

Az internet ökoszisztémája és evolúciója

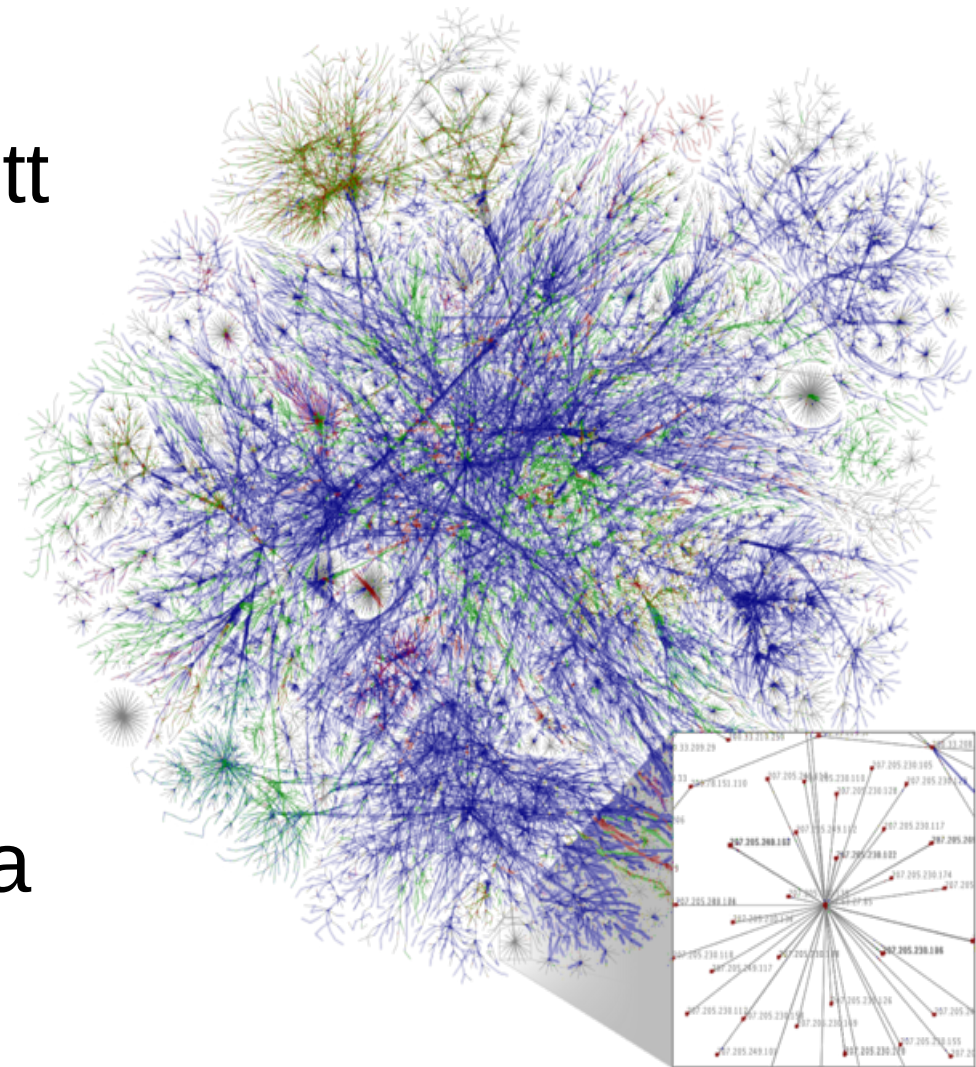
Tartalom

- Internet: rendszer szintű anomáliák és háttér
- Rendszerelmélet
- A TCP/IP protokollok
- Az internet architektúrája
 - autonóm rendszerek (AS) és szolgáltatók
 - content/eyeball/tranzit AS
 - access/edge/core AS

Rendszerszintű anomáliák

Az internet: „hálózatok hálózata”

- 50 ezer szolgáltató
- 10 milliárd csatlakoztatott eszköz
- 3.5 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 Airways**

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

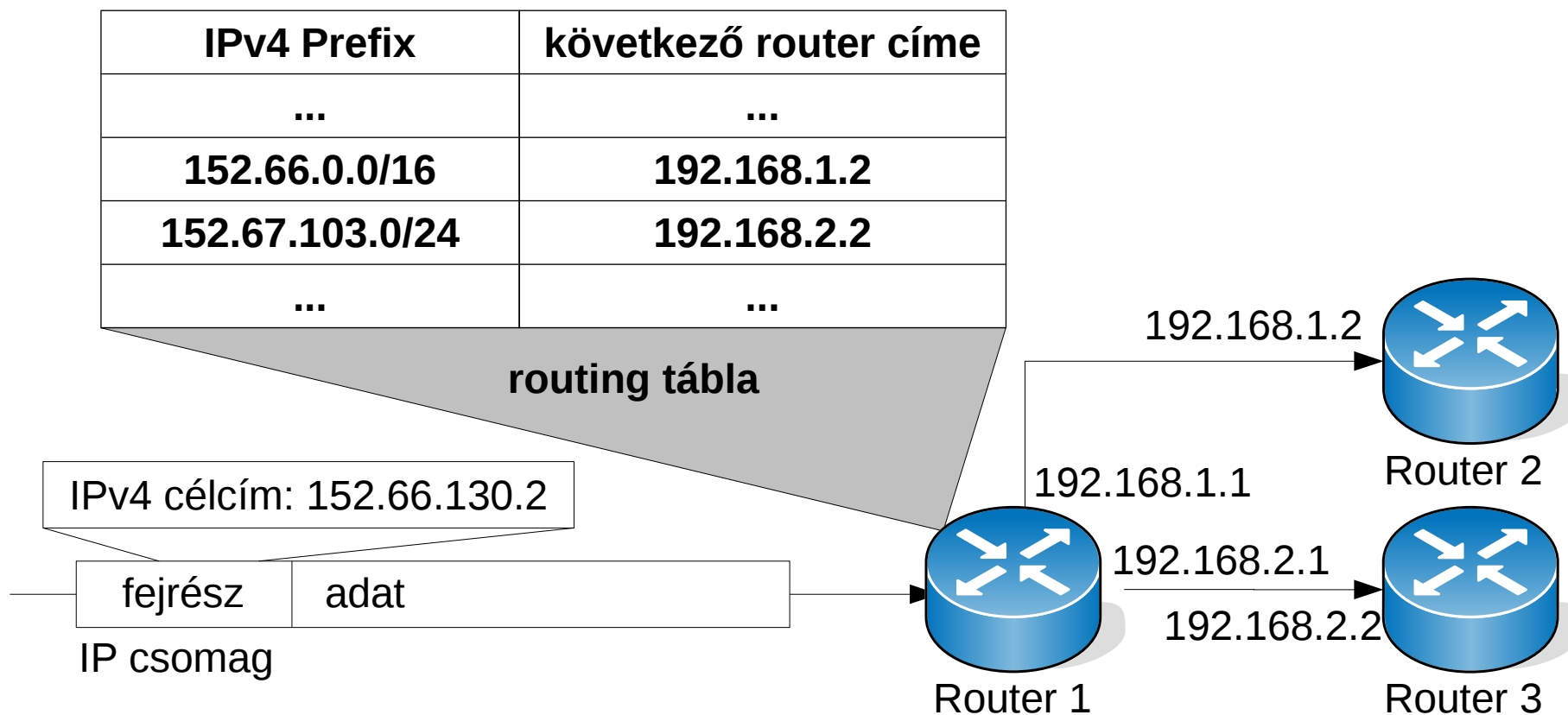
reddit **SYSADMIN** **comment**

↑ 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

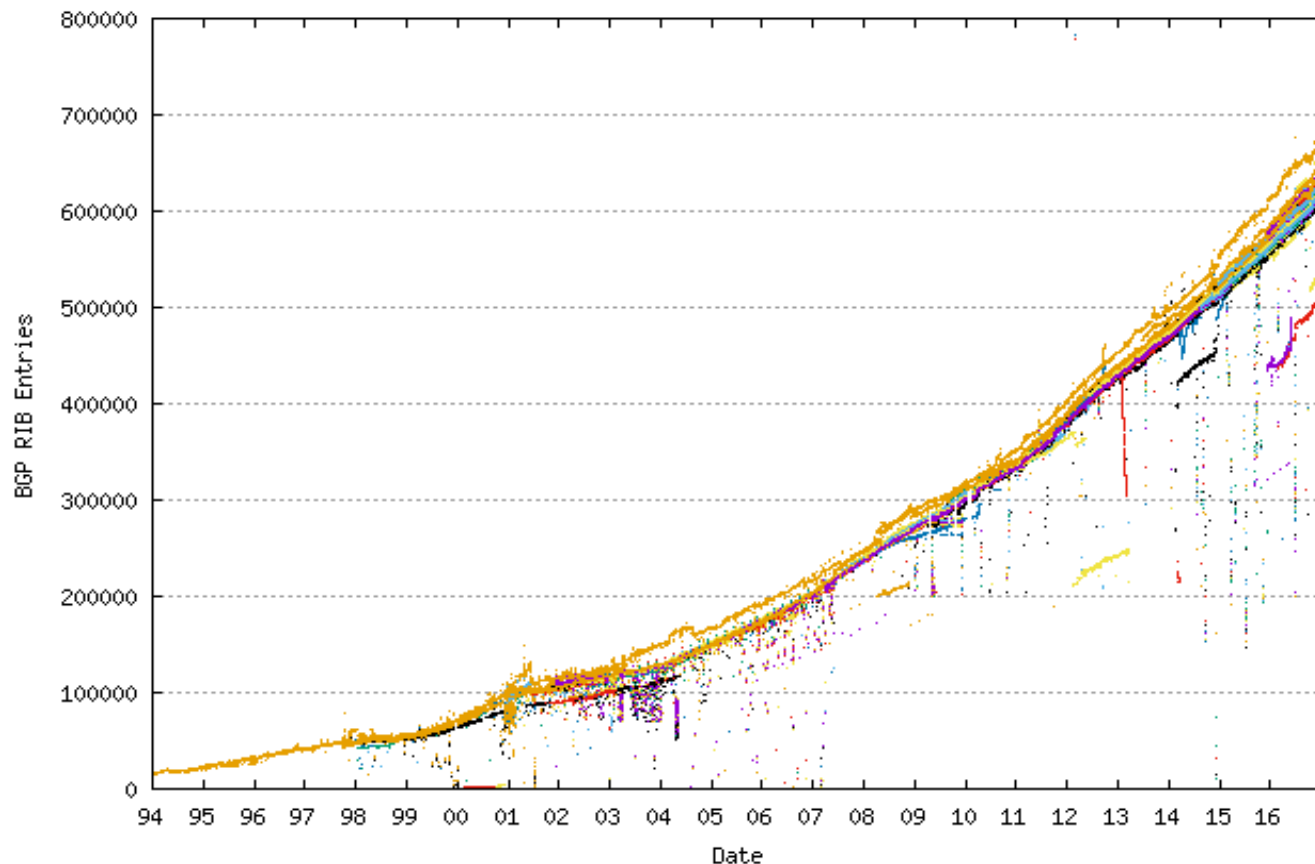
Internet forgalomtovábbítás

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



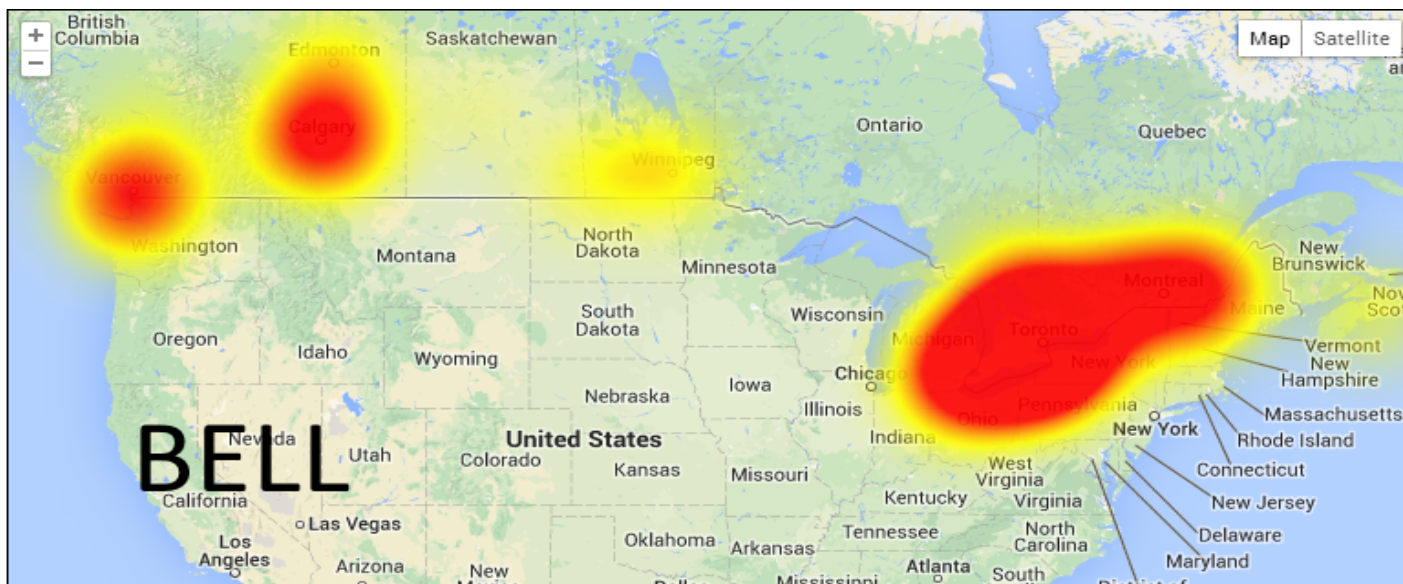
A routing táblák növekedése

- 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 512k fölé nőtt
- Egyes régebbi routerekben 512k méretkorlát
- A kieső bejegyzésekre érkező csomagok eldobódnak („*ICMP Destination Unreachable*”)



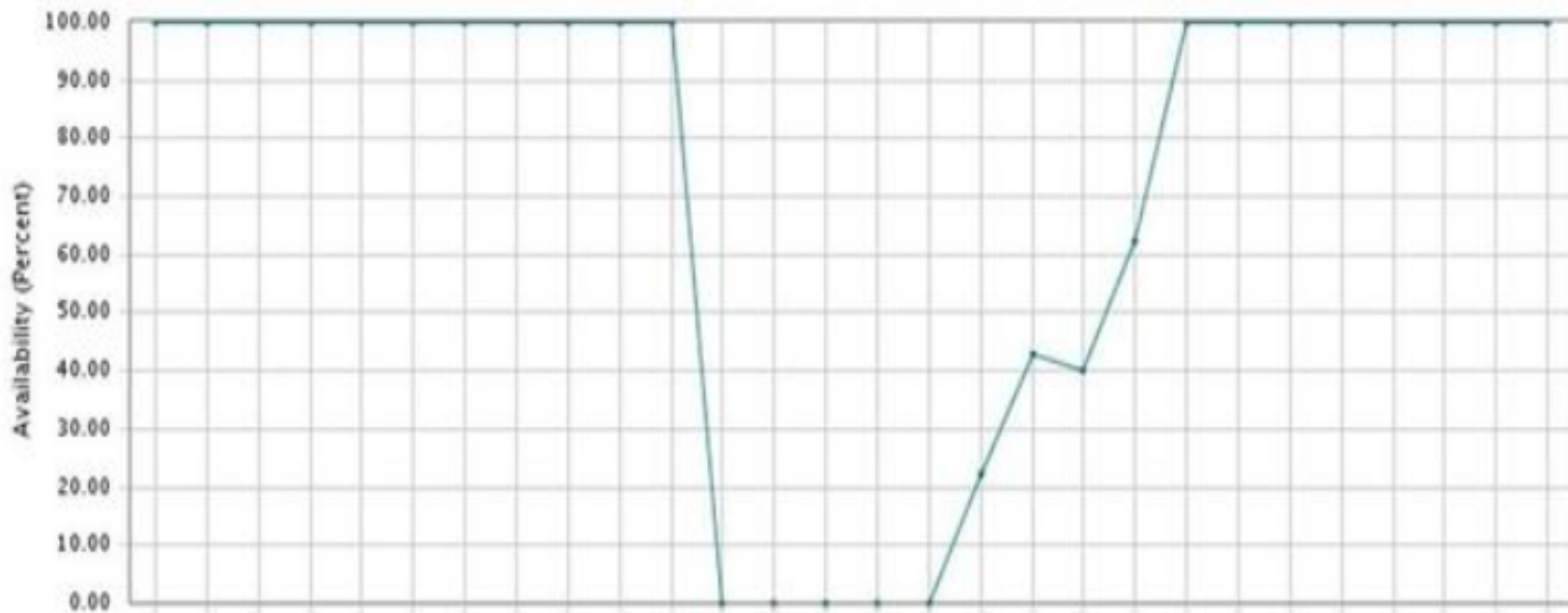
Megoldások

- 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!

WIRED

GEAR SCIENCE ENTERTAINMENT BUSINESS SECURITY

WIRED

THREAT LEVEL

ews

Video

THREAT

c|net

Pakis
Re-R

BY RYAN SIN

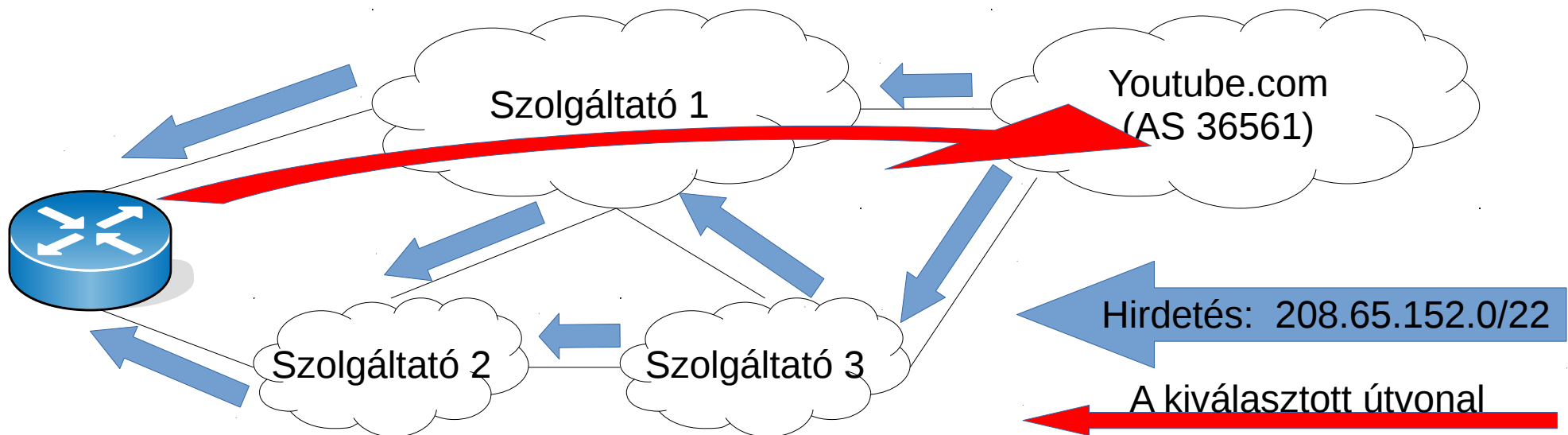
Hacker Redirects Traffic From 19
Internet Providers to Steal Bitcoins

Tube

**How Pakistan
offline (and how to make sure it
never happens again)**

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

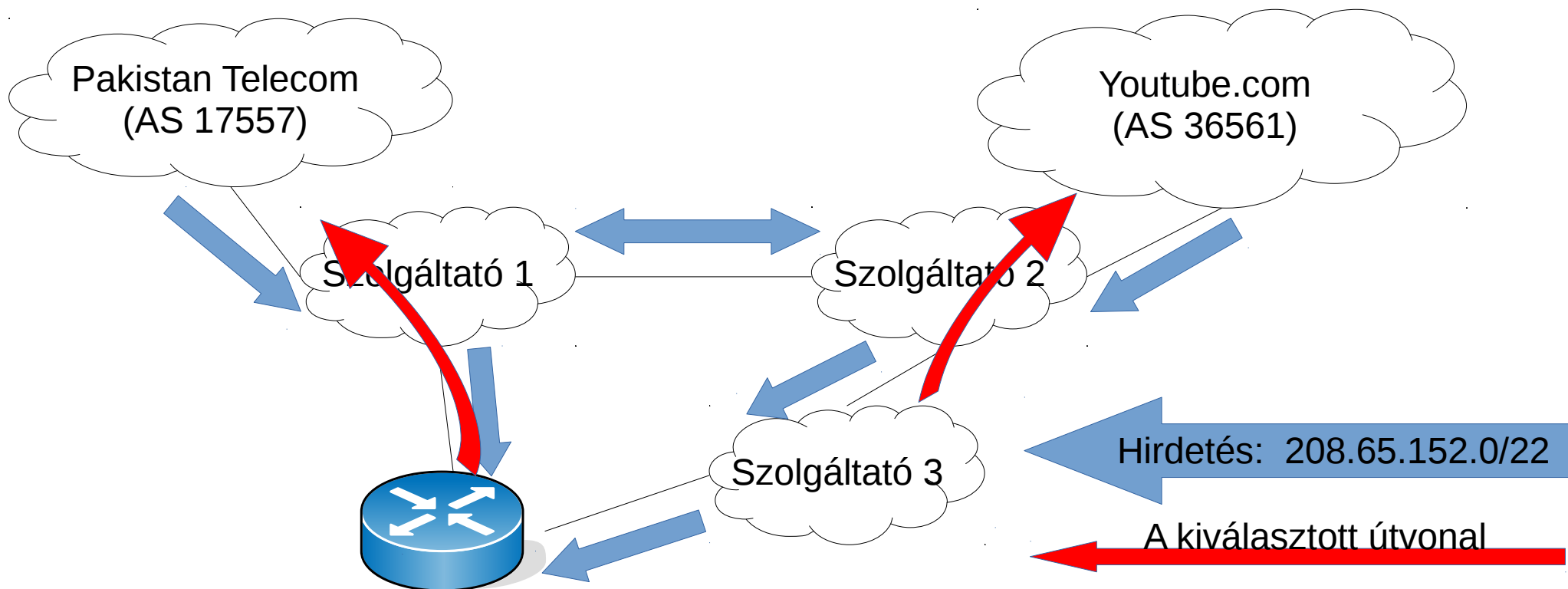


Youtube prefix hijacking

- 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



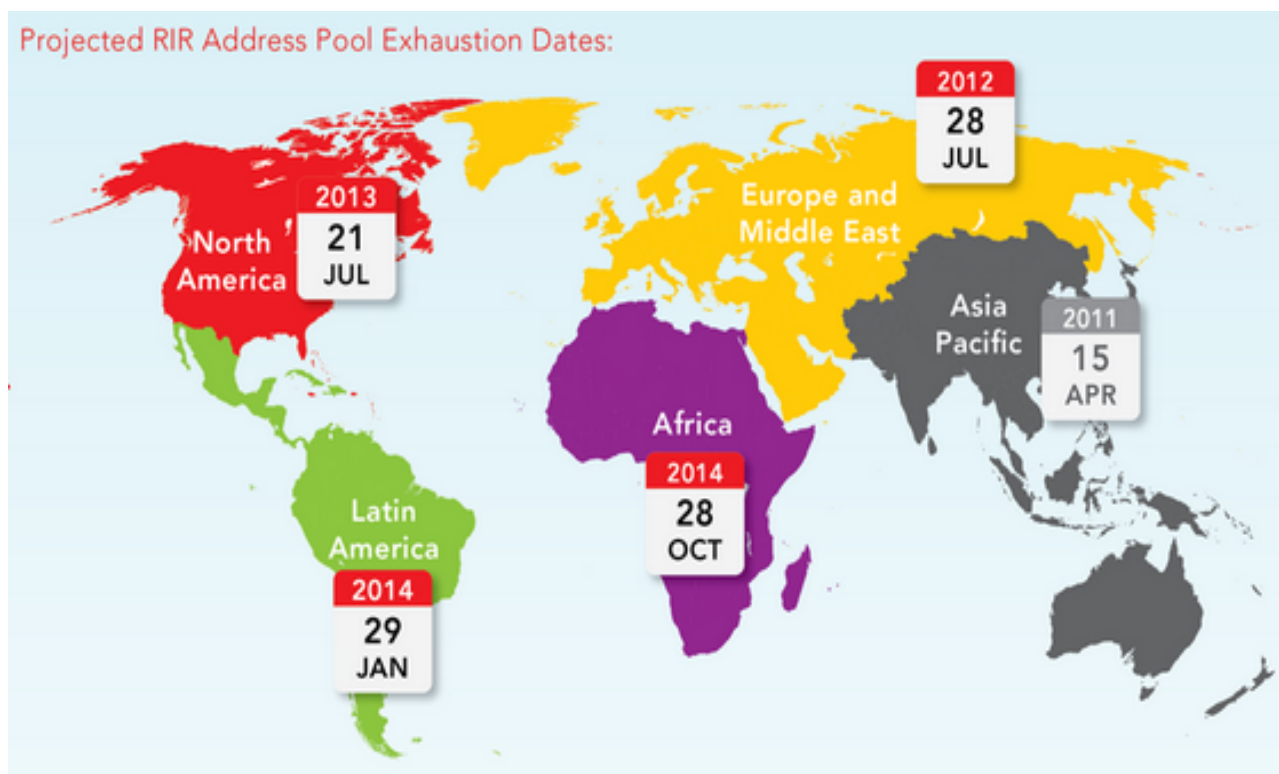
Prefix hijacking

- 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 megintcsak, 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

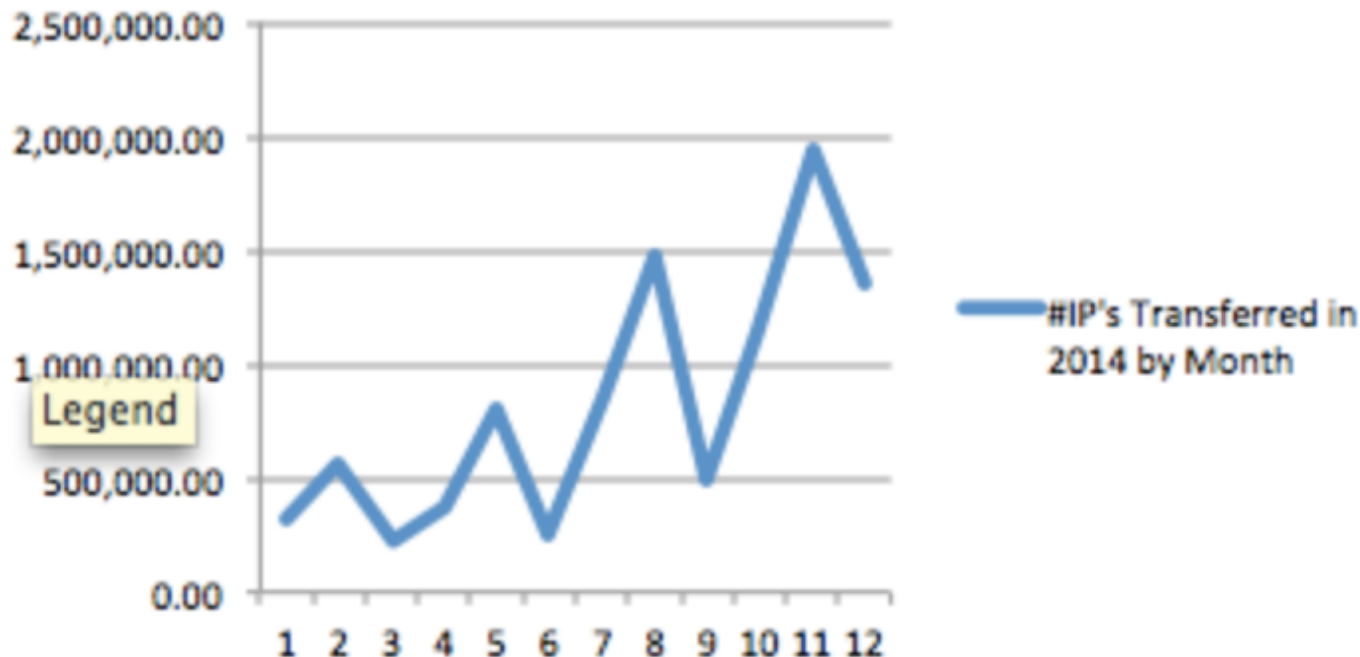
FORUMS WEEKEND EDITION

**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
- Jelenleg mégis alig 5% 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...
 - „Hogy 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?

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

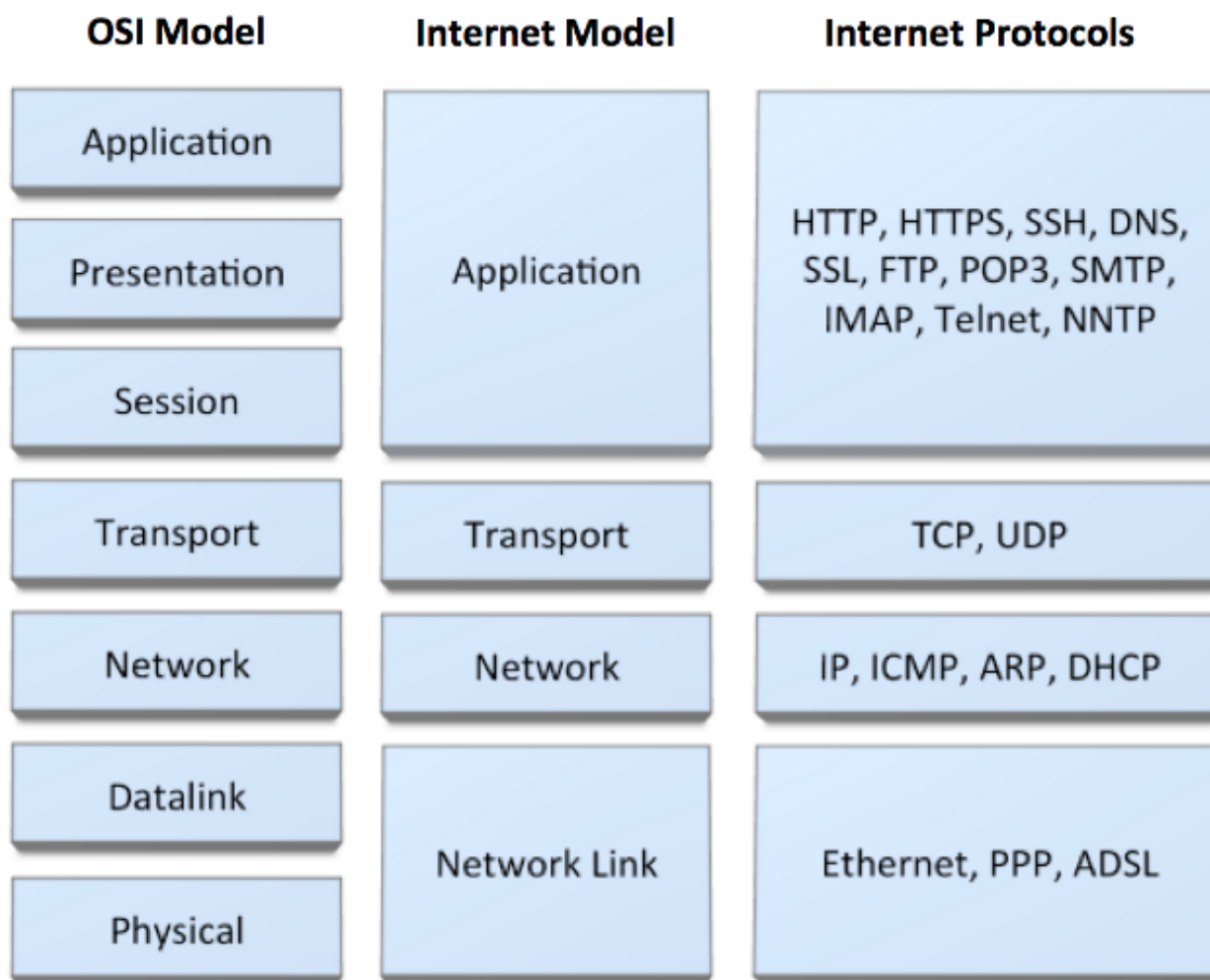
A TCP/IP protokollok

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

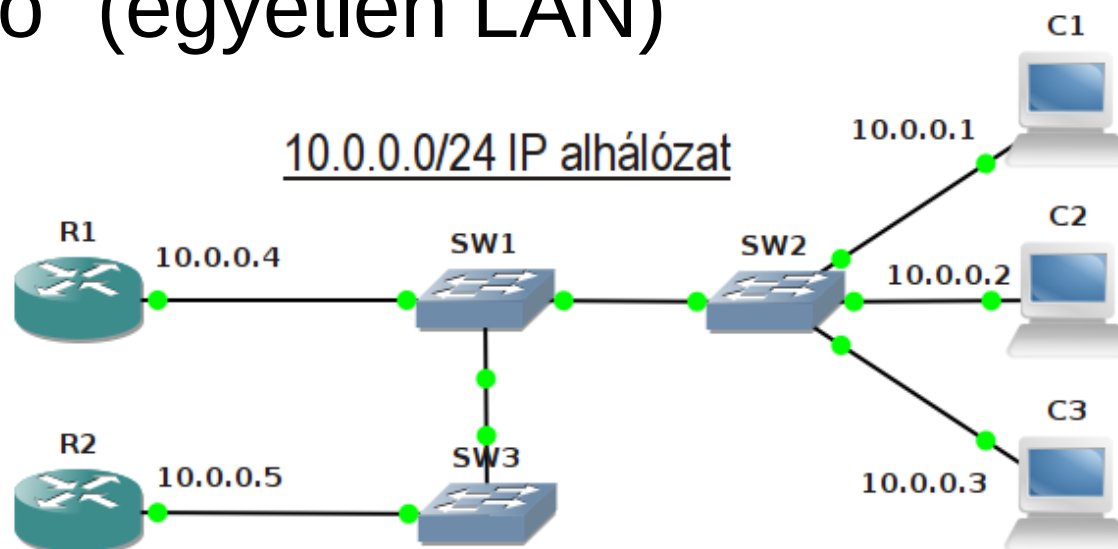
Keret-határoló (8 byte)	Cél MAC cím (6 byte)	Forrás MAC cím (6 byte)	Típus/hossz (2 byte)	Adatok (46-1500 byte)	Padding	Ellenőrző kód (CRC) (4 byte)
----------------------------	-------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------------	---------	---------------------------------

Ethernet keret



Adatkapcsolati réteg: az Ethernet

- Az SW1, SW2, és SW3 switch-ek Ethernet interfészek 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 a szállítási réteg számára**
 - **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” (?)

Összeköttetés alapú vs. összeköttetésmentes protokollok

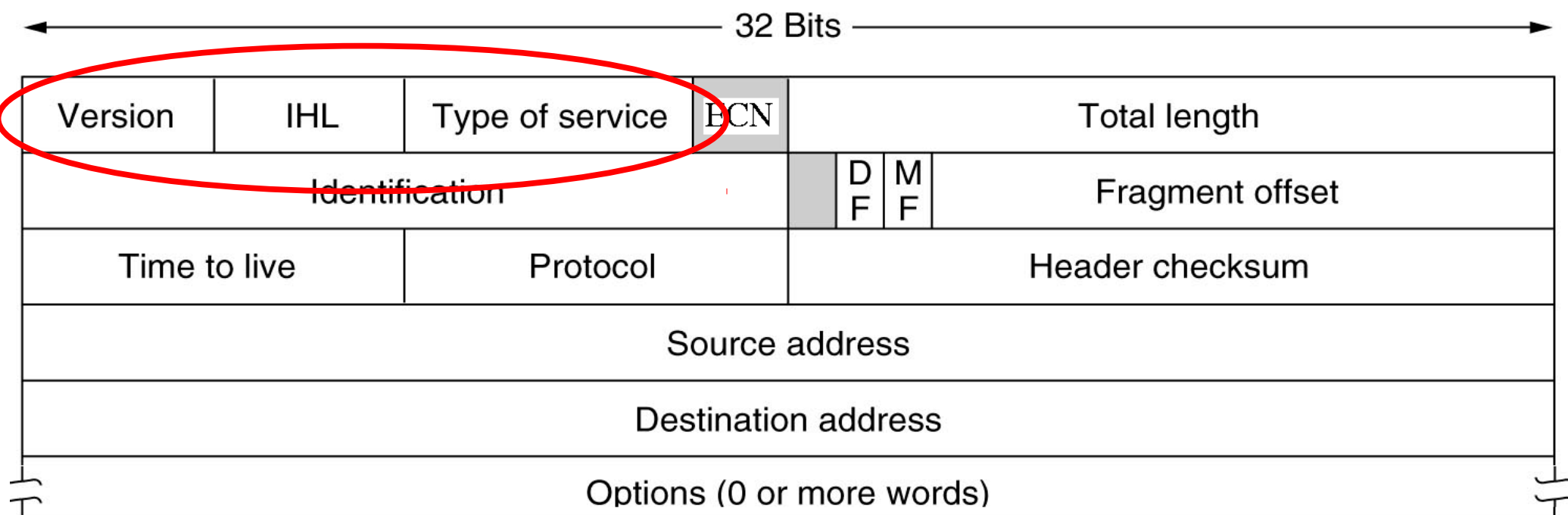
	Összeköttetésmentes	Összeköttetés alapú
Áramkörök felépítése	Nincs	Kommunikáció előtt mindig
Címzés	Minden csomag tartalmazza a teljes forrás- és célcímet	Minden csomagban virtuális áramkör azonosító, rövidebb, mint a cím
Csomagtovábbítás	Statikus vagy dinamikus routing	(Circuit-)switching
Állapotinformáció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

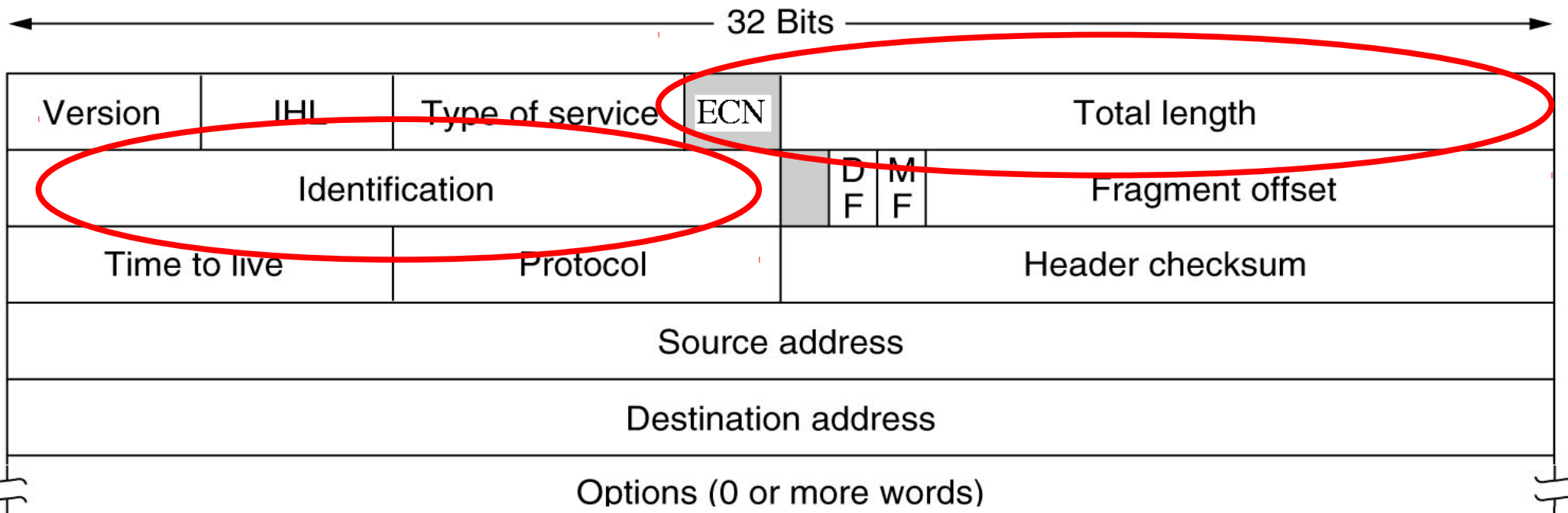
IPv4: fejrész

- 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)



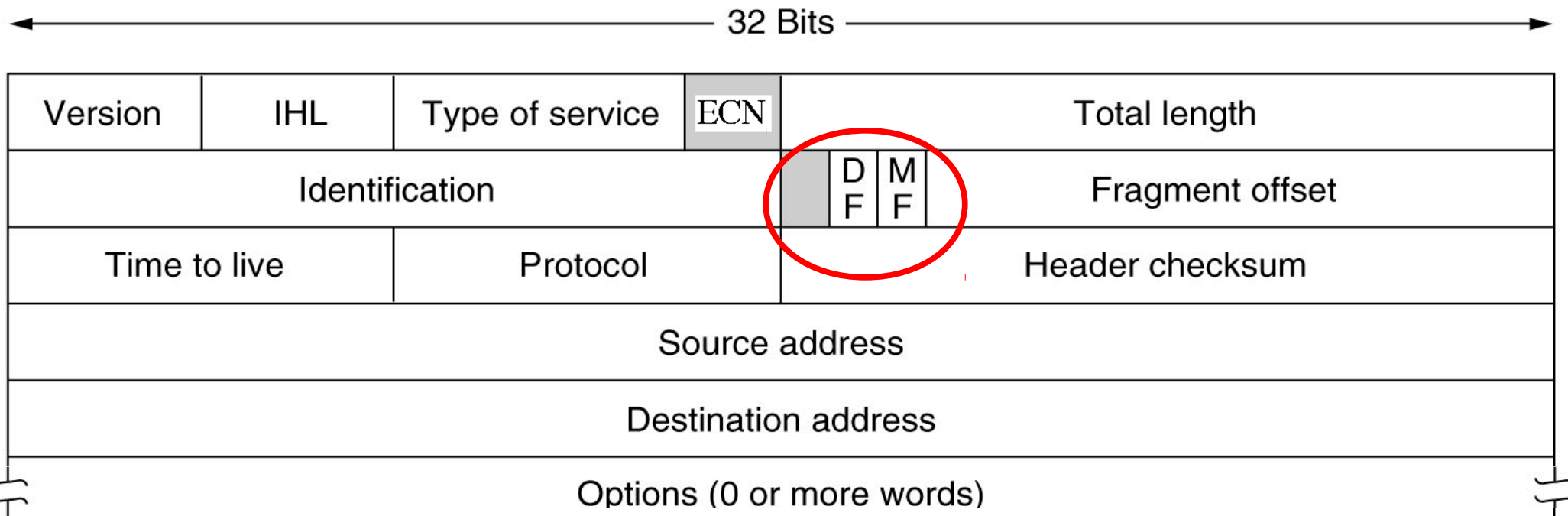
IPv4: fejrész

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



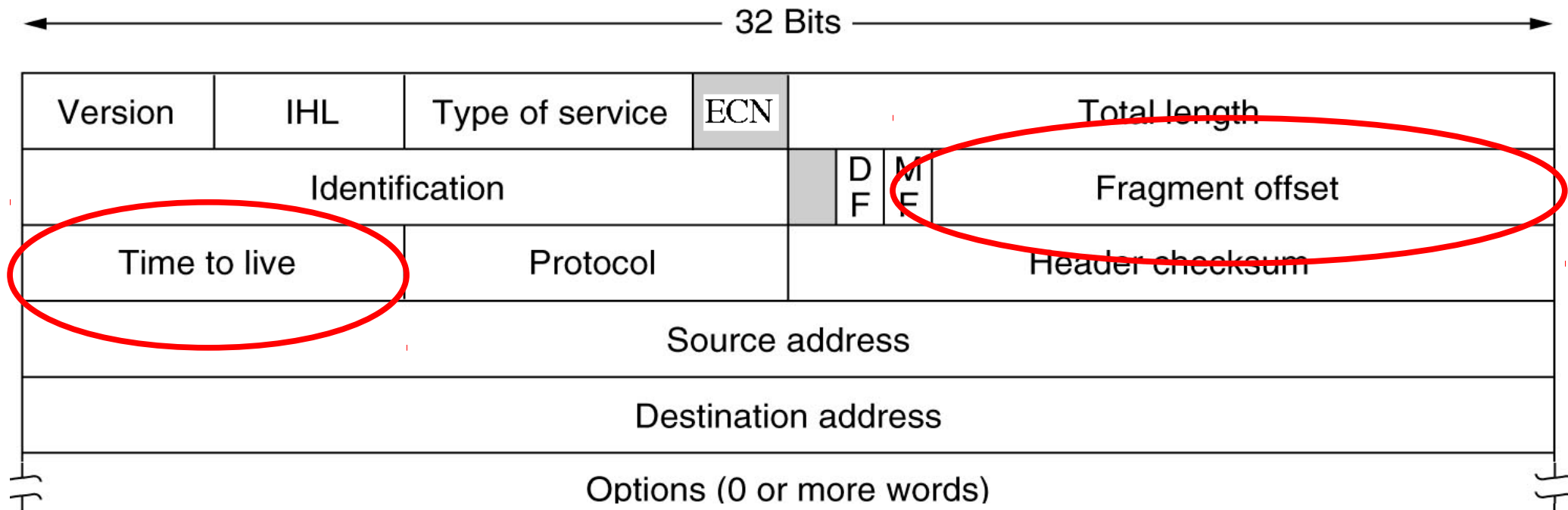
IPv4: fejrész, flag-ek

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



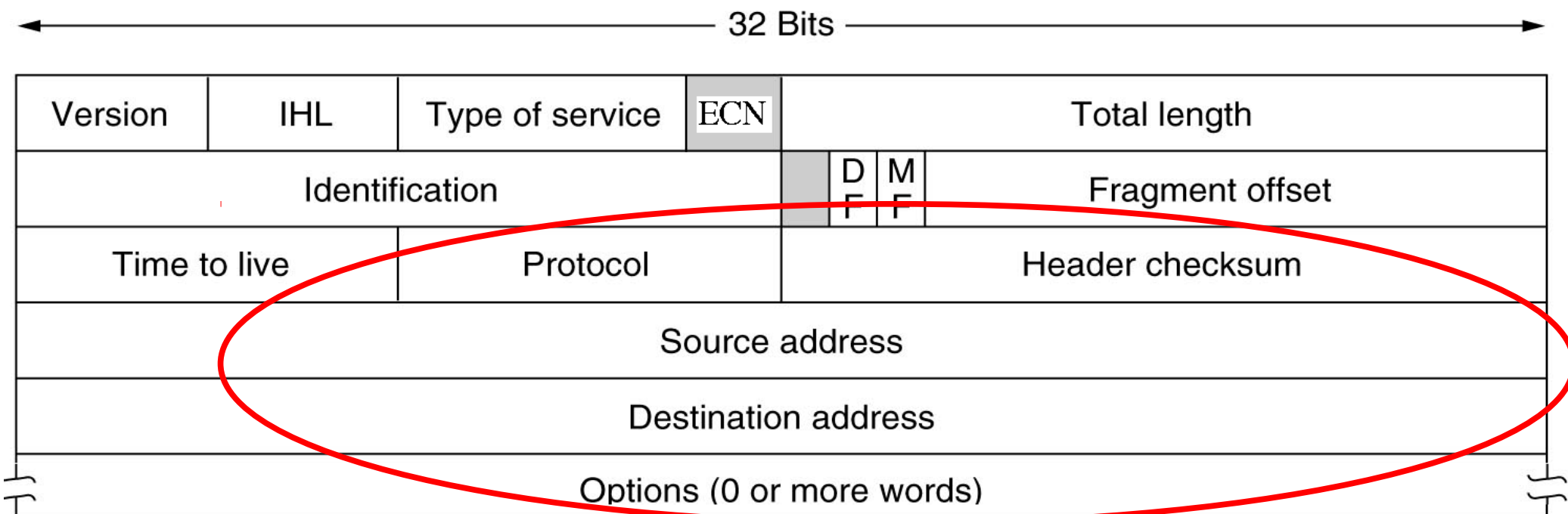
IPv4: fejrész

- 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)** gyűjthetők: az alhálózathoz tartozó hosztok
 - közvetlen kommunikálnak
 - 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
Class A	0*****/8 0.0.0.0/8 – 127.0.0.0/8	255.0.0.0 (/8)	17.0.0.0/8 (Apple Inc.)
Class B	10***** ***/16 128.0.0.0/16 – 191.255.0.0/16	255.255.0.0 (/16)	152.66.0.0/16 (BMENET)
Class C	110***** ***/24 192.0.0.0/24 – 223.255.0.0/24	255.255.255.0 (/24)	192.160.172.0/ 24 (SOTE)
Class D multicast	1110*... 224.0.0.0 – 239.255.255.255	–	224.0.0.5 (All OSPF Routers)
Class E foglalt	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!

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 table = RIB = „routing tábla”???
- routing protokollonként egyedi
- Forwarding table = FIB = „routing tábla”???
- a RIB-ek összefésülése
- ez alapján továbbítódnak a csomagok!

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 útvonalválasztás

- 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!

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)

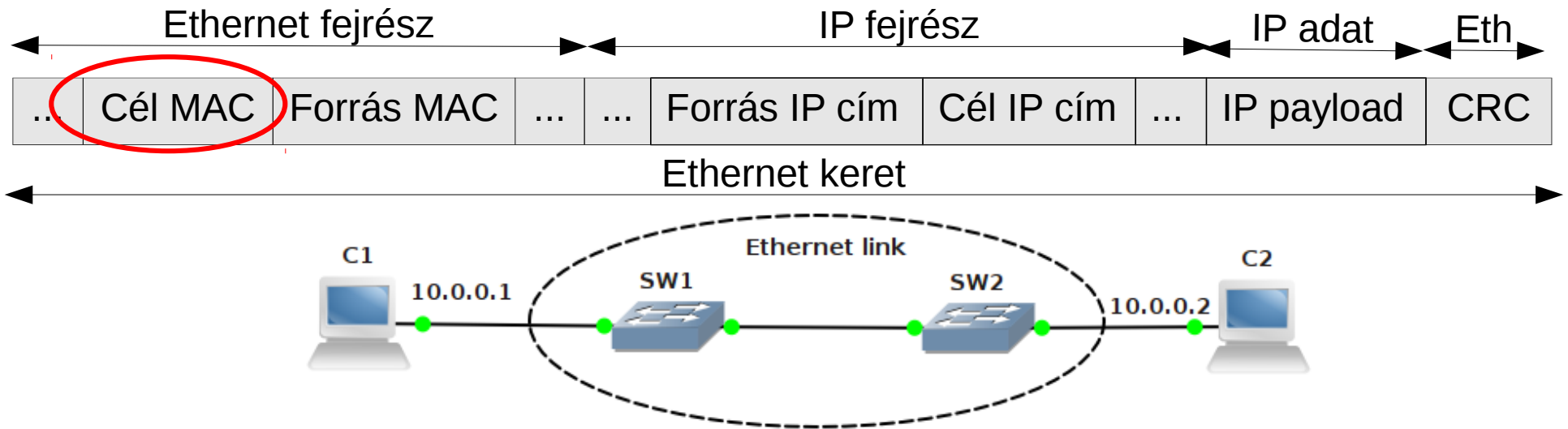
LPM: példa

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



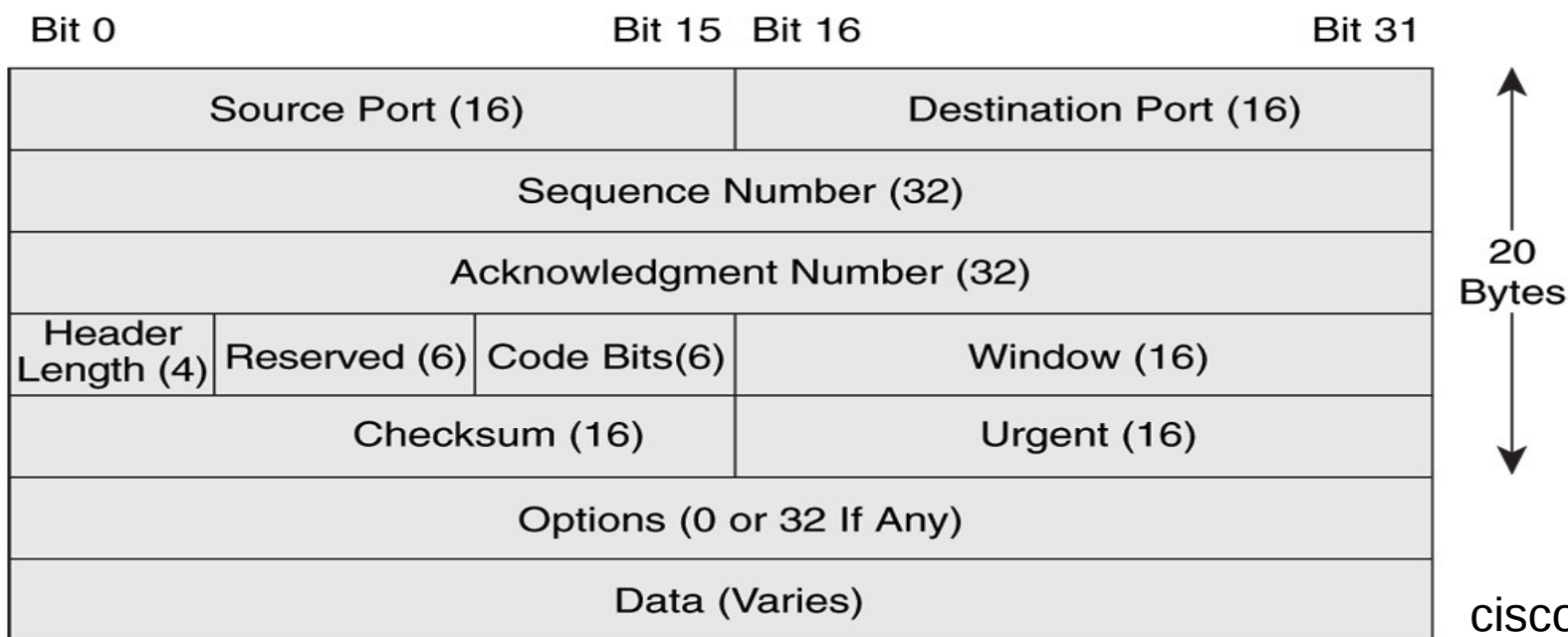
- A C1 és C2 hosztok IP szinten szomszédok
- C1 lekérdezi a linken a 10.0.0.2 címhez tartozó Ethernet MAC címet: **Address Resolution Protocol (ARP)**

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

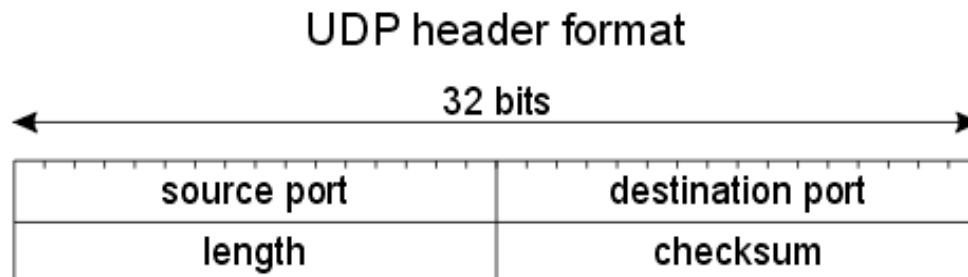
Transmission Control Protocol

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



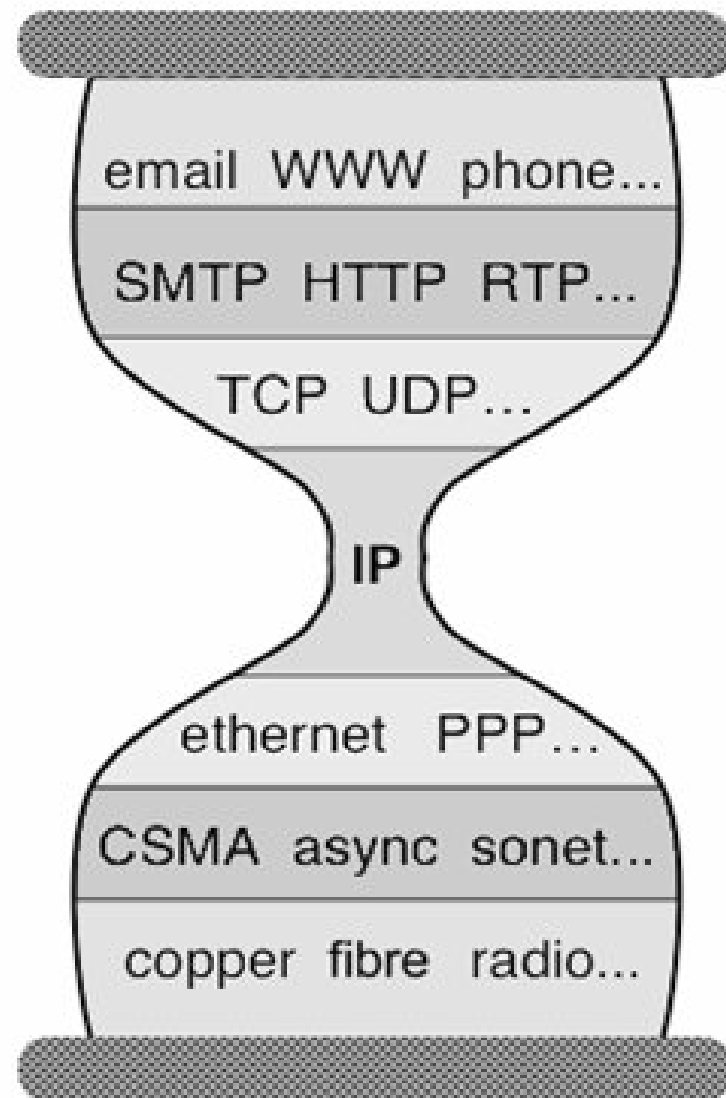
User Datagram Protocol

- 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”



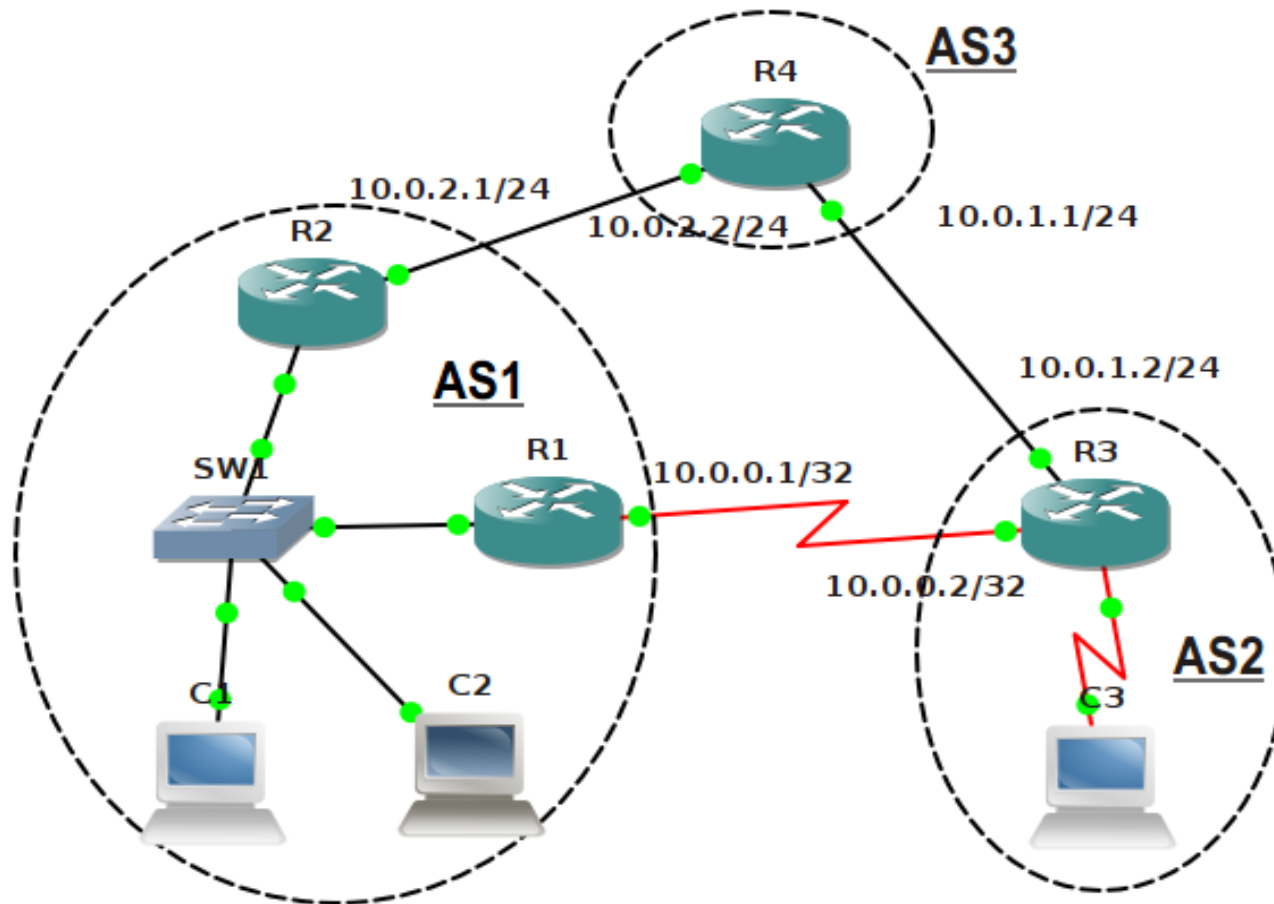
Architektúra

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

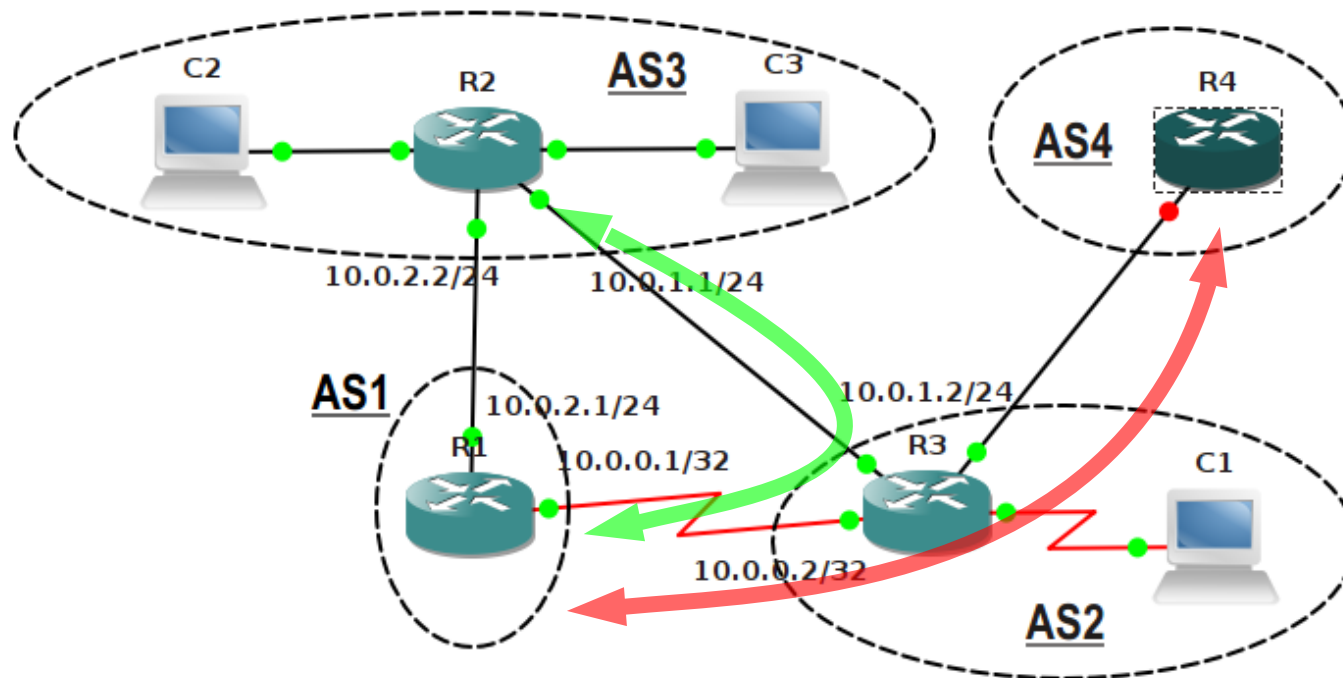
- **ISP (Internet Service Provider):** Magyar Telekom (AS5483), Telenor Hungary (AS8448)
- **Campus:** BME (AS2547), Harvard (AS11), MIT (AS3), UC San Diego (AS7377)
- **Enterprise:** IBM (AS547, AS763, stb., de övék a 9.0.0.0/8 Class A cím is!), Apple (AS714)
- **Globális szolgáltató:** Sprint (AS1239, 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

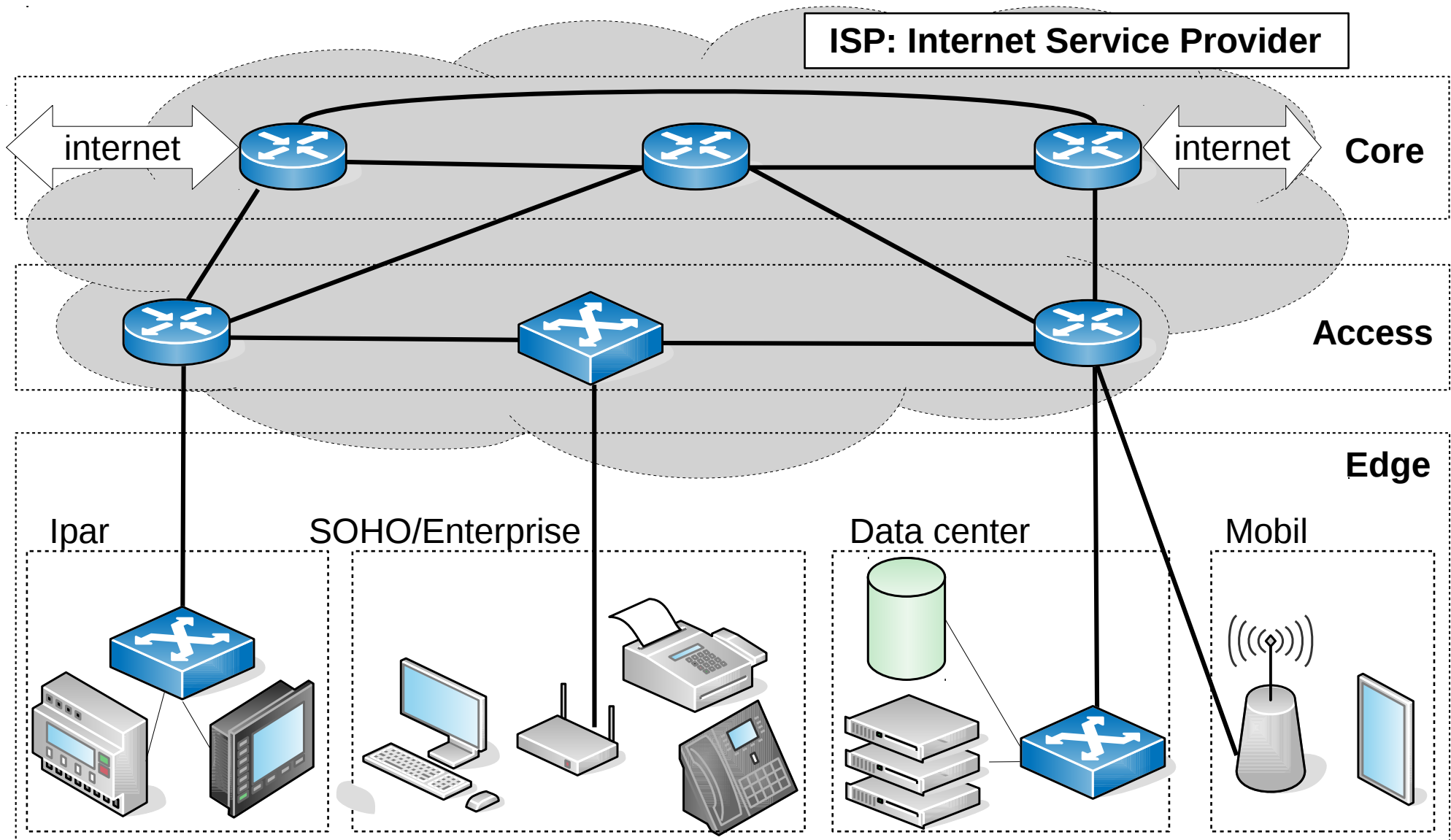
- Példa: AS2 továbbítja az AS1–AS3 forgalmat
 - **egységes policy:** AS3 minden hosztjának forgalmát (C2, C3) átviszi AS1-be és viszont
- De AS2 blokkolja AS1–AS4 átmenő forgalmát



AS-ek típusai

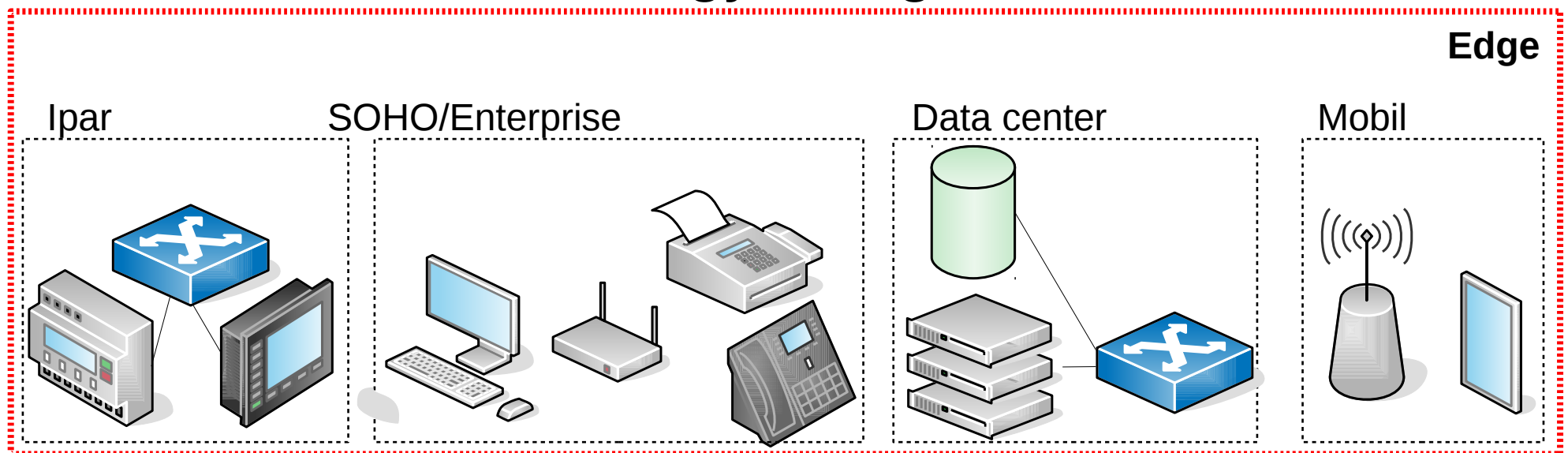
- **Content AS:** tartalomszolgáltató AS
 - kimenő forgalom domináns
 - Youtube, Netflix, HULU
- **eyeball AS:** a tartalomfogyasztás domináns
 - nagy előfizetői bázist kiszolgáló ISP-k
 - nagy bemenő forgalom, kis késleltetés a content felé!
- **Transit AS:** globális adatátvitel (Cogent, Level3)
-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

Egy alternatív felosztás: Edge/Access/Core



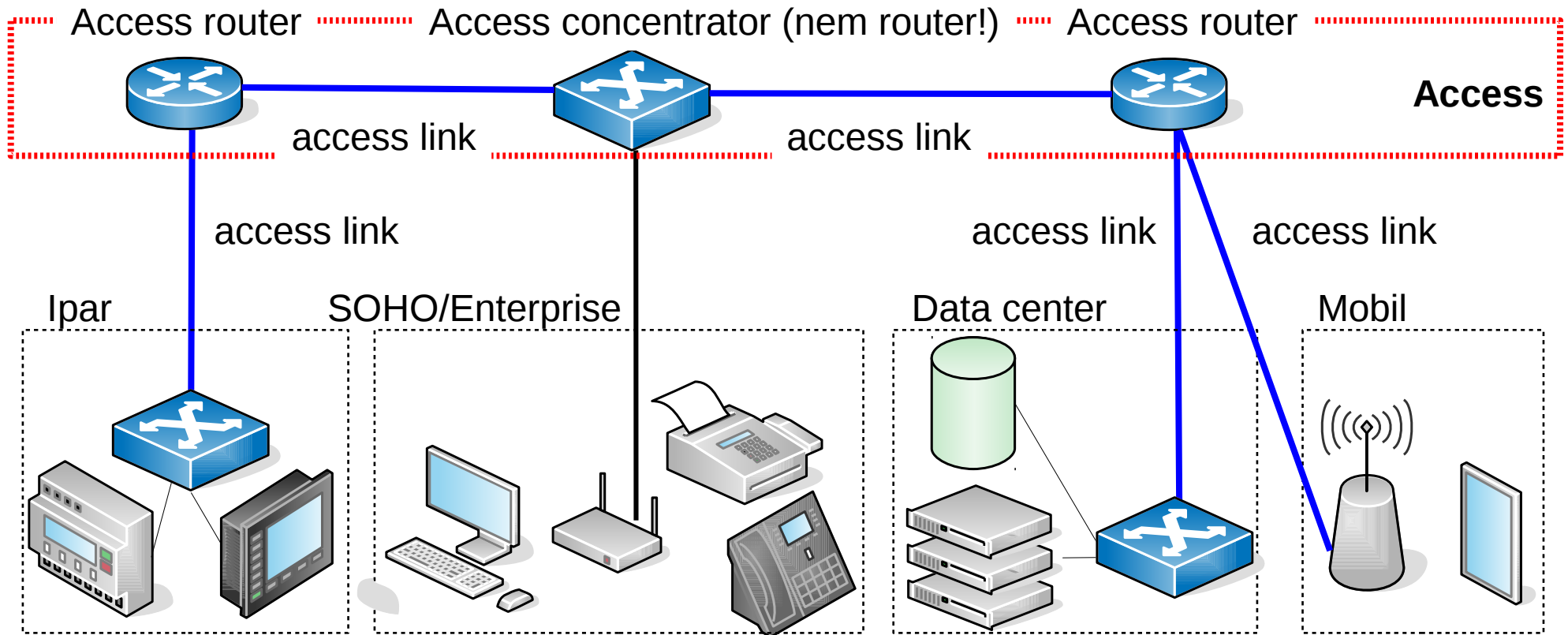
Edge

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



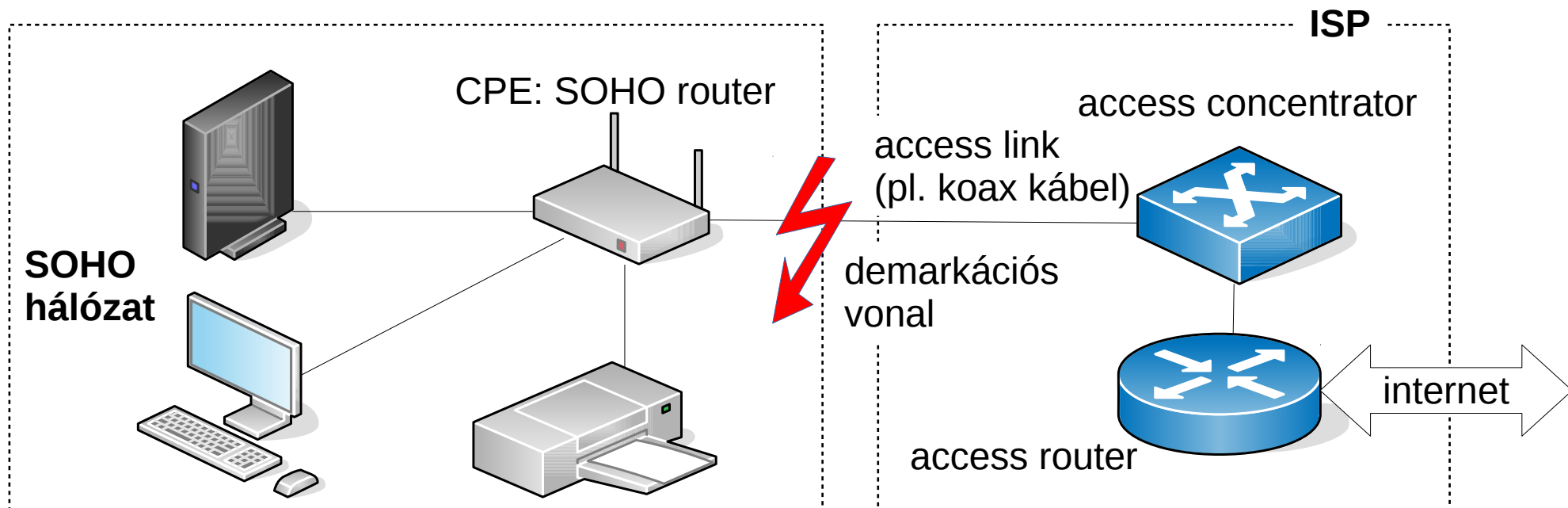
Access

- 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

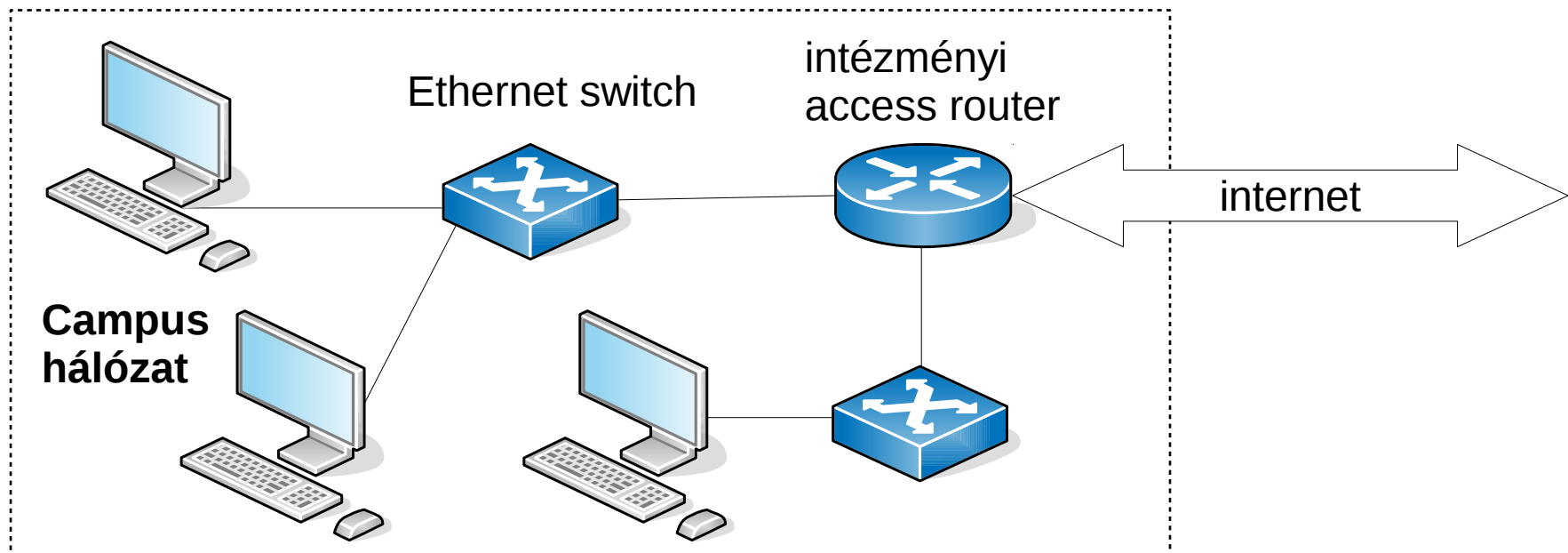
- Dial-up: telefonos betárcsázás
 - CPE: analóg modem
 - access link: telefonvonal
 - ISP/telco access: POTS előfizetői kártya
- DSL (Digital Subscriber Line): ADSL/VDSL
 - CPE: DSL modem
 - access link: telefonvonal, sodort érpár
 - ISP/telco access: DSLAM (Digital Subscriber Line Multiplexer)

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)

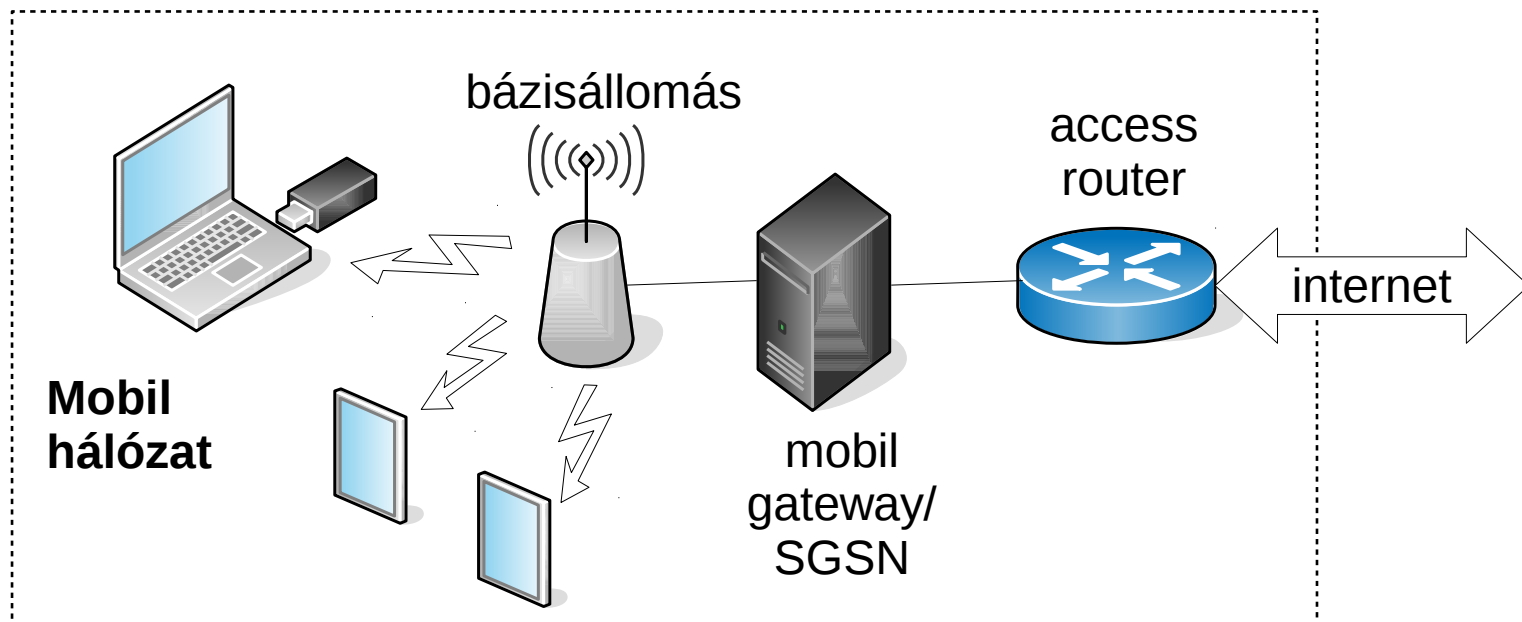
Enterprise/campus access

- **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)

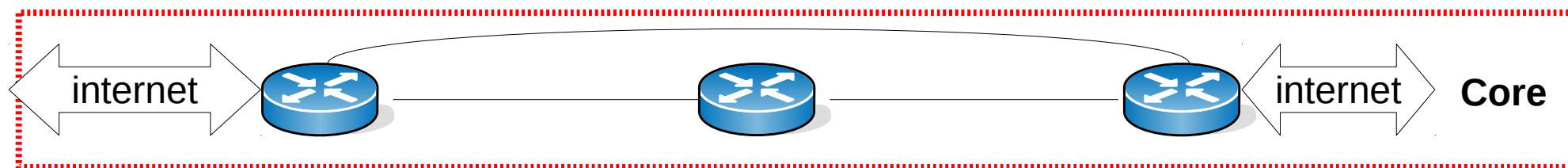
- Internet access celluláris mobilhálózaton
- 2.5G: General Packet Radio Service (GPRS) csomagkapcsolás mobilhálózatokban
- Később: EDGE, UMTS, 4G, stb.



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

