

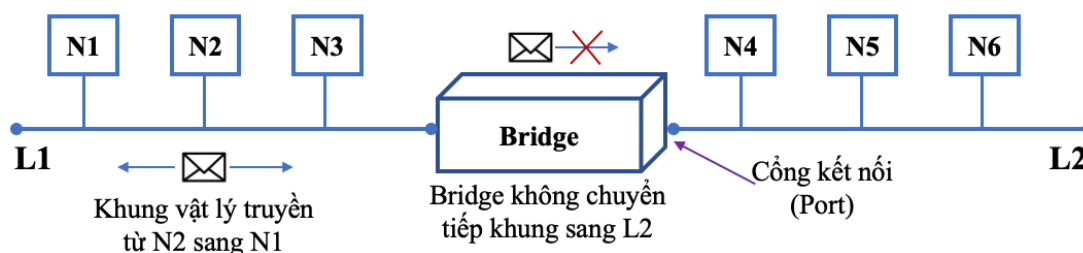
CHƯƠNG 3

BUỔI THỰC HÀNH SỐ 3

Nội dung chương này sẽ tập trung làm rõ các vấn đề sau đây: các chức năng đặc trưng của cầu nối Bridge; nguyên lý hoạt động của thiết bị chuyển mạch Switch; triển khai Switch ảo trong mạng với dịch vụ Linux Bridge đã cài đặt sẵn trên máy ảo Kathará; các bài tập thực hành làm rõ cơ chế hoạt động của Switch qua MAC Learning Table. Ngoài ra, chương này cũng giới thiệu một số mô hình mạng đơn giản kết hợp giữa Switch và Router.

3.1 CẦU NỐI BRIDGE

Cầu nối, *Bridge*, là một thiết bị liên mạng hoạt động ở tầng Liên kết dữ liệu trong mô hình tham khảo OSI. Nhiệm vụ chính của Bridge là chuyển tiếp các khung vật lý (physical frame) từ nhánh mạng này sang nhánh mạng khác.



Hình 3.1 Minh hoạt hoạt động của Bridge trong việc chuyển tiếp khung vật lý

Một số đặc trưng chính của Bridge được miêu tả vắn tắt như sau:

- Bridge chuyển các khung vật lý một cách có chọn lọc dựa vào địa chỉ MAC của các máy tính kết nối đến Bridge.
- Các mạng hoạt động ở tầng vật lý khác nhau vẫn giao tiếp được với nhau qua Bridge.
- Nhờ vào Bridge, một liên mạng được chia thành nhiều vùng đụng độ (collision domain) có kích thước nhỏ.
- Bridge có thể được chia thành 3 loại dựa trên nguyên lý hoạt động. Tuy nhiên trong phần *Thực hành Mạng máy tính CT112*, chỉ sử dụng một loại Bridge duy nhất đó là Cầu nối trong suốt (Transparent Bridge).

Transparent Bridge hoạt động bằng cách học địa chỉ vật lý (hay địa chỉ MAC) của các máy tính kết nối đến nó. Các địa chỉ vật lý này được lưu trữ trong 1

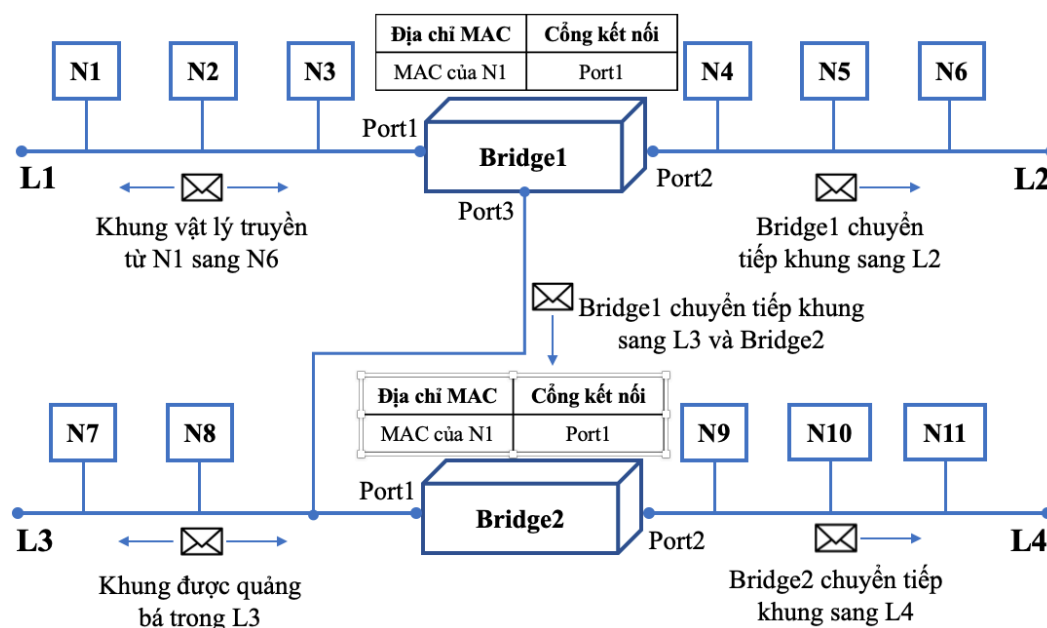
bảng đặc biệt gọi là *MAC Learning Table*. Dựa trên MAC Learning Table mà Bridge lưu trữ, nó dễ dàng thực hiện lưu và chuyển tiếp một cách chọn lọc các khung dữ liệu giữa các nhánh mạng. Hình dạng của MAC Learning Table được miêu tả như trong bảng 3.1 dưới đây.

Địa chỉ máy tính MAC Address	Cổng máy tính kết nối đến Connected Port
00-2C-A3-4F-EE-07	1
00-2C-A3-5D-5C-2F	2

Bảng 3.1 Cấu trúc một Mac Learning Table trên Transparent Bridge

Ngoài MAC Learning Table thì Bridge được cài đặt giải thuật Học ngược *Backward Learning* để ứng xử khi có khung vật lý đến Bridge. Các thông tin trên MAC Learning Table sẽ được cập nhật lại liên tục bởi giải thuật Backward Learning này. Một số nguyên lý chính của giải thuật Backward Learning:

- Nếu máy nhận nằm cùng một cổng với cổng đã nhận khung, cầu nối sẽ bỏ qua khung vì biết rằng máy nhận đã nhận được khung.
- Nếu máy nhận nằm trên một cổng khác với cổng đã nhận khung, cầu nối sẽ chuyển khung sang cổng có máy nhận.
- Nếu không tìm thấy địa chỉ máy nhận trong bảng địa chỉ, cầu nối sẽ gửi khung đến tất cả các cổng còn lại của nó, trừ cổng đã nhận khung.



Hình 3.2 Hoạt động của các Bridge khi gửi khung từ N1 sang N6 (chiều đi)

3.2 THIẾT BỊ CHUYỂN MẠCH SWITCH

Switch được miêu tả là một thiết bị liên mạng hay còn gọi là thiết bị chuyển mạch để kết nối các đoạn mạng lại với nhau theo mô hình mạng hình sao (star topology) nhằm giúp tăng băng thông và giảm nghẽn trong một liên mạng. Trong mô hình này, Switch sẽ đóng vai trò là thiết bị trung tâm, là nơi mà tất cả các máy tính sẽ kết nối đến.

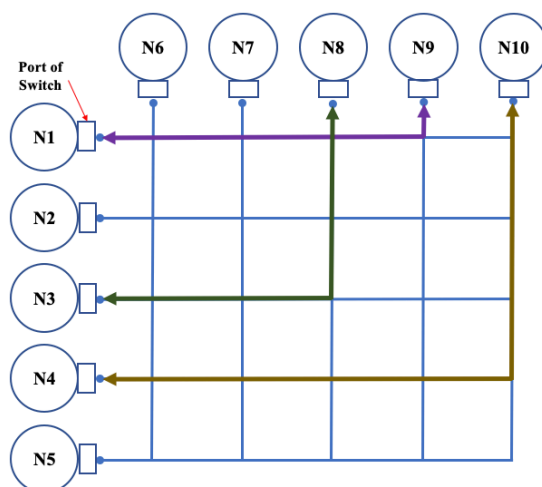
Switch hoạt động trên tầng liên kết dữ liệu của mô hình tham khảo OSI. Hoạt động của Switch có nhiều điểm tương đồng và là phiên bản mở rộng từ hoạt động của Bridge. Chính vì vậy, *nhiều tài liệu đã chỉ ra rằng Switch hoạt động giống như 1 tổ hợp của các Bridge*.

Nếu thực hiện so sánh giữa Switch và thiết bị liên mạng trên tầng vật lý (*Hub/Repeater*) hoặc thiết bị liên mạng trên tầng mạng (*Router*), ta sẽ có một số ưu điểm sau đây:

- So với Hub/Repeater: Switch “*thông minh*” hơn khi định hướng được đường đi khung dữ liệu (physical frame) nhờ vào MAC Learning Table lưu trữ các địa chỉ vật lý tương ứng của các máy tính hay đoạn mạng kết nối vào Switch trên các cổng (port) của nó.
- So với Router: Switch có thời gian xử lý nhanh hơn vì Switch không cài đặt bất kỳ giải thuật định tuyến nào cả.

Switch được cấu tạo gồm hai thành phần cơ bản là:

- Bộ đệm và bảng địa chỉ (Buffer and Address Table - BAT) (tên gọi khác: MAC- Address Table, CAM: Content-Address-Memory).
- Giàn hoán chuyển (Switching Fabric) để tạo nối kết chéo đồng thời giữa các cổng.



Hình 3.3 Đa giao tiếp cùng lúc giữa các máy bằng giàn hoán chuyển trên Switch

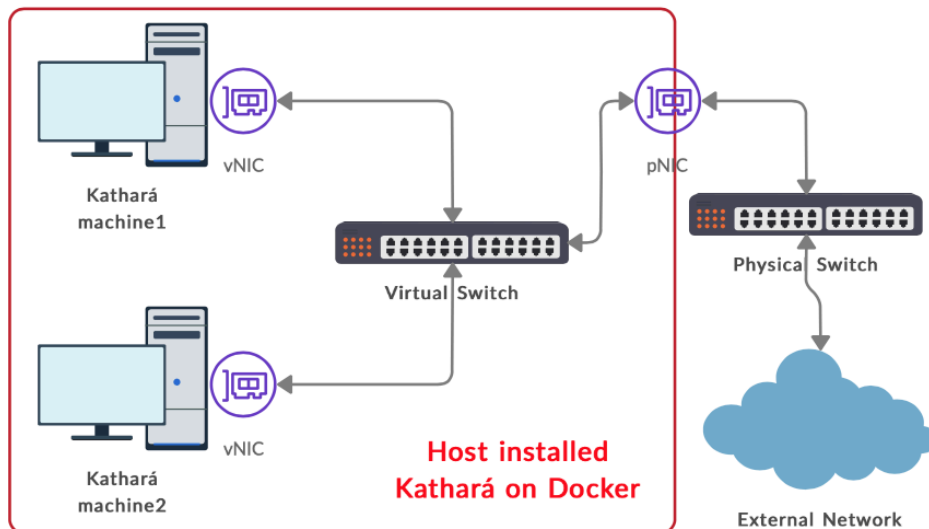
3.3 LINUX BRIDGE

Linux Bridge là một *Soft Switch*, một công nghệ *Switch ảo* (phần mềm) hoạt động trên nền tảng Linux. *Linux Bridge* đã được cài đặt sẵn trong các máy ảo *Kathará* nhằm giúp chúng có thể giao tiếp được với những máy ảo khác trong cùng LAN, đồng thời giao tiếp được với các mạng ảo khác hoặc mạng thực.

Các tính năng chính mà một *Linux Bridge* cung cấp bao gồm:

- STP: Spanning Tree Protocol, một giao thức chống việc các gói tin bị gửi lặp lại (loop) trong một liên mạng.
- VLAN: cho phép trên một *Switch ảo* quản lý được các mạng LAN ảo (Virtual LAN). Các VLANs có đặc tính cô lập về dữ liệu lưu thông dù được kết nối vật lý vào cùng một thiết bị liên mạng là *Switch*.
- FDB: hỗ trợ chuyển tiếp các gói tin theo dạng cơ sở dữ liệu (Forward Database) nhằm nâng cao hiệu năng của *Switch*.

Thực tế, nguyên lý hoạt động của *Linux Bridge* và *Switch vật lý* là không có sự khác biệt lớn. Chính vì vậy, trong Thực hành Mạng máy tính CT112, *Linux Bridge* được chọn để sử dụng kết hợp với mạng ảo *Kathará*. Mô hình vận hành của *Linux Bridge* trong mạng ảo *Kathará* được minh họa như hình 3.4:



Hình 3.4 *Linux Bridge* trong mạng ảo *Kathará* và mạng thực

Trong đó các khái niệm được định nghĩa:

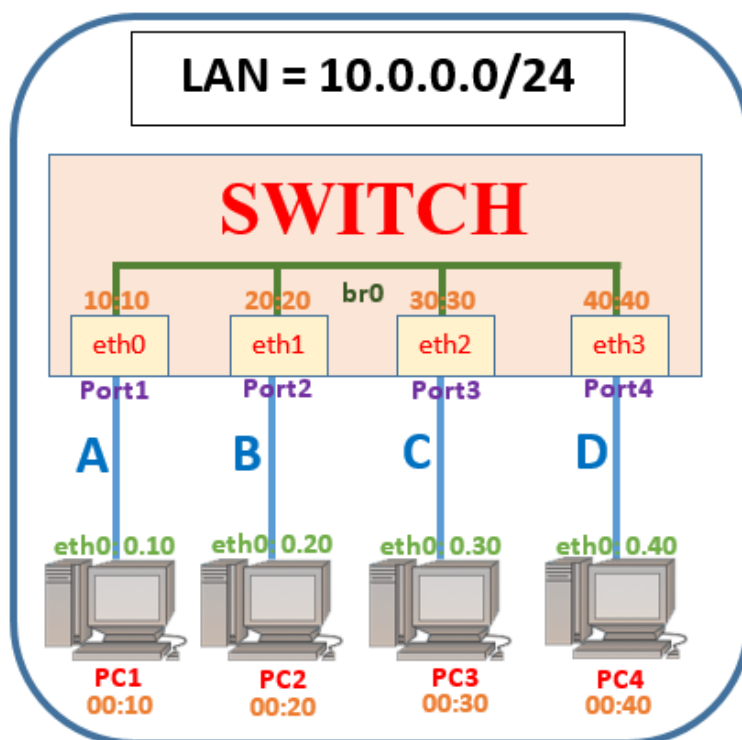
- *Host installed Kathará on Docker*: Máy Ubuntu 18.04 cài đặt *Kathará*
- *Virtual NIC (vNIC)*: giao diện mạng (ảo) của máy ảo *Kathará*
- *Physical NIC (pNIC)*: giao diện mạng (thực) của máy thực

- *Physical switch*: là thiết bị Switch thực
- *Virtual switch*: là một máy ảo *Kathará* chạy dịch vụ Linux Bridge chứa các cổng ảo (virtual port) kết nối các máy tính ảo *Kathará* qua cáp ảo (virtual cable). Máy ảo này liên kết với máy thực rất đơn giản nhờ vào nền tảng ảo hóa Docker.
- *External Network*: mạng thực bên ngoài, có thể là một AS hoặc Internet.

Các lệnh của Linux Bridge được thao tác qua *brctl*¹. Ngoài Linux Bridge thì *Kathará* cũng hỗ trợ một dạng soft switch khác là Open vSwitch. Các thế mạnh và hạn chế của 2 loại dịch vụ này được trình bày chi tiết trong rất nhiều tài liệu².

3.4 BÀI TẬP THỰC HÀNH

3.4.1 Bài tập 8



Hình 3.5 Mô hình mạng sử dụng trong Bài tập 8

¹ <http://man7.org/linux/man-pages/man8/bridge.8.html>

² <http://www.fiber-optic-transceiver-module.com/ovs-vs-linux-bridge-who-is-the-winner.html>

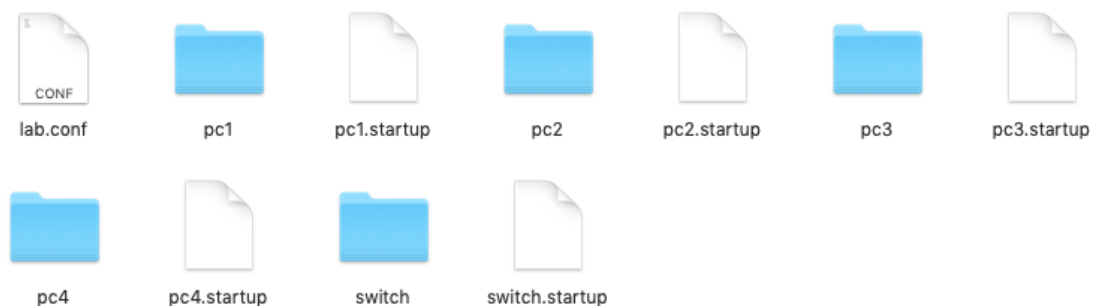
Mục tiêu: Mô phỏng mạng ảo, thực thi dịch vụ Linux Bridge để liên kết các phân nhánh của một mạng LAN; khảo sát cơ chế hoạt động của Linux Bridge qua giao thức ARP. Các bước thực hiện *Bài tập 8* được trình bày chi tiết như sau:

- 1) Quan sát mô hình mạng cần xây dựng. Nhận diện các thiết bị (PC, Switch...), giao diện (eth0, eth1...) với các địa chỉ IP được gán.
 - A, B và C và D được gọi là các phân nhánh (segment) thuộc cùng mạng LAN 10.0.0.0/24. Trong môi trường mô phỏng mạng *Kathará* thì A,B,C và D được gọi là các vùng đụng độ (collision domain).
 - Các chữ số được **highlight màu vàng** là phần sau của một địa chỉ vật lý (MAC). Ví dụ: một địa chỉ MAC đầy đủ là 00:00:00:00:10:00 sẽ chỉ được minh họa trên hình là 10:00
 - Trong *Bài tập 8* này địa chỉ MAC được đặt trên giao diện (eth0, eth1...) của các máy ảo để dễ ghi nhớ và theo dõi khi quan sát việc cập nhật MAC Lookup Table.
- 2) Tạo thư mục *BaiTap8* trong workspace của sinh viên. Thư mục sẽ này chứa các thư mục con và các file cấu hình (.startup, lab.conf) theo cấu trúc quy định của *Kathará*.

Trên máy thực, di chuyển đến thư mục *BaiTap8* bằng lệnh

```
cd /home/student/your_workspace/BaiTap8
```

Cấu trúc thư mục *BaiTap8* được miêu tả như hình 3.6



Hình 3.6 Các thư mục con và tệp tin trong thư mục *BaiTap8*

Lưu ý: trong mô hình này máy ảo switch sẽ chạy dịch vụ Linux Bridge.

- 3) Trên file *lab.conf*, soạn thảo nội dung mô tả hình thái mạng theo thiết kế:

pc1[0]=A

pc2[0]=B

pc3[0]=C

```
pc4[0]=D
switch[0]=A
switch[1]=B
switch[2]=C
switch[3]=D
```

- 4) Lần lượt trên các file `pc1.startup`, `pc2.startup`, `pc3.startup` và `pc4.startup` soạn thảo nội dung cấu hình cho giao diện mạng `eth0`.

Nội dung `pc1.startup` tham khảo:

```
ifconfig eth0 10.0.0.10/24 up
ifconfig eth0 hw ether 00:00:00:00:00:10
```

Lệnh `hw ether` để gán địa chỉ MAC cho một giao diện.

- 5) Trên file `switch.startup` soạn thảo nội dung cấu hình cho các giao diện mạng. Nội dung `switch.startup` tham khảo:

```
ifconfig eth0 up
ifconfig eth0 hw ether 00:00:00:00:10:10
ifconfig eth1 up
ifconfig eth1 hw ether 00:00:00:00:20:20
ifconfig eth2 up
ifconfig eth2 hw ether 00:00:00:00:30:30
ifconfig eth3 up
ifconfig eth3 hw ether 00:00:00:00:40:40
```

- Mỗi giao diện (`eth0`, `eth1`...) được xem là một *port ảo* của Linux Bridge nhằm cho phép các máy ảo kết nối vào.
 - Việc đặt IP trên các giao diện mạng của máy ảo switch có thể không cần thực hiện vì Linux Bridge không sử dụng tới các địa chỉ IP này trong tầng 2 mô hình tham khảo OSI.
- 6) Tiếp tục bổ sung vào nội dung như dưới đây trên file `switch.startup`:

```
brctl addbr br0
brctl addif br0 eth0
brctl addif br0 eth1
brctl addif br0 eth2
brctl addif br0 eth3
brctl stp br0 on
```

Nội dung trên đã tạo ra trên Linux Bridge một cầu nối có tên là br0. Cầu nối br0 giúp cho các máy tính ở những phân nhánh khác nhau (A, B...) vẫn có thể truyền dữ liệu cho nhau được nhờ vào MAC Lookup Table lưu trên switch. Giải thích cụ thể các lệnh:

- addbr: Tạo một cầu nối mới (br0, br1...) để nối nhánh A, B, C và D lại.
 - addif: Đăng ký các giao diện (cổng) của switch ảo vào cầu nối. Các cổng (giao diện) thuộc chung 1 cầu nối, chẳng hạn: br0, thì truyền dữ liệu cho nhau được.
 - stp <name_of_bridge> on: Kích hoạt giải thuật STP trên một cầu nối (br0, br1...) của switch ảo.
 - ifconfig <name_of_bridge> on: Kích hoạt cầu nối (br0, br1...)
- 7) Khởi động mạng ảo *BaiTap8*. Trên máy ảo switch kiểm tra nội dung của Mac Lookup Table bằng lệnh:

```
brctl showmacs br0
```

Kết quả hiển thị là MAC Lookup Table mà switch lưu trữ cho br0. Cho biết

- Bảng này có bao nhiêu địa chỉ vật lý?
- Các địa chỉ vật lý này là của các giao diện của máy ảo nào trong LAN?

- 8) Trên máy ảo switch, pc1 và pc3 thực hiện lệnh:

```
tcpdump -e -q -w /hostlab/BT8_switch.pcap
tcpdump -e -q -w /hostlab/BT8_pc1.pcap
tcpdump -e -q -w /hostlab/BT8_pc3.pcap
```

- 9) Trên pc2, thực hiện gửi dữ liệu đến pc3 bằng lệnh

```
ping 10.0.0.30
```

và chờ khoảng 10 giây, sau đó dừng lệnh ping trên pc2 lại.

Dùng lệnh tcpdump trên switch, pc1 và pc3 lại.

- 10) Trên switch kiểm tra lại nội dung Mac Lookup Table bằng lệnh:

```
brctl showmac br0
```

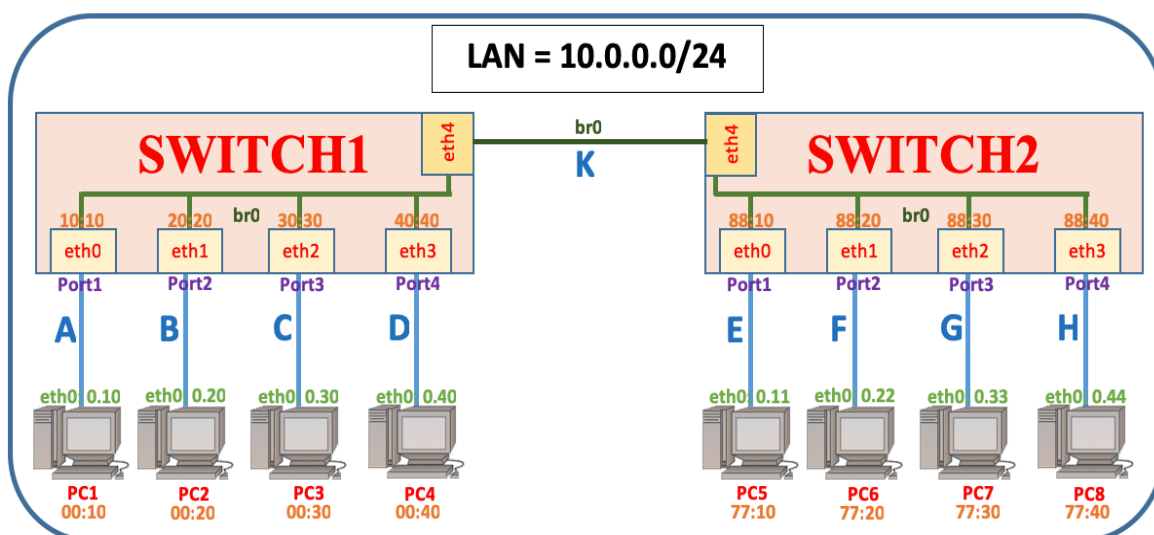
Kết quả trên switch thay đổi như thế nào? Ví dụ: switch biết thêm địa chỉ vật lý của máy tính nào, ở port bao nhiêu?

- 11) Trên máy thực, thực hiện:

- Dùng *Wireshark* mở file BT8_switch.pcap. Chọn khung dữ liệu có giao thức ARP đến từ địa chỉ MAC 00:00:00:00:00:20

- ✓ Tại sao switch nhận được khung dữ liệu này?
 - ✓ Khung dữ liệu này có ý nghĩa như thế nào với switch?
 - Chọn khung dữ liệu có giao thức ARP đến từ địa chỉ MAC 00:00:00:00:00:30
 - ✓ Tại sao switch nhận được khung dữ liệu này?
 - ✓ Khung dữ liệu này có ý nghĩa như thế nào với switch?
 - Dùng *Wireshark* mở file BT8_pc1.pcap. Chọn khung dữ liệu có giao thức ARP đến từ địa chỉ MAC 00:00:00:00:00:20
 - ✓ Tại sao pc1 nhận được khung dữ liệu này?
 - ✓ Khung dữ liệu này có ý nghĩa như thế nào với pc1? pc1 có hồi đáp cho khung này hay không?
 - Dùng *Wireshark* mở file BT8_pc3.pcap. Chọn khung dữ liệu có giao thức ARP đến từ địa chỉ MAC 00:00:00:00:00:20
 - ✓ Khung dữ liệu này có ý nghĩa như thế nào với pc3? pc3 có hồi đáp cho khung này hay không?
- 12) Kết luận về hoạt động “*Học*” địa chỉ MAC của các máy tính *thuộc các phân nhánh khác nhau trong cùng một mạng LAN* trên một Switch ảo.
- 13) Hủy mạng ảo bằng lệnh `lwiipe` sau khi đã thực hiện xong *Bài tập 8*

3.4.2 Bài tập 9



Hình 3.7 Mô hình mạng sử dụng trong Bài tập 9

Mục tiêu: Mô phỏng mạng ảo, thực thi dịch vụ Linux Bridge để liên kết các phân nhánh của một mạng LAN và liên kết 2 mạng LAN với nhau; khảo sát cơ chế hoạt động của Linux Bridge qua giao thức ARP. Các bước thực hiện *Bài tập 9* được trình bày chi tiết như sau:

- 1) Quan sát mô hình mạng cần xây dựng. Nhận diện các thiết bị (PC, Switch...), giao diện (eth0, eth1...) với các địa chỉ IP được gán.

Lưu ý: Đây là mô hình mạng mở rộng của *Bài tập 8*, vì vậy sinh viên có thể sử dụng lại kết quả của *Bài tập 8* và bổ sung các phần mới.

- 2) Tạo thư mục *BaiTap9* trong workspace của sinh viên. Thư mục sẽ này chứa các thư mục con và các file cấu hình (.startup, lab.conf) theo cấu trúc quy định của *Kathará*.

Trên máy thực, di chuyển đến thư mục *BaiTap9* bằng lệnh:

```
cd /home/student/your_workspace/BaiTap9
```

Lưu ý: trong mô hình này có hai máy ảo với tên lần lượt là switch1 và switch2 sẽ chạy dịch vụ Linux Bridge.

- 3) Trên file lab.conf, soạn thảo nội dung mô tả hình thái mạng theo thiết kế.
- 4) Lần lượt trên các file .startup của các máy ảo pc soạn thảo nội dung cấu hình cho giao diện mạng eth0 của chúng.
- 5) Lần lượt trên các file switch1.startup và switch2.startup soạn thảo nội dung cấu hình cho các giao diện mạng; các khai báo và thiết lập cho cầu nối br0. Nội dung của switch1.startup có thể tham khảo:

```
ifconfig eth0 up
ifconfig eth0 hw ether 00:00:00:00:10:10
ifconfig eth1 up
ifconfig eth1 hw ether 00:00:00:00:20:20
ifconfig eth2 up
ifconfig eth2 hw ether 00:00:00:00:30:30
ifconfig eth3 up
ifconfig eth3 hw ether 00:00:00:00:40:40
ifconfig eth4 up
ifconfig eth4 hw ether 00:00:00:00:50:50
brctl addbr br0
brctl addif br0 eth0
```

```
brctl addif br0 eth1
brctl addif br0 eth2
brctl addif br0 eth3
brctl addif br0 eth4
brctl stp br0 on
```

- 6) Khởi động mạng ảo *BaiTap9*. Trên máy ảo switch1 và switch2 lần lượt kiểm tra nội dung của Mac Lookup Table bằng lệnh:

```
brctl showmacs br0
```

Kết quả hiển thị là MAC Lookup Table mà switch1 và switch2 lưu trữ cho cầu nối br0.

3.4.2.1. Gửi khung dữ liệu giữa 2 máy tính cùng nối kết vào switch1

- 7) Lần lượt thực hiện lệnh tcpdump với cú pháp như sau:

```
tcpdump -e -q -w /hostlab/BT9_switch1_A.pcap (trên máy ảo switch1)
```

```
tcpdump -e -q -w /hostlab/BT9_switch2_A.pcap (trên máy ảo switch2)
```

- 8) Trên pc1, thực hiện gửi dữ liệu đến pc4 bằng lệnh:

```
ping 10.0.0.40
```

và chờ khoảng 10 giây, sau đó dừng lệnh ping trên pc1 lại.

Dừng các lệnh tcpdump trên switch1 và switch2 lại.

- 9) Trên switch1 và switch2 lần lượt kiểm tra lại Mac Lookup Table bằng lệnh:

```
brctl showmac br0
```

- switch1 có học được địa chỉ của cả 2 máy pc1 và pc4 hay không?
- switch2 có học được địa chỉ của cả 2 máy pc1 và pc4 hay không? Nếu không thì tại sao?
- Các máy tính từ pc5 đến pc8 có nhận được gói tin ICMP đến từ pc1 hay không? Nếu không thì các máy tính này chỉ nhận được gói tin có giao thức gì từ pc1?

3.4.2.2. Gửi khung dữ liệu giữa 2 máy tính nối kết trên switch1 và switch2

- 7) Lần lượt thực hiện lệnh tcpdump với cú pháp như sau:

```
tcpdump -e -q -w /hostlab/BT9_switch1_B.pcap (trên máy ảo switch1)
```

```
tcpdump -e -q -w /hostlab/BT9_switch2_B.pcap (trên máy ảo switch2)
```

- 8) Trên pc2, thực hiện gửi dữ liệu đến pc7 bằng lệnh:

ping 10.0.0.33

và chờ khoảng 10 giây, sau đó dừng lệnh ping trên pc2 lại.

Dừng các lệnh tcpdump trên switch1 và switch2 lại

- 9) Trên switch1 và switch2 lần lượt kiểm tra lại nội dung Mac Lookup Table bằng lệnh:

brctl showmac br0

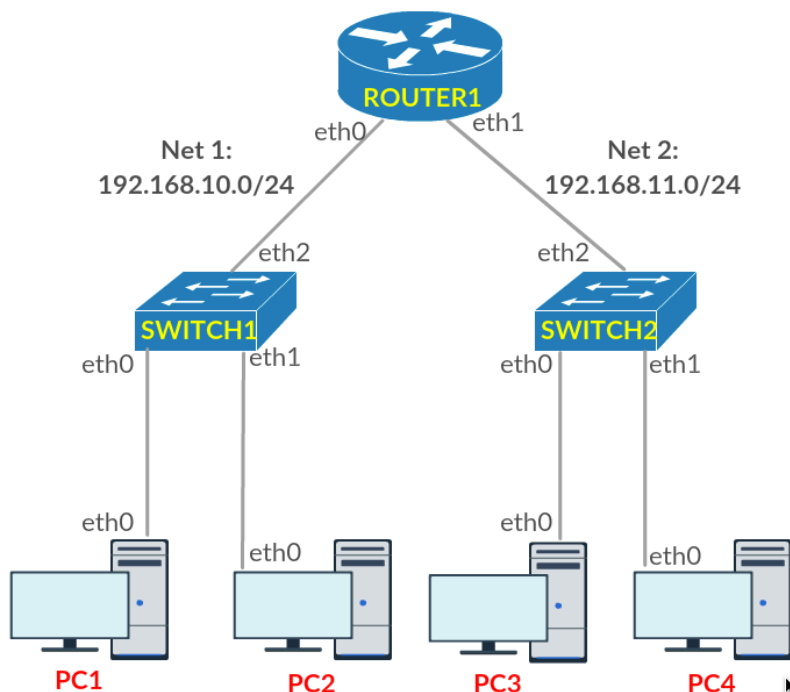
- switch1 có học được địa chỉ của cả 2 máy pc2 và pc7 hay không?
- switch2 có học được địa chỉ của cả 2 máy pc2 và pc7 hay không? Nếu có thì tại sao?
- Các máy tính từ pc5, pc6 và pc8 có nhận được gói tin ICMP đến từ pc2 hay không? Hãy chứng minh điều đó.

- 10) Kết luận về hoạt động “*Học*” địa chỉ MAC của các máy tính thuộc các phân nhánh khác nhau trong cùng một mạng LAN được kết nối bởi 2 switch ảo.

- 11) Hủy mạng ảo bằng lệnh `lwipe` sau khi đã thực hiện xong *Bài tập 9*

3.4.3 Bài tập 10

Mục tiêu: Mô phỏng mạng ảo, sử dụng Linux Bridge liên kết các phân nhánh của một mạng LAN và sử dụng Router để liên kết 2 mạng LAN với nhau. Các bước thực hiện *Bài tập 10* được trình bày chi tiết như sau:

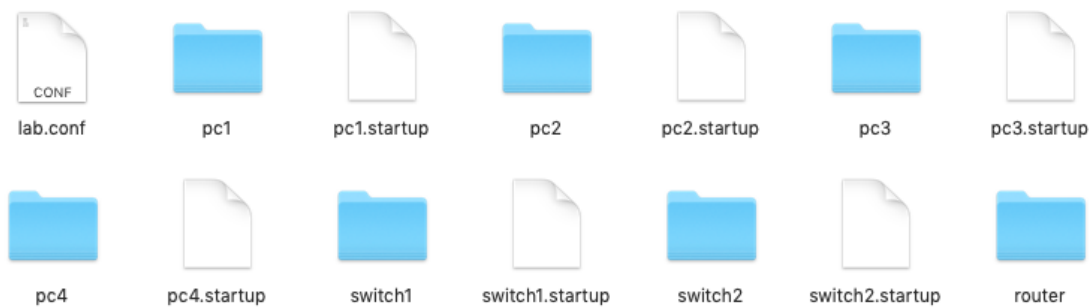


Hình 3.8 Mô hình mạng sử dụng trong Bài tập 10

- 1) Quan sát mô hình mạng cần xây dựng. Nhận diện các thiết bị (PC, Switch...), giao diện (eth0, eth1...) với các địa chỉ IP.
- Sinh viên tự xác định các vùng đưng độ có trong sơ đồ thiết kế mạng.
- Sinh viên tự lựa chọn địa chỉ IP phù hợp và gán cho các giao diện mạng của thiết bị.
- 2) Tạo thư mục *BaiTap10* trong workspace của sinh viên. Thư mục sẽ này chứa các thư mục con và các file cấu hình (.startup, lab.conf) theo cấu trúc quy định của *Kathará*.
- 3) Trên máy thực, di chuyển đến thư mục *BaiTap10* bằng lệnh:

```
cd /home/student/your_workspace/BaiTap10
```

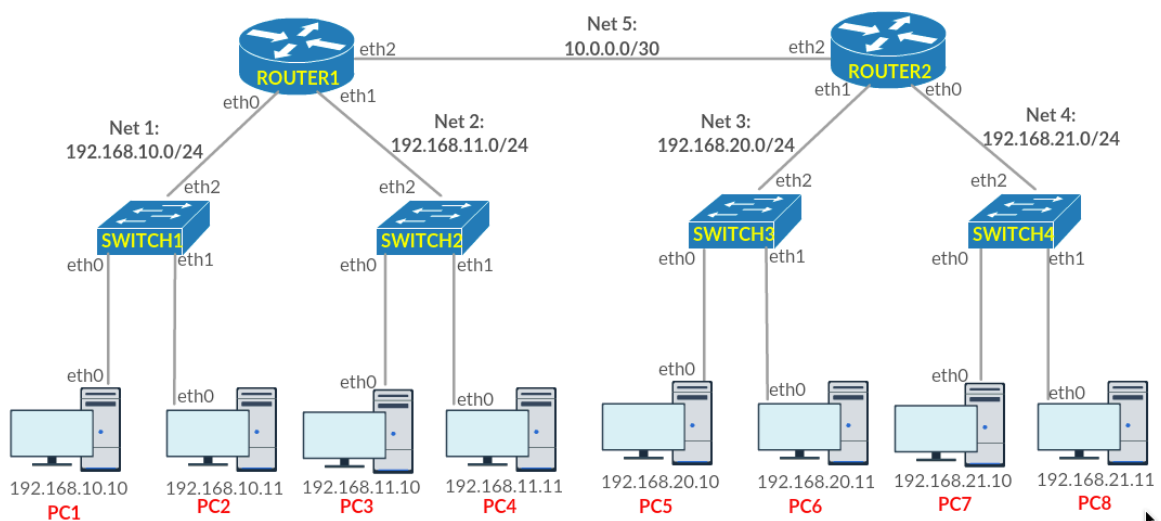
Cấu trúc thư mục *BaiTap10* được miêu tả như hình 3.9



Hình 3.9 Các thư mục con và tệp tin trong thư mục *BaiTap10*

- 4) Hoàn thành bài tập khi các pc trong *Net 1* và *Net 2* đều truyền tải dữ liệu được cho nhau. Sau khi kết thúc, dùng lệnh *lwipe* để hủy mạng.

3.4.4 Bài tập 11



Hình 3.10 Mô hình mạng sử dụng trong Bài tập 11

Mục tiêu: mở rộng mô hình mạng ảo đã mô phỏng trong *Bài tập 11*. Các bước thực hiện *Bài tập 11* được trình bày chi tiết như sau:

- 1) Quan sát mô hình mạng cần xây dựng. Nhận diện các thiết bị (PC, Switch...), giao diện (eth0, eth1...) với các địa chỉ IP.
- 2) Tạo thư mục *BaiTap11* trong workspace của sinh viên. Trên máy thực, di chuyển đến thư mục *BaiTap11* bằng lệnh:

```
cd /home/student/your_workspace/BaiTap11
```

- 3) Hoàn thành bài tập khi các thiết bị trong mô hình đều truyền tải dữ liệu được cho nhau. Sau khi kết thúc, dùng lệnh `lwipe` để hủy mạng.