网络传输机制实验（四）

2021年1月11日

蔡润泽

本实验 `Github` 地址

实验内容

- TCP拥塞控制机制
  - TCP拥塞控制状态迁移
  - TCP拥塞控制机制
    - 数据包发送
    - 拥塞窗口调整
    - 重传数据包
- TCP拥塞控制机制实现

实验步骤

- 执行create_randfile.sh，生成待传输数据文件client-input.dat
- 运行给定网络拓扑(tcp_topo.py)

- 在节点h1上执行TCP程序
  - 执行脚本(disable_tcp_rst.sh, disable_offloading.sh)，禁止协议栈的相应功能
  - 在h1上运行TCP协议栈的服务器模式 (./tcp_stack server 10001)
- 在节点h2上执行TCP程序
  - 执行脚本(disable_tcp_rst.sh, disable_offloading.sh)，禁止协议栈的相应功能
  - 在h2上运行TCP协议栈的客户端模式 (./tcp_stack client 10.0.0.1 10001)
    - Client发送文件client-input.dat给server，server将收到的数据存储到文件server-output.dat
- 使用md5sum比较两个文件是否完全相同
- 记录h2中每次cwnd调整的时间和相应值，呈现到二维坐标图中

设计思路

New Reno方法拥塞控制状态机的实现

根据TCP拥塞控制状态迁移图，设计状态机的跳转。

TCP初始状态为`OPEN`。

若收到新的ACK

- 当TCP处于`DISORDER`状态时，则跳转回初始状态`OPEN`。
- 当TCP处在`LOSS`状态时，若收到的ACK大于切换到`LOSS`状态时的snd_nxt时，跳转回OPEN。
- 当TCP处在`RECOVERY`状态时，若收到的ACK大于切换到`RECOVERY`状态时的snd_nxt时，跳转回OPEN。

若收到重复ACK

- 当TCP处在`OPEN`状态下，收到重复ACK时，`tsk->dupacks`加1，状态切换到`DISORDER`。
- 当TCP处在`OPEN`状态下，收到重复ACK时，`tsk->dupacks`加1，当`tsk->dupacks = 3`时，状态切换到`RECOVERY`。

拥塞控制

TCP拥塞窗口增大

- 慢启动（Slow Start）
  - 对方每确认一个报文段，cwnd增加1MSS，直到cwnd超过ssthresh值
  - 经过1个RTT，前一个cwnd的所有数据被确认后， cwnd大小翻倍
- 拥塞避免（Congestion Avoidance）
  - 对方每确认一个报文段，cwnd增加(1 MSS)/CWND * 1MSS
  - 经过1个RTT，前一个cwnd的所有数据被确认后， cwnd增加1 MSS

具体实现如下：

```
void update_cwnd(struct tcp_sock *tsk) {
        if ((int)tsk->cwnd < tsk->ssthresh) {
                tsk->cwnd ++;
        } else {
                tsk->cwnd += 1.0/tsk->cwnd;
        }
}
```

注：TSK为实现方便，将cwnd的变量类型设为了`float`。

TCP拥塞窗口减小

- 快重传（Fast Retransmission）
  - ssthresh减小为当前cwnd的一半：ssthresh <- cwnd / 2
  - 新拥塞窗口值cwnd <- 新的ssthresh
- 超时重传（Retransmission Timeout）
  - Ssthresh减小为当前cwnd的一半：ssthresh <- cwnd / 2
  - 拥塞窗口值cwnd减为1 MSS

在具体实现减半操作时时，每收到一个ACK，cwnd的值减少`0.5`。

TCP拥塞窗口不变

- 快恢复（Fast Recovery）
  - 进入：在快重传之后立即进入
  - 退出：
    - 当对方确认了进入FR前发送的所有数据时，进入Open状态
    - 当触发RTO后，进入Loss状态
  - 在FR内，收到一个ACK：
    - 若该ACK没有确认新数据，则说明inflight减一，cwnd允许发送一个新数据包
    - 若该ACK确认了新数据
    - 如果是Partial ACK，则重传对应的数据包
    - 如果是Full ACK，则退出FR阶段

具体实现如下：

```
if (tsk->nr_state == TCP_RECOVERY) {
        if (isNewAck) {
                if (tsk->cwnd > tsk->ssthresh && tsk->cwnd_flag == 0) {
                        tsk->cwnd -= 0.5;
                } else {
                        tsk->cwnd_flag = 1;
                }
                if (cb->ack < tsk->recovery_point) {
                        retrans_send_buffer_packet(tsk);
                } else {
                        tsk->nr_state = TCP_OPEN;
                        tsk->dupacks = 0;
                }
        } else {
                tsk->dupacks ++;
                if (tsk->cwnd > tsk->ssthresh && tsk->cwnd_flag == 0) {
                        tsk->cwnd -= 0.5;
                } else {
                        tsk->cwnd_flag = 1;
                }
        }
}
```

上述函数中有标志位`cwnd_flag`，当flag为`0`时说明此时cwnd还需要继续下降。

修改发送函数已经更新窗口

发送数据包时，需要根据发送窗口大小进行判断，本设计中引入了函数，设计如下：

```
int is_allow_to_send (struct tcp_sock *tsk) {
        int inflight = (tsk->snd_nxt - tsk->snd_una)/MSS - tsk->dupacks;
        return max(tsk->snd_wnd / MSS - inflight, 0);
}
```

若该函数的返回值为`0`，则`sleep_on(tsk->wait_send);`

另外对于`tcp_update_window`进行了如下修改：

```
static inline void tcp_update_window(struct tcp_sock *tsk, struct tcp_cb *cb) {
        u16 old_snd_wnd = tsk->snd_wnd;
        tsk->snd_wnd = min(cb->rwnd, tsk->cwnd * MSS);
        if ((int)old_snd_wnd <= 0) {
                wake_up(tsk->wait_send);
        }
}
```

（注：若tsk->adv_wnd之前收到ACK时被赋成cb->rwnd的值，此处的cb->rwnd被替换成tsk->adv_wnd也行）

统计CWND的变化

PPT中建议每当值发生改变时，就记录CWND的变化，但是这样需要在TSK中新增两个变量用来记录时间和FILE的句柄。因此在本设计中改为每间隔一段时间，就扫描当前CWND的值。另外需要注意的是，由于本实验中存在两个tsk，因此统计值的时候需要指定统计客户端的cwnd即tsk->parent等于NULL的tsk的CWND。

另外数据处理用了ipynb实现。

修复之间实验的问题

问题一

补充了流量控制，在之前的设计中，忘记改变tsk->rwnd的值，让他一直保持在初始默认状态，新设计中将其改为了，当写ring_buffer时，将ring_buffer的剩余空间赋值给tsk->rwnd。

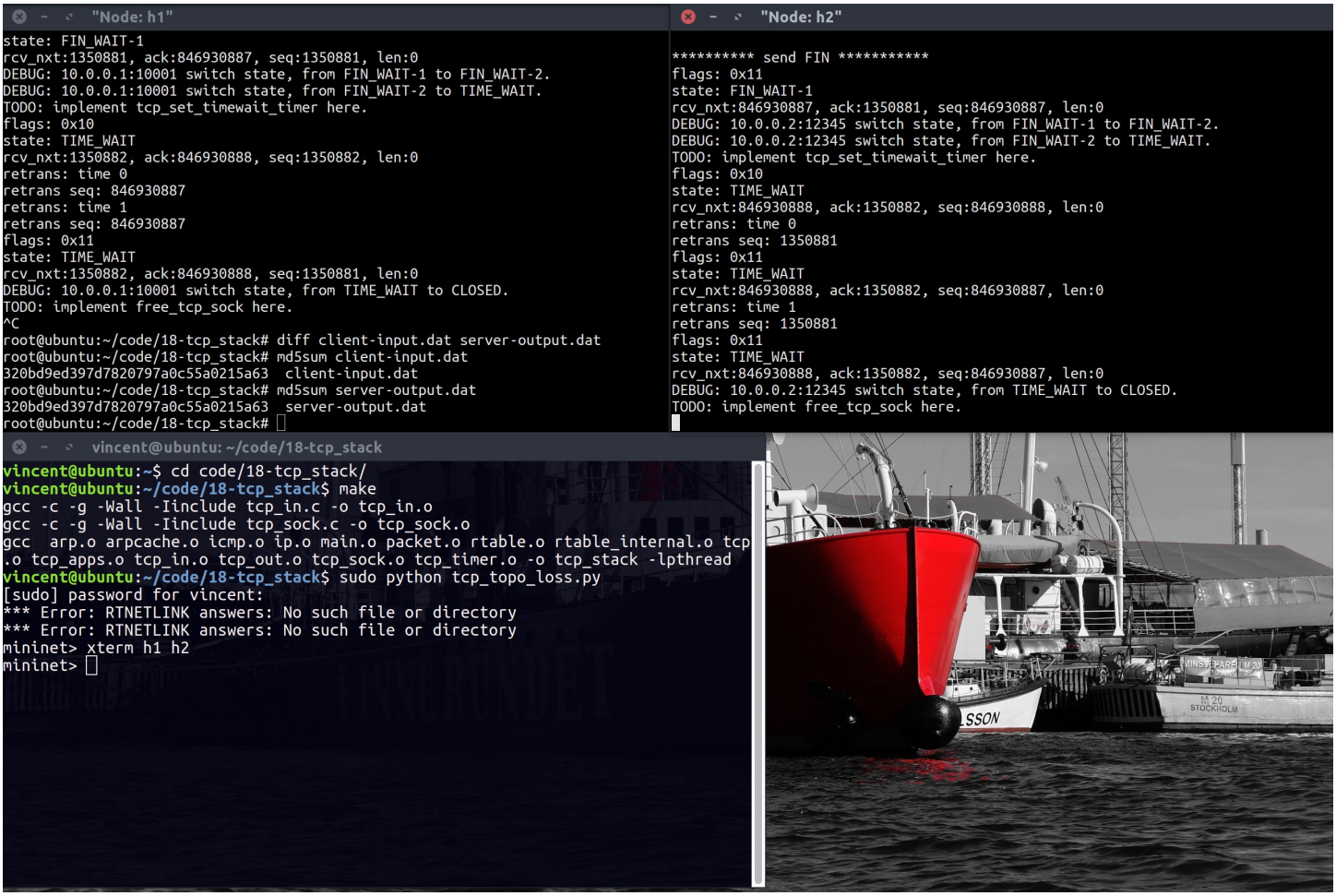
问题二

之前实验三中传输时间较慢，我以为是因为没有实现快重传。在本次实验实现了快重传后，发现TCP依旧总是需要超时重传，查看代码发现，之前retrans定时器set和update有问题，其time_out并没有赋值时，而是在编辑器自动补全时，变成了给time_wait的timeout赋值。这个问题在本次代码设计中被修复。

结果验证

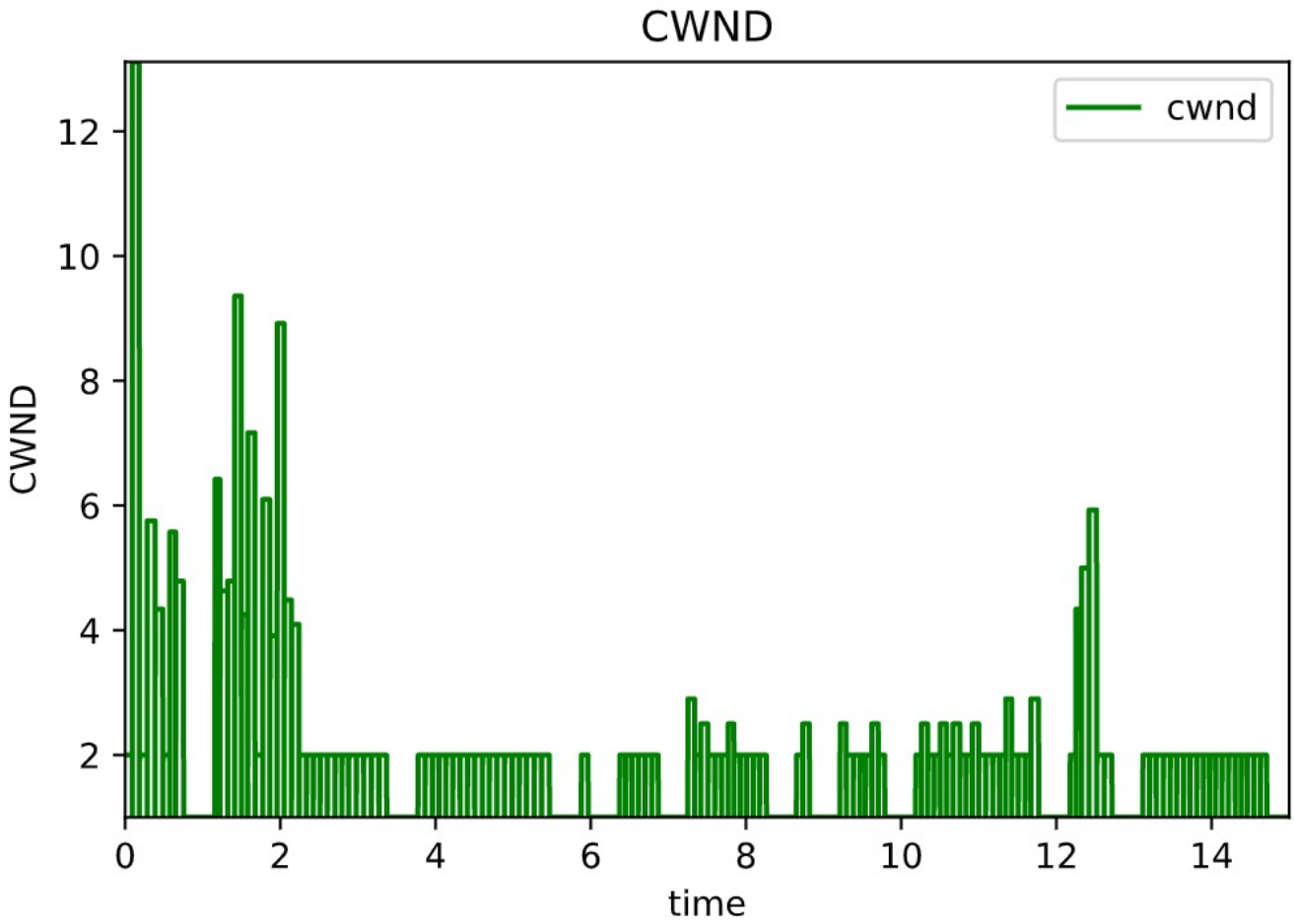
本次实验传输的数据大小为`1,350,880B`，设置的丢包率为`5%`。

本次实验的传输结果如下：



上图可知，可知本次实验结果符合预期，客户端发送的文件与服务器端接受的文件一致。

CWND的变化曲线如下：



与预期结果存在两点小的差异，原因如下：

- 不够平滑是因为本设计中改为每间隔一段时间，就扫描当前CWND的值，而扫描的时间间隔相比于CWND的变化稍大。
- 由于为测试该设计的鲁棒性，本实验环境的丢包率设置为5%，这一数字相对较大，导致需要超时重传的次数也相对增多，最终导致很多时间下CWND的大小接近于`1`。