



# V2V - routing

## Intelligens közlekedési rendszerek

---

VITMMA10 – Okos város MSc mellékspecializáció

Simon Csaba

# MANET Routing Protokollok

## Reaktív routing protokoll: AODV

---

Forrás: Nitin H. Vaidya, „Mobile Ad Hoc Networks: Routing, MAC and Transport Issues”  
<http://www.crhc.uiuc.edu/~nhv>

# Elárasztás alapú adat-továbbítás

- S forrás szórással(broadcasts) küldi el a P csomagot
  - Minden szomszédjának
- Egy csomópont ha sikeresen fogadja P-t
  - Minden szomszédjának továbbküldi
- Sorszám (Sequence Numbers – SeqNr) használatával küszöbölik ki a többszörös újraküldést
- A P csomag biztosan eljut a D célállomásba
  - Amennyiben van legalább egy út az S forrásból
- A D állomás már nem továbbítja a csomagot

# Broadcast Storm

- Elárasztás lavina
- Elárasztást sok protokoll használ
  - Pl. Dynamic Source Routing (DSR)
- Elárasztással együtt jár néhány probléma
  - ütközések
  - redundancia
- “jittering” megoldást jelenthet a késleltetésre
  - Véletlenszerű várakozás a továbbküldés előtt
- Redundanciát csökkenthetjük szelektív újraküldéssel
  - Megbecsüljük, hogy elég sok szomszédunk megkapta-e már P-t más forrásból
  - Csak ha NEM a becslés eredmény, akkor küldjük tovább

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

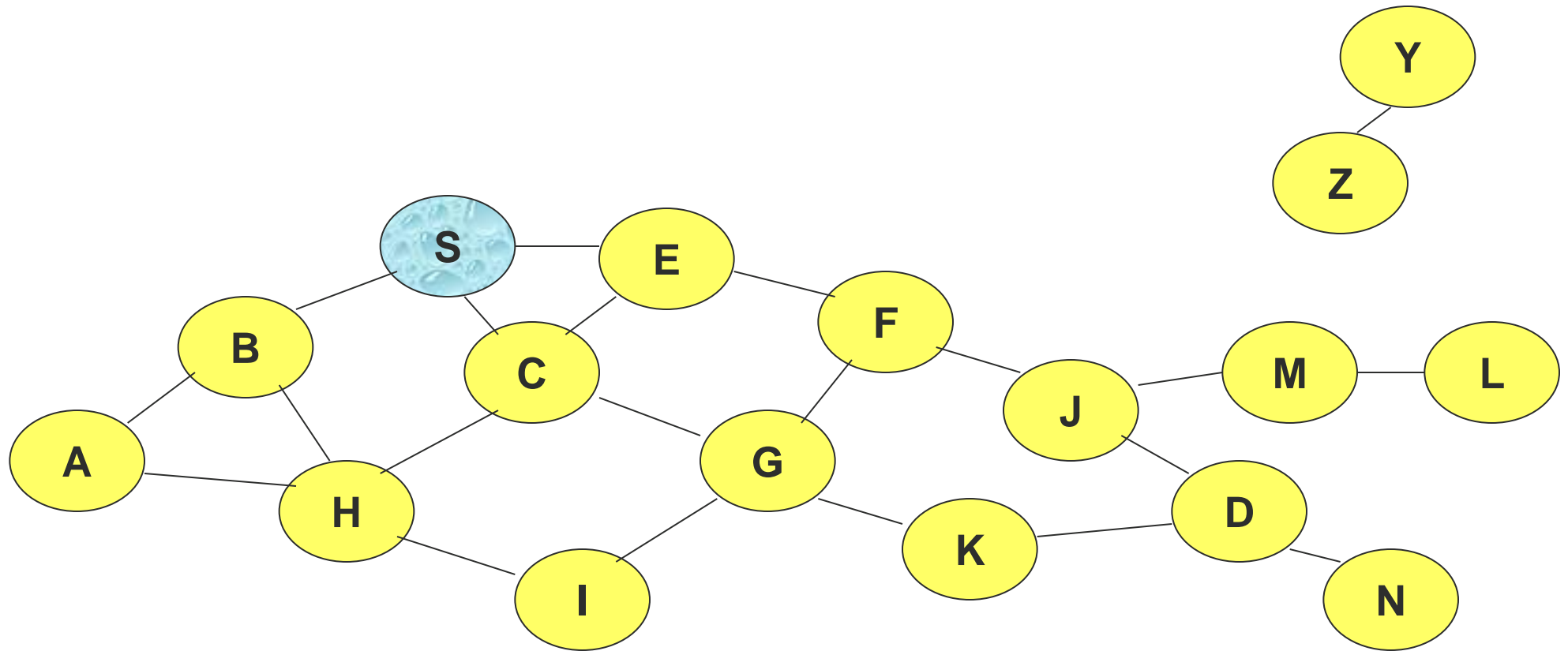
- Néhány MANET megoldás “előkészítés” nélkül továbbítja a csomagokat
  - A fejléc el kell tárolja a köztes csomópontok címét
  - Az útvonal ezt a listát követi
  - Forrás-alapú routingnak (source routing) nevezik, mert a teljes útvonalat a forrás határozza meg
  - Pl.: Dynamic Source Routing (DSR)
- Nagyméretűre nőhet a fejléc
  - Fragmentáció, hatékonyság csökken
  - Különösen hosszabb útvonalak és kis hasznos adat esetén
- AODV igyekszik javítani a helyzeten
  - Routing táblát tart fent, nem kell a fejlécben tárolni a teljes útvonalat
- Ugyanakkor az AODV egy reaktív útvonal
  - ~~DSR-hez hasonlóan csak az aktív útvonalak esetében tart fent bejegyzést a routing táblákban~~



# AODV

- Útvonal federítéshez 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

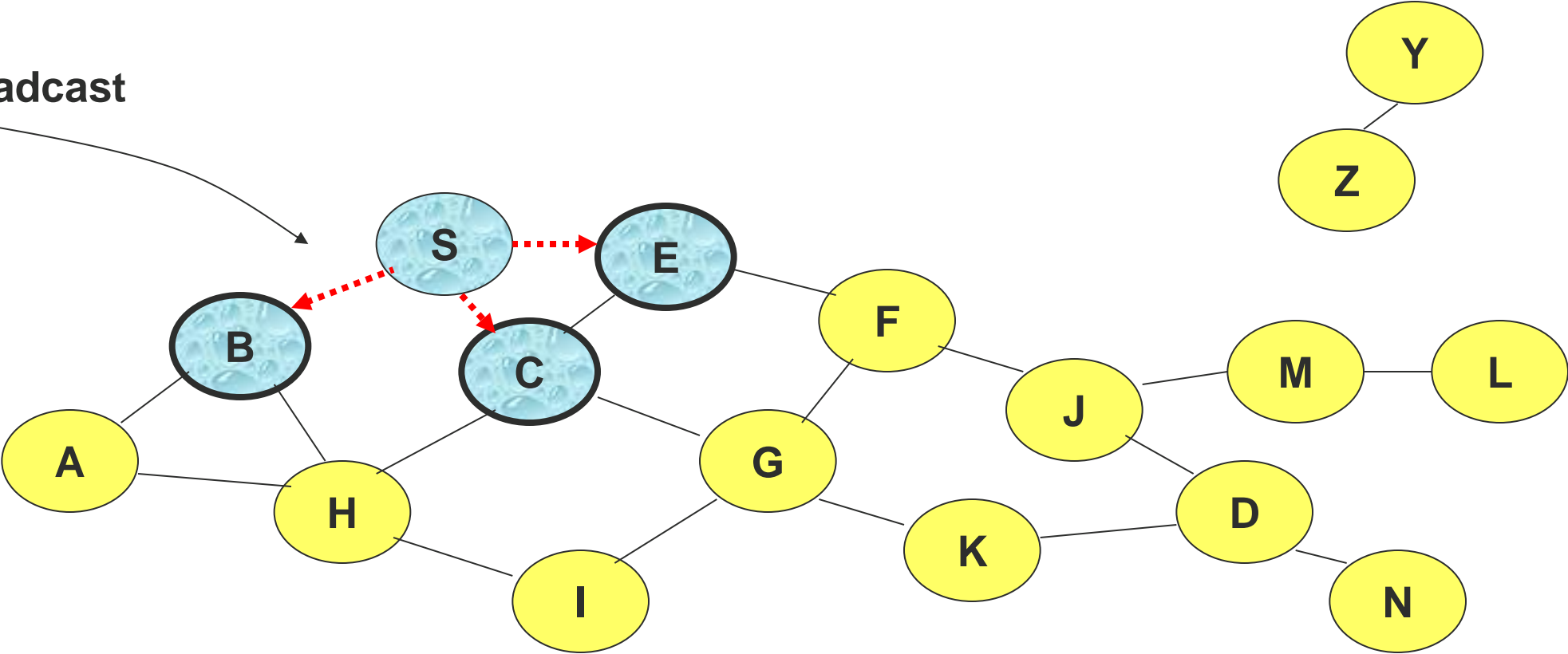
# Route Request - AODV



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

# Route Request - AODV

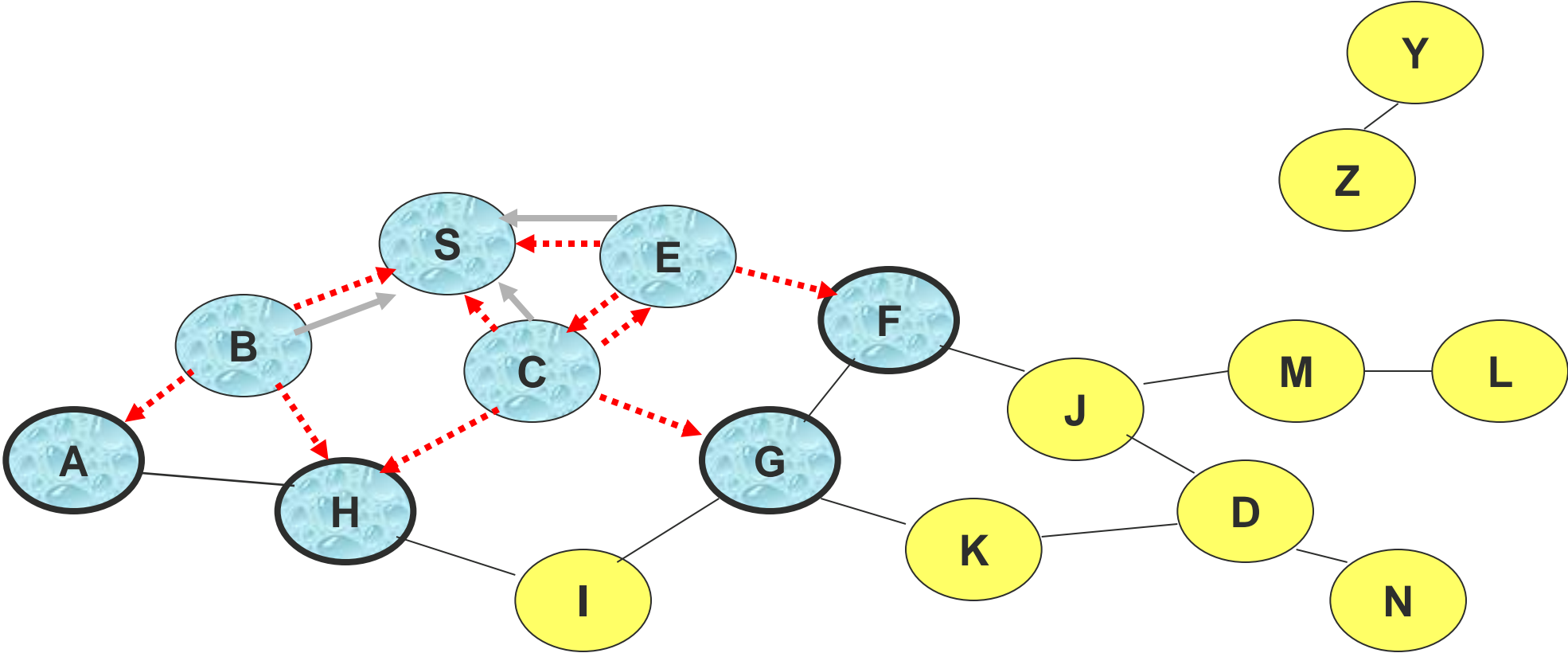
Broadcast



.....➔ RREQ küldése



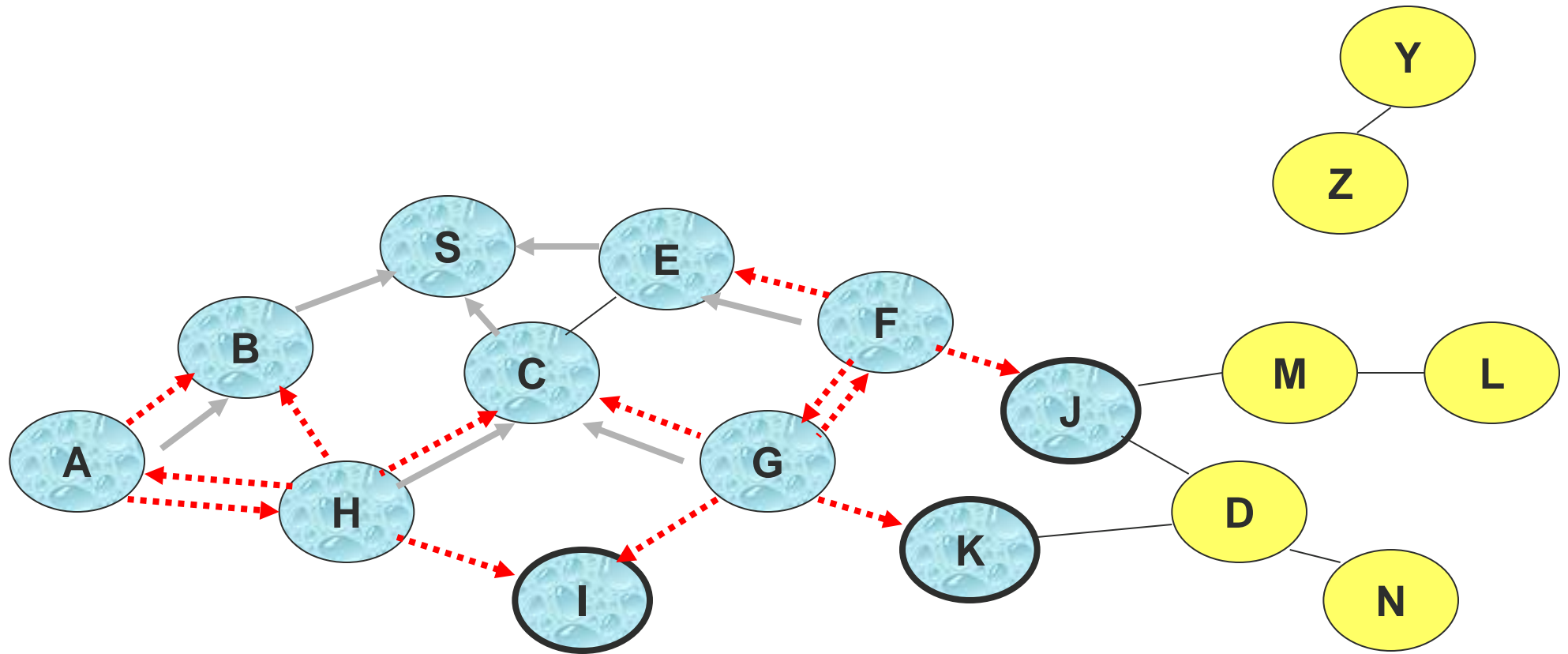
# Route Requests - AODV



← Reverse Path pointer



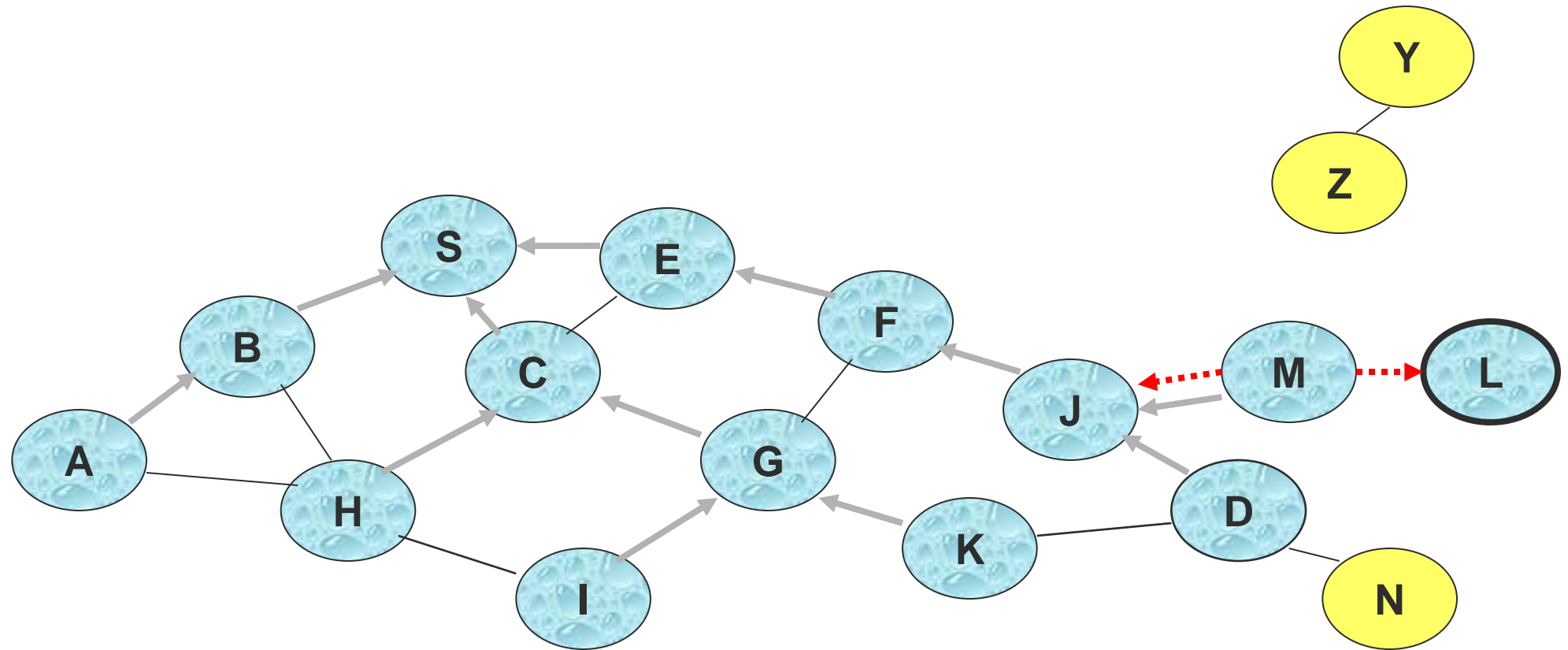
# Reverse Path - AODV



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

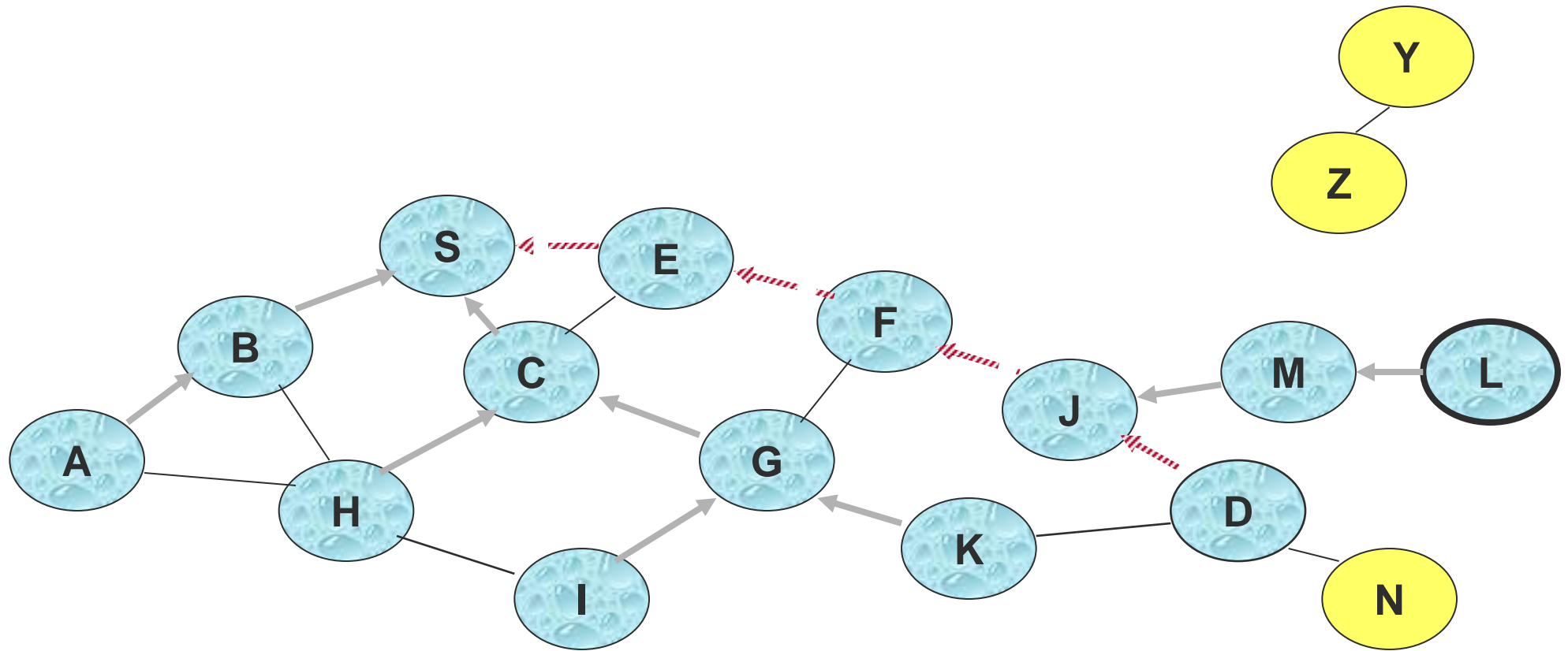


# Reverse Path - AODV



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

# Route Reply - AODV

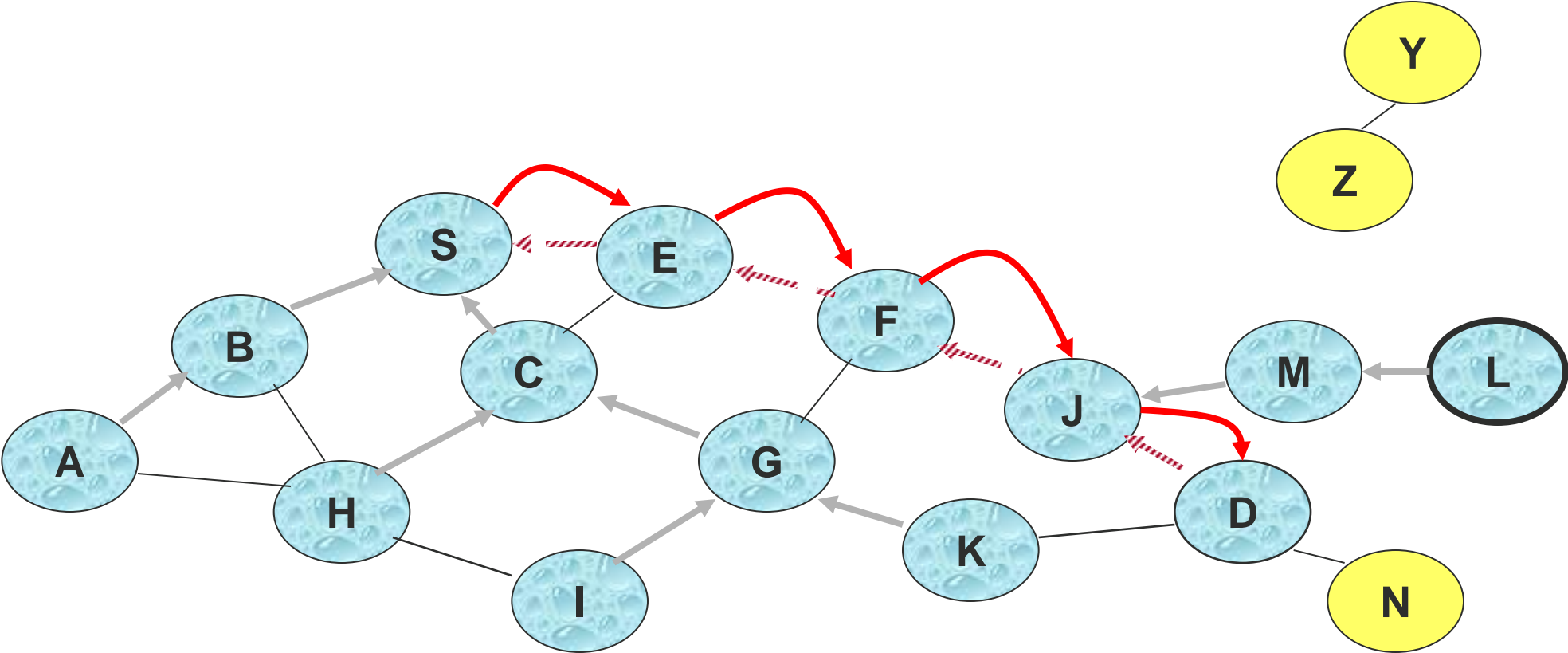


 A RREP üzenet útvonala

# 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

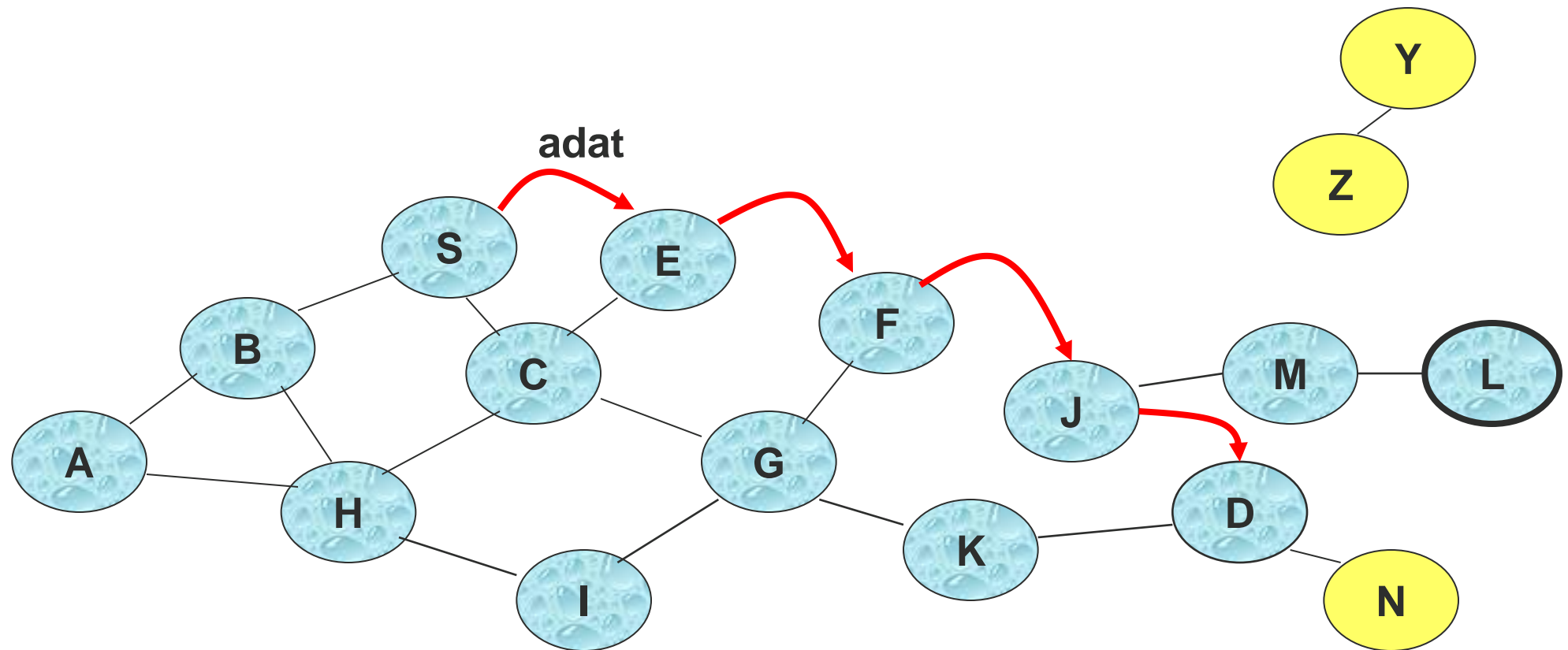


Amint a RREP üzenet a D-től az S-ig terjed,  
bejegyzésre kerülnek az előremutató pointerek



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 vezeték nélküli 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

# Link Hiba jelzése

- X csomópont szomszédja aktív a routing tábla bejegyzés szempontjából, amennyiben *active\_route\_timeout* perióduson belül a bejegyzés felhasználásával csomagot továbbítottak ettől a szomszédtól
- Ha a következő ugrás felé a link megszakad, értesítik a fenti módon nyilvántartott aktív szomszédokat
  - *Upstream* szomszédokat, ha a *downstream* útvonal megszakad
- A linkszakadás információkat a Route Error (RERR) üzenetek segítségével terjesztik
  - Ez az üzenet is tartalmaz DestSeqNr-t

# 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  $N$

# Destination Sequence Number

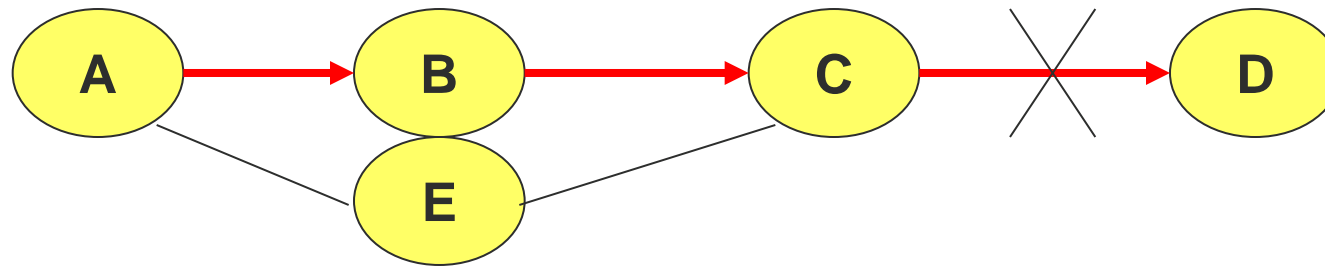
- Folytatás az előző fóliáról...
- Amikor D megkapja az N DestSeqNr-t tartalmazó RREQ üzenetet
  - D átállítja a DestSeqNr-t, kivéve ha az már nagyobb N-nél

# Link hiba észlelés

- *Hello* üzenetek: szomszédos csomópontok rendszeresen hello üzeneteket váltanak
- Hello üzenetek hiánya linkszakadásra utal
- Alternatíva: MAC-szintű nyugták hiányát is lehet linkszakadásként értelmezni

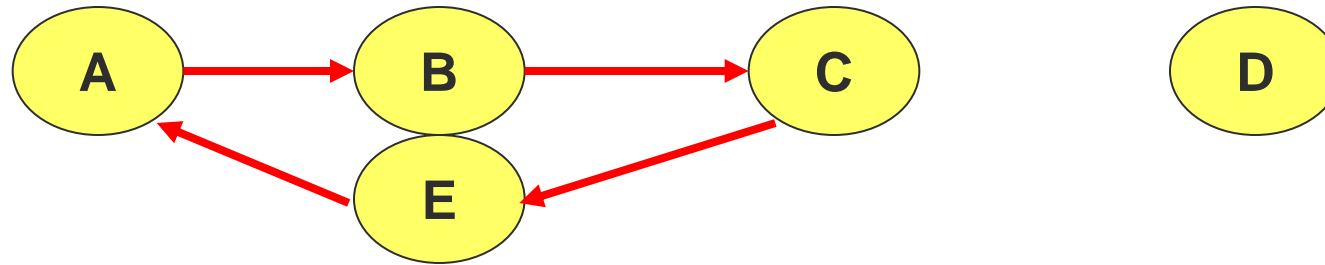
# DestSeqNr értelme az AODV-ben

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

# MANET Routing Protokollok

## Proaktív routing protokoll: DSDV

---

Forrás: Nitin H. Vaidya, „Mobile Ad Hoc Networks: Routing, MAC and Transport Issues”  
<http://www.crhc.uiuc.edu/~nhv>

# Proaktív Protokollok

- A korábban bemutatott routing megoldások reaktívak
  - Csak aktív útvonalak esetében épülnek ki
- Proaktív megoldások folyamatosan fenntartanak egy útvonalat
  - Pl. distance-vector (távolság vektor) és link-state (linkállapot) mechanizmusok

# Link állapot

- Minden csomópont rendszeresen elárasztja a hálózatot saját linkjeinek állapotával
- Minden csomópont továbbítja a szomszédjaitól kapott link állapot információkat
- Minden csomópont nyilvántartja a linkállapotokat a fenti információk alapján
- Minden csomópont kiszámítja a következő ugrást minden egyes célállomás felé
  - azaz minden hálózati csomópont felé

# Destination-Sequenced Distance-Vector (DSDV)

- Cél-szerint sorszámozott távolság vektor alapú routing protokoll
- Minden csomópont fenntart egy routing táblát minden egyes csomópont felé
  - Next hop
  - Költség metrika a célállomás felé
  - destination sequence number – a célállomás által kibocsátott DestSeqNr
  - További sorszám a hurokelkerülés céljára
- Minden csomópont rendszeresen továbbítja routing tábláját a szomszédainak
  - Minden csomópont növeli és hozzáadja saját sorszámát
  - Ezt a sorszámot használják a többi csomópontok, ha erre a csomópontra vonatkozó útvonalat kell kiépítsenek

# Destination-Sequenced Distance-Vector (DSDV)

- Ebben az esetben X csomópont az Y szomszédjától kap egy frissítést a Z csomópont felé kiépített útvonalról



- Legyen  $S(X)$  és  $S(Y)$  a Z-re vonatkozó, X-ben és Y-ben tárolt DestSeqNr

# Destination-Sequenced Distance-Vector (DSDV)

- Az X csomópont a következő lépések során dönt a frissítésről



- Ha  $S(X) > S(Y)$ , akkor X nem veszi figyelembe az Y-tól kapott, Z-re vonatkozó friss információt
- Ha  $S(X) == S(Y)$ , akkor csak akkor frissíti (változtatja meg) a Z-re vonatkozó routing bejegyzést, ha az új útvonal költsége kisebb lesz
- Ha  $S(X) < S(Y)$ , akkor X az Y-t választja a Z-hez vezető útvonal következő ugrásának,  $S(X)$ -et pedig  $S(Y)$  értékével írja felül