一、实验内容

1、 实现对数据结构 mac_port_map 的所有操作，以及数据包的转发和广播操作

```
iface_info_t *lookup_port(u8 mac[ETH_ALEN]);
void insert_mac_port(u8 mac[ETH_ALEN], iface_info_t *iface);
int sweep_aged_mac_port_entry();
void broadcast_packet(iface_info_t *iface, const char *packet, int len);
void handle_packet(iface_info_t *iface, char *packet, int len);
```

2、 使用 iperf 和给定的拓扑进行实验，对比交换机转发与集线器广播的性能

二、实验流程

1、 实现对数据结构 mac_port_map 的所有操作

(1) 修改 `iface_info_t *lookup_port(u8 mac[ETH_ALEN])`（mac.c）：

每收到一个数据包，根据目的 MAC 地址查询相应转发条目，如果查询到对应条目，则根据相应转发端口转发数据包；否则，广播该数据包。由于需要访问的转发表 mac_port_map 属于临界资源，即可能存在另一个线程访问转发表进行其他操作，因此需要加上锁来确保操作的原子性。

```
iface_info_t *lookup_port(u8 mac[ETH_ALEN])
{
    // TODO: implement the lookup process here
    fprintf(stdout, "TODO: implement the lookup process here.\n");
    iface_info_t *iface = NULL;
    mac_port_entry_t *entry,*q;
    for (int i = 0; i < HASH_8BITS; i++) {
        list_for_each_entry_safe(entry, q, &mac_port_map.hash_table[i], list) {
            int cmp = memcmp((void*)entry->mac,(void*)mac,sizeof(u8)*ETH_ALEN);
            if(cmp==0) return entry->iface;
        }
    }
    return iface;
}
```

(2) 修改`void insert_mac_port(u8 mac[ETH_ALEN], iface_info_t *iface)`（mac.c）：

每收到一个数据包，如果其源 MAC 地址-入端口映射关系在转发表中，更新访问时间；否则，将该地址与入端口的映射关系写入转发表。该操作同样需要保证原子性。

```
void insert_mac_port(u8 mac[ETH_ALEN], iface_info_t *iface)
{
    // TODO: implement the insertion process here
```

```
    fprintf(stdout, "TODO: implement the insertion process here.\n");
    mac_port_entry_t *entry = malloc(sizeof(mac_port_entry_t));
    bzero(entry, sizeof(mac_port_entry_t));
    time_t now = time(NULL);
    entry->visited = now;
    memcpy(entry->mac,mac,sizeof(u8)*ETH_ALEN);
    entry->iface=iface;
    list_add_tail(&entry->list,&mac_port_map.hash_table[0]);
}
```

(3) 修改 int sweep_aged_mac_port_entry()（mac.c）：

每秒钟运行一次老化操作，删除超过 30 秒未访问的转发条目。该操作同样需要保证原子性。

```
int sweep_aged_mac_port_entry()
{
    // TODO: implement the sweeping process here
    fprintf(stdout, "TODO: implement the sweeping process here.\n");
    int n=0;
    mac_port_entry_t *entry, *q;
    time_t now = time(NULL);
    for (int i = 0; i < HASH_8BITS; i++) {
        list_for_each_entry_safe(entry,q, &mac_port_map.hash_table[i],list) {
            if((int)(now - entry->visited) >= MAC_PORT_TIMEOUT){
                n = entry->iface->index;
                list_delete_entry(&entry->list);
                free(entry);
                return n;
            }
        }
    }
    return n;
}
```

(4) 修改 void handle_packet(iface_info_t *iface, char *packet, int len)（main.c）：

收到数据包后，交换机根据转发表中对应的转发端口转出数据包，若没有在转发表中查询到对应端口，则直接广播该数据包。

```
void handle_packet(iface_info_t *iface, char *packet, int len)
{
    // TODO: implement the packet forwarding process here
    fprintf(stdout, "TODO: implement the packet forwarding process here.\n");
    // 得到头部信息
    struct ether_header *eh = (struct ether_header *)packet;
```

```
    // fdb 中寻找目的地址mac
    iface_info_t *tx_iface = lookup_port(eh->ether_dhost);
    if (tx_iface) {
        iface_send_packet(tx_iface, packet, len);
    }
    else {
        broadcast_packet(iface, packet, len);
    }
    // 存入源mac+port
    if (!lookup_port(eh->ether_shost)) {
        insert_mac_port(eh->ether_shost, iface);
    }
}
```

(5) 修改 void broadcast_packet(iface_info_t *iface, const char *packet, int len)（broadcast.c）：

广播功能沿用实验 1-1 实现的 void broadcast_packet(iface_info_t *iface, const char *packet, int len)函数。

```
void broadcast_packet(iface_info_t *iface, const char *packet, int len)
{
    // TODO: broadcast packet
    fprintf(stdout, "TODO: broadcast packet.\n");
    iface_info_t *iface_entry = NULL;
    list_for_each_entry(iface_entry, &instance->iface_list, list) {
        if (iface_entry->fd != iface->fd) {
            iface_send_packet(iface_entry, packet, len);
        }
    }
}
```

(6) 执行命令 make，生成可执行程序 switch：

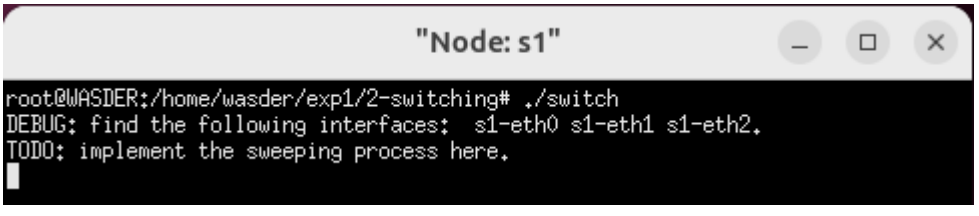
```
wasder@WASDER:~/exp1/2-switching$ make
```

(7) 运行拓扑文件 three_nodes_bw.py，启动 Mininet 网络：

```
wasder@WASDER:~/exp1/2-switching$ sudo python3 three_nodes_bw.py
```

(8) 打开交换机 s1 的终端窗口，启动可执行程序 switch：

```
mininet> xterm s1
```



2、 实现数据包的转发和广播操作

(1) 启动 wireshark 分别监听主机 h2 和 h3

```
mininet> h2 wireshark &
mininet> h3 wireshark &
```

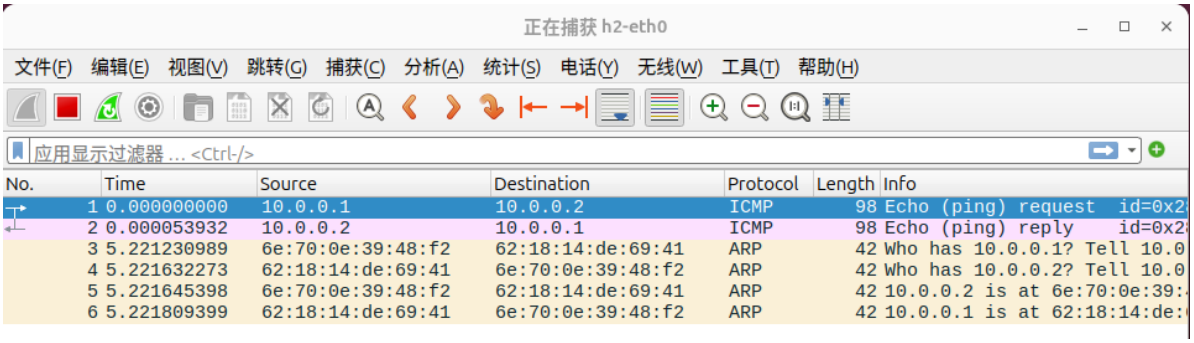
(2) 用主机 h1 分别 ping 主机 h2 和 h3

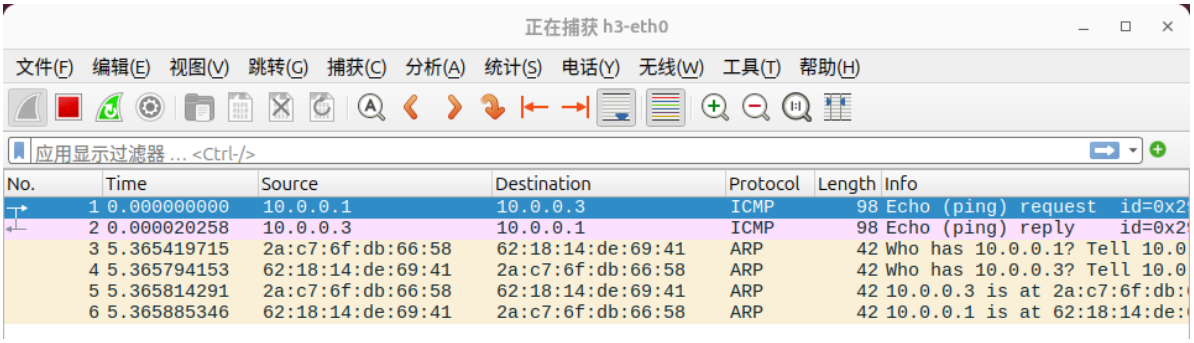
(3) 打开主机 h2 和 h3 的终端窗口，启动 wireshark，等待捕获主机 h1 发来的数据包：

```
mininet> xterm h2 h3
h2# wireshark
h3# wireshark
```

(4) 打开主机 h1 的终端窗口，向主机 h2 和 h3 分别发送一个数据包：

```
mininet> xterm h1
h1# ping -c 1 10.0.0.2
h1# ping -c 1 10.0.0.3
```



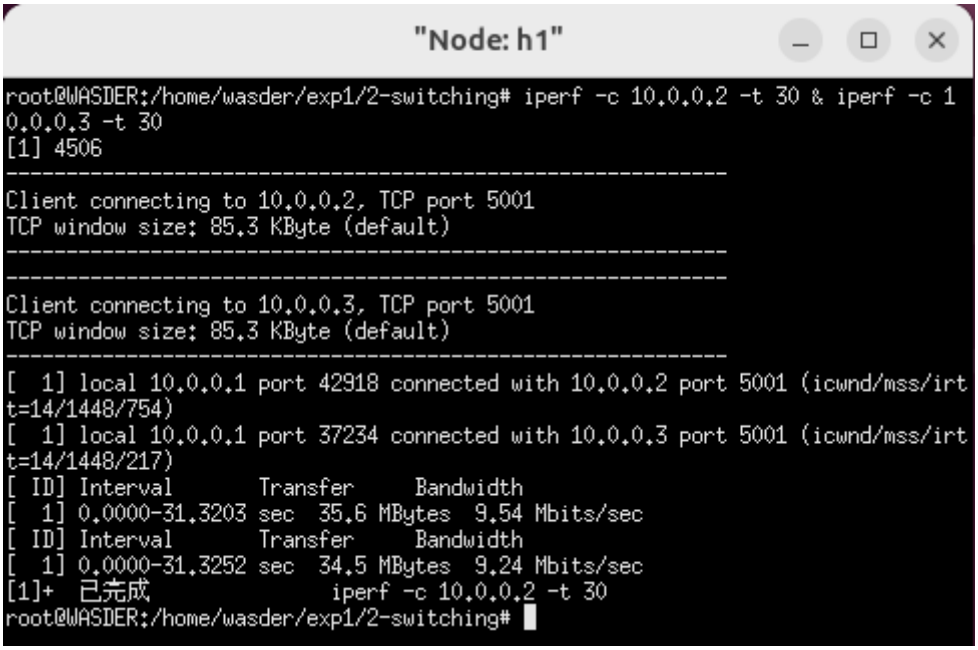


在主机 h2 的 wireshark 中只捕获到了主机 h2 节点和主机 h1 节点发送的数据，在主机 h3 的 wireshark 中只捕获到了主机 h3 节点和主机 h1 节点发送的数据，表明交换机转发成功。

3、 使用 iperf 和给定的拓扑进行实验，对比交换机转发与集线器广播的性能

(1) H1: iperf client; H2, H3: iperf servers（h1 同时向 h2 和 h3 测量）

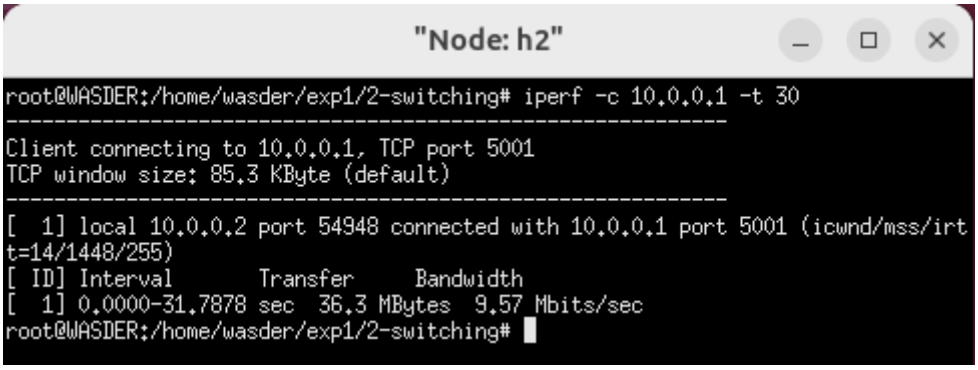
```
h2# iperf -s
h3# iperf -s
```

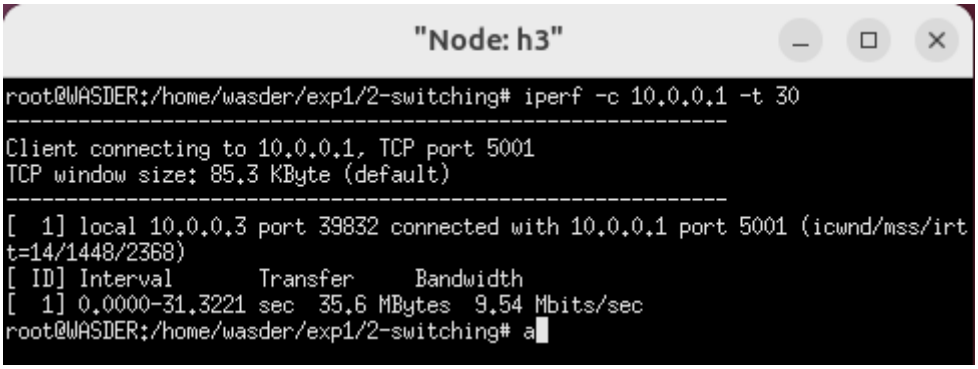


h1 节点向 h2 节点和 h3 节点的发送带宽分别为 9.54Mbps 和 9.24Mbps，而在拓扑文件中，h1->b1 的带宽为 20Mbps，b1->h2 的带宽为 10Mbps，b1->h3 的带宽为 10Mbps，因此 h1 同时向 h2 和 h3 测量得到的交换机转发网络效率约为 93.9%，而由实验 1-1 测得的集线器广播网络的效率约为 47.5%，提升了近一倍（97.7%），符合理论实际。因此，交换机转发网络比集线器广播网络性能更优。

(2) H1: iperf servers; H2, H3: iperf client（h2 和 h3 同时向 h1 测量）

```
h1# iperf -s
```





h1 节点对 h2 节点和 h3 节点的接收带宽分别为 9.57Mbps 和 9.54Mbps，而在拓扑文件中，h1->b1 的带宽为 20Mbps，b1->h2 的带宽为 10Mbps，b1->h3 的带宽为 10Mbps，因此 h2 和 h3 同时向 h1 测量得到的交换机转发网络效率约为 95.55%，而由实验 1-1 测得的集线器广播网络的效率约为 90.7%，略有提升（5.3%），符合理论实际。因此，交换机转发网络比集线器广播网络性能更优。