



FACULTATEA DE ELECTRONICĂ, TELECOMUNICAȚII
ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI

Proiect SRTC

Studiul rutării în rețele fixe

Andrei Mihăescu
TSAC II, ianuarie 2016

Capitolul 1

RIPng

RIP - eng. Routing Information Protocol - este un protocol de rutare de tip distanta-vector ce implica utilizarea ca metrica de rutare a numărului de pași de rutat (hop count). Prin aceasta, RIP previne apariția buclelor de rutare, utilizând o valoare limita maxima ca număr de pași de rutare pe calea de la sursa la destinație. In general, limita este fixata la 15 (o valoare fixata la 16 reprezinta o distanta de rutare infinita, inoperabila, prin urmare de evitat în selecția procesului de rutare). La începuturi, fiecare ruter capabil-RIP transmitea la fiecare 30 de secunde tabela sa de rutare . In implementările inițiale, tabelele de rutare erau de dimensiuni reduse și prin urmare traficul suplimentar era redus. Problemele apăreau odată cu dezvoltarea rețelelor când, într-adevăr traficul suplimentar de rețea începea sa devina consistent. Odată cu trecerea timpului, acest protocol a fost mai puțin preferat, în comparație cu alte protocoale de rețea precum OSPF sau EIGRP. RIP utilizează UDP ca și protocol de transport și ii este asignat portul cu numărul 520.

1.1 Versiuni

S-au stabilit trei versiuni ale acestui protocol: RIPv1, RIPv2 si RIPng.

1.1.1 RIP versiunea 1

Specificația originala de RIP a fost definita în RFC 1058 (Iunie 1988) utiliza rutarea pe baza adresării "classfull". Prin urmare, actualizările periodice, nu includeau și informația de subrețea specifice VLSM, astfel era necesar ca subrețelele existente sa fie toate de aceeași dimensiune. Totodată nu exista suport pentru autentificarea routerelor făcându-l vulnerabil atacurilor asupra rețelei.

1.1.2 RIP versiunea 2

Problemele specifice RIPv2 au fost corectate în RFC 1388 (1993) ulterior fiind standardizate sub denumirea RIPv2 (STD56). Astfel, este posibila transmiterea și a informației de subrețea suportând astfel adresarea CIDR (Classless InterDomain Routing). Limita maxima de 15 rute a fost menținuta în ideea păstrării compatibilității cu versiunea anterioara. Pentru a evita încărcarea inutila a gazdelor ce nu sunt implicate în procesul de rutare, routerele ce au implementat protocolul RIPv2 vor transmite tabela de rutare doar routerelor adiacente utilizând o adresa de tip multicast, 224.0.0.9, spre deosebire de RIPv1 ce utiliza o adresare de tip broadcast (adresate tuturor nodurilor din rețea).

1.1.3 RIPng

RIPng (eng. RIP next generation) a fost definit în RFC 2080 și reprezinta o extensie a lui RIPv1 oferind suport pentru IPv6. În vreme ce RIPv2 oferă suport pentru autentificarea actualizărilor RIPv1, RIPng nu oferă. Routerele IPv6 au fost programate sa suporte IPsec

pentru autentificare. RIPng trimite actualizări utilizând UDP, pe portul 521, către grupul multicast, pe adresa FF02::9.

1.2 Simulare NS3

În cadrul NS3 protocol RIPng este simulat folosind schema de mai jos.

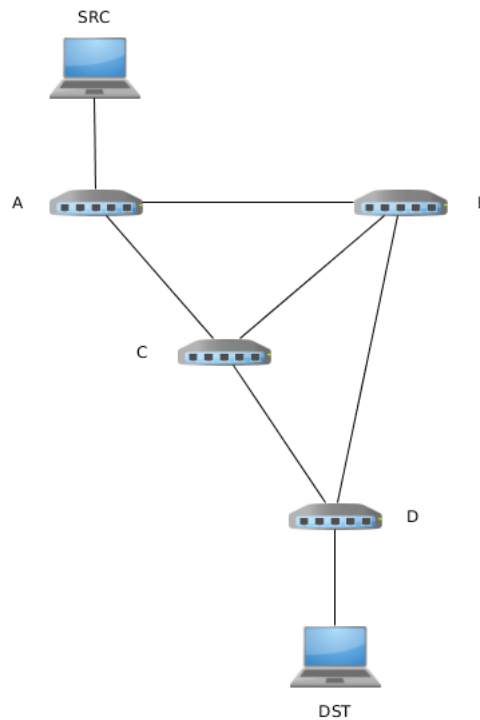


Figura 1.1: Topologie de test RIPng

Detaliile legate de topologie sunt următoarele :

- A,B,C și D sunt routere RIPng.
- A și D sunt configurate cu adrese statice.
- SRC și DST vor schimba pachete.
- După aproximativ 3 secunde topologia este creată și un Echo Reply va fi primit.
- După 40 de secunde link-ul între B și D se va opri cauzând o invalidare a rutei.
- După 44 de secunde de la întrerupere, rețeaua va ajunge din nou la convergență.
- Tehnica "Split Horizining" ar trebui să afecteze timpul de convergență, însă nu este cazul.

Pentru implementarea acestei topologii sunt folosite clase din bibliotecile NS3 după cum urmează:

- crearea nodurilor `Ptr<Node> src = CreateObject<Node> ();`
- simularea rețelelor astfel încât nodurile să poată comunica `NodeContainer net1 (src, a);`

- setarea proprietăților legăturilor (link-urilor) se face folosind clasa `CSMAHelper`, după cum urmează : setarea vitezei link-ului : `csma.SetChannelAttribute ("DataRate", DataRateValue (5000000));` și setarea întârzierii `csma.SetChannelAttribute ("Delay", TimeValue (Milliseconds (2)))`;
- toate configurările specifice pentru RIPng se fac prin intermediul unei clase ajutătoare denumită `RipNgHelper`
- mai departe sunt excluse interfețele routerelor care nu se doresc a fi folosite `ripNgRouting.ExcludeIn (a, 1);` și se modifică metricile implicite ale legăturilor `ripNgRouting.SetInterfaceMetric (c, 3, 10);`
- următorul bloc de cod se ocupă de instalarea stivei IP care va fi folosită; se observă ca doar cea de IPv6 este instalată.
- se asignează adrese interfețelor routerelor din rețeaua core

```

ipv6.SetBase (Ipv6Address ("2001:0:2::"), Ipv6Prefix (64));
Ipv6InterfaceContainer iic3 = ipv6.Assign (ndc3);
iic3.SetForwarding (0, true);
iic3.SetForwarding (1, true);

```
- în NS3 ping-ul este considerat precum o aplicație; acesta are configurat o sursă, respectiv calculatorul din care va fi inițiat ping-ul `ping6.SetLocal (iic1.GetAddress (0, 1));` și destinația `ping6.SetRemote (iic7.GetAddress (1, 1));`. După aceea aplicația "ping6" este instalată în container-ul de aplicații și lansat conform descrierii la momentul 1 și oprit la momentul 110, care marchează și sfârșitul simulării.

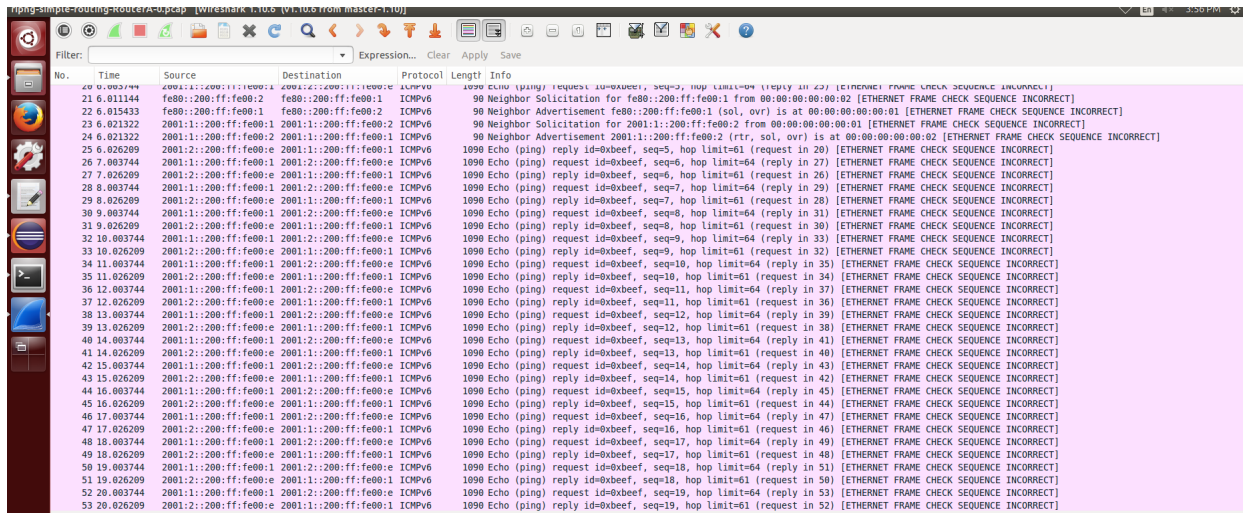
```

ApplicationContainer apps = ping6.Install (src);
apps.Start (Seconds (1.0));
apps.Stop (Seconds (110.0));

```
- simulatorului îi este specificat ca la momentul 40 să declanșeze evenimentul `TearDown-Link`, ceea ce reprezintă întreruperea unei legături.
- apoi simularea este lansată.

1.3 Vizualizare rezultate

În urma rulării NS3 generează capturi Wireshark în care se poate vedea comportamentul topologiei create. Analizându-le se poate observa comportamentul descris mai sus.

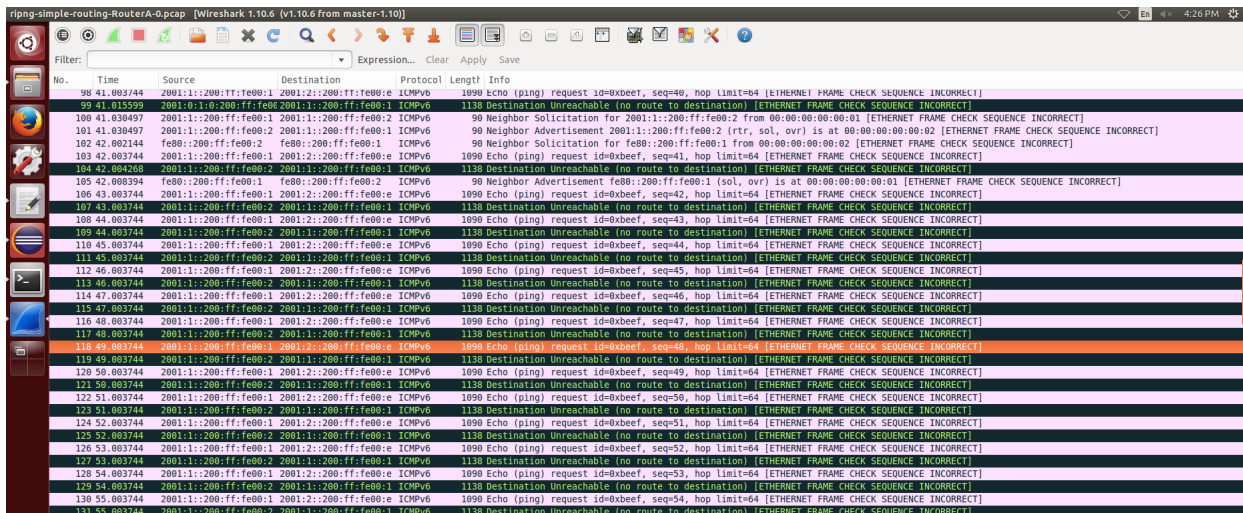


The image shows a Wireshark capture of a normal RIPng operation. The packet list on the left shows a series of Echo (ping) requests and replies between two hosts. The packet details pane on the right shows the structure of an Echo (ping) request, including the IP header, ICMP header, and the payload. The packet bytes pane at the bottom shows the raw data of the packet.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
20	0.000000	2001:1::2	2001:1::1	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=3, hop limit=64 (reply in 23) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
21	0.011144	fe80::200:ff:fe00:1	fe80::200:ff:fe00:1	ICMPv6	90	Neighbor Solicitation for fe80::200:ff:fe00:1 from 00:00:00:00:00:02 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
22	0.015433	fe80::200:ff:fe00:1	fe80::200:ff:fe00:2	ICMPv6	90	Neighbor Advertisement fe80::200:ff:fe00:1 (sol, ovr) is at 00:00:00:00:00:01 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
23	0.021322	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:1::200:ff:fe00:2	ICMPv6	90	Neighbor Solicitation for 2001:1::200:ff:fe00:2 from 00:00:00:00:00:01 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
24	0.021322	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	90	Neighbor Advertisement 2001:1::200:ff:fe00:2 (rtr, sol, ovr) is at 00:00:00:00:00:02 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
25	0.026209	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=5, hop limit=61 (request in 20) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
26	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=6, hop limit=64 (reply in 27) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
27	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=6, hop limit=61 (request in 26) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
28	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=7, hop limit=64 (reply in 29) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
29	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=7, hop limit=61 (request in 28) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
30	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=8, hop limit=64 (reply in 31) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
31	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=8, hop limit=61 (request in 30) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
32	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=9, hop limit=64 (reply in 33) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
33	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=9, hop limit=61 (request in 32) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
34	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=10, hop limit=64 (reply in 35) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
35	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=10, hop limit=61 (request in 34) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
36	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=11, hop limit=64 (reply in 37) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
37	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=11, hop limit=61 (request in 36) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
38	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=12, hop limit=64 (reply in 39) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
39	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=12, hop limit=61 (request in 38) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
40	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=13, hop limit=64 (reply in 41) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
41	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=13, hop limit=61 (request in 40) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
42	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=14, hop limit=64 (reply in 43) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
43	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=14, hop limit=61 (request in 42) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
44	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=15, hop limit=64 (reply in 45) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
45	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=15, hop limit=61 (request in 44) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
46	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=16, hop limit=64 (reply in 47) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
47	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=16, hop limit=61 (request in 46) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
48	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=17, hop limit=64 (reply in 49) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
49	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=17, hop limit=61 (request in 48) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
50	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=18, hop limit=64 (reply in 51) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
51	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=18, hop limit=61 (request in 50) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
52	0.037344	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=19, hop limit=64 (reply in 53) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
53	0.042609	2001:2::200:ff:fe00:0	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	100	Echo (ping) reply id=0xbee5, seq=19, hop limit=61 (request in 52) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]

Figura 1.2: Captura Wireshark functionare normală RIPng

Deasemenea se poate observa că în momentul întreruperii link-ului apare o pierdere de pachete până în momentul restabilirii convergenței rețelei.

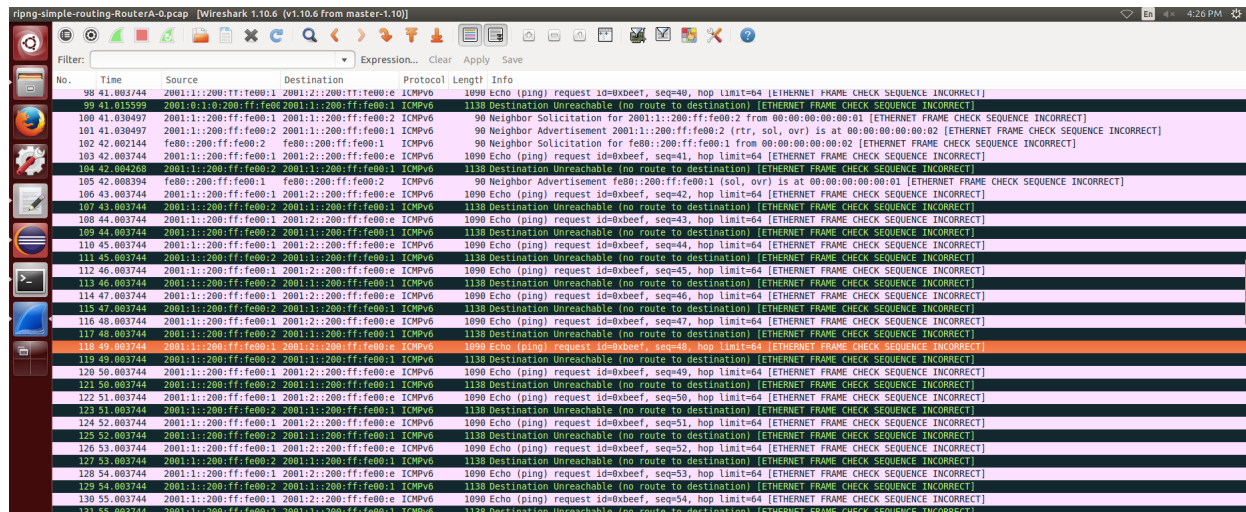


The image shows a Wireshark capture of a RIPng link interruption. The packet list on the left shows a series of Echo (ping) requests and replies, followed by a period of no activity, and then a series of Destination Unreachable messages. The packet details pane on the right shows the structure of an Echo (ping) request, including the IP header, ICMP header, and the payload. The packet bytes pane at the bottom shows the raw data of the packet.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
98	41.083744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=40, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
99	41.015599	2001:0:1:200:ff:fe00:1	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
100	41.030497	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:1::200:ff:fe00:2	ICMPv6	90	Neighbor Solicitation for 2001:1::200:ff:fe00:2 from 00:00:00:00:00:01 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
101	41.030497	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	90	Neighbor Advertisement 2001:1::200:ff:fe00:2 (rtr, sol, ovr) is at 00:00:00:00:00:02 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
102	42.002144	fe80::200:ff:fe00:2	fe80::200:ff:fe00:1	ICMPv6	90	Neighbor Solicitation for fe80::200:ff:fe00:1 from 00:00:00:00:00:02 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
103	42.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=41, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
104	42.004768	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
105	42.008394	fe80::200:ff:fe00:1	fe80::200:ff:fe00:2	ICMPv6	90	Neighbor Advertisement fe80::200:ff:fe00:1 (sol, ovr) is at 00:00:00:00:00:01 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
106	43.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=42, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
107	43.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=43, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
108	44.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=44, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
109	44.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
110	45.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=45, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
111	45.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
112	46.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=46, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
113	46.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
114	47.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=47, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
115	47.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
116	48.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=48, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
117	48.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
118	49.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=49, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
119	49.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
120	50.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=50, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
121	50.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
122	51.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=51, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
123	51.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
124	52.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=52, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
125	52.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
126	53.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=53, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
127	53.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
128	54.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=54, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
129	55.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=55, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
130	55.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
131	55.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	100	Echo (ping) request id=0xbee5, seq=56, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
132	55.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:0	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]

Figura 1.3: Captura Wireshark RIPng întrerupere link

Capturile corespund rezultatelor afișate în consolă.



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
98	41.083744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:1::200:ff:fe00:2	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=40, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
99	41.015599	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
100	41.030497	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:1::200:ff:fe00:2	ICMPv6	90	Neighbor Solicitation for 2001:1::200:ff:fe00:2 from 00:00:00:00:00:01 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
101	41.030497	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	90	Neighbor Advertisement 2001:1::200:ff:fe00:2 (rttr, sol, ovr) is at 00:00:00:00:00:02 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
102	42.002144	fe80::200:ff:fe00:2	fe80::200:ff:fe00:1	ICMPv6	90	Neighbor Solicitation for fe80::200:ff:fe00:1 from 00:00:00:00:00:02 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
103	42.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=41, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
104	42.004268	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
105	42.008394	fe80::200:ff:fe00:1	fe80::200:ff:fe00:2	ICMPv6	90	Neighbor Advertisement fe80::200:ff:fe00:1 (sol, ovr) is at 00:00:00:00:00:01 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
106	43.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=42, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
107	43.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:2::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
108	44.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=43, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
109	44.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
110	45.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=44, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
111	45.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
112	46.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=45, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
113	46.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
114	47.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=46, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
115	47.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
116	48.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=47, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
117	48.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
118	49.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=48, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
119	49.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
120	50.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=49, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
121	50.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
122	51.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=50, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
123	51.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
124	52.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=51, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
125	52.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
126	53.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=52, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
127	53.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
128	54.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=53, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
129	54.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
130	55.003744	2001:1::200:ff:fe00:1	2001:2::200:ff:fe00:e	ICMPv6	1090	Echo (ping) request id=0xbbeef, seq=54, hop limit=64 [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]
131	55.003744	2001:1::200:ff:fe00:2	2001:1::200:ff:fe00:1	ICMPv6	1130	Destination Unreachable (no route to destination) [ETHERNET FRAME CHECK SEQUENCE INCORRECT]

Figura 1.4: Consolă rulare NS3

Capitolul 2

Ping6

Ping6 reprezintă echivalentul IPv6 al comenzii ping, comandă ce folosește protocolul ICMP pentru testarea conectivității între două terminale. Deși este folosită în cadrul altor exemple pentru exemplificarea altor concepte, un exemplu a fost construit special pentru această aplicație foarte importantă.

Topologia exemplului este una foarte simplă:

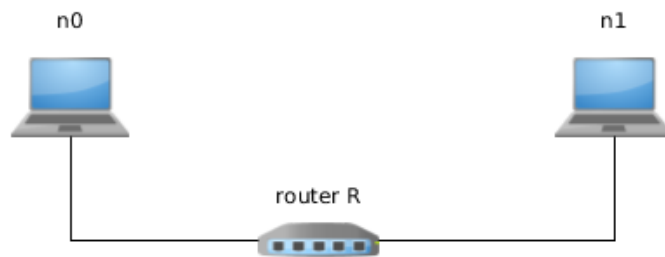


Figura 2.1: Topologie exemplu ping6

Codul acestui exemplu include definiția unei proceduri pentru afișarea tabelului de rutare a routerului, iar alta pentru asignarea unei adrese IP unei interfețe a echipamentului.

Structura programului este următoarea:

- sunt declarate nodurile care vor fi folosite (n0, n1, r)
`Ptr<Node> n0 = CreateObject<Node> ();`
- sunt create rețelele ce vor lega nodurile.
`NodeContainer net1 (n0, r);`
- stiva de protocoale IPv6 este instalată.
`InternetStackHelper internetv6;`
`internetv6.Install (all);`
- pe fiecare din segmentele rețelei sunt setate caracteristicile link-urilor.
`CsmaHelper csma;`
`csma.SetChannelAttribute ("DataRate", DataRateValue (5000000));`
`csma.SetChannelAttribute ("Delay", TimeValue (Milliseconds (2)));`
`NetDeviceContainer d1 = csma.Install (net1);`

- se alocă adresele IP pe fiecare rețea.

```
Ipv6AddressHelper ipv6;
ipv6.SetBase (Ipv6Address ("2001:1::"), Ipv6Prefix (64));
Ipv6InterfaceContainer i1 = ipv6.Assign (d1);
```

- este afișată tabela de rutare a nodului n0 prin intermediul liniei : `stackHelper.PrintRoutingTable (n0);`

Destination	Gateway	Interface	Prefix to use
::1	0	::1	
fe80::	1	fe80::	
2001:1::	::	1	2001:1::
::	fe80::200:ff:fe00:2	1	::

Figura 2.2: Tabelă de rutare nod n1

Se poate observa din imagine că nodul n0 nu cunoaște rute decât către rețeaua proprie și în cazul în care va dori să comunice cu dispozitive din alte rețele o va face prin intermediul rutei implicite. În schimb, rulând aceeași comandă pe nodul r putem observa că table sa conține rute spre ambele rețele.

Destination	Gateway	Interface	Prefix to use
::1	0	::1	
fe80::	1	fe80::	
2001:1::	::	1	2001:1::
fe80::	2	fe80::	
2001:2::	::	2	2001:2::

Figura 2.3: Tabelă de rutare nod r

- după care este inițiat un obiect de tip Ping6. `Ping6Helper ping6;`
- acestui obiect îi sunt setate sursa și destinația, după care timp de 18s este rulată simularea.

Capitolul 3

Rutarea globală

În cadru acestei părți două exemple sunt interesante de analiza și anume cel legat de rutarea simplă globală și cea dinamică.

3.1 Rutarea globală simplă

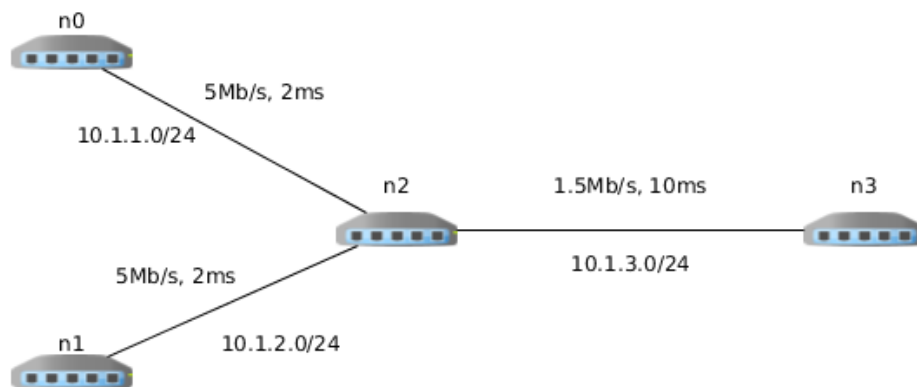


Figura 3.1: Topologie exemplu rutare globală simplă

Specificitățile acestei topologii sunt următoarele:

- toate legăturile sunt punct-la-punct și folosesc banda și latența marcate
- există fluxuri CBR/UDP (Constant Bit Rate) dinspre n0 spre n3 și dinspre n3 spre n1.
- există un flux FTP/TCP dinspre n0 spre n3, activ între 1.2s și 1.35s.
- un pachet UDP are dimensiunea 210 octeți, transmis la 0.00375 secunde (echivalentul vitezei 448 Kbps)
- se folosesc cozi de tip DropTail, care presupun un tratament nediferențiat pentru toate pachetele.

În urma rulării simulării acestui exemplu se pot observa fluxurile ca în imaginile de mai jos:

12	0.100572	10.1.3.1	10.1.2.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
13	0.109715	10.1.3.1	10.1.2.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
14	0.118857	10.1.3.1	10.1.2.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
15	0.128000	10.1.3.1	10.1.2.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
16	0.137143	10.1.3.1	10.1.2.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
17	0.146286	10.1.3.1	10.1.2.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
18	0.155429	10.1.3.1	10.1.2.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard

Figura 3.2: Captură trafic n3 - n1

10	0.082285	10.1.1.1	10.1.3.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
11	0.091428	10.1.1.1	10.1.3.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
12	0.100571	10.1.1.1	10.1.3.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
13	0.109714	10.1.1.1	10.1.3.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
14	0.110023	10.1.3.1	10.1.2.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
15	0.118857	10.1.1.1	10.1.3.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
16	0.119166	10.1.3.1	10.1.2.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
17	0.128000	10.1.1.1	10.1.3.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
18	0.128309	10.1.3.1	10.1.2.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
19	0.137142	10.1.1.1	10.1.3.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
20	0.137452	10.1.3.1	10.1.2.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard
21	0.146285	10.1.1.1	10.1.3.1	UDP	542	Source port: 49153	Destination port: discard

Figura 3.3: Captură trafic n0 - n3

3.2 Rutarea globală dinamică

Acest exemplu pune în valoare rutare globală dinamică folosind o rețea compusă atât din segment punct-la-punct cât și un segment CSMA/CD. În acest exemplu interfețele sunt oprite pentru a putea observa efectul rutării globale. În mod deliberat este activat atributul care activează răspunsul la evenimentele interfeței, astfel încât rutele să fie recalculate.

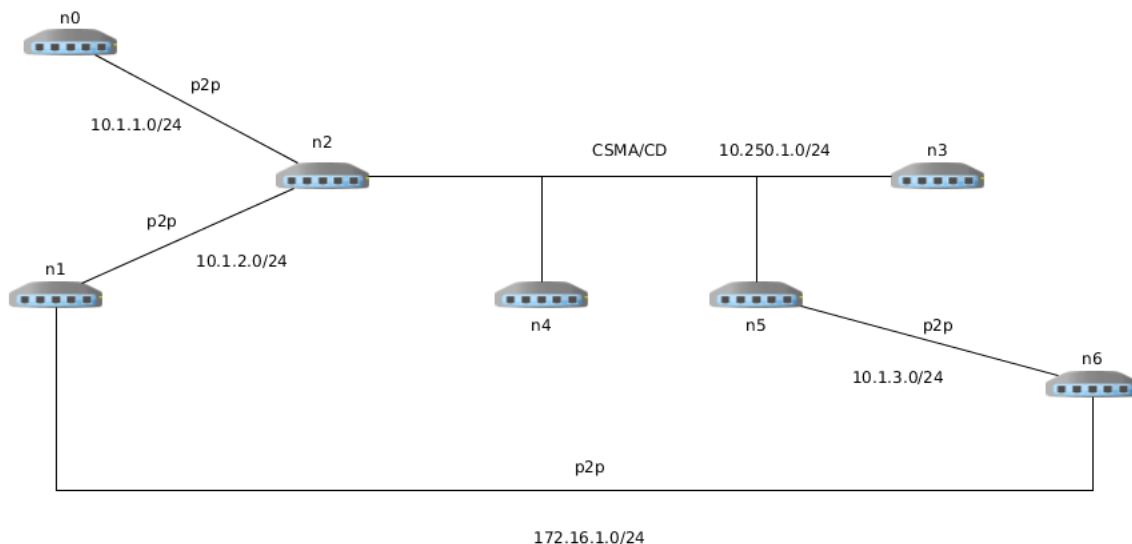


Figura 3.4: Topologie exemplu rutare globală dinamică

Evenimentele din cadrul simulării sunt :

- la momentul 1s un flux CBR/UDP este inițiat între n1 și n6 prin link-ul dinspre n5.

- la momentul 10s un flux similar este inițiat însă folosind link-ul n1/n6.
- înainte de lansarea simulării rutele globale sunt calculate. Cea mai scurtă cale de la n1 la n6 este folosind legătura punct-la-punct.
- la momentul 1s pornește fluxul CBR dintre n1 și n6.
- la momentul 2s interfața nodului n1 dinspre n6 este oprită. Pachetele vor fi trimise pe drumul n1-n2-n5-n6.
- la momentul 4s, interfața este repornită și ruta este reinstalată.
- la momentul 6s, este oprită interfața IPv4 între n6-n1 (din punctul de vedere al lui n1 legătura rămâne activă, însă traficul va fi redirecționat pe nodurile: n1-n2-n5-n6)
- la momentul 8s, interfața este repornită. Ruta n1-n6 este refolosită.
- la momentul 10s primul flux este oprit.
- la momentul 11s pornește un nou flux, dar cu adresa destinație cealaltă adresa IP a lui n6.
- la momentul 12s interfața între n1 și n6 este oprită. Pachetele vor fi trimise pe calea alternativă.
- la momentul 14s interfața este repornită. Aceasta va schimba redirecția rutarea înapoi pe calea n1-n6 din moment ce notificarea repornirii interfeței va determina a nouă rută locală cu prioritate mai bună.
- la momentul 16s al doilea flux este oprit.