Django下防御Race Condition漏洞

原创 phith0n 代码审计 2023-03-19 14:08 发表于新加坡

收录于合集
#django 1 #条件竞争 1

今天下午在v2ex上看到一个帖子，讲述自己因为忘记加分布式锁导致了公司的损失：

我曾在《从Pwnhub诞生聊Django安全编码》一文中描述过关于商城逻辑所涉及的安全问题，其中就包含并发漏洞（Race Condition）的防御，但当时说的比较简洁，也没有演示实际的攻击过程与危害。今天就以v2ex上这个帖子的场景来讲讲，常见的存在漏洞的Django代码，与我们如何正确防御竞争漏洞的方法。

0x01 Playground搭建

首先，使用我这个Django-Cookiecutter脚手架创建一个项目，项目名是Race Condition Playground。

创建两个新的Model：

```python
class User(AbstractUser):
    username = models.CharField('username', max_length=256)
    email = models.EmailField('email', blank=True, unique=True)
    money = models.IntegerField('money', default=0)

    USERNAME_FIELD = 'email'
    REQUIRED_FIELDS = ['username']

    class Meta(AbstractUser.Meta):
        swappable = 'AUTH_USER_MODEL'
        verbose_name = 'user'
        verbose_name_plural = verbose_name

    def __str__(self):
        return self.username


class WithdrawLog(models.Model):
    user = models.ForeignKey('User', verbose_name='user', on_delete=models.SET_NULL, null=True)
    amount = models.IntegerField('amount')

    created_time = models.DateTimeField('created time', auto_now_add=True)
    last_modify_time = models.DateTimeField('last modify time', auto_now=True)

    class Meta:
        verbose_name = 'withdraw log'
        verbose_name_plural = 'withdraw logs'

    def __str__(self):
        return str(self.created_time)
```

一个是User表，用以储存用户，其中money字段是这个用户的余额；一个是WithdrawLog表，用以储存提取的日志。我们假设公司财务会根据这个日志表来向用户打款，那么只要成功在这个表中插入记录，则说明攻击成功。

然后，我们编写一个WithdrawForm，其字段amount，表示用户此时想提取的余额，必须是整数：

```python
class WithdrawForm(forms.Form):
    amount = forms.IntegerField(min_value=1)

    def __init__(self, *args, **kwargs):
        self.user = kwargs.pop('user', None)
        super().__init__(*args, **kwargs)

    def clean_amount(self):
        amount = self.cleaned_data['amount']
        if amount > self.user.money:
            raise forms.ValidationError('insufficient user balance')

        return amount
```

我将检查用户余额的逻辑放在`WithdrawForm.clean_amount`中，如果发现用户要提取的金额大于用户的余额，则抛出一个`forms.ValidationError`异常。

最后我们编写一个用于提现的View：

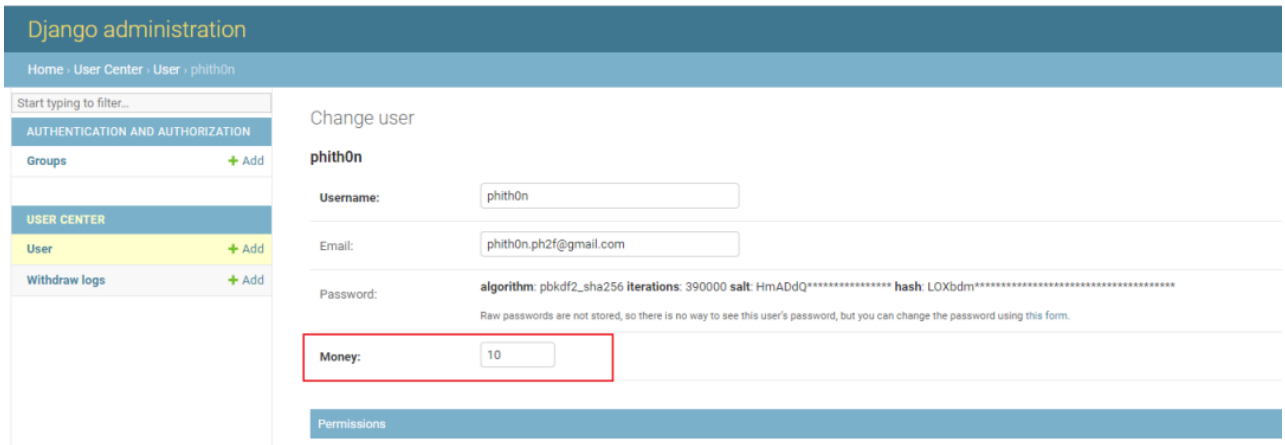
```
class BaseWithdrawView(LoginRequiredMixin, generic.FormView):
    template_name = 'form.html'
    form_class = forms.WithdrawForm

    def get_form_kwargs(self):
        kwargs = super().get_form_kwargs()
        kwargs['user'] = self.request.user
        return kwargs


class WithdrawView1(BaseWithdrawView):
    success_url = reverse_lazy('ucenter:withdraw1')

    def form_valid(self, form):
        amount = form.cleaned_data['amount']
        self.request.user.money -= amount
        self.request.user.save()
        models.WithdrawLog.objects.create(user=self.request.user, amount=amount)

        return redirect(self.get_success_url())
```

这个 `WithdrawView1` 非常简单，因为使用了django的 `generic.FormView` ，所以Django在接收到POST请求后会正常使用form的方法进行检查（包含上面提到的余额充足的检查），检查通过后执行 `form_valid()` 函数完成提现操作：

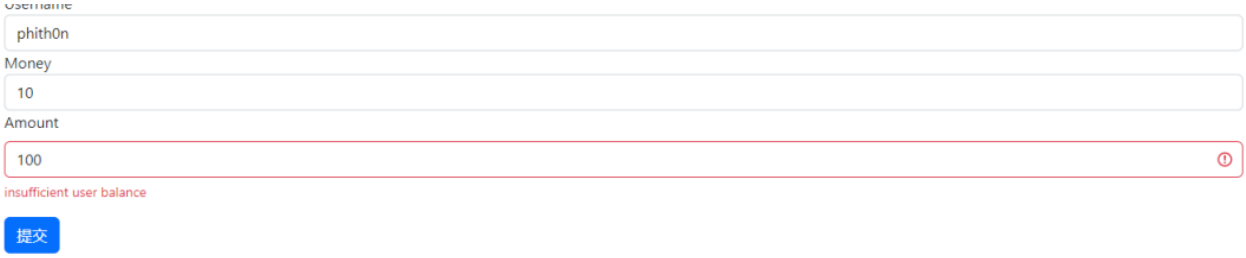
- 对 `request.user.money` 进行自减
- 在 `WithdrawLog` 中添加一条新记录

最后再添加一些必要的前端、路由、Admin等即可完工。

跑起来Web应用，访问后台，给自己的账户设置余额为10：



然后来到前台，输入Amount即可进行提现。我们尝试输入100提交，此时会因为余额不足而报错：

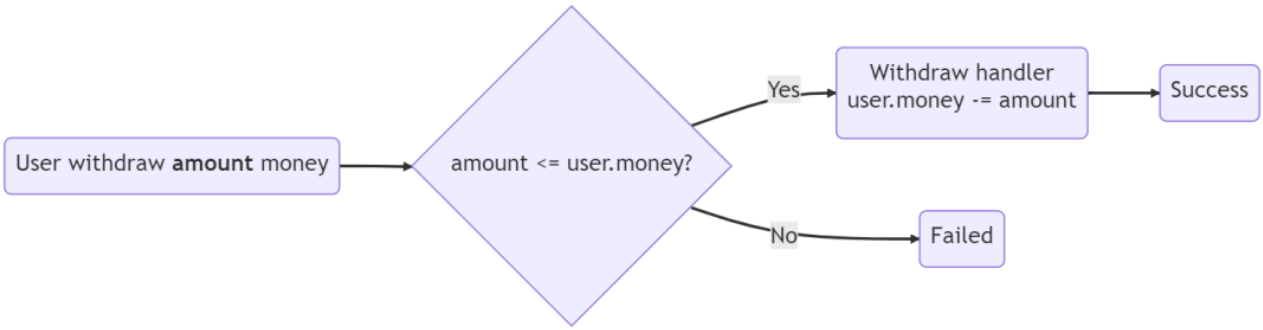


运行正常，我们可以开始进行实验。

0x02 无锁无事务时的竞争攻击

观察我前面写的`WithdrawView1`，可以发现整个操作即没有使用事务，也没有加锁，理论上是存在Race Condition漏洞的。

Race Condition的原理很简单，下图是用户提现时的流程：

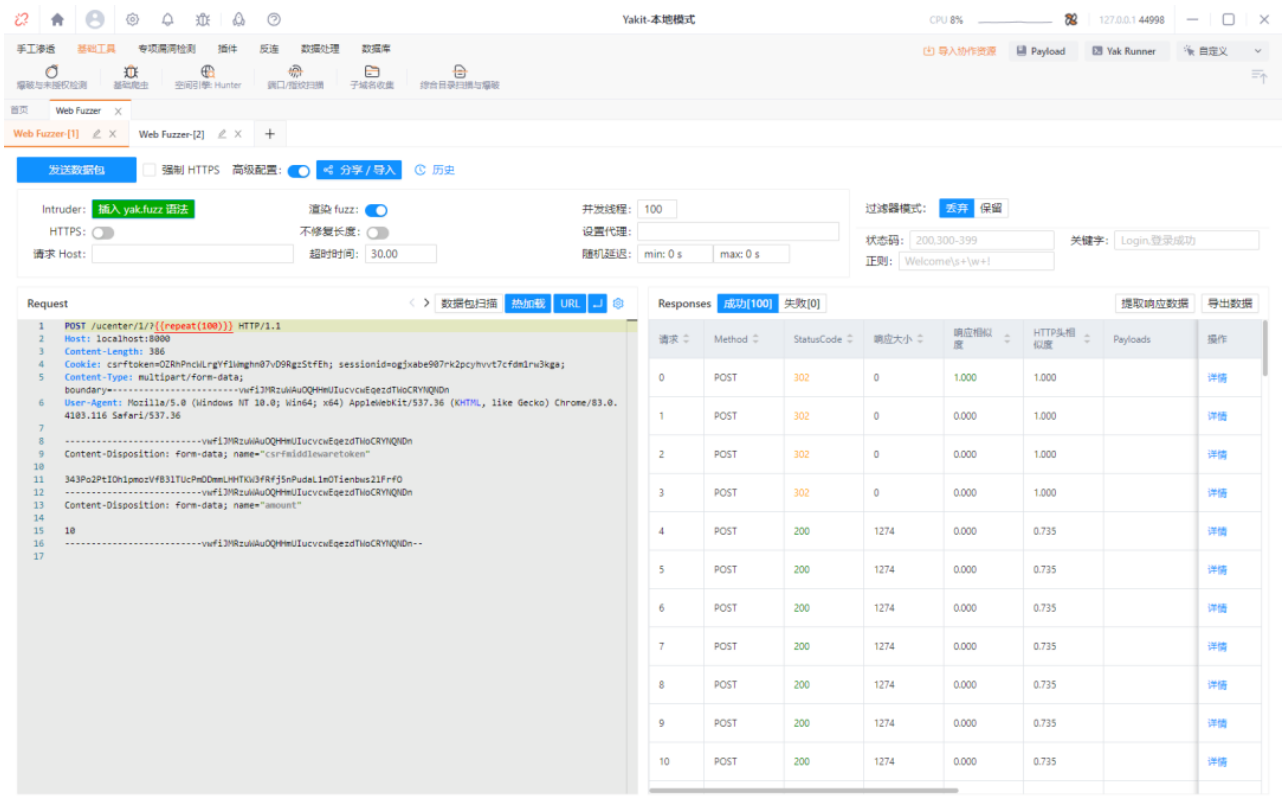


在经过`amount <= user.money`检查后，服务端执行提现操作，本无可厚非。但如果某个用户同时发起两次提现请求，在第一个请求经过检查到达Withdraw handler之前，此时该用户的`user.money`是还没有减少的；此时第二个请求如果也经过了检查，两个请求同时到达Withdraw handler，就会导致`user.money -= amount`执行两次。

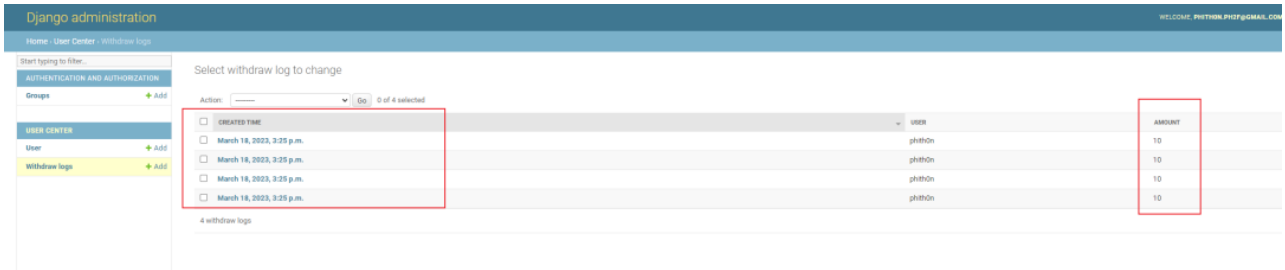
那么如果用户的余额只够提取一次，这里执行了两次，就实现了竞争攻击，造成了资产损失的结果。

测试方法也很简单，我们下载Yakit，新建一个Web Fuzzer，贴入提现的数据包。这里，我账户余额是10，我设置的提现金额amount也为10。正常情况下，我只能提现一次，第二次就会因为余额不足而失败。

然后我在数据包中添加 `{{repeat(100)}}` ，并把并发线程调高到100发送，此时Yakit就会使用100个线程重复发送100次这个数据包：



见上图，发送结果里，前4个请求返回了302跳转，说明提现成功。我们来到后台Withdraw Log页面，有4个提现日志：



这意味着，我余额虽然只有10，但我成功提现了4次，也就是40元，造成的资产损失为30元。

0x03 无锁有事务时的竞争攻击

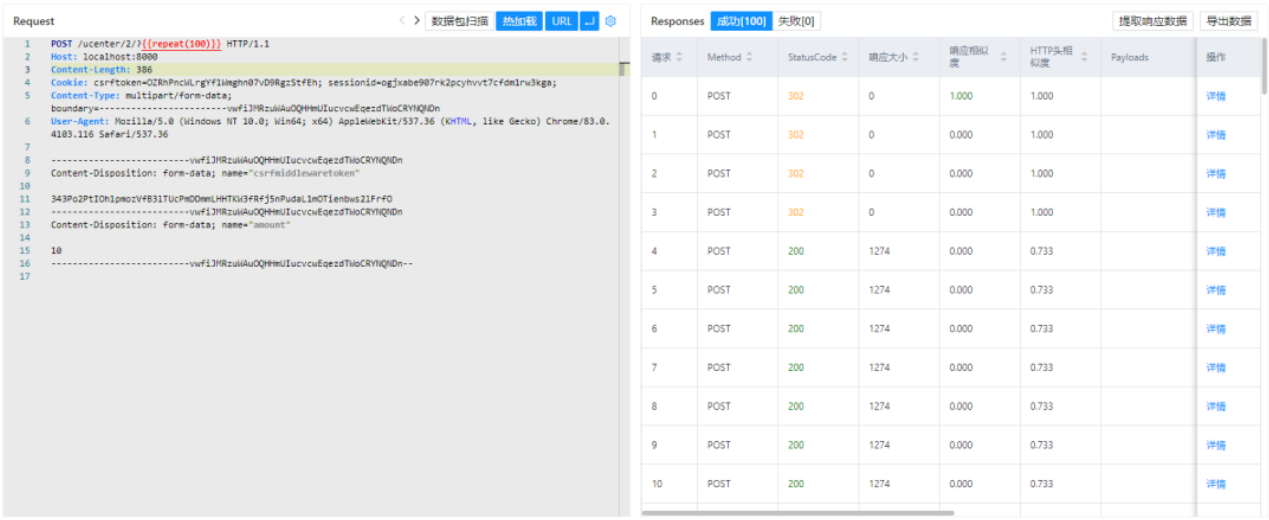
很多Django初学者会认为，这种情况只要我们加上事务就可以解决了。

原因也比较有趣，Django里增加事务的操作名字叫`transaction.atomic`，atomaic嘛就是“原子”的意思，原子操作不是可以解决并发问题吗?

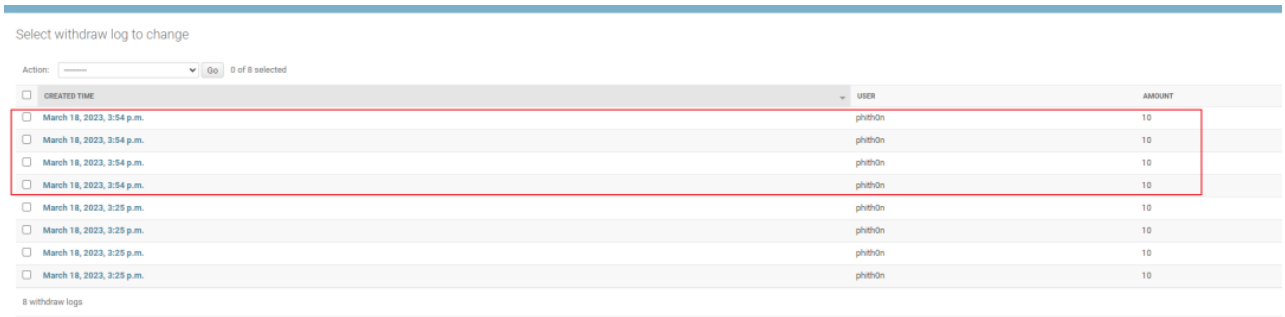
我们也可以来做试验，新编写一个`WithdrawView2`，加上`@transaction.atomic`修饰符：

```
class WithdrawView2(BaseWithdrawView):
    success_url = reverse_lazy('ucenter:withdraw2')

    @transaction.atomic
    def form_valid(self, form):
        amount = form.cleaned_data['amount']
        self.request.user.money -= amount
        self.request.user.save()
        models.WithdrawLog.objects.create(user=self.request.user, amount=amount)

        return redirect(self.get_success_url())
```

同样使用Yakit做测试，结果和刚才并无区别：



后台也是4条提现记录：



这也可以说明，`transaction.atomic`并无处理并发的能力，只是保证当前上下文中的数据库操作在出错的时候能够回滚。

0x04 悲观锁加事务防御Race Condition

Django在ORM里提供了对数据库Select for Update的支持，在PostgreSQL、Mysql、Oracle三个数据库中都可以使用，结合Where语句，可以实现行级的锁。

使用`SELECT FOR UPDATE`获取到的数据库记录，不会再被其他事务获取。比如，我查询`id = 1`的用户，在提交事务前，其他事务执行同一个SQL语句就会block：

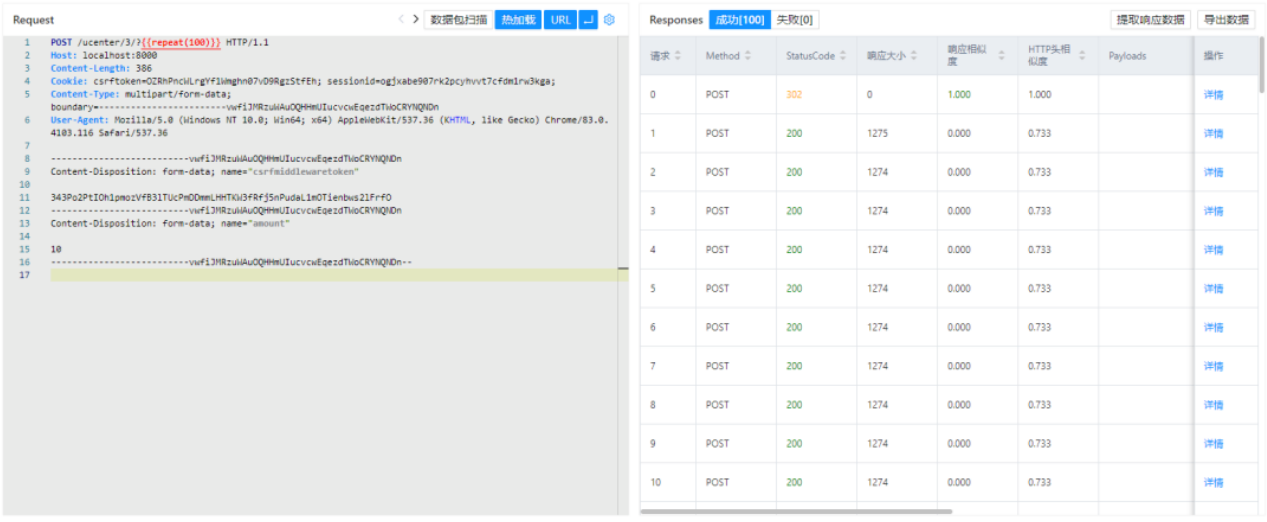
```
START transation;
SELECT * FROM user WHERE id = 1 FOR UPDATE;
COMMIT;
```

这样就可以保证我们在同一个事务内执行的操作的原子性，这是一个典型的**悲观锁**。“悲观锁”的意思是，我们先假设其他线程会修改数据，所以在操作数据库前就加锁，直到当前线程释放锁后，其他线程才能再次获取这个锁。

我们使用`select_for_update()`来实现一个`WithdrawView3`：

```
class WithdrawView3(BaseWithdrawView):
    success_url = reverse_lazy('ucenter:withdraw3')

    def get_form_kwargs(self):
        kwargs = super().get_form_kwargs()
        kwargs['user'] = self.user
        return kwargs

    @transaction.atomic
    def dispatch(self, request, *args, **kwargs):
        self.user = get_object_or_404(models.User.objects.select_for_update().all(), pk=self.request.user.p
        return super().dispatch(request, *args, **kwargs)

    def form_valid(self, form):
        amount = form.cleaned_data['amount']
        self.user.money -= amount
        self.user.save()
        models.WithdrawLog.objects.create(user=self.user, amount=amount)

        return redirect(self.get_success_url())
```

对于当前这个场景，我们可以再次尝试使用Yakit进行竞争攻击：



可见，此时返回包只有一个302响应了，再查看后台也只成功添加一条提现记录：

这意味着程序是按照预期运行，没有发生Race Condition问题。

0x05 乐观锁加事务防御Race Condition

我们观察上述的`WithdrawView3`代码，其实会发现一个问题，如果有大量读操作的场景下，使用悲观锁会有性能问题。因为每次访问这个view都会锁住当前用户对象，此时其他要使用这个用户的场景（如查看用户主页）也会卡住。

另外，也不是所有数据库都支持`select for update`，我们也可以尝试使用**乐观锁**来解决Race Condition的问题。

乐观锁的意思就是，我们不假设其他进程会修改数据，所以不加锁，而是到需要更新数据的时候，再使用数据库自身的UPDATE操作来更新数据库。因为UPDATE语句本身是原子操作，所以也可以用来防御并发问题。

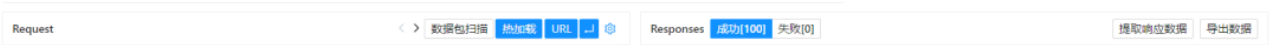
我们新增一个`WithdrawView4`：

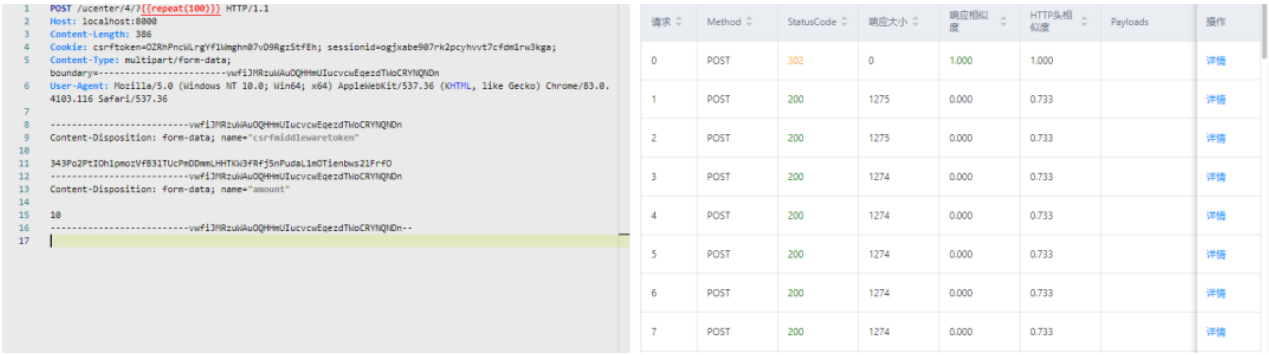
```
class WithdrawView4(BaseWithdrawView):
    success_url = reverse_lazy('ucenter:withdraw4')

    @transaction.atomic
    def form_valid(self, form):
        amount = form.cleaned_data['amount']
        rows = models.User.objects.filter(pk=self.request.user, money__gte=amount).update(money=F('money')-
        if rows > 0:
            models.WithdrawLog.objects.create(user=self.request.user, amount=amount)

        return redirect(self.get_success_url())
```

代码基本是从`WithdrawView2`来的，只是将其中的`self.request.user.money -= amount`改成了用update，并且在修改数据行数大于0的情况下再添加提现日志。

此时，假设有多个提现请求同时到达update语句，因为update本身的原子性，执行第一次update后，用户的余额已经减少amount，再执行第二次update时，`money__gte=amount`这个条件就不会成功，就不会再次减少amount了。

使用Yakit进行测试，只有一次302返回：

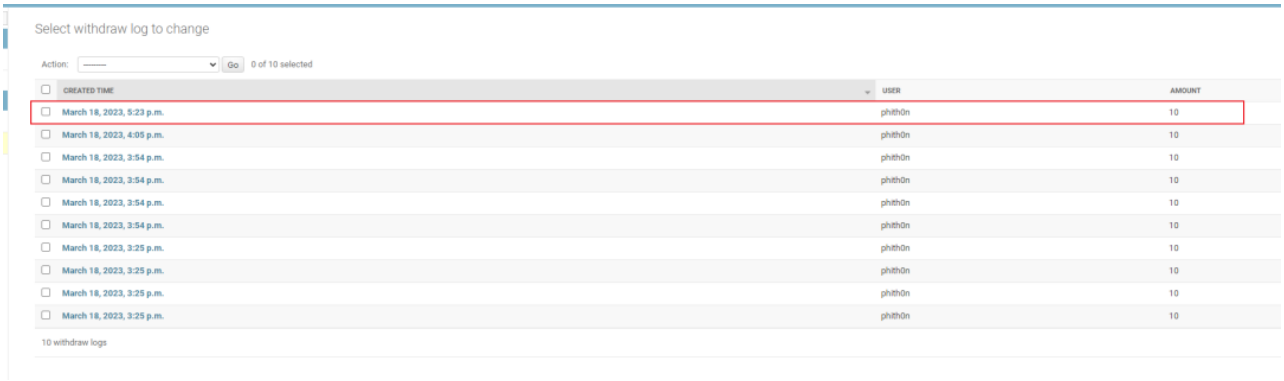




```
POST /ucenter/4/?{{repeat(100)}} HTTP/1.1
Host: localhost:8000
Content-Length: 386
Cookie: csrftoken=OZRhPncWLrgVf1Wmghn07vD9RgzStfEh; sessionid=ogjxabe907rk2pcyhvvt7cfdm1rw3kga;
Content-Type: multipart/form-data;
boundary=--------------------------vwfiJMRzuWAuOQHHmUIucvcwEqezdTWoCRYNQNDn
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/83.0.
4103.116 Safari/537.36

--------------------------vwfiJMRzuWAuOQHHmUIucvcwEqezdTWoCRYNQNDn
Content-Disposition: form-data; name="csrfmiddlewaretoken"

343Po2PtIOh1pmozVfB31TUcPmDDmmLHHTKW3fRfj5nPudaL1mOTienbws21FrFO
--------------------------vwfiJMRzuWAuOQHHmUIucvcwEqezdTWoCRYNQNDn
Content-Disposition: form-data; name="amount"

10
--------------------------vwfiJMRzuWAuOQHHmUIucvcwEqezdTWoCRYNQNDn--
```

请求	Method	StatusCode	响应大小	响应相似度	HTTP头相似度	Payloads	操作
0	POST	302	0	1.000	1.000		详情
1	POST	200	1275	0.000	0.733		详情
2	POST	200	1275	0.000	0.733		详情
3	POST	200	1274	0.000	0.733		详情
4	POST	200	1274	0.000	0.733		详情
5	POST	200	1274	0.000	0.733		详情
6	POST	200	1274	0.000	0.733		详情
7	POST	200	1274	0.000	0.733		详情

查看后台，也只成功添加一个提现日志，符合预期：



Select withdraw log to change

Action: ——— Go 0 of 10 selected

CREATED TIME	USER	AMOUNT
March 18, 2023, 5:23 p.m.	phith0n	10
March 18, 2023, 4:05 p.m.	phith0n	10
March 18, 2023, 3:54 p.m.	phith0n	10
March 18, 2023, 3:54 p.m.	phith0n	10
March 18, 2023, 3:54 p.m.	phith0n	10
March 18, 2023, 3:54 p.m.	phith0n	10
March 18, 2023, 3:25 p.m.	phith0n	10
March 18, 2023, 3:25 p.m.	phith0n	10
March 18, 2023, 3:25 p.m.	phith0n	10
March 18, 2023, 3:25 p.m.	phith0n	10

10 withdraw logs

乐观锁的优点就是不会锁住数据库记录，也就不会影响其他线程查询该用户。

0x06 总结

本文主要从v2ex一个帖子的例子入手，阐述了如何使用Yakit进行Race Condition攻击，以及在Django中如何使用悲观锁和乐观锁对该攻击进行防御。

本文涉及的代码，可以在https://github.com/phith0n/race-condition-playground找到。