交换机转发实验报告

姓名：钟赟
学号：2016K8009915009

实验内容

- 实现一个具有转发表学习功能的交换机，使得连接到同一交换机的主机可以相互通信。
- 实现对数据结构mac_port_map的所有操作(包括查询操作lookup_port、插入操作insert_mac_port和老化操作sweep_aged_mac_port_entry)，以及数据包的转发handle_packet和广播broadcast_packet操作。
- 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。

实验步骤

1. 补全mac.c中对mac_port_map的三种操作

- 查找 **lookup_port**
  - 利用`hash8`函数可得出`mac`的hash值，可在hash链表中进行快速查找，查找成功后需要更新访问时间`visited`。代码如下：

```
iface_info_t *lookup_port(u8 mac[ETH_ALEN])
{
    // TODO: implement the lookup process here
    fprintf(stdout, "implement the lookup process here.\n");

    mac_port_entry_t * entry = NULL;
    iface_info_t * result = NULL;

    pthread_mutex_lock(&mac_port_map.lock);
    list_for_each_entry(entry, &mac_port_map.hash_table[hash8((char *)mac, sizeof(u8) * ETH_ALEN)], list)
    {
        if (!memcmp(entry->mac, mac, ETH_ALEN * sizeof(u8)))
        {
            // if found, get its iface info and the time
            entry->visited = time(NULL);
            result = entry->iface;
            break;
        }
    }
    pthread_mutex_unlock(&mac_port_map.lock);

    return result;
}
```

- 插入 **insert_mac_port**
  - 先分配一个新的`entry`结点，初始化后用`list_add_tail`函数将其插入到链表中。代码如下：

```
void insert_mac_port(u8 mac[ETH_ALEN], iface_info_t *iface)
{
    // TODO: implement the insertion process here
    fprintf(stdout, "implement the insertion process here.\n");

    // initialize a new entry
    mac_port_entry_t * entry = (mac_port_entry_t *)malloc(sizeof(mac_port_entry_t));
    entry->iface = iface;
```

```
    entry->visited = time(NULL);
    memcpy(entry->mac, mac, sizeof(u8) * ETH_ALEN);
    u8 hash_val = hash8((char *)mac, sizeof(u8) * ETH_ALEN);

    pthread_mutex_lock(&mac_port_map.lock);
    // add entry into list
    list_add_tail(&entry->list, &mac_port_map.hash_table[hash_val]);
    pthread_mutex_unlock(&mac_port_map.lock);
}
```

- 老化 **sweep_aged_mac_port_entry**
  - 遍历hash表，用`list_delete_entry`函数删除老化的结点。代码如下：

```
int sweep_aged_mac_port_entry()
{
    // TODO: implement the sweeping process here
    fprintf(stdout, "implement the sweeping process here.\n");

    mac_port_entry_t *entry, *q;
    time_t now = time(NULL);
    int count = 0;

    pthread_mutex_lock(&mac_port_map.lock);
    for (int i = 0; i < HASH_8BITS; i++)
    {
        list_for_each_entry_safe(entry, q, &mac_port_map.hash_table[i], list)
        {
            if (now - entry->visited >= MAC_PORT_TIMEOUT)
            {
                // delete the entry
                list_delete_entry(&entry->list);
                free(entry);
                ++ count;
            }
        }
    }
    pthread_mutex_unlock(&mac_port_map.lock);

    return count;
}
```

2. 实现交换机处理数据包的函数handle_packet

代码如下：

```
void handle_packet(iface_info_t *iface, char *packet, int len)
{
    struct ether_header *eh = (struct ether_header *)packet;
    log(DEBUG, "the dst mac address is " ETHER_STRING ".\n", ETHER_FMT(eh->ether_dhost));

    // TODO: implement the packet forwarding process here
    fprintf(stdout, "TODO: implement the packet forwarding process here.\n");
    iface_info_t * result = lookup_port(eh->ether_dhost);

    if (result)
    {
        iface_send_packet(result, packet, len);
    }
    else
    {
        broadcast_packet(iface, packet, len);
    }

    if (!lookup_port(eh->ether_shost))
    {
        insert_mac_port(eh->ether_shost, iface);
    }
}
```

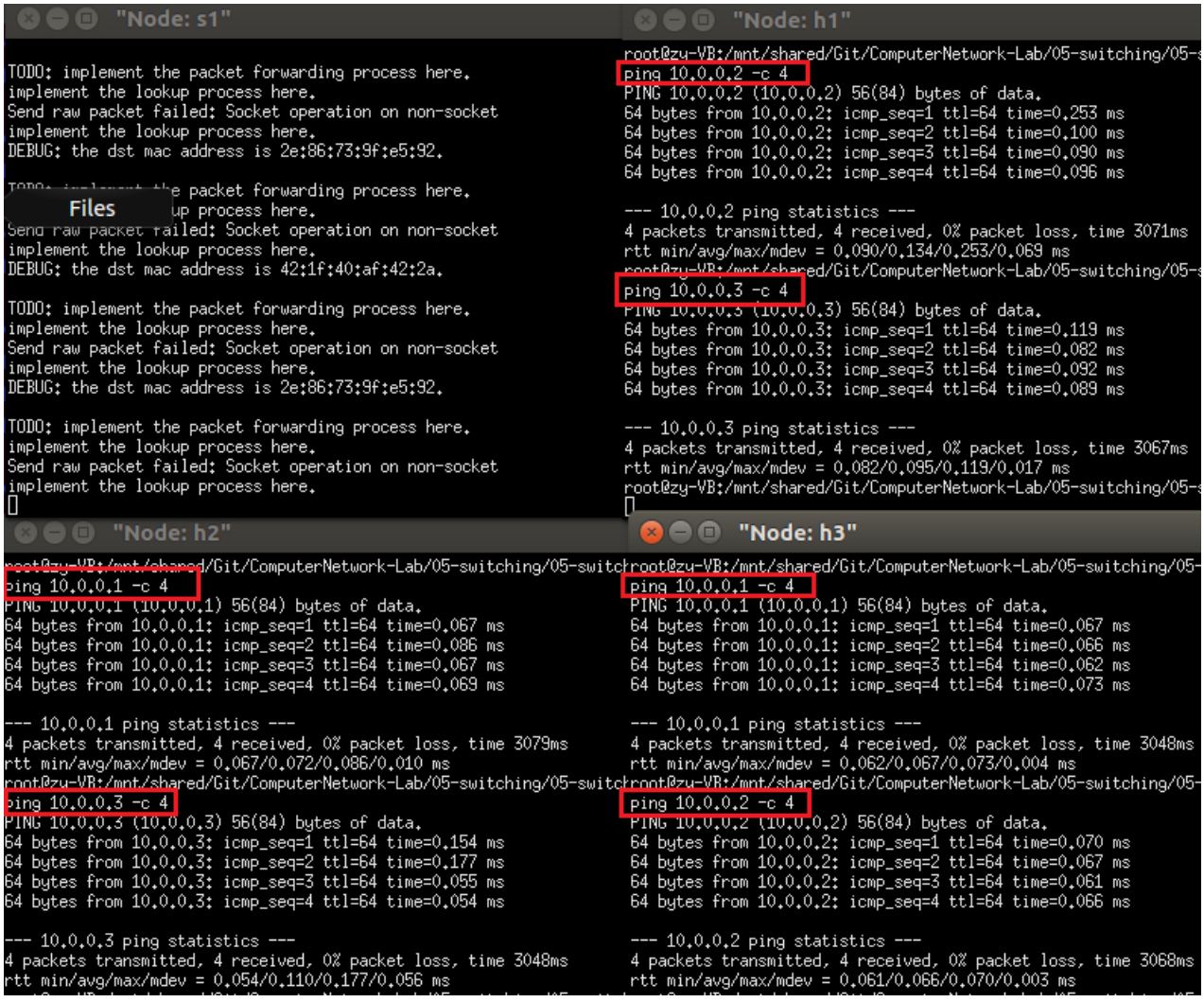
3. 实现数据包的广播函数

该函数在广播实验中已实现，代码如下：

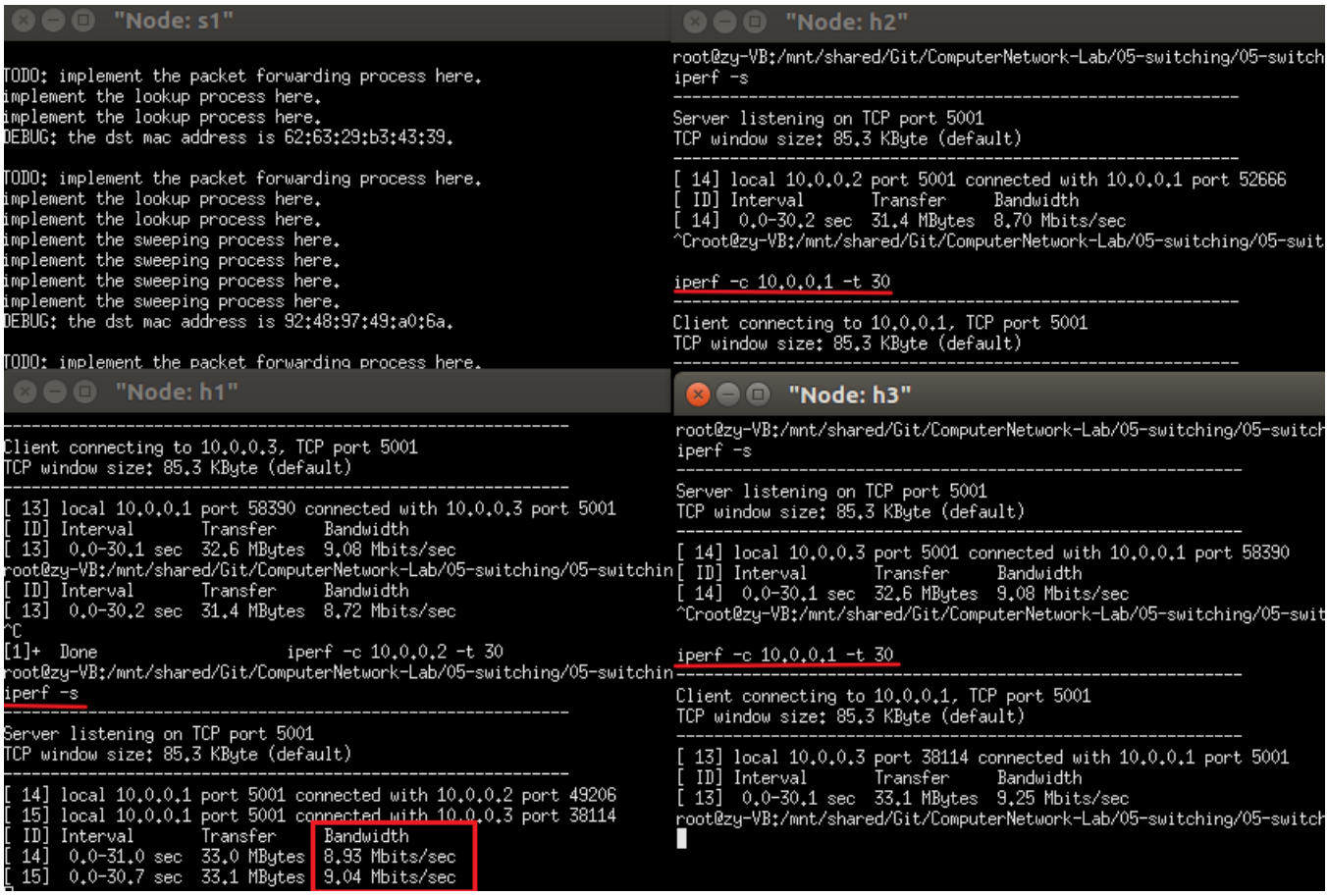
```
void broadcast_packet(iface_info_t *iface, char *packet, int len)
{
    // TODO: implement the broadcast process here
    fprintf(stdout, "TODO: implement the broadcast process here.\n");

    iface_info_t *ifaces = NULL;
    list_for_each_entry(ifaces, &instance->iface_list, list)
    {
        if(ifaces != iface)
        {
            iface_send_packet(ifaces, packet, len);
        }
    }
}
```

实验结果及分析

- 各个节点相互**ping**通
  结果如下：



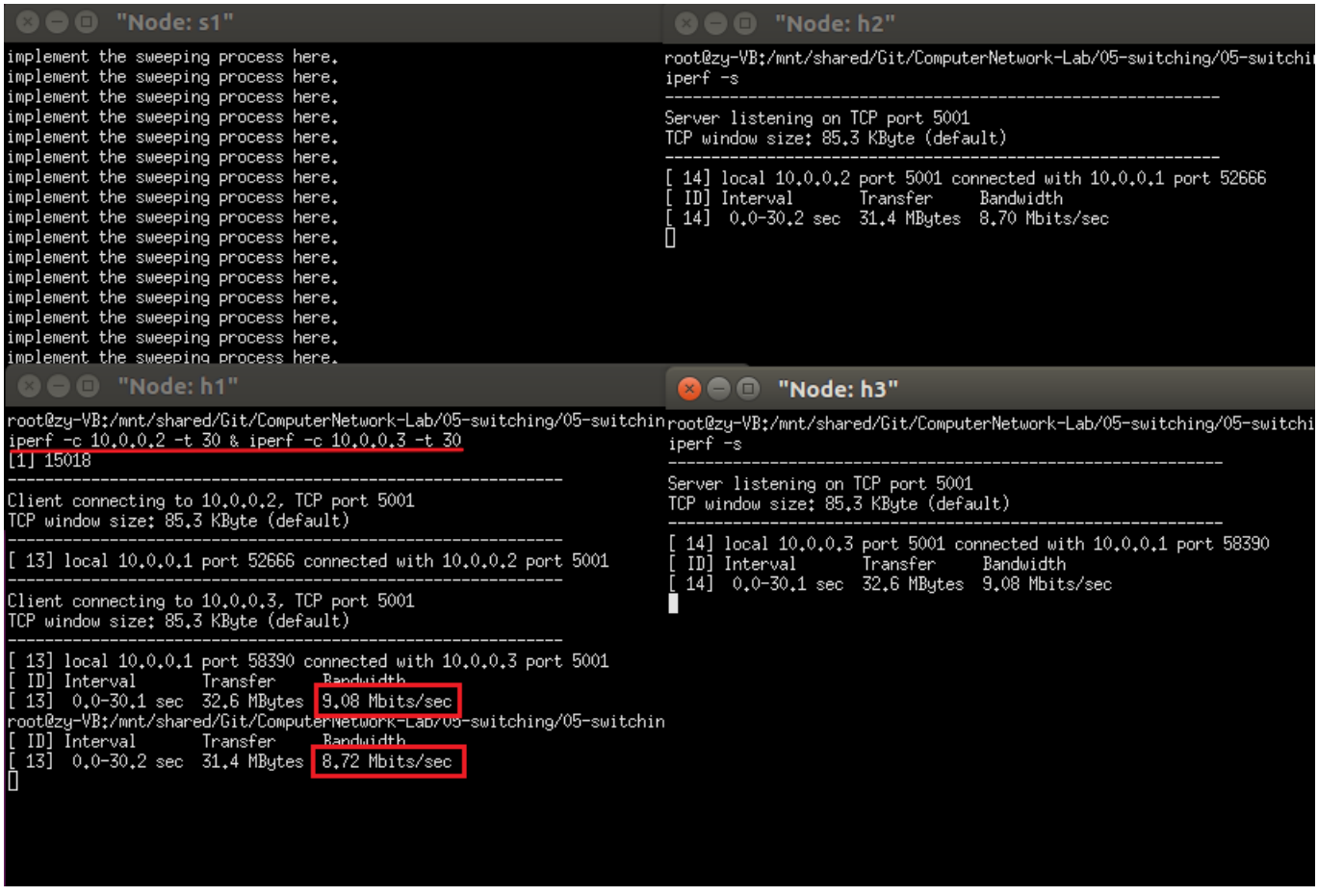
- **H1: iperf client; H2, H3: iperf servers**
  下图为交换机实验的结果图：



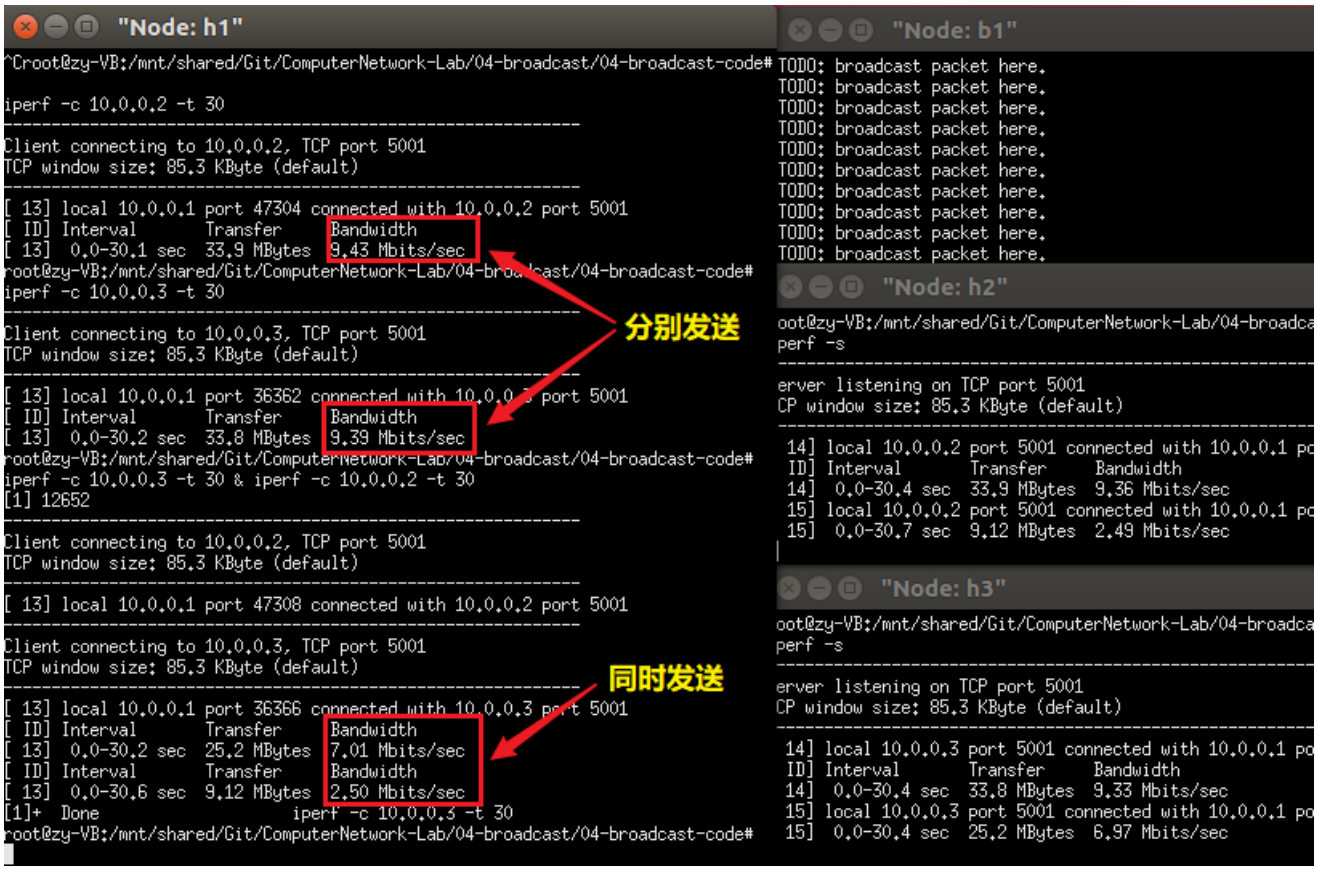
由图可知，两者带宽均接近10Mb/s。因为H2和H3共同占用了H1到交换机的20Mb/s带宽，和它们各自到S1的10Mb/s带宽，发挥了最大效能。
此结果与广播实验一样。

- **H1: iperf client; H2, H3: iperf servers**

下图为交换机实验的结果图：



下图为广播实验的结果图：

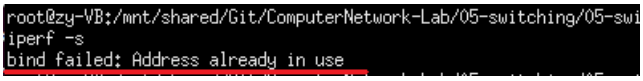


对比得知，当H1同时向H2/H3发送数据包时，广播实验中两者带宽之和约为10MB/s，交换机实验中两者均为10MB/s左右，最大化利用了链路带宽。

这是因为在交换机实验中，H2/H3的mac地址均存储在转发表中，发送给H2的数据包到达交换机时，会直接发送到对应的目的地址，不需要向H3广播，因此不占用H3接收数据包链路S1->H3的带宽，链路S1->H2同理，所以这两个链路可以发挥最大带宽10MB/s的性能。相比广播，交换机提高了性能。

错误记录

实验中进行iperf测试时，在H2/H3中输入`iperf -s`，会报如下图错误：



查阅相关资料，并没有找到明确的解决方案，尝试了修改H1/H2/H3的IP地址、重新编译、`kill`进程等办法，最后通过注释掉`three_nodes_bw.py`中的部分代码：

```
s1.cmd('./switch-reference &')
h2.cmd('iperf -s &')
h3.cmd('iperf -s &')
```

xterm使用`exit`命令退出(之前使用逐个关掉s1, h1/2/3，然后`quit`命令的方式退出)，并且修改了一些bug后，成功进行iperf测试。但是仍不太清楚造成这个错误的具体原因是什么。

参考资料

1. Address already in use .端口占用的错误
2. Linux下Socket编程的端口问题(Bind error: Address already in use)