网络传输机制实验（一）

2020年12月22日

蔡润泽

本实验 `Github` 地址

实验内容

实验内容

- 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，连接至h1，显示建立连接成功后自动关闭连接 (./tcp_stack client 10.0.0.1 10001)

- 可以在一端用tcp_stack.py替换tcp_stack执行，测试另一端
- 通过wireshark抓包来来验证建立和关闭连接的正确性

设计思路

TCP连接管理

`tcp_sock_listen` 函数

若accept_queue非空, 取出队列中第一个tcp sock 并accept, 否则, sleep on 互斥锁+信号`wait_accept`。具体实现如下：

```
struct tcp_sock *tcp_sock_accept(struct tcp_sock *tsk) {
        while (list_empty(&tsk->accept_queue)) {
                sleep_on(tsk->wait_accept);
        }
        struct tcp_sock * pop_stack;
        if ((pop_stack = tcp_sock_accept_dequeue(tsk)) != NULL) {
                pop_stack->state = TCP_ESTABLISHED;
                tcp_hash(pop_stack);
                return pop_stack;
        } else {
                return NULL;
        }
}
```

`tcp_sock_accept` 函数

负责设置backlog，切换TCP_STATE到`TCP_LISTEN`, 并且利用`hash_tcp`函数把TCP Sock加入到`listen_table`中。具体实现如下：

`tcp_sock_connect` 函数

1. 初始化四元组 (sip, sport, dip, dport);
2. 将tcp sock hash 到`into bind_table`;
3. 发送 SYN 信号包, 切换TCP状态到 TCP_SYN_SENT, 通过sleep on wait_connect 来等待SYN包;
4. 若SYN 到达, 该线程被唤醒，说明此时连接已经建立完成。具体实现如下：

```
int tcp_sock_connect(struct tcp_sock *tsk, struct sock_addr *skaddr) {
        u16 sport = tcp_get_port();
        if (sport == 0) {
                return -1;
        }
        u32 saddr = longest_prefix_match(ntohl(skaddr->ip))->iface->ip;
        tsk->sk_sip = saddr;
        tsk->sk_sport = sport;
        tsk->sk_dip = ntohl(skaddr->ip);
        tsk->sk_dport = ntohs(skaddr->port);
        tcp_bind_hash(tsk);
        tcp_send_control_packet(tsk, TCP_SYN);
        tcp_set_state(tsk, TCP_SYN_SENT);
        tcp_hash(tsk);
        sleep_on(tsk->wait_connect);
        return sport;
}
```

`tcp_sock_close` 函数

该函数负责根据不同的TCP状态进行关闭连接，并切换到相应的状态。具体实现如下：

```
void tcp_sock_close(struct tcp_sock *tsk) {
        if (tsk->state == TCP_CLOSE_WAIT) {
                tcp_send_control_packet(tsk, TCP_FIN|TCP_ACK);
                tcp_set_state(tsk, TCP_LAST_ACK);
        } else if (tsk->state == TCP_ESTABLISHED) {
                tcp_set_state(tsk, TCP_FIN_WAIT_1);
                tcp_send_control_packet(tsk, TCP_FIN|TCP_ACK);
        } else {
                tcp_unhash(tsk);
                tcp_set_state(tsk, TCP_CLOSED);
        }
}
```

`tcp_timer_thread` 线程函数

该函数为定时器线程，定期扫描。对超过等待2*MSL时间，进入TCP_CLOSED状态，结束TCP_TIME_WAIT状态的流。

收包处理

节点在收到一个TCP数据包后，会首先进行TCP查找，找到连接相应的Sock并返回，之后再根据包的种类的TCP Sock对应的状态进行数据包的处理。

`tcp_sock_lookup_established` 函数

在进行TCP Sock查找时首先会根据四元组查找已经建立好的的Sock，若找到则返回对应的Sock。这部分涉及到的代码如下：

```
struct tcp_sock *tcp_sock_lookup_established(u32 saddr, u32 daddr, u16 sport, u16 dport
    int hash = tcp_hash_function(saddr, daddr, sport, dport);
        struct list_head * list = &tcp_established_sock_table[hash];
        struct tcp_sock *tmp;
        list_for_each_entry(tmp, list, hash_list) {
                if (saddr == tmp->sk_sip    && daddr == tmp->sk_dip &&
                        sport == tmp->sk_sport && dport == tmp->sk_dport) {
                        return tmp;
                }
        }
        return NULL;
}
```

`tcp_sock_lookup_listen` 函数

若TCP Sock查找时没有找到已经完成建立的Sock，则会进行对处在Listen状态下的Sock进行查找，若找到则返回对应的Sock。这部分涉及到的代码如下：

```
struct tcp_sock *tcp_sock_lookup_listen(u32 saddr, u16 sport) {
        int hash = tcp_hash_function(0, 0, sport, 0);
        struct list_head * list = &tcp_listen_sock_table[hash];
        struct tcp_sock *tmp;
        list_for_each_entry(tmp, list, hash_list) {
                if (sport == tmp->sk_sport) {
                        return tmp;
                }
        }
    return NULL;
}
```

`tcp_process` 函数

该函数负责根据TCP状态机的不同状态进行数据包处理已经状态切换。具体实现如下：

```
void tcp_process(struct tcp_sock *tsk, struct tcp_cb *cb, char *packet) {
        struct tcphdr * tcp = packet_to_tcp_hdr(packet);
        if ((tcp->flags & TCP_RST) == TCP_RST) {
                tcp_sock_close(tsk);
                return;
        }
        if (tsk->state == TCP_LISTEN) {
                if ((tcp->flags & TCP_SYN) == TCP_SYN) {
                        tcp_set_state(tsk, TCP_SYN_RECV);
                        struct tcp_sock * child = alloc_child_tcp_sock(tsk, cb);
                        tcp_send_control_packet(child, TCP_ACK|TCP_SYN);
                }
        }
        if (tsk->state == TCP_SYN_SENT) {
                if ((tcp->flags & TCP_ACK) == TCP_ACK) {
                        wake_up(tsk->wait_connect);
                        tsk->rcv_nxt = cb->seq + 1;
                    tsk->snd_una = cb->ack;
                        tcp_send_control_packet(tsk, TCP_ACK);
                        tcp_set_state(tsk, TCP_ESTABLISHED);
                }
        }
        if (tsk->state == TCP_SYN_RECV) {
                if ((tcp->flags & TCP_ACK) == TCP_ACK) {
                        if (!tcp_sock_accept_queue_full(tsk)) {
                                struct tcp_sock * csk = tcp_sock_listen_dequeue(tsk);
                                tcp_sock_accept_enqueue(csk);
                                if (!is_tcp_seq_valid(csk,cb)) {
                                        return;
                                }
                                csk->rcv_nxt = cb->seq;
                        csk->snd_una = cb->ack;
                                tcp_set_state(csk, TCP_ESTABLISHED);
                                wake_up(tsk->wait_accept);
                        }
                }
        }
        if (!is_tcp_seq_valid(tsk,cb)) {
                return;
        }
        if (tsk->state == TCP_ESTABLISHED) {
                if (tcp->flags & TCP_FIN) {
                        tcp_set_state(tsk, TCP_CLOSE_WAIT);
                        tsk->rcv_nxt = cb->seq + 1;
                        tcp_send_control_packet(tsk, TCP_ACK);
                }
        }
        if (tsk->state == TCP_LAST_ACK) {
                if ((tcp->flags & TCP_ACK) == TCP_ACK) {
                        tcp_set_state(tsk, TCP_CLOSED);
                        tcp_unhash(tsk);
                }
        }
        if (tsk->state == TCP_FIN_WAIT_1) {
```

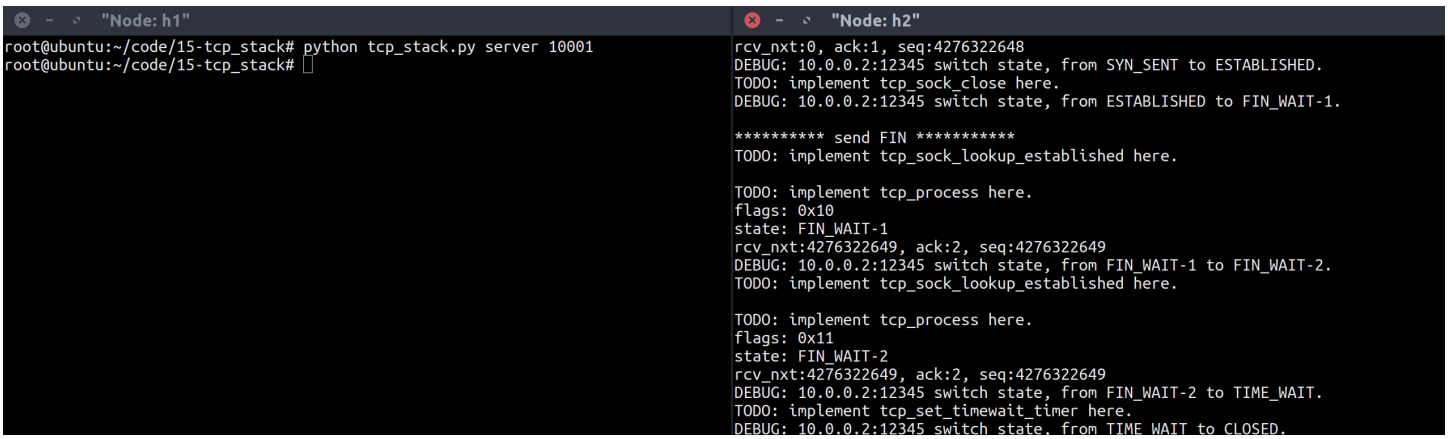
```
                if ((tcp->flags & TCP_ACK) == TCP_ACK) {
                        tcp_set_state(tsk, TCP_FIN_WAIT_2);
                }
        }
        if (tsk->state == TCP_FIN_WAIT_2) {
                if ((tcp->flags & TCP_FIN) == TCP_FIN) {
                        tsk->rcv_nxt = cb->seq + 1;
                        tcp_send_control_packet(tsk, TCP_ACK);
                        tcp_set_state(tsk, TCP_TIME_WAIT);
                        tcp_set_timewait_timer(tsk);
                }
        }
}
```

其中，alloc_child_tcp_sock函数负责通过建立一个child sock。

结果验证

本设计client和标准server的输出结果

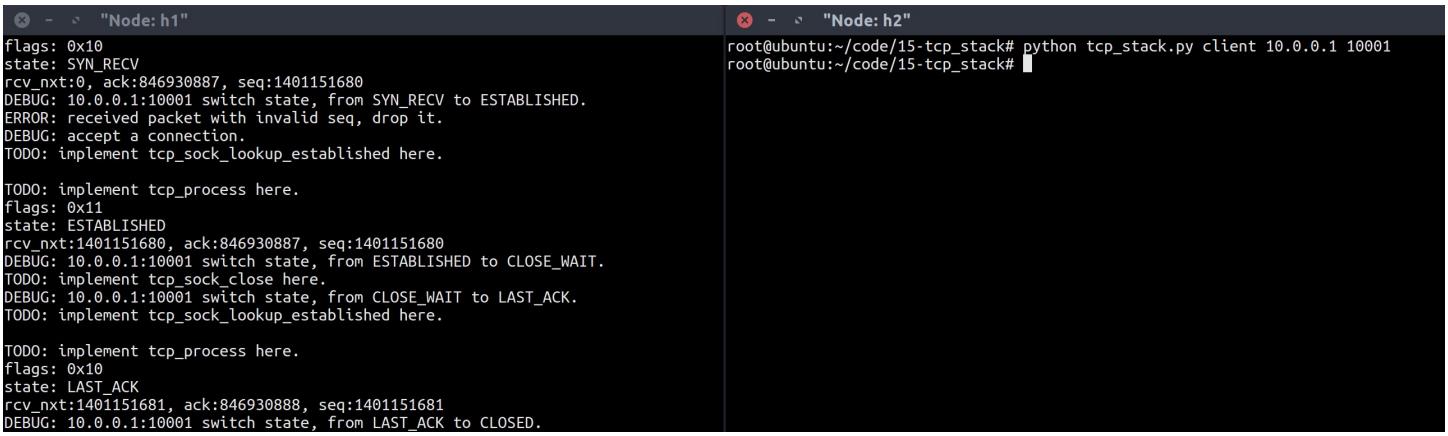
实验结果如下：



上图可知，可知本次实验结果符合预期。

本设计server和标准client的输出结果

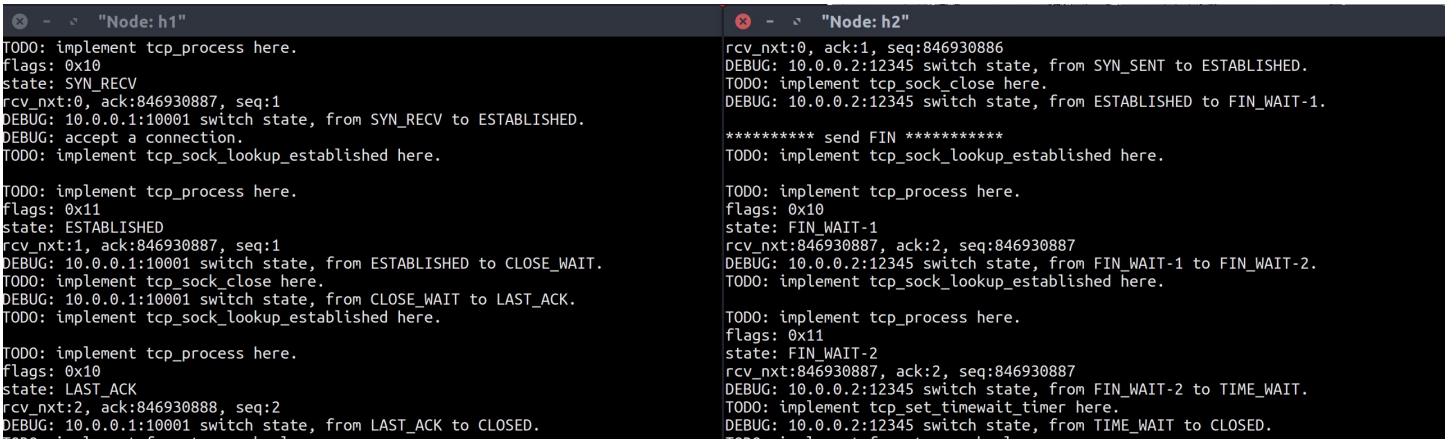
实验结果如下：



上图可知，可知本次实验结果符合预期。

本设计server和本设计client的输出结果

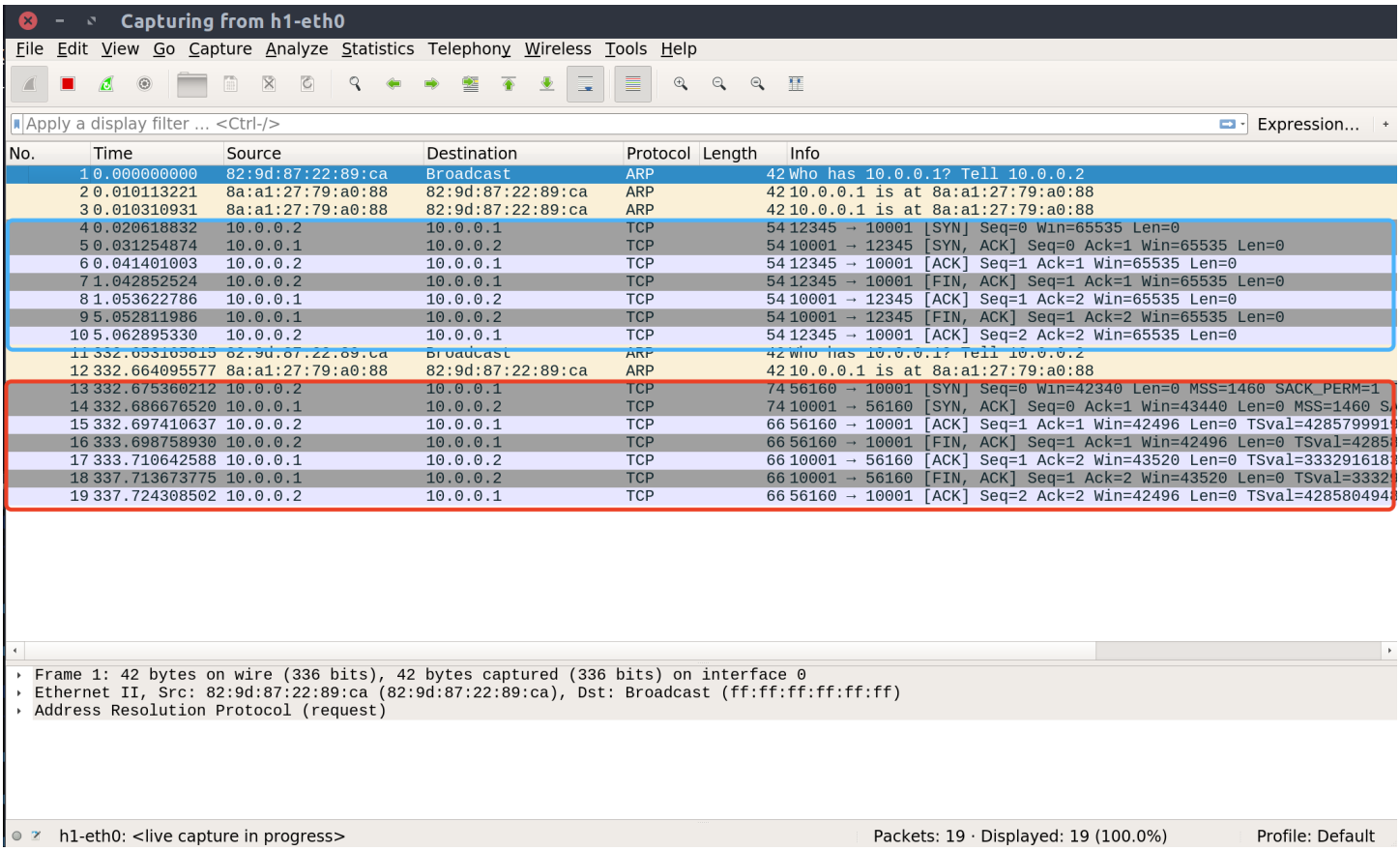
实验结果如下：



上图可知，可知本次实验结果符合预期。

wireshark抓包

wireshark抓包结果如下：



上图中，蓝色部分为本实验中Server和Client的结果，红色部分为标准Server和Client的结果。通过比对可知本次实验结果符合预期。