

IP – Internet Protocol

IP címzés, routing, IPv6, IP mobilitás

IP - Áttekintés

- ☐ Bevezetés
 - A TCP/IP protokollarchitektúra
 - Az IP feladata és jellemzői
- ☐ Címzés
- ☐ Az IP csomag szerkezete
- ☐ Routing
- ☐ IP segédprotokollok
- ☐ IPv6
- ☐ Mobil IP megoldások

IP – Bevezetés

Az IP, mint hálózati protokoll

Az Internet és az IP rövid története

- 1969 – ARPANET, „az Internet őse”
- 1974 – Az IP és a TCP alapgondolata
 - Protokollarchitektúra az NCP kiváltására az ARPANET-en
 - „A Protocol for Packet Network Interconnection”
(Vinton G. Cerf, Robert E. Kahn)
 - Az „Internet” kifejezés megjelenése
- 1980 – IPv4 (Internet Protocol version 4)
 - Az első, széles körben használt IP és TCP verziók megalkotása
 - DoD (Department of Defense) által támogatott szabványok:
IP (RFC 760), TCP (RFC 761)
 - Alapvetően ma is ezt használjuk!

TCP/IP architektúra és az ISO/OSI rétegmodell

ISO/OSI

Alkalmazás
Megjelenítési
Viszony
Szállítási
Hálózati
Adatkapcsolati
Fizikai

TCP/IP

Alkalmazás
Szállítási / Host-to-host (TCP/UDP/...)
Internet (IP)
Hálózati interface/ Hálózati hozzáférési

Gyakorlati

Alkalmazás
TCP/UDP/...
IP
LLC
MAC
PCS & PMA
PMD

IP: Internet Protocol

TCP: Transmission Control Protocol

UDP: User Datagram Protocol

LLC: Logical Link Control

MAC: Medium Access Control

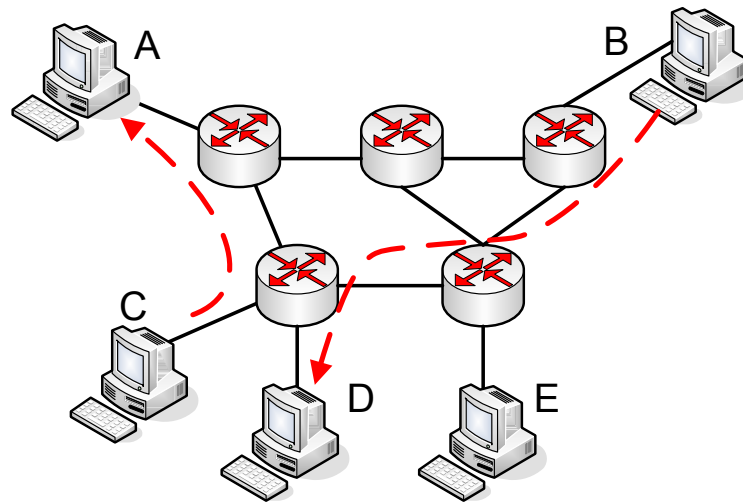
PCS: Physical Coding Sublayer

PMA: Physical Medium Attachment

PMD: Physical Medium Dependent

Az IP feladata

- Hálózati protokoll
 - Adattovábbítás a hálózat végpontjai között
- Két fő funkció
 - Címzés (addressing) és forgalomirányítás (routing)
 - Tördelés/fragmentálás (fragmentation)



Az IP jellemzői

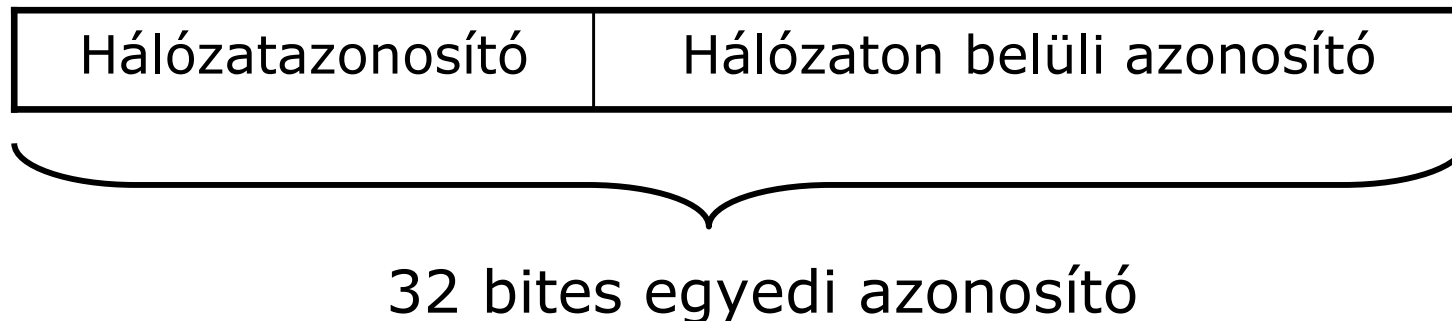
- Az IP jellemzői
 - Csomagkapcsolt
 - Összeköttetés-mentes (connectionless)
 - „Best effort” – nincs garancia
 - A csomagokra igaz:
 - Elveszhetnek
 - Duplikálódhatnak
 - Sorrendjük megváltozhat
 - Meghibásodhatnak (nincs hibaészlelés és -javítás)
 - Egyéb NEM nyújtott szolgáltatások:
 - Torlódáskezelés
 - Ütemezés
 - Titkosítás és hitelesítés
- } Datagram típusú

IP – Címzés

IP-címek és címosztályok

Az IP-cím felépítése

- 4 bájtos cím (32 bit)
 - $2^{32} \approx 4 \cdot 10^9 \Rightarrow$ kb. 1 IP-cím/fő (A Föld lakossága kb. 6 milliárd)
- Jelölések
 - Bináris: 10110000 10010011 00111110 11100001
 - „Dotted decimal”: 176.147.62.225
- Cím = Hálózatazonosító + Egyedi azonosító



Címosztályok

- ❑ Különböző méretű hálózatoknak más méretű IP-cím tartományok

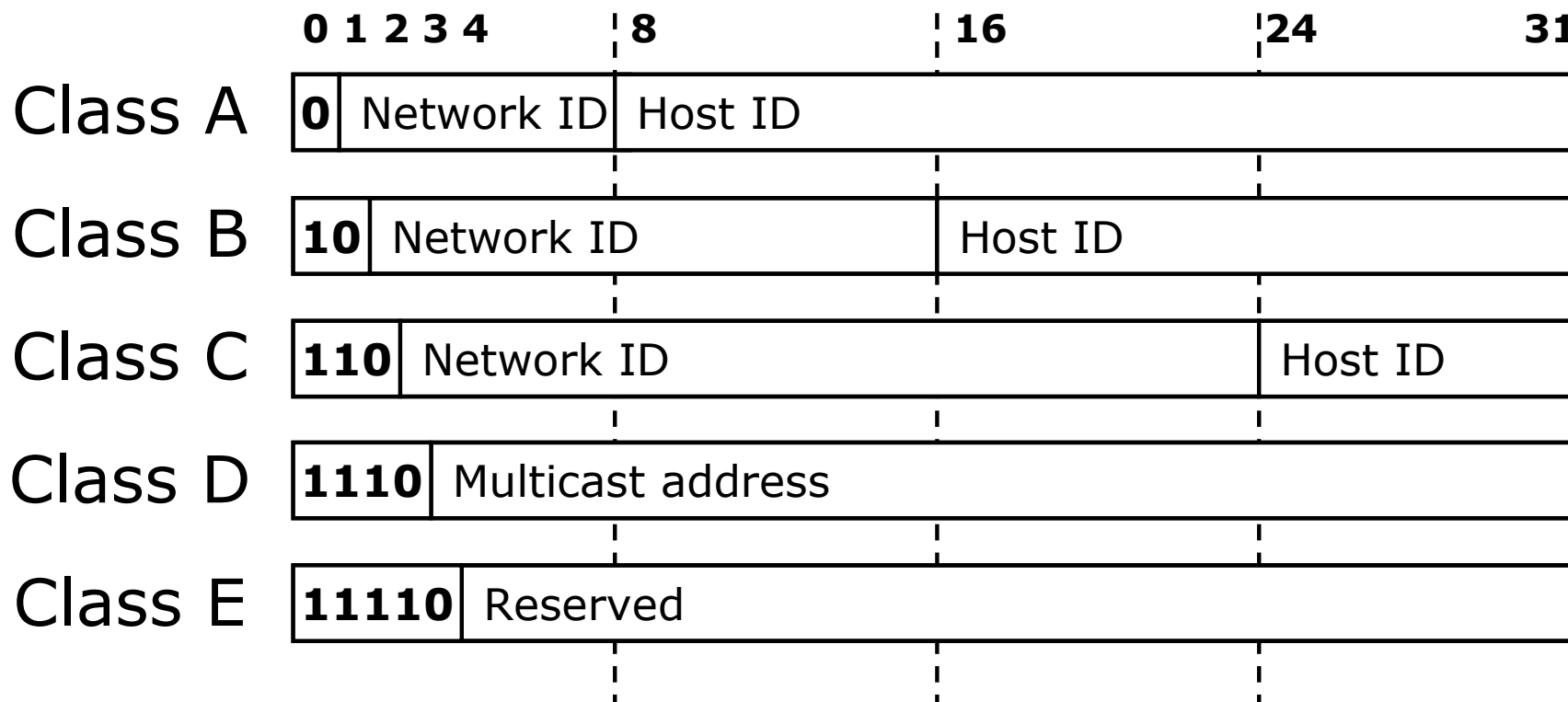
Osztály	Hálózatazonosító bitjeinek száma*	Hálózatok száma*	Hálózaton belüli címek száma*
A	8	126	16777214
B	16	16382	65534
C	24	2097150	254

- ❑ Az IP-címeket kezelő szervezet (IANA: Internet Assigned Numbers Authority) osztja ki
- ❑ A szervezet igényeinek megfelelően
 - A és B osztályú címet kaphatnak tipikusan:
 - ❑ Országok
 - ❑ Internet-szolgáltatók (ISP: Internet Service Provider)
 - ❑ Egyetemek

Címosztályok

- A, B és C osztályú címek
 - Egyedi címzésre (unicast)
- D osztály
 - Többes címzésre (multicast) (később részletesen)
 - Fenntartott címtartomány:
224.0.0.0-től 239.255.255.255-ig
- E osztály
 - Fenntartott osztály és címtartomány
240.0.0.0-től 255.255.255.255-ig

A címosztályok címkiosztása

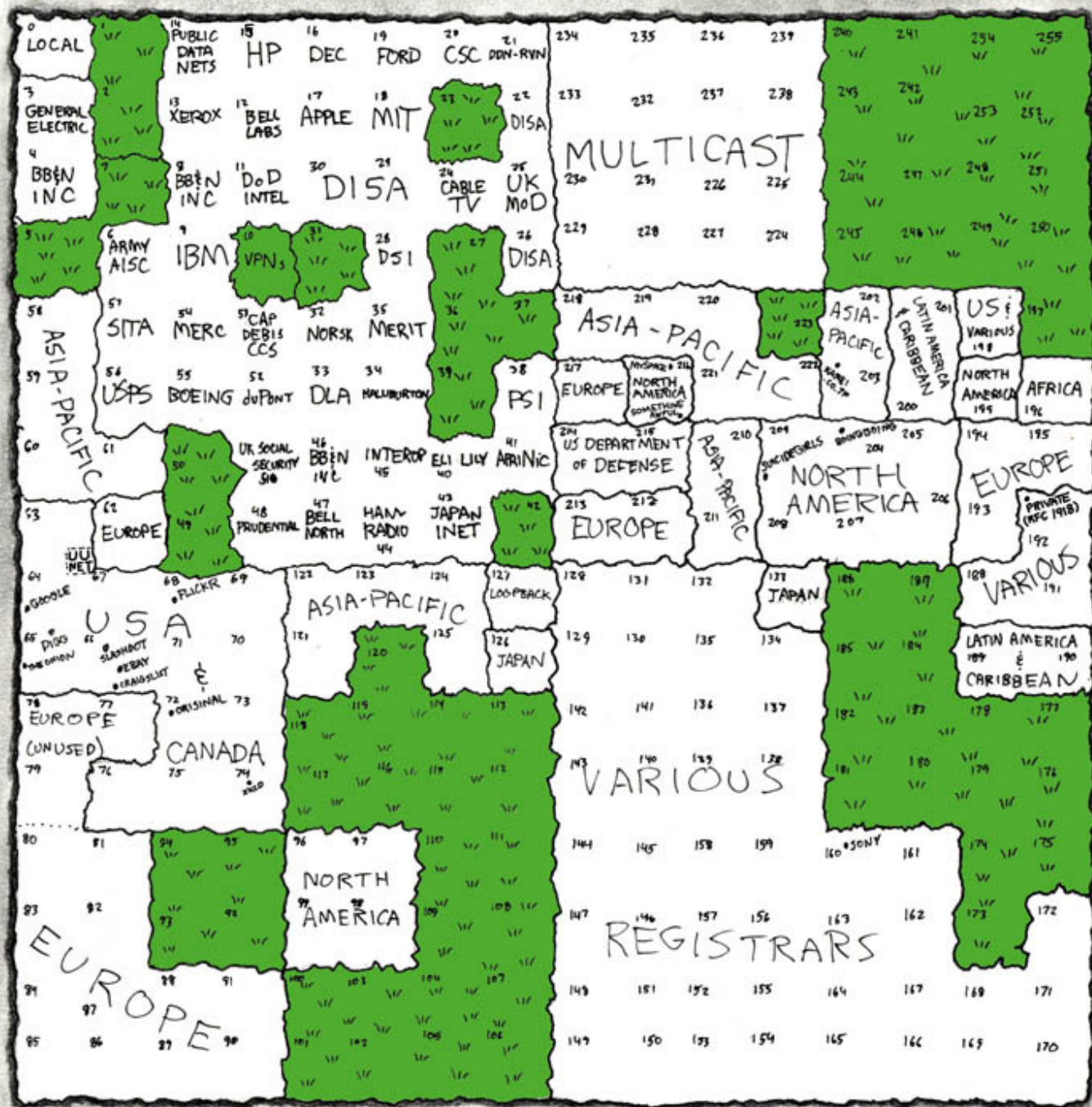


- ❑ Osztályazonosító prefix
- ❑ Diszjunkt címtartományok

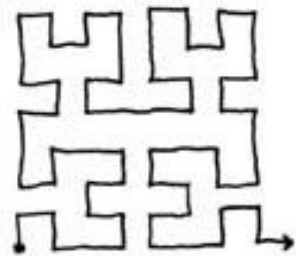
Speciális címek

- Host ID: csupa 0
 - Hálózat címe
 - Az adott hálózat eszközei opcionálisan kezelhetik
- Host ID: csupa 1
 - Broadcast cím
 - A hálózaton mindenkinek szól
- 127.0.0.0 - 127.255.255.255
 - Loopback cím
 - A helyi gépet azonosítja
- Privát IP-címtartományok (RFC 1918)
 - Csak helyi hálózaton (Interneten nem) érvényes címek
 - 10.0.0.0 – 10.255.255.255 (1 db A osztály)
 - 172.16.0.0 - 172.31.255.255 (16 db B osztály)
 - 192.168.0.0 - 192.168.255.255 (256 db C osztály)

MAP OF THE INTERNET



 = UNALLOCATED BLOCK



0	1	14	15	16	19	→
3	2	13	12	17	18	
4	7	8	11			
5	6	9	10			

THIS CHART SHOWS THE IP ADDRESS SPACE ON A PLANE USING A FRACTAL MAPPING WHICH PRESERVES GROUPING -- ANY CONSECUTIVE STRING OF IP_s WILL TRANSLATE TO A SINGLE COMPACT, CONTIGUOUS REGION ON THE MAP. EACH OF THE 256 NUMBERED BLOCKS REPRESENTS ONE /8 SUBNET (CONTAINING ALL IP_s THAT START WITH THAT NUMBER). THE UPPER LEFT SECTION SHOWS THE BLOCKS SOLD DIRECTLY TO CORPORATIONS AND GOVERNMENTS IN THE 1990's BEFORE THE RIR_s TOOK OVER ALLOCATION.

Példák: IP-címek

- Milyen IP-címek az alábbiak?
 - 152.66.115.35 (www.bme.hu)
 - Első bitjei: 10... $\Rightarrow$ B osztályú cím
 - Utolsó 16 bitje nem csupa 0 vagy 1 $\Rightarrow$ egyedi cím
 - 195.199.23.255
 - Első bitjei: 110... $\Rightarrow$ C osztályú cím
 - Utolsó 8 bitje csupa 1 $\Rightarrow$ broadcast cím
 - 10.97.15.255
 - Első bitje: 0... $\Rightarrow$ A osztályú cím
 - Utolsó 24 bitje nem csupa 0 vagy 1 $\Rightarrow$ egyedi cím
 - Privát címtartománybeli $\Rightarrow$ globálisan nem használható
- Mi legkisebb és legnagyobb C osztályú cím?
 - 11000000 00000000 00000000 00000000 $\Rightarrow$ 192.0.0.0
 - 11011111 11111111 11111111 11111111 $\Rightarrow$ 223.255.255.255

Címosztályok általánosítása

□ Subnetting

- Alhálózatokra osztás vagy aggregálás
 - 1 db A osztályú $\Leftrightarrow$ 256 db B osztályú
 - 1 db B osztályú $\Leftrightarrow$ 256 db C osztályú
- Már nem lehet a prefix alapján megállapítani

□ CIDR – Classless Inter-Domain Routing

- RFC 1518, 1519
- VLSM – Variable Length Subnet Mask
Osztályok eltörlése: a cím 32 bitje tetszőleges helyen lehet kettéosztva hálózat- és végponti azonosítóra
- A címből nem lehet megállapítani, hol lett kettéosztva
 $\Rightarrow$ alhálózati maszk

Alhálózati maszk (Subnet mask)

	0 1 2 3 4	N	31	
IP-cím	Network ID	Host ID		
Alhálózati maszk	111...111	000...000		
Hálózatazonosító	Network ID	000...000		

Bitenkénti **ÉS**

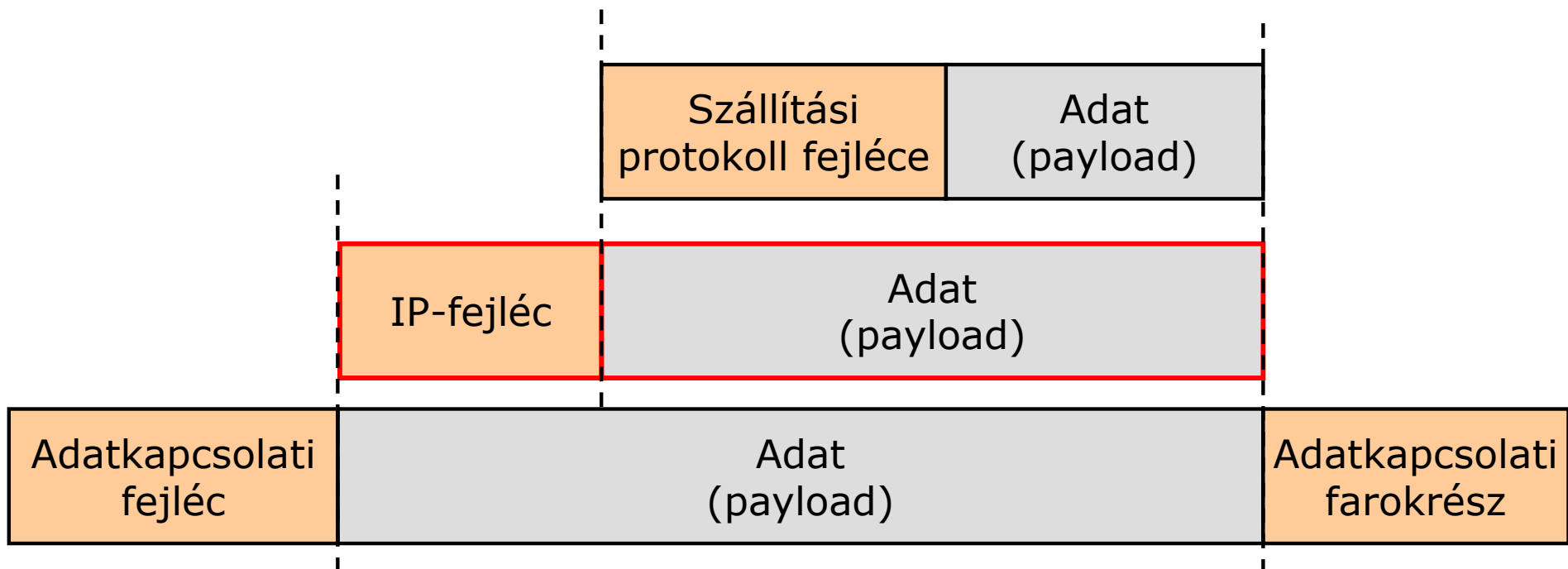
- Jelölés a hálózat egyértelmű azonosítására
 - <hálózat IP-címe> / <alhálózati maszk egyeseinek a száma>
 - Így pl. a BME hálózata: 152.66.0.0 /16
(alhálózati maszkja 255.255.0.0)
 - Hasonlóan:
 - A osztály: /8
 - B osztály: /16
 - C osztály: /24

IP - Áttekintés

- Bevezetés
 - A TCP/IP protokollarchitektúra
 - Az IP feladata és jellemzői
- Címzés
- Az IP csomag szerkezete
- Routing
- IP segédprotokollok
- IPv6
- Mobil IP megoldások

Az IP-csomag szerkezete és „helye”

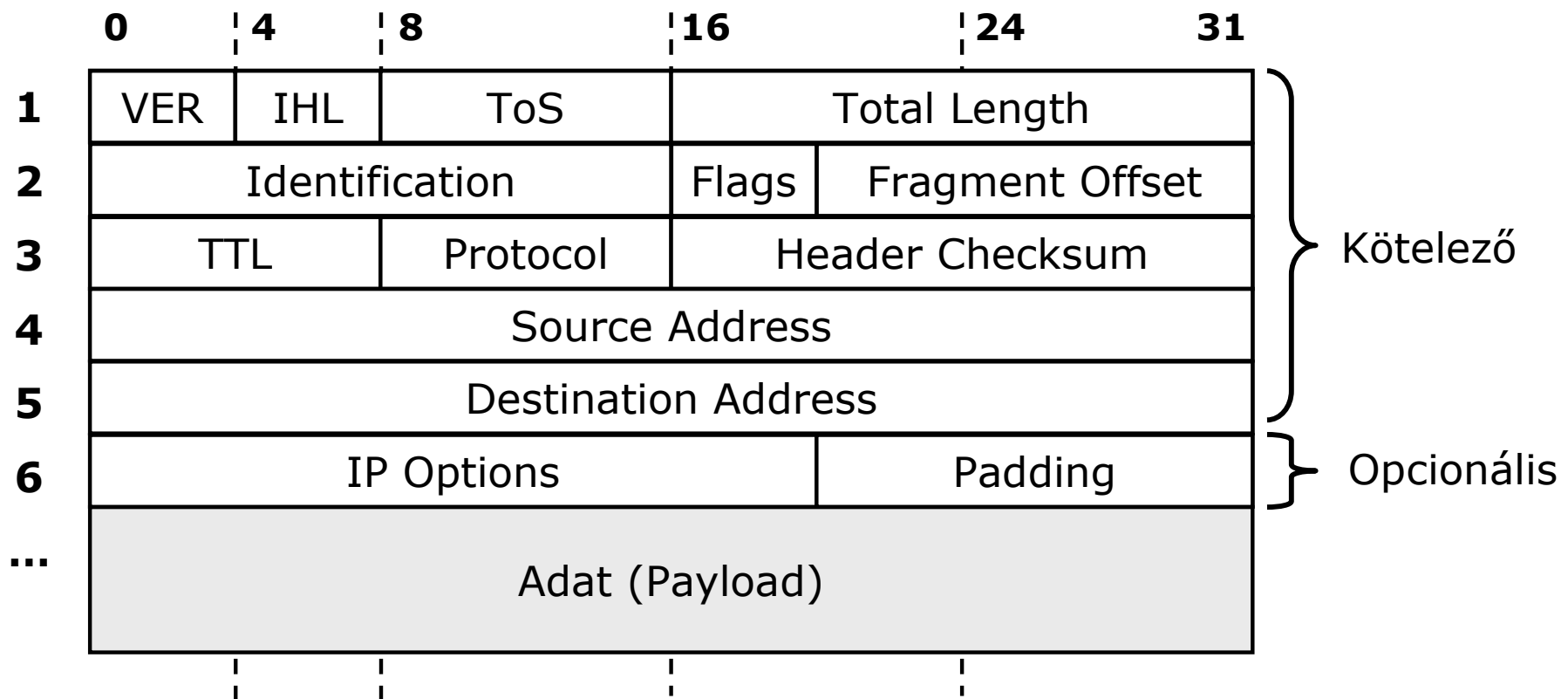
- Az IP-csomag két része:
 - IP-fejléc / fejrész (IP header)
 - Adat (payload)
- Az IP-csomag alsóbb rétegbeli protokoll adata részébe ágyazódik be
- Az IP-csomag adata részébe magasabb rétegbeli protokollüzenet (PDU) kerül



IP - Fejléc

Az IP fejléc szerkezete

Az IP fejléc szerkezete



Az IP fejléc mezői I.

	0	14	18	116	124	31
1	VER	IHL	ToS	Total Length		
2	Identification			Flags	Fragment Offset	
3	TTL		Protocol	Header Checksum		
4	Source Address					
5	Destination Address					
6	IP Options				Padding	
...	Adat (Payload)					

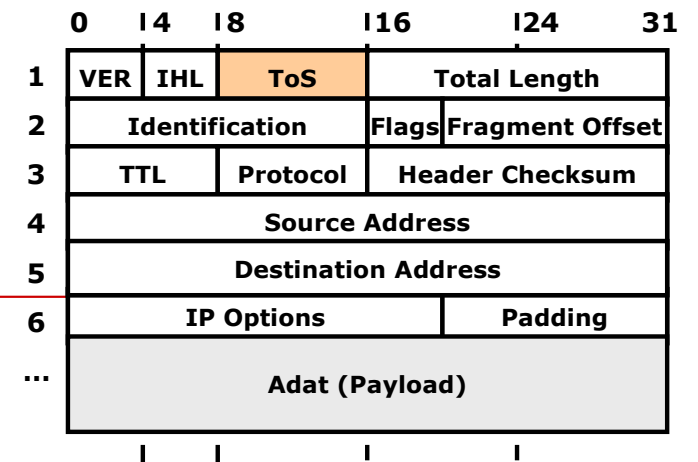
- ❑ VER – Version (4 bit)
 - Az Internet Protocol verziójának száma
 - Tipikus értéke: IPv4: 4, IPv6: 6
- ❑ IHL – Internet Header Length (4 bit)
 - Az IP fejléc mérete **32 bites szavakban**
 - Értéke:
 - ❑ Minimum: 5 (20 byte)
 - ❑ Maximum: $2^4-1=15$ (60 byte)
- ❑ Total Length (16 bit)
 - A teljes IP csomag mérete **bájtokban**
 - Értéke:
 - ❑ Minimum: 576 (IP-fejléc 20 + 512 adat + 44 IP-opciók és az alsóbb réteg fejlécei)
Ilyen méretű csomagot tördeletlenül kell továbbítani!
 - ❑ Maximum: $2^{16}-1=65535$ (max. 65515 bájtt adat)

Az IP fejléc mezői II.

- ToS (Type of Service) (8 bit)
 - QoS osztályok, paraméterek jelzésére (RFC 791)

Bitek	Jelentés
0-2	Precedencia Példák: „network control” „priority” „routine”
3	Késleltetés (normal/low)
4	Throughput (normal/light)
5	Reliability (normal/high)
6-7	Fenntartott

- A legtöbb router nem támogatja
- Leggyakrabban felhasználás:
 - DSCP – Differentiated Services Code Point (RFC 2474)
 - ECN – Explicit Congestion Notification (RFC 3168)



Az IP fejléc mezői III.

	0	14	18	16	24	31
1	VER	IHL	ToS	Total Length		
2	Identification			Flags	Fragment Offset	
3	TTL		Protocol	Header Checksum		
4	Source Address					
5	Destination Address					
6	IP Options				Padding	
...	Adat (Payload)					

☐ Identification (16 bit)

- Az IP-töredékek egyedi azonosítása

☐ Flags (3 bit)

- 0: Fenntartott
 - ☐ 0-nak kell lennie
 - ☐ „Evil bit” (RFC 3514) (áprilisi tréfa 2003-ban)
- 1: DF – Don’t Fragment
 - ☐ 1: ha tördelni kellene, el kell dobni
 - ☐ Ezt használják az MTU (Maximum Transmission Unit) Path Discovery néhány TCP verzióban és az IPv6-ban
- 2: MF – More Fragment
 - ☐ 1: ha nem az utolsó töredék
 - ☐ 0: utolsó töredék vagy nem tördelt csomag

☐ Fragment Offset (13 bit)

- Az eredeti csomagban lévő kezdőpozícióját adja meg e töredékben lévő adatnak **8 bájtos egységekben**
- $(2^{13}-1) \times 8 = 65528 > 65515$ bájt (max. adat)
(így a maximális méretű csomag is tördelhető)

Az IP fejléc mezői IV.

	0	14	18	16	24	31
1	VER	IHL	ToS	Total Length		
2	Identification			Flags	Fragment Offset	
3	TTL		Protocol	Header Checksum		
4	Source Address					
5	Destination Address					
6	IP Options				Padding	
...	Adat (Payload)					

☐ **TTL – Time To Live (8 bit)**

- Csomag élettartama
- Eredetileg másodpercben
- Gyakorlatban hopszámban mérve (hop count)
 - ☐ Minden továbbításnál csökkenteni kell ez értékét legalább 1-gyel
 - ☐ Ha a csökkentés után az értéke nem >0 , akkor el kell dobni

☐ **Protocol (8 bit)**

- Az adatrészben lévő protokoll azonosítója
- Pl: (kezdeti lista az RFC 790-ben)
 - 1: Internet Control Message Protocol (ICMP)
 - 2: Internet Group Management Protocol (IGMP)
 - 6: Transmission Control Protocol (TCP)
 - 8: Exterior Gateway Protocol (EGP)
 - 17: User Datagram Protocol (UDP)
 - 89: Open Shortest Path First (OSPF)
 - 132: Stream Control Transmission Protocol (SCTP)
- Az IANA felügyeli ezeket az azonosítókat

Az IP fejléc mezői V.

	0	14	18	16	24	31
1	VER	IHL	ToS	Total Length		
2	Identification			Flags	Fragment Offset	
3	TTL		Protocol	Header Checksum		
4	Source Address					
5	Destination Address					
6	IP Options				Padding	
...	Adat (Payload)					

☐ Header Checksum (16 bit)

- Az IP fejléc minden 16 bites szavának összegére számolt egyes komplement (a számításnál ez a mező csupa 0)
- A csomag érkezésekor ellenőrizni kell a helyességét, és továbbítás esetén újra kell számítani

☐ Source / Destination Address (2 x 32 bit)

- Az IP-csomag feladójának és címzettjének az IP-címe

☐ IP Options

- Ritkán használt opcionális része a fejlécnek
- Segítségével például a csomag útjának lehet kijelölni
 - ☐ SSRR: Strict Source (Record) Route – pontos út kijelölése
 - ☐ LSSR vagy LSRR: Loose Source (Record) Route – kötelező útba ejtendő csomópontok kijelölése
 - ☐ Legtöbb router biztonsági okokból eldobja

☐ Padding

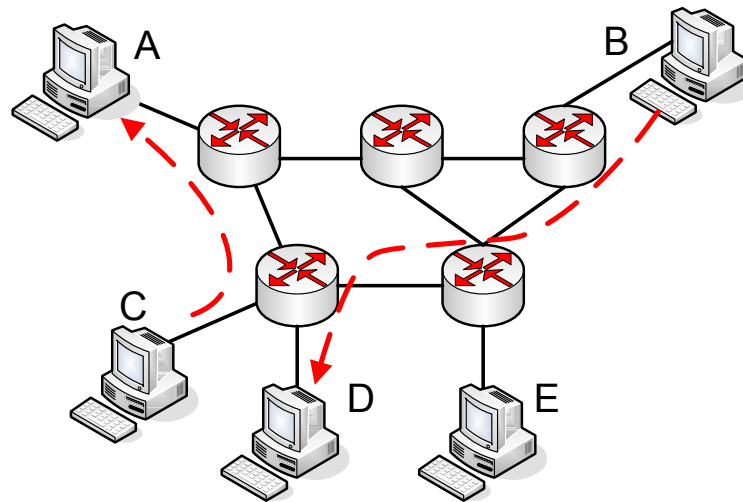
- Az IP Options részt egészíti ki 4 bájt többszörösére

IP - Útvonalválasztás

Az IP routing működése

Az IP feladata

- Hálózati protokoll
 - Adattovábbítás a hálózat végpontjai között
- Két fő funkció
 - Címzés (addressing) és forgalomirányítás (routing)
 - Tördelés (fragmentation)



A csomagtovábbítás alapelve

- Az IP jellemzői
 - Csomagkapcsolt
 - Összeköttetés-mentes (connectionless)
 - „Best effort” – nincs garancia
- „Hot potato”-elv
 - Minél gyorsabban továbbítsuk
 - Csak a következő csomópontot kell ismernünk (hop-by-hop)
 - Előnyei:
 - Kis erőforrásigény
 - Egyszerű, ezért gyorsan továbbítható
 - Gyors, ezért nem kell tárolnunk a csomagokat (kis memóriaigény)
 - „Kevés” ismeret a hálózatról
 - Datagram szolgáltatásra tökéletesen alkalmas (nem vállal garanciát, ezért nincs szükség nyugtázásra és egyéb hibakezelésre ⇒ gyorsasága megmarad)

} Datagram
típusú

Továbbításhoz szükséges információk

- Kinek küldjük tovább?
 - Cél címe alapján $\Rightarrow$ csomag tartalmazza
 - Saját ismeret alapján $\Rightarrow$ útvonal-irányítási táblázat (routing table)
 - Hogyan küldjük tovább?
 - Mekkora egységekben?
 - Mekkora érkezik? $\Rightarrow$ csomag határozza meg
 - Mekkora továbbítható? $\Rightarrow$ a következő hálózat MTU-ja (Maximum Transmission Unit) határozza meg
 - Milyen QoS biztosításával?
 - „Best effort” – nincs garancia
 - Opcionális megoldás: ToS mező felhasználásával egyéb protokollok és mechanizmusok
- Routing
(útválasztás,
útvonal-
irányítás)
- Tördelés
(fragmentation)
- QoS

Útválasztó tábla (Routing table)

- ❑ Szükséges információk
 - Hova tart?
 - Merre küldjük tovább?
 - ❑ Ki a következő csomópont?
 - ❑ Melyik interfészen kell továbbítani?

Hálózat címe	Alhálózati maszk	Interfész	Közvetlenül kapcsolódó	Következő csomópont
<IP-cím>	</N>	<azonosító>	<igen/nem>	<IP-cím>
<IP-cím>	</N>	<azonosító>	<igen/nem>	<IP-cím>
<IP-cím>	</N>	<azonosító>	<igen/nem>	<IP-cím>

Alhálózati maszk (Subnet mask)

	0 1 2 3 4	N	31	
IP-cím	Network ID	Host ID		
Alhálózati maszk	111...111	000...000		
Hálózatazonosító	Network ID	000...000		

Bitenkénti **ÉS**

- Jelölés a hálózat egyértelmű azonosítására
 - <hálózat IP-címe> / <alhálózati maszk egyeseinek a száma>
 - Így pl. a BME hálózata: 152.66.0.0 /16
(alhálózati maszkja 255.255.0.0)
 - Hasonlóan:
 - A osztály: /8
 - B osztály: /16
 - C osztály: /24

Útválasztó tábla (Routing table)

Merre megy?		Merre küldjük?		
Hálózat címe	Alhálózati maszk	Interfész	Közvetlenül kapcsolódó	Következő csomópont
<IP-cím>	</N>	<azonosító>	<igen/nem>	<IP-cím>
<IP-cím>	</N>	<azonosító>	<igen/nem>	<IP-cím>
<IP-cím>	</N>	<azonosító>	<igen/nem>	<IP-cím>

- ❑ Táblázatban szereplő hálózatok közül melyikbe megy?
- ❑ Az ahhoz tartozó interfészre küldjük ki

Hálózat kiválasztása

	0 1 2 3 4	N	31	
Cél IP-cím	Network ID	Host ID		
n. bejegyzés alhálózati maszkja	111...111	000...000		
----- Bitenkénti ÉS -----				
	? =			
n. bejegyzés hálózatazonosító	Network ID	000...000		

- A cél IP-cím akkor tartozik egy hálózatba, ha a hálózatazonosító résszel megegyezik

Keresés az útválasztó táblában

- Ha több hálózatra is illeszkedik, akkor a leghosszabb egyezőséget kell választani! (leghosszabb hálózati maszk)
- Az útválasztó tábla összes bejegyzését végig kell nézni $\Rightarrow$ rosszul skálázódik
 - Általában bináris fával implementálják $\Rightarrow$ n. bejegyzésben lineáris keresés helyett csak a cím hosszában logaritmikus
 - Gerinchálózatban hardveres megoldás
- Keresés csak akkor, ha az nem saját cím

Alapértelmezett útvonal (Default route)

- ☐ Erre megy a csomag, ha nem ismeri a célhálózatot
- ☐ Ez is elérhető megfelelő bejegyzéssel
 - Minden címet tartalmazó hálózat
 - ☐ Ehhez a hálózati cím: 0.0.0.0/0
- ☐ Az alapértelmezett átjáró és elnevezése
 - A fenti bejegyzéshez tartozó következő csomópont IP-címe
 - Alapértelmezett átjáró (default gateway, DG) név nem szerencsés
 - ☐ Átjáró: általában alkalmazás rétegbeli továbbító
 - ☐ Helyette inkább a router / útválaszó/ útvonalválasztó
- ☐ Nem feltétlenül van ilyen
 - Ha másra nem illeszkedik, akkor a célhálózat ismeretlen, így a csomagot eldobja
- ☐ Végpontokon gyakran csak két bejegyzés szerepel:
 - Helyi hálózat (helyi végpontok közvetlenül elérhető)
 - Alapértelmezett útvonal (minden más távoli hálózaton)

Metrikák szerepe az útválasztásban

- ☐ Metrika (mérték): Egy számérték, amely a hálózati utak közötti preferenciát adja meg
- ☐ Metrika alapja lehet például:
 - Elérhetőség
 - Terheltség
 - Késleltetés
- ☐ Metrika típusa
 - Statikus
 - ☐ Manuálisan megadott
 - Dinamikus
 - ☐ A link vagy a hálózat állapotától függően automatikusan változó
- ☐ A jobb metrikával rendelkező kapcsolaton küldjük ki a csomagot!

Megfelelő bejegyzés kiválasztva

Hálózat címe	Alhálózati maszk	Interfész	Közvetlenül kapcsolódó	Következő csomópont
<IP-cím>	</N>	<azonosító>	<igen/nem>	<IP-cím>
<IP-cím>	</N>	<azonosító>	<igen/nem>	<IP-cím>
<IP-cím>	</N>	<azonosító>	<igen/nem>	<IP-cím>

- Mi a stratégia, ha
 - Közvetlenül (nincs következő csomópont!)vagy
 - nem közvetlenül kapcsolódik a hálózat?

Teendők helyi és távoli hálózat esetén

- ☐ Közvetlenül kapcsolódó (helyi) hálózat
 - A címzettnek közvetlenül küldeni
 - ☐ Ehhez a címzett adatkapcsolati rétegbeli címére van szükség
- ☐ Nem közvetlenül kapcsolódó (távoli hálózat)
 - Az útválasztónak kell küldeni
 - ☐ Az IP-címet tilos módosítani
 - ☐ Csak adatkapcsolati rétegben kell az útválasztónak címezni
 - Ehhez szükség van az adatkapcsolati címére

IP – ARP/RARP

Kapcsolat az adatkapcsolati címek felé

ARP – Address Resolution Protocol

- ❑ Ha ismerjük az IP-címet, és a hozzá tartozó adatkapcsolati rétegbeli címre van szükség
- ❑ RFC826
- ❑ Szinte minden adatkapcsolati és hálózati réteget támogat
- ❑ Működése:
 - Broadcast kérés: „Kinek az IP-címe a ...?”
 - Az IP-cím tulajdonosa válaszol
- ❑ Az ARP üzeneteket közvetlenül az adatkapcsolati réteg protokolljának küldjük (Nem IP-csomag!)

Az ARP fejléce *

0 - 15 bits		16 - 31 bits
Hardware Type		Protocol Type
HLen (1 byte)	PLen (1 byte)	Operation
Sender HA (bytes 1 - 4)		
Sender HA (byte 5- 6)		Sender PA (byte 1 - 2)
Sender PA (byte 3 - 4)		Target HA (byte 1 -2)
Target HA (bytes 3 - 6)		
Target PA (bytes 1 - 4)		
RARP header structure		

- ☐ Hardware Type
 - Ethernet: 0x0001
- ☐ Protocol Type
 - IP: 0x8000
- ☐ HLen
 - Ethernet: 6 byte
 - TokenRing: 2 vagy 6 byte
 - FDDI: 2 vagy 6 byte
- ☐ PLen
 - IP: 4 byte
- ☐ Operation
 - ARP request = 1
 - ARP reply = 2
 - RARP request =3
 - RARP reply =4
- ☐ Sender Hardware Address
 - <MAC-cím>
- ☐ Sender Protocol Address
 - <IP-cím>
- ☐ Target Hardware Address
- ☐ Sender Protocol Address

Névfeloldás ARP-vel *

- „A” szeretné megtudni „B” MAC-címét
 - 1. „A” üzenete
 - Operation: ARP Request = 1
 - Sender HA: <A MAC-címe>
 - Megegyezik a keret fejlécében találhatóval
 - Sender PA: <A IP-címe>
 - Target HA: 00:00:00:00:00:00 (ismeretlen)
 - A keret MAC címében FF:FF:FF:FF:FF:FF !!! (broadcast)
 - Target PA: <B IP-címe>
 - 2. „B” válasza
 - Operation: ARP Reply = 2
 - Sender HA: <B MAC-címe>
 - Most már nem 00:00:00:00:00:00 (ismeretlen)
 - Megegyezik a keret fejlécében találhatóval
 - Sender PA: <B IP-címe>
 - Target HA: <A MAC-címe>
 - Target PA: <A IP-címe>

ARP tábla *

- ❑ Címpárok: Adatkapcsolati rétegbeli és IP-címek
- ❑ Két bejegyzéstípus
 - Statikus
 - ❑ Manuálisan felvitt bejegyzés
 - Dinamikus
 - ❑ ARP címfeloldás eredménye
 - ❑ Gyorsítótár (cache) funkció: ne kelljen mindig lekérdezni
 - ❑ Egy idő után elévül és törlődik

<i>HW-cím</i>	<i>IP-cím</i>	<i>típus</i>
<MAC-cím1>	<IP-cím1>	statikus
<MAC-cím2>	<IP-cím2>	dinamikus

RARP – Reverse ARP

- ☐ Adatkapcsolati rétegbeli címből IP-címet
- ☐ Felhasználási terület
 - Hálózatmenedzsment
 - Permanens tár nélküli eszközök
 - ☐ Semmi ismeretük nincs a hálózatról
 - ☐ Hálózatról töltődik be az operációs rendszer
 - ☐ IP-cím nélküli kezdeti kommunikáció
- ☐ RARP kiszolgálók
 - RARP broadcast üzenetekre válaszolnak
- ☐ RARP helyett ma sokkal elterjedtebb megoldások
 - DHCP: IP-cím kérésére
 - BOOTP: Hálózatról történő betöltésre

Útválasztó tábla karbantartása

□ Manuálisan

- Minden hálózati operációs rendszer által támogatott

□ Automatikusan

- A tábla felépítéséhez szükséges információkat az útválasztók megosztják egymással
⇒ útválasztó protokollok (routing protocols)

IP – Útvonalválasztó protokollok

Útvonalválasztó táblák építése
automatikusan

Útválasztó protokollok feladatai

- ❑ Útvonal-irányítási információk begyűjtése
- ❑ Hurokmentes útvonal-irányítás
- ❑ Újabb csomópontokat és hálózatok csatlakoztatásának biztosítása
- ❑ Csomópontok és hálózatok leválasztásának kezelése

Útvonalválasztó protokollok funkcionális osztályozása

- Ad hoc routing protokollok
 - Kis és gyorsan változó hálózatokra
 - Szenzor és egyéb vezeték nélküli hálózatokra
- Interior Gateway Protocols (IGPs)
 - Autonóm rendszereken (AS) belül
 - Kisebb hálózatokon
- Exterior Gateway Protocols (EGPs)
 - Autonóm rendszerek (AS) között
 - Az Internet routing protokollja

Ad hoc routing protokollok osztályozása *

- Működési mód szerint
 - Proaktív
 - Folyamatosan karbantartott táblákkal
 - Reaktív
 - Igény szerinti célfelderítés
 - Hibrid
 - A fenti kettő együttes alkalmazása
- Alkalmazási terület szerint
 - Hierarchikus
 - Földrajzi elhelyezkedés alapján
 - Multicast
 - Energiatakarékos

A „távolság-vektor” módszer

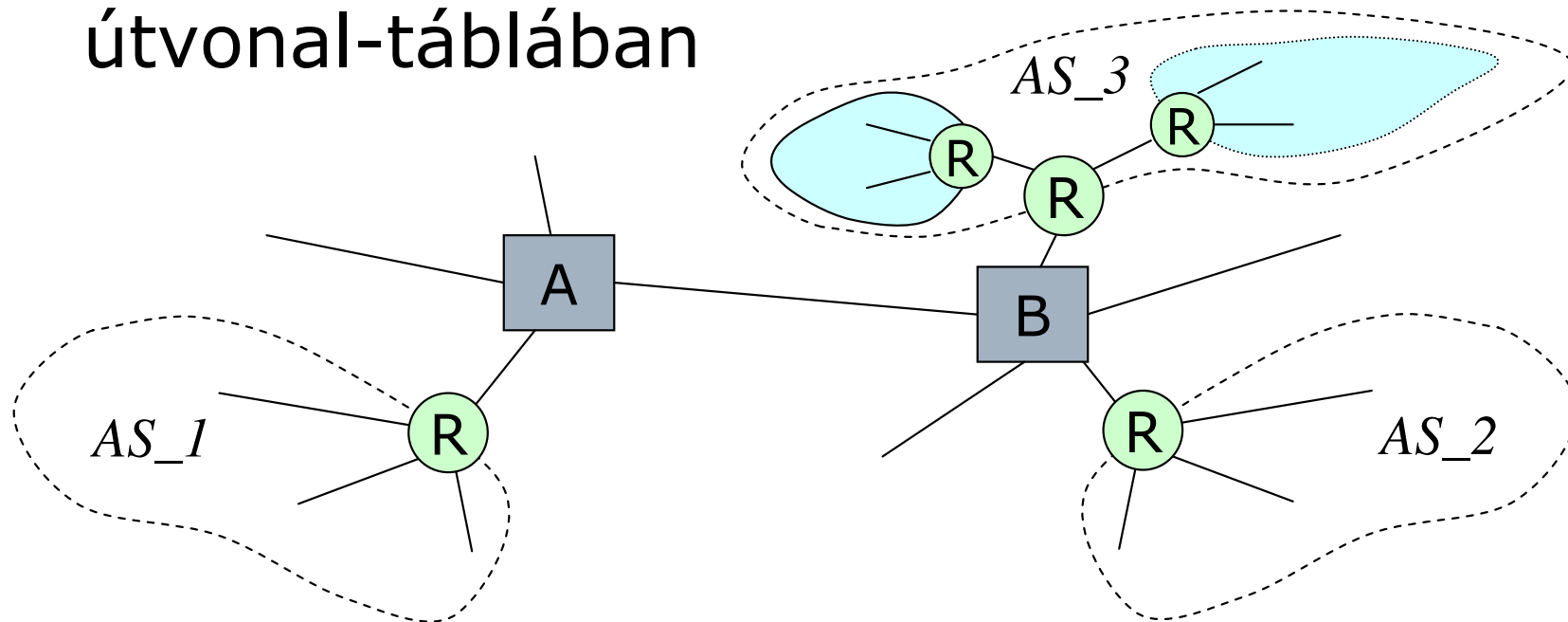
- A gyűjtött információ és a gyűjtés módja:
A csomópontok elmondják a **hálózatról alkotott elképzeléseiket** a **szomszédaiknak**
- Az „elképzelések”:
 - melyik csomópont milyen távol van
 - egy lista (vektor) melynek elemei
 - csomópont azonosító – távolság párok
- A távolság-vektorát közli mindegyik csomópont valamennyi szomszédjával

Az „összekötés-állapot” módszer

- A gyűjtött információ és a gyűjtés módja:
A csomópontok elmondják **mindenkinek** a **szomszédaikról nyert tapasztalataikat**
- A „tapasztalatok”:
 - a szomszédokhoz vezető linkek aktuális állapota (ez pontosan ismerhető)
- Az információ elküldése „mindenkinek” a korlátozott (felügyelt) *elárasztás*-sal:
 - elküldik a szomszédokhoz, akik továbbadják
 - kivéve azon a linken, amelyen érkezett

Autonóm rendszerek

- ❑ Egy autonóm rendszer a többi autonóm rendszer számára jelzi az általa képviselt csoporto(ka)t
- ❑ Az egész csoport egyetlen bejegyzés lesz az útvonal-táblában



Interior Gateway Protocols (IGPs)

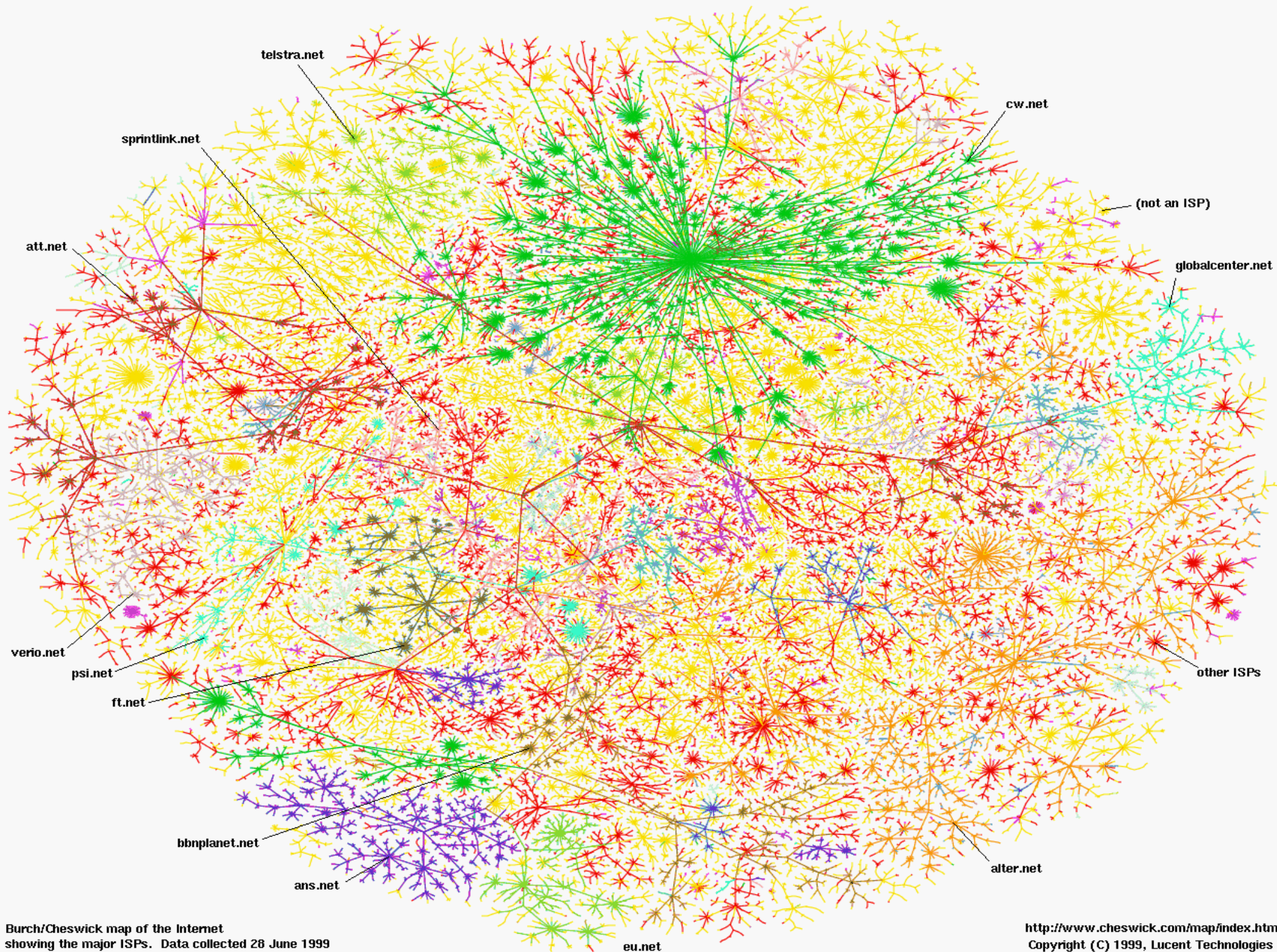
- ❑ Autonóm rendszereken (AS) belül
- ❑ Példák:
 - IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)
 - EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)
 - OSPF (Open Shortest Path First)
 - RIP (Routing Information Protocol)
 - IS-IS (Intermediate System to Intermediate System)

Exterior Gateway Protocols (EGPs)

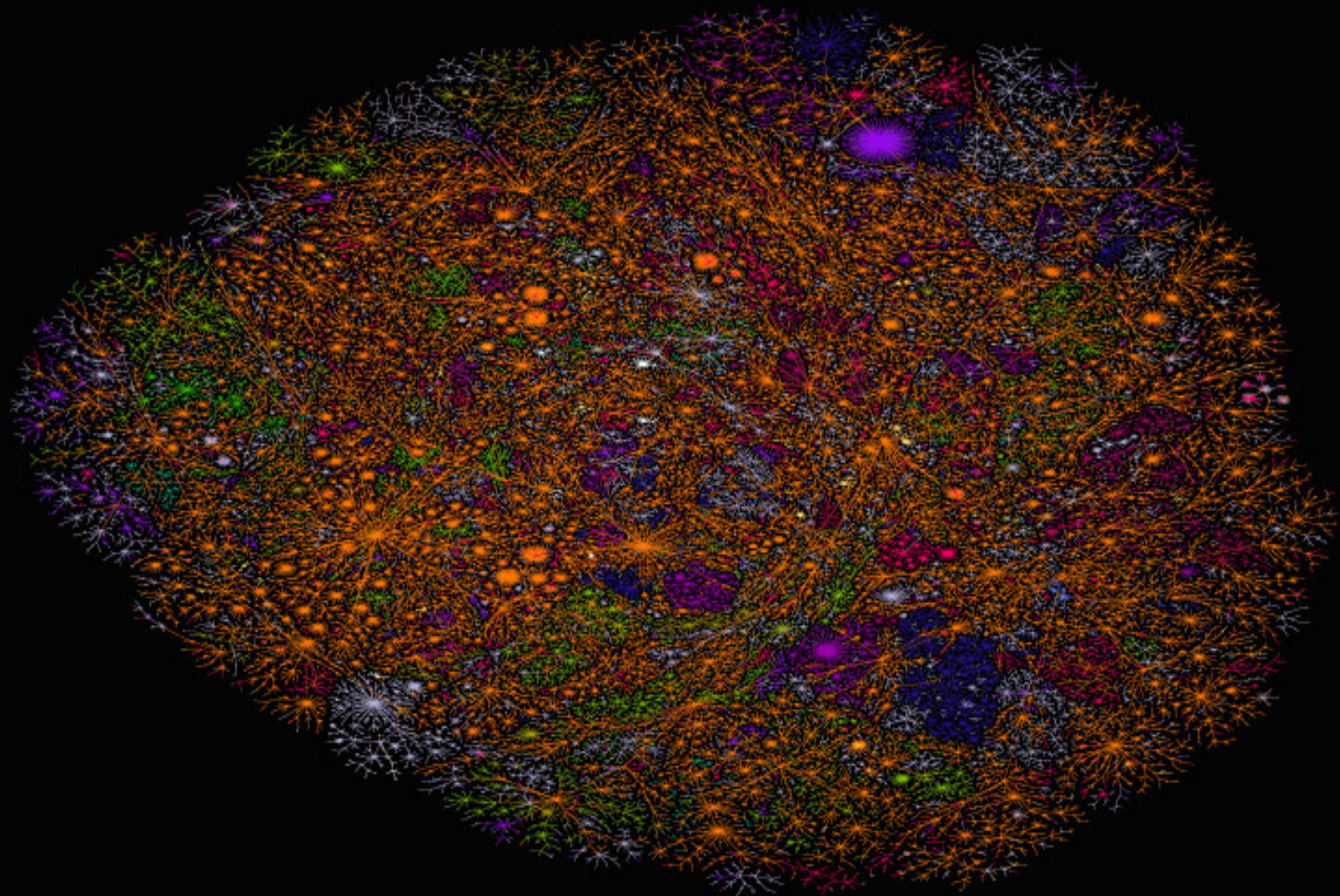
- Autonóm rendszerek (AS) között
- Példák:
 - EGP (Exterior Gateway Protocol)
 - Sokáig az Internet EGP-je, ma már nem használt
 - BGP (Border Gateway Protocol)
 - 1995-től használt EGP (BGPv4)
- Címaggregáció
 - Gyorsabb keresés
 - Gyorsabb terjesztés

Hogyan néz ki az Internet?

Valóban decentralizált?



The Internet: 2002



Graph by MIT Route and BA Clenchak. Power by Jonny Eagle and Gregory Triggs.

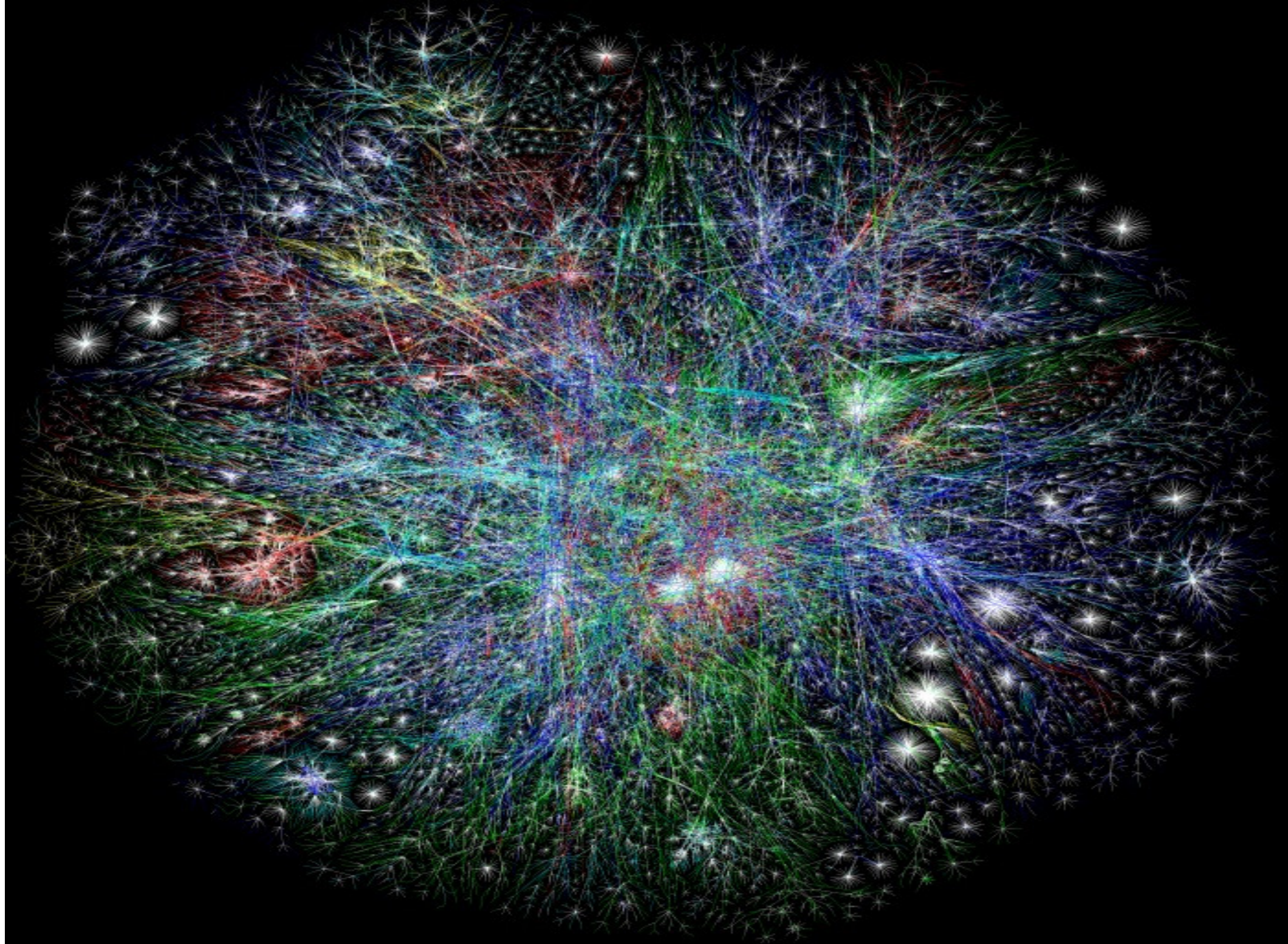
Copyright © CLUMETA and Research Maps, Inc., 2002.

North America Central America South America Africa South Africa Europe Germany France Netherlands United Kingdom Asia Japan Pacific Islands Australia New Zealand .mil .edu .gov .com .edu .org .net other

This graph of the Internet was created by plotting the shortest path between a centralized computer in Somerset, New Jersey and the 137,857 networks listed in the global Internet registry of North America, Inc., and other authoritative routing sources. The data were collected on January 1, 2002.

Published by
Research Maps
www.researchmaps.com

Colors show the 138 top-level Internet domains where network switches (routers) are registered. US countries are included. When branch at routers, requests may show a router which is linked to a few computers or a "terminal" reflecting a large network.



IP - Tördelés

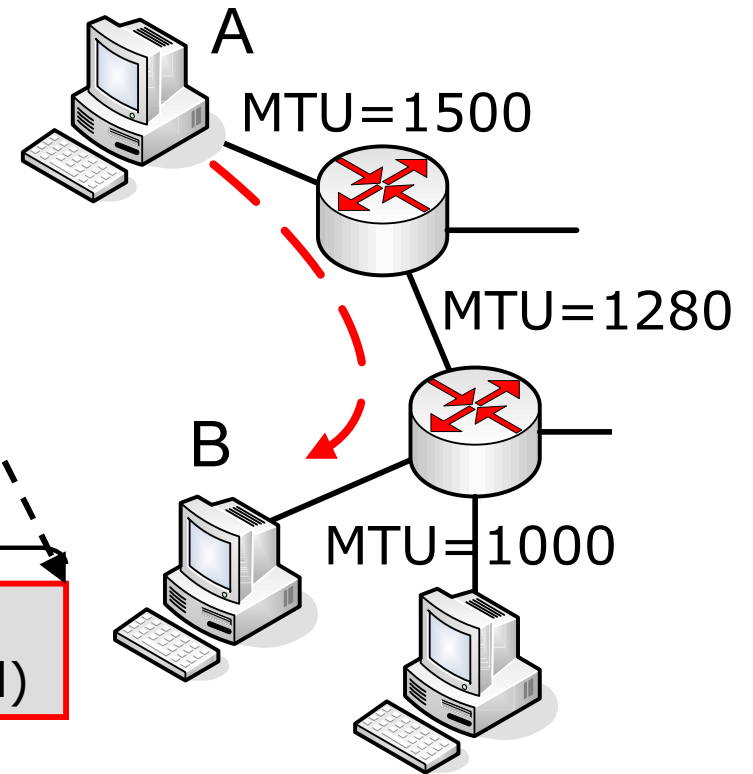
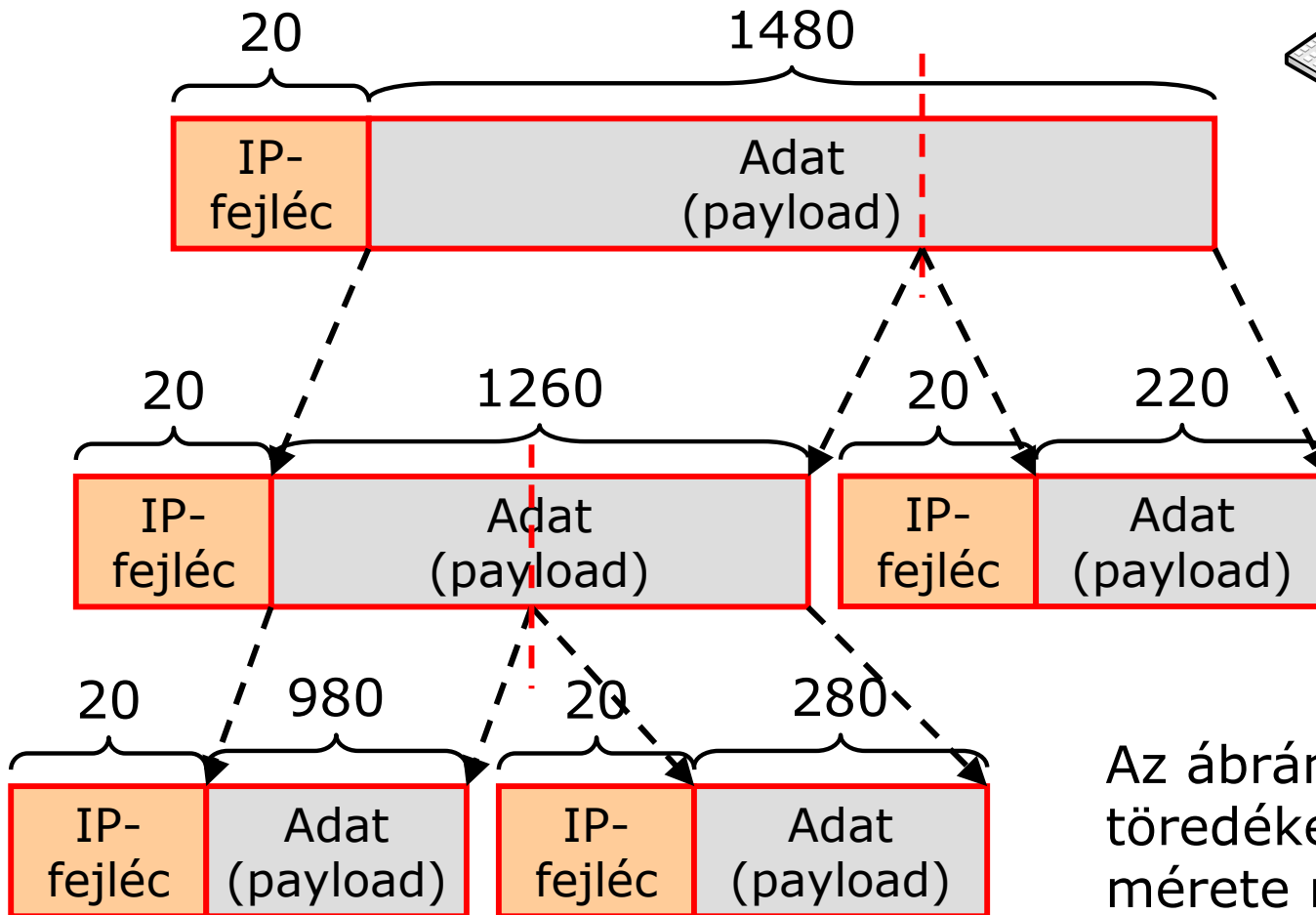
Darabolás és összeállítás

Tördelés szükségessége

- A hálózatok alsóbb rétegei meghatározzák a keret maximális méretét
 - Az adatkapcsolati réteg fej- és farokrészét leszámítva ez az MTU (Maximum Transmission Unit)
(Ethernetnél 1500 byte)
- Eltérő technológiák $\Rightarrow$ eltérő MTU-jú kapcsolatok $\Rightarrow$ tördelni kell

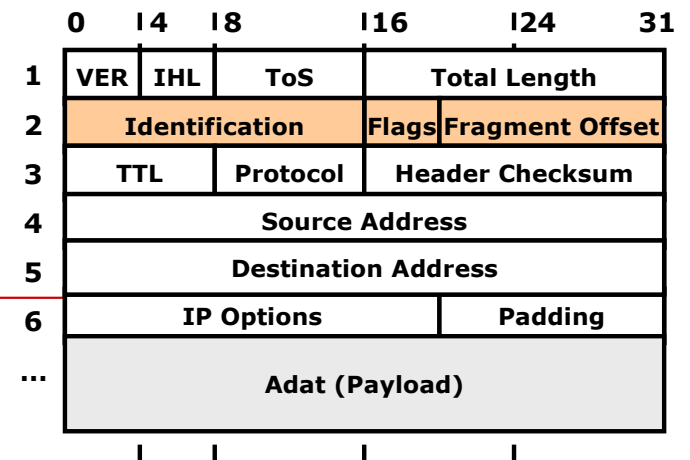
A tördelés menete

- Minden csomagnak kell fejléc!



Az ábrán helytelenül, a töredékek adatrészének a mérete nem 8 bájt többszöröse!

Tördeléssel kapcsolatos mezők az IP-fejlécben



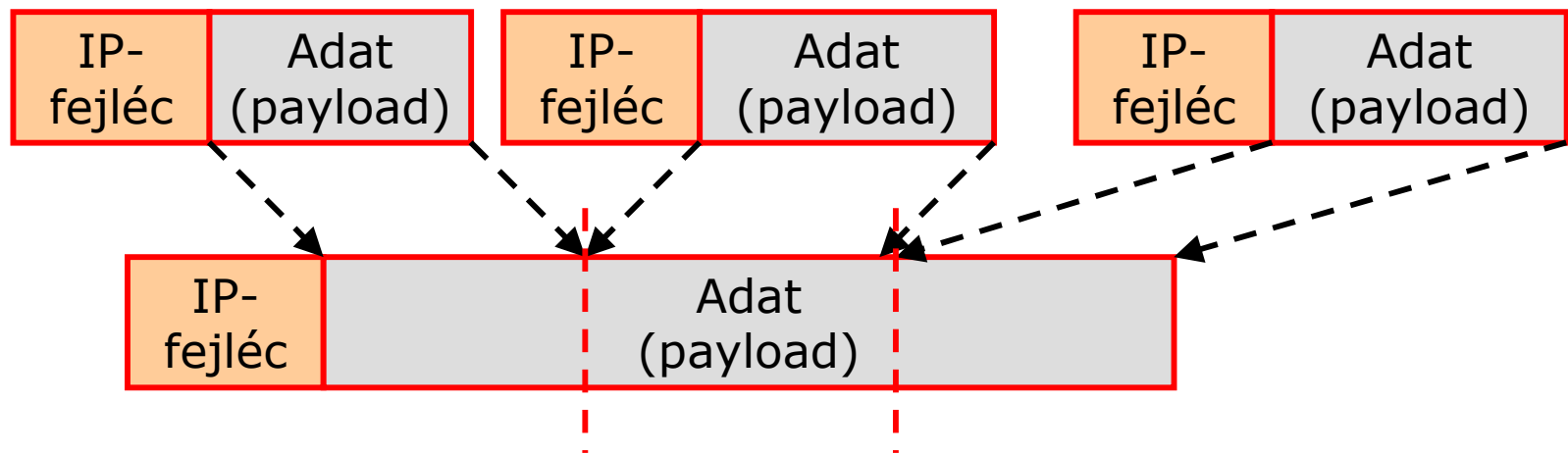
- ☐ Identification (16 bit)
 - Az IP-töredékek egyedi azonosítása
- ☐ Flags (3 bit)
 - 0: Fenntartott
 - ☐ 0-nak kell lennie
 - ☐ „Evil bit” (RFC 3514) (áprilisi tréfa 2003-ban)
 - 1: DF – Don’t Fragment
 - ☐ 1: ha tördelni kellene, el kell dobni
 - ☐ Ezt használják az MTU (Maximum Transmission Unit) Path Discovery néhány TCP verzióban és az IPv6-ban
 - 2: MF – More Fragment
 - ☐ 1: ha nem az utolsó töredék
 - ☐ 0: utolsó töredék vagy nem tördelt csomag
- ☐ Fragment Offset (13 bit)
 - Az eredeti csomagban lévő kezdőpozícióját adja meg e töredékben lévő adatnak **8 bájtos egységekben**
 - $(2^{13}-1) \times 8 = 65528 > 65515$ bájt (max. adat)
(így a maximális méretű csomag is tördelhető)

IP-fejléc változása tördelés közben

- Ha tördelés szükséges
 - Ha nem volt Identification mező érték, akkor generálni kell
 - Adat tördelése 8 bájtos egységekre
 - A tördelésnek megfelelő „fragmentation offset”-et beállítani az új csomagokban
 - Minden csomagban az MF bitet 1-re kell állítani, kivéve annak a csomagnak az utolsó töredékét, amelyben az MF nincs beállítva

A töredékek összeállítása

- ❑ Csak a címzett végezheti el
- ❑ Ha valamely darab nem érkezik meg, akkor a többi is eldobja
- ❑ Csak teljesen összeállított csomagokat továbbít a felsőbb réteg felé
- ❑ A „fragment offset”-ekből a töredék helye meghatározható



A router feladatai

- ☐ Hibás-e a csomag (fejléce)?
- ☐ Nekem címezték-e?
- ☐ Ismerem-e a címzett hálózatát?
- ☐ A TTL érték csökkentés után >0 ?
- ☐ Kell-e tördelni? Lehet-e tördelni?
- ☐ Kell-e visszajelzést küldeni?

ICMP és IGMP

Az IP jelzés- és menedzsmentüzenetei

- ❑ ICMP: Internet Control Message Protocol
- ❑ IGMP: Internet Group Management Protocol

ICMP - Internet Control Message Protocol

RFC 792, RFC 1700

- ❑ Jelzés- és menedzsmentüzenetek
 - Visszajelzés a „best effort” hálózattól
- ❑ IP felett (0x01-es protokollazonosító)
- ❑ Üzenettípusok
 - Hibaüzenetek
 - Kérdések
 - Válaszok
- ❑ Gyakran használt ICMP üzenetek:
 - Echo request – Echo reply ⇒ Ping
 - Echo request – Echo reply + TTL ⇒ Traceroute

ICMP Message Types	
0	Echo Reply
3	Destination Unreachable
4	Source Quench
5	Redirect/ Change Request
8	Echo Request
9	Router Advertisement
10	Router Selection
11	Time Exceeded
12	Parameter Problem
13	Timestamp Request
14	Timestamp Reply
15	Information Request
16	Information Reply
17	Address Mask Request
18	Address Mask Reply

0	8	16	31
Type (0 or 8)	Code (0)	Checksum	
Identifier		Sequence Number	
Optional Data			
...			

ICMP – Cél elérhetetlen

- Gyakran előforduló üzenet:
„Destination unreachable” (ICMP Message Type: 0x03)

Hibakódok:

0 = net unreachable
1 = host unreachable
2 = protocol unreachable
3 = port unreachable
4 = fragmentation needed and DF set
5 = source route failed
6 = destination network unknown
7 = destination host unknown
8 = source host isolated
9 = communication with destination network administratively prohibited
10 = communication with destination host administratively prohibited
11 = network unreachable for type of service
12 = host unreachable for type of service

IGMP – Internet Group Management Protocol

- ❑ IP-t futtató csomópont-csoportok kezelésére
- ❑ Főként multicast csoportok kezelése
 - Csoportok lekérdezése
 - Csoporthoz csatlakozás
- ❑ A TTL értéke általában 1
(csak a helyi hálózaton érvényes)
- ❑ RFC 792, RFC 1112

Összefoglalás

- Bevezetés
 - A TCP/IP protokollarchitektúra
 - Az IP feladata és jellemzői
- IP címzés
 - Címosztályok
 - Speciális címek
- Az IP fejrész szerkezete
- Routing protokollok
- Routingtáblák, subnet mask
- Továbbítás
- Címfeloldás: ARP, RARP
- MTU, tördelés
- Segédprotokollok: ICMP, IGMP