

# 分布式系统实验报告（作业2）

18340166 王若琪

由于本实验需要用到两台主机，而我自己只有一台设备，所以实验过程中和杨净涵同学有一些步骤上的合作。

## 一、实验要求

CRIU是一种在用户空间实现的进程或者容器checkpoint 和rest ore的方法，从而实现进程或者容器的迁移。实际上，CRIU不仅可以实现冷迁移即离线迁移，还可以实现热迁移即在线迁移。请利用CRIU实现进程和容器的热迁移，并利用样例程序如web server等测试迁移过程中的性能损耗、观察发现，并撰写报告。

## 二、实验过程

首先参照网页 [https://www.jianshu.com/p/2b288415896c?utm\\_campaign=maleskine&utm\\_content=note&utm\\_medium=seonotes&utm\\_source=recommendation](https://www.jianshu.com/p/2b288415896c?utm_campaign=maleskine&utm_content=note&utm_medium=seonotes&utm_source=recommendation) 下载、安装、配置实验所需环境。

再按照参考网页的提示写一个 Golang 程序，代码如下，意味每隔一秒递增输出一个数字，无限循环：

```
1 package main
2
3 import (
4     "fmt"
5     "time"
6 )
7
8 func main() {
9     const id = "6130116165"
10    i := 1
11    for {
12        fmt.Printf("[%s] - %d\n", id, i)
13        i += 1
14        time.Sleep(time.Duration(1) * time.Second)
15    }
16 }
```

接着生成镜像，先新建 Dockerfile 文件：

```
1 FROM golang
2 MAINTAINER wangruoqi "wangrq29@mail2.sysu.edu.cn"
3 WORKDIR /hw2
4 ADD . /hw2
5 RUN go build hello-world.go
6 ENTRYPOINT ["/hello-world"]
```

之后，再用如下命令创建镜像：

```
1 | docker build -t hellodocker .
```

执行 `docker image ls` 可以查看到刚刚生成的镜像：

```
root@wrq-Inspiron-7490:/var/lib/docker/containers# docker image ls
REPOSITORY          TAG                 IMAGE ID            CREATED
SIZE
hello-world         latest             dff3efd6bbba       42 minutes ago
841MB
golang              latest             05c8f6d2538a       4 weeks ago
839MB
```

创建一个容器并运行镜像：

```
1 | docker run -d --name looper --security-opt seccomp:unconfined hello-world
```

并开启实验性功能（此时在我的设备上实验性功能已经默认打开，所以不需要操作。）

将镜像用 save 保存为 tar 包：

```
root@wrq-Inspiron-7490:/var/lib/docker/containers# docker save dff3efd6bbba > hello-world.tar
root@wrq-Inspiron-7490:/var/lib/docker/containers#
```

保存结果：

```
root@wrq-Inspiron-7490:/var/lib/docker/containers# ls
21a50531d430e0a72dbc25d47f99cc1904e3b5bf1f5a78e5f34192abb7498ced
c0b7d5e0bb9a1dfb76c19190cf45c6635f537a387dea5688e88a295bf197259e
hello-world.tar
```

创建 checkpoint 并用 tar 命令给 checkpoints 打包：

```
1 | sudo docker checkpoint create looper ckp1
```

```
root@wrq-Inspiron-7490:/var/lib/docker/containers/c0b7d5e0bb9a1dfb76c19190cf45c6635f537a387dea5688e88a295bf197259e# tar -cvf checkpoints.tar checkpoints
```

接着用 scp 方式在两个主机之间进行传输，服务器开启传输：

```
wrq@wrq-Inspiron-7490:~$ sudo /etc/init.d/ssh start
[ ok ] Starting ssh (via systemctl): ssh.service.
```

以下截图是用室友的主机作为客户端，在另一台主机上的命令和截图：

先用 ssh 连接到我的服务器上：

```
1 | ssh -l wrq 172.20.10.11
```

再在客户端主机上创建 checkpoint：

```
1 | docker checkpoint create looper ckp1
```

```
u@u-virtual-machine:~$ sudo docker start --checkpoint=checkpoints success
```

接下来进行镜像文件和 checkpoint 文件的传输：

```
u@u-virtual-machine:~$ scp wrq@172.20.10.10:/home/wrq/Desktop/test/hello-world.tar /home/u/HW2
The authenticity of host '172.20.10.10 (172.20.10.10)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is SHA256:DtQXFoccyQs4QcHTTkVvkhhoJ/vtLvde7ybH12iRxDE.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no)? yes
Warning: Permanently added '172.20.10.10' (ECDSA) to the list of known hosts.
wrq@172.20.10.10's password:
hello-world.tar                                100% 822MB 644.8KB/s   21:45
u@u-virtual-machine:~$ scp wrq@172.20.10.10:/home/wrq/Desktop/test/checkpoints.tar /home/u/HW2
wrq@172.20.10.10's password:
Permission denied, please try again.
wrq@172.20.10.10's password:
checkpoints.tar                                100% 670KB 828.9KB/s   00:00
```

再在客户端主机上 Restore，先将镜像加载到这台主机的 docker 上：

```
1 | docker load -i /home/u/hello-world.tar
```

```
u@u-virtual-machine:~$ sudo docker load -i /home/u/HW2/hello-world.tar
Loaded image ID: sha256:dff3efd6bbacddc2eb7202eaa179f04bb957660a08d55a8736a69304c8cb979
```

之后再在该镜像上创建一个容器：

```
1 | $ sudo docker create --name success --security-opt seccomp:unconfined
dff3efd6bbba
```

```
u@u-virtual-machine:~$ sudo docker create --name success --security-opt seccomp:unconfined dff3efd6bbba
[sudo] u 的密码：
2582d8e375a4f258b19c0ede719b4f8fe1fe82b68ef86d93147eb54d98f4ca10
```

将该容器恢复到另一台主机（服务器） checkpoint 处的状态。

先将 checkpoint 目录添加在容器默认的 checkpoints 目录下：

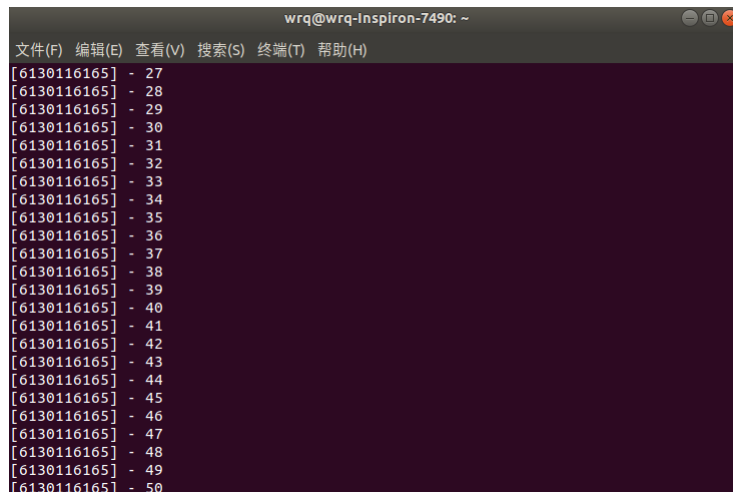
```
1 | sudo cp -r /home/u/hw2/checkpoints
/var/lib/docker/containers/2582d8e375a4f258b19c0ede719b4f8fe1fe82b68ef86d9314
7eb54d98f4ca10/checkpoints
```

再恢复状态：

```
1 | docker start --checkpoint=checkpoints success
```

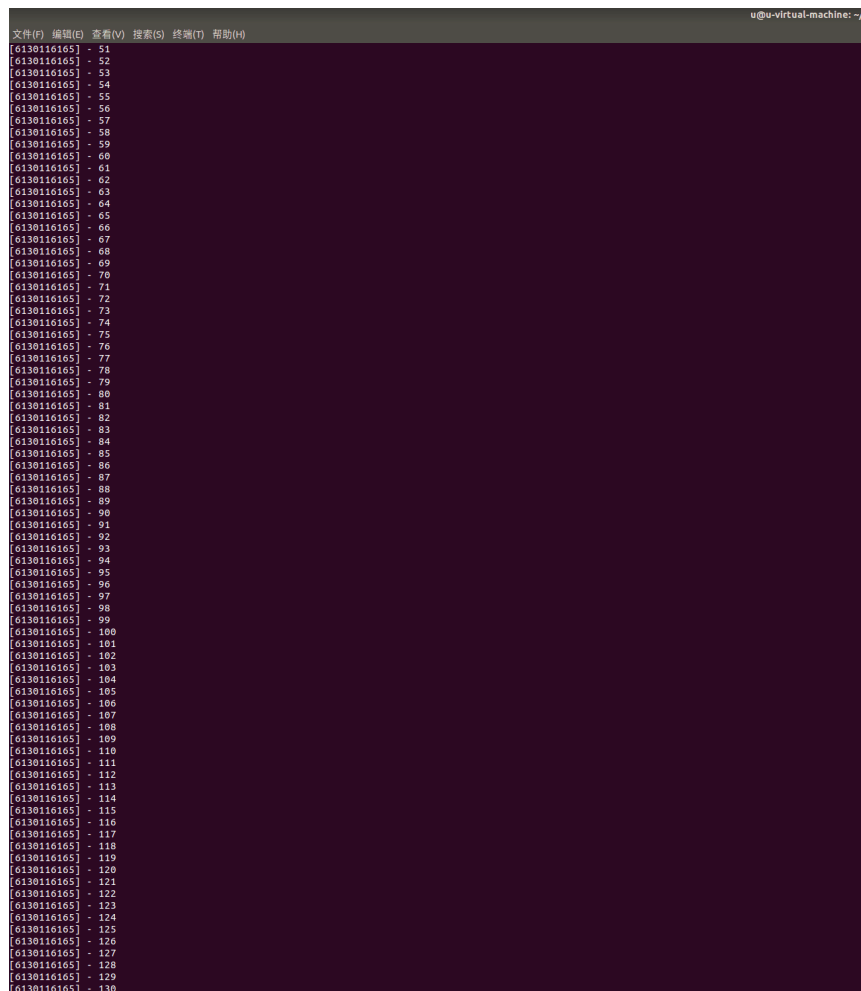
### 三、实验结果

服务器 checkpoint 时的输出状态：



```
wrq@wrq-Inspiron-7490: ~
文件(F) 编辑(E) 查看(V) 搜索(S) 终端(T) 帮助(H)
[6130116165] - 27
[6130116165] - 28
[6130116165] - 29
[6130116165] - 30
[6130116165] - 31
[6130116165] - 32
[6130116165] - 33
[6130116165] - 34
[6130116165] - 35
[6130116165] - 36
[6130116165] - 37
[6130116165] - 38
[6130116165] - 39
[6130116165] - 40
[6130116165] - 41
[6130116165] - 42
[6130116165] - 43
[6130116165] - 44
[6130116165] - 45
[6130116165] - 46
[6130116165] - 47
[6130116165] - 48
[6130116165] - 49
[6130116165] - 50
```

客户端恢复的结果：



## 测试迁移过程中的性能损耗

迁移过程中由于传输文件发生了时间上的延迟：

```
u@u-virtual-machine:~$ scp wrq@172.20.10.10:/home/wrq/Desktop/test/hello-world.tar /home/u/HW2
The authenticity of host '172.20.10.10 (172.20.10.10)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is SHA256:DtQXFoccyQs4QcHTTkVvkhhoJ/vtLvde7yBH12iRxDE.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no)? yes
Warning: Permanently added '172.20.10.10' (ECDSA) to the list of known hosts.
wrq@172.20.10.10's password:
hello-world.tar                                100% 822MB 644.8KB/s   21:45
u@u-virtual-machine:~$ scp wrq@172.20.10.10:/home/wrq/Desktop/test/checkpoints.tar /home/u/HW2
wrq@172.20.10.10's password:
Permission denied, please try again.
wrq@172.20.10.10's password:
checkpoints.tar                                100% 670KB 828.9KB/s   00:00
```

此外，没有能观察到其他可以表现出性能损耗的现象。

## 观察发现

- 在进程热迁移过程中，进程会产生一段时间的延迟。
- 加载 Docker 镜像的时间比较漫长。

## 四、总结与感想

- 在本次实验中，我接触到了一个全新的知识：进程、容器的热迁移。因为之前没有接触过这方面的相关知识，更没有实际操作过类似实验，所以本次试验操作起来有遇到过许多困难。
- 首先在环境配置的过程中，遇到了很多细节的问题，参考网页 [https://www.jianshu.com/p/2b288415896c?utm\\_campaign=maleskine&utm\\_content=note&utm\\_medium=seo\\_notes&utm\\_source=recommendation](https://www.jianshu.com/p/2b288415896c?utm_campaign=maleskine&utm_content=note&utm_medium=seo_notes&utm_source=recommendation) 中虽然给出了配置环境的步骤，但是有很多指令都不适用与我的系统，于是又参考查找了其他资料，才磕磕绊绊地配置好环境，单单这个过程就花了我一下午时间，对我来说，这可能是我本次实验遇到的最大困难了。

- 配置好环境，生成镜像文件和 checkpoints 文件并将容器打包之后，开始 SCP 传输过程，此过程在网络上出过许多问题，最后只能靠两台主机连接到同一个手机热点的网络上才得以传输成功。
- 这个实验最后还遇到了一个难题，第一次热迁移实验之后，我尝试再去生成一个不一样的容器时，会产生无法成功 checkpoint 的问题，不知道是因为什么原因，导致实验只能成功一次，所以实验过程和实验现象的记录只能比较粗略。

实验报错：

```
1 | Error response from daemon: Cannot checkpoint container trycon: runc did not terminate successfully
```

- 第一次完成关于进程热迁移的实验，我认为难点在环境的配置问题上，因为每台主机都有或多或少的不同，所以单纯靠提供的资料很难去完成全部过程，需要自己搜索资料，不断摸索。