



# Mobilitás és MANET

## Intelligens közlekedési rendszerek

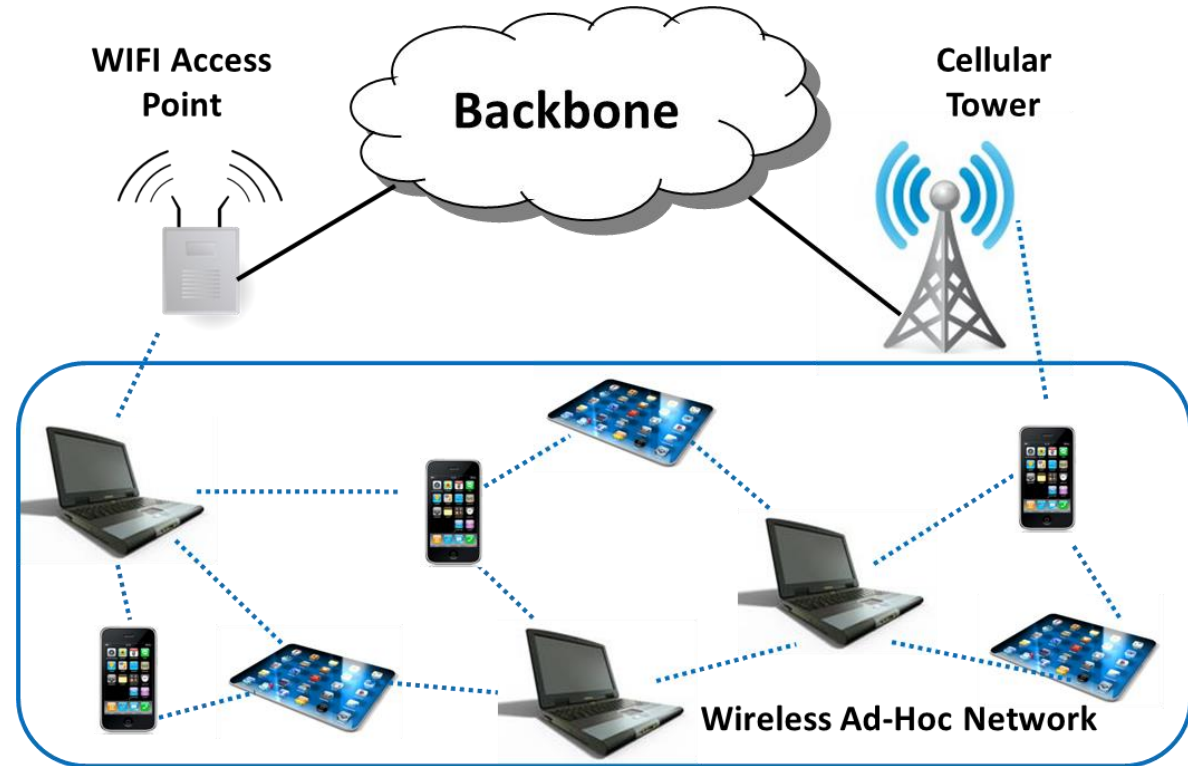
---

VITMMA10 – Okos város MSc mellékspecializáció

Vida Rolland

# Áttekintés

- MANET – Mobile Ad Hoc Networks
- **„Ad Hoc”** jelentése
  - Azonnal, ideiglenesen, előkészület nélkül
  - Ad hoc bizottság = ideiglenes testület, rendkívüli, a szervezet folyamatos működésétől eltérő feladat megoldására



# Ad hoc hálózatok

- **Infrastruktúra-mentes hálózat**

- Internet kapcsolat nélkül
- Előre telepített szerverek (AAA, DHCP, stb.), szolgáltatások nélkül

- **Nincs IP alhálózat alapú címzés**

- Problémát okoz a “klasszikus” routing protokollok számára

- **Nincsenek megbízható (stabil) hálózati eszközök**

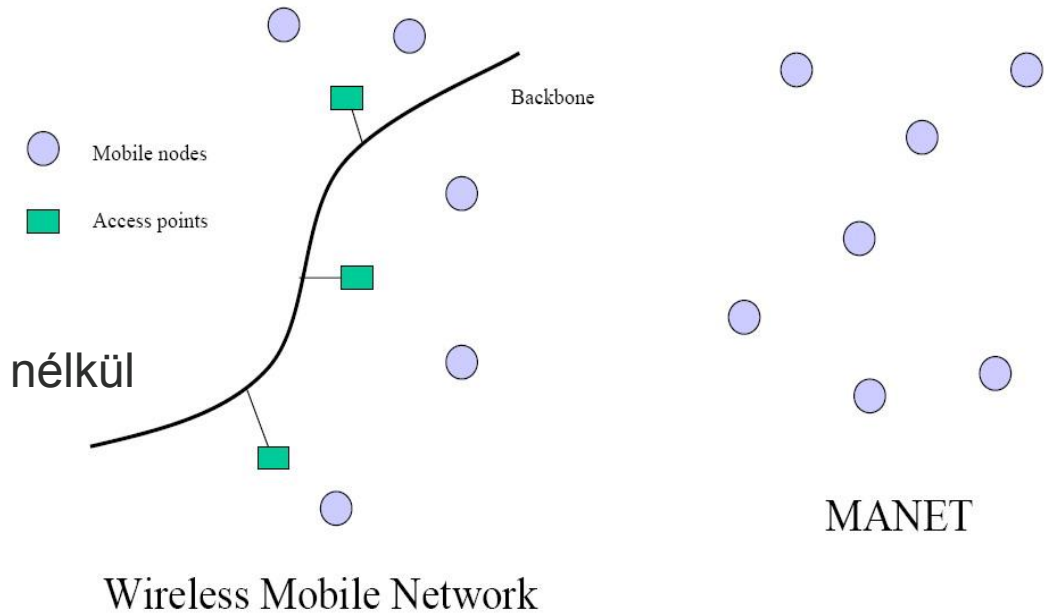
- Bármikor változhat a „szomszédom” állapota – lemerül, eltávolodik, stb.
- Nem ismerem a szomszédomat, nem tudom hogy megbízhatók-e benne

- **Önszerveződés**

- Peer-to-peer paradigma (layer 3, hálózati szinten)

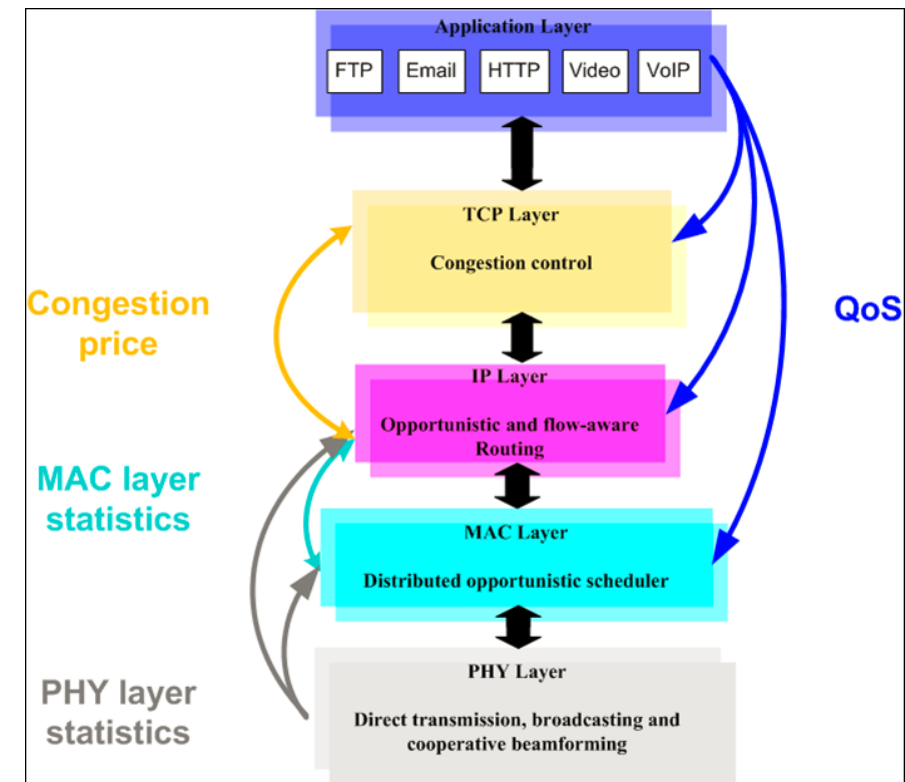
- **Multi-hop**

- kommunikáció (routing) több ugráson (eszközön) keresztül



# MANET kutatási témák

- Fizikai réteg -> „*mobilitás modellek*”
  - Energiatakarékos működés
  - Mobilitáshoz igazított rádiós technológiák
- **Adatkapcsolati réteg**
  - MAC (osztott közeghozzáférés, hatékonyság, ütközések csökkentése)
- **Hálózati réteg**
  - Útválasztás (dinamikus topológia, prefix-alapú routing nem működik)
- Felső rétegek
  - Csomag újraküldés, TCP (csomagvesztés, „bizonytalan” közeg)
  - Biztonság (kiterjeszhető mindegyik rétegre)
- Cross-layer optimization
  - Az ISO/OSI model több rétegének együttes optimalizálása
  - Minden egyes rétegnek van hatása a mobilitásra

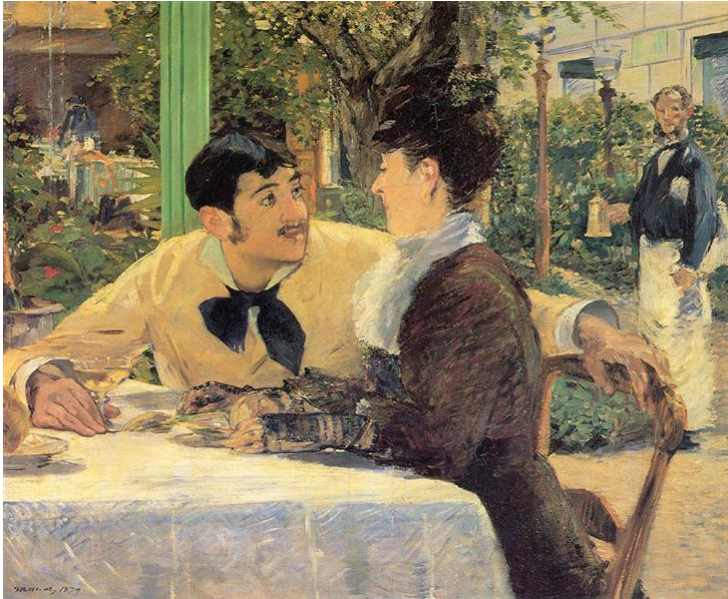
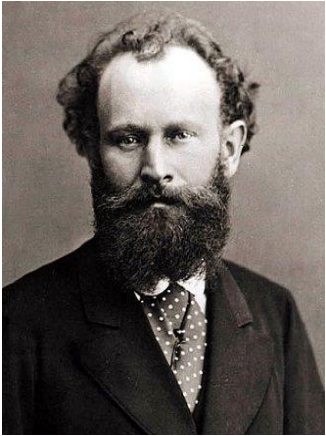


# Mobilitás típusok

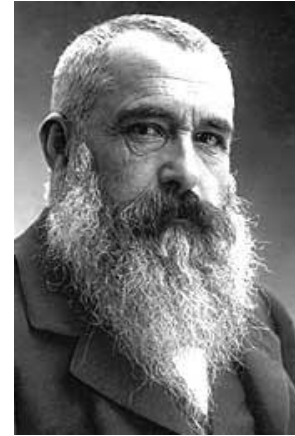
- Nomád (**nomadic**) mobilitás
  - Mozgás során *nincs* aktivitás – kikapcsolt állapot
  - Új cím kiosztása, a régi kapcsolatok felvétele a helyváltoztatás után.
- Lassú (**slow**) mobilitás
  - Pl. konferencia halljában sétáló emberek
  - egyetemi campus – sétáló, bicikliző diákok
  - várótermek
- Gyors (**fast**) mozgás
  - Autók, motorkerékpárok, ...
- Együtt mozgó hálózatok...

# MANET vs. MONET

Edouard MANET



Claude MONET



## Mobile Ad Hoc Network

## Moving Networks

- Együttmozgó hálózatok
  - Pl.: vonat, metró, busz, repülőgép utasai
- Alternatív elnevezés
  - **Networks in Motion – NEMO**

# NEMO – mozgó hálózatok

- Sok MN közös mozgása
  - Ha amúgy is együtt mozognak, kezeljük együtt a mobilitásukat
- MR (mobil router) – default gateway
  - A NEMO-tagok és a külvilág közti kapcsolat biztosítása
  - Dedikált eszköz, vagy egy a sok közül (periodikusan szerepet cserélve)
    - Jellemzően a legerősebb akku, legnagyobb sávszélesség, stb.
- Az MN-eknek regisztrálniuk kell az MR-en
  - Az MR alhálózatához tartoznak
  - “Fix” csomópontok a hálózatban, (MR-hez képest) a relatív helyzetük változatlan
    - Emiatt Fixed Local Node-ként (FLN) is hivatkozzák őket



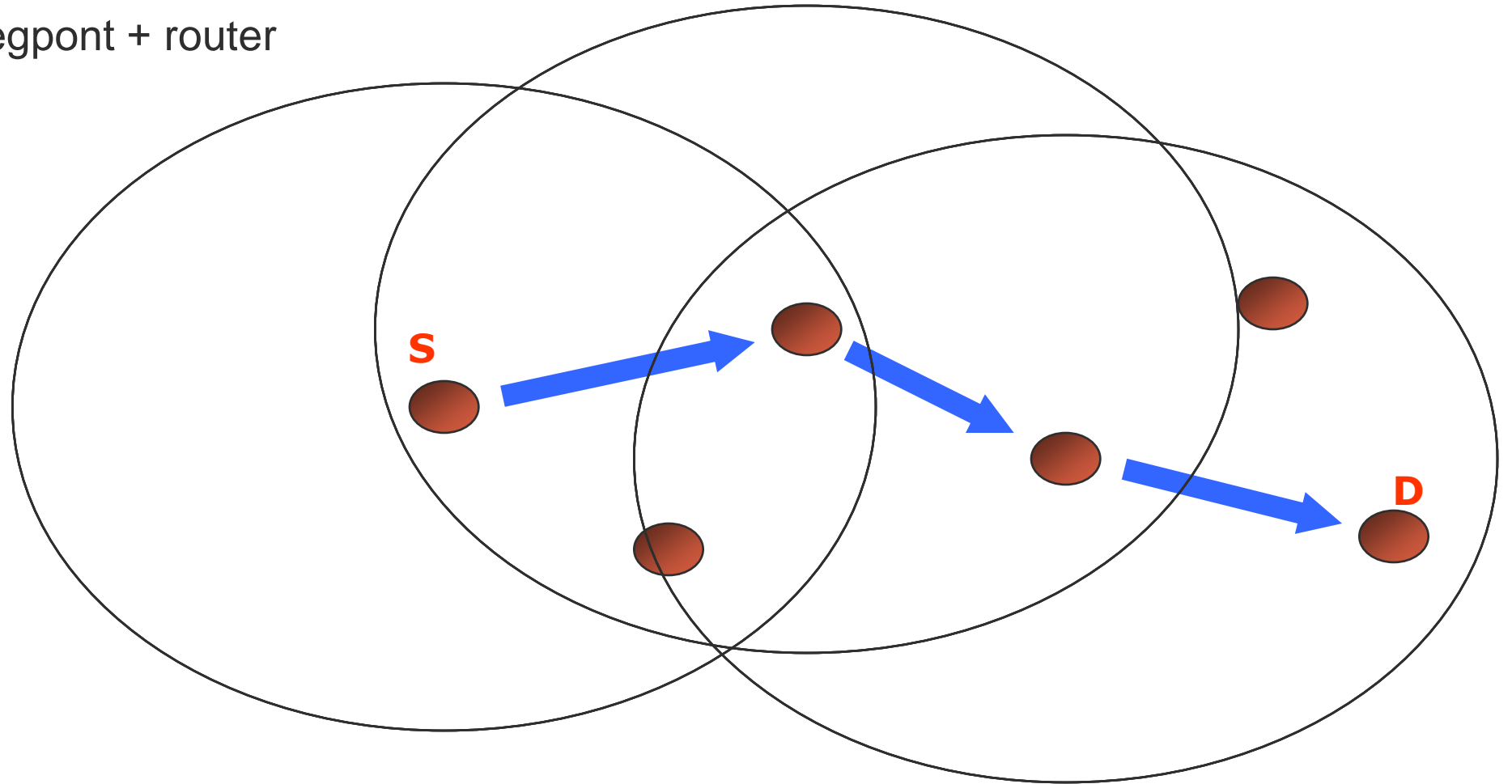
# NEMO hatékonysága függ a környezetétől

- (Lehetséges) hátrány:
  - Pl. 100 MN 3G/4G mobil internet hozzáféréssel egy városi környezetben
  - Ha az MN-ek nem lépnek be a NEMO-ba
    - - egyedi mobilitás menedzsment szükséges mind a 100 MN részére
    - + Egyenként megkapják a technológia által biztosított sávszélességet
  - Ha az MN-ek mind ugyanabba a NEMO-ba lépnek be
    - A szűk keresztmetszet az MR link kapacitása
    - Legrosszabb esetben az MN-ek csak 1/100-ad részét kapják az előző esetben számolt sávszélességnek
- (Lehetséges) előny:
  - Pl. 100 MN egy repülőgépen akar hálózatra csatlakozni
    - Gyakorlatilag az MR az egyetlen lehetőség a kapcsolatra
  - A mobilitás menedzsment optimális
    - Csak az MR mobilitását kell menedzselni



# MANET routing

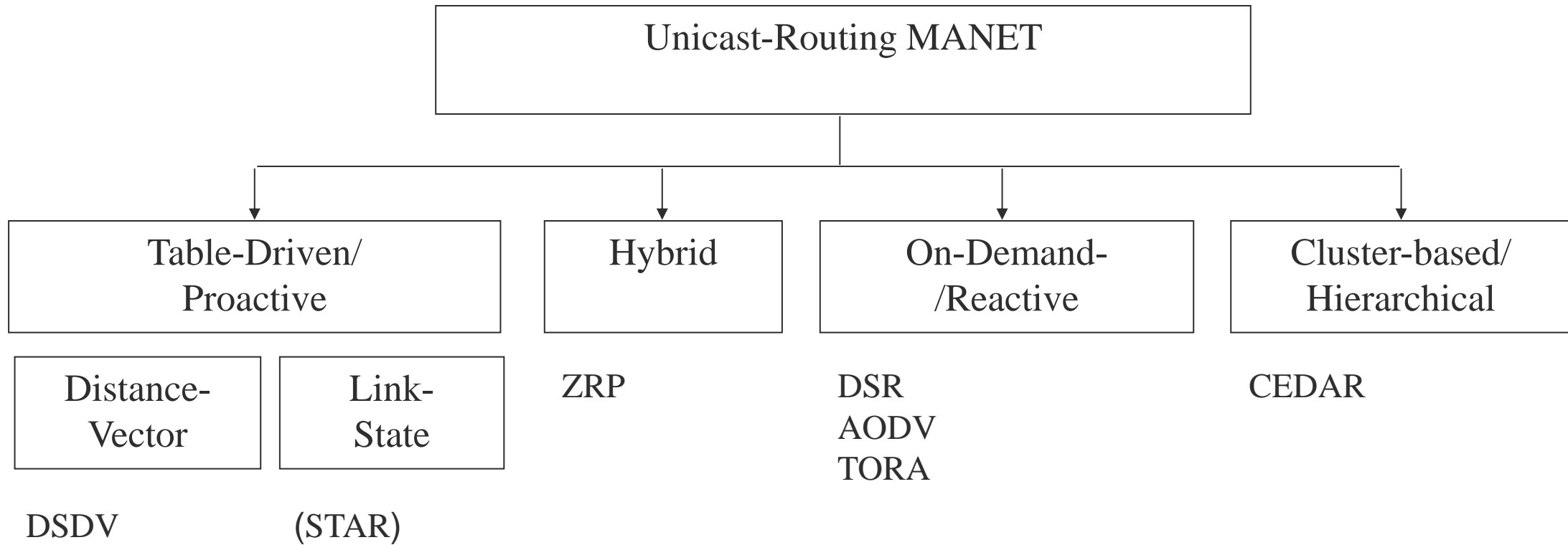
- Pontról pontra
- Mobil állomás = végpont + router



# Általában az útválasztásról

- Nagyon sok útválasztó protokollt kidolgoztak
  - Egyesek speciálisan a MANET-re
  - Másokat adaptálták a vezetékes hálózatok világából
- Nincs egyetlen protokoll, amely minden helyzetben jól működik
  - Egyes megközelítések ún. **adaptív protokollokat** definiáltak
- Kívánatos tulajdonságok vezeték nélküli ad-hoc routingnál
  - Elosztott működés
  - Hurokmentesség
  - Igény szerinti működés
  - Biztonság
  - „Alvás” periódusok támogatása
  - Egyirányú linkek támogatása

# MANET (routing) protokollok



MANET: Mobile Ad hoc Network  
(IETF working group)

# MANET routing

- Két széles körben hivatkozott MANET
  - **Proaktív**
    - Folyamatosan karban tartja a routing táblát
    - Forgalomtól függetlenül
    - Viszonylag stabil hálózatok
    - DSDV – Bellman-Ford algoritmus alapján
  - **On demand, reaktív**
    - Csak akkor épít utat, ha csomagot kell küldeni a célnak
    - Ideiglenesen tart fent útvonalat
    - AODV
- Hibrid protokollok
  - Kombinálja az előző kettőt
- Helyzet-alapú protokollok
  - Földrajzi információkat alkalmaz az útválasztásnál



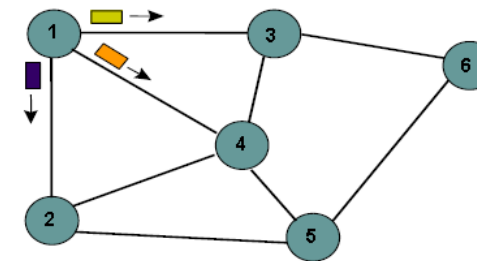
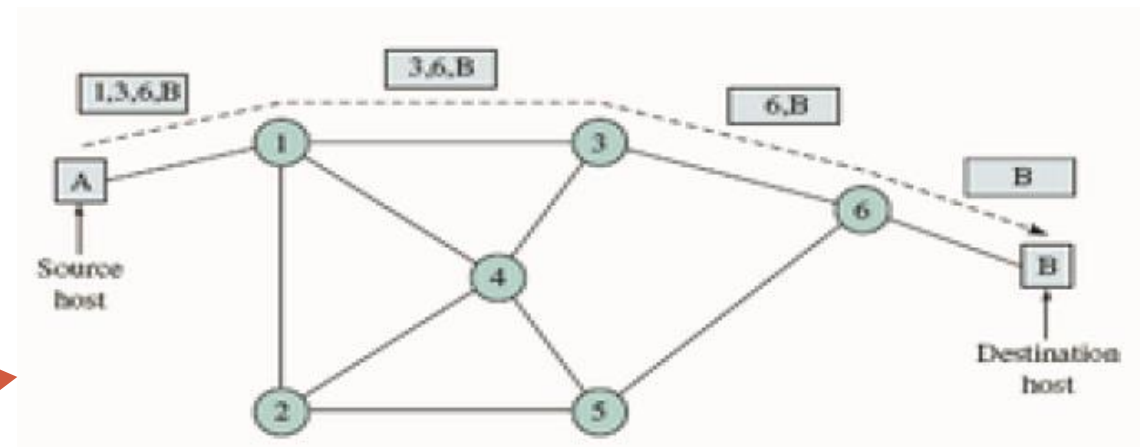
# Megkötések

- Késleltetés
  - **Proaktív** protokollok kisebb késleltetési paramétert biztosítanak, hisz mindig van naprakész útvonal-táblájuk
  - **Reaktív** protokollok ellenben nagyobb késleltetéssel bírnak, hisz meg kell keresni az A-ból B-be vezető utat, ha szükséges.
- Overhead
  - **Proaktív** protokollok ellenben általában nagyobb overhead-et produkálnak
  - **Reaktív** protokollok esetén kisebb az overhead, hisz a felesleges utakat nem frissítik állandóan
- Az alkalmazásoknál ki kell választani a legmegfelelőbb protokollt
  - Kis mobilitás -> **Proaktív** protokoll
  - Nagy mobilitás -> **Reaktív** protokoll

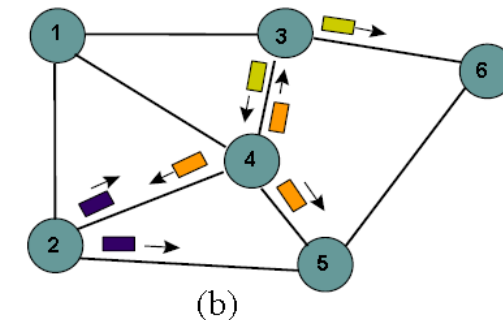
# Merre küldjem a csomagot?

- Néha csak a forrás tudja

- A fejléc el kell tárolja a köztes csomópontok címét
  - Az útvonal ezt a listát követi
- Forrás-alapú routingnak (**source routing**) nevezik, mert a teljes útvonalat a forrás határozza meg
  - **Pl.: Dynamic Source Routing (DSR)**
- Nagyméretűre nőhet a fejléc
  - Fragmentáció, hatékonyság csökken
  - Különösen hosszabb útvonalak és kis hasznos adat esetén



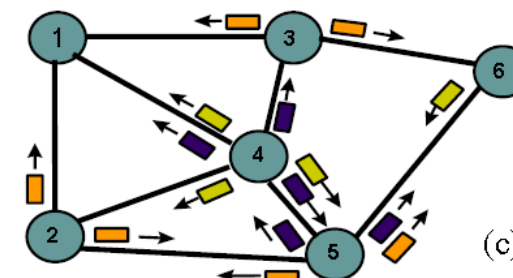
(a)



(b)

- Néha senki se tudja

- Elárasztás alapú (**flooding**) megoldások
  - Mindenki továbbárasztja a kapott csomagot
  - Remélhetőleg eljut a célhoz is
- Nagy a terhelés a vezeték nélküli hálózaton, ahol kevés az erőforrás



(c)

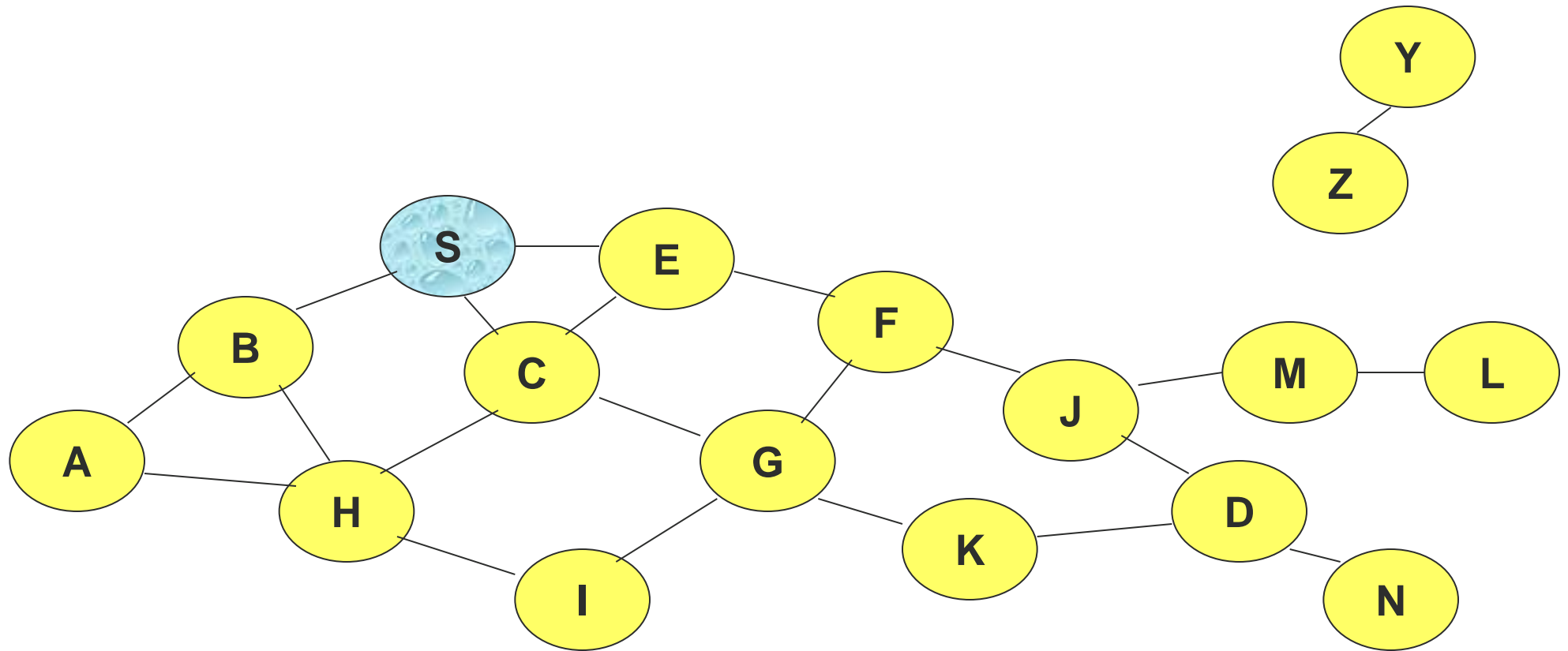
# Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV)

- AODV igyekszik javítani a helyzetet
  - Routing táblát tart fent, nem kell a fejlécben tárolni a teljes útvonalat
- Ugyanakkor az AODV egy reaktív útvonal
  - Csak az aktív útvonalak esetében tart fent bejegyzést a routing táblákban

- Útvonal felderítéshez a forrás **Route Request (RREQ)** üzenettel árasztja el a hálózatot
  - RREQ-t csak egyszer küldünk, a forrás nem küldi újra
- Amikor egy csomópint újraküld egy Route Request üzenetet, egy **reverse path pointer**-t (visszaút mutató) jegyez be a forrás felé
  - AODV szimmetrikus (bi-directional, kétirányú) linket feltételez
  - Egy rövid időzítő biztosítja, hogy hamar (néhány RTT-nyi időn belül) kiöregedjenek ezek a bejegyzések
- Ha a RREQ eléri a D célállomást, az egy **Route Reply (RREP)** üzenettel válaszol
- A RREP a reverse path pointerek által meghatározott útvonalon éri el az S forrást



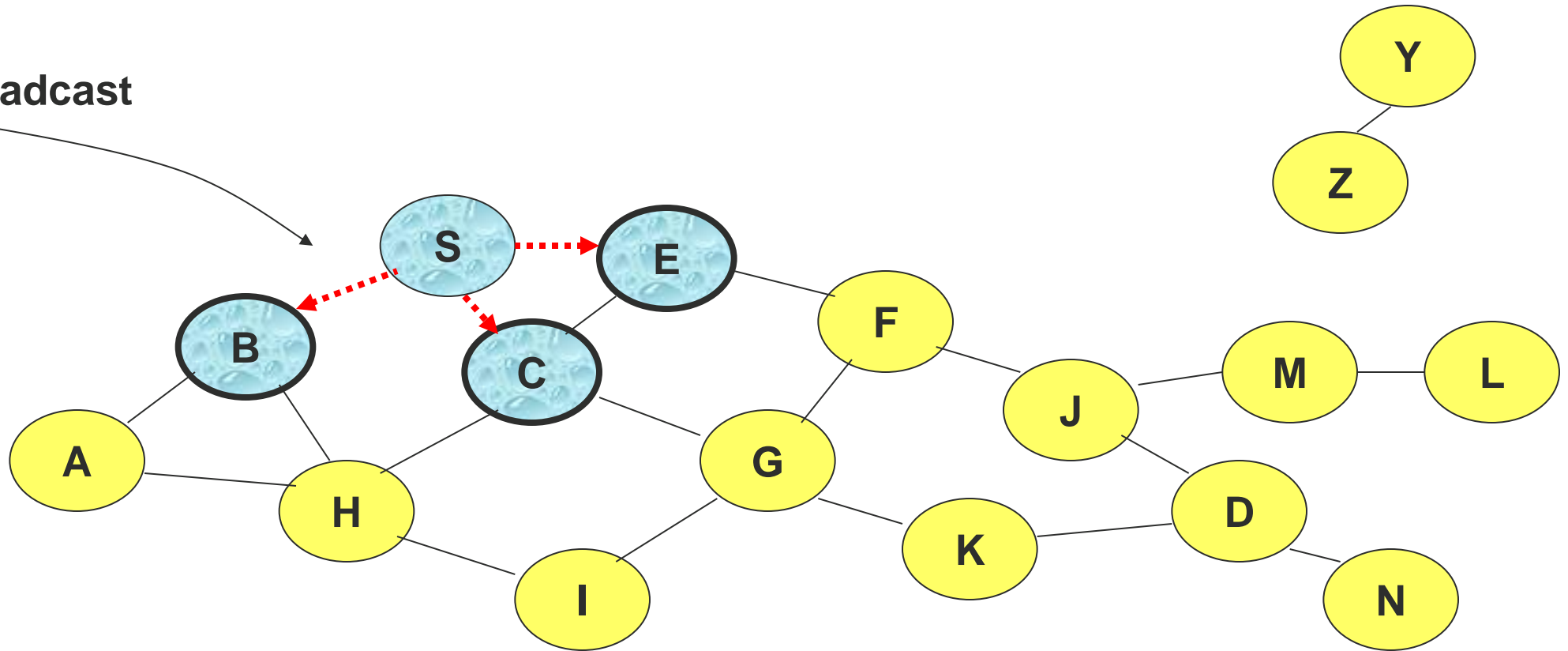
# Route Request - AODV



Olyan csomópont, amelyik már fogadott egy S-ből indított, D-t kereső RREQ üzenetet

# Route Request - AODV

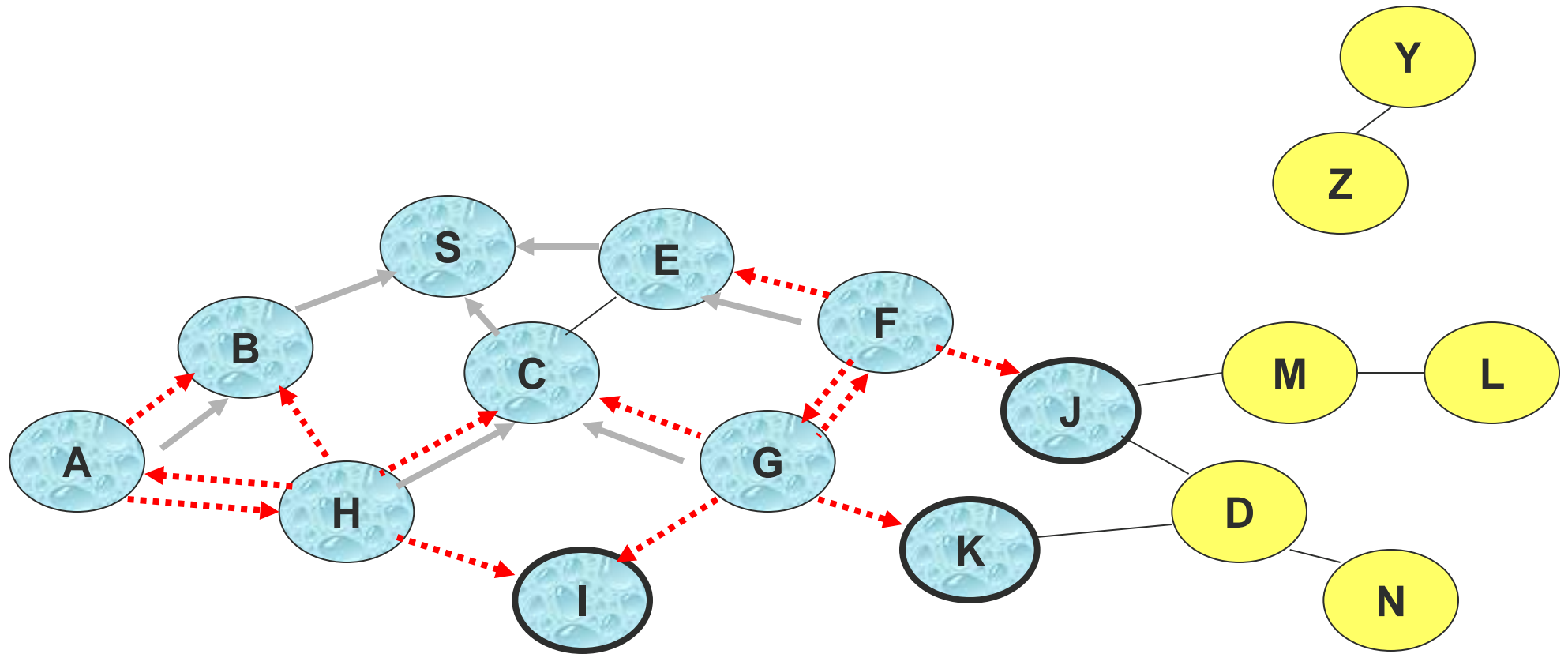
Broadcast



.....➔ RREQ küldése

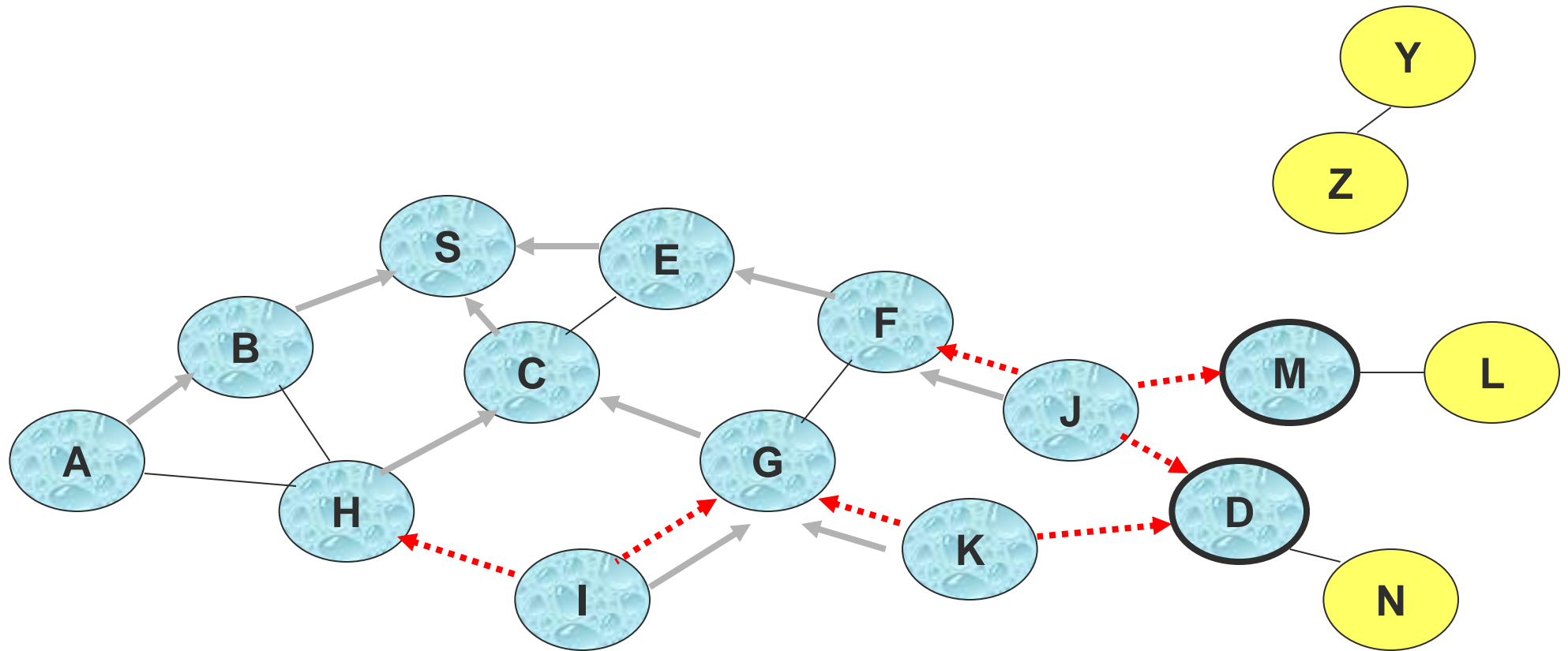


# Reverse Path - AODV

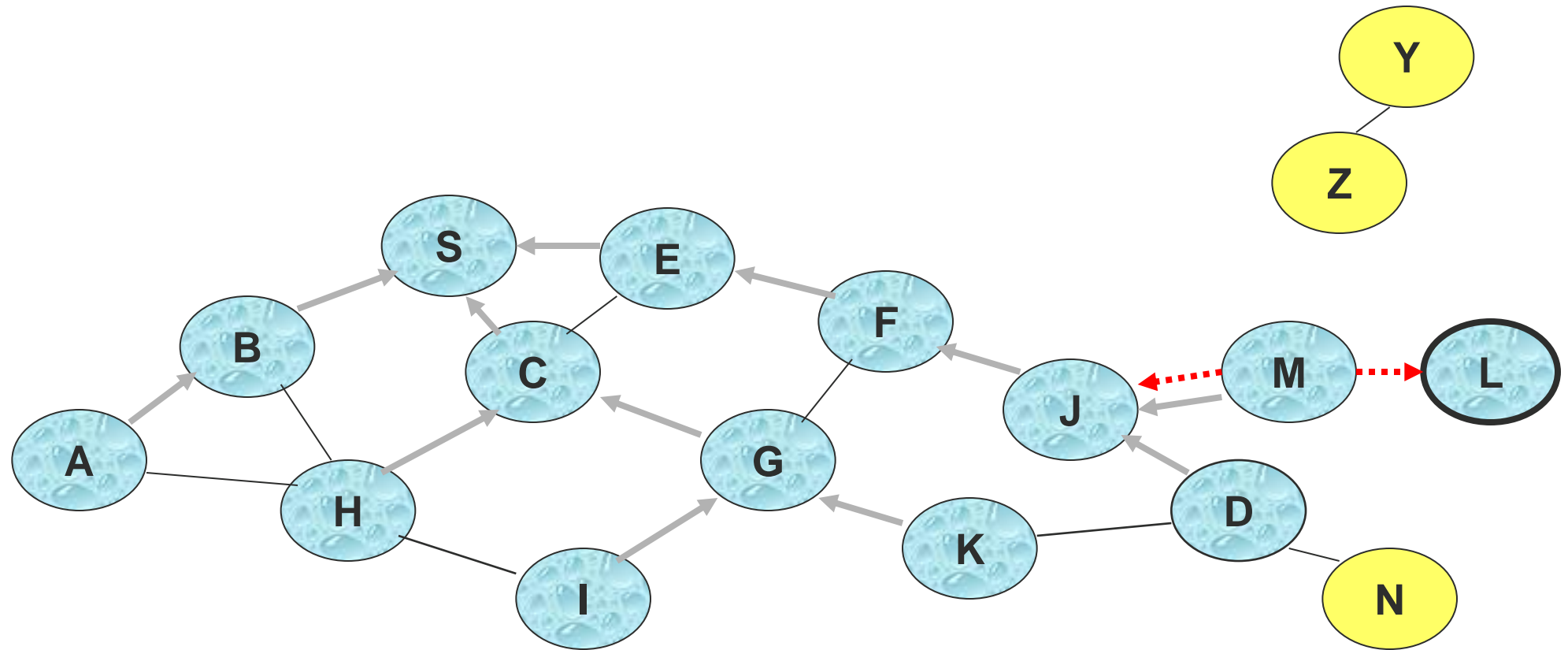


- C csomópont megint kap egy RREQ üzenetet (G és H szomszédjaitól) de **nem továbbítja azt újra**, mivel elküldte azt már korábban

# Reverse Path - AODV

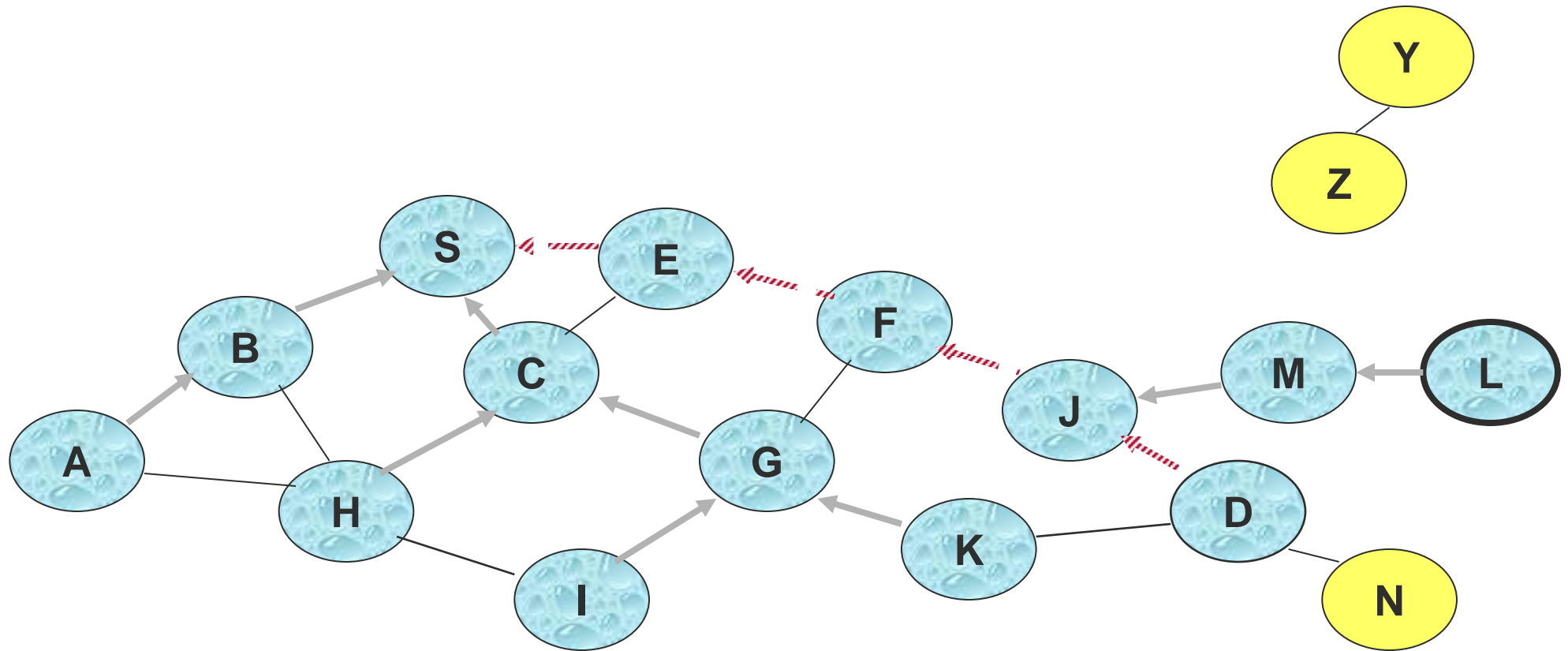


# Reverse Path - AODV



- D csomópont **már nem továbbítja** a RREQ üzenetet, mert ő a célállomás

# Route Reply - AODV



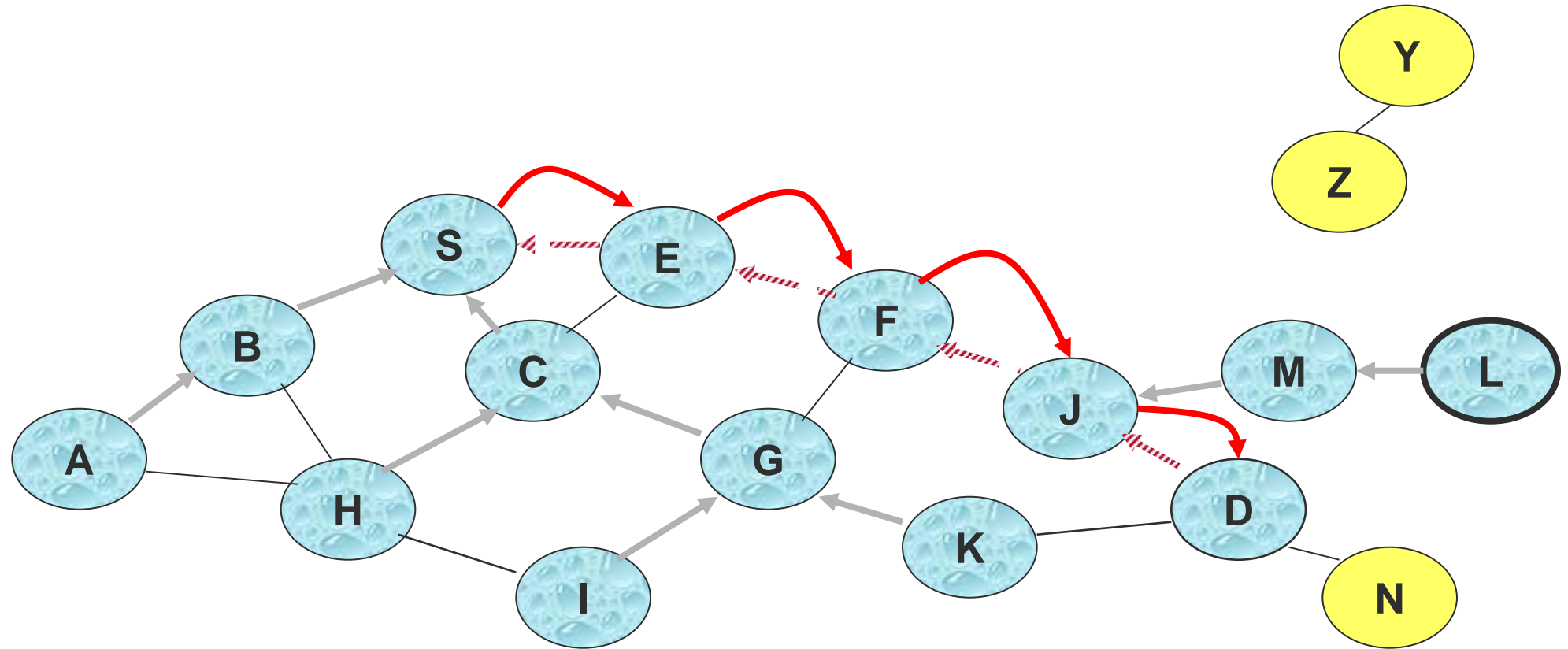
 A RREP üzenet útvonala

# Route Reply

- Egy köztes csomópont (nem a célállomás) szintén válaszolhat **Route Reply (RREP)** üzenettel
  - Amennyiben a forrásnál frissebb útvonalat ismer D felé
- Az útvonal frissességét a *destination sequence numbers* (DestSeqNr) segítségével ellenőrzik
- RREP üzeneteket a célállomáson kívül viszonylag kevés csomópont fog küldeni
  - Minden egyes RREQ esetében növelik a DestSeqNr-t
  - Egy köztes csomópont csak akkor válaszolhat egy RREQ-ra, ha az általa nyilvántartott D-be vezető útvonalhoz **nagyobb DestSeqNr** tartozik



# Forward Path - AODV

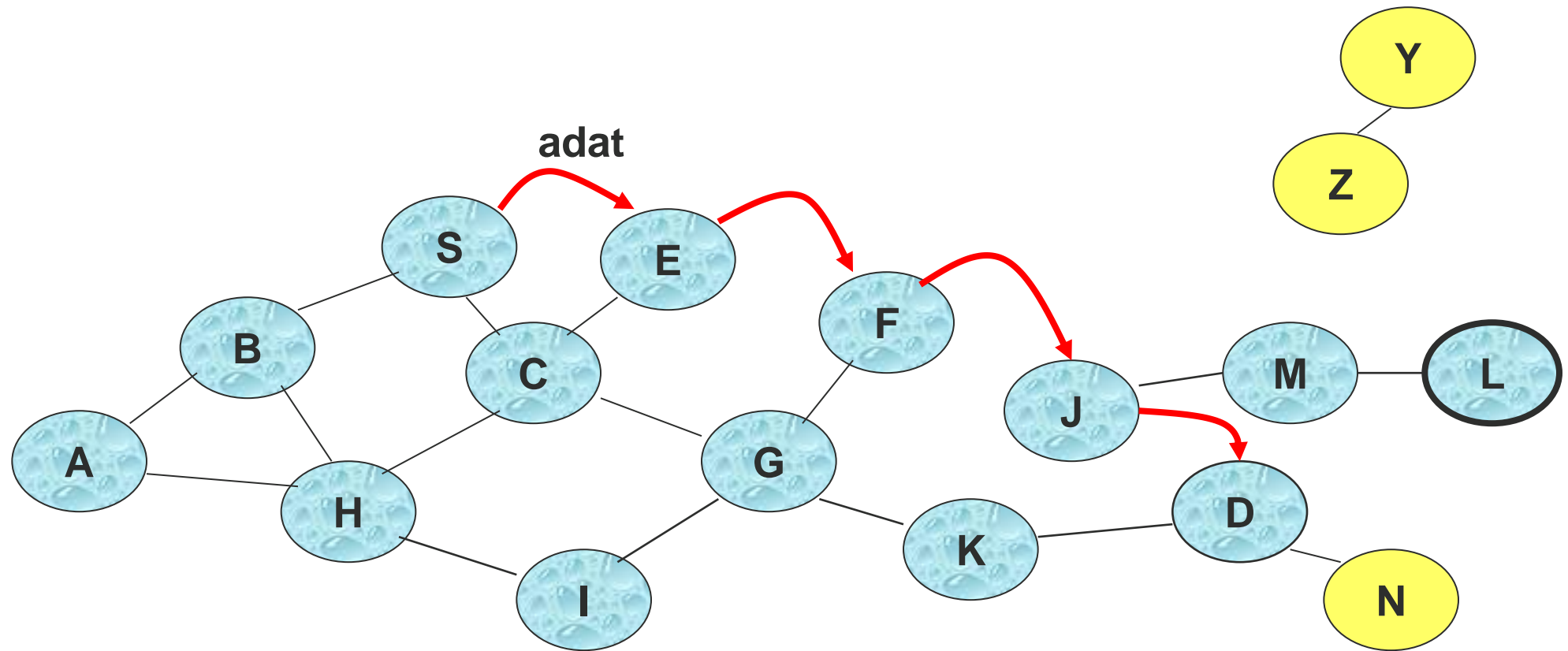


Amint a RREP üzenet a D-től az S-ig terjed,  
bejegyzésre kerülnek az előremutató pointerek



A forward path (előremutató) pointer

# Adatküldés - AODV



Adattovábbításhoz a routing tábla bejegyzéseit használják

Az útvonal **nincs** a fejlécbe foglalva.

# Időzítők

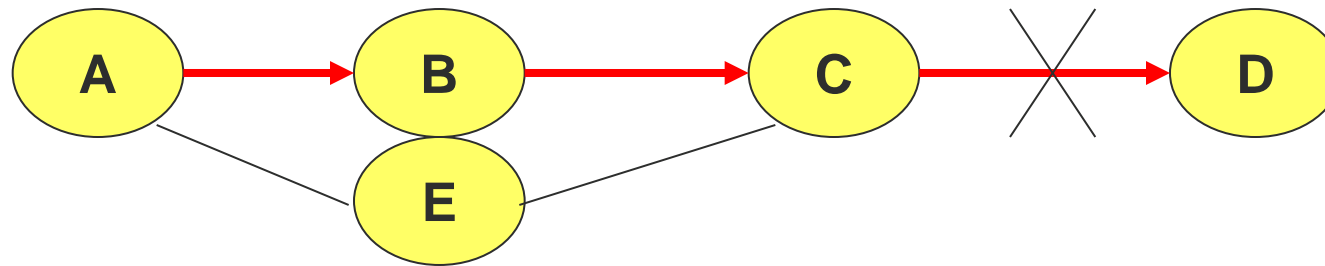
- A **reverse path** bejegyzéseket egy rövid idő után törlik a routing táblából
  - A vezetéknélküli közeg sajátosságait és a hálózat méretét figyelembe véve időt kell hagyni, hogy az RREP üzenet visszaérkezéséig érvényes maradjon a bejegyzés
- Az **előremutató útvonal** bejegyzést akkor törlik, ha inaktívak
  - *active\_route\_timeout*
  - Ha nincs adatforgalom, akkor törlik a bejegyzést, akkor is, ha topológia szerint még érvényes lenne az útvonal

# Route hiba (RERR) üzenet

- Amennyiben  $X$  nem tudja a ( $S$  forrástól  $D$  célállomásnak címzett)  $P$  csomagot az  $(X,Y)$  linken továbbküldeni, egy RERR üzenetet fog küldeni
- $X$  megnöveli egyel a  $D$ -re vonatkozó, általa nyilvántartott DestSeqNr-t
- A fenti  $N$  DestSeqNr-t is elküldi az RERR üzenettel
- Ha  $S$  megkapja a RERR üzenetet, egy új,  $D$ -re vonatkozó útvonal felderítést indít, amelyikben a DestSeqNr értéke legalább  $N$

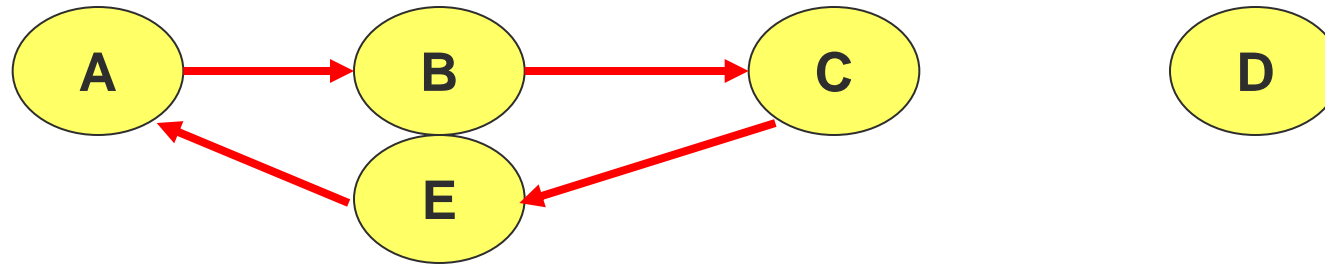
# DestSeqNr értelme az AODV-ben

- Ne használjanak régi/megszakadt útvonalakat
  - Eldönteni, melyik a frissebb útvonal
- Hurok kialakulásának megelőzése
  - Példa: hogy alakulna ki egy hurok, ha nincs DestSeqNr:



- A nem szerez tudomást a C-D link megszakadására, mert pl. a C által küldött RERR üzenet elveszik
- C indít egy útvonal felderítést a D célállomásra. A megkapja a RREQ üzenetet (a C-E-A útvonalon)
- A válaszol a kérésre, mert A ismer egy útvonalat D felé (a B csomóponton keresztül)

# DestSeqNr értelme az AODV-ben



- C-E-A-B-C hurok alakult ki

# Optimizálás: Expanding Ring Search

- Növekvő átmérőjű területen történő keresés
- A RREQ üzeneteket először egy kis Time-to-Live (TTL) értékkel küldik
  - Csak néhány ugrásig terjednek
  - Ez használható más, elárasztást használó protokollban is
- Ha nem érkezik Route Reply üzenet, növeli a TTL mező értékét
  - Néhány lépésben a teljes hálózatban keres

# Összefoglaló: AODV

- Az útvonalak nem a csomagfejlécben vannak meghatározva
- Csak aktív útvonalakra van érvényes routing tábla bejegyzés
- Adott csomópontban egy célállomáshoz legfeljebb egy bejegyzés tartozik
- Használaton kívüli útvonalakat törlik, akkor is, ha a topológia nem változik