

Internet használata (internetworking)

**Készítette:
Schubert Tamás (BMF)**

Internet használata (internetworking)

Az együttműködő számítógépek kapcsolódhatnak:

- kizárólag LAN-hoz,
- kizárólag WAN-hoz,
- vagy LAN-ok és WAN-ok együtteséhez.

LAN-ok és WAN-ok összekapcsolását nevezik internet-nek, az ilyen módon együttműködő számítógépes alkalmazásokat internetworking-nek.

A hálózatokat összekapcsoló eszközök: Intermediate System (IS) (közbenső rendszer):

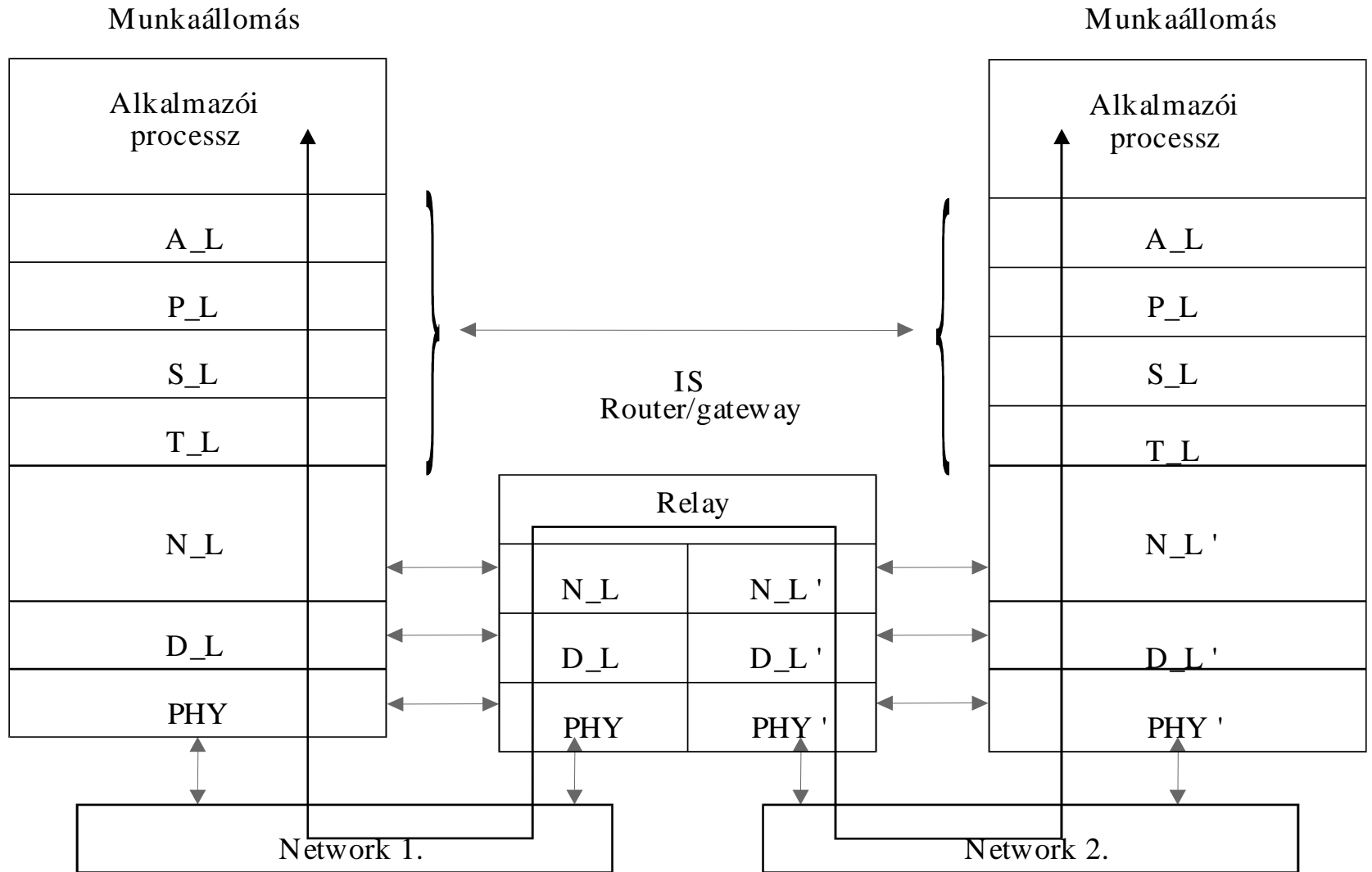
A legfontosabb funkciójuk miatt router-nek vagy gateway-nek is hívják ezeket. A router az egyes portjain különböző hálózati protokollokkal rendelkezhet, mivel teljesen eltérő hálózatokat kapcsolhat össze.

Internet használata (internetworking)

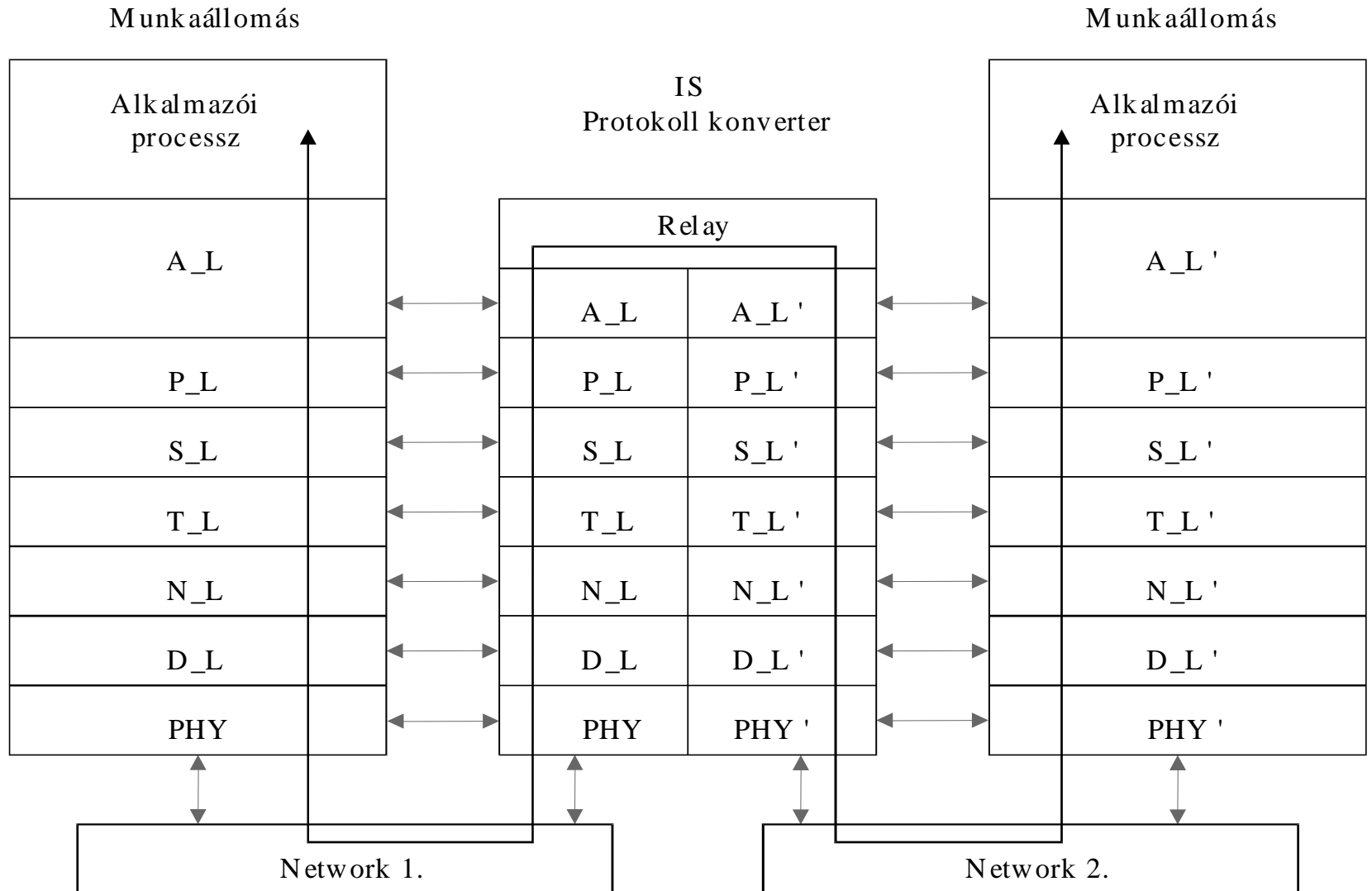
Az IS-t protokoll konverternek nevezik akkor, amikor olyan hálózatokat kapcsolnak össze, amelyek teljesen eltérő protokoll készlettel (protocol stack) rendelkeznek.

Az eltérő hálózati protokollokon kívül a hálózat független protokoll rétegek is teljesen különbözők lehetnek. pl. elektronikus levél átalakítása.

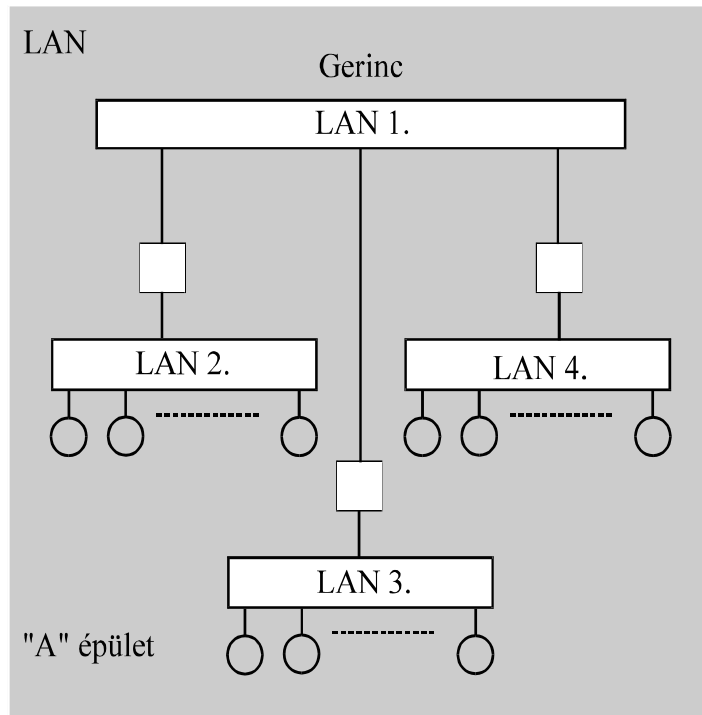
Intermediate systems (IS): router



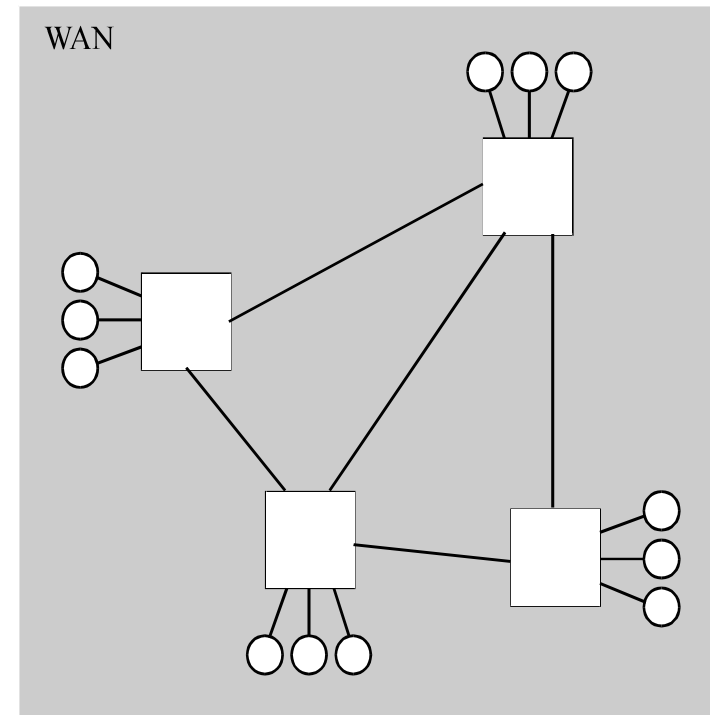
Intermediate systems (IS): protokoll konverter



Internet architektúrák: Egyedül álló LAN



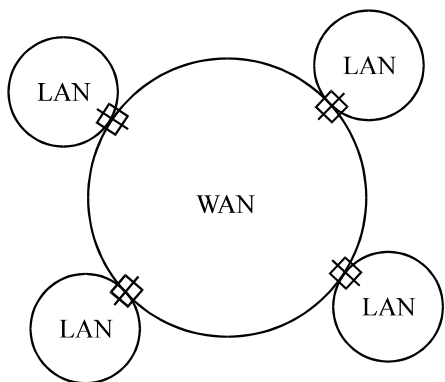
- = Munkaállomás, szerver
- = Bridge/router



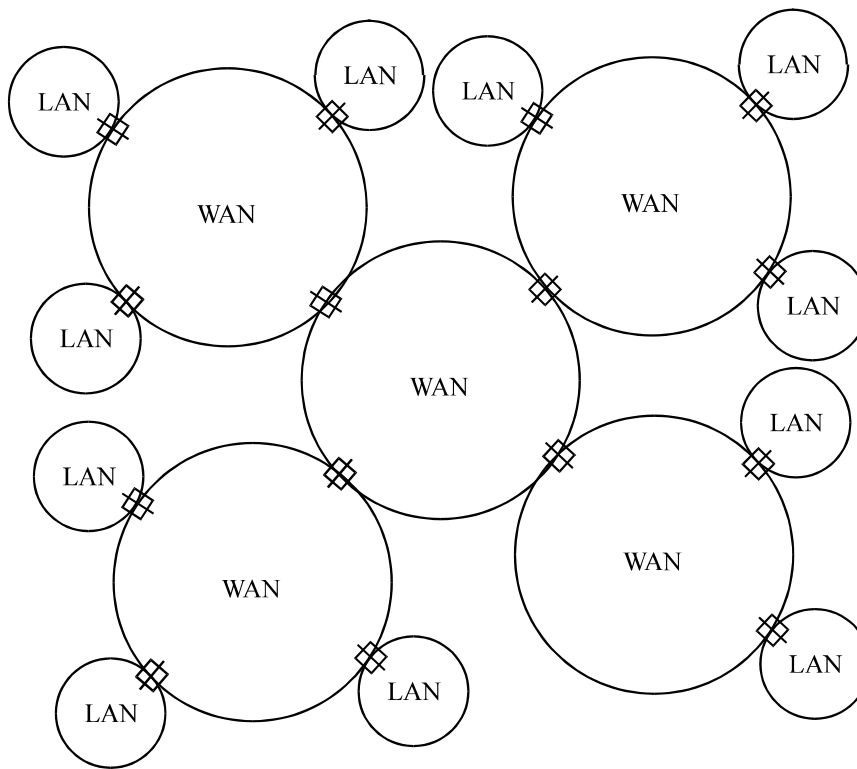
- = Munkaállomás
- = Csomagkapcsoló

Internet architektúrák

Egyedül álló WAN



Összekapcsolt LAN/WAN



Internetworking

Az Internetworking alábbi témáit tárgyaljuk:

- **Hálózati szolgáltatás (Network service)**
- **Címzés (Addressing)**
- **Forgalomirányítás (Routing)**
- **A szolgáltatás minősége (Quality of Service: QoS)**
- **Maximális csomagméret**
- **Adattovábbítás és torlódás vezérlés (Flow and congestion control)**
- **Hibajelzés (Error reporting)**

A több és esetleg különböző összekapcsolt hálózat ellenére az együttes hálózatnak a host-okon egységes hálózati szolgáltatást kell nyújtania, mintha tiszta LAN vagy WAN lenne.

Hálózati szolgáltatás (Network service)

Feladata:

Csomagok eljuttatása forrásból célba, miközben több csomóponton kell keresztül haladniuk.

A hálózati réteg szolgáltatásainak (feladatainak) meghatározásánál az alábbi célokat veszik figyelembe:

- **A szolgálatok függetlenek legyenek az alhálózat technikájától.**
- **A szállítási réteg elől el kell takarni a jelenlévő alhálózatok számát, típusát és topológiáját.**
- **A szállítási réteg számára hozzáférhető hálózati címeknek egységes számozási rendszert kell alkotniuk (LAN-okon és WAN-okon egyaránt)**

Hálózati szolgáltatás (Network service)

Két fő megoldás létezik:

1. Összeköttetés alapú
2. Összeköttetés mentes

1. Összeköttetés alapú kapcsolat.

- A telefon kapcsolatot lehet analógiaként tekinteni: hívás felépítés, beszélgetés, bontás.
- Általában WAN-oknál használják és közszolgáltatást vesz igénybe (pl. X.25 vagy Frame Relay).
- A viszonylag nagy késleltetés és a gyakori átviteli hibák miatt összeköttetés alapú kapcsolattal működik.

Feladatok:

Kapcsolat felépítése, két irányú kommunikáció, csomagok kézbesítése hibátlanul és sorrend-helyesen (FIFO).

A forgalom szabályozás eleve biztosított. Az alhálózat bonyolult, a hoszt egyszerű.

Hálózati szolgáltatás (Network service)

2. Összeköttetés mentes kapcsolat.

- **Analógia a levél kézbesítés: az egymásután feladott leveleket különböző útvonalon továbbíthatják, és nem biztos, hogy a feladás sorrendjében érkeznek meg. Ilyen hálózat az Internet.**
- **A LAN-oknál összeköttetés mentes kapcsolatot használnak, mivel az átviteli késleltetés alacsony és kicsi a hiba valószínűsége.**
- **Az alhálózat az összeköttetés nélküli kapcsolat miatt megbízhatatlan, a hibavédelmet és a forgalomszabályozást a hosztok oldják meg (a két végpont).**
- **Csak csomagküldés és fogadás van.**
- **Minden egyes csomag hordozza a teljes címet, mivel a csomagok küldése egymástól független.**
- **Az alhálózat egyszerű, a hoszt bonyolult.**
- **Az ISO mindkét típusú szolgáltatást tartalmazza.**

Címzés (Addressing)

- **A hálózati rétegben használt címnek a teljes hálózaton azonosítania kell a számítógépet.**
- **A MAC címek nem használhatók a teljes hálózat címzésére.**
- **A hálózati címet és a MAC címet együttesen alkalmazzák.**
- **A közeghozzáféréshez a MAC címet (pl. Ethernet cím), a teljes hálózati címzésre a hálózati címet (pl. IP cím) használják.**
- **Az IS-nek (pl. router), mivel több hálózatra is csatlakozik, minden portjára rendelkeznie kell MAC címmel.**

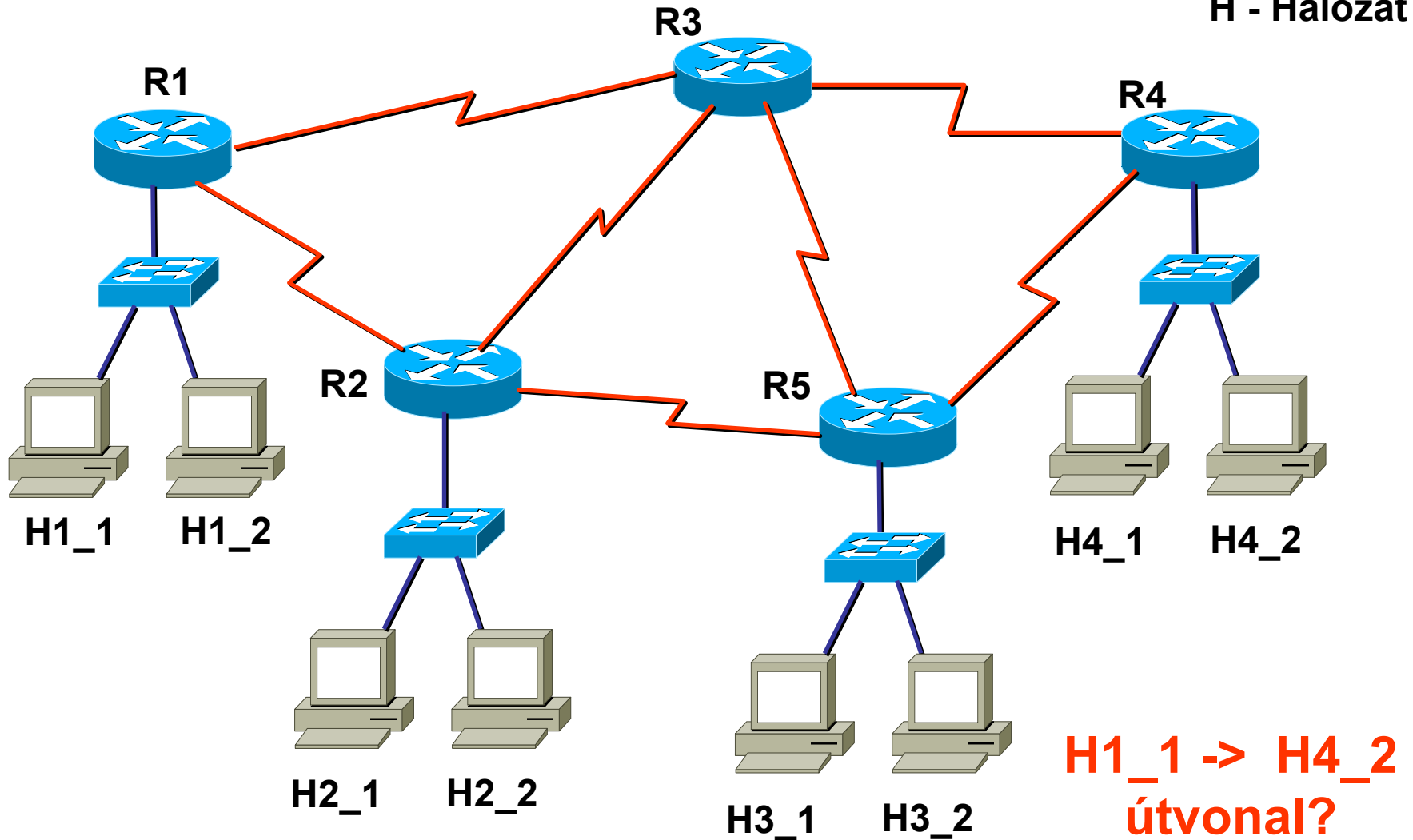
Forgalomirányítás (Routing)

- Ha az együttműködő gépek ugyanazon a hálózaton vannak, elegendő a MAC címek használata.
- Ellenkező esetben a hálózati cím azonosítja a partner számítógépet egy másik hálózaton.
- A hálózati csomagok route-olásáról kell gondoskodni.
- A hálózati cím önmagában nem elegendő a csomag route-olására.
- A továbbítandó csomagot a célállomás hálózati címével együtt el kell küldeni az ugyanazon a hálózaton lévő router MAC címére.
- A router-nek pedig vagy a célállomás MAC címére, vagy egy másik router MAC címére kell továbbítania a kézbesítendő csomagot.

Az alábbi példában az 1. hálózat 1. gépe küld csomagot a 4. hálózat 2. gépének.

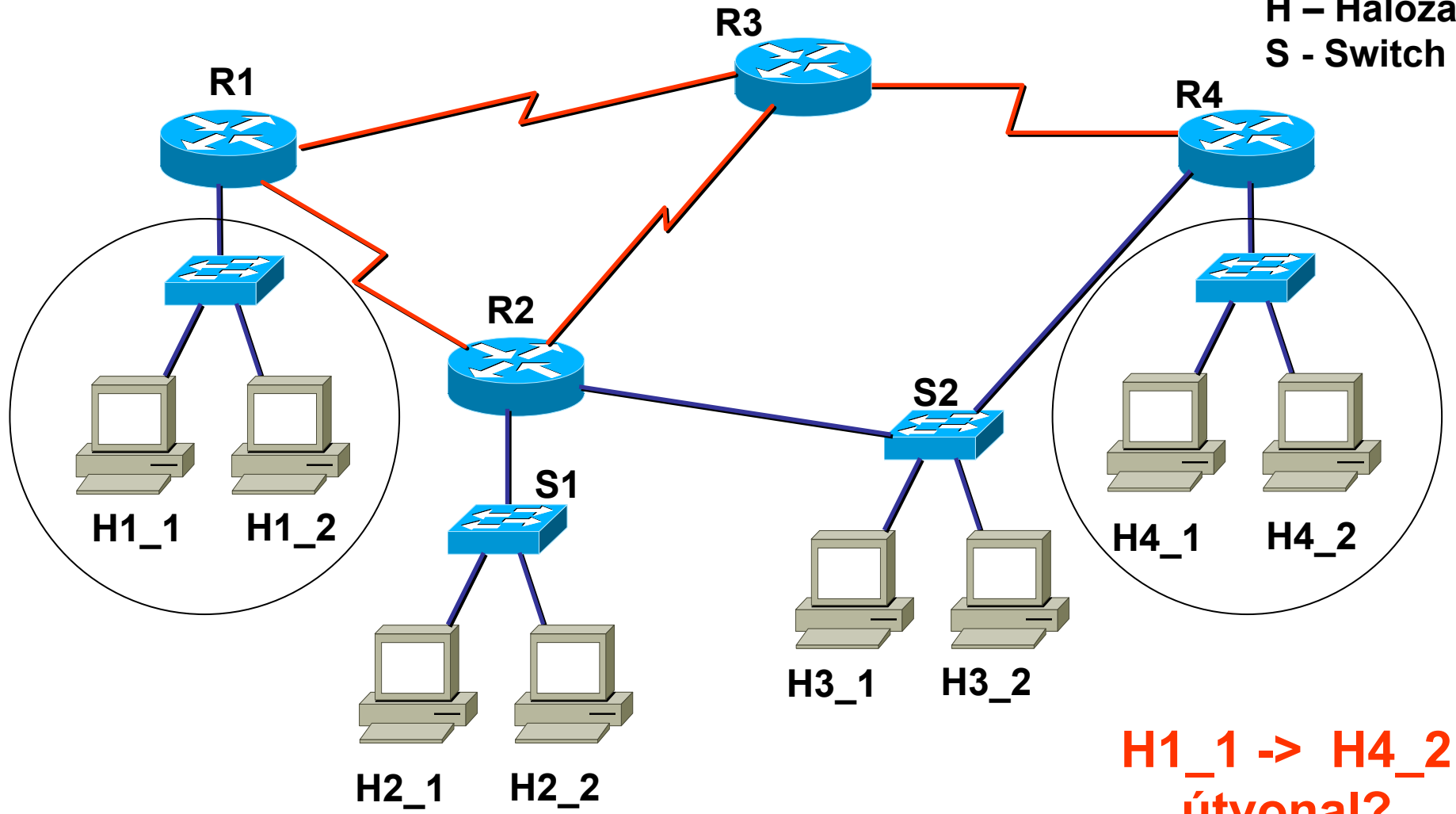
LAN - WAN

R – Router
H – Hálózat



LAN - WAN

R – Router
H – Hálózat
S - Switch



**H1_1 -> H4_2
útvonal?**

Forgalomirányítás (Routing)

Lehetséges útvonalak:

- $H1_1 \rightarrow R1 \rightarrow R3 \rightarrow R4 \rightarrow H4_2$
- $H1_1 \rightarrow R1 \rightarrow R3 \rightarrow R2 \rightarrow R4 \rightarrow H4_2$
- $H1_1 \rightarrow R1 \rightarrow R2 \rightarrow R4 \rightarrow H4_2$
- $H1_1 \rightarrow R1 \rightarrow R2 \rightarrow R3 \rightarrow R4 \rightarrow H4_2$

Forgalomirányítás (Routing)

A példa topológiáját szemlélve az alábbi kérdések merülnek fel:

- **Honnan tudja meg a host a hálózatra kapcsolt router-(ek) MAC címét?**
- **Hogyan határozza meg egy router a hálózatra kapcsolt host-ok MAC címét?**
- **Hogyan választja ki a host azt a router-t, amelyiknek a csomagot elküldi?**
- **Hogyan határozza meg egy router az ugyanarra hálózatra kapcsolt router-ek MAC címét?**
- **Hogyan választja ki a router, hogy melyik másik router-nek továbbítja egy host-nak szóló csomagot?**
- **Az internet routing-nak választ kell adnia ezekre a kérdésekre.**

A szolgáltatás minősége (Quality of Service: QoS)

Paraméterek összessége, amelyek leírják a szolgáltatás teljesítményét, jóságát, amelyet a hálózatot használó elvár a szolgáltatótól.

Ezek:

- csomag késleltetés,
- az illetéktelen megfigyeléssel vagy beavatkozással szembeni védelem szintje,
- a továbbítás költsége,
- az átviteli hiba valószínűsége,
- a relatív prioritás

Összeköttetés alapú hálózatnál a kapcsolat létesítésénél a két hálózati felhasználó “megbeszéli” a QoS paramétereket.

Összeköttetés nélküli hálózatnál a kapcsolat kezdeményezőjének ismernie kell a szolgáltatás QoS paramétereit.

Maximális csomagméret

A max. csomagméret különböző az egyes hálózat típusokban.

A max. csomagméretet az alábbi tényezők befolyásolják:

- **a hiba arány,**
- **az átviteli késleltetés,**
- **a puffer méret igény és**
- **az overhead (a hasznos adatot kísérő egyéb információ mennyisége: címek, CRC, stb.)**

A szállítási réteg szükség szerint fregmentálja az átviendő adatokat a hálózati réteg számára továbbításra.

A hálózati réteg a különböző alhálózatokon történő továbbítás során tovább tördeli, majd a vétel helyén újra összeállítja a csomagokat.

Adattovábbítás és torlódás vezérlés (Flow and congestion control)

Flow control mechanizmus szabályozza a különböző sebességű és leterheltségű végállomások közötti adatforgalmat.

A congestion control az adatok hálózaton belüli torlódásának feloldását jelenti.

- **Az összeköttetés alapú hálózatok esetén a keretek nyugtázása biztosítja a flow control-t. A feladó nem küld addig újabb keretet, amíg bizonyos számú feladott keret nyugtázása meg nem történik.**
- **Az összeköttetés nélküli hálózatoknál a flow control-t a szállítási réteg oldja meg.**

Hibajelzés (Error reporting)

A hibák jelzésének módja hálózatonként eltérő.

Több összekapcsolt és eltérő típusú hálózat esetén a megfelelő hibajelzésről gondoskodni kell.

Forgalomirányítás (Routing)

A forgalomirányítás módja lehet:

- központosított (centralized)
- elosztott (distributed)

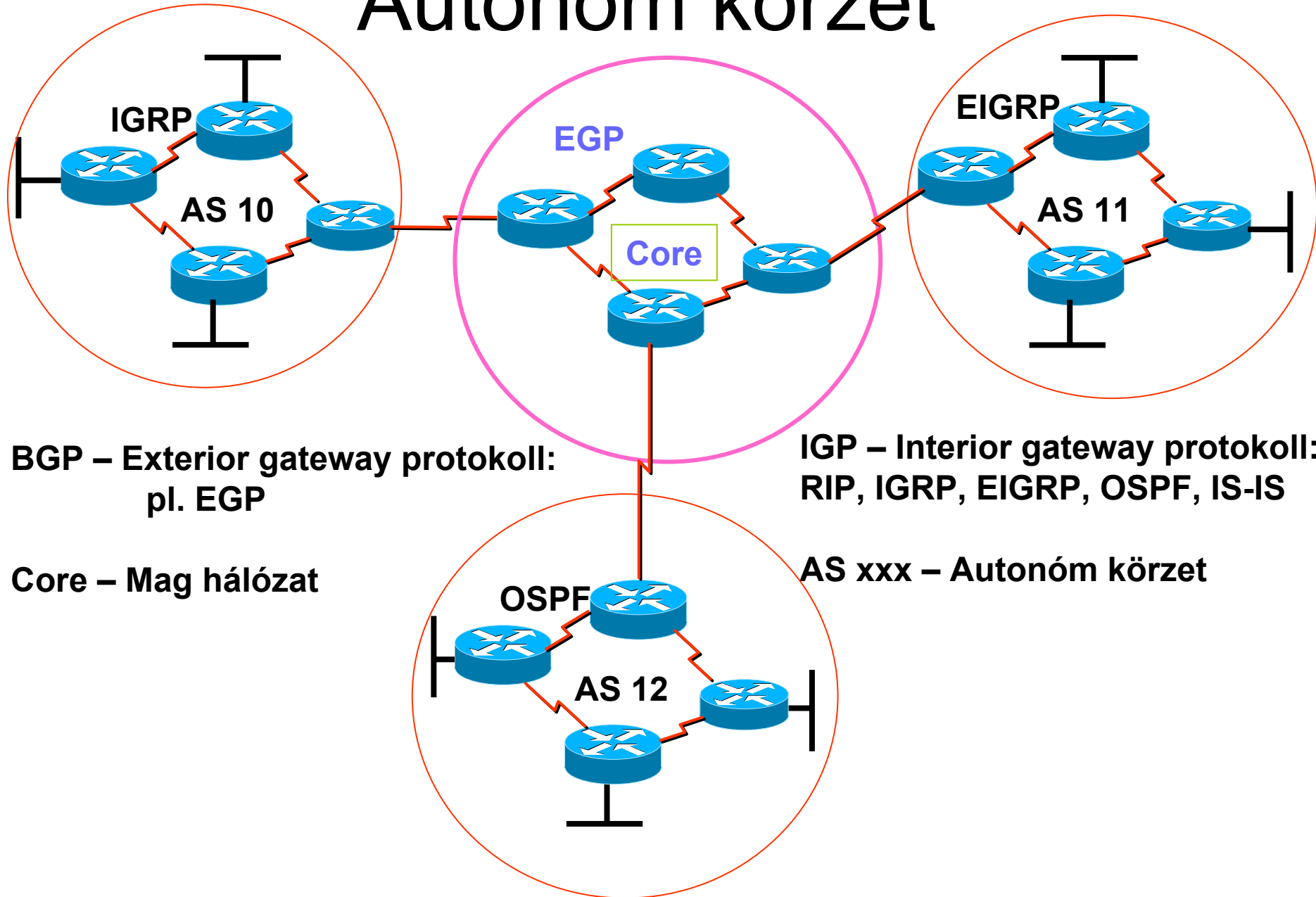
Elosztott forgalomirányítás

A host-ok és a router-ek kooperálnak, hogy az összes eszközben rendelkezésre álló routing információ mindig aktuális és konzisztens legyen.

A routing információt a rendszerek táblázatokban tárolják.

A routing eljárás kiveszi a továbbítandó csomagból a cél-IP címet, majd a táblázataiból kikeresi a host vagy router MAC címét, amelynek a csomagot továbbítani kell.

Autonóm körzet



Autonóm körzet

Az Internet nem más, mint külön-külön menedzselte internetek összessége.

Ezeket autonóm rendszereknek nevezzük, és saját belső routing algoritmussal és menedzsment szervezettel rendelkeznek.

Az egyesített Internetet egy mag gerinc hálózatnak tekintjük, amelyhez az autonóm rendszerek csatlakoznak.

Az autonóm rendszereken belül használt router-eket interior gateway-eknek, az autonóm rendszereket a mag hálózathoz csatoló routereket pedig exterior gateway-eknek nevezzük.

A megfelelő routing protokollok pedig: az Interior Gateway Protocol (IGP) és az Exterior Gateway Protocol (EGP).

Az egyes autonóm rendszerek különböző típusú IGP-vel rendelkezhetnek, az EGP azonban egységes az egész Internetre.

Autonóm körzet

A host-ok és a router-ek nem tárolnak a teljes Internetre vonatkozó routing információt.

A routing információ tárolása hierarchikus:

- **A hostok csak annyi routing információt tárolnak, amely elegendő ahhoz, az ugyanahhoz a hálózathoz csatolt host-ok és interior gateway-ek számára továbbíthassák a csomagokat.**
- **Az interior gateway-ek csak annyi routing információt tárolnak, amely elegendő ahhoz, hogy az ugyanahhoz az autonóm rendszerhez csatlakozó host-ok és interior gateway-ek számára továbbíthassák a csomagokat.**
- **Az exterior gateway-ek csak annyi routing információt tárolnak, amely elegendő ahhoz, hogy egy interior gateway vagy egy másik exterior gateway számára továbbíthassák a csomagokat.**

Autonóm körzet

A fenti feladatokat ellátó protokollok:

- **Address Resolution Protocol (ARP)**
- **többféle interior gateway protocol (IGP)**
- **egy exterior gateway protocol (EGP)**

Irányított - Irányító protokollok

Megkülönböztetünk:

- 1. Irányított (routed) protokollokat**
- 2. Irányító (routing) protokollokat**

- 1. Az irányított protokoll a hálózati réteg protokollok valamelyike:**
 - **IP**
 - **IPX**
 - **DECNET**
 - **APPLE TALK**
 - **Stb.**

Magában foglalja a címzést, a csomag szerkezetét, működési mechanizmust.

Irányított - Irányító protokollok

2. Az irányító protokollok:

- **IP RIP (Routing Information Protocol)**
- **Novell RIP (Routing Information Protocol)**
- **IGRP (Cisco Internet Gateway Routing Protocol)**
- **EIGRP (Cisco Enhanced Internet Gateway Routing Protocol)**
- **OSPF (Open Shortest Path First Protocol)**
- **Is-Is (Intermediate System - Intermediate System Protocol)**
- **BGP (Border Gateway Protocol)**
- **Stb.**

Feladata az irányítótáblák felépítése, karbantartása, kommunikáció a szomszédos forgalomirányítókkal. Optimális útvonalak kiválasztása a hálózat összes hálózatára. A bejövő csomagok továbbítása. Esetleg csomagszűrési feladatok ellátása (tűzfal).

Irányító protokollok működési elve

Működési elve szerint háromféle protokoll lehetséges:

1. Távolság vektor algoritmussal működő protokoll (Distance-Vector Algorithm: DVA): RIP, Novell RIP, IGRP
2. Kapcsolat állapot alapú protokoll (Link State protokoll): OSPF, IS-IS
3. Hibrid (a fenti két elv előnyös tulajdonságait ötvöző protokoll): EIGRP

Távolság vektor alapú protokollok

Működési elvük, jellemzőik:

- 1. Az útvonalak jóságát valamilyen egyszerűen vagy bonyolultan számított metrika (mérték) írja le.**
- 2. A metrika számításában résztvevő jellemzők lehetnek: ugrások száma, sáv szélesség, késleltetés, terhelés, hibaarány, költség.**
- 3. A router-ek csak a szomszédjaikkal tartják a kapcsolatot, velük meghatározott időközönként teljes irányítótáblákat cserélnek.**
- 4. A teljes hálózatot (autonóm körzet) a szomszédok szemszögéből látják.**
- 5. Az irányítótáblák cseréje jelentős sáv szélességet foglalhat le.**
- 6. Viszonylag lassú konvergencia az irányítótáblák kialakításában.**
- 7. Esetlegesen irányítási hurkok alakulhatnak ki.**

Kapcsolat állapot alapú protokollok

Működési elvük, jellemzőik:

- 1. Minden forgalomirányító a teljes hálózat (autonóm körzet) topológiáját látja.**
- 2. Tudják, hogy melyik forgalomirányítók melyekkel, milyen vonalon kapcsolódnak. Minden kapcsolatról rendelkeznek jellemzőkkel.**
- 3. A topológia és a kapcsolatok jellemzői alapján minden router maga számolja ki a legjobb, hurokmentes útvonalat az összes hálózathoz. Ennek alapján építik föl a routing táblájukat.**
- 4. Ha változás van a hálózatban (pl. egy kapcsolat megszakad), csak az állapotváltozásokat terjesztik szét a forgalomirányítók a hálózatban.**

Kapcsolat állapot alapú protokollok

Működési elvük, jellemzőik:

- 5. Állapotváltozás hiányában a forgalomirányítók csak ritkán terjesztik szét a kapcsolat állapotukat (szomszédaihoz való kapcsolódásukat).**
- 6. Állapotváltozás esetén minden router újra számolja a hálózat topológiáját és routing tábláját.**
- 7. Az állapot információk terjesztése kisebb hálózati forgalmat generál, mint a teljes routing táblák cseréje.**
- 8. Változás esetén gyors konvergencia.**
- 9. Memória és feldolgozás igényes algoritmus.**

IP Routing Information Protocol

IP Routing Information Protocol (RIP)

- A távolság-vektor algoritmusra (Distance-Vector Algorithm: DVA) épül. A legrövidebb útvonalat választja.
- A legrégebben használt routing protokoll.
- Az IP (routed) protokoll továbbítására használják.
- Elosztott routing protokoll.
- Az útvonalak jóságát a két router közötti hálózatok számával (hop = ugrás) fejezi ki. A metrika az ugrások számával azonos.
- Nem biztos, hogy a legkevesebb ugrás számú útvonal a leghatékonyabb.
- A maximális ugrás-szám: 16.

IP Routing Information Protocol

Két táblázattal rendelkezik:

- **Forgalomirányító tábla:** A célhálózat címének ismeretében a táblázatból megállapítható a következő ugrás IP címe.
- **ARP tábla:** A cél interfész IP címének ismeretében kikereshető annak MAC címe.

Forgalomirányító tábla

Hálózat azonosítója (IP)	Ugrások száma	Router interfész	Ugrási cím

ARP tábla

Interfész IP cím	MAC cím

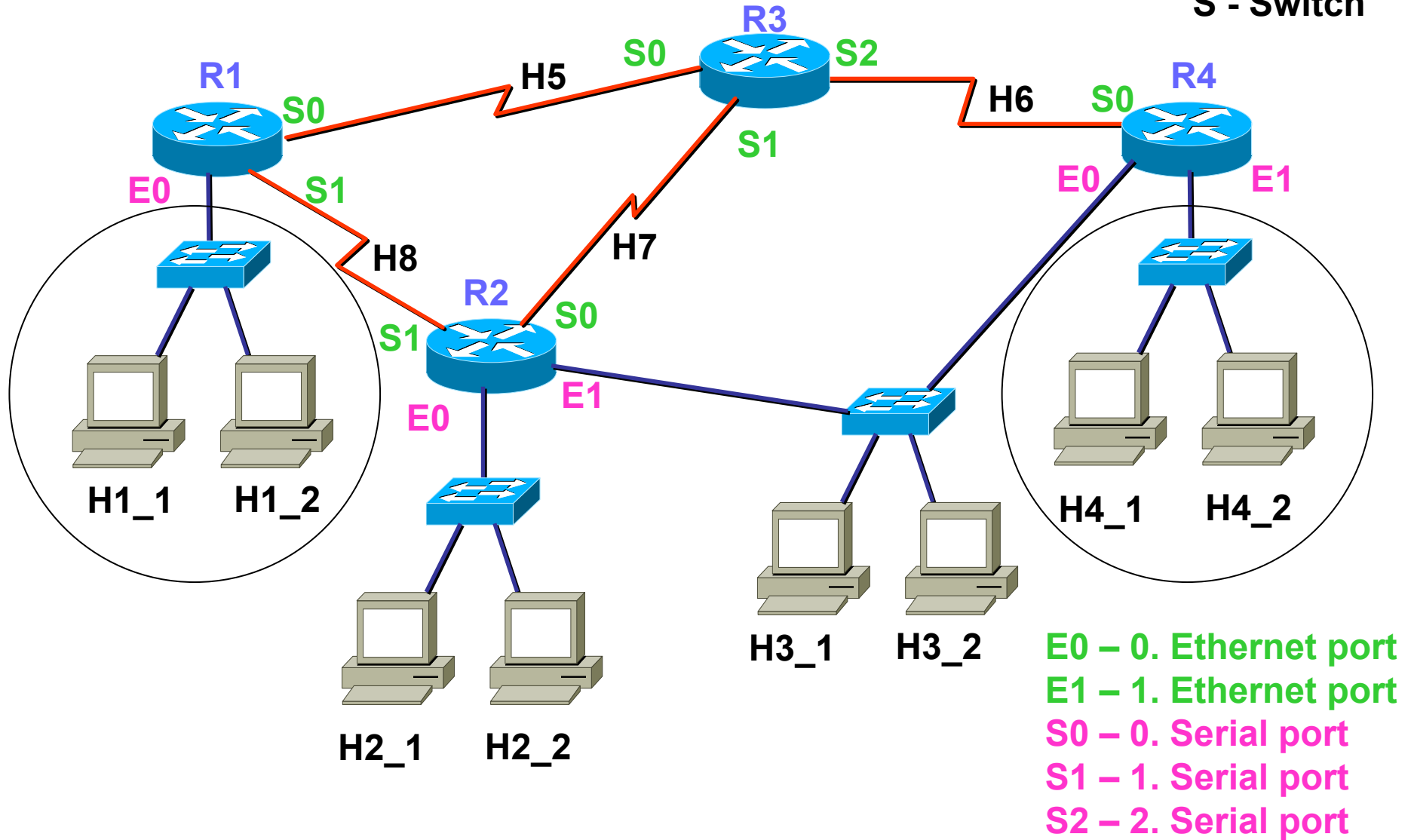
IP Routing Information Protocol

A DVA elosztott algoritmus segítségével minden forgalomirányító az autonóm rendszerben felépít egy táblázatot, amely tartalmazza a távolságokat önmaga és az összes hálózat között.

- **Kezdetben minden forgalomirányító csak a közvetlenül hozzácsatolt hálózatok IP címét, és a csatlakozó forgalomirányítók IP-MAC cím páryait ismeri.**
- **A hálózat-címek a forgalomirányító táblában, az IP-MAC párok pedig az ARP táblában vannak.**
- **Minden forgalomirányító rendszeres időközönként elküldi forgalomirányító táblájának tartalmát a szomszédos forgalomirányítóknak, amelyek ennek alapján kiegészítik és felfrissítik a saját táblájukat.**
- **Néhány iteráció után minden forgalomirányító tartalmazni fog egy-egy bejegyzést az autonóm rendszer összes hálózatáról.**

RIP

R – Router
H – Hálózat
S – Switch



RIP

IP cím kiosztás

Hálózat	IP hálózat cím
H1	200.1.1.0
H2	200.1.2.0
H3	200.1.3.0
H4	200.1.4.0
H5	200.1.5.0
H6	200.1.6.0
H7	200.1.7.0
H8	200.1.8.0

C osztályú hálózatok

Hálózati maszk: 255.255.255.0

RIP

IP cím kiosztás

R1_E0	200.1.1.1
H1_1	200.1.1.2
H1_2	200.1.1.3
R2_E0	200.1.2.1
H2_1	200.1.2.2
H2_2	200.1.2.3
R2_E1	200.1.3.1
R4_E0	200.1.3.2
H3_1	200.1.3.3
H3_2	200.1.3.4

R4_E1	200.1.4.1
H4_1	200.1.4.2
H4_2	200.1.4.3
R1_S0	200.1.5.1
R3_S0	200.1.5.2
R3_S2	200.1.6.1
R4_S0	200.1.6.2
R2_S0	200.1.7.1
R3_S1	200.1.7.2
R1_S1	200.1.8.1
R2_S1	200.1.8.2

C osztályú hálózatok

Hálózati maszk: 255.255.255.0

RIP

Routing táblák – frissítés nélkül

R1

R2

R3

Hálózat	#	Ugrási cím
200.1.1.0	0	közvetlen
200.1.5.0	0	közvetlen
200.1.8.0	0	közvetlen

Hálózat	#	Ugrási cím
200.1.2.0	0	közvetlen
200.1.3.0	0	közvetlen
200.1.7.0	0	közvetlen
200.1.8.0	0	közvetlen

Hálózat	#	Ugrási cím
200.1.5.0	0	közvetlen
200.1.6.0	0	közvetlen
200.1.7.0	0	közvetlen

RIP

Routing táblák 1. frissítés után

R2 → R1 ← R3

R1 → R2 ← R3

R4 →

R1 → R3 ← R2

R4 →

Hálózat	#	Ugrási cím
200.1.1.0	0	közvetlen
200.1.5.0	0	közvetlen
200.1.8.0	0	közvetlen
200.1.2.0	1	200.1.8.2
200.1.3.0	1	200.1.8.2
200.1.7.0	1	200.1.8.2
200.1.6.0	1	200.1.5.2

Hálózat	#	Ugrási cím
200.1.2.0	0	közvetlen
200.1.3.0	0	közvetlen
200.1.7.0	0	közvetlen
200.1.8.0	0	közvetlen
200.1.1.0	1	200.1.8.1
200.1.5.0	1	200.1.8.1
200.1.6.0	1	200.1.7.2
200.1.4.0	1	200.1.3.2

Hálózat	#	Ugrási cím
200.1.5.0	0	közvetlen
200.1.6.0	0	közvetlen
200.1.7.0	0	közvetlen
200.1.1.0	1	200.1.5.1
200.1.8.0	1	200.1.5.1
200.1.2.0	1	200.1.7.1
200.1.3.0	1	200.1.7.1
200.1.4.0	1	200.1.6.2

RIP

Routing táblák 2. frissítés után

R2 → R1 ← R3

R1 → R2 ← R3
R4 →

R1 → R3 ← R2
R4 →

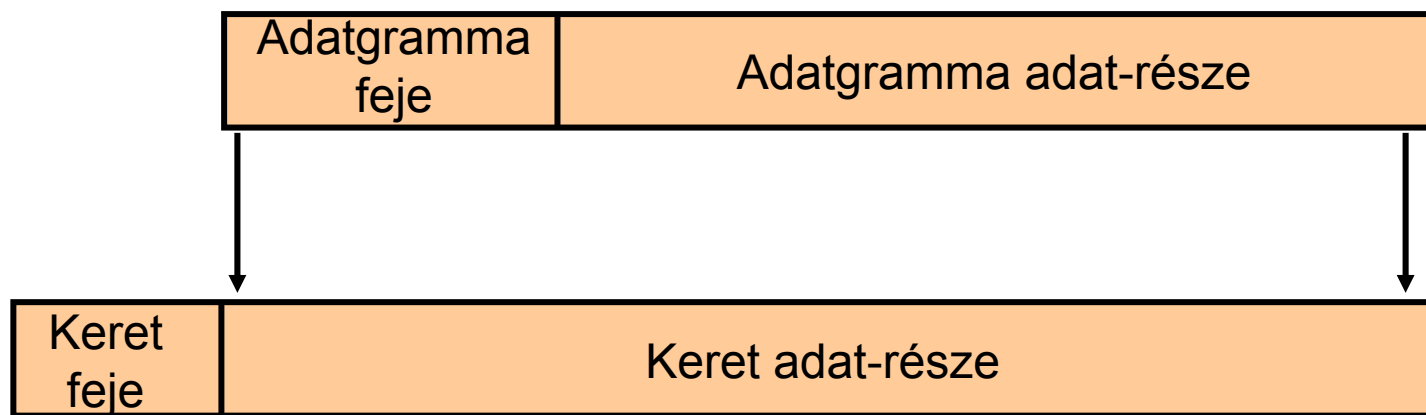
Hálózat	#	Ugrási cím
200.1.1.0	0	közvetlen
200.1.5.0	0	közvetlen
200.1.8.0	0	közvetlen
200.1.2.0	1	200.1.8.2
200.1.3.0	1	200.1.8.2
200.1.7.0	1	200.1.8.2
200.1.6.0	1	200.1.5.2
200.1.4.0	2	200.1.8.2

Hálózat	#	Ugrási cím
200.1.2.0	0	közvetlen
200.1.3.0	0	közvetlen
200.1.7.0	0	közvetlen
200.1.8.0	0	közvetlen
200.1.1.0	1	200.1.8.1
200.1.5.0	1	200.1.8.1
200.1.6.0	1	200.1.7.2
200.1.4.0	1	200.1.3.2

Hálózat	#	Ugrási cím
200.1.5.0	0	közvetlen
200.1.6.0	0	közvetlen
200.1.7.0	0	közvetlen
200.1.1.0	1	200.1.5.1
200.1.8.0	1	200.1.5.1
200.1.2.0	1	200.1.7.1
200.1.3.0	1	200.1.7.1
200.1.4.0	1	200.1.6.2

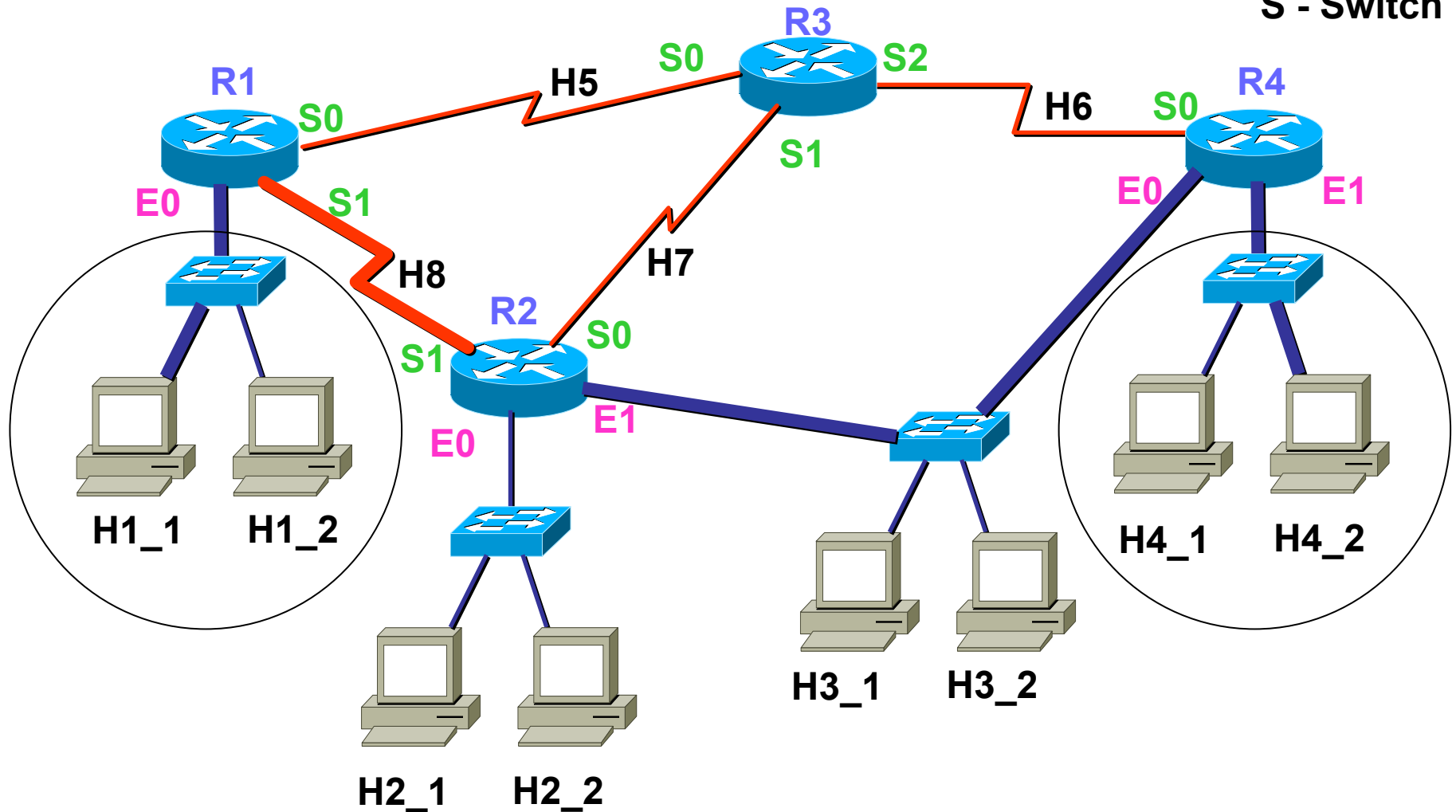
IP adatgramma keretbe foglalása

Az IP csomagok (adatgramma) a fizikai hálózaton keretbe ágyazva továbbíthatók. A keret típusa a hálózat típusától függ: Ethernet, HDLC, PPP, Frame Relay, stb.



Csomag továbbítás

R – Router
H – Hálózat
S - Switch



H1_1 -> H4_2

Ex – x. Ethernet port
Sx – x. Serial port

Csomag továbbítás

H1_1 -> H4_2

A számítógép feladatai:

- H1_1 IP címe: **200.1.1.2**
- H1_1 ismeri H4_2 IP címét: **200.1.4.3**
- H1_1 megállapítja a hálózati maszk (255.255.255.0) segítségével, hogy a célállomás másik hálózaton van, tehát router-nek kell a csomagot küldeni
- Alapértelmezett átjáró (router): **200.1.1.1**
- H1_1 kikeresi az ARP táblájából a router IP címéhez tartozó MAC (Ethernet) címét. Ha nincs benne, az ARP protokollal beszerzi.
- A csomagot Ethernet keretbe ágyazza és kiküldi az Ethernet interfészen

Csomag továbbítás

H1_1 -> H4_2

Az R1 router feladatai:

- **Az R1 router E0 interfészén keret érkezik**
- **Kiszedi a beágyazott IP csomagot**
- **Megnézi, hogy a cél IP cím hálózati része megegyezik-e valamelyik interfészének hálózati címével. Ha igen, közvetlenül a cél számítógépnek kell továbbítania**
- **Esetünkben ez nem áll fenn, ezért a routing táblából kikeresi a célhálózatra vonatkozó bejegyzést: a 200.1.8.2 címre (R2 router) kell továbbítania csomagot. 2 ugrással elérhető a célhálózat**
- **R1 a beállított adatkapcsolati protokollnak (pl. HDLC) megfelelő típusú keretbe ágyazza az IP csomagot, majd az S1 soros WAN kimenetére küldi**

Csomag továbbítás

H1_1 -> H4_2

Az R2 router feladatai:

- **Az R2 router S1 interfészén keret érkezik**
- **Kiszedi a beágyazott IP csomagot**
- **Megnézi, hogy a cél IP cím hálózati része megegyezik-e valamelyik interfészének hálózati címével. Ha igen, közvetlenül a cél számítógépnek kell továbbítania**
- **Esetünkben ez nem áll fenn, ezért a routing táblából kikeresi a célhálózatra vonatkozó bejegyzést: a 200.1.3.2 címre (R4 router) kell továbbítania csomagot. 1 ugrással elérhető a célhálózat**
- **R2 Ethernet keretbe ágyazza az IP csomagot, majd kiküldi az E1 interfészén**

Csomag továbbítás

H1_1 -> H4_2

Az R4 router feladatai:

- **Az R2 router E0 interfészén keret érkezik**
- **Kiszedi a beágyazott IP csomagot**
- **Megnézi, hogy a cél IP cím hálózati része megegyezik-e valamelyik interfészének hálózati címével. Ha igen, közvetlenül a cél számítógépnek kell továbbítania**
- **Esetünkben ez a helyzet. Az E0 interfészhez kapcsolódó hálózaton van a célállomás**
- **R4 kikeresi a 200.1.4.3 IP címhez tartozó Ethernet címet az ARP táblájából, keretbe ágyazza az IP csomagot, majd kiküldi az E0 interfészén**