

Járműhálózatok

Vida Rolland

Távközlési és Médiainformaticai Tanszék

vida@tmit.bme.hu

Konvergens hálózatok és szolgáltatások (VITMM156)

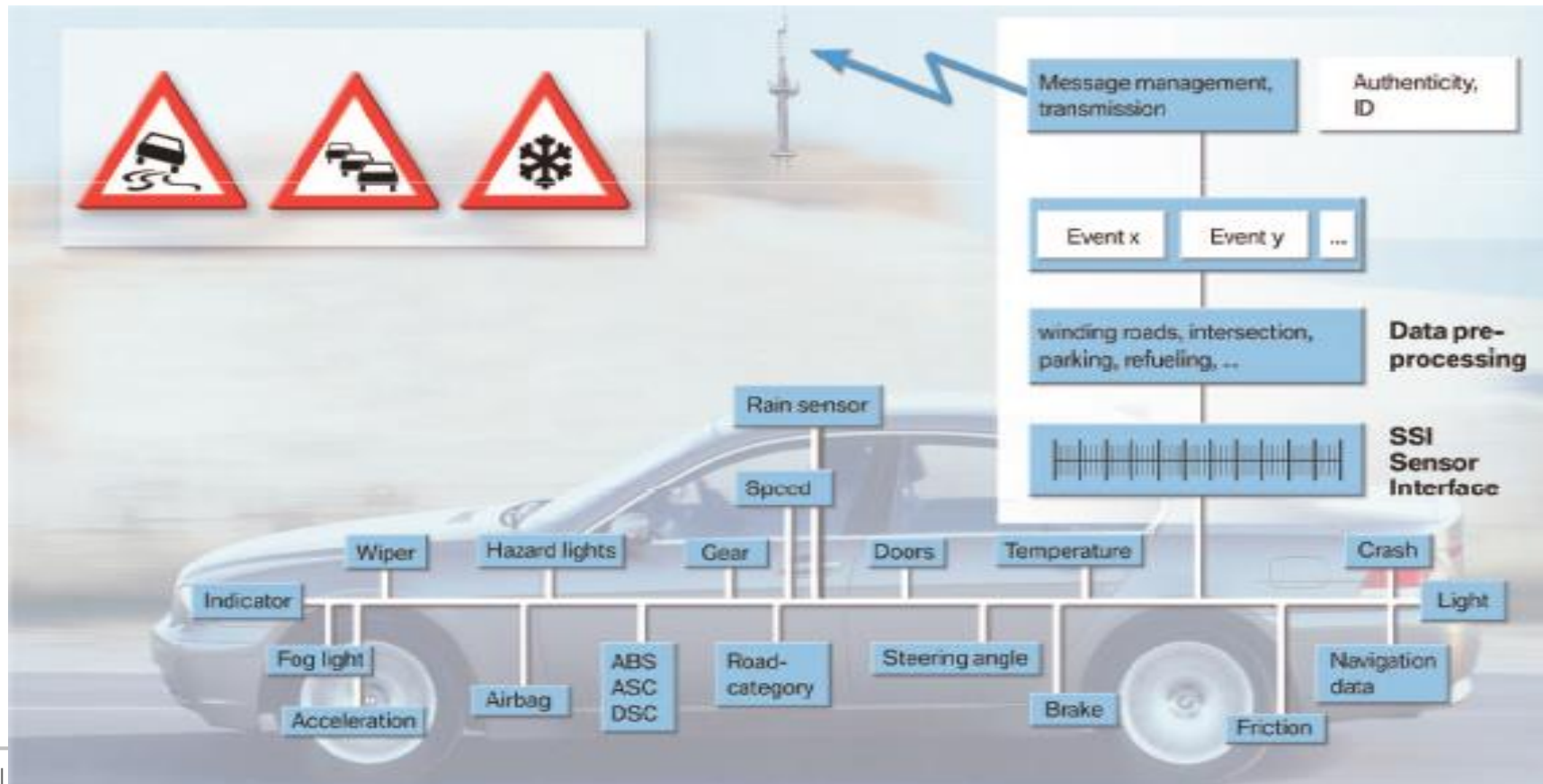
Intelligens közlekedési rendszerek

- Intelligent Transportation Systems (ITS)
- Nagyvárosok forgalmi helyzete
 - Budapest utcáin évente 30 000–el több autó
 - Útlezárások, útfelújítások
- Következmények:
 - Közlekedési torlódások
 - Balesetek
 - Környezetszennyezés
 - Pénzügyi hatások
- Forgalmi információk terjesztése
 - Manuális vagy automatikus
 - Vezeték nélküli hálózatok



Dinamikus közlekedési információk

- Hagyományos statikus közlekedési táblák
 - Mint 100 évvel ezelőtt
- Ma már az autók elektronikája közel 100 különböző szenzort tartalmaz
 - A mért adatokat jó lenne megosztani a többi autóval
 - Szenzorhálózat - járműhálózat



Közlekedési információ

- Web 2.0
 - A közlekedők egy részhalmaza **megosztja** egymással az aktuális információit
 - Jitti – Just In Time Traffic Information
 - Google Maps
- Manuális
 - pl. sms
- Automatikus



Közlekedés automatikus monitorozása

- Jármű számlálók
 - Szenzorok az úttestben vagy közlekedési lámpában
 - Előnyök
 - Folyamatos adatgyűjtés
 - Automatizáltság
 - Emberi hiba esélye csekély
 - Pontos
 - Sáv szerinti differenciáltság
 - Hátrányok
 - Csak „kiépített” útvonalakon alkalmazható
 - Nagy adatmennyiség tárolása
- Kamerák
 - Magánszféra megsértése, személyiségi jogok
- Floating Car Data
 - „Mintajárművek”, flottakövetés
 - Mozgó szenzorok
 - Forgalommal együtt haladó járművek adatai
 - Pl. GPS koordináták vagy mobil cella ID-k

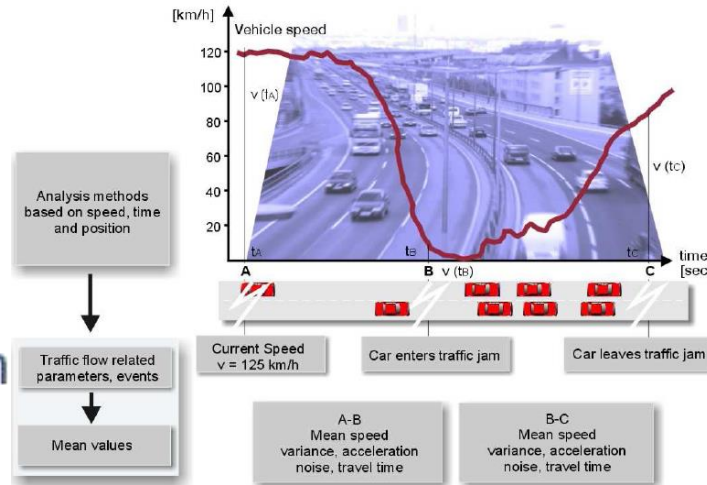


Közlekedés automatikus monitorozása



1. Collect Information

2. Transmit Information



3. Process Information

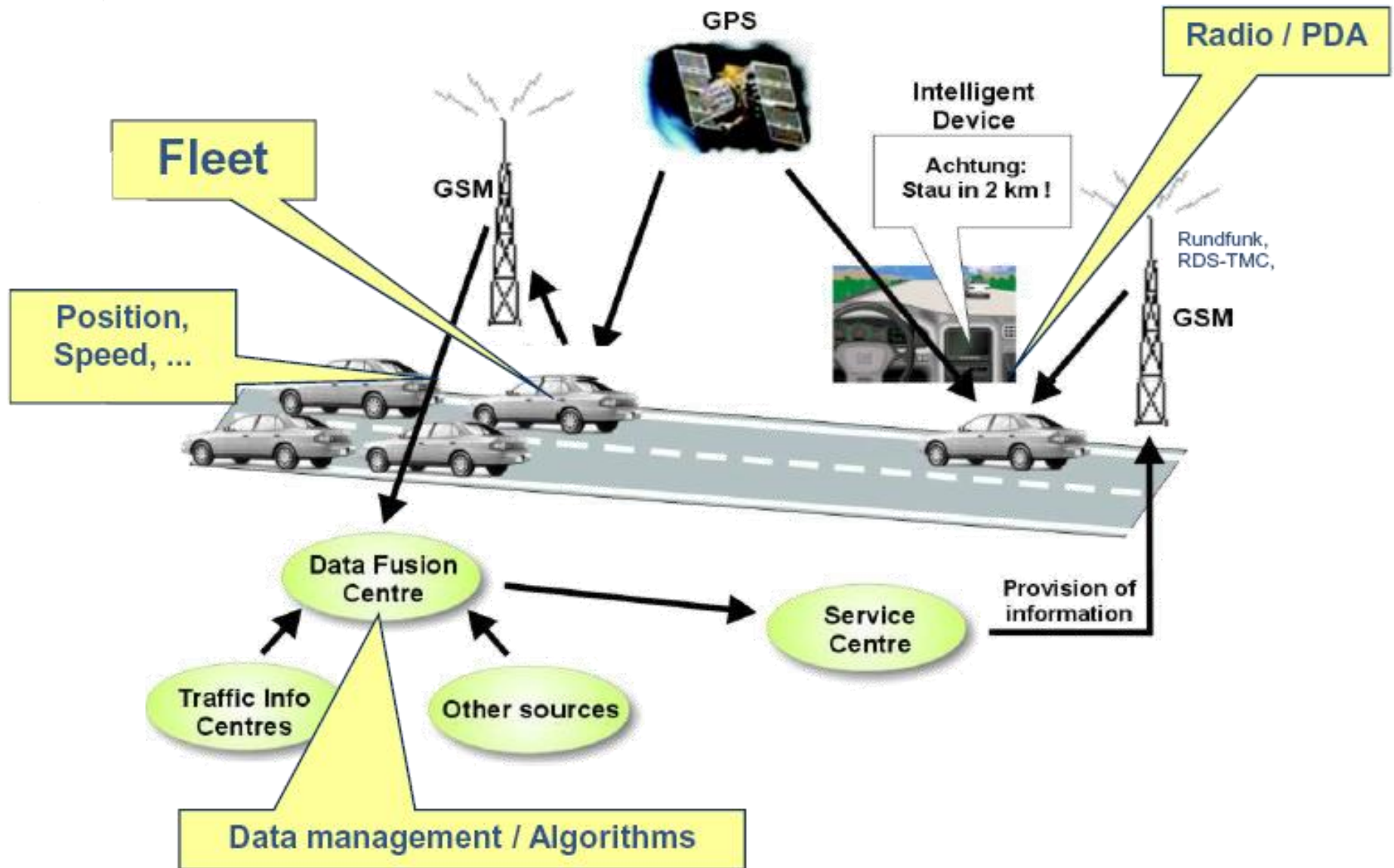
4. Display Information



Közlekedés monitorozása

	Szenzorok/kamerák	Floating Car Data
Mit mér?	Lokális forgalmi viszonyok	Átlagos sebesség
Reakció idő	Gyorsan reagál a változásokra 😊	Kis késleltetés
Hol mér?	Lokális	Nagyobb területen 😊
Mennyibe kerül?	Magas költségek	Alacsony költségek 😊
Utazási idő	Becslés	Pontos információ 😊

Rendszer architektúra



Kommunikációs architektúrák

- Car-to-Car (C2C) vagy Vehicle-to-Vehicle (V2V)
 - Az autók közvetlenül egymással kommunikálnak

- Car-to-Infrastructure (C2I) vagy Vehicle-to-Infrastructure (V2I)
 - A járművek és a kiépített infrastruktúra közötti kommunikáció
 - Mobil hálózat bázisállomásai
 - Úttestben vagy útmentén elhelyezett szenzorok, adattárolók, átjárók

- Car-to-Pedestrian
 - Az autók és a gyalogosok közötti kommunikáció
 - Átmenet a C2C és a C2I között
 - Másfajta mobilitás modellek

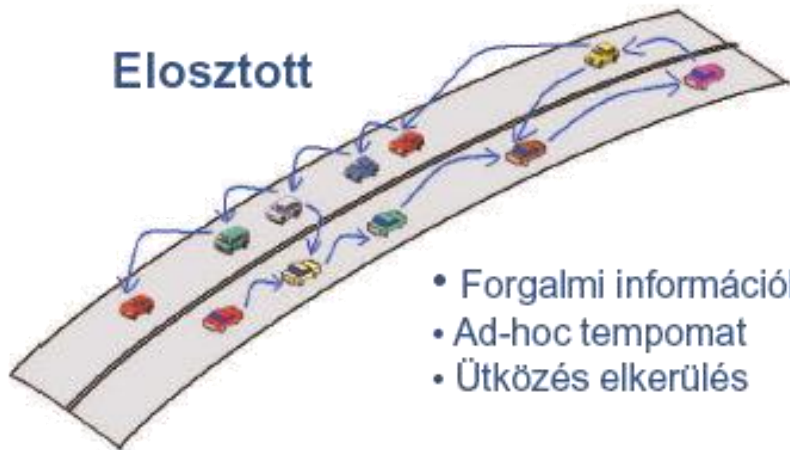
Kommunikációs architektúrák

Központosított



- Forgalmi információk periodikus küldése a központnak
- Minden autó a központtól kér útvonalat

Elosztott

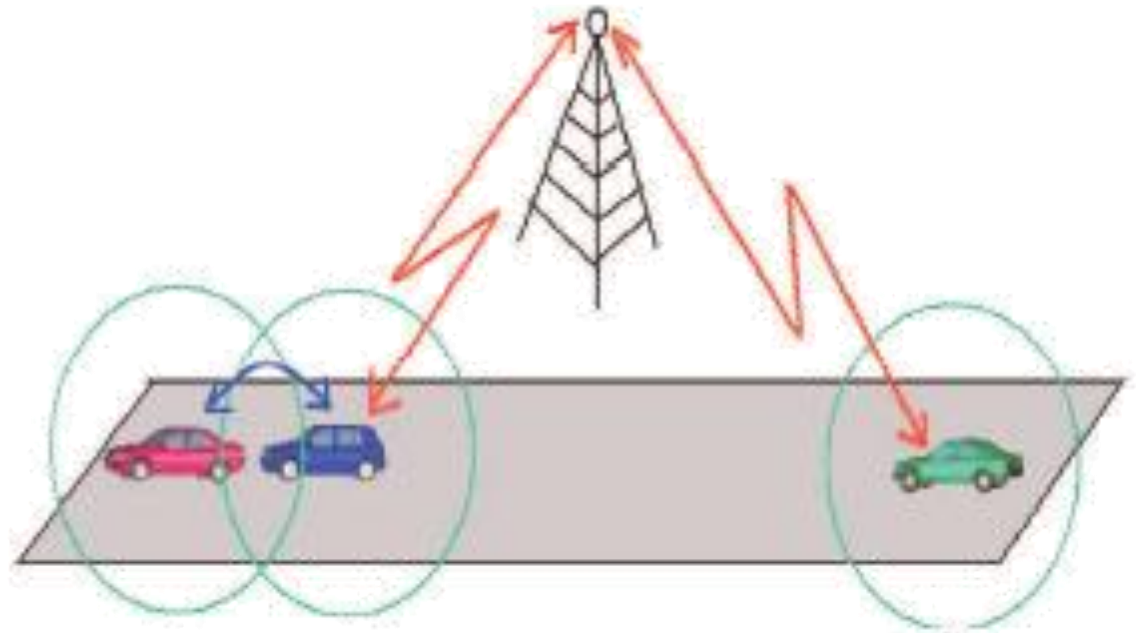


- Forgalmi információk
- Ad-hoc tempomat
- Ütközés elkerülés

	Központosított	Elosztott
Lefedettség/hatósugár	😊 teljes	😞 rövid (20-1000m) → szigetek
Sebesség	😞	😊
Megbízhatóság	😊	😞 ütközés, interferencia
Kapacitás	😞 korlátozott	😞 korlátozott
Ár	😞 van	😊 nincs

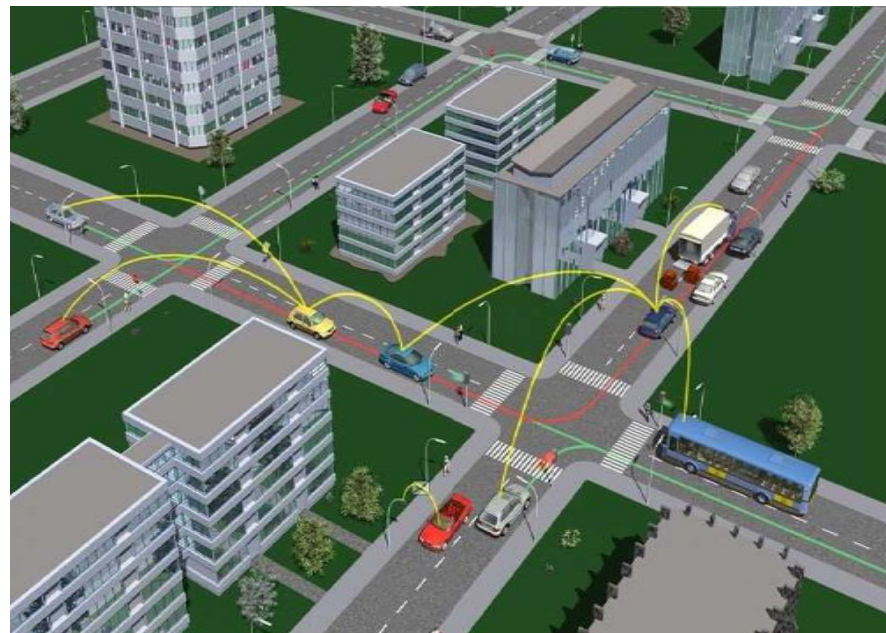
Hibrid megoldások

- Egyes járművek tudnak kommunikálni a központtal
 - Pl. GPRS
- Mások csak egymással tudnak beszélni
 - Vagy csak nem érdemes szólni a központnak



Kihívások

- A hálózat topológiájának gyors váltokozása
 - Hagyományos ad-hoc routing (AODV, DSR) nem használható
 - AODV, DSR – a következő előadásban
- A hálózat gyakori szakadása
 - **Opportunistic networking** – alkalom adta kommunikáció
 - Beszélj amikor lehetőség van rá
- Adatbiztonság
- Információ terjesztés
 - Ki?
 - Mikor?
 - Kinek?
 - Hova?



További kérdések

- Privacy
 - Saját adatok terjesztése
 - Ki tudja merre járok és milyen gyorsan megyek?
- Üzleti modell
 - Adatátviteli költségek
 - Kié az adatom?
 - Ingyen adjuk, ingyen kapjuk?
 - Reklámbevétel
 - Minőségi szolgáltatás
 - Kritikus adatmennyiség elérése
- Hogy kapja meg a vezető az információt?
 - Web
 - Mobil
 - PDA
 - PNA - Personal Navigation Assistant

Tipikus járműhálózati alkalmazások

- Közlekedésbiztonsági alkalmazások
- Forgalom hatékonyságot javító alkalmazások
- Infotainment

Közlekedésbiztonsági alkalmazások

- Útkereszteződésekben ütközések elkerülése
 - Figyelmeztetés az oldalról jövő járművekre
- Sáv váltás segítése
 - Figyelmeztetés a holt térben levő autókra
- Előzések segítése
- Ráfutásos balesetek elkerülése
- Figyelmeztetés megkülönböztető jelzésű járművekre
- Figyelmeztetés meghibásodott autóra
- Figyelmeztetés rossz útviszonyokra

Kommunikáció járműhálózatokban

- WAVE – Wireless Access in Vehicular Environments
 - IEEE 802.11p – fizikai és MAC réteg
 - IEEE 1609 – felsőbb rétegek, útválasztás, biztonság

IEEE 802.11p

- 2004-ben kezdődött a kidolgozás, 2010-ben fogadták el
 - Széles körben még nem használják
- DSRC - Dedicated Short Range Communication
 - 75 MHz széles spektrum, 5,9 GHz-en
 - OFDM mint a 802.11a-ban
 - 7 db 10 MHz széles csatorna (802.11a-ban 20MHz)
 - Kevesebb a gond a többutas terjedésből

EDCA – Enhanced Distributed Channel Access

- Javított DCF (Distributed Coordination Function) verzió
- CSMA/CA megoldás
 - A csomópont beleshallgat a csatornába
 - Ha szabad egy AIFS ideig, elkezd adni
 - Arbitration Inter-Frame Space
 - Ha nem, elhallgat egy Backoff időtartam erejéig
 - Véletlenszerűen választva a $[0, CW]$ intervallumból
 - CW – Contention Window
 - Ha újból nem sikerül, a CW értékét megduplázza, egy CW_{max} értékig
- Lehetőség a QoS-re, a fontos csomagok előnyt élveznek

Útválasztás járműhálózatokban

- **Unicast útválasztás**

- Földrajzi alapú
- Link-stabilitás alapú

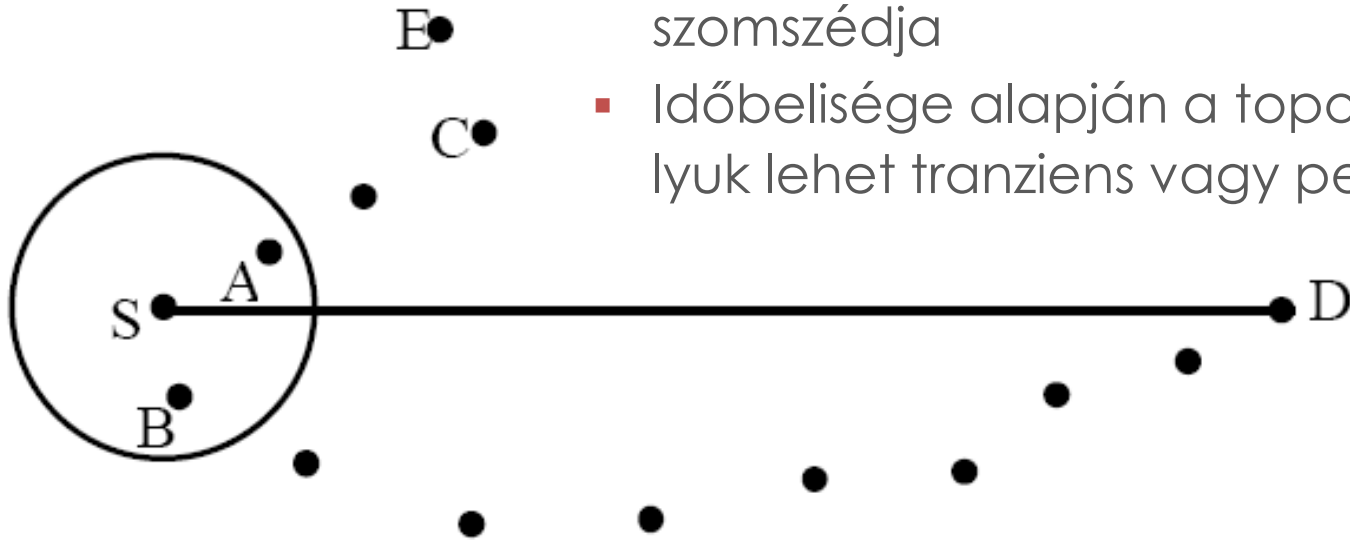
- **Földrajzi alapú útválasztás**

- Minden járművön GPS, periodikusan értesíti a szomszédjait az aktuális pozíciójáról
- Mohó algoritmus
 - Minden küldő a szomszédjai koordináta információját segítségül véve választja ki az alkalmas továbbítót
 - A célhoz legközelebbi szomszédhoz továbbítja a csomagot
 - Döntés lokális információk alapján, csak lokális optimum, globálisan nem biztos, hogy jó döntés

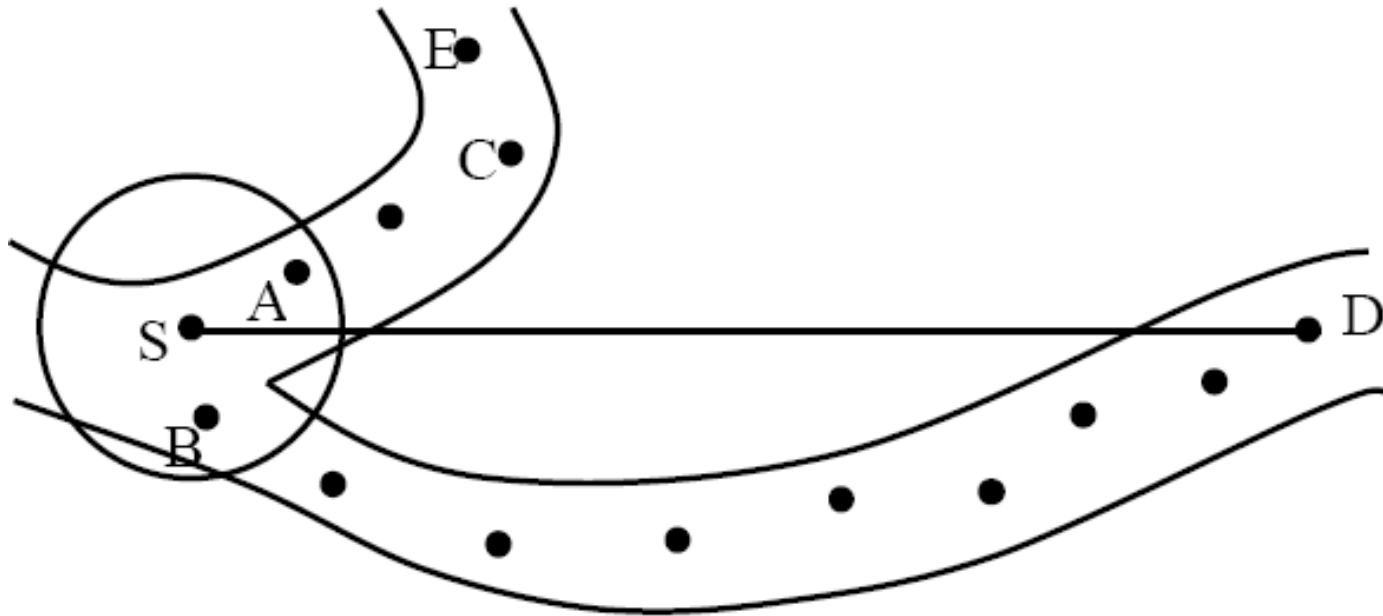
Földrajzi alapú útválasztás

- **Topológiai lyukak**

- a küldő nem tud egy alkalmas továbbítót találni, nincs megfelelő szomszédja
- Időbelisége alapján a topológiai lyuk lehet tranzienst vagy permanens



Földrajzi alapú útválasztás



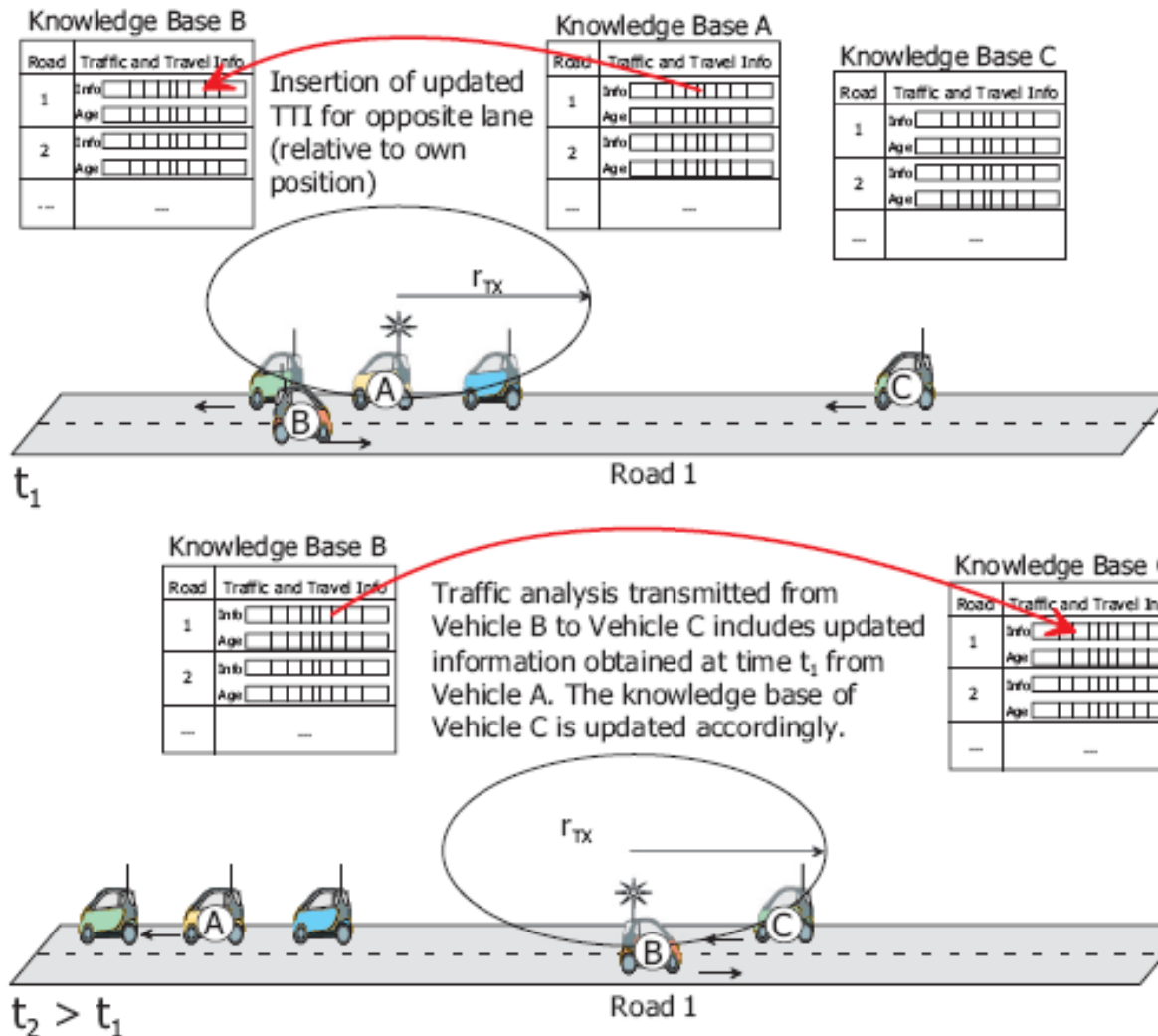
- **Megoldás:** nem csak a geometriai, hanem a topológiai szerkezetét is kell figyelni a hálózatnak
- **Digitális térkép használata az útvonalválasztásnál**

Földrajzi alapú útválasztás

GSRF – Geographic Source Route Forwarding

- Térbeli modellt használ amelyet a digitális térképből származtat
- „Source routing”-szerűen beleteszi az útvonal szegmenseit az adatcsomagokba
- **Probléma:** Előfordulhat, hogy a GSRF által megadott útvonalon nem található köztes továbbító jármű
 - Felfüggeszteni a csomagküldést (adatfutár üzemmód)
 - Ha újból lehetséges, visszaváltani mohó (greedy) üzemmódba
 - Újrászámolni lokálisan a GSRF útvonalat

Forgalmi információ terjesztés Adatfutár

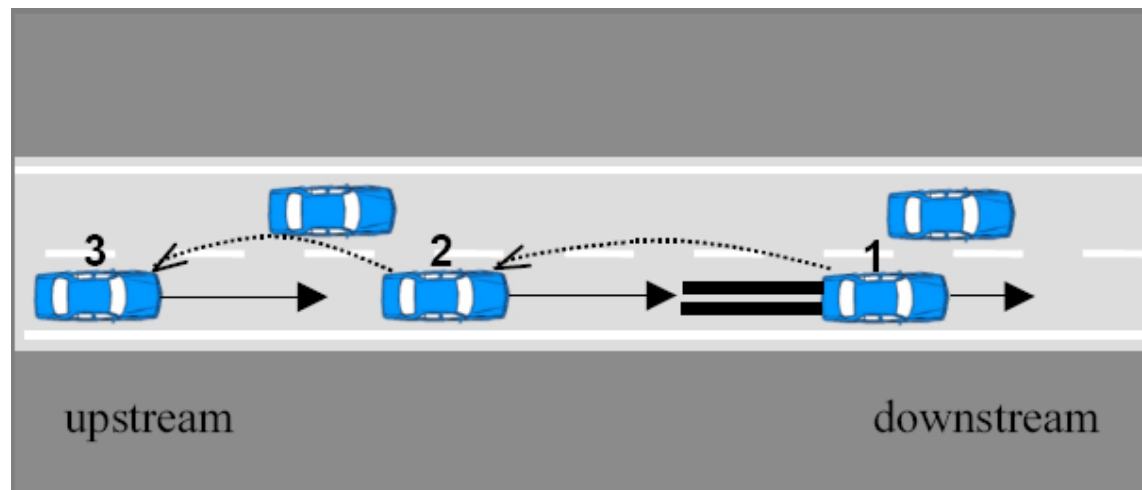


Link-stabilitás alapú útválasztás

- Topológia-alapú útválasztás hagyományos MANET hálózatokban
 - Reaktív és proaktív megoldások
 - Nem hatékony a nagy mobilitás miatt, gyakran kell újraszámolni az útvonalakat
- **Movement Prediction based Routing (MOPR)**
 - Figyelembe veszi az autók pozícióját, sebességét, irányát
 - Olyan közbeeső csomópontokat keres az útvonal kiépítéséhez, melyek „hasonlóan” mozognak

Broadcast megoldások

- a balesetek bekövetkeztének 90%-ért a járművezető a felelős
- **OKA:** nem reagálnak időben a vészhelyzetre
ráfutásos láncbalesetek $\Rightarrow$
 - a vezető reakcióideje tipikusan 0,75-1,5 sec.,
 - 112kmph sebességnél – (22-45)m megtétele a reakcióig
- **Cél:** 1-es jármű hirtelen fékezésekor a mögötte haladó 2-es és 3-as járműveket időben értesíteni
 - a többi sávban közlekedő járművek közvetlenül nem érintettek, így azok értesítése nem annyira fontos



Balesetmegelőzés

■ Naív Broadcast

- a problémát észlelő jármű periódikusan figyelmeztető üzeneteket küld
- az üzenetet vevő többi jármű esetén:
 - ha az üzenet a menetirányból jött, elkezd fékezni
 - elkezdi periódikusan szórni a figyelmeztetést
- nincs mechanizmus arra, hogy elnyomja az üzenet továbbítását

■ Intelligens üzenetszórás implicit nyugatázással

- A naív BC nagy mennyiségben generált üzenetét próbálja megszüntetni
- implicit nyugtázást használ az üzenetek számának lecsökkentésére

Balesetmegelőzés

■ Intelligens üzenetszórás implicit nyugatázással

If (üzenet menetirányból jött)

 If (üzenetet már előbb megkaptuk)

 Üzenetet Eldobni

 else

 jármű sebességét csökkenteni

 Véletlen ideig várni ugyanarról az eseményről küldött, hátulról érkező üzenetre

 if (ez a csomag megérkezett)

 az üzenet már továbbjutott ennél a járműnél, eldobni

 else

 do

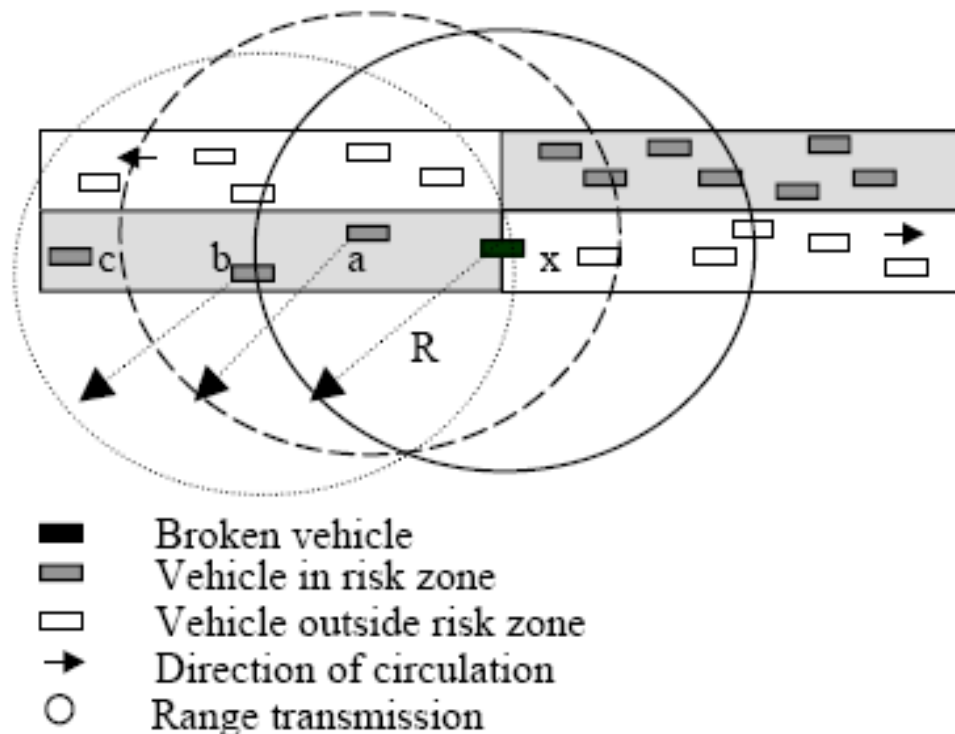
 periódikus továbbszórása az üzenetnek

 until

 ugyanazt az üzenetet vételezzük

Balesetmegelőzés

- **ODAM (Optimized Dissemination of alarm messages)**
 - egyetlen jármű választódjon ki (relay)
 - a relay elosztott módon választódjon ki
 - a relay jármű minél nagyobb területet fedjen le
 - **a továbbküldésig kivárt idő, fordítottan arányos a vevő-küldő közti távolsággal**

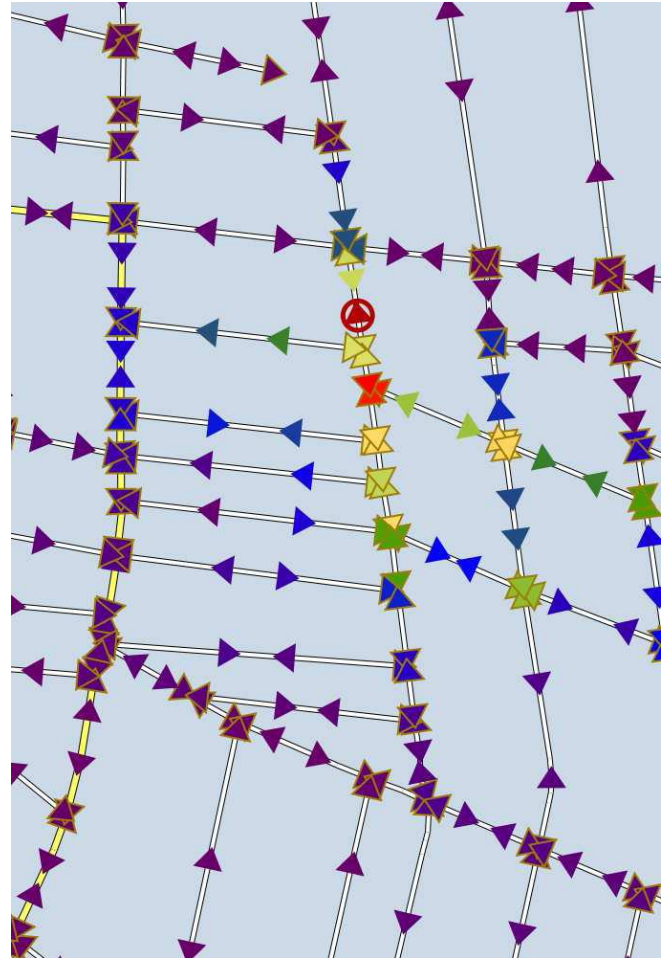
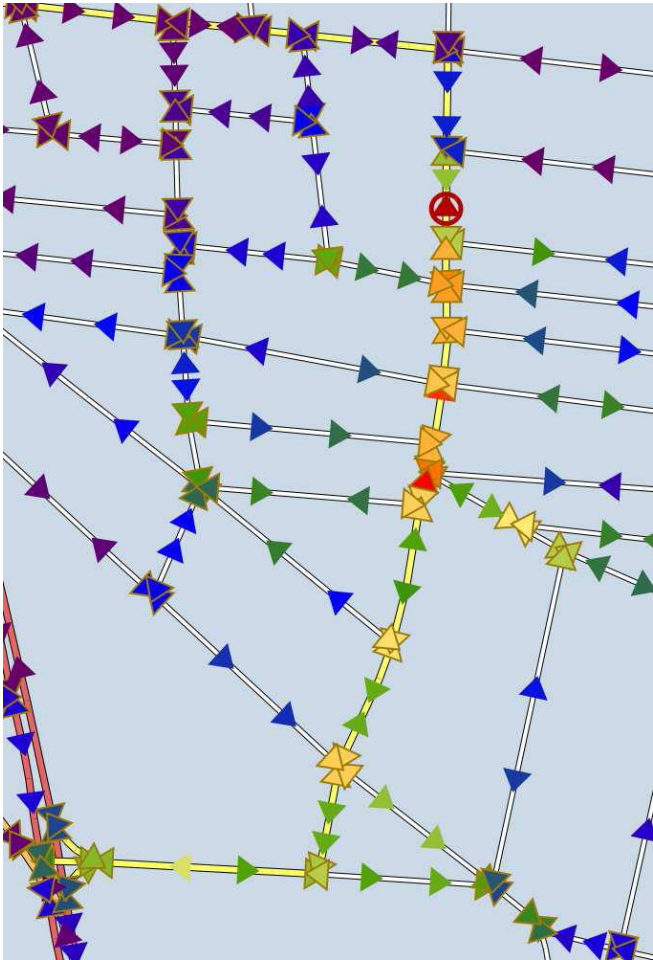


Intelligens elárasztás pletykálással

- Az üzeneteket továbbsszórjuk/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

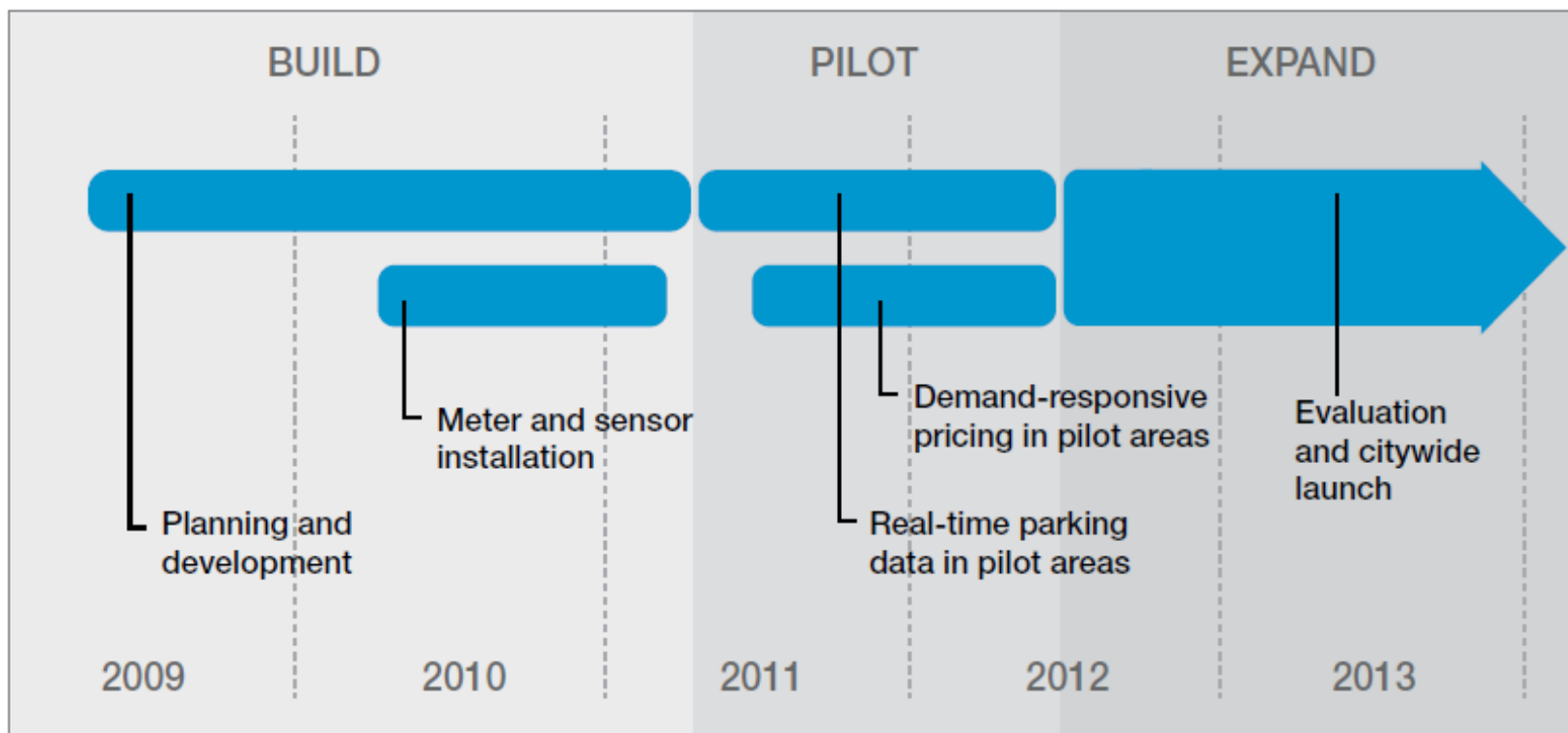


Intelligens parkoló rendszer - motiváció

- A parkolóhely keresése miatt:
 - Komoly késések, forgalmi dugók
 - Felesleges benzin felhasználás
 - Környezetszennyezés
- Donald Shoup, UCLA – egy kis pénzügyi negyedét vizsgált Los Angelesben
 - 950.000 mérföld évente
 - 95.000 elfecsérelt munkaóra
 - 47.000 gallon benzin
 - 730 tonna CO2 kibocsátás
- Barcelonában 1 millió autós naponta átlagosan 20 percet keres parkolóhelyet
- Texas Transportation Institute tanulmány
 - A 75 legnagyobb amerikai városban
 - 3,6 milliárd óra késés, 21,6 milliárd liter benzin
 - 67 milliárd USD termelés kiesés

- Intelligens parkoló rendszer San Francisco-ban (2011)
- Partnerek:
 - (Ön)kormányzat
 - San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA)
 - United States Department of Transportation (USDOT)
 - Federal Highway Administration
 - Egyetemi szakértők
 - Donald Shoup, University of California, Los Angeles
 - Robert Hampshire, Carnegie Mellon University
 - Adam Millard-Ball, Stanford University
 - Rachel Weinberger, University of Pennsylvania
 - Cégek
 - StreetSmart Technology, LLC – útba ágyazott szenzorok
 - IPS Group, Inc. és Duncan Solutions – parkolóórák
 - Oracle – adatbázis, szoftver
 - És még sokan mások...

- Pilot rendszer, kezdeti fázis - 8 fontos parkoló zóna
- Cél:
 - 7000 utcai parkolóhely kialakítása, a város 25%-nak lefedése
 - 12500 parkolóhely parkolóházakban (75%)



- Adaptív árazás
 - Tömbönként (block), napszakonként
 - Ahol sokan parkolnak, növelni az árat, ahol kevesen, csökkenteni
- 80% feletti foglaltság
 - nő 0.25\$-al óránként
- 60-80% között
 - marad az ár
- 30-60% között
 - csökken 0.25\$-al óránként
- 30% alatt
 - csökken 0.50\$-al
- Átárazás 30 naponta



July 2011 rate changes: Mission

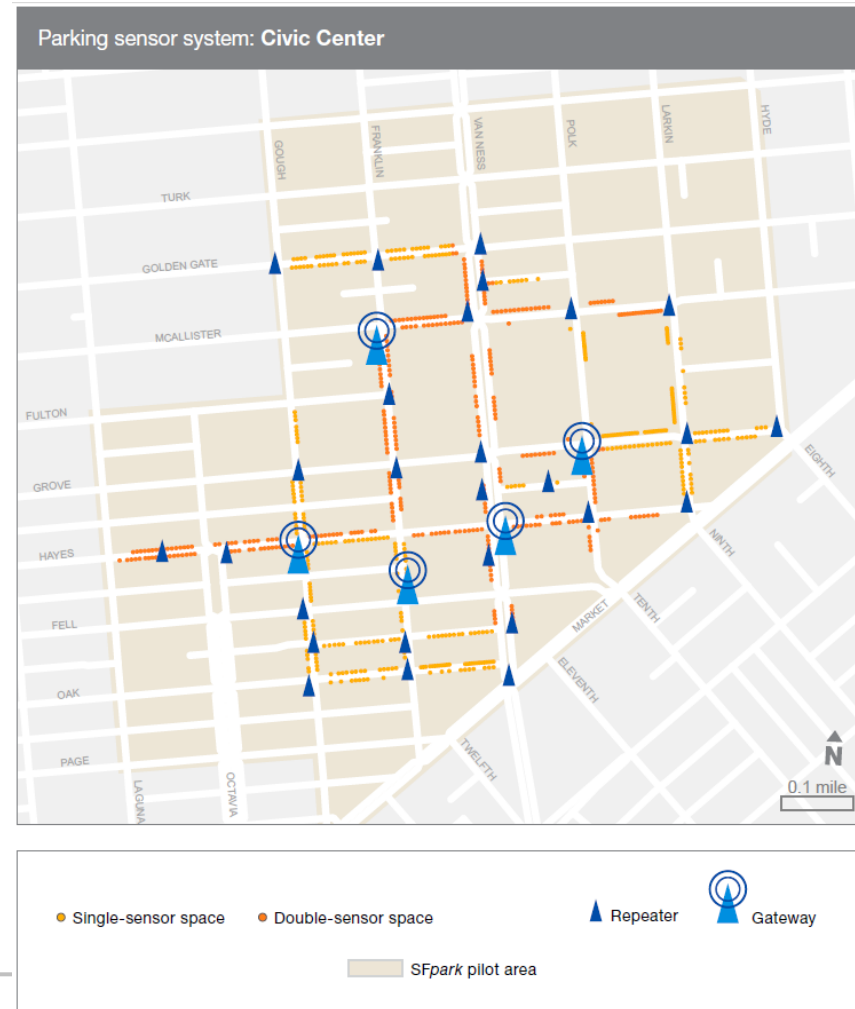




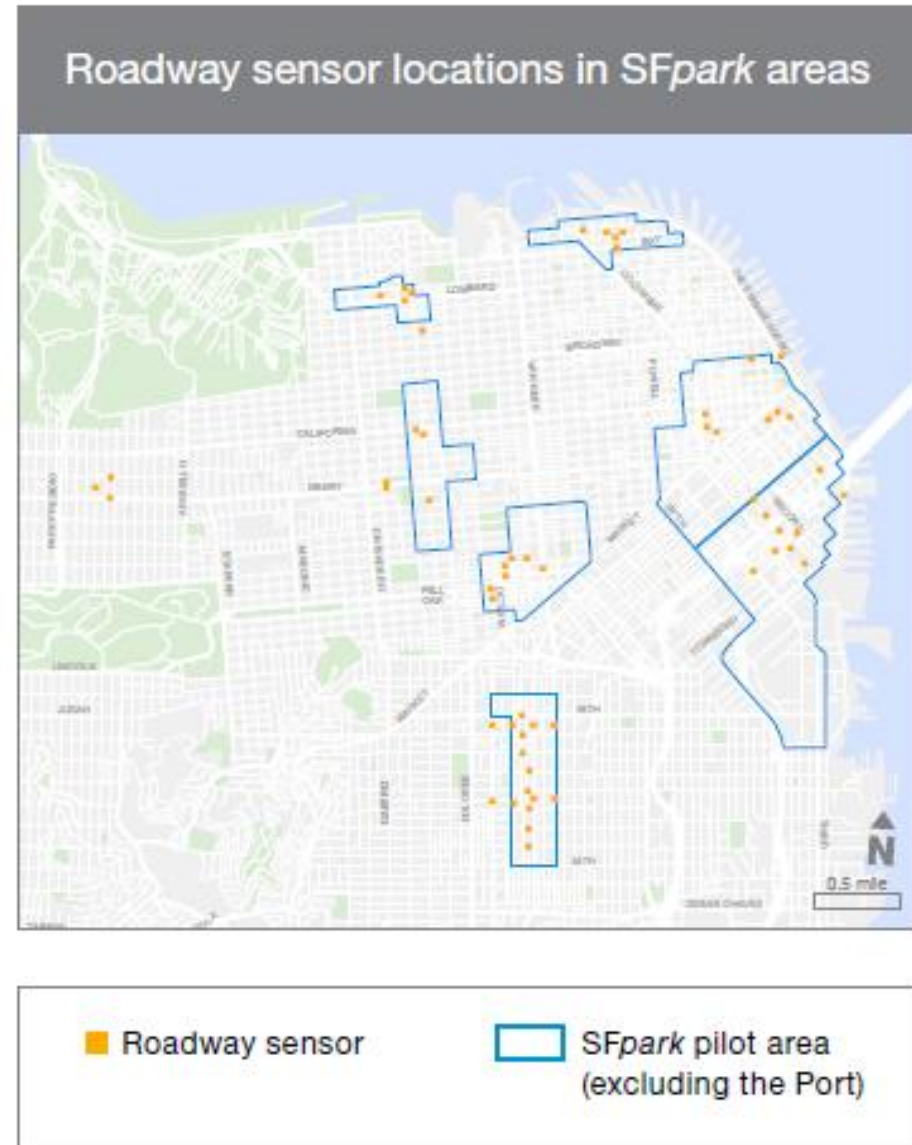
- Szenzorok
 - 1 vagy 2 szenzor minden parkolóhelyen
 - Magnetométer
 - Úgy van kalibrálva, hogy felismerjen egy felette parkoló autót



- Topológia
 - A szenzorok a parkolóóráknak küldik az adatokat
 - Átjátszó és gateway csomópontok
 - Multi-hop hálózat



- Szenzorok az úttestben
 - Mérik, hogy az intelligens parkoló rendszer mennyire csökkenti a forgalmat
 - Sávonként két szenzor
 - Magnetométer, érzékeli a felette áthaladó jármű sebességét, illetve a forgalom sűrűségét



Adatok valós idejű megjelenítése

- Weben és okostelefonon

