

Komunikim të dhënash dhe rrjetat kompjuterike

Kapitulli 5: Shtresa Network

Prof. Asoc. Dr. Ezmolda Barolli

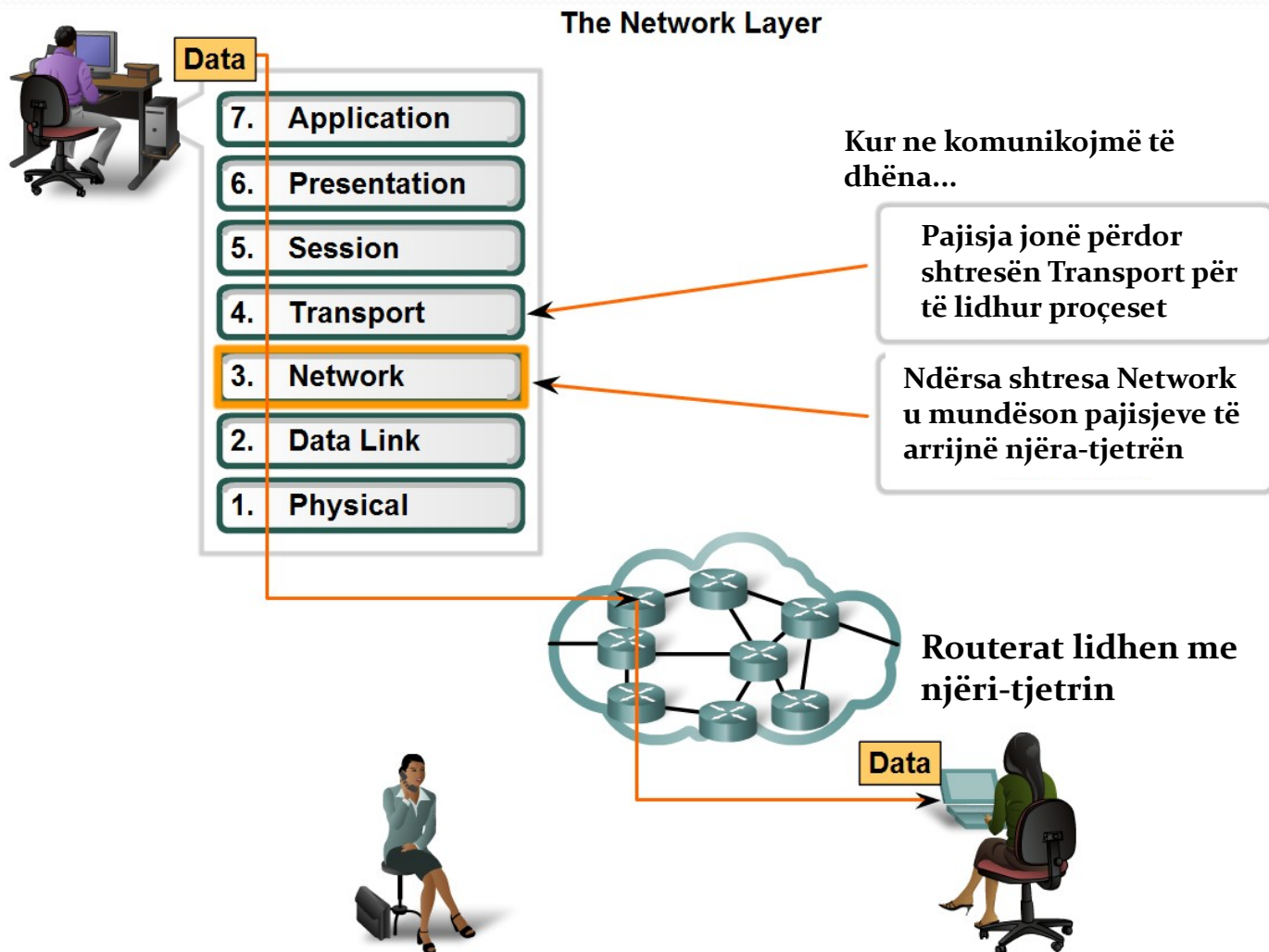
Përmbajtja

1. Hyrje
2. IPv4
3. Rrjetat – ndarja e hosteve në grupe
4. Routing – si trajtohen paketat e të dhënave
5. Protokollet e routing

1.1. Hyrje

- Ky kapitull fokusohet në rolin e shtresës **Network**.
 - Komunikimi **nga hosti burim deri tek hosti destinacion**.
 - **Internet Protocol (IP)** - shërbimi më i mirë **connectionless**.
 - Pse grupohen pajisjet në rrjeta.
 - **Adresimi hierarkik** mundëson komunikimin midis rrjetave.
 - Çfarë janë: **routes** (rrugëtimeve), **next-hop addresses** (adresat e hapit tjetër), dhe **packet forwarding** (pasimit të paketave) në rrjetin destinacion.

1.2. Shtresa Network



2.1. Komunikimi nga Host-i në Host

- Shtresa Network mundëson shërbime për **shkëmbimin** në rrjet të pjesëve të veçanta të të dhënave **midis pajisjeve fundore**.
- Për të realizuar këtë **transport skaj-më-skaj**, shtresa 3 përdor **katër proçese** bazë:
 - **Adresimin** (adresat e burimit dhe destinacionit)
 - **Enkapsulimin** (segmentet në paketa)
 - **Routing** (nevojiten pajisje të ndërmjetme: router)
 - **Dekapsulimin** (paketat përsëri në segmente)

2.2. Protokollet e përfshira në Shtresën Network

- Internet Protocol version 4 (**IPv4**) është më i zakonshmi.
- Internet Protocol version 6 (**IPv6**) është pasardhësi i IPv4.
- Novell Internetwork Packet Exchange (**IPX**).
- **Apple Talk**.
- Connectionless Network Service (**CLNS / DECNet**).

2.3. Protokoli i Internetit (IP)

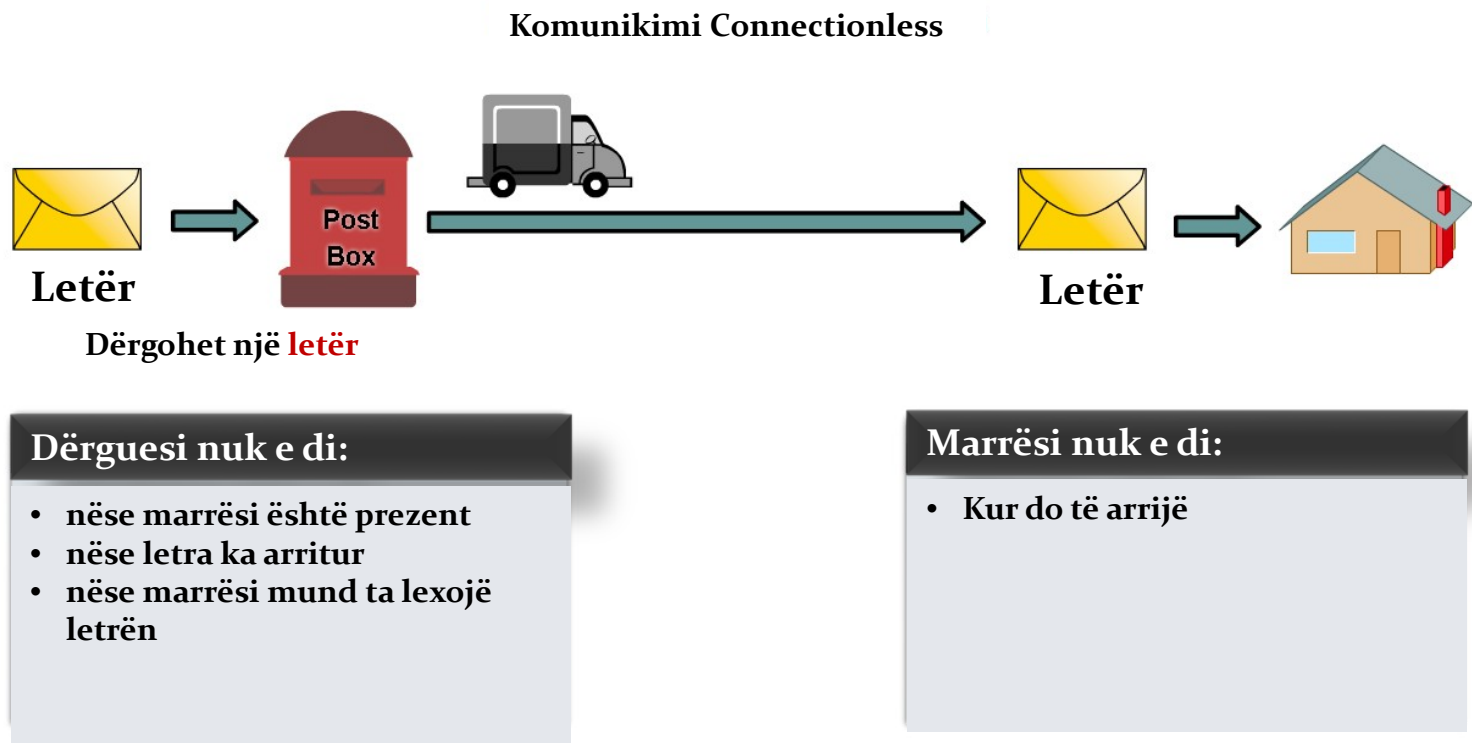
- Protokoli i Internetit u dizenjua si një protokoll me **ngarkesë të vogël**.
- Ai siguron vetëm funksionet e nevojshme **për të dorëzuar një paketë nga burimi në destinacion** nëpërmjet një sistemi rrjetash të ndërlidhura.
- Protokoli **nuk** është dizenuar për të **gjurmuar dhe menaxhuar rrjedhën** e paketave.

2.4. Karakteristikat Bazë të IPv4

- **Connectionless:** Asnjë lidhje nuk është vendosur përpara dërgimit të paketave të të dhënave.
- **Përpyjekja më e mirë (unreliable):** Nuk përdoret mbingarkesë për të garantuar dërgimin e paketës.
- **I pavarur nga media:** Operon në mënyrë të pavarur nga mediumi i transportimit të të dhënave.

2.5. IP – Connectionless

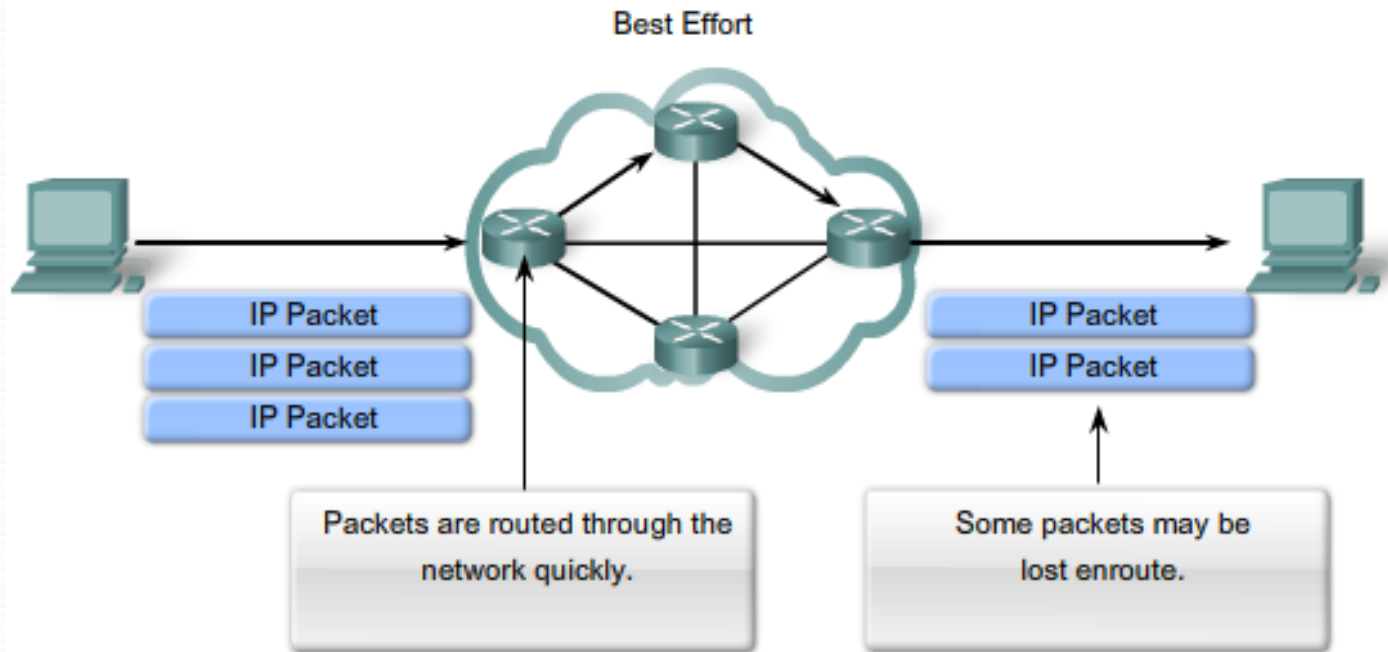
- Dërgimi i paketave **Connectionless** mund të sjellë që paketat të arrijnë në destinacion **jo sipas rradhës së dërgimit**. Këtë çështje duhet ta zgjidhë shtresa mësipër.



2.6. IP – Përperjekja më e mirë (Unreliable)

- **Misioni i shtresës 3 është të transportojë paketat midis hosteve ndërkohë që minimizon ngarkesën e rrjetit**
- **Shtresa 3 nuk interesohet madje nuk është në dijeni të llojit të komunikimit që përmbahet brenda paketave.**
- **IP shpesh referohet si një protokoll jo i besueshëm. Jo besueshmëria do të thotë që IP nuk ka aftësi të menaxhojë dhe të rikuperojë paketat e padorëzuara ose të korruptuara.**

2.7. IP – Përpyjekja më e mirë (Unreliable)



As an unreliable Network layer protocol, IP does not guarantee that all sent packets will be received.

Other protocols manage the process of tracking packets and ensuring their delivery.

2.8. IP – I pavarur nga media

- **Shtresa Network gjithashtu nuk është e ngarkuar me karakteristikat e medias** në të cilën do të transportohen paketat.
 - Çdo paketë IP mund të dërgohet si sinjal elektrik në kabëll, si sinjal optik në fibër ose si sinjal radio në rrjetat ajrore (wireless).
- Është **përgjegjësi e shtresës Data Link** për të marrë paketën IP dhe për ta përgatitur për transmetim në median e komunikimit.
- Megjithatë, **shtresa Network merr në konsideratë madhësinë e PDU** që çdo medium mund të transportojë: **Maximum Transmission Unit (MTU)**.

2.9. IP – I pavarur nga media

- Vendosja e madhësisë maksimale për paketat (MTU) është pjesë e **komunikimit të kontrollit midis shtresës network dhe shtresës data link**.
- Shtresa data link layer e përcjell MTU tek shtresa network. Në vazhdim, **shtresa network përcakton** se në çfarë **madhësie** duhet ti krijojë paketat.
- Në disa raste, **routerave** do t'ju **duhet ta ndajnë një paketë** kur ajo përcillet nga një **media** në një tjetër me **MTU më të vogël**. Ky proces quhet **fragmentimi i paktës** ose fragmentarizim.

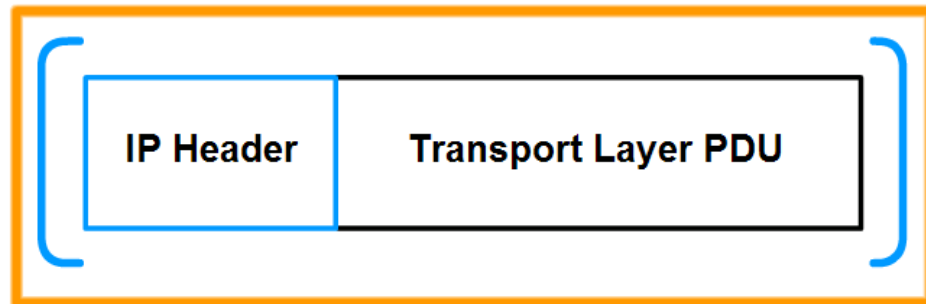
2.10. Paketa IP

Generating IP Packets

Transport Layer Encapsulation



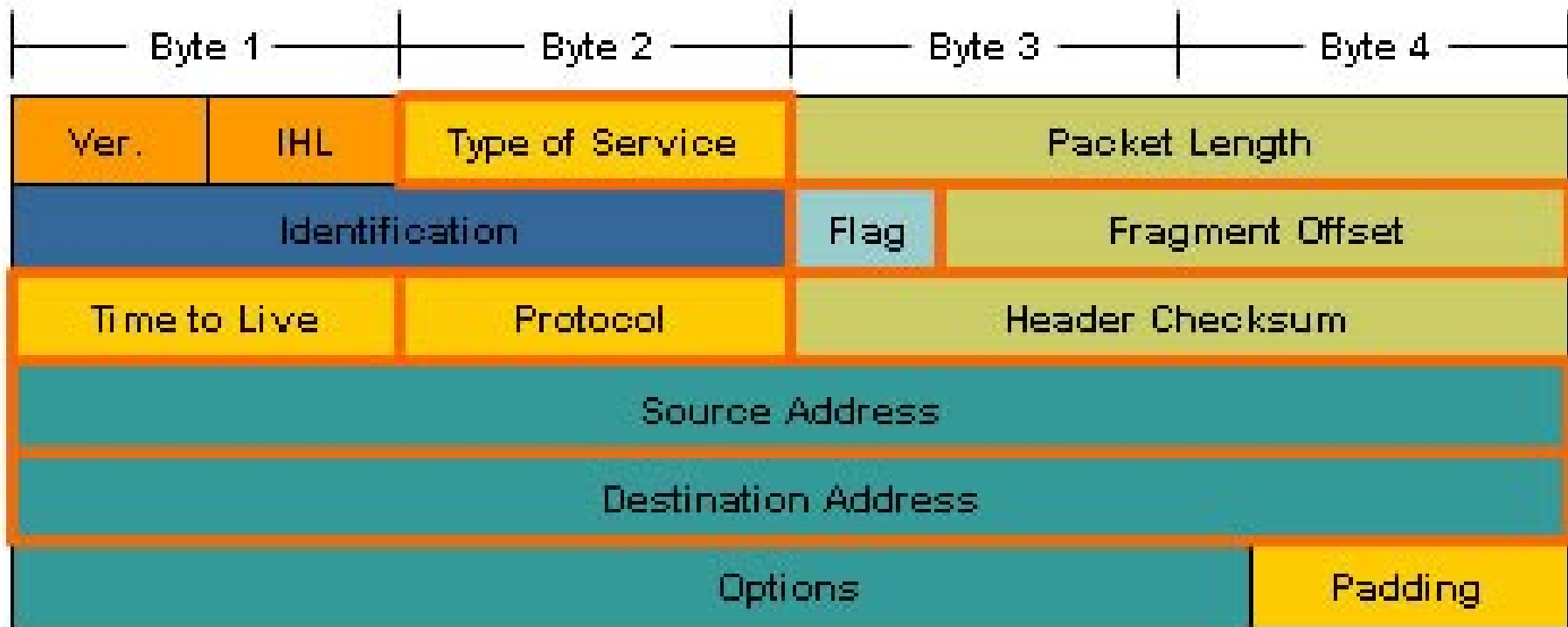
Network Layer Encapsulation



IP Packet

In **TCP/IP based networks**, the Network layer PDU is the **IP packet**.

2.11. Header i Paketēs IPv4



2.12. Header i Paketës IPv4

- **Header-i** ka 14 fusha, **6 më të rëndësishmet** në të cilat ne do të fokusohemi janë:
 - Adresa IP burim
 - Adresa IP destinacion
 - Time-to-Live (TTL) (Jetëgjatësia)
 - Type-of-Service (TOS) (Lloji i shërbimit)
 - Protocol (Protokolli)
 - Fragment Offset (Zhvendosja e Fragmentit)

2.13. Header i Paketës IPv4

- **Time-to-Live:** Një vlerë binare 8-bit që tregon “jetëgjatësinë” e mbetur të paketës. Vlera TTL **zvogëlohet** të paktën **me një** sa herë që paketa kalon nga një **router** (a hop). Kur vlera bëhet zero, routeri e injoron paktën.
- **Protocol:** 8 Bit. I mundëson shtresës network ti kalojë të dhënat në **protokollin** e duhur të **shtresës së mësipërme**, p.sh. 01=ICMP, 06=TCP, 17=UDP,...
- **Type-of-Service:** Ka një vlerë binare 8-bit binary e cila përdoret për të përcaktuar **prioritetin e çdo pakete**.

2.14. Header i Paketës IPv4

- **Fragment Offset:** 13 bit. Identifikon **radhën** sesi duhen vendosur fragmentet e paketës gjatë rindërtimit të saj.
- **More Fragments (MF) flag:** Një bit i veçantë në fushën Flag (3 bit) që përdoret së bashku me Fragment Offset për fragmentimin dhe rindërtimin e paketave.
- **Don't Fragment (DF) flag:** Një bit i veçantë në fushën Flag që tregon se **fragmentimi nuk është i lejuar**.
- **Identification:** Kjo fushë përdoret kryesisht për të identifikuar në mënyrë unike fragmentet të paketës origjinale.

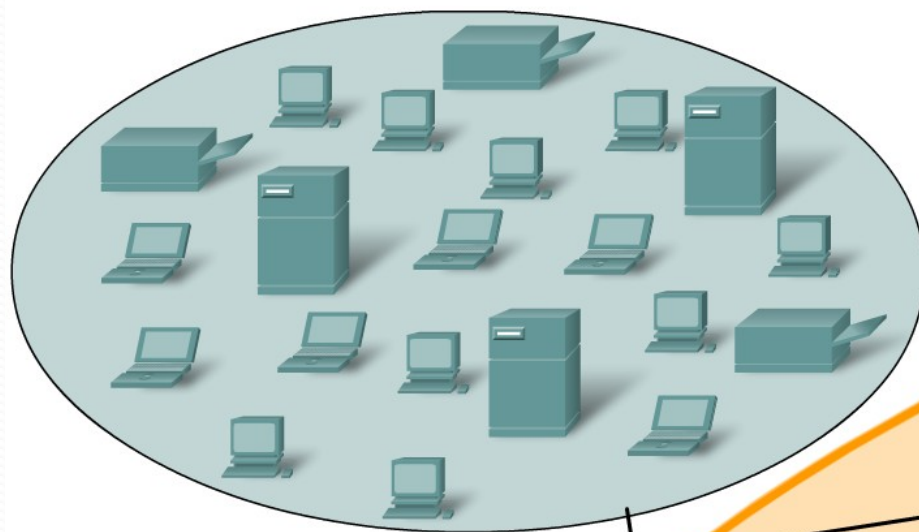
2.15. Header i Paketës IPv4

- **Header Length (IHL):** Specifikon **madhësinë e header** të paketës.
- **Packet Length:** Kjo fushë tregon **madhësinë në byte** të të gjithë paketës duke përfshirë header dhe data.
- **Version:** Përmban numrin e **versionit të IP** (në këtë rast është 4).
- **Header Checksum:** Fusha checksum përdoret për **kontrollin e gabimeve në header** të paketës.
- **Options:** Janë një **rezervë** për fusha shtesë në header të IPv4 për të siguruar shërbime të tjera por këto përdoren shumë rallë.

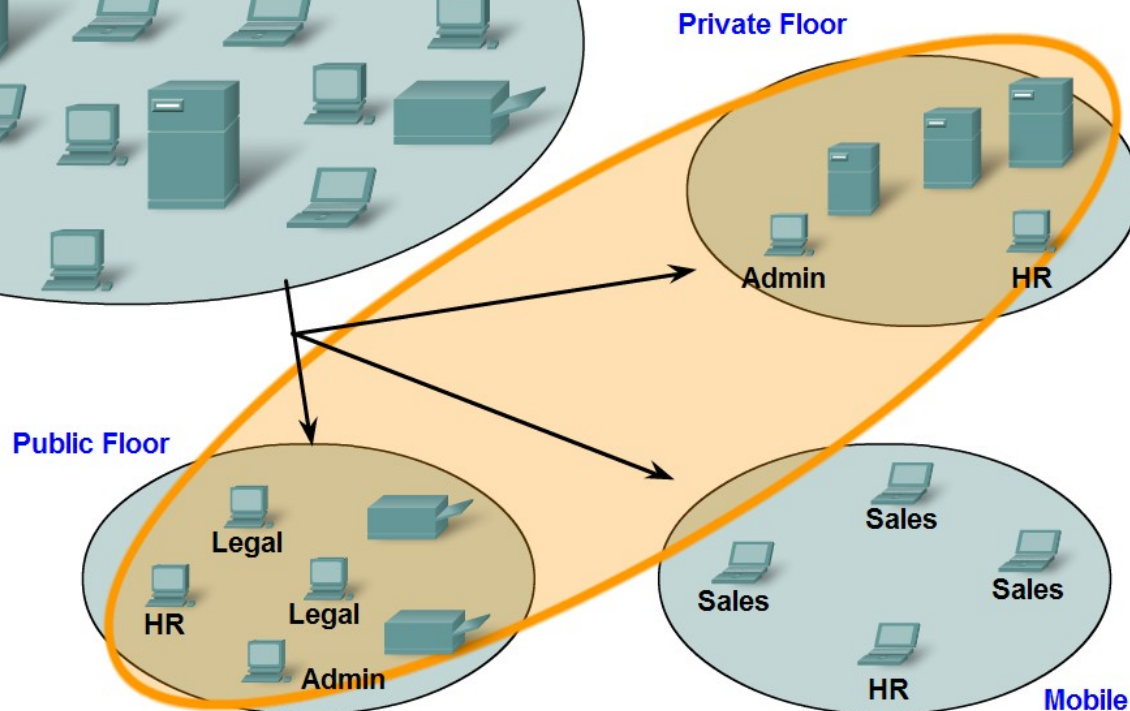
3.1. Ndarja e Rrjetave në Grupe të Përbashkëta

- Një nga rolet kryesore të shtresës network është të sigurojë një **mekanizëm për adresimin e hosteve**.
- Në vend që të gjithë hostet anembanë të lidhen në një rrjet gjigand global, është shumë **më praktike** dhe e menaxhueshme **ti gruposh hostet në rrjeta specifike** (rrjeta më të vogla / **subnets**).
- Rrjetat mund të grupohen bazuar në **faktorë** që përfshijnë: **vendodhjen gjeografike, qëllimi dhe pronësia**.

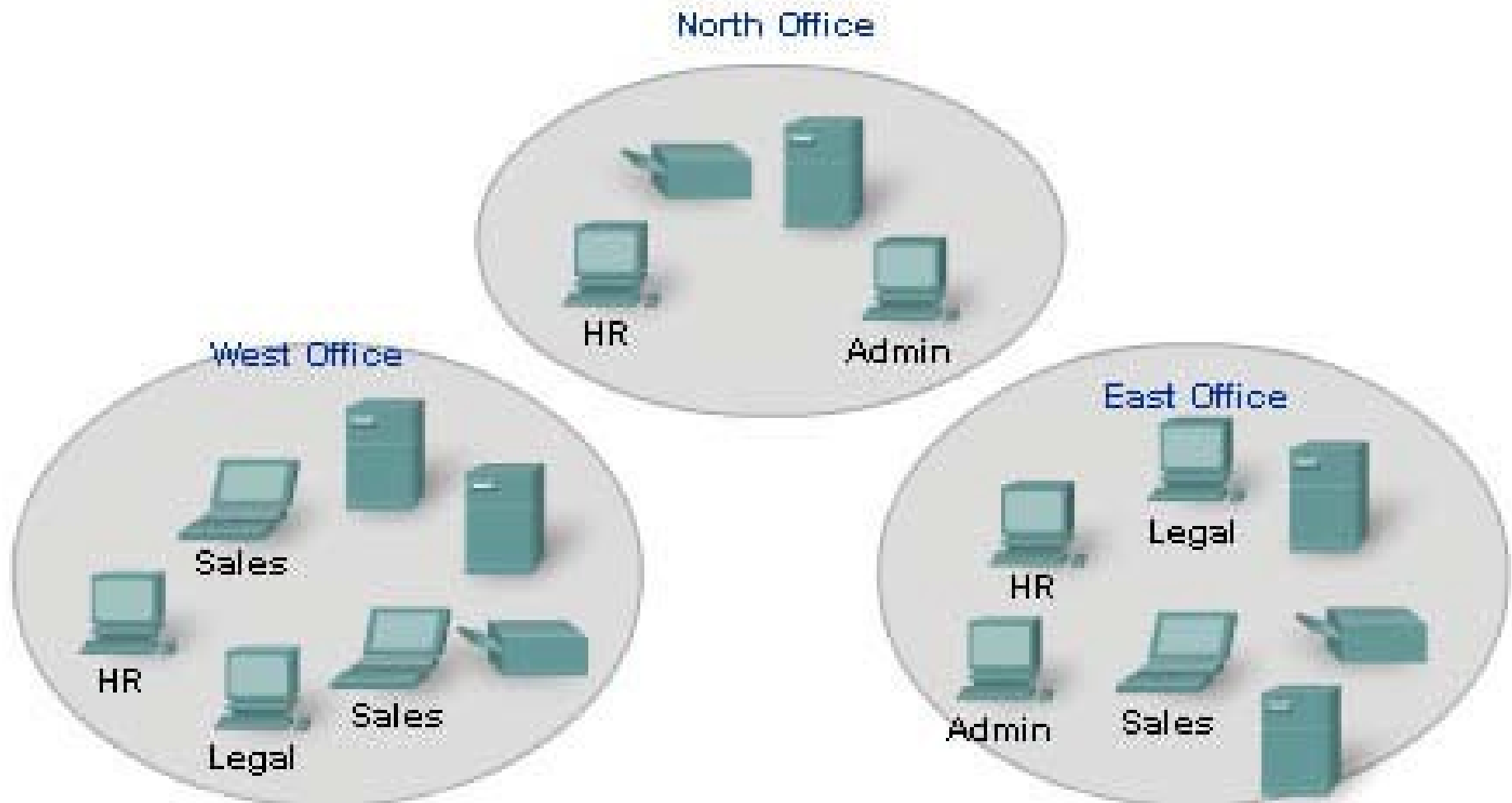
3.2. Ndarja e Rrjetave në Grupe të Përbashkëta



Dizenjuesit e rrjetit duhet të pyesin:
mbi çfarë baze duhet të ndahet
rrjeti?

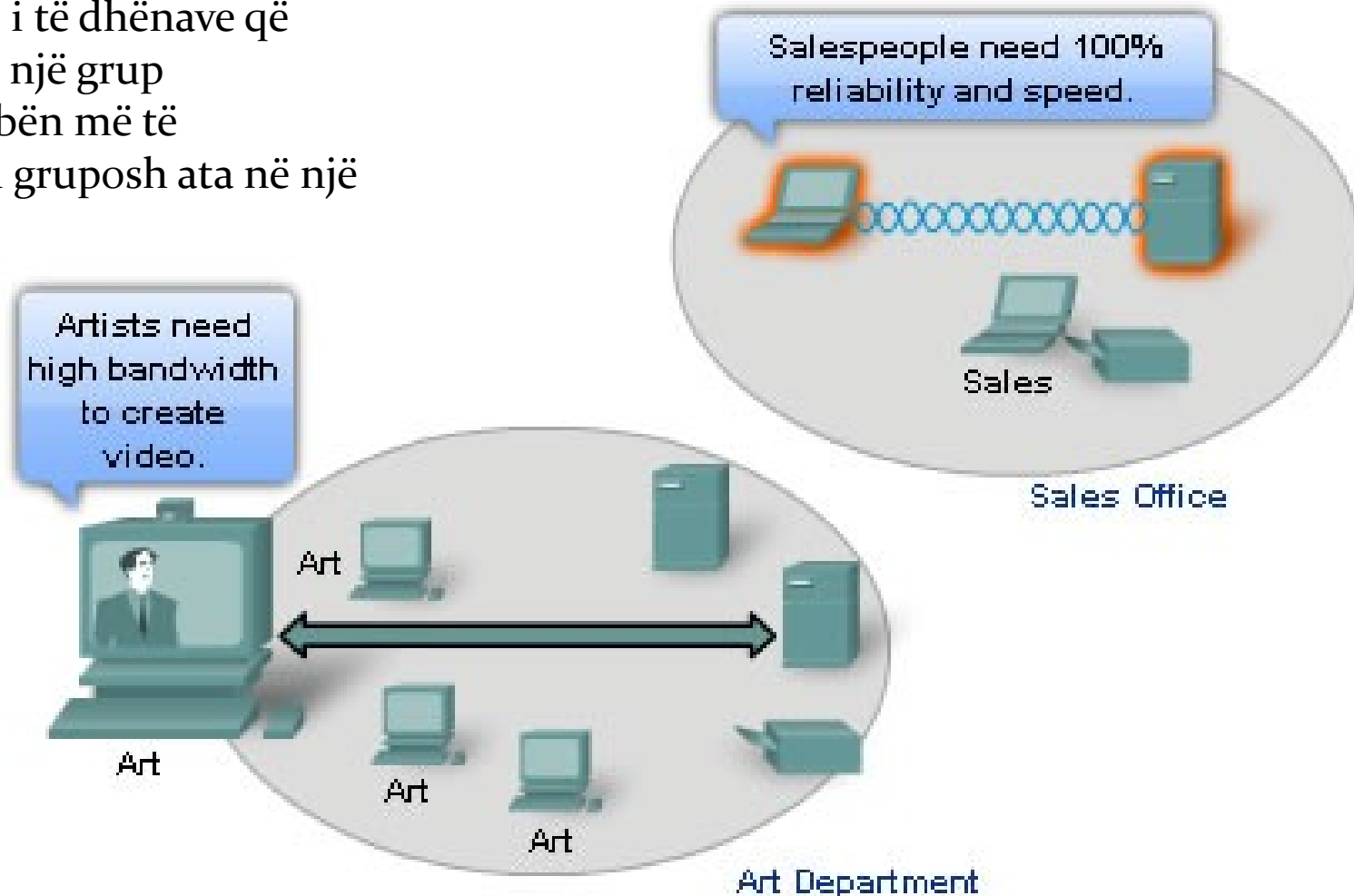


3.3. Grupimi sipas Vendodhjes



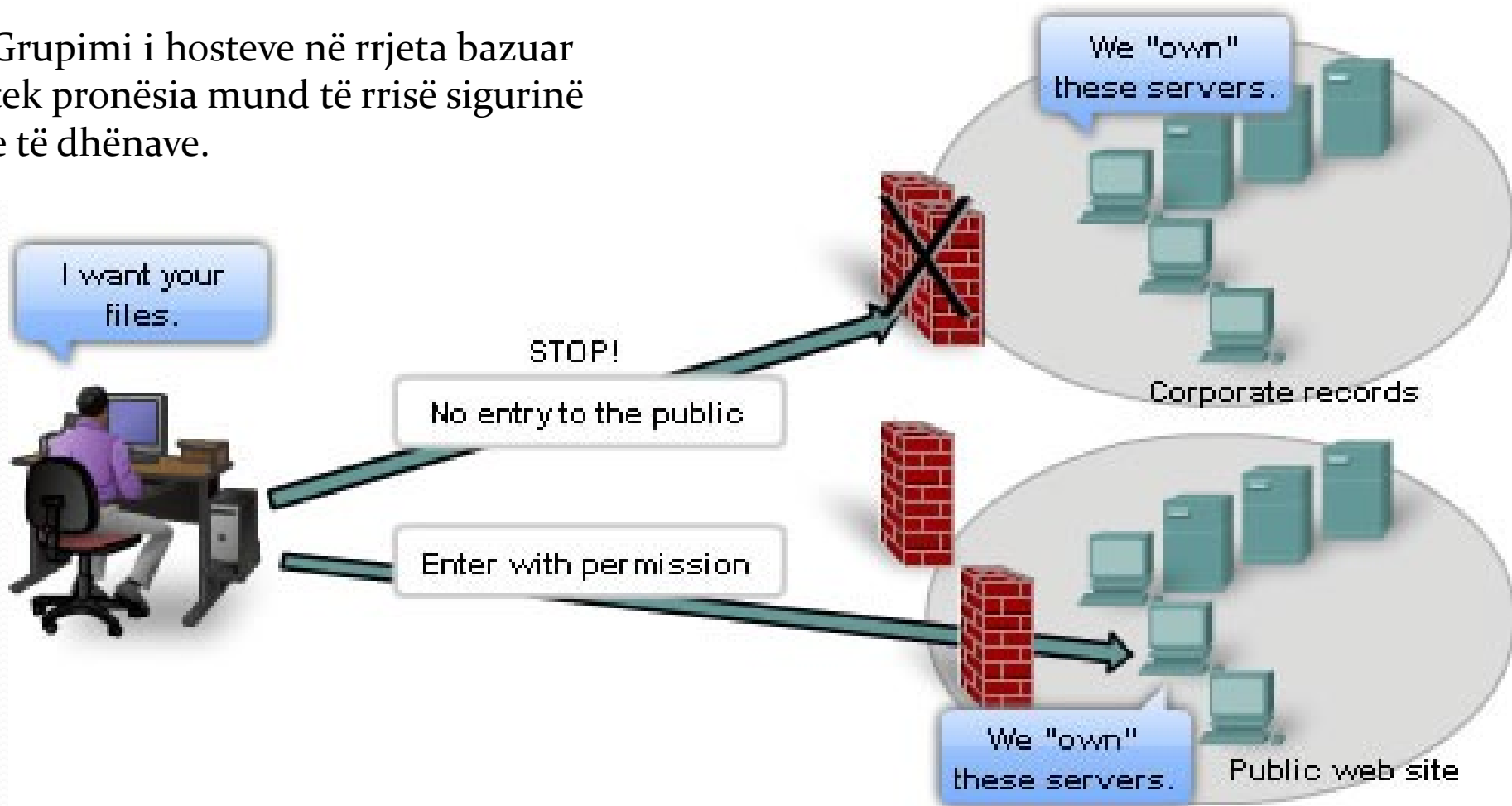
3.4. Grupimi sipas Qëllimit

Volumi dhe tipi i të dhënave që gjenerohen nga një grup përdoruesish e bën më të përshtatshme ti gruposh ata në një rrjet.



3.5. Grupimi sipas Pronësisë

Grupimi i hosteve në rrjeta bazuar tek pronësia mund të rrisë sigurinë e të dhënave.



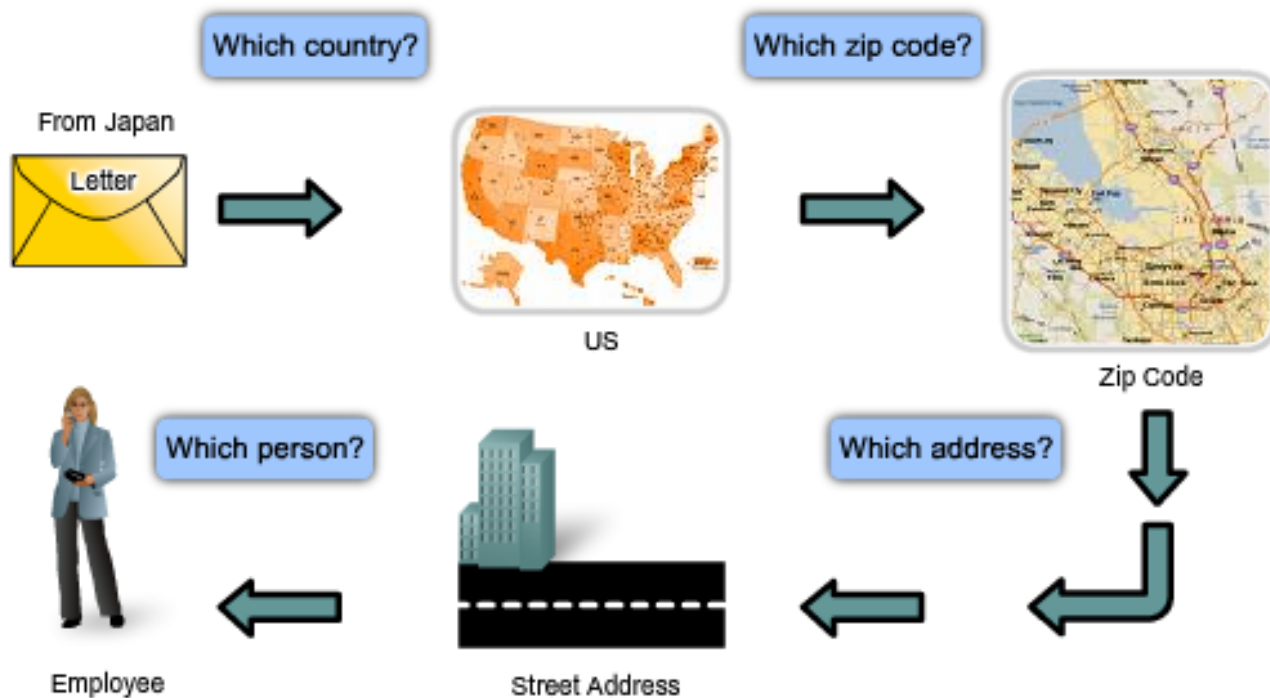
3.6. Pse i ndajmë Rrjetat?

- **Problematikat** më të zakonshme tek rrjetat e mëdha janë:
 - **Degradimi i Performancës:** Burimet e rrjetit mbingarkohen, ulet mundësia për **routing**. Gjenerimi i **mesazheve broadcast** konsumon bandwidth. Për këtë arsye krijohen **broadcast domain-et**.
 - **Çështjet e sigurisë:** Ndarja e rrjetit **bazuar në aksesin e përdoruesve** mbron të dhënat nga aksesit i paautorizuar. Siguria **implementohet në një pajisje të ndërmjetme** (router ose firewall).
 - **Menaxhimi i adresave:** Grupimi redukton ngarkesën e **panevojëshme** që të **gjithë hostet të dinë të gjitha adresat**. Për të gjitha destinacionet e tjera, hostet nevojitet vetëm të dinë adresën e pajisjes së ndërmjetme, **gateway**.

3.7. Adresimi Hierarkik

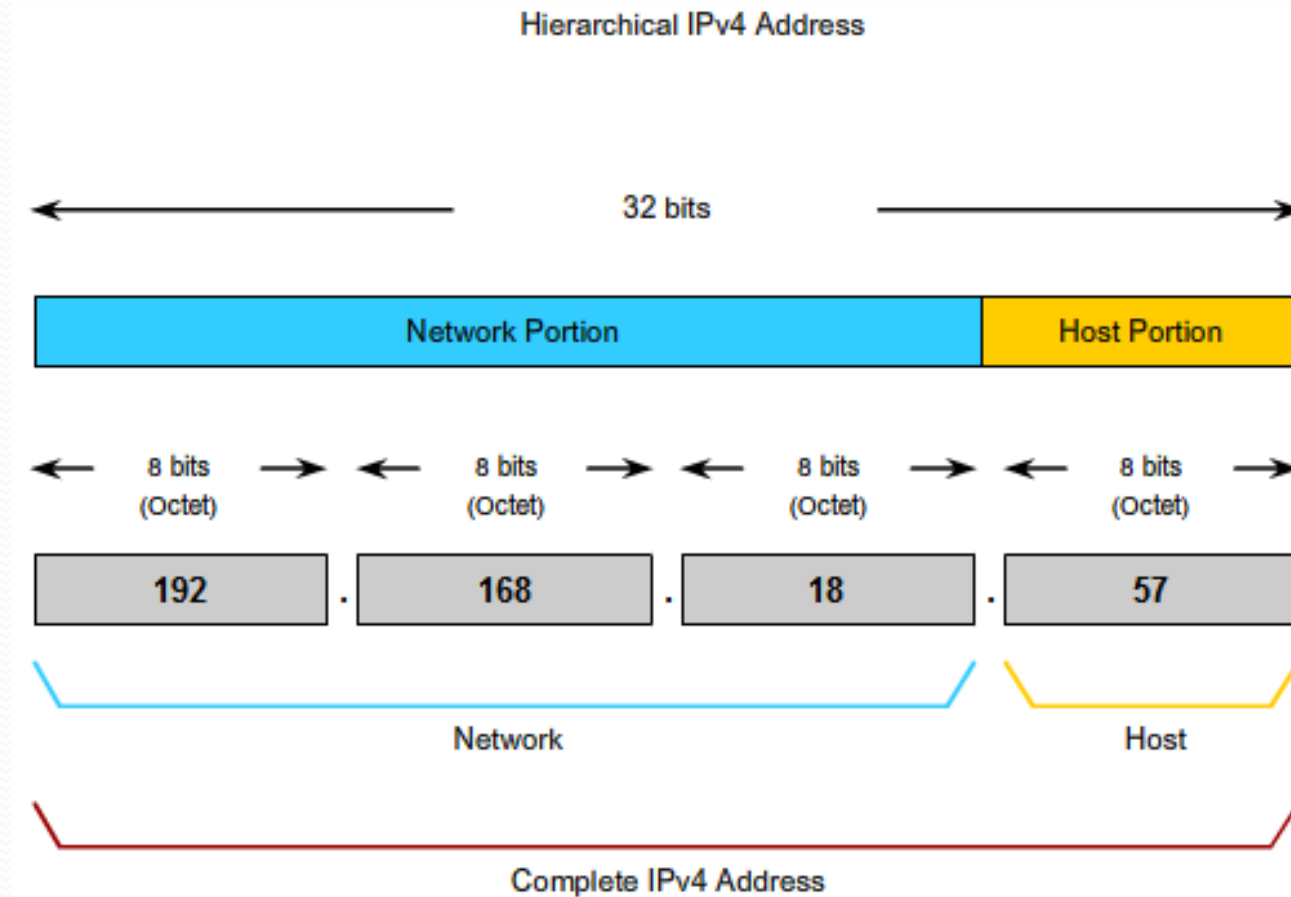
Hierarchical Addressing

TO: Jane Doe 170 West Tasman Drive, San Jose, CA 95134, USA



At each step of delivery, the post office need only examine the next hierarchical level.

3.7. Adresa Hierarkike IPv4



3.8. Adresimi Hierarkik

- Për të mundësuar ndarjen e rrjetave, kemi nevojë për adresim hierarkik. **Adresa hierarkike identifikon në mënyrë unike çdo host dhe ka nivele** që asistojnë në përcjelljen e paketave përgjatë rrjetave të tjera, çfarë mundëson ndarjen e rrjetit sipas këtyre niveleve.
- P.Sh: Adresë IPv4 - 192.168.18.57
 - Tre oktetet e para (192.168.18) mund të identifikojnë pjesën që i përket rrjetit në adresë dhe oktetit i fundit (57) identifikon hostin.
- Për të ndarë një rrjet, pjesa e adresës që i përket rrjetit zgjerohet duke marrë bite nga pjesa e adresës së hostit (subnetting).

4.1. Routing

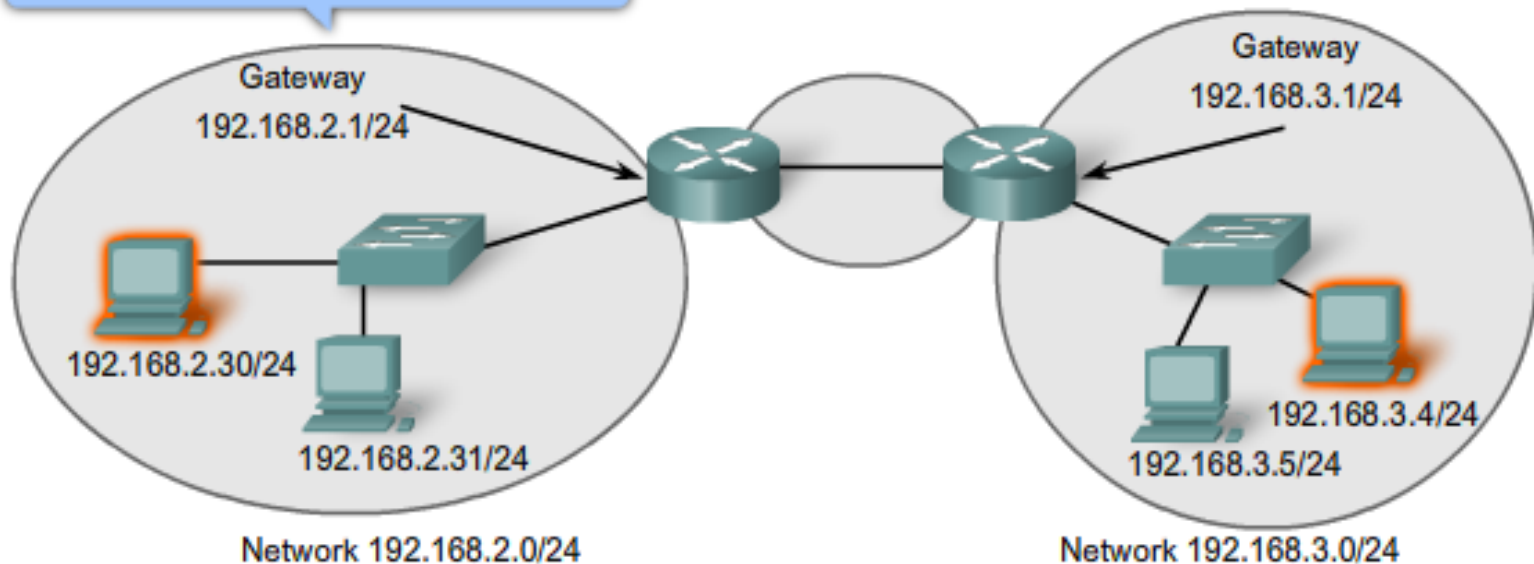
- **Nuk është e përshtatshme për një host të veçantë të dijë adresat e çdo pajisje me të cilat mund ti duhet të komunikojë në internet.**
- **Për të komunikuar me një pajisje në një rrjet tjetër, hosti përdor adresën e default gateway për të përcjellë një paketë jashtë rrjetit lokal.**
- **Routeri gjithashtu ka nevojë për një shteg i cili përcakton se ku duhet ta përcjellë paketën. Kjo quhet adresa next-hop (ndalesa e rradhës).**

4.2. Routing

Gateways Enable Communications between Networks

I only know the addresses of the devices in my network.

If I don't know the address of the destination device, I send the packet to the gateway address by default.

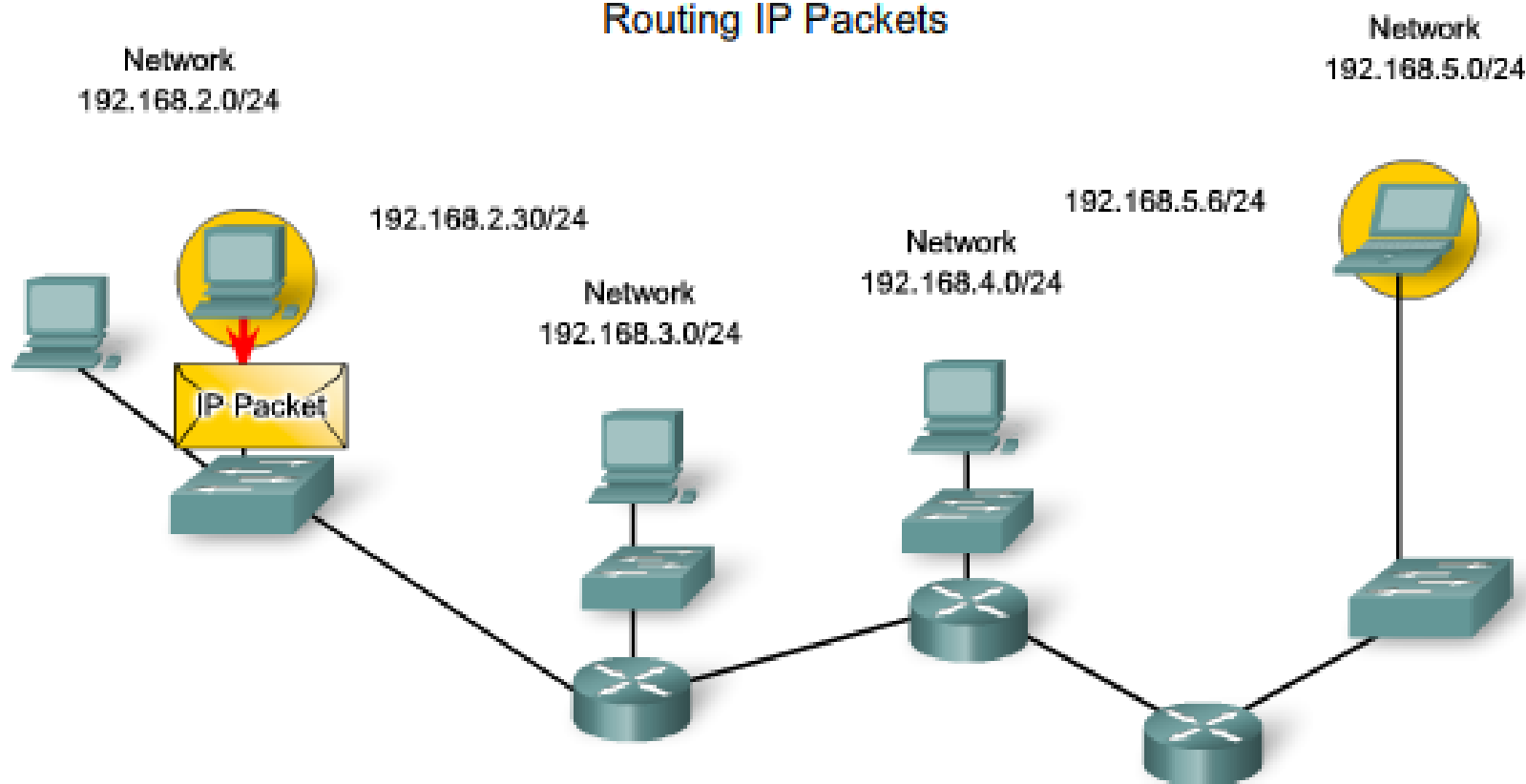


4.3. Paketat IP - Mbartja e të dhënave nga skaji në skaj (fillim-mbarim)

- **Paketa IP ndërtohet në shtresën 3 për të transportuar PDU e shtresës 4.**
 - N.q.s. hosti destinacion është **në të njëjtin rrjet** si hosti burim, paketa i **dërgohet në median lokale** pa nevojën e routerit.
 - N.q.s hosti destinacion dhe hosti burim **nuk janë në të një rrjet**, paketa mund të **mbartë një PDU të shtresës Transport përgjatë shumë rrjeteve** dhe midis shumë routerave.

4.4. Paketat IP – Mbartja e të dhënave nga skaji në skaj

Routing IP Packets



4.5. Konfigurimi i Default Gateway – Rruga jashtë rrjetit

The diagram illustrates a network topology where three laptops are connected to a central switch, which is in turn connected to a router. The router is labeled with the IP address 192.168.1.254/24. A callout box points to the router, indicating it is the default gateway for the network. The callout box also lists the IP Address 192.168.1.2/24 and the Gateway Address 192.168.1.254/24 for one of the laptops. Another callout box points to the router, indicating it is the default gateway for the network. The callout box also lists the IP Address 192.168.1.1/24 and the Gateway Address 192.168.1.254/24 for another laptop. A third callout box points to the router, indicating it is the default gateway for the network. The callout box also lists the IP Address 192.168.1.3/24 and the Gateway Address 192.168.1.254/24 for a third laptop.

The screenshot shows the "Internet Protocol (TCP/IP) Properties" dialog box. The "General" tab is selected. The "Use the following IP address" option is chosen. The IP address is set to 192.168.1.2, the Subnet mask is 255.255.255.0, and the Default gateway is 192.168.1.254. The "Obtain DNS server addresses automatically" option is also selected. The "Advanced..." button is visible at the bottom right.

The gateway is configured in Windows using Internet Protocol (TCP/IP) Properties.

4.6. Konfigurimi i Default Gateway

Confirming the Gateway Settings

```
C:\>ipconfig

Windows IP Configuration

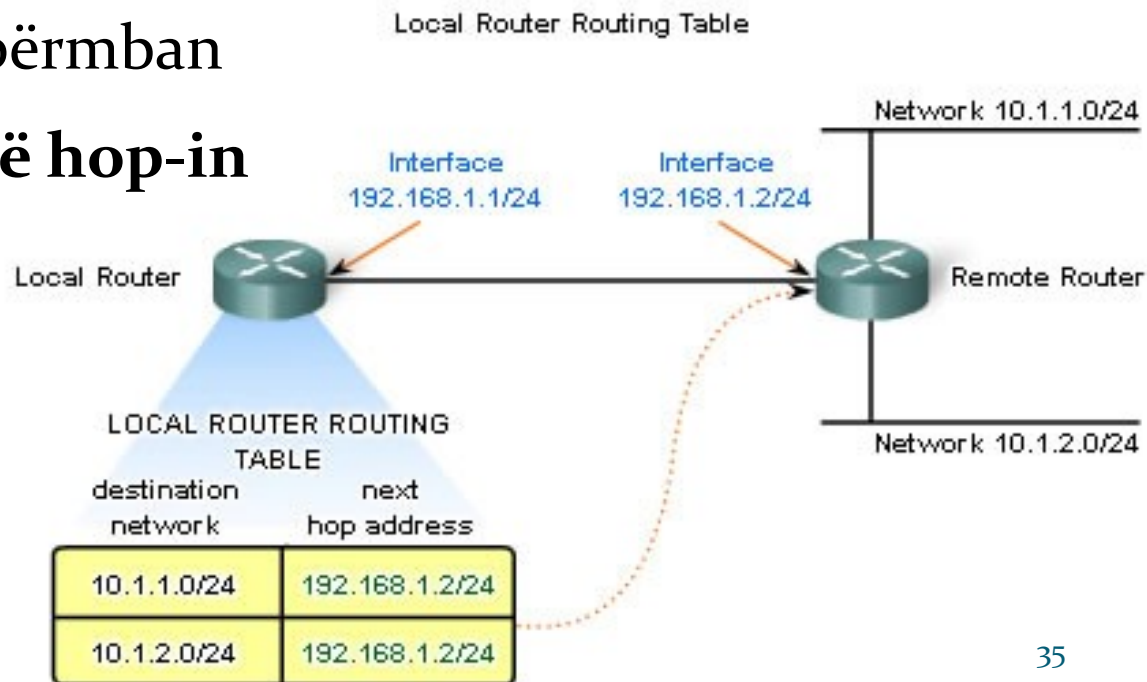
Ethernet adapter Local Area Connection:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IP Address. . . . . : 192.168.1.2
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.1.254
```

IP address for this host computer

4.7. Router-i

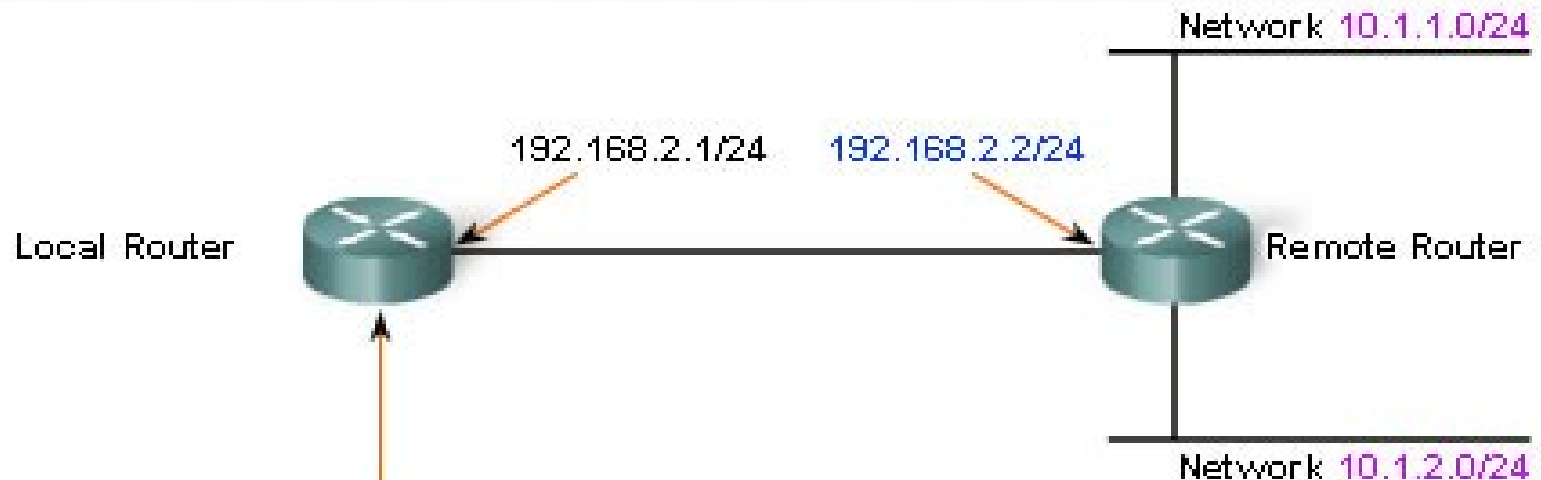
- **Routeri**, për çdo paketë që arrin në ndërfaqen e gateway, realizon një vendimmarrje se ku duhet ta përcjellë.
- **Rrjeti destinacion** mund të jetë jetë jetë disa routera ose hope larg gateway.
- Rruga për në atë rrjet përmban vetëm routerin për në hop-in tjetër ku duhet përcjellë paketa, dhe jo routerin final.



4.8. Tabela e Rutimit e Router - (Routing Table)

- **Routing Table** ruan **informacion** rreth rrjetave ku është lidhur routeri dhe rrjetave në distancë.
- **Dy veçoritë kryesore të një rruge** në routing table janë:
 - **Rrjeti destinacion**
 - **Next-hop** (routeri i radhës)
- Routeri **çifton adresën destinacion** në header-in e paketës **me rrjetin destinacion të një rruge** në **routing table** dhe e **përcjell paketën tek next-hop router** i specifikuar nga ajo rrugë.

4.9. Tabela e Rutimit e Router - (Routing Table)



```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R    10.1.1.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
R    10.1.2.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

This is the routing table output of Local Router when the "show ip route" is issued.

The next hop for networks 10.1.1.0/24 and 10.1.2.0/24 from Local Router is 192.168.2.2.

4.10. Routing Table e Router-it

- **Routeri** mund të përdorë një **default route** për të përcjellë paketën. Default route përdoret kur rrjeti destinacion nuk është i pranishëm në **asnjë rrugë** (route) të **routing table**.
- **Nuk ka mundësi** për të patur një route për çdo rrjet të mundshëm në internet.
- **Default route** është route që do të çiftohet me të gjithë rrjetet destinacion.

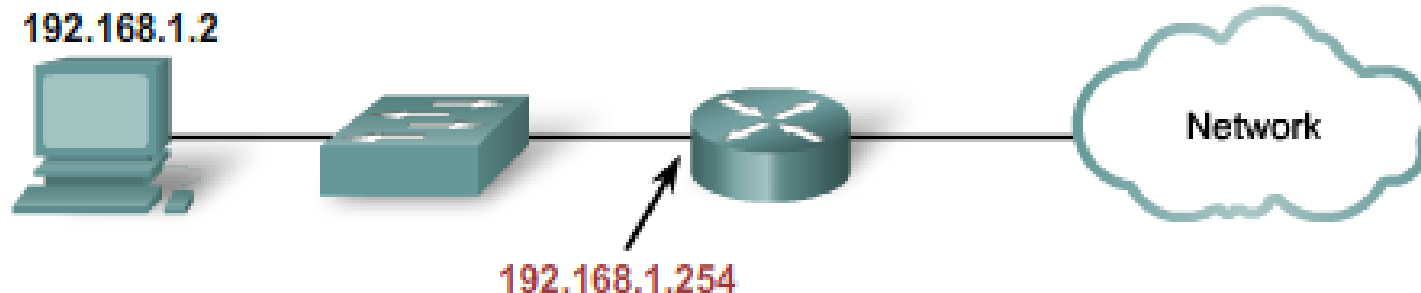
The routing table shows the default route 0.0.0.0.

```
Gateway of last resort is 192.168.2.2 to network 0.0.0.0
  10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R    10.1.1.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
R    10.1.2.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.2.2
```

4.11. Routing Table e Host-it

- Çdo host krijon route-et që përdor për të përcjellë paketat që krijon.
- Këto route nxirren nga rrjeti ku është lidhur dhe konfigurimi i **default gateway**.
- Host-et shtojnë automatikisht tek route-tet të gjitha rrjetet ku janë të lidhur.
- Komanda: **netstat -r**

4.12. Routing Table e Host-it



```
Interface List
0x2 ...00 0f fe 26 f7 7b ... Gigabit Ethernet - Packet Scheduler Miniport
=====
Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway           Interface        Metric
      0.0.0.0              0.0.0.0         192.168.1.254     192.168.1.2       20
    192.168.1.0        255.255.255.0     192.168.1.2     192.168.1.2       20
Default Gateway:          192.168.1.254
// output omitted //
```

This is an example of a routing table on an end device after the `netstat -r` command is issued. Note that it has a route to its network (192.168.1.0) and a default route (0.0.0.0) to the router gateway for all other networks.

4.13. Rrjetat Destinacion

- Rrjeti destinacion - **një route** në tabelën e routing - **paraqet një varg adresash të hosteve dhe nganjëherë një varg të adresave të hosteve dhe rrjetave.**

Route Entries in a Routing Table

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R 10.1.1.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
R 10.1.2.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

The routing table shows the destination networks.

4.14. Përzgjedhja e route-t

- Përparësia për zgjedhjen e **next-hop** për paketën me adresë IP destinacion **10.1.1.55**
 1. 10.1.1.0
 2. 10.1.0.0
 3. 10.0.0.0
 4. 0.0.0.0
 5. shkarkohet
- **Default route** duhet të konfigurohet .
- Është një route që do të **përputhet** me të gjitha rrjetat destinacion që nuk kanë një regjistrim në routing table.

The routing table shows the default route 0.0.0.0.

```
Gateway of last resort is 192.168.2.2 to network 0.0.0.0
 10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R   10.1.1.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
R   10.1.2.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
C   192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
S*  0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.2.2
```

4.15. Next Hop – hapi i radhës

- **Next-hop** është **adresa e pajisjes** e cila do të proçesojë në vazhdim paketën.
- **Disa routes** mund të kenë **disa next-hops**. Kjo do të thotë që ka **disa rrugë** për të njëjtin rrjet destinacion.

The routing table shows the default route 0.0.0.0.

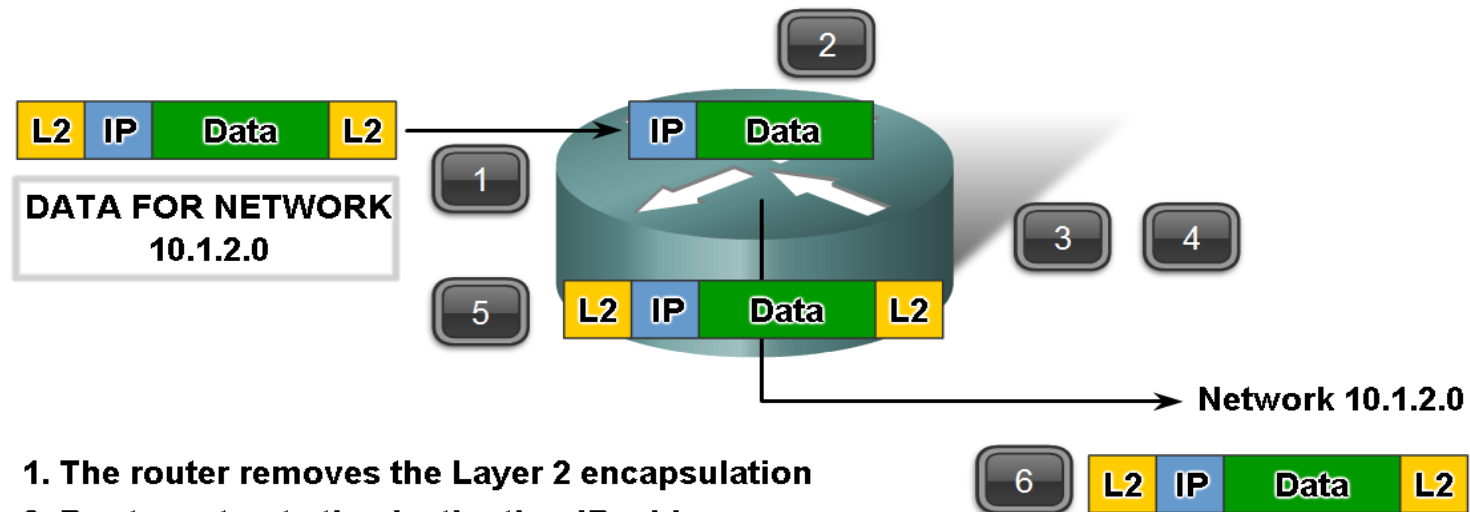
```
Gateway of last resort is 192.168.2.2 to network 0.0.0.0
 10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
R    10.1.1.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
R    10.1.2.0 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08, FastEthernet0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.2.2
```

4.16. Packet Forwarding – Pasimi i paketave

- Routimi bëhet **paketë-pas-pakete** dhe **hap-pas-hapi**.
- **Çdo paketë** trajtohet në mënyrë të pavaruar në çdo router përgjatë rrugëtimit.
- Në çdo hap, routeri **ekzaminon adresën IP të destinacionit** pastaj **kontrollon routing table**.
- **Routeri realizon një nga tre veprimet** në vijim me paketën:
 - E **përcjell** tek **next-hop router**
 - E **përcjell** tek **hosti destinacion**
 - E **shkarkon** (drop) paketën

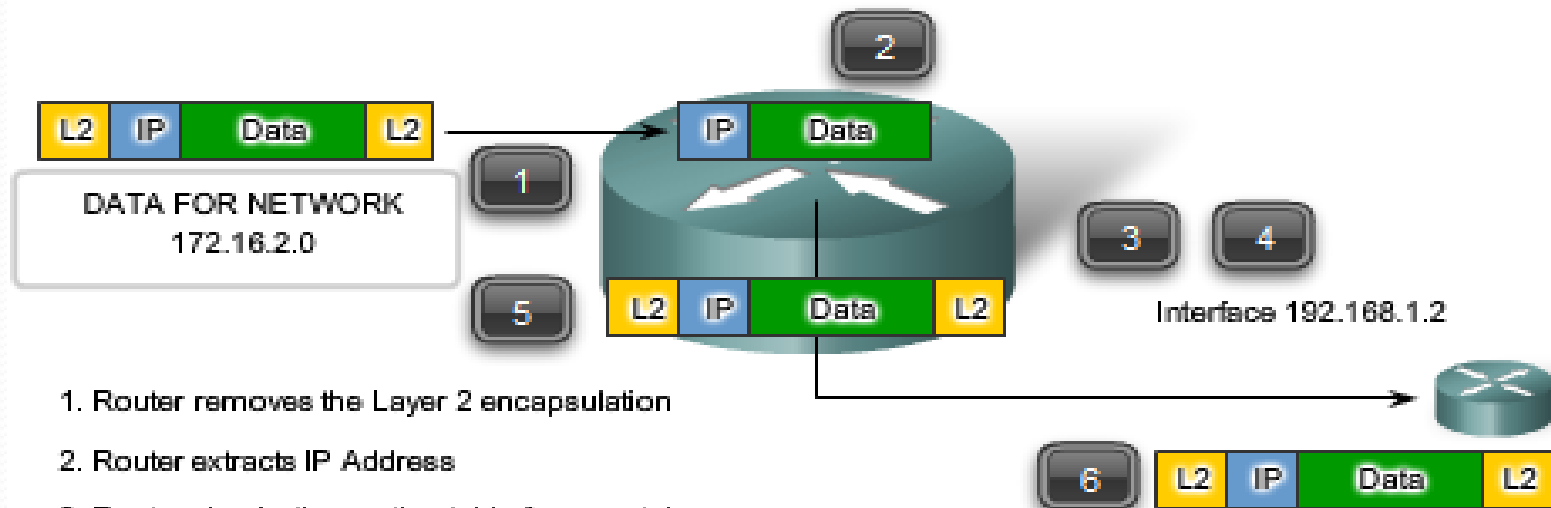
4.17. Pasimi i paketave - Packet Forwarding

Route Entry Exists



4.18. Pasimi i paketave - Packet Forwarding

No Route Entry But Default Route Exists



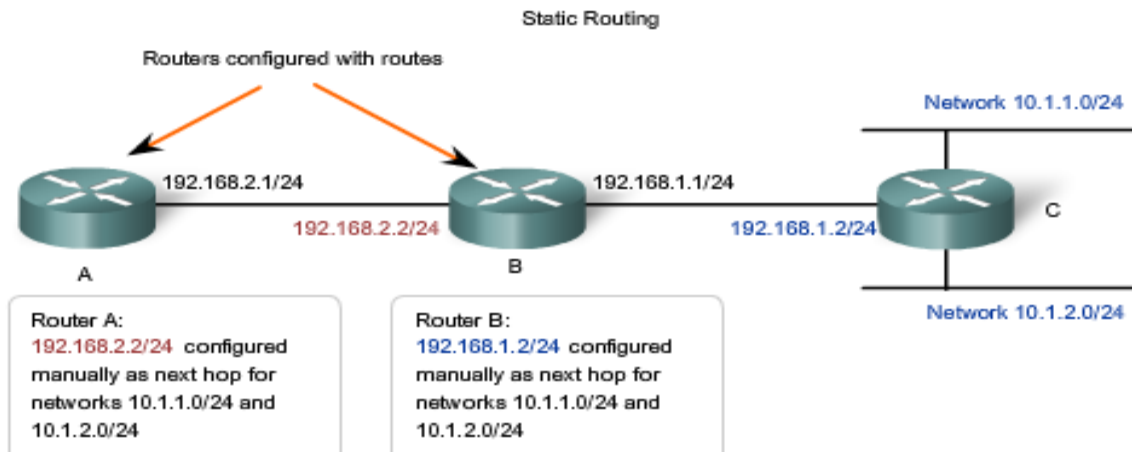
1. Router removes the Layer 2 encapsulation
2. Router extracts IP Address
3. Router checks the routing table for a match
4. Network 172.16.2.0 not in the routing table but default route to 192.168.1.2 exists
5. Router re-encapsulates the packet
6. Packet is sent to Interface 192.168.1.2

5.1. Si mësohen route-t?

- **Informacioni për Route-t mund të konfigurohet manualisht në router ose të mësohet në mënyrë dinamike nga routerat e tjerë në të njëjtin internetwork.**
 - **Static Routing:** Konfigurohet manualisht.
 - **Dynamic Routing.** Duke përdorur protokollet e rutimit.
- **Mirëmbajtja e tabelës së rutimit me konfigurim statik manual nuk është gjithmonë e përshtatshme.** Prandaj përdoren protokollet e rutimit dinamik.
- **Protokollet e rutimit janë grup regullash me anë të të cilave ruterat ndajnë në mënyrë dinamike informacionet e tyre të rutimit.**

5.2. Static routing

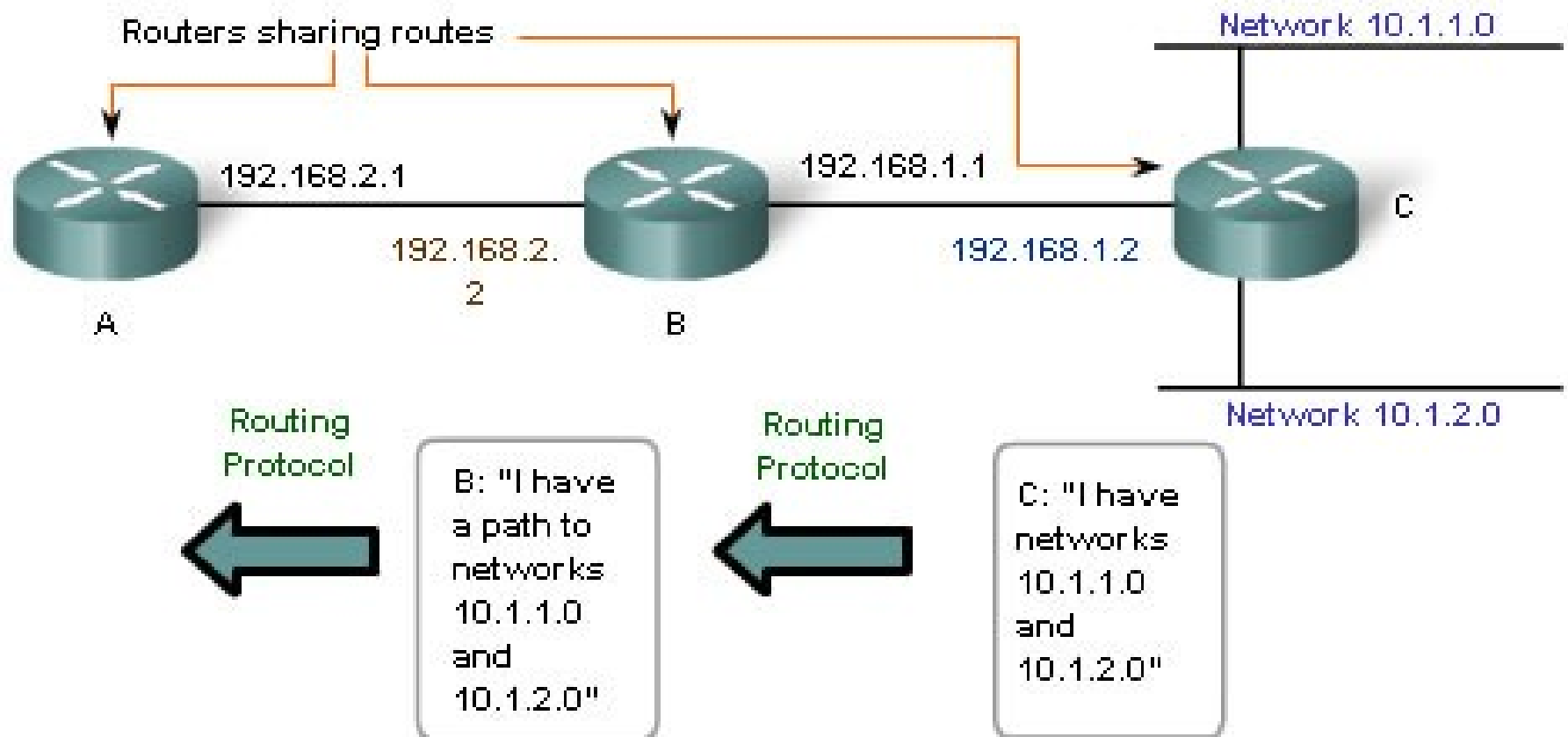
- Konfigurimi manual i:
 - Route-ve së bashku me **next-hop**
 - **Default route**
- Nëse ndryshon struktura e internetwork-ut duhet të bëhet **përditësim manual**.
 - Përndryshe do të kemi **inefiçencë** në procesin e routimit.



5.3. Dynamic routing

- Kur një router merr informacion për route-t e reja ose të ndryshuara, ai **përditëson tabelën e vet të rutimit** dhe i kalon informacionin edhe **routerave të tjerë**.
- **Shembuj** të protokolleve:
 - Routing Information Protocol (**RIP**)
 - Enhanced Interior Gateway Protocol (**EIGRP**)
 - Open Shortest Path First (**OSPF**)

5.4. Si mësohen route-t?



5.5. Kostoja e përdorimit të protokolleve të rutimit

- Së pari, shkëmbimi i informacioneve të rutimit **shton ngarkesë** e cila konsumon bandwidth-in e rrjetit.
- Së dyti, router-at që ekzekutojnë këto protokolle duhet të kenë **kapacitete të mjaftueshme procesimi** që të kenë mundësi edhe të implementojnë algoritmat e protokollit edhe të realizojnë në kohë rutimin dhe pasimin e paketave.
- Nga ana tjetër **kostoja për rutim statik** është vetëm **administrative** (konfigurimi manual).