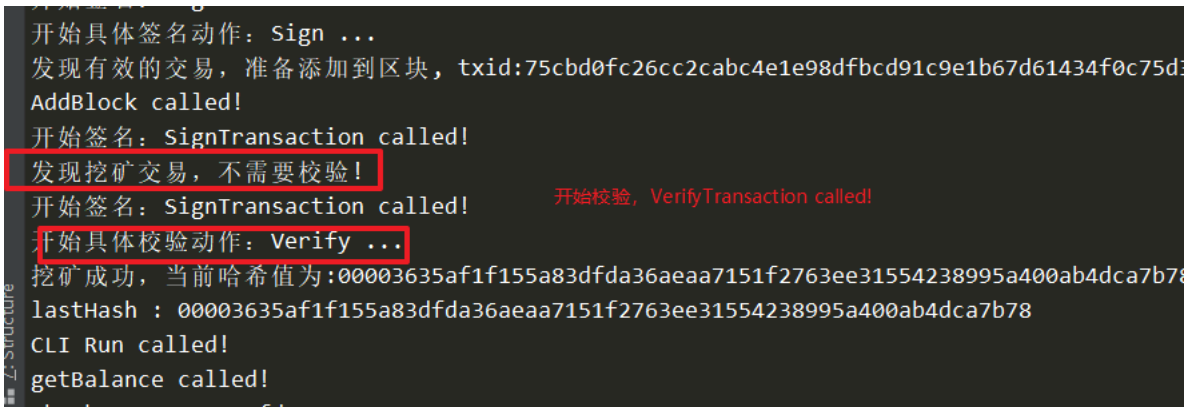
```
func (bc *BlockChain) VerifyTransaction(tx *Transaction) bool {
    fmt.Printf("开始校验: VerifyTransaction called!\n")
    if tx.isCoinbaseTx() {
        fmt.Println("发现挖矿交易，不需要校验!")
        return true
    }

    prevTxs := make(map[string]*Transaction)

    //TODO
```

```
    return tx.Verify(prevTxs)
}
```

调用:

```
//1 <- 2 <-3
//添加区块的方法
func (bc *BlockChain) AddBlock(txs []*Transaction) {
    fmt.Println("AddBlock called!")



    //所有校验通过的交易集合，最终打包到区块  <<=========
    var validTxs []*Transaction

    //对每一条交易进行校验
    for _, tx := range txs {
        if bc.VerifyTransaction(tx) {
            validTxs = append(validTxs, tx)
        } else {
            fmt.Printf("发现签名校验失败的交易:%x\n", tx.Txid)
        }
    }

    //最后一个区块的哈希值
    lastHash := bc.tail

    //1. 创建新的区块
    newBlock := NewBlock(validTxs, lastHash) <<=======

    //...省略
}
```

效果:



FindTransactionByTxid

```
//根据txid找到交易本身
func (bc *BlockChain) FindTransactionByTxid(txid []byte) *Transaction {
    it := NewIterator(bc)

    for {
        block := it.Next()

        for _, tx := range block.Transactions {
            if bytes.Equal(tx.Txid, txid) {
                return tx
            }
        }

        if len(block.PrevHash) == 0 {
            break
        }
    }

    return nil
}
```

实现查找所引用交易的map结构

```
//签名相关
func (bc *BlockChain) SignTransaction(priKey *ecdsa.PrivateKey, tx *Transaction)
bool {
    fmt.Printf("开始签名：SignTransaction called!\n")
    if tx.isCoinbaseTx() {
        fmt.Println("发现挖矿交易，不需要签名!")
        return true
    }

    //1. 查到tx所引用的交易的集合    <<<=======
    //key: txid
    //value:tx本身
    prevTxs := make(map[string]*Transaction)
    //遍历当前交易的input，通过txid找到每个input的tx，赋值给map

    for _, input := range tx.TxInputs {
        tx := bc.FindTransactionByTxid(input.TXID)
        if tx == nil {
            fmt.Println("没有找到交易，txid:", input.TXID)
            return false
        }

        //将找到的交易放到集合中
        fmt.Printf("找到签名时所引用的交易,txid: %x\n", tx.Txid)
        prevTxs[string(input.TXID)] = tx
    }  <<<=========

    return tx.Sign(priKey, prevTxs)
```

```
}
```

效果：

```
FindNeedUtxoInfo called, pubKeyHash :9ff3f16b6374eee60f67f340f8ccd1d4e629bc39, amount:10.000000
FindMyUtxo called, address:9ff3f16b6374eee60f67f340f8ccd1d4e629bc39
找到了属于'9ff3f16b6374eee60f67f340f8ccd1d4e629bc39'的output, index:0, value:12.500000
开始签名：SignTransaction called!
找到签名时所引用的交易,txid: a25784646b52b34e00bcf85b3b87b719cfeba38cf3fccf92eeacab4886f5d967
开始具体签名动作：Sign ...
发现有效的交易，准备添加到区块，txid:b52f4f974d2d1215ceda324e730ed8d00ecdf3805aabc8e135d2798c73943790
AddBlock called!
开始校验：VerifyTransaction called!
```

VerifyTransaction实现

```
func (bc *BlockChain) VerifyTransaction(tx *Transaction) bool {
    fmt.Printf("开始校验：VerifyTransaction called!\n")
    if tx.isCoinbaseTx() {
        fmt.Println("发现挖矿交易，不需要校验!")
        return true
    }

    prevTxs := make(map[string]*Transaction)

    for _, input := range tx.TxInputs { //<<<====
        tx := bc.FindTransactionByTxid(input.TXID)
        if tx == nil {
            fmt.Println("没有找到交易, txid:", input.TXID)
            return false
        }

        //将找到的交易放到集合中
        fmt.Printf("找到校验时所引用的交易,txid: %x\n", tx.Txid)
        prevTxs[string(input.TXID)] = tx
    }    //<<<====

    return tx.Verify(prevTxs)
}
```

Sign函数实现

> 1. 获取交易副本txCopy
> 2. 遍历txCopy里面的input
> 3. 使用这个input所引用的output来填充每一个input的pubKey字段
> 4. 对当前交易做哈希处理，得到需要签名的数据
> 5. 使用私钥进行签名：sig
> 6. 将签名赋值给原始交易的input.ScriptSig字段

> 7. 将当前input的pubKey字段设置成nil

```
//具体签名函数
func (tx *Transaction) Sign(priKey *ecdsa.PrivateKey, prevTxs
map[string]*Transaction) bool {
    fmt.Printf("开始具体签名动作：Sign ...\n")
    //所有的签名细节在此处实现
    //1. 获取交易副本txCopy
    txCopy := tx.TrimmedTransactionCopy()

    //2. 遍历txCopy里面的input
    for i, input := range txCopy.TxInputs {
        prevtx := prevTxs[string(input.TXID)]
        if priKey == nil {
            return false
        }

        //3. 使用这个input所引用的output来填充每一个input的pubKey字段
        output := prevtx.TXOutputs[input.Index] //<< == 不是i变量
        //input.PubKey = output.PubKeyHash <<== 这个input时副本，不要对它进行操作
        txCopy.TxInputs[i].PubKey = output.PubKeyHash

        //4. 对当前交易做哈希处理，得到需要签名的数据
        txCopy.SetTxId() //这个函数就是获取了当前交易的哈希值
        hashData := txCopy.Txid

        fmt.Printf("=====> 签名内容的哈希值：%x\n", hashData)

        //5. 使用私钥进行签名：sig
        r, s, err := ecdsa.Sign(rand.Reader, priKey, hashData[:])
        if err != nil {
            fmt.Println("ecdsa.Sign err: ", err)
            return false
        }

        //将r，s拼接成一个字节流，生成当前的签名
        signature := append(r.Bytes(), s.Bytes()...)

        //6. 将签名赋值给原始交易的input.ScriptSig字段
        tx.TxInputs[i].ScriptSig = signature

        //7. 将当前input的pubKey字段设置成nil
        txCopy.TxInputs[i].PubKey = nil
        txCopy.Txid = nil //在SetTxId时，已经修改了，需要还原
    }

    fmt.Println("交易签名成功!")

    return true
}
```

TrimmedCopy里面做修改如下：

```
        //遍历output
        copy(outputs, tx.TXOutputs)

        txCopy := Transaction{
            Txid:      nil,
            TxInputs:  inputs,
            TXOutputs: outputs,
            TimeStamp: tx.TimeStamp, //<< 不要使用当前时间，否则
        }

        return &txCopy
    }
```

```
FindNeedUtxoInfo called, pubKeyHash :9ff3f16b6374eee60f67f340f8ccd1d4e629bc39, amount:10.000000
FindMyUtxo called, address:9ff3f16b6374eee60f67f340f8ccd1d4e629bc39
找到了属于'9ff3f16b6374eee60f67f340f8ccd1d4e629bc39'的output, index:0, value:12.500000
开始签名：SignTransaction called!
找到签名时所引用的交易,txid: e95e22123ce9faec3456cd727fbfdc9ed6535a03104a43cc4263c529917ba3c3
开始具体签名动作：Sign ...
====> 签名内容的哈希值：367fc58e5f3395b659b52a87befbbc774673db0c96397e5546df4509774e2ff4
交易签名成功!
发现有效的交易，准备添加到区块，txid:66a24e00933165c0a8df2e4828fd850ddd874f1a3d0e1a7ce53ddf96564
AddBlock called!
```

Verify校验实现

1. 生成一个交易的副本：txCopy
2. 遍历交易当前交易副本，还原签名的数据
    1. 找到这个input对应的output，获取公钥哈希
    2. 对交易做哈希处理
    3. 使用签名，公钥，数据，进行校验
    4. 清理数据，将相应的字段设置成nil

```
//具体的验证函数
func (tx *Transaction) Verify(prevTxs map[string]*Transaction) bool {
    fmt.Printf("开始具体校验动作：Verify ...\n")
    //1. 生成一个交易的副本：txCopy
    txCopy := tx.TrimmedTransactionCopy()
```

```
    //2. 遍历交易当前交易副本，还原签名的数据
    for i, input := range txCopy.TxInputs {
        //1. 找到这个input对应的output，获取公钥哈希
        prevTx := prevTxs[string(input.TXID)]
        if prevTx == nil {
            return false
        }

        //2. 对交易做哈希处理
        output := prevTx.TXOutputs[input.Index]
        txCopy.TxInputs[i].PubKey = output.PubKeyHash //<<===

        //生成要校验的数据
        txCopy.SetTxId()
        hashData := txCopy.Txid             //a.数据
        sigData := tx.TxInputs[i].ScriptSig //b. 签名
        pubKey := tx.TxInputs[i].PubKey     //c. 公钥

        fmt.Printf(" ===> 校验时，还原的数据哈希值:%x\n", hashData)

        //还原签名，得到r,s
        var r, s big.Int
        r.SetBytes(sigData[:len(sigData)/2])
        s.SetBytes(sigData[len(sigData)/2:])

        //还原公钥，现在X，Y字节流
        var x, y big.Int
        x.SetBytes(pubKey[:len(pubKey)/2])
        y.SetBytes(pubKey[len(pubKey)/2:])

        //type PublicKey struct {
        //  elliptic.Curve
        //  X, Y *big.Int
        //}

        pubKeyRaw := ecdsa.PublicKey{
            Curve: elliptic.P256(),
            X:     &x,
            Y:     &y,
        }

        //3. 使用签名，公钥，数据，进行校验
        if !ecdsa.Verify(&pubKeyRaw, hashData[:], &r, &s) {
            //只要有一个input校验失败，则返回false
            fmt.Println("校验签名失败!")
            return false
        }

        //4. 清理数据，将相应的字段设置成nil
        txCopy.TxInputs[i].TXID = nil
        txCopy.TxInputs[i].PubKey = nil
    }

    fmt.Println("当前交易数字签名校验成功!")

    return true
}
```