

10. Rutarea în Internet

10.1. Cuprins modul

10.	Rutarea în Internet	1
10.1.	Cuprins modul	1
10.2.	Tabele de rutare	2
10.3.	Rolul unei distribuții eficiente a adreselor logice într-o rețea	5
10.4.	Clasificări ale rutelor	7
10.4.1.	Tipul destinației	7
10.4.2.	Modul de conectare	7
10.4.3.	Mediul de acces	8
10.4.4.	Modul de dobândire a informației	8
10.5.	Rute statice	9



După studierea adresării în Internet și a protocolului IP ne vom îndrepta atenția asupra rutării în Internet.

Introducere



Obiective

După parcurgerea acestei unități de curs studenții vor fi capabili:

- ✓ Să definească terminologia din domeniul rutării
- ✓ Să clasifice rutele după o serie de criterii
- ✓ Să explice rolul distribuției eficiente a adreselor de rețea
- ✓ Să scrie tabelele de rutare optime pornind de la o topologie și schemă de adresare date



**Durată medie
de studiu
individual**

Durata medie de studiu individual : 2 ore

Există două tipuri de protocoale de nivel rețea, cu rol complementar, care fac posibilă funcționarea Internetului: protocoale rutate și protocoale de rutare.

Protocoalele rutate sunt acele protocoale responsabile pentru asigurarea unui mod de identificare a entităților ce participă în Internet prin stabilirea unei scheme de adresare ce trebuie să asigure unicitatea, dar și ierarhizarea adreselor. (Exemple: IPv4, IPv6).

Protocoalele de rutare sunt cele ce stabilesc regulile prin care informațiile despre rețele sunt schimbate între rutere în scopul obținerii unei tabele de rutare adecvate topologiei. (Exemple: RIP, OSPF, BGP)

Pentru a înțelege mai bine utilitatea și modul de funcționare a protocoalelor de rutare trebuie să analizăm mai atent modul de organizare a Internetului și implicit modul de funcționare a ruterelelor.

Ruterul este un dispozitiv de interconectare a rețelelor având rolul de a determina calea ce trebuie urmată de un pachet pentru a ajunge la destinație.

10.2. Tabele de rutare

Pentru a înțelege cu adevărat utilitatea și modul de funcționare a protocoalelor de rutare trebuie să analizăm mai atent modul de organizare a Internetului și implicit modul de funcționare a ruterelelor.

În capitolul dedicat interconectării au fost prezentate tabelele de comutare precum și procesul de decizie pentru punți (și switch-uri). Tabela de comutare era o listă de reguli, fiecare cuprinzând o parte de identificare (eng. matching) și una de acțiune, în speță interfața de ieșire din switch. În partea de identificare se afla o adresă MAC destinație, iar pentru partea de acțiune era precizată una din interfețele switch-ului. Datorită dimensiunii mult mai mari a Internetului acest mod de decizie a trebuit rafinat, iar cele două direcții de rafinare au fost alegerea unei scheme de adresare ierarhică și implementarea unor algoritmi de căutare și implicit stocare a informațiilor cât mai performanți.

Determinarea căii optime pentru ca pachet să ajungă la destinație se bazează pe construirea și menținerea unei *tabele de rutare* și se mai numește *proces de rutare*. O intrare într-o tabelă de rutare se numește *rută* și este compusă din minim 3 elemente: adresă de rețea, mască de rețea, adresa următorului ruter și/sau interfață de ieșire.

O *rută* este o regulă ce cuprinde o parte de identificare și una de acțiune:

- *partea de identificare* este compusă din două elemente: adresa rețelei destinație și masca acesteia;
- *partea de acțiune* poate fi exprimată prin ambele sau doar unul dintre următoarele elemente: adresa următorului salt (numită în eng. next hop address) și interfața de ieșire din ruter.

O listă de rute cu acces secvențial se numește *tabelă de rutare*.

În figura de mai jos este prezentată avem o tabelă de rutare. Folosirea tabelii de rutare se face analizând secvențial rutele începând cu prima. Construcția se face prin inserarea oricărei noi rute astfel încât tabela sa fie sortată descrescător după masca de rețea; altfel spus informațiile referitoare la rețelele mici se vor găsi înaintea informațiilor despre rețelele mai mari.

În continuare vom prezenta funcționarea rutării folosind ca exemplu topologia din Figura 7-2 care prezintă modul în care sunt rutate pachetele. Să presupunem că ruterele 1, 2 și 3 sunt conectate la o rețea multiacces prin intermediul unui comutator de nivel legătură de date (switch). Ruterele 2 și 4 sunt interconectate direct printr-o legătură serială punct-la-punct. O posibilă tabelă de rutare pentru Ruterul 2 este prezentată în Figura 10.1

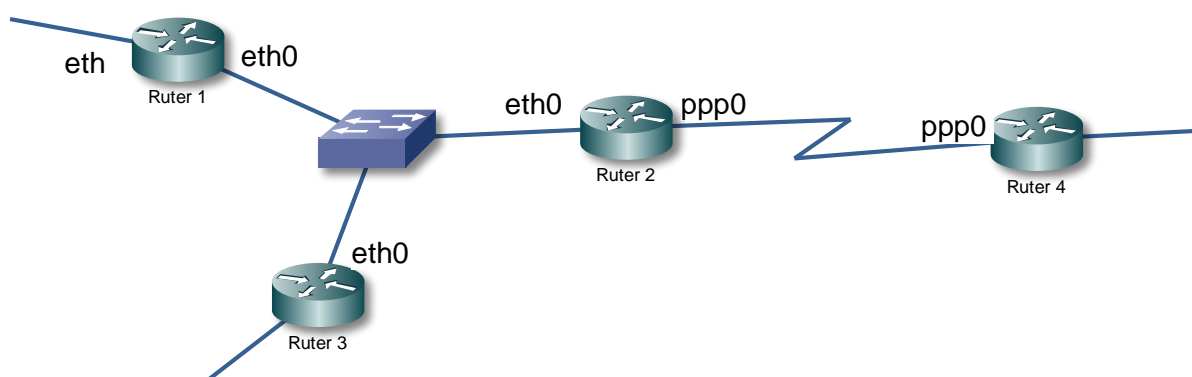


Figura 10.1 Topologie de rețea

Folosirea tabelii de rutare se face analizând secvențial rutele, începând cu prima. Construcția tabelii de rutare se face prin inserarea oricărei noi rute astfel încât tabela să fie sortată descrescător după masca de rețea; în consecință, informațiile referitoare la rețelele mici se vor găsi înaintea informațiilor despre rețelele mai mari.

Identificare		Acțiune	
Adresa destinație	Masca	Următorul salt	Interfața
193.0.3.0	/29	-	eth0
130.170.0.0	/23	193.0.3.2	eth0

130.170.2.0	/23	193.0.3.3	eth0
0.0.0.0	/0	-	ppp0

Figura 10.2 Tabela de rutare a Ruterului 2

În figura de mai sus, se mai poate observa că pentru unele rute este precizată atât interfața de ieșire (coloana 4) cât și adresa următorului ruter (coloana 3), în timp ce pentru altele (exemplu liniile 1 și 4) doar interfața de ieșire. Deși adresa următorului salt este întotdeauna de ajuns pentru specificarea completă a unei rute, informația despre interfața de ieșire poate fi uneori insuficientă și anume în cazul în care această interfață este conectată la un mediu multiacces. Astfel, deși o rută validă poate preciza doar interfața de ieșire în cazul unei legături seriale sau al oricărei alte legături punct la punct, aceeași rută este considerată ambiguă în cazul unei legături Ethernet. În acest al doilea caz este necesară precizarea adresei următorului salt. Spre exemplu în cazul intrărilor 2 și 3 din tabelă precizarea doar a interfeței de ieșire *eth0* ar fi fost insuficientă, un pachet transmis pe *eth0* putând ajunge atât la Ruter 1 cât și la Ruter 3. În cazul intrării 4, precizarea doar a interfeței de ieșire este suficientă nemaexistând alte echipamente în afară de Ruter 4.

Până în acest punct am determinat forma tabelii de rutare, precum și modul de inserare în aceasta; cu toate acestea, procesul decizional al ruterului poate părea încă neclar. Pentru a înțelege mai ușor modul de decizie al unui ruter vom presupune că un ruter cu o tabelă de rutare identică cu cea prezentată în figura de mai sus primește un pachet cu adresa destinație 130.170.3.10. Din întregul pachet singura informație relevantă pentru nivelul rețea al unui ruter este adresa logică destinație. În primul rând, ruterul va trebui să determine dacă nu este el destinatarul acestui pachet, iar pentru aceasta va compara adresele logice ale tuturor interfețelor sale active cu adresa destinație a pachetului. Dacă ruterul este destinatarul pachetului, atunci el va trimite datele nivelurilor superioare.

În cazul în care ruterul nu posedă nicio interfață activă care coincide cu adresa destinație a pachetului, ruterul va trece la pasul doi, încercând să determine dacă destinația se află în aceeași rețea ca și sursa. Pentru aceasta va analiza adresa și masca interfeței pe care a primit pachetul în cauză. Astfel va aplica masca asociată interfeței de intrare pe adresa interfeței urmând ca rezultatul să fie comparat cu rezultatul operației de "și" la nivel de bit între aceeași mască de rețea și adresa destinație. Dacă cele două rezultate coincid, ruterul va ignora pachetul. Dacă cele două rezultate sunt diferite, urmează să înceapă procesul efectiv de rutare.

Exemplificăm: presupunem că pachetul cu adresa 130.170.3.10 a fost primit pe interfața *ppp0*.

1. Din tabela de rutare, va fi extrasă prima rută.

2. Rezultatul operației de "și" pe biți între adresa destinație și masca de rețea cuprinsă în această rută va fi comparat cu adresa de rețea.

3.a. În cazul în care cele două valori coincid, antetul de nivel legătură de date al pachetului va fi rescris (antetul de nivel rețea rămânând neschimbat) și pachetul va fi trimis către următorul salt.

3.b. Dacă valorile diferă, va fi extrasă următoarea rută până la găsirea primei potriviri sau până la epuizarea rutelor, caz în care pachetul urmează să fie ignorat.

Să abordăm numeric exemplul nostru, presupunând că pachetul cu destinația 130.170.3.10 trebuie rutat. Prima rută va aplica masca /29 adresei destinație, rezultând 130.170.3.8, valoare diferită de 193.0.3.0. Nici a doua rută nu este potrivită pentru această destinație, astfel ajungându-se la cea de a treia rută. În final prin aplicarea măștii /23 la adresa destinație se obține rețeaua de pe a treia linie, pachetul fiind rutat pe interfața eth0 spre 193.0.3.3.

130.170.3.10&	130.170.3.10&	130.170.3.10&
<u>255.255.255.248</u>	<u>255.255.254.0</u>	<u>255.255.254.0</u>
130.170.3.8	130.179.2.0	130.179.2.0

10.3. Rolul unei distribuții eficiente a adreselor logice într-o rețea

Fie tabela de rutare de mai jos:

<i>Identificare</i>		<i>Acțiune</i>	
Adresa destinație	Masca	Următorul salt	Interfața
194.230.85.0	/26	172.17.0.9	E0
194.230.85.128	/26	-	S0
194.230.85.0	/24	194.230.5.65	E1
194.230.86.0	/24	199.17.17.0	-

Figura 10.3 Tabelă de rutare posibil ineficientă

Exemplul de tabelă de rutare prezentat în figura de mai sus prezintă o proiectare destul de puțin fericită a distribuției adreselor, deschizând astfel o discuție importantă asupra distribuției eficiente a adreselor logice.

Cele două aspecte ale unei distribuții eficiente urmăresc distribuirea adreselor astfel încât să putem reduce dimensiunea tabelului de rutare prin agregarea rutelor, dar și evitarea pierderii de adrese.

În cazul nostru cea de a doua rută se referă la o rețea cu mască /26, rețea la care are acces printr-o interfață serială. Legăturile seriale sunt punct la punct, astfel din cele $26-2=62$ de adrese vom folosi doar 2, restul rămânând blocate. O alocare eficientă de adrese ar fi folosit un spațiu de adrese cu mască /30 pentru această rețea.

În ceea ce privește agregarea rutelor, deși pe ruterul nostru situația pare bună, nu ne putem opri să speculăm în legătură cu tabelele de rutare ale rutelor adiacente. Astfel este extrem de probabil să existe rutere adiacente ce vor avea rute către 194.230.85.0/24 și 194.230.86.0/24, ambele rute având ca următor hop ruterul nostru. Din păcate aceste două spații de adrese, deși consecutive, nu pot fi agregate.

O altă discuție ar putea fi purtată în legătură cu implicațiile faptului că nici una dintre interfețele ruterului nu se află în spațiul de adrese 194.230.85.0/24, deși acest ruter este punctul în care acest spațiu de adrese este partiționat.

Înainte de a încheia subiectul optimizărilor traficului folosind tabelele de rutare vom mai zăbovi un pic asupra unui alt aspect. Pentru exemplul de mai sus să considerăm că mai adăugăm o rută și anume:

194.230.85.8 /30 194.230.5.65 E1

Este ușor de observat că toate pachetele ce vor fi rutate pe această rută ar trece de primele două rute din vechea tabelă, urmând ca cea de a treia rută să le trimită către 194.230.5.65, adică către același următor hop. În concluzie, din punctul de vedere al ruterului, toate pachetele vor fi rutate identic în ambele cazuri.

Astfel, această operație de adăugare a noi rute nu schimbă cu nimic modul de rutare a pachetelor, ducând totuși la mărirea dimensiunii tabelului de rutare și deci aparent la deprecierea performanțelor. În realitate deprecierea performanțelor afectează toate adresele rutate cu excepția celor cuprinse în spațiul 194.230.85.8/30. Astfel, pentru un scenariu în care 80% din traficul ce trece prin acest ruter este destinat adreselor 194.230.85.9 și 194.230.85.10, adăugarea acestei noi rute duce în realitate la îmbunătățirea performanțelor generale ale rețelei.

În organigrama de mai jos este prezentat procesul decizie al unui ruter.

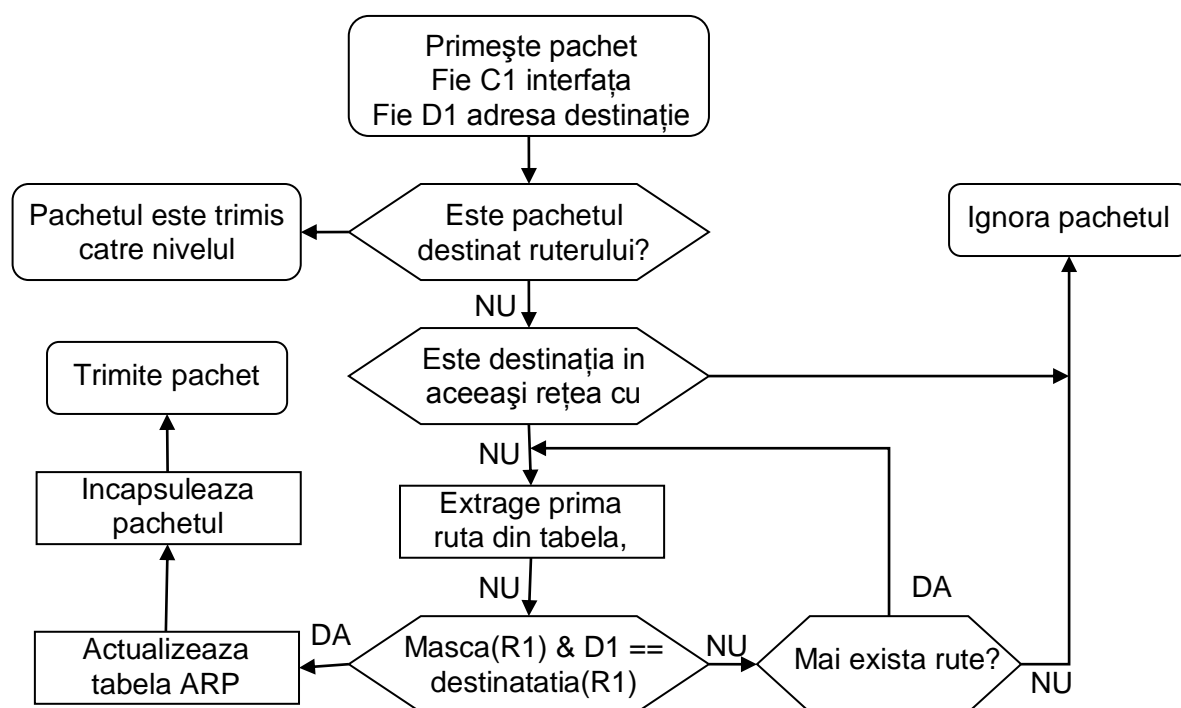


Figura 10.4 Organigrama procesului de decizie al unui ruter10

10.4. Clasificări ale rutelor

Clasificările rutelor sunt numeroase, înglobând toate modalitățile cunoscute până acum în domeniu. Există numeroase criterii de clasificare a rutelor însă le vom aminti doar pe cele care sunt relevante la momentul actual: tipul destinației, modul de conectare, mediul de acces, modul de dobândire a informației.

10.4.1. Tipul destinației

O dată cu răspândirea rutării fără clase a apărut clasificarea rutelor în funcție de tipul destinației. În funcție de acest criteriu, există rute de tip gazdă și rute de tip rețea. Rutele de tip gazdă conțin informații doar despre o singură stație, adică masca de rețea este /32. O dată cu creșterea Internetului, și implicit a dimensiunii tabelelor de rutare, a crescut și presiunea de a agrega cât mai mult rute, precum și a renunța la rutele de tip gazdă. Cu toate acestea, datorită modului de inserare a rutelor și plasării rutelor de tip gazdă la începutul tabelii de rutare, acestea având prefixul maxim, astfel de rute mai sunt încă folosite pentru unele optimizări de trafic, mai ales pe ruterele de la periferia Internetului.

10.4.2. Modul de conectare

Un alt criteriu de clasificare a rutelor este în funcție de modul de conectare, iar cele două tipuri de rute sunt: rute direct conectate și rute poartă (eng. gateway). Rutele direct conectate sunt rute către rețele în care ruterul în cauză are o interfață. În majoritatea cazurilor aceste rute sunt

automat introduse în tabela de rutare de către sistemul de operare o dată cu configurarea și activarea interfeței respective. Rutele direct conectate nu conțin, în general, adresa următorului salt, având specificată doar interfața de ieșire din ruter. Astfel, rutele direct conectate sunt singurele rute valide ce pot avea specificată ca interfață de ieșire o interfață multiaccess (gen Ethernet), fără a necesita precizarea adresei următorului salt.

Există totuși unele rutere în care se specifică adresa următorului salt și pentru rutele direct conectate. Adresa următorului salt în acest caz este chiar adresa logică (de rețea) a interfeței de ieșire din ruter, acesta fiind singurul caz când putem folosi una dintre adresele ruterului pentru a specifica următorul salt.

10.4.3. Mediul de acces

O a treia clasificare a rutelor se face în funcție de *mediul de acces* către o rețea, având astfel rute pe medii punct la punct și rute pe medii multiaccess. Diferența între cele două tipuri de rute constă, după cum a fost precizat și mai înainte, în faptul că rutele către o rețea conectată pe o legătură punct la punct pot fi specificate ori prin interfața de ieșire din ruter, ori prin adresa următorului salt, ori prin ambele, în vreme ce rutele pe medii multiaccess sunt specificate doar prin adresa următorului salt, interfața de ieșire nefiind suficientă.

Ar fi important de precizat că din punctul de vedere al unui ruter, două medii de transmisie acoperă marea majoritatea a rutelor, altfel spus două tipuri de interfețe sunt mult mai populare decât restul. Cele două tipuri de interfețe sunt interfețele Ethernet și cele seriale, prima permițând transmisia peste un mediu multiaccess, în vreme ce cea de a doua este o interfață punct la punct. Alte interfețe punct la punct destul de populare sunt cele de fibră optică și cele 3G.

Ruta implicită (eng. default route) este ruta spre care se trimit toate pachetele pentru care nu se cunoaște o destinație specifică. Altfel spus, ruta implicită este ruta care se potrivește cu toate destinațiile, având în partea de adresă de rețea din rută un spațiu de adrese ce cuprinde toate adresele IP. Acest spațiu de adrese este 0.0.0.0/0 și deși deseori ruta implicită este denumită ca ruta cu 4 de zero (eng. quad-zero route), esența acestei rute se află în masca de lungime zero.

10.4.4. Modul de dobândire a informației

Ultima clasificare a rutelor asupra căreia vom insista este cea mai semnificativă. Această clasificare se face în funcție de modul în care informația pe baza căreia sunt construite rutele este dobândită și împarte rutele în rute statice și rute dinamice. Clasificarea rutelor în rute statice și rute dinamice se referă doar la rutele gateway, deoarece rutele direct conectate sunt introduse automat în tabela de rutare de către sistemul de operare.

10.5. Rute statice

Rutele statice sunt introduse manual de către administratorul ruterului, spre deosebire de rutele dinamice ce necesită doar configurarea unui protocol de rutare, rutele urmând a fi învățate schimbând informații despre rutele direct conectate cu celelalte rutere.

Este important de precizat că o rută statică va apărea în tabela de rutare numai atunci când interfața de ieșire din ruter este configurată corect și activată. O limitare a folosirii rutelor statice este că schimbările în topologia rețelei trebuie cel mai adesea să fie actualizate manual de administrator pe ruter.

În plus, orice protocol de rutare consumă mai multă sau mai puțină bandă pentru ca ruterele să-și poată actualiza tabelele de rutare. Apoi, odată primită, informația de rutare trebuie prelucrată înainte de a fi introdusă în tabela de rutare, unele protocoale de rutare consumând cantități semnificative de timp de procesor sau de memorie.

Rutarea statică nu are cerințe de lățime de bandă, timp de procesor sau memorie (în afară de memoria efectivă ocupată de tabela de rutare) și, deși introducerea manuală de informații poate părea o metodă arhaică de administrare, deseori rutarea statică este mult mai potrivită pentru ruterele de la periferia Internetului decât rutarea dinamică.

Multe dintre rețelele de mici dimensiuni nu au o legătură redundantă la Internet, astfel încât specificarea legăturii de Internet printr-o rută statică sau dinamică sunt la fel de inutile în cazul întreruperii acestei legături. Rutarea statică va continua să fie soluția optimă pentru rețelele cu un grad redus de complexitate sau a rețelelor *stub* (rețele cu o singură conexiune la Internet).

În final este prezentată o topologie de rețea împreună cu schema de adresare și tabelele de rutare rezultate atât pentru rutere cât și pentru stațiile gazdă.

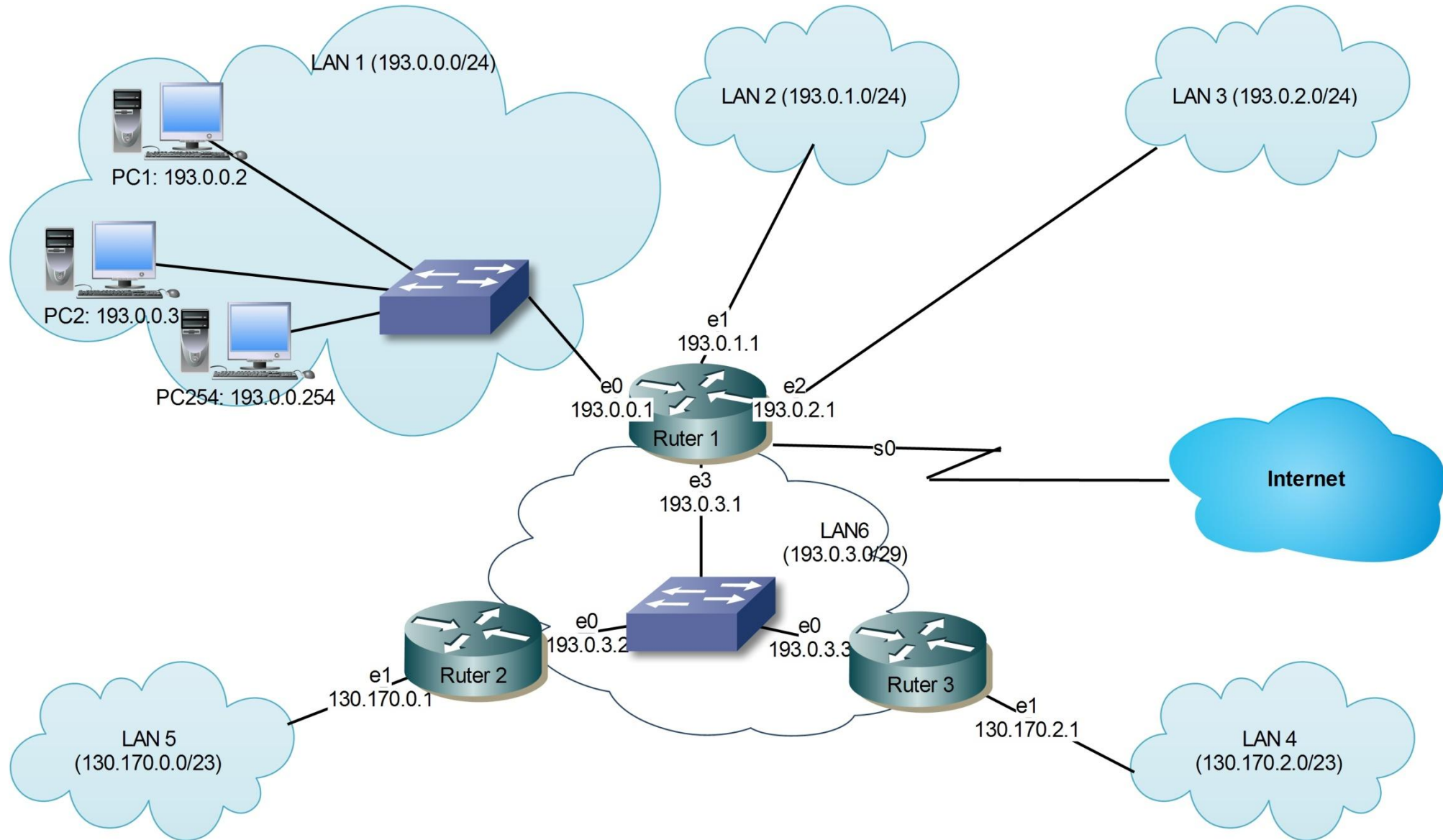


Tabela de rutare PC1

Destinație	Masca	Următorul salt	Interfața
193.0.0.0	/24	-	eth0
0.0.0.0	/0	193.0.0.1	eth0

Tabela de rutare Ruter 2

Destinație	Masca	Următorul salt	Interfața
193.0.3.0	/29	-	e0
130.170.0.0	/23	-	e1
130.170.2.0	/23	193.0.0.3	e0
0.0.0.0	/0	193.0.3.1	e0

Tabela de rutare Ruter 3

Destinație	Masca	Următorul salt	Interfața
193.0.3.0	/29	-	e0
130.170.0.0	/23	193.0.0.2	e0
130.170.2.0	/23	-	e1
0.0.0.0	/0	193.0.3.1	e0

Tabela de rutare Ruter 1

Destinație	Masca	Următorul salt	Interfața
193.0.3.0	/29	-	e3
193.0.0.0	/24	-	e0
193.0.1.0	/24	-	e1
193.0.2.0	/24	-	e2
130.170.0.0	/23	193.0.3.2	e3
130.170.2.0	/23	193.0.3.3	e3
0.0.0.0	/0	-	s0



Rezumat



Bibliografie

Răzvan Rughiniș, Răzvan Deaconescu, Andrei Ciorba, Bogdan Doinea, *Rețele locale*, Printech 2008

Andrew S. Tanenbaum, *Computer Networks*, 4/E, Prentice Hall, 2003

