



# Mobilitás és MANET (II)

## Intelligens közlekedési rendszerek

---

VITMMA10 – Okos város MSc mellékspecializáció

Vida Rolland

# Pozíció-alapú útvonalválasztás

Ad hoc útvonalválasztás lehet:

- **topológia-alapú** (pl: AODV, DSR)
  - A node-ok közötti összeköttetésekről használ infót
  - Ezt az infót valahogyan terjeszteni kell
- **pozíció-alapú** (pl: LAR, DREAM, stb.)
  - **A nodeok fizikai elhelyezkedésének az információját használja fel**
  - Ez lehet: GPS, rádió jelerősség-alapú helymeghatározás, stb.



# Pozíció-alapú útvonalválasztás

- A *pozíció-alapú* routing algoritmusok kiküszöbölik a *topológia-alapú* útvonalválasztási algoritmusok néhány hátrányát, ehhez **járulékos információk használatával**.
- Valamilyen **lokalizációs szolgáltatás** segítségével a küldő *meghatározza a célállomás pozícióját*.
- A cél pozíciójának ismeretében **nincs** szükség *útvonalak felállítására és karbantartására*.
  - Útvonalak helyett: **továbbítási stratégia** - Minden köztes node-nál a cél helyzete alapján történik a következő állomás kijelölése.

# Lokalizációs szolgáltatások

## ▪ Lokalizációs szolgáltatás

- Segít egy adott állomás pozíciójának meghatározásában.
- Ad hoc hálózatban nem mindig áll rendelkezésre egy lokalizációs szerver!

## ▪ Lokalizációs szolgáltatást egy vagy több állomás is nyújthat:

- „néhány/mind-néhánynak/mindnek”

## ▪ Egy küldő – ha nem ismeri a cél helyét – ezeket a lokalizációs szolgáltatásokat veheti igénybe.

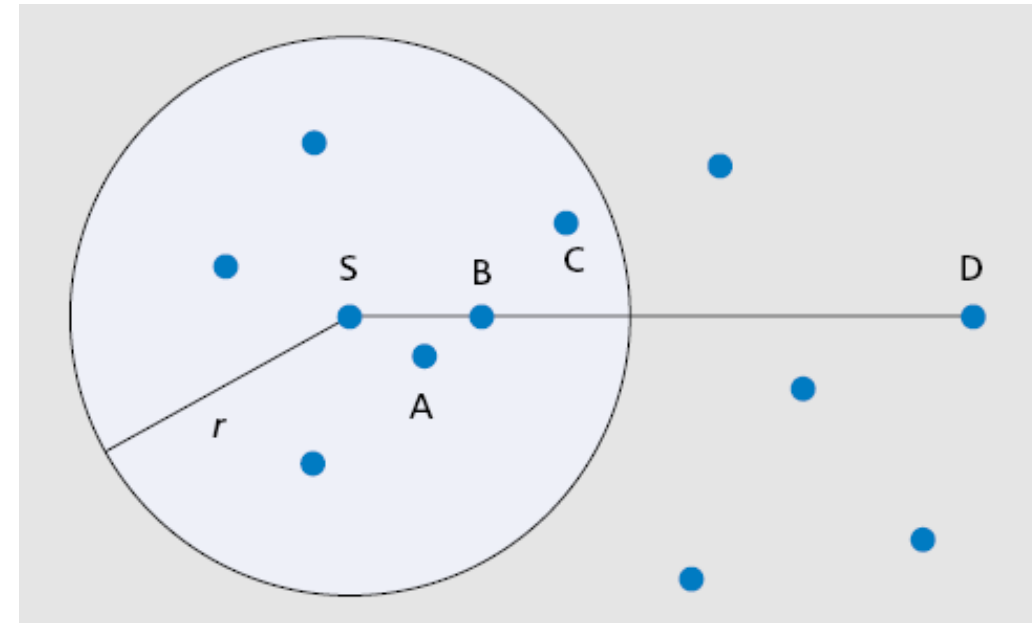
- Pl. cellás (mobil) hálózatban a lokalizáció cella szintű és **központi**.
- Ad hoc rendszerekben ez viszont nem alkalmazható.

# Továbbküldési stratégiák

- Egy köztes node továbbküldési döntése:
  - A csomagban elhelyezett cél pozíciójától függően
  - Az egy ugrásra lévő szomszéd csomópontok pozícióit ismerve történik
- Szomszédok pozíciói: Hello, broadcast üzenetekből, általában periodikusak
  
- Továbbküldési stratégiák:
  - Mohó továbbküldés
    - pl.: MFR, NFP, compass routing
  - Korlátozott célirányú elárasztás (restricted directional flooding)
    - pl.: LAR, DREAM
  - Hierarchikus megoldások

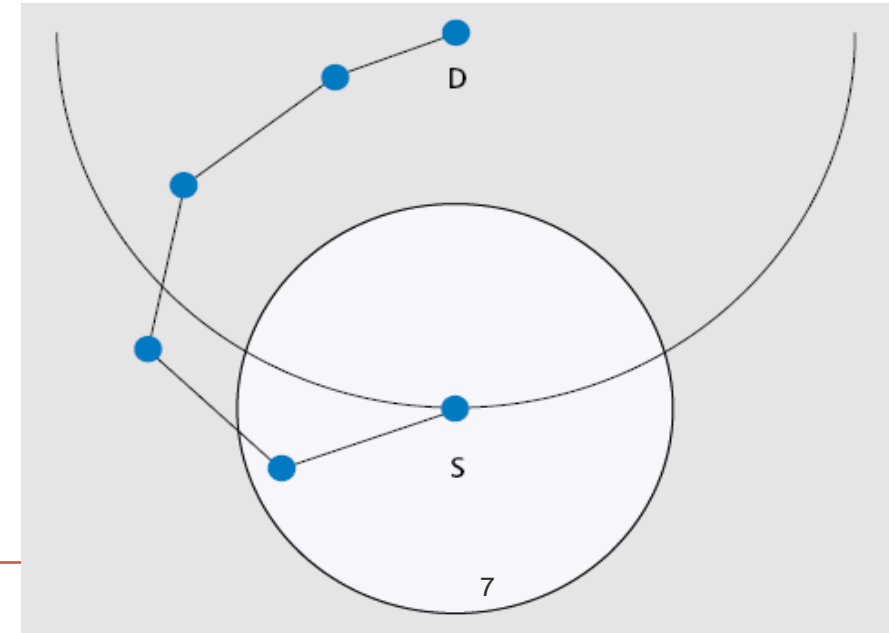
# Mohó továbbküldés

- Milyen stratégia alapján válasszuk ki a köztes node-ot?
- **Most forward within  $r$  (MFR)**
  - Azt a node-ot válasszuk, amely a legközelebb van **D**-hez. (Pl. **C** node)
  - Az ugrások száma ezáltal minimalizálódik
  - Jó stratégia, ha a jelerősséget nem lehet változtatni
- **Nearest with forward progress (NFP)** (pl. **A** node)
  - Ha a jelerősséget lehet változtatni
  - Lecsökken az ütközések valószínűsége
- **Compass routing** (pl. **B** node)
  - Legkisebb szög az SD egyeneshez képest
- **Random D-közeli szomszéd választás**
  - Nem szükséges pontos pozíció infó a szomszédokról
  - Kisebb overhead



# Mohó továbbküldés

- Problémák:
  - **S** közelebb van a **D**-hez mint a többi node
  - Lokális maximumba fullad a küldés, elvileg nincs kiút
  - Gyógyuló (**recovery**) üzemmód:
    - Ha a csomagok küldés lokálisan elakad, akkor átváltunk ebbe a módba.
    - Ha van megfelelő szomszéd a továbbításra akkor pedig visszaváltunk mohó módba



# Location-Aided Routing (LAR)

- A célállomás helyzet-információját használja az elárasztás területének *korlátozására*
  - Helyzetinformációt pl. GPS-sel lehet szerezni.
  - Háromszögeléssel, bázisantennákat használva.
- Bevezeti a *várható zóna (Expected Zone)* fogalmát
  - „várható zóna” = az a terület, ahol valószínűleg a célállomás tartózkodik
  - A célállomás korábban ismert tartózkodási helyét és mozgási irányát, sebességét használják fel a becslésre.
- RREQ csak az ún. **Request Zone**-on belül továbbítódik.
  - A Request Zone tartalmazza az Expected Zone-t, illetve a forrástól az Expected Zone-ig húzódó tartományt.

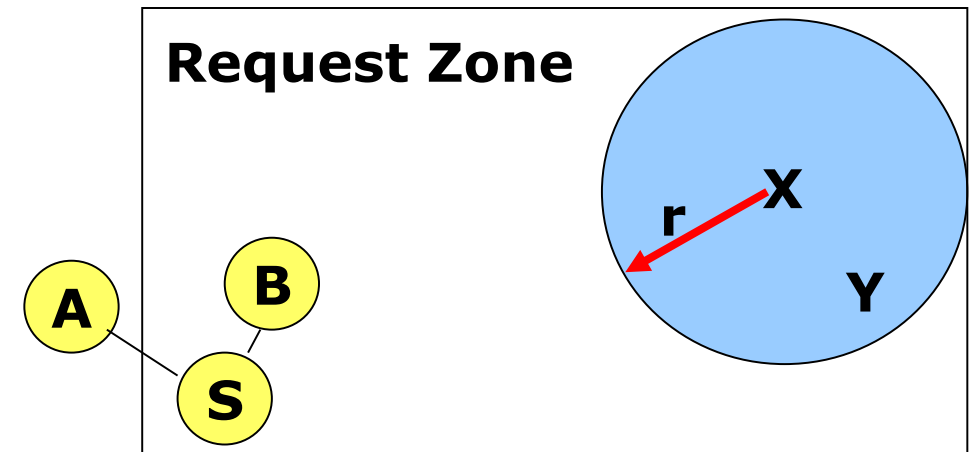
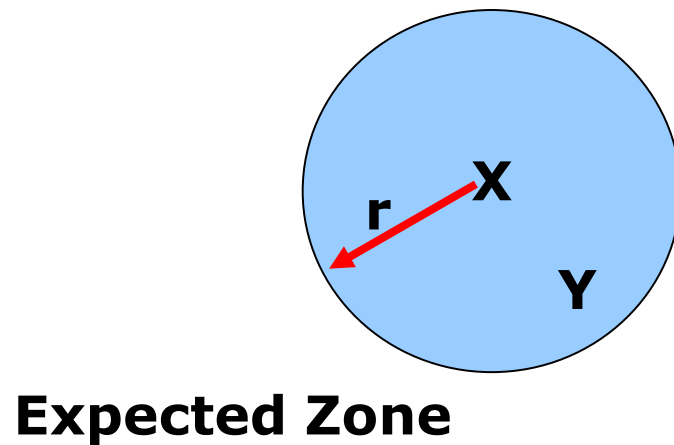


# LAR Expected Zone, Request Zone

**X** = a **D** célállomás utolsó, ismert tartózkodási helye  $t_0$  időpontban.

**Y** = a **D** célállomás jelenlegi, **S** forrás számára ismeretlen tartózkodási helye  $t_1$  időpontban.

$r = (t_1 - t_0) * [\mathbf{D}$  sebességének becsült értéke]



## LAR Request Zone (2)

- Csak a Request Zone-on belüli állomások továbbítják a RREQ-t
  - A Request Zone **lehet például** az Expected Zone-t és a forrást magába foglaló legkisebb téglalap, melynek oldalai párhuzamosak az X és Y tengelyekkel.
  - Pl. az előbbi példán **B** továbbítja a RREQ-t, de **A** nem
- A Request Zone-t explicit módon meghatározza a RREQ üzenet.
- Minden állomásnak ismernie kell saját helyzetét, hogy eldönthesse, beleesik-e a Request Zone-ba.

# LAR Request Zone (3)

- Ha a forrás nem helyesen becsülte meg a célállomás helyzetét, a Request Zone lehet, hogy nem tartalmazza azt  
→ *az útvonalfelderítés nem lesz sikeres!*
- A forrás timeout után új keresést indít, amelynél...
  - növeli a Request Zone területet;
  - szükség esetén az egész hálózatot megjelölve Request Zone-ként.
- A LAR útvonalfelderítésének további lépései megegyeznek a **DSR**-ben leírtakkal
  - Az RREQ üzenetbe lépésről lépésre bejegyezzük az útvonalat
  - A céltól egy RREP üzenet visszajut a forráshoz, benne a teljes útvonallal
  - Ezt az útvonalat beteszi utána a forrás az üzenetek fejlécébe
  - Az útvonalak elavulnak, időnként frissíteni kell

# LAR változatok: Adaptív Request Zone

- Az RREQ-ben tárolt Request Zone-t minden belső állomás módosíthatja, ...
  - amennyiben frissebb/pontosabb információja van a célállomásról,
  - ÉS amennyiben az eredmény egy kisebb Request Zone lesz.



# LAR összefoglalás

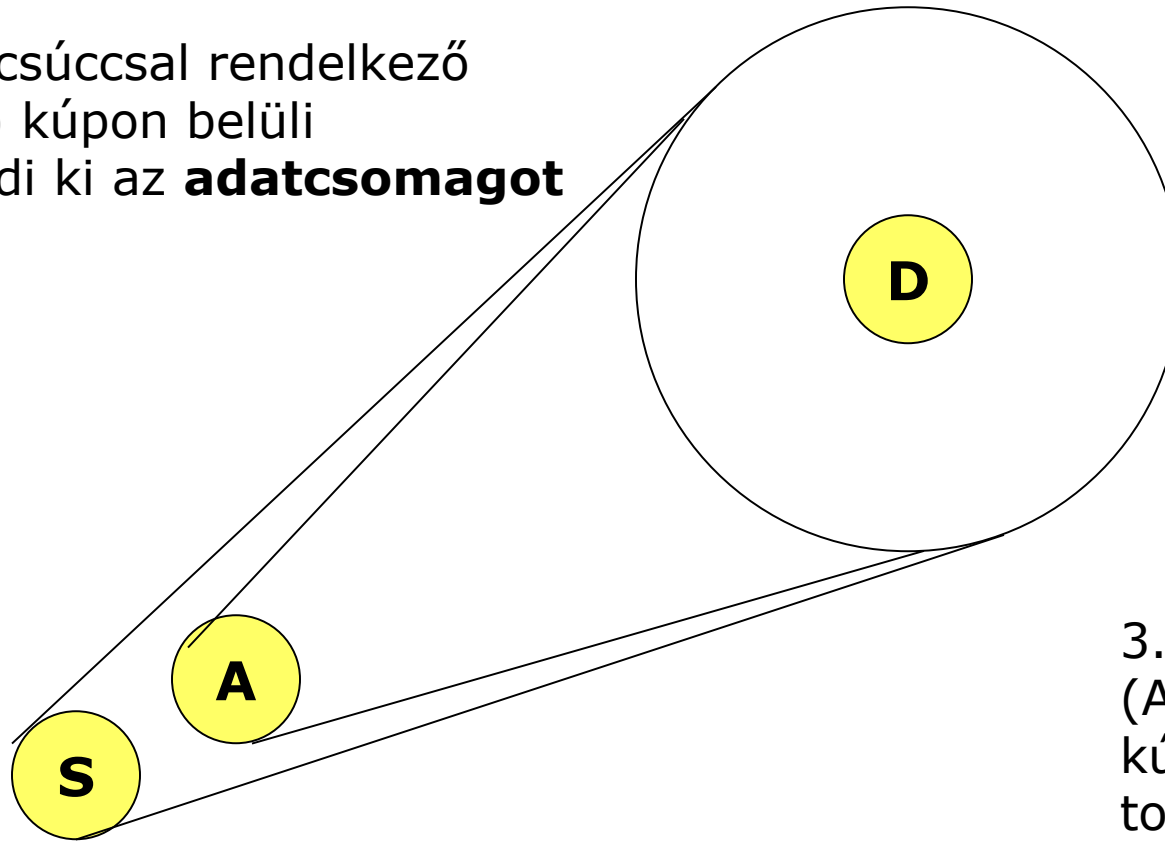
- Előnyök
  - Az RREQ elárasztás területét korlátozza
  - Az útvonal felderítés overhead-et csökkenti
- Hátrányok
  - A csomópontoknak ismerniük kell a fizikai elhelyezkedésüket.
  - Nem veszi figyelembe az esetleges rádiós átvitelt blokkoló akadályokat.

# Distance Routing Effect Algorithm for Mobility (DREAM)

- Helyzeti- és sebesség információt használ (mint a LAR) az adatcsomagok elárasztási területének leszűkítésére.
- Elárasztással terjeszti az **adatcsomagokat** (a LAR-ral ellentétben, ahol útvonalfelderítés van)

# DREAM lokalizálás

2. S forrás az S csúccsal rendelkező (nagyobb) kúpon belüli szomszédjainak küldi ki az **adatcsomagot**

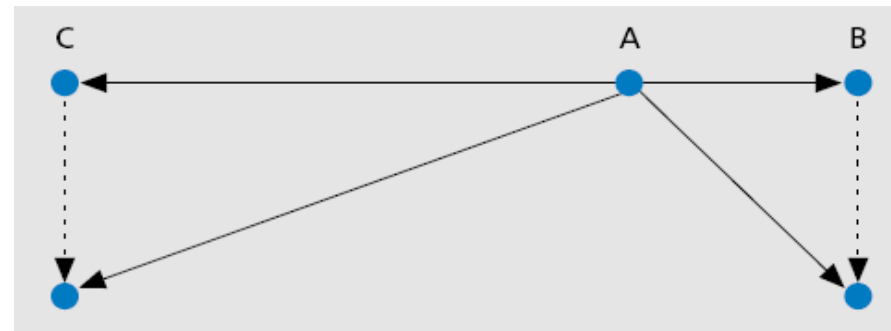


1. Expected zone („LAR értelemben”)

3. Az **A** belső állomás a jelzett (A csúccsal rendelkező) kúpon belüli szomszédjainak továbbítja az **adatcsomagot**

# DREAM távolsági hatás

- Az állomások periodikusan hirdetik (üzenetszórással) saját helyzetüket.
- „Távoli hatás” = A távoli állomások kisebb szögsebességgel, azaz látszólag lassabban mozognak.



- - *A közeli állomásokat gyakrabban kell frissíteni, míg a távolikat elég ritkábban.*
  - Helyzet frissítő üzenetek *time-to-live* (TTL) mezőt használnak a terjedés szabályozására
  - Változó TTL értékekkel lehet a távoli frissítéseket ritkítani



# Versengés-alapú továbbítás (CBF)

- Tipikusan pozíció-alapú routing megoldásokban egy node beacon üzenetektől tudja meg a szomszédok helyzetét.
  - A mobilitás, energia-gazdálkodás sokat ront a helyzeten, a beaconing frekvenciája nagyban változhat.
- Javaslat: **CBF (Contention Based Forwarding)**
  - **mohó küldés szomszédos ismeretek nélkül!**
  - A kiválasztás a csomópontok aktuális helyzete alapján fog megtörténni csomagtovábbítás *közben*.

# Versengés-alapú továbbítás

- CBF elemei:
  - Továbbító kiválasztása: **versengés alapján** történik
  - **Elnyomás**: lecsökkenti az ütközések esélyét, hogy lehetőleg ne választódjék ki egynél több node.
- Lépések:
  1. A küldő a csomagot üzenetszórással elküldi a szomszédoknak.
  2. A szomszédok **versengés alapján** meghatározzák, hogy ki legyen a jogosult a továbbításra.
    - PI. Időzítők értéke fordítottan arányos a küldőhöz képesti távolsággal
  3. A nyertes node **elnyomja** a többi node küldési hajlamát.

# Járművek közti kommunikáció

- „Hagyományos” ad hoc protokollok:
  - Reaktív: AODV, DSR
    - nagy útfelderítési terhelés, lassú felderítés
    - járművek között nem mindig hatékony
  - Geográfiai-alapú: LAR, DREAM
    - Lokalizációs szolgáltatás szükséges
    - bizonyos esetekben viszont lokális maximumba vezetnek (recovery mód)
    - városi környezetben nem hatékony
  
- Új megoldásokra van szükség a járművek közti (V2V) kommunikációban



# AODV verziók VANET-re

## ▪ AOMDV: Multipath

- Nemcsak egy útvonalat jegyez fel, hanem mindet, amit talál
  - Ez megtehető extra körök nélkül, mert a felderítés amúgy is elárasztás alapú
- Ha az elsődleges útvonal megszakad, akkor gyorsan át lehet kapcsolni valamelyik tartalékra
  - Akkor kell újra útvonalat keresni, ha minden ismert útvonal megszakadt (vagy erősen fogynak a lehetőségek)

## ▪ SD-AOMDV: Speed and Direction

- A nodeok figyelembe veszik a sebességüket és mozgási irányukat
- Csak olyan node lehet next hop, amelyik ugyanabba az irányba megy, hasonló sebességgel

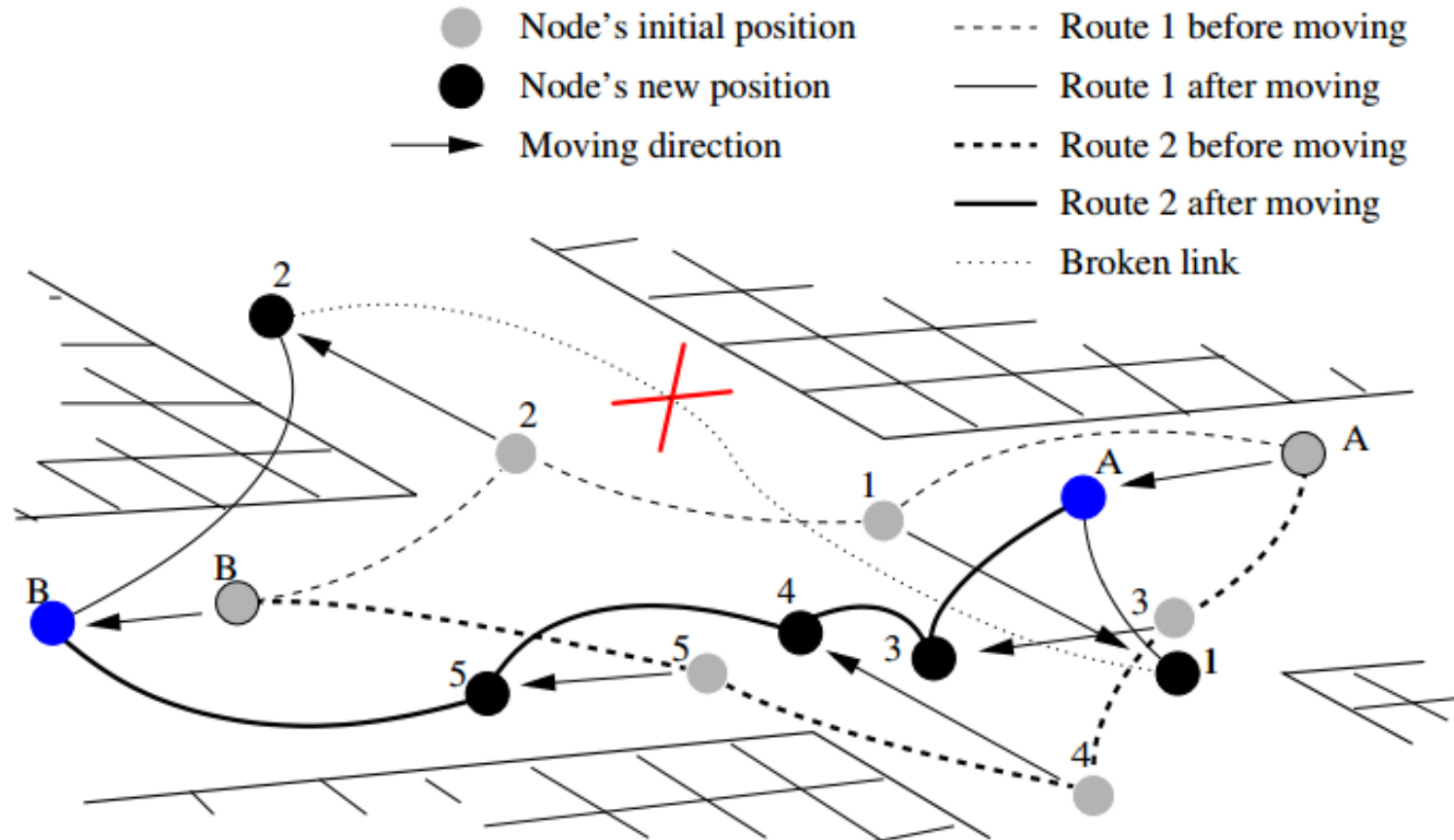
## ▪ R-AOMDV: Retransmission count

- Figyelembe veszi a linkek minőségét a routing metrikában a hopszám mellett
  - Link minősége: MAC újraküldések száma, mielőtt sikeres az átvitel
- **Probléma:** a linkek minősége nagyon gyorsan változik
- Cross-layer optimalizálás

# Link-stabilitás alapú útválasztás

## ▪ Movement Prediction based Routing (MOPR)

- Figyelembe veszi az autók pozícióját, sebességét, irányát
- Olyan közbeeső csomópontokat keres az útvonal kiépítéséhez, melyek „hasonlóan” mozognak

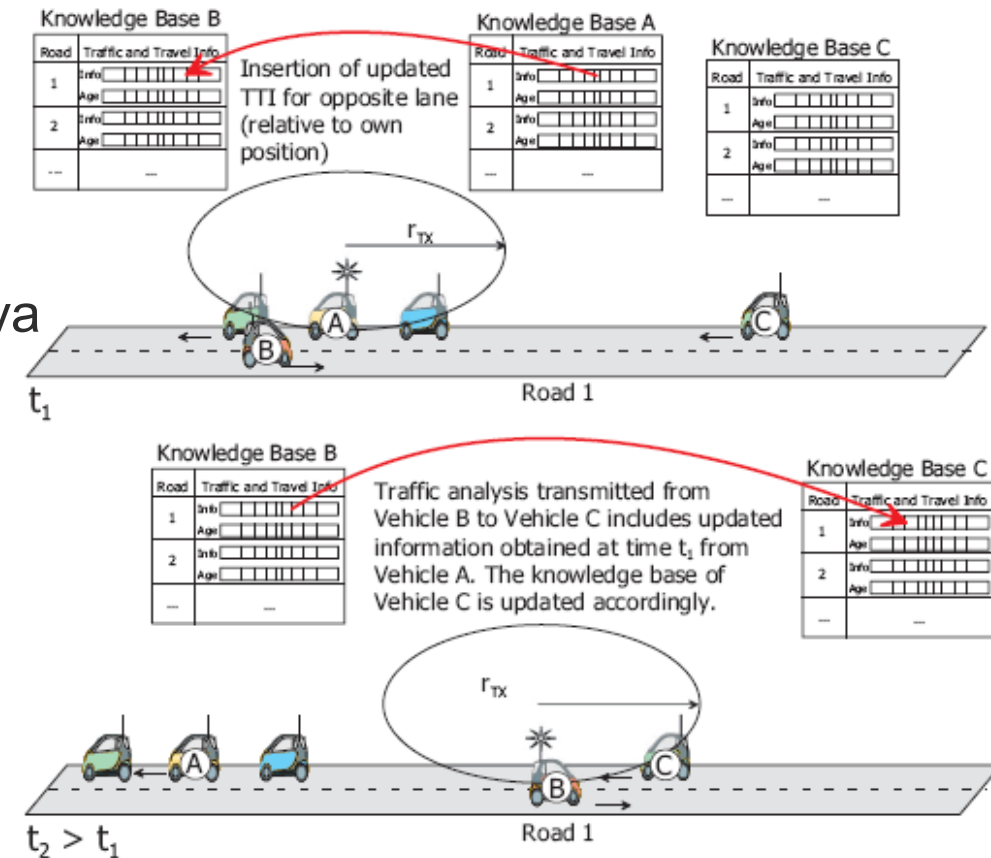


# AODV verziók VANET-re

- **AODV+PGB: Preferred Broadcast Group**
  - A next hop ha túl közel van, akkor nem halad az üzenet
  - A next hop ha túl távol van, akkor könnyen megszakadhat a link
  - **Javaslat:** azokat a szomszédokat választjuk next hop-nak, akiknek közepes jelerősséggel vesszük az adását, ők a PBG
  
- **BAODV: Bus-AODV**
- **P-AODV**
- **I-AODV**
- **Improved-AODV**
- **AODV-BD**
- **AODV-VANET**
- **etc.**

# DTN: Delay Tolerant Network

- Ha ritkán vannak a nodeok, akkor megszakadhat a hálózat
- Ezt **carry-and-forward** módszerrel át lehet hidalni
  - **Data-mule** (adathordozó öszvér)
- Ez akkor lehetséges, ha az üzenet nem veszti el az érvényességét időközben
- Mobilitás predikció nagyon hasznos, ha jól van megvalósítva



# VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery in VANET

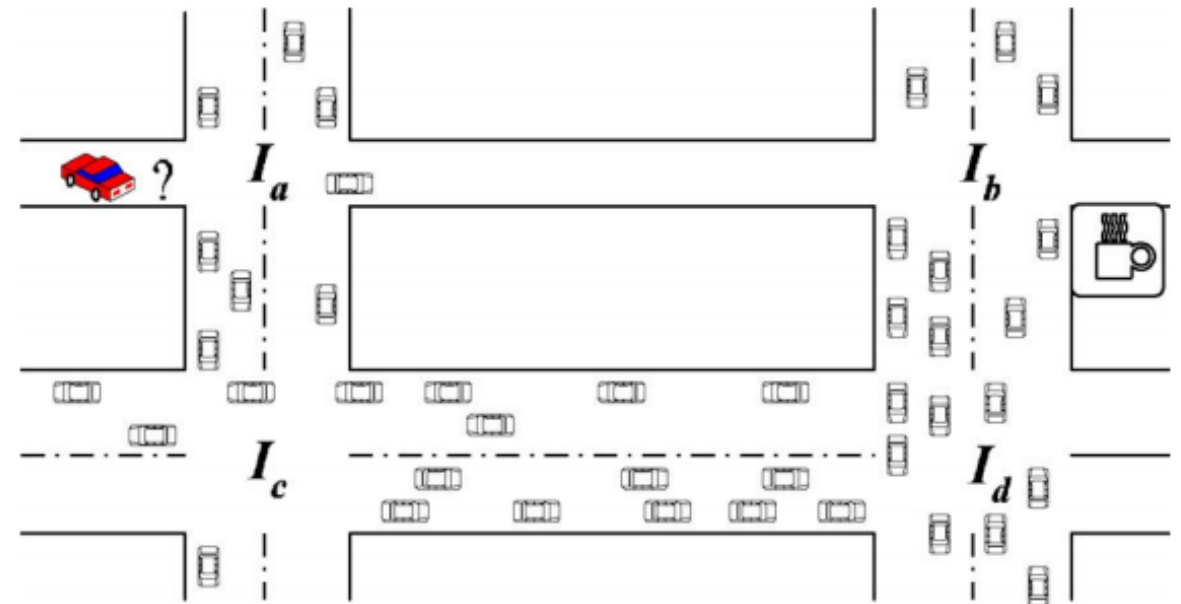
- Carry-and-forward, legrövidebb kézbesítési időre optimalizál
  - A vezeték nélküli továbbítást preferálja, mert az gyorsabb, mint az autók mozgása
  - Ha hordozni kell, akkor a leggyorsabb autót választja, amelyik a megfelelő irányba megy
  - Dinamikus útválasztás lépésről lépésre

- **VADD delay model**

- útkereszteződések közötti távolságok
- járműsűrűség minden útszakaszon
- járművek átlagos sebessége az útszakaszokon

- **Sztochasztikus modell**

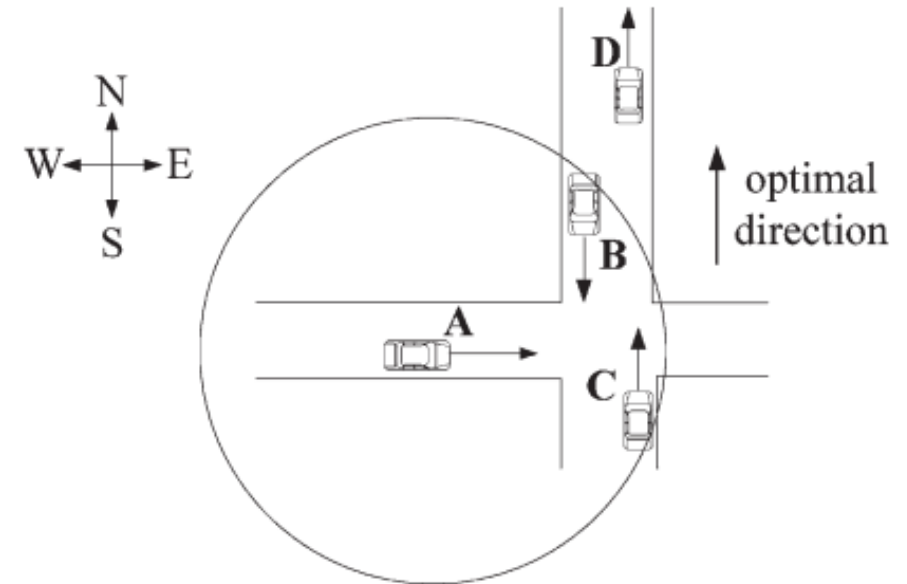
- Nem tudom előre kiszámolni a teljes útvonalat
- Függ attól, hogy egy adott kereszteződésben, egy adott pillanatban lesz-e aki továbbítsa az üzenetet az adott irányba
- Valószínűségeket tudok számolni





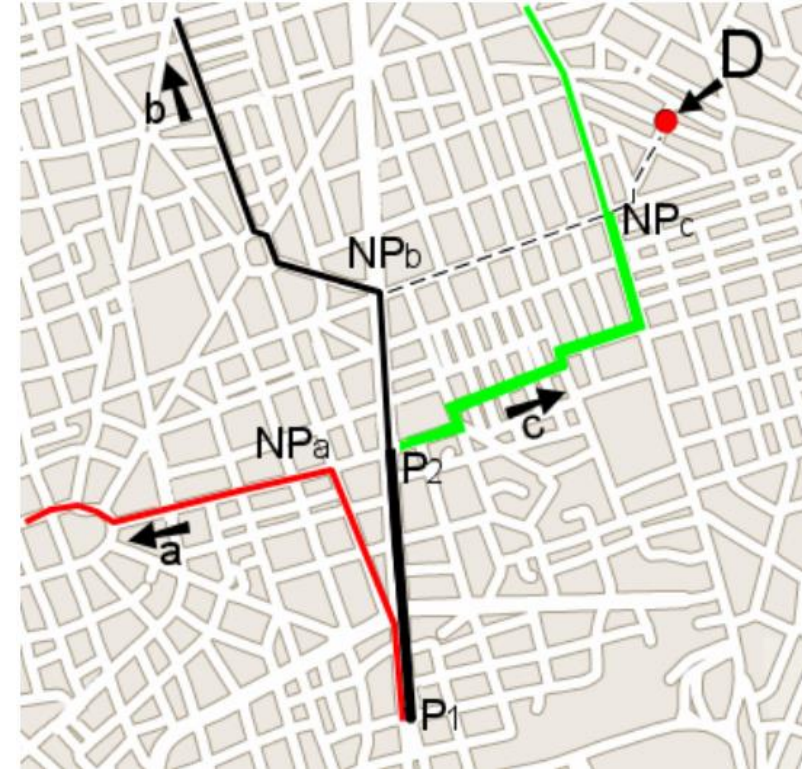
# VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery in VANET

- Routolás szempontjából 3 fajta node helyzetet különböztet meg:
  - **Intersection mode, StraightWay mode, Destination mode**
- 3-féle továbbítási sémát dolgoztak ki a szerzők:
  - **L-VADD:** annak az autónak továbbít, amelyik a legközelebb van a célhoz, függetlenül a mozgásállapotától (emiat továbbítási hurok is kialakulhat)
  - **D-VADD:** olyan autót választ továbbítónak, amelyik a cél irányába megy
  - **H-VADD:** hibrid, alpból L-VADD, de amikor hurkot detektál, akkor ideiglenesen átvált D-VADD módba



# GeOpps: Geographical Opportunistic Routing

- Feltételezi, hogy az autók tudják előre az útvonalukat
  - Pl. valamilyen útvonaltervező / navigációs alkalmazás által
- Három lépésben választ next hop-ot:
  - Minden szomszéd megkeresi a célhoz legközelebbi pontot a várható útvonalán
  - Kiszámolják, hogy mennyi idő alatt érnek oda
  - Ha van ezek között olyan, amelyik közelebb lesz a célhoz, mint az aktuális node, vagy azonos távolságra, de hamarabb ér oda, akkor annak átadja a csomagot
- Ha az autó útvonalat változtat, akkor ezt újra kell értékelni



# VANET broadcast protokollok

- Van egy célterület, amin belül mindenkinek meg kell kapnia az üzenetet (Broadcast Domain)
  - Minél inkább csökkenteni kell a terhelést (broadcast storm)
  
- **DECA: Density-Aware Reliable Broadcasting**
  - Nem használ pozíció információt
  - Beacon üzenetekkel felderíti a szomszédokat
  - A next hop az a szomszéd, akinek a legtöbb szomszédja van

# Urban Multi-hop Broadcast

- Hagyományos **Contention Based Forwarding (CBF)**
  - Időzítők alapján, a legtávolabbi csomópontnak lesz a legkisebb időzítője
  - Elnyomja a többieket
  - **Előny**, hogy energiahatékony – fontos egy MANET-ben, WSN-ben
  - **Hátrány**, hogy nem megbízható (rejtett állomás, interferenciák, kommunikációt gátló épületek)
  
- **UMB**
  - Járműhálózatokban az energiahatékonyság nem annyira kritikus
  - Két része – Directional Broadcast és Intersection Broadcast
  - a 802.11 4-utas kézfogását adaptálja broadcast csomagtovábbításra
    - **Ready To Broadcast / Clear To Broadcast**

# Urban Multi-hop Broadcast

## ▪ **Black-burst**

- A node-ok valamilyen módon meghatározott ideig adnak zavaró jelet
- Az a node nyeri el az adás jogát, amelyik ezután üresnek hallja a csatornát, vagyis a legtovább adott zavarást

## ▪ RTB vételekor black burst az előző node-tól vett távolság és irány függvényében

- csak a nyertes küld CTB-t

## ▪ Ezután adatátvitel, majd aki a CTB-t küldte, az küld ACK-t is

## ▪ **Intersection Broadcast**

- Városi környezetben a keresztezésekben fixen telepített egységek koordinálják az adatforgalmat
- A kereszteződés minden irányába tovább kell küldeni

## ▪ **AMB: Ad hoc Multi-hop Broadcast**

- A keresztezésekben nem fix node-ok, hanem az éppen ott levő autók közül választ egy felelőst

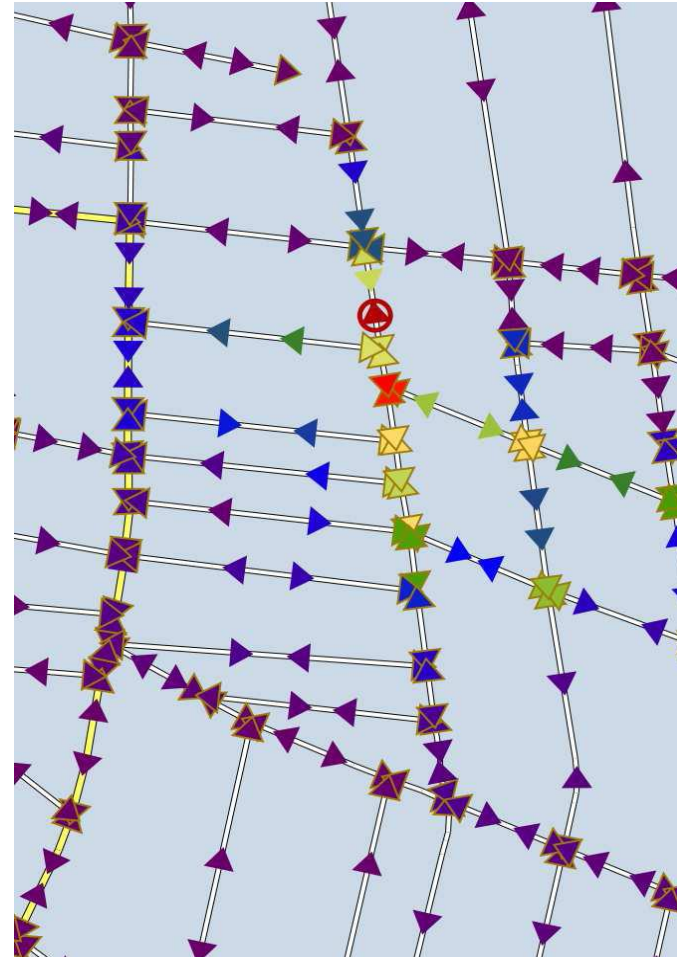
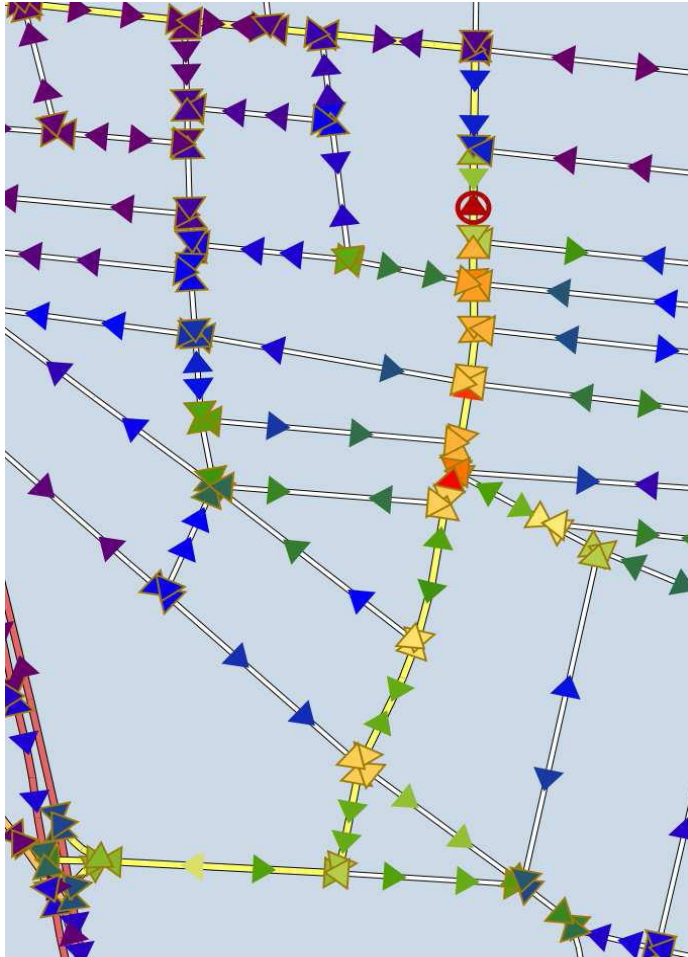
# Intelligens elárasztás pletykálással

- Az üzeneteket továbbszörjük/eldobjuk egy bizonyos  $p$  valószínűséggel
  - **Carefully Localized Urban Dissemination (CLOUD)**
- Az eldobás valószínűsége függ attól, hogy egy adott útszakaszon levő autók mekkora valószínűséggel mennek a veszélyforrás felé
- Forgalmi adatbázis szükséges
  - Kanyarodási valószínűség minden útkereszteződésben
  - Megállás valószínűsége minden útszakaszon
  - Átlagos forgalom sűrűség az adott napszakban
- Megbízhatóság növelése egy szavazásos mechanizmussal
  - A csomagot csak akkor dobjuk el, ha megfelelő számú szavazat érkezett erre
- Miklos Mate, Rolland Vida, „Reliable Gossiping in Urban Environments”, in Proceedings of 72nd IEEE Vehicular Technology Conference VTC-Fall, Ottawa, Canada, September 2010.



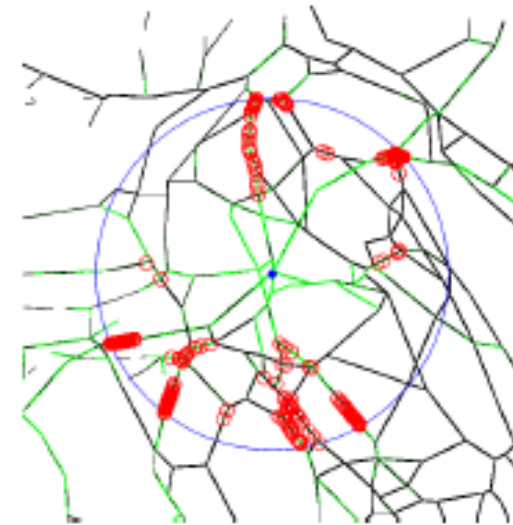
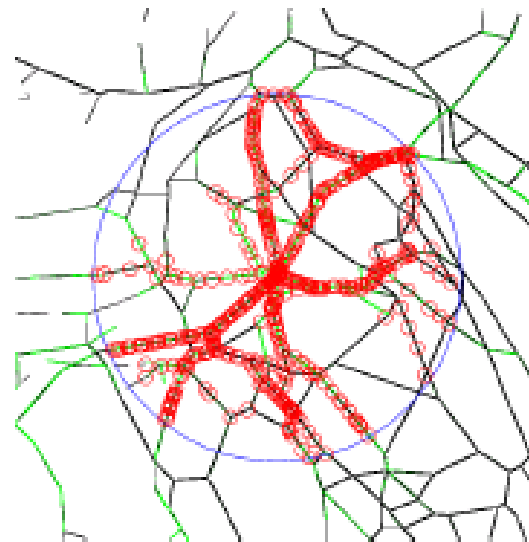
# Intelligens elárasztás pletykálással

- Szimulációs eredmények a CLoUD protokollra
  - Budapest digitális térképe



# VANET Multicast protokollok

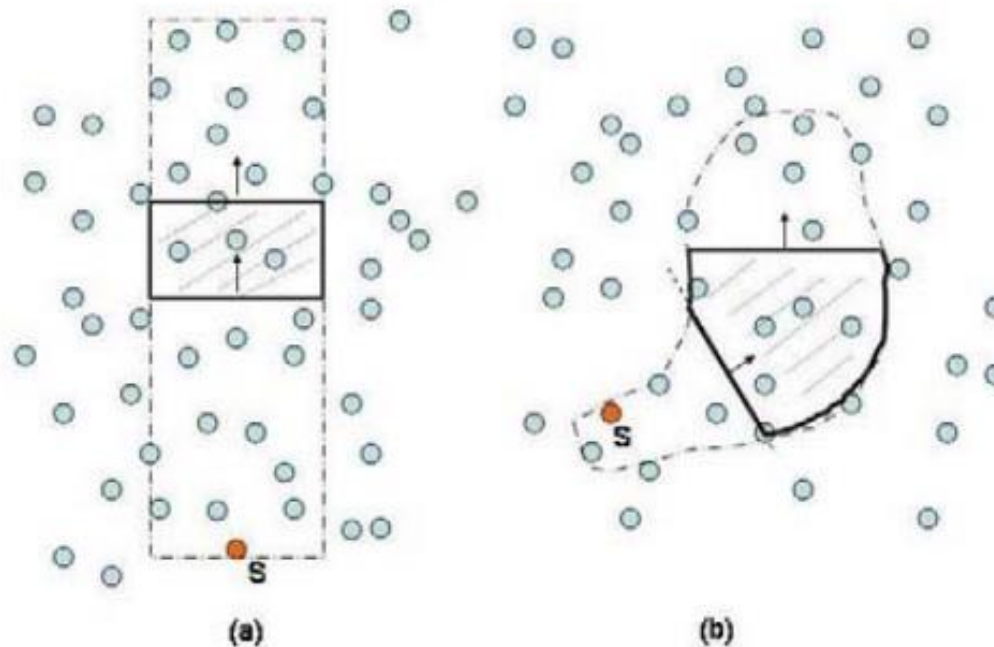
- Van egy célterület, amin belül mindenkinek meg kell kapnia az üzenetet (**Zone of Relevance**)
- Multicast csoport tagság implicit a pozíció alapján
- A forrás nem feltétlenül van a célterületen belül, vagyis lehet, hogy először unicast módon meg kell találni a célterületet, majd elárasztani azt
  - Pl. a dugó információ nem releváns a dugóban állók számára
  - Azoknak kell elküldeni, akik még elkerülhetik





# Mobicast

- **Mobile Just-in-time Multicasting**
- A Zone of Relevance, vagy **Delivery Zone**, egy adott sebességgel mozog
  - Pl. adj helyet a mentőknek
- Azt kell biztosítani, hogy bizonyos tér-idő koordinátákon belül, minden csomópont amelyik a Delivery Zone-on belültre kerül, megkapja az üzenetet még belépés előtt (vagy pont a belépéskor)



# Mobicast

- **Forwarding Zone**

- Megelőzi a Delivery Zone-ot
- Ebben a zónában levő csomópontok továbbszórják az üzenetet

- **Hold&Forward Zone**

- Csak tárolják az üzenetet, csak akkor küldik tovább, ha beérnek a Forwarding Zone-ba

