

Introducere



Mult succes în noul an!



Desfășurător curs 2025-2026

Curs	Data
1 Introducere. IPv4. IPv6	30 sept 2025
2 Rutare Statică IPv6	7 oct 2025
3 Tunelare. GRE. 6to4. IPsec	14 oct 2025
4 OSPF single area	21 oct 2025
5 OSPF multi area	28 oct 2025
6 EIGRP	4 nov 2025
7 Test grilă midterm	11/17 nov 2025
8 ACL	18 nov 2025
9 Optimizarea Rutării 1	25 nov 2025
10 Optimizarea Rutării 2	9 dec 2025
11 VPN	13 ian 2026
12 mTLS	20 ian 2026

Desfășurător laborator 2025-2026

Curs	Data
0 Setup infrastructură	13-17 oct
1 Introducere. IPv4. IPv6	20-24 oct
2 Rutare Statică IPv6	27-31 oct
3 Tunelare. GRE. 6to4. IPsec	3-7 nov
4 OSPF single area	10-14 nov
5 OSPF multi area	17-21 nov
6 EIGRP	24-28 nov
7 ACL	2-5 dec
8 Optimizarea Rutării	8-12 dec
9 VPN	12-16 ian
10 mTLS	19-23 ian

Notare PR

- 2.5 puncte – laboratoare 1-10
- 0.25 puncte – bonus laborator 0
- 2.5 puncte – test grilă midterm (cursuri 1-6)
- 5 puncte – examen final (în sesiune)
 - 2.5 puncte – grilă din cursuri
 - 2.5 puncte – grilă din laboratoare

Notare PR special

- La fiecare curs din cele 11 vom da un test de curs
- Nota nu contează
- Evaluăm prezența și ce ați înțeles din curs
- La examenul final (grilă) sunt 25 întrebări
- Cine are 0-7 prezențe va putea rezolva doar cele 25 întrebări
- Cine are 8-9 prezențe va avea 30 întrebări (se trunchiază la 25)
- Cine are 10-11 prezențe va avea 35 întrebări (se trunchiază la 25)

Orarul laboratorului

Ziua	Ora
Mărți	16:00
Mărți	20:00
Miercuri	18:00
Miercuri	20:00
Joi	18:00

- Laboratorul se ține în ED011
- Repartizarea pentru laboratoare va fi făcută printr-un formular postat pe Teams miercuri, 8 oct, 14:00

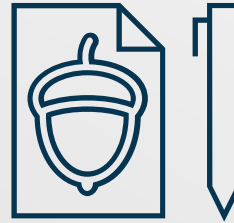
PR Pins



midterm



laboratory



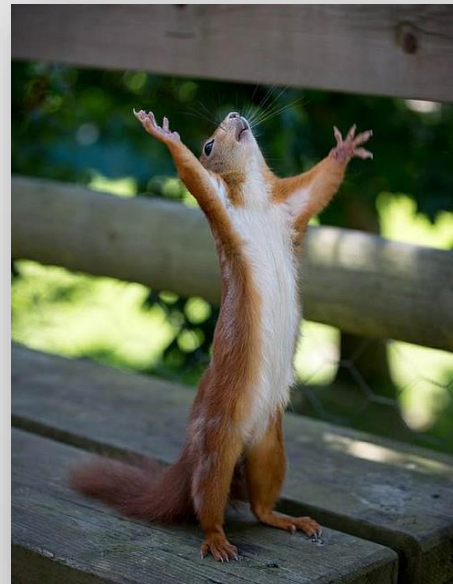
lecture



final exam



extra



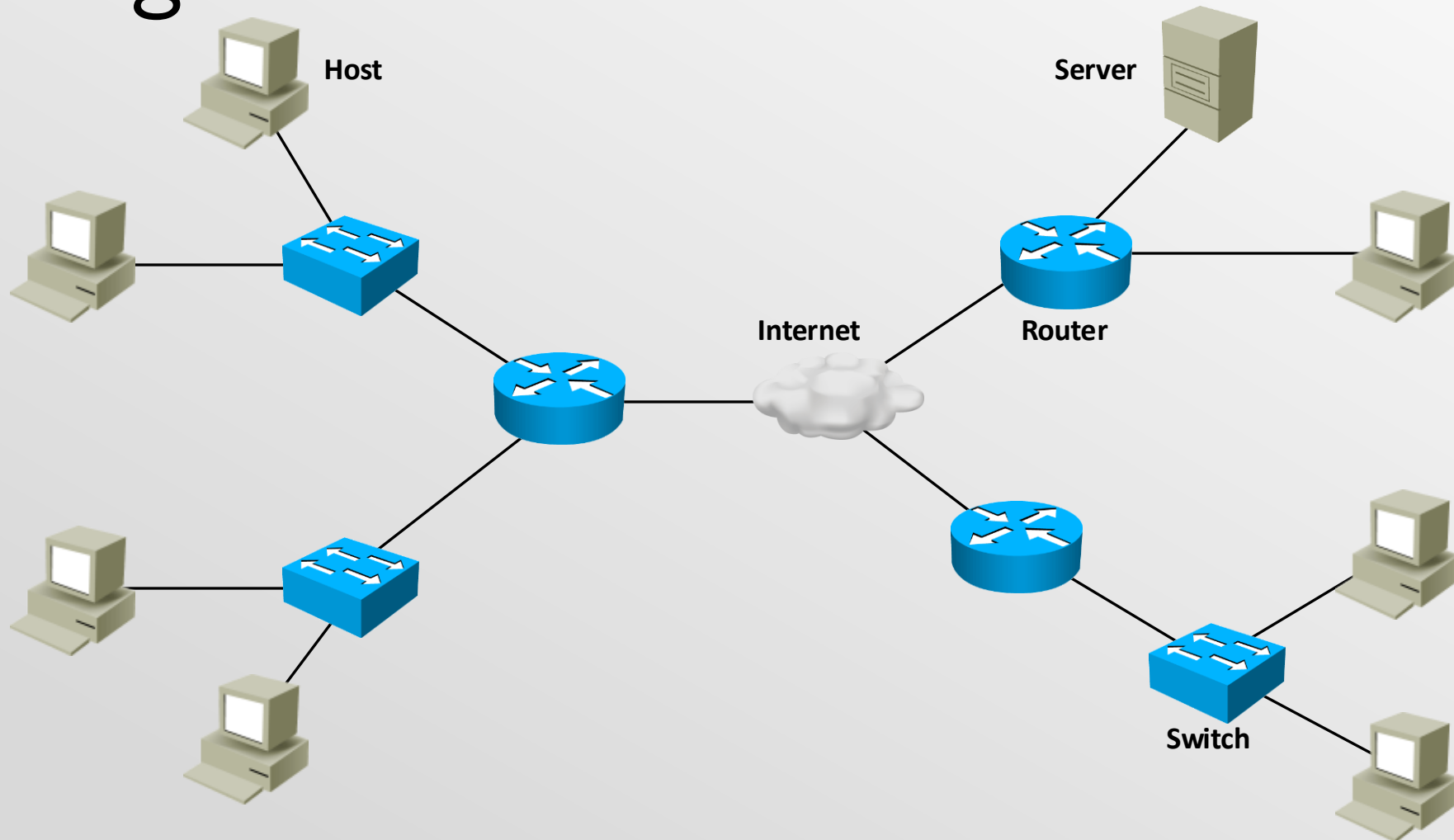
RL recap



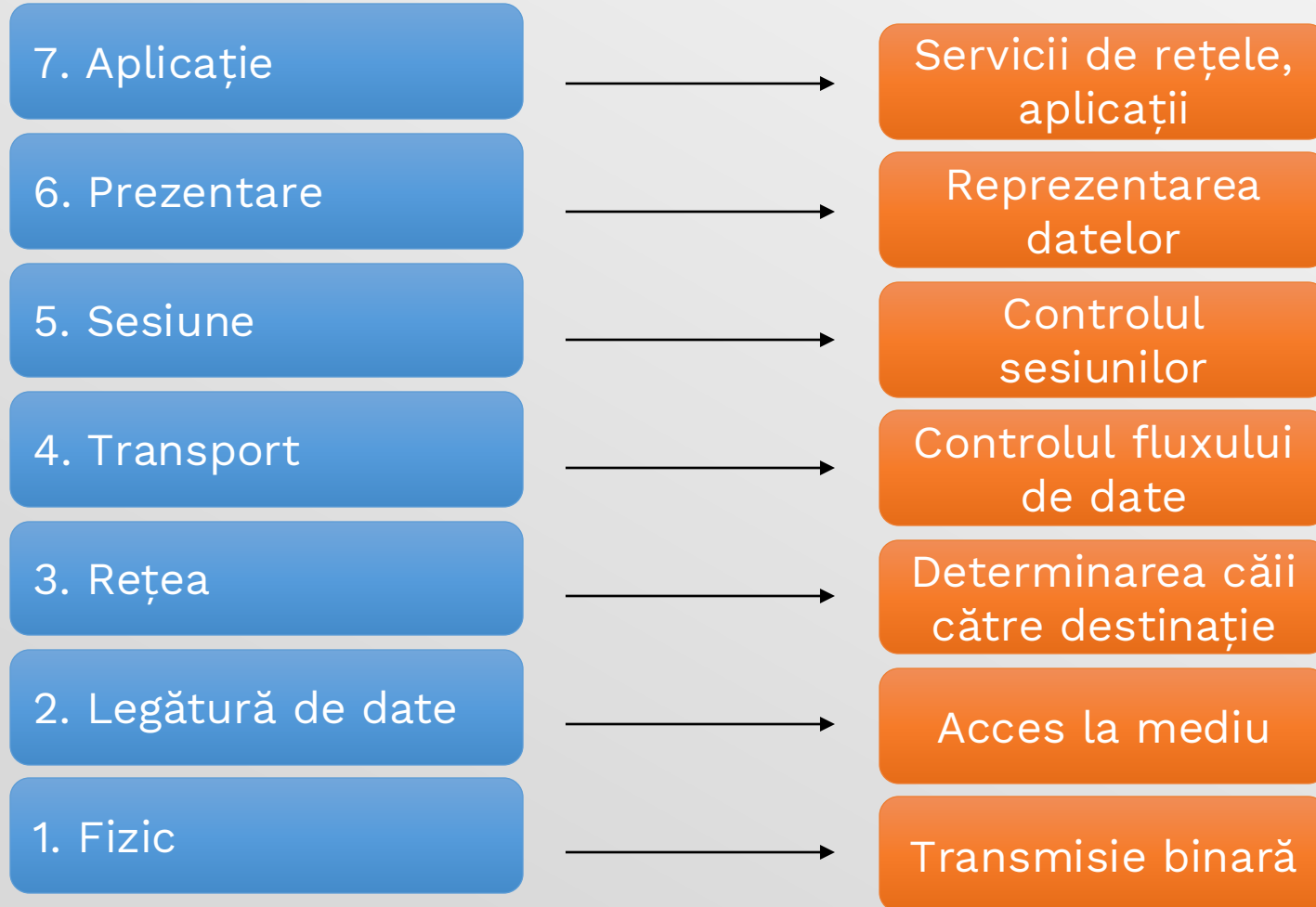
Dispozitive de rețea

- **Placă de rețea** – network card, network adapter, NIC (Network Interface Controller)
 - Permite sistemului să comunice cu un altul aflat în aceeași rețea
- **Repetor, hub** – folosit pentru regenerarea și amplificarea semnalului
- **Switch** – folosit pentru interconectarea sistemelor de calcul dintr-o rețea (topologie stea)
- **Ruter** – folosit pentru interconectarea mai multor rețele de calculatoare (LAN); folosit în WAN

Topologie



Stiva OSI



Pentru a abstractiza complexitatea lucrului cu rețeaua, se stabilește o stivă de protocoale; protocolul de nivel inferior oferă servicii celui de nivel superior

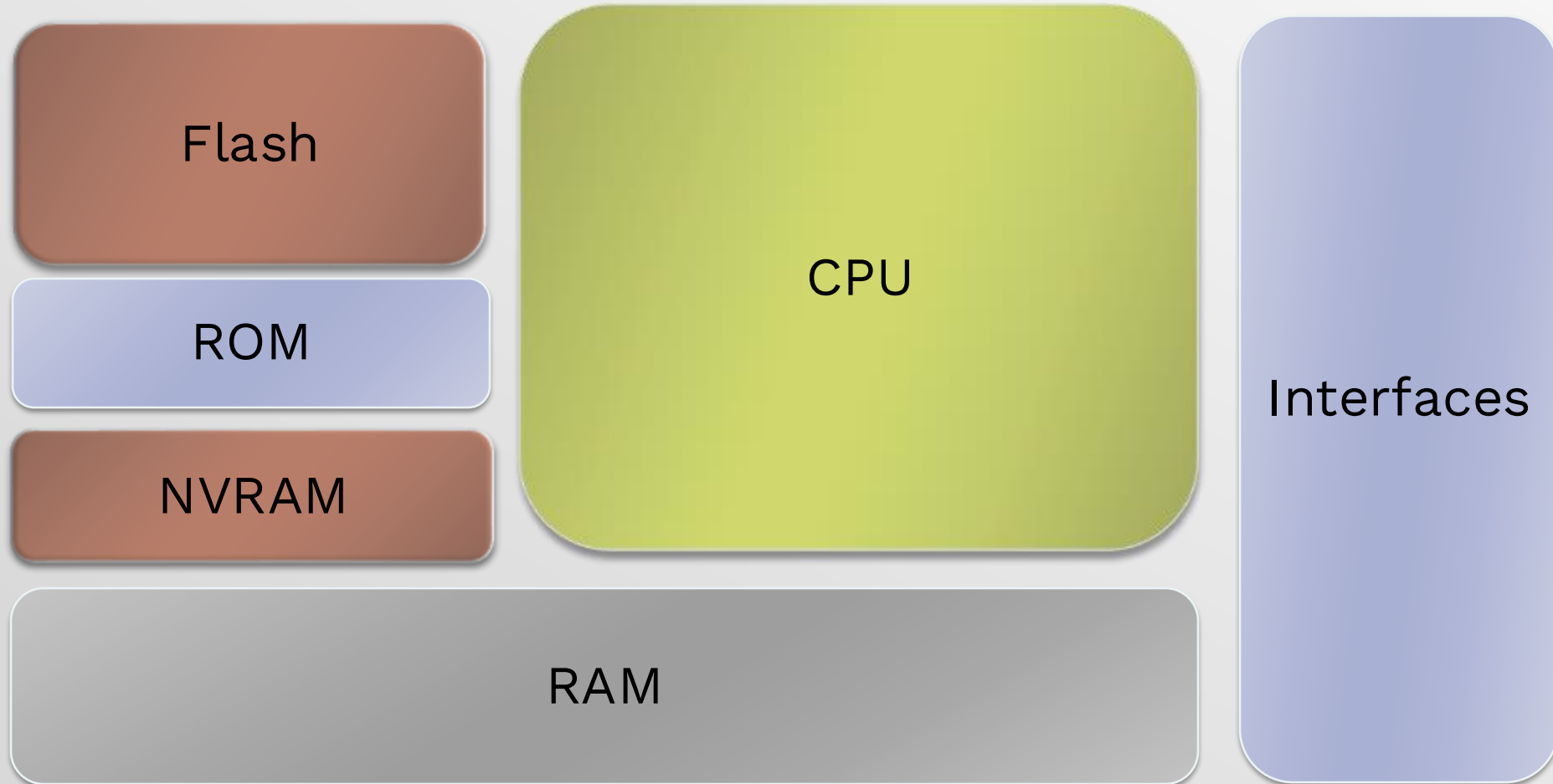
Arhitectura unui ruter



Calculator vs. Ruter

Calculator	Ruter
CPU	CPU
Bus System	Bus System
Memory – RAM, ROM	Memory – RAM, ROM
Interfețe de intrare/ieșire	Interfețe intrare/ieșire
etc.	etc.

Componentele hardware



Memoria Flash

- stochează imaginea sistemului de operare (Cisco IOS)
- poate fi:
 - integrată în ruter (frecvent DIMM; SIMM pentru arhitecturile mai vechi)
 - carduri PCMCIA
- memorie non-volatilă
- timp de acces de ordinul 10^{-6} secunde
- dimensiune de ordinul zecilor de MB

Read-Only Memory

- stochează testele hardware inițiale (POST – Power On Self Test)
- conține imaginea unui sistem de operare minimal
 - include driver pentru Ethernet
- timp de acces la citire de ordinul 10^{-9} secunde
- dimensiune de ordinul zecilor de octeți

Nonvolatile Random Access Memory



- stochează configurația de pornire
- implementat folosind
 - cip dedicat
 - dispozitivul flash din care este încărcat codul de pornire
- reține conținutul în cazul pierdrii alimentării electrice
- timp de acces de ordinul 10^{-7} secunde
- dimensiune de ordinul zecilor de KB

Random Access Memory

- încarcă sistemul de operare
 - stochează tabela de rutare
 - stochează configurația curentă
 - cozi de pachete
-
- conținutul este șters la pierderea alimentării electrice
 - timp de acces de ordinul 10^{-9} secunde
 - dimensiune de ordinul zecilor/sutelor de MB

Interfețele unui ruter

- Porturi de management
 - Console port
 - AUX port
- Interfețe ale ruter-ului
- Interfețe LAN
- Interfețe WAN

Interfețele unui ruter

- Porturi de management
- Interfețe ale ruter-ului
 - se trimit și se primesc pachete
 - diverse tipuri (LAN, WAN...)
 - fiecare interfață aparține unei rețele diferite
- Interfețe LAN
- Interfețe WAN

Interfețele unui ruter

- Porturi de management
- Interfețe ale ruter-ului
- Interfețe LAN
 - Ethernet, FastEthernet ...
- Interfețe WAN

Interfețele unui ruter

- Porturi de management
- Interfețe ale ruter-ului
- Interfețe LAN
- Interfețe WAN
 - seriale, ISDN, Frame Relay
 - diferite încapsulări layer 2 (PPP, Frame Relay, HDLC)
 - nu folosesc adrese MAC (folosesc însă alte tipuri de adrese)

Sistemul de operare

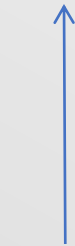


Sistemul de fișiere

- Cisco Internetwork Operating System (IOS)
- configuration file
 - configurația curentă: running-config
 - Configurația permanentă: startup-config

Convenții de denumire a IOS-ului

c2800-js-1_124-1.bin



Platforma hardware (Cisco 2800)



Feature set (de ex: entreprise with extended capabilities)



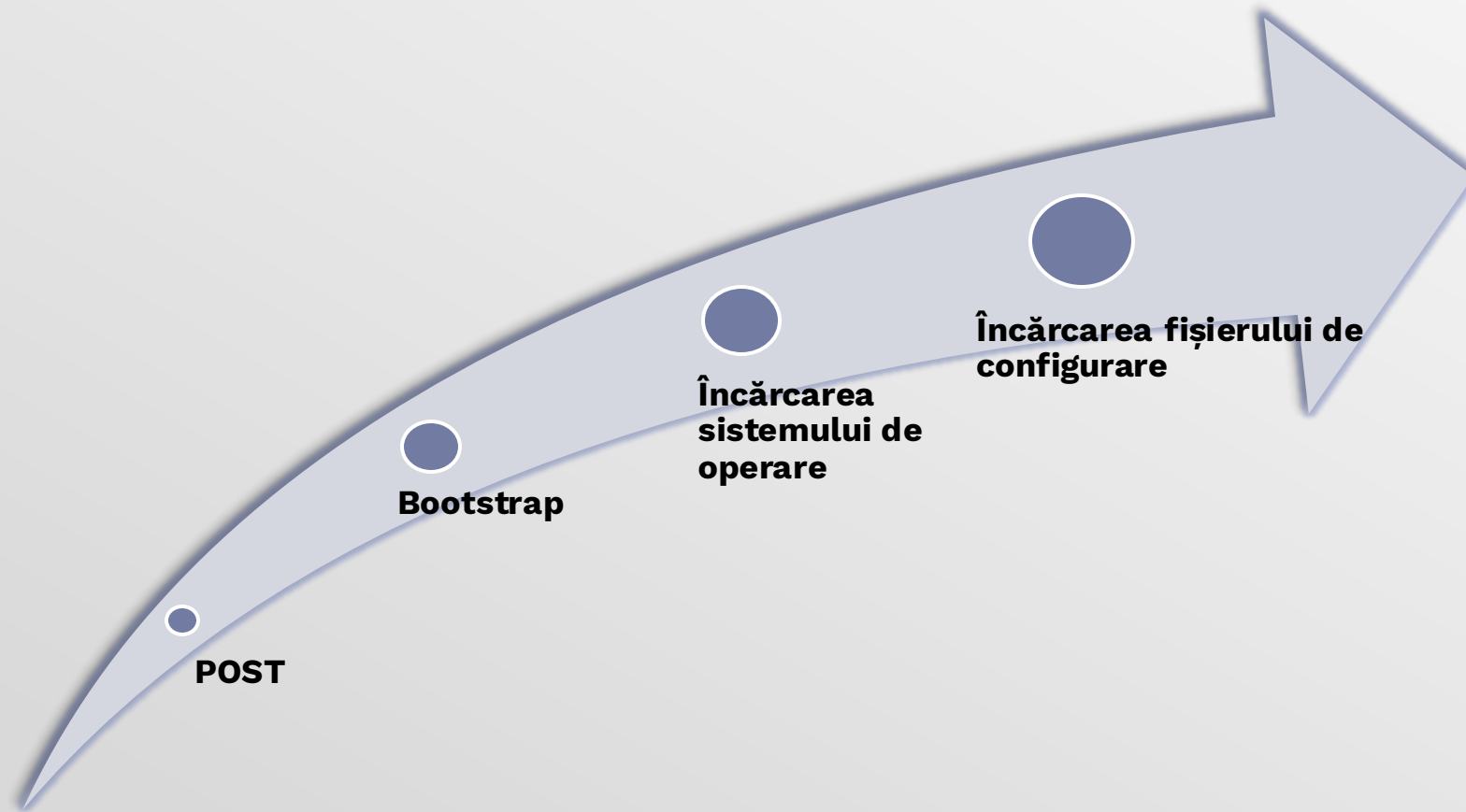
Format fișier: relocabil, necomprimat, etc



Număr versiune: 12.41

- O imagine relocabilă (relocatable) este copiată din flash în RAM înainte de a fi executată. O imagine nerelocabilă (non-relocatable) se execută direct din flash
- Cisco Feature Navigator

Inițializare ruter



Secvența de pornire a ruterului

- Se testează hardware-ul ruter-ului (POST)
- Se identifică și se încarcă sistemul de operare
- Se identifică și se aplică instrucțiunile din fișierele de configurare

De unde?	Ce încarcă?	Ce face?
ROM	Bootstrap	Încărcare Bootstrap
Flash	Cisco Internetwork Operating System	Localizează și încarcă sistemul de operare
TFTP Server		
ROM		
NVRAM	Configuration File	Localizează și încarcă fișierul de configurare SAU intră în modul "setup"
TFTP Server		
Console		

IPv6



IPv6

RESISTANCE
IS FUTILE

Dezavantaje IPv4

- Ce dezavantaje lăsăm în urmă?

Adrese insuficiente pentru a face față creșterii numărului de dispozitive cu acces la Internet

Antet complicat

Ruterele fac fragmentare

Suport redus pentru multicast și IPsec

NAT introduce multe probleme

Avantaje IPv6

Spațiu de adrese mult mai mare (128b)

Suport simplificat pentru multicast

Adrese autoconfigurabile

Suport pentru IPsec

Antet eficient

Ruterele nu mai fac fragmentare

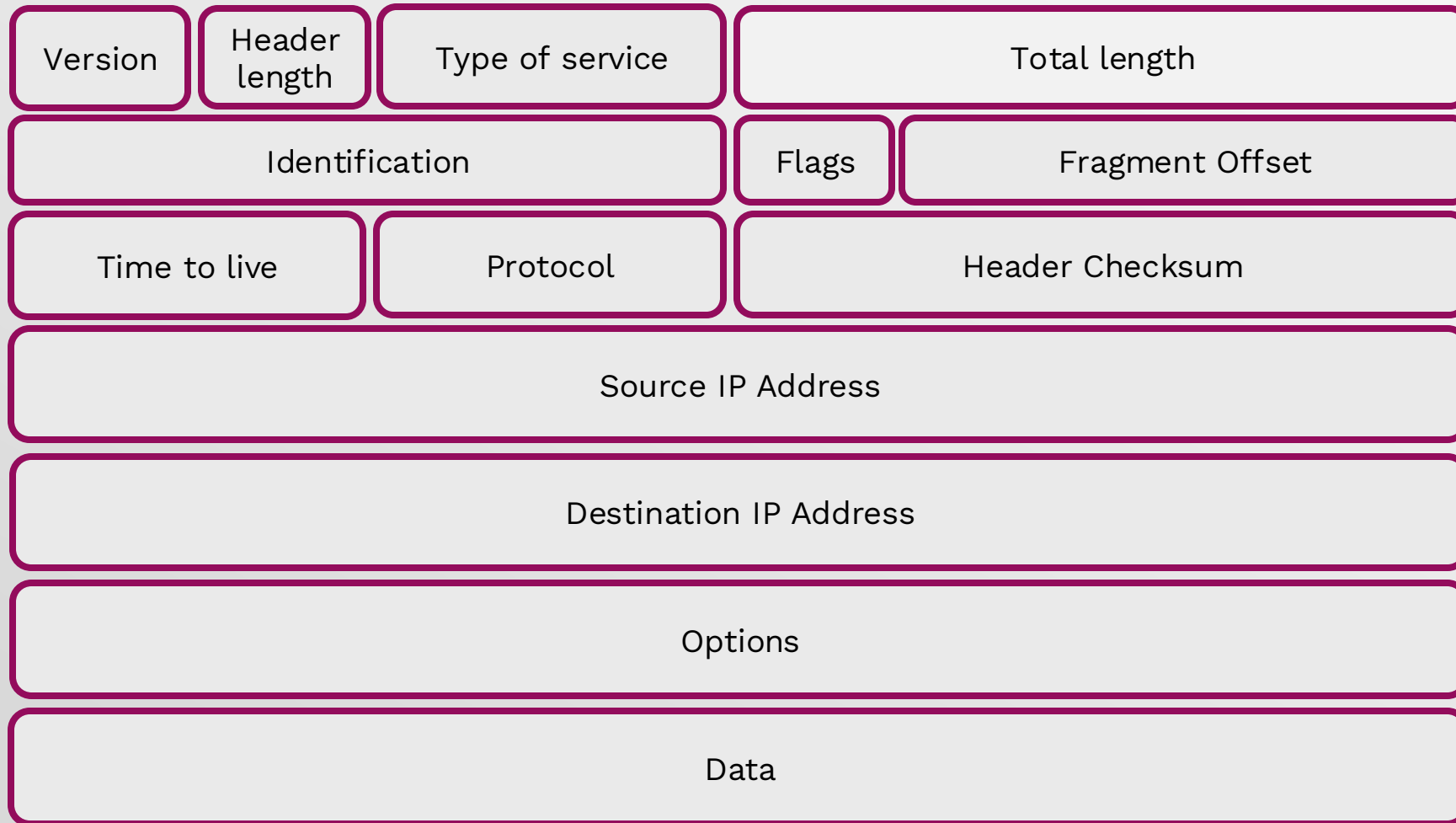
IPv6 – avantaje discutabile?

- 128 biți
 - Totuși, se fac alocări de /64 către fiecare end-host
- Scăpăm de NAT?
 - Din păcate, nu
 - De-a lungul timpului NAT a reușit să se impună ca un fals mecanism de securitate și confort – industria îl cere în continuare
- Autoconfigurare
 - Posibilitatea unui host de a își putea configura automat o adresă IPv6 globală pentru comunicarea într-un subnet
 - Există mari riscuri de securitate
 - Se pierde posibilitatea unui accounting eficient

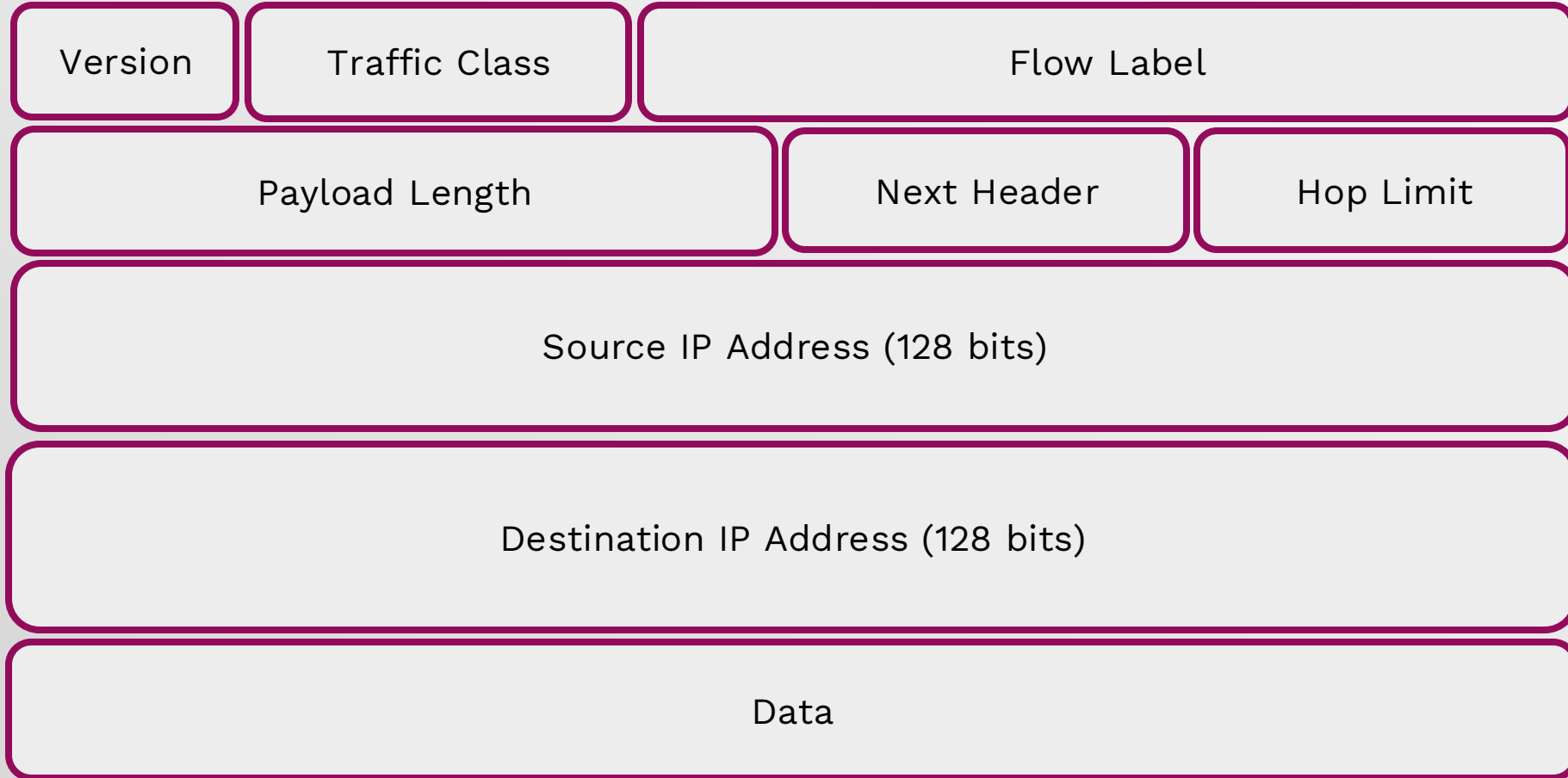
Adresarea IPv6



Antetul IPv4



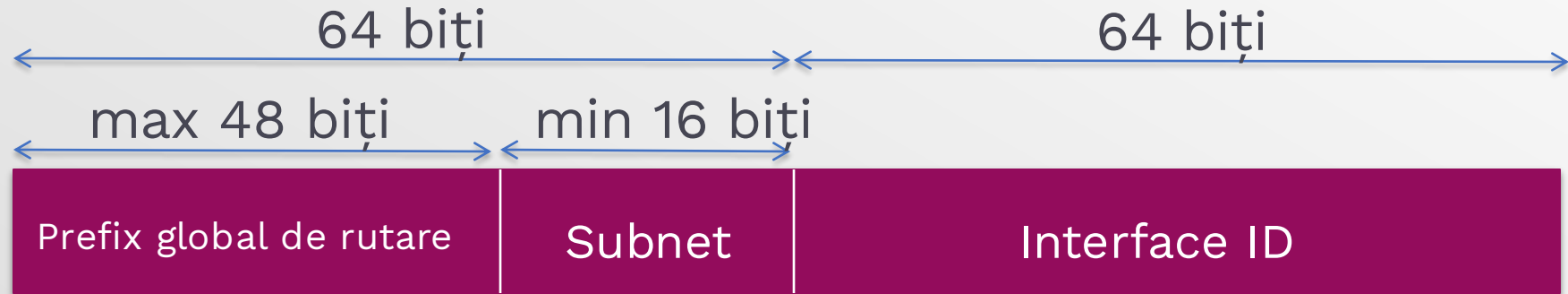
Antetul IPv6



Ce lipsește din antetul IPv6

- Header checksum
 - De ce s-a dorit înlăturarea câmpului de detecție a erorilor din antetul IPv4?
- Câmpurile legate de funcționalitatea fragmentării
 - Identification
 - Flags
 - Fragment offset
- Atenție! În IPV6 ruterele nu mai fac fragmentare
 - Se face drop la pachet și se trimite un ICMPv6 Packet Too Big
- Câmpul de padding și options
 - Având antete de extensie, nu avem nevoie de padding sau de câmp fix de opțiuni suplimentare

Structura adreselor IPv6



- RIR-urile primesc /12
- ISP-urile primesc /32
- Organizațiile primesc adrese /48 de la ISP
- Următorii 16 biți pot fi subnetati pentru a obține maxim 2^{16} subneturi
- Ultimii 64 de biți sunt folosiți pentru partea de host

Tipuri de adrese

Tip	Adresă	Rol
Global unicast	2000::/3	Transmisii unicast
Unique local	FD00::/8	Echivalentul adreselor IP private
Link-local	FE80::/10	Comunicații în același segment de rețea
Multicast	FF00::/8	Transmisii către un grup
Anycast	Poate fi orice adresă unicast	Aceeași adresă pe mai multe dispozitive server care îndeplinesc aceeași funcție
Broadcast	???	Niciun rol! Internetul urăște broadcast-urile

Reprezentarea adreselor

- Câmpurile succesive de 0 pot fi reprezentate ca :: , dar numai o singură dată într-o adresă
- Zero-urile din câmpurile cele mai semnificative din fiecare grup de 16 biți pot fi omise
- Un grup de 4 zero-uri pot fi scrise ca un singur zero
- Exemple:
- 2023:0000:34FA:0000:0000:09C1:4322:AA43
- → 2023:0000:34FA::09C1:4322:AA43
- → 2023:0:34FA::9C1:4322:AA43
- → 2023::34FA:0:0:9C1:4322:AA43
- → 2023::34FA::9C1:4322:AA43

Adresă de loopback

- Echivalentă cu 127.0.0.1 în IPv4
- Adresă folosită când un host comunică cu el însuși
 - Servicii de rețea
- Adresa de loopback IPv6 este:
 - 0:0:0:0:0:0:0:1/128
 - Sau?
 - ::1/128



Deci..subnetare IPv6?

- Pentru că spațiul de adrese e foarte mare, se alege o convenție recomandată
 - Se va face subnetare între bitul 48 și bitul 64
 - Ultimii 64 de biți sunt folosiți pentru Host
- If you don't have a life
 - Se pot subneta fără probleme și cei 64 de biți din Interface-ID pentru a se obține măști mai lungi
- Totuși, există vreun motiv pentru a avea măști mai lungi?
 - Address sweep care duce la un DoS pentru că ruterul încearcă să translateze adrese MAC pentru un /64
 - Recomandarea utilizării /126 pentru legături point-to-point

Asignare dinamică IPv6



Asignare dinamică IPv6

- Există mai multe metode de asignare automată a adreselor IPv6:
 - Stateless (niciun dispozitiv nu monitorizează asignarea adreselor)
 - SLAAC
 - SLAAC + DHCPv6
 - Stateful (un server DHCPv6 se ocupă de management-ul adreselor)
 - DHCPv6

NDP

- Neighbor Discovery Protocol
- Include următoarele funcționalități:
 - Autoconfigurarea adreselor
 - Descoperirea echipamentelor din rețea
 - Determinarea adreselor de nivel 2
 - Descoperirea gateway-ului
 - Descoperirea adresei de rețea (prefixului)
 - Descoperirea adreselor duplicat
- Folosește mesaje ICMPv6 pentru a îndeplini funcționalitățile

ICMPv6

- Protocol ce îndeplinește rolul ICMP pentru protocolul IPv6
- 5 mesaje ICMPv6 sunt folosite de NDP pentru a oferi servicii automate în rețeaua locală

Tip Mesaj	Utilitatea
Router Solicitation	Folosit de stații pentru a cere informații tuturor ruterele din rețeaua locală
Router Advertisement	• Trimise periodic de rutere sau ca răspuns la cererea unui RS • Pe baza acestor mesaje o stație își construiește dinamic lista de rutere default (default gateway) • Folosit în stateless autoconfig pentru descoperirea prefixului rețelei
Neighbor Solicitation	• Folosit pentru a descoperi adresele link-local ale vecinilor când se cunoaște adresa IPv6 (similar ARP) • Folosit pentru a determina dacă există conectivitate cu un vecin • Detectează adresele duplicate în timpul procesului de autoconfigurare
Neighbor Advertisement	• Trimise ca răspuns la un NS • Trimise automat atunci când are loc o schimbare a adresei de nivel 2 • La primirea unui NA fiecare nod își actualizează lista de vecini
Redirect	Folosite de rutere pentru a indica host-urilor că pentru destinația dorită este recomandată folosirea unui alt ruter din rețea

Autoconfigurare (stateless)

- RFC 2462
- Nu necesită nicio configurare suplimentară în rețeaua locală
- Oferă doar adresă IP globală și default gateway
 - Pentru DNS și alte informații este necesară instalarea unui server DHCPv6

Autoconfigurare (stateless)

1. Se generează adresa link-local prin concatenarea FE80::/64 cu EUI-64 (sau cu un alt token generat pe 64 de biți)
2. Se testează dacă adresa link-local este unică
3. Dacă e unică, se asignează adresa link-local interfeței fizice
4. Se încearcă descoperirea unui ruter local prin ascultarea RA-urilor sau forțarea unui RA prin trimiterea unui RS
5. Ruterul răspunde în RA cu tipul autoconfigurării din rețeaua locală (Câmpul M din câmpul Autoconfig Flags din mesajul RA)
6. Dacă e folosită autoconfigurare stateless, se generează adresa unică prin concatenarea prefixului primit în RA cu ultimii 64 de biți din adresa de la pasul 1

Procedeul EUI-64

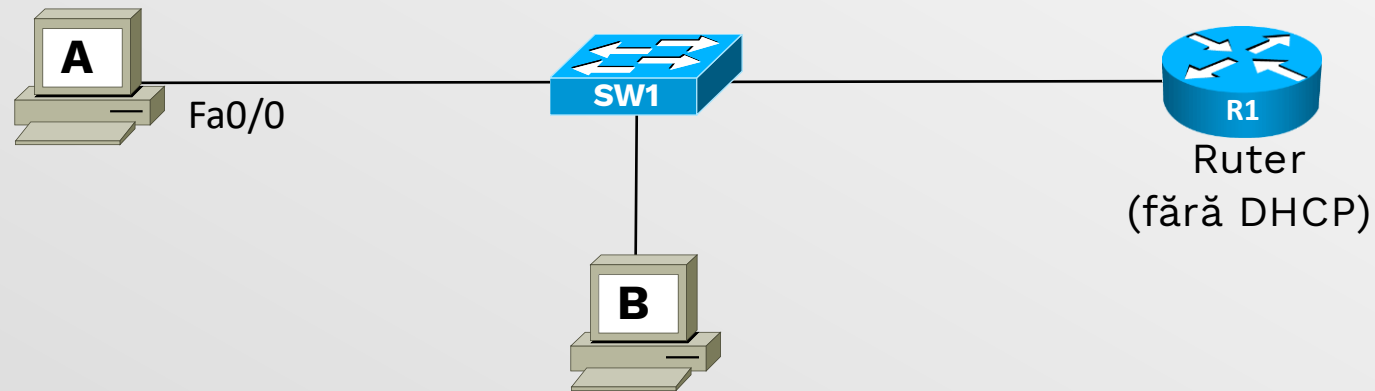
- Standardul IPv6 conține o metodă automată prin care un host își poate determina, unic în rețea, Interface-ID-ul
- Se obține folosind adresa MAC a host-ului
- Ex. Adresa MAC = 00.d0.58.a9.19.01
- Se inserează la mijloc ff.fe
- 00.d0.58.**ff.fe**.a9.19.01
- Se inversează al 7-lea bit (00 devine 02)
- 2001:db8:acad:1:**02d0:58ff:fea9:1901**

Procedeul EUI-64 pe Windows

- Din cauza unor probleme de securitate și confidențialitate, hosturile pot crea un Interface-ID random bazat pe adresa MAC, care are va fi reînnoit după un interval de timp (RFC 4941)
- Aceasta e considerată o extensie de confidențialitate pentru că EUI-64 permite track-ul unei adrese de la realizarea conexiunii
- Windows implementează această măsură
- Îngreunează munca unui administrator de rețea în rețeaua locală

Autuconfigurare (stateless)

0. Stare inițială rețea



Informații IPv6 pe A:

Stare Fa0/0: **Shutdown**

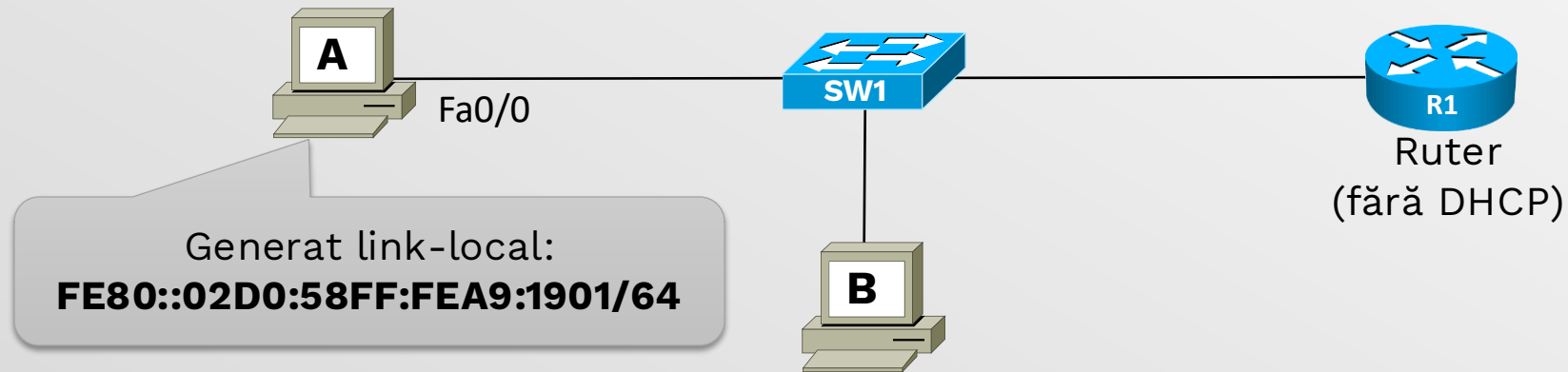
Listă rutere default:

Adresă Fa0/0:

Listă prefixe:
FE80::/10

Autuconfigurare (stateless)

1. Generare adresă link-local la ridicarea interfeței Fa0/0



Informații IPv6 pe A:

Stare Fa0/0: **Up**

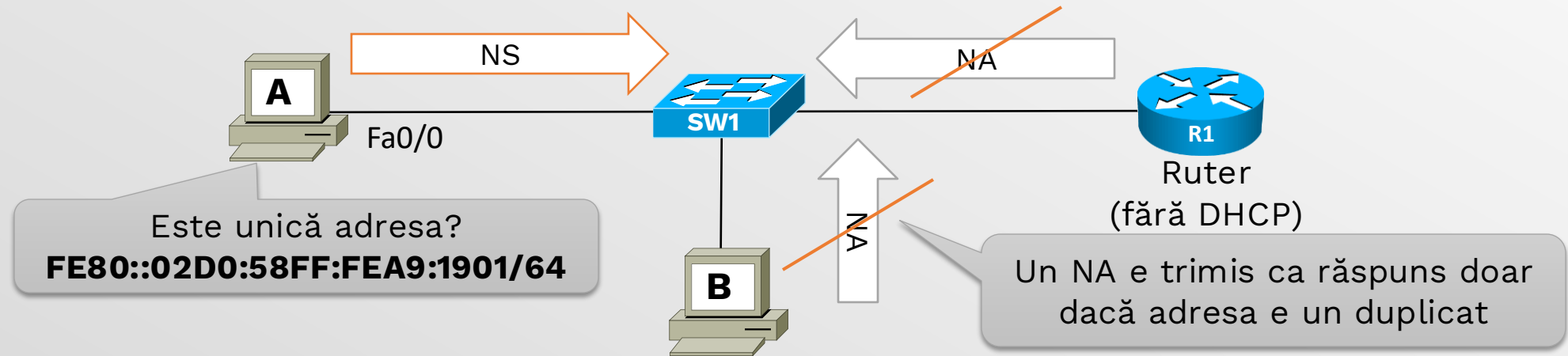
Listă rutere default:

Adresă Fa0/0:

Listă prefixe:
FE80::/10

Autoconfigurare (stateless)

2. Testarea unicității adresei link-local (DAD – Duplicate Address Detection)



Informații IPv6 pe A:

Stare Fa0/0: **Up**

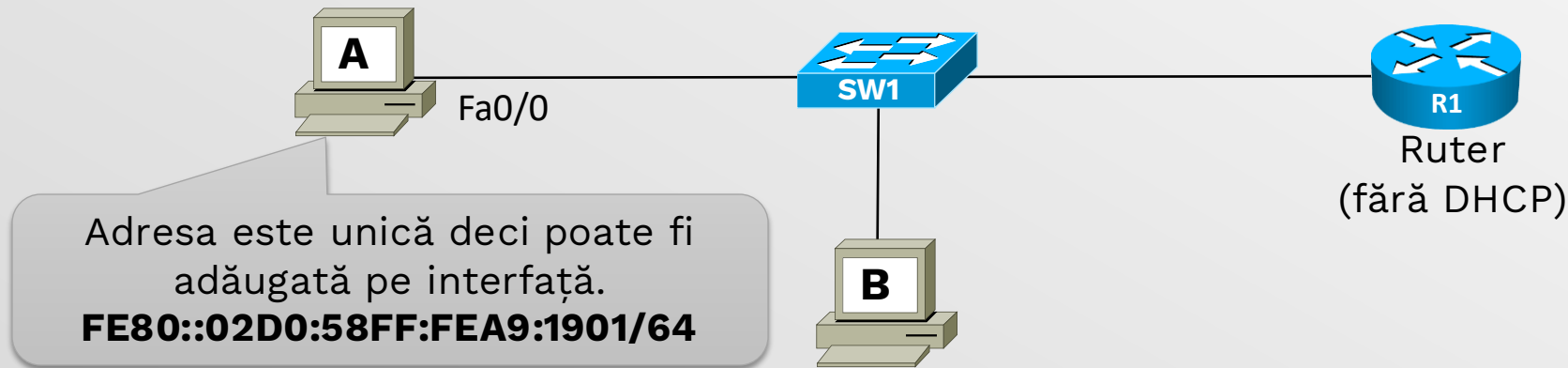
Listă rutere default:

Adresă Fa0/0:

Listă prefixe:
FE80::/10

Autuconfigurare (stateless)

3. Adresa link-local unică este asignata interfeței Fa0/0



Informații IPv6 pe A:

Stare Fa0/0: **Up**

Listă rutere default:

Adresă Fa0/0:

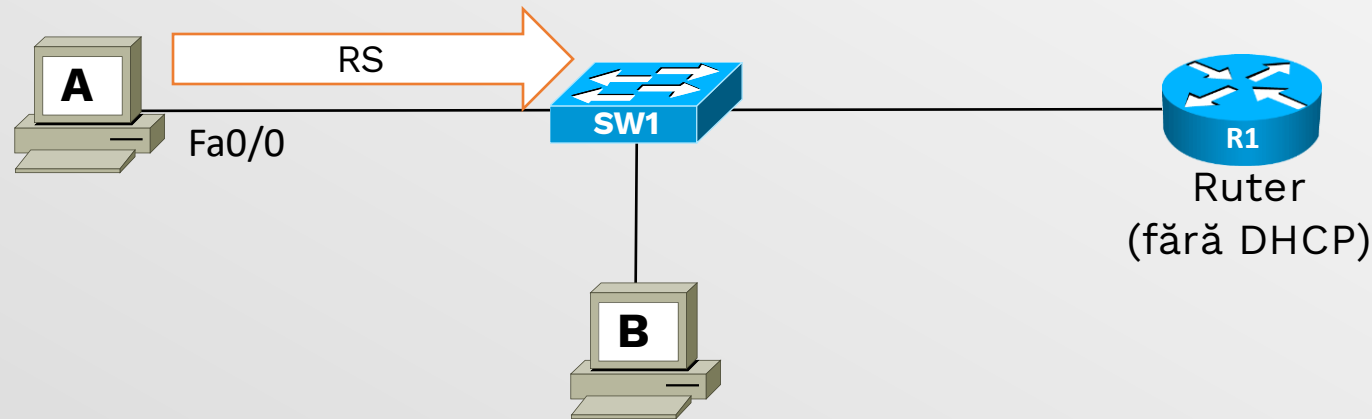
FE80::02D0:58FF:FEA9:1901/64

Listă prefixe:

FE80::/10

Autuconfigurare (stateless)

4. Stația A cere un RA pentru a nu aștepta update-ul periodic



Informații IPv6 pe A:

Stare Fa0/0: **Up**

Listă rutere default:

Adresă Fa0/0:

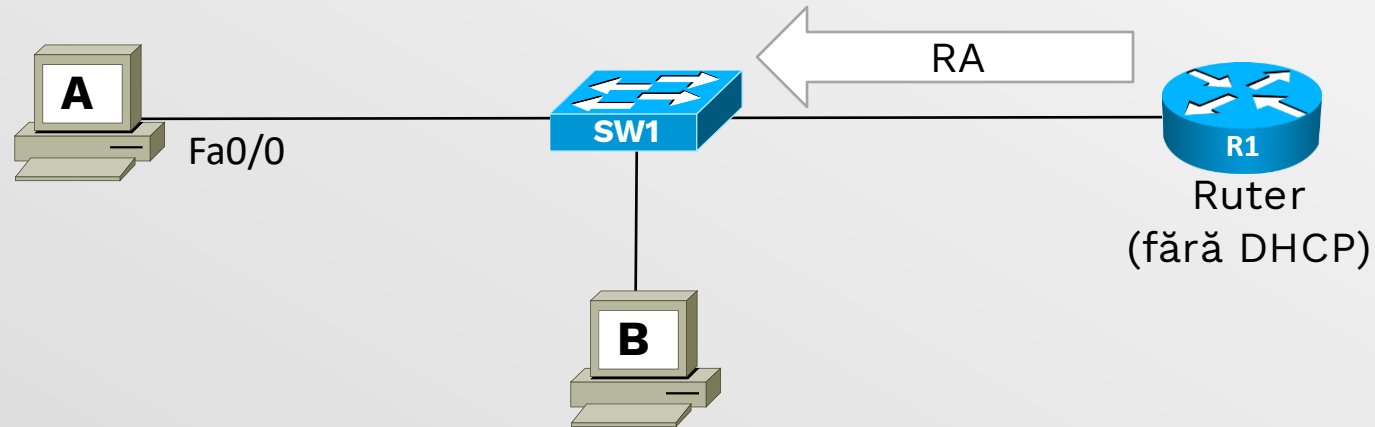
FE80::02D0:58FF:FEA9:1901/64

Listă prefixe:

FE80::/10

Autoconfigurare (stateless)

5. Ruterul răspunde cu un RA în care îi comunică stației prefixele din rețea, adresa sa link-local și faptul că poate folosi stateless autoconfiguration



Informații IPv6 pe A:

Stare Fa0/0: **Up**

Listă rutere default:
FE80::2D0:D3FF:FE25:C02/64

Adresă Fa0/0:
FE80::02D0:58FF:FEA9:1901/64

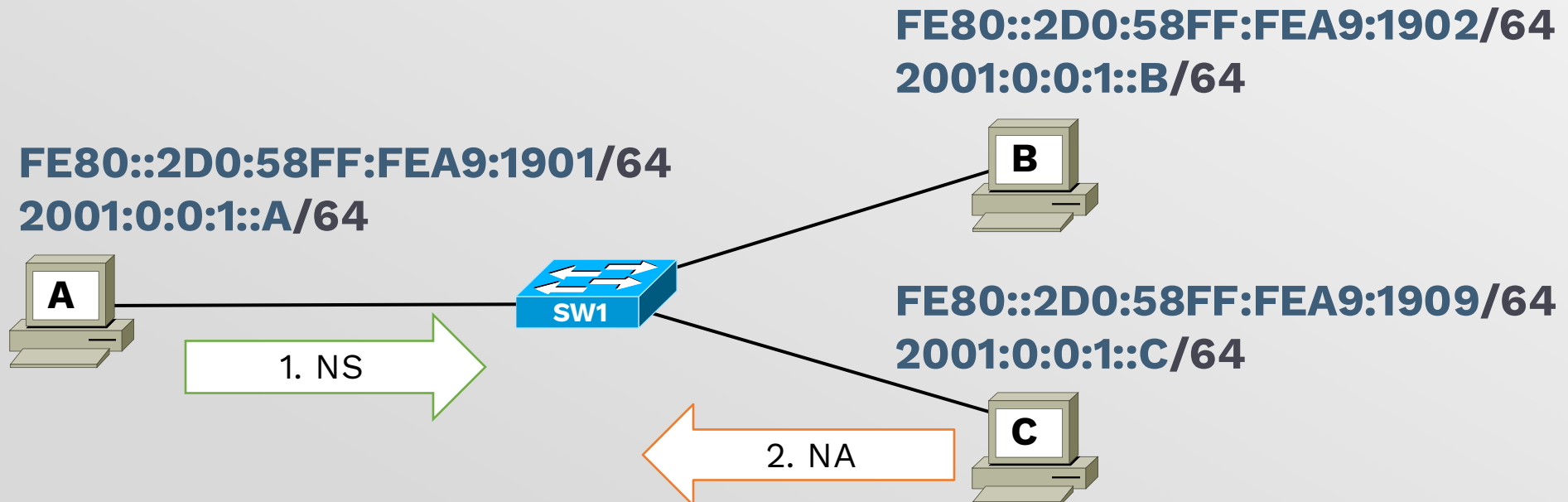
Listă prefixe:
FE80::/10

Autoconfigurare (stateful)

- Necesită configurarea unui server de DHCPv6
- DHCPv6 este util doar în asigurarea unor servicii suplimentare în rețea (adresarea IP este rezolvată mult mai ușor de stateless autoconfig):
 - Servere DNS
 - Servere WINS
 - Domeniul DNS
 - Servere NTP

Determinarea adresei de nivel 2

- Operație similară cu ARP
- Folosește NS și NA pentru a descoperi adresa de nivel 2:
 - Neighbor Solicitation – pachet multicast (către o adresă specială numită solicited node-multicast) care conține cererea adresei de nivel 2
 - Neighbor Advertisement – răspunsul ce conține adresa



Configurații de bază IPv6



Configurări de bază



no shutdown



no shutdown
ipv6 enable
ipv6 address

```
R1(config-if)#do show ipv6 interface
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::CE00:8FF:FEC4:0
No global unicast address is configured
Joined group address(es):
  FF02::1
  FF02::2
  FF02::1:FFC4:0    # -> solicited node multicast(folosită în NS)
MTU is 1500 bytes
ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
ICMP redirects are enabled
ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
ND reachable time is 30000 milliseconds
```

Configurări de bază



```
ip address 89.86.198.1 255.255.255.0
no shutdown
```

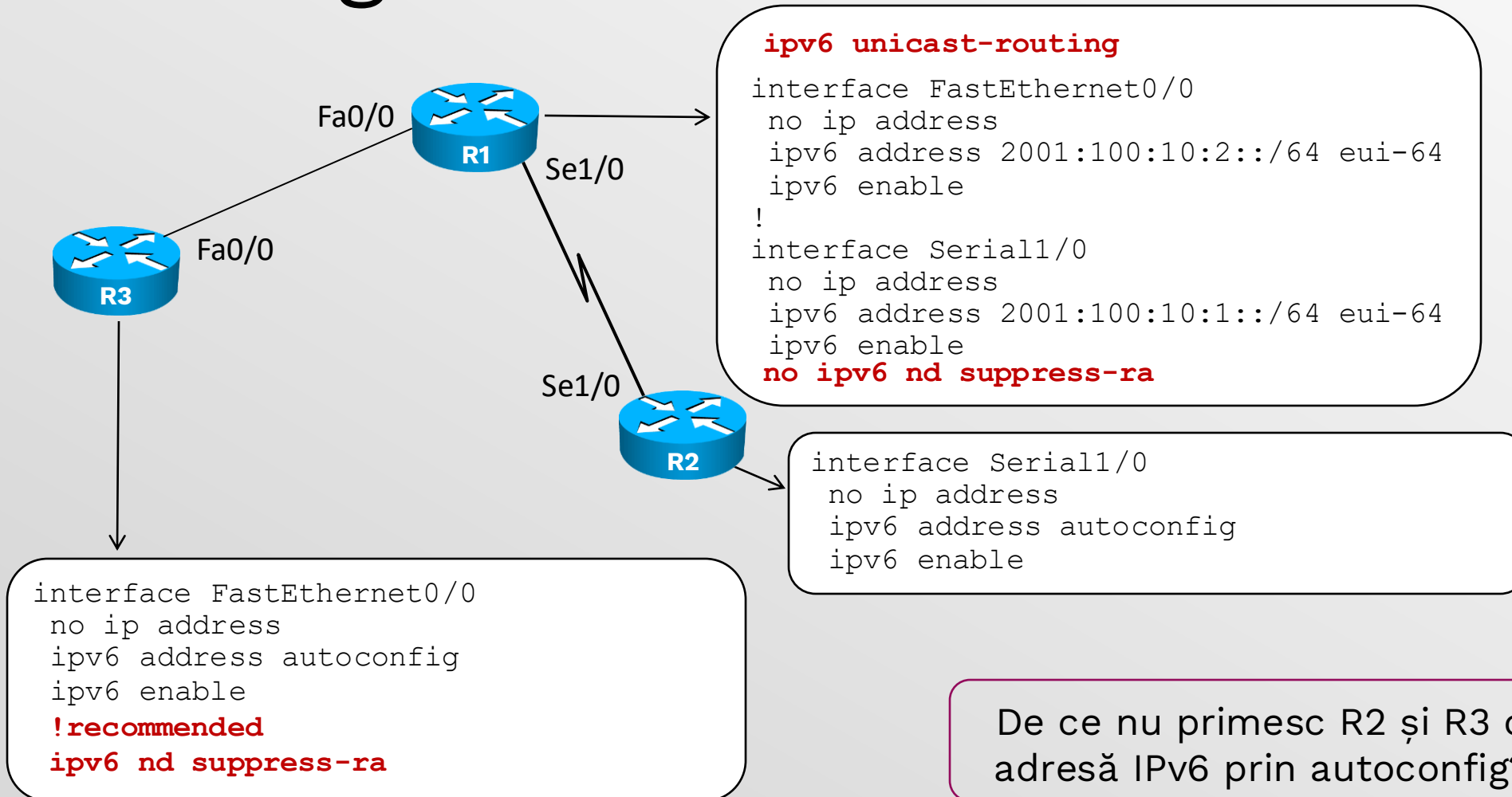
```
C      89.86.198.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```



```
ipv6 address 2001:100:10:2::6/64
no shutdown
```

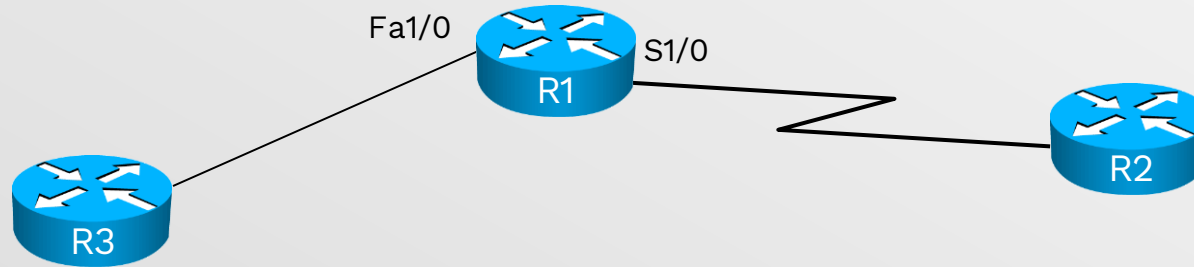
```
C    2001:100:10:2::/64 [0/0]
    via ::, Serial1/0
L    2001:100:10:2::6/128 [0/0]
    via ::, Serial1/0
L    FE80::/10 [0/0]
    via ::, Null0
L    FF00::/8 [0/0]
    via ::, Null0
```

Autoconfigure



De ce nu primesc R2 și R3 o adresă IPv6 prin autoconfig?

Multiple adrese IPv6



```

C 2001:100:10:1::/64 [0/0]
   via ::, Serial1/0
L 2001:100:10:1:9CD7:2EFF:FEF0:99FA/128 [0/0]
   via ::, Serial1/0
L FE80::/10 [0/0]
   via ::, Null0
L FF00::/8 [0/0]
   via ::, Null0
  
```

Câte adrese IPv6 va avea R3 după rularea comenzilor de mai jos ?

```

R3(config-if)#no ipv6 address autoconfig
R3(config-if)#ipv6 address 2001:100:10:2::6/64
R3(config-if)#ipv6 address 2001:100:10:2::8/64
  
```


Metode de tranziție IPv4-IPv6



Metode de tranziție

- Dual-stack
 - Capabilitatea unui ruter de a putea rula IPv4 și IPv6 în același timp
 - Tehnic nu este o metodă validă de tranziție, deoarece dacă nu vor mai exista adrese IPv4, nu se pot extinde rețele cu această metodă
- Tunelare
 - Posibilitatea de a construi un tunel virtual peste Internet între mai multe insule IPv6
 - Subiectul pe care se va concentra acest capitol
- Translație între IPv4 și IPV6
 - Foarte importantă pentru acele terminale care nu pot rula decât IPV4 și au nevoie să comunice cu terminale IPv6-only
 - NAT-PT

Sumar

