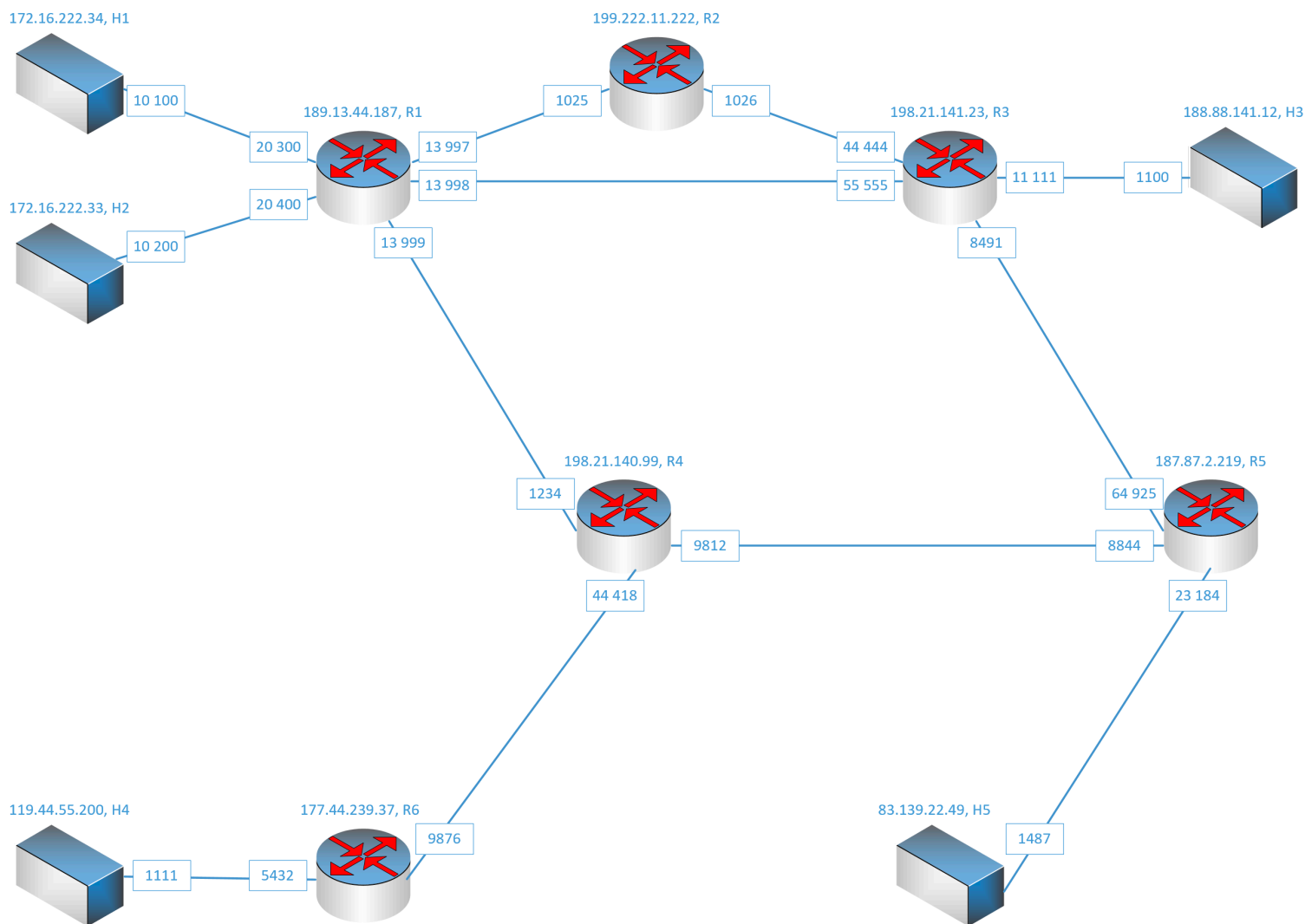


Instrukcja

1. Uruchomienie projektu

Aby uruchomić projekt, należy najpierw go zbudować, czyli otworzyć plik *TSST.sln* w Visual Studio i wybrać Build->Build Solution. Następnie trzeba uruchomić skrypt *run_simulation.bat* i wtedy zostaną wywołane wszystkie instancje obiektów potrzebnych do emulacji ręcznie zarządzanej sieci MPLS.



Powyższy rysunek przedstawia topologię sieci, którą zdecydowaliśmy się stworzyć.

UWAGA! Do automatycznego rozmieszczenia okienek po wywołaniu pliku .bat użyliśmy programu cmdow: <https://ritchielawrence.github.io/cmdow/> który może być traktowane przez antywirusy jako zagrożenie; jego kod źródłowy jest dostępny na githubie.

2. Przebieg działania programu

Na początku każdy program wczytuje swoje pliki konfiguracyjne, węzły klienckie nawiązują połączenie z chmurą kablową, a węzły sieciowe z chmurą kablową i systemem zarządzania. Następnie, system zarządzania przesyła do wszystkich węzłów sieciowych ich tablice mapowania i kierowania pakietów.

```
83.139.22.49, FEC: 0
[00:07:30:223] Sending to R3: ADD_NHLFE_ENTRY ID: 34, Action: POP,
OutLabel: -, OutPort: -, NextID: -
[00:07:30:298] Sending to R5: ADD_NHLFE_ENTRY ID: 51, Action:
PUSH, OutLabel: 36, OutPort: 64925, NextID: -
[00:07:30:325] Sending to R3: ADD_NHLFE_ENTRY ID: 35, Action:
SWAP, OutLabel: 45, OutPort: 8491, NextID: -
[00:07:30:400] Sending to R5: ADD_NHLFE_ENTRY ID: 52, Action:
PUSH, OutLabel: 44, OutPort: 64925, NextID: -
[00:07:30:427] Sending to R3: ADD_NHLFE_ENTRY ID: 36, Action:
SWAP, OutLabel: 28, OutPort: 44444, NextID: -
[00:07:30:502] Sending to R5: ADD_NHLFE_ENTRY ID: 53, Action:
PUSH, OutLabel: 47, OutPort: 8844, NextID: -
[00:07:30:604] Sending to R5: ADD_NHLFE_ENTRY ID: 54, Action:
SWAP, OutLabel: 77, OutPort: 8844, NextID: -
[00:07:30:707] Sending to R5: ADD_NHLFE_ENTRY ID: 55, Action: POP,
OutLabel: -, OutPort: -, NextID: -
[00:07:30:812] Sending to R5: ADD_NHLFE_ENTRY ID: 56, Action:
SWAP, OutLabel: 40, OutPort: 64925, NextID: -
```

Domyślnie każdy host jest w stanie wysłać wiadomość do każdego innego hosta. Aby wysłać wiadomość, należy wybrać host docelowy i kliknąć „start” - wiadomości będą wysyłane okresowo (można wybrać okres pomiędzy dwoma kolejnymi wiadomościami).

H2

Destination: ▼ Period [s]: 2 ▼

Message: H1, 172.16.222.34
H3, 188.88.141.12
H4, 119.44.55.200
H5, 83.139.22.49

Start

[00:07:23:151] Connecting to cable cloud at 127.0.0.1:62571
[00:07:23:167] Established connection with cable cloud

Przesłanie wiadomości zostanie odpowiednio zarejestrowane w logach programu.

H2

Destination: H4, 119.44.55.200 ▼ Period [s]: 2 ▼

Message:

Start Stop

[00:07:23:151] Connecting to cable cloud at 127.0.0.1:62571
[00:07:23:167] Established connection with cable cloud
[00:11:56:069] Sending button clicked. Sending to: H4, 119.44.55.200
[00:11:56:091] Package sent: [ID=0, LabelStack=, Payload=, TTLStack=254, Source=172.16.222.33, Destination=119.44.55.200]
[00:11:56:383] Stop sending button clicked

H4

Destination: ▼ Period [s]: 2 ▼

Message:

Start Stop

[00:07:23:868] Connecting to cable cloud at 127.0.0.1:62571
[00:07:23:884] Established connection with cable cloud
[00:11:56:174] Received package: [ID=0, LabelStack=, Payload=, TTLStack=251, Source=172.16.222.33, Destination=119.44.55.200]

Ścieżkę, jaką przebył pakiet możemy oczywiście śledzić za pomocą logów w chmurze kablowej i węzłach sieciowych.

```

R1
[12:07:29 AM:527] Message received from MS: ADD_NHLFE_ENTRY 3 PUSH 22 - 5
[12:07:29 AM:602] Message received from MS: ADD_NHLFE_ENTRY 4 POP - - -
[12:07:29 AM:609] Adding new NHLFE entry: ID: 4, Action: POP, OutLabel: -, OutPort: -, NextID: -
[12:07:29 AM:649] Adding new NHLFE entry: ID: 3, Action: PUSH, OutLabel: 22, OutPort: -, NextID: 5
[12:07:29 AM:690] Message received from MS: ADD_NHLFE_ENTRY 5 PUSH 44 13997 -
[12:07:29 AM:693] Adding new NHLFE entry: ID: 5, Action: PUSH, OutLabel: 44, OutPort: 13997, NextID: -
[12:11:56 AM:102] Received package: [ID=0, LabelStack=, Payload=, TTLStack=254, Source=172.16.222.33, Destination=119.44.55.200] at port 20400
[12:11:56 AM:117] Package [ID=0, LabelStack=66, Payload=, TTLStack=253, 253, Source=172.16.222.33, Destination=119.44.55.200] routed to port 13999 with label 66
  
```

```

CableCloud
[12:07:24 AM:015] Established connection with H5
[12:07:24 AM:158] Established connection with R2
[12:07:24 AM:238] Established connection with R1
[12:07:24 AM:767] Established connection with R3
[12:07:24 AM:909] Established connection with R5
[12:07:25 AM:002] Established connection with R4
[12:07:25 AM:101] Established connection with R6
[12:11:56 AM:090] Received package from 172.16.222.33:10200
[12:11:56 AM:094] Sent package to 189.13.44.187:20400
[12:11:56 AM:113] Received package from 189.13.44.187:13999
[12:11:56 AM:115] Sent package to 198.21.140.99:1234
[12:11:56 AM:134] Received package from 198.21.140.99:44418
[12:11:56 AM:142] Sent package to 177.44.239.37:9876
[12:11:56 AM:162] Received package from 177.44.239.37:5432
[12:11:56 AM:166] Sent package to 119.44.55.200:1111
  
```

Aby „popsuć” światłowód pomiędzy dwoma węzłami, należy w chmurze kablowej dwukrotnie kliknąć na wybrane połączenie.

```

[12:47:03 AM:004] Received package from 172.16.222.34:10100
[12:47:03 AM:006] Sent package to 189.13.44.187:20300
[12:47:03 AM:016] Received package from 189.13.44.187:13997
[12:47:03 AM:018] Sent package to 199.222.11.222:1025
[12:47:03 AM:025] Received package from 199.222.11.222:1026
[12:47:03 AM:030] Sent package to 198.21.141.23:44444
[12:47:03 AM:045] Received package from 198.21.141.23:11111
[12:47:03 AM:048] Sent package to 188.88.141.12:1100
[12:47:05 AM:834] Received package from 172.16.222.34:10100
[12:47:05 AM:838] The cable connecting 172.16.222.34:10100 to 189.13.44.187:20300 is out of order. Package discarded!
  
```

Node1	Port1	Node2	Port2	Status
H1	10100	R1	20300	OUT-OF-ORDER
H2	10200	R1	20400	WORKING
H3	1100	R3	11111	WORKING

Aby usunąć wpis z którejkolwiek tablicy w węźle sieciowym, należy zaznaczyć odpowiedni wpis w module zarządzania i kliknąć „delete”. Aby dodać - należy odpowiednio wypełnić pola i kliknąć „add”. Brak jakiegoś wpisu (np. brak etykiety wyjściowej) musi zostać zaznaczony za pomocą znaku „-”, dostępne akcje to „POP”, „PUSH”, „SWAP”, *poppedLabels* może to być znak „-”, liczba całkowita lub sekwencja „1,2,3,...”. Domyślnie wszystkie inne parametry to będą dodatnie liczby całkowite (FEC będzie mogło być jeszcze równe 0). W programie jest zaimplementowane dosyć szczegółowe sprawdzenie, czy dodawany wpis jest poprawny, natomiast nie wszystkie przypadki są pokryte.

3. Dodatkowe opcje

Nasz projekt ma parę ekstra „feature’ów”. Przede wszystkim, można włączyć (za pomocą zaznaczenia odpowiedniego checkboxa w systemie zarządzania) szczegółowe logi mapowania / kierowania pakietów w routerach sieci MPLS.

```
R1
[12:17:52 AM:039] Message received from MS: SHOW_MORE_ROUTING_LOGS
[12:17:55 AM:730] Received package: [ID=1, LabelStack=, Payload=,
TTLStack=254, Source=172.16.222.33, Destination=119.44.55.200] at port
20400
[12:17:55 AM:737] Looking for FEC in MPLS-FIB table...
[12:17:55 AM:742] FEC for 119.44.55.200 is: 41
[12:17:55 AM:743] Looking for NHLFE_ID in FTN table...
[12:17:55 AM:744] NHLFE_ID for FEC=41 is: 2
[12:17:55 AM:745] Looking for NHLFE entry with NHLFE_ID=2...
[12:17:55 AM:746] Action for NHLFE_ID=2 is PUSH, output port: 13999, output
label: 66, next NHLFE_ID: NULL
[12:17:55 AM:747] Pushed new label: 66
[12:17:55 AM:754] Completed last action, forwarding to port 13999
[12:17:55 AM:762] Package [ID=1, LabelStack=66, Payload=, TTLStack=253,
253, Source=172.16.222.33, Destination=119.44.55.200] routed to port 13999
with label 66
```

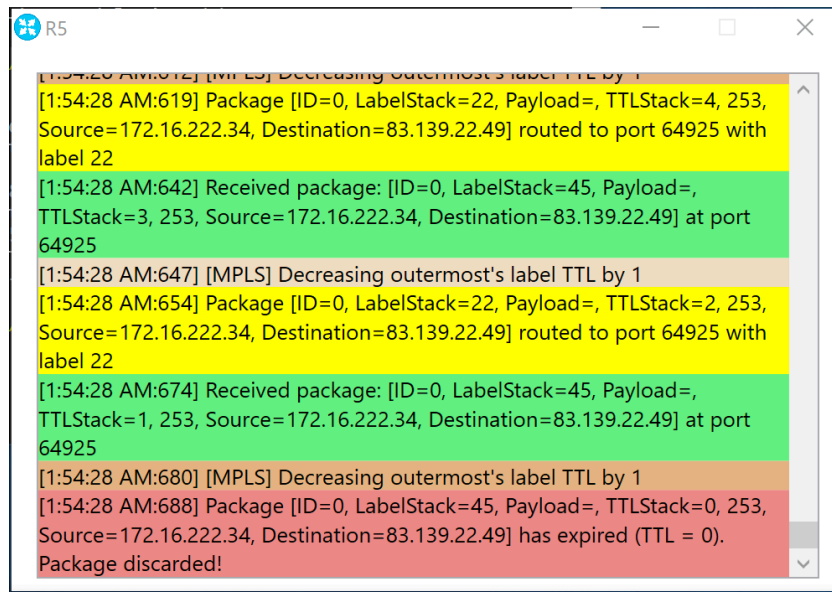
```
R6
[2:19:46 AM:526] Message received from MS: SHOW_MORE_ROUTING_LOGS
[2:19:47 AM:541] Received package: [ID=1, LabelStack=30, Payload=,
TTLStack=252, 253, Source=172.16.222.34, Destination=119.44.55.200] at port
9876
[2:19:47 AM:546] Looking for NHLFE_ID in ILM table...
[2:19:47 AM:548] NHLFE_ID for incoming port=9876, incoming label=30,
popped labels=NULL, is: 64
[2:19:47 AM:554] Action for NHLFE_ID=64 is POP, output port: NULL, output
label: NULL, next NHLFE_ID: NULL
[2:19:47 AM:556] Popped top label: 30
[2:19:47 AM:558] Label stack is empty, forwarding with IP-FIB table
[2:19:47 AM:561] Looking for output port in IP-FIB table...
[2:19:47 AM:563] The output port for 119.44.55.200 is 5432
[2:19:47 AM:565] Package [ID=1, LabelStack=, Payload=, TTLStack=251,
Source=172.16.222.34, Destination=119.44.55.200] routed to port 5432 with
label None
```

Można również włączyć (za pomocą odpowiedniego checkboxa w systemie zarządzania) szczegółowy podgląd tego, co się dzieje z TTL:

```
R1
[12:44:21 AM:045] Adding new NHLFE entry: ID: 4, Action: POP, OutLabel: -,
OutPort: -, NextID: -
[12:44:21 AM:132] Message received from MS: ADD_NHLFE_ENTRY 5 PUSH 44
13997 -
[12:44:21 AM:142] Adding new NHLFE entry: ID: 5, Action: PUSH, OutLabel: 44,
OutPort: 13997, NextID: -
[12:44:36 AM:832] Message received from MS: SHOW_MORE_TTL_LOGS
[12:44:38 AM:595] Received package: [ID=0, LabelStack=, Payload=,
TTLStack=254, Source=172.16.222.34, Destination=188.88.141.12] at port
20300
[12:44:38 AM:601] [IP] Decreasing TTL by 1
[12:44:38 AM:606] [MPLS] Copying TTL from IP header
[12:44:38 AM:608] [MPLS] Copying TTL from the previous outermost label to
the new [higher level] outermost one
[12:44:38 AM:620] Package [ID=0, LabelStack=44, 17, Payload=,
TTLStack=253, 253, 253, Source=172.16.222.34, Destination=188.88.141.12]
routed to port 13997 with label 44
```

```
R3
[12:44:21 AM:101] Adding new NHLFE entry: ID: 35, Action: SWAP, OutLabel:
45, OutPort: 8491, NextID: -
[12:44:21 AM:254] Message received from MS: ADD_NHLFE_ENTRY 36 SWAP
28 44444 -
[12:44:21 AM:264] Adding new NHLFE entry: ID: 36, Action: SWAP, OutLabel:
28, OutPort: 44444, NextID: -
[12:44:36 AM:840] Message received from MS: SHOW_MORE_TTL_LOGS
[12:44:38 AM:660] Received package: [ID=0, LabelStack=58, 17, Payload=,
TTLStack=252, 253, 253, Source=172.16.222.34, Destination=188.88.141.12] at
port 44444
[12:44:38 AM:665] [MPLS] Decreasing outermost's label TTL by 1
[12:44:38 AM:673] [MPLS] Copying TTL from the previous outermost label to
the new [lower level] outermost one
[12:44:38 AM:675] [MPLS->IP] Copying TTL from MPLS level 1 label to IP
header
[12:44:38 AM:681] Package [ID=0, LabelStack=, Payload=, TTLStack=251,
Source=172.16.222.34, Destination=188.88.141.12] routed to port 11111 with
label None
```

Mamy zaimplementowany TTL zgodnie z RFC 3031 i w przypadku wystąpienia pętli, po osiągnięciu wartości Time To Live równej 0 pakiet zostanie odrzucony.



Ponadto, w każdym okienku możemy powiększyć/pomniejszyć czcionkę za pomocą wciśniętego znaku control i scrolla myszki/znaku +/-.