



# Szenzorhálózatok és alkalmazásaik

---

Okos város mintaprojekt

# Smart Santander (EU FP7)

---

VITMMA09 – Okos város MSc mellékspecializáció

# Santander

- Tengerparti város Észak-Spanyolországban
  - 180.000 lakos, 35 km<sup>2</sup>
  - Kicsivel nagyobb mint a XI. kerület



# Smart Santander

- EU FP7 (Framework Program 7) nemzetközi kutatási projekt
  - 2010. szeptember – 2013 szeptember
  - 8,67 millió EUR költségvetés, ebből 6 millió EUR támogatás.



		Partnerek
Telefonica I+D	Spain	
Alcatel-Lucent Italy s.p.a.	Italy	
Alcatel-Lucent Spain S.A.	Spain	
Ericsson d.o.o.	Serbia	
TTI Norte	Spain	
Universidad de Cantabria	Spain	
University of Surrey	United Kingdom	
Universität zu Lübeck	Germany	
Lancaster University	United Kingdom	
Commissariat à l'Energie Atomique	France	
Computer Technology Institute	Greece	
Alexandra Instituttet A/S	Denmark	
Santander Council	Spain	
Sociedad para el Desarrollo de Cantabria	Spain	
University of Melbourne	Australia	

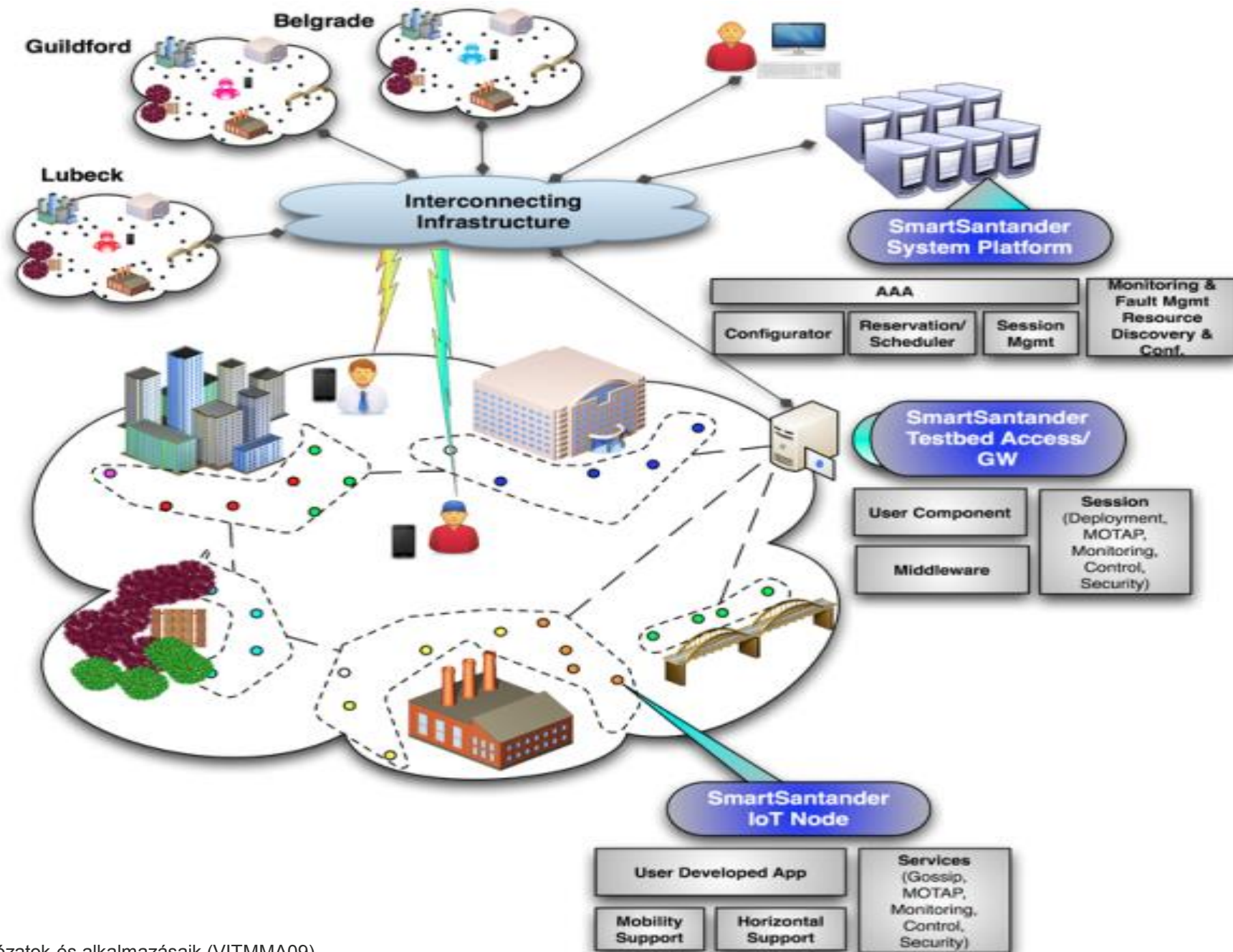


# A projekt célja

- Nagyméretű okos város tesztrendszer
- Összesen 20.000 telepített szenzor
  - ebből 12.000 Santanderben
- 4 okos város  
(Santander, Lübeck, Belgrád, Guildford)



# A projekt



# 3 rétegű architektúra

## ▪ IoT csomópontok (szenzorok)

- Hőmérséklet, légszennyezés, zaj, fény, parkolás
- Akkuról működő egyéni szenzorok
- Egy részük az ismétlő csomópontokba integrálva

## ▪ Ismétlők

- Magasan a föld felett elhelyezve, lámpaoszlopokon, közlekedési lámpákban, információs panelekben
- Tápellátás biztosított

## ▪ Gateway csomópontok

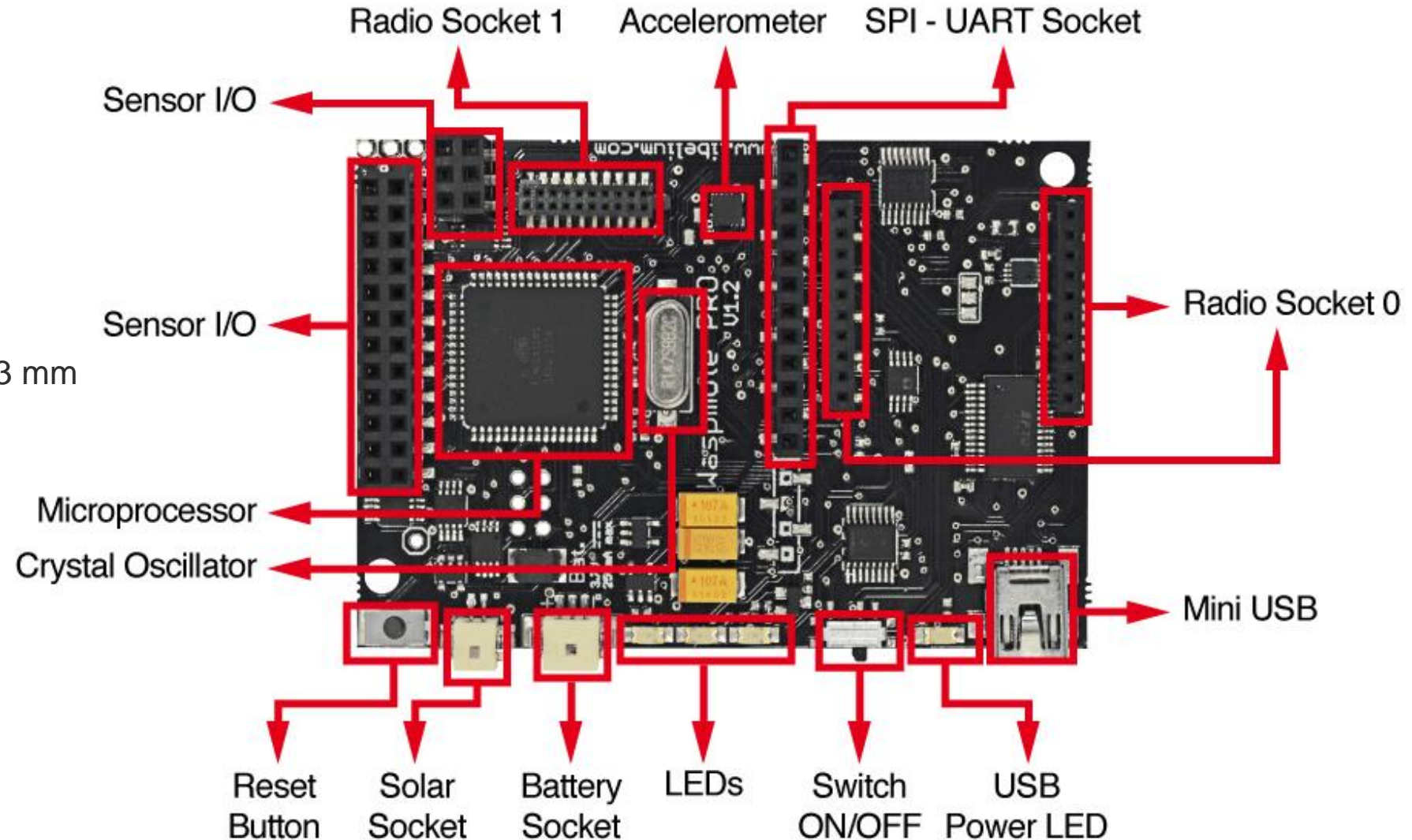
- Minden információt a gateway-hez küldenek a csomópontok
- Vagy tárolja, vagy továbbküldi valamilyen interfészen (WiFi, GPRS/UMTS, Ethernet)

# Libelium Wasp mote

- Mikrokontroller: ATmega1281
- Frekvencia: 14MHz
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- FLASH: 128KB
- SD kártya: 2GB
- Súly: 20gr
- Méretek: 73.5 x 51 x 13 mm

## Energiafogyasztás

- ON: 15mA
- Sleep: 55uA
- Deep Sleep: 55uA
- Hibernate: 0.7uA
  
- Akku feszültség: 3.3V - 4.2V
- USB töltés: 5V - 100mA
- Napelemes töltés: 6-12V - 280mA





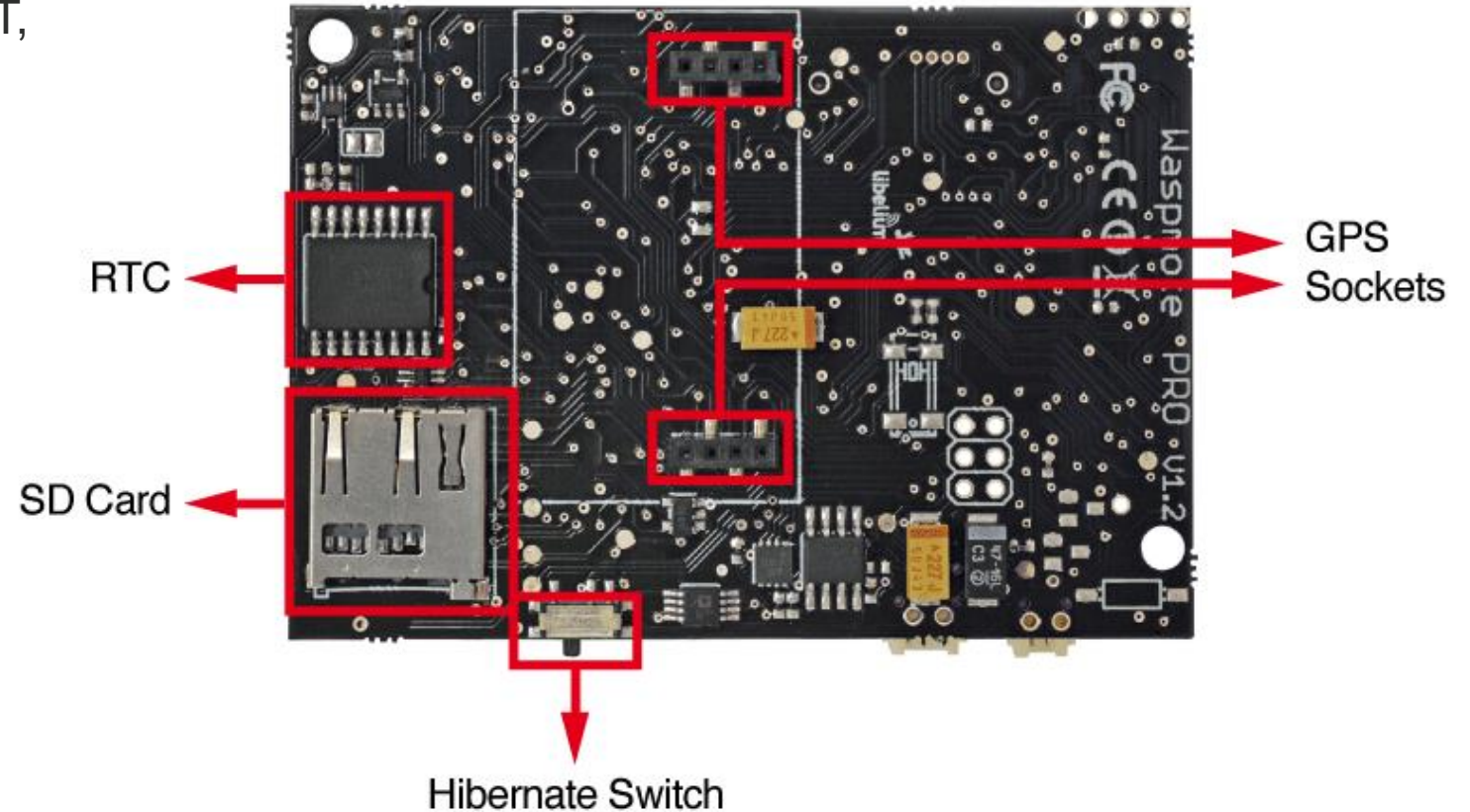
# Libelium Wasp mote

## Input / Output

- 7 analóg input, 8 digitális I/O, 2 UART, 1 I2C, 1 SPI, 1 USB

## Integrált szenzorok

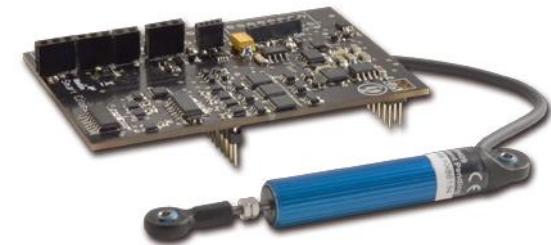
- Hőmérséklet: (+/-):  $-40^{\circ}\text{C}$  ,  $+85^{\circ}\text{C}$ .  
Pontosság:  $0.25^{\circ}\text{C}$ .
- Accelerometer:  $\pm 2\text{g}/\pm 4\text{g}/\pm 8\text{g}$
- Fényérzékelő



# Csatlakoztatott szenzorok

## Gas Sensor Board

- Szén-monoxid – CO
- CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, VOC
- Hőmérséklet, páratartalom, légnyomás



## Smart City Board

- Zaj szenzor (omni-directional mikrofon, 20Hz – 20 KHz)
- Ultrahangos távolságmérő



## Parking Sensor Board

- Mágneses tér változásából érzékeli a felette parkoló autót



## Agriculture Board

- Talaj nedvességmérő



# Wasmote rádió

- **Libelium Wasmote Expansion Radio Board**

- Két XBee rádiós egység, mindkettő 2.4 GHz-en
  - Az egyiket IEEE 802.15.4 protokoll, tesztelésre
    - Bárki írhat és futtathat teszt alkalmazásokat, nem zavarja a működést
  - A másikon DigiMesh, a szenzor adatok begyűjtésére és a jelzésforgalomra
    - Átalakított 802.15.4, egyszerű útválasztó algoritmussal
    - A mote-ok flashelése is ezen az interfészen keresztül



- A város 22 részre osztva, különböző frekvenciák az interferenciák elkerülése miatt



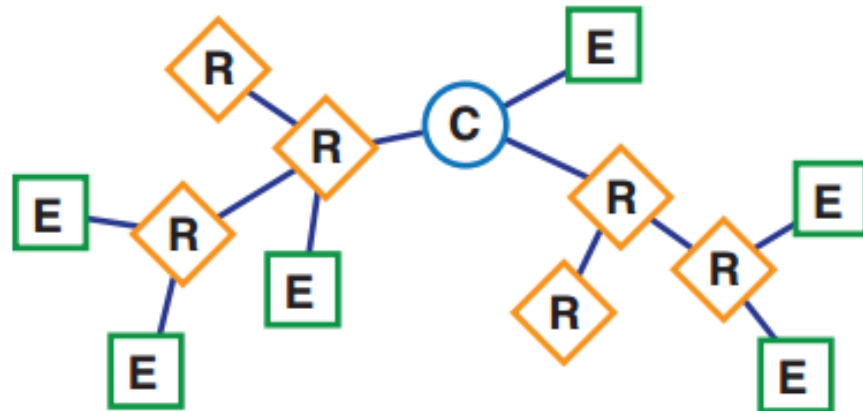
# Zigbee vs. DigiMesh

- Zigbee

**C** Coordinator

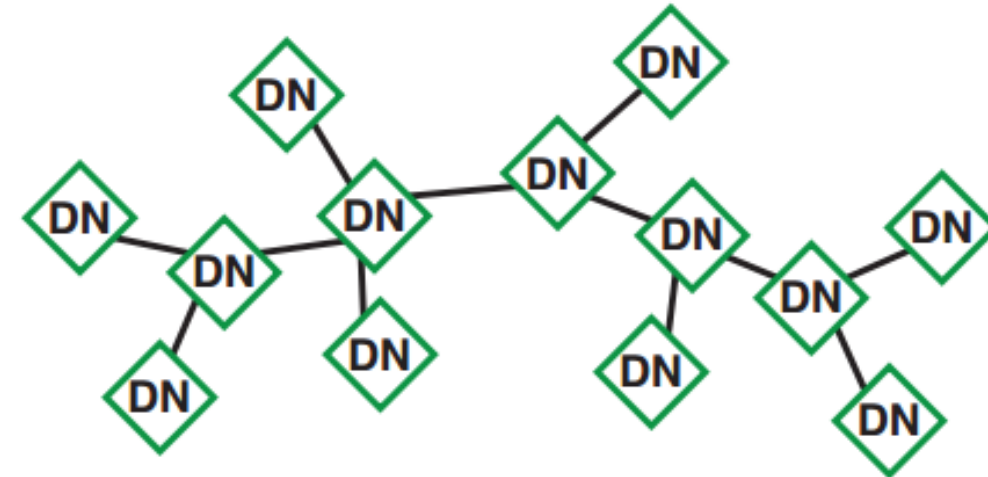
**R** Router

**E** End Device



- DigiMesh

**DN** Digi Mesh Nodes

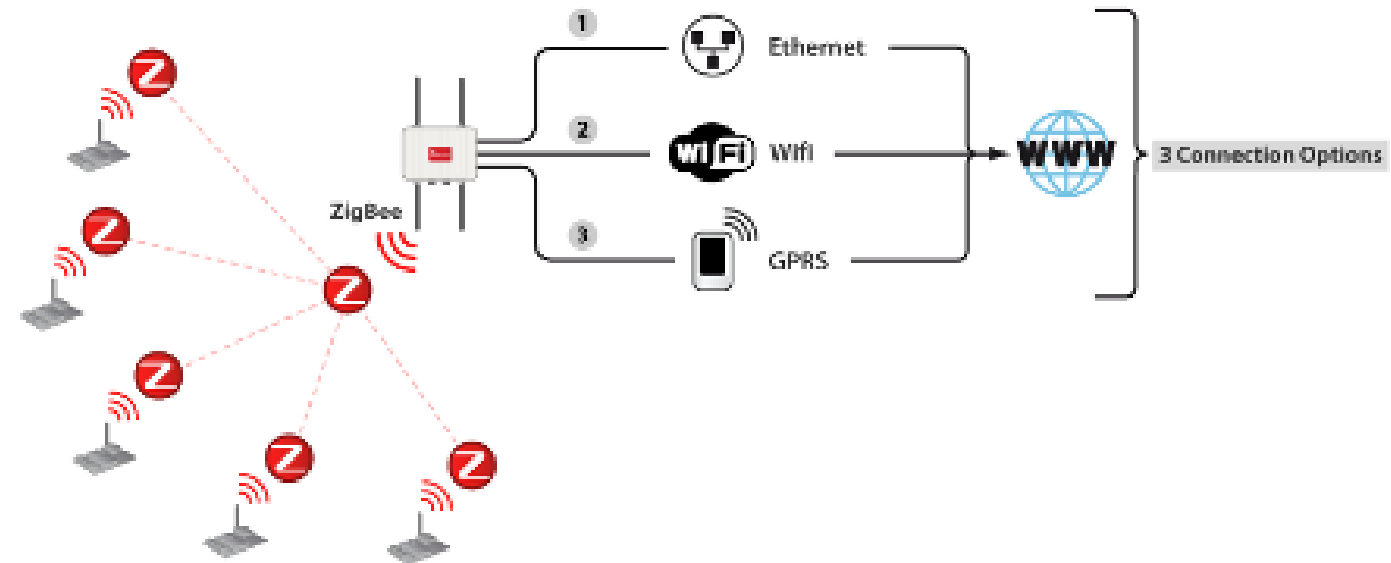


# Ismétlők



# Meshlium gateway

- Processzor: 500MHz (x86)
- RAM: 256 MB (DDR)
- Disk: 8 GB
- Táp: 5W (18V), Power over Ethernet
- Doboz: alumínium, 210x175x50mm, 1,2 Kg
- OS: Linux Debian
- Hálózat: WiFi, Xbee, Bluetooth, 3G



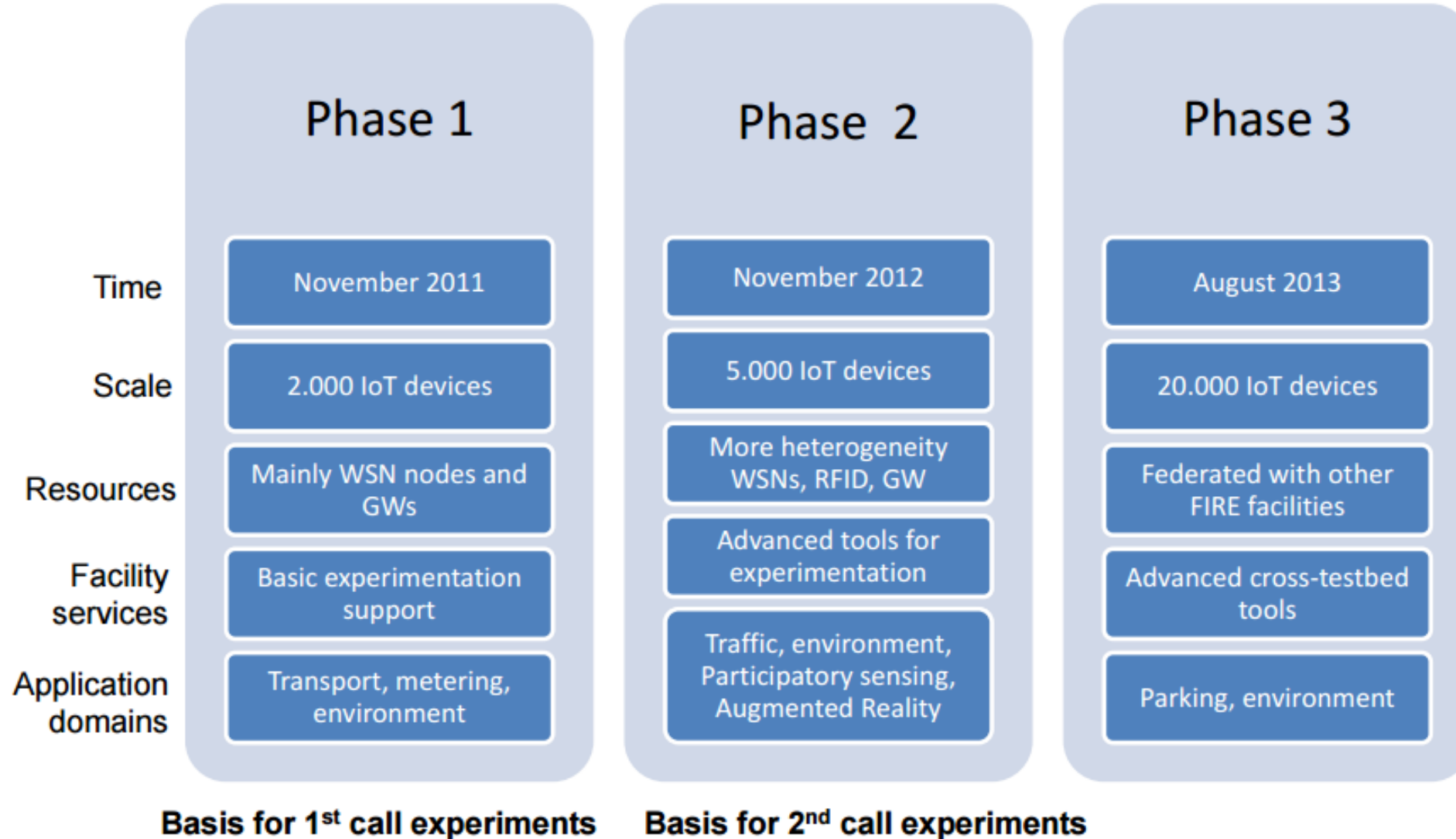
# Santander testbed klaszterek

- Egy klaszterbe több különböző, de azonos átjáróhoz (GW) tartozó szenzor mote-ok és ismétlők (repeater) tartoznak.



# Smart Santander telepítés

- Telepítés 3 fázisban, aztán felhívás teszt alkalmazások írására





# Első fázis

- Két use case: **környezet monitorozás és kültéri parkolás**
  - A parkoló szenzorokra nem lehet teszt kódot tölteni, az akku kímélése miatt

Node Type		Amount	Sensors	Radio I/F
Gateway		23	N/A	IEEE 802.15.4, IEEE 802.11, Digimesh, GPRS/UMTS
Repeater	Temperature	74	Temperature, Acceleration	IEEE 802.15.4, Digimesh
	Light	553	Light, Temperature, Acceleration	
	Noise	58	Noise, Acceleration	
	Gases	13	Temperature, CO, Acceleration	
Parking Sensor		373	Occupancy	Digimesh
<b>Total:</b>		<b>23 GW 1,071 Nodes</b>	<b>2,322 sensors</b>	

# Második fázis

- 6 új use case
  - **Forgalom monitorozás** (úttestbe épített szenzorok)
  - **Környezet monitorozás mobil eszközökkel**
    - Buszokon – IEEE 802.15.4, GPRS
    - Taxikban és rendőrautókban – csak GPRS
      - Nem lehet alkalmazásokat írni, futtatni ezeken
  - **Intelligens öntözés a parkokban**
  - **Navigálás parkolóhelyekre**
  - **Kiterjesztett valóság** (augmented reality)
    - NFC tagek a városban
    - Jelenlét érzékelés és metaadatok
  - **Közösségi érzékelés** (participatory sensing)

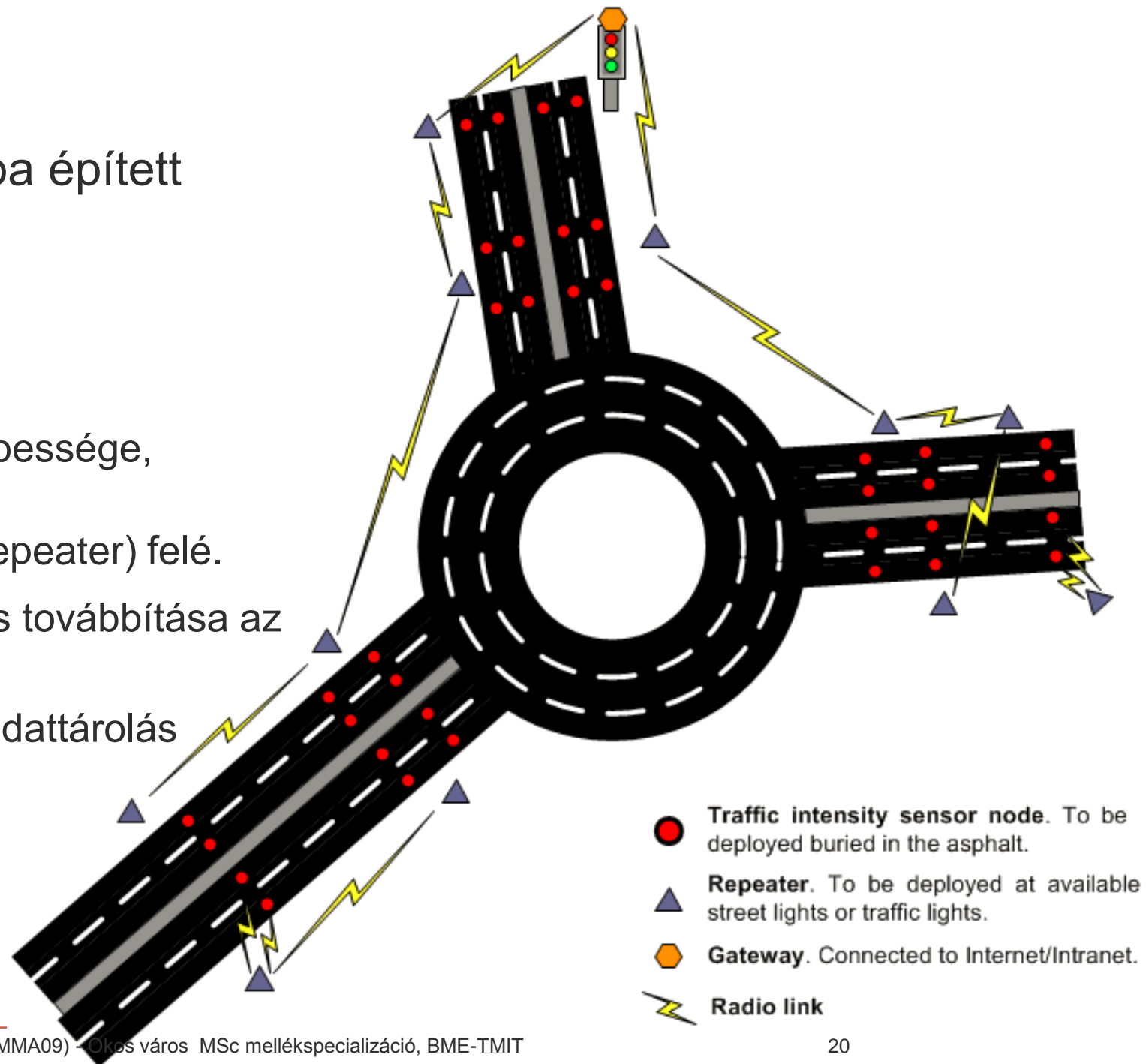


# Második fázis

Node Type		Amount	Sensors	Radio I/F
Gateway	Irrigation	3	N/A	IEEE 802.15.4, IEEE 802.11, Digimesh, GPRS/UMTS
	Traffic	2		IEEE 802.15.4, GPRS/UMTS
Repeater	Traffic	9	N/A	IEEE 802.15.4
	Weather	3	Temperature, Relative Humidity, Soil Moisture, Solar Radiation, Rainfall, Windspeed, Atmospheric Pressure, Acceleration	IEEE 802.15.4, Digimesh
	Irrigation	23	Temperature, Relative Humidity, Soil Moisture, Soil Temperature, Acceleration	IEEE 802.15.4, Digimesh
	Water Flow	2	Water Flow, Acceleration	IEEE 802.15.4, Digimesh
	Agriculture	19	Temperature, Relative Humidity, Acceleration	IEEE 802.15.4, Digimesh
Mobile node	Bus (w. CAN-BUS)	2	CO, Particles, NO <sub>2</sub> , Ozone, Temperature, Relative Humidity, Speed, Course, Odometer, Location, CAN	IEEE 802.15.4, GPRS
	Bus	68	CO, Particles, NO <sub>2</sub> , Ozone, Temperature, Relative Humidity, Speed, Course, Odometer, Location	IEEE 802.15.4, GPRS
	Car	80	CO, Particles, NO <sub>2</sub> , Ozone, Temperature, Relative Humidity, Speed, Course, Odometer, Location	GPRS
Traffic Sensor		59	Road Occupancy, Vehicle Count, Vehicle Speed	IEEE 802.15.4
Augmented Reality Tag		2,500	Presence (+ metadata)	NFC
Participatory Sensing Smartphone		6,500	Multiple	IEEE 802.11, GPRS/UMTS
Augmented Reality Smartphone		~14,000	Presence (+ metadata)	IEEE 802.11, GPRS/UMTS
<b>Total:</b>		<b>5 GW 115 Fixed Nodes 150 Mobile Nodes 2,500 Tags 10,000+ Smartphones</b>	<b>377 fixed sensors 1,500+ mobile sensors 20,000+ smartphone sensors</b>	

# Forgalom monitorozás

- Induktív hurkok helyett aszfaltba épített szenzorok.
- Architektúra:
  - forgalom szenzor
    - forgalom sűrűsége, járművek sebessége, várakozó sor hossza
    - 802.15.4 interfész az ismétlők (repeater) felé.
  - Repeater: mért adatok fogadása és továbbítása az Acces point-nak.
  - Access point: Hozzáférési pont + adattárolás (GPRS/UMTS, Ethernet)



# Forgalom monitorozás (hardver)

- traffic sensor



repeater



access point



# Mobil környezet monitorozás

- Mobil eszközök: Buszokon, rendőrautókon és taxikon.
  - Buszokon: szenzor kártyák, CAN bus modul, IoT eszköz (wasp mote) és LPU.
  - Rendőrautókban és taxikon: csak szenzorkártya és LPU (nem lehet kísérletezni rajtuk!)
- Architektúra elemei:
  - Wasp mote board
    - 802.15.4 rádiós interfész (antenna: 5dBi), soros kommunikáció (RJ45) a wasp mote és az LPU között.
  - Szenzor kártya (hőmérséklet, páratartalom, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>)
    - Alap RISC mikrokontroller 8MHz-en. Adatküldés/fogadás: RJ45 csatlakozó.
  - CAN bus modul
  - LPU (local processor unit): szenzoradatok gyűjtése, hálózatmenedzsment, OTAP
    - 32-bit RISC processzor 60 MIPS ARM7 70 MHz-en, Linux oprendszer, 8 MB Flash, 16MB RAM. Interfészek: RS232/485 és CAN interfész az eszközök felé, 7 digitális és 2 analóg bemenet, 5 digitális kimenet. GPRS rádió.
  - GW (átjáró): összeköttetés a SmartSantander gerinchálózattal

# Mobil környezet monitorozás



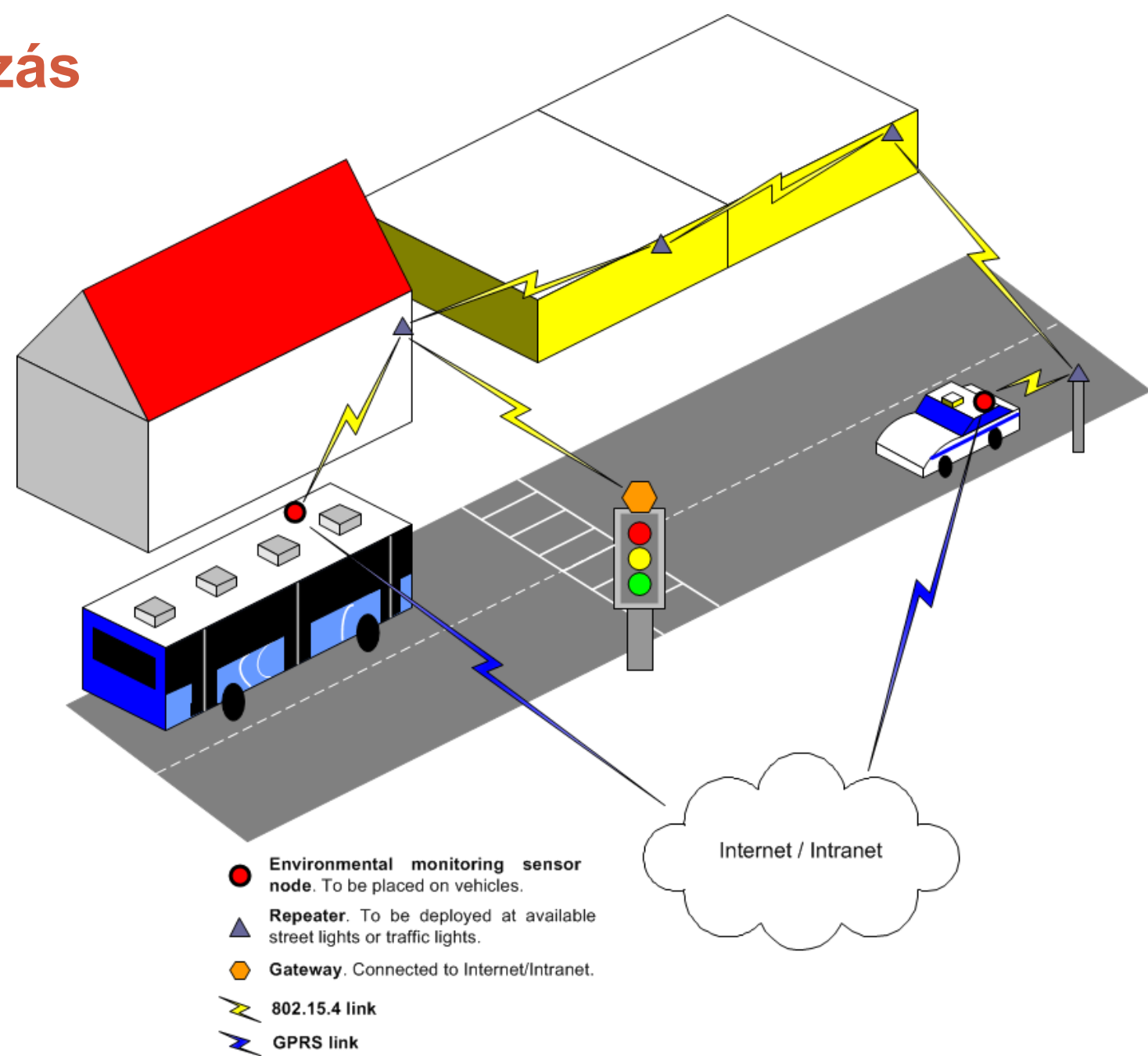
LPU



szenzorok

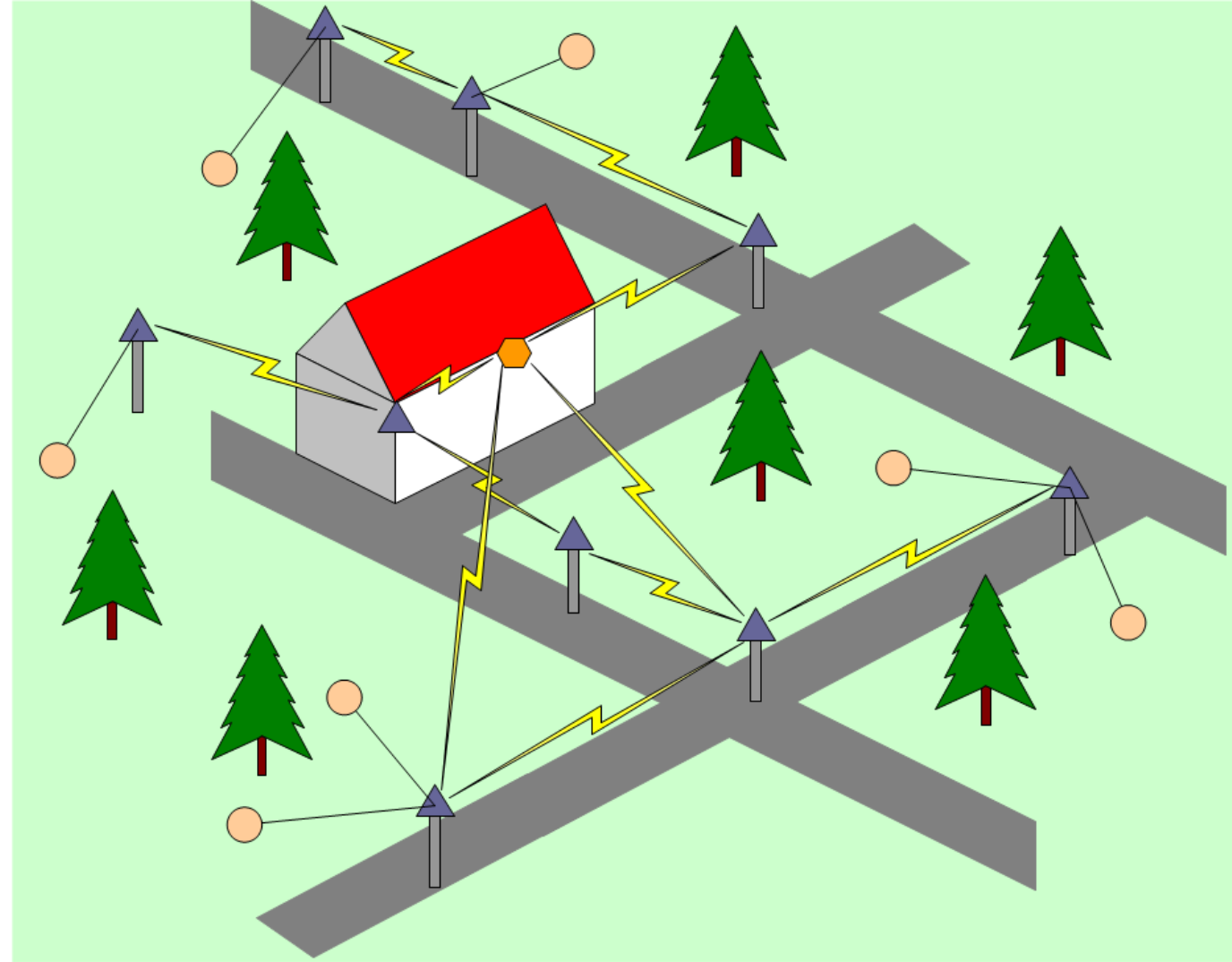


Wasp mote



# Parkok öntözése

- Szenzorok:
  - meteorológiai állomás: szélereősségmérő, esőmérő
  - légnyomás, napfény-erősség, páratartalom, hőmérséklet
  - talajnedvesség és talajhőmérséklet
  - vízfelhasználás mérése



● **Park irrigation monitoring sensor.** To be deployed buried in the ground.

▲ **Repeater.** To be deployed at available street lights or traffic lights.

⬡ **Gateway.** Connected to Internet/Intranet.

⚡ **Radio link**  
— **Wired link**





# Intelligens öntözőrendszer

Soil Moisture Tension

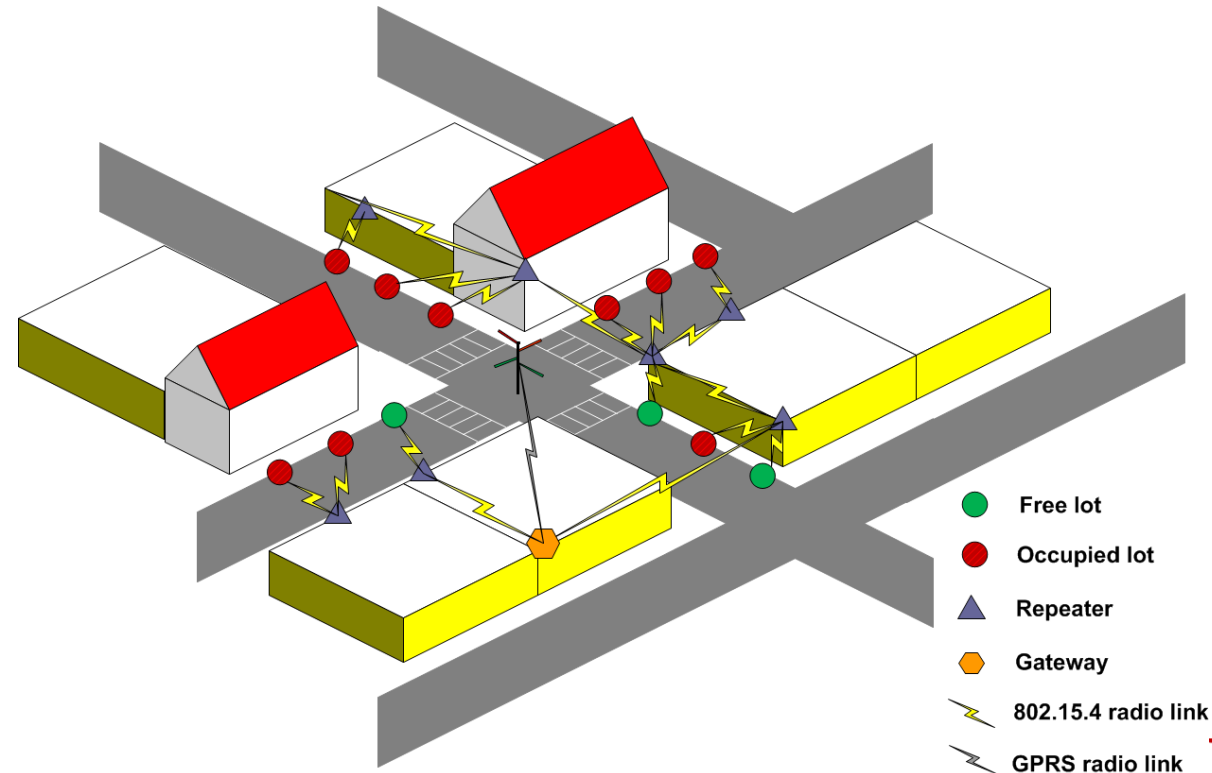


Soil Moisture Temperature



# Navigálás parkolóhelyekre

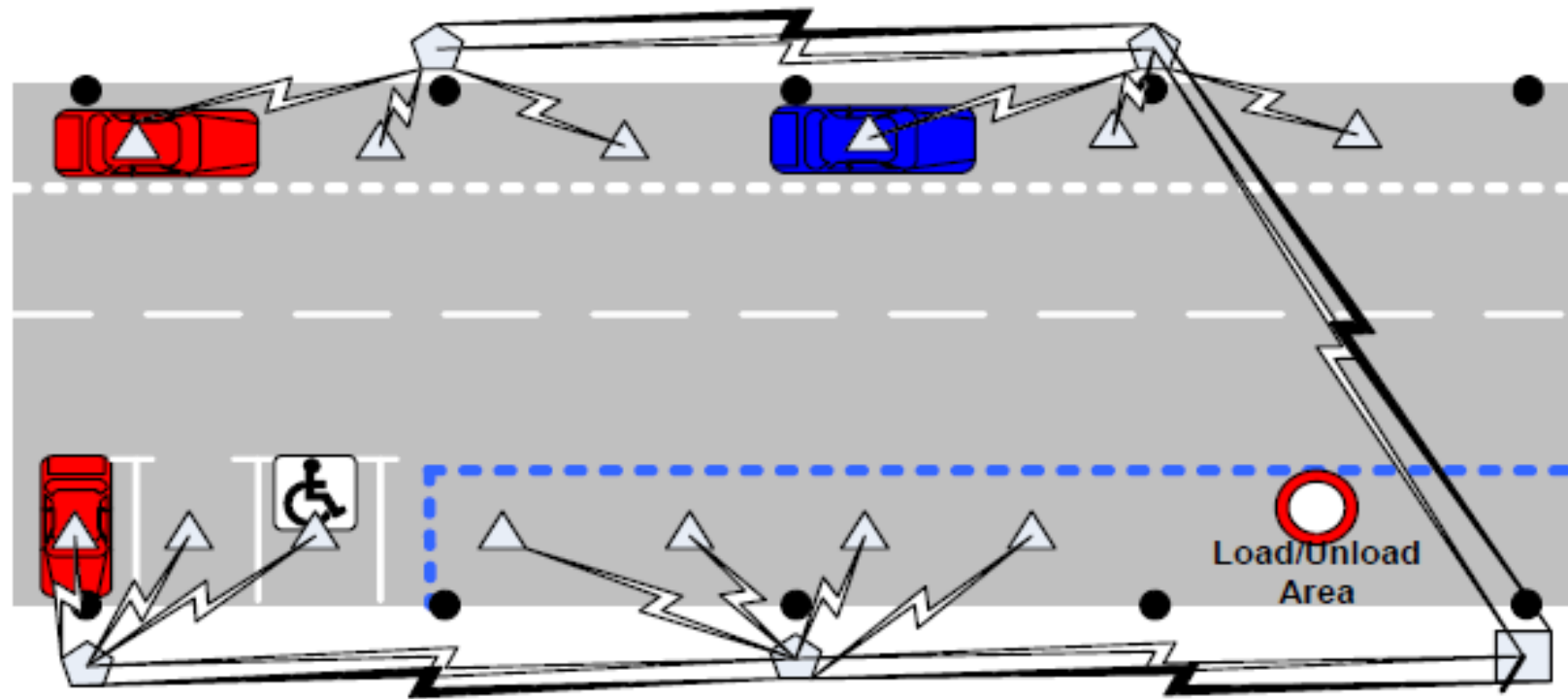
- 400 parkolóhely monitorozása egy adott parkolási zónán belül.
- A szenzorok a parkolóhelyek foglaltságát mérik (szabad/foglalt)
- Az útkereszteződésekben elhelyezett „panelek” segítségével irányítják az autósokat a szabad helyek felé.
- Architektúra
  - Parkolóhely szenzorok
  - Panelek (táblák)
  - Central Station



# Navigálás parkolóhelyekre



# Parkolás példa



- Streetlight
- ▲ Parking sensor: Sensor node with one transceiver (Digimesh)
- ◡ Repeater: Sensor node with two transceivers (Digimesh and 802.15.4)
- ◻ Gateway: Node with communication with sensor networks (Digimesh and 802.15.4) and communication with external networks (WiFi, GPRS, ethernet)
- ⚡ Digimesh Link
- ⚡ 802.15.4 Link
- - - WiFi/GPRS, ethernet Link



# Parkolás példa



# Kiterjesztett valóság (augmented reality)

- 2000 RFID tag/QR kód címke kihelyezve
- POI-k (point-of-interest) jelzésére
- Helytudatos működés (location-based services)

SmartSantander

ACCEDA A OFERTAS EXCLUSIVAS E INFORMACIÓN DE ESTE COMERCIO  
Access to exclusive offers and information on this trade

AYUNTAMIENTO DE SANTANDER

O ESCANEE ESTE CÓDIGO  
Or scan this code

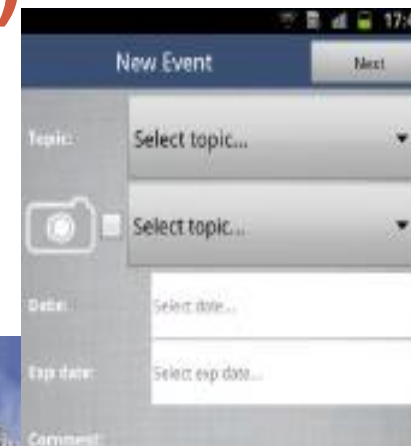
APROXIME SU MÓVIL NFC AQUÍ  
Tap your phone here

comerciosantander.com

The image shows a promotional poster for SmartSantander. At the top, the 'SmartSantander' logo is displayed. Below it, a green banner contains the text 'ACCEDA A OFERTAS EXCLUSIVAS E INFORMACIÓN DE ESTE COMERCIO' and its English translation 'Access to exclusive offers and information on this trade'. The main part of the poster features a large graphic of a blue smartphone. The phone's screen displays the coat of arms of Santander, the text 'AYUNTAMIENTO DE SANTANDER', a large 'N' logo with a trademark symbol, and the instruction 'APROXIME SU MÓVIL NFC AQUÍ' with 'Tap your phone here' below it. At the bottom of the phone screen is the website 'comerciosantander.com'. To the right of the phone, a QR code is shown with the text 'O ESCANEE ESTE CÓDIGO' and 'Or scan this code' above it. The background of the poster is blue with a sunburst pattern and a network diagram of nodes and lines.

# Közösségi érzékelés (participatory sensing)

- Felhasználók és mobiltelefonjaik (és a telefon szenzorok!) bevonása:
  - GPS koordináta, iránytű
  - környezeti paraméterek: zaj, hőmérséklet
- „The pace of the city” – a felhasználók feliratkozhatnak szolgáltatásokra.
  - Események, történések, riasztások



# Harmadik fázis

- Korábbi use case-ek megerősítése
  - **Környezeti monitorozás mobil eszközökkel, és kültéri parkolás menedzsment**

Node Type		Amount	Sensors	Radio I/F
Gateway		3	N/A	Proprietary, GPRS/UMTS
Repeater		37	N/A	Proprietary
Mobile node	Bus (w. CAN-BUS)	10	CO, Particles, NO <sub>2</sub> , Ozone, Temperature, Relative Humidity, Speed, Course, Odometer, Location, CAN	IEEE 802.11, GPRS
	Bus	15	CO, Particles, NO <sub>2</sub> , Ozone, Temperature, Relative Humidity, Speed, Course, Odometer, Location	IEEE 802.15.4, GPRS, IEEE 802.11
Parking Sensor		330	Occupancy	Proprietary
Parking Tag		30	Authorization	Proprietary
<b>Total:</b>		<b>3 GW 330 Fixed Nodes 25 Mobile Nodes 30 Tags</b>	<b>330 fixed sensors 250+ mobile sensors</b>	

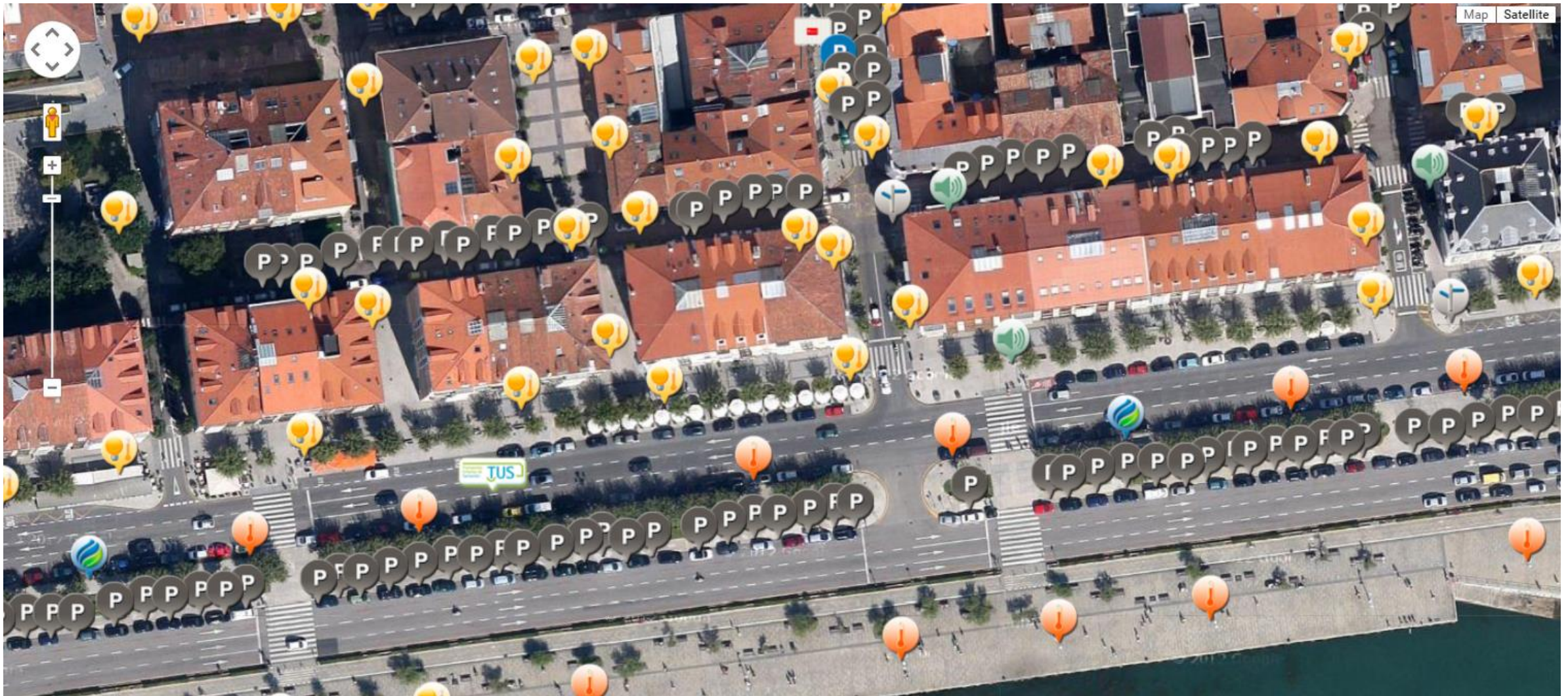


# Mennyi mérés?

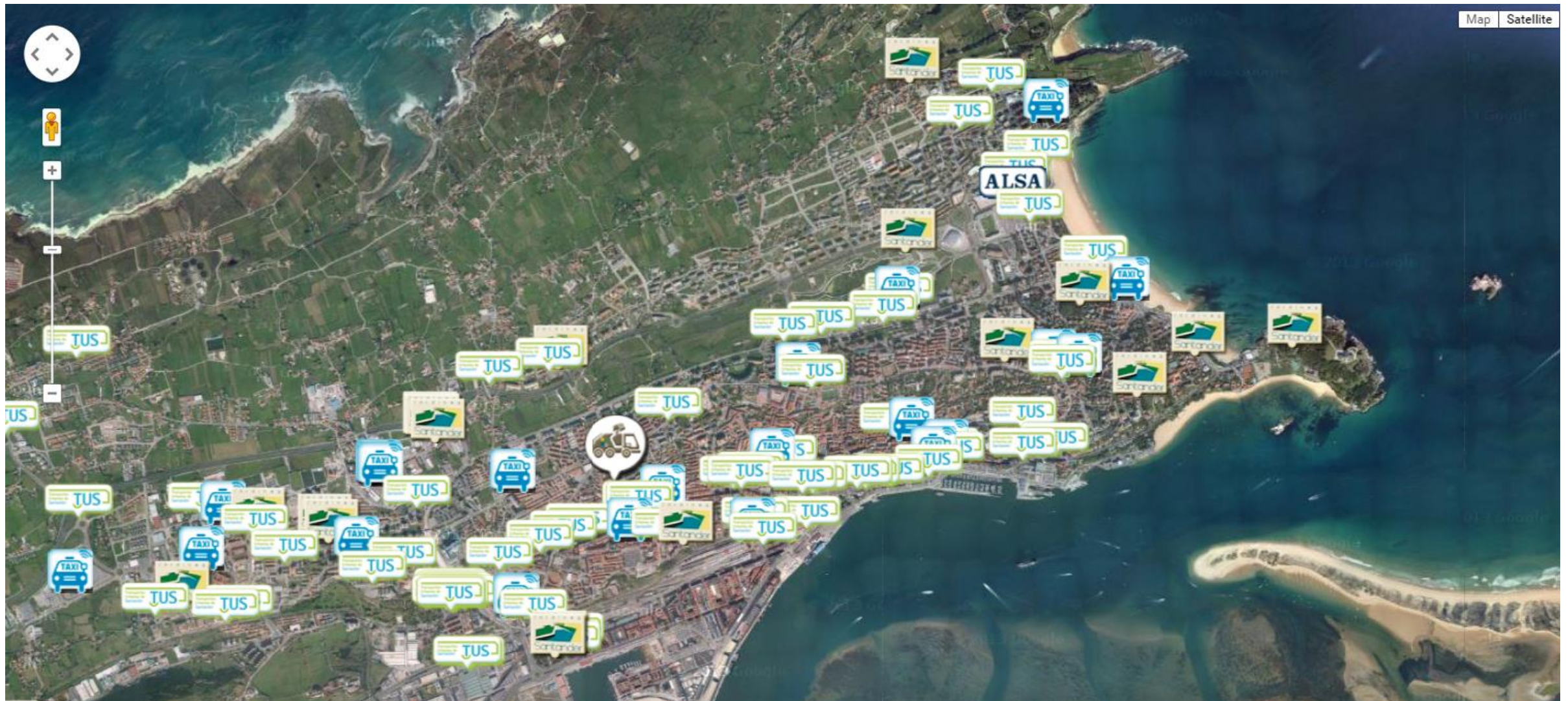
- Nagy mennyiségű mérési adat
  - 139,370 környezeti mérés naponta (fix szenzoroktól)
  - 82,726 környezeti mérés naponta (mobil szenzoroktól)
  - 8,365 öntözés monitorozás adat naponta
  - 13,489 parkolás mérés naponta
  - 54,720 forgalmi mérés naponta
  - 6,352 közösségi észlelés naponta
  
- 450 Mbyte adat évente



# Smart Santander – IoT térkép

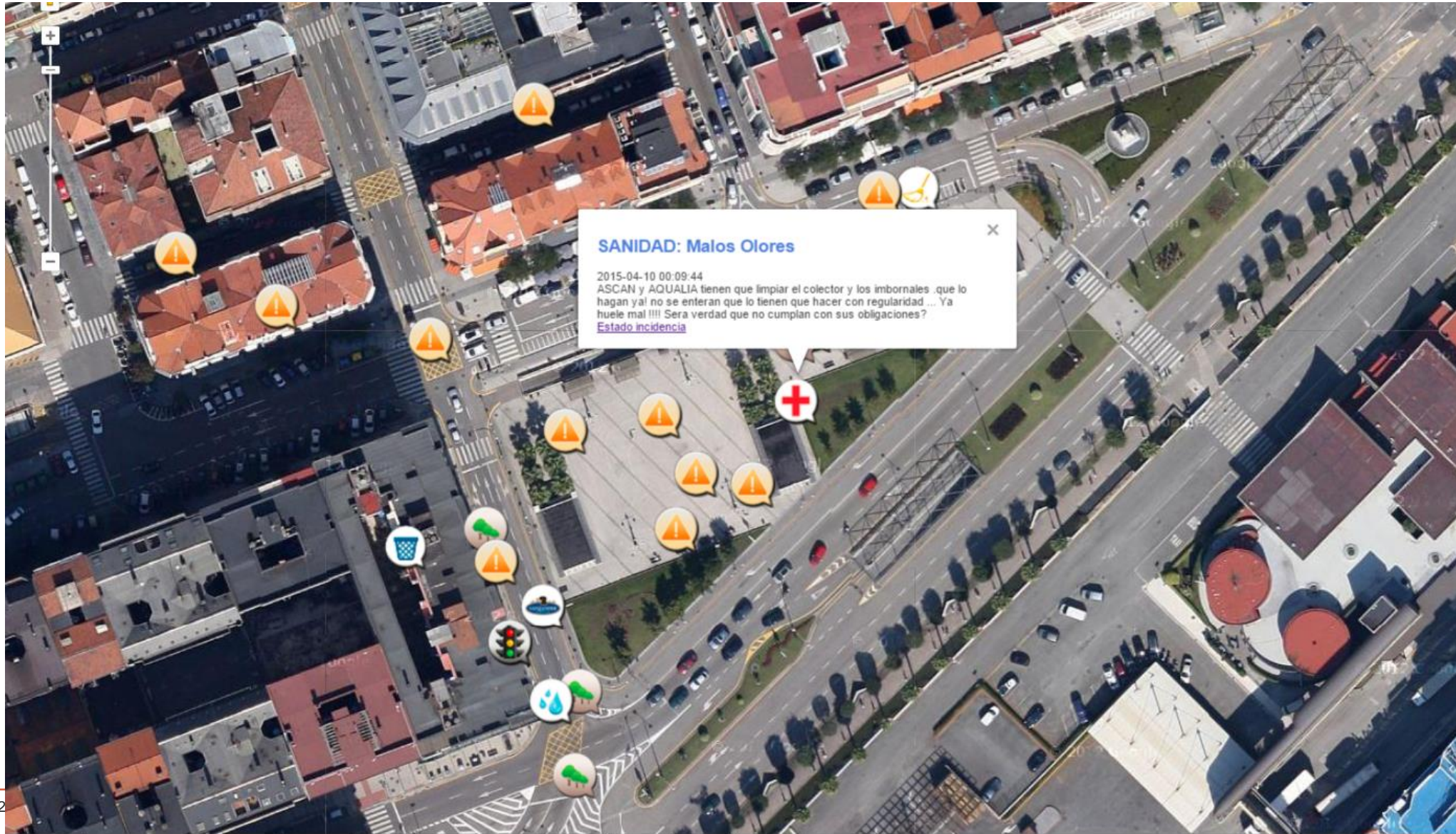


# Smart Santander – Mobil szenzoros térkép

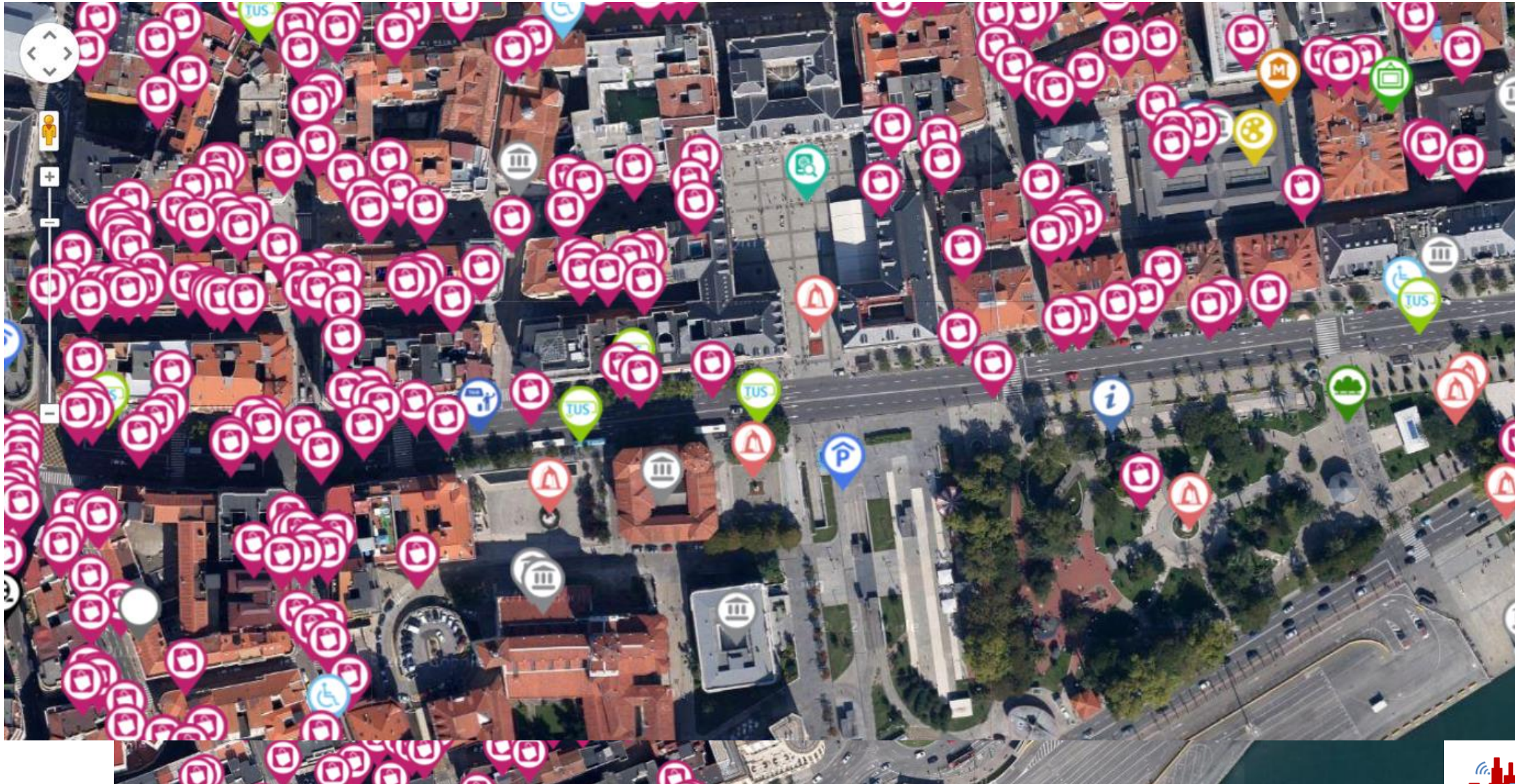


# Pace of the City

- Lakossági bejelentések a városban található gondokról, hatósági reakció nyomon követése



# Kiterjesztett valóság



# A csapat

## Munkamegbeszélés (2013)

### A csapat az első megbeszélésen (2010 szeptember)





euronews

