

Proiectarea adreselor: VLSM și DHCP

Până acum adresele v-au fost date. În lucrarea aceasta le proiectați singuri: primiți un singur bloc de adrese și o listă de cerințe reale, iar la final trebuie să iasă o schemă în care nimic nu se suprapune, nimic nu se risipește și mai rămâne loc pentru creștere. Apoi lăsați DHCP-ul să o distribuie.

OBIECTIVELE CAPITOLULUI

- Elaborati planul VLSM complet, pe hârtie, și justificați fiecare prefix ales
- Completați tabelul de adresare cu toate cele nouă subrețele
- Implementați planul pe toate cele trei rutere și verificați cu `show ip route`
- Configurați rezervoare DHCP pentru Birouri, Producție, Depozit și Oaspeți
- Configurați relay pe R2 și R3 și demonstrați că funcționează
- Documentați cele patru mesaje DORA, cu adrese sursă și destinație
- Provocați și rezolvați cele patru probleme din secțiunea 10
- Calculați și raportați: câte adrese ați consumat, câte au rămas libere, în ce blocuri

4.1 Ce înseamnă „a proiecta adresele”

Un furnizor vă dă un bloc de adrese - un singur bloc. Din el trebuie să iasă toate rețelele firmei: producția, birourile, serverele, legăturile dintre rutere. Fiecare bucată trebuie să fie destul de mare cât să încapă stațiile, dar nu mai mare decât e nevoie, pentru că restul rămâne pentru mai târziu.

DEFINIȚIA 4.1 (VLSM). *Variable Length Subnet Mask* - măști de lungime variabilă. Ideea: nu toate subrețelele trebuie să aibă aceeași dimensiune. O legătură între două rutere are nevoie de exact două adrese; un segment de producție are nevoie de cinci sute. Cu VLSM le puteți tăia pe fiecare pe măsură.

DEFINIȚIA 4.2 (PREFIX). Numărul de biți care descriu rețeaua, scris după bară: $/24$ înseamnă 24 de biți de rețea și 8 de host. Cu 8 biți de host aveți $2^8 = 256$ de adrese, din care 254 utilizabile - se scad adresa de rețea și cea de broadcast.

DEFINIȚIA 4.3 (DHCP). Protocolul prin care o stație primește automat adresă, mască, gateway și DNS. Fără el, cineva ar trebui să configureze manual fiecare calculator din firmă - și să țină minte ce a dat fiecăruia.

Regula de aur a acestei lucrări. Planul se face *întâi pe hârtie*, complet, și abia apoi se atinge un echipament. Un plan greșit descoperit după ce ați configurat trei rutere înseamnă că reconfigurați trei rutere. Un plan greșit descoperit pe hârtie înseamnă că ștergeți un rând.

4.2 Echipamente necesare

Tabelul 4.1 Echipamente necesare.

Buc.	Echipament	Model	Categoria din Packet Tracer	La ce folosește aici
3	Ruter	4331	Network Devices → Routers	R1 (sediu), R2 (producție), R3 (depozit)
6	Switch	2960	Network Devices → Switches	câte unul pe segment de utilizatori
2 / segment	Calculator	PC-PT	End Devices	una statică, una prin DHCP
1	Server	Server-PT	End Devices	în segmentul Servere
3	Cablu serial	Serial DCE	Connections	legăturile punct-la-punct dintre rutere
după caz	Cablu drept	Copper Straight-Through	Connections	stații → switch-uri, switch-uri → rutere

Cablul serial are un capăt „ceas”. Pe o legătură serială, unul dintre capete este DCE și trebuie să furnizeze ceasul. În Packet Tracer, capătul DCE are o mică pictogramă de ceas pe cablu, iar acolo se dă comanda `clock rate 128000`. Dacă interfața rămâne `up / down`, aproape sigur ați uitat această comandă sau ați pus-o pe capătul greșit. Pe legăturile Ethernet comanda nu există și nu e necesară.

Simplificare pentru laborator. Nu veți conecta 483 de calculatoare. Puneți câte două stații per segment: una configurată static, una prin DHCP. Planul de adresare trebuie proiectat pentru cifrele reale, dar verificat cu două stații.

4.3 Tema de proiectare

DEFINIȚIA 4.4 (SITUAȚIA). Firma pentru care lucrați a primit de la furnizorul de Internet blocul 172.20.16.0/21. Trebuie să acopere structura actuală și să lase loc de creștere pentru cel puțin trei ani.

Tabelul 4.2 Tema de proiectare.

Segment	Stații acum	Creștere estimată	Observații
Producție	420	+15 %	cel mai mare segment
Birouri	180	+25 %	creștere rapidă
Depozit	90	+10 %	terminale mobile
Oaspeți	50	-	izolat de rest
Servere	25	+50 %	adrese statice
Management	12	+100 %	doar echipamente de rețea
Legături R1–R2, R2–R3, R1–R3	2 fiecare	-	punct-la-punct

4.4 Cum se calculează, pas cu pas

Metoda are patru pași și nu se sare peste niciunul.

1. **Adăugați creșterea** la fiecare cerință și rotunjiți în sus. Producție: $420 \times 1,15 = 483$.
2. **Calculați biții de host** necesari, din inegalitatea $2^n - 2 \geq$ cerința. Pentru 483 de stații, $n = 9$ ($2^9 - 2 = 510$ utilizabile), deci prefixul este $32 - 9 = /23$.

- 3. **Ordonați descrescător** după dimensiune și alocați în această ordine, începând de la adresa de start a blocului.
- 4. **Verificați** că totalul încapă și notați ce a rămas liber.

De ce ordinea descrescătoare nu este opțională. Un bloc de dimensiune 512 trebuie să înceapă la o adresă multiplu de 512 - asta înseamnă „alinieră”. Dacă alocați întâi câteva blocuri mici, următoarea adresă liberă nu mai este aliniată și trebuie să săriți până la următorul multiplu, pierzând tot ce e între. Alocând de la mare la mic, alinierea se păstrează singură.

Un exemplu complet, pentru primele două

Tabelul 4.3 Un exemplu complet, pentru primele două.

Pas	Producție (483)	Birouri (225)
biți de host	$2^9 - 2 = 510 \geq 483 \rightarrow n = 9$	$2^8 - 2 = 254 \geq 225 \rightarrow n = 8$
prefix	$32 - 9 = /23$	$32 - 8 = /24$
mască	255.255.254.0	255.255.255.0
subrețea	172.20.16.0/23	172.20.18.0/24
interval utilizabil	172.20.16.1 – 172.20.17.254	172.20.18.1 – 172.20.18.254
broadcast	172.20.17.255	172.20.18.255
următoarea adresă liberă	172.20.18.0	172.20.19.0

Continuați singuri cu Depozit, Oaspeți, Servere, Management și cele trei legături punct-la-punct. Apoi verificați:



Figura 4.1 Verificați-vă planul aici.

Faceți întâi calculul pe hârtie, apoi comparați cu widgetul. Dacă rezultatele diferă, găsiți unde ați greșit - de obicei la rotunjire sau la ordinea alocării. Widgetul este pentru verificare, nu pentru a înlocui exercițiul: la examen nu îl aveți.

Exemplul 4.1. De ce un segment cu 30 de stații are nevoie de /26 și nu de /27?

Rezolvare. Un /27 oferă $2^5 = 32$ de adrese, din care se scad adresa de rețea și cea de broadcast: rămân **30 utilizabile**. Deci /27 ar fi exact suficient - dar numai dacă nu vă trebuie **niciun** loc în plus, nici măcar pentru gateway.

Atenție: gateway-ul consumă și el o adresă utilizabilă. Deci pentru 30 de **stații** plus gateway aveți nevoie de 31 de adrese utilizabile - și /27 nu mai ajunge. Este greșeala clasică de la examen.

Verificarea fiecărei subrețele



Figura 4.2 Calculator de verificare.

Introduceți pe rând fiecare subrețea din planul vostru și confirmați intervalul utilizabil și adresa de broadcast. Verificați în special că **broadcast-ul unei subrețele este cu exact 1 mai mic decât adresa de rețea a următoarei** - dacă nu, ori ați lăsat o gaură, ori subrețelele se suprapun.

4.5 Topologia de implementat

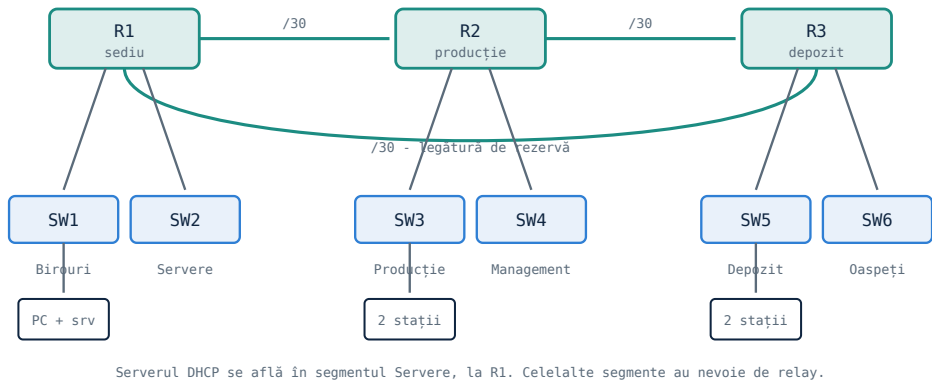


Figura 4.3 Trei rutere, șase segmente de utilizatori și trei legături punct-la-punct. Este topologia pe care veți lucra și în laboratorul 5.

Tabelul de adresare - se completează înainte de orice comandă

Tabelul 4.4 Tabelul de adresare - se completează înainte de orice comandă.

Segment	Subrețea	Mască	Gateway	Interval utilizabil	Broadcast
Producție	172.20.16.0/23	255.255.254.0	172.20.16.1	.16.1 – .17.254	172.20.17.255
Birouri	172.20.18.0/24	255.255.255.0	172.20.18.1	.18.1 – .18.254	172.20.18.255
Depozit					
Oaspeți					
Servere					
Management					
R1–R2		/30	-		
R2–R3		/30	-		
R1–R3		/30	-		

Primele două rânduri sunt completate ca model. Convenția: **gateway-ul primește prima adresă utilizabilă** din fiecare subrețea. Este o convenție, nu o regulă - dar dacă o respectați consecvent, oricine vă poate citi rețeaua fără să întrebe.

4.6 Bancul de lucru

O parte din topologie - R1 cu Birouri și Servere, R2 cu Producție, legate printr-o serială. Este suficientă ca să implementați planul, să configurați DHCP-ul și relay-ul, și să provocați toate cele patru probleme din secțiunea 10. Restul segmentelor se adaugă în Packet Tracer, după același tipar.

4.7 Implementarea planului

1. Configurați ruterele

Adresele din exemplul de mai jos sunt cele din planul din secțiunea 5. Dacă planul vostru diferă, folosiți valorile voastre - dar atunci diferă și obiectivele din bancul de lucru.

pe R1

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# hostname R1
R1(config)# no ip domain-lookup

R1(config)# interface gigabitEthernet 0/0/0
R1(config-if)# description LAN Birouri
R1(config-if)# ip address 172.20.18.1 255.255.255.0
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit

R1(config)# interface gigabitEthernet 0/0/1
R1(config-if)# description LAN Servere
R1(config-if)# ip address 172.20.19.193 255.255.255.192
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit

R1(config)# interface serial 0/1/0
R1(config-if)# description Legatura spre R2
R1(config-if)# ip address 172.20.20.33 255.255.255.252
R1(config-if)# clock rate 128000
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# end
```

```
R1# show ip interface brief
```

pe R2

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# hostname R2

R2(config)# interface gigabitEthernet 0/0/0
R2(config-if)# description LAN Productie
R2(config-if)# ip address 172.20.16.1 255.255.254.0
R2(config-if)# no shutdown
R2(config-if)# exit

R2(config)# interface serial 0/1/0
R2(config-if)# ip address 172.20.20.34 255.255.255.252
R2(config-if)# no shutdown
R2(config-if)# end
```

Masca /23 nu este 255.255.255.0 Producția are 512 adrese, deci masca este 255.255.254.0. Este cea mai frecventă greșeală din această lucrare, și are un simptom perfid: *jumătate* din stații răspund, cealaltă jumătate nu. Verificați cu `show ip interface brief` și cu calculatorul de subrețele de mai sus.

2. Adăugați rutare statică provizorie

Cele două rutere nu se cunosc încă între ele. Rutarea propriu-zisă este subiectul laboratorului 5; deocamdată scriem rutele de mână, cât să putem testa planul.

pe R1

```
R1(config)# ip route 172.20.16.0 255.255.254.0 172.20.20.34
```

pe R2

```
R2(config)# ip route 172.20.18.0 255.255.255.0 172.20.20.33
```

```
R2(config)# ip route 172.20.19.192 255.255.255.192 172.20.20.33
```

Verificați cu `show ip route` pe fiecare ruter, apoi dați ping de pe serverul din segmentul Servere către interfața lui R2. Dacă merge, planul de adresare este consistent.

4.8 DHCP pe ruter

Un ruter Cisco poate fi el însuși server DHCP. Este soluția uzuală în rețele mici și medii: nu mai aveți nevoie de un server dedicat.

1. Configurați rezervoarele

pe R1

```
R1(config)# ip dhcp excluded-address 172.20.18.1 172.20.18.20
```

```
R1(config)# ip dhcp excluded-address 172.20.16.1 172.20.16.20
```

```
R1(config)# ip dhcp pool BIROURI
```

```
R1(dhcp-config)# network 172.20.18.0 255.255.255.0
```

```
R1(dhcp-config)# default-router 172.20.18.1
```

```
R1(dhcp-config)# dns-server 172.20.19.194
```

```
R1(dhcp-config)# lease 0 8 0
```

```
R1(dhcp-config)# exit
```

```
R1(config)# ip dhcp pool PRODUCTIE
```

```
R1(dhcp-config)# network 172.20.16.0 255.255.254.0
```

```
R1(dhcp-config)# default-router 172.20.16.1
```

```
R1(dhcp-config)# dns-server 172.20.19.194
```

```
R1(dhcp-config)# end
```

```
R1# show ip dhcp pool
```

Excluderile se scriu întotdeauna primele Dacă definiți rezervorul înainte de excluderi, ruterul poate alocă deja adresa gateway-ului unei stații. Rezultatul este un conflict de adrese greu de diagnosticat, pentru că apare doar când se conectează suficient de multe stații.

`lease 0 8 0` înseamnă 0 zile, 8 ore, 0 minute. Într-o rețea de birou, 8 ore acoperă o zi de lucru; într-o rețea de oaspeți, o oră este mai potrivit, ca adresele să se elibereze rapid.

2. Testați pe o stație

În bancul din pagină: alegeți PC-BIR și apăsați butonul *cere prin DHCP*, sau scrieți în terminal `ipconfig /renew`. În Packet Tracer: comutați configurația IP a stației pe *DHCP*.

pe PC-BIR

```
ipconfig /release
```

```
ipconfig /renew
```

```
ipconfig /all
Trebuie să apară:
ce trebuie să apară
```

```
DHCP: adresă primită de la R1
IP address.....: 172.20.18.21
Subnet Mask.....: 255.255.255.0
Default Gateway.....: 172.20.18.1
DNS Server.....: 172.20.19.194
```

Observați .21: primele douăzeci de adrese au fost excluse, deci prima liberă este a douăzeci și una. Pe ruter, verificați evidența: pe R1

```
R1# show ip dhcp binding
```

Adresa apare împreună cu adresa MAC a clientului. Aceasta este legătura care face ca aceeași stație să primească aceeași adresă și data viitoare.

3. Urmăriți DORA detaliat în Packet Tracer

În *Simulation*, filtrat pe **DHCP**, rulați `ipconfig /renew` pe stație și urmăriți cele patru mesaje. Pentru fiecare, deschideți plicul și notați:

Mesaj	IP sursă	IP destinație	Unicast sau broadcast?
Discover			
Offer			
Request			
Ack			
Întrebare			
Ce adresă IP sursă are mesajul Discover și de ce?			
► Vezi răspunsul			

4.9 DHCP relay

Segmentul Producție nu are server DHCP local. Serverul este pe R1, dincolo de o legătură serială - iar cererea, fiind broadcast, nu trece.

1. Convingeți-vă că nu merge

Pe PC-PROD, apăsați *cere prin DHCP*. Trebuie să obțineți: ce trebuie să apară

```
DHCP: nu a răspuns niciun server. Stația și-a atribuit singură o adresă APIPA.
IP address.....: 169.254.x.x
Subnet Mask.....: 255.255.0.0
Default Gateway.....: 0.0.0.0
```

Adresa care spune totul O stație cu adresă din 169.254.0.0/16 nu a primit răspuns la Discover. Nu căutați în altă parte: fie nu există server, fie cererea nu ajunge la el (relay lipsă, VLAN greșit, cablu în portul greșit), fie rezervorul este epuizat. Este unul dintre puținele simptome din rețelistică care indică direct cauza.

2. Configurați relay-ul

pe R2, interfața dinspre stații

```
R2(config)# interface gigabitEthernet 0/0/0
R2(config-if)# ip helper-address 172.20.18.1
R2(config-if)# end
```

Adresa este a interfeței lui R1 pe care rulează serviciul DHCP. Ce face ruterul: preia cererea de broadcast, o transformă într-un **unicast** către server și atașează informația despre rețeaua din care a venit. Serverul alege rezervorul potrivit după aceea informație - de aceea trebuie să existe pe R1 un rezervor definit pentru rețeaua Producție.

Cereți din nou adresă pe PC-PROD. Acum trebuie să apară:
ce trebuie să apară

```
DHCP: adresă primită de la R1 (prin relay)
IP address.....: 172.20.16.21
Subnet Mask.....: 255.255.254.0
Default Gateway.....: 172.20.16.1
```

Observați masca: 255.255.254.0, adică /23 - vine din rezervorul PRODUCTIE, nu din cel al Birourilor. Serverul a ales corect.

4.10 Patru probleme de diagnosticat

Provocați fiecare situație și rezolvați-o. Notați, de fiecare dată, **ce comandă v-a arătat problema**.

Tabelul 4.5 Patru probleme de diagnosticat.

Situația provocată	Cum o produceți	Simptom	Unde se vede
relay lipsă	pe R2: no ip helper-address 172.20.18.1	stațiile din Producție primesc 169.254.x.x	ipconfig pe stație
gateway nescos din rezervor	ștergeți excluderile și cereți adresă de pe mai multe stații	o stație primește chiar adresa gateway-ului	show ip dhcp binding
mască greșită	pe R2: ip address 172.20.16.1 255.255.255.0	jumătate din stațiile Producției devin inaccesibile	calculul adresei de rețea, pe hârtie
subrețele suprapuse	pe R2: ip route 172.20.16.0 255.255.252.0 172.20.20.33	rutare imprevizibilă, unele destinații inaccesibile	show ip route - două rute câte prefixe care se acoperă

Cum se citește o suprapunere în tabela de rutare. Ruterul alege întotdeauna ruta cu *prefixul cel mai lung*. Dacă aveți și 172.20.16.0/22, și 172.20.16.0/23, a doua câștigă pentru adresele pe care le acoperă, iar prima preia restul. Nu este o eroare - este regula. Devine problemă doar când nu ați vrut asta.

4.11 Provocare

Exemplul 4.2. Conducerea anunță o filială nouă, care va avea nevoie de: un segment cu 100 de stații, unul cu 25 și două legături punct-la-punct spre sediul central.

1. Încap noile cerințe în blocul 172.20.16.0/21, cu planul pe care l-ați făcut? Dacă da, de unde le alocați? Dacă nu, ce ați fi putut face diferit de la început?
2. Refaceți planul astfel încât toate subrețelele unei locații să fie **sumarizabile într-o singură rută**. Cât spațiu în plus costă această disciplină?
3. Care este ruta sumarizată pentru fiecare dintre cele trei locații, în noul plan?

Rezolvare. Punctul 2 este esența proiectării ierarhice de adrese. Alocarea strict optimă, „lipită”, minimizează risipa dar face sumarizarea imposibilă: subrețelele unei locații nu au un prefix comun. Alocarea pe blocuri - de exemplu un /23 rezervat integral pentru fiecare locație, indiferent cât se folosește din el - risipește adrese, dar reduce tabela de rutare a fiecărui ruter de la nouă intrări la trei.

Într-o rețea de întreprindere, compromisul se face aproape întotdeauna în favoarea sumarizării. Adresele private sunt gratuite; tabelele mari de rutare, actualizările de rutare inutile și depanarea grea nu sunt.

4.12 Ce se predă

Tabelul 4.6 Ce se predă.

Livrabil	Format	Punctaj
Planul VLSM complet, cu calculele și justificarea fiecărui prefix	document	30 %
Fișierul Packet Tracer implementat și funcțional	.pkt	30 %
Documentarea DORA, cu adresele fiecărui mesaj	document	15 %
Cele patru probleme provocate, cu simptom și comandă de diagnostic	document	10 %
Provocarea: planul refăcut pentru sumarizare, cu cele trei rute	document	15 %

Păstrați fișierul: laboratorul 5 pornește din exact această topologie.

Exerciții

1. Un segment are nevoie de 60 de stații plus gateway. Ce prefix alegeți?
 - a. /26
 - b. /27
 - c. /25
 - d. /24
2. De ce se alocă subrețelele VLSM începând cu cea mai mare?
 - a. Ca să fie mai ușor de citit tabelul
 - b. Pentru ca un bloc mare trebuie să înceapă la o adresă aliniată la dimensiunea lui; alocând întâi blocurile mici, alinierea se pierde
 - c. Pentru ca DHCP-ul cere asta
 - d. Nu contează ordinea

3. O stație primește adresa 169.254.8.12. Ce s-a întâmplat?
 - a. A primit adresa de la DHCP
 - b. Nu a primit răspuns la Discover și și-a atribuit singură o adresă APIPA
 - c. Gateway-ul este configurat greșit
 - d. Mască este prea mică
4. Ce adresă IP sursă are mesajul DHCP Discover?
 - a. Adresa stației
 - b. 0.0.0.0, pentru că stația încă nu are adresă
 - c. 255.255.255.255
 - d. Adresa gateway-ului
5. La ce folosește ip helper-address?
 - a. Configurează serverul DNS
 - b. Transformă broadcast-ul DHCP într-un unicast către serverul dintr-o altă rețea
 - c. Aloca adrese statice
 - d. Sumarizează rutele
6. Un segment /23 are mască:
 - a. 255.255.255.0
 - b. 255.255.254.0
 - c. 255.255.252.0
 - d. 255.255.255.128