



Mobilitás és MANET

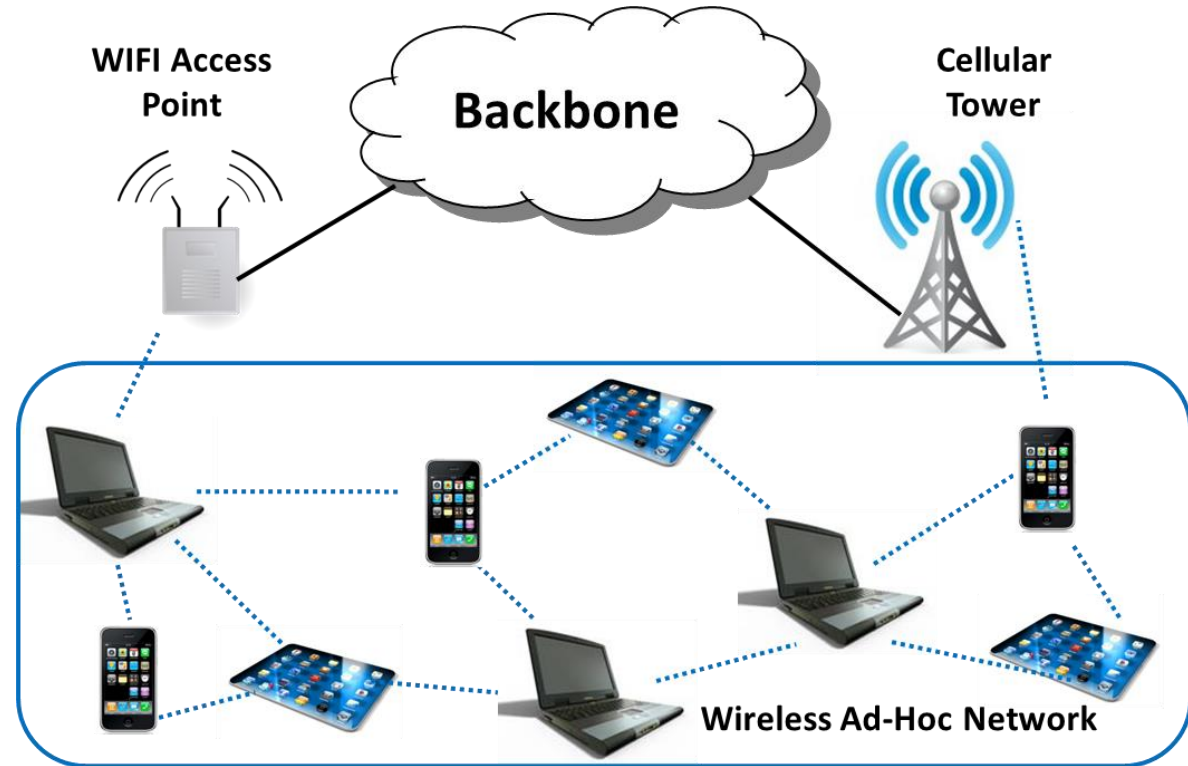
Intelligens közlekedési rendszerek

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**

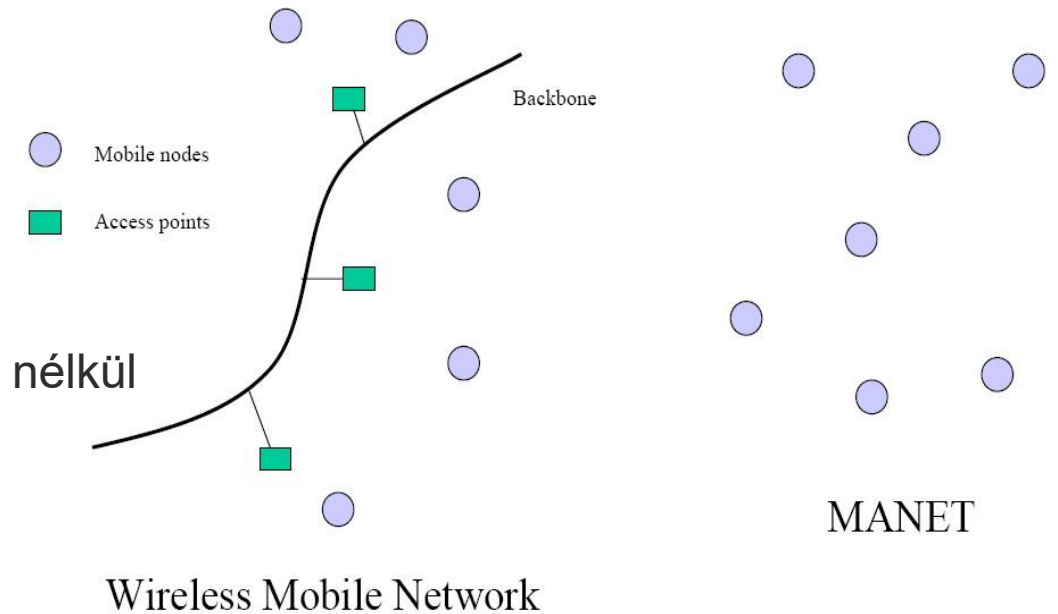
- Bármikor változhat a „szomszédom” állapota – lemerül, eltávolodik, stb.
- Nem ismerem a szomszédomat, nem tudom hogy megbízhatók-e benne

- **Önszerveződés**

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

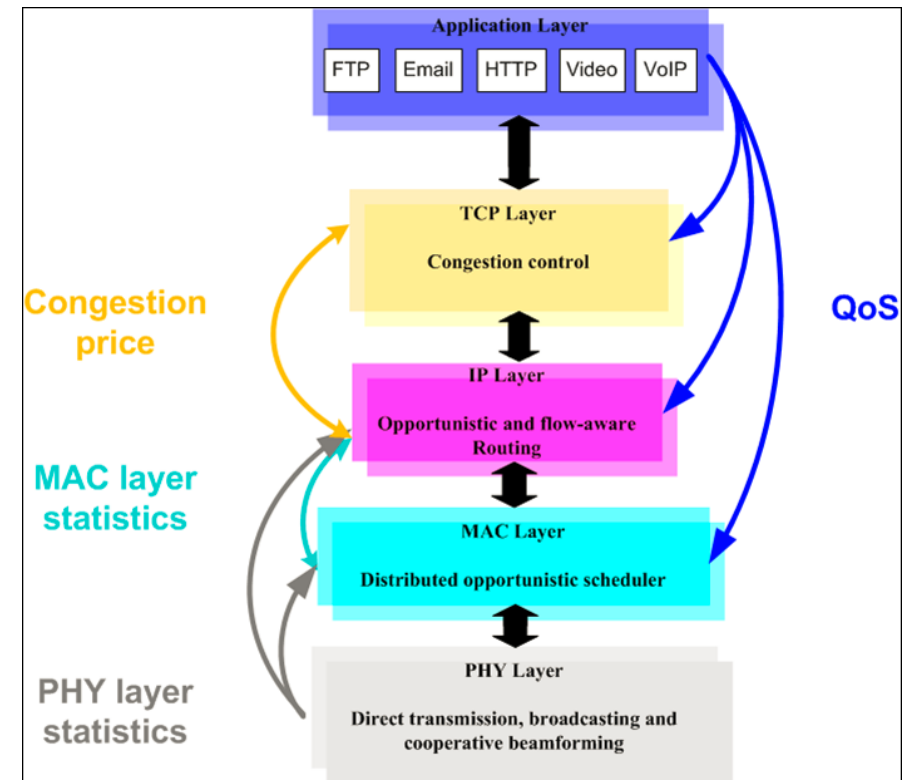
- **Multi-hop**

- kommunikáció (routing) több ugráson (eszközön) keresztül



MANET kutatási témák

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

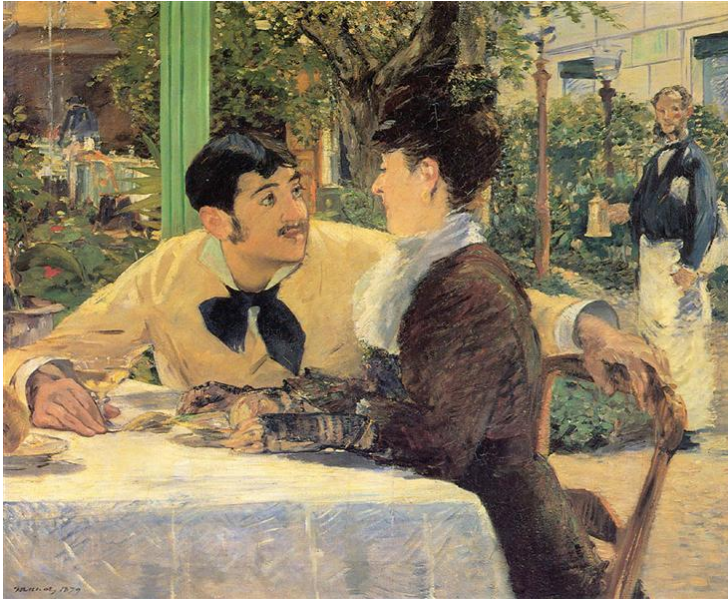
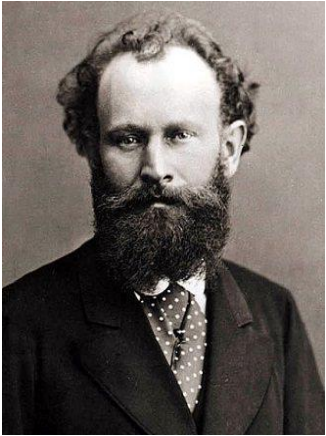


Mobilitás típusok

- 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...

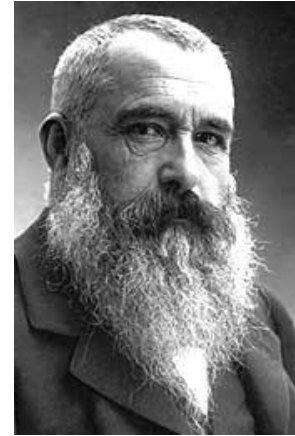
MANET vs. MONET

Edouard MANET



Mobile **A**d Hoc **N**etwork

Claude MONET



Moving **N**etworks

- 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:

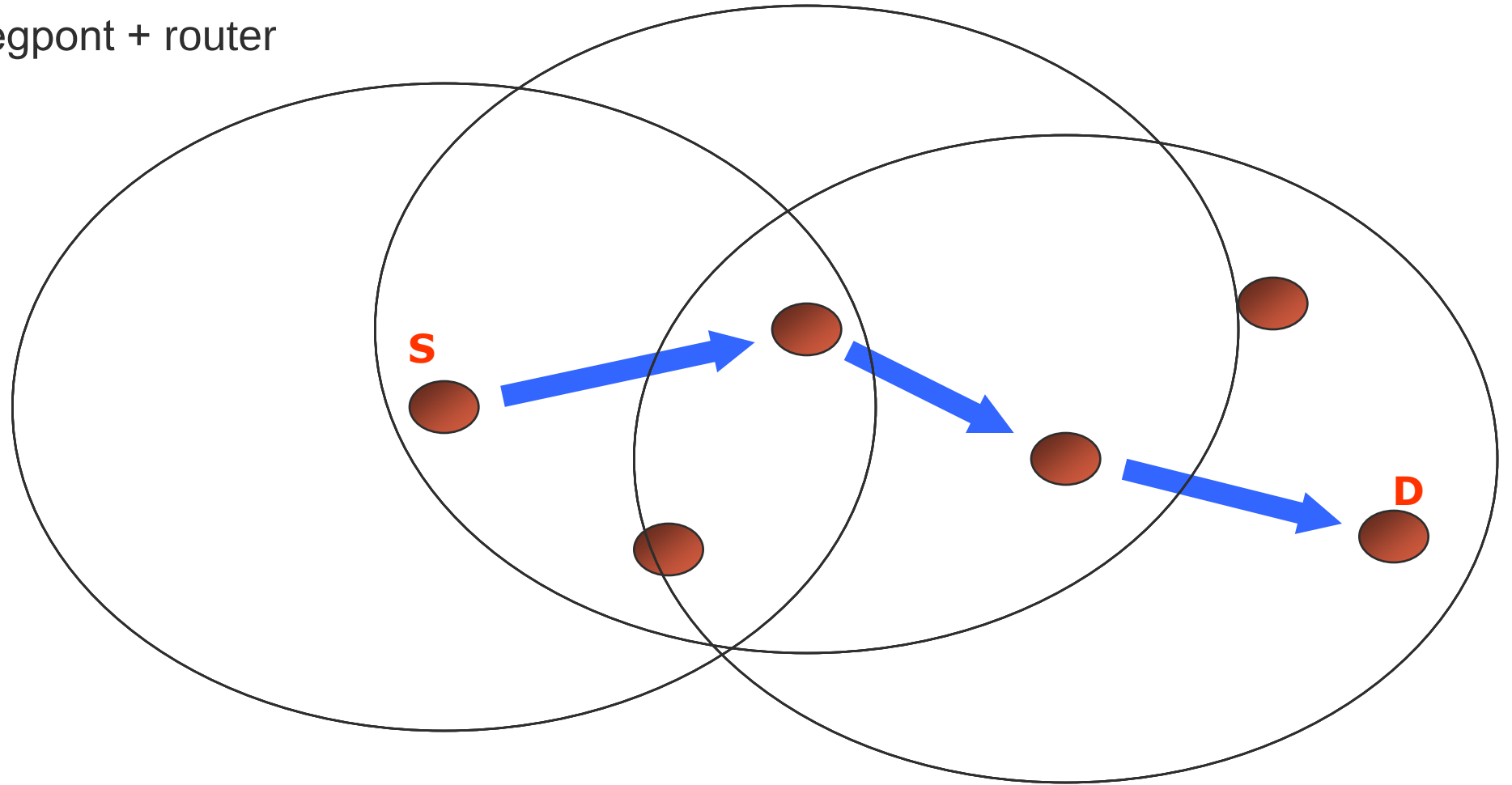
- Pl. 100 MN 3G/4G mobil internet hozzáféréssel egy városi környezetben
- Ha az MN-ek nem lépnek be a NEMO-ba
 - - egyedi mobilitás menedzsment szükséges mind a 100 MN részére
 - + Egyenként megkapják a technológia által biztosított sávszélességet
- Ha az MN-ek mind ugyanabba a NEMO-ba lépnek be
 - A 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
- Kíváncos tulajdonságok vezetéknélküli ad-hoc routingnál
 - Elosztott működés
 - Hurokmentesség
 - Igény szerinti működés
 - Biztonság
 - „Alvás” periódusok támogatása
 - Egyirányú linkek támogatása

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



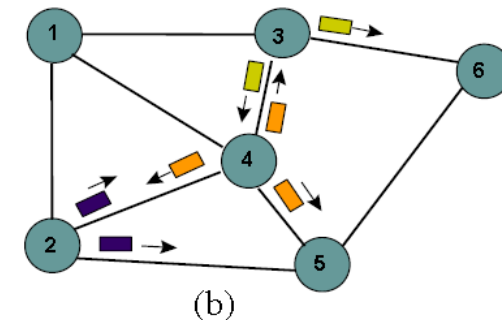
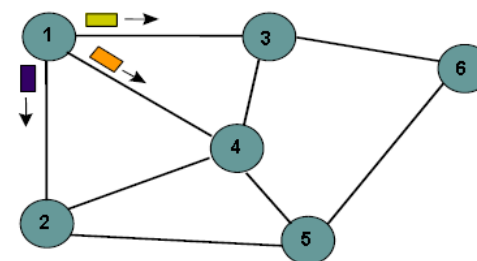
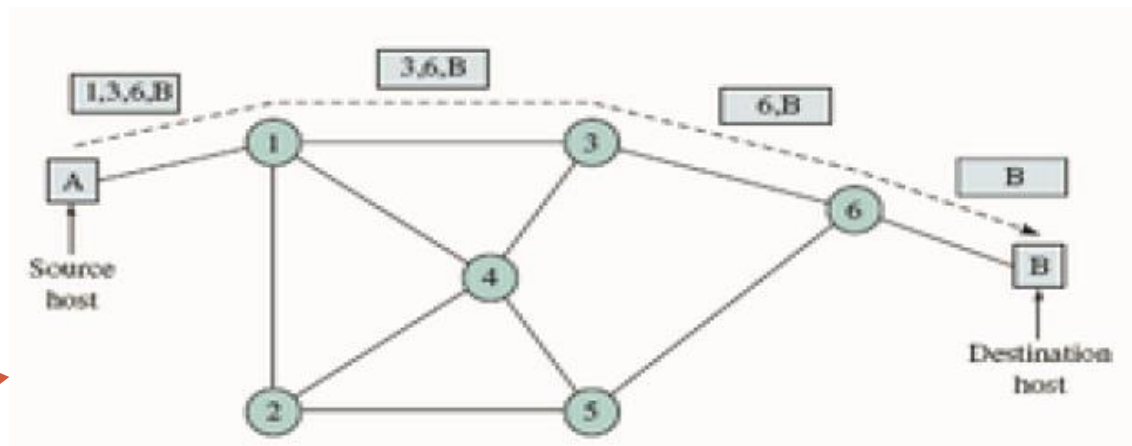
Megkötések

- 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?

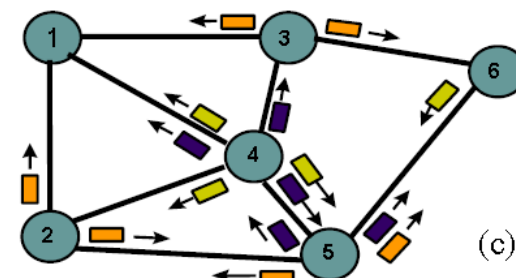
■ Néha csak a forrás tudja

- 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



■ Néha senki se tudja

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

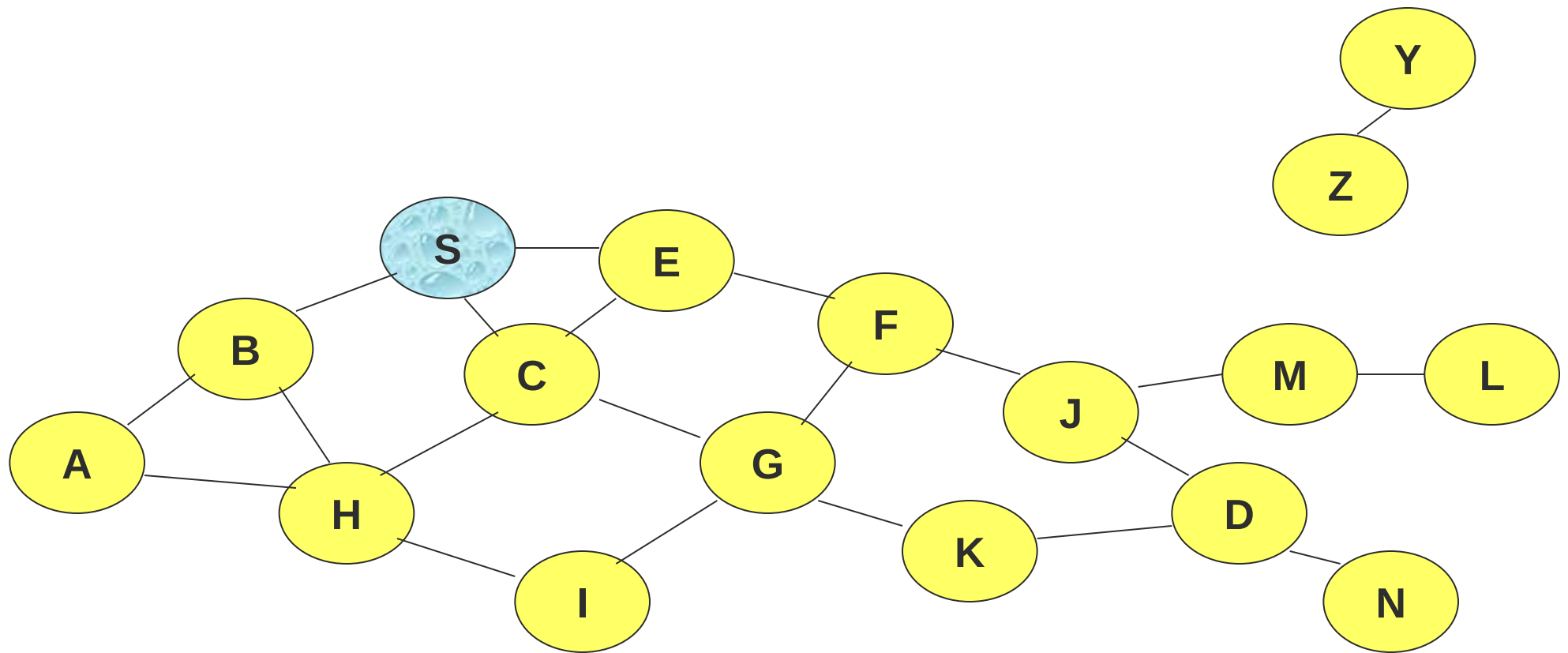


Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV)

- AODV igyekszik javítani a helyzeten
 - 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

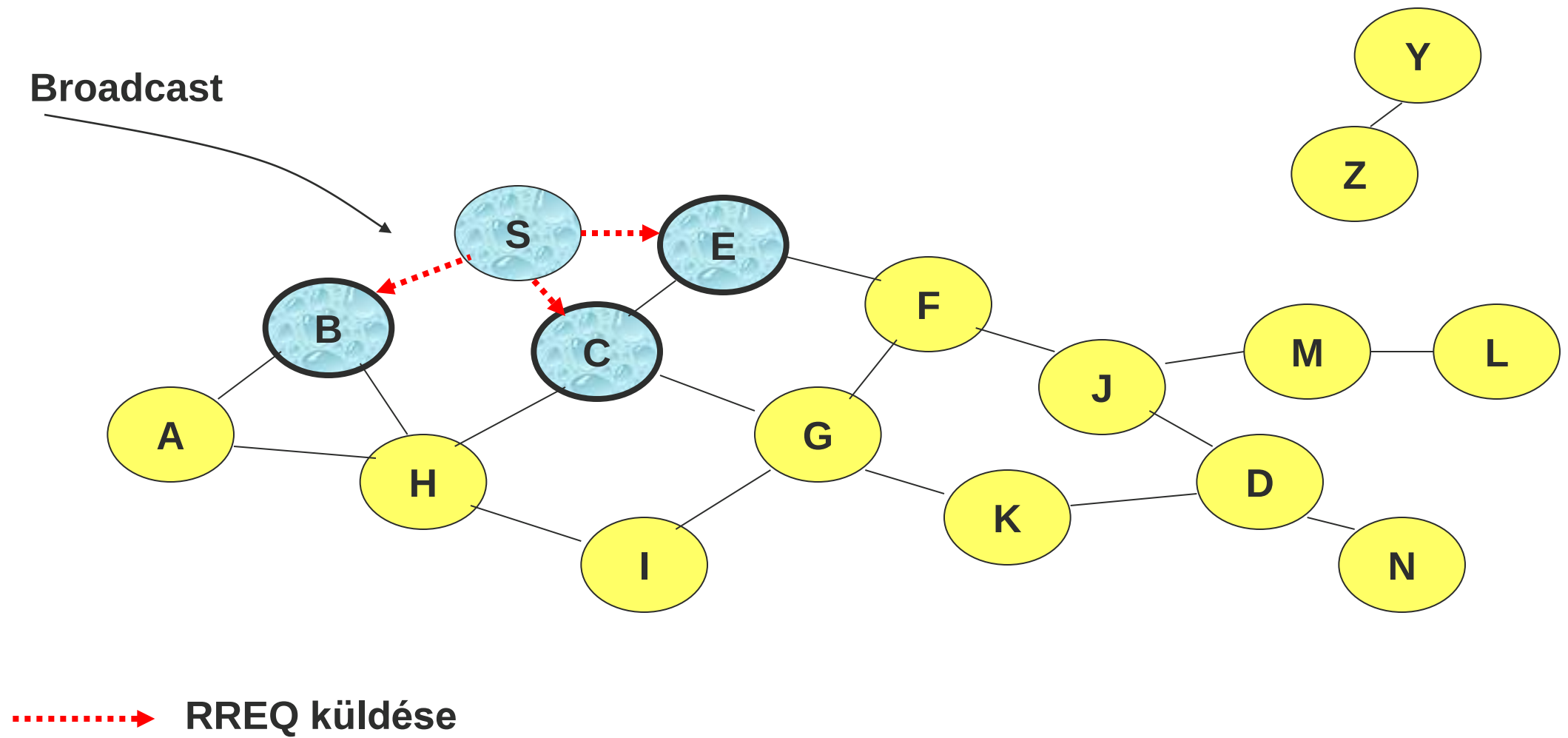
- Útvonal felderítéshez a forrás **Route Request (RREQ)** üzenettel árasztja el a hálózatot
 - RREQ-t csak egyszer küldünk, a forrás nem küldi újra
- Amikor egy csomópont újraküld egy Route Request üzenetet, egy **reverse path pointer**-t (visszaút mutató) jegyez be a forrás felé
 - AODV szimmetrikus (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

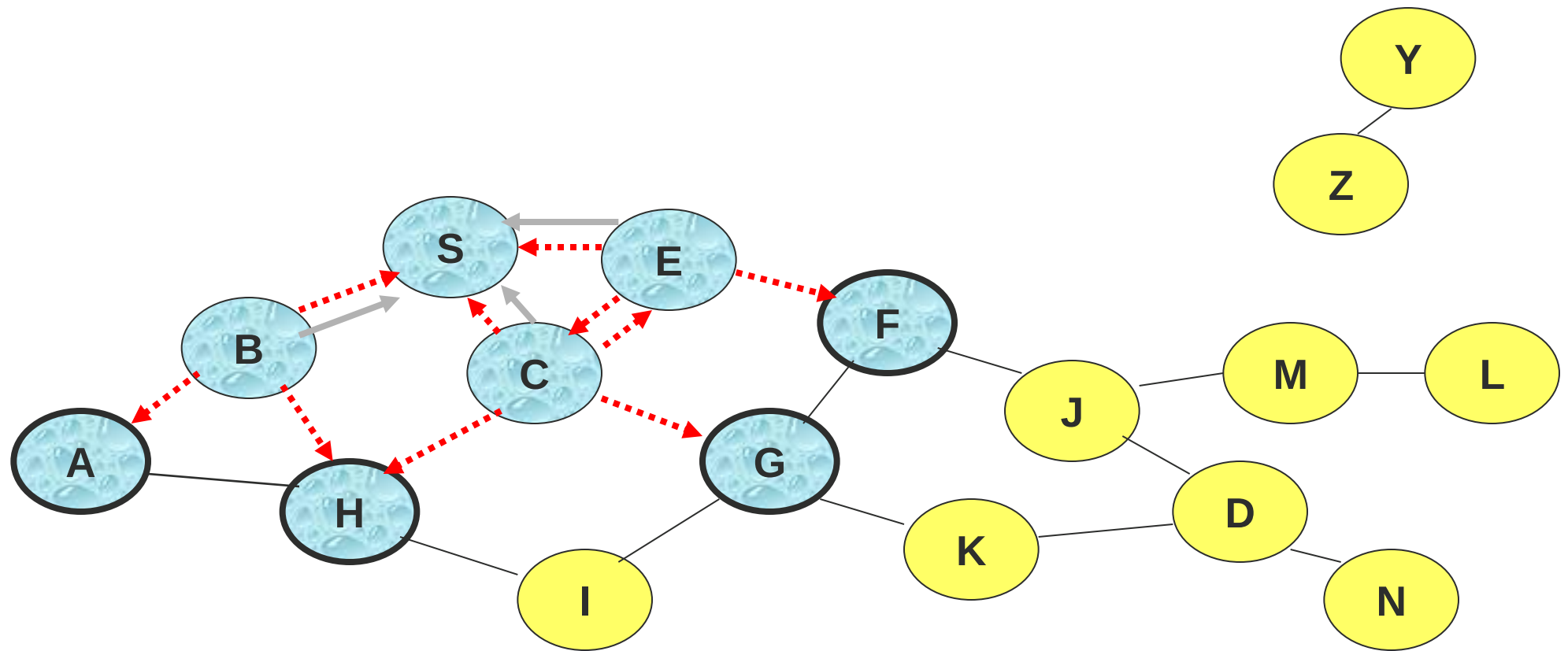


Olyan csomópont, amelyik már fogadott egy S-ből indított, D-t kereső RREQ üzenetet

Route Request - AODV

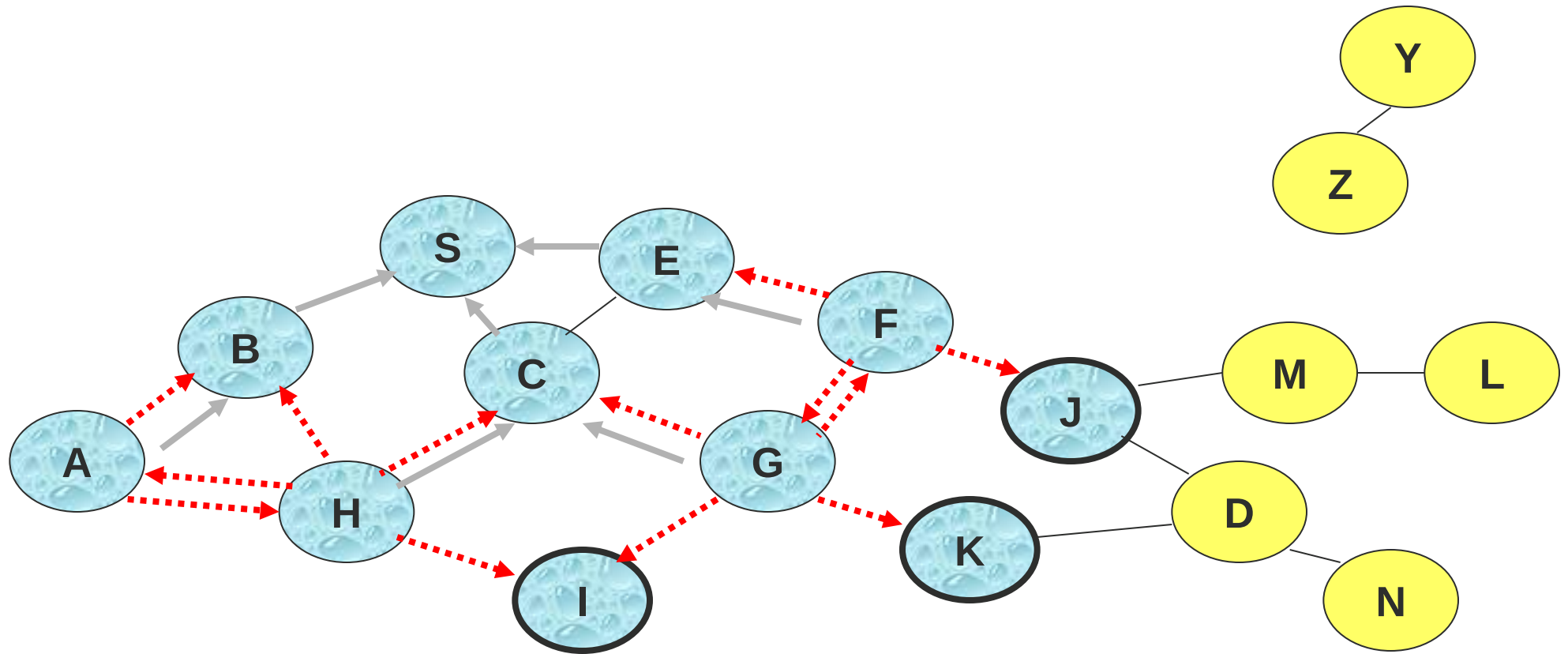


Route Requests - AODV



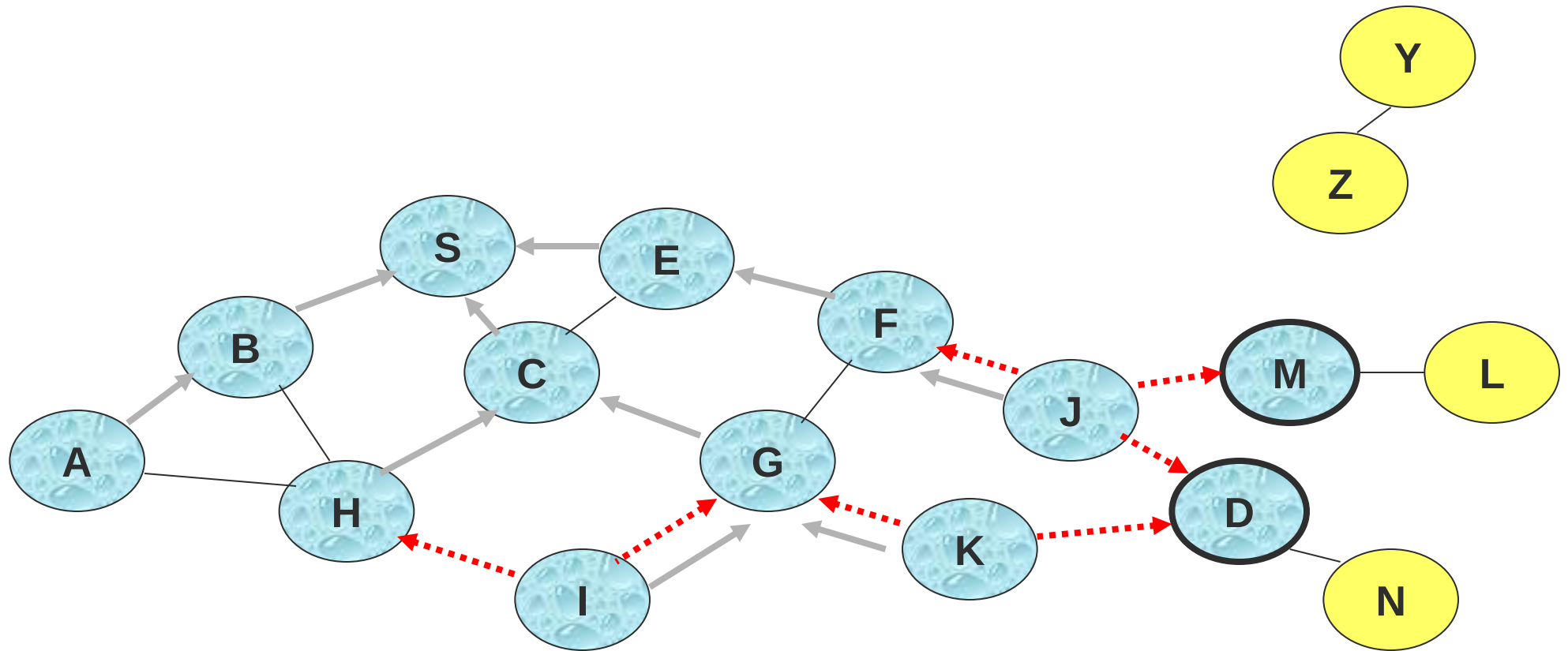
← Reverse Path pointer

Reverse Path - AODV

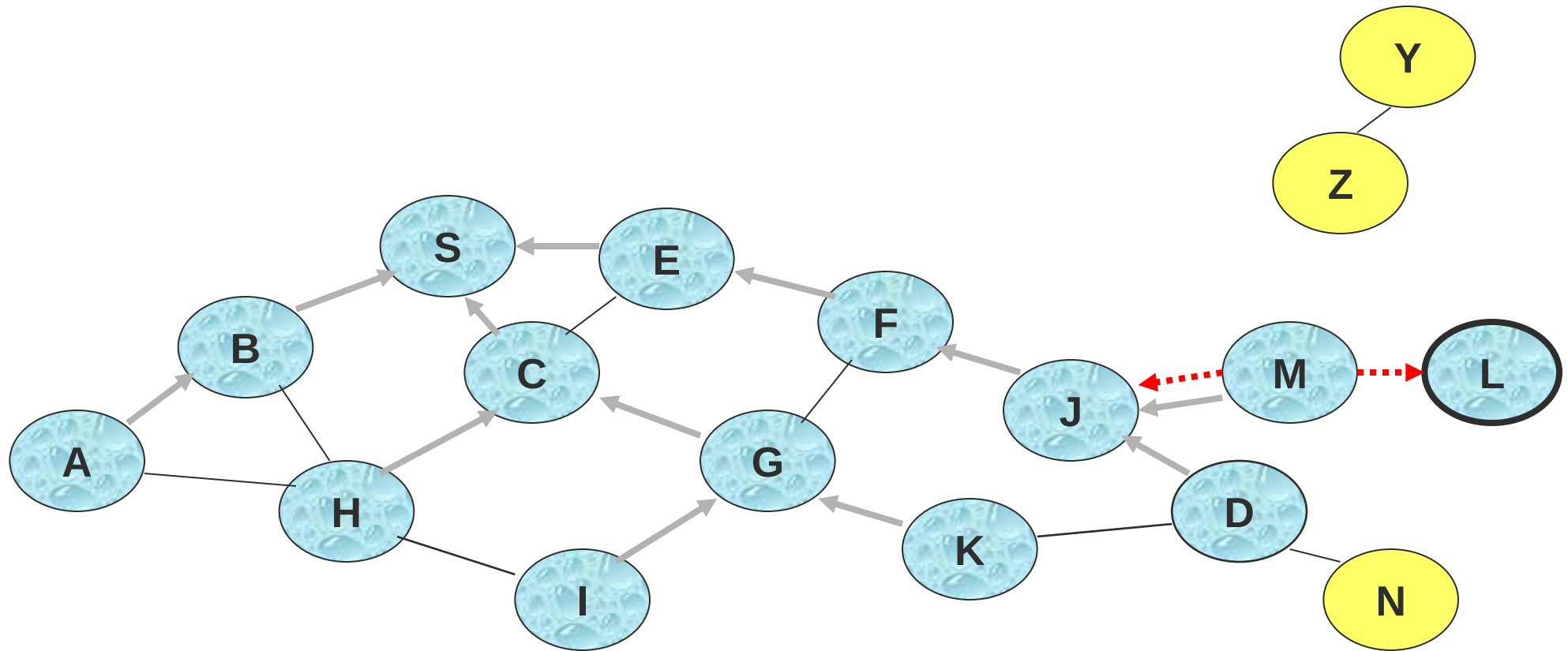


- C csomópont megint kap egy RREQ üzenetet (G és H szomszédjaitól) de **nem továbbítja azt újra**, mivel elküldte azt már korábban

Reverse Path - AODV

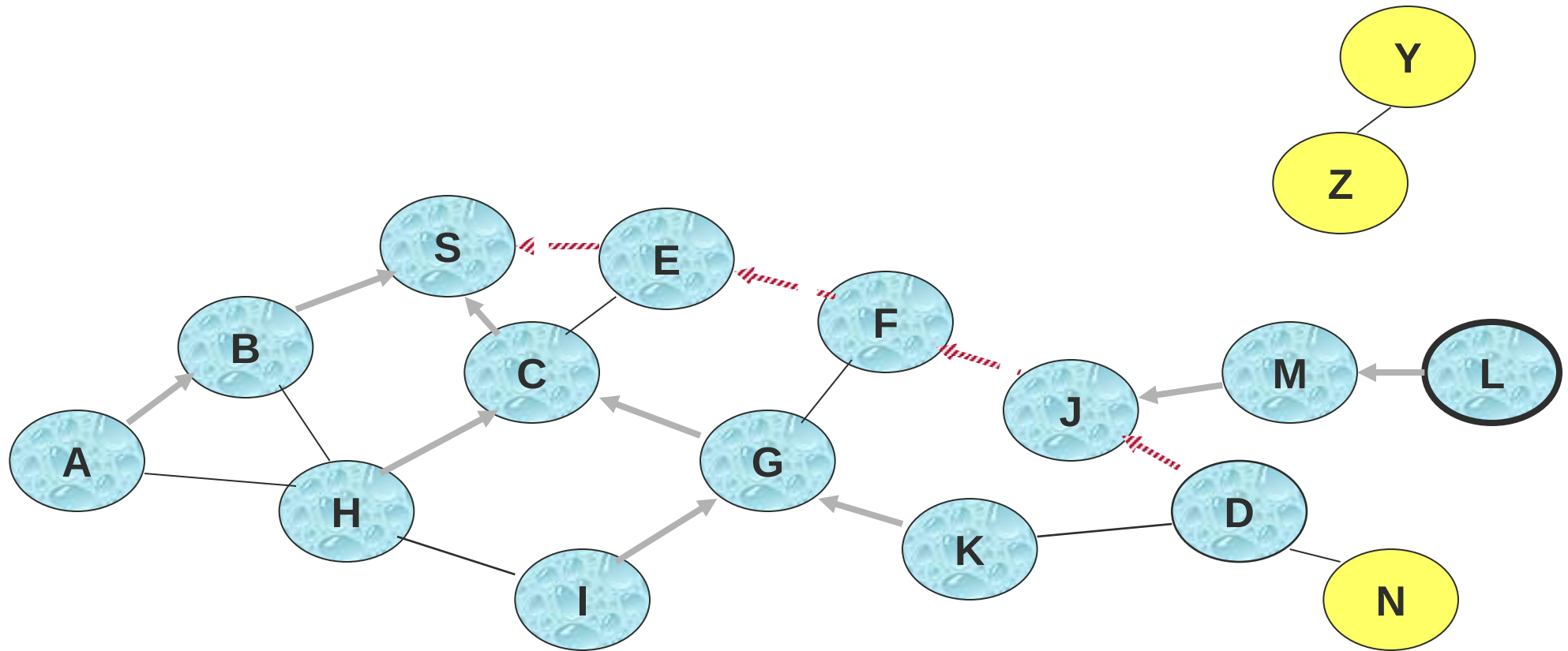


Reverse Path - AODV



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

Route Reply - AODV

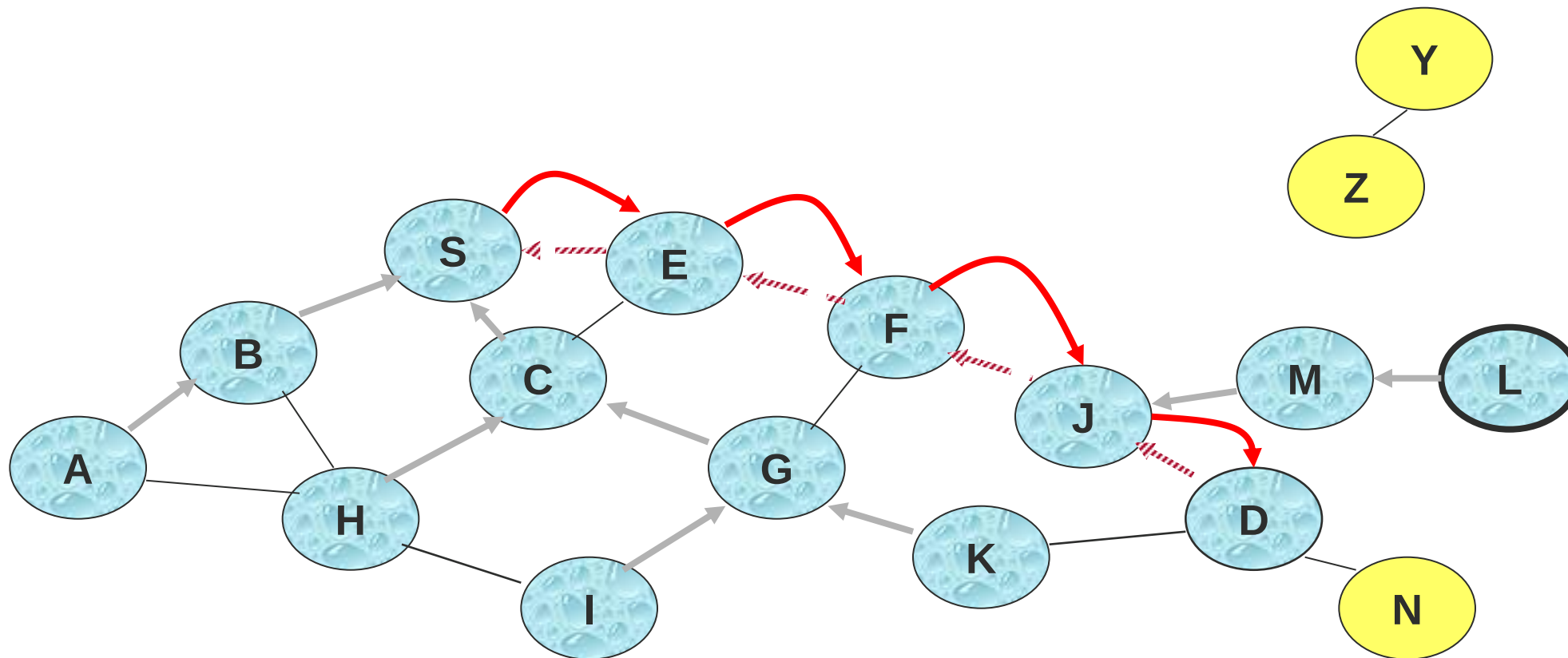


 **A RREP üzenet útvonala**

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

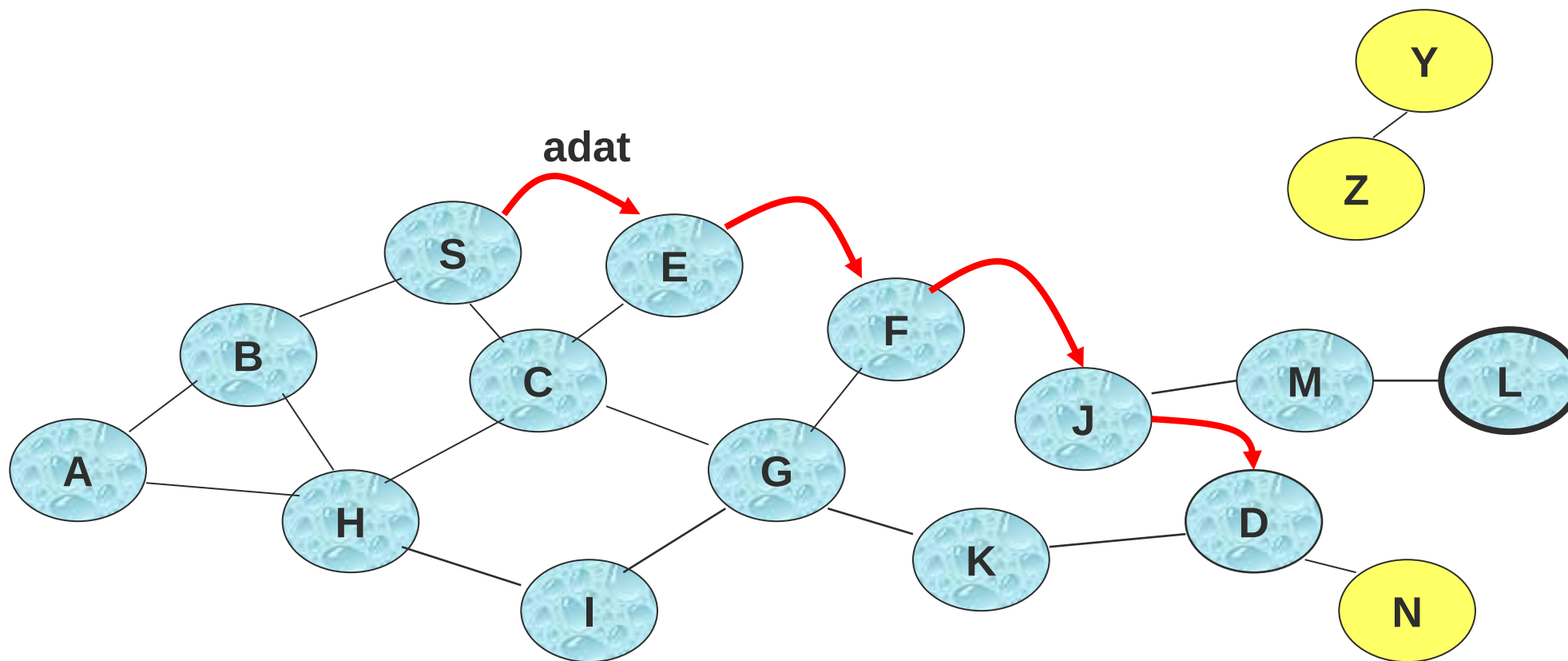


Amint a RREP üzenet a D-től az S-ig terjed,
bejegyzésre kerülnek az előremutató pointerek



A forward path (előremutató) pointer

Adatküldés - AODV



Adattovábbításhoz a routing tábla bejegyzéseit használják

Az útvonal **nincs** a fejlécbe foglalva.

Időzítők

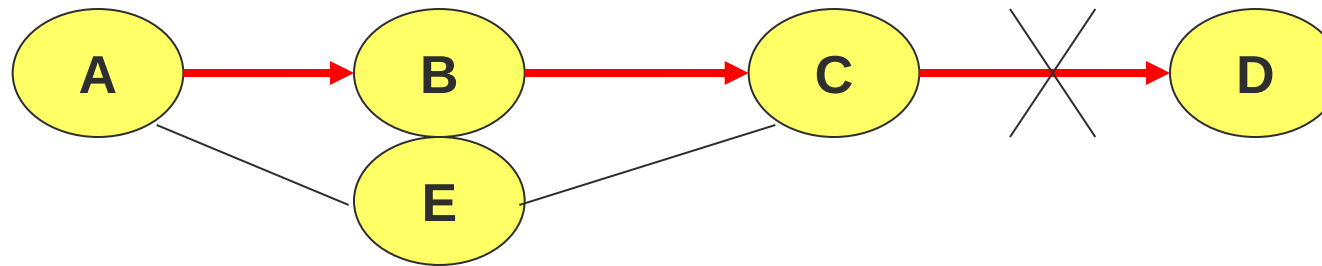
- A **reverse path** bejegyzéseket egy rövid idő után törlik a routing táblából
 - A vezetéknélküli közeg sajátosságait és a hálózat méretét figyelembe véve időt kell hagyni, hogy az RREP üzenet visszaérkezéséig érvényes maradjon a bejegyzés
- Az **előremutató útvonal** bejegyzést akkor törlik, ha inaktívak
 - *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, amelyekben a DestSeqNr értéke legalább N

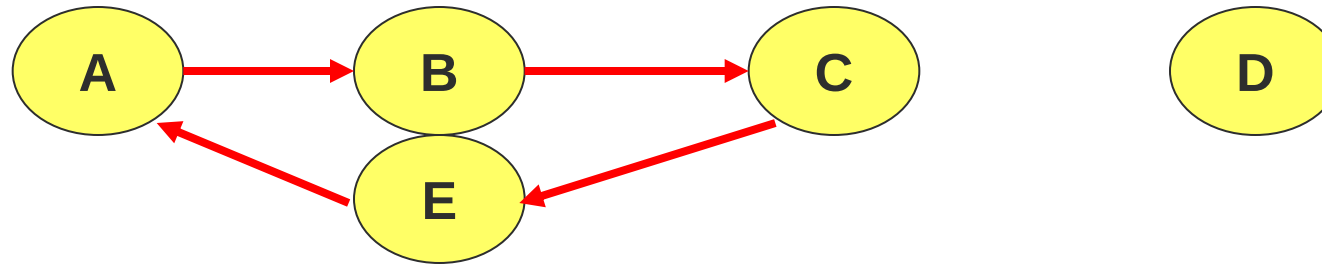
DestSeqNr értelme az AODV-ben

- 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 megszakadásáról, 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

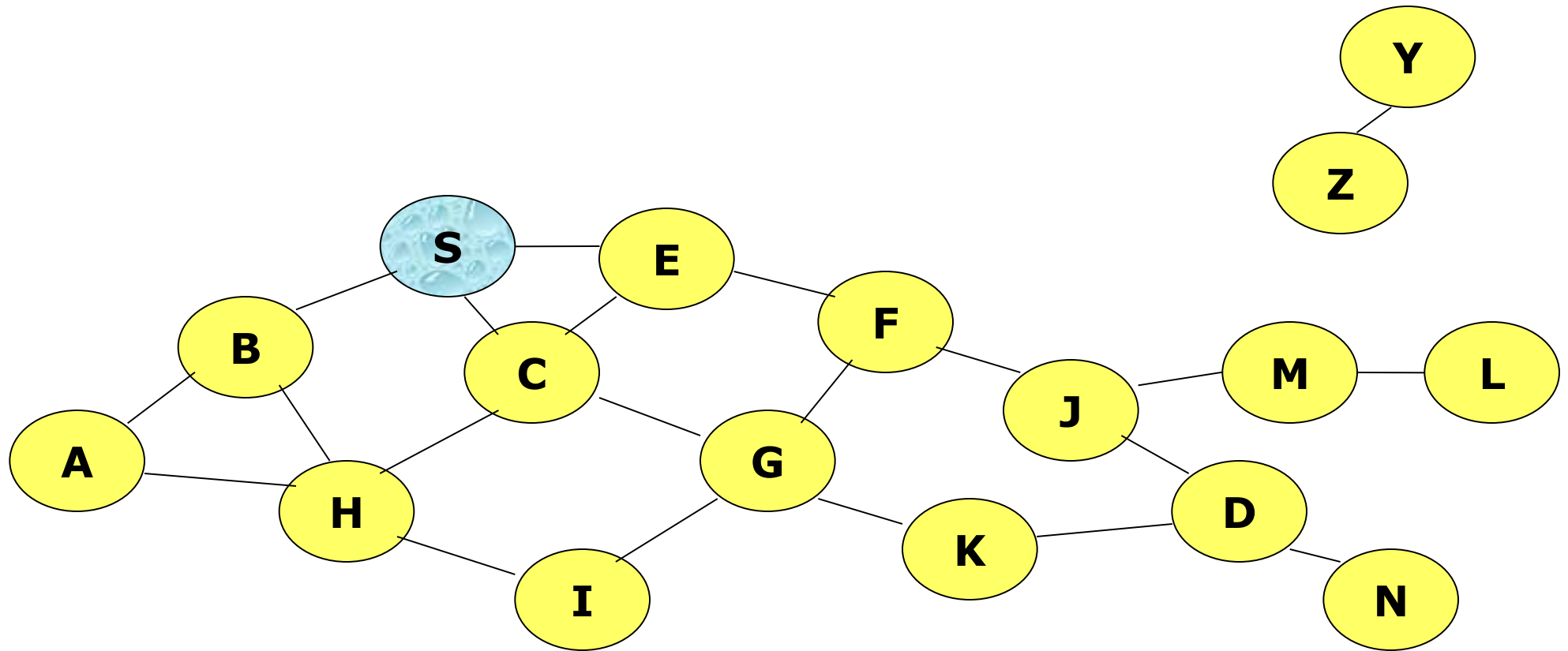
Összefoglaló: AODV

- 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

Dynamic Source Routing (DSR)

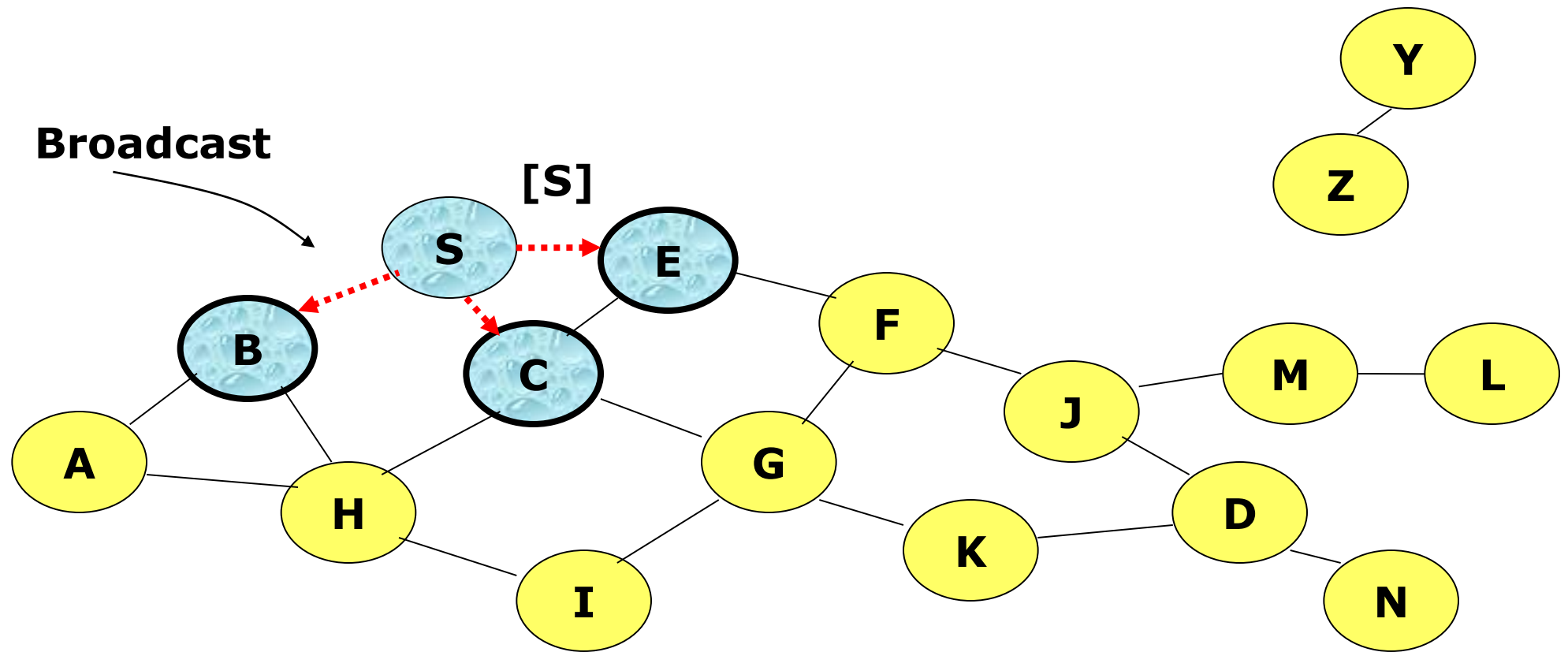
- If the source **S** wants to send something to destination **D**, it initiates route discovery
- **S** floods the network with Route Request (**RREQ**) messages
- Each intermediate node adds his ID to the RREQ before forwarding it

DSR Route Discovery



Nodes that already received the RREQ from S, regarding D

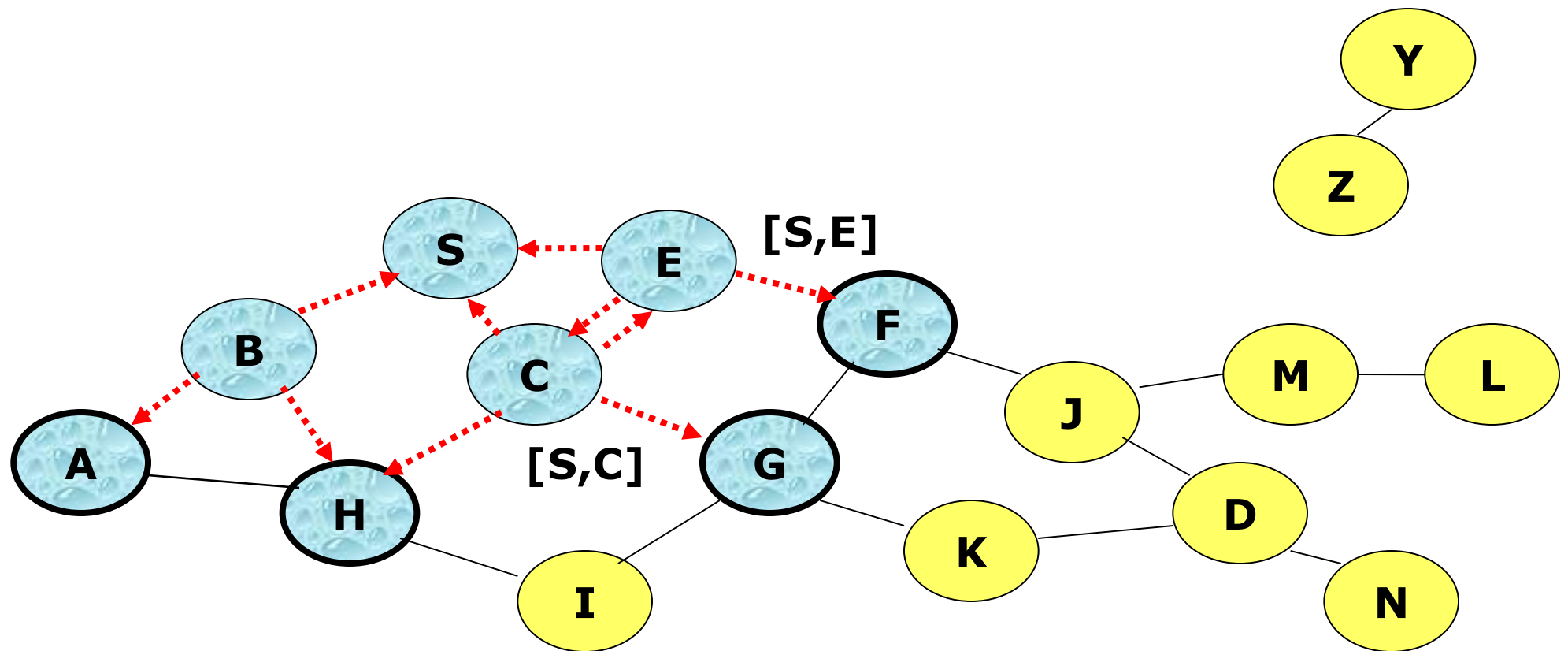
DSR Route Discovery



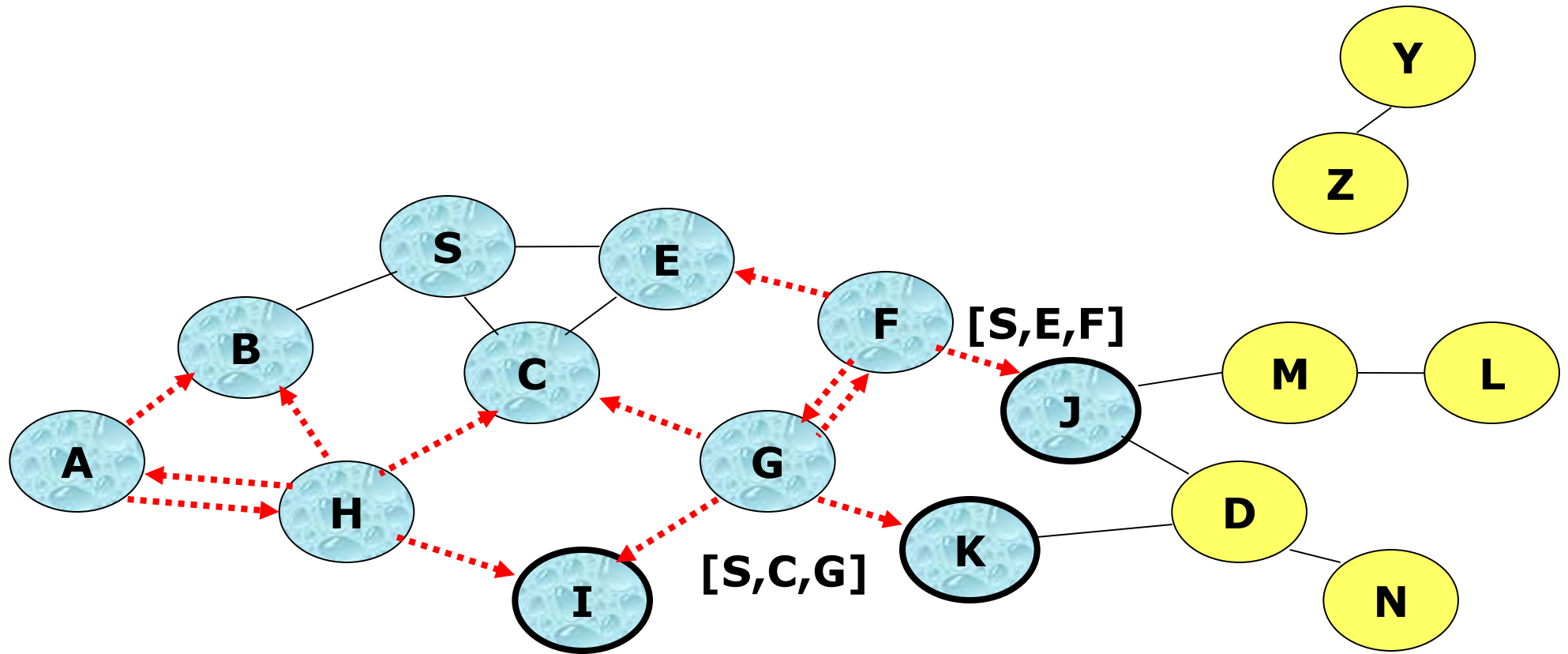
RREQ

[X, ...] intermediate nodes already added to the path

DSR Route Discovery

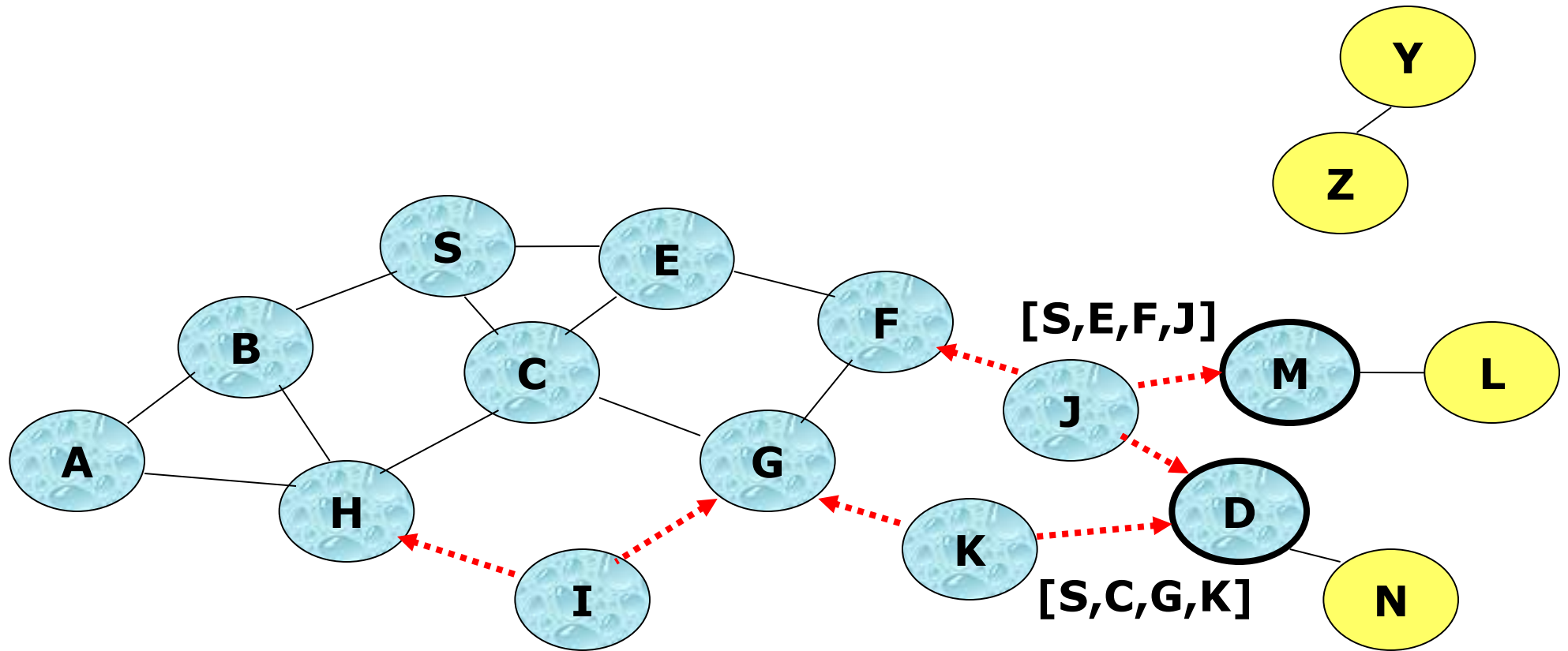


DSR Route Discovery



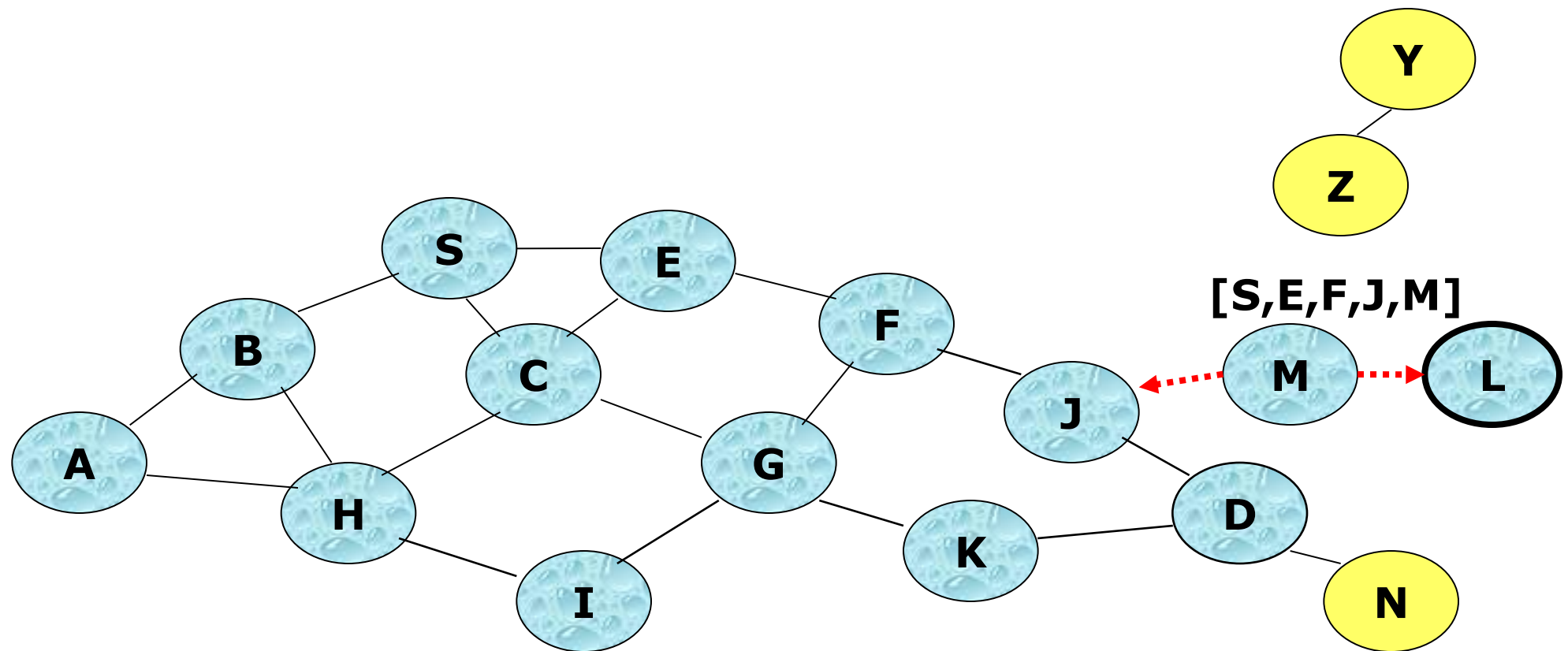
**Restricting the flooding (like in AODV):
C receives the RREQ again from G and H, but does not forward it again**

DSR Route Discovery



D receives the RREQ from K and J, so the two messages can collide

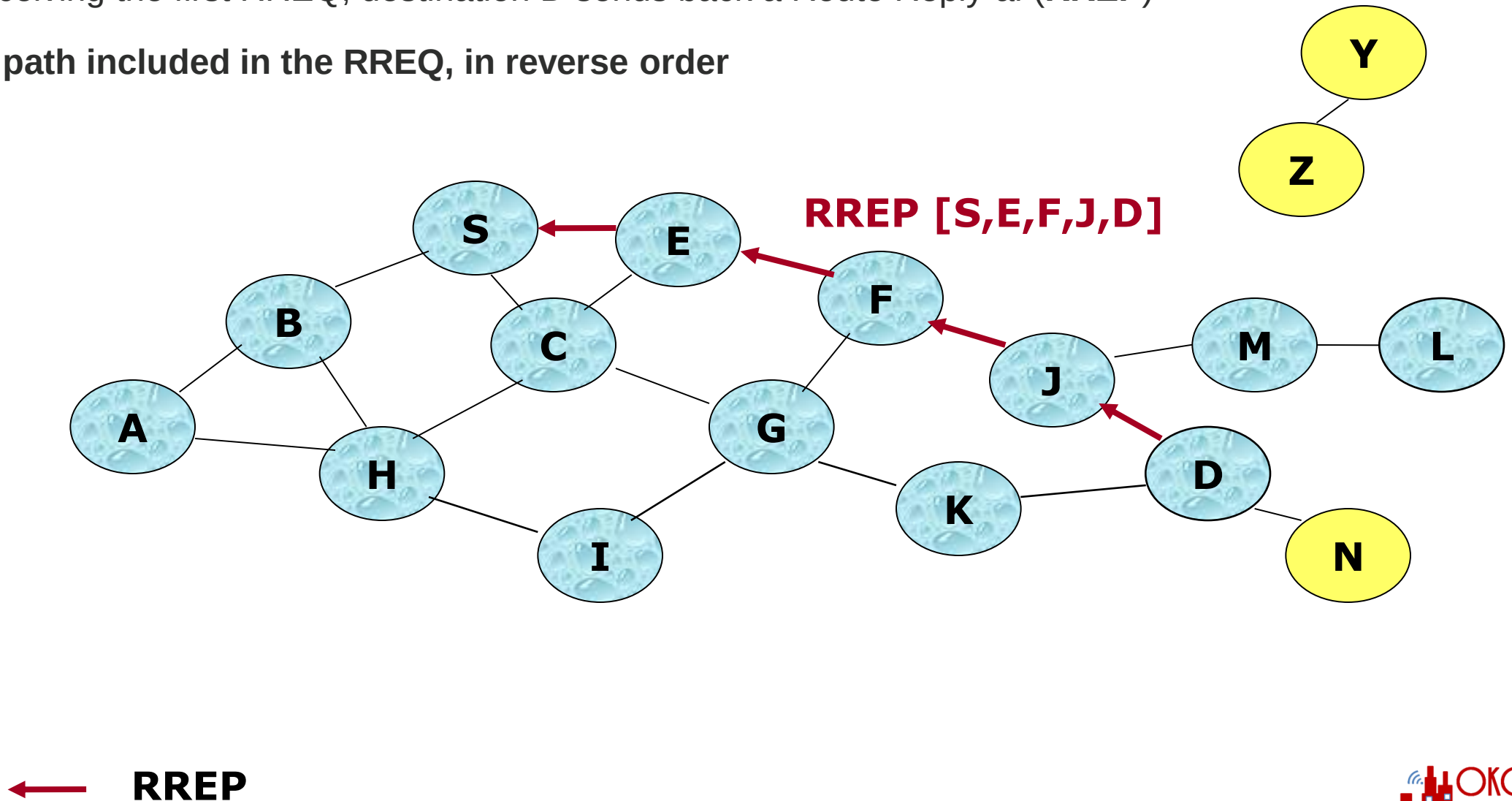
DSR Route Discovery



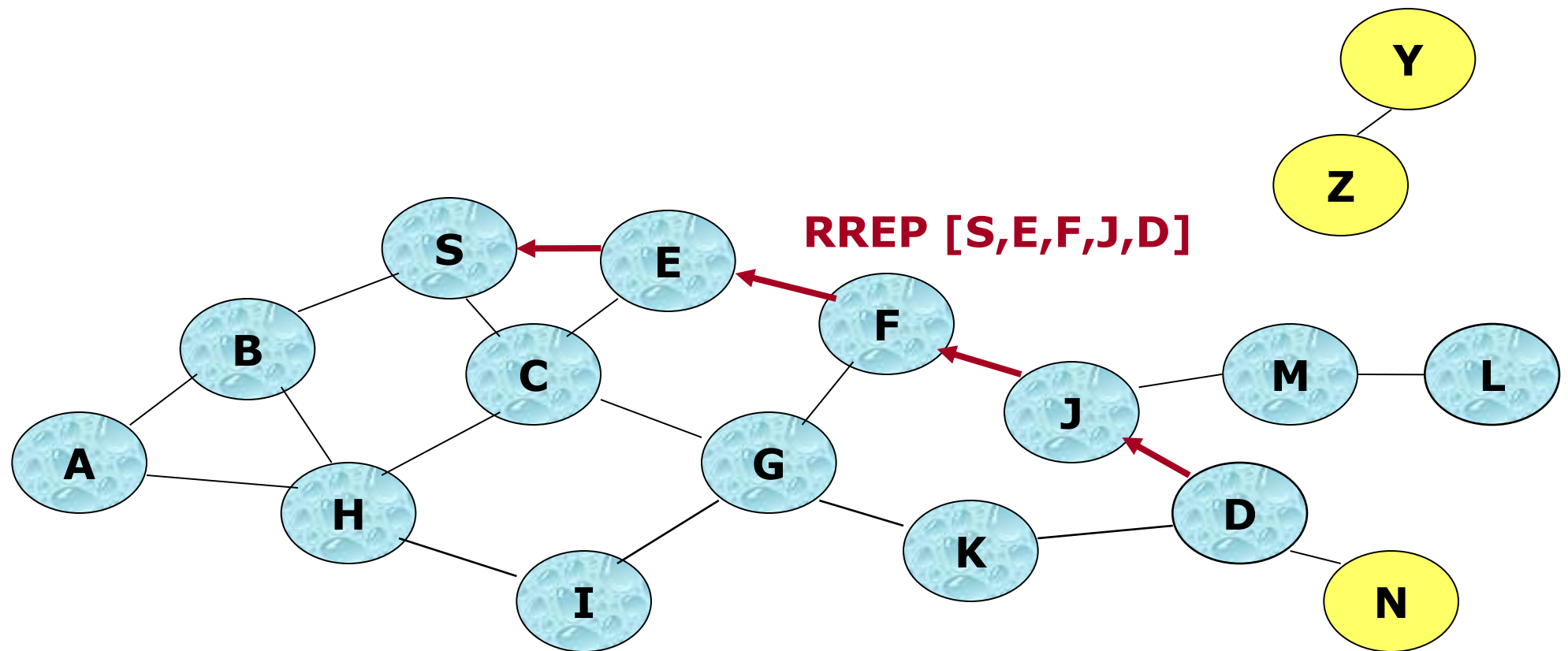
D stops the broadcast of RREQ, as it is the destination

DSR Route Discovery

- After receiving the first RREQ, destination D sends back a Route Reply-al (**RREP**)
- On the path included in the RREQ, in reverse order

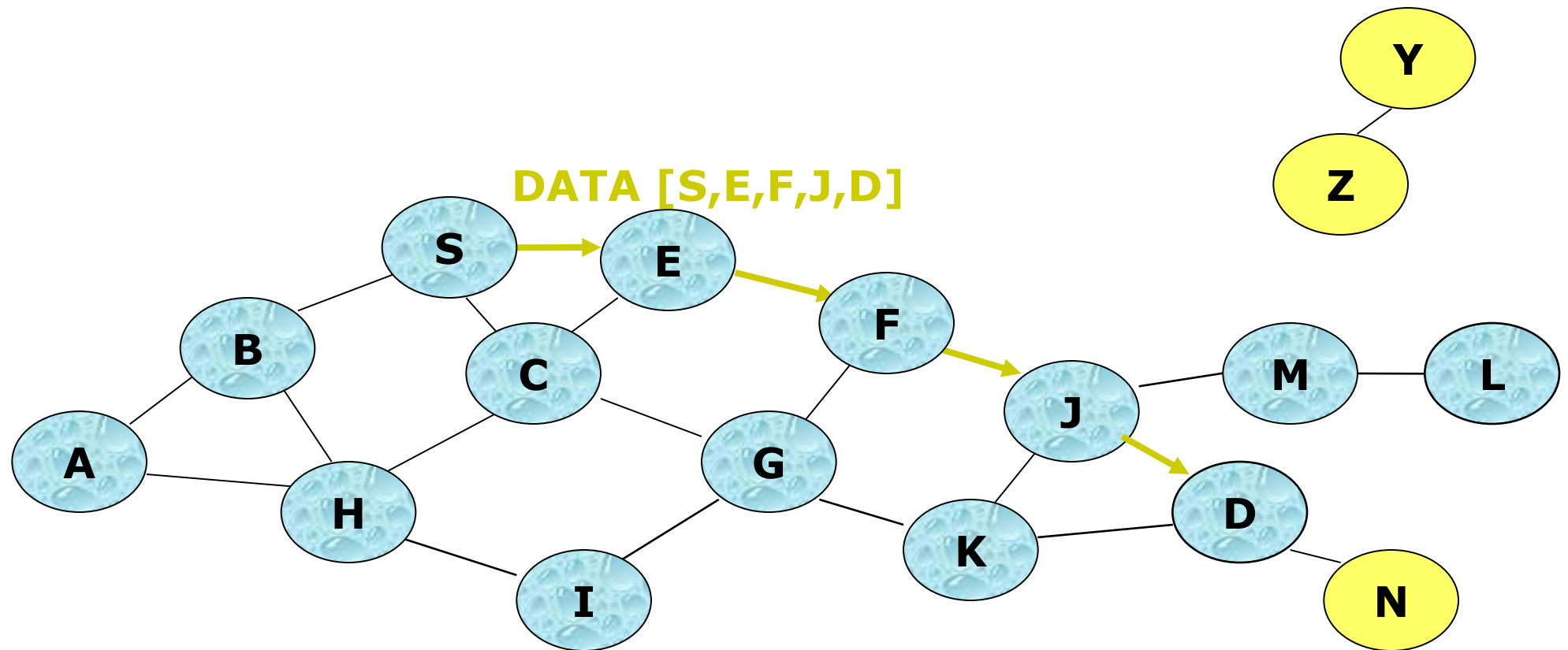


DSR Route Reply



← **RREP routing message**

Data Delivery in DSR



The header increases with the path length