

# **Kolegji UBT - Studimet bachelor**

## **Rrjetet kompjuterike dhe komunikimi**

**Prof.Asoc.Dr. techn. Salem Lepaja**

**Maj 2019**

# Rrjetet kompjuterike dhe komunikimi

## **Kapitulli 5**

# **Protokollet në rrjetet kompjuterike**

# Përmbajtja

- Koncepti i protokolleve
- Modeli OSI
- Modeli TCP/IP
- Protokollet TCP/IP
- Protokolli IP
- Protokolli ICMP
- Protokolli TCP
- Protokolli UDP
- Protokolli DHCP

# Protokollet (1)

## Protokollet në jetën e përditshme:

- “Sa është ora?”
- “E kam një pyetje”

... dërgohet mesazh i caktuar

... kur të pranohet mesazhi kryhet veprim i caktuar

## Protokollet në rrjete:

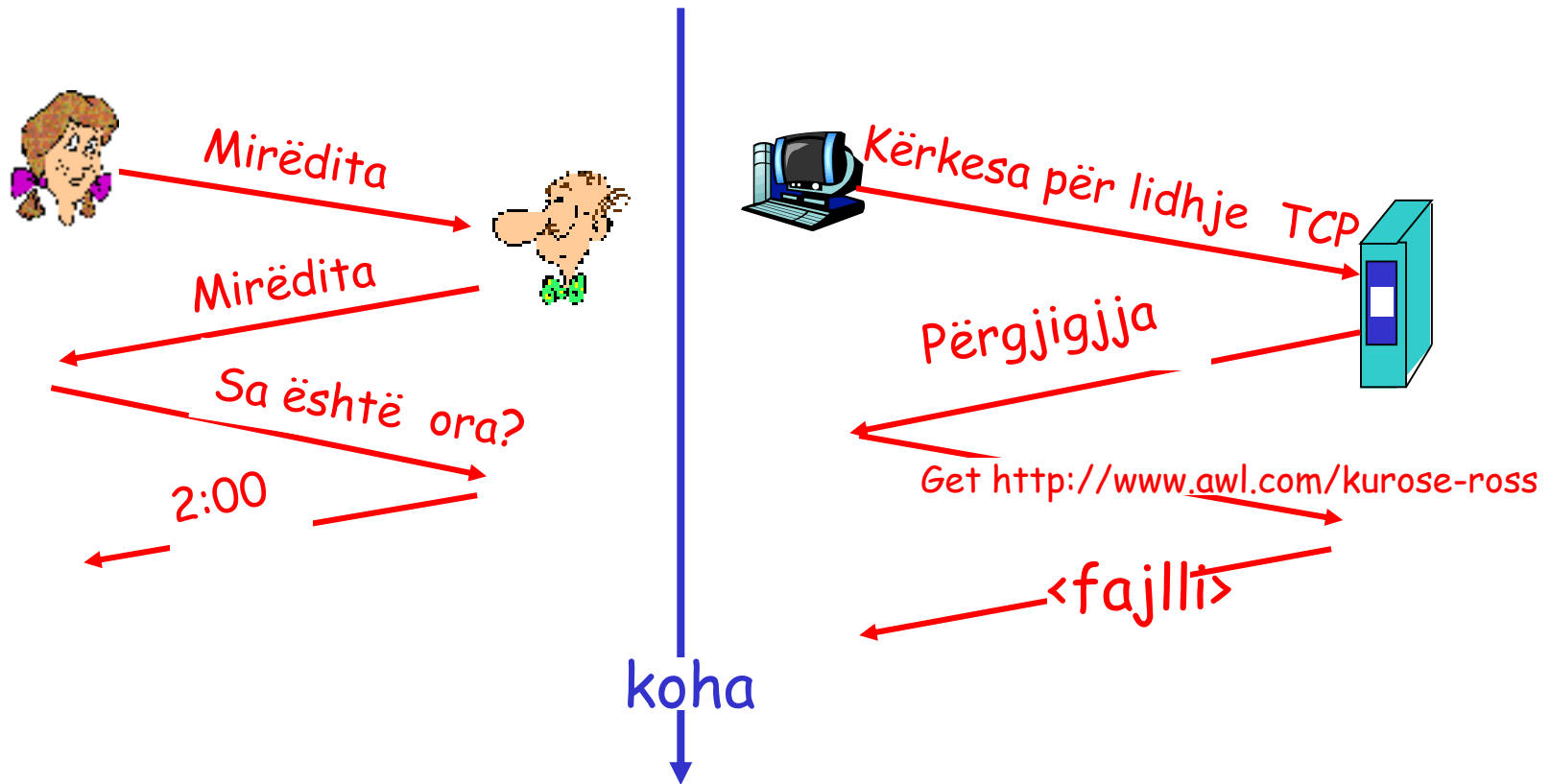
- Komunikimi në mes të pajisjeve e jo njerëzve
- Të gjitha komunikimet në Internet bëhen përmes protokolleve

### Protokollet e përcaktojnë:

- formatin dhe renditjen e mesazheve që shkëmbehen në mes të entiteteve të rrjetit
- veprimet që duhet të bëhen kur një mesazh transmetohet ose pranohet.

# Protokollet (2)

Protokolli në mes të njerëzve dhe në mes të kompjuterëve:



# Protokollet

---

- Bashkësi e rregullave që e përcaktojnë komunikimin në mes të entiteteve të rrjetit
- Gjuha e komunikimit
  - Duhet të jetë e njëjtë
- Entitetet
  - Aplikacionet
  - Kompjuterët
  - Terminalet
  - Sensorët në largësi

# Modeli OSI dhe TCP/IP

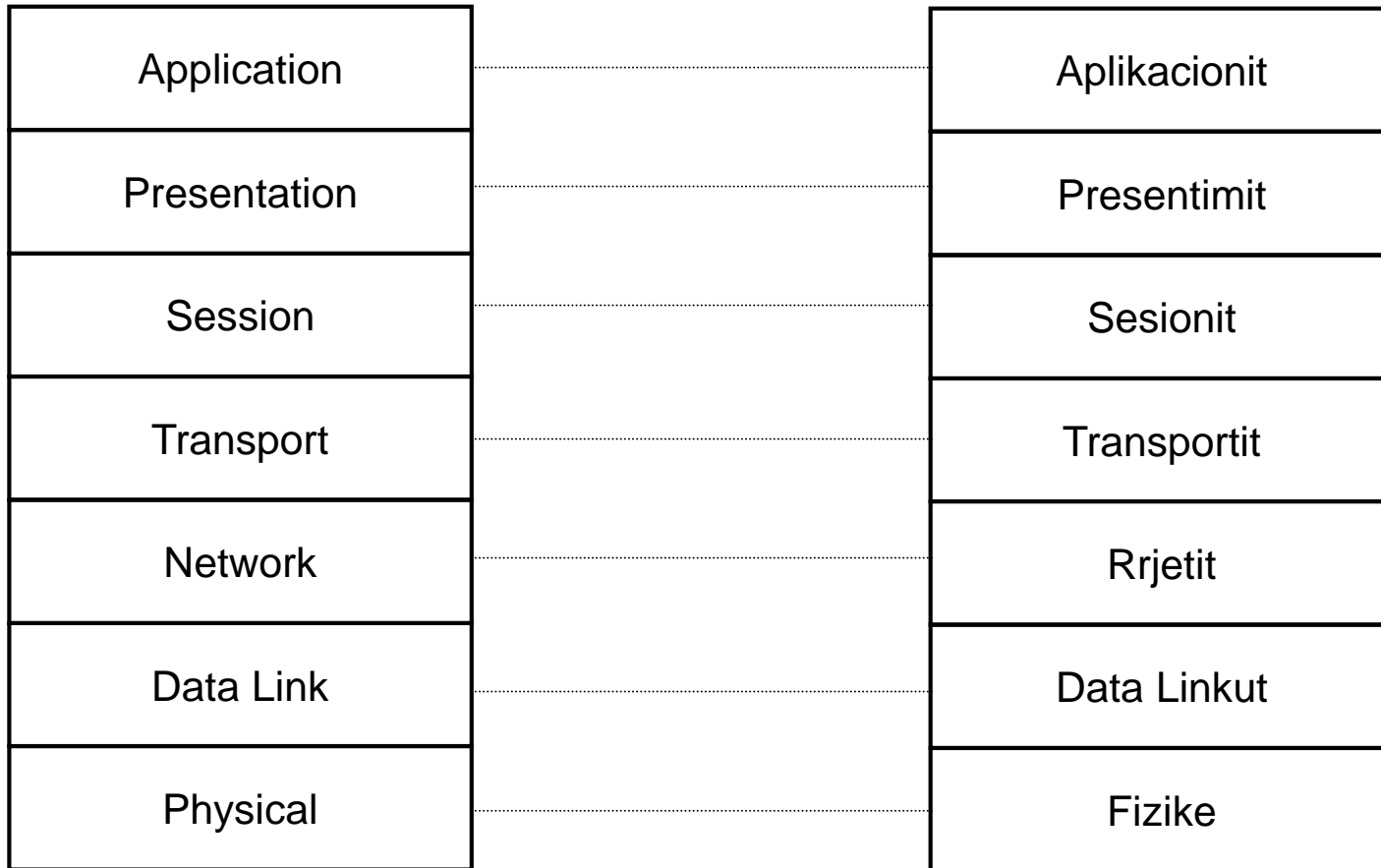
- Funksionet e komunikimit përkatësisht protokollet e komunikimit janë të organizuara (ndara) në shtresa:
- Dy modelet shtresore më të njohura janë:
  - Modeli referent OSI (Open System Interconnection)
    - Është model teorik i vonuar
    - Nuk i ka përmbushur parashikimet
  - Modeli TCP/IP
    - Familja e protokolleve TCP/IP është në përdorim më të gjerë nga të gjitha standardet
    - Praktikisht është standard
- Standardi Systems Network Architecture (SNA) i IBM-it

# Modeli referent OSI

- E ka zhvilluar organizata ndërkombëtare për standarde – ISO (International Organization for Standardization)
- Model shtresor i përbërë prej 7 shtresave
  - Çdo shtresë kryen funksione të caktuara të komunikimit
  - Përkufizohen vetëm funksionet e çdo shtrese
    - Implementimi në mënyra të ndryshme rezulton në protokoll
  - Shtresat janë të pavarura
    - Ndërrimet në një shtresë nuk ndikojnë që shtresat e tjera të ndërrojnë
    - Çdo shtresë i ofron servise shtresës që është mbi të
    - Çdo shtresë llogarit se shtresa nën të do t'i kryejë disa funksione
  - Komunikimi në mes të shtresave
    - Drejtpërsëdrejti vetëm me shtresën mbi dhe nën të
    - Tërthorazi me shtresën përkatëse në kompjuterin tjetër



# Shtresat e modelit OSI (1)



# Shtresat e modelit OSI (2)

- Shtresa Fizike
  - Interfejsi fizik
    - Mekanike
      - Ka të bëjë me vetit fizike të interfejsit me medim transmetues
      - Konektor me përçues
    - Elektrike
      - Paraqitjen e bitave (niveleve të tensionit) dhe shpejtësinë transmetimit në bit/s
    - Funksionale
      - Specifikon funksionet e pinave (pëçuesëve) të interfejsit fizik në mes të pajisjes dhe mediumit transmetues
    - Procedurale
      - Specifikon sekuencen e veprimeve me të cilat informacionet binare shkëmbehen nëpër medium transmetues

# Shtresat e modelit OSI (3)

- Shtresa e Data Linkut
  - Aktivizimi, mirëmbajta dhe çaktivizimi i linkut të sigurt (reliable)
  - Detektimi dhe kontrollimi i gabimeve
  - Shtresat e larta mund të konsiderojnë (llogarisin) se transmetimi bëhet pa gabime
- Shtresa e Rrjetit
  - Bartjen e paketave të informacioneve, p.sh. datagrameve IP prej burimit deri te caku (palëve në komunikim, pajisjeve fundore)
  - Shtresat e larta nuk kanë nevojë të dinë se cila teknologji e rrjetit fizik po përdoret

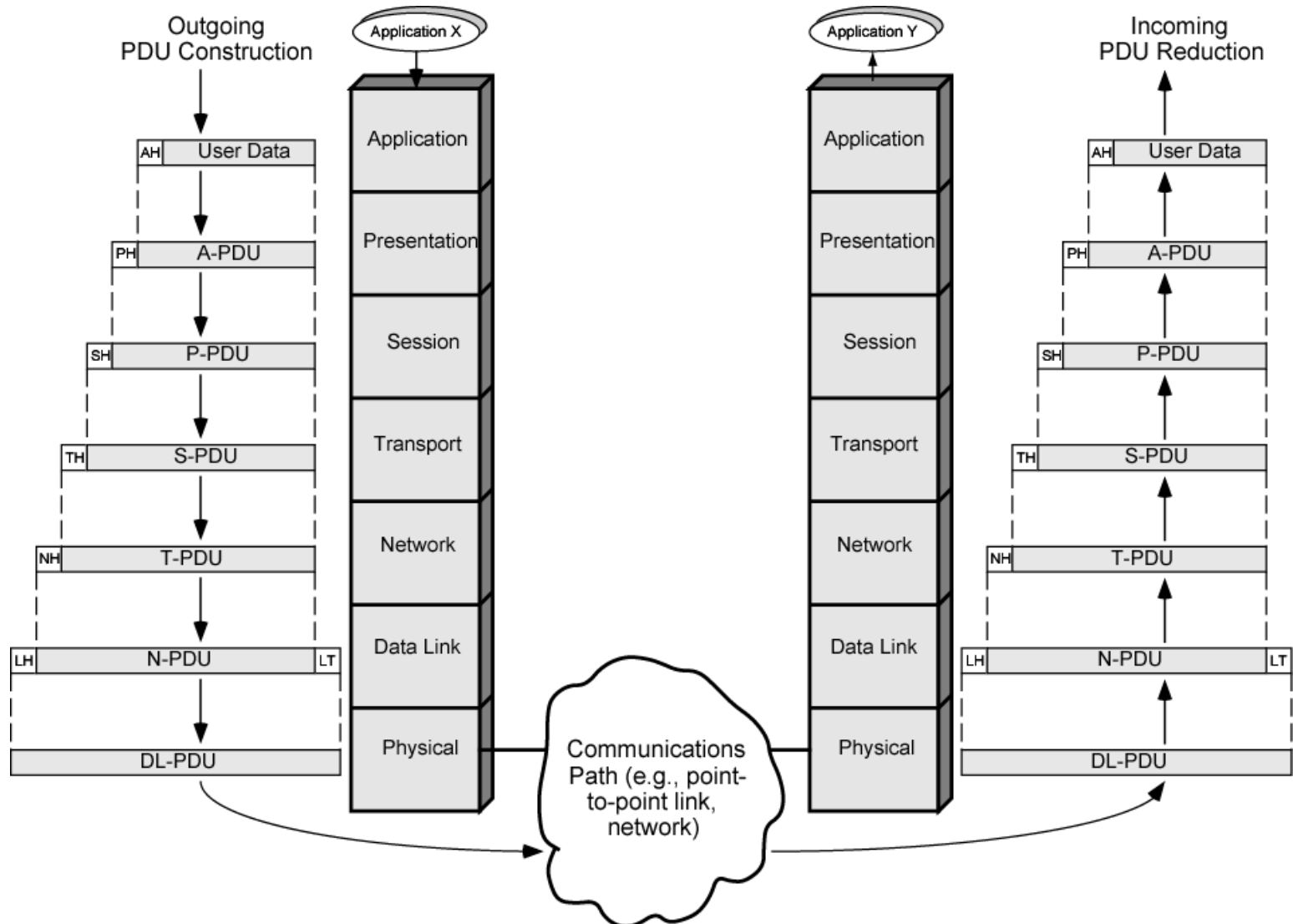
# Shtresat e modelit OSI (4)

- Shtresa e Transportit
  - Shkëmbimi i informacioneve në mes të aplikacioneve të pajisjeve fundore
  - Transmetim pa gabime
  - Transmetim pa humbje të segmenteve
  - Transmetim pa duplikime
  - Sekuencimi (radhitja) e segmenteve
  - Cilësia e shërbimit (Quality of Service)
- Shtresa e Sesionit
  - Kontrollimi i dialogut në mes të aplikacioneve
  - Disiplina e dialogut
  - Grupimi

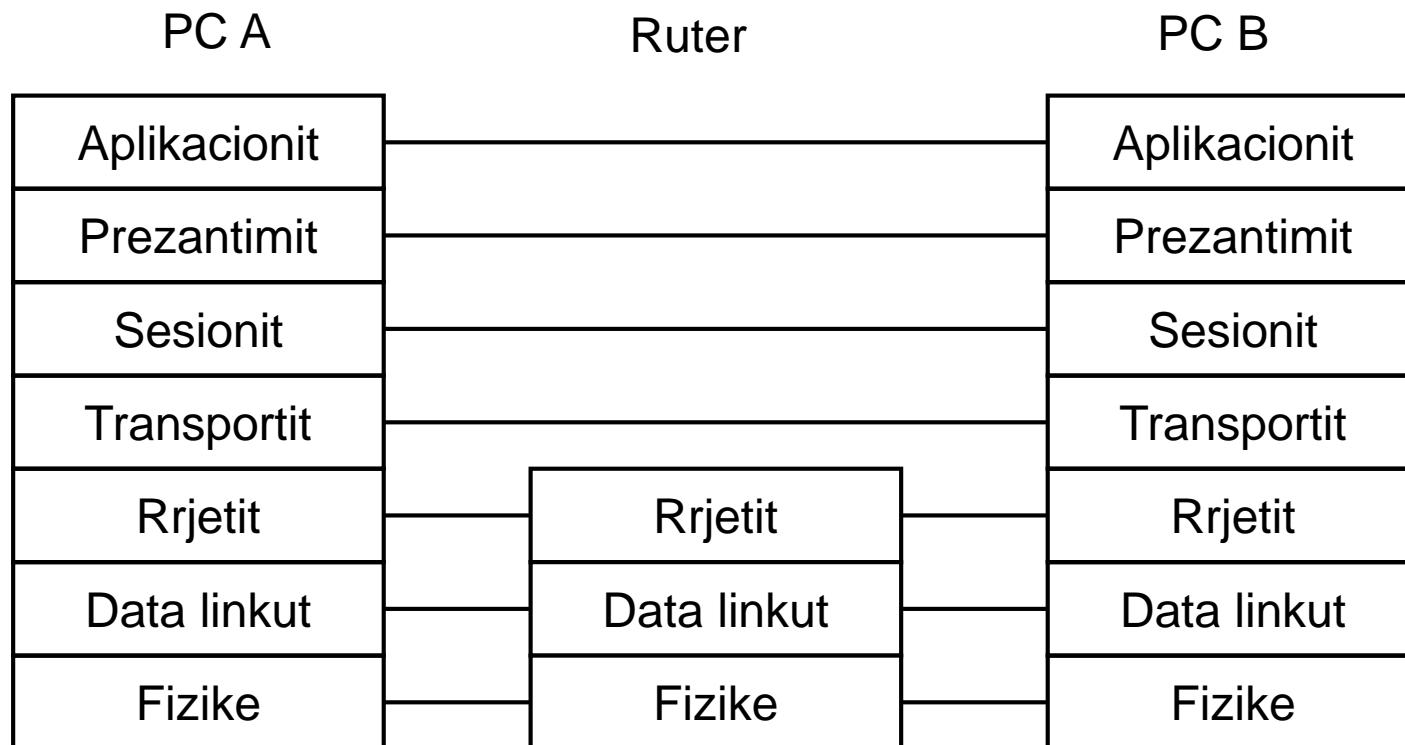
# Shtresat e modelit OSI (5)

- Shtresa e Prezantimit
  - Mjet për aplikacione që t'i qasen mjedisit komunikues OSI
  - Formatimi i informacioneve dhe kodimi
  - Komprimimi i informacioneve
  - Enkriptimi
- Shtresa e Aplikacionit
  - Është shtresa më e afërt me aplikacionet e shfrytëzuesve
  - Mbështet aplikacionet e shfrytëzuesve
  - Janë interfejs në mes të aplikacioneve të shfrytëzuesve dhe shërbimeve të Internetit

# Komunikimi në bazë të modelit OSI (1)



# Komunikimi në bazë të modelit OSI (2)



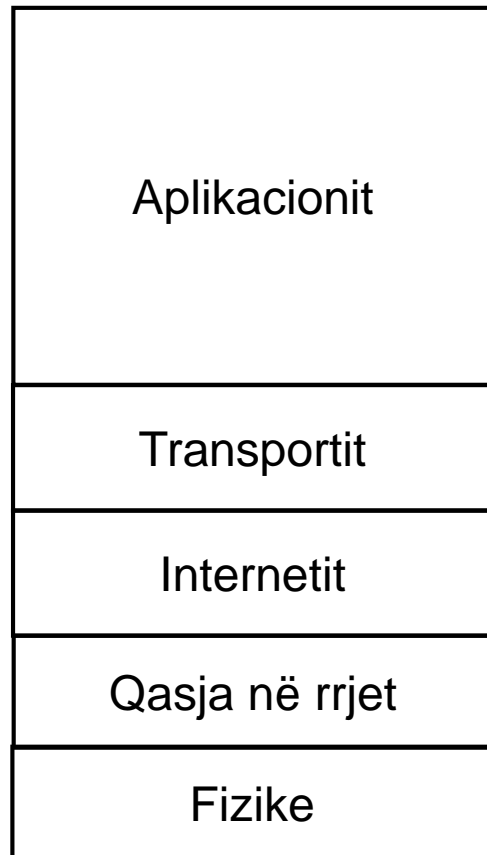
# Modeli TCP/IP (1)

- TCP/IP është e zhvilluar nga US Defense Advanced Research Project Agency (DARPA) për rrjetin ARPANET
- Përdoret në Internetin global dhe në rrjete private Intranet
- Nuk është model zyrtar, por model në përdorim praktik
  - Shtresa e aplikacionit
  - Shtresa e transportit
  - Shtresa Internet
  - Shtresa e interfejsit me rrjetin
    - Shtresa për qasje në rrjet
    - Shtresa fizike



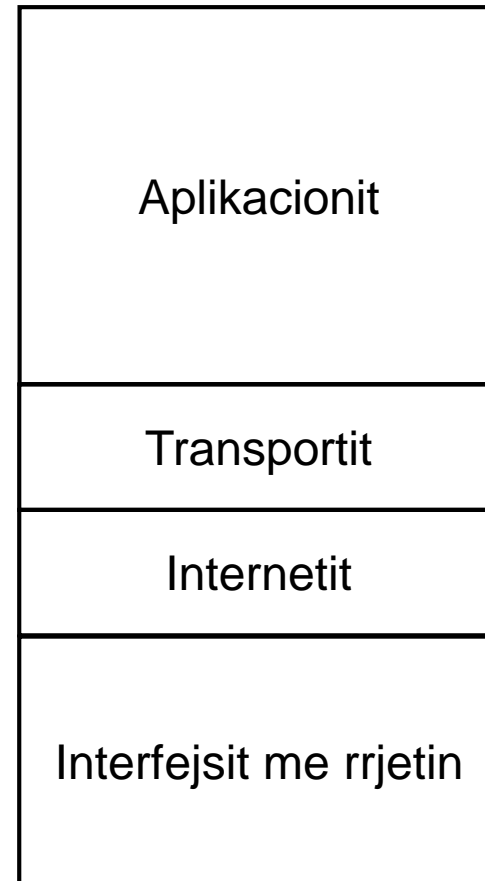
# Modeli TCP/IP (2)

Shtresat



Modeli 5 shtresor

Shtresat



Modeli 4 shtresor

# Krahasimi i Modeleve TCP/IP - OSI (1)

TCP/IP

OSI

Aplikacionit		Aplikacionit
		Prezantimit
		Sesionit
Transportit		Transportit
Internetit		Rrjetit
Interfejsi me rrjetin		Data linkut
		Fizike

# Krahasimi i Modeleve TCP/IP - OSI (2)

OSI	TCP/IP
Application	Application
Presentation	
Session	
Transport	Transport (host-to-host)
Network	Internet
Data Link	Network Access
Physical	Physical

# Shtresat e modelit TCP/IP (1)

## Shtresa fizike

- Interfejs fizik në mes të pajisjes komunikuese (p.sh. kompjuterit) dhe mediumit transmetues ose rrjetit
- Karakteristikat e mediumit transmetues
- Nivelet e sinjaleve
- Shpejtësinë e transmetimit

# Shtresat e modelit TCP/IP (2)

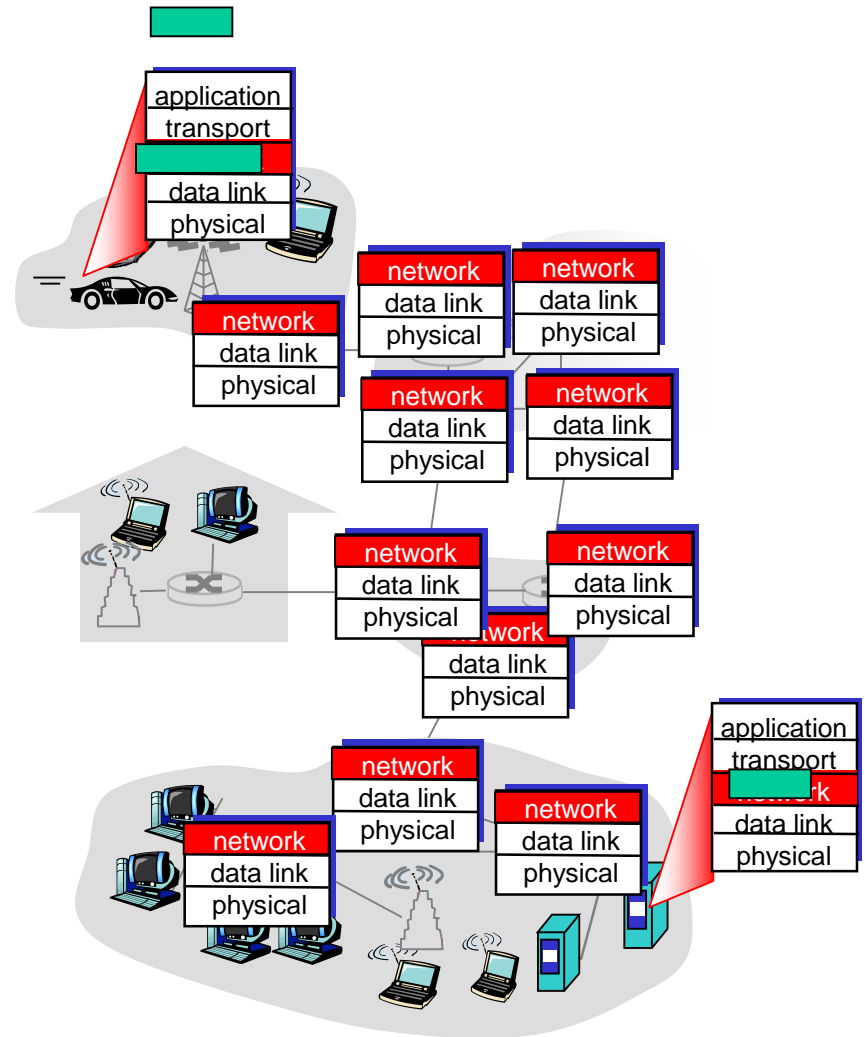
## Shtresa për Qasje në Rrjet

- Shkëmbimi i informacioneve në mes të pajisjeve fundore dhe rrjetit
- Kërkon shërbime të veçanta nga rrjeti, si p.sh përparësinë

# Shtresat e modelit TCP/IP (3)

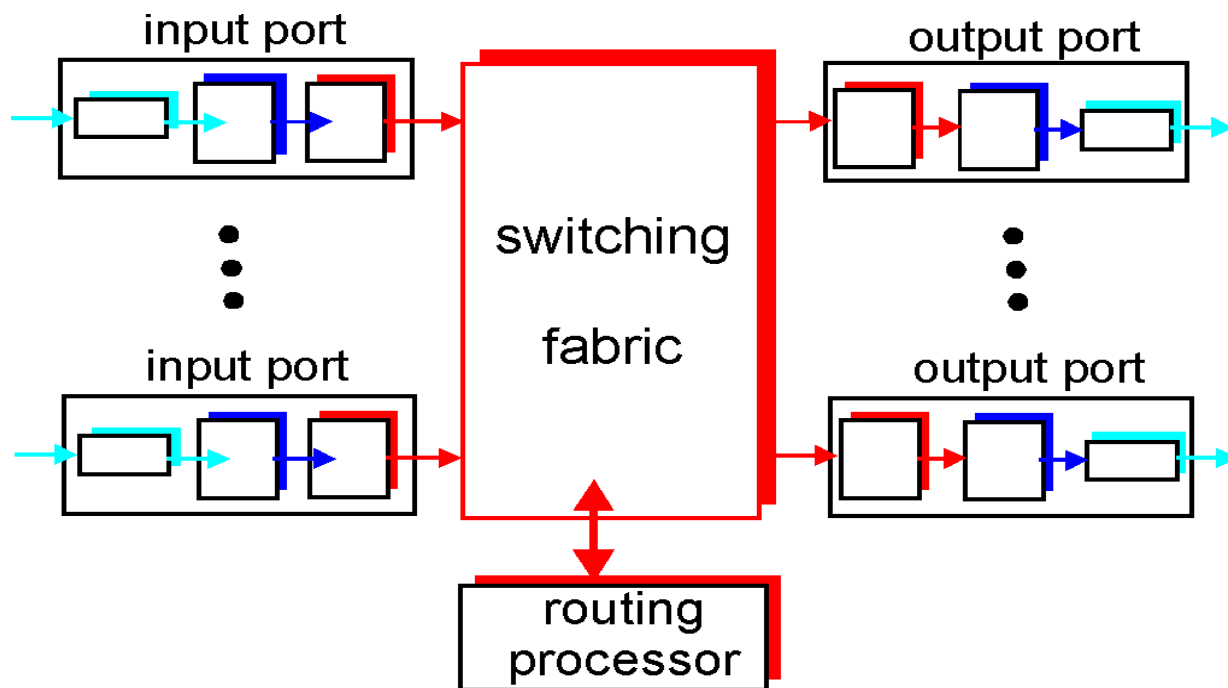
## Shtresa Internet

- E bart segmentin e shtresës së transportit (T\_PDU) prej hostit dhënës deri te hosti marrës
- Në dhënës bën enkapsulimin e segmenteve në datagrame
- Në marrës e nxjerr segmentin nga datagrami dhe ia përcjell shtresës së transportit
- Protokollet e shtresës së rrjetit instalohen në çdo host dhe ruter



# Ruterat

- Komponente të rrjetit në të cilat janë të instaluara protokoli IP dhe protokollet e rrugëtimit
- I takojnë shtresës së Internetit (modeli TCP/IP) përkatësisht shtresës së rrjetit (sipas modelit OSI)
- Ruterat rëndom kanë disa porta (interfejsa)
- Ruteri aktual i analizon fushat e hederit të çdo datagrami IP që kalon nëpër te



# Funksionet e ruterave

- Funksionet themelore të ruterave janë:
  - Ekzekutimi i protokolleve të rugëtimit (RIP, OSPF, BGP)
  - Ekzekutimi i algoritmave të rrugëtimit
  - Krijimi i tabelave të rrugëtimit
  - Krijimi i tabelave të forvardimit
  - Forvardimi i datagrameve prej linjave (portave) hyrëse në linjat dalëse, në bazë të adresës IP të paketave dhe tabelës së forvardimit



# Rrugëtimi

- Protokolle e rrugëtimit (Routing Protocols)

- Shkëmbimi i informacioneve në mes të nyjave të rrjetit në lidhje me topologjinë e rrjetit
- Këto informacione shfrytëzohen për t'i krijuar tabelat e rrugëtimit
- Tabelat e rrugëtimit përmbajnë informacionet e nevojshme për rrugëtimin e paketave (datagrameve IP) deri te cakut
- Tabelat e forvardimit përmbajnë informacionet e nevojshme për forvardimin e paketave deri te nyja e ardhshme drejt cakut
- Link state dhe Distance vector

- Algoritmat e rrugëtimit

- Për ta gjetur rrugën më të shkurtër prej burimit deri te caku
- Te protokolle e rrugëtimit të bazuara në *link state* përdoret algoritmi Dijkstra për ta gjetur rrugën më të shkurtër deri te nyjat e tjera në rrjet dhe për ta zgjedhur next hop
- Te protokolle e rrugëtimit të bazuara në *distance vector* përdoret algoritmi Bellman Ford, për ta gjetur rrugën më të shkurtër deri te nyjat e tjera në rrjet dhe për ta zgjedhur next hop

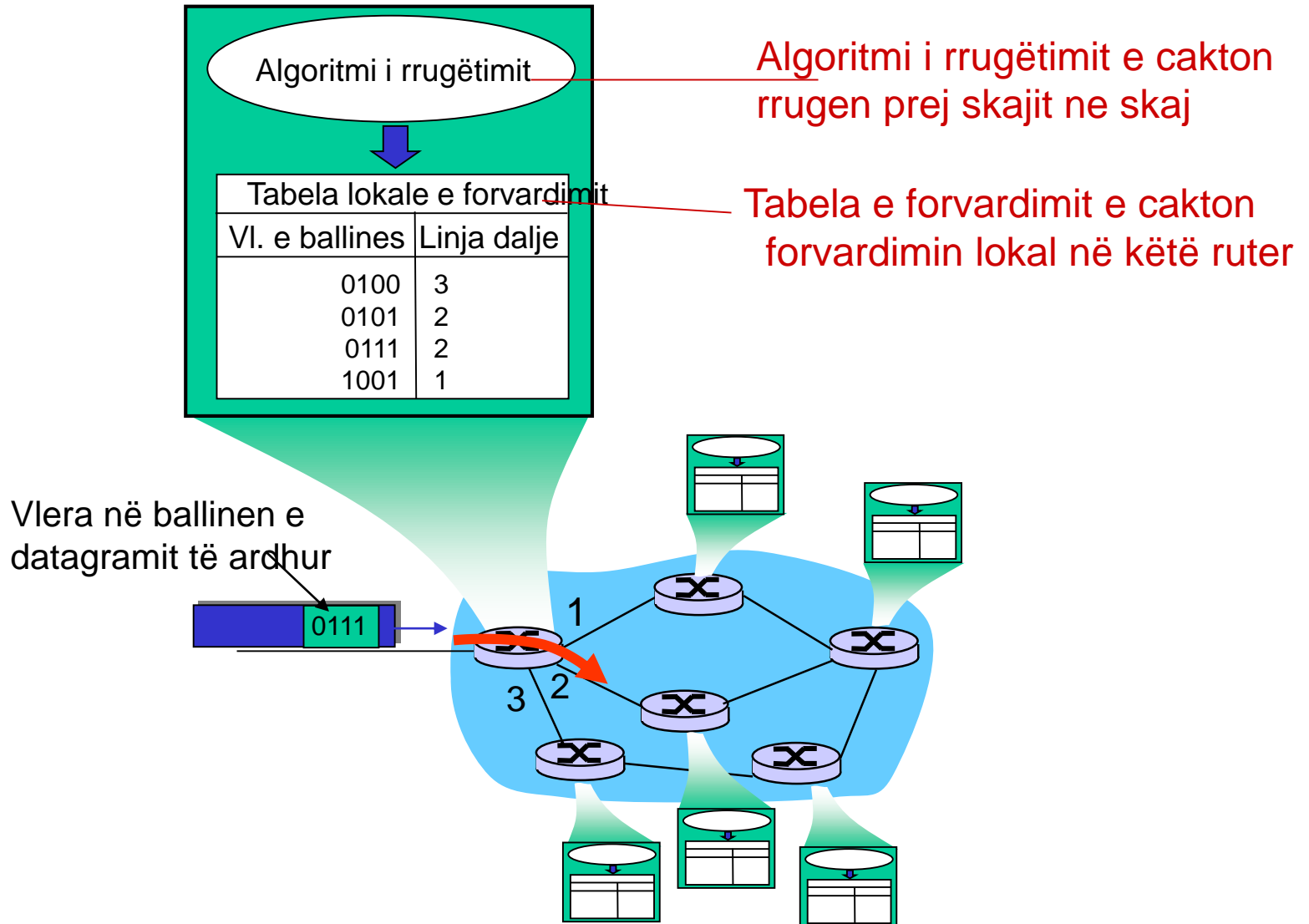
# Rrugëtimi dhe forvardimi

- *Forvardimi*: i dërgon paketat prej hyrjeve të ruterit në dalje të caktuara të ruterit
- *Rrugëtimi*: përcaktimi i rrugës së paketave prej burimit deri te destinacioni
  - *Algoritmat e rrugëtimit*

## Analogji:

- ❖ *Rrugëtimi*: process i planifikimit të udhëtimit prej burimit deri te destinacioni
- ❖ *Forvardimi*: proces i kalimit nëpër çdo udhëkryç

# Rrugëtimi dhe forvardimi



# Tabela për forvardim të datagrameve

- Protokolli IP – forvardimi i datagrameve IP në baze të adreses destinuese IP dhe tabelës së forvardimit
- Të supozojmë se ruteri i ka 4 interfejsë (0-3) dhe paketat duhet të forvardohen te këto interfejsë si në vijim

<u>Intervali i adresave destinuese</u>	Interfejsi
11001000 00010111 00010000 00000000 deri te	0
11001000 00010111 00010111 11111111	
11001000 00010111 00011000 00000000 deri te	1
11001000 00010111 00011000 11111111	
11001000 00010111 00011001 00000000 deri te	2
11001000 00010111 00011111 11111111	
përndryshe	3

# Prefiksi me përputhja më të gjatë

<u>Përputhja e prefiksit</u> (përmbajtja e reshtave të tabelës)	<u>Interfejsi</u>
11001000 00010111 00010	0
11001000 00010111 00011000	1
11001000 00010111 00011	2
përndryshe	3

## Shembuj:

1) AD: 11001000 00010111 00010110 10100001 Cili interfejs?

2) AD: 11001000 00010111 00011000 10101010 Cili interfejs?

# Shtresat e modelit TCP/IP (4)

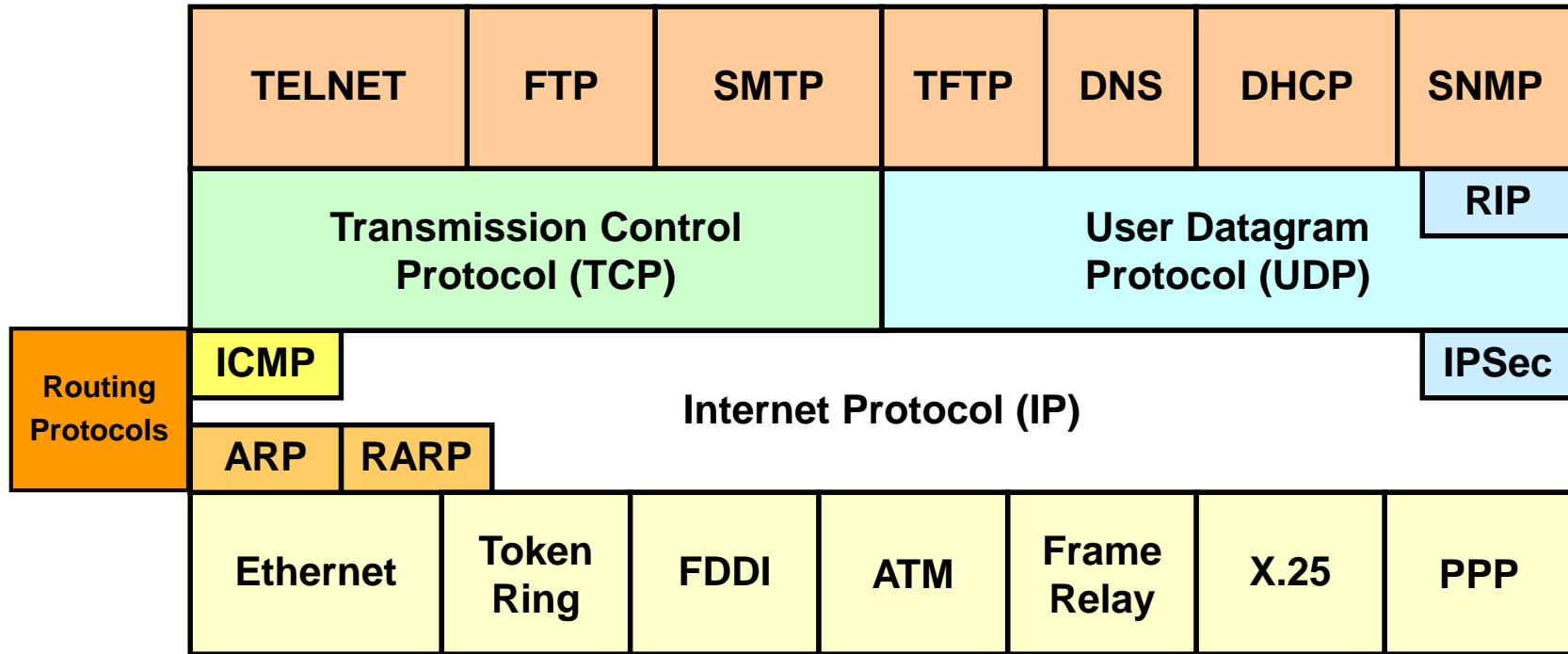
## Shtresa e transportit

- Transmetimi apo shpërndarjen e saktë (reliable delivery) e informacioneve
- Shpërndarja e informacioneve me radhë

## Shtresa e aplikacionit

- Është shtresa më e afërt me aplikacionet e shfrytëzuesve
- Janë interfejs në mes të aplikacioneve të shfrytëzuesve dhe shërbimeve të Internetit

# Protokollet TCP/IP (1)



# Protokollet TCP/IP (2)

- **IP** Internet Protocol
- **TCP** Transmission Control Protocol
- **UDP** User Datagram Protocol
- **RIP** Routing Information Protocol
- **OSPF** Open Shortest Path First
- **ICMP** Internet Control Message Protocol
- **ARP** Address Resolution Protocol
- **RARP** Reverse Address Resolution Protocol
- **TELNET** Terminal Emulation
- **FTP** File Transfer Protocol
- **SMTP** Simple Mail Transfer Protocol
- **TFTP** Trivial File Transfer Protocol
- **DNS** Domain Name Service
- **DHCP** Dynamic Host Configuration Protocol
- **BOOTP** Bootstrap Protocol
- **SNMP** Simple Network Management Protocol



# Protokollet standarde

• Internet Protocol (IP)	RFC 791
• Internet Control Message Protocol (ICMP)	RFC 792
• Internet Group Multicast Protocol (IGMP)	RFC 1112
• User Datagram Protocol (UDP)	RFC 768
• Transmission Control Protocol (TCP)	RFC 793
• Telnet Protocol (TELNET)	RFC 854/5
• File Transfer Protocol (FTP)	RFC 959
• Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)	RFC 821
• Domain Name System (DOMAIN)	RFC 1034/5
• Simple Network Management Protocol (SNMP)	RFC 1157
• Trivial File Transfer Protocol (TFTP)	RFC 1350
• Point-to-Point Protocol (PPP)	RFC 1661
• Open Shortest Path First Routing V2	RFC 2328

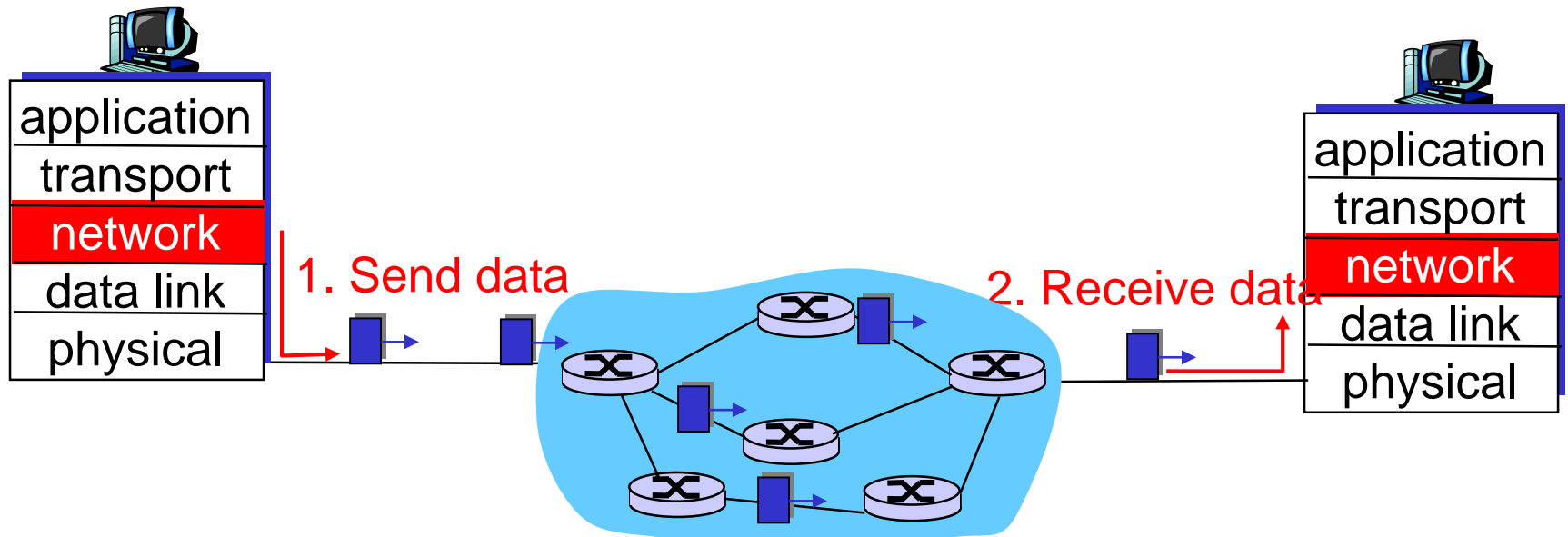
# Protokolli IP (1)

- Protokolli IP shërben për bartjen e segmentit të shtresës së transportit (T\_PDU) prej hostit dhënës deri te hosti marrës
- Protokolli më i rëndësishëm nga bashkësia TCP/IP
- Ekzistojnë dy versione të protokollit IP: IPv4 dhe IPv6

- Protokolli IPv4
  - Në përdorim të gjerë, shumë i suksesshëm
  - Implementohet lehtë dhe bashkëvepron me një numër të madh të protokolleve
  - Njësia themelore e organizimit të informacionit është paketa IP – datagrami

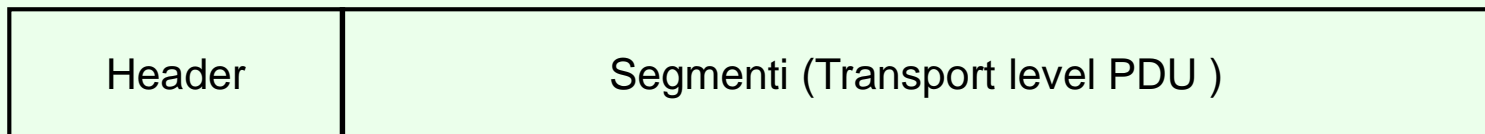
# Protokoli IP (2)

- Paketat forvardohen duke e shfrytëzuar adresën IP të hostit destinues dhe tabelën e forvardimit
- IP routing përdor “longest-prefix match” të adresës IP të paketave me përmbajtjen e tabelës së forvardimit
- Madhësia e tabelave, sa më e vogël
- Paketat të cilat i takojnë të njëjtit mesazh mund të udhëtojnë nëpër rrugë të ndryshme



# Struktura e datagramit IPv4

- Datagrami IP përbëhet nga hederi - ballina dhe fusha për vendosjen e paketes (segmentit ose T-PDU) nga shtresa e sipërme
- Hederi paraqet protokollin IP dhe përbëhet prej 14 fushave
- Gjatësia e hederit mund të jetë prej 20 deri në 60 bajt dhe mund të zgjerohet me multipël nga katër bajta
  - 40 bajtat e fundit përdoren për opzione të nevojshme për kontrollim, për funksione që nuk përfshihen në heder
- Madhësia e fushës ku vendoset paketa e shtresës së sipërme është e ndryshueshme dhe mund të jetë prej 8 deri në 65,516 bajtë



# Struktura e hederit IPv4 (1)

0	4	8	16	19	24	31
Vers	HLEN	Type of Service	Total Length			
Identification			Flags	Fragment Offset		
Time to Live		Protocol	Header Checksum			
Source IP Address						
Destination IP Address						
IP Options					Padding	
Data						

# Struktura e hederit IPv4 (2)

## Përshkrimi i fushave të Hederit IPv4

- Fusha **vers** (4 bitshe) e tregon versionin e hederit IP
- Fusha **HLEN** (4 bitshe) e tregon gjatësinë e hederit IP
  - Gjatësia e hederit paraqitet në fjalë binare 32 bitshe, d.m.th. në blloqe me nga 4 bajtë
  - Madhësia minimale e hederit është 5 blloqe, dmth 20 bajtë.
- Fusha **type of service** (8 bitshe) tregon kualitetin e servisit (QoS) që ruterat duhet ta përdorin për forvardimin e datagramit aktual
- Fusha **Total length** (16 bitshe) tregon gjatësinë e datagramit
- Fusha **Identification** (16 bitshe) e identifikikon datagramin aktual
- Fusha **Flag** (3 bitshe) përmban informacion për fragmentim
- Fusha **Fragment offset** (13 bitshe) përdoret për ta përcaktuar pozitën e çdo fragmenti brenda datagramit (payloadit)
- Fusha **TTL** (8 bitshe), përdoret për të treguar se sa kohë mund të qëndrojë datagrami në rrjet

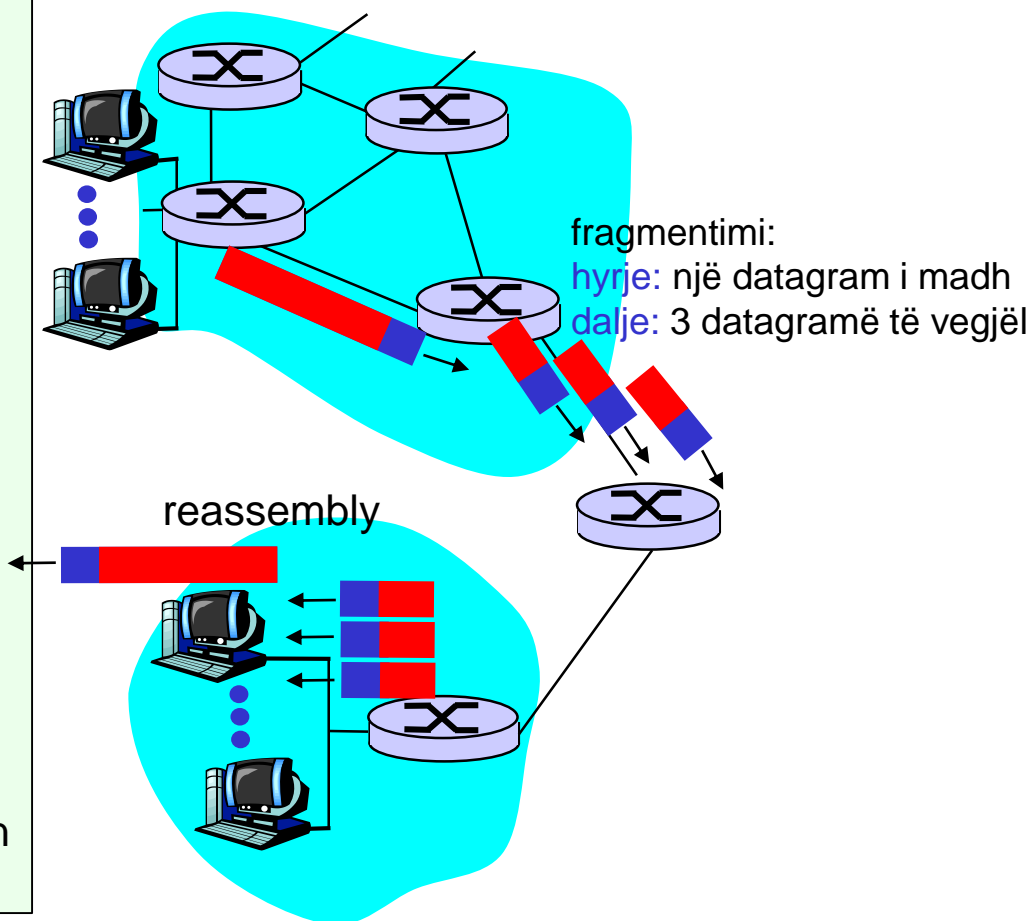
# Struktura e hederit IPv4 (3)

## Përshkrimi i fushave të Hederit IPv4

- Fusha **Protocol** (8 bitshe) e tregon protokollin e shtresës së sipërme (TCP 6, UDP 17)
- Fusha **Header Checksum** (16 bitshe) sigurimin e integritetit të hederit
- Fusha **Source IP address** (32 bitshe), e tregon adresën e hostit që e gjeneron datagramin (adresën e burimit të informacionit)
- Fusha **Destination IP address** (32 bitshe), e tregon adresën e hostit të cilit i dedikohet datagrami (adresën e destinimit të informacionit)
- Fusha **Options** (gjatësi variable) mundëson që IP të mbështesë shumë opsione (p.sh sigurinë e komunikimit)
- Fusha **Padding** (gjatësi variable) përdoret për të shtuar zero në mënyrë që IP hederi të jetë gjithmonë multipël i 32 bitave
- Në fushën **Data** vendoset informacioni burimor (payload)

# Fragmentimi dhe ribashkimi i datagrameve

- Linjat e rrjetit e kanë të kufizuar madhësinë e frejmit - MTU (max.transfer size) – vlera maksimale e mundshme e frejmit.
  - Linjat e ndryshme kanë MTU të ndryshme: ETHERNET 1500 bajta, ATM 48 bajta (48 + 5)
- Datagramet e mëdha IP ndahen (fragmentohen) brenda rrjetit (në rutera)
  - Prej një datagrami fitohen disa datagrame
  - Ribashkimi vetëm në destinim
  - Për t'i identifikuar dhe radhitur fragmentet e një datagrami përdoren bitë të caktuar në hederin IP





# Fragmentimi dhe ribashkimi i datagrameve

## Shembull

- Datagrami 4000 bajta
- MTU = 1500 bajta

	length =4000	ID =x	fragflag =0	offset =0	
--	-----------------	----------	----------------	--------------	--

Një datagram i madh ndahet  
në disa datagram më të vegjël

1480 bajta në fushën data

$\text{offset} = 1480/8$

	length =1500	ID =x	fragflag =1	offset =0	
--	-----------------	----------	----------------	--------------	--

	length =1500	ID =x	fragflag =1	offset =185	
--	-----------------	----------	----------------	----------------	--

	length =1040	ID =x	fragflag =0	offset =370	
--	-----------------	----------	----------------	----------------	--

$$4000 = 3980 + 20$$

$$3980 - 1480 - 1480 = 1020$$

$$1040 = 1020 + 20$$

# Adresa IPv4

- **Adresa IPv4**

- Është 32 bitshe: XX.XXX.XXX.XXX
- XXX paraqitet si numër decimal 0 deri 255
- Gjithsej 4 miliardë adresa
- Identifikues për interfejs të hostave dhe ruterave

- **Interfejsi:** lidhësi në mes të hostit ose ruterit dhe linjës fizike

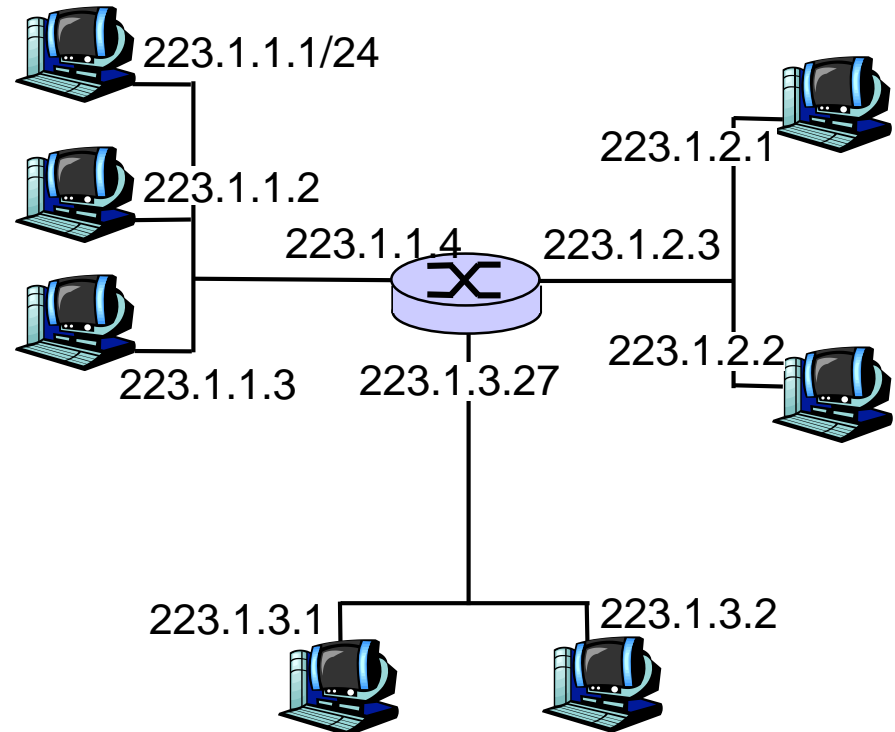
- Ruterët rëndom kanë disa interfejsë
- Hostët rëndom kanë nga një interfejs
- Adresat IP iu shoqërohen (ndahen) interfejsëve

Shembull i adresës IPv6:

2031:0000:1F1F:0000:0000:0100:11A0:ADDF

2031:0:1F1F:0:0:0100:11A0:ADDF

2031:0:1F1F::0100:11A0:ADDF



223.1.1.1 = 11011111 00000001 00000001 00000001

223

1

1

1

Shembull i adresës IPv4  
223.1.1.1/24

# Alokimi i adresave

Internet Assigned Numbers Authority (IANA) ua alokon hapësiren (intervalin) e adresave autoriteteve (regjistruesve) rajonal

- RIPE NCC (EMEA), Evropë
- APNIC (Asia Pacific)
- ARIN (North America)
- LACNIC (Latin America) AfriNIC (African Region)

<http://www.iana.org/assignments/ipv6-unicast-addressassignments>

# Adresimi IPv4: Classfull, CIDR dhe VLSM

- Adresat IPv4, janë të ndara në dy pjesë:
  - ID e rrjetit (Network ID)
  - ID e hostit (Host ID)
- Tre skema të adresimit
  - Skema e adresimit IP: *Classful addressing*
  - Skema e adresimit IP: CIDR (Classless InterDomain Routing)
  - Skema e adresimit IP: VLSM (variable length subnet mask)

# Adresimi IPv4: Classfull, CIDR dhe VLSM

- Adresat IPv4, janë të ndara në dy pjesë:
  - ID e rrjetit (Network ID)
  - ID e hostit (Host ID)
- Skema e adresimit IP: *Classful addressing*
  - Pjesa e rrjetit e një adrese IP është e kufizuar të jetë me gjatësi fikse: 8, 16, ose 24 bitëshe
- Skema e adresimit IP: CIDR (Classless InterDomain Routing)
  - Pjesa e rrjetit të adresës IP mund të ketë gjatësi të ndryshme
  - Të gjitha nënrrjetet e kanë subnetmaskën e barabartë
  - Format i adresës është: a.b.c.d/x, x është numri i bitëve në pjesën e rrjetit të adresës IP
- Skema e adresimit IP: VLSM (variable length subnet mask)
  - Nënrrjetet mund ta kenë subnetmaskën me gjatësi të ndryshme

← Pjesa e rrjetit → ← Pjesa e hostit

11001000 00010111 00010000 00000000 Adresimi *Classfull*

200.23.16.0/24      *adresa e rrjetit*

← Pjesa e rrjetit → ← Pjesa e hostit

11001000 00010111 00010000 01000000 Adresimi CIDR

200.23.16.64/26      *adresa e rrjetit*

# Klasat e adresave të IPv4 (1)

- 5 klasa të adresave A, B, C, D, E
- Adresat e klasve A, B, C janë të ndara në dy pjesë:
  - ID e rrjetit (**Network ID**), përcaktohet nga RIPE (Réseaux IP Européen) në Evropë, ARIN (Internet Assigned Number Authority) në SHBA
  - ID e hostit (**Host ID**), përcaktohet nga administratori i rrjetit

0	Network ID (7)	Host ID (24)
---	----------------	--------------

**Class A address:**  $2^7 - 2 = 126$  networks,  $2^{24} - 2 = 16\,777\,214$  hosts

1	0	Network ID (14)	Host ID (16)
---	---	-----------------	--------------

**Class B address:**  $2^{14} = 16\,384$  networks,  $2^{16} - 2 = 65\,534$  hosts

1	1	0	Network ID (21)	Host ID (8)
---	---	---	-----------------	-------------

**Class C address:**  $2^{21} = 2\,097\,152$  networks,  $2^8 - 2 = 254$  hosts

1	1	1	0	Multicast addresses
---	---	---	---	---------------------

**Class D addresses**

1	1	1	1	0	Addresses for Research
---	---	---	---	---	------------------------

**Class E addresses**

# Klasat e adresave të IPv4 (2)

- Adresat e klasës **A** fillojnë me çfarëdo numri në mes të 1 dhe 126
- Adresat e klasës **B** fillojnë me çfarëdo numri në mes të 128 dhe 191
- Adresat e klasës **C** fillojnë me çfarëdo numri në mes të 192 dhe 223
- Adresat e klasës **D** fillojnë me çfarëdo numri në mes të 224 dhe 239
- Adresat e klasës **E** fillojnë me çfarëdo numri në mes të 240 dhe 254

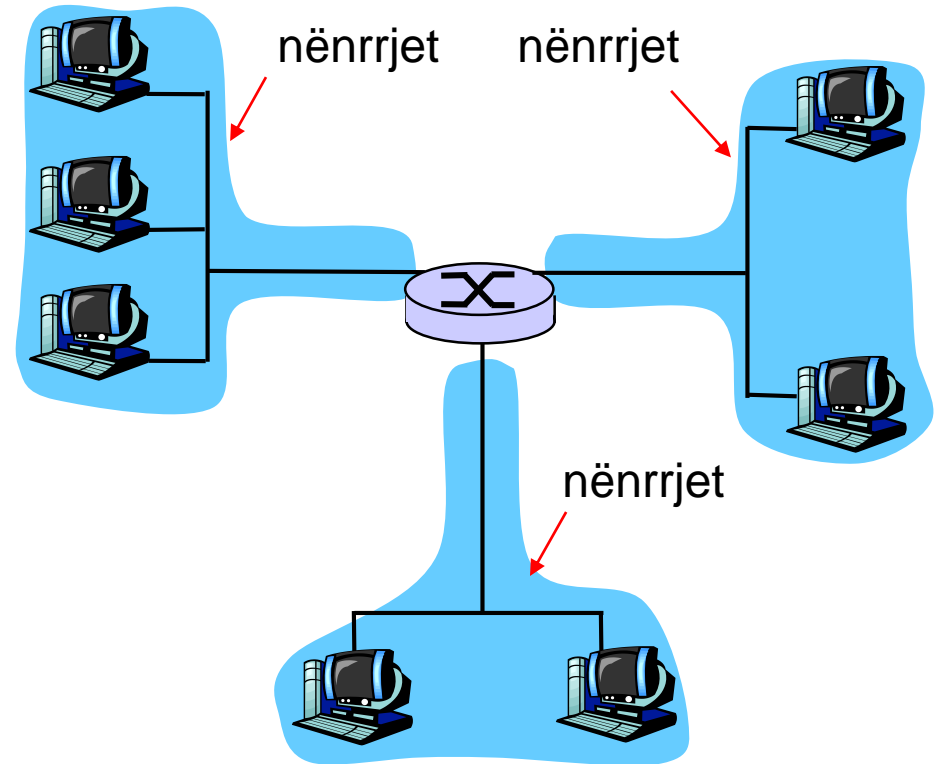
# Adresat IPv4 private dhe APIPA

- Adresat private
  - IANA (Internet Assigned Numbers Authority) i ka rezervuar tre blloqe të adresave për shfrytëzim në Intranet
  - Këto adresa njihen me emrin adresa private IP d.m.th mund të shfrytëzohen vetëm brenda rrjeteve private:
  - 10.0.0.1 - 10.255.255.254 adresa të klasës A (vetëm një adresë për rrjet të klasës A), maska 8 bitëshe
  - 172.16.0.1 - 172.31.255.254 adresa të klasës B (16 adresa të njëpasnjëshme për rrjete të klasës B), maska 12 bitëshe
  - 192.168.0.1 - 192.168.255.254 adresa të klasës C (256 adresa të njëpasnjëshme për rrjete të klasës C), maska 16 bitëshe
- Adresat IP në brezin 169.254.0.0 -169.254.255.255
  - Janë të rezervuara për adresim privat automatik (APIPA – Automatic Private IP addressing)
  - Adresim automatik i hostave kur nuk ekziston serveri DHCP



# Nënrrjetet (1)

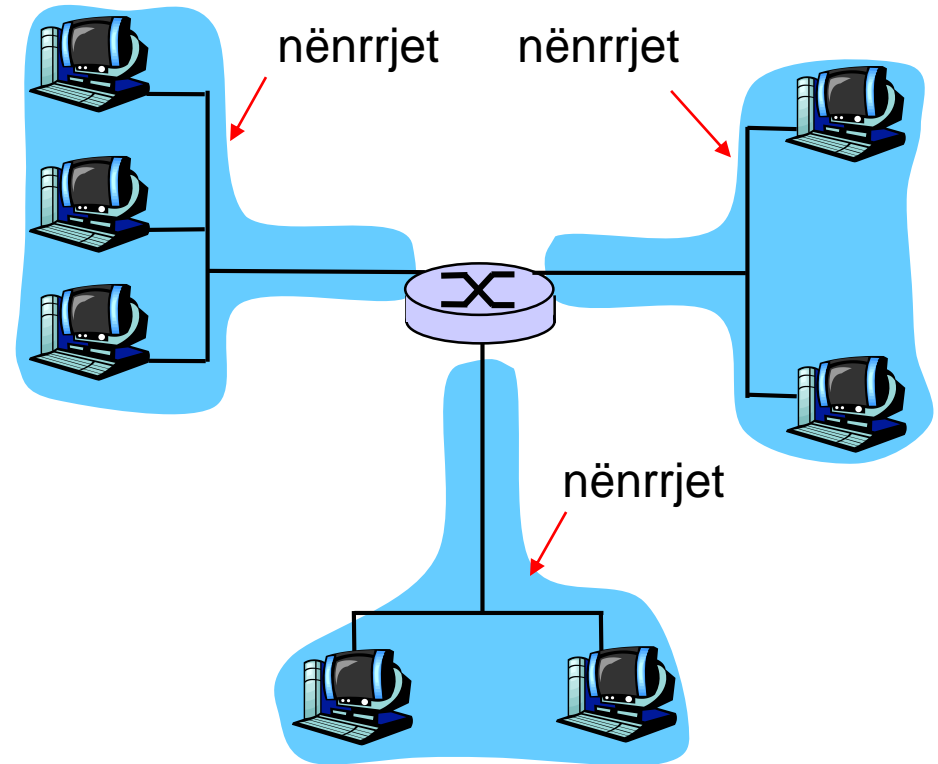
- Ndarjen e rrjeteve në rrjete më të vogla - nënrrjete (subnets)
- Kjo njihet me emrin *subnetting*
- Fleksibilitet për administratorët e rrjetit
- A munden pajisjet e shfrytëzuesve të nënrrjeteve të ndryshme të komunikojnë në mes veti pa ndërmjetësimin e ruterave?



Rrjeti i përbërë prej tre nënrrjeteve

# Nënrrjetet (2)

- Për ta caktuar numrin e nënrrjeteve, e shkëpusim lidhjen e çdo interfejsi nga ruteri
- Krijohen rrjete të izoluara
- Çdo rrjet i tillë, i izoluar, paraqet një **nënrrjet**



Rrjeti i përbërë prej tre nënrrjeteve

# Adresat IP të nënrrjeteve

- Adresat IP të nënrrjeteve gjithashtu ndahen në klasa: A, B, C
  - A: 255.0.0.0
  - B: 255.255.0.0
  - C: 255.255.255.0
  - Dy pjesë
    - Pjesa e nënrrjetit (bitat me peshë të lartë)
    - Pjesa e hostit (bitat me peshë të ulët)

ose

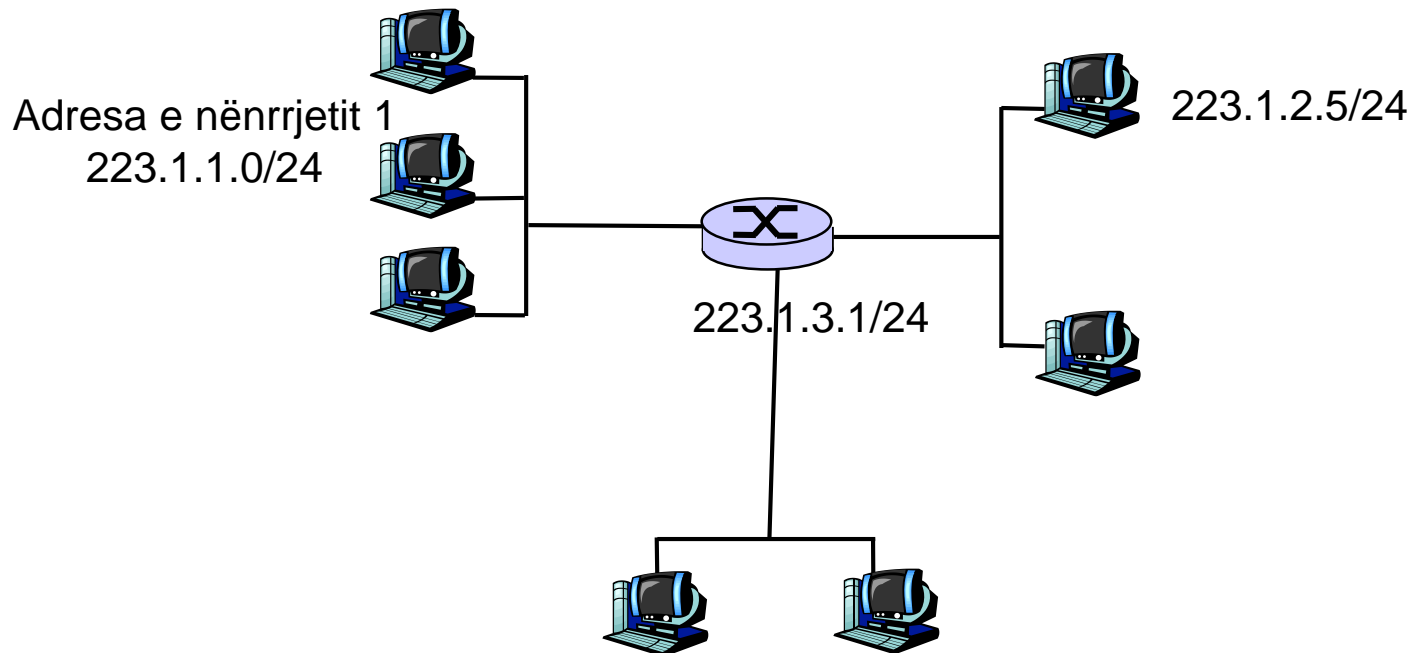
Tre pjesë

- Pjesa e rrjetit (network portion), fusha për subnet (subnet field), fusha për adresë të hostit (host field)

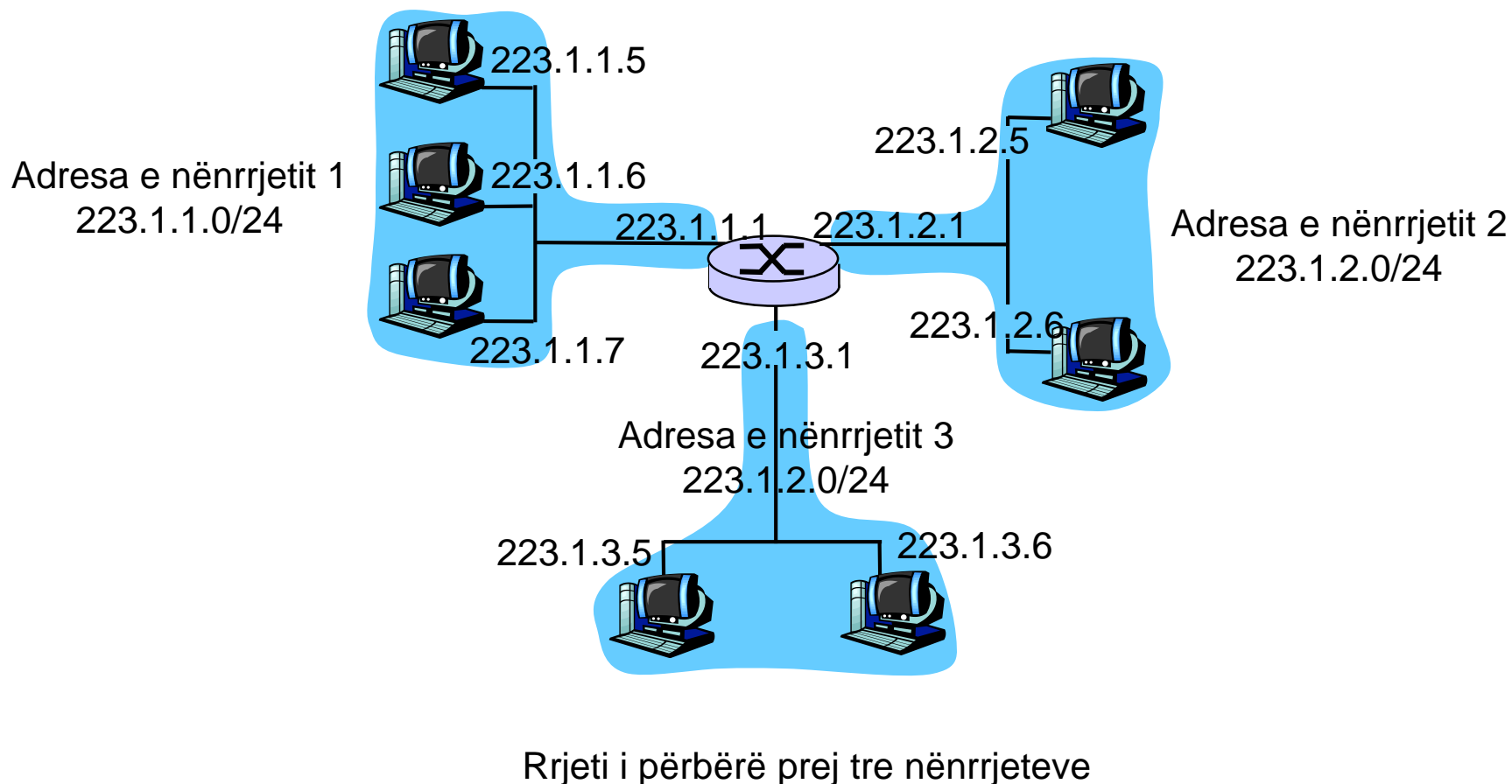
# Shembulli 1

Për rrjetin e treguar në figurë të caktohet:

- a. Numri i nënrrjeteve
- b. Numri i interfejsave
- c. Adresat IP të nënrrjeteve
- d. Adresat IP për secilin interfejs



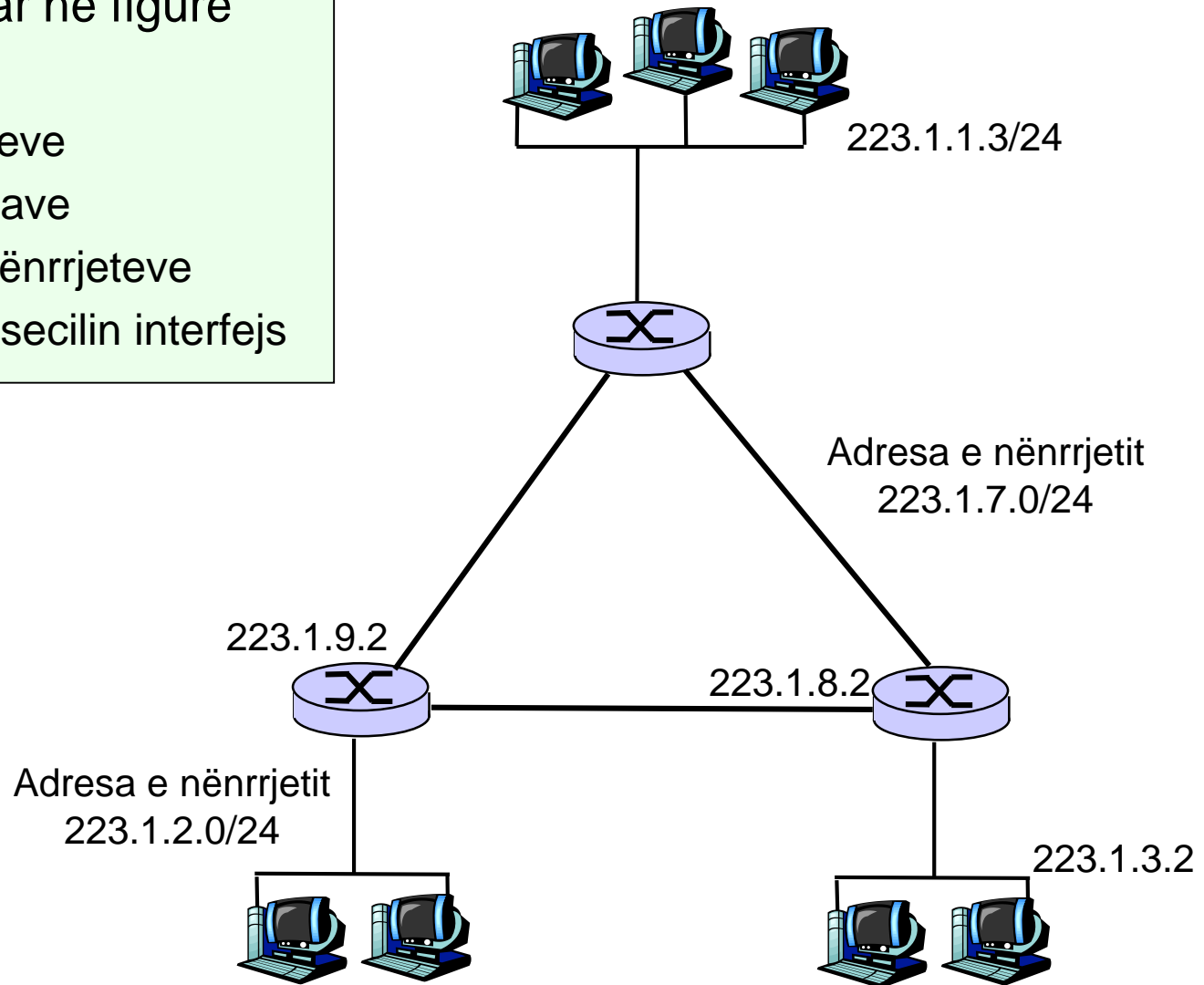
# Zgjidhja e shembullit 1



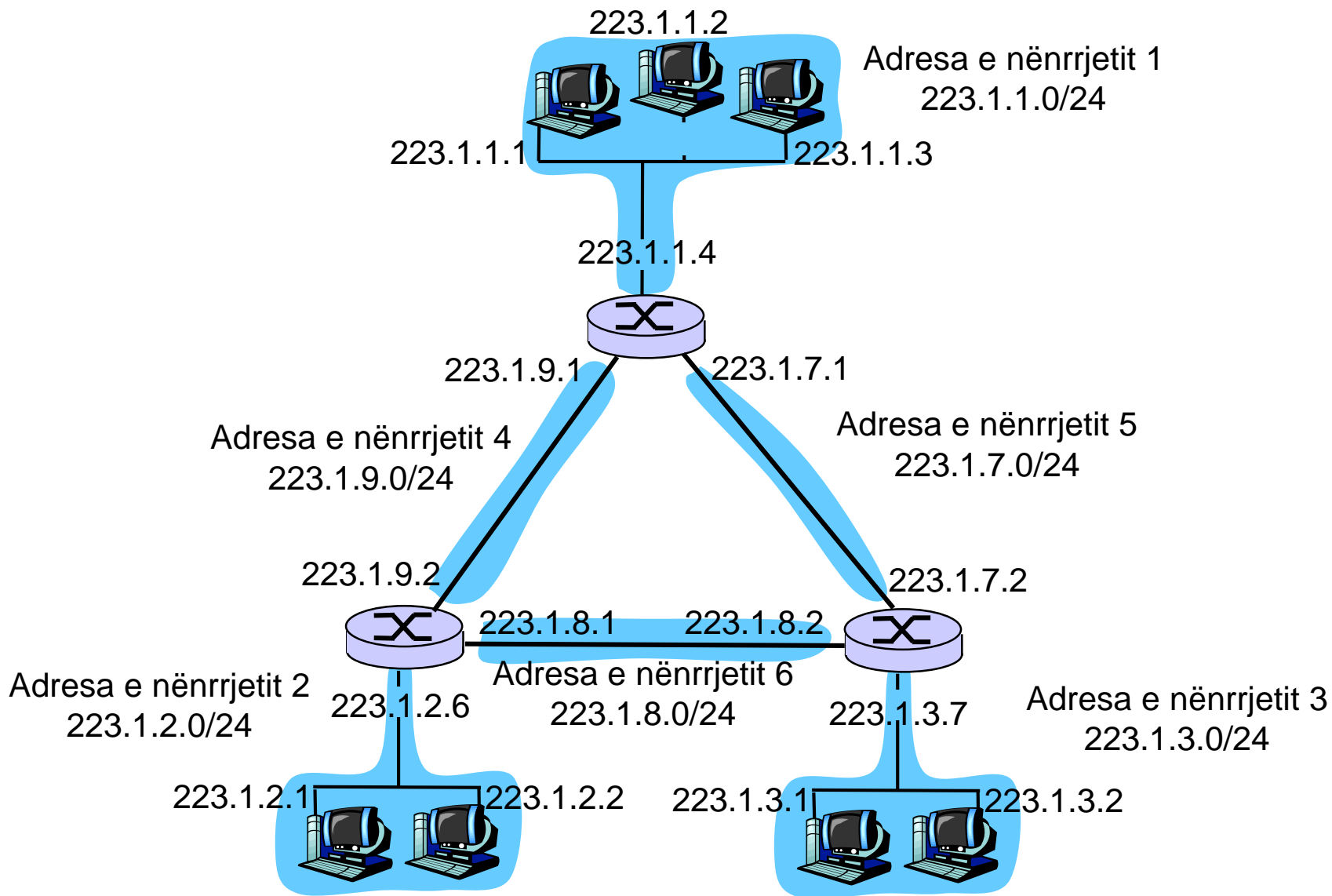
# Shembulli 2

Për rrjetin e treguar në figurë  
të caktohet:

- a. Numri i nënrrjeteve
- b. Numri i interfejsave
- c. Adresat IP të nënrrjeteve
- d. Adresat IP për secilin interfejs



# Zgjidhja e shembullit 2



# Shembulli 3

Një rrjeti të caktuar i është dhënë adresa IP 207.209.68.0/24

- a. Të krijohen 9 nënrrjete
- b. Të caktohet adresa e nënrrjetit të pestë
- c. Adresa e kompjuterit të tretë në nënrrjetin e pestë
- d. Adresa broadcast në nënrrjetin e shtatë.

Zgjidhja:

Adresa IP e dhënë 207.209.68.0 në formë binare do të jetë :

11001111 11010001 01000100 00000000

- Për të krijuar 9 nënrrjete (subnete) nevojiten të përdoren 4 bita nga pjesa e adresës të paraparë për host.
- Me këta 4 bita mund të krijohen gjithsej 16 nënrrjete.



# Zgjidhja e shembullit 3

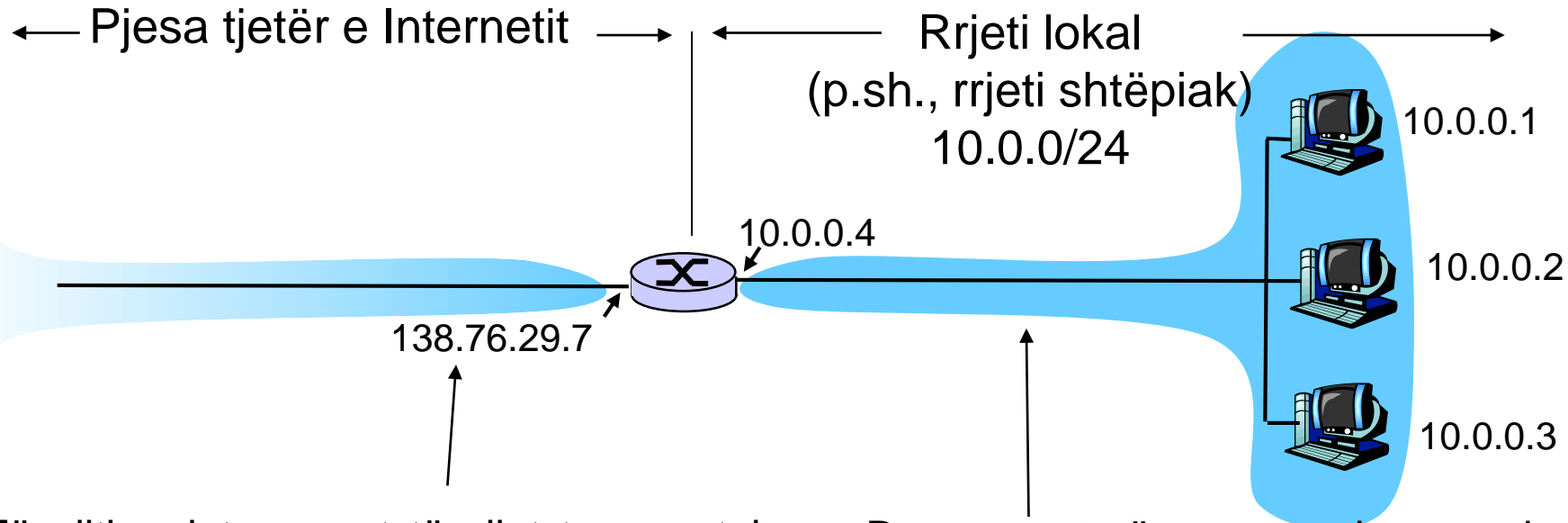
Bitat e nënrrjetit	Adresa e nënrrjetit	Adresat e hostave	Adresat broadcast
NNNN			
0000HHHH	207.209.68.0	.1 deri .15	207.209.68.16
0001	207.209.68.16	.17 deri .30	207.209.68.31
0010	207.209.68.32	.33 deri .46	207.209.68.47
0011	207.209.68.48	.49 deri .62	207.209.68.63
<b>0100</b>	<b>207.209.68.64</b>	.65 deri .78	207.209.68.79
0101	207.209.68.80	.81 deri .94	207.209.68.95
<b>0110</b>	<b>207.209.68.96</b>	.97 deri .110	<b>207.209.68.111</b>
0111	207.209.68.112	.113 deri .126	207.209.68.127
1000	207.209.68.128	.129 deri .142	207.209.68.143
1001	207.209.68.144	.145 deri .158	207.209.68.159
1010	207.209.68.160		
1011	207.209.68.176		
1100	207.209.68.192		
1101	207.209.68.208		
1110	207.209.68.224		
1111	207.209.68.240		

- Adresa e nënrrjetit të pestë është: **207.209.68.64**, ndërsa adresa e hostit të tretë brenda këtij nënrrjeti është: **207.209.68.67**.
- Adresa broadcast në nënrrjetin e shtatë është: **207.209.68.111**

# NAT/PAT: Network/Port Address Translation

- **Motivimi:** rrjeti lokal (Intraneti) e përdor vetëm një adresë IP për komunikim në Internet
  - Nuk ka nevojë për bllok të adreseve prej ISP-së: vetëm një adresë publike IP shfrytëzohet për të gjitha pajisjet e lidhura në Intranet
  - Adresat e pajisjeve në Intranet mund të ndërrohen pa pasur kurrfarë ndikimi në rrjetin e jashtëm (Internet)
  - ISP mund të ndërrohet pa i ndërruar adresat e pajisjeve në rrjetin lokal
  - Adresat e pajisjeve brenda rrjetit lokal nuk shihen nga rrjeti i jashtëm (rritet shkalla e sigurisë)

# NAT/PAT: Network/Port Address Translation



Të gjitha datagramet të cilat transmetohen nga rrjeti lokal e përdorin adresën e njëjtë burimore IP (NAT): 138.76.29.7, me numra të ndryshëm të porteve burimore.

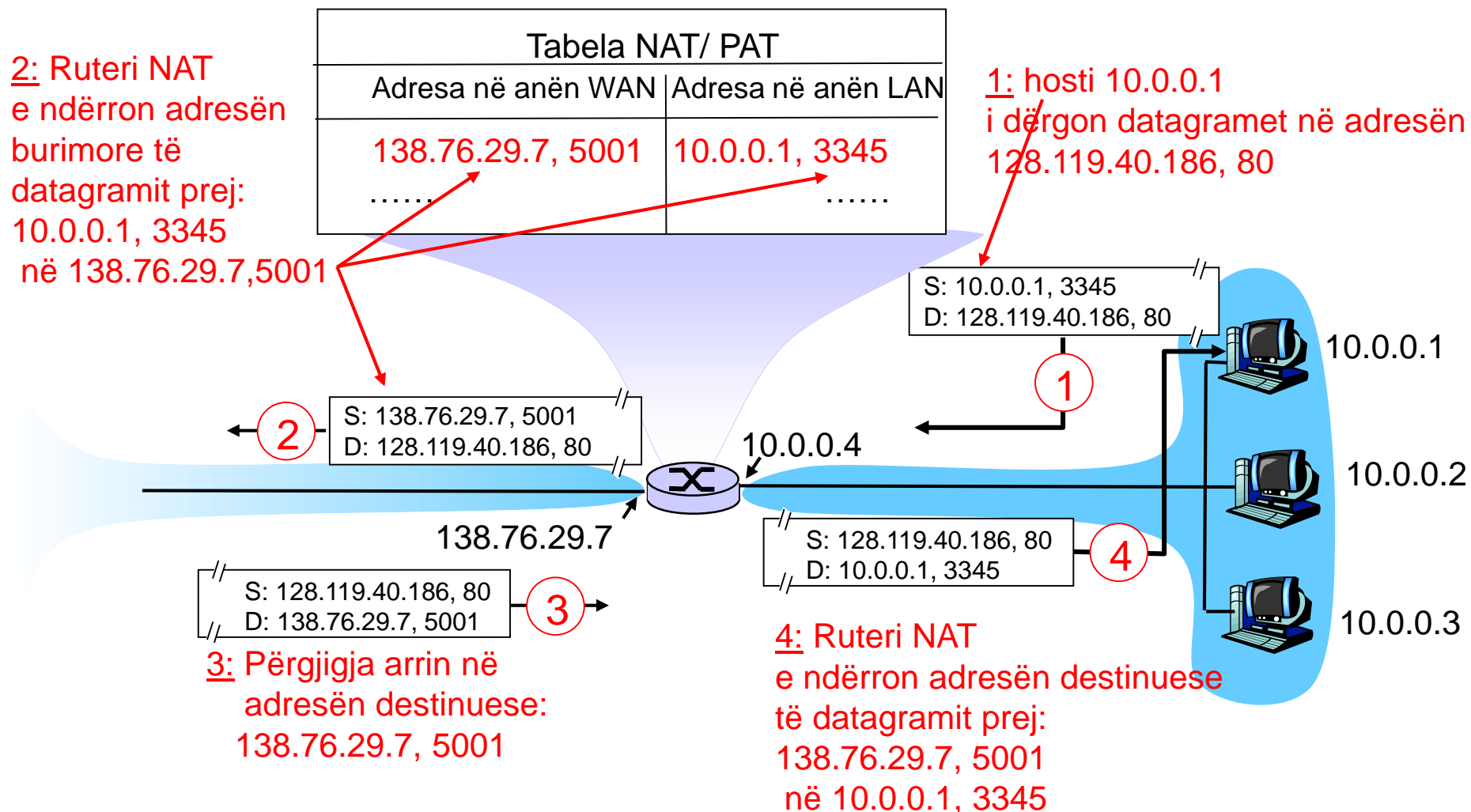
Datagramet që transmetohen nga ky rrjet ose që janë të destinuar për këtë rrjet e përdorin adresën 10.0.0/24 për adresë burimore ose destinuese të rrjetit, respektivisht.

# NAT/PAT: Network/Port Address Translation

## Implementimi i funksionit NAT/PAT në ruter:

- Në datagramet e transmetuara nga rrjeti lokal: **adresa burimore IP dhe numri i portit zëvendësohen** me adresën **IP NAT të ruterit** dhe **numër të ri të portit**, respektivisht
- Klientët ose serverët jashtë rrjetit lokal do të përgjigjen duke e përdorur si adresë destinimi adresën **IP NAT të ruterit** dhe **numrin e ri të portit**
- Tabela NAT përmban informacionin e korespondencës së çiftit **adresa IP, numri i portit** me çiftin **adresa IP NAT e ruterit dhe numri i ri i portit**
- Në datagramet e destinuar për rrjetin lokal: **adresa IP NAT e ruterit dhe numri i ri i portit zëvendësohen** me çiftin korespondues **adresën burimore IP dhe numrin e portit**, sipas tabelës NAT

# NAT/PAT: Network/Port Address Translation



# Potokolli ICMP

## ICMP - Internet Control Message Protocol

- Përdoret nga hostat dhe ruterat për komunikim të informacioneve në shtresën e rrjetit
  - Raportimi i gabimeve: hosti, rrjeti, porti, ose protokolli janë të paarritshëm
  - Kërkesë/përgjigje për eho (përdoret urdhërin ping)
- Mesazhi ICMP bartet në datagramin IP
- Mesazhet ICMP përmbajnë:
  - tipin
  - kodin
  - 8 bajtat e parë të datagramit, i cili e ka shkaktuar gabimin

<u>Type</u>	<u>Code</u>	<u>description</u>
0	0	echo reply (ping)
3	0	dest. network unreachable
3	1	dest host unreachable
3	2	dest protocol unreachable
3	3	dest port unreachable
3	6	dest network unknown
3	7	dest host unknown
4	0	source quench (congestion control - not used)
8	0	echo request (ping)
9	0	route advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	bad IP header

# Traceroute

- Hosti burimor e dërgon një seri të paketave UDP (Cisco IOS, Linux, Mac OS X) ose ICMP (Windows) te destinimi
  - Segmentin e parë me TTL =1
  - Segmentin e dytë me TTL=2
  - Segmentin e tretë me TTL=3, etj.
  - Numër jo i rëndomtë (i papritur) i portit
- Kur datagrami i n-të arrin në ruterin e n-të:
  - Routeri e hedh poshtë datagramin
  - E dërgon te hosti mesazhin ICMP: koha TTL ka kaluar (TTL expired, tipi 11, kodi 0)
  - Mesazhi përmban emrin dhe adresën IP të ruterit

- Kur mesazhi ICMP (tipi 11, kodi 0) mbërrin te hosti burimor, hosti e llogaritë kohën RTT
- Traceroute e dërgon paketen e njëjtë UDP (ICMP) 3 herë

## Kriteri i përfundimit të segmenteve

- Paketa UDP (ICMP) ma në fund arrin te hosti destinues
- Hosti destinues e kthen mesazhin ICMP: porti i paarritshëm (port unreachable), tipi 3, kodi 3, për paketen UDP (Linux)
- Hosti destinues e kthen mesazhin ICMP: echo replay tipi 0, kodi 0, për paketen ICMP (Windows)
- Kur hosti burimor e merr këtë mesazh e ndal transmetimin e paketeve UDP (ICMP)

# Protokollet e shtresës së transportit

- Protokollet
  - TCP (Transmission Control Protocol)
  - UDP (User Datagram Protocol)



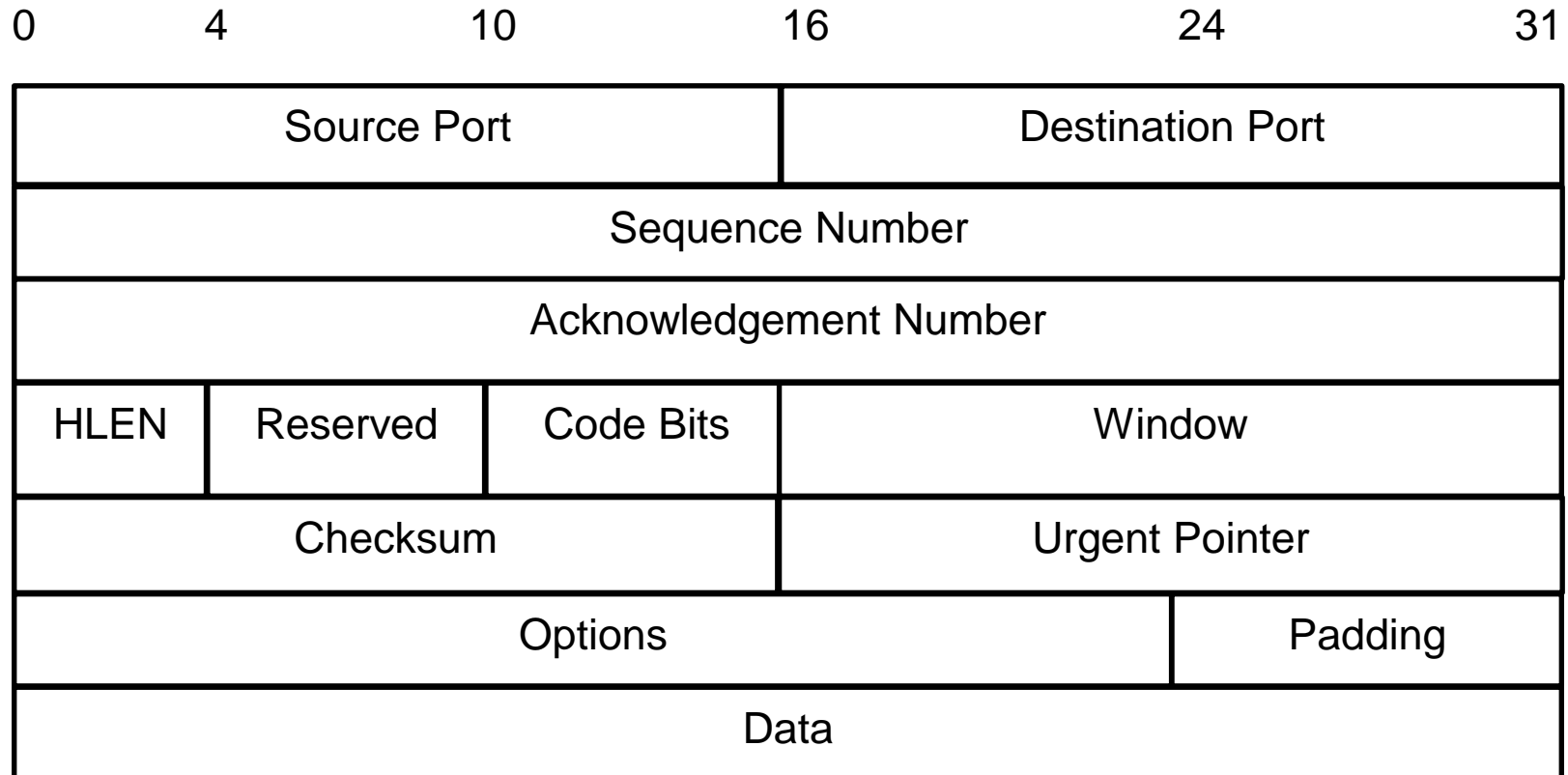
# Protokoli TCP (1)

- Connection oriented, IETF RFC 793
- Transmetim të sigurt End-to-End nëpër Internet
  - Kontrollimin adaptiv të transmetimit të informacionit (flow control adaptiv - sliding window)
  - Segmentimin e mesazheve që transmetohen
  - Riasemblimin e mesazheve në pranim nga segmentet përbërëse
  - Ritransmetimin e segmenteve të humbura
  - Krijon kanalin virtual në mes të aplikacioneve

# Protokoli TCP (2)

- TCP është protokoli më i përdorshëm i shtresës së transportit
  - Garanton lidhje të besueshme (reliable)
- Lidhja
  - Asociacion i përkohshëm logjik në mes të entiteteve në sisteme të ndryshme
- TCP PDU
  - Quhet segmenti TCP
  - Përmban portin burimor dhe destinues (SAP)
    - Identifikim të aplikacioneve
    - Lidhja referohet si lidhje në mes të portave
- TCP evidenton segmentet në mes të entiteteve në çdo lidhje
- TCP-në e shfrytëzojnë shërbimet si : Web, SSH, SMTP, IMAP/POP, FTP, etj.

# Struktura e segmentit TCP (1)



# Struktura e segmentit TCP (2)

## Përshkrimi i fushave të segmentit TCP

- Fusha **Source port** (16 bitshe) e tregon shfrytëzuesin (aplikacionin) burimor të TCP
- Fusha **Destination port** (16 bitshe) e tregon shfrytëzuesin destinues të TCP
- Fusha **Sequence number** (32 bitshe) e tregon numrin e sekuencës të oktetit të parë në segmentin aktual, përveç në rastin kur flegu SYN = 1
- Fusha **Acknowledgement number** (32 bitshe) e tregon numrin e sekuencës të oktetit të ardhshëm të cilin entiteti TCP e pret.
- Fusha **HLEN** (4 bitshe) përdoret për të treguar sa fjalë 32 bitshe janë në heder
- Fusha **Reserved** (6 bitshe) e rezervuar për përdorin në të ardhmen
- Fusha **Flags** ose **Code bits** (6 bitshe), për çdo fleg (nëse flegu është i setuar) ka këto domethënie: URG, ACK, PSH, RST, SYN, FIN
- Fusha **Window** (16 bitshe), përdoret të **flow control** për të treguar se sa oktete mund të transmetohen pa vërtetim nga marrësi
- Fusha **Cheksun** (16 bitshe), përdoret për sigurimin e integritetit të segmentit
- Fusha **Urgent pointer** (16 bitshe), përmban numrin e sekuencës së oktetit të fundit në sekuencën e informacioneve urgjente
- Fusha **Options** (variable), përdoret p.sh. për specifikimin e madhësisë maksimale të segmentit që mund të pranohet

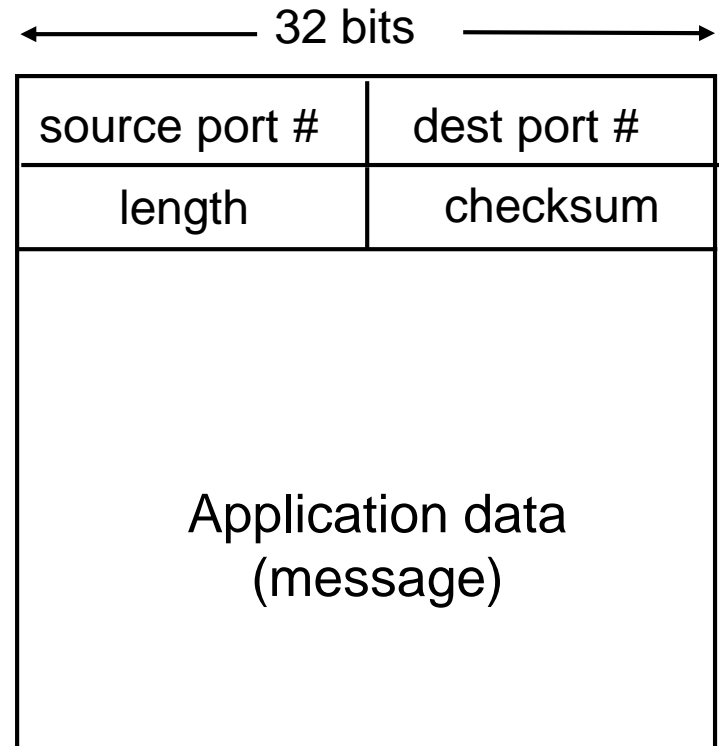
# Protokolli UDP

- Connectionless, IETF RFC 768
  - Protokoll i thjeshtë
  - Informacioni shtesë (overhead) është minimal
  - Përparësia që ofron është shpejtësia e transmetimit (komunikimit)
  - Nuk ka kontrollim të rrjedhjes së informacionit (flow control)
  - Nuk garantohej arritja e informacionit (paketave) në marrës
  - Mbetet që protokollet e shtresave më të larta të bëjnë procesimin e gabimeve dhe ritransmetimin
  - Nuk garantohej sekuencimi i njësive përbërëse të informacionit
  - Nuk ka mbrojtje ndaj duplikimeve
  - Përdoret kur mekanizmat e TCP nuk janë të nevojshëm
  - Është i përshtatshëm të përdoret për aplikacione (shërbime) real-time
  - UDP-në e shfrytëzojnë shërbimet si DNS, SNMP, RIP, DHCP, etj.

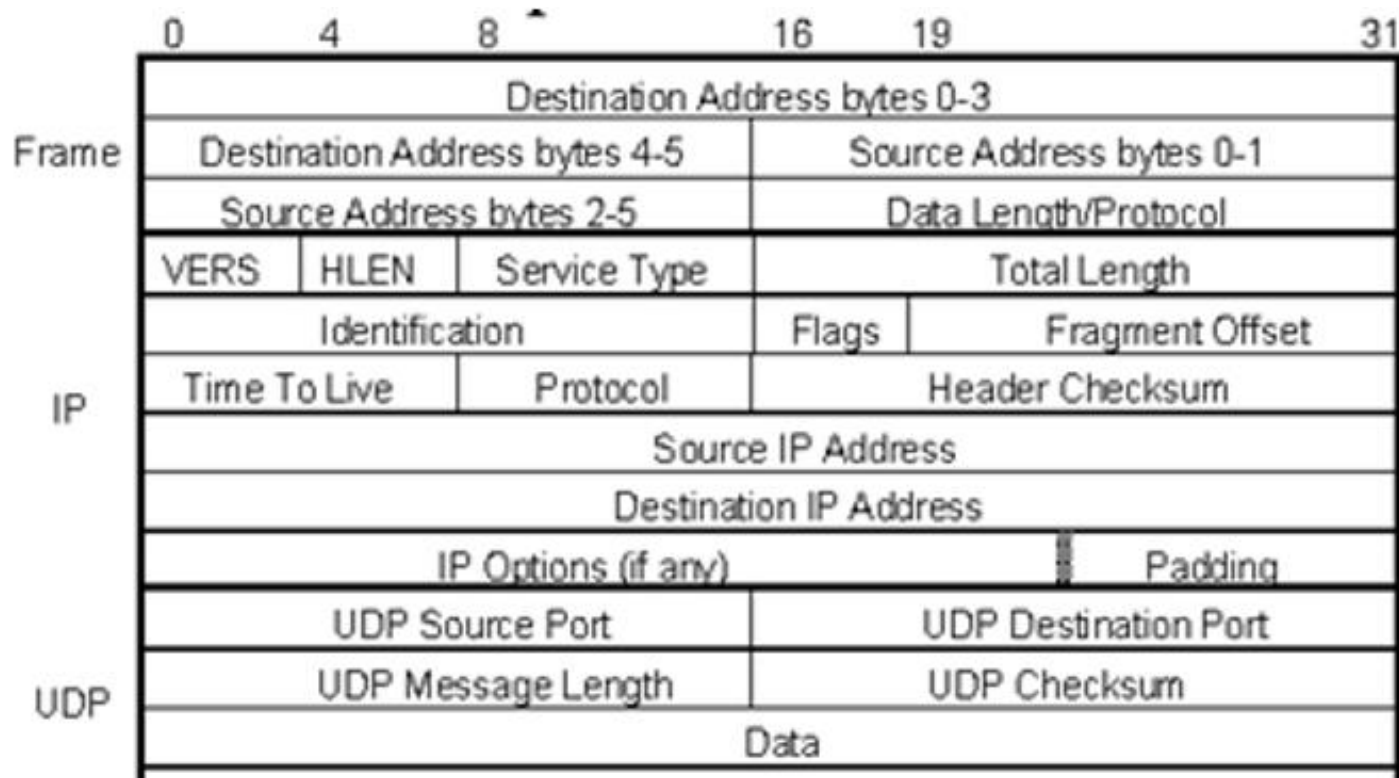
# Struktura e segmentit UDP

## Përshkrimi i fushave të segmentit UDP

- Fusha **Source port** (16 bitshe) e tregon numrin e portit burimor UDP
- Fusha **Destination port** (16 bitshe) e tregon numrin e portit destinues
- Fusha **length** e tregon gjatësinë e segmentit UDP së bashku me heder, në bajtë
- Fusha **checksum** (16 bitshe), përdoret për sigurimin e integritetit të segmentit UDP



# Segmenti UDP, datagrami IP, frejmi



# Numrat e portave TCP dhe UDP (1)

- Numrat e portave janë të ndara në tre breza:
  - Portat e njohura mirë (the well known ports)
  - Portat e regjistruara (the registered ports)
  - Portat dinamike ose private
- Portat e njohura mirë janë në intervalin 0 -1023
- Portat e njohura mirë **nuk duhet** të përdoren pa u regjistruar në IANA
  - Procedura e regjistrimit është e përkufizuar në RFC4340
- Portat e regjistruara janë në intervalin 1024 deri te 49151
  - Janë të regjistruar në IANA
- Portat në intervalin 49152–65535 njihen me emrin portat dinamike ose private
  - Nuk mund të regjistrohen në IANA



# Numrat e portave TCP dhe UDP (2)

Disa nga portet e njohura mirë

- ftp 20
- ftp 21
- telnet 23
- smtp 25
- http 80
- pop3 110
- imap 143
- snmp 161
- https 443

# Protokollet e shtresës së aplikacionit (1)

- Janë interfejs në mes të aplikacioneve të shfrytëzuesve dhe shërbimeve të Internetit
- Shërbimet e Internetit bazohen në modelin *client-server* (dy komponente)
  - Komponentja *client* është vet aplikacioni i instaluar në kompjuter
  - Komponentja server është vetë shërbimi i instaluar në kompjuterin server
- Ekzistojnë protokolle të shumta të shtresës së aplikacionit
  - Çdo aplikacion e ka të shoqëruar një protokoll të aplikacionit

# Protokollet e shtresës së aplikacionit (2)

- Telnet
- SSH (Secure Shell) Protocol
- FTP (File Transfer Protocol)
- TFTP (Trivial File Transfer Protocol)
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)
- POP3 (Post Office Protocol version 3)
- IMAP (Internet Message Access Protocol)
- HTTP (HyperText Transfer Protocol)
- HTTPS (Secure Hyper Text Transfer Protocol)
- BOOTP (Bootstrap Protocol)
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
- SNMP (Simple Network Management Protocol)
- DNS (Domain Name System)

# Protokolli DHCP (1)

## DHCP - Dynamic Host Configuration Potocol

- Mundëson që kur një host lidhet në rrjet ta marrë një adresë IP në mënyrë dinamike nga serveri
- Mundëson zgjatjen e kohës së shfrytëzimit të adresës IP aktuale
- Hosti e mban adresën e njëjtë derisa është i lidhur në rrjet dhe është aktiv
- Adresa e njëjtë mund t'i jepet hostave të ndryshëm (ripërdorimi i adresave)

# Protokolli DHCP (2)

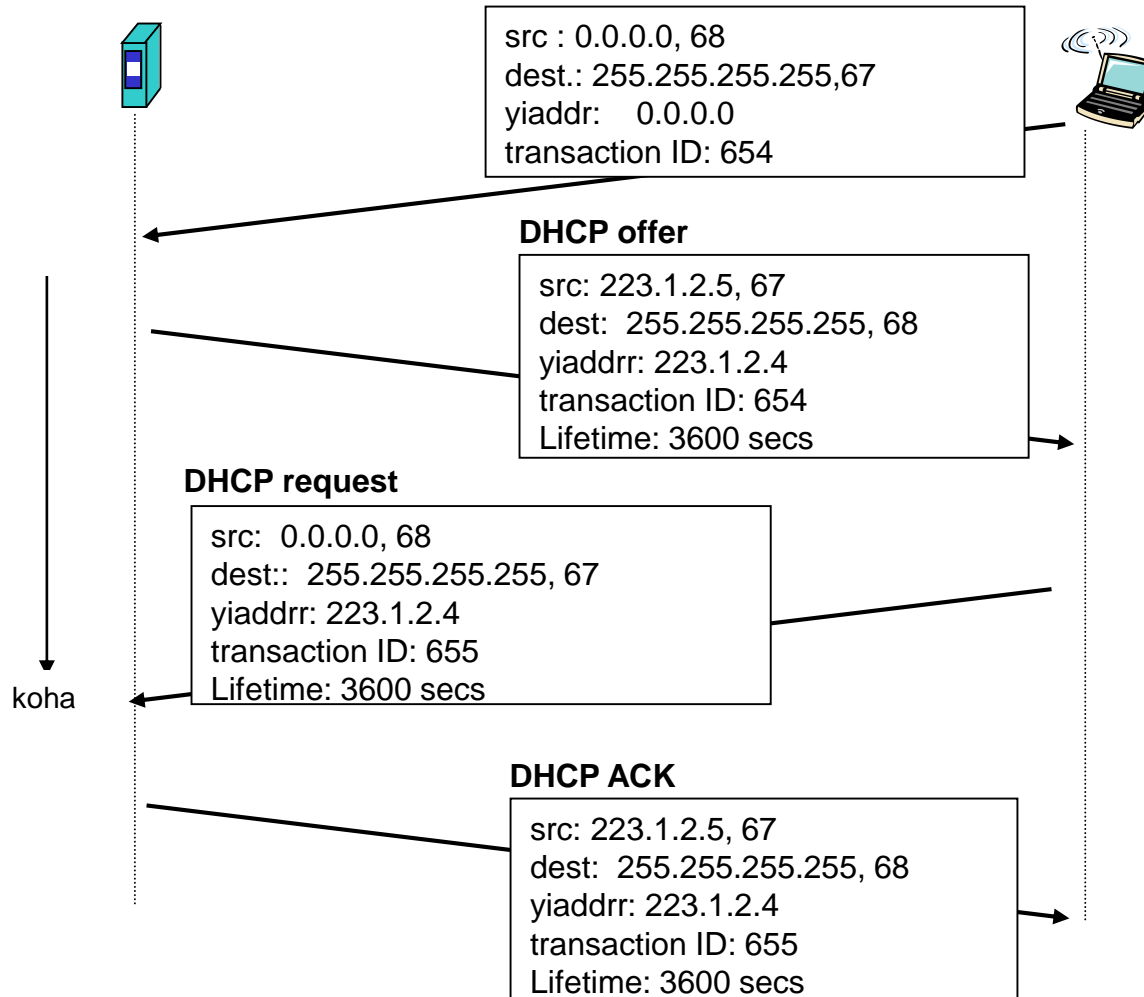
## Përshkrimi i protokollit DHCP:

- Hosti e transmeton mesazhin “DHCP discover” në modin broadcast
- Serveri DHCP përgjigjet me mesazhin “DHCP offer”
- Hosti e kërkon nga serveri një adresë IP me mesazhin “DHCP request”
- Serveri DHCP përgjigjet me mesazhin “DHCP ack”

# Skenari DHCP klient-server

Serveri DHCP : 223.1.2.5

Shfrytëzuesi i ri



# Protokolli IPv6 (1)

- **Motivimi themelor:** numri i adresave 32-bitshe IPv4 në hargjim
- Numër i pakufizuar i adresave 128 bitshe IPv6
- Vetë tjera të avancuara në krahasim me IPv4
  - Eliminon nevojën për shfrytëzimin e teknikës NAT
  - Format i hederit është më i thjeshtë, procesimi më i lehtë i datagrameve IP
  - *Checksum*: është eliminuar dhe është zvogëluar koha e nevojshme për procesim në çdo “hop”
  - Nuk ka fragmentim në rutera
    - ICMPv6: version i ri protokollit ICMP
      - Mesazhe shtesë p.sh. “Packet Too Big”
  - Mbështet autokonfigurimin
  - Mbështet mobilitetin e shfrytëzuesve (Mobile IP)

# Protokoli IPv6 (2)

- Vetë tjera të avancuara
  - Mbështet protokollet që kanë përdorim të gjerë
  - Arkitekturë hierarkike e adresimit, rrugëtimi efikas
  - Ofron mbrojtje të informacioneve, duke përdorur familjen e protokolleve IPSec
  - Mbështet cilësinë e shërbimit - QoS (Quality of Service)
  - Ofron numër të madh të adresave multicast



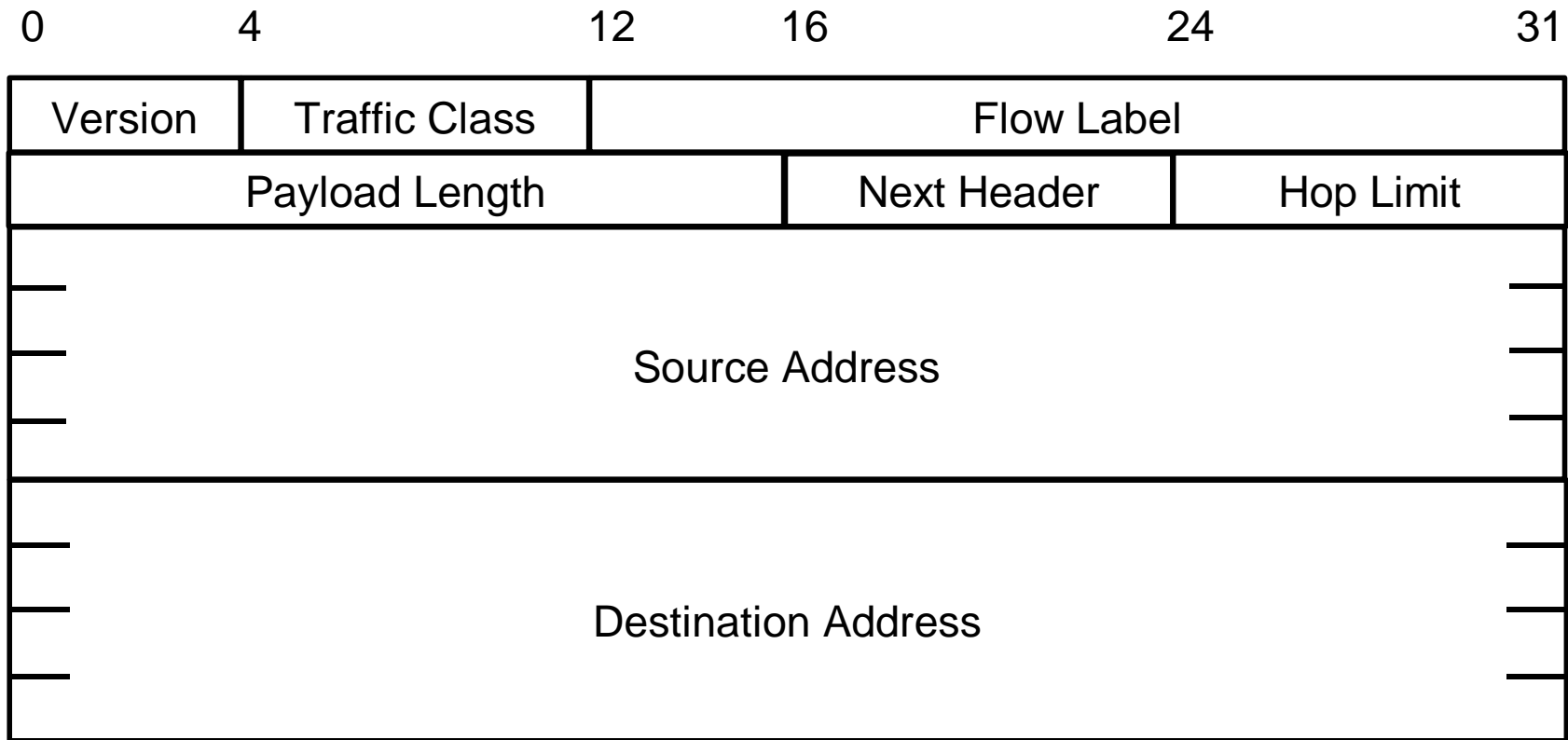
# Struktura e Paketit IPv6

Datagrami IPv6 përbëhet prej:

1. Hederit kryesor IPv6
  - Gjatësi konstante 40 bajta, 8 fusha
  - Paraqet protokollin IPv6
2. Numër të ndryshueshëm të hederave shtesë (extension header)
  - Në vend të fushës *option* të hederi IPv4
3. Fushës për insertimin e fragmentit – TPDU-së



# Struktura e Hederit Kryesor IPv6 (1)



# Struktura e Hederit Kryesor IPv6 (2)

## Përshkrimi i fushave të Hederit IPv6

- Fusha **Version** (4 bitshe) e tregon versionin e hederit IP, vlerën 6
- Fusha **Traffic Class** (8 bitshe) për prioritet të ndryshëm të paketave IPv6
- Fusha **Flow Label** (20 bitshe) përdoret nga burimi i paketes t'i shenoi paketet që i takojnë një rrjedhe të veçantë e që kërkojnë tretman shtesë për QoS (p.sh. rel-time video).
- Fusha **Payload Length** (16 bitshe) e tregon gjatësinë e paketes së shtresës së sipërme dhe hederave shtesë
- Fusha **Next Heder** (8 bitshe) përmban informacion për hederin që pason pas hederit kryesor (hederi shtesë ose TCP/UDP)
- Fusha **Hop Limit** (8 bitshe) është e ngjashme me TTL te IPv4
  - Është më e thjeshtë për procesim
- Fusha **Source Address** (128 bitshe), e tregon adresën e hostit që e gjeneron datagramin (adresën e burimit të datagramit)
- Fusha **Destination Address** (128 bitshe), e tregon adresën e hostit, të cilit i dedikohet datagrami (adresën e destinimit)

# Hederat Shtesë IPv6

Hederat shtesë të IPv6 janë opcional dhe përdoren për

- Fragmentim
- Siguri
- Menaxhimin e rrjetit
- Rrugëtimin e përcaktuar nga hosti burimor
- Funksione të tjera

# Adresimi IPv6 (1)

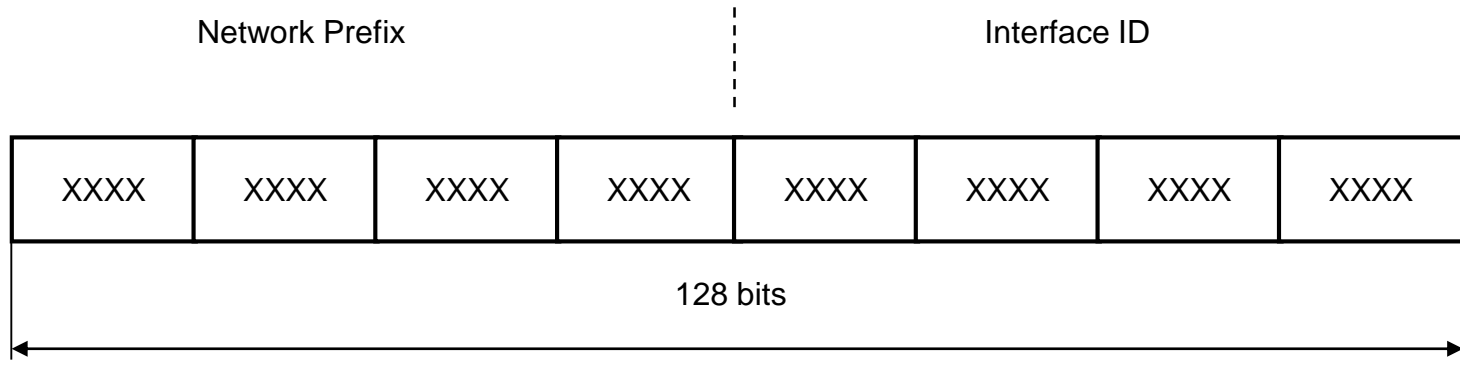
- Adresa IP është 128 bitshe
  - Gjithsej  $3.4 \times 10^{38}$  adresa, 1030 adresa për çdo person në tokë
  - Adresat paraqiten me 8 numra heksadecimal 16 bitësh të ndarë me dy pika “:”
  - Shembull:  
`2031:0000:1F1F:0000:0000:0100:11A0:ADDF`
- Përdoren këto shkurtesa:
  - Zerot mund të komprimohen (0000 = 0).  
`2031:0:1F1F:0:0:0100:11A0:ADDF`
  - Grupet 16 bitshe të zerove mund të zevendësohen me “::”, por vetëm në një pozitë  
`2031:0:1F1F::0100:11A0:ADDF`

# Adresimi IPv6 (2)

- Kompatibilitet dhe bashkëveprim me IPv4
  - 32 bitët e fundit mund të paraqiten sikurse adresa IPv4 0:0:0:0:0:0.192.168.0.1.
  - Mundëson bashkekzistimin e rrjeteve IPv6 me rrjetet IPv4
- Gjatësia e prefiksit
  - Informacion tjetër i rëndësishëm është gjatësia e prefiksit (/prefix-length)
  - Vlera decimale e bitave më të lartë në adresë që paraqesin pjesën e adresës së rrjetit.
  - 1080:6809:8086:6502::/64

# Adresimi IPv6 (3)

Formati i përgjithshëm i adresimit në IPv6



XXXX = 0000 through FFFF

# Adresimi IPv6 (4)

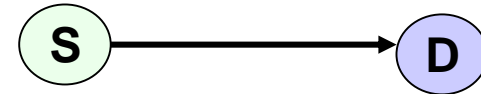
Tri tipe themelore të adresave IPv6:

- Unicast
- Multicast
- Anycast

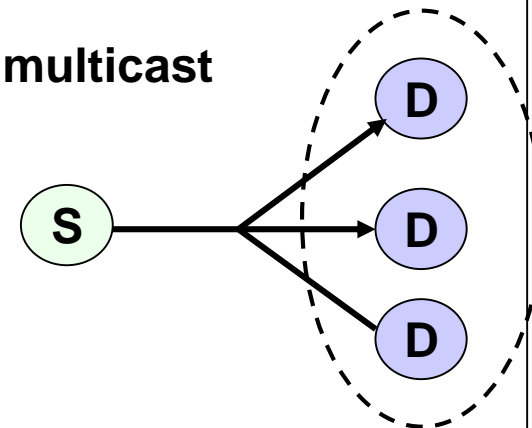
**S** Source - burimi

**D** Destination - destinacioni

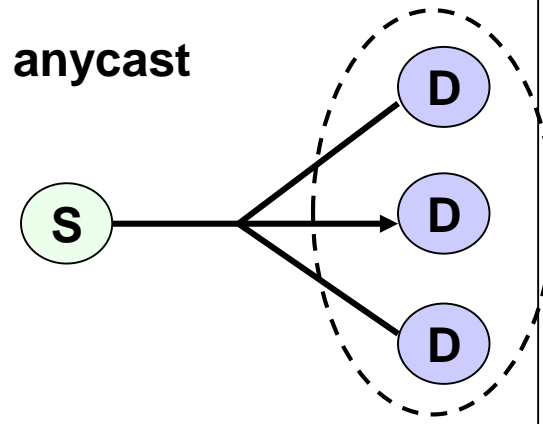
**unicast**



**multicast**



**anycast**





# Operimi i IPv6 (1)

Dy procese janë thelbësore:

- Neighbour discovery
  - Ekuivalente me ARP te IPv4
  - U mundëson nyjave IP ta përcaktojnë adresën (link-layer) të nyjave fqinje në linjën e njëjtë (subnet)
  - I përdor mesazhet ICMPv6 për *Neighbouring advertisement message* me adresë destinuese *solicited node multicast addresses*
- Router discovery
  - Për zbulimin e ruterave në linjën lokale (subnet)
  - Për këtë qëllim përdoren dy mesazhe:
    - Router advertisement dhe Router solicitation

# Operimi i IPv6 (2)

- Router advertisement
  - Dërgohen periodikisht nga çdo interfejs i routerit dhe si përgjigje në mesazhin router solicitation
  - Përmban informacionin për llojin e autokonfigurimit të adresës që duhet nyja me e përdor (stateless, statefull), hop limit, prefiksin e rrjetit për adresën unicast, default router
  - Nuk e përmban adresën IP të serverit DNS, për këtë arsye nevojitet një server DHCP që quhet *stateless dhcp server*, detyra e të cilit është me ia dërgua klientit adresën IP të serverit DNS
- Router solicitation
  - Kur hosti nuk ka adresë unicast të konfiguruar, shpejtohet procesi i autokonfigurimit

# Konfigurimi i Nyjave IPv6 (1)

## Stateless autoconfiguration

- Hosti e gjeneron adresën e vet IP duke e kombinuar prefiksin e rrjetit me identifikuesin e interfejsit të vet (adresën MAC)
- Prefiksi i rrjetit përmbahet në mesazhin router advertisement dhe përdoret si prefiks /64 i adresës së hostit
- Pjesa tjetër e adresës përpilohet në formatin EUI-64 duke bërë insertimin e numrit FFFE në mes të adresës MAC dhe duke invertuar bitin e 7-të nga ana e majtë e adresës MAC
  - Nyja me adresë 00 03 B6 1A 20 61 (në interfejsin Ethernet) e kombinuar me prefixin e rrjetit 2001:0001:1EEF:0000/64 do ta ketë adresën IPv6:  
2001:0001:1EEF:0000:0203:B6FF:FE1A:2061
- Hosti duhet të bëjë kontrollimin e adresimit të dyfishtë
- Riadresimi i nyjave IPv6 (Router renumbering - RFC 2894)
  - Mundësohet nga mesazhi router advertisement i cili e përmban prefiksin e vjetër dhe prefiksin e ri të rrjetit
  - Gjatë kësaj kohe nyjat i kanë nga dy adresa unicast

# Konfigurimi i Nyjave IPv6 (2)

## Stateful autoconfiguration

- Serveri DHCPv6
- Hosti e merr adresën e interfejsit si dhe informacionet e konfigurimit IP prej serverit me përjashtim të adresës IP për default ruter e cila merret nga router advertisement
- Serverët mbajnë evidencën se cilat adresa i janë ndarë cilave nyja
- Përdoret edhe në rastet kur hosti nuk mundet ta bën vetkonfigurimin (stateless)

# Adresat IPv6 (1)

- AdresaUnicast
  - Përdoret për ta identifikuar një interfejs të vetëm
    - Varësisht nga aritshmëria, adresat unicast ndahen në tri lloje të adresave
  - Global unicast
    - Adrese globale (Global Routing prefix, subnet ID, interface ID)
    - E ngjashme me adresat publike të IPv4
  - Unique local unicast
    - Brenda rrjetit lokal të shfrytzesit
    - E ngjashme me adresat private IPv4: 10.0.0.0/8 dhe 192.168.0.0/16

# Adresat IPv6 (2)

- Adresa Unicast (vazhdim)
  - Link local unicast
    - Është e arritshme vetëm nga nyjat në të njëjtin link lokal, ngjashëm me APIPA
  - Interface ID duhet të jetë 64 bitsh i përpiluar sipas formatit Extended Universal Identifier (EUI)-64
  - ID e interfejsit derivohet prej adresës 48 bitshe MAC duke bërë insertimin e numrit FFFE në mes të tre bajtave të epërm dhe të poshtëm të adresës MAC, duke invertuar bitin e 7të të adresës MAC nga ana e majtë

# Adresat IPv6 (3)

- Një interfejsi mund t'i jepen disa adresa të çfarëdo lloji (unicast, multicast, anycast)
- Çdo interfejs IPv6 duhet ta përmbajë së paku një adresë për testim (loopback) dhe një adresë *link-local*
- Çdo interfejs IPv6 mund t'i ketë (opcionale) adresa të shumëfishta *unique local* dhe globale
- Adresat IPv6 mund t'iu jepen hostave në disa mënyrë:
  - Konfigurim statik
  - Autoconfigurim Stateless
  - Serveri DHCPv6

# Bashkekzistimi IPv4 – IPv6

- Grupi punues IETF IPv6 i ka dizajnuar disa strategji transitimi prej adresimit IPv4 në adresimin IPv6:
  - *IPv6 over dual stack backbones*
    - Të gjithë ruterat në rrjet i përmbajnë edhe protokollet IPv4 dhe ato IPv6
  - *IPv6 over IPv4 tunneling*
    - Enkapsulimi i paketave IPv6 brenda paketave IPv4
    - Pikat fundore të tunelit duhet t'i implementojnë protokollet IPv4 dhe IPv6

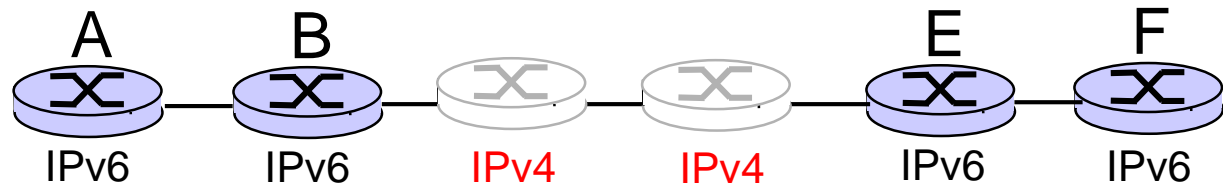


# Tunelimi (1)

Vështrimi logjik:



Vështrimi fizik:



# Tunelimi (2)

Vështtrimi logjik:



Vështtrimi fizik:

