

# **Az internet ökoszisztémája és evolúciója**

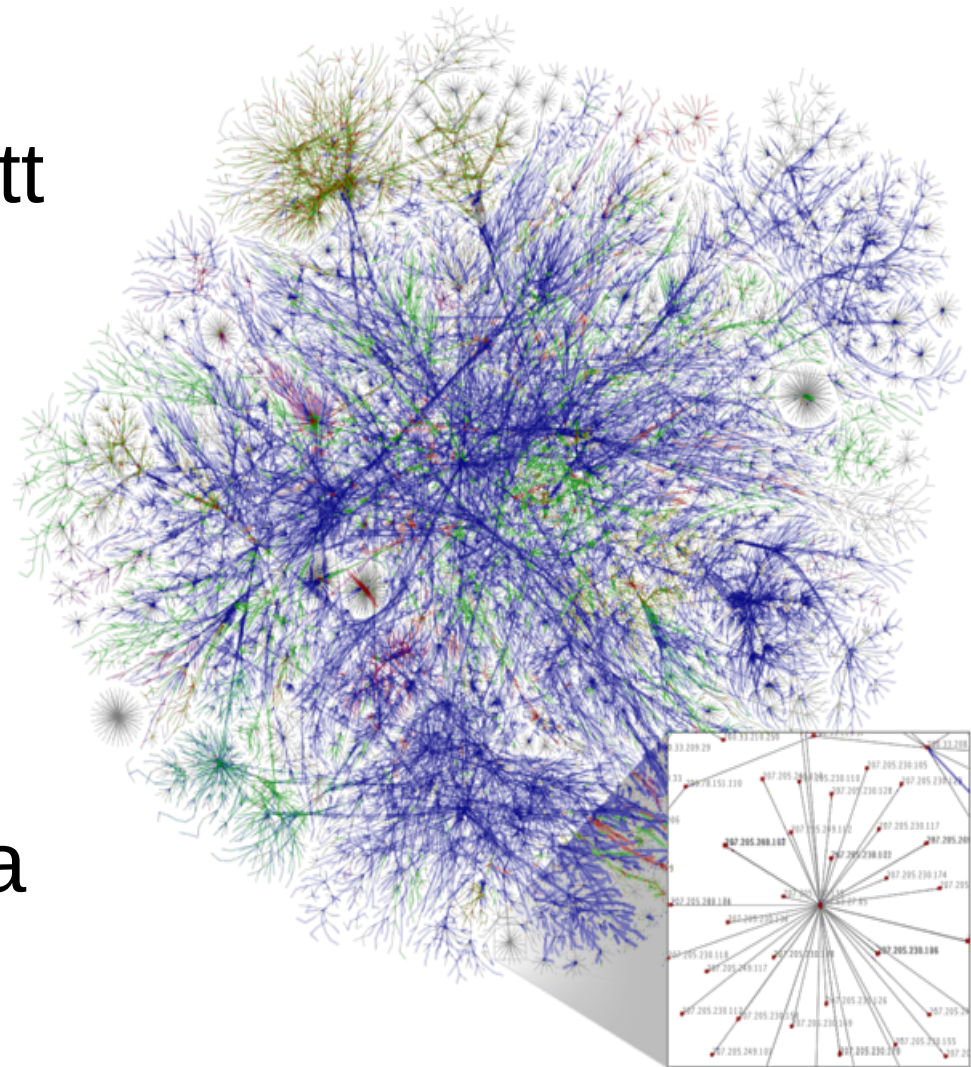
# Tartalom

- Működési anomáliák és háttér
  - skálázhatóság
  - prefix hijacking
  - IPv4-címtartományok másodlagos piaca
- Rendszerelmélet
- A TCP/IP protokollok
- Az internet architektúrája
  - autonóm rendszerek (AS) és szolgáltatók
  - content/eyeball/tranzit AS
  - access/edge/core

# **Rendszerszintű anomáliák**

# Az internet: „hálózatok hálózata”

- 50 ezer szolgáltató
- 10 milliárd csatlakoztatott eszköz
- 2 milliárd felhasználó
- Több 100 milliárd USD üzleti bevétel
- Megbízhatóság?  
Biztonság? Magánszféra védelme?...
- Mit hoz a jövő?



# Anomáliák 1: Skálázhatóság

- Az internet növekedésének technológiai határai
- Az technológia (IP protokoll) több mint 30 éves!

THE WALL STREET JOURNAL. TECH LOG IN SUBSCRIBE

TOP STORIES IN TECH

- 1 of 12 Google Lobbies for Cheaper Airwaves
- 2 of 12 Why 2015 Is a Good Year to Buy a TV
- 3 of 12 Can a Smartphone Tell if You're Depress...
- Now You Can 3 Print Chocolate

TECHNOLOGY

## Echoes of Y2K: Engineers Buzz That Internet Is Outgrowing Its Gear

Routers That Send Data Online Could Become Overloaded as Number of Internet Routes Hits '512K'

Register®  
Biting the hand that feeds IT

FORUMS WEEKEND EDITION SOFTWARE NETWORKS SECURITY BUSINESS HARDWARE

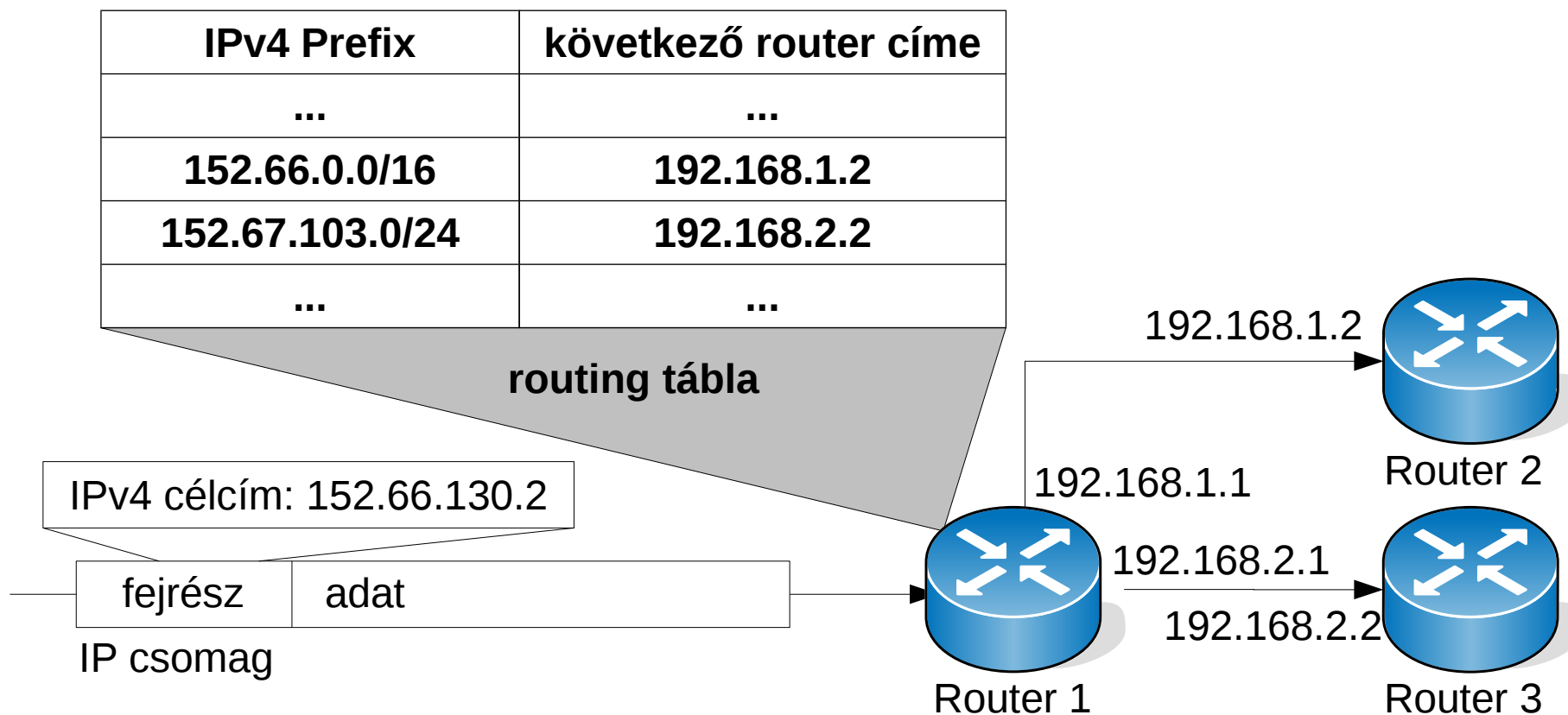
reddit **SYSADMIN** **comment**

↑ 1069 ↓ **The internet hit 5**  
(cidr-report.org)  
submitted 4 months ago by  
392 comments

# The internet just BROKE under its own weight – we explain how

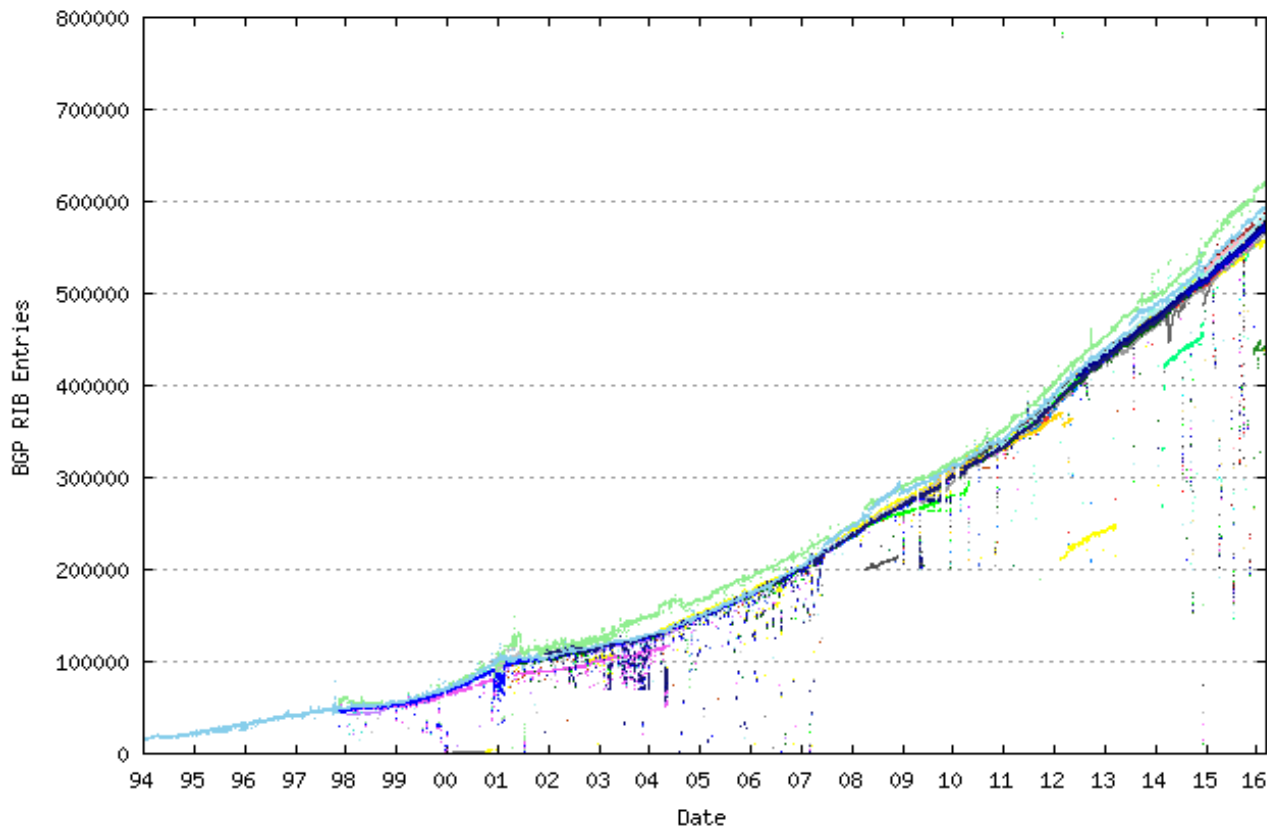
# Internet forgalomtovábbítás

- Csomagok tartalmazzák a cél IP címét
- „Routing tábla”: következő állomás IP címe



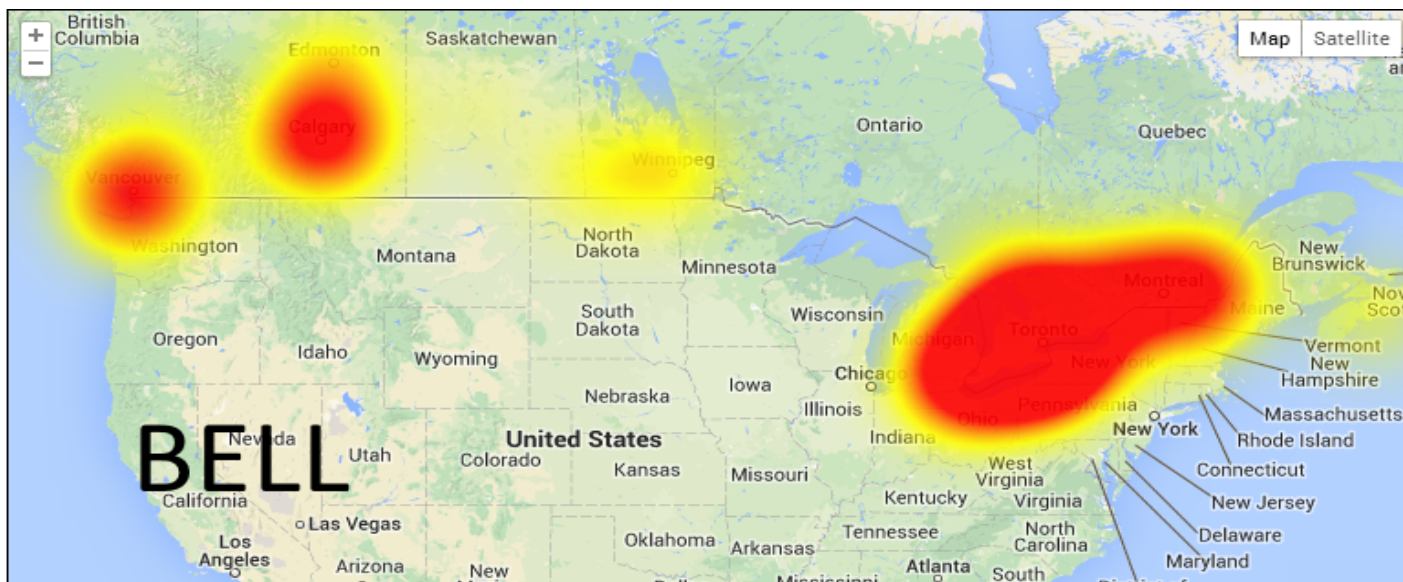
# A routing táblák növekedése

- Egyre több csatlakoztatott eszköz
- Egyre több IP címet kell tárolni a routing táblákban (az aggregáció ellenére)



# 512k day

- 2014. aug. 12.: az Internet routing táblák mérete 512000 fölé nőtt
- Egyes régebbi routerekben 512k méretkorlát
- A kieső bejegyzésekre érkező csomagok eldobódnak („*ICMP Destination Unreachable*”)





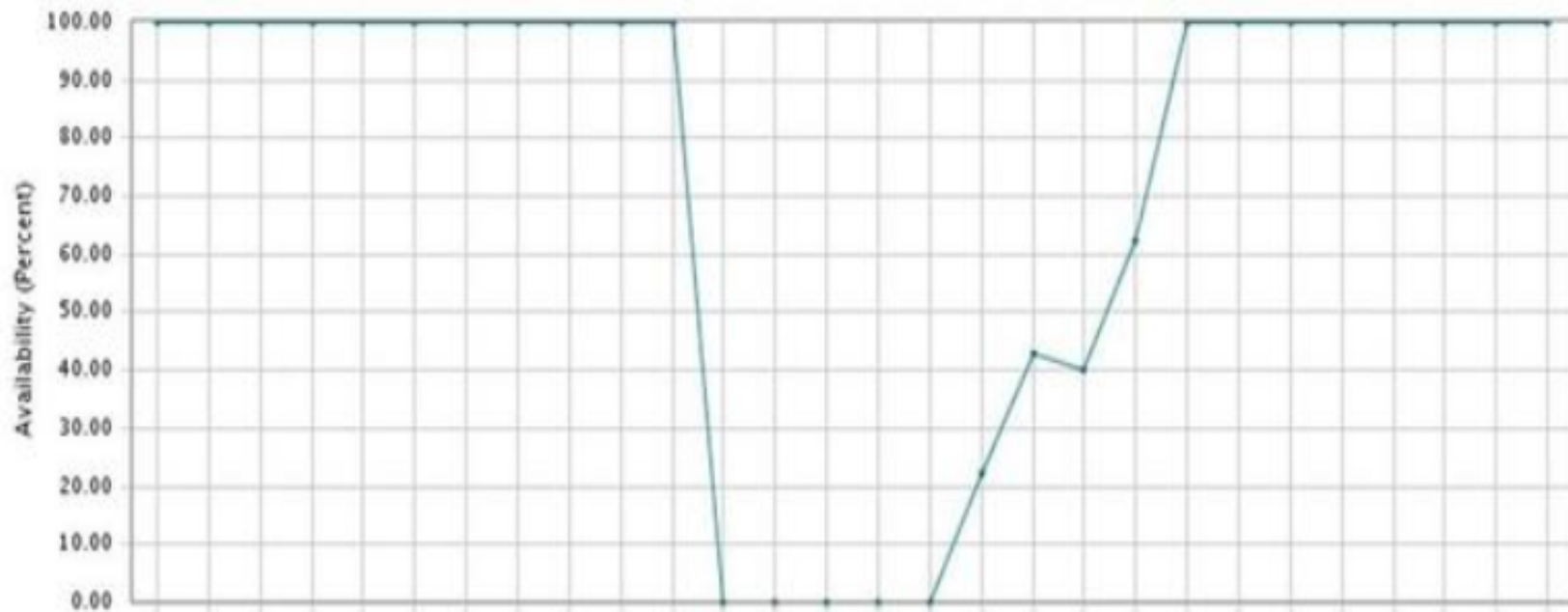
# Megoldások

- Konfiguráció
  - a tábla fizikai méretkorlátja sokszor igazából 1024k
  - de 512k bejegyzés foglalt az IPv6 számára
  - elég a fenti alapértelmezett korlátot átállítani
  - mi lesz, ha elérjük az 1024k bejegyzést?
  - meddig skálázhatóak a routerek hatékonyan?
- Új protokollok, új routing architektúra?

*Hogy lehet, hogy ilyen kritikus rendszer, mint az internet, már rövid távon sem skálázódik?  
Mit csináltak eddig a mérnökök?*

# Anomáliák 2: A Youtube-incidens

- 2008. február 25.: a Youtube elérhetetlenné válik az Internet jelentős részéről
- Máshonnan nézve zavartalan a szolgáltatás



Youtube elérhetősége, 2008. február 25, Keynote Systems

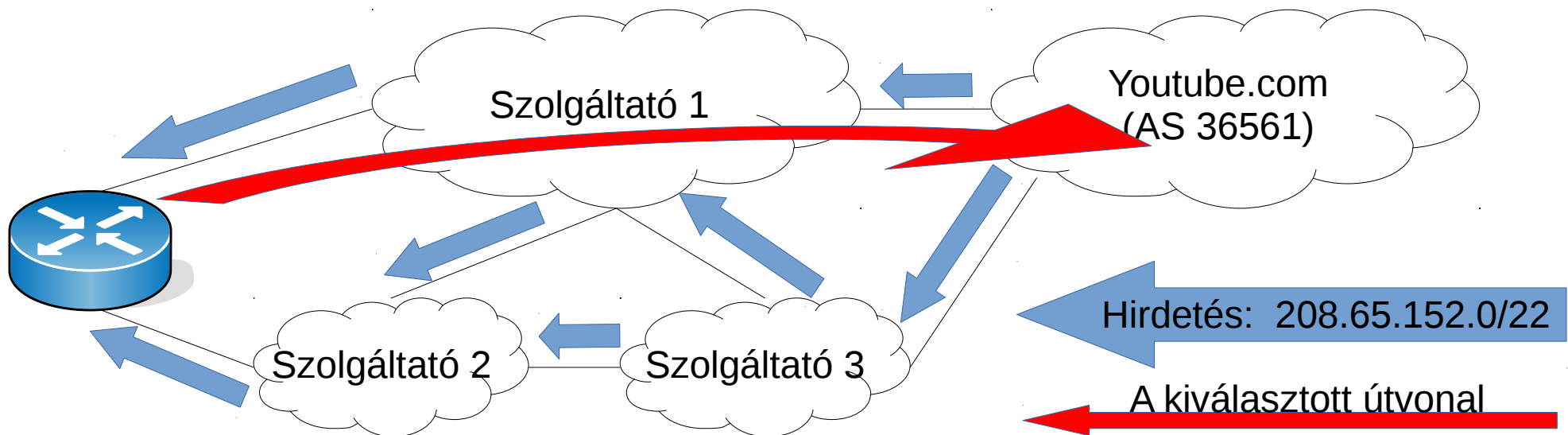
# További „incidensek”

- 2003-ban a Northrop Grumman, 2004-ben Yahoo válik sok helyről elérhetetlenné
- 2014: több tízezer dollárnyi Bitcoin loptak így
- Közös ok: az internet útválasztás sebezhető!

The image is a collage of various elements related to internet security and hacking. At the top, there is a black banner with the word "WIRED" in white, followed by the text "GEAR SCIENCE ENTERTAINMENT BUSINESS SECURITY". Below this, there is a "THREAT LEVEL" indicator with a line extending to the right, ending in a red box with the word "Video". To the left, there is a "WIRED" logo and the text "THREAT". In the center, there is a red circular logo with the text "c/net". Below this, there is a headline: "Hacker Redirects Traffic From 19 Internet Providers to Steal Bitcoins". To the right of this headline, there is a red box with the word "Tube". At the bottom, there is a large, bold, black text that reads: "How Pakistan... offline (and how to make sure it never happens again)". On the left side, there is a snippet of text: "Pakis Re-R" and "BY RYAN SIN".

# Internet útválasztás

- A szolgáltatók IP címtartományt igényelnek
- A tartományt „meghirdetik”, az útválasztó protokoll (BGP) pedig biztosítja, hogy a hirdetés a hálózat minden részébe eljusson
- A routerek útvonalat választanak

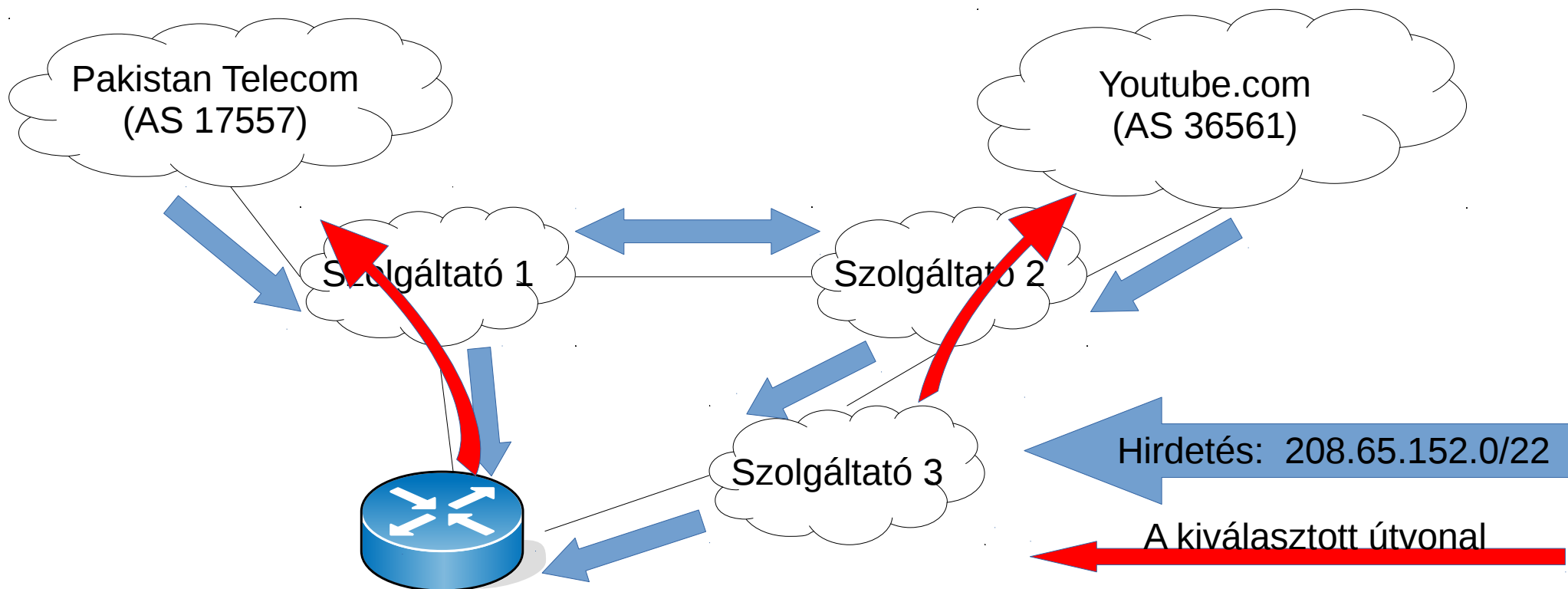


# Youtube prefix hijacking

- Pakisztán blokkolni akarta a Youtube-ot de csak a saját területén belül
- Téves konfiguráció miatt a hirdetés megjelent a külső hálózatban (internet) is
- Azok a szolgáltatók, amelyekhez Pakisztán „közelebb” van, mint az USA (Ázsia nagy része), a pakisztáni hirdetést fogadták el
- Így a Youtube-ra irányuló forgalmukat Pakisztán felé küldték az USA helyett
- Ez a forgalom Pakisztánban eldobódott, a Youtube így gyakorlatilag elérhetetlenné vált

# Prefix hijacking

- Egy címtartományt egyszerre többen hirdetnek
- Nem dönthető el egyértelműen, melyik a valódi



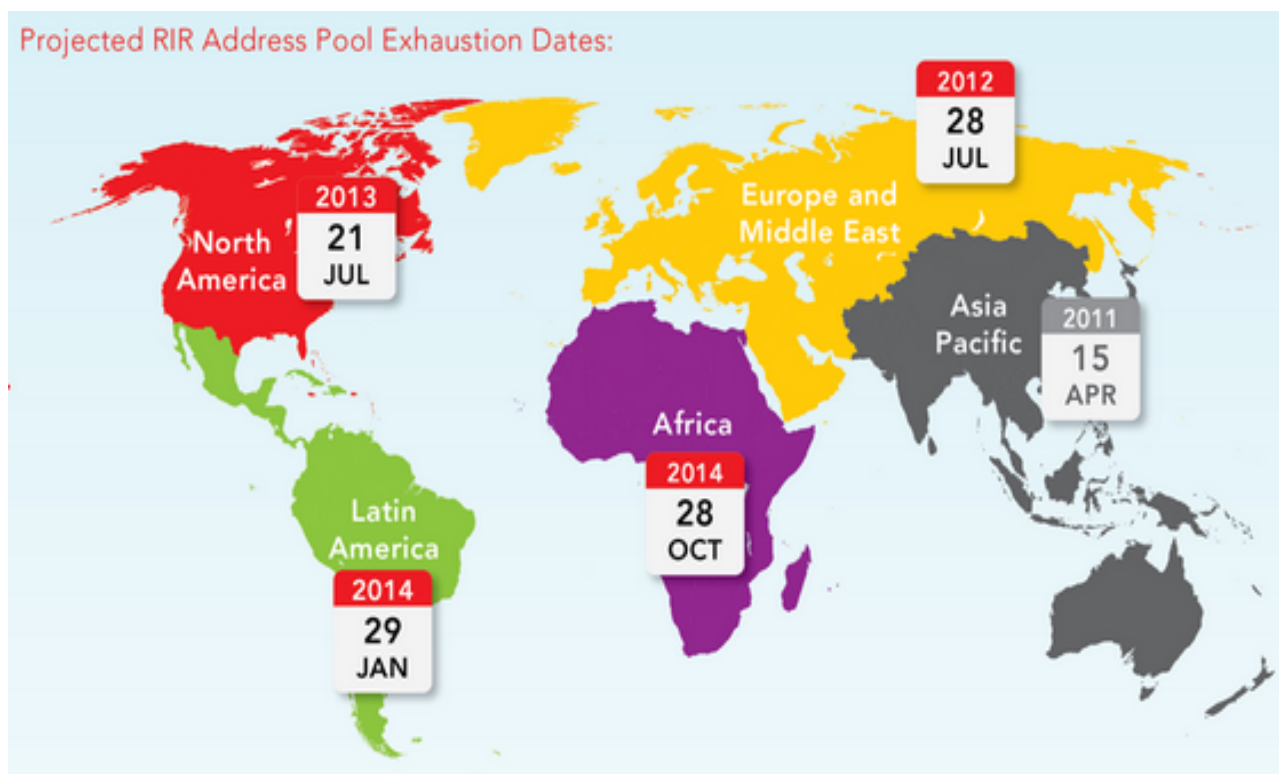
# Prefix hijacking

- Az internet routing protokollok nem hitelesítik a hirdetéseket
- Megoldás: szűrés/hitelesítés (Secure BGP)
- Mégis, a sebezhetőség továbbra is fennáll, az új protokollok globális bevezetése várta magára (lásd még Secure DNS, IP multicast, IPv6, stb.)

*Hogyan lehet, hogy még a legnagyobb internet-cégek is áldozatul eshetnek? És megint csak, mit csináltak eddig a mérnökök??*

# IPv4-címtartományok fogyása

- IPv4 cím: 32 bites egész szám, összesen kb. 4 milliárd egyedi cím, tartományokba osztva
- A kiosztható tartományok elfogytak





# IPv4-címtartományok piaca

- IPv4 cím nélkül az internet használhatatlan
- A nem használt címtartományok több millió dolláros másodlagos piacon cserélnek gazdát

**NETWORKWORLD**

Home > LAN & WAN

## **Sales of unused IPv4 addresses gathering steam**

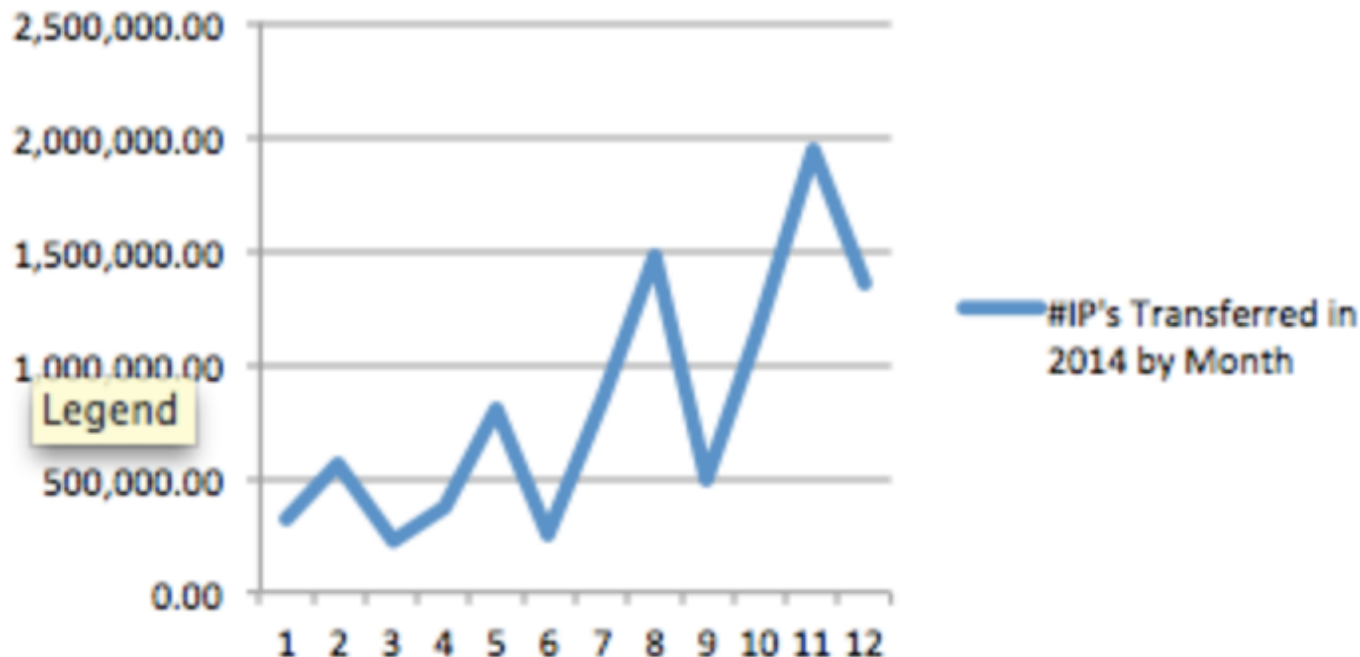
FORUMS WEEKEND EDITION

**Bankrupt Borders flogs 65,536  
IP addresses at \$12 a pop**

# IPv4-címtartományok piaca

- 2011-ben a Microsoft 7.5 millió USD-t költött a Nortel címtartományának megszerzésére

**#IP's Transferred in 2014 by Month**



# A megoldás: IPv6

- 1998 óta szabvány a 128 bites címekkel működő IPv6
- Minden piacon kapható eszköz támogatja
- Mégis alig 5–10% az IPv6 részesedése
- Helyette: másodlagos IPv4 piac, Carrier-grade NAT (CGN), VPN-ek, dinamikus címkiosztás...

*Miért nem terjed el egy új protokoll, ha technikailag minden szempontból jobb, mint a régi? Miért ilyen fontos a kompatibilitás?*

# An internet ökoszisztémája

- Hogy megértsük az okokat, meg kell ismernünk a technológiai háttérét...
  - „hogyan működik az internet?”
- ... a folyamatot, amely idáig vezetett...
  - a jelenlegi internet 40 éves evolúció eredménye
- ... a szolgáltatók motivációit és céljait
  - az internet decentralizált, a szereplők autonóm döntenek, nincs központi kontroll
- ... és a lehetséges kiutakat
  - hogy működtethető mégis egy hálózat hatékonyan?

# Ökoszisztéma

*Az **ökoszisztéma** [...] az ökológiai jelenségek értelmezése, vizsgálata céljából [...] létrehozott rendszermodell [...] Az ökoszisztéma-modellek a kiválasztott ökológiai rendszer és környezete kapcsolatát vizsgálják. [...] Ökológiai rendszermodellt egy akvárium élőlényegyüttesére, egy Petri-csészében szaporodó baktériumok populációjára vagy akár a bioszféra egészére is felírhatunk. A modell azonban mindig egy leegyszerűsítést, lényegkiemelést jelent.*

*(Wikipédia)*

# Rendszerelméleti megközelítés

- Az internetet nem mint mérnöki alkotást, hanem mint **nagy méretű, komplex és elosztott**, tőlünk függetlenül működő rendszert vizsgáljuk
- Átalakítani, újratervezni nem tudjuk, hiszen nagy számú autonóm szereplő (kormányok, szolgáltatók, stb.) együttes viselkedése alakítja
  - már az internet topológiáját sem ismerjük, közelítőleg sem
- Így célunk inkább megfigyelni, megérteni, és modellezni az interneten zajló folyamatokat
- Hasonló a közgazdaságtan szemléletéhez

# **A TCP/IP protokollok**

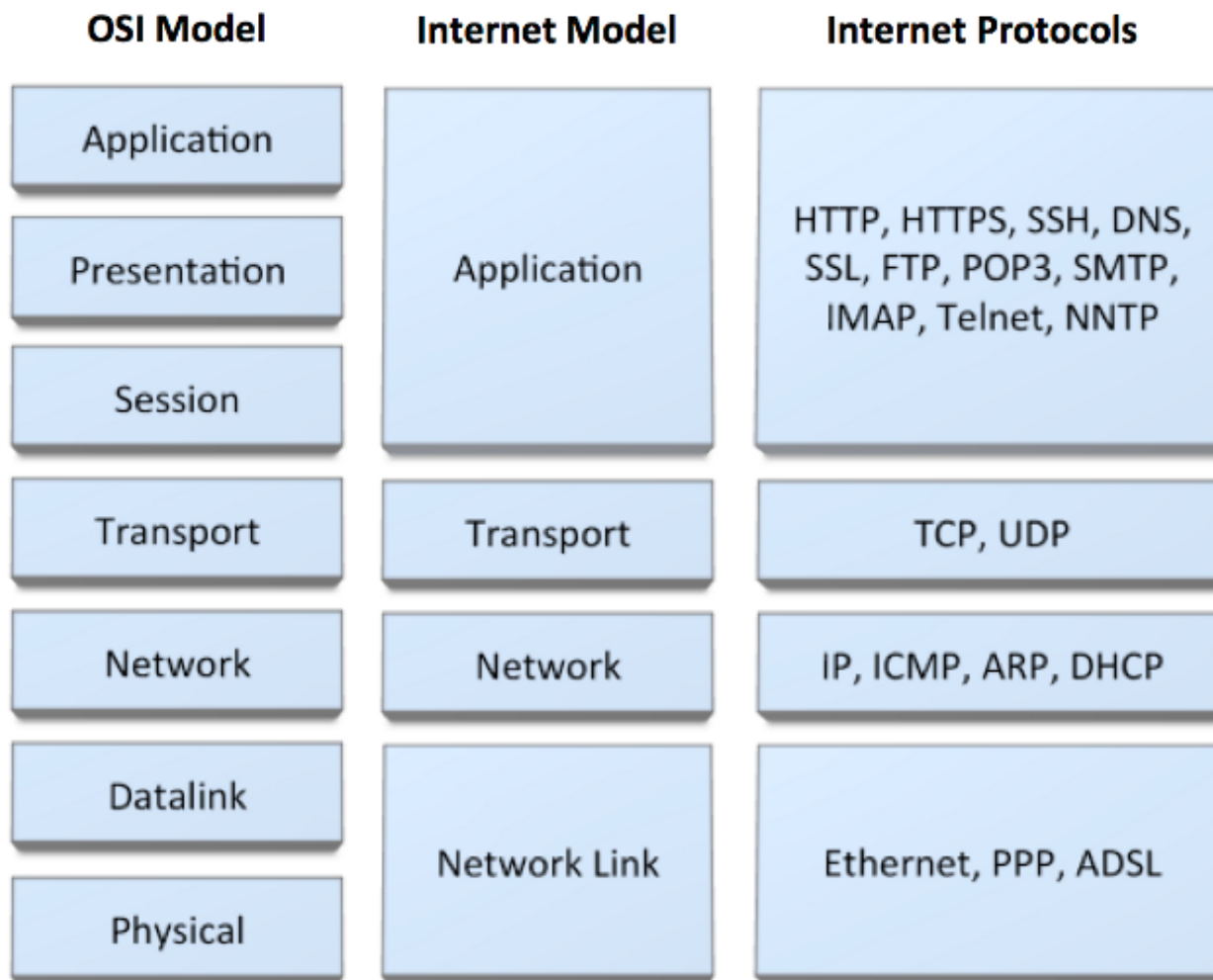
# Hálózati rétegek

- Az internet egy rendkívül komplex elosztott rendszer
- A csatlakoztatott eszközök összehangolt működését hálózati **protokollok** biztosítják
- Mérnöki absztrakció: hálózati **rétegek**
  - funkcionális modul a protokoll stack-ben
  - szolgáltatást nyújt a felsőbb rétegek számára, az alsóbb rétegek szolgáltatásait használva
  - az alsóbb és felsőbb rétegek számára egységes interfész (elvileg cserélhető)
  - a rétegek között horizontális kommunikáció



# TCP/IP rétegek

- Az ISO/OSI modelltől függetlenül jött létre



# Adatkapcsolati réteg (Link Layer)

- Helyi hálózati protokoll (Ethernet, PPP, WiFi,...)
- **Funkció: hibamentes csomagátvitel a hálózati réteg számára közös linken levő hosztok IP interfészei között**
- Szolgáltatásmodell:
  - bemenő adatok tördelése adatkeretekre
  - sorrendhelyes továbbítás, nyugtázás, hibajavítás
  - forgalomszabályozás (vevő adattal való elárasztásának elkerülése céljából)
  - közeghozzáférés (MAC) protokoll: a megosztott csatornához való hozzáférés vezérlése
  - a fizikai réteget is ideértjük

# Adatkapcsolati réteg: az Ethernet

- IEEE 802.3: elterjedt helyi hálózati protokoll
  - 3 Mbit/sec ↔ 100 Gbit/sec, 48 bites „flat” címtér
- CSMA/CD közeghozzáférés
- Ethernet hálózatok összekapcsolhatók:
  - **hub/repeater**: az összekapcsolt szegmensek között minden keretet továbbít
  - **switch**: Spanning Tree Protocol vagy SP Bridging

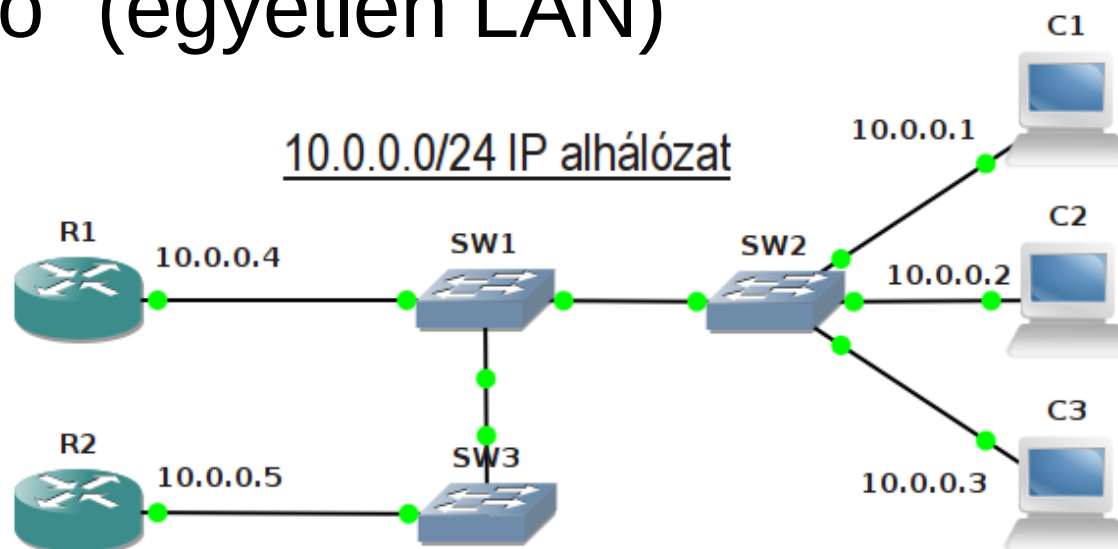
Keret-határoló (8 byte)	Cél MAC cím (6 byte)	Forrás MAC cím (6 byte)	Típus/hossz (2 byte)	Adatok (46-1500 byte)	Padding	Ellenőrző kód (CRC) (4 byte)
----------------------------	-------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------------	---------	---------------------------------

Ethernet keret



# Adatkapcsolati réteg: az Ethernet

- Az SW1, SW2, és SW3 switch-ek Ethernet interfészei nem rendelkeznek IP címmel
- Az R1 és R2 IP routerek illetve a C1, C2 és C3 hosztok interfészei IP címmel vannak ellátva
- Számukra a bridge-elt Ethernet hálózat „átlátszó” (egyetlen LAN)



# Hálózati réteg: Internet Protokoll

- Az internetre csatlakozó eszközök „nyelve”
- **Funkció: megbízhatatlan, összeköttetésmentes, best-effort datagram szolgáltatás végpontok (IP hosztok) között**
  - **megbízhatatlan:** nincs hibajavítás (header checksum!)
  - **összeköttetésmentes:** kapcsolatfelépítési fázis nincs az adatátvitel előtt
  - **datagram:** minden csomag tartalmazza a cél azonosítóját és egyenként továbbítódik, akár a kommunikáció során több eltérő útvonalon
  - **best-effort:** „all packets are created equal” (elvileg)

# Összeköttetés alapú vs. összeköttetésmentes protokollok

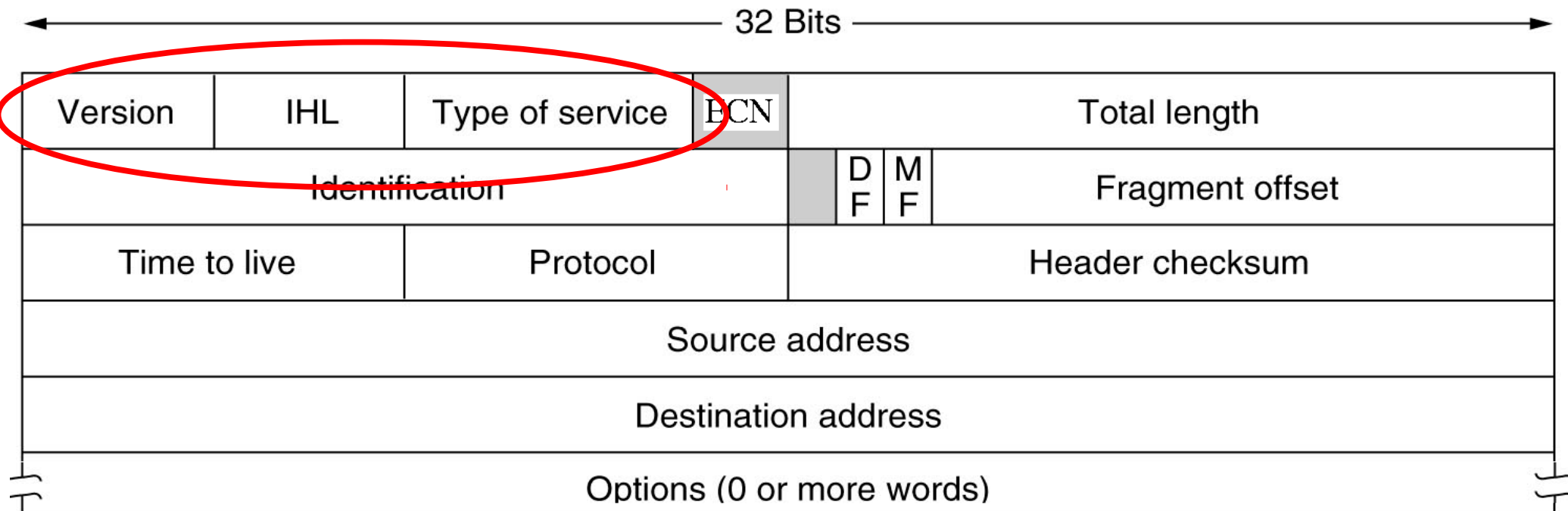
	Összeköttetésmentes	Összeköttetés alapú
<b>Áramkörök felépítése</b>	Nincs	Kommunikáció előtt mindig
<b>Címzés</b>	Minden csomag tartalmazza a teljes forrás- és célcímet	Minden csomagban virtuális áramkör azonosító, rövidebb, mint a cím
<b>Csomagtovábbítás</b>	Statikus vagy dinamikus routing	(Circuit-)switching
<b>Állapotinformáció</b>	Routing táblák a routerekben	Virtuális áramköröket nyilvántartó táblázatok a switch-ekben
<b>Torlódásvédelem, beengedés-szabályozás</b>	Bonyolult	Egyszerű

# Hálózati réteg: Szolgáltatások

- Hálózati együttműködés (internetworking)
  - heterogén eszközök, alhálózatok, op. rendszerek, adatkapcsolati protokollok közti átjárás
- Címzés (addressing)
  - eszközök egyedi azonosítóval való ellátása
- Forgalomirányítás (routing)
  - **csomagtovábbítás (forwarding)**: egyenként, célcím alapján, a forgalom-továbbítási tábla szerinti következő IP címre
  - **útvonalválasztás (routing)**: forgalom-továbbítási táblák kitöltése/fenntartása/frissítése
- Egyéb: fragmentáció (IPv4: R2R, IPv6: E2E), stb.

# IPv4: fejrész

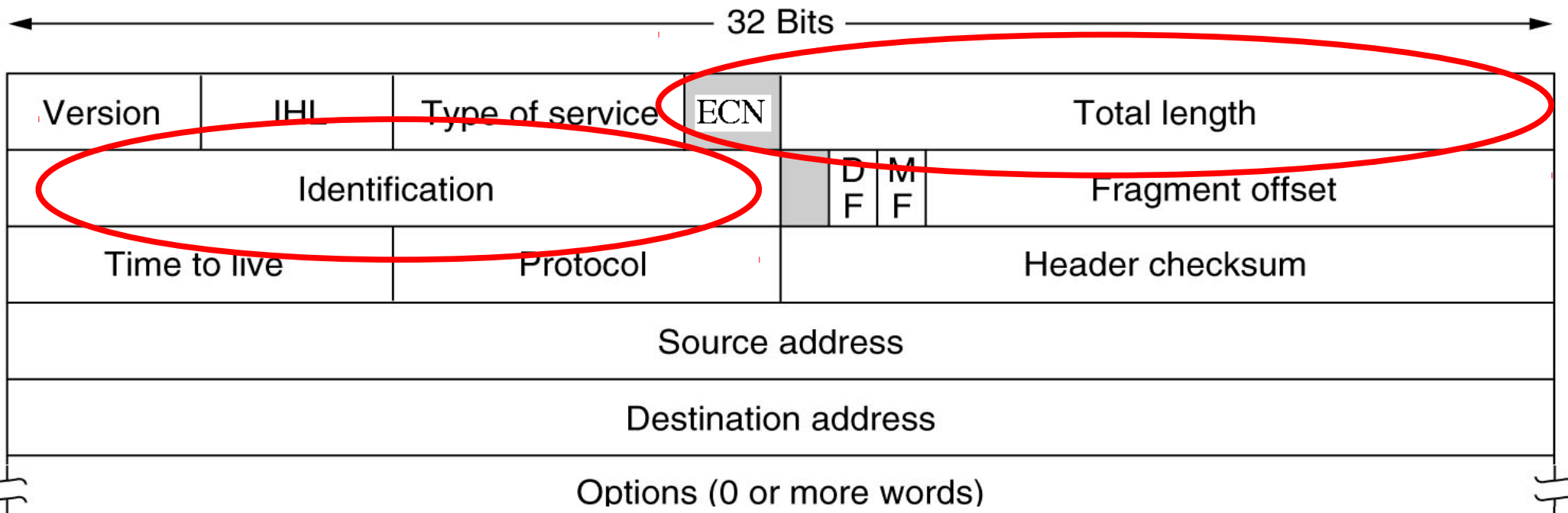
- Version (4 bit): verzió, mindig 0100 (4)
- Internet Header Length (IHL, 4 bit): fejrész hossz 4 byte-os szavakban (min 20, max 60 byte)
- Type of Service (ToS/DiffServ codepoint, 6 bit)





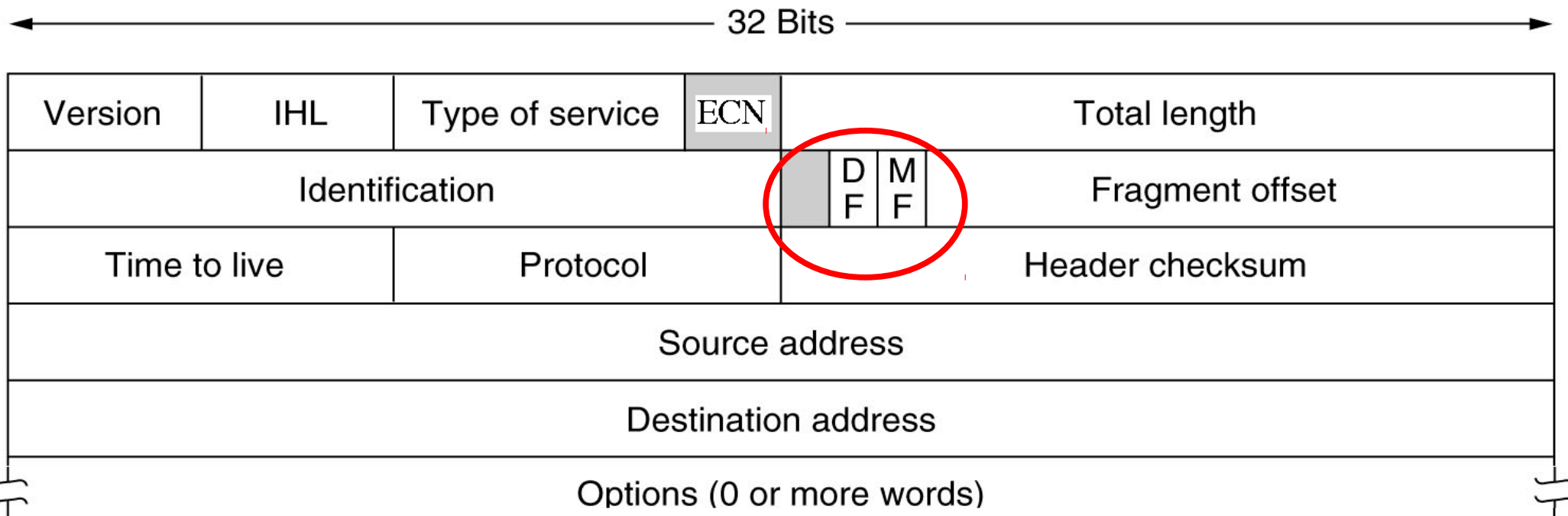
# IPv4: fejrész

- Explicit Congestion Notification (ECN, 2 bit):  
hálózati torlódás jelzése, kevéssé használt
- Hossz (Total length, 16 bit): a csomag hossza
- Identification (16 bit): tördelt csomag azonosítása



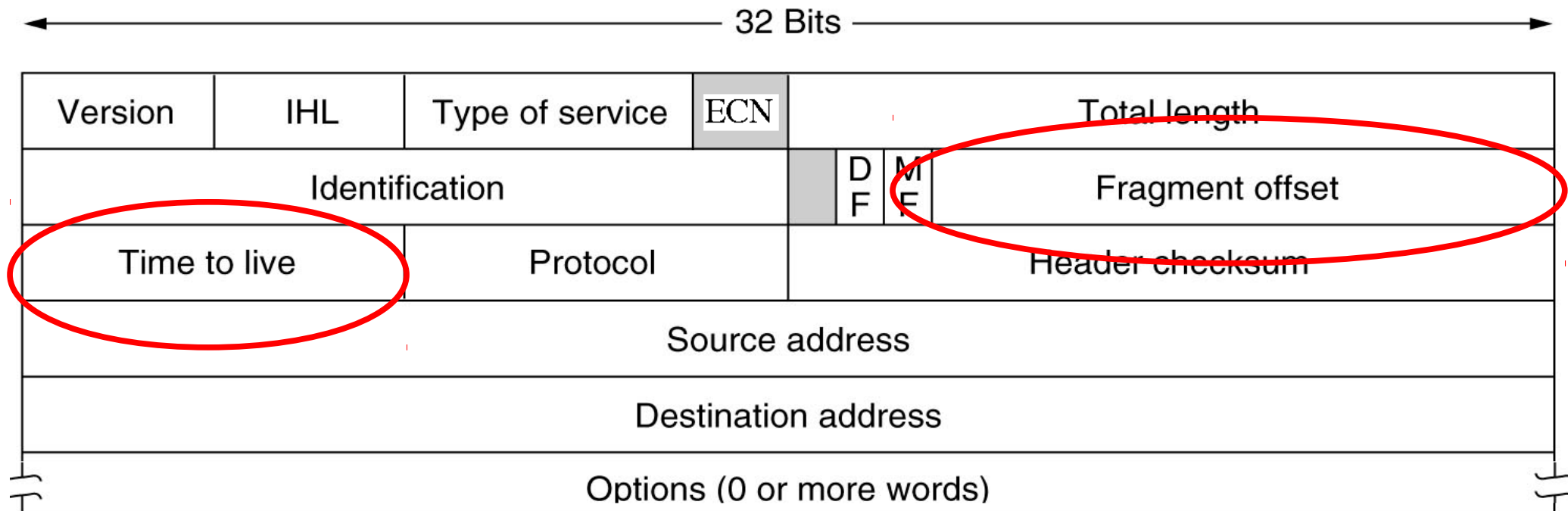
# IPv4: fejrész, flag-ek

- bit 0: foglalt, mindig 0
- bit 1: „Don't fragment” (DF), nem tördelendő
- bit 2: „More fragments (MF), további töredék



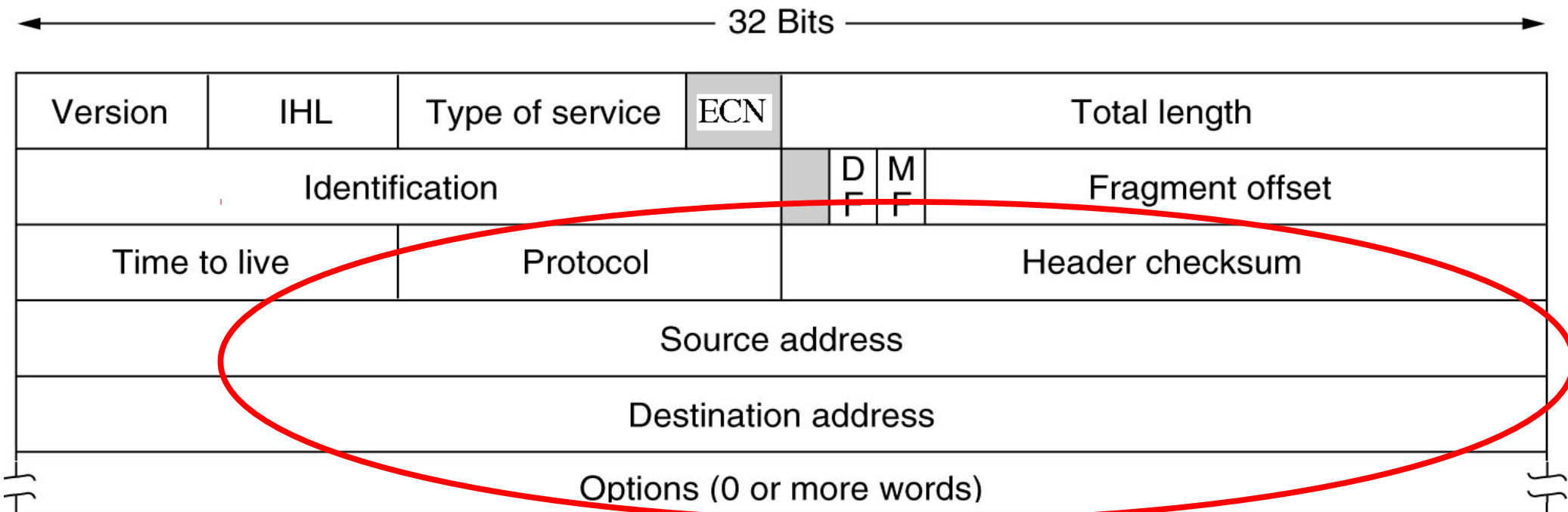
# IPv4: fejrész

- Fragment offset (13 bit): a tördelt csomag melyik byte-jától tartalmazza ez a csomag az adatokat
- Time to live (TTL, 8 bit): minden router eggyel csökkenti, a hurokba került csomagok eldobódnak



# IPv4: fejrész

- Protocol (8 bit): felsőbb protokoll, amelynek a csomag tartalmát át kell adni (TCP, UDP, ICMP..)
- Header checksum (16 bit): fejrész ellenőrzőösszeg
- Forrás és célcím: 32 bites hoszt azonosítók



# IPv4: címzés

- IPv4 cím: 32 bit unsigned integer, 4294967296 ( $2^{32}$ ) darab egyedi azonosító
- De pl. a 2554524783 cím nehezen olvasható
  - decimális jelölés: 2554524783
  - bináris: 10011000 01000010 11110100 01101111
  - „dotted decimal”: 8 bitenként feltörölve négy 1 byte-os számra: 152 . 66 . 244 . 111

152	66	244	111
10011000	01000010	11110100	01101111
2554524783			

# IPv4: alhálózatok

- CIDR (Classless Interdomain Routing): 1993 óta
- IP címek csoportjai **alhálózati prefixbe (subnet)** gyűjthetőek: az alhálózathoz tartozó hosztok
  - a többi IP eszköz számára azonos prefixen „látszanak”
  - így egyetlen routing bejegyzés az összes hosztra
- Az IPv4 cím két részre oszlik:
  - az első X bit az **alhálózat-azonosító**
  - a maradék 32-X bit **hosztazonosító**
  - X-et a **prefix hossz** (pl. /18) vagy a **netmask** (pl. 255.255.192.0) adja meg

# IPv4: klasszikus címosztályok

Név	Tartomány	Maszok/CIDR	Példa
<b>Class A</b>	0*****/8 0.0.0.0/8 – 127.0.0.0/8	255.0.0.0 (/8)	17.0.0.0/8 (Apple Inc.)
<b>Class B</b>	10***** ***/16 128.0.0.0/16 – 191.255.0.0/16	255.255.255.0 (/16)	152.66.0.0/16 (BMENET)
<b>Class C</b>	110***** ***/24 192.0.0.0/24 – 223.255.0.0/24	255.255.255.0 (/24)	192.160.172.0/ 24 (SOTE)
<b>Class D multicast</b>	1110*... 224.0.0.0 – 239.255.255.255	–	224.0.0.5 (All OSPF Routers)
<b>Class E foglalt</b>	1111*... 240.0.0.0 – 255.255.255.255	–	–

- Ma már csak történelmi jelentőségű: pl. a 195.1.0.0/16 papíron Class C, valójában egyben használt (Class B)

# IPv4 alhálózatok: CIDR

- CIDR: bármelyik címosztályban bármekkora (> /24) subnet létrehozható
- Variable Length Subnet Masking (VLSM)

CIDR notation	192.168.192.0/18
Prefix hossza	18 bit (az MSB-től)
bináris	11000000 10101000 11000000 00000000
Subnet mask (bináris)	11111111 11111111 11000000 00000000
Subnet mask (dotted)	255.255.192.0
Egyedi IP címek száma	$2^{32-18}=2^{14}=16384$ (valójában 2-vel kevesebb, a tartomány első és az utolsó IP címe nem használt)
Első IP cím	192.168.192.1
bináris	11000000 10101000 11000000 00000001
Utolsó IP cím	192.168.255.254
bináris	11000000 10101000 11111111 11111110



# IPv4 alhálózatok: maszkolás

- Például a 192.168.199.100 cím beletartozik a 192.168.192.0/18 alhálózatba?

A keresett alhálózat	192.168.192.0/18
Bináris	11000000 10101000 11000000 00000000
Hálózatazonosító 18 bit az MSB-től	11000000 10101000 11
Az IP cím	192.168.199.100
Bináris	11000000 10101000 11000111 01100100
Első 18 bit megegyezik a hálózatazonosítóval	11000000 10101000 11

- A hálózatazonosítók (első 18 bit = **prefix**) megegyeznek: a cím része az alhálózatnak
- Nem is mindig olyan egyszerű!

# IPv4 forgalomtovábbítás

- An IP-ben a forgalomtovábbítást végző eszközök neve: **router**
  - alhálózatok közötti kommunikáció: interfészenként más alhálózat, (általában) egyedi IP cím
  - a **forgalomtovábbítási tábla** = FIB (Forwarding Information Base) alapján továbbítja a csomagokat
  - FIB karbantartása: statikusan konfigurálva vagy opcionálisan routing protokoll(ok)
  - egyéb szolgáltatások: management (SNMP, CLI), monitoring (SNMP), egyéb protokollok (IGMP, CDP), access control, NAT, stb.

# IPv4 routing

- 1) A routing protokollok (routerenként több is futhat, pl. OSPF + BGP) segítségével a routerek topológia-leíró adatokat cserélnek egymás közt
- 2) A routereken az egyes routing protokollok kitöltik a saját **routing táblájukat** (RIB, Routing Information Base)
- 3) A router a RIB-ekben található bejegyzésekből egy „legjobb” utat választ minden alhálózathoz
- 4) A bejegyzéseket letölti a FIB-be: (prefix, prefix-hossz, **next-hop** IP és **next-hop** link-layer cím)

# IPv4 forgalomtovábbítás

- 1) Minden beérkező csomag számára (egyenként!) kikeresi a „legjobb” bejegyzést a FIB-ben a csomag IPv4 fejrészében levő célcím alapján
  - legjobb bejegyzés: **legspezifikusabb bejegyzés**
- 2) Kezeli a csomagot (TTL-t csökkenti, stb.)
- 3) A csomagot továbbítja a FIB-ben talált bejegyzésben tárolt next-hop számára
  - **Hop-by-hop routing:** minden router csak a következő állomást határozza meg, nem az egész utat a célig!

# Némi terminológia

- **Routing  $\neq$  Forwarding** (útvonalválasztás  $\neq$  csomagtovábbítás)
  - **forwarding:** csomag eljuttatása a következő hopra
  - **routing:** a továbbítási út meghatározása és a next-hop-ok megtalálása (a FIB kitöltése!)
- routing adatbázisa: RIB = „routing tábla”???
- továbbítás adatbázisa: FIB = „routing tábla”???
- a RIB-ek összefésülése
- ez alapján továbbítódnak a csomagok!

# Legspecifikusabb bejegyzés

- Ha egy célcímre több bejegyzés is illeszkedik
- A legspecifikusabb bejegyzés preferált
  - a legtöbb biten illeszkedő prefix (MSB-től számítva)
- **Longest Prefix Match (LPM):** az IP routing kulcsa!
  - számtalan hasznos funkció megvalósítható vele
  - ugyanakkor nehezíti a csomagtovábbítást (a FIB-ben való keresés komplexitása miatt)

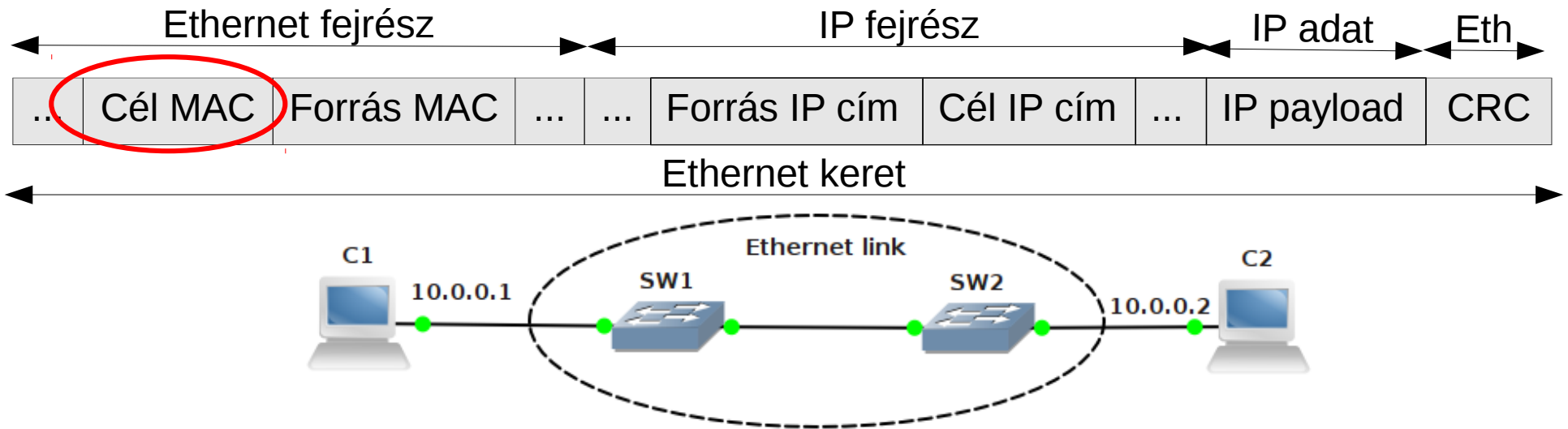
# LPM: példa

Egy router FIB-jének részlete		
IP prefix/prefix hossz	A prefix binárisan	Next-hop IP címe
192.168.0.0/16	11000000 10101000	10.0.0.1
192.168.0.0/17	11000000 10101000 0	10.0.0.2
192.168.64.0/18	11000000 10101000 01	10.0.0.3
192.168.96.0/19	11000000 10101000 011	10.0.0.4

- A 192.168.1.1=x.x.00000001.000000001 címre az első két bejegyzés illik, a 3. és 4. a pirossal jelzett pozíciókban eltér: a 2. preferált
- A 192.168.95.2=x.x.01011111.000000010 címre a 3. bejegyzés, a 192.168.97.3=x.x.01100001.000000011 címre a 4. a LPM

# IP over Ethernet

- Az IP legtöbbször Ethernet link layer felett fut



- A C1 és C2 hosztok IP szinten szomszédok
- C1 lekérdezi a linken a 10.0.0.2 címhez tartozó Ethernet MAC címet: **Address Resolution Protocol (ARP)**

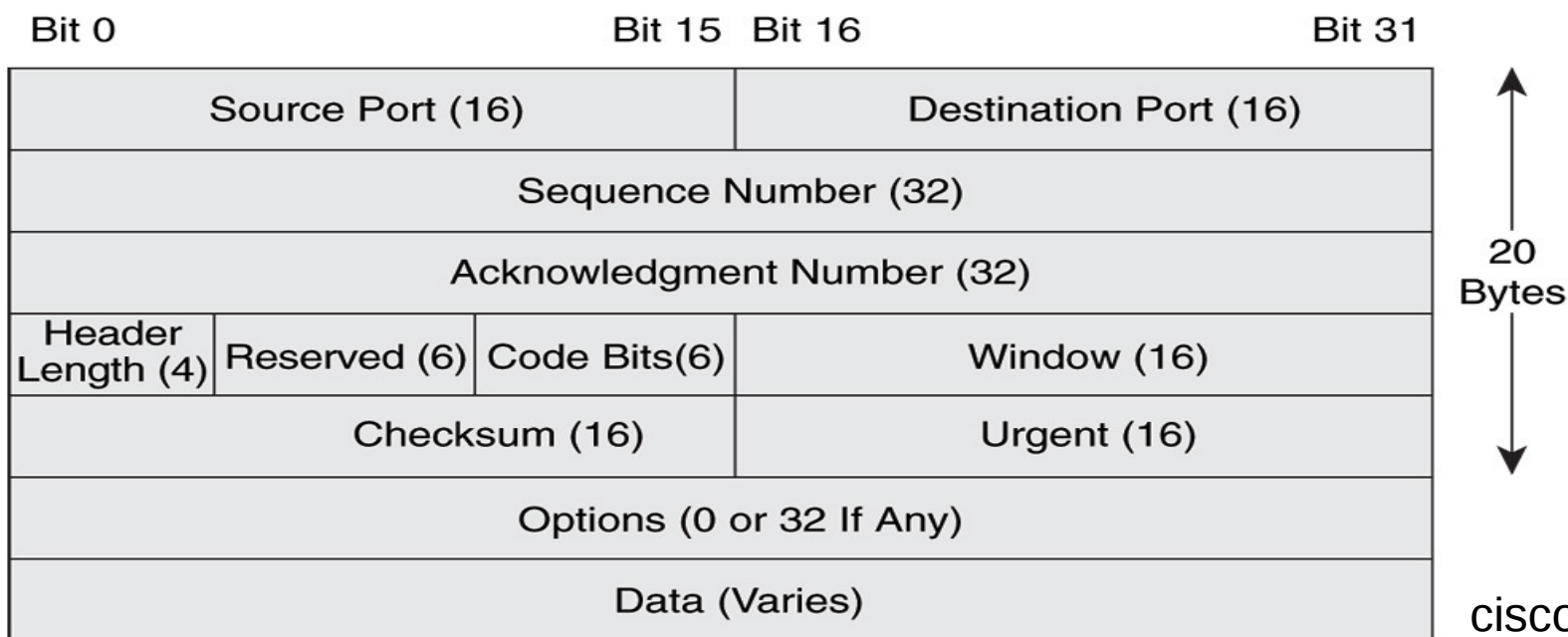


# Szállítási réteg

- Felhasználók/applikációk közötti adatátvitel
- Egyes applikációk címezhetők (UDP/TCP port)
- A TCP/IP-ben alapvetően két protokoll
- **Transmission Control Protocol (TCP):**  
összeköttetés alapú megbízható adatfolyam szolgáltatás két hoszt meghatározott TCP portjai között
- **User Datagram Protocol (UDP):**  
összeköttetésmentes, nem megbízható datagram szolgáltatás UDP portok között

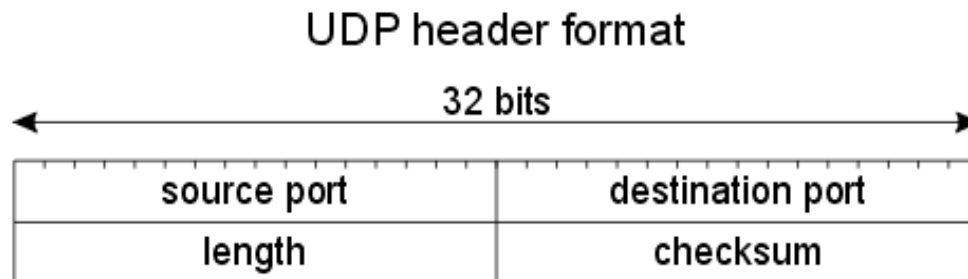
# Transmission Control Protocol

- Összeköttetés alapú megbízható adatfolyam
  - sorrendhelyes, csomagvesztés- és hibavédett
  - folyamszabályozás (a vevő elárasztása miatt)
  - torlódásvezérlés (hálózati torlódás elkerülése)
  - több viszony multiplexálása



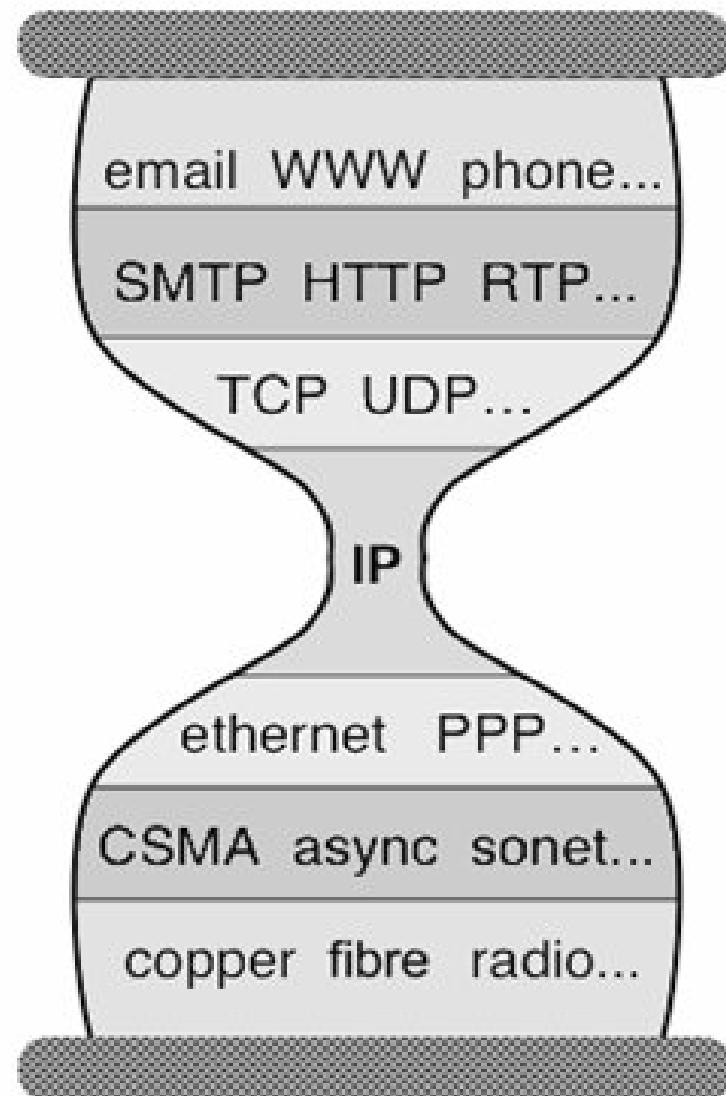
# User Datagram Protocol

- Összeköttetésmentes datagram szolgáltatás
  - átviteli hiba ellen védett (CRC)
  - de nem megbízható (csomagvesztés), nem sorrendhelyes, nem véd csomagduplikálás ellen
  - nincs összeköttetésvezérlés (handshake, etc.)



# IP „homokóra” modell

- IP: a legnagyobb közös osztó
  - minden csomag „áthalad” az IP rétegen
  - minden hoszt érti: igazi „internetworking”
- De pont ezért szinte lehetetlen megváltoztatni
  - IP multicast, IPv6,...
  - „internet ossification”



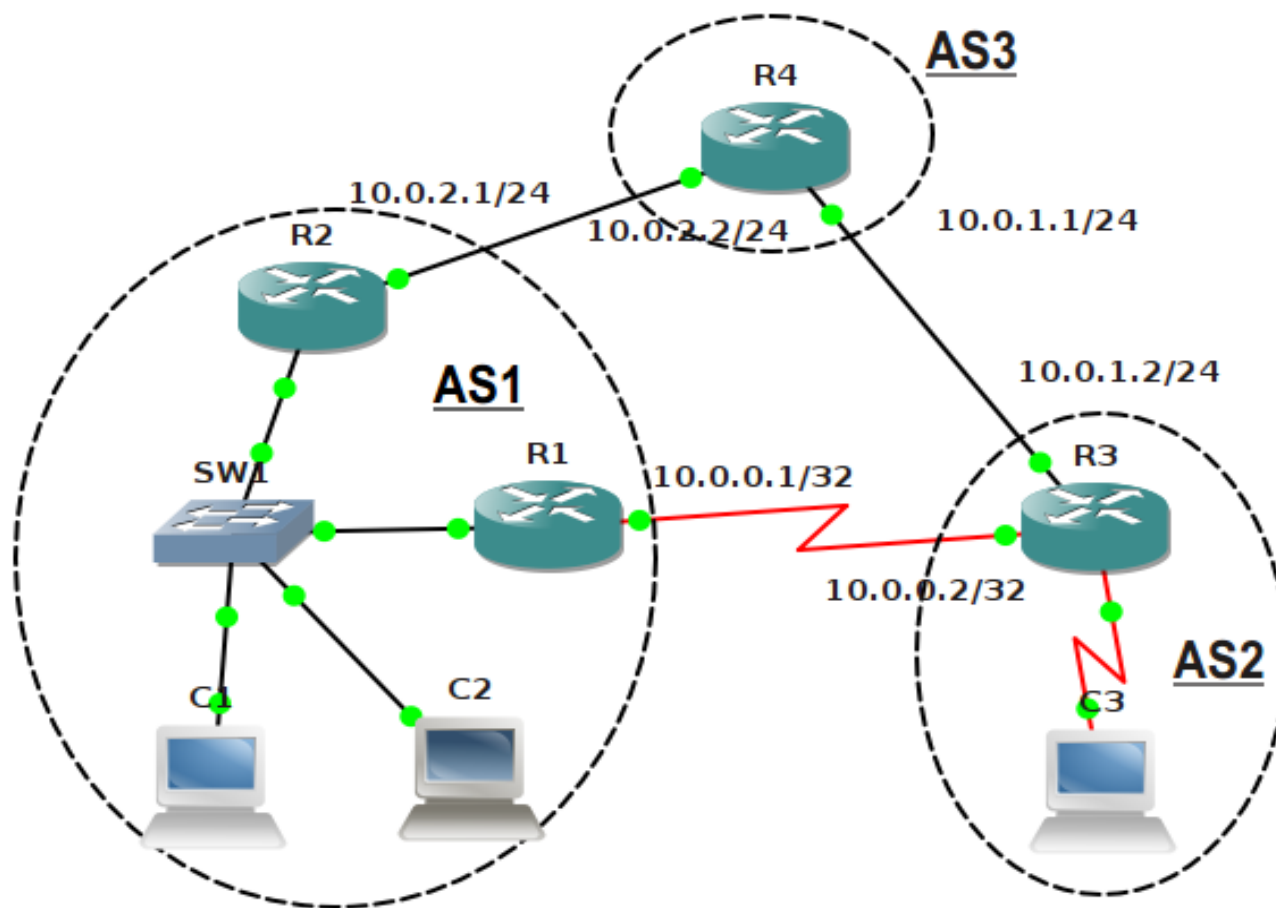
# Architektúra

# Automóm rendszerek

- Az internet szolgáltatók, egyetemek, cégek, telco-k hálózatait köti egységes rendszerbe
- Mindegyik résztvevő a saját hálózatát egyedileg, a többtől autonóm menedzseli
- **Automóm rendszer (Autonomous System, AS):** hosztok/routerek/hálózatok összessége, melyet valamely szervezet egységesen adminisztrál és amely egységes útválasztási policy-t mutat az internet felé
- Egyedi 32 bites AS azonosítóval van ellátva

# Automóm rendszerek

- AS1 tartalmazza R1 és R2 routereket, SW1 switch-et, és C1 és C2 hosztokat



# Automóm rendszerek

- **ISP (Internet Service Provider):** Magyar Telekom (AS5483), Telenor Hungary (AS8448)
- **Campus:** BME (AS2547), Harvard (AS11), MIT (AS3), UC San Diego (AS7377)
- **Enterprise:** IBM (AS547, AS763, stb., de övék a 9.0.0.0/8 Class A cím is!), Apple (AS714)
- **Globális szolgáltató:** Sprint (AS1239, AS1240, AS6211, AS6242, ...), Cogent (AS174, AS2149, AS6494), TeliaSonera (AS1759)
- Egy ISP-nek több AS száma is lehet!

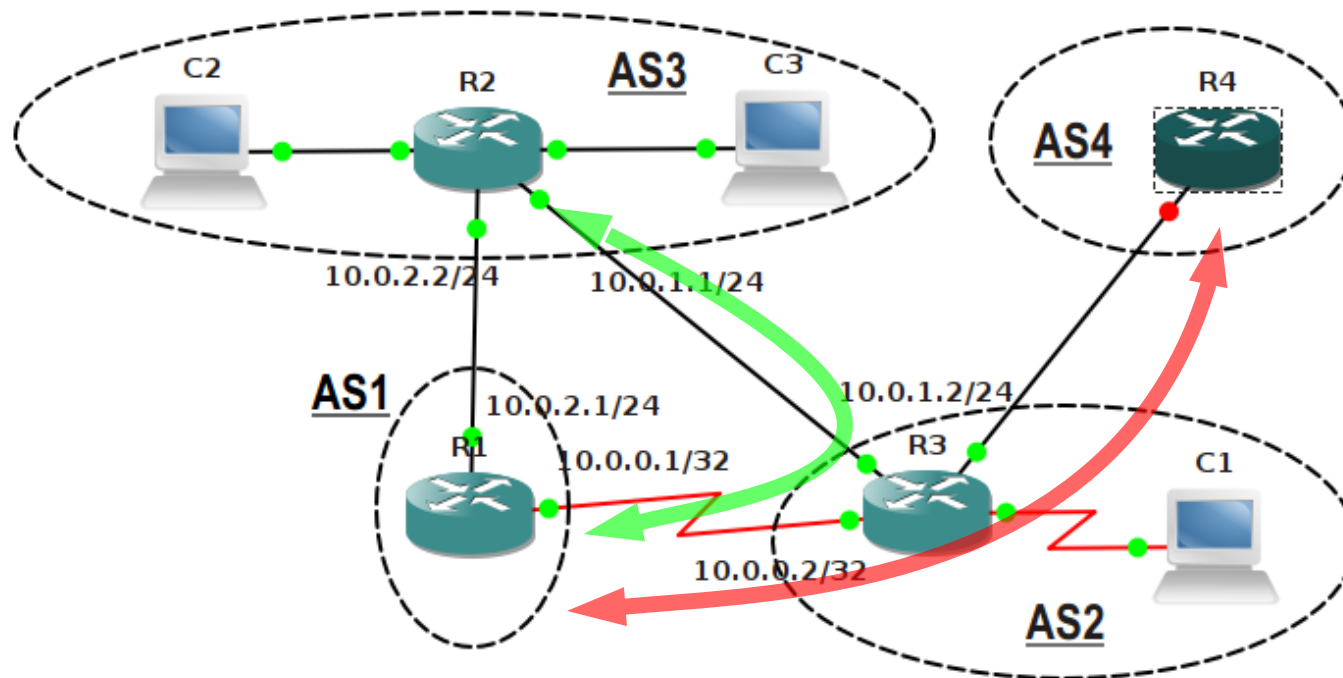


# Útválasztás AS-ben és AS-ek közt

- AS útvonalválasztási szempontból egységes, a többi AS-re AS-enként külön policy
  - milyen forgalmakat enged át a hálózatán
- Ez a routing protokollon keresztül valósul meg
  - milyen útvonalakat exportál és importál
- AS-en belüli útválasztás (intra-domain routing):
  - **Interior-Gateway Protocol (IGP):** OSPF, RIP
- AS-ek közti útválasztás (inter-domain routing):
  - **Exterior Gateway Protocol (EGP):** BGP

# AS: útválasztási stratégiák

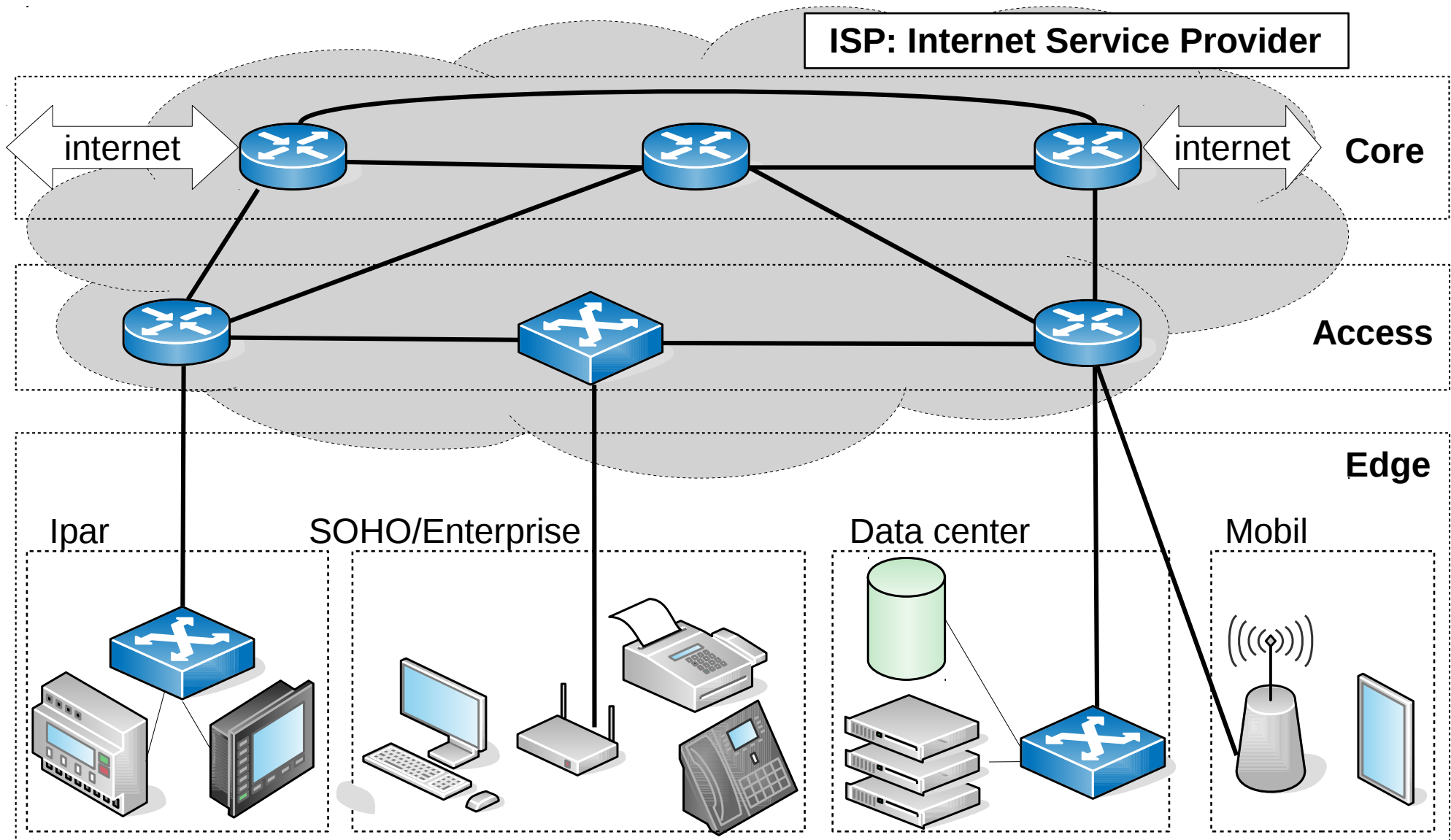
- Példa: AS2 továbbítja az AS1–AS3 forgalmat, de blokkolja AS1–AS4 átmenő forgalmát
- **Egységes policy:** AS3 minden hosztjának forgalmát (C2, C3) átviszi AS1-be és viszont



# AS-ek típusai

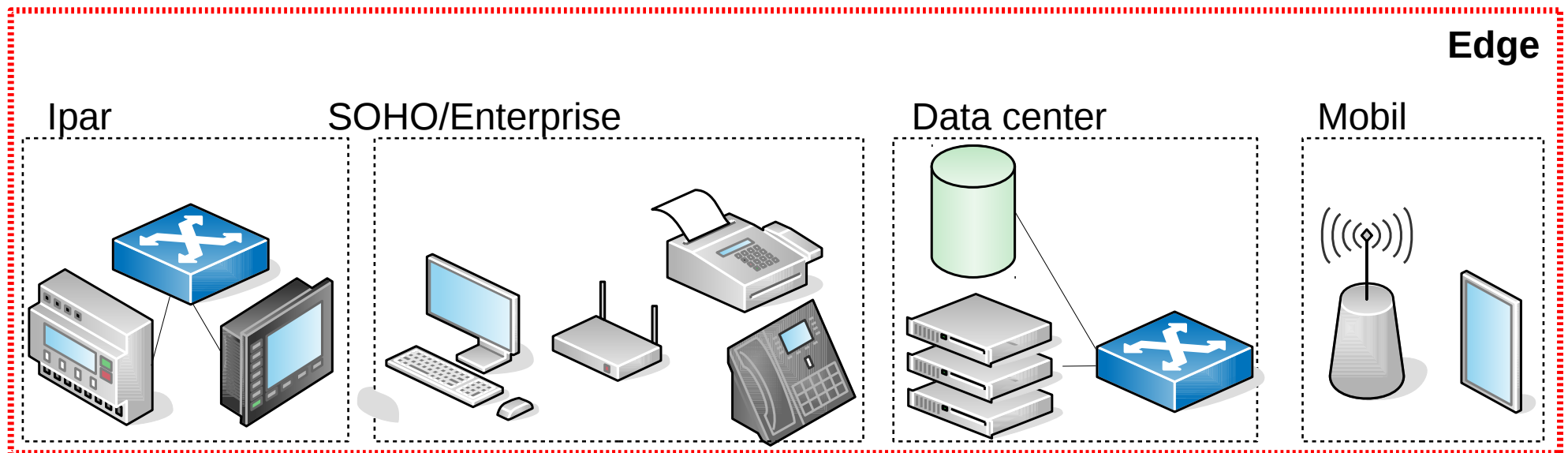
- **Content AS:** tartalomszolgáltató AS
  - kimenő forgalom domináns
  - Youtube, Netflix, HULU
- **eyeball AS:** a tartalomfogyasztás domináns
  - nagy előfizetői bázist kiszolgáló ISP-k
  - nagy bemenő forgalom, kis késleltetés a content felé!
- **Transit AS:** globális adatátvitel (Cogent, Level3)
- **CDN (Content Delivery Network):** Akamai
  - content + global transit

# Egy alternatív felosztás: Edge/Access/Core



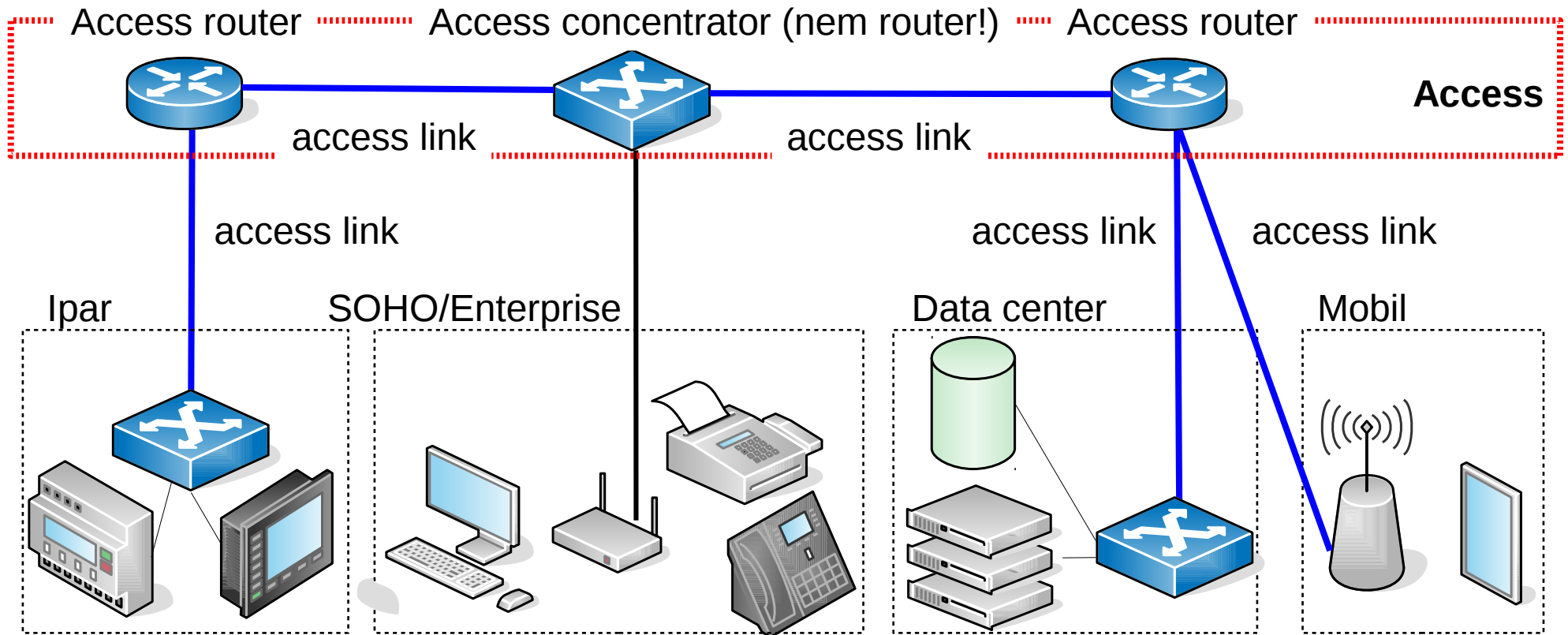
# Edge

- Végberendezések, hosztok: desktop, laptop, mobil, PDA, tablet
- Egyéni előfizetők, **SOHO** (Small Office/Home Office), mobile, data center, ipari rendszerek
- Lokális hálózatok, egy szolgáltatóhoz bekötve



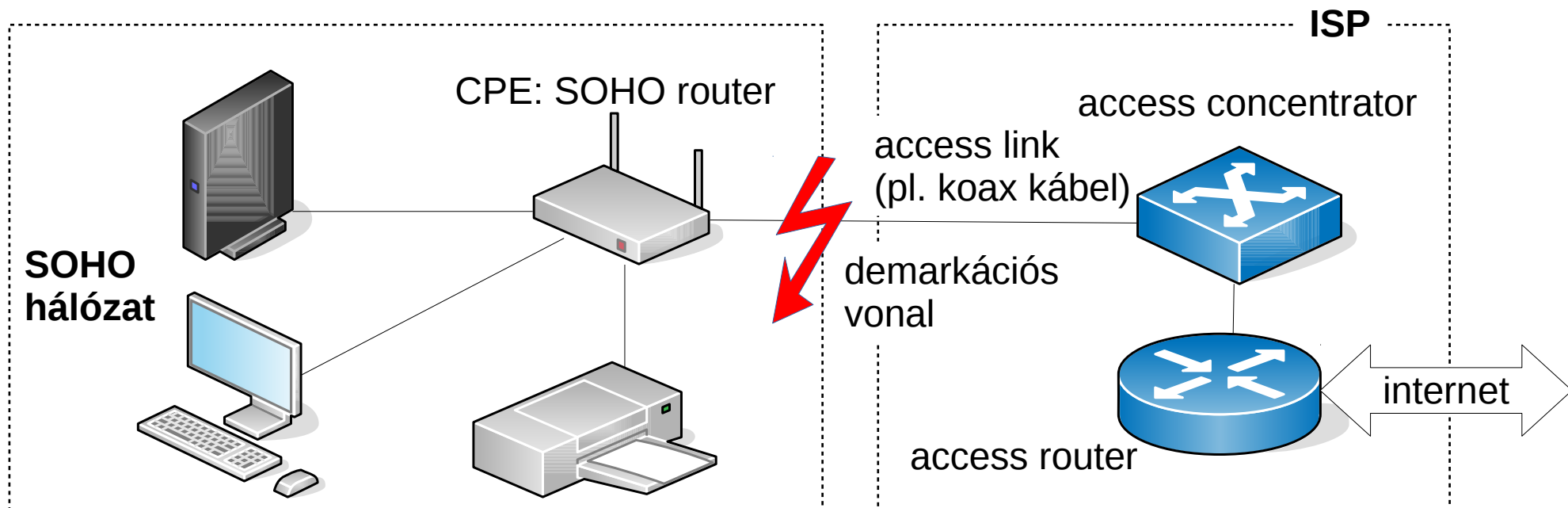
# Access

- Edge forgalmának koncentrációja a core felé
- **Access router:** első szolgáltatói router az úton
- **Access link:** átviteli médium az access routerig



# Internet access

- **CPE** (Customer-premises Equipment): az előfizetőnél elhelyezett terminál, amely a szolgáltatóhoz van bekötve
- **Demarkációs vonal:** a szolgáltató és az előfizető hálózata közötti határvonal



# Előfizetői/SOHO access

- Dial-up: telefonos betárcsázás
  - CPE: analóg modem
  - access link: telefonvonal
  - ISP/telco access: POTS előfizetői kártya
- DSL (Digital Subscriber Line): ADSL/VDSL
  - CPE: DSL modem
  - access link: telefonvonal, sodort érpár
  - ISP/telco access: DSLAM (Digital Subscriber Line Multiplexer)

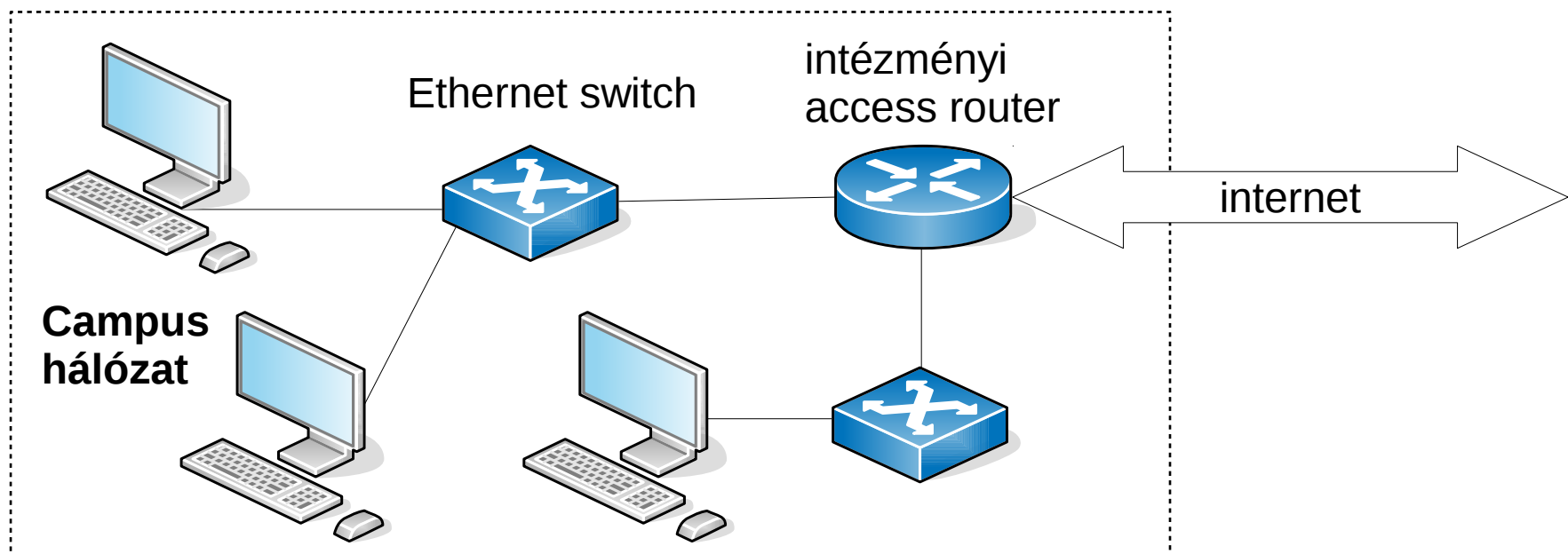


# Előfizetői/SOHO access

- Kábel(TV):
  - CPE: kábelmodem
  - link: koax vagy HFC (Hybrid Fiber Coax)
  - ISP/telco access: cable headend
- FTTx (Fiber-to-the-X): access üvegszálon
  - FTTH (Fiber-to-the-Home): üvegszál CPE-ig
  - FTTP (Fiber-to-the-Premises): üvegszál az épületig, onnan belső hozzáférési hálózat
  - technológia: PON (Passive Optical Network)

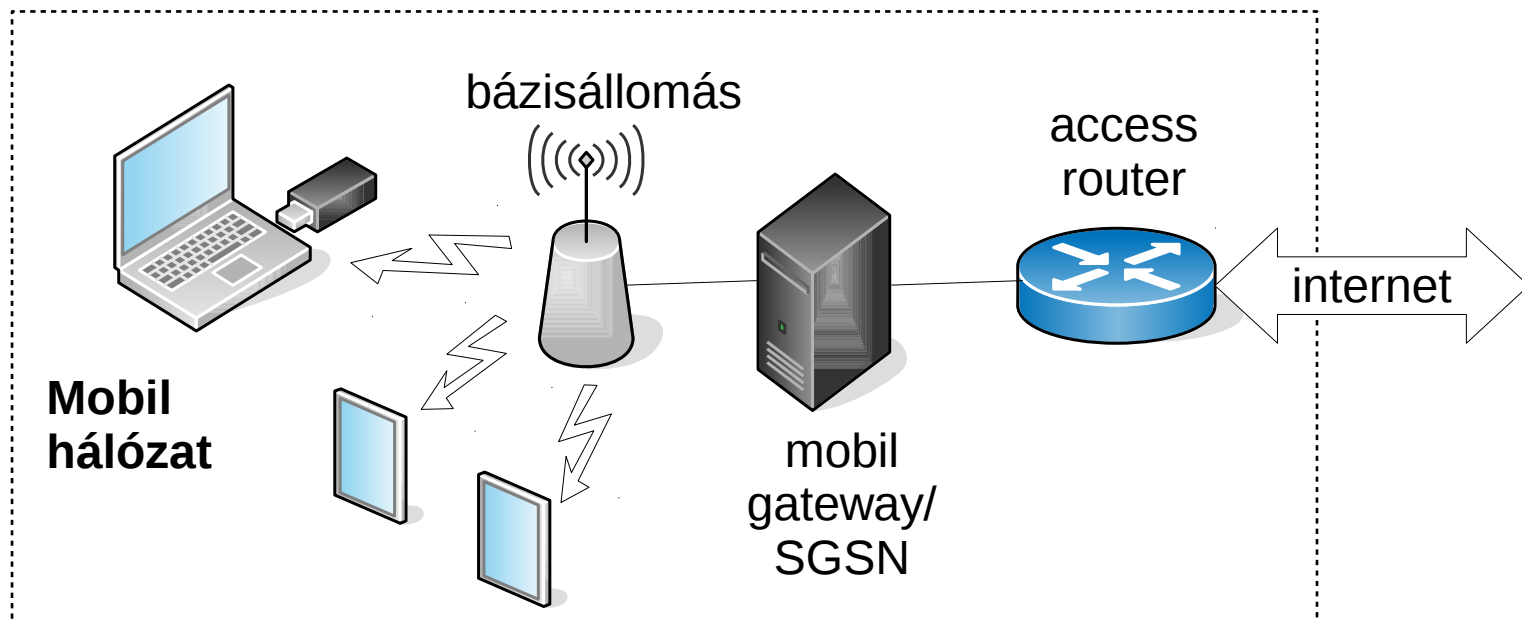
# Enterprise/campus access

- **Enterprise:** kereskedelmi egység, cég, multi...
- **Campus:** több épületből álló intézmény, tipikusan oktatási, kormányzati, hadsereg
- Egy egyetemi Ethernet hozzáférési hálózat



# Mobil access (2G, 3G, 4G, WiMAX)

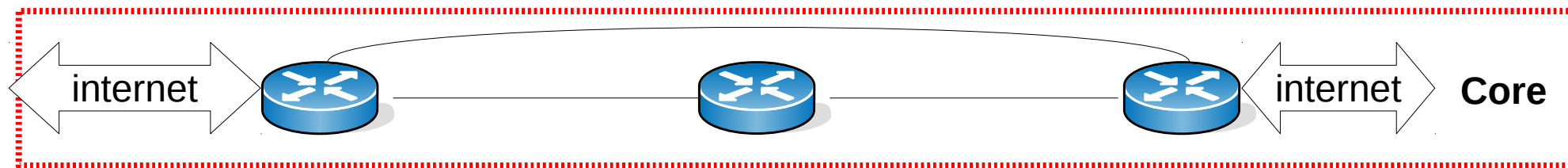
- Internet access celluláris mobilhálózaton
- 2.5G: General Packet Radio Service (GPRS) csomagkapcsolás mobilhálózatokban
- Később: EDGE, UMTS, 4G, stb.



# Az internet gerinchálózata: Core

- Az access koncentrálja az internet edge forgalmát és bevezeti az internet core-ba
- AS-en belül: nagy sebességű, de „buta” routerek sűrűn összekapcsolt (mesh) hálózatban
- AS-ek között: „okos” routerek a forgalom kicserélésére
- Az internet legizgalmasabb része: fő témánk

Cisco CRS-1  
wikipedia



# Tipikus AS: az ISP

- **Internet Service Provider:** internetszolgáltató
  - fő profil: kétirányú hozzáférést szolgáltat az előfizető és az internet között
  - egyéb szolgáltatások: DNS regisztráció, email, tárhely, server colocation,...
- Az ISP hálózatok egy vagy több POP-ból állnak
- **POP (Point of Presence):** valamely fizikai lokáción elhelyezett szerverek, switchek, access concentratorok, stb. összessége

# Példa: egy globális ISP

