# 网络路由实验

2020年12月2日


蔡润泽


本实验 `Github` 地址

# 实验内容

## 实验内容一

基于已有代码框架，实现路由器生成和处理mOSPF Hello/LSU消息的相关操作，构建一致性链路状态数据库

- 运行网络拓扑(topo.py)
- 在各个路由器节点上执行disable_arp.sh, disable_icmp.sh, disable_ip_forward.sh)，禁止协议栈的相应功能
- 运行./mospfd，使得各个节点生成一致的链路状态数据库

## 实验内容二

基于实验一，实现路由器计算路由表项的相关操作

- 运行实验
  - 运行网络拓扑(topo.py)
  - 在各个路由器节点上执行disable_arp.sh, disable_icmp.sh, disable_ip_forward.sh)，禁止协议栈的相应功能
  - 运行./mospfd，使得各个节点生成一致的链路状态数据库
  - 等待一段时间后，每个节点生成完整的路由表项
  - 在节点h1上ping/traceroute节点h2
  - 关掉某节点或链路，等一段时间后，再次用h1去traceroute节点h2

## 测试与验证

- 各个节点生成一致的链路状态数据库
- tracerout 能获取正确结果

# 设计思路

## 生成和处理mOSPF Hello消息

### `void *sending_mospf_hello_thread(void *param)` 函数

该函数被一个线程单独开启运行，每个节点周期性（5秒）节点就向外界宣告自己的存在，并发送mOSPF Hello消息：包括router ID, 端口的mask等消息。

该节点发送IP包的目的IP地址为`224.0.0.5`，目的MAC地址为`01:00:5E:00:00:05`。

### `void handle_mospf_hello(iface_info_t *iface, const char *packet, int len)` 函数

每个端口在收到一个mOSPF HELLO包以后，调用该函数进行处理。该函数需要从mOSPF HELLO包中获取rid、IP、MASK等信息。

若该发送该包的节点信息以及存在于iface中的nbr_list中，则更新其到达时间。否则，将该节点的相关信息保存在iface中的nbr_list中。

### `void *checking_nbr_thread(void *param)` 函数

该函数负责处理邻居列表中老化的节点。若一个节点超过`3*hello_interval`没有更新，则代表该节点老化，需要被清理掉。

## 生成和处理mOSPF LSU消息

### `void sending_mospf_lsu()` 函数

该函数负责组包并发送mOSPF LSU消息，会被线程函数`sending_mospf_lsu_thread`以30秒为周期进行调用发送。在该节点的邻居列表发生变动时，也会调用该函数发送 LSU消息。

该函数向邻居节点发送的链路状态信息为：

- 该节点ID (mOSPF Header)、邻居节点ID、网络和掩码 (mOSPF LSU)
- 当端口没有相邻路由器时，也要表达该网络，邻居节点ID设为为0 （即端口连接局域网内部节点）
- 序列号(sequence number)，每次生成链路状态信息时加1
- 目的IP地址为邻居节点相应端口的IP地址，目的MAC地址为该端口的MAC地址（通过调用`ip_send_packet`函数发包）。

### `void handle_mospf_lsu(iface_info_t *iface, char *packet, int len)`函数

该函数在收到收到LSU消息后被调用进行处理数据包。如果之前未收到该节点的链路状态信息，或者该信息的序列号更大，则更新链路状态数据库，TTL减1，如果TTL值大于0，则向除该端口以外的端口转发该消息。

### `void *checking_database_thread(void *param)` 函数

该线程函数负责周期性的检查失效节点。当数据库中一个节点的链路状态超过40秒未更新时，表明该节点已失效，将对应条目删除。另外，在该函数会调用`update_rtable`进行路由表项的更新。

## 实现路由器计算路由表项的相关操作

### `void update_rtable()` 函数

该函数在`checking_database_thread` 函数中被周期性调用`，来进行路由表项的更新。具体实现如下：

```
void update_rtable() {
    int prev[ROUTER_NUM];
    int dist[ROUTER_NUM];
    init_graph();
    Dijkstra(prev, dist);
    update_router(prev, dist);
}
```

其中prev是Dijkstra算法中的前序节点表，dist是不同节点到本节点的距离。

另外设有几个全局变量。idx表示节点个数，graph二维数组表示节点之间的链接数组，router_list数组记录了每一个idx对应的rid。

### `void init_graph()`函数

该函数负责初始化节点拓扑结构图的相关参数，具体实现如下：

```
void init_graph() {
    memset(graph, INT8_MAX -1, sizeof(graph));
    mospf_db_entry_t *db_entry = NULL;
        router_list[0] = instance->router_id;
        idx = 1;
        list_for_each_entry(db_entry, &mospf_db, list) {
                router_list[idx] = db_entry->rid;
                idx++;
        }
    db_entry = NULL;
        list_for_each_entry(db_entry, &mospf_db, list) {
                int u = get_router_list_index(db_entry->rid);
                for(int i = 0; i < db_entry->nadv; i ++ ) {
                        if(!db_entry->array[i].rid) {
                continue;
            }
                        int v = get_router_list_index(db_entry->array[i].rid);
                        graph[u][v] = graph[v][u] = 1;
                }
        }
}
```

上述函数中，初始化了router_list, graph数组。

## `void Dijkstra(int prev[], int dist[])` 函数

该函数负责实行Dijkstra算法。具体实现如下：

```
void Dijkstra(int prev[], int dist[]) {
    int visited[ROUTER_NUM];
        for(int i = 0; i < ROUTER_NUM; i++) {
                prev[i] = -1;
                dist[i] = INT8_MAX;
                visited[i] = 0;
        }
        dist[0] = 0;
        for(int i = 0; i < idx; i++) {
                int u = min_dist(dist, visited, idx);
                visited[u] = 1;
                for (int v = 0; v < idx; v++){
                        if (visited[v] == 0 && dist[u] + graph[u][v] < dist[v]) {
                                dist[v] = dist[u] + graph[u][v];
                                prev[v] = u;
                        }
                }
        }
}
```

其中调用了`min_dist(dist, visited, idx)`函数来在未访问的节点中，选取离已访问节点最近的那个。

其具体实现如下：

```
int min_dist(int *dist, int *visited, int num) {
        int index = -1;
        for (int u = 0; u < num; u++) {
        if (visited[u]) {
            continue;
        }
                if (index == -1 || dist[u] < dist[index]) {
                        index = u;
                }
        }
        return index;
}
```

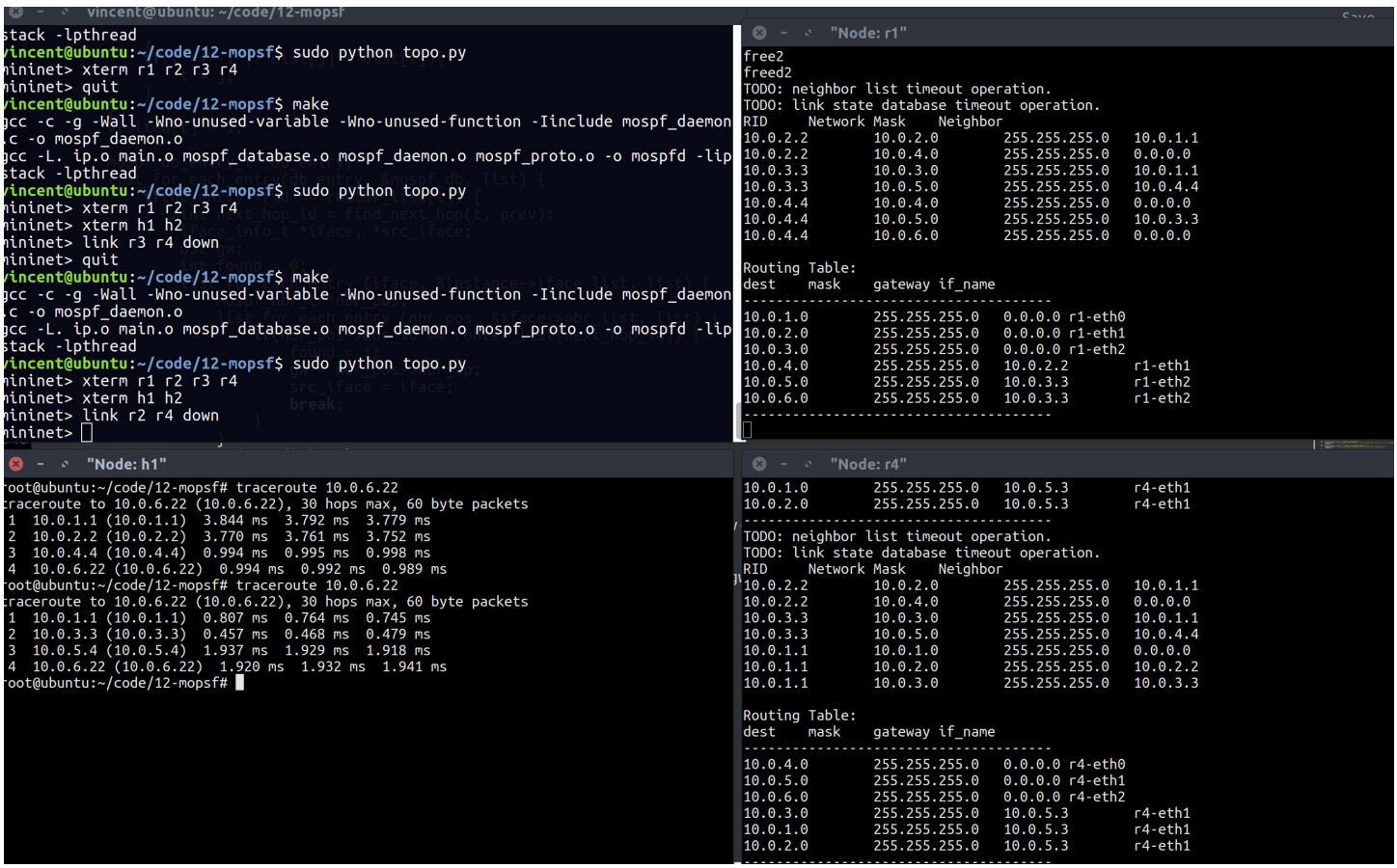
### `void update_router (int prev[], int dist[])` 函数

该函数根据Dijkstra算法获得的节点拓扑信息来进行更新路由表。对于每个节点，会根据Dijkstra算法匹配到前序节点。又递归前递可以找到对于本节点而言，每一个其他的节点的下一条节点是多少，并以此更新路由表，从而确定到其他网络的下一跳网关地址、源节点的转发端口。

另外，实验初始化时，会从内核中读入到本地网络的路由条目，更新路由表时需要区分这些条目和计算生成的路由条目。本设计中非默认路由表会在一开始删去。

# 结果验证

本实验实验结果如下：




可以从上图中看出，不同节点之间可以通过HELLO和LSU信息，生成一致的链路状态信息。

另外tracerout的结果表明可以通过Dijkstra算法生成正确的路由表。并在网络状态改变（`link r2 r4 down`）时，自动生成新的路由表。

# 反思与总结

本次实验写代码的思路比较清晰，但是由于本次代码涉及到的文件较大，在编程时容易遇到几个问题，因此本次实验中，本人花了很多的时间来debug。有些问题值得总结，需要下次注意。

- IDE代码自动时需要留意。本次实验中，我写的一些变量名非常相近，甚至拥有一样的前缀，在编辑器自动补全时，出现了补全错变量名导致数据完全错误的情况。
- 对于指针的使用需要注意，在地址加减时要记得转换为`char*`类型。
- memset赋值存在上界不能超过`0x7f`这一点需要留意。