



Universitatea “Constantin Brâncuși” din Târgu-Jiu
Facultatea de Inginerie
Departamentul de Automatică, Energie și Mediu

Rețele de calculatoare

Lect. dr. Adrian Runceanu

An universitar 2013-2014

Curs 6

Modelul TCP/IP. Adrese IP

Modelul TCP/IP

1. Protocolul IP
2. Formatul pachetului IP
3. Adresele IP
 - 3.1. Subretele
 - 3.2. Masti de retea

Modelul TCP/IP

- Arhitectură cu 4 niveluri

Poartă numele principalelor protocoale:

1. **TCP** (*Transmission Control Protocol*)

2. **IP** (*Internet Protocol*)

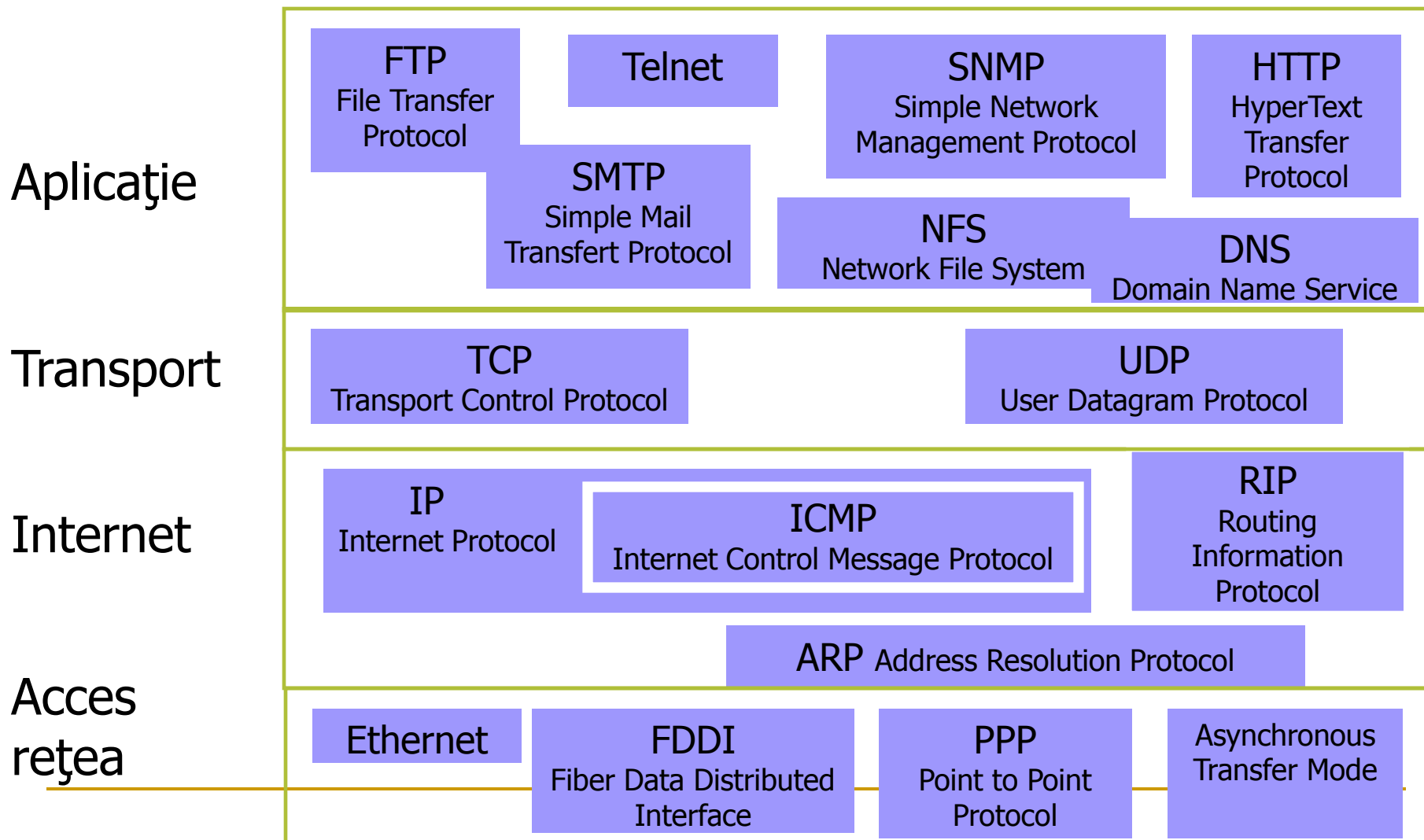
- 1) **Nivelul de transport** - 2 protocoale:

- TCP - mod fiabil, orientat pe conexiune

- UDP – mod datagram, neorientat pe conexiune

- 2) **Nivelul Internet**: mod neorientat pe conexiune, definește formatul pachetelor și mai multe protocoale de rutare, inclusiv IP

Principalele protocoale ale modelului TCP/IP



Modelul TCP/IP

1. Protocolul IP
2. Formatul pachetului IP
3. Adresele IP
 - 3.1. Subretele
 - 3.2. Masti de retea

Protocolul IP (RFC 791)

■ Funcționare

- ❑ Mod datagram
- ❑ Rutare
- ❑ Segmentarea pachetelor

■ Gestionează pachete/datagrame IP

- **Scop:** realizarea unei rețele mondiale prin compatibilitate cu diverse tipuri de suporturi fizice ⇒ **RFC(Request for Comments)** pentru definirea încapsulării pachetelor IP
 - ❑ Rețele locale Ethernet: RFC 894
 - ❑ Legături punct-la-punct cu PPP (Point to Point Protocol): RFC 1661
 - ❑ X25 (Transpac): RFC 1356

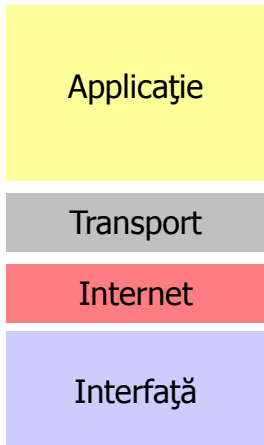
Rolul nivelului Internet

- **Adresarea și rutarea**
 - ❑ *Adresarea permite o identificare unică a mașinilor de calcul la nivel planetar*
 - ❑ *Rutarea permite accesul la aceste mașini pe baza adresei*
- **O interfață unică între nivelurile înalte și nivelurile joase**
 - ❑ Adaptarea datelor la formatele nivelului OSI-Legătură de date (ex: fragmentarea/reasamblarea IP)
 - ❑ Interconectarea rețelelor eterogene

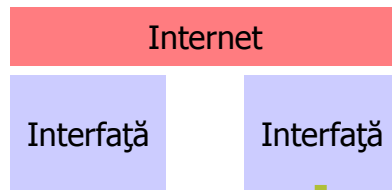
Interconectarea rețelelor eterogene

- Diferite rețele cu comutare de pachete sunt integrate într-o singură entitate (Internet)
 - Protocol comun pentru rețelele interconectate
 - Sistem de adresare comun
 - Fragmentare/reasamblare a pachetelor pentru a fi transmise prin alte rețele decât rețeaua de origine

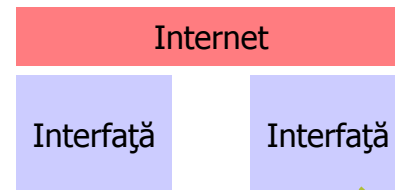
Mașina A



Router A

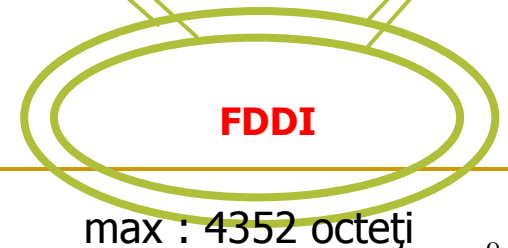
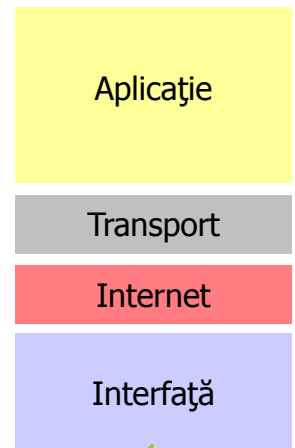


Router B



Ethernet
max : 1500 octeți

Mașina B



Protocoloalele de pe nivelul Internet

1. *Internet Protocol (IP)*

- a) Reprezentativ pentru nivelul Internet
- b) Celelalte protocoale completează (asistă) realizarea funcțiilor

2. *Internet Control Message Protocol (ICMP)*

3. *Internet Group Message Protocol (IGMP)*

4. *Address Resolution Protocol (ARP)*

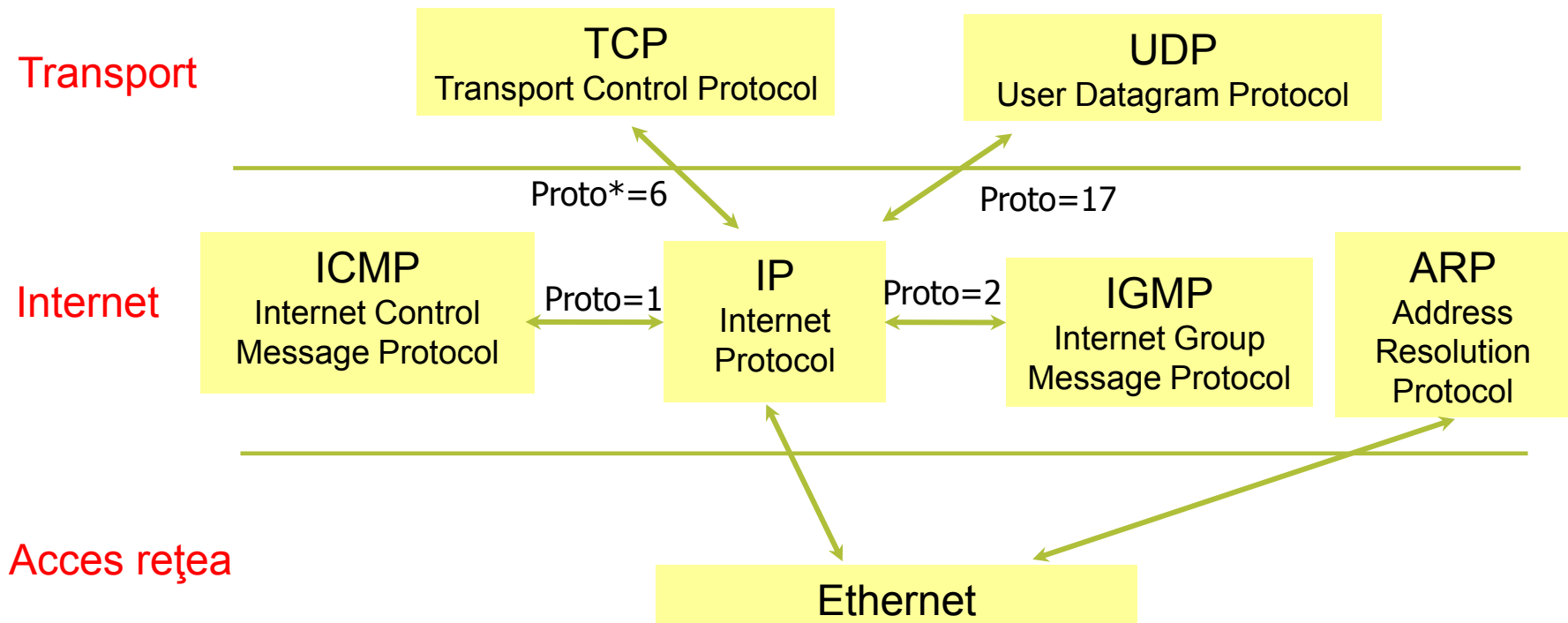
5. *Reverse Address Resolution Protocol (RARP)*

Unele din aceste protocoale (ex.: ICMP si IGMP) folosesc încapsularea datelor în datagrame IP

- ❑ Câmpul **protocol (proto)** permite identificarea protocolului utilizat.

Arhitectura nivelului IP

Mașina IP



* Permite determinarea tipului mesajului

Servicii IP

- Funcții simplificate la maximum
- Mod fără conexiune și fără confirmare
 - Fiecare pachet este tratat independent
 - IP transmite “cât se poate de bine” în condițiile date (*Best Effort*)
- ⇒ IP asigură servicii protoalelor TCP și UDP care pot ameliora performanțele legăturii
- IP transportă pachetele de la sursă la destinație
 - Fiecare pachet conține:
 - Adresa IP a sursei
 - Adresa IP a destinatarului
 - Fiecare interfață a unei mașini are o adresă IP

Servicii IP

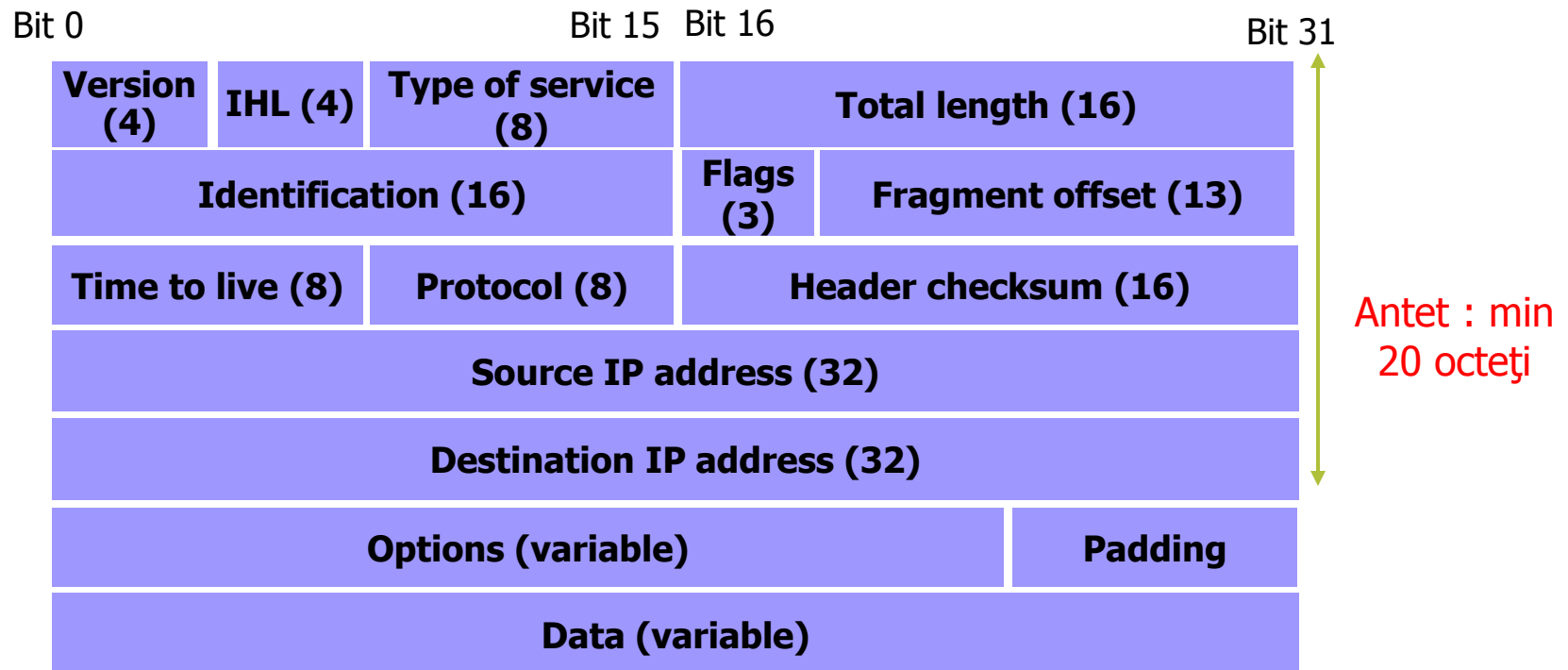
Funcții ale rețelei	Servicii ale protocolului IP
Conexiune	Mod datagram (fără conexiune), pachet de max 64Ko
Controlul fluxului	Fără control al fluxului (funcție asigurată parțial de ICMP)
Adresare	Câmp de adresă de 32/48 biți (IPv4/IPv6)
Segmentare	Segmentare (fragmentare) posibilă cu IP
Rutare	Mai multe protocoale: EGP (BGP, IS-IS...), IGP (RIP, OSPF...)
Controlul erorilor	Realizat asupra antetului pachetului, nu asupra datelor
Gestionarea anomaliilor	Asigurată de protocolul ICMP

- IP nu asigură multiplexarea, verificarea secvențierii, detectarea pierderii de pachete, retransmiterea în cazul erorilor

Modelul TCP/IP

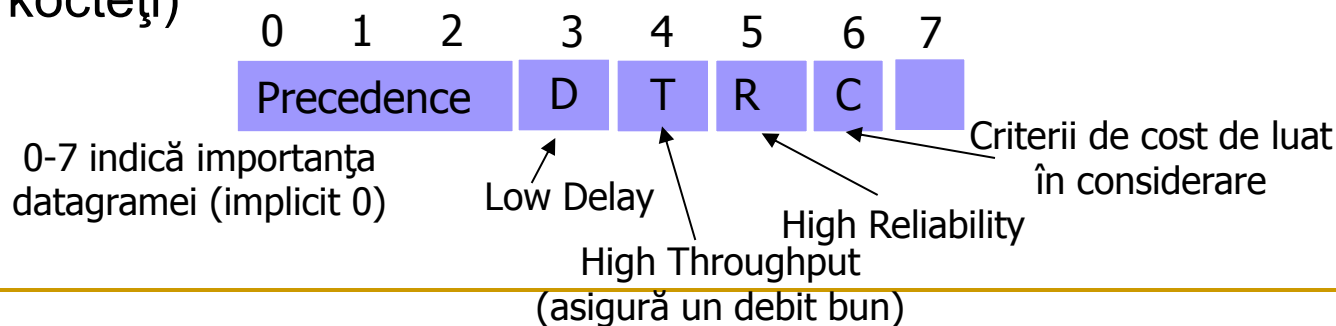
1. Protocolul IP
2. **Formatul pachetului IP**
3. Adresele IP
 - 3.1. Subretele
 - 3.2. Masti de retea

Formatul pachetului IP



Câmpurile antetului IP

- **Version:** Versiunea protocolului IP
 - Versiunea curentă = 4, sau 6 pentru IP.v6
- **HL (IP Header Length):**
 - Lungimea antetului în cuvinte de 32 biți (4 octeți) – Biții de completare asigură ca lungimea antetului să fie un multiplu de 32 de biți
 - Valoarea obisnuita 5 (dimensiune 20 octeți fără opțiuni)
- **Tipul serviciului (ToS):**
 - A fost prevăzut pentru rutare după QoS, dar nu este utilizat
- **Total Length:**
 - Lungimea totală a pachetului IP, antet + data în octeți (maximum 64 kocteți)



Câmpurile antetului IP

Câmpuri pentru fragmentare/reasamblare

1. Identification:

- Identificator unic al pachetului atribuit de expeditor pentru reasamblarea eventuală a fragmentelor (**fragmentele aceluiași pachet au același identificator**).

2. Flag: pentru fragmentare

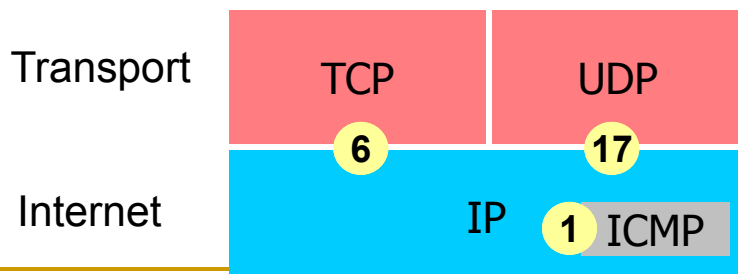
- 001: mai sunt fragmente
- 000: ultimul fragment (sau nefragmentat)
- 01x: nu se fragmentează

3. FO (Fragment Offset):

- Poziția fragmentului în datagramă (în blocuri de 8 octeți)
- 0 pentru primul fragment
- **Destinatarul trebuie să recupereze toate fragmentele, dacă un fragment lipsește, tot pachetul este pierdut**

Câmpurile antetului IP

- **Time To Live (TTL):**
 - ❑ Durata de viață a pachetului în secunde (la originea pachetului)
 - ❑ Fiecare ruter scade din TTL durata de procesare. În fapt un ruter procesează un pachet în mai puțin de 1 sec, deci dacă scade 1 din TTL, *TTL indică numărul de salturi pe care îl face pachetul (hop count)*
 - ❑ Dacă TTL este 0, pachetul este distrus și un mesaj ICMP este trimis expeditorului
- **Protocol:** indică protocolul care folosește pachetul



Protocol	Număr
ICMP	1
TCP	6
UDP	17
IP in IP	4
IGMP	2
IPv6	41

Câmpurile antetului IP

- **Header Checksum:**
 - ❑ *Sumă de control asupra antetului, pentru verificarea integrității lui.*
 - ❑ Nu include TTL
 - ❑ Nu include datele
- **Source address, Destination address**
 - ❑ *Adresele IP ale mașinilor de la extremități – sursă și destinație*
- **Options:**
 - ❑ De lungime variabilă
 - ❑ Exemplu: rutarea la sursă
- **Padding (completare)**
 - ❑ Pentru o dimensiune a antetului IP multiplu de 32 biți

Fragmentare și reasamblare

- Protocoalele nivelului acces rețea (Ethernet, FDDI, Token Ring,...) acceptă pachete IP cu o dimensiunea maximă limitată (*MTU-Maximum Transmission Unit*)
Exemple:
 - ❑ Ethernet - MTU= 1500 octeți
 - ❑ FDDI - MTU= 4352 octeți
- Pentru ca un pachet să traverseze o rețea cu un MTU inferior dimensiunii lui, IP fragmentează pachetul
 - ❑ Ruterul care leagă cele 2 rețele face fragmentarea
 - ❑ Reasamblarea se face pe mașina de destinație

Modelul TCP/IP

1. Protocolul IP
2. Formatul pachetului IP
3. Adresele IP
 - 3.1. Subretele
 - 3.2. Masti de retea

Adresele IP

- Fiecare mașină conectată la o rețea TCP/IP trebuie să aibă cel puțin o adresă IP pentru a putea comunica.
- Adresa este unică
 - Configurabilă software (comanda `ifconfig` – în S.O. Unix, `ipconfig` – în S.O. Windows)
 - Asociată fiecărei interfețe de rețea (exemplu: un ruter are un număr de adrese IP egal cu numărul de interfețe de rețea)
- 3 tipuri de adrese:
 1. **unicast**: permit identificarea unui echipament IP în mod unic
 2. **multicast**: adresă de difuzare către un grup de echipamente IP
 3. **broadcast**: adresă de difuzare către toate echipamentele unei aceleiași subrețele

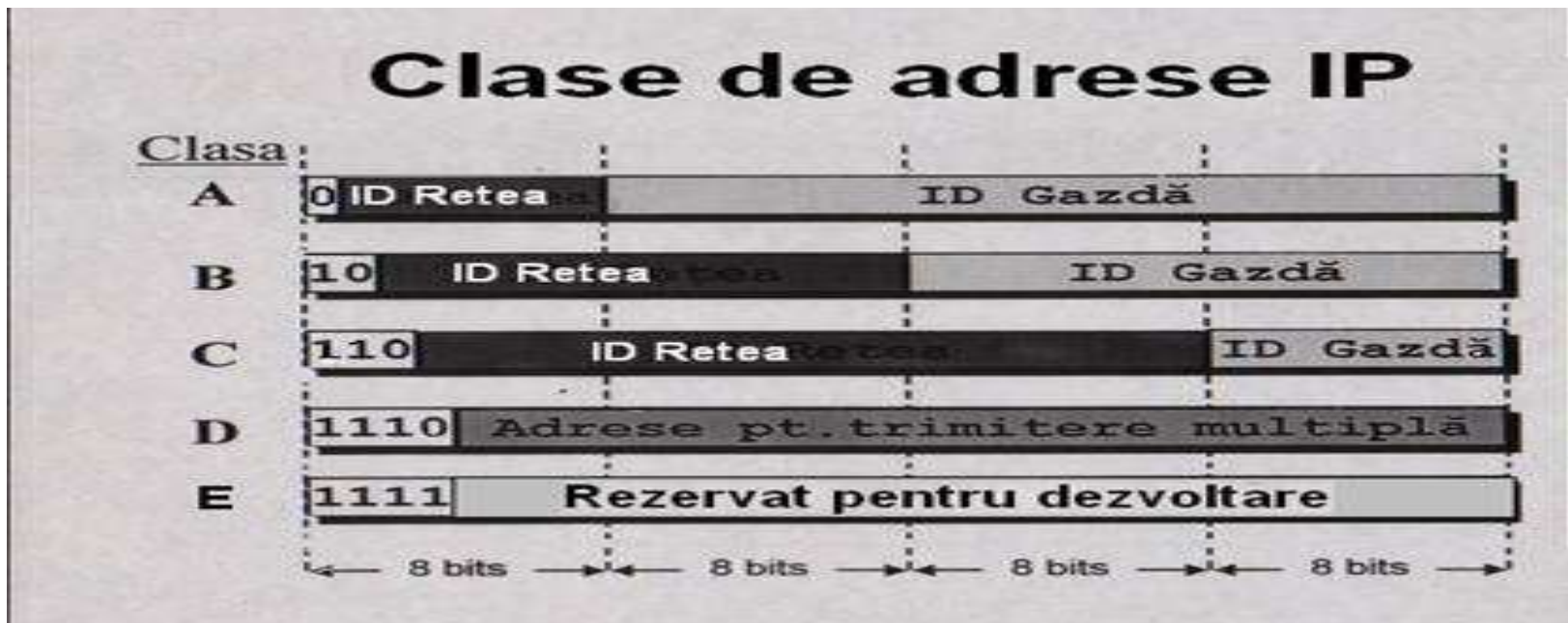
Adresele IP

- Sunt codate pe 32 biți (4 octeți).
- Scrierea se face în “**notație zecimală cu punct**” - octeții sunt separați prin puncte.
 - Exemplu: 172.16.122.204

	32 bits			
	Network		Host	
Maximum	255	255	255	255
Binar	11111111	11111111	11111111	11111111
Exemplu zecimal	172	16	122	204
Exemplu binar	10101100	00010000	0111010	11001100

Clasele de adrese IP

- Adresele au două părți:
 - Numărul rețelei (Net_id)
 - Numărul mașinii în rețea (Host_id)
- Există 5 clase de adrese, în funcție de dimensiunea rețelelor:



Clasele de adrese IP

Se diferențiază prin primul octet.

Clasă	Adrese de rețea	Număr de rețele	Număr de mașini
A	1.0.0.0 - 127.0.0.0	126	16 777 214
B	128.0.0.0 - 191.255.0.0	16382	65 534
C	192.0.0.0 - 223.255.255.0	2 097 150	254

Clasă	Adrese de rețea	Număr de adrese de grup
D	224.0.0.0 - 239.255.255.0	268 435 455
E	240.0.0.0 - 247.255.255.255	

Clasele de adrese IP

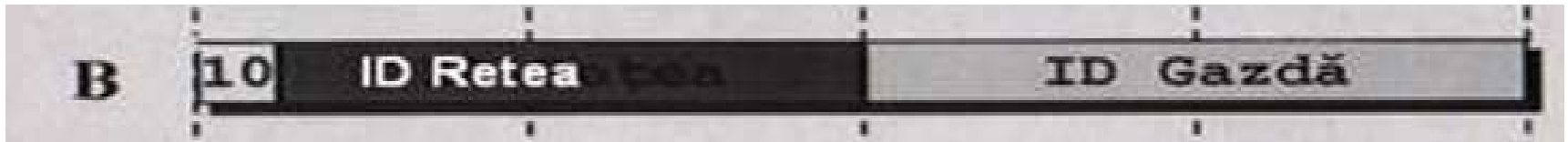
Clasa A: **0NNNNNNN.Host.Host.Host** (7 biți, 24 biți)



- ❑ 7 biți pentru NetId și 24 biți pentru HostId
- ❑ Adrese de rețea posibile: **1.0.0.0 - 127.0.0.0**
- ❑ Adresa de rețea 127 este rezervată pentru diagnostic, deci sunt 126 de rețele
- ❑ Mașini în fiecare rețea 16.777.214 ($2^{24}-2$: valorile numai cu biti 0 sau 1 nu sunt utilizate ca adrese)
- *Clasa A concentrează 50% din spațiul de adresare IPv4.*

Clasele de adrese IP

Clasa B: **10NNNNNN.Network.Host.Host**



- ❑ Primii biți sunt 10 (binar)
- ❑ 14 biți pentru NetId și 16 biți pentru HostId
- ❑ Adrese de rețea posibile: **128.0.0.0 - 191.255.0.0**
- ❑ Număr de rețele: 16384
- ❑ Număr de mașini în fiecare rețea: $2^{16}-2 = 65534$
- ❑ *Clasa B deține 50% din ceea ce a rămas după ce am extras clasa A, adică 25% din totalul IPv4.*

Clasele de adrese IP

Clasa C: **110NNNNN.Network.Network.Host**



- ❑ Primii 3 biți sunt 110 (binar)
- ❑ 21 biți pentru NetID și 8 biți pentru HostID
- ❑ Adrese de rețea posibile: **192.0.0.0 - 223.255.255.0**
- ❑ Număr de rețele: 2097152
- ❑ Număr de mașini în fiecare rețea: $2^8 - 2 = 254$
- ❑ *Clasa C deține 17.5% din totalul de adresa IPv4*

Clasele de adrese IP

Clasa D:

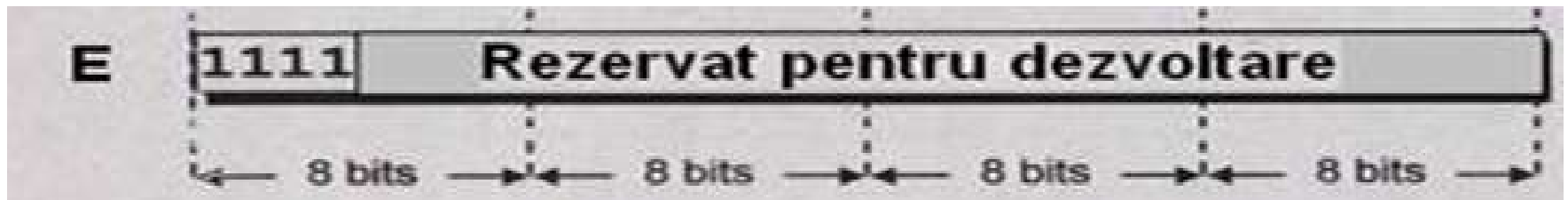
**1110MMM.GroupeMulticast.GroupeMulticast.Gro
upeMulticast**



- ❑ Primii 4 biți sunt 1110 (binar)
- ❑ 28 biți pentru identificarea unui grup multicast
- ❑ Adrese posibile pentru grupuri: 224.0.0.0 - 239.255.255.255
- ❑ RFC 1700: lista adreselor multicast utilizate universal
- ❑ *Aici se încadrează 8,75% din IP-uri.*

Clasele de adrese IP

Clasa E: **1111XX...** (rezervat)

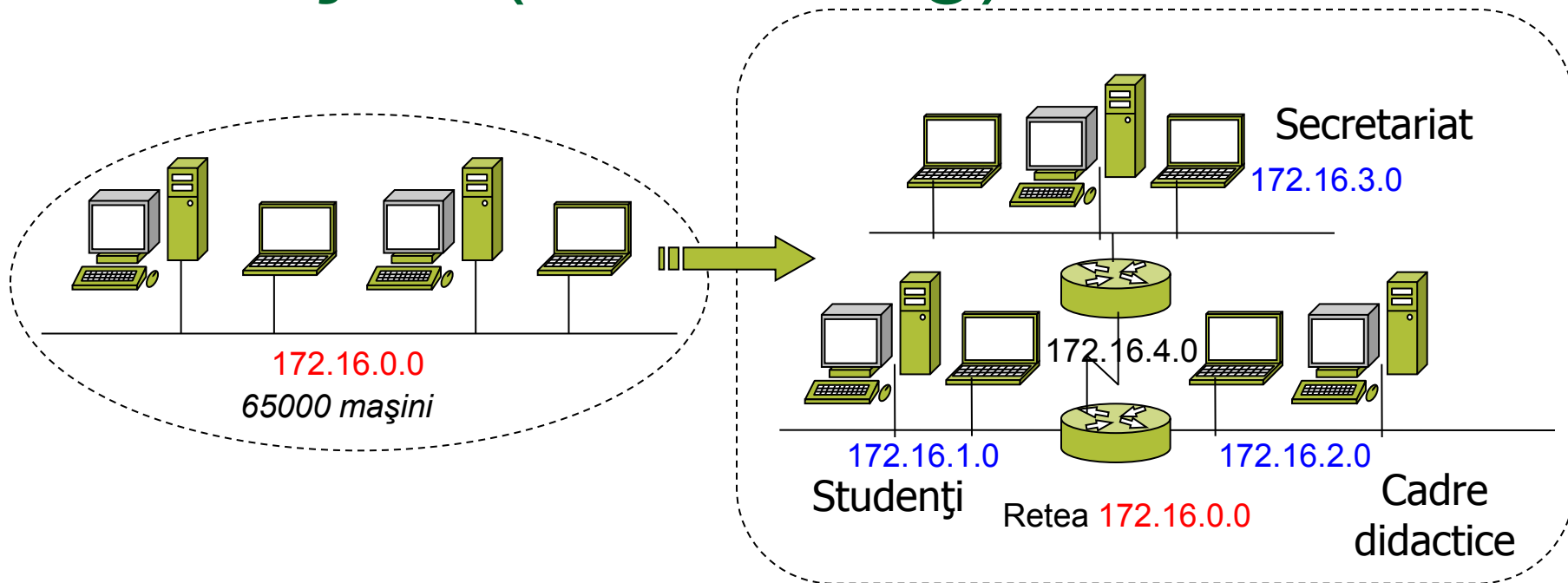


- Primii 4 biți sunt 1111 (binar)
- *Aici sunt tot 8.75% adrese.*

Modelul TCP/IP

1. Protocolul IP
2. Formatul pachetului IP
3. Adresele IP
 - 3.1. Subretele
 - 3.2. Masti de retea

Subrețele (subnetting)



Un exemplu de segmentare

- Un singur spațiu de adrese împărțit în mai multe subrețele
- Separarea departamentelor instituției
- Separare invizibilă din exterior

Procedura de segmentare

Se împart în **doua câmpuri biții de adresare** a mașinii (**host-id**) ai adresei IP a rețelei

- Primul grup de biți identifică subrețeaua
- Restul biților identifică mașina în cadrul subrețelei

Exemplu: pentru a segmenta în 3 rețeaua cu adresa **193.55.44.0**, se pot rezerva 2 biți ai host-id 193.55.44.**xxxxxxx**.

De exemplu:

- Subrețeaua 1: 193.55.44.**01000000** (193.55.44.64)
- Subrețeaua 2: 193.55.44.**10000000** (193.55.44.128)
- Subrețeaua 3: 193.55.44.**11000000** (193.55.44.192)
- Mașina nr.3 a subrețelei 2 are ca adresa IP:
193.55.44.**10000011** (193.55.44.131)

Modelul TCP/IP

1. Protocolul IP
2. Formatul pachetului IP
3. Adresele IP
 - 3.1. Subretele
 - 3.2. Masti de retea

Masca de rețea (Netmask)

- O mască are același format cu o adresa IP.
- Este constituita din:
 - Toți biții host-id desemnând rețeaua (subrețeaua) în cadrul adresei au valoarea logică 1
 - Toți biții host-id desemnând mașina au valoarea logică 0
 - Operația logică AND între mască și adresa IP are ca rezultat adresa rețelei (subrețelei)

Pentru exemplul precedent:

masca de subrețea

255.255.255.11000000(255.255.255.192).

masca de rețea

255.255.255.00000000(255.255.255.0)

Maști de rețea

1. **clasa A:** 255.0.0.0
2. **clasa B:** 255.255.0.0
3. **clasa C:** 255.255.255.0

Maști pentru subrețele

- Valori posibile pentru ultimul octet
 - ❑ 128: 10000000
 - ❑ 192: 11000000
 - ❑ 224: 11100000
 - ❑ 240: 11110000
 - ❑ 248: 11111000
 - ❑ 252: 11111100
- N biți pentru subretea pot adresa 2^N subrețele.

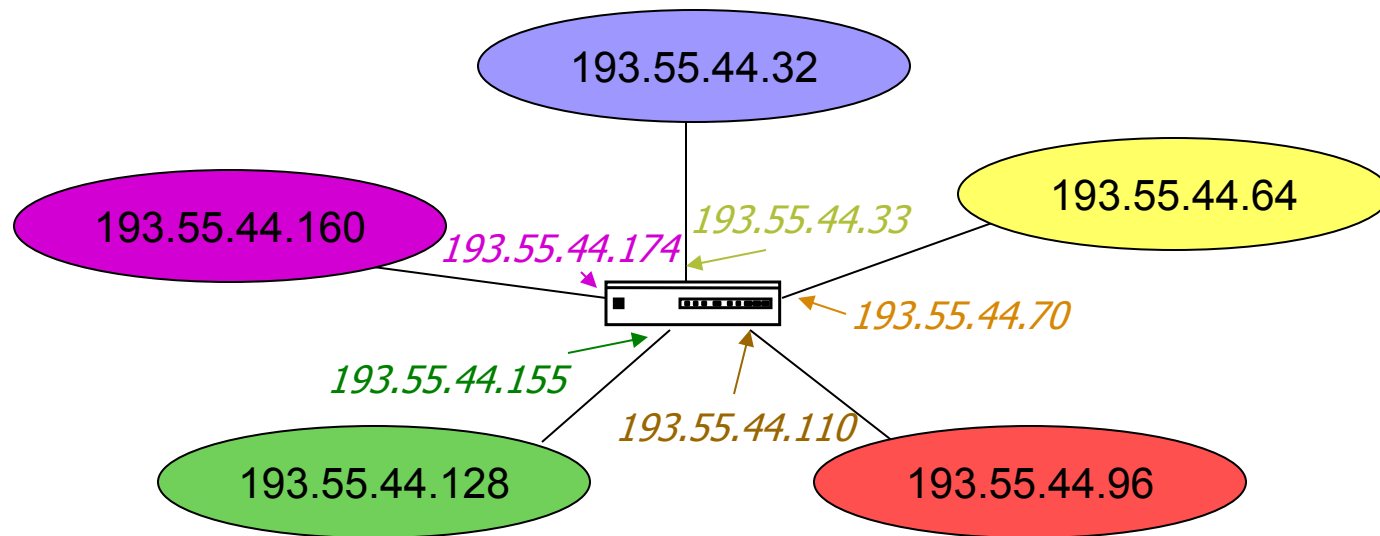
Exemplu de subrețele

- Segmentarea adresei 193.55.44.0 în 5 subrețele.
 - ❑ Numarul de biți pentru subrețea: $N = 3$ ($2^2 < 5 < 2^3$)
 - ❑ Masca de subrețea: 255.255.255.224 FF.FF.FF.E0. (în hexazecimal)
 - ❑ Adrese de subrețea disponibile:

Administratorul
rețelei poate
alege 5 din 8
adrese

Ultimul octet (binar)	Adrese de subrețele
0000 0000	193.55.44.0
0010 0000	193.55.44.32
0100 0000	193.55.44.64
0110 0000	193.55.44.96
1000 0000	193.55.44.128
1010 0000	193.55.44.160
1100 0000	193.55.44.192
1110 0000	193.55.44.224

Exemplu de subrețele



Ruterul primește un pachet pe adresa IP
193.55.44.170

- ❑ $193.55.44.170 \ \& \ 255.255.255.224 = 193.55.44.174$
- ❑ Pachetul este livrat pe ieșirea cu adresa IP 193.55.44.174

Întrebări?