

三角套利闪电贷计算方法

前提：假定存在ZRX/BNB, BNB/BUSD ,BUSD/ZRX 交易对，目标交易为ZRX/BNB

- 情况一。目标交易卖出BNB，得到ZRX，此时我们在ZRX/BNB借出BNB，然后在BNB/BUSD换成 BUSD，最后在BUSD/ZRX兑奖成ZRX 还回去。
- 情况二。目标交易为卖出ZRX，得到BNB。此时我们调换 ZRX/BNB 与 BUSD/ZRX 的顺序。在 BUSD/ZRX 借出BUSD，在BNB/BUSD换成BNB，然后在ZRX/BNB换回ZRX 还回去。

以上不管哪种情况，稳定币交易对必在中间，我们的盈利总是借的那种代币。

假定有三个交易对pair0,pair1,pair2，存量分别为r00,r01,r10,r11,r20,r21,交易手续费分别为fee0,fee1,fee2。

并且存量也按特定顺序排列好，也就是非稳定币在两种交易对中都是token1，借出币在两种交易对中都是token0

因为我们可以调整交易对及存量的顺序，所以我们只计算一种情况即可。

辅助计算公式为

```
// 根据得到（借出数量）计算卖出（还）的数量
function getAmountInFloat(amountOut,reserveIn,reserveOut,fee) {
    let numerator = reserveIn * amountOut
    let denominator =(reserveOut - amountOut) * (1- fee/10000)
    return numerator/denominator
}
```

为了计算简化，可将 $1-\text{fee}/10000$ 简化为p, 分别为p0,p1,p2，则getAmountInFloat 修正为:

```
// 根据得到（借出数量）计算卖出（还）的数量，其中 p 为  $(1- \text{fee}/10000)$ ，为常量
function getAmountInFloat(amountOut,reserveIn,reserveOut,p) {
    let numerator = reserveIn * amountOut
    let denominator =(reserveOut - amountOut) * p
    return numerator/denominator
}
```

在上面的交易对中，闪电贷套利流程如下

1. pair0 借出 x 个token0(我们已经强制token0为出借稳定币)
2. 计算pair0中需要还的 token1数量 (token1 =>in ,token0 => out) : `pay_token1 = getAmountInFloat(x,r01,r00,p0)`
3. 计算pair2中购买 `pay_token1` 数量的 `token1`，需要支付的另一种稳定币数量 (token1 => out, token0 => in)

```
pay_tokenBase = getAmountInFloat(pay_token1,r20,r21,p2)
```

4. 计算在pair1中购买 `pay_tokenBase` 数量的token1需要支付的token0 (token0 => in, token1 => out):

```
pay_token0 = getAmountInFloat(pay_tokenBase,r10,r11,p1)
```

5. 盈利 $Y = x - \text{pay_token0} = f(x)$

6. 计算 $dy/dx = 0$, 求极值。中间极值条件我忘记是怎么会事了。

7. 和相同交易对相比, 三角套利就是 反复迭代了三次来求 `getAmountInFloat`。

举例说明, 下面分别为三个交易对 pair0,pair1,pair2

BNB/ZRX , BNB/BUSD , BUSD/ZRX (可以看到这里强制BNB为token0, ZRX强制为token1), 这里需要判断每个交易对和原生token0及token1的顺序是否相反来更换存量。如果BNB/ZRX 原本为 zrx/bnb交易对,从交易对获取的存量为r00,r01。那么此时 $R00 = r_bnb = r01$, $R01 = r_zrx = r00$ 需要进行交换。

因此对应的存量分别为 R00,R01 ,R10,R11,R20,R21

- 源交易卖出BNB, 得到 ZRX 。此时的流程为我们上面的计算流程。借bnb还zrx, 借zrx还busd, 借busd还BNB, 最后借出的BNB - 还的BNB为盈利。
- 源交易卖出ZRX, 得到BNB。此进调整交易对为如下: BUSD/ZRX, BUSD/BNB, BNB/ZRX。这里相当于BUSD为上面情况的BNB, BNB为上面情况的BUSD。此时除了pair0和pair2交换顺序外, pair1需要交换存量。

不用闪电贷时, 公式也和这个类似, 最后也需要交换计算反向盈利值, 并交换中间交易对的存量。